

УДК 621.394.67

**НАЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ПРИЕМНИКОВ ПРЯМОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И СУПЕРГЕТЕРОДИНА
PURPOSE OF INDIVIDUAL NODES DIRECT CONVERSION AND
SUPERHETERODYNE RECEIVERS**

М.С. Сергеев, А.В. Ротько

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Sergeev, A. Ratsko

Supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** Данная научная работа посвящена изучению принципа действия радиоприемников прямого преобразования и супергетеродина. В работе рассматривается исторический обзор развития радиоприемников, описываются основные компоненты, принципы работы антенны, усиления сигнала, процесс смешения сигналов, фильтрация сигнала, принципы работы детектора, усиление мощности, а также технологические инновации и современные тенденции в развитии радиоприемников прямого преобразования.*

***Abstract:** This scientific work is devoted to studying the operating principle of direct conversion radio receivers and superheterodyne. The paper provides a historical overview of the development of radio receivers, describing the main components, principles of antenna operation, signal amplification, signal mixing process, signal filtering, principles of detector operation, power amplification, as well as technological innovations and current trends in the development of direct conversion radio receivers.*

***Ключевые слова:** радиоприемник, радиоприемник прямого преобразования, супергетеродинный приемник, антенна, усилитель, смеситель, фильтр, детектор, усилитель мощности.*

***Key words:** radio receiver, direct conversion radio receiver, superheterodyne receiver, antenna, amplifier, mixer, filter, detector, power amplifier.*

Введение

Приёмники прямого преобразования (ПП) предназначены в основном для приёма радиостанций с однополосной CW и SSB модуляцией.

Радиоприемники ПП используются в основном для прослушивания разговоров на любительских диапазонах 20 м, 40 м, 80 м и 160 м или в составе трансивера. Они позволяют нам принимать радиосигналы, часто величиной меньше мкВ. Однако мало кто задумывается о том, как именно они работают.

Что же это за такой приемник ПП?! Это что-то новенькое? Но как оказалось, совсем не новое, а хорошо забытое старое!

Основная часть

История развития радиоприемников насчитывает более ста лет. Вначале XX века радиоприемники работали на принципе детектирования амплитудной модуляции (АМ). С течением времени появились новые принципы и технологии,

такие как частотная модуляция (ЧМ) и фазовая модуляция (ФМ), которые позволили улучшить качество приема и передачи сигналов.

Радиоприемник – это устройство, подключенное к антенне и используемое для приема радиосигнала.

Прямое преобразование – это принцип приема радиосигналов, сходный с работой супергетеродинного приёмника. Он отличается тем, что после преобразования получается не сигнал относительно высокой промежуточной частоты, а непосредственно низкочастотный сигнал. Необходимая полоса частот выделяется фильтром НЧ.

Радиоприемники ПП классифицируются по принципу построения тракта приема. Радиоприемник с прямым преобразованием, также известный как гомодинный приёмник, представляет собой радиоприемник, в котором используется генератор малой мощности (гетеродин) для прямого преобразования радиосигнала в сигнал звуковой частоты (рисунок 1). Частота принимаемого сигнала частоты гетеродина практически одинаковы или кратны частоте принимаемого сигнала. Из-за схожего принципа работы такие радиоприемники иногда называют супергетеродинами с нулевой промежуточной частотой.

Супергетеродинный радиоприемник (супергетеродин) – это тип радиоприемника, в основе которого лежит принцип преобразования принятого сигнала в сигнал фиксированной промежуточной частоты (ПЧ) и последующего его усиления. Основное преимущество супергетеродинных приемников перед радиоприемниками прямого усиления, что они обладают большей чувствительностью и избирательностью. В усилителях ПЧ часто используются пьезоэлектрические фильтры, обладающие необходимой полосой пропускания на частоте 465 кГц или 10,7 МГц на УКВ диапазоне.

Основные компоненты радиоприемников включают в себя антенну, усилитель, смеситель, фильтр, детектор и усилитель мощности. Каждый компонент выполняет свою функцию и имеет свои принципы работы.

Антенна является первым компонентом радиоприемника прямого преобразования. Она выполняет функцию улавливания радиосигналов в пространстве и передачи их на вход приемника. Антенна может быть различных типов, включая проводные, петлевые, телескопические антенны и другие. Она играет важную роль в приеме радиосигналов.

Усилитель: после приема радиосигналов антенной, они часто поступают на усилитель. Усилитель увеличивает амплитуду слабых радиосигналов, чтобы они могли быть обработаны дальнейшими компонентами радиоприемника. Усилитель может быть реализован с использованием транзисторов или микросхем. Он играет важную роль в повышении уровня сигнала и улучшении его качества.

Смеситель: следующим этапом является смешение радиосигналов с определенной частотой сигнала, с частотой гетеродина. Смеситель создаёт новый сигнал, который содержит разность частот между входным сигналом и частотой гетеродина.

Фильтр: после смешения, в приёмниках ПП, сигнал проходит через фильтр, который отфильтровывает нежелательные частоты. Фильтр может быть реализован с использованием различных типов фильтров, таких как полосовые фильтры различных типов. Он играет важную роль в очистке полезных сигналов, частотой 400-2800 Гц, от помех и улучшении его качества.

Детектор: в супергетеродинных приёмниках преобразует аналоговый сигнал с частотой ПЧ в звуковой сигнал, Детектор может быть различного типа, таких как, детектор амплитудной модуляции (ДАМ), детектор частотной модуляции (ДЧМ) или детектор фазовой модуляции (ДФМ), в зависимости от типа модуляции радиосигнала. Несущая частота подавляется RC-фильтром

Усилитель мощности: звуковой сигнал поступает на усилитель мощности, который усиливает его амплитуду до уровня, заданного пользователем для работы динамика. Сигнал, поступающий на динамик, обеспечивает заданную достаточную громкость звукового сигнала, чтобы он с комфортом мог быть услышан человеком.

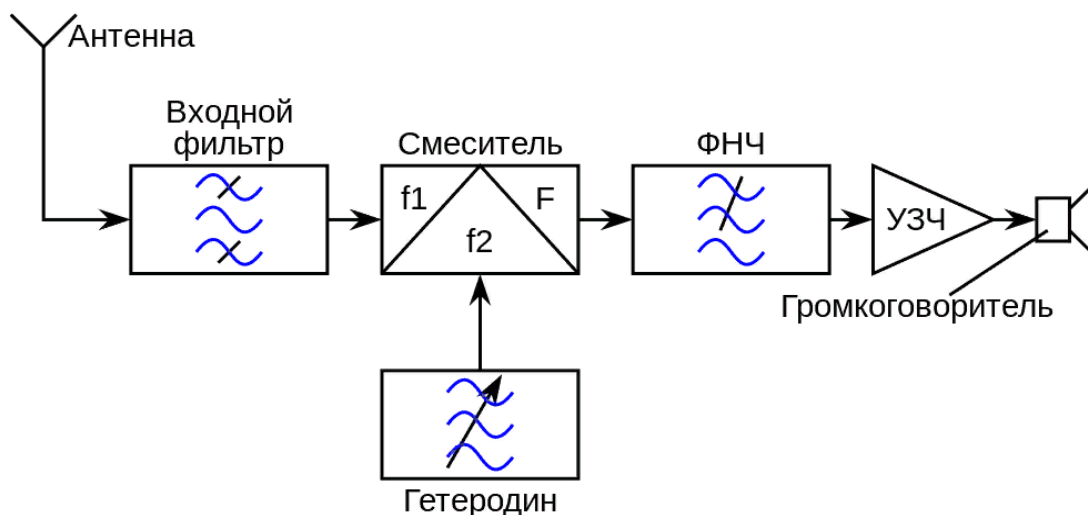


Рисунок 1 – Структурная схема приемника с прямым преобразованием (ФНЧ – фильтр нижних частот, УЗЧ – усилитель звуковой частоты)

Входной фильтр выделяет полосу сигналов, на заданном диапазоне частот, где находится и принимаемый сигнал. Сигнал с выхода этого фильтра поступает на смеситель, который в идеальном случае – это четырехквadrантный перемножитель сигналов. На второй вход смесителя подается сигнал гетеродина, частота и фаза которого совпадают с частотой и фазой несущей частоты принимаемого сигнала. На выходе смесителя образуется низкочастотный модулирующий сигнал принимаемой станции и удвоенная частота несущей. Также в спектре сигнала на выходе смесителя могут присутствовать сигналы соседних по частоте станций – помехи, причем частоты помех превышают частоты звукового модулирующего сигнала принимаемой станции. Помехи и удвоенная частота несущей блокируются ФНЧ, сигнал с выхода ФНЧ усиливается УЗЧ и далее подается на громкоговоритель или наушники.

Особенностью данного решения является двойная функциональность смесителя, который одновременно выполняет функцию детектора.

В супергетеродинной схеме – модулированный радиочастотный сигнал преобразуется в сигнал ПЧ, благодаря смешиванию входного радиочастотного сигнала с сигналом другой частоты, генерируемым гетеродином (рисунок 2). Смешение частот осуществляется с помощью транзисторов, имеющих нелинейные характеристики. Этот процесс создает искаженный сигнал, который содержит компоненты на ВЧ и частотах биений, а также компоненты на суммарных и разностных частотах.

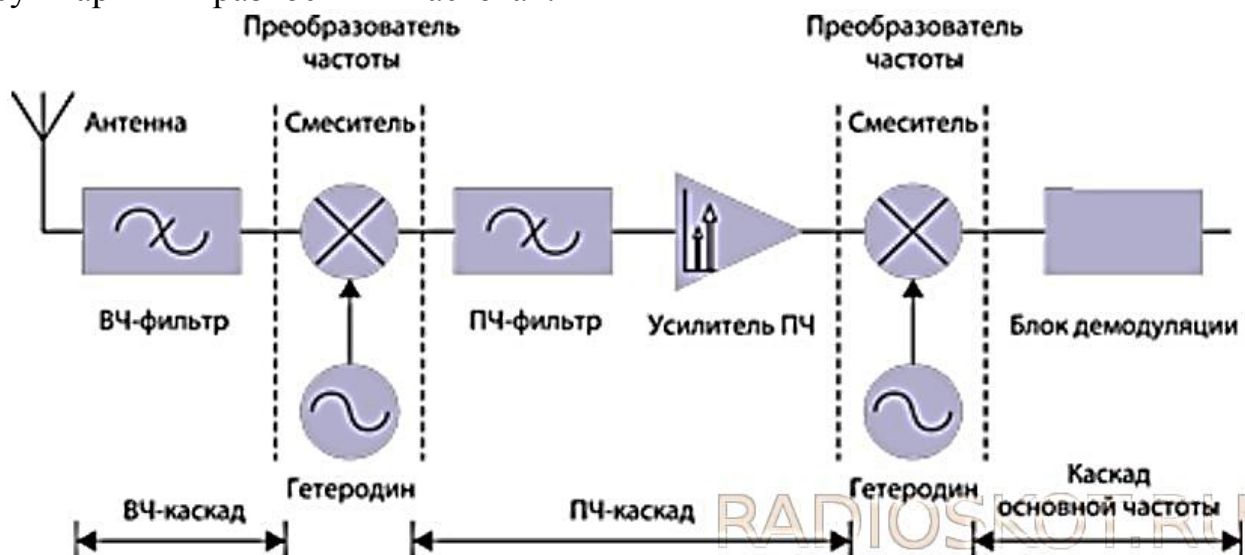


Рисунок 2 – Схема супергетеродинного приемника с двумя каскадами преобразования частоты

После смесителя вводится фильтр, настроенный на одну из этих составляющих (например, $f_h - f_w.cz$). Она называется промежуточной частотой. Промежуточная частота фиксирована. Регулируемый элемент – гетеродин. Частота гетеродина меняется в зависимости от принимаемого сигнала.

Достоинства и недостатки радиоприемников прямого преобразования.

Достоинства приемника ПП – его простота высокочастотного канала при достаточно высокой чувствительности (она определяется усилением усилителя НЧ, которое можно сделать весьма высоким) и избирательности (она зависит от крутизны спадов фильтра НЧ), а также отсутствие зеркальных помех, которые свойственны супергетеродинным приемникам.

Именно эти очень дешевые и маленькие приемники могут быть встроены в электронные устройства, например мобильные радиостанции.

Недостатки приемника ПП – чувствительность к наводкам фона переменного тока, склонность к неустойчивой работе из-за высокого коэффициента усиления по низкой частоте, «пролезание» сигнала гетеродина в антенну, возможность детектирования сильных АМ сигналов от местных радиостанций.

Доказано, чем выше промежуточная частота, тем больше разница частот между требуемым радиочастотным сигналом и частотами сигнала изображения. Это увеличивает возможность подавления мешающих сигналов во входной цепи. Поэтому в супергетеродинном приемнике с двойным преобразованием ПЧ первого каскада преобразования значительно выше, чем ПЧ второго каскада. Из-

за небольшого значения вторая ступень преобразования имеет лучшую селективность.

К сожалению, в настоящее время очень сложно реализовать умножитель с достаточно большим динамическим диапазоном, и только с развитием цифровой техники эта схема постепенно станет популярной и с ее помощью все больше становится возможным реализовать приемники высокого качества.

Если бы мы могли реализовать идеальный умножитель, используя прямое преобразование в схеме приемника, нам бы больше не понадобился бы блок на входе синхронного детектора. Но, к сожалению, этого не так. Поэтому на входе умножителя необходимо поставить полосовой фильтр. Это уменьшит количество мешающих сигналов, поступающих на вход синхронного детектора, и позволит приблизить его характеристики к характеристикам идеального мультипликатора. Однако требования к полосовому фильтру значительно ниже, чем когда полосовой фильтр подавляет соседние каналы.

Современные радиоприемники ПП используют новые технологии и подходы для улучшения качества приема и удобства использования. Некоторые из них включают цифровую обработку сигналов, автоматическую настройку и программное управление.

Радиоприемники ПП широко применяются в различных областях, таких как радиовещание, любительская связь, радиолокация и другие сферы. Они играют важную роль в передаче и приеме радиосигналов, обеспечивая связь и передачу информации.

Заключение

Радиоприемники ПП играют важную роль в нашей современной жизни, обеспечивая нам доступ к разнообразному аудио-контенту. Мы рассмотрели принцип действия радиоприемников ПП, начиная с приема радиосигналов антенной, их усиления, смещения с частотой гетеродина, фильтрации, и заканчивая усилением мощности и воспроизведением звукового сигнала. Каждый компонент радиоприемника выполняет свою роль в обработке сигнала и обеспечивает нам возможность наслаждаться радиоэфиром. Благодаря развитию технологий, радиоприемники ПП становятся все более компактными, эффективными и удобными в использовании. Они продолжают развиваться и приспособливаться к современным требованиям, обеспечивая нам разнообразный прием радиосигналов.

Литература

1. Поляков, В.Т. Радиолюбителям о технике прямого преобразования / В.Т. Поляков // М: Патриот, 1990. – С. 11-42.
2. Поляков, В.Т. Приёмники прямого преобразования для любительской связи / В.Т. Поляков // М: ДОСААФ, 1981. – С. 6-21.
3. Поляков, В.Т. Приемник прямого преобразования / В.Т. Поляков // Радио. – 1977. – № 11. – С. 53-55.