

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

Кафедра радиотехники и радиосистем

Полушин Петр Алексеевич

Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

Конспект лекций
по дисциплине «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей»
для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные
технологии и системы связи»

Владимир – 2018

Оглавление

1. Введение. Значение и место курса. Основные понятия и термины. Историческая справка.
2. Принципы построения систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК).
3. Методы формирования и передачи канальных сигналов в системах передачи с ЧРК. Иерархическое построение систем с ЧРК.
4. Принципы построения систем передачи с временным разделением каналов (ВРК) и импульсно-кодовой модуляцией.
5. Иерархическое построение систем с ИКМ.
6. Параметры цифровых сигналов в системах плездохронной и синхронной иерархии. Транспортная модель сети. Протоколы обмена.
7. Принципы построения систем радиосвязи: радиорелейных, спутниковых, подвижных систем электросвязи
8. Сигналы и типовые каналы в системах радиосвязи. Передача аналоговых и цифровых сигналов. Параметры аналоговых ЧМ сигналов.
9. Принципы построения наземных и спутниковых систем телевизионного и звукового вещания. Современное состояние и перспективы развития связи в РФ

Заключение

Список литературы

1. Введение. Значение и место курса. Основные понятия и термины. Историческая справка.

Целями освоения дисциплины "Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей" являются:

1. Подготовка в области знания основных принципов построения и функционирования современной телекоммуникационной аппаратуры и ее типовыми решениями и конструкциями.
2. Формирование практических навыков расчетов систем связи.
3. Подготовка в области радиотехники для разных сфер профессиональной деятельности специалиста.
 - проектно-конструкторской;
 - производственно-технологической;
 - научно-исследовательской;
 - сервисно-эксплуатационной.

Дисциплина "Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей" относится к математическому и естественно-научному циклу дисциплин:

Курс " Основ построения инфокоммуникационных систем и сетей" основывается на знании "Математики", "Физики", "Основы теории цепей", «Общей теории связи», «Современных систем подвижной связи».

Полученные знания могут быть использованы при дипломном проектировании, прохождения практики и при изучении дисциплин, «Методы и устройства передачи сигналов», «Методы и устройства приема сигналов», а также в процессе разработки и проектирования радиоаппаратуры.

Основные понятия и определения

Современные и глобальные СС призваны обеспечить прием, передачу, обработку, распределение и хранение информации.

Информация-это совокупность сведений о событиях, явлениях, процессах, понятиях, фактах, предметах и лицах независимо от формы представления.

Инфокоммуникационные системы -это комплекс технических средств, обеспечивающих электросвязь определенного типа.

Связь-обмен информацией или пересылка информации с помощью средств, функционирующих по определенным правилам, согласованных для конкретных условий и называемых протоколами.

К электросвязи принято относить передачу, прием, получение знаков сигналов, письменного текста, изображений, звуков и сообщений любого рода с помощью проводной связи, радиосвязи, оптической связи и любых других систем, использующих электромагнитные процессы.

Сигнал-это материальный носитель или физический процесс, несущий передаваемое сообщение.

Сообщение-это форма представления информации для передачи ее от источника к потребителю.

Таким образом, сигнал электросвязи это колебание электрического тока или мощности, изменение параметров, которых во времени отражает передаваемое сообщение.

Все виды сигналов ТСС делят так:

1. телефонные сигналы;
2. телеграфные сигналы;
3. факсимильные сигналы;
4. сигналы передачи данных;
5. сигналы звукового вещания;
6. сигналы ТВ;
7. сигналы телеконтроля и телеуправления.

Системы электросвязи -это взаимодействующие между собой телекоммуникационные системы и сети, которые образуют между собой комплекс технических средств, обеспечивающих электросвязь одного из видов.

ТСС распределяется по способу распределения информации:

- коммутируемые;
- некоммутируемые;

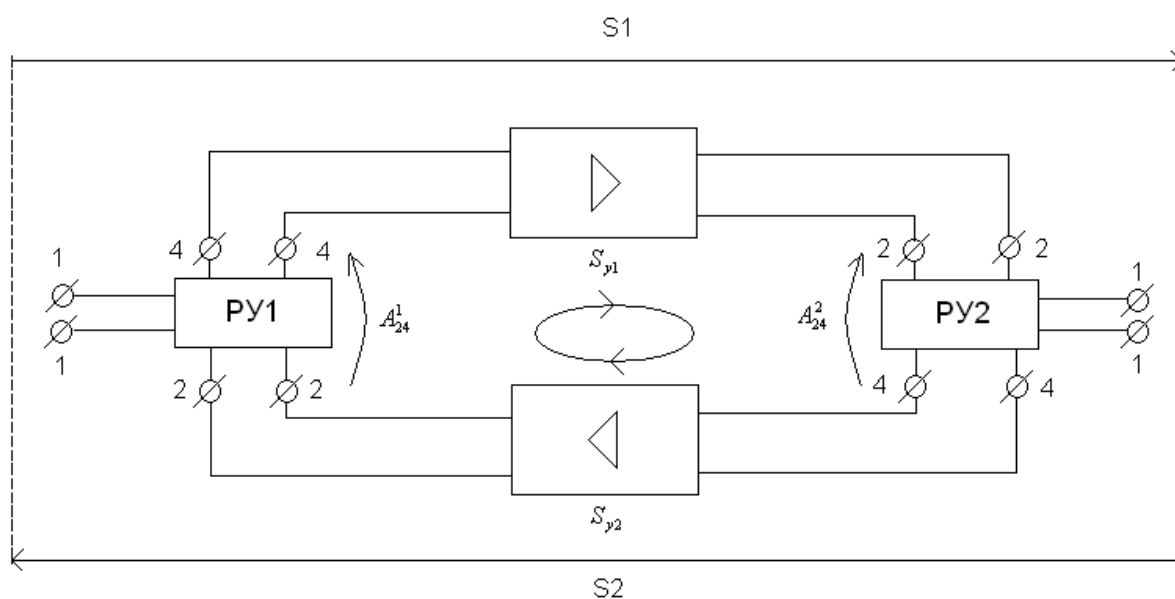
Структура ТСС должна осуществлять следующие операции:

1. преобразование сообщения от источника в первичный электросигнал;
2. преобразование первичного электросигнала в форму удобную для передачи и для послед. Обратного преобразования.
3. сопряжение передаваемых сигналов с конкретными физическими каналами и их коммутация в канале.

Двухсторонний канал как замкнутая система.

Устойчивость двухстороннего канала

Рассмотрим обобщенную одночастотную одностороннюю систему.



Для того, чтобы возникли паразитные колебания, необходимо 2 условия:

1. Выполнение баланса фаз - суммарный фазовый сдвиг по петле обратной связи должен быть равен $2\pi \cdot n$ ($\sum \Delta\varphi = 2\pi \cdot n$, где n – целое число), т.е. возвратившееся колебание должно иметь ту же фазу, что и ушло.
2. Выполнение баланса амплитуд – суммарные усиления во всех устройствах петли ОС должно быть больше суммарных ослаблений ($\sum S \geq \sum A$).

Так как сигнал широкополосный, и сдвиг фаз на каждой частоте свой, то всегда есть частоты, на которых сдвиг фаз равен $2\pi \cdot n$. Поэтому определяющим условием является условие баланса амплитуд:

$$A_{42}^1 + A_{42}^2 > S_{y1} + S_{y2}$$

В практических условиях все эти величины непостоянны, поэтому необходим некоторый запас.

Величина, показывающая насколько сумма затуханий больше суммы усилений, называется *устойчивость системы*.

$$X = (A_{42}^1 + A_{42}^2) - (S_{y1} + S_{y2}) \text{ [дБ]}$$

Как правило, оборудование линий в обе стороны одинаковое, то X соотносят к каждой линии:

$$\sigma = \frac{X}{2}$$

Пусть в качестве развязывающего устройства используется ТРС, тогда

$$A_{42}^1 = A_{e1} + 6\text{дБ}$$

$$A_{42}^2 = A_{e2} + 6\text{дБ}$$

A_{e1} , A_{e2} - балансные затухания.

Следовательно:

$$S_1 = S_{y1} - A_{12} - A_{41} = S_{y1} - 6\text{дБ}$$

$$S_2 = S_{y2} - A_{12} - A_{41} = S_{y2} - 6\text{дБ}$$

$$A_{12} = A_{11 \rightarrow 22}$$

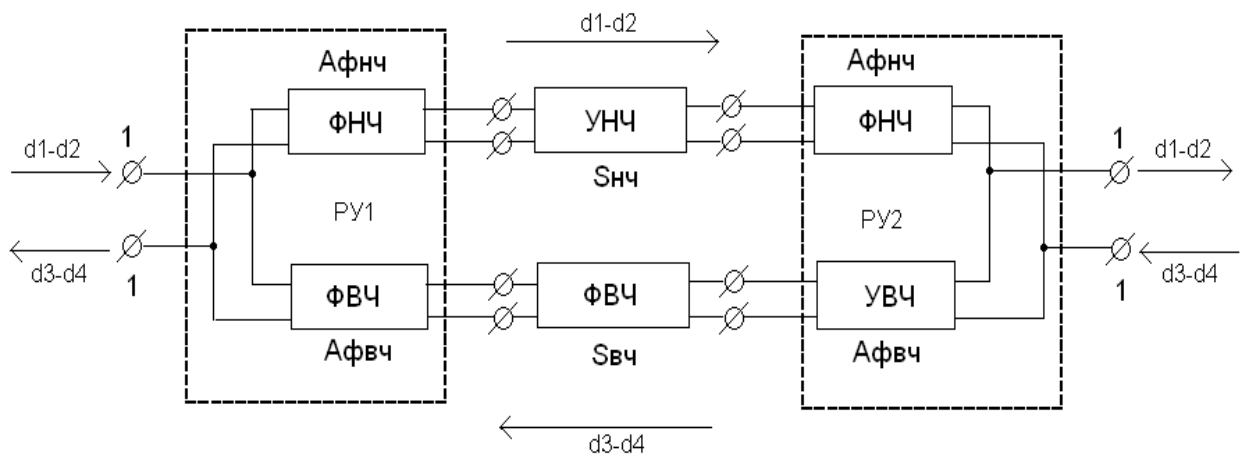
$$A_{41} = A_{44 \rightarrow 11}$$

$$A_{e1} = A_{e2} = A_e$$

$$S_1 = S_2 = S$$

$$\underline{\sigma = A_e - S}$$

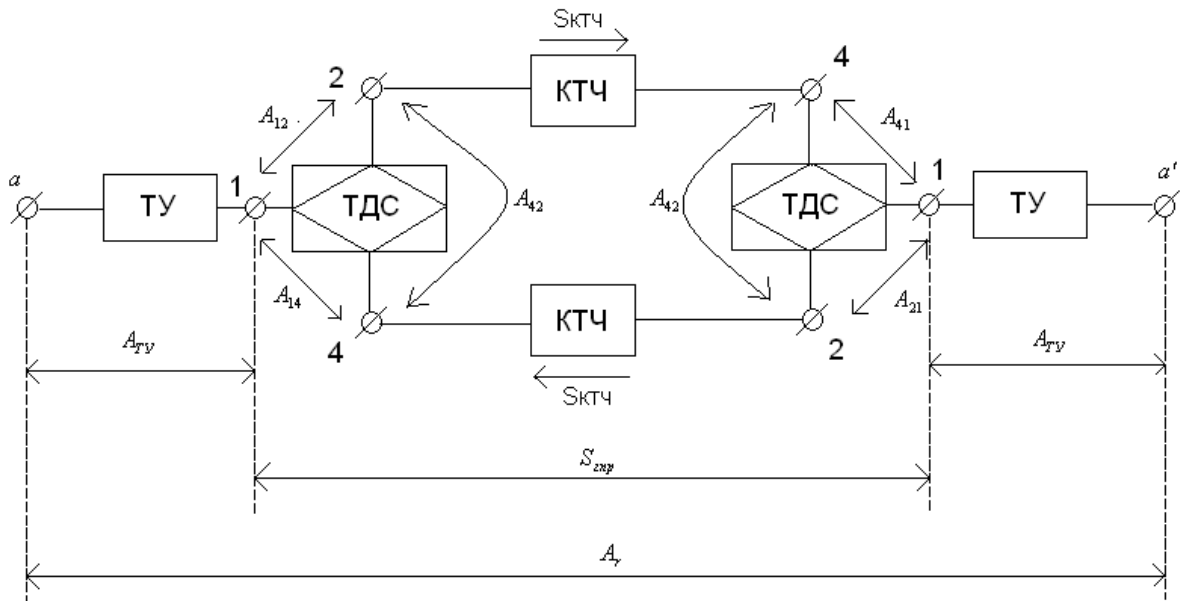
Рассмотрим двухсторонний канал.



$$X = -(S_{HЧ} + S_{BЧ}) + 2(A_{BЧ} + A_{HЧ})$$

$$\underline{\sigma = A_{HЧ} + A_{BЧ} - \frac{S_{HЧ} + S_{BЧ}}{2}}$$

Устойчивость телефонного канала



КТЧ – канал тональной частоты;

ТУ – транзитный усилитель;

а – точки подключения телефонов;

A_r - затухание между точками а;

$S_{зп}$ - затухание между точками 1-1.

$$X_{млф} = 2A_{42} - 2S_{зп} \Rightarrow X_{млф} = 2A_{42}$$

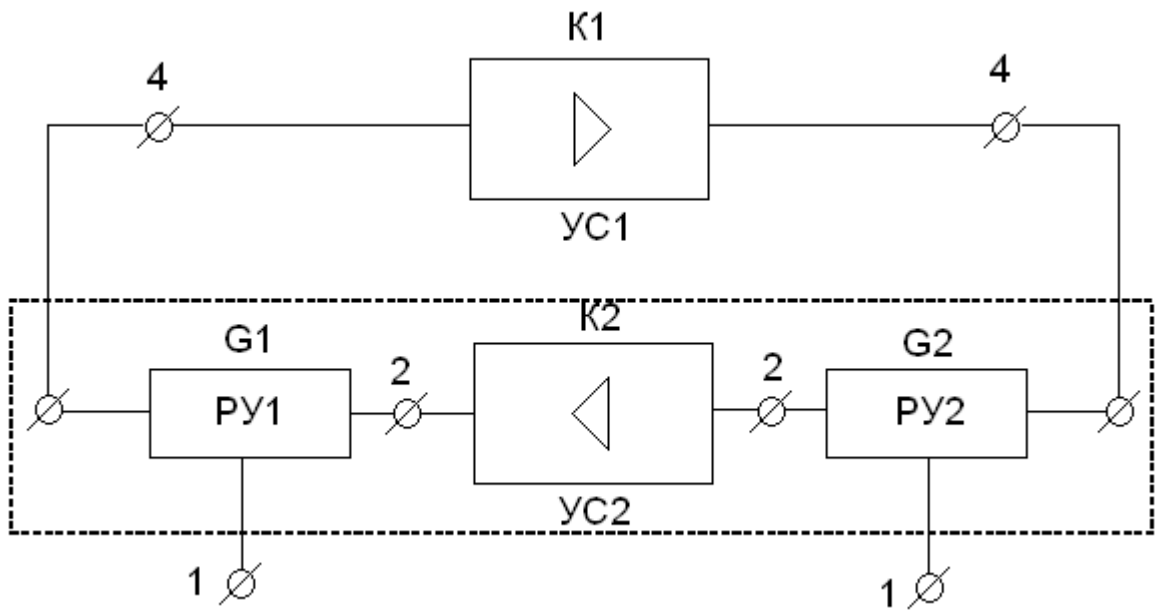
$$S_{зп} = A_r - 2A_{ТУ}$$

$$2A_{ТУ} + A_e = -A_r + A_e$$

$$A_e = 20 \lg \left| \frac{z_a + z_B}{z_a - z_B} \right|$$

Рассмотрим, что будет, если в точках a и a' будет рассогласование. Самое большое рассогласование будет в случаях $z_a = \infty$, $z_B = 0$, тогда $A_e = 0$, $X_{млф} = 2A_r$, $\sigma = A_r + A_e = 7\text{дБ}$. В реальности $A_e \approx 5\text{дБ}$, $\sigma_{реальное} = A_r + A_e \approx 12\text{дБ}$.

Искажения от обратной связи



G_1, G_2 - коэффициент передачи между полюсами ПУ.

$$K_{1oc} = \frac{K_1}{1-T} = \frac{K_1}{F}, \text{ где } F - \text{глубина ОС, } T - \text{петлевое усиление.}$$

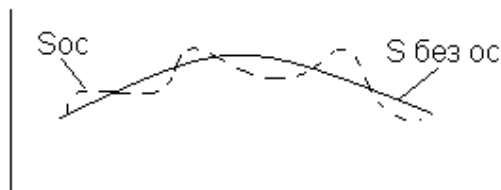
$$T = 10^{0,05(S_1+S_2-A_1-A_2)} e^{j\varphi}, \text{ где } \varphi - \text{суммарный фазовый сдвиг по всей петле.}$$

$$20 \lg K_{1oc} - 20 \lg K_1 = -20 \lg(1 - 10^{-0,05X} e^{j\varphi})$$

$$\Delta S(\omega) = 20 \lg \left| \frac{1}{1 - 10^{-0,05X} e^{j\varphi(\omega)}} \right|$$

Выводы:

- 1) Наличие обратной связи изменяет коэффициент усиления усилителя на ΔS ;
- 2) Так как X и φ зависят от частоты, то изменения разные на различных частотах. Это приводит к линейным искажениям передаваемого сигнала.



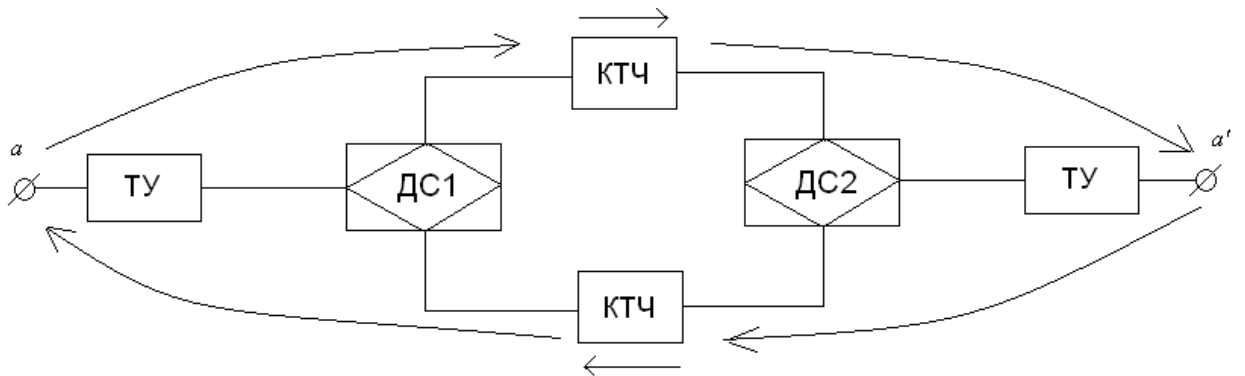
Так как φ трудно контролировать, то пользуются предельными отклонениями ΔS_+ и ΔS_- .

$$\Delta S_+ = 20 \lg \left(\frac{1}{1 - 10^{-0,1\sigma}} \right)$$

$$\Delta S_- = 20 \lg \left(\frac{1}{1 + 10^{-0,1\sigma}} \right)$$

В хороших линиях , где $\sigma > 10 \div 12 \text{ дБ}$, ΔS получается малым.

Явление электрического эха



К явлению электрического эха приводит:

- 1) Рассогласование;
- 2) Заметное время передачи.

Причиной может быть как рассогласование в точках a и a' , так и неуравновешенность ДС1 или ДС2.

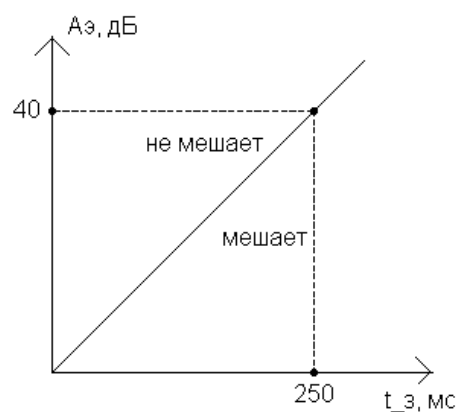
Для говорящего это воспринимается как некое акустическое эхо (первое эхо говорящего). Если в других точках тоже рассогласованность, то сигнал идет обратно и называется это явление первым эхом слушающего. Далее возникает второе эхо говорящего, слушающего и т.д. Постепенно энергия токов эха уменьшается и процесс затухает. Иногда это может повторяться до 10 раз.

Для говорящего кажется, что его перебивают, а для слушающего, что падает вятность разговора.

Поскольку эхо говорящего всегда мощнее эха слушающего, то расчет ведется всегда по нему.

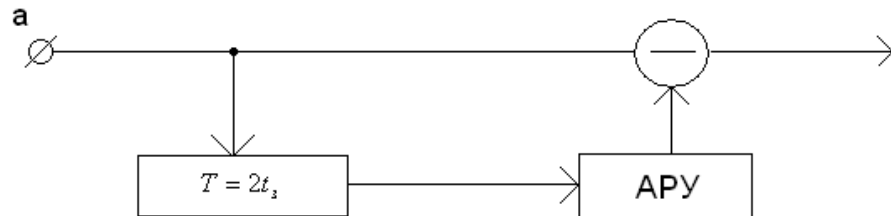
Общая задержка называется *групповым временем прохождения*.

При односторонней передаче вопрос электрического эха не ставится.



При $t_3 < 30\text{ мс}$ эхо совсем не мешает.

Для устранения эха используют специальные схемы – эхоградители, самобалансирующиеся дифференциальные системы.



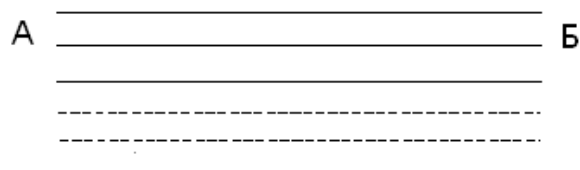
Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с понятиями определениями, используемых в системах и сетях связи, типовыми наборами параметров, особенностями их работы. Знакомство дает возможность подвести научной обоснование под имеющиеся различия, глубже понимать сущность необходимых требований к системам связи.

2. Принципы построения систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК).

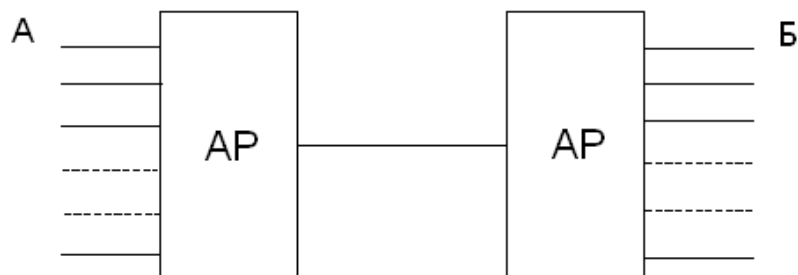
Построение многоканальных систем передачи (МСП)

Обычно выбирается наиболее экономичный вариант. Возможные варианты:

- 1) Между А и Б десять двухпроводных линий:



- 2) Один кабель и две аппаратуры разделения:

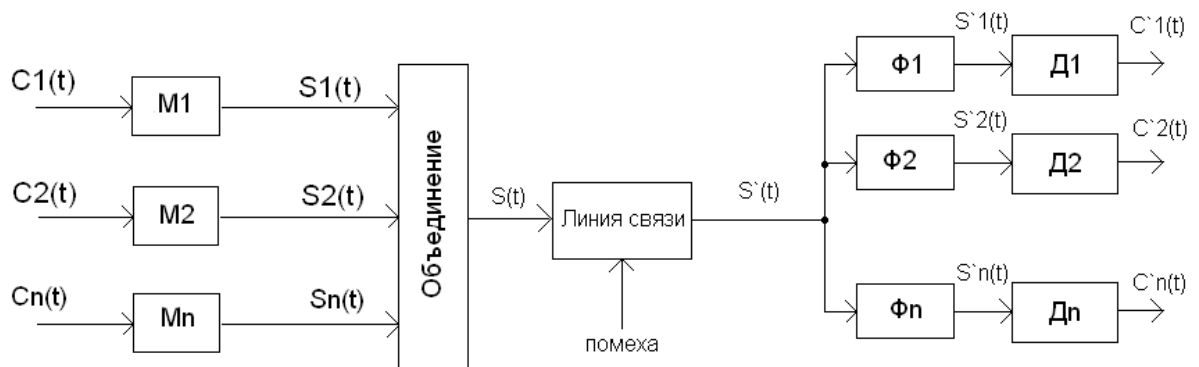


В первом варианте система дешевле, но ее стоимость сильно зависит от расстояния между А и Б (чем больше расстояние, тем дороже многоканальный кабель).

АР дорогая, но зато цена практически не зависит от расстояния между пунктами. АР основана на трех принципах: частный, временной, кодовый.

Обобщенная структура МСП

Многоканальная передача – совокупность технических средств, обеспечивающая одновременную и независимую передачу сообщений от N источников к N получателям по одной линии связи или одной физической среде распространения.

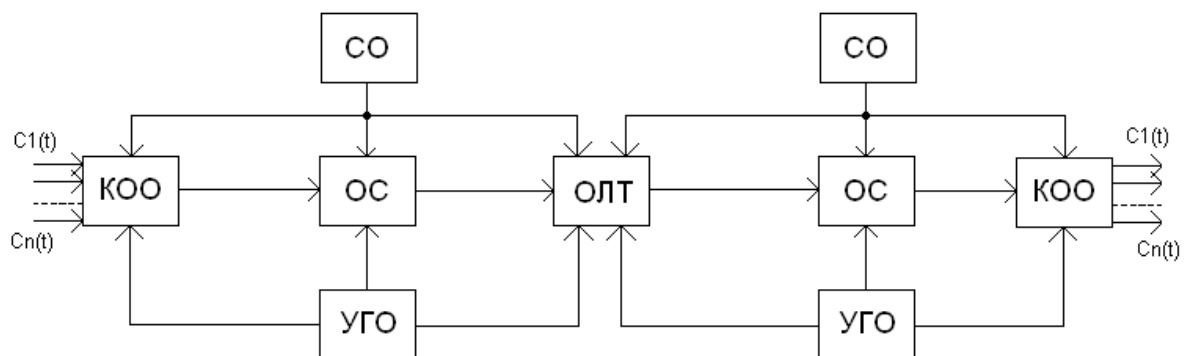


$a_1(t) - a_N(t)$ - исходные сообщения. Могут перекрываться по частоте и по времени.

$M1 - MN$ - модуляторы, которые исходные сообщения преобразуют в каналные сигналы S . S обладают разделительными признаками. Если $S(t)$ получается простым суммированием, то такие МСП называются *аддитивными*. Иначе – *комбинационными*.

$S'(t)$ отличается от $S(t)$ из-за помех, теплового шума, возможных взаимных влияний.

P – демодуляторы, Φ – устройство разделения.



ОЛТ – оборудование линейного тракта;

СО – сервисное оборудование;

ОС – оборудование сопряжения;

УГО – унифицированное генераторное оборудование;

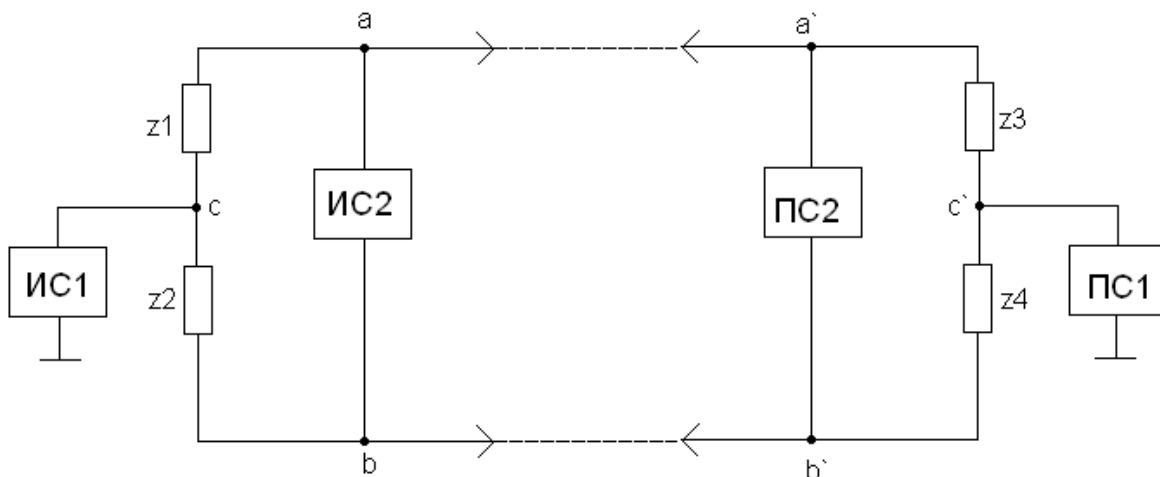
КОО – каналообразующее оборудование.

ОС согласует КОО с ОЛТ. СО обеспечивает автоматизацию технического обслуживания. КОО обеспечивает соединение и разделения каналов.

Методы разделения канальных сигналов

Делятся на простейшие и более сложные (с преобразованием исходных сигналов).

Простейшее преобразование – метод управляющего моста.



ИС – источник сигнала, ПС – потребитель сигнала. Пусть $z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = z_0$, тогда эта схема образует уравновешенный мост с плечами $z_0 \mid z_0 + z_x$. Если мост сбалансированный, ИС1 не подает в ПС2, а ИС2 – в ПС1. Вторая линия – фантомная.

Принцип линейного разделения сигналов

$$c_j \rightarrow S_j$$

↑

ψ_j – модулирующий сигнал

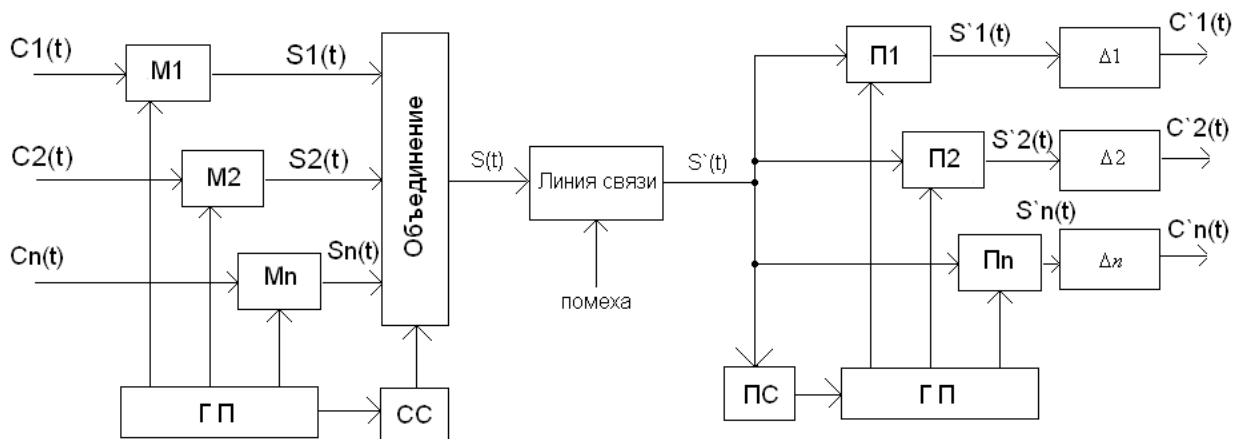
$$S(t) = \sum_{i=1}^N \psi_j(t)$$

Условие Грамма:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{N1} & a_{2N} & \dots & a_{NN} \end{vmatrix} \neq 0$$

$$a_{ij} = \int_0^T \psi_i(t) \psi_j(t) dt,$$

$$\int_0^T \psi_i(t)\psi_j(t)dt = \begin{cases} 0, i \neq j \\ const, i = j \end{cases}$$



- ГП – генератор переносчиков;
 СС – схема синхронизации;
 ПС – приемник синхронизации;
 П – перемножитель.

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с принципами многоканальной передачи и научными основами принципов разделения абонентских каналов. Внимание уделяется системам с частотным разделением каналов, как наиболее долго используемой и развитой. Определяются возможные варианты искажений сигналов при передаче и возможности построения объединенных систем. Знакомство дает возможность понять общие принципы разделения сигналов и обосновать требования на них. подвести научное обоснование под различия свойств сигналов и знакомит студентов с современными фундаментальными научными понятиями .

3. Методы формирования и передачи канальных сигналов в системах передачи с ЧРК. Иерархическое построение систем с ЧРК.

Системы с ЧРК

В этой системе используют гармонические колебания с различающимися частотами. Суть метода в том, что спектр каждого первичного сигнала абонента переносится на частоту,

отдельную только для него. Для переноса первичного сообщения на высокие частоты используют модуляцию:

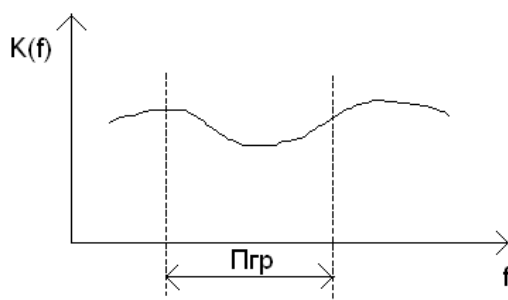
- 1) АМ (две боковые полосы + несущая);
- 2) Одна БП + несущая;
- 3) Одна БП (ОБП);
- 4) Одна БП + несущая + часть второй БП.

Группообразование в системах передачи с ЧРК

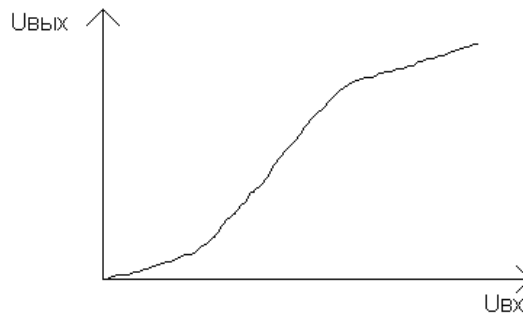
Название группы	Количество каналов	Полоса передаваемых частот, кГц
Субпервичная	3	12-24
Первичная	12	60-108
Вторичная	60	312-552
Третичная	300	812-2044

Искажения в системах ЧРК

- 1) Линейные искажения вызванные тем, что коэффициент передачи группового в целом неравномерный, но в пределах одной полосы неравномерность обычно невелика. Поэтому линейные искажения составляют обычно небольшую часть.



- 2) Нелинейные искажения существенны тогда, когда зависимость выходного сигнала от входного нелинейные.



$U_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = a_1 U_{\text{вх}} + a_2 U_{\text{вх}}^2 + a_3 U_{\text{вх}}^3 + \dots$ - можно представить в виде степенного ряда.

Пусть входной сигнал $U_{\text{вх}} = \sum_{\omega_1}^{\omega_2} U_i \cos(\omega_i t)$.

$$(\)^2 \rightarrow \omega_i \pm \omega_j, (\)^3 \rightarrow \begin{matrix} 2\omega_i \pm \omega_j \\ \omega_i \pm \omega_j \pm \omega_k \end{matrix}$$

Чем сложнее нелинейность, тем больше переходных помех из канала в канал будет переходить. Это приведет к повышению шума, либо к четкому прослушиванию другого телефонного разговора. Чем ближе ω_2 к ω_1 , тем меньше попадают в канал лишние составляющие.

Поэтому обычно $\frac{\omega_2}{\omega_1} < 2$.

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент продолжает знакомиться с особенностями метода частотного разделения абонентских каналов. Определяются параметры искажений сигналов при передаче. Изучение материала позволяет определить требования к условиям работы систем.

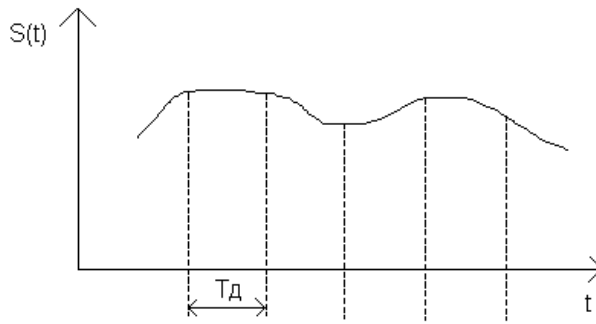
4. Принципы построения систем передачи с временным разделением каналов (ВРК) и импульсно-кодовой модуляцией.

Системы с ВРК

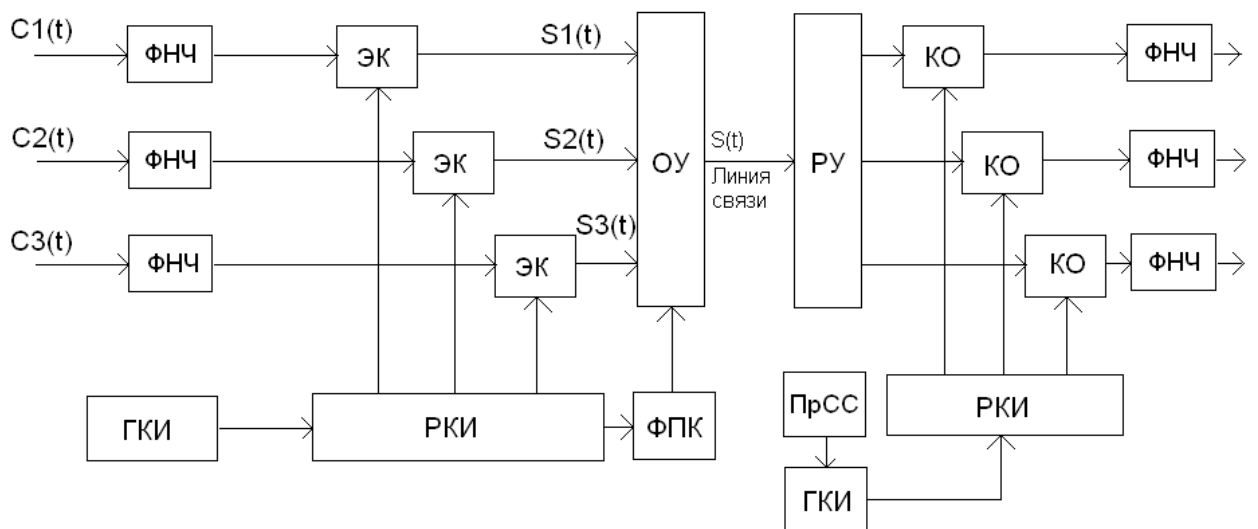
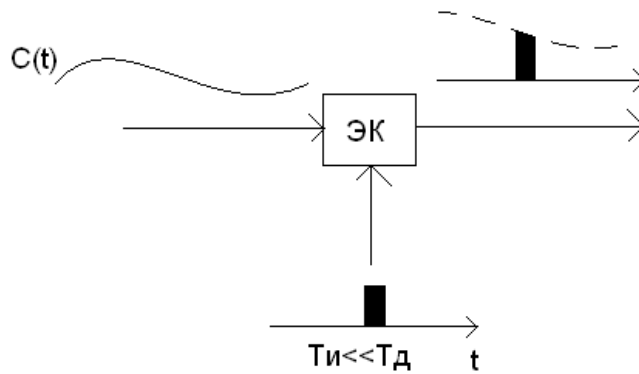
В системах с ВРК сигналы передаются в несовпадающие моменты времени. Для этого производится дискретизация сигналов по теореме Котельникова.

Всякий непрерывный по времени сигнал со спектром, ограниченным частотой F_{max} , может быть представлен последовательностью мгновенных отсчетов, взятых через

интервалы времени $T_{\text{д}} \leq \frac{1}{2F_{\text{max}}}$.



Импульсы, соответствующие каждому абоненту, передаются в свои интервалы времени T_0/N . Дискретизация происходит при помощи электрических канальных ключей. Электрический ключ отпирается, когда на вход приходит короткий импульс.



Формирование канальных импульсов

Три способа:

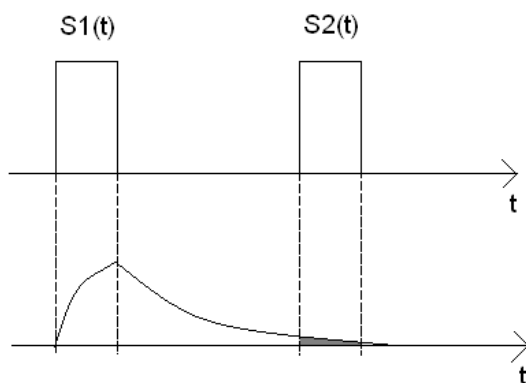
- 1) АИМ;
- 2) ШИМ;
- 3) ФИМ.

При одинаковой полосе пропускания помехоустойчивость примерно одинаковая. Для передачи ШИМ средняя мощность больше, чем для ФИМ, поэтому ФИМ наиболее перспективная.

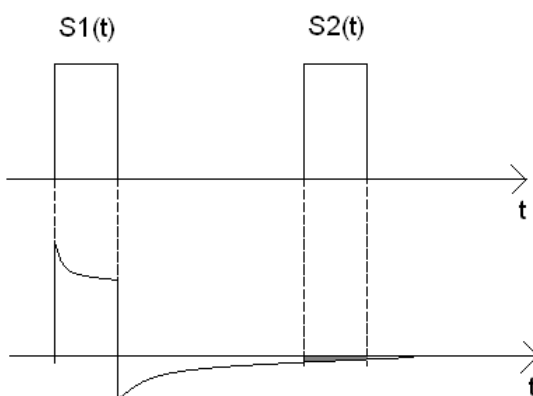
Переходные влияния между каналами

Импульсы могут по разным причинам расширяться. Расширения происходят ограничения полосы частот тракта.

- 1) Затягивание импульса, если полоса ограничения сверху:



- 2) Сужение импульса, если полоса ограничена снизу.



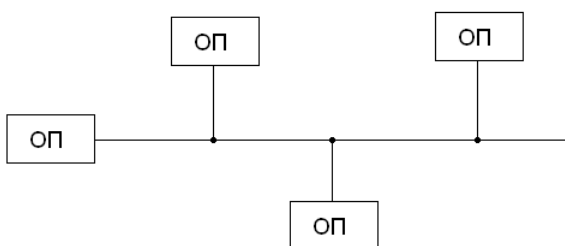
Группообразование в системах ВРК

Название группы	Число каналов	Скорость передачи, кбит/с
Первичная	30	2048

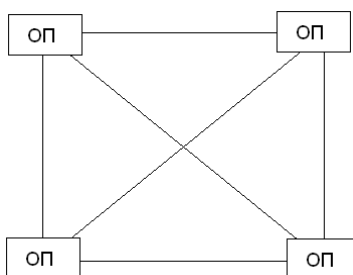
Вторичная	120	8448
Третичная	480	34368
Четвертичная	1920	139264

Общие принципы построения телекоммуникационных систем, назначение и состав

- 1) Многоточечная сеть;



- 2) Полносвязанная сеть.



Эти сети некоммутируемые. С ростом абонентов во втором случае резко растет число каналов, а в первом – ведет к росту времени передачи сообщения.

Назначение и состав сетей

- 1) Сетевые узлы и сетевые станции. Осуществляется переключением каналов, групп каналов.
- 2) Узлы или центры коммутации. Распределяют сообщение в соответствии с адресом. Бывают транзитные и оконечные.
- 3) Оконечные пункты. Осуществляют ввод-вывод сообщения абонента. АП (абонентский пункт) могут быть индивидуального или коллективного пользования.

По категории пользователей сети разделяются на сети общего назначения и корпоративные.

По способу коммутации:

- сети с долговременной коммутацией;
- сети с оперативной коммутацией;
- сети с коммутацией каналов;
- сети с коммутацией сообщения;
- сети с адаптивной коммутацией;
- сети с гибридной коммутацией.

По способу управления сети:

- централизованные;
- децентрализованные;
- смешанные.

По степени приспособленности ситуации в сети:

- статические (возможные изменения в сети заранее предусмотрены);
- квазистатические (система может противостоять некоторым превышениям, не предусмотренной программой);
- динамические.

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с другими методами разделения абонентских каналов, такими, как временное разделение, используемое в цифровых каналах передачи, и импульсно-кодовое разделение каналов, реализующее один из современных принципов повышения помехоустойчивости передачи сигналов. Знакомство позволяет ориентироваться в перспективах развития техники разделения абонентских сигналов.

5. Иерархическое построение систем с ИКМ

Амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ) называется передача квантованных значений сигнала с помощью коротких импульсов различной. При этом под импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) понимается передача непрерывных функций при помощи двоичного кода.

При использовании ИКМ необходимо передать числа, выражающие величину квантованных отсчетов. Для этого обычно пользуются двоичным кодом. Числа, подлежащие

передаче, надо записать в двоичной системе счисления – это создает определенные необходимые кодовые комбинации. При помощи n - значных двоичных чисел можно представить 2^n чисел. Количество чисел, подлежащих передаче, сводится до конечной величины N . Если принять шаг квантования за единицу, то $N-1$ будет означать наибольшее квантованное значение. Количество знаков в двоичной кодовой комбинации равно $n = \log_2 N$. И случае, если n – не целое, то оно округляется до ближайшего целого числа. На рис. 3 показаны преобразования аналогового сигнала (а) в АИМ (б) и ИКМ (в) для $n = 4$.

При выборе шага квантования следует учитывать два фактора. С одной стороны, увеличение числа ступеней квантования увеличивает точность передачи сигнала, с другой – это требует удлинения кодовой комбинации. Для телефонной передачи установлено, что удовлетворительное качество передачи достигается при N около 100, т.е. уже при семизначном коде.

В анализе приема сигналов с импульсно-кодовой модуляцией обычно рассматривают не отношение средних мощностей сигнала и помехи, а отношение половины шага квантования (цена округления) к среднеквадратичному значению помехи. Квадрат этого отношения заменяет отношение сигнал – шум.

Пусть число уровней квантования равно N . Будем передавать каждое из этих значений n -значным кодовым числом, составленным из импульсов, квантованных на m уровней (АИМ). Общее число возможных комбинаций равно m^n , $m^n = N$. Пусть шкала уровней симметрична относительно нуля. Тогда шаг квантования равен

$$\Delta = \sqrt{\frac{12 P_c}{m^2 - 1}},$$

откуда отношение мощностей сигнала и помехи равно

$$\rho = \frac{3}{m^2 - 1} \frac{P_c}{P_p},$$

где P_c и P_p – соответственно, мощности полезного сигнала и мешающего.

Таким образом, при неизменных мощностях сигнала и помехи выгодно уменьшать основание кода. Наименьшее значение m равно 2 (двоичный код), что соответствует ИКМ. В

этом случае $\rho = \frac{P_C}{P_p}$ т.е. введенная величина ρ совпадает с обычным определением

отношения сигнал – помеха. ИКМ дает выигрыш в отношении сигнал – помеха в $N^2/3$ раз.

Выигрыш в помехоустойчивости достигается по следующей причине. При АИМ за каждый тактовый интервал (отсчет) передается один импульс, а при ИКМ за тот же интервал должны быть переданы n импульсов. При неизменной скважности каждый из этих n импульсов в n раз короче, а, следовательно, ширина спектра сигнала в n раз больше, чем ширина спектра сигнала АИМ. Таким образом, за увеличение отношения сигнал – помеха необходимо расплачиваться расширением полосы.

Цифровые потоки - это последовательности 0 и 1, передаваемых по линии связи. Нули и единицы могут нести информацию о речи, тексте, изображении и т.д. При этом скорости потоков будут, естественно, отличаться: для текста - 50...100 бит/с, для компьютерных данных - 200 бит/с и выше, для речи - 64 кбит/с, для подвижной «картинки» - более 100 Мбит/с.

К системам передачи, стоящим в самом низу иерархической лестницы, относится аппаратура ИКМ-30. У подобных систем передачи сравнительно невысокая скорость цифрового потока (около 2 Мбит/с), что делает их пригодными для организации связи между АТС по обычным городским и сельским кабелям связи, образующим довольно обширную сеть подземных магистралей. Объединение цифровых потоков в этих системах осуществляется, как мы видели, по принципу «чередования кодовых комбинаций». Введение в них синхросигнала и различных служебных символов потребовало дополнительных каналов и привело к тому, что скорость объединенного цифрового потока стала больше суммы скоростей объединяемых потоков.

В цифровых системах передачи, потоки которых подлежат объединению, часто имеют автономное генераторное оборудование, обладающее некоторой нестабильностью частоты. Обычно эта нестабильность невелика, поэтому объединяемые потоки называют плезиохронными («синхронными в некотором смысле»). В англоязычном написании Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH.

Вначале предположим, что импульсные последовательности считывания устройств объединения потоков имеют скорость, превышающую скорость записи больше чем в $33/32$ раза (что имеет место, например в системе передачи ИКМ-120). Тогда к временному сдвигу сигналов будет добавляться постоянно увеличивающаяся временная неоднородность T . Через несколько сотен периодов по 64 импульса исходного потока (скорости потоков мало отличаются друг от друга) временная неоднородность достигает величины $32T/33$ и возникает необходимость в выравнивании (согласовании) фаз импульсных последовательностей записи и считывания. Согласование можно осуществить, задержав

процесс считывания на одну позицию, т. е. исключив из соответствующей последовательности импульсов считывания ИС в данный момент 64-й импульс.

В системах с двусторонним согласованием скоростей используются только два вида кода согласования скоростей (КСС): для положительного и отрицательного согласования. Для случая равенства скоростей специальной нейтральной команды не существует, она заменяется командами для положительного и отрицательного согласования, попеременно следующими друг за другом. Отсутствие третьей (нейтральной) команды также понижает вероятность возникновения ошибок в работе системы согласования скоростей.

В реальных случаях в состав аппаратуры вводятся устройства, анализирующие характер изменения временного сдвига, что резко понижает вероятность ложного срабатывания, а также устройства, подавляющие фазовые дрожания задающих генераторов.

Цифровые системы передачи, используемые на телекоммуникационных сетях, строятся на основе определенной *иерархии*, которая должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Передача по каналам и трактам ЦСП всех видов аналоговых, дискретных и цифровых сигналов;
2. Соответствующая кратность скоростей обработки и передачи сигналов на различных ступенях иерархии;
3. Возможность достаточно простого объединения, разделения, выделения и транзита передаваемых цифровых потоков;
4. Параметры ЦСП должны выбираться с учетом характеристик существующих и перспективных направляющих систем;
5. Возможность взаимодействия ЦСП с аналоговыми системами передачи и различными системами коммутации;
6. При передаче сигналов типовых сообщений пропускная способность ЦСП должна использоваться наилучшим образом.

Формирование иерархии ЦСП осуществляется на основе объединения цифровых потоков низкого порядка, называемых *компонентными*, в единый цифровой, который называется *групповым* или *агрегатным*.

При формировании группового цифрового сигнала-потока возможны *следующие* способы объединения цифровых потоков:

- Посимвольное
- Поканальное (В обоих случаях объединяются четыре потока).

В первом случае при посимвольном объединении импульсы цифровых сигналов объединяемых цифровых потоков укорачиваются и распределяются во времени так, чтобы в

освободившихся интервалах могли разместиться объединяемые импульсы других потоков. При поканальном объединении цифровых потоков сужаются и распределяются во времени интервалы, отводимые для кодовых групп. В обоих случаях необходим синхросигнал для правильного распределения цифровых потоков на приемном конце.

Также возможно объединение цифровых потоков **по циклам**, которое аналогично поканальному объединению, только обрабатывается (сжимается) во времени и передается полностью цикл одного цифрового потока, а потом следующих. Наиболее простым и широко применяемым способом является способ посимвольного объединения.

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с иерархическими принципами организации сложных сетей, позволяющими достаточно гибко строить и модифицировать системы связи в соответствии с возникающими потребностями и с эффективным использованием имеющегося технического ресурса. Знакомство дает возможность как понимать, как обеспечить необходимые параметры системы, так и самому участвовать в проектировании структуры связной сети.

6. Параметры цифровых сигналов в системах плездохронной и синхронной иерархии.

Транспортная модель сети. Протоколы обмена.

Используются различные стандарты параметров сигналов:

Первый стандарт (Заключается в последовательности скоростей):

Последовательность скоростей 1544 (или DS1) - 6312 (или DS2) - 44 736 (или DS3) - 274 176 (или DS4) кбит/с (округленно: 1,5 - 6 - 45 - 274 Мбит/с). Такая последовательность соответствует ряду коэффициентов **мультиплексирования**: $p = 24$ для формирования сигнала DS1 из 24 сигналов DSO, $m = 4$ для формирования сигнала DS2 из 4 сигналов DS1, $l = 7$ для формирования сигнала DS3 из 7 сигналов DS2 и $k = 6$ для формирования сигнала DS4 из 6 сигналов DSO. Данный стандарт ПЦИ позволяет организовать 24, 96, 672 и 4032 канала DSO (или ОЦК).

Цифровые сигналы уровней DS1 - DS2 - DS3 - DS4 обычно называют *первичным цифровым каналом (поток) - ПЦК(П)*, *вторичным цифровым каналом (поток) - ВЦК(П)*, *третичным цифровым каналом (поток) - ТЦК(П)* и *четверичным цифровым каналом (поток) - ЧЦК(П)* соответственно.

Второй стандарт (Порожден скоростью 1544 кбит/с) Он дает последовательность 1544 (или DS1) - 6312 (или DS2) - 32 064 (или DSJ3) - 97728 (или DSJ4) кбит/с (ряд приближенных величин составляет 1,5-6-32-98 Мбит/с). Коэффициенты мультиплексирования для данного стандарта, соответственно, равны $p = 24$, $m = 4$, $l = 5$, $k = 3$. Указанная иерархия позволяет организовать 24, 96, 480 и 1440 каналов DSO (или ОЦК). Здесь сигналы DSJ3 и DSJ4 называются цифровыми каналами (или потоками) 3-го и 4-го уровней японской ПЦИ.

Третий стандарт (Основан на скорости 2048 кбит/с) Он порождает последовательность 2048 (или E1: первичный цифровой канал-поток) - 8448 (или E2: вторичный цифровой канал-поток) - 34 368 (или E3: третичный цифровой канал-поток) - 139 264 (или E4: четверичный цифровой канал-поток) - 564992 (или E5: пятиричный цифровой канал-поток) кбит/с или приближенно 2 - 8 - 34 - 140 - 565 Мбит/с, что соответствует коэффициентам мультиплексирования, равным $p = 30$, $m = l = k = 4$. Указанный стандарт позволяет передавать, соответственно, 30, 120, 480, 1920 и 7680 ОЦК, что обычно ассоциируется в названии цифровых систем передачи ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480 и ИКМ-1920,

Подобное параллельное развитие трех различных стандартов ПЦИ сдерживало развитие глобальных телекоммуникационных сетей в мире и поэтому Международным союзом электросвязи по телекоммуникациям (МСЭ-Т) были сделаны шаги по их унификации и объединению.

В результате был принят стандарт, согласно которому были стандартизованы три первых уровня первого стандарта ПЦИ (DS1-DS2-DS3), четыре уровня второго стандарта (DS1-DS2-DSJ3-DSJ4) и четыре уровня третьего стандарта ПЦИ (E1-E2-E3-E4) в качестве основных при построении цифровых систем передачи на основе ИКМ и временного разделения каналов и указаны схемы *кросс-мультиплексирования* стандартов, например, из третьего стандарта в первый (с первого на второй уровень) и обратно (с третьего на четвертый уровень). Кроме этого, была сохранена ветвь 32 064...97 728 кбит/с (округленно 32...98 Мбит/с) во втором стандарте, т.е. уровни DSJ3 и DSJ4, параллельные уровням DS3 в первом стандарте и E4 в третьем стандарте. Уровень DSJ3 фактически соответствует уровню E3, что облегчает кросс-мультиплексирование со второго уровня на третий.

Плезиохронная цифровая иерархия была разработана в начале 80-х годов прошлого столетия. На системы передачи данной иерархии возлагались большие надежды. Однако она оказалась очень негибкой: чтобы вводить в цифровой поток высокоскоростной или выводить из него низкоскоростные потоки, необходимо полностью «расшивать», а затем снова «сшивать» высокоскоростной поток. Это требует установки большого числа мультиплексоров и демультимплексоров. Ясно, что делать эту операцию часто весьма дорого.

Недостатком систем передачи плезиохронной цифровой иерархии является также то, что при нарушении синхронизации группового сигнала восстановление синхронизации первичных цифровых потоков происходит многоступенчатым путем, а это занимает довольно много времени. В настоящее время среди систем передачи PDH «выживают» только системы первого уровня иерархии, снабженные новой аппаратурой так называемого гибкого мультиплексирования, которая обеспечивает кроссовые соединения каналов 64 кбит/с; выделение и ввод отдельных каналов 64 кбит/с в любом наборе; пользовательские интерфейсы от двухпроводных окончаний для телефона до окончаний базового доступа в цифровую сеть с интеграцией услуг; видео-конференцсвязь и многое другое. Можно сказать, что гибкие мультиплексоры немного продлили жизнь PDH систем.

Но самое главное, что заставило уже в середине 80-х годов XX в. искать новые подходы к построению цифровых иерархий систем передачи, это почти полное отсутствие возможностей автоматически контролировать состояние сети связи и управлять ею. А без этого создать надежную сеть связи с высоким качеством обслуживания практически невозможно. Все эти факторы и побудили разработать еще одну цифровую иерархию.

Это вызвало разработку синхронной цифровой иерархии (Synchronous Digital Hierarchy – SDH). Новая цифровая иерархия была задумана как скоростная информационная автострада для транспортирования цифровых потоков с разными скоростями. В этой иерархии объединяются и разъединяются потоки со скоростями 155,520 Мбит/с и выше.

Подобная иерархия определяется как набор цифровых структур, стандартизированных с целью *транспортирования* определенных объемов информации, и реализуется как комплексный процесс переноса информации, включая функции контроля и управления. Системы передачи рассчитаны на транспортирование цифровых потоков (сигналов) различных стандартов и уровней, а также широкополосных сигналов, связанных с внедрением новых услуг электросвязи.

На каждом уровне стандартизированы скорости передачи группового сигнала и структуры циклов. Международный комитет принял рекомендации по следующим уровням: *первый уровень* со скоростью передачи 155,52 Мбит/с; *четвертый уровень* со скоростью передачи 622,08 Мбит/с; *шестнадцатый уровень* со скоростью передачи 2488,32 Мбит/с. (Скорости соответствующих уровней получаются умножением скорости первого уровня на число, соответствующее наименованию уровня.)

В качестве основного формата сигнала принят *синхронный транспортный модуль-СТМ* (или Synchronous Transport Modul -STM), имеющий скорость передачи 155,52 Мбит/с и включающий в себя цифровые потоки европейского и североамериканского стандартов

плезиохронной системы. Синхронный транспортный модуль представляет собой блочную циклическую структуру с периодом повторения 125 мкс. Основной модуль STM-1, модули высших уровней STM-4, STM-16, STM-64 и STM-256 кроме основной информационной нагрузки, несут значительный объем избыточных сигналов, обеспечивающих функции контроля, управления и обслуживания и ряд вспомогательных функций.

Исходная информационная нагрузка упаковывается в *контейнеры C* (Container) соответствующего уровня, представляющие базовые элементы структуры мультиплексирования SDH, соответствующих уровням PDH.

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с проблемами синхронизации при передаче цифровых сигналов и методами ее решения путем организации плезиохронных и синхронных систем и соответствующей иерархией при их необходимом усложнении. Знакомство с этим материалом позволяет понять транспортные модели сетей и их пути дальнейшего развития.

7. Принципы построения систем радиосвязи: радиорелейных, спутниковых, подвижных систем электросвязи

Системы мобильной связи являются наиболее интенсивно развивающимися в настоящее время.

Выделяют 4 типа систем мобильной связи:

1. транковая (PMR);
2. система персонального радиовызова;
3. система персональной спутниковой связи;
4. сотовые системы мобильной связи.

Транковые системы связи

Trunk — ствол. Ствол содержит несколько каналов, но жесткое закрепление за абонентов отсутствует. Пользователями таких систем являются МВД, ФСБ, пожарная служба, скорая медицинская помощь, коммерческие структуры. В отличие от других систем транковая система жестко лимитирована на число абонентов и четко контролирует их состав.

При переходе из зоны в зону система производит перерегистрацию абонента, присваивая ему новый частотный канал. В таких системах имеется специальный управляющий канал.

По способу управления транковые системы делятся:

1. системы, управляемые по единому каналу:
 - системы с выделенным каналом (аналоговые);
 - EDACS — усовершенствованная система связи с цифровым доступом (аналоговые и цифровые), 9,6 кбит/с;
 - ТЕТКА — трансевропейское транковое радио (полный переход на цифровое вещание с временным разделением канала), 36кбит/с.
2. системы с распределенным каналом:
 - LTR — управление совмещенным каналом (в полосе 0-15 Гц передаются управляющие сигналы, т.е. отдельные управляющий канал не требуется).

Роуминг впервые начал применяться именно в транковых системах. Выделяют следующие типы роуминга: ручной, полуавтоматический, автоматический.

В Россия применяют следующие транковые системы связи: «Лен», «Колос», «Гранит», «Алтай» → «Рус Алтай».

Среди преимуществ транковых систем связи можно выделить следующие:

1. экологичность (четкое соблюдение норм по уровню излучения);
2. псевдогородской номер (семизначный номер);
3. защита от НСД (несанкционированного доступа);
4. возможность подключения к отдельным сетям делового обслуживания.

Системы персонального радиовызова (пейджинг)

Система персонального радиовызова — система мобильной радиосвязи, обеспечивающая одностороннюю передачу коротких сообщений из центра на специализированные миниатюрные абонентские приемники.

Выделяют следующие виды пейджинговых систем:

1. тональные;
2. цифровые;
3. буквенно-цифровые;
4. речевые.

Можно классифицировать системы персонального радиовызова на:

1. ведомственные;
2. территориальные.

Отличительной особенностью пейджинговых систем является их работа «вне реального» времени.

Существуют следующие стандарты систем персонального радиовызова:

1. POCSAC — консультативная группа по стандартизации кодов почты (1,2 и 2,4 кбит/с);
2. ERMER — европейская система радиопередачи (6,25 кбит/с);
FLEX — технология фирмы Motorola.

Системы персональной спутниковой связи

Эти системы объединяют разные по строению и орбитальной конфигурации спутники, в которых пользователь терминала получает и передает сообщение, напрямую связывающее его по радио линии со спутником.

В настоящее время она дополняет мобильную связь там, где она не доступна (в океане, в районах с малой плотностью населения, в местах разрыва наземной инфраструктуры).

Различия в системах обусловлены различными характеристиками орбит (орбитальных параметров).

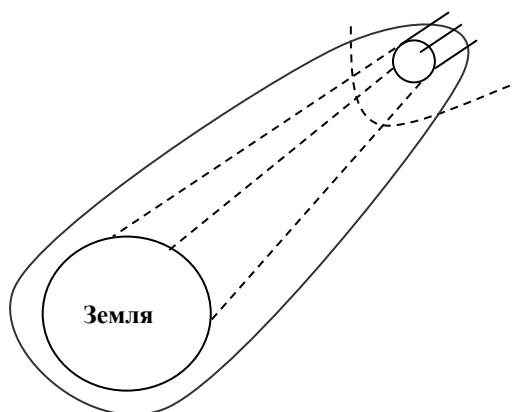
Орбитальные параметры бывают следующими:

Высота над поверхностью земли:

- 1) $h < 1500\text{км}$ – низкоорбитальные;
- 2) $h = 1500\div 5000\text{км}$ – среднеорбитальные;
- 3) $h > 5000\text{км}$ – высокоорбитальные;

По форме орбит:

- 1) круговая
- 2) эллиптическая



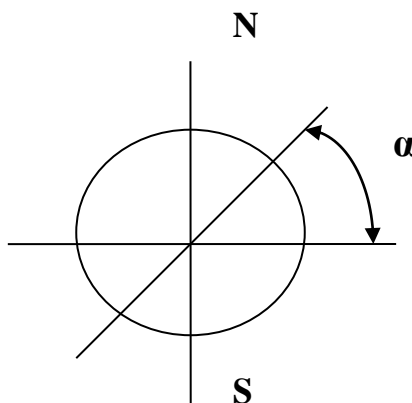
- 3) Геостационарная

По периодичности прохождения над земной поверхностью:

- 1) Синхронные. Спутник пролетает все время над одним объектом
- 2) Изомаршрутные Спутник пролетает над объектом один раз в сутки.

3) Квазимаршрутные (два раза в сутки).

По наклонению орбиты. По значению α орбиты и разделяются:



- 1) $\alpha < 90^\circ$ - прямые орбиты
- 2) $\alpha = 90^\circ$ - полярные и квазиполярные
- 3) $\alpha = 0^\circ$ - экваториальные
- 4) $\alpha > 90^\circ$ - обратные орбиты (вращение спутника против вращения Земли)

На сегодняшний день все больше начинают использоваться низкоорбитальные спутники. Плюсы – 1) дешевые 2) более экологичные

Также сейчас в основном используются две системы спутниковой связи.

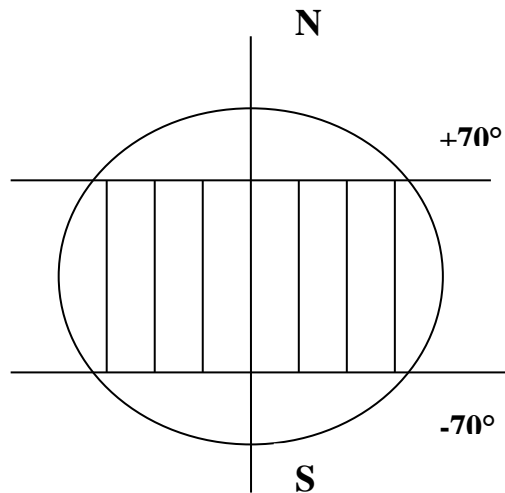
1) Iridium – 66 космических аппаратов на 11 круговых орбитах, $h \leq 780$ км, $\alpha = 86^\circ$, $T_{\text{обр.}} = 100$ мин, в 99% времени обеспечивается 100% покрытия Земли.

На спутниках используется фазированная антенная решетка (наиболее перспективная антенна) – ФАР. На каждом спутнике находится 6 ФАР, которые образуют 48 лучей, каждый из которых покрывает около 600 км. На Земле находится около 2000 зон.

В системе используется ЧРК+ВРК, между сотами частотное разделение, внутри сот временное. Пропускная способность – 4000 каналов (телефоны, факс и тд.).

Globalstar. Сотовая структура с выносом ретрансляторов в космос. В космосе находится 18 космических аппаратов на 8 круговых орбитах, по 6 штук на каждой, $h = 1400$ км, $\alpha = 52^\circ$. Данная система не охватывает всю поверхность Земли.

В северных частях спутники прибывают дольше. За счет двукратного резервирования повышается надежность. На каждом спутнике находится одна ФАР, которая образует 16 лучей. Все лучи используют один и тот же частотный диапазон, разделение здесь кодовое. Пропускная способность каждого канала – 9,6 кбит/с.



В России существуют следующие системы: «Гонец», «Глобалсат», «Курьер», «Сигнал», «Банкир», «Ямал», «Урал». «Гонец» - 45 спутников, на 5 орбитах, $h = 1400\text{км}$, $\alpha = 83^\circ$.

Сотовые системы мобильной связи

Основной принцип работы – частотно-территориальное планирование. Один и тот же частотный диапазон можно использовать на разных территориях, а так же увеличивать число абонентов, используя все те же частотные ресурсы. Группа сот, в пределах которой отсутствует повторное использование частот, называется кластером. Совокупность средств для обеспечения особенностей сотовой связи:

- 1) Handoff
- 2) Handover

В таких системах сотовой связи используется эстафетная передача абонентов.

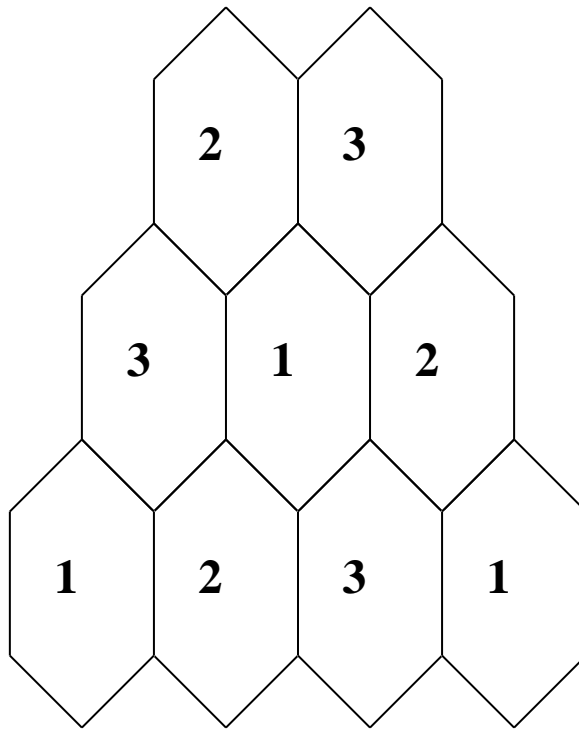
Меры для эстафетной передачи абонентов:

- 1) Определение текущего положения абонентов.
- 2) Обеспечение непрерывности связи при переходе из одной соты в другую.

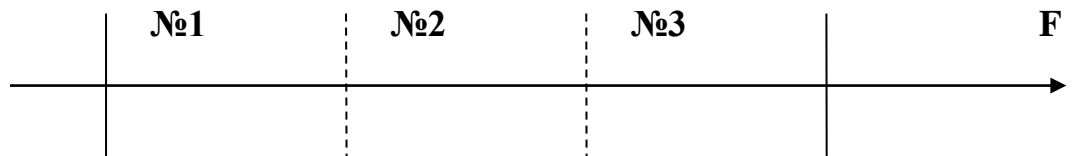
Высокая интенсивность использования спектра достигается с помощью использования повторных частот.

Распределение поддиапазонов по сотам называется частотно-территориальным планом.

Наиболее эффективное использование диапазона предусмотрено в трех частотном кластере.



Поддиапазоны распределяются так, чтобы в соседних сотах они не совпадали.



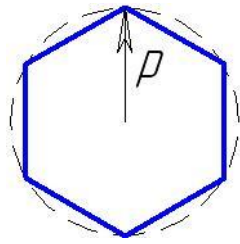
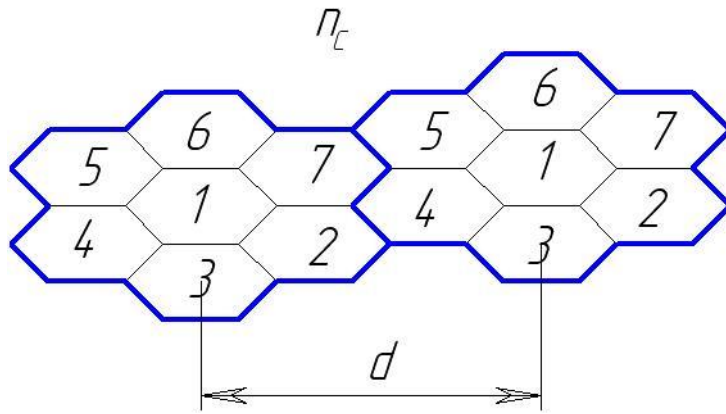
Достоинства:

- 1) Простота.
- 2) Максимальная возможная емкость каждой соты.

Недостатки:

- 1) Частое повторение сот с одинаковыми поддиапазонами.
- 2) Близкое расположение сот друг к другу. Это приводит к большому уровню соканальных помех.

- 1) Одна из мер – увеличение размера кластера



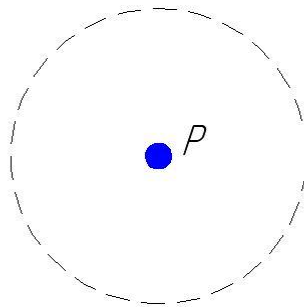
$$D = \sqrt{3n_c} \rho = \xi \rho$$

$$\xi = \sqrt{3n_c}$$

$$\eta = \frac{1}{n_c}$$

η – коэффициент эффективности повторного использования частот.

2) Секторизация сот



Изотропная антенна
одинаково излучает во всех
направлениях.

Диаграмма направленности изотропной антенны

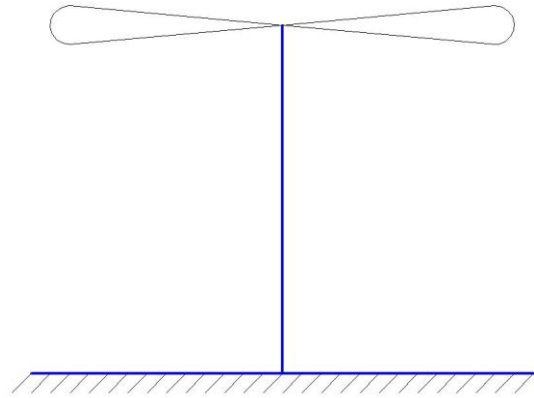
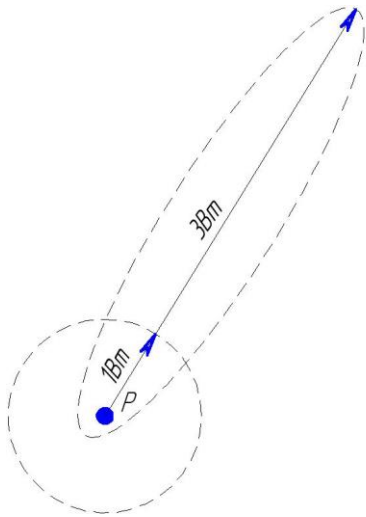
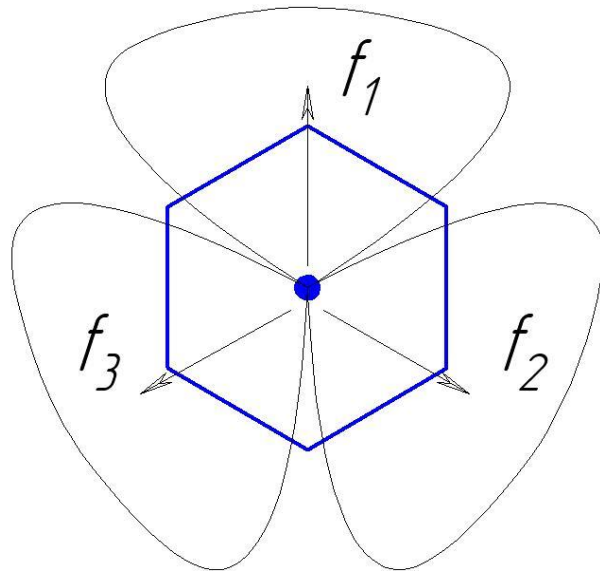
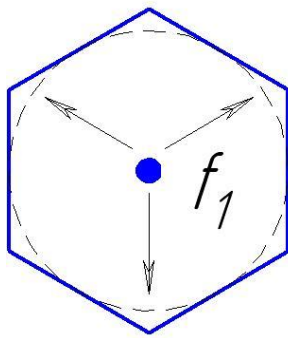


Диаграмма направленности делится на определенное количество секторов и в каждом секторе используется свой поддиапазон.



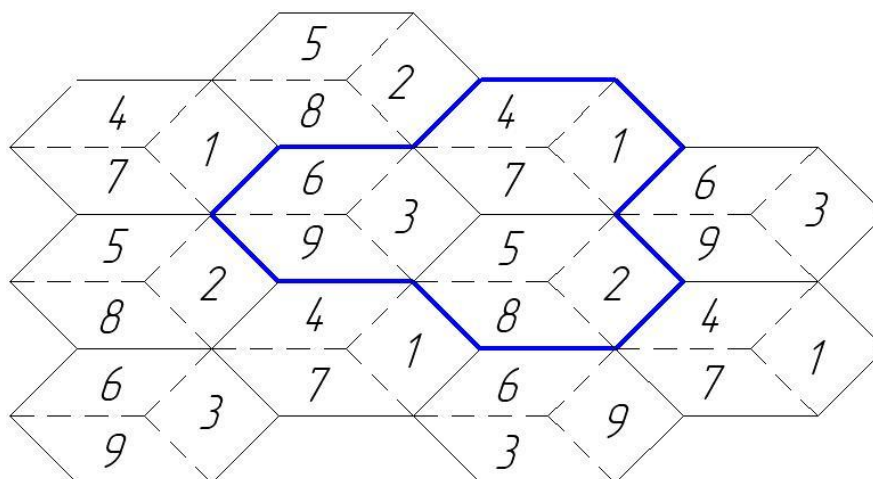
Можно чаще использовать одинаковую полосу частот внутри кластера без изменения структуры кластера, либо в рамках прежней схемы уменьшить уровень соканальных помех.

n_c – количество сот;

m_c – количество секторов в соте.

$(n_c; n_c \times m_c)$

(3;9) (4;12) (7;21)

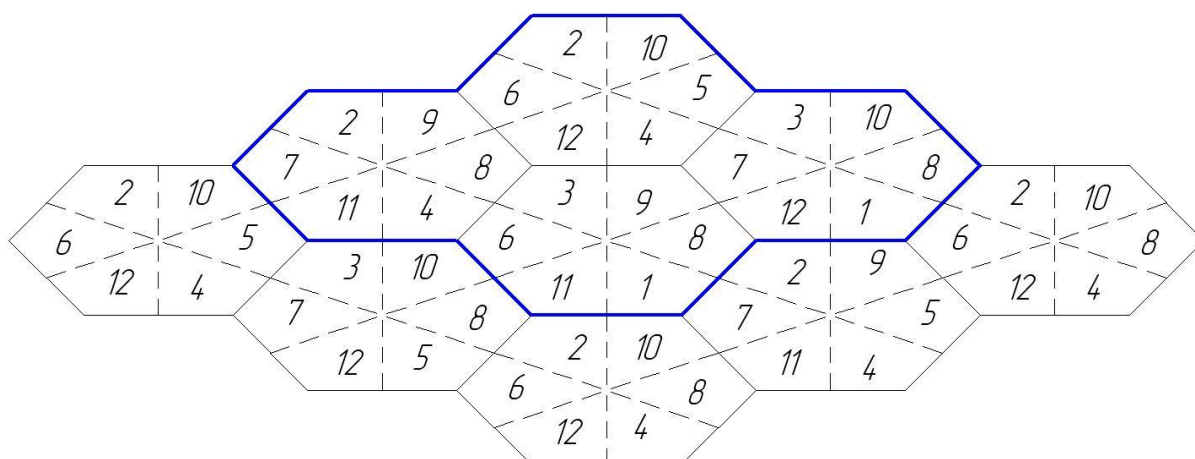


- 1) Уравнивать интенсивность вызовов в каждой соте;
- 2) Общая тенденция уменьшения размера соты.

Уменьшение размера соты:

- повышение эффективности использования выделенной полосы частот;
- увеличение абонентской емкости системы;
- позволяет уменьшать мощность передатчиков и снижать чувствительность приемников;
- улучшение электромагнитной совместимости с другими средствами;
- улучшение экологии.

Частотно-территориальные планы могут быть достаточно сложными



Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с основными типами систем радиосвязи и более подробно – с системами подвижной и мобильной

радиосвязи, как наиболее распространенной и быстро развивающейся. Знание этого материала позволяет понять принципы построения и территориального размещения структуры сети. Кроме этого возникает понимание места других подвижных систем в организации связи и перспективы их развития в соответствии с возлагаемыми на них функциями.

8. Сигналы и типовые каналы в системах радиосвязи. Передача аналоговых и цифровых сигналов. Параметры аналоговых ЧМ сигналов.

Характеристики среды распространения

Регламентация радиочастотного спектра.

При выборе диапазона частот учитывается следующее:

- 1) Возможность выделения полосы нужной ширины.
- 2) Условия распространения радиоволн по трассе.
- 3) Проницаемость для радиоволн зданий и сооружений.
- 4) Интенсивность радиопомех в этом диапазоне.
- 5) ЭМС (электромагнитная совместимость) с другими системами в близких

диапазонах.

б) Возможность построения абонентской аппаратуры с нужными характеристиками.

Первая система мобильной связи появилась в США в 1921 году (АМ, 2 МГц). Эти системы устанавливались на машинах.

1938г. – диапазон 30÷40 МГц был выделен для мобильной связи.

1940г. - система мобильной связи, использующая частотную модуляцию.

1946г. – 150 МГц. Первая частная система.

1956г. – 450 МГц.

1974г. – 800 МГц. (АМPS система).

Начиная с длин волн $\lambda=10\div12$ см и короче идет сильное поглощение радиоволн. Это соответствует $f\sim 2500\div 3000$ МГц. Наилучшие условия распространения в диапазоне 400÷500 МГц.

Существуют специальные органы, которые занимаются распределением частот:

ФКС – федеральная комиссия по связи (США).

СЕРТ – Европейская конференция почты и связи.

ГКРЧ – Государственный комитет по радиочастотам.

Мешающие сигналы в каналах связи

Помехи в каналах мобильной связи исключительно разнообразны. Их можно классифицировать следующим образом:

- - искусственные;
 - естественные.
- - внешние;
 - внутренние.

Внутренние искусственные помехи не имеет смысла рассматривать, так как они являются следствием неисправности аппаратуры и легко устраняются её починкой.

Внутренние естественные помехи — это разного рода шумы (неконтролируемые случайные помехи) Особенно опасны шумы во входных цепях, так как уровень сигнала здесь мал и при наложении шума качество входного сигнала резко ухудшается.

Выделяют 3 вида шумов:

- Тепловой. Данный вид шума существует всегда и везде и вызван тепловым движением частиц вещества.

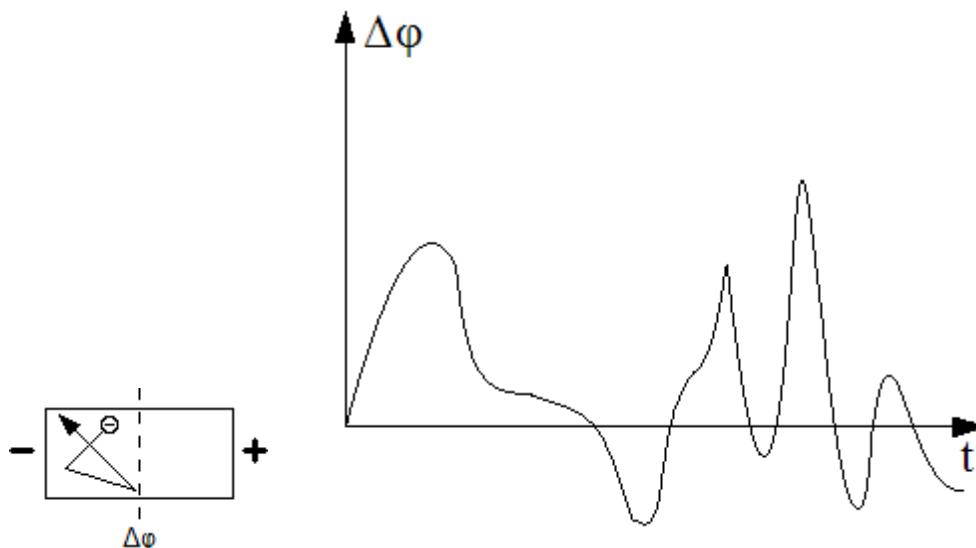


Рис. Изменение разности потенциалов при движении электрона.

В общем случае все колебания заряженных частиц складываются и, как следствие, на концах проводника появляется случайное значение напряжения — это и есть тепловой шум.

- Дробовый. Данный вид шума возникает из-за конечности минимальной величины электрического заряда.

- Флуктуационный. Данный вид шума возникает из-за неравномерности течения тока.

Внешний шум (помехи)

К внешним естественным помехам можно отнести грозы (молния излучает помехи во всех диапазонах), солнечное и космическое излучения.

Внешние искусственные помехи — это основной вид внешних помех. Данный вид помех связан с человеческой деятельностью. Основными источниками помех данного вида являются:

- электротранспорт и системы зажигания автомобилей;
- промышленные электроустановки (электродвигатели, контакторы, промышленные генераторы);
- радиоизлучающие системы, работающие в близких диапазонах (радиолокация и радионавигация);
- соканальные помехи.

Системы мобильной связи имеют специфические условия работы:

- основная зона работы — город и пригород, то есть зоны с исключительными условиями;
- условия распространения очень сильно меняются;
- сигнал в точку приема приходит многолучевый, то есть результат в точке приёма — сумма многих лучей;

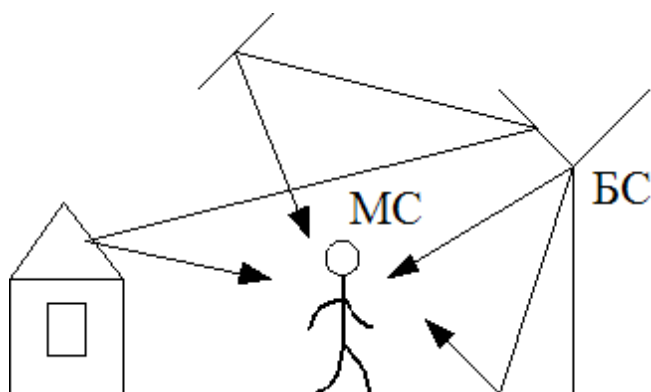


Рис. Многолучевость.

- мобильный абонент может двигаться с большой скоростью, что приводит к доплеровскому эффекту.

В следствии совокупности этих причин наблюдается:

1. затухание сигнала, то есть уменьшение его мощности;
2. замирание амплитуды, то есть наблюдаются случайные сильные колебания уровня сигнала.

Затухание радиосигнала

В общем виде затухание радиосигнала можно выразить формулой

$$P_R = \alpha_0 P_T R^{-\nu}, \text{ где}$$

P_R — мощность в точке приёма,

P_T — мощность в точке передачи,

α_0 — коэффициент, зависящий от длины волны и конфигурации антенны,

R — расстояние между точкой передачи и точкой приёма,

ν — показатель, зависящий от условий распространения радиосигнала.

Для свободного пространства (зона прямой видимости) данная формула принимает следующий вид

$$P_R = \frac{G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2} P_T \frac{1}{R^2}, \text{ где}$$

G_T, G_R — коэффициенты усиления антенн, направленных друг на друга.

В реальных условиях $\nu = 3$ — 5.

Местности, в которых работают мобильные системы, подразделяют на следующие виды:

- открытые районы (препятствий в виде деревьев и зданий очень мало);
- пригородные зоны (встречаются деревья и одно- и двухэтажные строения);
- городские районы (плотная застройка многоэтажными зданиями).

Полезные наблюдения:

- мощность сигнала убывает с расстоянием на $38 \frac{\text{дБ}}{\text{декада}}$, то есть при изменении расстояния в 10 раз мощность сигнала изменяется на 38 дБ;

- мощность сигнала соотносится с высотой следующим образом: БС - $6 \frac{\text{дБ}}{\text{октава}}$,

МС (при высоте менее 3 метров) - $3 \frac{\text{дБ}}{\text{октава}}$, МС (при высоте более 3 метров) - $6 \frac{\text{дБ}}{\text{октава}}$;

- в пригородной зоне мощность сигнала на 10 дБ больше по сравнению с городом.

Замирания сигнала

Существует 2 причины данного явления:

- многолучевость и, как следствие, усиление или ослабление сигнала;
- мобильная станция может перемещаться, следовательно, фазовые сдвиги сигнала меняются случайным образом.

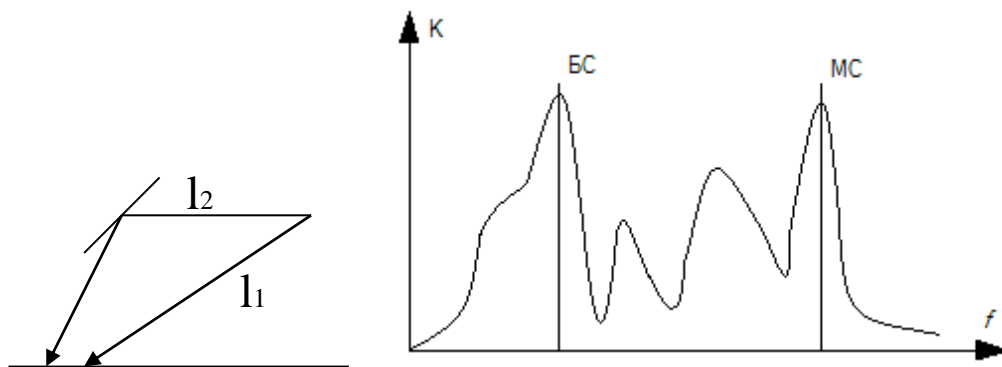
Выделяют 2 вида замираний: быстрые и медленные.

Причиной быстрых замираний является интерференция сигналов с различными фазовыми сдвигами.

Медленные замирания обусловлены общим изменением условий распространения сигнала.

Селективно-частотные замирания (СЧЗ).

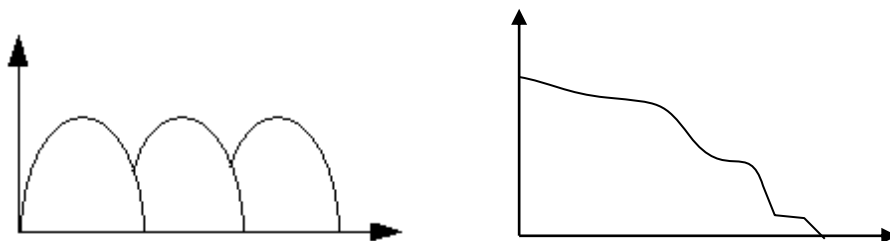
СЧЗ наблюдаются при рассмотрении широкой полосы частот.



Из-за того, что на разных частотах коэффициенты передачи разные $l_1 \neq l_2$.

У СЧЗ есть как положительные, так и отрицательные стороны.

- : искажение спектра сигнала;
- : взаимное управление мощностью затруднительно из-за сильной разнесенности частот МС и БС;
- : межсимвольная интерференция (МСИ);



- : применение СЧЗ ведет к удорожанию аппаратуры;
- +: при выделенном широком диапазоне можно выбрать область, в которой в данный момент нет замираний;
- +: при использовании всего диапазона глубокими замираниями обладает лишь узкий поддиапазон.

Временные замирания

Временные замирания возникают при перемещении мобильной связи. Причиной этого является доплеровский эффект, суть которого заключается в том, что если приемник и передатчик сближаются, то воспринимаемая частота увеличивается и наоборот.

Таким образом временные замирания возникают тогда, когда:

- 1) приемник движется;
- 2) имеет место многолучевость.

Модуляция в системах связи

Модуляция – перенос информации сообщения на какие-либо параметры несущего колебания.

Свойства различных видов модуляций зависит от того какие именно параметры мы меняем.

$$x(t) = A \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

Манипуляция – это частный вид модуляции, когда параметры информационного сигнала изменяются скачкообразно.

При выборе модуляции необходимо искать компромисс между противоречиями:

- 1) избранный вид модуляции должен обеспечивать нужную достоверность передачи информации;
- 2) при этом необходимо экономно (эффективно) использовать выделенную полосу спектра.

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент знакомится с главными эксплуатационными параметрами сигналов в типовых каналах передачи, включая особенности структуры и механизма воздействия мешающих сигналов. Данный материал позволяет организовать каналы передачи и правильно использовать в них виды сигналов с целью снижения негативного влияния внешних помех и искажений при передаче информации.

9. Принципы построения наземных и спутниковых систем телевизионного и звукового вещания. Современное состояние и перспективы развития связи в РФ

Эволюция систем и стандартов сотовой связи

Эволюция систем и стандартов сотовой связи насчитывает примерно 25–30 лет. За это время было несколько поколений.

1G – системы первого поколения

Аналоговые AMPS (продвинутая мобильная телефонная служба).

базовая станция (БС): 869–894МГц

мобильная станция(МС): 824–849МГц

Начало коммерческого использования – 1983год.

D-AMPS (цифровой AMPS).

До 20% мобильного парка используют эти стандарты.

N-AMPS (узкополосная AMPS) – качество хуже, но емкость больше.

TACS (система связи с всеобщим доступом)

БС: 935–950МГц

МС: 890–905МГц

Начало коммерческого использования 1985год.

ETACS (усовершенствованная TACS);

UTACS (японский вариант TACS);

NTACS (узкополосная TACS).

NMT (Nordic mobile telephone)

NMT-450: БС: 463–467,5МГц

МС: 453–457,5МГц

NMT-900: БС: 935–960МГц

МС: 890–915МГц

NMT-450i (улучшенная NMT)

Radio Com–2000

C–450

Во всех аналоговых системах используется ЧРК (частотное разделение каналов), для передачи речи – ЧМ(частотная модуляция), для передачи сигналов управления – частотная манипуляция.

Недостаток: низкая абонентская емкость, несовместимость различных стандартов между собой, невозможность взаимодействия с продвинутыми цифровыми системами.

2G – системы второго поколения

D–AMPS (IS–54). Использует те же частотные режимы что и AMPS, но имеет два режима работы (частотный и аналоговый).

Используется с 1992года.

IS–136

800МГц; 1900МГц.

GSM (global system mobile) БС: 935–960МГц

МС: 890–915МГц

GSM–1800 БС: 1710–1785МГц

МС: 1805–1880МГц

IS–661 – американский стандарт GSM (GSM–1900)

PDC (персональная цифровая сотовая)

JDC 800, 1400, 1500

1993год – стандарт IS–95 (CDMA One) БС: 869–894МГц

МС: 824–848МГц

Первая система которая начала использовать CDMA.

Работает с конца 90-х годов. Требуется широкая полоса $\Delta f = 1,25 \text{ МГц}$.

3G – системы сотовой связи третьего поколения

Формирование систем третьего поколения на данный момент не закончено и продолжается.

Далее 2G:

- 1) Использование методов помехоустойчивого кодирования.
- 2) Использование цифровой техники, которая всегда проста в настройке и более технологична, более дешёвая.
- 3) Стабильность работы.

Первая страна, полностью отказавшаяся от систем первого поколения – Финляндия.

2,5G – совокупность промежуточных мер между вторым и третьим поколением систем сотовой связи. Здесь три основных дополнения к базовому стандарту:

1) HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) – высокоскоростная цепь цифровой информации. Каждому пользователю предоставляется несколько каналов, а не один. Обеспечивает передачу данных по сети со скоростями до 57,6 кбит/с.

2) GPRS (англ. *General Packet Radio Service* — пакетная радиосвязь общего пользования) — надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных. GPRS позволяет пользователю мобильного телефона производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет. GPRS предполагает тарификацию по объёму переданной/полученной информации, а не времени, проведённому online. $V = 111 \text{ кбит/с}$

Применение

- Мобильный доступ в Интернет с приемлемой скоростью передачи данных, быстрым соединением и тарификацией по количеству переданных/полученных данных.
- Мобильный и безопасный доступ сотрудников к корпоративным сетям, удалённым базам данных, почтовым и информационным серверам предприятий.
- Телеметрия. Устройство может оставаться в подключённом состоянии, не занимая при этом отдельный канал. Такая услуга востребована службами охраны (сигнализация), банками и платёжными системами (установка банкоматов, терминалов

оплаты услуг), в промышленности (датчики и счётчики различного рода, например по ходу нефте- и газопроводов).

3) EDGE (англ. *Enhanced Data rates for GSM Evolution*) – продвинутые цифровые скорости для глобальной эволюции. Наряду с ЧМ (частотная модуляция) используется восьмеричная фазовая модуляция. В той же полосе частот скорость увеличивается в 3 раза. Скорость $V = 384$ кбит/с может быть достигнута при совокупном применении. Российские сотовые операторы, использующие EDGE: Байкалвестком, МегаФон, Билайн, Байкалвестком, МТС, НТК, Utel.

Существует множество трудностей при разработке систем третьего поколения. Главные трудности при разработке 3G:

- 1) Несоответствие использования диапазонов частот в разных частях света.
- 2) Новое оборудование – приемник старого, причем каких-то определенных фирм. Те фирмы, которые будут создавать новое оборудование, на основе старого, очень сильно выиграют в экономическом плане.

Под 3G флагом могут существовать параллельные стандарты, при сохранении единого понимания задач. Уже согласовано несколько базовых требований к оборудованию:

- 1) Каждому абоненту скорость $V = 2$ Мбит/с при полосе частот канала ≤ 5 МГц.
- 2) Возможность варьирования скорости передачи в высоком диапазоне, в зависимости от характера передаваемых данных.
- 3) Возможность мультиплексной передачи.
- 4) Возможность сосуществования 3G и 2G и эстафетной передачи абонентов.
- 5) Поддержка асимметричного режима работы.
- 6) Возможность дуплексной передачи при частотном и временном разносе линий вверх и вниз.
- 7) Гибкость оборудования с использованием tool box (набор инструментов).
- 8) Доступность современных резервов повышения качества связи:
 - а) адаптация к условиям распространения.
 - б) использование smart (умных) антенн.

Проекты 3G:

- 1) UMTS – универсальная мобильная система телекоммуникации.
- 2) CDMA 2000 – США и азиатские страны (MOTOROLA).
- 3) UWC 136

Заключение. В процессе изучения материала лекции студент получает представление о современном состоянии и перспективах построения и развития систем передачи информации.

Заключение.

В настоящее время развитие радиоэлектронных средств, в частности инфокоммуникационных систем и сетей, и условия, в которых приходится функционировать оборудованию, требует знания принципов организации передачи информации, работы основных узлов оборудования, характеристик различных инфокоммуникационных методов, используемых в связи. Это необходимо для понимания принципов работы оборудования, его особенностей, а также текущих и принципиально достижимых возможностей.

В рамках данной дисциплины целями обучения является освоение методов использования соответствующей справочной литературы и других источников технической информации, включая электронные источники, а также принципов работы инфокоммуникационных систем различных видов и технические ограничения их параметров.

В процессе изучения материалов дисциплины наряду с теоретическими знаниями студенты приобретут соответствующие практические навыки.

Тематика и содержание дисциплины актуальны и необходимы работникам различных научно-практических организаций и предприятий.

Список литературы

Основная литература

1. Крухмалев В.В. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / В.В.Крухмалев и др. – М.:Горячая линия-Телеком, 2004. – 510 с.
2. Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3-х томах /Б.И.Крук, В.Н.Попантонопуло, В.П.Шувалов – М.:Горячая линия-Телеком,– 2003– 2007
3. Шмалько А.В. Цифровые сети связи: основы планирования и построения. – М.: Эко-Трендз, 2001 – 283с.
4. Полушин П.А. Методические указания по проведению лабораторный работ «Основы построения телекоммуникационных систем и сетей» Владимир, Библ. ВлГУ, 2010. – 52.
- 5 Методические указания к лабораторным работам «Радиокомпоненты и электроника», Архипов Е.А., Никитин О.Р., Тарарышкина Л.И., Титов В.Н. – Владимир, Библ. ВлГУ, 2005. – 81с.

Дополнительная литература.

1. Системы мобильной связи: Учебное пособие для вузов / В.П.Ипатов и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 272с.
2. Тяпичев Г.А. Спутники и цифровая связь – М.: ТехБук, 2004. – 288с.

