

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.10.02 Основы приема, обработки и передачи сигналов

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль образовательной программы Автоматизированные системы обработки информации и управления

Форма обучения заочная

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1. Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Структуры устройств приёма и обработки радиосигналов»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Структуры устройств приёма и обработки радиосигналов.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровой поток отсчётов и дальнейшая обработка выполняется цифровым образом.

Основные элементы цифровой части приёмника сосредоточены в модуле цифрового приёмника. Этот модуль производит канальную фильтрацию и демодуляцию сигнала. Модуль может обрабатывать один или несколько каналов приёма.

Основные компоненты модуля - высокочастотный АЦП, цифровой квадратурный понижающий преобразователь DDC (их может быть несколько) и сигнальный процессор (процессоры).

Кроме перечисленных функций, модуль цифрового приёмника может производить мониторинг спектра входного сигнала с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ).

С выхода модуля информационный поток демодулированных данных от одного или нескольких каналов приёма поступает в вычислительную среду для дальнейшей обработки. В эту вычислительную среду поступают данные и от других аналогичных приёмных модулей, которые подключены к выходу ПЧ аналоговых приёмных трактов других диапазонов. В модуле цифрового приёмника отсчёты с выхода АЦП обрабатываются специализированным сигнальным процессором DDC (Digital Down Converter).

Функции этого процессора - преобразование информативного спектра частот в область низких (нулевых) частот, квадратурная фильтрация и децимация отсчётов сигнала.

Децимация (в k раз) – сокращение размера сигнала путем удаления последовательностей из $k-1$ избыточных отсчетов (т. е. остается лишь каждый k -й отсчет).

Децимация сигнала производится, как правило, после его преобразования, сужающего ширину спектра сигнала в k раз. Это и приводит, согласно теореме Найквиста-Колмогорова, к сокращению числа отсчетов, необходимых для полного восстановления сигнала, в k раз.

По реализуемым функциям - это цифровой приёмник прямого преобразования. DDC имеет два перемножителя, генератор отсчетов SIN и COS, идентичные каналы НЧ децимирующих фильтров. Частота настройки внутреннего генератора может изменяться в

диапазоне от 0 до 25МГц (до половины тактовой частоты DDC). Частота среза фильтров изменяется от сотен Гц до сотен кГц. Процессор производит децимацию отсчётов сигнала для того, чтобы скорость потока данных с выхода DDC была сообразна ширине спектра выходного сигнала.

Виды обработки сигналов

По задачам, решаемым в результате обработки сигнала, она подразделяется на:

1. первичную,
2. вторичную,
3. третичную.

Как и любая классификация, такое разделение весьма условно и зависит от специфики решаемой задачи, области применения и материальных средств, которые могут быть в нее вложены.

К первичной обработке относится измерение отдельных параметров сигнала.

Задачами вторичной обработки могут быть расчет спектров, распознавание образов, статистический анализ результатов.

Формирование баз данных и баз знаний, разработку рекомендаций для специалистов можно отнести к третичной обработке.

Вторичная обработка производится преимущественно в отложенном режиме и осуществляется устройствами вторичной обработки (УВО) в роли которых обычно выступают персональные ЭВМ. Однако однозначно провести границу между первичной и вторичной обработкой невозможно.

Например, в системах дистанционного кардиомониторинга, где также осуществляется прием и обработка сигнала, первичная обработка включает в себя следующие этапы:

1. усиление электрокардиосигнала (ЭКС);
2. оцифровка;
3. фильтрация от помех;
4. компрессия;
5. передача ЭКС по каналам связи.

Другой пример - спутниковые радионавигационные системы (СРНС).

Математическое обеспечение спутниковой радионавигации распадается на первичную и вторичную обработки информации, определяемые следующим образом.

Первичная обработка решает задачи поиска и обнаружения сигналов, слежения за ними, измерения радионавигационных точек (РНП), приема и декодирования служебной информации.

Получаемые на выходе РНП лишь функционально связаны с вектором состояния потребителя, компонентами которого являются координаты и составляющие вектора скорости потребителя в гринвичской системе координат.

Вторичная обработка преобразовывает РНП в вектор \vec{q} на основе навигационных алгоритмов и обеспечивает решение сервисных задач, состав которых зависит от требований потребителя.

В литературе [1] в главе 6 авторы дают следующее деление методов и алгоритмов обработки сигналов в своей области на первичную и вторичную:

“Алгоритмы первичной обработки - алгоритмы поиска сигналов по задержке и частоте, алгоритмы фильтрации фазы, задержки сигнала и оценки дискретного параметра. Алгоритмы вторичной обработки - итерационные алгоритмы определения координат, определение координат при избыточности измерений, сравнение точности оценок координат потребителя, полученных псевдодальномерным и разностнодальномерным методами”.

Условимся в учебных целях первичной называть достаточно простые преобразования сигнала, выполняемые в режиме реального времени непосредственно в месте приема сигнала. Это может быть усиление, оцифровка, фильтрация, компрессия и решение практических задач статистического анализа данных.

Вторичной обработкой будем считать обработку, осуществляемую в отложенном режиме времени, требующую для своей реализации более сложного математического обеспечения.

Третичной назовем обработку, на основе которой должны быть приняты так называемые управляющие решения (решения с очень весомыми последствиями). Одной из характеристик последних является то, что для их принятия необходимо привлечение и анализ большого количества обработанной информации по большому количеству параметров с привлечением баз данных и баз знаний, методов многокритериального оценивания, оптимизации решений и т. д.

1.2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Шумовые свойства устройства приёма обработки сигналов»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Шумовые свойства устройства приёма обработки сигналов.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Шумовые свойства устройства приёма обработки сигналов.

Коэффициент шума преобразователя на усилительных элементах [1]

$$N_{\text{пр}} = 1 - \frac{U_{\text{ш. пр}}^2 \varepsilon_{\text{н}}}{P_{\text{ш0}} K_{\text{пр}}^2}, \quad (1)$$

где $U_{\text{ш. пр}}^2$ – средний квадрат напряжения собственных шумов на выходе преобразователя;

$P_{\text{ш0}}$ – мощность шума, поступающего на вход от источника сигнала.

Коэффициент шума преобразователя частоты в 1,5...2 раза больше, чем усилительного каскада на том же усилительном элементе. Это объясняется тем, что в режиме преобразования коэффициент передачи транзистора по мощности меньше, чем в режиме усиления.

Шумовые свойства преобразователей зависят не только от шумовых свойств нелинейного элемента, но и от вклада шумов, определяемого зеркальным каналом. В радиоприемных устройствах шумы по зеркальному каналу подавляются избирательными цепями преселектора. В радиоприемных устройствах, предназначенных для приема радиосигналов, где избирательность по зеркальному каналу не может быть обеспечена, для уменьшения влияния шумов применяют преобразователи с фазовым их подавлением (рисунок 1).

Напряжение сигнала подводится к входам преобразователей $П_1$ и $П_2$ в фазе, а напряжение гетеродина – со сдвигом $\pi/2$, осуществляемые в фазовращателях $j1$ и $j2$ (рис. 1). После дополнительного сдвига сигналы суммируются на сумматоре. Напряжения промежуточной частоты из основного канала, имея одинаковые фазы, суммируются и удваиваются, а напряжения промежуточной частоты из зеркального канала, будучи в противофазе, уничтожаются. Ослабление шумов зеркального канала по данной структурной схеме составляет примерно 20 дБ, что дает преимущество при ее использовании в радиоприемных устройствах ВЧ- и СВЧ-диапазона длин волн.

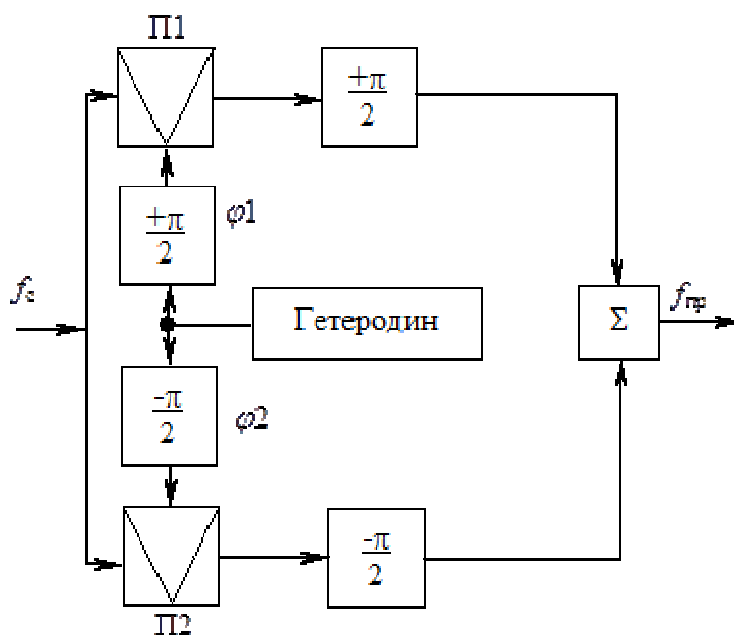


Рисунок - 1 - Структурная схема преобразователя частоты с фазовым подавлением шумов зеркального канала

В современных радиоприемных устройства СВЧ-диапазона используются маломощные СВЧ полевые транзисторы ПТШ.

1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Высококачественные усилители устройств приёма и обработки сигналов»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Высококачественные усилители устройств приёма и обработки сигналов.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Высококачественные усилители устройств приёма и обработки сигналов.

Усилитель мощности — это основной элемент звуковой системы. Это устройство получает сигнал малого уровня от линейного выхода головного устройства и увеличивает его напряжение и ток до нужных величин, достаточных для обычной работы динамиков.

Систематизация усилителей

Усилитель условно можно поделить на четыре главные части: блок питания усилителя, блок обработки входного сигнала, драйвер и блок формирования выходного сигнала.

Блок питания — это группа электронных цепей, формирующих и регулирующих напряжение для питания разных частей усилителя.

Блок обработки входного сигнала ассоциирует сигнал, получаемый от предусилителя магнитолы с выходным сигналом усилителя для его корректировки, чтоб удалить преломления, возникающие при усилении. Не считая того, этот блок увеличивает входной сигнал до уровня, нужного для следующего его усиления в других частях усилителя.

Драйвер делит сигнал на два разнополярных сигнала (фазовое разделение) и увеличивает его для следующей передачи в блок обработки выходного сигнала.

И в конце концов, последняя стадия усиления — блок обработки выходного сигнала (его вернее именовать выходным каскадом либо оконечником), который в главном и определяет класс усилителя.

Усилители делятся по классам зависимо от собственной эффективности (К.П.Д.) и уровня преломления выходного сигнала:

Класс А. Усилители этого класса владеют низкой эффективностью, но дают очень «чистый» сигнал. Большая часть усилителей класса А имеют К.П.Д. равным 20 — 30%, другими словами при потреблении 100 Вт от аккумулятора автомобиля он выдает сигнал на динамики мощностью всего в 20 — 30 Вт. Остальная мощность пропадает в электронной цепи усилителя, превращаясь в тепло. Высококачественные усилители А класса изредка используются в авто аудиосистемах, потому что они владеют малой мощностью при очень больших ценах. Ламповые усилители класса А можно повстречать только в очень дорогих аудиосистемах уровня Hi-End.

Класс В. Эффективность усилителя этого класса практически вдвое выше эффективности усилителя класса А. Но, преломления в выходном сигнале очень высоки, что делает этот класс усилителей неприемлемым для car audio.

Класс С. Усилители этого класса имеют К.П.Д. равным практически 75%, что делает их очень действенными, но с повышением К.П.Д. резко растут преломления. Эти усилители не подходят для усиления звука в Hi-Fi аудиосистемах.

Класс АВ. Большая часть Hi-Fi усилителей принадлежат конкретно этому промежутому классу. Они вобрали в себя способности усилителей класса А — относительно «чистый сигнал» при относительно хорошей эффективности (малость ниже чем в классе В).

Класс D. Это самый современный класс усилителей, применяющие цифровую обработку сигнала. Усилители D класса очень малогабаритные, что в дальнейшем даст им преимущество на рынке авто аудиосистем. В текущее время, цифровые авто усилители встречаются еще пореже, чем пользующиеся популярностью аналоговые усилители АВ класса.

Коэффициент гармонических искажений (THD)

Звуковой сигнал состоит из огромного количества частот и полутонов. Гармоника — это полутоном начальной нотки (основной частоты), который отвечает за нрав звучания нотки. Звуковой сигнал можно представить как сложную комбинацию колебаний точно взаимосвязанных синусоидальных волн (гармоник).

В процессе усиления, проходя через разные блоки усилителя, звуковой сигнал искажается, «обрастая» ненужными гармониками. Возросшее количество гармоник в усиленном сигнале, выраженное в процентах, и есть коэффициент гармонических искажений (Total Harmonic Distorsion). В спецификации усилителя указываются несколько коэффициентов гармоник для разных частотных диапазонов, уровней выходной мощности и сопротивлений нагрузки. Чем меньше этот коэффициент, тем выше качество усилителя.

Разделение каналов (Stereo Separation)

Этот показатель охарактеризовывает уровень изолированности 2-ух каналов усиления (правого и левого) друг от друга. Их взаимовлияние обосновано наличием общего источника питания в усилителе. Выражается этот показатель в децибелах и охарактеризовывает уровень интенсивности левого канала относительно уровня «просочившегося» в него правого канала и наоборот. Чем выше этот показатель, тем лучше усилитель. Избежать «просачивание» можно подменой 1-го стерео усилителя на два отдельных моно усилителя. В классе high-end эта неувязка решается установкой 2-ух блоков питания в один стерео усилитель.

Демпфирующий фактор (Damping Factor)

Для того, чтоб осознать суть демпфирующего фактора усилителя, разглядим поведение мембраны сабвуфера в период меж импульсами. Низкочастотный импульс, посылаемый усилителем на катушку динамика принуждает его мембрану двигаться вперед. Достигнув определенной верхней точки мембрана начинает возвратимое движение. Возвратившись в начальную точку мембрана не замирает сходу, а продолжает вибрировать по инерции некое время, что генерирует в обмотке динамика обратный электронный ток. Усилители конструируются таким макаром, чтоб закорачивать обратный ток от динамика и, тем тормозить вибрацию мембраны в период меж импульсами. Чем выше демпфирующий фактор усилителя, тем резвее мембрана останавливается, возвращаясь вспять в начальную точку после импульса.

Демпфирующий фактор усилителя определяется как отношение сопротивления динамика к сопротивлению усилителя. Чем ниже сопротивление динамика, тем ниже демпфирующий фактор.

Ламповые усилители в силу конструктивных особенностей имеют маленький демпфирующий фактор, что обуславливает «мягкий» бас в звуковой картине. Производители транзисторных усилителей стараются повысить демпфирующий фактор для репродукции «жесткого» баса, потому что при желании бас можно смягчить, заключив в короб низкочастотный динамик. Ужесточить же «мягкий» бас сабвуферным коробом еще труднее.

Подключение и настройка усилителей

Схема с внедрением 1-го двухканального усилителя, к каждому каналу которого подключены две компонентные акустические системы (две вперед и две в заднюю часть салона). Это более обычная и доступная схема усиления без внедрения активного кроссовера. Направьте внимание, что пара задних динамиков подключаются к основной фронтальной паре параллельно. Параллельное подключение динамиков уменьшает их сопротивление вдвое. Если усилитель имеет полное сопротивление нагрузки равное 4 Ом, то параллельное подключение 2-ух восьмиомных динамиков является полностью применимым. Главное при подсоединении динамиков, верно высчитать их общее сопротивление. Не следует делать его меньше, чем сопротивление нагрузки усилителя.

Схема с внедрением 2-ух двухканальных усилителей, когда усиление низкочастотного диапазона звукового сигнала происходит отдельно от среднего и частотного диапазонов, отделенных от него электрическим кроссовером. Потому что сабвуфер имеет К.П.Д. наименьший, чем частотный динамик, он потребляет больше мощности от усилителя, чем последний, для сотворения равного звукового давления. Усиливаясь в одном усилителе, низкие частоты отбирают огромную часть мощности и фактически ничего не оставляют для средних и больших частот, которые начинают плохо вырисовываться в звуковой картине. Повышение громкости для «вытягивания» средних и больших приводит к искажениям в области низких частот. Звуковая картина совсем портится.

Если же усиливать низкие частоты отдельно от других, то мы имеем прекрасную возможность сделать средние и высочайшие частоты довольно звучными и колоритными, не искажая низкочастотную составляющую сигнала. Звуковая картина становится точной, а эффективность системы существенно растет.

Например, если мы имеем усилитель для сабвуфера мощностью 60 Вт, то для неплохого звука в салоне для средне- и высокочастотных динамиков достаточен отдельный усилитель мощностью только в 20 Вт. Если кроссовер верно настроен, другими словами каждый усилитель получает свою порцию частотного спектра, то возможный

уровень звукового давления (SPL) этой системы будет эквивалентен мощности 150 Вт, а не 80 Вт (60Вт + 20 Вт).

Мостовое соединение каналов усилителя (Bridge ON-OFF)

При мостовом соединении в усилителе соединяются воединыжды положительный провод выхода на динамики 1-го канала усиления и отрицательный провод выхода на динамик второго канала усиления. Объединяя таким макаром левый и правый канал мы получаем один еще более мощный моно канал для подключения к нему сабвуфера. Его мощность вчетверо больше мощности 1-го канала до мостового режима подключения, потому что мощность — есть квадрат напряжения поделенный на сопротивление, которое остается постоянным. Допустим, напряжение на выходе на одном канале равно 15 Вольт, как следует мощность его будет равна:

$$15(15/4\text{Ом}) = 56.25 \text{ Вт.}$$

При мостовом подключении напряжение объединенного канала станет равным 30 Вольт, а мощность станет равной:

$$30(30/4\text{Ом}) = 225 \text{ Вт.}$$

Но, следует держать в голове, что повышение мощности не ведет к пропорциональному повышению громкости (дБ) звука. Повышение мощности вдвое дает повышение уровня звукового давления всего на 3 дБ. В нашем случае, при увеличении мощности вчетверо давление звука вырастет на 6 дБ.

Для того, чтоб верно настроить усилитель нужно произвести последующие деяния:

1. Скрутить на усилителе регулятор усиления (gain) на минимум (малое усиление).
2. Поднять громкость на головном устройстве до наибольшего уровня, на котором еще не начались преломления.
3. На усилителе медлительно поднять регулятор усиления до уровня предыдущего искажениям (очень «чистое» усиление).
4. Убавить громкость на головном устройстве до хотимого.

В итоге этих действий мы получим наибольший уровень звукового давления (SPL), который может выдать звуковая система.

Конденсаторы — это устройства, которые могут копить и отдавать электронный заряд. Ёмкость конденсаторов измеряется в Фарадах. Конденсатор емкостью 1 Ф копит электронный заряд, эквивалентный силе тока в 1 А, действующего 1 секунду. Заряженный конденсатор разряжается очень стремительно, что делает его очень полезным для поддержания энергопитания массивных аудиосистем в автомобиле.

Усилитель во время работы может краткосрочно потреблять мощность, вдвое превосходящую его среднюю потребляемую мощность. В эти недлинные периоды

времени аккумулятор автомобиля не в состоянии обеспечить усилитель подходящей силой тока, и как следствие, происходит падение напряжения в энергосистеме автомобиля, что приводит к искажению звука (глухой бас). Установка конденсатора удачно решает эту дилемму. Конденсатор, стремительно разряжаясь, сглаживает падение напряжения в эти недлинные промежутки времени и обеспечивает усилителю ровненькое питание.

Конденсаторы для схожих целей выпускаются емкостью от 250.000 мФ до 2.000.000 мФ. Подбираются конденсаторы по правилу, по которому на каждые 100 Вт выходной мощности усилителя устанавливается 100.000 мФ емкости конденсатора.

Закон

Вебера-Фехнера

Когда интенсивность раздражения растет в геометрической прогрессии, интенсивность восприятия звука вырастает в арифметической прогрессии. Следует отличать беспристрастную характеристику звука — его интенсивность от личного чувства громкости. При удваивании интенсивности раздражения (мощности звука) громкость не кажется нам удвоившейся. Удвоение громкости чувствуется только при достижении 2-ой степени начального раздражения. Для измерения громкости пользуются единицами, именуемыми децибелами.

$$n \text{ децибел} = 10 \lg (I'/I),$$

где I' и I — интенсивности звуков, громкость которых отличается на n децибел

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

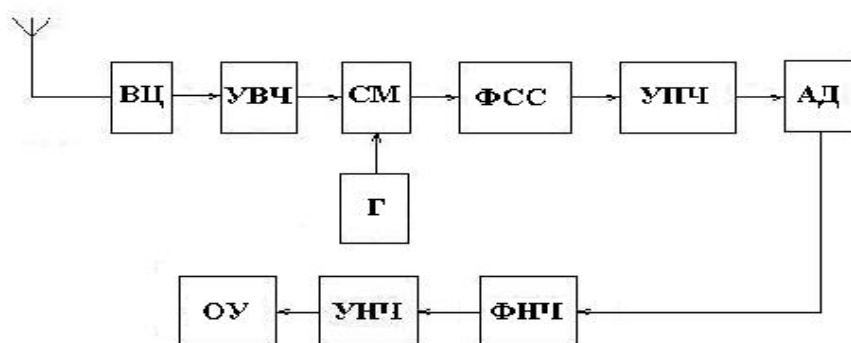
Тема: «Структуры устройств приёма и обработки радиосигналов»

2.1.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Сделать краткие записи в тетради.
3. Ответить на вопросы преподавателя.

2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Приемное устройство предназначено для приема сигнала, выполнения задачи избирательности из множества наводимых в антенне сигналов полезного и его дальнейшей обработки и усиления.



Структурная схема супергетеродинного приемника

Принятый с помощью антенны сигнал поступает на входную цепь, где находится колебательный контур, настроенный на прием определенной части спектра сигнала принимаемого антенной, контур настраивается на частоту несущей, а полоса пропускания рассчитана ширине спектра принимаемого сигнала.

Далее сигнал поступает на усилитель высокой частоты, где происходит увеличение амплитуды высокочастотных токов, в усилителе высокой частоты применяются малощумящие усилительные элементы, т.к. сигнал на входе приемника имеет очень малую амплитуду, поэтому необходимо обеспечить максимальное соотношение сигнал/шум. Усиленный сигнал поступает на смеситель, который переносит спектр

принятого ВЧ сигнала в низкочастотный диапазон. Работу смесителя обеспечивает гетеродин.

После, сигнал поступает на фильтр сосредоточенной селекции. Далее для увеличения амплитуды, сигнал поступает на усилитель промежуточной частоты, а после на амплитудный детектор, где происходит выделение низкочастотного сигнала. Низкочастотный сигнал усиливается до необходимого уровня и подается на оконечное устройство.

Главные преимущества супергетеродинного приемника:

- Высокая чувствительность;
- Высокая избирательность.

Недостатки:

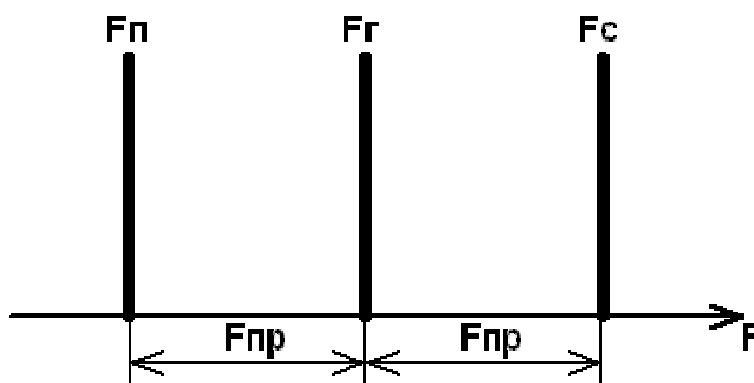
Супергетеродин труднее в настройке, т.к. необходимо обеспечить стабильность частоты гетеродина.

Однако наиболее значительным недостатком супергетеродинного приемника является наличие так называемого зеркального канала приема – второй входной частоты, дающей такую же разность с частотой гетеродина, что и рабочая частота, иначе говоря, сигнал, передаваемый на этой частоте может проходить через фильтр промежуточной частоты вместе с полезным сигналом.

Зеркальный канал приема образуется внешней помехой на частоте $f_{зк}$:

$$f_{зк} = f_c + f_{np} = f_c + 2f_{np}$$

Величина подавления такой помехи зависит от эффективности входного фильтра и является одной из основных характеристик супергетеродина.



Спектр помехи по зеркальному каналу.

Существует два способа уменьшить помехи от зеркального канала.

Первый способ заключается в применении сложных входных полосовых фильтров, состоящих из нескольких колебательных контуров, однако это усложняет конструкцию и настройку. Второй способ заключается в выборе большей промежуточной частоты. В этом

случае зеркальный канал оказывается относительно далеко по частоте от основной, и входной фильтр более эффективно подавляет эту помеху.

Чувствительность радиоприемника.

Под чувствительностью радиоприемника понимают его способность принимать слабые сигналы, обрабатывать их и выдавать на оконечное устройство с необходимыми параметрами и качеством.

Реальную чувствительность измеряют в микровольтах, микроваттах или дБл.

Предельная чувствительность:

$$P_{сп} = F \Delta F_{ш} k T$$

F – коэффициент шума в раз;

$\Delta F_{ш}$ - шумовая полоса в Герцах;

T – температура в Кельвинах;

k – постоянная Больцмана.

При $T=290K$

$$P_{сп} = -174 \text{ дБ} + 10 \lg \Delta F_{ш} + F$$

Уменьшение шума обеспечивается подбором элементов, что дает возможность уменьшить и уменьшается T .

Для улучшения чувствительности применяются малошумящие усилители и специальные охлаждающие системы приемника.

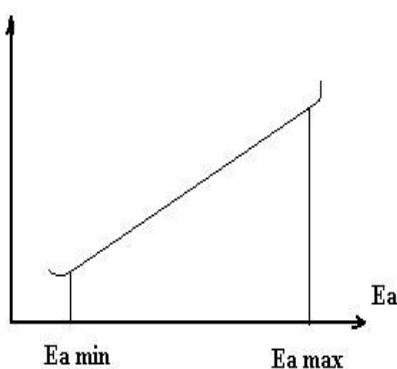


В приемнике разделяют линейную часть тракта и нелинейную.

Линейная часть – до демодулятора, а нелинейная – это демодулятор, усилитель НЧ.

Мерой линейности приемного тракта является его динамический диапазон:

$$DE = \frac{E_{amax}}{E_{amin}}$$



Реальные приемники имеют относительно небольшой динамический диапазон 60-80 дБ.

С помощью специальных мер его увеличивают до 120 дБ и больше..

К этим мера

2.1.3 Результаты и выводы:

(По данной форме необходимо представить все практические занятия)

В результате работы студенты должны усвоить содержание и задачи обследования структуры устройств приёма и обработки радиосигналов.

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

Тема: «Основные технические характеристики и их взаимосвязь»

2.2.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Сделать краткие записи в тетради.
3. Ответить на вопросы преподавателя.

2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

К основным характеристикам линий связи относятся:

- амплитудно-частотная характеристика;
- полоса пропускания;
- затухание;
- помехоустойчивость;
- перекрестные наводки на ближнем конце линии;
- пропускная способность;
- достоверность передачи данных;
- удельная стоимость.

В первую очередь разработчика вычислительной сети интересуют **пропускная способность** и **достоверность** передачи данных, поскольку эти характеристики прямо влияют на производительность и надежность создаваемой сети. Пропускная способность и достоверность - это характеристики как линии связи, так и способа передачи данных. Поэтому если способ передачи (протокол) уже определен, то известны и эти характеристики. Например, пропускная способность цифровой линии всегда известна, так

как на ней определен протокол физического уровня, который задает битовую скорость передачи данных - 64 Кбит/с, 2 Мбит/с и т. п.

Однако нельзя говорить о пропускной способности линии связи, до того как для нее определен протокол физического уровня. Именно в таких случаях, когда только предстоит определить, какой из множества существующих протоколов можно использовать на данной линии, очень важными являются остальные характеристики линии, такие как полоса пропускания, перекрестные наводки, помехоустойчивость и другие характеристики.

Для определения характеристик линии связи часто используют анализ ее реакций на некоторые эталонные воздействия. Такой подход позволяет достаточно просто и однотипно определять характеристики линий связи любой природы, не прибегая к сложным теоретическим исследованиям. Чаще всего в качестве эталонных сигналов для исследования реакций линий связи используются синусоидальные сигналы различных частот. Это связано с тем, что сигналы этого типа часто встречаются в технике и с их помощью можно представить любую функцию времени - как непрерывный процесс колебаний звука, так и прямоугольные импульсы, генерируемые компьютером.

Амплитудно-частотная характеристика, полоса пропускания и затухание.

Степень искажения синусоидальных сигналов линиями связи оценивается с помощью таких характеристик, как амплитудно-частотная характеристика, полоса пропускания и затухание на определенной частоте.

Амплитудно-частотная характеристика показывает, как затухает амплитуда синусоиды на выходе линии связи по сравнению с амплитудой на ее входе для всех возможных частот передаваемого сигнала. Вместо амплитуды в этой характеристике часто используют также такой параметр сигнала, как его мощность.



Рис. Амплитудно-частотная характеристика.

Знание амплитудно-частотной характеристики реальной линии позволяет определить форму выходного сигнала практически для любого входного сигнала. Для

этого необходимо найти спектр входного сигнала, преобразовать амплитуду составляющих его гармоник в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой, а затем найти форму выходного сигнала, сложив преобразованные гармоники.

Несмотря на полноту информации, предоставляемой амплитудно-частотной характеристикой о линии связи, ее использование осложняется тем обстоятельством, что получить ее весьма трудно. Ведь для этого нужно провести тестирование линии эталонными синусоидами по всему диапазону частот от нуля до некоторого максимального значения, которое может встретиться во входных сигналах. Причем менять частоту входных синусоид нужно с небольшим шагом, а значит, количество экспериментов должно быть очень большим. Поэтому на практике вместо амплитудно-частотной характеристики применяются другие, упрощенные характеристики - полоса пропускания и затухание.

Полоса пропускания (bandwidth) - это непрерывный диапазон частот, для которого отношение амплитуды выходного сигнала ко входному превышает некоторый заранее заданный предел, обычно 0,5. То есть полоса пропускания определяет диапазон частот синусоидального сигнала, при которых этот сигнал передается по линии связи без значительных искажений. Знание полосы пропускания позволяет получить с некоторой степенью приближения тот же результат, что и знание амплитудно-частотной характеристики. Как мы увидим ниже, **ширина полосы пропускания** в наибольшей степени влияет на максимально возможную скорость передачи информации по линии связи. Именно этот факт нашел отражение в английском эквиваленте рассматриваемого термина (width - ширина).

Затухание (attenuation) определяется как относительное уменьшение амплитуды или мощности сигнала при передаче по линии сигнала определенной частоты. Таким образом, затухание представляет собой одну точку из амплитудно-частотной характеристики линии. Часто при эксплуатации линии заранее известна основная частота передаваемого сигнала, то есть та частота, гармоника которой имеет наибольшую амплитуду и мощность. Поэтому достаточно знать затухание на этой частоте, чтобы приблизительно оценить искажения передаваемых по линии сигналов. Более точные оценки возможны при знании затухания на нескольких частотах, соответствующих нескольким основным гармоникам передаваемого сигнала.

Затухание A обычно измеряется в децибелах (дБ, decibel - dB) и вычисляется по следующей формуле:

$$A = 10 \log_{10} P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}},$$

где $P_{\text{вых}} \sim$ мощность сигнала на выходе линии, $P_{\text{вх}}$ - мощность сигнала на входе линии.

Так как мощность выходного сигнала кабеля без промежуточных усилителей всегда меньше, чем мощность входного сигнала, затухание кабеля всегда является отрицательной величиной.

Например, кабель на витой паре категории 5 характеризуется затуханием не ниже - 23,6 дБ для частоты 100 МГц при длине кабеля 100 м. Частота 100 МГц выбрана потому, что кабель этой категории предназначен для высокоскоростной передачи данных, сигналы которых имеют значимые гармоники с частотой примерно 100 МГц. Кабель категории 3 предназначен для низкоскоростной передачи данных, поэтому для него определяется затухание на частоте 10 МГц (не ниже -11,5 дБ). Часто оперируют с абсолютными значениями затухания, без указания знака.

Абсолютный **уровень мощности**, например уровень мощности передатчика, также измеряется в децибелах. При этом в качестве базового значения мощности сигнала, относительно которого измеряется текущая мощность, принимается значение в 1 мВт. Таким образом, уровень мощности p вычисляется по следующей формуле:

$$p = 10 \log_{10} P/1\text{мВт} [\text{дБм}],$$

где P - мощность сигнала в милливаттах, а **дБм (dBm)** - это единица измерения уровня мощности (децибел на 1 мВт).

Таким образом, амплитудно-частотная характеристика, полоса пропускания и затухание являются универсальными характеристиками, и их знание позволяет сделать вывод о том, как через линию связи будут передаваться сигналы любой формы.

Полоса пропускания зависит от типа линии и ее протяженности.

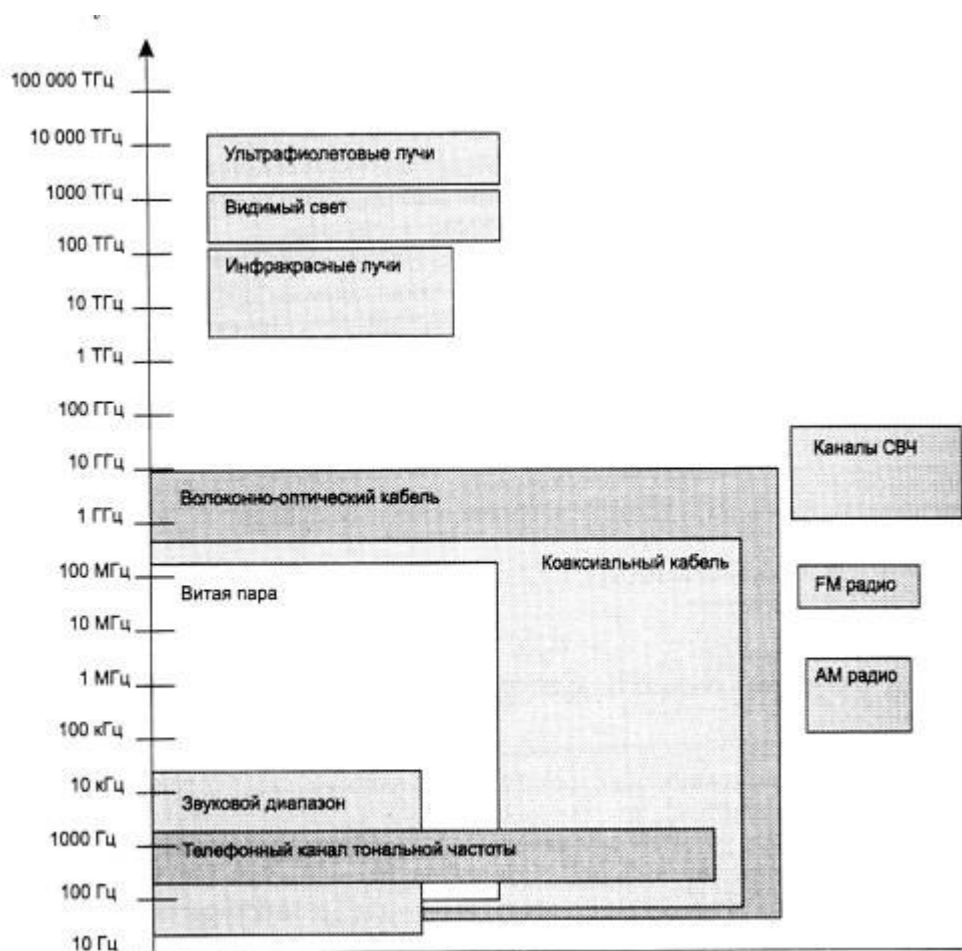


Рис. Полосы пропускания линий связи и популярные частотные диапазоны.

Пропускная способность линии.

Пропускная способность (throughput) линии характеризует максимально возможную скорость передачи данных по линии связи. Пропускная способность измеряется в битах в секунду - бит/с, а также в производных единицах, таких как килобит в секунду (Кбит/с), мегабит в секунду (Мбит/с), гигабит в секунду (Гбит/с) и т. д.

Пропускная способность линии связи зависит не только от ее характеристик, таких как амплитудно-частотная характеристика, но и от спектра передаваемых сигналов. Если значимые гармоники сигнала (то есть те гармоники, амплитуды которых вносят основной вклад в результирующий сигнал) попадают в полосу пропускания линии, то такой сигнал будет хорошо передаваться данной линией связи и приемник сможет правильно распознать информацию, отправленную по линии передатчиком. Если же значимые гармоники выходят за границы полосы пропускания линии связи, то сигнал будет значительно искажаться, приемник будет ошибаться при распознавании информации, а значит, информация не сможет передаваться с заданной пропускной способностью.

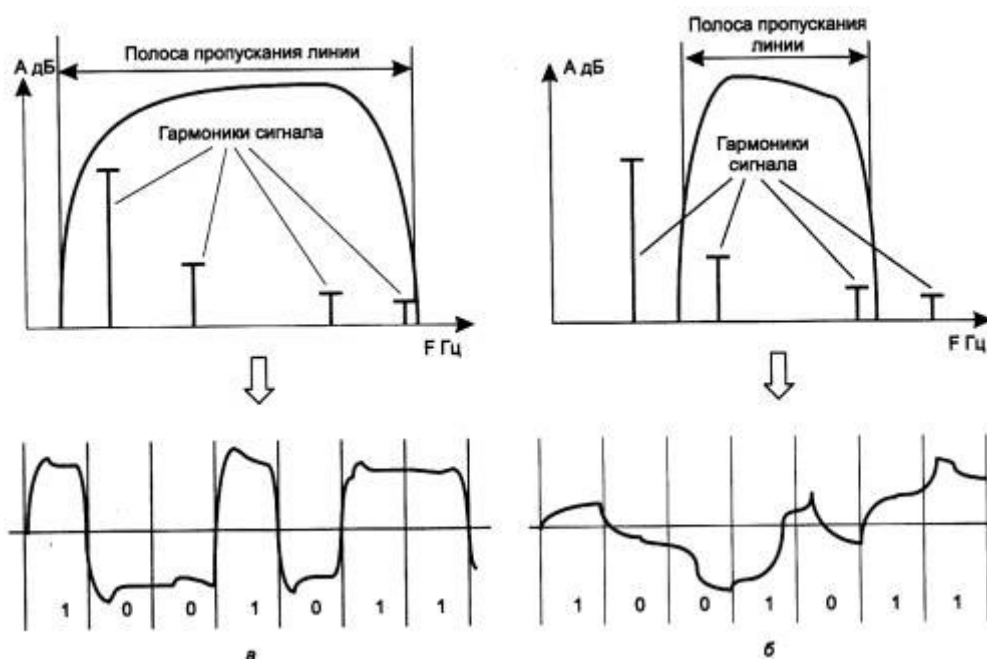


Рис. Соответствие между полосой пропускания линии связи и спектром сигнала.

Выбор способа представления дискретной информации в виде сигналов, подаваемых на линию связи, называется **физическим** или **линейным кодированием**. От выбранного способа кодирования зависит спектр сигналов и, соответственно, пропускная способность линии. Таким образом, для одного способа кодирования линия может обладать одной пропускной способностью, а для другого - другой. Например, витая пара категории 3 может передавать данные с пропускной способностью 10 Мбит/с при способе кодирования стандарта физического уровня 10Base-T и 33 Мбит/с при способе кодирования стандарта 100Base-T4. В примере, приведенном на рис. 2.9, принят следующий способ кодирования - логическая 1 представлена на линии положительным потенциалом, а логический 0 - отрицательным.

Теория информации говорит, что любое различимое и непредсказуемое изменение принимаемого сигнала несет в себе информацию. В соответствии с этим прием синусоиды, у которой амплитуда, фаза и частота остаются неизменными, информации не несет, так как изменение сигнала хотя и происходит, но является хорошо предсказуемым. Аналогично, не несут в себе информации импульсы на тактовой шине компьютера, так как их изменения также постоянны во времени. А вот импульсы на шине данных предсказать заранее нельзя, поэтому они переносят информацию между отдельными блоками или устройствами.

Большинство способов кодирования используют изменение какого-либо параметра периодического сигнала - частоты, амплитуды и фазы синусоиды или же знак потенциала последовательности импульсов. Периодический сигнал, параметры которого изменяются,

называют **несущим сигналом** или **несущей частотой**, если в качестве такого сигнала используется синусоида.

Если сигнал изменяется так, что можно различить только два его состояния, то любое его изменение будет соответствовать наименьшей единице информации - биту. Если же сигнал может иметь более двух различных состояний, то любое его изменение будет нести несколько бит информации.

Количество изменений информационного параметра несущего периодического сигнала в секунду измеряется в **бодах (baud)**. Период времени между соседними изменениями информационного сигнала называется тактом работы передатчика.

Пропускная способность линии в битах в секунду в общем случае не совпадает с числом бод. Она может быть как выше, так и ниже числа бод, и это соотношение зависит от способа кодирования.

Если сигнал имеет более двух различных состояний, то пропускная способность в битах в секунду будет выше, чем число бод. Например, если информационными параметрами являются фаза и амплитуда синусоиды, причем различаются 4 состояния фазы в 0,90,180 и 270 градусов и два значения амплитуды сигнала, то информационный сигнал может иметь 8 различных состояний. В этом случае модем, работающий со скоростью 2400 бод (с тактовой частотой 2400 Гц) передает информацию со скоростью 7200 бит/с, так как при одном изменении сигнала передается 3 бита информации.

При использовании сигналов с двумя различными состояниями может наблюдаться обратная картина. Это часто происходит потому, что для надежного распознавания приемником пользовательской информации каждый бит в последовательности кодируется с помощью нескольких изменений информационного параметра несущего сигнала. Например, при кодировании единичного значения бита импульсом положительной полярности, а нулевого значения бита - импульсом отрицательной полярности физический сигнал дважды изменяет свое состояние при передаче каждого бита. При таком кодировании пропускная способность линии в два раза ниже, чем число бод, передаваемое по линии.

На пропускную способность линии оказывает влияние не только физическое, но и логическое кодирование. **Логическое кодирование** выполняется до физического кодирования и подразумевает замену бит исходной информации новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей, кроме этого, дополнительными свойствами, например возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных. Сопровождение каждого байта исходной информации одним битом четности - это пример очень часто применяемого способа

логического кодирования при передаче данных с помощью модемов. Другим примером логического кодирования может служить шифрация данных, обеспечивающая их конфиденциальность при передаче через общественные каналы связи. При логическом кодировании чаще всего исходная последовательность бит заменяется более длинной последовательностью, поэтому пропускная способность канала по отношению к полезной информации при этом уменьшается.

Помехоустойчивость и достоверность.

Помехоустойчивость линии определяет ее способность уменьшать уровень помех, создаваемых во внешней среде, на внутренних проводниках. Помехоустойчивость линии зависит от типа используемой физической среды, а также от экранирующих и подавляющих помехи средств самой линии. Наименее помехоустойчивыми являются радиолinii, хорошей устойчивостью обладают кабельные линии и отличной - волоконно-оптические линии, малочувствительные ко внешнему электромагнитному излучению. Обычно для уменьшения помех, появляющихся из-за внешних электромагнитных полей, проводники экранируют и/или скручивают.

Перекрестные наводки на ближнем конце (Near End Cross Talk - NEXT) определяют помехоустойчивость кабеля к внутренним источникам помех, когда электромагнитное поле сигнала, передаваемого выходом передатчика по одной паре проводников, наводит на другую пару проводников сигнал помехи. Если ко второй паре будет подключен приемник, то он может принять наведенную внутреннюю помеху за полезный сигнал. Показатель NEXT, выраженный в децибелах, равен $10 \log \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{нав}}}$, где $P_{\text{вых}}$ - мощность выходного сигнала, $P_{\text{нав}}$ - мощность наведенного сигнала.

Чем меньше значение NEXT, тем лучше кабель. Так, для витой пары категории 5 показатель NEXT должен быть меньше -27 дБ на частоте 100 МГц.

Показатель NEXT обычно используется применительно к кабелю, состоящему из нескольких витых пар, так как в этом случае взаимные наводки одной пары на другую могут достигать значительных величин. Для одинарного коаксиального кабеля (то есть состоящего из одной экранированной жилы) этот показатель не имеет смысла, а для двойного коаксиального кабеля он также не применяется вследствие высокой степени защищенности каждой жилы. Оптические волокна также не создают сколь-нибудь заметных помех друг для друга.

В связи с тем, что в некоторых новых технологиях используется передача данных одновременно по нескольким витым парам, в последнее время стал применяться показатель **PowerSUM**, являющийся модификацией показателя NEXT. Этот показатель отражает суммарную мощность перекрестных наводок от всех передающих пар в кабеле.

Достоверность передачи данных характеризует вероятность искажения для каждого передаваемого бита данных. Иногда этот же показатель называют **интенсивностью битовых ошибок (Bit Error Rate, BER)**. Величина BER для каналов связи без дополнительных средств защиты от ошибок (например, самокорректирующихся кодов или протоколов с повторной передачей искаженных кадров) составляет, как правило, 10^{-4} - 10^{-6} , в оптоволоконных линиях связи - 10^{-9} . Значение достоверности передачи данных, например, в 10^{-4} говорит о том, что в среднем из 10000 бит искажается значение одного бита.

Искажения бит происходят как из-за наличия помех на линии, так и по причине искажений формы сигнала ограниченной полосой пропускания линии. Поэтому для повышения достоверности передаваемых данных нужно повышать степень помехозащищенности линии, снижать уровень перекрестных наводок в кабеле, а также использовать более широкополосные линии связи.

2.2.3 Результаты и выводы:

(По данной форме необходимо представить все практические занятия)

В результате работы студенты должны усвоить основные характеристики линий связи и их взаимосвязь.

2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: «Входные цепи и устройства»

2.3.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Сделать краткие записи в тетради.
3. Ответить на вопросы преподавателя.

2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

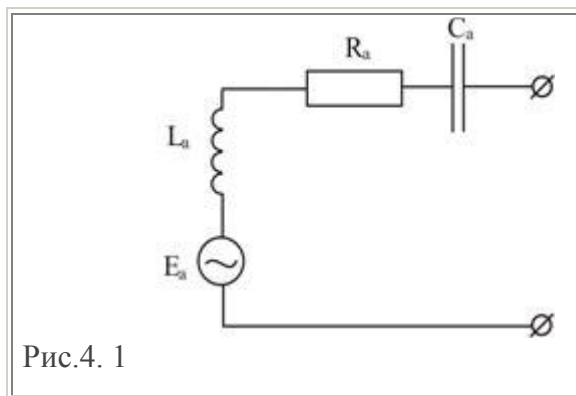
Входной цепью радиоприемного устройства называют цепь, связывающую антенно-фидерное устройство с первым каскадом усиления или преобразования частоты радиосигнала.

Основное ее назначение - предварительная частотная селекция принимаемого сигнала от помех, ухудшающих реальную чувствительность радиоприемного устройства.

Структура входной цепи существенно зависит от назначения и условий работы радиоприемника и представляет собой пассивный частотно-избирательный 4-полюсник.

В общем случае приемная антенна может быть представлена в виде эквивалентного активного двухполюсника, содержащего либо генератор ЭДС, с внутренним сопротивлением $Z_{\text{в}}$, либо генератора тока $I_{\text{в}}$ с внутренней проводимостью $Y_{\text{в}}$.

Если размеры антенны малы по сравнению с длиной волны принимаемого излучения, то сопротивление $Z_{\text{в}}$ складывается из сопротивлений элементов последовательного колебательного контура.



На более длинных волнах, когда влиянием $L_{\text{в}}$, $R_{\text{в}}$ можно пренебречь, получаем эквивалентную схему антенны, содержащую последовательно включенные $E_{\text{а}}$, $C_{\text{а}}$. Антенны, имеющие такие эквивалентные схемы, обычно используются в диапазонных приемниках умеренно высоких частот и называются **ненастроенными антеннами**.

В диапазоне СВЧ применяются антенны, настроенные на среднюю частоту принимаемых сигналов, поэтому такие антенны называются **настроенными** и их эквивалентную схему можно представить в виде последовательного соединения $E_{\text{а}}$, $R_{\text{а}}$. Важным параметром настроенных антенн является номинальная мощность сигнала в антенне, определяемая по формуле (4.1):

$$P_{\text{н}} = \frac{E_{\text{в}}^2}{4R_{\text{в}}} \quad (4.1)$$

Основными качественными показателями входной цепи являются:

1. Коэффициент передачи по напряжению, который определяется как отношение напряжения U сигнала на входе активного элемента к величине ЭДС $E_{\text{генератора}}$ эквивалентного антенно-фидерной системе:

$$K = \frac{U}{E} = K \cdot \exp(-j\varphi) \quad (4.2)$$

Поэтому коэффициент передачи входной цепи зависит не только от самого входного устройства, но и от сопротивления антенны Z_a .

На метровых и более коротких волнах при данной напряженности поля сигнала антенно-фидерную систему вместе с ЭДС E , можно характеризовать величиной номинальной мощности $P_{ном}$. Следовательно, антенную цепь можно характеризовать **коэффициентом использования мощности** или **коэффициентом передачи по мощности**.

$$K_p = \frac{P_{из}}{P_{ном}} < 1 \quad (4.3)$$

Потери во входном устройстве удобно учитывать соответствующим входной проводимостью активного элемента $G_{вх}$ и выходной проводимостью антенно-фидерной системы g . Тогда величина K_p характеризует только рассогласование входа активного элемента с антенно-фидерной системой.

Модуль коэффициента передачи по напряжению K и коэффициент использования номинальной мощности K_p связаны простой зависимостью

$$K_p = \frac{P_{из}}{P_{ном}} = \frac{U^2}{E^2} \cdot 4 \cdot \frac{G_{из}}{g} = 4 \cdot K^2 \cdot \frac{G_{из}}{g}, \quad (4.4)$$

$$\text{где } P_{из} = U^2 G_{из} \text{ и } P_{ном} = (1/4) E^2 g.$$

Столь простая связь величин K и K_p позволяет в дальнейшем рассматривать лишь одну из них.

Из полученного выражения можно определить предельно-достижимый коэффициент передачи по напряжению. В идеальном случае, при полном согласовании и отсутствии потерь во входном устройстве, во входную проводимость первого активного элемента передается поминальная мощность антенно-фидерной системы ($K_p = 1$), тогда

$$K_{max} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{G_{из}}{g}}. \quad (4.5)$$

Потери во входном устройстве и рассогласование уменьшают коэффициент передачи по напряжению K .

Наибольший интерес представляет резонансная величина модуля коэффициента передачи по напряжению K_p , так как она характеризует

передачу полезного сигнала, на частоту которого настроено входное устройство. Обычно $K_{\text{н}} = 1.5 \div 6$, т.е. большинство входных устройств увеличивают напряжение на входе активного элемента по сравнению с величиной ЭДС антенно-фидерной системы. Подчеркнем, что увеличение сигнала достигается за счет трансформации напряжения, а не путем усиления, которое производится активными элементами с дополнительным источником энергии.

2. Полоса пропускания входной цепи, в пределах которой неравномерность передачи составляющих спектра принимаемого сигнала не превышает 3 дБ.

3. Избирательность S_1 при заданной расстройке f показывает степень подавления мешающей станции. Для входных устройств супергетеродинных приемников важное значение имеет ослабление приема на зеркальной частоте, которая отличается от частоты полезного принимаемого сигнала на две номинальные промежуточные частоты, а также ослабление приема на частоте, равной номинальной промежуточной частоте. Таким образом, входные цепи супергетеродинных приемников обеспечивают избирательность по зеркальному каналу и по каналу прямого прохождения.

4. Диапазон рабочих частот, в пределах которого входная цепь обеспечивает настройку на любую рабочую частоту при сохранении предыдущих показателей (коэффициента передачи по напряжению, полосы пропускания и избирательности) в заданных пределах. Диапазонные свойства обычно характеризуются коэффициентом перекрытия диапазона

$$K_{\text{пер}} = \frac{f_{\text{max}}}{f_{\text{min}}} \quad (4.6)$$

Кроме перечисленных параметров в зависимости от назначения радиоприемного устройства к входным цепям предъявляются и другие важные требования, среди которых, в первую очередь, можно отметить требования обеспечения минимального коэффициента шума, минимальной нелинейности частотно-избирательных цепей с электронной перестройкой частоты и т.д. Иногда предъявляются требования слабого влияния разброса параметров антенны на работу входного устройства. Это требование объясняется тем, что многие приемники должны допускать работу от различных антенн, параметры которых могут значительно отличаться от средних значений.

Перечисленные требования в значительной степени противоречивы. Так получение высокого коэффициента передачи по напряжению неизбежно приводит к ухудшению

избирательности входного устройства и к увеличению вредного влияния разброса параметров антенны. Поэтому при конструировании входного устройства приходится обращать, основное внимание на некоторые требования, в известной степени жертвуя другими.

Решение вопроса о том, какое требование является наиболее важным зависит от условий работы и назначения приемного устройства.

2.3.3 Результаты и выводы:

(По данной форме необходимо представить все практические занятия)

В результате работы студенты должны усвоить содержание и ответить на вопросы преподавателя по теме «Входные цепи и устройства».

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Преобразователи частоты и параметрические усилители»

2.4.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Сделать краткие записи в тетради.
3. Ответить на вопросы преподавателя.

2.4.2 Краткое содержание вопросов:

Важнейшим функциональным элементом радиотехнических систем является радиоприемное устройство, способное воспринимать слабые радиосигналы и преобразовывать их к виду, обеспечивающему использование содержащейся в них информации. В состав радиоприемного устройства входят собственно радиоприемник, антенна и оконечное устройство. Антенна воспринимает энергию электромагнитного поля и преобразует ее в радиочастотное напряжение. Приемник выделяет из спектра входных колебаний полезные сигналы; усиливает их за счет энергии местного источника питания; осуществляет обработку, ослабляя действие помех, присутствующих во входном колебании; детектирует радиочастотные сигналы, формируя колебания, соответствующие передаваемому сообщению. В оконечном устройстве энергия выделяемых сигналов используется для получения требуемого выходного эффекта.

Структура приемника и его основные функции определяются условиями приема сигналов. Поэтому приемник должен обладать способностью отделять полезные сигналы от помех по признакам, присущим сигналам. Это свойство называется селективностью

или избирательностью. Различают следующие виды селективности: частотная, пространственная, поляризационная, амплитудная и временная.

Классификацию приемников можно проводить по различным признакам, определяющим их технико-эксплуатационные характеристики. По функциональному назначению приемники делят на профессиональные и вещательные (бытовые). К профессиональным относят приемники связные, радиоастрономические, радиолокационные, радионавигационные и другие. Вещательные приемники обеспечивают прием программ звукового и телевизионного вещания. Это самые массовые радиотехнические устройства. В связи с этим имеется постоянная необходимость в разработке и совершенствовании этого вида радиоприемных устройств.

Требования к радиовещательным приемникам II класса

При разработке радиовещательного приемника необходимо придерживаться основных параметров, которые изложены в ГОСТе 5651-86. Основные параметры для II класса:

- 1) Диапазоны принимаемых волн:
 - а) ДВ - 150,0-408,0 кГц (2000,0-735,3 м);
 - б) СВ - 525,0-1605,0 кГц (571,4-186,9 м);
 - в) УКВ - 65,8-73,0 МГц (4,56-4,11 м);
- 2) Промежуточная частота:
 - а) ДВ, СВ - 4652 кГц;
 - б) УКВ - 10,70,1 МГц;
- 3) Чувствительность при отношении сигнал/шум 20 дБ для УКВ и 26 дБ для ДВ и СВ:
 - а) со входа внешней антенны
ДВ, СВ - 150 мкВ,
УКВ - 20 мкВ;
 - б) с внутренней магнитной антенны
ДВ - 2,0 мВ/м,
СВ - 1,0 мВ/м;
- 1) Селективность по соседнему каналу в диапазона ДВ и СВ не менее 34 дБ;
- 2) Ширина полосы пропускания тракта УКВ
120 - 180 кГц;
- 3) Ослабление сигнала по зеркальному каналу
 - а) ДВ - 40 дБ;

- б) СВ - 26 дБ;
- в) УКВ - 22 дБ;
- 4) Действие АРУ в диапазонах ДВ и СВ
 - а) изменение напряжения на входе приемника 26 дБ;
 - б) соответствующее изменение напряжения на выходе приемника 10 дБ.

Описание структурной схемы радиоприемника.

Общая структурная схема изображена на рис 1.

Приемник состоит из четырех блоков:

- 5) тракта ЧМ;
- 6) тракта АМ;
- 7) усилителя низкой частоты;
- 8) источника питания.

Рис.1 Структурная схема радиоприемника

В тракте АМ происходит преобразование сигналов диапазонов длинных и средних волн. Этот тракт включается в режиме АМ. При приеме сигналов в диапазоне УКВ к источнику питания через переключатель режимов работы "АМ-ЧМ" подключается тракт ЧМ. Сигналы низкой частоты с обоих трактов через сумматор подаются на вход усилителя низкой частоты, усиливаются и воспроизводятся громкоговорителем. Для питания приемника используется отдельный источник питания.

Описание схемы электрической принципиальной

Тракт ЧМ выполнен на микросхемах К174ХА15 и К174ХА6 [6], которые широко применяются в промышленной аппаратуре всех категорий сложности до первой. К174ХА15 включает в себя УРЧ, гетеродин и смеситель. К174ХА6 - УПЧ, ограничитель входного сигнала, частотный детектор, схему АПЧ и формирователь напряжения настройки радиоприемника. В данном курсовом проекте применены типовые схемы включения этих микросхем.

Тракт АМ состоит из УРЧ, смесителя с гетеродином, усилителя промежуточной частоты и амплитудного детектора. УРЧ выполнен на биполярном транзисторе, расположенном на кристалле микросхемы К157ХА1А. Для построения смесителя и гетеродина использованы элементы этой же интегральной схемы. Из-за того что тракт обеспечивает обработку сигналов двух диапазонов волн в схеме имеются два антенных и два гетеродинных контура, которые переключаются в зависимости от диапазона. Для улучшения работы приемника вблизи радиовещательных станций (то есть в условиях сильного сигнала) каскад УРЧ охвачен петлей автоматической регулировки усиления (АРУ). К выходному контуру смесителя подключен детектор с удвоением напряжения,

выполненный на диодах VD9 и VD10, который преобразует высокочастотное напряжение промежуточной частоты в постоянное. Это постоянное напряжение прикладывается к базе транзистора УРЧ меняя тем самым его крутизну.

УПЧ многокаскадный, с АРУ. Первый каскад выполнен на транзисторе VT1, который включен по схеме с общим эмиттером. В качестве управляющего элемента петли АРУ выступает полевой транзистор VT2. При изменении напряжения на затворе этого транзистора будет изменяться напряжение между базой и эмиттером транзистора VT1, чем будет обеспечено изменение его крутизны. К выходу первого каскада подключен пьезофильтр Z1. Применение такого фильтра обусловлено необходимостью достижения хороших частотных характеристик УПЧ. Второй каскад реализован на транзисторе VT3. Между вторым каскадом и последним включен эмиттерный повторитель на VT4. Выходным транзистором УПЧ является VT5, к коллектору которого подключен контур L25C46.

Диод VD8 выполняет функции амплитудного детектора и детектора АРУ. Резистор R46 обеспечивает протекание тока через этот диод.

В схеме радиоприемника применена электронная настройка, осуществляемая переменными резисторами R25 (АМ) и R1 (ЧМ).

Для сопряжения настроек входных и гетеродинных контуров используются подстроечные сопротивления R9-R12, R27 и R28. В качестве индикатора точной настройки на радиостанцию используется милливольтметр U1.

В тракте АМ введен еще один регулировочный элемент - потенциометр R35. С помощью него производится установка задержки АРУ. Необходимость в такой регулировке обусловлена большим разбросом напряжения отсечки полевого транзистора VT2.

Электрический расчет УПЧ [1]

Определение требуемого усиления до детектора: амплитуда напряжения на входе первого каскада

$$U_{\text{мвх}} = E h_d Q_3 m, \text{ мВ}$$

где $E = 1,0 \text{ мВ/м}$ - напряженность поля в точке приема;

$h_d = 1,0 \text{ см}$ - действующая высота антенны;

$Q_3 = 200$ - эквивалентная добротность входной цепи;

$m = 0,25$ - коэффициент включения входа транзистора УРЧ в контур входной цепи.

вещательный приемник бытовой сигнал

$$U_{\text{мвх}} = 0,001 * 0,01 * 200 * 0,25 = 500 \text{ мкВ.}$$

требуемое усиление до детектора

$$K = U_{\text{двх}} / (2 * U_{\text{мвх}})$$

где $U_{\text{двх}} = 1$ В - амплитуда напряжения на входе детектора;

$$K = 1,7 / (2 * 5 * 10^{-4}) = 2404.$$

Предварительный расчет каскадов УПЧ.

Задаемся напряжением на входе УПЧ $U_{\text{вх}} = 0,2$ мВ. Тогда коэффициент передачи каскадов до входа УПЧ:

$$K^* = U_{\text{вх}} / U_{\text{мвх}} = 0,2 / 0,5 = 0,4.$$

$$\text{Коэффициент усиления УПЧ: } K_{\text{упч}} = U_{\text{двх}} / U_{\text{вх}} = 1,7 / 0,0002 = 6010.$$

Число каскадов УПЧ - 3 (при коэффициенте усиления каждого каскада $K = 18$).

Требования к УНЧ и источнику питания

Так как радиопремник II класса, в нем должен быть УНЧ с высокими характеристиками: достаточно широким диапазоном усиливаемых частот, возможностью изменения формы частотной характеристики (регуляторы тембра), низким коэффициентом нелинейных искажений и высокой выходной мощностью.

Источник питания должен выдавать постоянные стабилизированные напряжения для трактов АМ и ЧМ (9 и 36 В), а также на УНЧ. В качестве первичного источника питания (ПИП) может использоваться сеть 220 В, батарея из гальванических элементов или аккумуляторная батарея. Если в качестве ПИП выбран аккумулятор, то должна быть предусмотрена возможность его заряда.

Описание конструкции радиоприемника

Элементы приемника размещаются на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. Взаимное расположение каскадов должно быть таким чтобы обеспечить минимум паразитных связей, например "в линейку". Колебательные контура помещены в экраны. Для повышения устойчивости приемника между каскадами можно установить экранирующие перегородки. Над печатной платой со стороны пайки необходимо закрепить лист медной фольги.

Печатная плата с элементами установлена в корпусе из ударопрочного материала. На боковые стенки корпуса выведены ручки настройки, громкости, разъемы и переключатели. Для удобства пользования радиоприемником на корпусе предусмотрена ручка для переноски.

2.4.3 Результаты и выводы:

(По данной форме необходимо представить все практические занятия)

В результате работы студенты должны усвоить содержание и провести исследование радиовещательного приемника II класса.

2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: «Детекторы радиосигналов»

2.5.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Сделать краткие записи в тетради.
3. Ответить на вопросы преподавателя.

2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Цель работы

Изучение методов обработки дискретных сигналов в приёмнике и экспериментальное исследование их помехоустойчивости при флуктуационных помехах в канале связи.

Практическое задание.

Исследовать зависимость средней вероятности ошибки на выходе решающего устройства приемника от отношения сигнал/шум $\rho_{\text{ш}} = f(h^2)$ для сигналов с дискретной амплитудной модуляцией при:

- когерентном приеме и оптимальной фильтрации;
- некогерентном приеме и оптимальной фильтрации;
- некогерентном приеме и неоптимальной фильтрации.

Сравнить помехоустойчивость различных методов приема дискретных сигналов, построив кривые $\rho_{\text{ш}} = f(h^2)$ на одном графике.

Результаты измерений занесём в таблицу.

По полученным результатам построим график зависимости средней вероятности ошибки от отношения сигнал/шум для АМ при когерентном и некогерентном приёмах.

2.5.3 Результаты и выводы:

(По данной форме необходимо представить все практические занятия)

В результате работы студенты должны усвоить содержание и исследовать методы приема дискретных сигналов на основе практического задания.