

Южно-Уральский Государственный Университет  
Факультет Военного Обучения  
Военная Кафедра Связи

Цикл военно-специальной и военно-технической подготовки

Тема №1 **«Основы радиорелейной и тропосферной связи»**

Занятие №4 «Групповой сигнал, его структура и характеристики.»  
(лекция).

Вопросы занятия:

1. Групповой сигнал, его структура и характеристики.
2. Многоканальный ЧМ сигнал, его структура и характеристика.
3. Дифференциальная система, балансный модулятор.
4. Вызывные устройства.

Челябинск, 2012г.

## Введение

1. Ответить на вопросы, возникшие у студентов при самостоятельной подготовке.
2. Проверить усвоение материала предыдущего занятия путем опроса студентов.

Контрольные вопросы:

1. Доложить требования, предъявляемые к передающим устройствам РРС.
2. Доложить требования, предъявляемые к приемным устройствам РРС.
3. Нарисовать структурную схему супергетеродинного приемника, доложить назначение его элементов.
4. По структурной схеме РРС доложить режимы работы.
5. Доложить основные типы и параметры антенн РРС.
6. Объявить тему занятия.

## 1. Групповой сигнал его структура и характеристики

Многоканальный (групповой) сигнал имеет сложную структуру, которая зависит от общего количества каналов, затуханий абонентских линий, индивидуальных особенностей абонента, качества его микрофона. Кроме того часть каналов ТЧ используется для передачи речевых сигналов, а для вторичного уплотнения (тональный телеграф) передачи бинарной информации и т. п. Периодически по каналам посылаются сигналы вызова. Поэтому величина средней и пиковой мощности группового сигнала и его пик-фактора значительно зависит от числа каналов и непостоянна во времени, что во многом определяет качество функционирования группового тракта РРЛ. Так, например, если пиковые напряжения группового сигнала выходят за пределы линейных участков амплитудных характеристик групповых усилителей, модуляционной характеристики передатчика, демодуляционной характеристики приемника, то в этих элементах тракта возникает режим перегрузки, вызывающий искажение сигналов и переходные помехи между каналами. С другой стороны, если введен большой запас и линейные участки указанных характеристик используются не эффективно, то возможно неоправданное снижение помехоустойчивости системы.

**В частотной области реальный групповой сигнал характеризуется параметрами, показанными на рис. 3.12 а,:**

- шириной полосы частот группового сигнала  $\Delta F$ ;
- нижней  $F_1$  и верхней  $F_2$  граничными частотами;
- числом каналов  $N_k$ ;
- полосами эффективно передаваемых частот каналов  $\Delta F_k$ ;
- значениями средних частот каналов на оси частот  $F_k$ ;
- защитными полосами частот между каналами  $\Delta F$ .

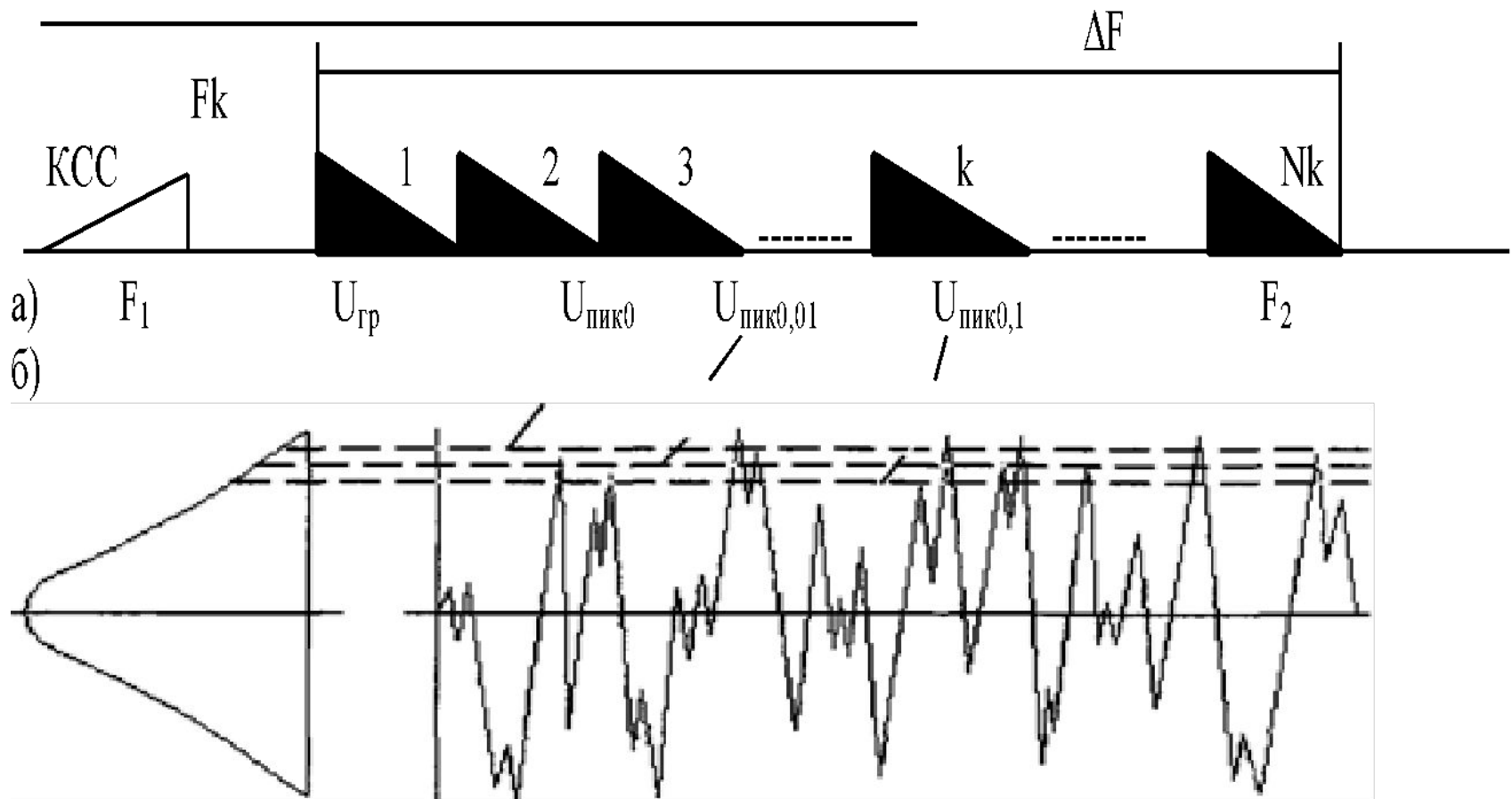


Рис. 3.12. Структура и параметры группового сигнала РРС ЧРК-ЧМ: а) в частотной области; б) во временной области.

Во временной области (рис .3.12.6) групповой сигнал как сумма транспонированных по частоте спектров независимых сигналов ТЧ является квазислучайным процессом с нулевым средним значением.

**Процесс характеризуется параметрами:**

- эффективным напряжением  $U_{эф} = \sqrt{U_{гр}^2(t)}$ ;
- пиковым напряжением  $U_{пик\Sigma}$ , под которым понимается такое постоянное значение напряжения, которое превосходит величину  $U_{гр}(t)$  с заданной вероятностью  $E$  т. е. практически в заданном проценте времени  $E$  %;
- пик-фактором  $\gamma_E = 20 \lg (U_{пик\Sigma} / U_{эф})$  (dB).

**Производными параметрами являются :**

- средняя мощность группового сигнала на нагрузке  $R_{ср}$ ;
- уровень средней мощности группового сигнала:  $P_{ср} = 10 \lg (P_{ср} / 1 \text{ мВт})$  дБ
- пиковая мощность группового сигнала:  $P_{пик\Sigma} = U_{пик\Sigma}^2 / R$
- уровень пиковой мощности группового сигнала:  $P_{пик\Sigma} = 10 \lg (P_{пик\Sigma} / 1 \text{ мВт})$  дБ

Из этих графиков видно, что пик-фактор группового сигнала уменьшается с ростом  $N_k$  и  $E$ .

Для аппаратуры военных РРЛ задают значения  $E \geq 1\%$ , для аппаратуры государственных сетей  $E \leq 1\%$ .

## **2. Параметры многоканального ЧМ радиосигнала - 25 мин.**

**К параметрам многоканального сигнала ЧМ радио сигнала относятся:**

- частота несущего колебания –  $f_0$ ;
- мощность ЧМ колебания передатчика -  $P_{\text{пер}}$ ;
- девиация частоты передатчика "на канал" -  $\Delta f_k$ ;
- эффективная девиация частоты передатчика при частотной модуляции групповым сигналом  $\Delta f_{\text{эф}}$ ;
- пиковая девиация частоты передатчика -  $\Delta f_{\text{пик}}$ ;
- индекс частотной модуляции на канал -  $m_{fk}$ ;
- индекс частотной модуляции эффективный при модуляции групповым сигналом -  $m_{f\text{эф}}$ ;
- индекс частотной модуляции пиковый -  $m_{f\text{пик}}$ ;
- ширина полосы частот многоканального ЧМ радиосигнала –  $\Delta f_c$ .

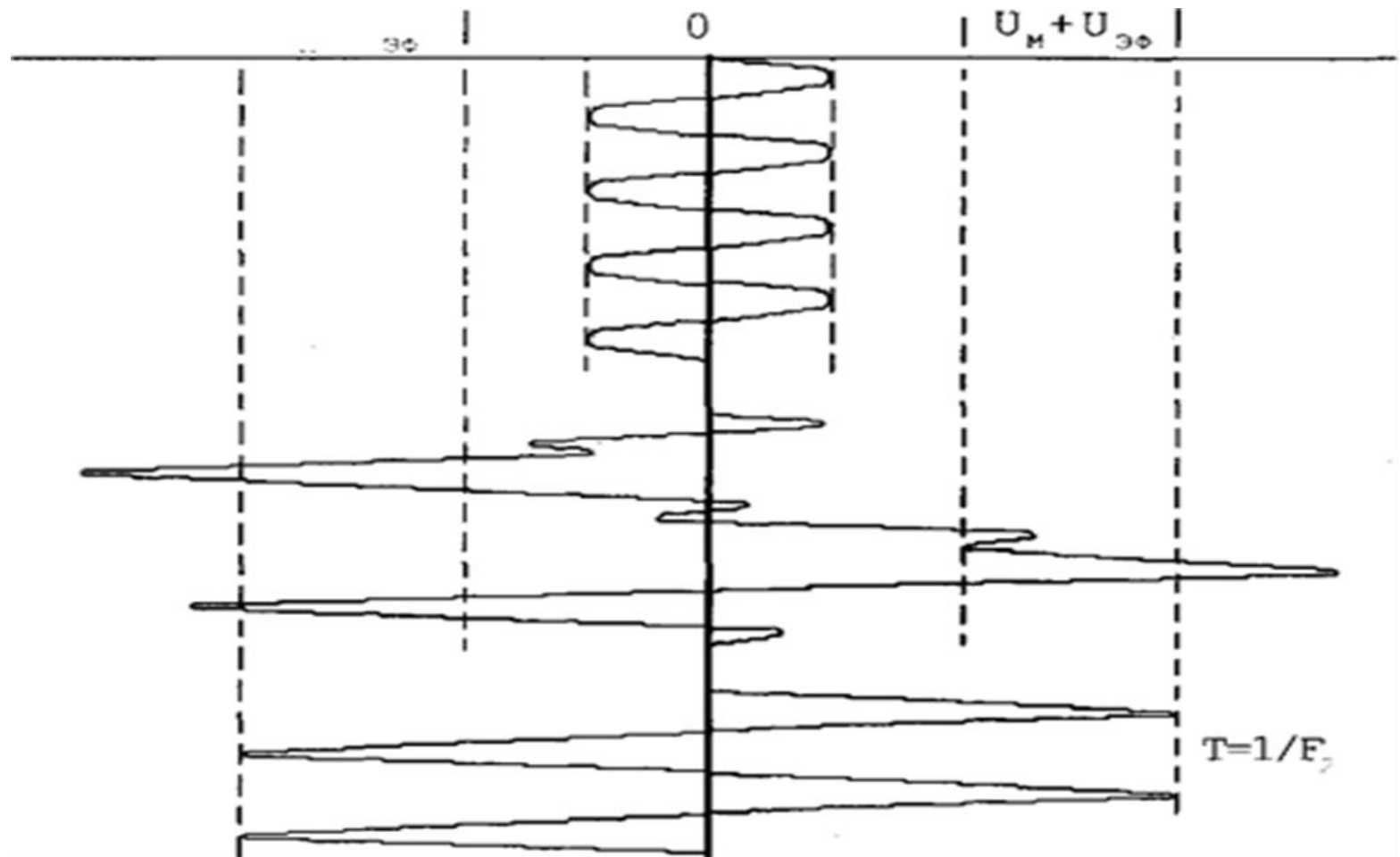
В радиостанциях УКВ диапазона часто применяется частотная модуляция. При частотной модуляции амплитуда несущей остается неизменной, а частота колебаний меняется симметрично в сторону повышения и понижения относительно среднего значения несущей.


**Отклонение частоты от среднего значения несущей в процессе модуляции называется девиацией частоты.**

Для получения частотной модуляции необходимо изменять в такт с модулирующим напряжением частоту генерируемых колебаний.

Девияция частоты на канал  $\Delta f_k$ , есть такая девияция частоты РПУ, которая имеет место при передаче измерительного синусоидального сигнала по данному каналу при условии, что по остальным каналам не передается никаких сигналов. Измерительный сигнал частоты 800гц. должен быть подключен ко входу данного канала с номинальным выходным уровнем  $P_{вх}$ . При этом амплитудное  $\Delta f_{км}$  и эффективное значения девияции частоты на канал  $\Delta f_k$  должны соответствовать равенству  $\Delta f_{кэф} = 0,707 \Delta f_{км}$ .







На рис. 3.13 (случай а) изображен процесс возникновения девиации на канал, причем указаны значения частоты при эффективной девиации частоты  $+\Delta f_{кэф}$  и  $-\Delta f_{кэф}$ . Этому соответствует эффективное значение синусоидального сигнала измерительного генератора  $U_{кэф}=0.707U_M$ .

Так как при передаче сигнала со значением  $U_k$  в частотном модуляторе возникает относительно не большая девиация частоты  $\Delta f_k$ , т.е. процесс охватывает не большой отрезок линейного участка модуляционной характеристики, приведенной на рис. 3.14, то крутизну этой характеристики приближенно записывают в виде:

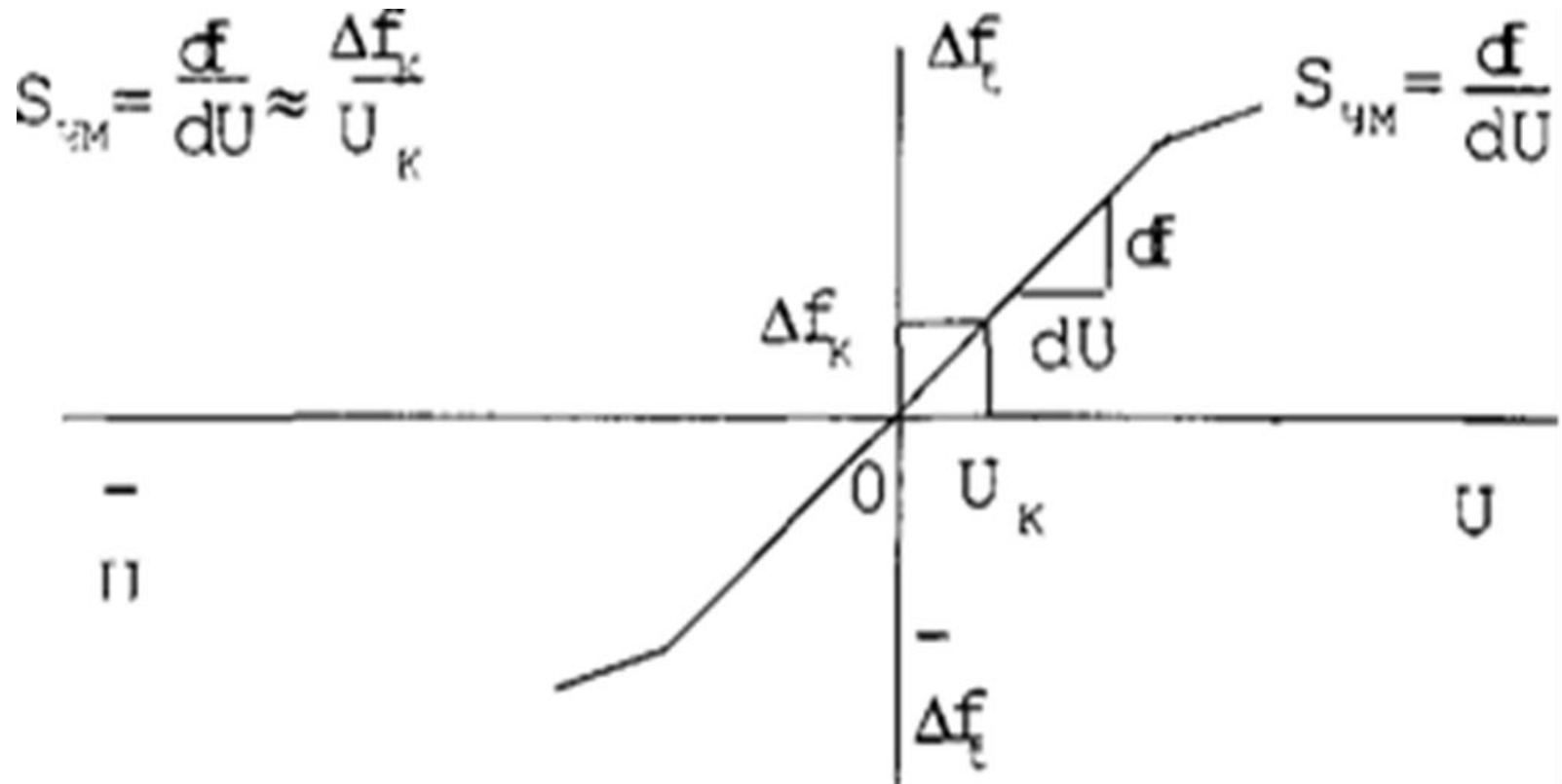


рис. 3.14. Модуляционная характеристика ЧМ модулятора радиопередающего устройства РРС с ЧРК-ЧМ.

Индекс частотной модуляции на канал  $m$  определяется выражением:

$$m_{fk} = \Delta f_k / F_k$$

где  $F$  - средняя частота  $k$ -канала в спектре группового сигнала (рис. 3.12.) . Если специально не оговаривается, то под  $\Delta f_k$  понимают эффективное значение на канал  $\Delta f_{k\text{эф}}$  и соответственно эффективное значение индекса модуляции на канал  $m_{fk} = m_{fk\text{эф}}$ .

**Эффективная девиация частоты** передатчика при частотной модуляции групповым сигналом:  $\Delta f_{k\text{эф}}$  - такая девиация частоты, которая имеет место при эффективном значении напряжения группового сигнала  $U_{\text{эф}} = \sqrt{U_{\text{гр}}(t)}$ , показанного на рис. 3.13., значения частоты многоканального ЧМ при напряжениях группового сигнала  $+U$  и  $-U$  приведены на рис. 3.13б., индекс частотной модуляции эффективный при модуляции групповым сигналом  $m_{fk\text{эф}}$  рассчитывается по формуле  $m_{fk\text{эф}} = \Delta f_{k\text{эф}} / F_2$  где  $F_2$  - максимальная частота группового сигнала.

**Пиковая девиация частоты  $\Delta f_{\text{пик}}$**  - девиация частоты, которая возникает в частотном модуляторе передатчика при подаче на его вход пиковых значений группового сигнала  $U_{\text{пикЕ}}$  (рис 3.13б).

Значения частоты многоканального ЧМ радиосигнала, соответствующее пиковым напряжениям  $+U_{\text{пик}}$  и  $-U_{\text{пик}}$  приведены на рис. 3.13. (случай б).

Индекс частотной модуляции  $m_{\text{пикЕ}}$  находится из выражения:

$$m_{\text{пикЕ}} = \Delta f_{\text{пикЕ}} / F_2$$

На рис. 3.13 (случай в) изображено квазипиковое отклонение девиации частоты при воздействии на частоту модулятора передатчика одиночного тона частоты  $F_2$  и амплитуды  $U_m = U_{\text{пик}}$ . На практике пиковое  $\Delta f_{\text{пик}}$  и эффективное  $\Delta f_{\text{эф}}$  значения девиации частоты при модуляции групповым сигналом, удобно выражать через величину девиации частоты на канал  $\Delta f_k$ , которую можно нормировать, а также через уровни пиковой мощности группового сигнала  $P_{\text{пик}}$ . Нормированные значения девиации частоты на канал  $\Delta f_k$  определяются техническими условиями при разработке аппаратуры или рекомендациями МККР, выписка из которых для систем с небольшим числом каналов дана в таблице:

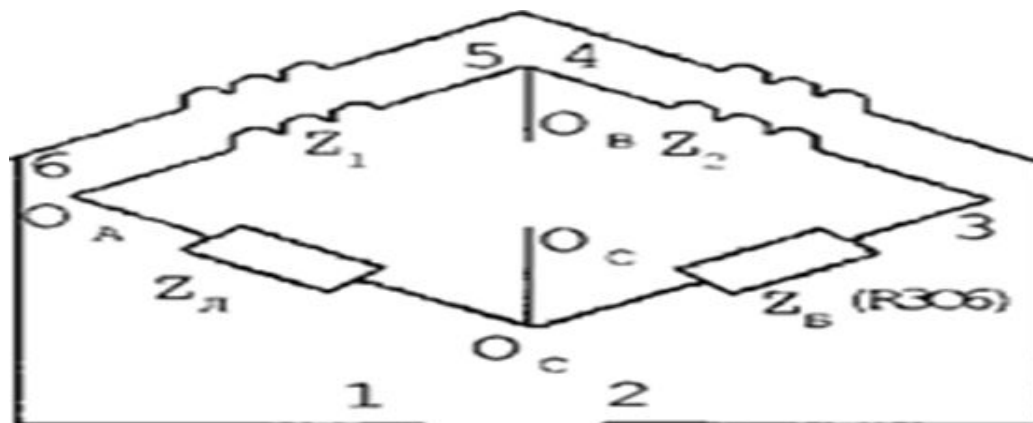
Число каналов	Девиация частоты на канал (эффективная) $\Delta f_k$ , КГц
12 - 24	35
60 - 120	50, 100, 200

### 3. Дифференциальная система, балансный модулятор - 15 мин.

#### Дифференциальная система.

Дифференциальная система служит для перехода с двухпроводной абонентской линии на четырехпроводную схему телефонного канала. Она обеспечивает прохождение сигнала от коммутатора или абонента только в сторону модуляционного усилителя передатчика, а сигнала с выхода радиоприемника только в сторону коммутатора или абонента.

Дифференциальная система состоит из дифференциального трансформатора  $Tr1$  и балансного контура  $R3C6$  и представляет собой мост переменного тока.



В диагонали этого моста включены линия передачи (контакты 1-2) и линия приема (контакты Об-Ос). Плечи моста образованы следующими элементами:

- Zл - сопротивлением соединительной линии;
- Z1, Z2 - сопротивлением первичной обмотки дифференциального трансформатора;
- Zв - сопротивлением балансного контура (R3C6), обеспечивающим балансировку моста.

Передаваемый сигнал с коммутатора или абонента поступает на контакты Оа-Ос и далее замыкается через первичную обмотку 6-3 дифференциального трансформатора Тр1 и балансный контур (R3C6). Во вторичной обмотке трансформатора 1-2 наводится ЭДС. Сигнал поступает в ветвь передачи телефонного канала (контакты 1-2). Затухание, вносимое дифференциально<sup>^</sup> системой в направлении коммутатор-радиопередатчик, составляет около 0,4 Неп. Применяемый сигнал с выхода усилителя низкой частоты поступает на контакты ОБ-Ос. Ток принимаемого сигнала разветвляется на два направления. Часть тока протекает через первичную обмотку 5-6 и двухпроводную линию, идущую к коммутатору или абоненту. Вторая часть тока протекает через первичную обмотку 4-3 и балансный контур (R3C6). Полное сопротивление контура подобрано равным волновому сопротивлению двухпроводной линии. Вследствие этого токи, протекающие по обмоткам 5-6 и 4-3 дифференциального трансформатора, равны.

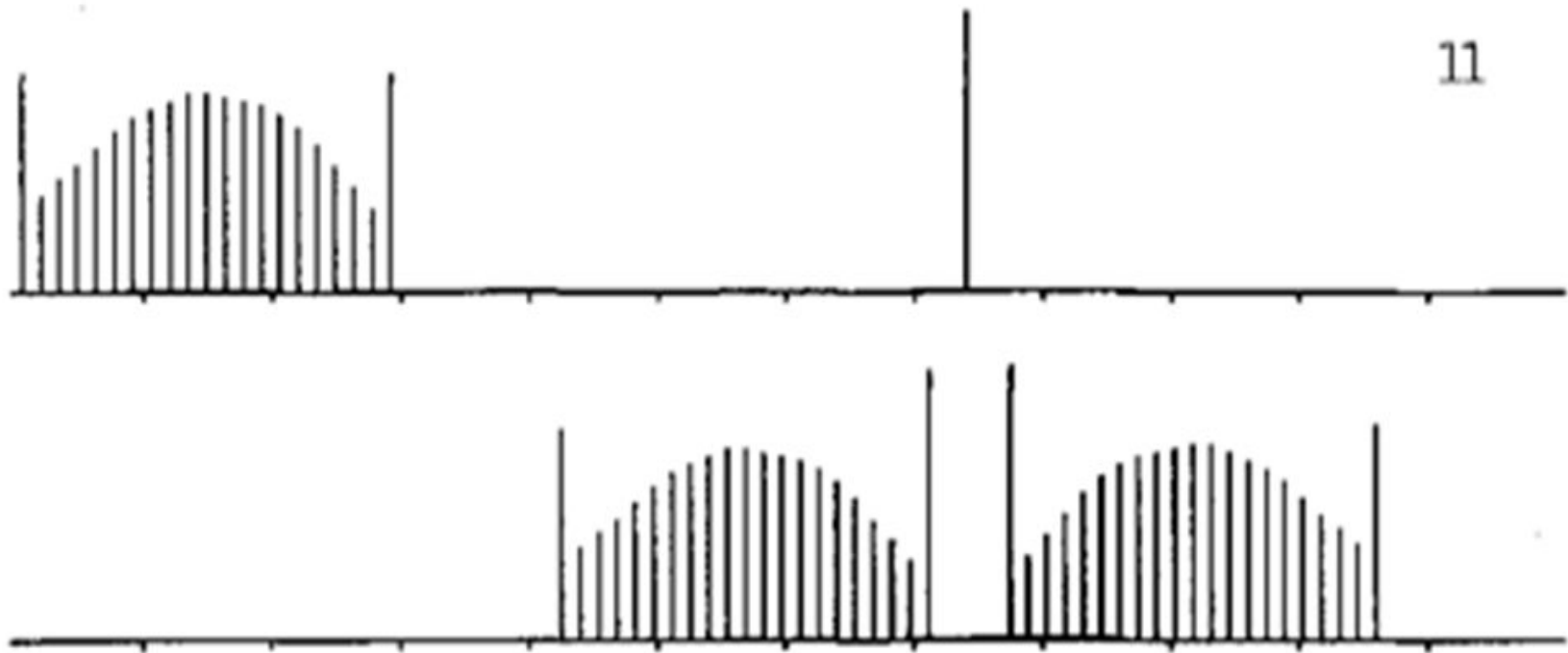
*А так как они протекают по первичной обмотке в разных направлениях, то результирующий магнитный поток в сердечнике дифференциального трансформатора  $Tr1$  равен нулю. Следовательно во вторичной обмотке 1-2 трансформатора ЭДС наводиться не будет и принимаемые сигналы не будут поступать в передающую ветвь канала (контакты 1-2). Затухание, вносимое дифференциальной системой в направлении радиоприемник - коммутатор, составляет около  $0,4 \text{ Нен}$ , а в направлении радиоприемник - радиопередатчик - около  $5,5 \text{ Нен}$ .*

### **Модулятор**

*Модулятор предназначен для преобразования спектра разговорных частот в спектр более высоких, надтональных частот.*

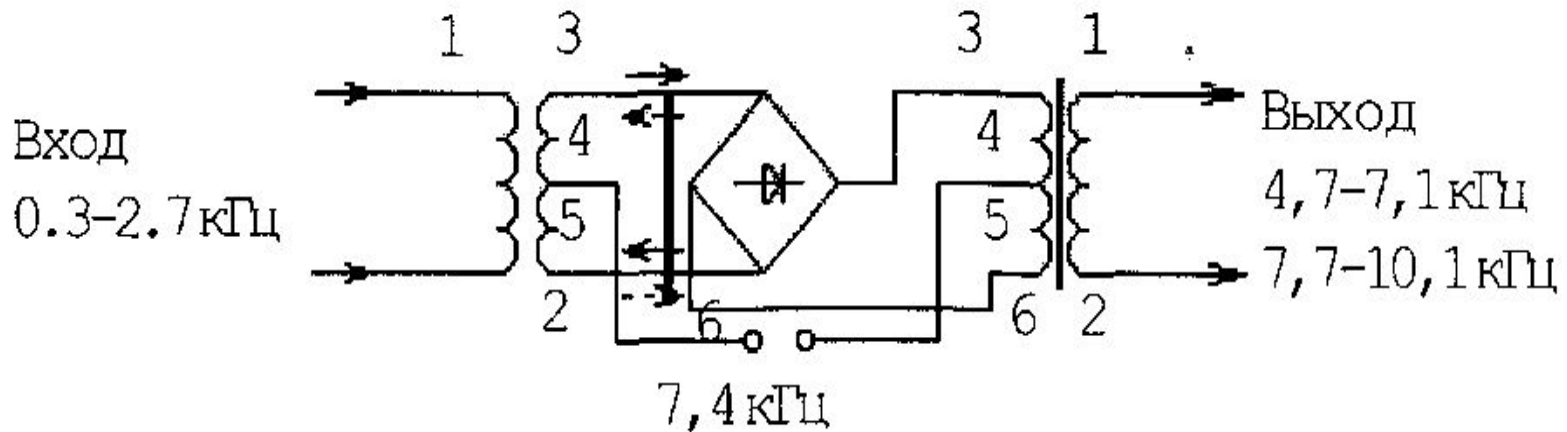
*Как известно, при воздействии на нелинейный элемент колебаний нескольких частот на его выходе выделяются колебания не только исходных (воздействующих) частот, но и колебания комбинационных частот (суммарных и разностных). Преимущество балансного кольцевого модулятора перед другими схемами модуляторов заключается в том, что в его преобразованном спектре частот содержатся только разностные и суммарные комбинационные составляющие и не содержатся частоты, которые воздействовали на него (рис. 3.15.)*





На рис. 3.15. показано, что на выходе модулятора не содержится колебаний низкой

(звуковой) частоты 0,3-2,7 кГц. и генератора поднесущей частоты. Отсутствие на выходе кольцевого балансного модулятора низкой (звуковой) частоты можно пояснить следующим образом (рис. 3.16).



Если в какой-то момент времени модулирующее напряжение звуковой частоты имеет на верхней точке 3 вторичной обмотки трансформатора  $Tr_{10}$  положительный потенциал, а на нижней точке 6 отрицательный, то цепь тока звуковой частоты замкнется через диоды 1-2. Во второй полупериод модулирующего напряжения звуковой частоты цепь тока замкнется через диоды 3-4. Таким образом, в обоих случаях ток модулирующей звуковой частоты не проходит по первичной обмотке трансформатора  $Tr I$ , а следовательно, его нет и на выходе модулятора.

Отсутствие на выходе кольцевого балансного модулятора колебания частотой 7,4 кГц объясняется тем, что по первичным обмоткам 3-4 и 5-6 выходного трансформатора Тр11 протекают равные по величине, но противоположные по направлению токи частотой 7,4 кГц. Следовательно, в выходной обмотке 1-2 трансформатора Тр11 ЭДС частотой 7,4 кГц наводится не будет ( рис. 3.17). Затухание, вносимое модулятором при преобразовании частоты передаваемого сигнала, составляет около 0,6 Неп.

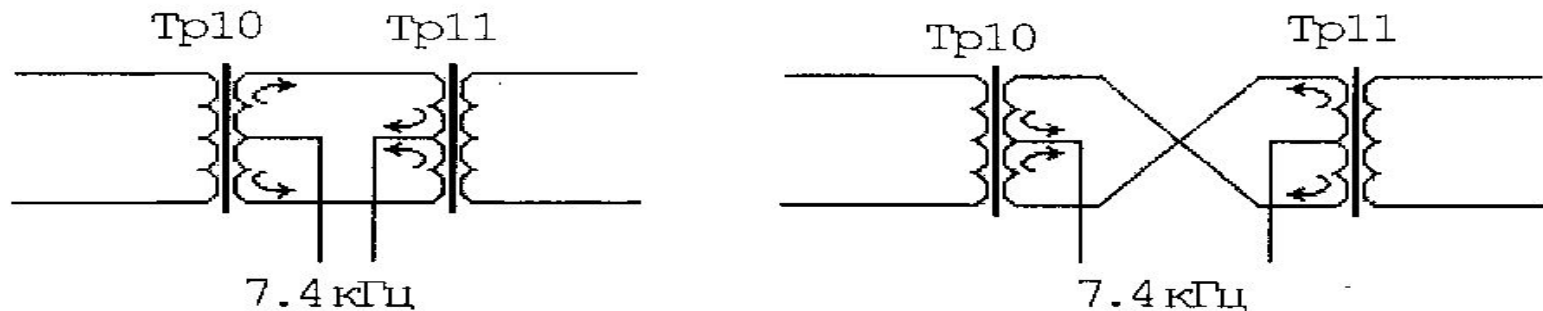
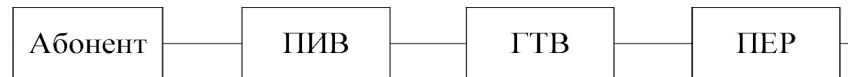


рис .3.17 Схемы проясняющие отсутствие напряжения  $f=7.4$  кГц на выходе модулятора.

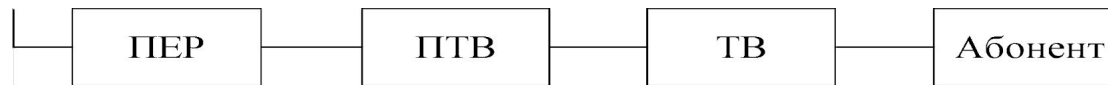
Колебания с выхода модулятора через удлинитель У12 поступают на вход полосового фильтра ПФ. На выходе этого фильтра выделяются колебания только нижней боковой полосы частот, которые и поступают на вход модуляционного усилителя передатчика.

#### 4. Вызывные устройства - 10 мин.

С коммутатора или от абонента подается индукторный вызов частотой 16-25 Гц. Такой вызов непосредственно передаваться по радио не может, так как полоса пропускания частот радиоканала 300-16000 Гц. Поэтому сигнал индукторного вызова (16-25 Гц.) преобразуется в вызывной сигнал частотой 2100 Гц., который пропускается радиоканалами. Это происходит следующим образом. Поступивший сигнал индукторного вызова поступает к приемнику индукторного вызова (ПИВ), при этом срабатывает реле и генератор тонального вызова (ГТВ) подключается к передающей ветви канала и вызывной сигнал частотой 800 Гц направляется к передатчику.



С выхода радиоприемника вызывной сигнал частотой 2100 Гц после усиления поступает на приемник тонального вызова (ПТВ), который при воздействии на него переменного напряжения частотой 2100 Гц. включает реле. При срабатывании реле подключается токовращатель (ТВ).



Токовращатель начинает работать и сигнал индукторного вызова частотой 25 Гц поступает в двухпроводную линию, идущую к абоненту.

### ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ – 5 мин.

1. Ответить на вопросы студентов по данному занятию.
2. Провести контрольный опрос 2-3-х студентов по основному материалу лекции и сделать вывод о степени достижения цели занятия.
3. Дать задание на самоподготовку:
  - 3.1. ИЗУЧИТЬ:
    - структура и параметры многоканального ЧМ радиосигнала;
    - принцип работы дифференциальной системы, балансного модулятора;
    - вызывные устройства.



Занятие  
закончено