

1

**БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И. КАНТА**

## **РАЗДЕЛ III**

# **МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ. МОДУЛЯЦИЯ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ**

**к.т.н. Олег Романович Кивчун**

**Калининград  
2012**

## ЛЕКЦИЯ № 12

### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ И СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ ПРИЁМ

1. Принцип супергетеродинного приёма.
2. Назначение, классификация преобразователей частоты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная:

1. Теория электрической связи: Учеб. Для вузов / А.Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В.И. Коржик, М. В. Назаров; Под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. – 433 с.

#### Дополнительная:

1. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Сухоруков А.С. Теория электрической связи: Конспект лекций. Часть 1. – М.: МТУСИ, ЦЕНТР ДО, 2002. – 65 с.

# **1. Принцип супергетеродинного приёма**

# РАДИОПРИЁМНОЕ УСТРОЙСТВО

## ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ РАДИОПРИЁМНОГО УСТРОЙСТВА

**ДЕМОДУЛЯЦИЯ (ДЕТЕКТИРОВАНИЕ)** – преобразование радиосигнала в аналог передаваемого первичного сигнала;

**ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ** – выделение полезного и ослабление мешающего сигнала;

**УСИЛЕНИЕ** – увеличение мощности сигнала за счёт энергии местных источников.

**ГЕТЕРОДИН** – маломощный генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот сигнала в супергетеродинных радиоприёмниках, приёмниках прямого преобразования, волномерах и пр.

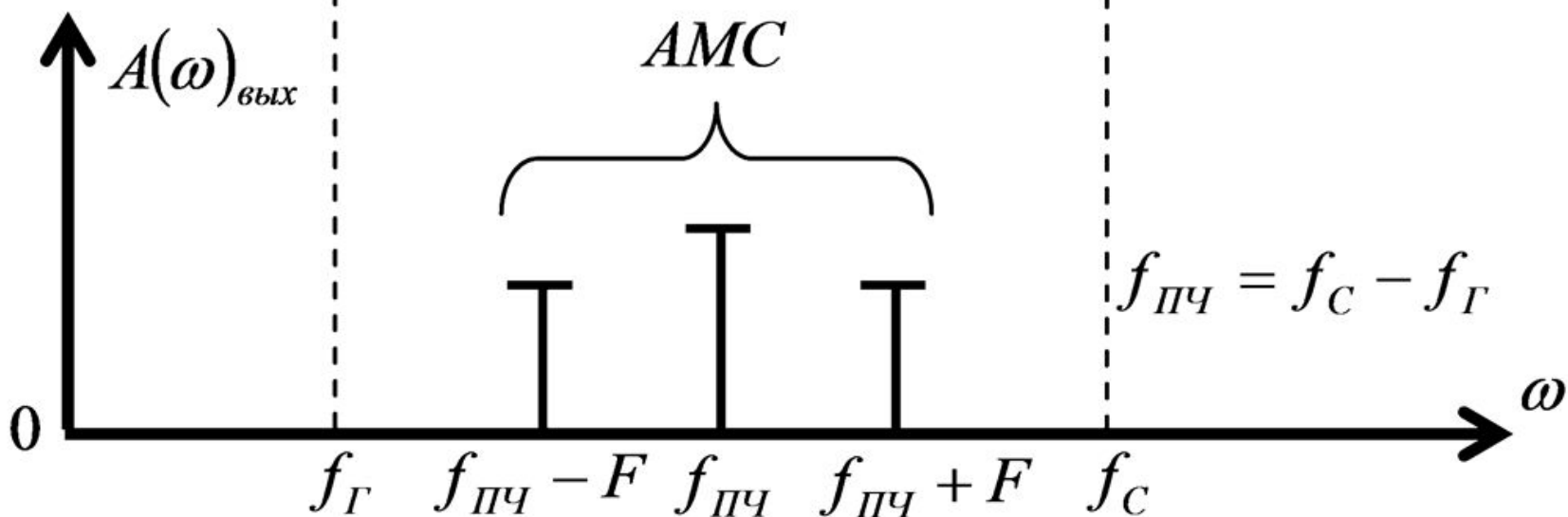
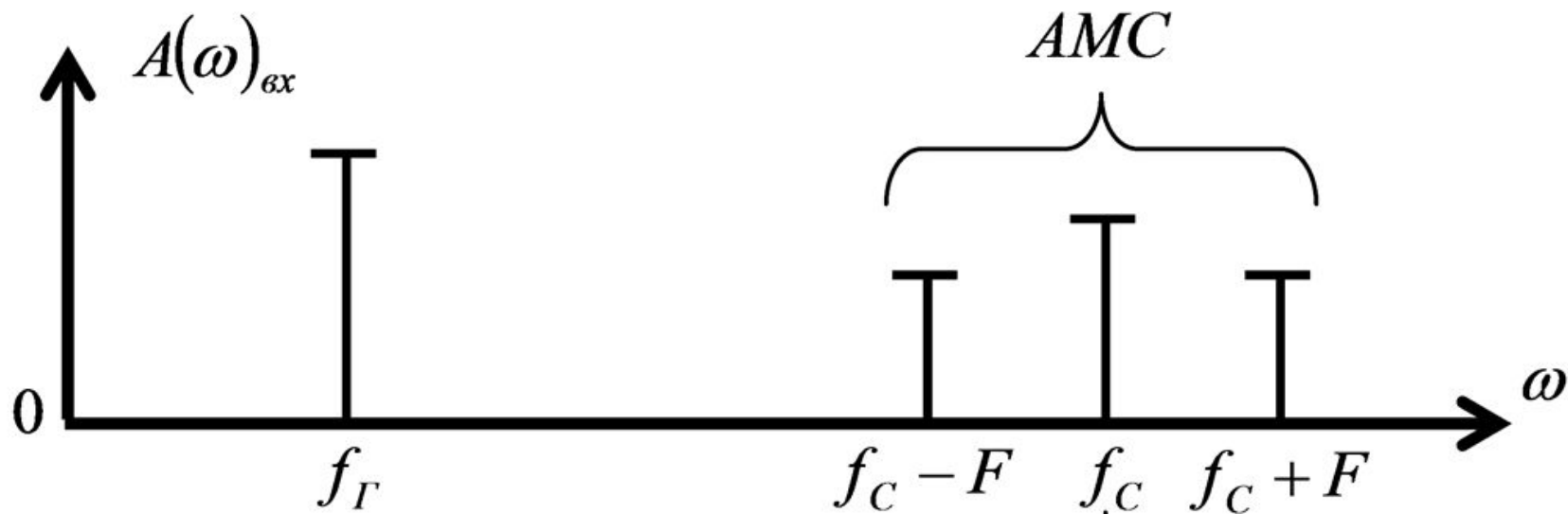
Промежуточная частота образуется в смесителе с помощью местного генератора (гетеродина), который синхронно перестраивается с перестройкой тракта принимаемой частоты:

$$f_{\Gamma} - f_0 = f_{\text{пч}} = \text{const}, \text{ где } f_{\Gamma}, f_0 - \text{синхронно изменяющиеся величины.}$$

При этом тракт принимаемой частоты выполняет функции предварительной избирательности и усиления и называется **ПРЕСЕЛЕКТОРОМ**.

Под **ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ** частоты понимается перенос спектра полезного информационного сигнала влево или вправо по оси частот на определенное постоянное значение при сохранении структуры сигнала. Преобразование частоты со спектральной точки зрения представляет собой линейный перенос спектра сигнала из одной области частот в другую область частот (линейный перенос т.е. без изменения структуры сигнала).

# ПРИНЦИП СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЁМА



# ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧАСТОТЫ

При разностном преобразовании частота сигнала  $f_c$  отличается от частоты гетеродина  $f_r$  на величину, равную  $f_{пч}$ .

Возможны два случая:

$$1) f_r < f_c - \text{нижняя настройка гетеродина} \quad f_c - f_r = f_{пч} \Rightarrow f_r = f_c - f_{пч}.$$

При этом структура сигнала сохраняется, т.е. спектр не «переворачивается».

$$2) f_r > f_c - \text{нижняя настройка гетеродина} \quad f_r - f_c = f_{пч} \Rightarrow f_r = f_c + f_{пч}.$$

В этом случае спектр сигнала «переворачивается».

$$\text{При суммарном преобразовании частоты:} \quad f_c + f_r = f_{пч} \Rightarrow f_r = f_{пч} - f_c.$$

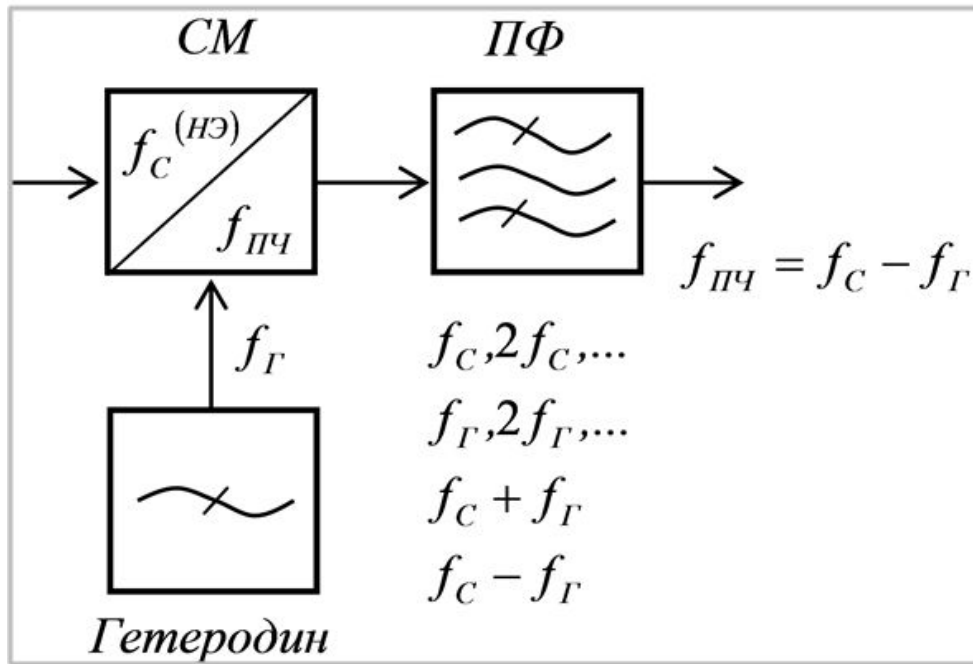
## Выводы

1. Преобразование частоты со спектральной точки зрения представляет собой линейный перенос спектра сигнала из одной области частот в другую область частот.
2. Преобразование частоты может быть разностным или суммарным, вверх или вниз.

## **2. Назначение, классификация преобразователей частоты**

# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

## Преобразователь частоты



## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

– это электрическая цепь, осуществляющая преобразование частоты и состоящая из гетеродина, смесителя и полосового фильтра

**НАЗНАЧЕНИЕ:** для преобразования высокой и переменной частоты принимаемого сигнала в сравнительно низкую и постоянную промежуточную частоту, на которой осуществляется основная избирательность и усиление радиосигналов.

## Принцип работы преобразователя частоты

При взаимодействии двух напряжений с разными частотами ( $f_c$  и  $f_{\Gamma}$ ), в результате чего в спектре выходного тока смесителя появляется много комбинационных составляющих:  $\omega_k = \pm p\omega_c \pm q\omega_{\Gamma}$ .

Полосовой фильтр настраивается на промежуточную частоту  $f_{ПЧ}$ , представляющую собой разность или сумму частот  $f_c$  и  $f_{\Gamma}$ :

$$f_{ПЧ} = f_c - f_{\Gamma};$$

$$f_{ПЧ} = f_{\Gamma} - f_c;$$

$$f_{ПЧ} = f_c + f_{\Gamma}.$$



# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

## ЧАСТОТЫ

1. КОЭФФИЦИЕНТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ – отношение амплитуды напряжения (мощности) промежуточной частоты на выходе преобразователя к напряжению (мощности) сигнала на входе:

$$K_{\text{ПР}} = \frac{U_{\text{ПР}}}{U_{\text{С}}}; K_{\text{Р.ПР.}} = \frac{P_{\text{ПР}}}{P_{\text{С}}}.$$

Величина коэффициента преобразования должна отвечать одновременно двум требованиям:

- обеспечивать наименьший коэффициент шума приемника;
- обеспечивать линейность тракта преобразователя частоты.

2. ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ преобразователя частоты – характеризует способность его выделять преобразованный сигнал и обеспечивать необходимое ослабление побочных продуктов преобразования. Она зависит от свойств избирательной системы (полосового фильтра) преобразователя.

3. Степень линейности преобразователя – можно оценить его динамическим диапазоном в дБ;

$$D_{\text{ПР}} = 20 \lg \frac{U_{\text{Сmax}}}{U_{\text{Сmin}}} = 10 \lg \frac{P_{\text{Сmax}}}{P_{\text{Сmin}}}, \quad \text{где } U_{\text{Сmax}} \text{ – максимально допустимая амплитуда;}$$

$$U_{\text{Сmin}} \text{ – минимально допустимая амплитуда.}$$

4. Коэффициент шума  $N_{\text{ПР}}$ . Кроме смесителя, дополнительным источником шума является гетеродин.

**Таким образом, в результате изучения лекции № 12 удалось сделать следующие выводы:**

- преобразование частоты со спектральной точки зрения представляет собой линейный перенос спектра сигнала из одной области частот в другую область частот и может быть разностным или суммарным, вверх или вниз;
- преобразователь частоты состоит из следующих элементов: смесителя, гетеродина и полосового фильтра и предназначен для преобразования высокой и переменной частоты сигнала в сравнительно низкую и постоянную промежуточную частоту, на которой осуществляется основная избирательность и усиление радиосигнала;
- к основным параметрам ПЧ относятся: коэффициент преобразования  $K_{\text{ПЧ}}$ , избирательность (определяется свойствами полосового фильтра), динамический диапазон  $D_{\text{ПЧ}}$ , коэффициент шума.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Сухоруков А.С. Теория электрической связи: Конспект лекций. Часть 1. – М.: МТУСИ, ЦЕНТР ДО, 2002. – 65 с.
4. Сухоруков А.С. Теория цифровой связи: Учебное пособие. Часть 2. – М.: МТУСИ, 2008. – 53 с.
5. Аджемов А.С. Мир информационной реальности. – М.: ИРИАС, 2006. – 296 с.
6. Каганов В.И., Битюков В.К. Основы радиоэлектроники и связи: Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 542 с.
7. Стеценко О.А. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М.: Высш. шк., 2007. – 432 с.
8. Санников В.Г. Сборник задач по курсу «Теория электрической связи»: Учеб. пособие. Часть 1. – М.: МТУСИ, 1992. – 62 с.
9. Санников В.Г. Сборник задач по курсу «Теория электрической связи»: Учеб. пособие. Часть 2. – М.: МТУСИ, 2001. – 65 с.
10. Санников В.Г. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция: Учеб. пособие. – М.: МТУСИ, 2006. – 56 с.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**