

## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиопередающие устройства предназначены для формирования колебаний несущей частоты, модуляции их по закону передаваемого сообщения и излучения полученного радиосигнала в пространство.

Основными элементами являются радиопередатчик и антенно-фидерное устройство.



Структура радиопередающего устройства

Радиопередатчик это устройство для формирования радиосигнала, подлежащего излучению в пространство.

В радиопередатчике генерируются электрические колебания высокой частоты, один из параметров которых (амплитуда, частота, фаза) изменяется в соответствии с сигналом, подлежащим передаче. Усиленный модулированный радиосигнал подается в антенну и излучается ею в пространство в виде радиоволн.

# Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

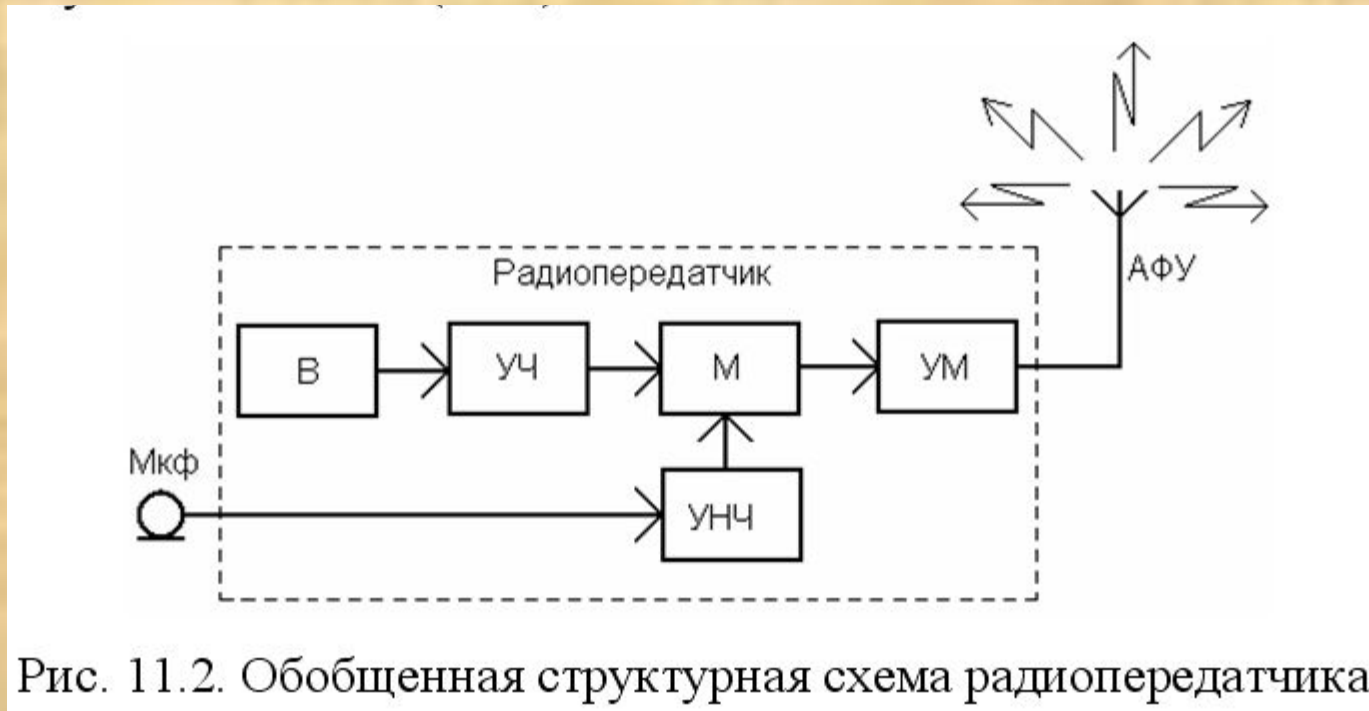
Виды классификации:

- **по назначению** (радиовещательные, телевизионные, связные, радиолокационные, навигационные, телеметрические и другие передатчики),
- **по диапазонам рабочих частот** (длинноволновые, средневолновые, коротковолновые и ультракоротковолновые радиопередатчики ),
- **по средней мощности излучаемых радиосигналов** (передатчики очень малой (менее 3 Вт), малой (3...100 Вт), средней (0,1...10 кВт), большой (10...100 кВт) и сверхбольшой (более 100 кВт) мощности ),
- **по виду модуляции** (радиопередатчики с амплитудной, частотной, импульсно-кодовой и другими видами модуляции ),
- **по условиям эксплуатации** (стационарными, бортовыми и переносными (носимыми)).

# Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАДИОПЕРЕДАТЧИКА

Передатчики выполняются по схеме: формирование радиочастотных колебаний, модуляция, усиление, излучение в пространство радиоволн.



В состав входят следующие основные элементы:

возбудитель (В), иногда называемый задающим генератором (ЗГ);

умножитель частоты (УЧ);

модулятор (М);

усилитель мощности (УМ);

усилитель низкой частоты (УНЧ), в ряде случаев называемый усилителем звуковой частоты (УЗЧ).

# Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАДИОПЕРЕДАТЧИКА

Возбудитель (задающий генератор) передатчика служит для формирования несущего колебания на одной из ряда строго фиксированных частот.

В многочастотных широкодиапазонных передатчиках в качестве возбудителя используют синтезатор частоты. В состав простейшего аналогового синтезатора частоты входят кварцевый автогенератор, называемый опорным, управляемый делитель частоты с переменным коэффициентом деления и устройство автоматической подстройки частоты.

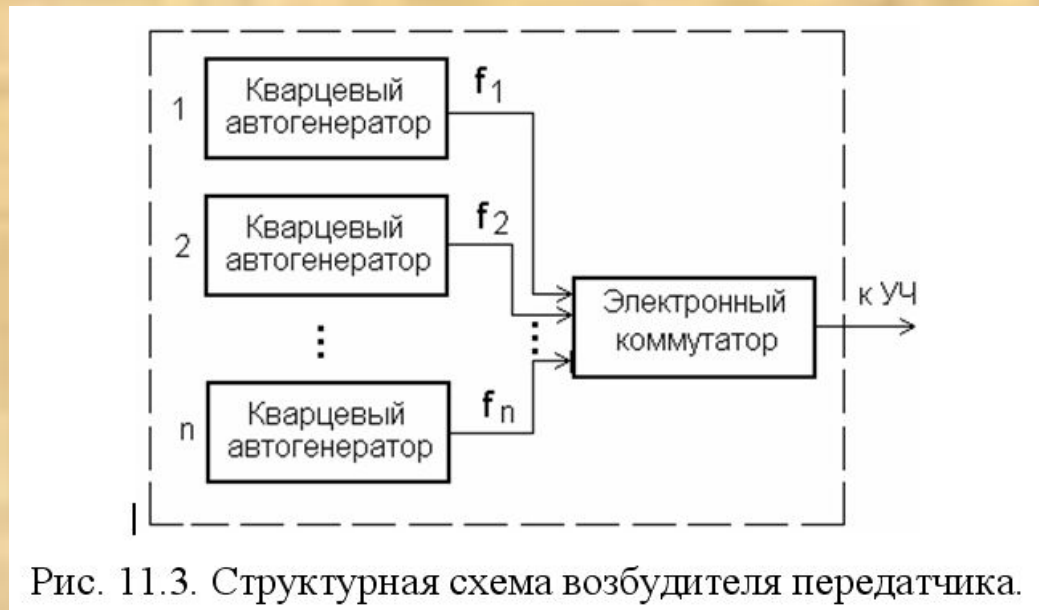


Рис. 11.3. Структурная схема возбудителя передатчика.

Основное требование к возбудителю - высокая стабильность частоты. Поэтому генераторы возбудителя строятся, по схеме маломощного автогенератора с кварцевой стабилизацией частоты.



## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАДИОПЕРЕДАТЧИКА

Умножителем частоты называют устройство, преобразующее гармоническое колебание частоты  $f$  в гармоническое колебание с частотой  $kf$ , где  $k$  – коэффициент умножения частоты – целое число.

Для получения достаточно высокого КПД умножителя, коэффициент умножения частоты  $k$  обычно выбирают равным 2...3, поэтому умножитель частоты радиопередатчики выполняют цепочки последовательно включенных умножителей частоты. При этом коэффициент умножения частоты блока умножителей будет равен произведению коэффициентов умножения отдельных каскадов.

Наложение на радиочастотные колебания сигнала звуковой частоты микрофона, несущего полезную информацию, происходит в модуляторе, а сам процесс наложения называется модуляцией. Для этого на первый вход модулятора подается высокочастотное несущее колебание, вырабатываемое возбудителем после умножителя частоты, а на второй – низкочастотный сигнал микрофона, содержащий передаваемую информацию и усиленный в УНЧ.

Для обеспечения требуемой мощности на выходе передатчика в схеме применяется усилитель мощности, содержащий несколько каскадов усиления. Выходной каскад усилителя мощности передатчика нагружен на фидер, соединенный с передающей антенной.

## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ СУЩНОСТЬ И ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА ПЕРЕДАТЧИКА

Модуляцией называется процесс управления одним или несколькими параметрами электрических колебаний в соответствии с законом передаваемого сообщения.

Возбудитель передатчика вырабатывает гармоническое колебание высокой частоты

$$u(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0),$$

Для передачи полезной информации его модулируют - изменяют амплитуду, частоту или фазу в соответствии с электрическим эквивалентом сигналов первичной информации.

## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

### СУЩНОСТЬ И ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА ПЕРЕДАТЧИКА

В процессе амплитудной модуляции (АМ) под действием управляющего сигнала низкой частоты изменяется амплитуда радиочастотных колебаний, остальные параметры остаются неизменными.

$$u(t) = [U_0 + u_{\text{нр}}(t)] \cos 2\pi f_0 t \quad .$$

При модуляции синусоидальным напряжением звуковой частоты  $F_y$

$$u_y(t) = U_y \cos 2\pi F_y t \quad ,$$

где  $U_y$  - амплитуда модулирующего напряжения звуковой частоты, амплитудно-модулированный сигнал можно представить в виде

$$u_{\text{ам}}(t) = [U_0 + U_y \cos 2\pi F_y t] \cdot \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) \quad .$$

$$u_{\text{ам}}(t) = U_0 (1 + m \cos 2\pi F_y t) \cdot \cos 2\pi f_0 t,$$

где коэффициент  $m$ , называемый коэффициентом модуляции, служит для оценки глубины амплитудной модуляции.

$$m = \frac{U_y}{U_0} \quad ,$$

$$u_{\text{AM}}(t) = U_0 \cos 2\pi f_0 t + \frac{1}{2} m U_0 \cos 2\pi (f_0 + F_y) t + \\ + \frac{1}{2} m U_0 \cos 2\pi (f_0 - F_y) t.$$

При модуляции несущего колебания синусоидальным напряжением звуковой частоты  $F$  (тоном), амплитудно-модулированный сигнал содержит три составляющих: колебание с частотой  $f_0$  и два колебания – с верхней  $f_0 + F$  и нижней  $f_0 - F$  частотами, которые называются боковыми частотами.

# Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

## СУЩНОСТЬ И ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА ПЕРЕДАТЧИКА

При модуляции сложным сигналом, спектр которого лежит в пределах от  $F_{min}$  до  $F_{max}$ , АМ-сигнал состоит из колебаний несущей частоты  $f_0$  и двух боковых полос. Каждая боковая полоса соответствует спектру управляющего сигнала в пределах от  $(f_0 - F_{max})$  до  $(f_0 - F_{min})$  для нижней боковой полосы и в пределах  $(f_0 + F_{min})$  до  $(f_0 + F_{max})$  – для верхней.

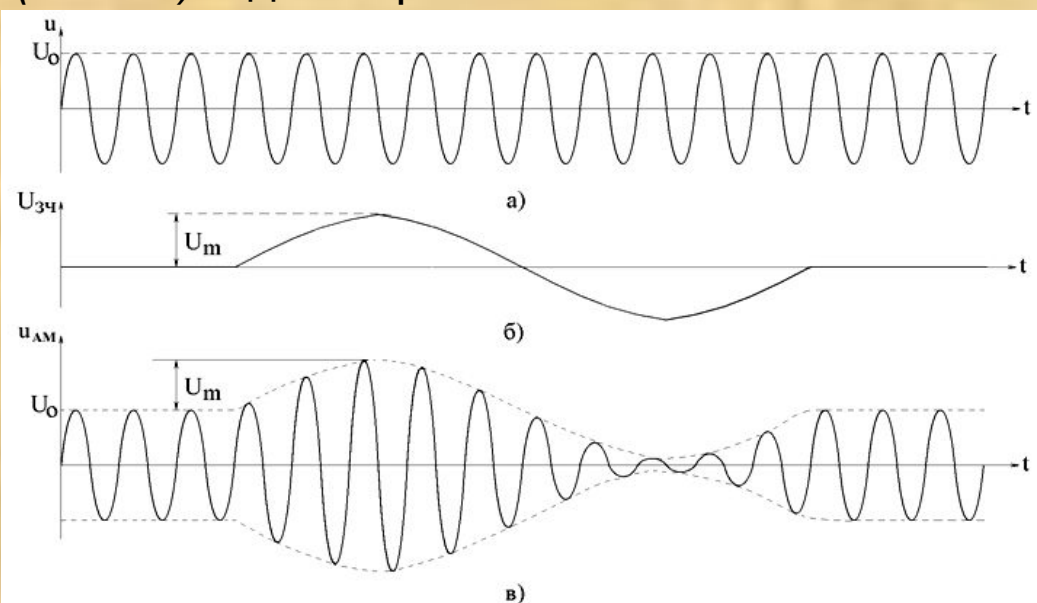


Рис. 11.5. Процесс амплитудной модуляции:

- а) – немодулированное синусоидальное колебание;
- б) – модулирующий низкочастотный сигнал;
- в) – амплитудно-модулированный сигнал

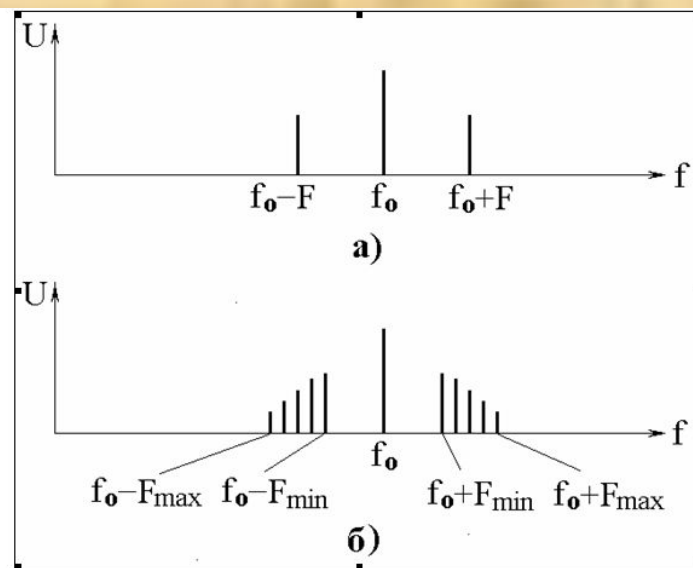


Рис. 11.6. Спектры АМ-сигналов: а) – при модуляции синусоидальным напряжением; б) – при модуляции сложным сигналом.



# Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

## СУЩНОСТЬ И ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА ПЕРЕДАТЧИКА

Недостатки:

-при максимально допустимой глубине модуляции ( $m=1$ ) мощность боковых составляющих, в которых содержится передаваемая информация, равна всего лишь трети излучаемой мощности, что является основным недостатком амплитудной модуляции.

-сравнительно широкая полоса частот, занимаемая сигналом передатчика. Поэтому АМ сигналы используются в радиовещании при передаче звуковой информации, где можно занимать широкую полосу частот.

-затруднена работа усилительных каскадов передатчика при работе с АМ сигналами, так как амплитуда сигнала принудительно изменяется в широких пределах.

Основным достоинством АМ сигналов является сравнительная простота практической реализации АМ радиопередатчиков.

## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ

### СУЩНОСТЬ И ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА ПЕРЕДАТЧИКА

При частотной модуляции в соответствии с модулирующим сигналом изменяется частота колебаний радиочастоты, а его амплитуда остается постоянной. При модуляции чистым тоном частотой  $F$

$$f(t) = f_0 + \Delta f \cos 2\pi F_y t \quad ,$$

где  $\Delta f$  - максимальное отклонение частоты от среднего значения, называемое *девиацией частоты*.

Девиация  $\Delta f$  является одним из важнейших параметров ЧМ-сигналов. Она зависит от амплитуды модулирующего сигнала, а зависит от его частоты.

Выражение для ЧМ-сигнала при модуляции синусоидальным напряжением частотой  $F$  имеет вид

$$u_{\text{ЧМ}}(t) = U_0 \cdot \cos(2\pi f_0 t + \Delta f / F_y \cdot \sin 2\pi F_y t) \quad .$$

Важным преимуществом ЧМ по сравнению с АМ является постоянство амплитуды радиочастотных колебаний, что позволяет улучшить энергетические показатели канала связи за счет более полного использования мощности передатчика.

## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ ПАРАМЕТРЫ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ

Диапазон рабочих частот – это интервал частот  $\Delta f$ , в пределах которого радиопередатчик (возбудитель передатчика) может перестраиваться для формирования сигналов разных частот.

Число рабочих частот  $N$  (число частотных каналов) в пределах диапазона перестройки – число фиксированных частот, на которых может работать передатчик.

Шаг сетки рабочих частот  $\Delta f_k$  (частотный разнос между рабочими каналами) в заданном диапазоне перестройки

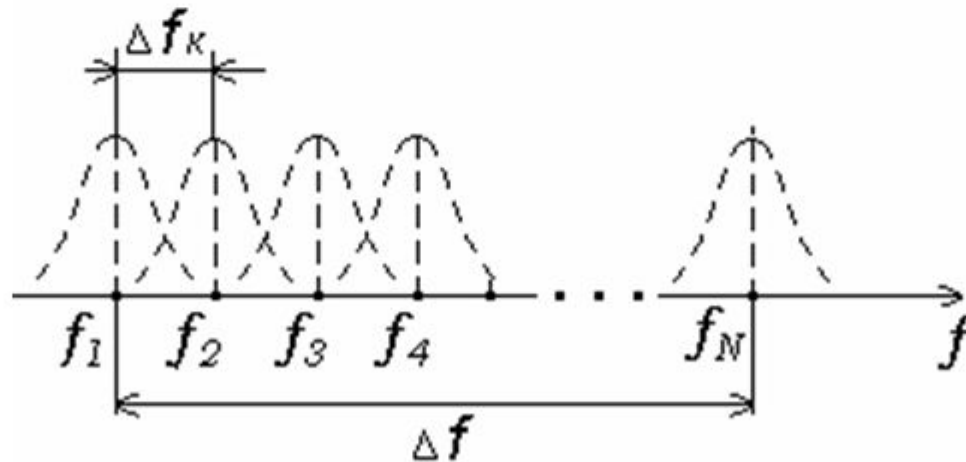


Рис. 11.7. Диапазон рабочих частот радиопередатчика.

## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ ПАРАМЕТРЫ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ

Диапазон рабочих частот – это интервал частот  $\Delta f$ , в пределах которого радиопередатчик (возбудитель передатчика) может перестраиваться для формирования сигналов разных частот.

Число рабочих частот  $N$  (число частотных каналов) в пределах диапазона перестройки – число фиксированных частот, на которых может работать передатчик.

Шаг сетки рабочих частот  $\Delta f_k$  (частотный разнос между рабочими каналами) в заданном диапазоне перестройки

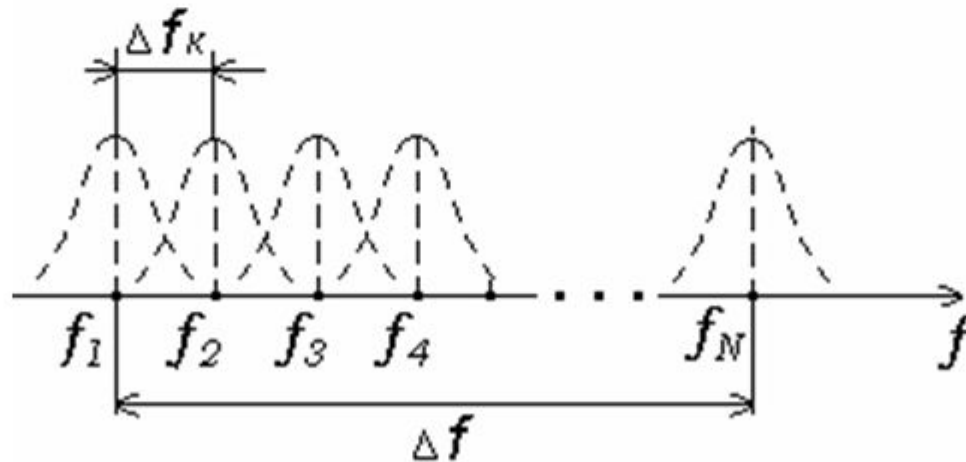


Рис. 11.7. Диапазон рабочих частот радиопередатчика.



## Тема 11. РАДИОПРЕДАТЧИКИ ПАРАМЕТРЫ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ

Выходная мощность передатчика – средняя мощность, которую передатчик передает в антенну.

Нестабильность частоты несущих колебаний – отклонение частоты колебаний и номинального значения под воздействием дестабилизирующих факторов. Различают абсолютную и относительную нестабильность.

Коэффициент полезного действия (КПД) - определяется как отношение средней выходной мощности  $P_{\text{вых}}$  к мощности, потребляемой от источника электропитания  $P_{\text{пит}}$

Вид модуляции определяется назначением передатчика, рабочим диапазоном частот, структурой передаваемого сообщения.

Параметры передаваемого сообщения. При аналоговом сообщении основным его параметром является ширина спектра сигнала, при цифровом – количество бит в секунду. Битом называется единица цифровой информации, для цифрового кода это 0 или 1.

Уровень паразитных (нежелательных) излучений. Излучаемые радиопередатчиком сигналы делят на основные (полезные) и неосновные (за пределами необходимой полосы частот).

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиоприемные устройства предназначены для приема радиосигналов и преобразования их к виду, позволяющему использовать содержащуюся в них полезную информацию. Любое радиоприемное устройство состоит из приемной антенны, собственно радиоприемника или просто приемника и оконечного устройства, воспроизводящего принятое сообщение в том или ином виде.



Основные функции радиоприемника состоят в следующем:

1. выделение (фильтрация по частоте) полезных радиосигналов из совокупности других (мешающих) сигналов и помех, действующих на выходе приемной антенны и не совпадающих по частоте с полезным сигналом;
2. усиление и преобразование принимаемого сигнала для обеспечения качественной работы последующих устройств;
3. демодуляция принятого сигнала с целью выделения информации (модулирующей функции), содержащейся в полезном радиосигнале

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Виды классификации:

- **по назначению** (радиовещательные, телевизионные, связные, радиолокационные, навигационные, телеметрические и другие приемники),
- **по диапазонам рабочих частот** (длинноволновые, средневолновые, коротковолновые и ультракоротковолновые радиоприемники ),
- **по виду модуляции** (радиоприемники с амплитудной, частотной, импульсно-кодовой и другими видами модуляции ),
- **по условиям эксплуатации** (стационарными, бортовыми и переносными (носимыми))
- **по схеме построения** (приемники прямого усиления и супергетеродинные приемники).

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ ПАРАМЕТРЫ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Чувствительность - это способность приемника принимать слабые полезные сигналы. Количественно она определяется минимальным уровнем сигнала на входе приемника ( $P_{пр. min}$ ), при котором на его выходе получают номинальную (требуемую) мощность полезного сигнала при заданном качестве связи (заданном отношении сигнал/шум).

Избирательность - способность приемника выделить полезный сигнал из множества других сигналов и помех, принятых антенной. Она основана на использовании отличий между полезным и мешающим сигналами. В связи с этим различают пространственную, поляризационную, временную и частотную избирательность (селективность).

Помехоустойчивость это способность приемника обеспечивать прием переданной или извлеченной информации с заданной достоверностью (верностью) при выбранных видах сигналов (в том числе видов модуляции или кодирования) и наличии помех в радиоканале.

Диапазон рабочих частот – интервал частот, в пределах которого приемник может перестраиваться при приеме разных сигналов. Перестройка радиоприемника осуществляется путем плавной перестройки в этом диапазоне или дискретной перестройки за счет использования фиксированных частот (многоканальный радиоприемник).

Динамический диапазон – диапазон амплитуд входного сигнала, при котором обеспечивается требуемое качество воспроизведения принятого сообщения. Нижняя граница динамического диапазона определяется чувствительностью приемника, а верхняя – допустимыми искажениями сигнала.



## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАДИОПРИЕМНИКА ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Приемник с радиотрактом, в котором осуществляется усиление сигнала на радиочастоте, называется приемником прямого усиления, а приемник с преобразованием частоты в радиотракте называют супергетеродинным приемником.

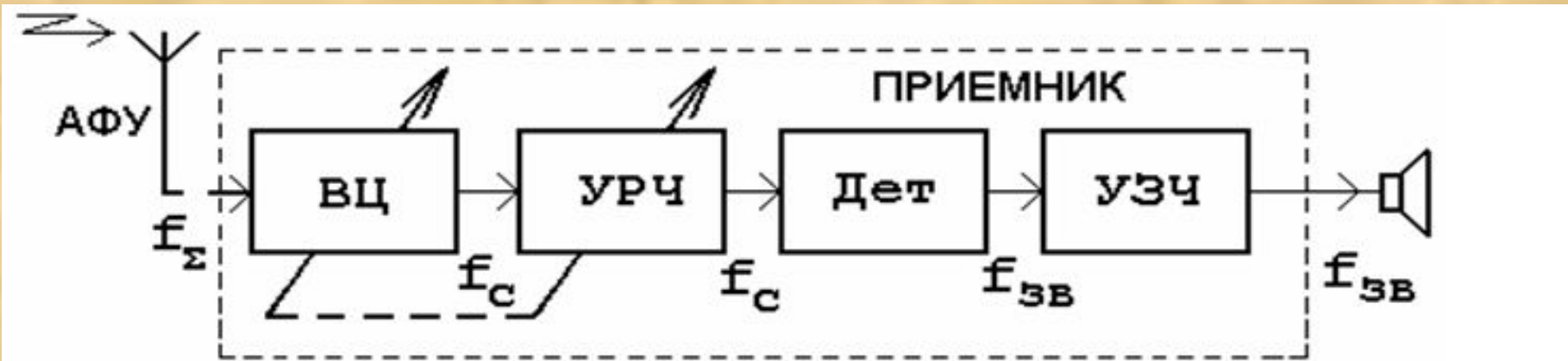


Рис. 12.2. Структурная схема приемника прямого усиления

Входная цепь (ВЦ) предназначена для предварительного выбора (селекции) необходимого сигнала, ослабления других сигналов и передачу на вход усилителя радиочастоты (УРЧ). Детектор приемника служит для преобразования модулированного радиосигнала с целью выделения из него сигнала звуковой частоты  $f_{зв}$ , несущего передаваемое сообщение. Усилитель звуковой частоты (УЗЧ) или усилитель низкой частоты (УНЧ) служит для усиления сигнала звуковой (низкой) частоты до значения, необходимого для нормальной работы громкоговорителя.

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАДИОПРИЕМНИКА ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Недостатки приемника прямого усиления

- при перестройке приемника прямого усиления с одной частоты на другую необходимо перестраивать одновременно колебательные контуры ВЦ и УРЧ,
- изменении основных параметров радиотракта при перестройке приемника в широком диапазоне частот,
- трудность получения большого усиления в радиотракте,

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЕМНИКА

Особенностью супергетеродинного приемника является преобразование усиленного радиосигнала в сигнал промежуточной частоты, которая значительно меньше частоты радиосигнала.

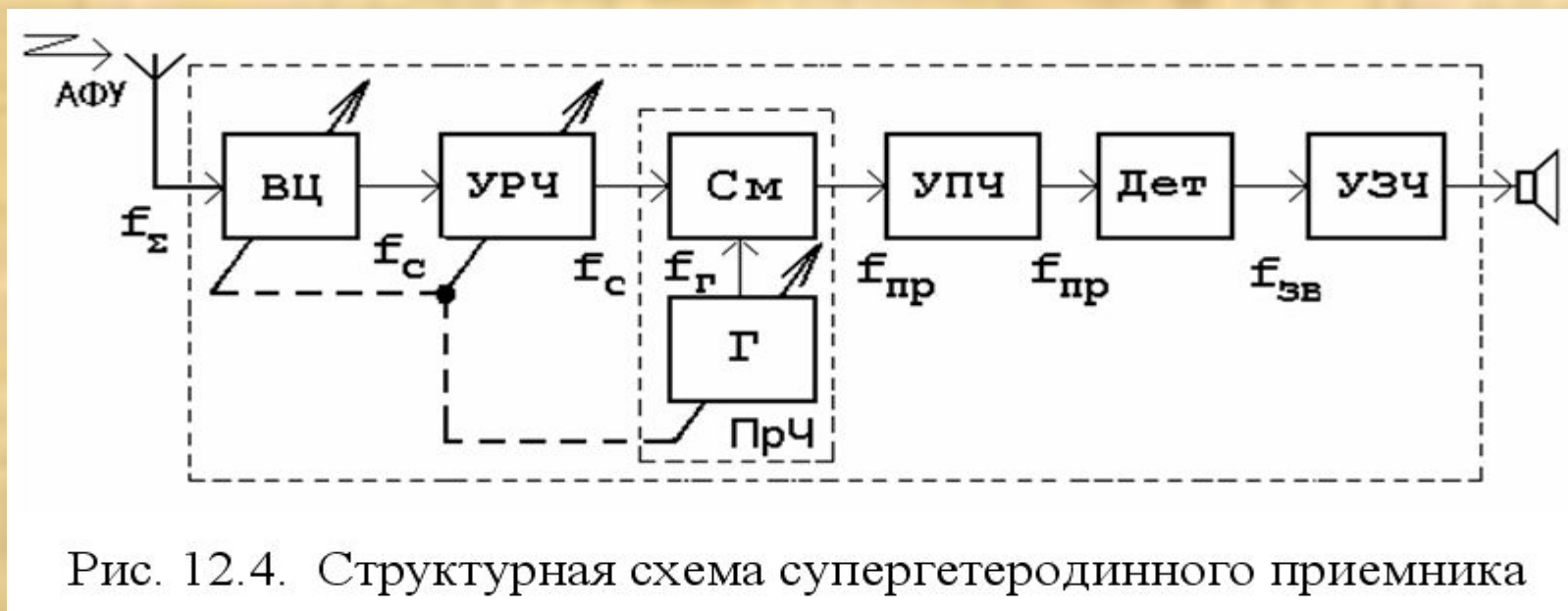


Рис. 12.4. Структурная схема супергетеродинного приемника

В отличие от приемника прямого усиления схема содержит дополнительно преобразователь частоты (ПрЧ) и усилитель промежуточной частоты (УПЧ).

Преобразователь частоты предназначен для преобразования напряжения высокой частоты в напряжение промежуточной частоты с сохранением закона модуляции. Для этого он содержит гетеродин и смеситель с фильтром, настроенным на промежуточную частоту.

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЕМНИКА

Гетеродин представляет собой генератор синусоидального напряжения, частота которого  $f_r$  больше частоты сигнала. Смеситель предназначен для преобразования сигналов радиочастоты и гетеродина в сложный сигнал, содержащий колебания с частотами  $f_{np} = f_r - f_c$ . В результате на выходе смесителя появляется радиосигнал на более низкой частоте – промежуточной.

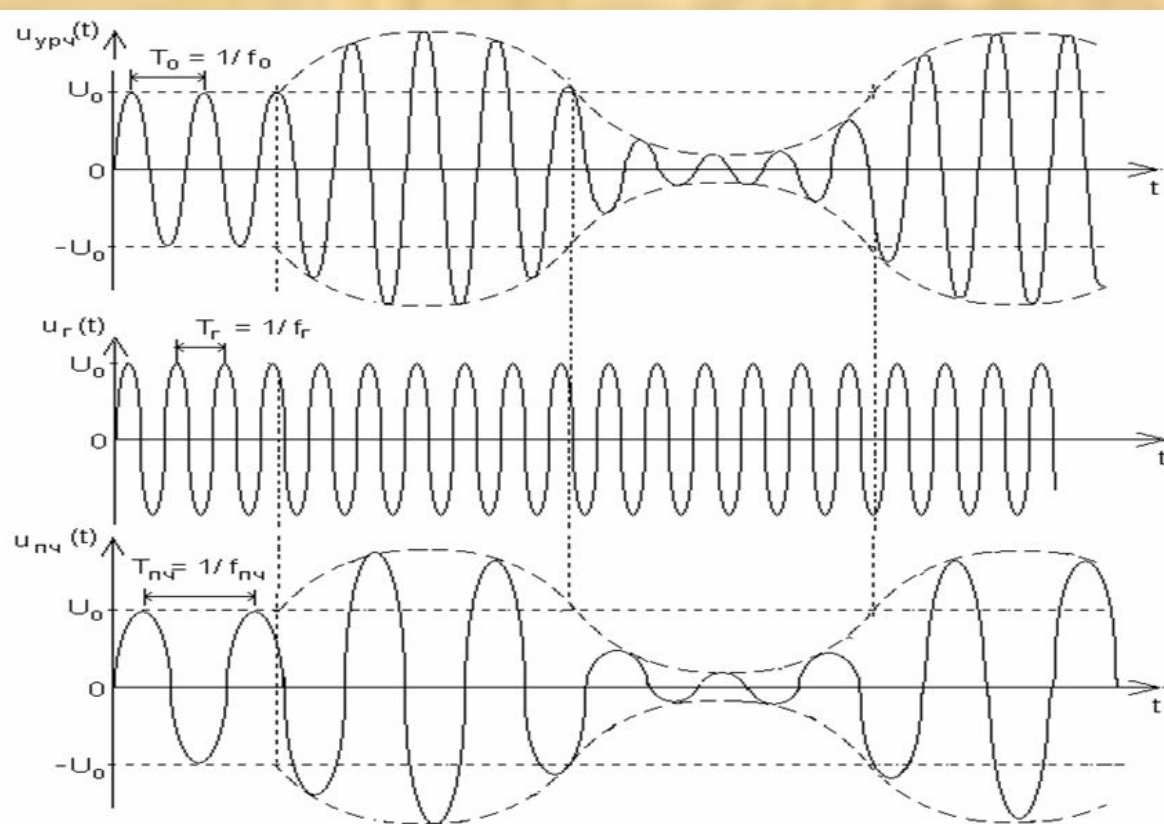


Рис. 12.5. Диаграммы напряжений, поясняющие работу

преобразователя частоты



## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЕМНИКА

Гетеродин представляет собой генератор синусоидального напряжения, частота которого  $f_r$  больше частоты сигнала. Смеситель предназначен для преобразования сигналов радиочастоты и гетеродина в сложный сигнал, содержащий колебания с частотами  $f_{np} = f_r - f_c$ . В результате на выходе смесителя появляется радиосигнал на более низкой частоте – промежуточной.

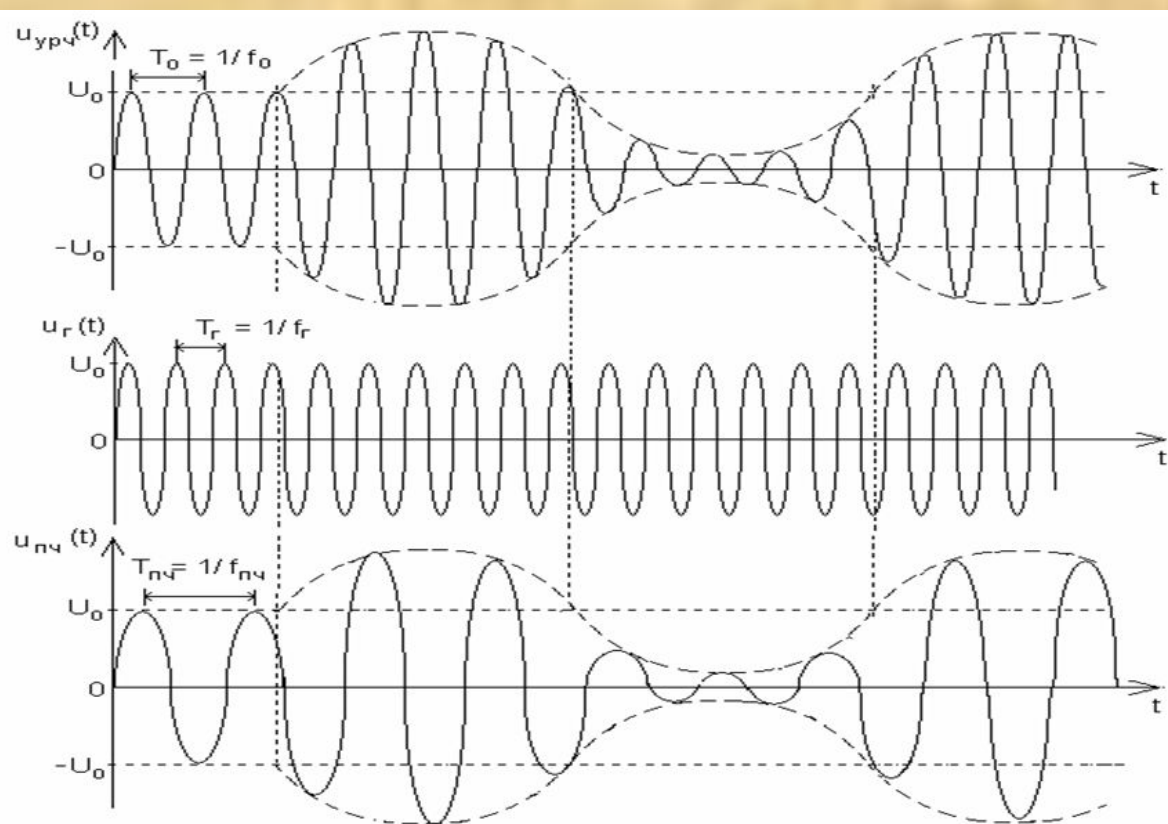


Рис. 12.5. Диаграммы напряжений, поясняющие работу

преобразователя частоты

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРИЕМНИКА

Преимущество супергетеродинного приемника :

-существенно упрощается его система настройки, поскольку перестраиваются только селективные цепи входной цепи, УРЧ и гетеродина.

-в супергетеродинном приемнике можно обеспечить значительно лучшую фильтрацию сигнала от помех.

-при перестройке приемника основные показатели радиотракта практически не изменяются, так как они в основном определяются показателями тракта промежуточной частоты, настроенного на постоянную частоту  $f_{пр}$

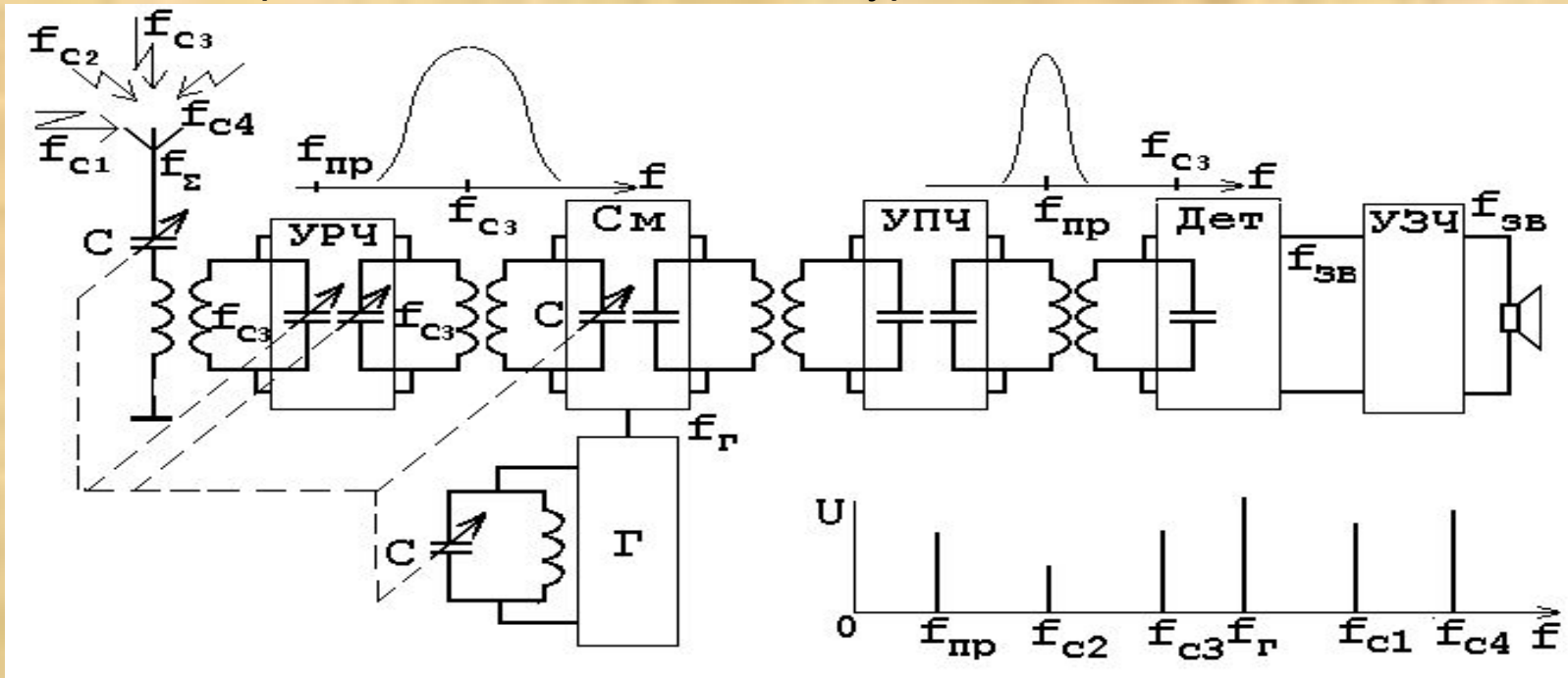
-в супергетеродинном приемнике легче обеспечить большое усиление, так как на промежуточной частоте  $f_{пр}$  более низкой по сравнению частотой принятого сигнала  $f_c$  паразитная обратная связь между выходом и входом усилителя проявляется слабее.

Основная особенность супергетеродинного приемника — это наличие так называемых комбинационных (побочных) каналов приема.

## Тема 12. РАДИОПРИЕМНИКИ

### ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ В ПЕРЕДАТЧИКАХ И ПРИЕМНИКАХ

При резонансе сопротивление последовательного контура имеет чисто активный характер и минимально по величине. При этом ток протекающий по цепи минимален, а напряжение на элементах контура максимально.



Для приема сигналов на частоте  $f_c$  контур настраивается конденсатором  $C$  в резонанс на эту частоту. Тогда напряжение, снимаемое с конденсатора, будет в  $Q$  раз больше входного напряжения. Для сигналов на других частотах контур будет расстроен, поэтому их уровень будет намного меньше. Таким образом, реализуется частотная избирательность входной цепи.