

Южно-Уральский Государственный Университет  
Факультет Военного Обучения  
Военная Кафедра Связи

---

Цикл военно-специальной и военно-технической подготовки

Тема №1 «Введение в курс Военно-технической подготовки»

Занятие № 2 «Классификация военных радиорелейных средств связи»  
(лекция).

Вопросы занятия:

1. Классификация военных радиорелейных средств связи
2. Структурные схемы, режимы работ, основные параметры и особенности передатчиков и приемников РРС
3. Основные типы антенн и их параметры

Челябинск, 2012г.

## Введение

- Цель:** - изучить основные параметры передающих и приемных устройств РРС и основные типы антенн;  
- воспитывать ответственность за личную подготовку будущего офицера-связиста.

# 1.Классификация военных радиорелейных средств связи.

*Военные радиорелейные средства связи классифицируются по ряду признаков.*

Различают:

- подвижные;
- стационарные;
- малоканальные;
- многоканальные.

К подвижным радиорелейным средствам связи относят военные РРС, оборудование которых размещается в унифицированных кузовах, смонтированных на шасси автомобилей или автоприцепов.

К стационарным радиорелейным средствам связи относят военные РРС, оборудование которых установлено на соответствующем стационарном узле связи для постоянной работы.

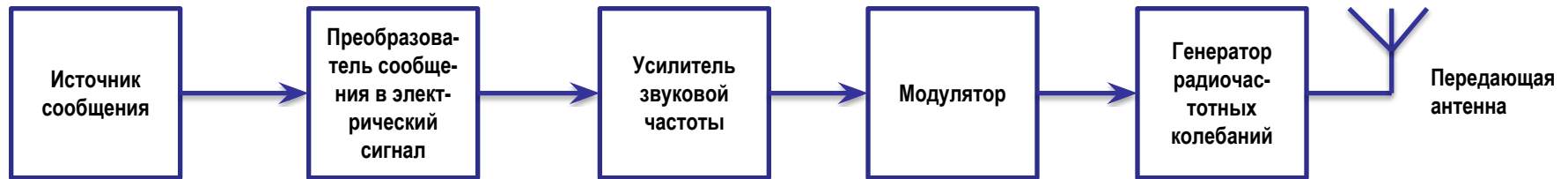
К малоканальным радиорелейным средствам связи относят военные РРС, обеспечивающие развертывание линий связи с числом каналов ТЧ не более 12.

К многоканальным радиорелейным средствам связи относят военные РРС, обеспечивающие развертывание линий связи с числом каналов ТЧ более 12, но не более 60.

## **2. Структурные схемы, особенности и основные параметры передатчиков и приемников радиорелейных станций.**


### *Радиопередающие устройства РРС:*

Радиорелейные станции удаляются друг от друга на значительные расстояния (до 50 км. и более). Передача информации осуществляется через среду распространения сигнала с помощью электромагнитных волн. Для получения радиосигналов и передачи их в антенну используются радиопередающие устройства (РПЕРУ).



Радиопередающее устройство предназначено для создания ВЧ колебаний, один из параметров которых изменяется в соответствии с модулирующим колебанием.

Колебания высокой частоты, излучаемые антенной передатчика, не несут никакого сообщения, а являются лишь переносчиками сообщений. Поэтому такие колебания называют колебаниями несущей частоты или просто несущей. Для передачи сообщения несущую необходимо подвергнуть изменениям, отражающим передаваемый сигнал. Процесс изменения несущей по закону передаваемого сигнала называется модуляцией и осуществляется специальными устройствами - модуляторами, входящими в состав радиопередатчика. Способ изменения несущей будет определяться как видом передаваемого сигнала (телефонный или телеграфный), так и параметром несущей, который подвергается изменению (амплитуда, частота, фаза). Процесс управления передатчиком при передаче телеграфных сигналов принято называть манипуляцией, а телефонных сигналов - модуляцией.



Управление несущей изменением ее амплитуды называется амплитудной манипуляцией или модуляцией, а изменением частоты несущей – частотной манипуляцией или модуляцией. При частотной манипуляции и модуляции постоянной остается амплитуда колебаний, а частота колебаний изменяется симметрично в сторону понижения и повышения относительно среднего значения несущей в строгом соответствии с управляемым сигналом.

Радиосигнал на выходе радиопередающего устройства должен иметь заданную мощность сигнала, заданную частоту с требуемой стабильностью, низкий уровень побочных и внеполосных излучений.

Радиопередающее устройство должно выполнять четыре основные функции:

- генерирование колебаний радиочастоты ОВЧ, УВЧ, СВЧ, ВЧ;
- управление одним из параметров колебаний ВЧ, модулируемым напряжением группового сигнала;
- усиление модулированного радиосигнала до требуемой величины;
- подавление побочных и внеполосных излучений (фильтрация).

Радиопередающие устройства классифицируются:

а) по назначению:

- связные;
- вещательные;
- телевизионные;
- радиолокационные;
- передатчики помех;

б) по мощности:

- маломощные (до 0,1 кВт);
- средней мощности (до 1 кВт);
- большой мощности (до 5 кВт);
- сверхмощные (свыше 5 кВт);

в) по диапазону рабочих частот:

- |                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| - ВЧ (высокой частоты)        | - до 30 МГц;  |
| - ОВЧ (очень высокой частоты) | - 30-300 МГц; |
| - УВЧ (ультравысокой частоты) | - 0,3-3 ГГц;  |
| - СВЧ (сверхвысокой частоты)  | - 3-30 ГГц;   |
| - КВЧ (крайневысокой частоты) | - 30-300 ГГц. |

Основными параметрами радиопередающих устройств являются:

- мощность;
- стабильность несущей частоты;
- диапазон частот;
- подавление внеполосных и побочных излучений.

Особенности передатчиков радиорелейных станций

Радиопередающие устройства аппаратуры радиорелейной связи имеют целый ряд свойств и особенностей, которые обусловлены работой в радиорелейной линии полной протяженности и обеспечением в конце линии требуемой шумовой защищенности каналов ТЧ.



**Основными особенностями, которые необходимо учитывать, являются:**

- радиопередающие устройства РРЛ должны обеспечивать передачу широкого спектра частот, простирающегося от десятков Гц до нескольких МГц;
- радиопередающие устройства должны обладать очень высокими качествами параметров, так как количество радиопередатчиков может достигать несколько десятков (высокая стабильность рабочей частоты и высокая линейность модуляционной характеристики частотного модулятора).
- радиопередающие устройства РРЛ должны иметь возможность работать в широком диапазоне частот для обеспечения устойчивой работы РРЛ в случае пересечения трасс РРЛ, а также обеспечения возможности маневра рабочими частотами в случае создания помех противником. радиопередающие устройства РРЛ должны обладать повышенной надежностью и системой резервирования.

**Передатчики РРЛ тропосферной связи имеют ряд специфических особенностей, вызванных условием распространения дальних тропосферных радиоволн УКВ:**

- необходимость радиопередающего устройства большой мощности, что связано с ослаблением сигнала на тропосферной линии, а это вызывает создание радиопередающего устройства с жидкостно-воздушными системами охлаждения;
- передатчики тропосферной станции должны обладать повышенной стабильностью несущей частоты. Это необходимо для ограничения полосы пропускания, т.е. для снижения пороговой мощности;
- для обеспечения борьбы с быстрыми замираниями на тропосферной линии передатчики тропосферных станций должны обеспечивать либо несколько выходов на одной частоте, либо несколько выходов на разных частотах.

## Радиоприемные устройства РРС

Радиоприемное устройство состоит из антенно-фидерного устройства и самого радиоприемника:

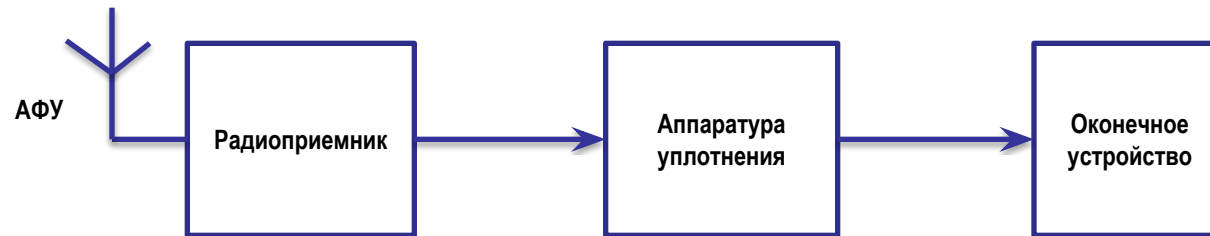


рис. 1.2.

АУ - аппаратура уплотнения

ОУ - оконечное устройство

Антенно-фидерное устройство предназначено для преобразования электромагнитных колебаний в энергию токов СВЧ и передачу их в приемник.

Радиоприемник - это совокупность элементов, с помощью которых производится выделение рабочего сигнала из множества сигналов и помех на входе и преобразование их к виду, необходимому для работы АУ (ОУ). Информация на входе приемника закодирована в радиосигналы, т.е. содержится в одном или нескольких параметрах модулированных СВЧ колебаний. И поэтому необходимо произвести преобразование в групповые сигналы, а затем в сигналы ТЧ очень слабого полезного радиосигнала на входе приемника всегда имеется много других сигналов, которые по отношению к рабочему являются помехами. Таким образом прием радиосигналов осуществляется на фоне помех.

Радиоприемники выполняют три основные функции:

- избирательность, т.е. выделение полезного радиосигнала;
- усиление сигнала (в сотни тысяч раз);
- детектирование, т.е. преобразование радиосигнала в групповой сигнал изменяющейся по закону модулирующего сигнала в пункте управления передачи.

Классификация радиоприемных устройств.

**Радиоприемные устройства подразделены на:**

I. Профессиональные устройства, подразделяющиеся на приемники:

- радиосвязи;
- радиоастрономии;
- радиотелеметрии;
- радиолокации.

II. Радиовещательные, служащие для приема радио и телевизионных программ.

**По специальным признакам радиоприемники делятся:**

а) по признаку построения схем:

- приемники прямого усиления;
- супергетеродинные приемники.

**б) по виду модуляции:**

- ЧМ сигналов;
- ФМ сигналов;
- АМ сигналов;
- ОМ сигналов;
- для приема сигнала с различными видами импульсной модуляции (АИМ, ФИМ, ШИМ, КИМ и др.).

**в) по диапазону волн:**

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| - ВЧ (высокой частоты)        | - до 30 МГц;    |
| - ОВЧ (очень высокой частоты) | - 30-300 МГц;   |
| - УВЧ (ультравысокой частоты) | - 300-3000 МГц; |
| - СВЧ (сверхвысокой частоты)  | - 3-30 ГГц;     |
| - КВЧ (крайневысокой частоты) | - 30-300 ГГц.   |

**г) по месту установки:**

- стационарные;
- переносные;
- бортовые (автомобильные, корабельные, самолетные, танковые и т.д.).

д) по системе питания:

- сетевые;
- аккумуляторные;
- батарейные;
- универсальные.

Показатели качества радиоприемных устройств:

- чувствительность;
- избирательность;
- коэффициент усиления;
- рабочий диапазон частот;
- динамический диапазон частот;
- уровень нелинейных искажений;
- уровень побочных излучений гетеродина.

## Чувствительность.

Основными показателями приемника являются чувствительность – это способность обеспечить требуемую мощность сигнала к мощности шума на выходе приемника при наличии слабого рабочего сигнала на его входе. Количественно чувствительность оценивается величиной минимальной мощности (ЭДС) полезного радиосигнала на входе (в антенне), при которой обеспечивается заданное соотношение сигнала к шуму на выходе приемника. Эта величина равна - (1-10мВт). Чувствительность определяется внутренним свойством приемников. В диапазоне СВЧ фактически она определяется собственными шумами и не зависит от внешних шумов и помех. Из-за трудности измерения чувствительности в диапазоне СВЧ в технике радиорелейной связи вместо ее используется коэффициент шума (Нш). Он измеряется с достаточно высокой точностью и с помощью него можно вычислить чувствительность.

**Коэффициент шума (Нш )** - это число, показывающее во сколько раз изменяется соотношение сигнал/шум на выходе линейной части приемника (т.е. на выходе детектора), к отношению сигнал/шум на входе. Это число всегда больше 1. На практике оно всегда нормируется в размах:

$$Нш \text{ (дб)} = 10 \lg Нш \text{ (раз)}$$

Реализация такого малого коэффициента шума осуществляется за счет применения малозумящих усилителей ВЧ. Чем меньше Нш, тем выше чувствительность, тем меньше РС в антенне или ЭДС сигнала в антенне.

## Избирательность.

**Избирательность** - это способность приемника выделить полезный сигнал из совокупности всех сигналов и помех, воздействующих на вход и подавлять помехи. Это свойство основано на использовании отличительных признаков полезного сигнала и помех.

**Избирательность** делится на:

- частотную;
- пространственную;
- амплитудную;
- фазовую.

В технике радиорелейной связи в основном используется частная и пространственная избирательность. Пространственная избирательность реализуется за счет остро направленных антенн. Частотная избирательность достигается за счет явления резонанса.

**Приемник прямого усиления.**

**Приемником прямого усиления** называется такой приемник, в котором усиливаются и подаются на детектор колебания той частоты, на которой работает принимаемая станция.




рис. 1.3.

Из приведенной схемы видно, что приемник состоит из одного каскада усиления радио частоты, детекторного каскада и одного каскада усиления звуковой частоты. Приемники прямого усиления просты по устройству и надежны в эксплуатации.

**К недостаткам приемников прямого усиления следует отнести:**

- непостоянство чувствительности и избирательности по диапазону; на коротких и ультракоротких волнах чувствительность и избирательность невелики;
- трудности распределения усиления между каскадами высокой и низкой частоты;
- низкая чувствительность в области коротких и особенно ультракоротких волн объясняется тем, что резонансное сопротивление контуров мало, так как величина индуктивности  $L$  небольшая.





Ухудшение избирательности с переходом на более короткие волны объясняется расширением полосы пропускания приемника, вследствие чего помехи начинают оказывать более сильное влияние. Для повышения чувствительности и избирательности приемника прямого усиления необходимо увеличить число каскадов усиления радиочастоты. В этом случае наблюдается явление самовозбуждения, которое заключается в том, что усилитель становится генератором высокочастотных колебаний. Самовозбуждение возникает за счет паразитных связей через междуэлектродную емкость сетки - анод лампы, индуктивную связь между цепями, источники питания, емкость монтажа. Даже при тщательной экранировке трудно избавиться от самовозбуждения.

*Увеличить чувствительность приемника прямого усиления путем значительного повышения усиления по звуковой частоте (с одновременным уменьшением усиления по радио частоте) нельзя.*

Для нормальной работы детектора требуется определенное напряжение этим и объясняется необходимость усиления по радио частоте. Кроме того, значительное усиление по звуковой частоте производит к микрофонному эффекту, сущность которого заключается в появлении в телефонах своеобразного «звона» при механических толчках. Это происходит вследствие изменения анодного тока при дрожании нити накала (особенно детекторной лампы и ламп низкой частоты).

### Супергетеродинные приемники.

Выделение приемной станции осуществляется в высокочастотной части с помощью одного или более резонансных контуров. Так как в приемнике прямого усиления контуры каждый раз настраиваются в резонанс на принимаемую частоту диапазона, то избирательность резонансных контуров будет зависеть от частоты, на которую они настроены. Вследствие этого трудно получить хорошую избирательность при очень высоких частотах (при длинах волн короче 50 м.). Увеличивающиеся потери в резонансных контурах при более высоких частотах приводят к уменьшению эквивалентного сопротивления контуров. Контур, который имеет эквивалентное сопротивление порядка 100000 Ом в средневолновом диапазоне, будет иметь эквивалентное сопротивление примерно 15000 Ом при длине волны примерно 15 м. Так как усиление по высокой частоте пропорционально эквивалентному сопротивлению резонансного контура, то это значит, что будет трудно получить достаточное усиление на коротких волнах. Стремление избавиться от недостатков приемника прямого усиления привело к созданию супергетеродинного приемника, в котором эти недостатки в значительной степени устранены.

*Если в приемнике прямого усиления принимаемый сигнал подвергается усилению по двум частотам (по высокой частоте и после детектирования по низкой частоте), то в супергетеродинном приемнике усиление происходит по меньшей мере по трем частотам: частоте сигнала, промежуточной частоте и низкой звуковой частоте.*

*В супергетеродинном приемнике в отличие от приемников прямого усиления любая частота входящего сигнала преобразуется в одну постоянную, так называемую промежуточную частоту. Основное усиление в этих приемниках производится в промежуточной частоте, которая лежит выше частоты звуковых и ниже частоты входящих колебаний.*

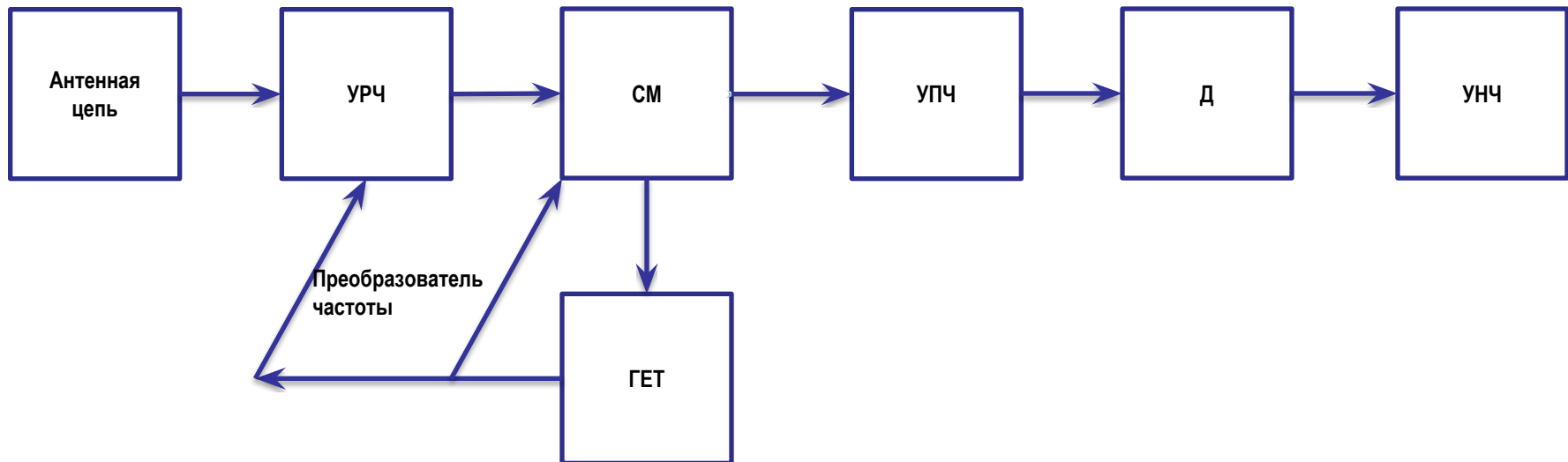


рис 1.4. Структурная схема супергетеродинного приемника.

В антенной цепи приемника включен входной контур, являющийся предварительным избирательным устройством. За предварительным избирательным устройством идет усилитель радио частоты, обеспечивающий увеличение чувствительности приемника. В простых супергетеродинных приемниках усилителя радиочастоты может и не быть. Далее в отличие от приемника прямого усиления идет не детектор, а преобразователь частоты, состоящий из смесителя и гетеродина (маломощного генератора). После преобразователя сигнал поступает на усилитель промежуточной частоты (УПЧ), затем на детектор и, наконец, на усилитель звуковой частоты. Усилитель промежуточной частоты представляет собой обычный усилитель радио частоты. Усилитель звуковой частоты не отличается от подобного усилителя приемника прямого усиления. В супергетеродинном приемнике можно значительно усилить сигналы до детекторного каскада и обеспечить нормальную работу диодного детектора.

*К достоинствам приемника супергетеродинного типа относятся:*

- высокая чувствительность и избирательность;
- постоянство чувствительности и избирательности по диапазону;
- простота в управлении.

*В супергетеродинных приемниках можно получить большое усиление (а значит и высокую чувствительность) без появления самовозбуждения.*

Это объясняется тем, что сигнал усиливается на трех или даже четырех (при двойном преобразовании частоты) частотах. Кроме того, УПЧ во время приема сигналов любой станции не перестраивается, что дает возможность большего усиления. Наконец в этих приемниках, значительно проще получить большое усиление на более низкой (промежуточной) частоте, чем на частоте входящего сигнала.

### Особенности приемников радиорелейных станций.

Для РПрУ радиорелейных и тропосферных станций принципиальное значение имеют следующие показатели:

- большой диапазон частот, протяженность которого отвечает назначению приемника и позволяет выбирать частоты, отводимые для РРЛ и ТРЛ в соответствующих звеньях управления;
- высокая частотная точность, обеспечивающая бесперерывное нахождение связи и длительную работу без подстройки;
- высокая помехоустойчивость, т.е. способность обеспечить достоверный прием информации;
- высокая эксплуатационная надежность, т.е. прочность и работоспособность в широких пределах изменения температуры и при механических воздействиях.

**В большинстве случаев приемники СВЧ выполняются по супергетеродинной схеме, обеспечивающей высокую чувствительность и избирательность.**

Высокая чувствительность обеспечивается выбором схемы и элементов первых каскадов приемника. На входе приемников могут применяться малошумящие усилители. Они могут быть на транзисторах, туннельных диодах и лампах бегущей волны. Первые два типа усилителей имеют малые габариты и все, обладают высокой надежностью, однако они не допускают больших перегрузок, больших сигналов на входе. Усилители на ЛБВ обладают большим коэффициентом усиления, не боятся перегрузок, но имеют большие габариты.

### **3. Основные типы антенн, применяемых в радиорелейных станциях, их параметры**

В системах РРЛ применяется несколько типов антенн. При работе малоканальных РРЛ в диапазоне ДМВ могут использоваться многовибраторные синфазные антенны, а в диапазоне сантиметровых волн на линиях средней емкости применяются главным образом, перископические, параболические и рупорно - параболические антенны (РПА). На магистральных многоствольных РРЛ большой емкости (6-8 высокочастотных стволов, 600 и более телефонных каналов в одном стволе) применяются в основном РПА и двухзеркальные приемо-передающие антенны. Для устранения помех между прямыми и обратными направлениями связи при двухчастотном плане приема антенна должна обеспечить существенное подавление сигнала, приходящего с обратного направления, т.е. должна иметь коэффициент защитного действия (ЗД) не менее 65-70 Дб.

*Раскрыв антенны, чаще всего представляет собой поверхность параболоида вращения (или его часть), в фокусе которого помещается облучатель. Чем больше диаметр  $D$  параболоида (или чем больше площадь раскрыва антенны) по сравнению с длиной волны  $\lambda$ , тем уже излучаемый пучок радиоволн и выше ее направленность.*

Ширина основного лепестка (по половинной мощности) диаграммы направленности, (град.)

$$a^\circ = 70 \lambda / D$$

Коэффициент усиления перископической антенной системы обычно не превышает 30-40дБ.



Занятие  
закончено