

Министерство образования и науки Украины
Государственный университет телекоммуникаций
Кафедра радиотехнологий

Лекция 3

*по дисциплине «Основы телевидения и телевизионные системы»
на тему: «Радиоприёмные устройства»*

Доцент Пархоменко В.Л.

Киев - 2014

Содержание

1. Радиоприемные устройства

- 1.1 Назначение и виды радиоприёмных устройств
- 1.2. Основные показатели радиоприёмных устройств
- 1.3 Структурные схемы радиоприемников

1. Радиоприёмные устройства

1.1. Назначение и виды радиоприёмных устройств

Назначение радиоприёмника, как услужливо нам подсказывает название – принимать радиосигналы. Принимать и преобразовывать в первичные электрические импульсы достаточной мощности, чтобы можно было воспроизвести изначальную информацию. Такой процесс носит название **демодуляции**.

Энергию электромагнитных волн улавливает приёмная антенна, преобразуя её в энергию высокочастотных колебаний. По отношению к радиоприёмнику, приёмная антенна является *источником радиосигналов*.

Схематически она может быть представлена в виде источника ЭДС с внутренним сопротивлением $Z_A = r_A + jx_a$:

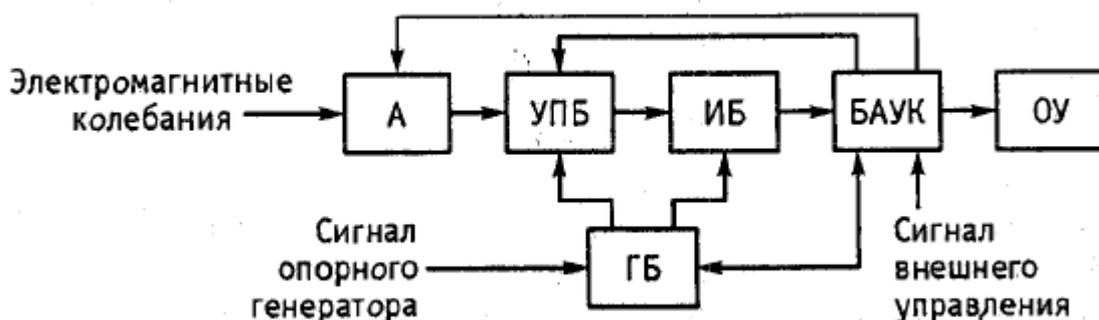


Просто уловить сигнал явно недостаточно, нужно ведь уловить именно *свой* сигнал, который принято называть **полезным**. Наиболее популярным и практичным является различение сигналов по частоте. Затем полезный сигнал усиливается, а также принимаются меры для ослабления уровня помех.

Всё это стандартные решения, для обеспечения какого-либо приёма. Однако, если качество сигнала является недостаточным, то дополнительно принимаются такие меры как:

- ❖ **частотное преобразование принимаемого сигнала** (чтобы перенести его в спектр частот, где возможна наилучшая его обработка);
- ❖ **изменение некоторых отдельных параметров**, для адаптации к конкретной электромагнитной обстановке.

В общих чертах структурную схему приёмника можно представить так:



A – антенна;

УПБ – усилительно-преобразовательный блок;

ИБ – информационный блок;

ГБ – гетеродинный блок;

БАУК – блок адаптации, управления и контроля;

ОУ – оконечное устройство.

Как раз **УПБ** и отвечает за выделения полезного сигнала из множества других, так что он является важнейшим элементом, в совокупности с **информационным блоком**, который осуществляет собственно демодуляцию и ослабление помех. УПБ должен обеспечивать усиление при незначительном добавлении собственных помех. В ИБ может использоваться специальный фильтр для обеспечения оптимального приёма. Составной частью блока может быть УПЧ (усилитель промежуточных частот), который обеспечивает основную избирательность.

Гетеродинный блок синтезирует частоты, которые необходимы для работы УПБ и информационного блока. При переносе сигнала из одной полосы частот в другую общий характер модуляции должен оставаться неизменным. Для преобразования используется нелинейный элемент, на который одновременно подаются две частоты: частота сигнала и собственная частота гетеродина.

БАУК позволяет вручную или автоматически настраивать частоту, громкость, включать и выключать устройство и отображает эти данные на различных индикаторах. То есть, по сути это все те ручки и переключатели, которые мы видим и можем поворачивать. Регулировка громкости, например, происходит с помощью плавной потенциометрической регулировки усиления, а автоматическая подстройка частоты осуществляется с помощью ввода специальной цепи, содержащей измерительный элемент, фильтра и регулятора частоты.

Оконечным устройством может являться, например, динамик в телефоне, либо кинескоп в телевизоре, и его вид зависит от требуемого выходного эффекта (акустический, оптический или механический).

Конечно же, как и любые устройства, радиоприёмники подлежат некой *классификации*. Так как более подробно она представлена в конце данного раздела, то сейчас рассмотрим лишь наиболее распространённые **признаки классификации**:

- по функциональному назначению;
- по спектру используемых частот;
- по виду принимаемых сигналов;
- по характеру принимаемой информации;
- по виду модуляции;
- по месту установки;
- по способу управления.

1.2. Основные показатели радиоприёмных устройств

Чтобы понять, что же это за зверь такой - “радиоприёмник”, расскажем о трёх его основных функциях:

1. Выделение полезного сигнала из всех остальных и его приём;
2. Преобразование радиосигнала в первичный электрический сигнал;
3. Обеспечение усиления принимаемых слабых сигналов до нормального уровня.

Качество и применение готового радиоприёмника определяют его различные параметры. По сути, все характеристики радиоприёмных устройств делятся также на три типа:

- *электрические* (диапазон рабочих частот, чувствительность, частотная избирательность, частотная точность приёмника, искажения сигналов);
- *конструктивно-эксплуатационные* (стабильность параметров и показателей, эргономичность, надёжность, ремонтпригодность);
- *производственно-экономические* (стоимость, энергетическая экономичность, массо-габаритные показатели, надёжность).

Естественно, нас больше всего интересуют электрические характеристики приёмника, так как именно они задают самые важные параметры, определяют тип, класс и назначение приёмника, ведь всё три основные функции зависят именно от них. Поэтому, для начала, дадим определение каждой из его электрических характеристик.

Диапазон рабочих частот - определяется двумя граничными частотами и коэффициентом перекрытия диапазона по частоте.

$$K_f = f_{max}/f_{min}$$

Чувствительность - это способность приёмника принимать и выделять из общего шума слабые сигналы. Пожалуй, самая важная из характеристик.

Частотная избирательность - характеризует способность выделять полезный сигнал из совокупности радиосигналов и помех, действующих на вход приёмника.

Частотная точность - определяет способность устанавливать и поддерживать с допустимой погрешностью заданное значение частоты.

Искажения сигналов - определяют качество конечного (получаемого) сигнала. Разумеется, чем они меньше, тем выше качество и ниже вероятность ошибки приёма.

Количество частот, на которых может работать приёмник напрямую зависит от его *диапазона* и может быть вычислено по формуле:

$$N_{\text{рч}} = \frac{(f_{\text{max}} - f_{\text{min}})}{\Delta f_{\text{рч}}} + 1 ; \text{ где } \Delta f_{\text{рч}} - \text{ интервал между соседними частотами.}$$

Рассмотрим *чувствительность* подробнее. Количественно она оценивается минимальной ЭДС в антенне или номинальной мощностью модулированного сигнала, при которых сигнал воспроизводится и удовлетворяет требованиям качества. Частично, чувствительность обеспечивает усилитель на входе, но, фактически, он усиливает также и шум, из-за чего становится возможным принять более слабый сигнал, усиливая заодно и шумы.

Поэтому, наименьший уровень сигнала определяется не уровнем сигнала, а уровнем помех. Помехи бывают как *внешние* так *внутренние*. К внешним относятся помехи от других радиосистем и природные помехи, а внутренние присутствуют всегда, даже при полном отсутствии внешних (идеализированные условия). В таком случае, чувствительность радиоприёмника определяется его внутренними (флуктуационными) шумами.

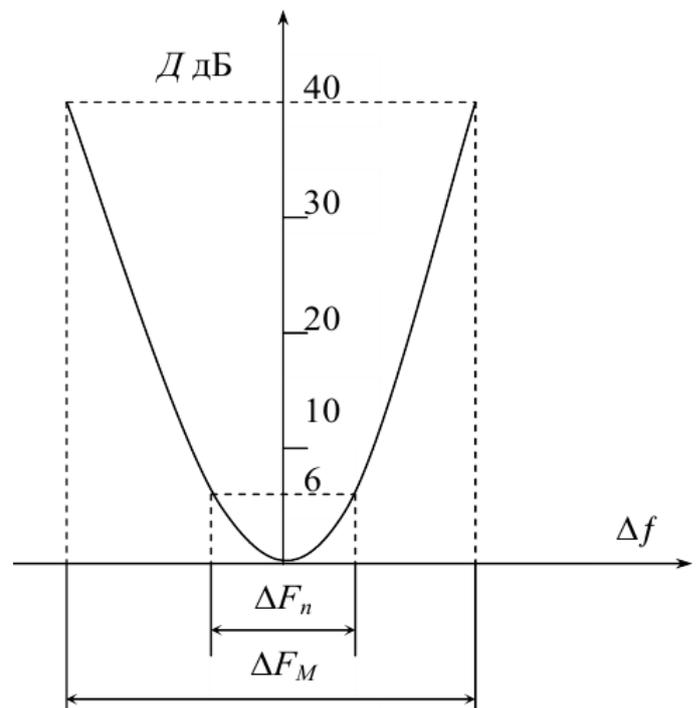
Избирательность довольно важный параметр и имеет несколько видов:

- ❖ **Пространственная** - достигается при использовании остронаправленных антенн или методом электронного управления синтезированной диаграммы направленности;
- ❖ **Поляризационная** - реализуется настройкой антенны на определённый вид поляризации;
- ❖ **Временная** - это когда антенна включается только на время приёма полезного сигнала (как по мне, то самый неудобный и непрактичный вид);
- ❖ **Частотная избирательность** - выше оговоренная способность принимать только “свою” частоту.

Наиболее эффективной, и одновременно, более сложной является именно *частотная избирательность*. В случае её правильного использования, возможно принимать сигнал только на нужной частоте (на практике это скорее диапазон частот) и ослабить помехи, которые будут идти на других частотах. Существует два вида частотной избирательности:

- линейная;
- реальная.

Линейная предполагает, что весь тракт приёма линейный, а на его действует радиосигнал только одной частоты с относительно небольшой амплитудой. Определяется графиком зависимости ослабления чувствительности радиоприёмника $D \text{ (дБ)} = 20 \lg(E_A/E_{A0})$ от изменения частоты входного сигнала $\Delta f = f - f_c$ относительно рабочей частоты приёмника.



Такой график называют *характеристикой избирательности*. С помощью неё можно определить *параметры избирательности*:

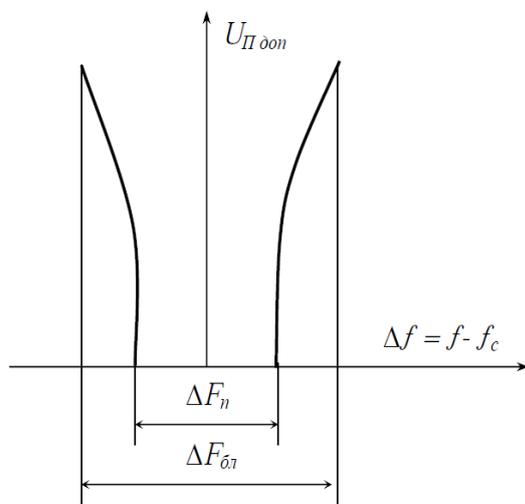
- *полоса пропускания приёмника* ΔF_n , которая равна удвоенному значению расстройки $2\Delta f$, при которой чувствительность приёмника уменьшается на 6 дБ;
- *полоса мешания* ΔF_M - полоса частот, на границах которой чувствительность приёмника уменьшается на 20 (40) дБ;
- *коэффициент прямоугольности* $K_{\Pi} = \Delta F_n / \Delta F_M$ - определяет степень приближения характеристики к идеальной прямоугольной форме (для реальных характеристик всегда меньше единицы).

Однако, линейная избирательность не может нам дать полного представления о работе приёмника в реальных условиях (имеется ввиду наличие мешающих сигналов), поэтому вводится понятие *реальной избирательности* (также называется *эффективная* или *многосигнальная частотная избирательность*).

Её сейчас разберём более детально, но сначала кратко о нескольких видах помех, которые чаще всего мешают приёму сигнала:

- ❖ *перекрёстная модуляция* - перенос модуляции помехи на полезный сигнал;
- ❖ *сжатие амплитуды* - нарушает линейную зависимость между амплитудами сигнала на входе и на выходе;
- ❖ *блокирование сигнала* - эффект ослабления сигнала, вызванный нелинейностью приёмного тракта под воздействием сильной помехи;
- ❖ *интермодуляция* - подвид нелинейных искажений, возникающих в усилителе (искажения данного вида могут возникнуть при действии по крайней мере двух помех).

Итак, *реальная избирательность* представляет собой график зависимости допустимых амплитуд помехи от её расстройки относительно частоты принимаемого сигнала (см. рисунок ниже).



Хотя, на самом деле, чаще всего, реальную избирательность характеризуют полосой блокирования.

Полоса блокирования (забития) - это удвоенное значение расстройки помехи относительно сигнала, при котором происходит блокирование сигнала помехой определённой амплитуды (указывается значение амплитуды помехи относительно амплитуды сигнала).

Существует так же такое понятие, как **частотная точность радиоприёмника**. Она определяет его способность устанавливать и поддерживать определённую частоту. То есть, при хорошей частотной точности возможно

входить в связь без поиска и вести связь без подстройки.

Обычно, для повышения надёжности и устойчивости связи, погрешность установки частоты компенсируют более широкой полосой пропускания на входе приёмника, хоть это и приводит к снижению чувствительности приёмника:

$$\Delta F_{\Pi} = \Delta F_C + 2\Delta f_{\text{ПР}}, \text{ где}$$

ΔF_C - спектр принимаемого сигнала;

$\Delta f_{\text{ПР}}$ - абсолютная расстройка приёмника, определяемая его частотной точностью.

Свою лепту в качество сигнала вносят и **искажения**, которые бывают:

- нелинейные;
- амплитудно-частотные;
- фазочастотные.

Нелинейные возникают из-за нелинейности характеристик элементов приёмного тракта. Они искажают форму первичных сигналов и количественно оцениваются коэффициентом гармоник:

$$K_{\Gamma} = \frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}{U_1^2}, \text{ где}$$

$U_2 \dots U_n$ - амплитуды высших гармоник;

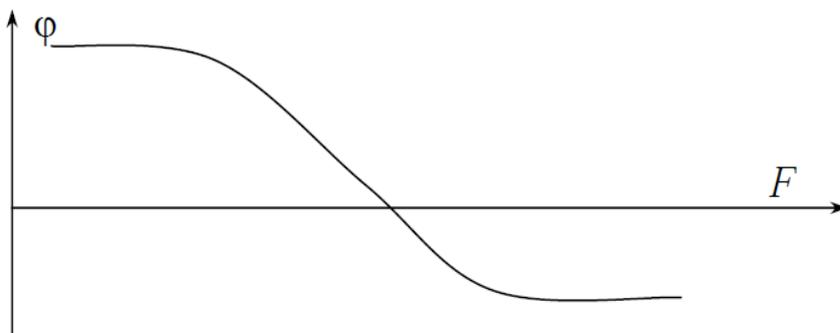
U_1 - амплитуда первой гармоники.

Амплитудно-частотные искажения объясняются различием в коэффициенте усиления для различных составляющих спектра первичного сигнала. Оцениваются с помощью АЧХ (график зависимости амплитуды первичного сигнала от частоты). Для количественной же оценки искажений данного вида пользуются *коэффициентом частотных искажений*:

$$M_H = \frac{U_{Fmax}}{U_{FH}}; \quad M_B = \frac{U_{Fmax}}{U_{FB}}, \text{ где}$$

U_{MH} и U_{MB} - амплитуда первичного сигнала на выходе на нижней и верхней частотах.

Фазочастотные - обусловлены нелинейностью фазовой характеристики приёмника, под которой имеется ввиду зависимость фазы первичного сигнала на выходе приёмника от частоты (пример на рисунке ниже).



Для разных типов сигналов те или иные искажения имеют разную критичность. Скажем, при приёме телефонных сигналов, решающую роль играют нелинейные искажения, а фазочастотными можно пренебречь (так

как человеческое ухо не чувствительно к изменению фазы звуковых колебаний).

Однако, при приёме радиоимпульсных сигналов те же фазочастотные искажения довольно сильно искажают выходные видеоимпульсы.

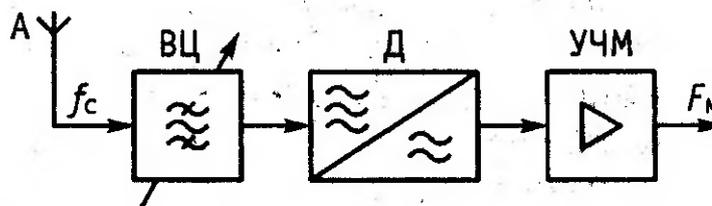
1.3 Структурные схемы радиоприемников

По принципу усиления сигнала и способам его преобразования все радиоприемники можно разделить на три группы: детекторные, прямого усиления и супергетеродинные.

Детекторные приемники — это приемники, в которых принимаемый сигнал высокой частоты подвергается преобразованию (детектированию) в напряжение низкой частоты без усиления (даже с некоторым ослаблением в ступени преобразования) и подается на выходное устройство.

Чувствительность и избирательность детекторных приемников очень низка и практического применения для обеспечения радиосвязи в диапазонах ДВ — КВ они не находят. Следует также отметить что, наиболее простым является принцип построения приемника прямого детектирования (детекторного), структурная схема которого представлена на рисунке ниже. Входная цепь (ВЦ) в виде резонансной системы или фильтра обеспечивает частотную избирательность радиоприемного устройства, настройка на частоту принимаемого сигнала осуществляется перестройкой или переключением ВЦ. Принципиальным является отсутствие усиления сигнала до детектора (Д), ведущее к значительному упрощению устройства приемника, но одновременно обуславливающее его низкую чувствительность и избирательность. Указанные недостатки такой схемы не устраняются наличием усилителя частоты модуляции (УЧМ). Вследствие этого в настоящее время радиоприемные устройства прямого детектирования применяются практически лишь в миллиметровом, деци миллиметровом и оптическом диапазонах волн.

Структурная схема приемника прямого детектирования



ВЦ – входная цепь;

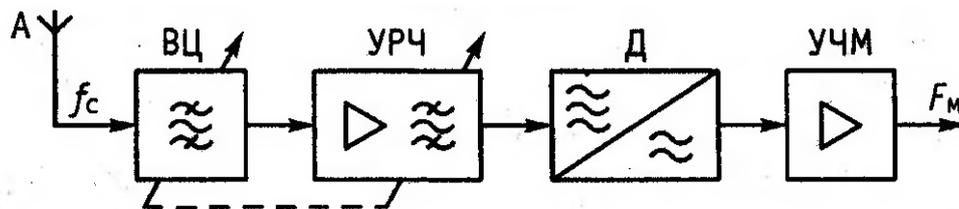
Д – детектор;

УЧМ – усилитель частоты модуляции.

В некоторой степени недостатки детекторных приемников устранены в приемниках прямого усиления. В них основное усиление сигнала происходит на несущей частоте с последующим детектированием и усилением его по низкой частоте. Однако и у них есть серьезные недостатки: неравномерность усиления, чувствительности и избирательности по диапазону, низкая чувствительность и избирательность, большое количество регулировок в процессе работы и т. д.

Структурная схема приемника прямого усиления представлена на рисунке. От описанного выше этот приемник отличается наличием усилителя радиочастоты (УРЧ) и, как следствие, значительно большими чувствительностью и избирательностью. Входная цепь и избирательные цепи УРЧ настроены на частоту принимаемого радиосигнала, на которой и осуществляется усиление, причем ВЦ обеспечивает предварительную, а УРЧ основную частотную избирательность и значительное (до $10^6 \dots 10^7$ по напряжению) усиление сигнала.

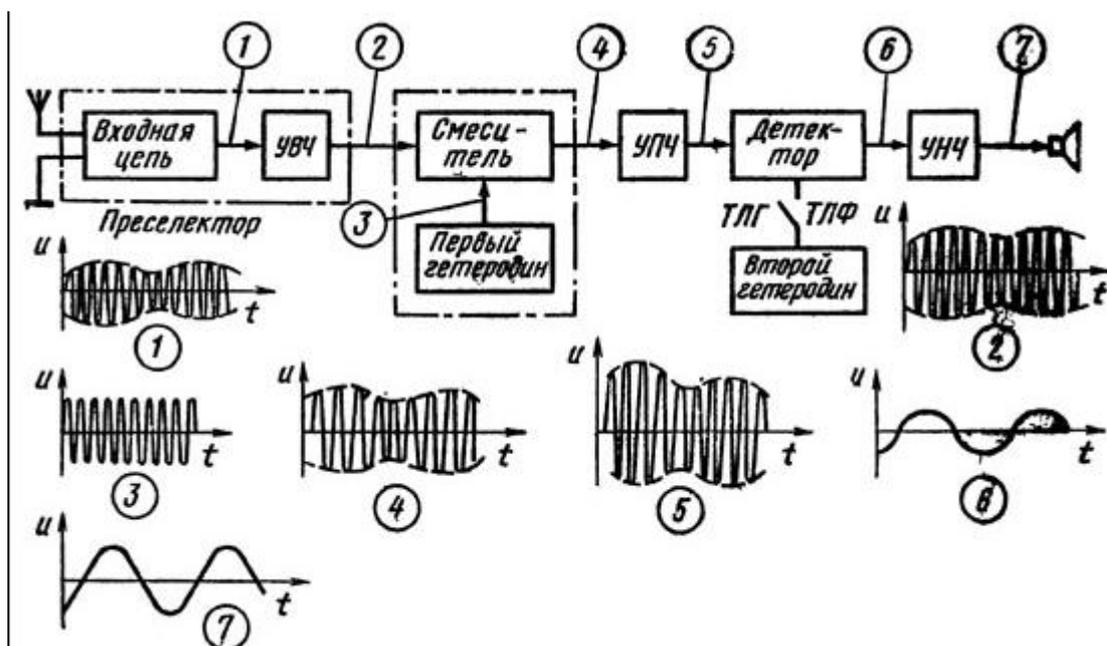
Структурная схема приемника прямого усиления



- ВЦ – входная цепь;
- УРЧ – усилитель радиочастоты;
- Д – детектор;
- УЧМ – усилитель частоты модуляции.

Недостатки приемников прямого усиления устраняются в супергетеродинных приемниках 3.3. Принцип супергетеродинного приема заключается в том, что сигналы несущих частот всего диапазона приемника преобразуются в более низкие промежуточные частоты (с сохранением модуляции), на которых ведется основное усиление сигнала с последующим детектированием и усилением его по низкой частоте.

Структурная схема супергетеродинного приемника



УВЧ – усилитель высоких частот;
УПЧ – усилитель промежуточных частот;
УНЧ – усилитель низких частот;
ТЛГ – телеграф;
ТЛФ – телефон.

По сравнению с приемниками прямого усиления супергетеродинные приемники имеют более высокую чувствительность и избирательность, больший коэффициент усиления при меньшем количестве усилительных каскадов (основное усиление сигнала ведется на более низкой, чем несущая, промежуточной частоте). В супергетеродинных приемниках ослабляются паразитные связи между каскадами высокой, промежуточной и низкой частот из-за большого разноса частот, на которых они работают. В то же время применение супергетеродинных приемников привело к появлению некоторых недостатков, несвойственных приемникам прямого усиления.

Во-первых, появились условия приема сигналов по симметричному (зеркальному) каналу. Так как приемник одинаково усиливает сигналы двух частот, отличающихся друг от друга по величине двух промежуточных частот. Рассмотрим работу супергетеродинного приемника по структурной (функциональной) схеме.

Напряжение сигнала с антенны поступает на входное устройство, а затем на усилитель высокой частоты, где происходит предварительное его усиление и подается на смеситель. Одновременно на смеситель поступает и напряжение гетеродина которое выделяется в анодном контуре смесителя, настроенного в резонанс с промежуточной частотой. Со смесителя сигнал поступает на усилитель промежуточной частоты, где он проходит основное усиление по напряжению. Если принимается модулированный сигнал, то он проходит преобразование (детектирование) в низкую частоту в детекторной ступени, и затем подается на усилитель низкой частоты. При приеме незатухающих колебаний (телеграфный режим) сигнал промежуточной частоты подвергается вторичному преобразованию в низкую частоту. Для этой цели в схему приемника вводится второй преобразователь с гетеродином. Выработанные вторым гетеродином колебания подаются на смеситель (детектор), где происходит их смешение (модуляция) с промежуточной частотой, в результате чего получается низкая частота. Обычно разность между $f_{пр}$ и частотой второго гетеродина выбирается в пределах $\pm 1—3$ кГц.

Таким образом, телеграфные послышки незатухающих колебаний оказываются модулированными частотой $\pm 1—3$ кГц. После смешения (второго преобразования) модулированный телеграфный сигнал поступает на детектор, детектируется и, пройдя усиление в УНЧ, подается на выходное устройство приемника.

Список літератури

1.Основна

1. Телебачення / Під ред. В.Е. Джаконії. – М.: Радіо та зв'язок , 1986.
2. Домбругов Р.М. Телебачення. – Київ : Вища школа , 1988.
3. Проектування та технічна експлуатація телевізійної апаратури / Під ред. С.В. Новаковського. – М : Радіо та зв'язок , 1989.
4. Ю.Б. Зубарьов , Г.Л. Глоріозов . Передача зображень – М. : Радіо та зв'язок , 1989.
5. А.В. Виходець , В.І. Коваленко , М.Т. Кохно – Звукове та телевізійне мовлення ; - М. : Радіо та зв'язок , 1987.
6. Цифрове телебачення / Під ред. М.І. Кривошеєва. - М. : Радіо та зв'язок , 1980.
7. Певзнер Б.М. Якість кольорових ТВ зображень : видання друге ; М. : Радіо та зв'язок , 1988.
8. Радіорелейні та супутникові системи передачі : Підручник для вузів / Під ред. А.С. Немировського . - М. : Радіо та зв'язок , 1986. – 392 с
9. Системи радіозв'язку : Підручник для вузів / Під ред Л.Я. Калашникова - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 352 с
- 10.Посібник по радіорелейному зв'язку / Під ред С.В. Бородича - М. : Радіо та зв'язок , 1981. – 416 с
- 11.Супутниковий зв'язок та мовлення. Посібник / Під ред. Л.Я. Кантора - М. : Радіо та зв'язок , 1988. – 344 с
- 12.Системи космічного зв'язку. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачьева; Одеса 1989.
- 13.Сучасні системи радіозв'язку в прикладах та задачах. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачьева; Одеса 1990.
- 14.Мамчев Г.В. «Основы радиосвязи и телевидения», 2007 год;
- 15.Джакония В.Е., Гоголь В.А., Друзин Я.В. «Телевидение (4-е издание), 2007
- 16.Локшин Б.А. «Телевизионное вещание. От студии к телезрителю», 2001
- 17.Кириллов В.И., Ткаченко А.П. «Телевидение и передача изображения», 1988
- 18.Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. «Основы цветного телевидения», 1982
- 19.Ельяшкевич С.А., Юкер А.М. «Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ», 1994
- 20.Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйсенгардт Г.А. «Телевидение», 1988
- 21.Ельяшкевич С.А. «Справочное пособие. Цветные телевизоры ЗУСЦТ», 1990
- 22.Зубарев Е.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. «Цифровое телевизионное вещание. Основы и методы», 2001
- 23.Корытов В.И «Телевизоры ЗУСЦТ. Ремонт и настройка», 1999
- 24.Смирнов А.В. «Основы цифрового телевиденья», 2001
- 25.Ельяшкевич С.А., Песков А.Е. «Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировки, ремонт»

- 26.Шумихин Ю.А. «Телевизионный сигнал», 1968
- 27.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 1 Принципи радіозв'язку, 2014
- 28.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 2 Радіопередавальні пристрої, 2014
- 29.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 3 Радиоприёмные устройства, 2014
- 30.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 4 Физические основы телевидения, 2014
- 31.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 5 Основные принципы функционирования телевизионных систем, 2014
- 32.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 6 Формирование телевизионного сигнала, 2014
- 33.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 7 Конструктивні особливості телевізійної апаратури, 2014
- 34.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 8 Особенности построения телевизионных систем, 2014
- 35.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 9 Сети телевизионного вещания, 2014

2.Додаткова

1. Мордуховіч Л.Г., Степанов А.П. Системи радіозв'язку. Курсове проектування. - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 192 с
2. Спілкер Дж. Цифровий супутниковий зв'язок / пер. з англ. ; Під ред. В.В. Маркова - М. : Зв'язок , 1979. – 592 с
3. Одинцов Б.В., Сукачьев Е.А. , Гуцаюк А.К. Цифрові системи радіозв'язку : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1988. – 56 с.
4. Одинцов Б.В., Сукачьев Е.А. , Гуцаюк А.К. Космічний зв'язок : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1989. – 56 с.
5. Новаковський С.В. Колір в кольоровому телебаченні - М. : Радіо та зв'язок, 1988.
6. Кривошеєв М.І.Основи телевізійних вимірювань. : видання 3 – е. - М. : Радіо та зв'язок , 1989.
7. ГОСТ 7845 – 79. Система мовленнєвого телебачення. Основні параметри , методи вимірювань.
8. Прийом телебачення та радіомовлення з супутників / Д.Ю. Бем , М.Є. Ільченко , А.П. Житков, Л.Г. Гассанов. – К.: Техніка , 1992. – 176 с.
9. Довідник. Індивідуальні відео – засоби. С.А. Сєдов – Київ 1990.
- 10.В.Бондарьов , Г.Трьостер , В. Чернега. Цифрова обробка сигналів : методи та засоби. Навчальний посібник для вузів. Харків 2001.