

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»
Кафедра «Технология приборостроения (РЛ6)»

Лабораторная работа №1

"Исследование влияния элементов подстройки транзисторного УРЧ на форму АЧХ."
по дисциплине "Устройства приема и преобразования сигналов"

Выполнили студенты группы РЛ6-81
Филимонов С.В.

Преподаватель Мещереков В.Д.

Москва, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| СОДЕРЖАНИЕ..... | 2 |
| ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ..... | 3 |
| ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ..... | 4 |
| 1. Теоретическая часть..... | 4 |
| 1.1. Краткие теоретические сведения об усилителях высокой частоты.... | 4 |
| 2. Ход работы..... | 6 |
| 2.1 Обзор схемы..... | 6 |
| 2.1 Исследование влияния элементов подстройки транзисторного УРЧ на форму АЧХ..... | 8 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 10 |
| ВЫВОД..... | 13 |

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель:

1. Изучение принципиальной схемы и физических процессов, происходящих в усилителе высокой частоты (УВЧ), его основных характеристик и параметров;
2. Освоение методики и привитие навыков по измерению и расчету качественных показателей;
3. Приобретение навыков моделирования в САПР Multisim при исследовании высокочастотных каскадов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Теоритическая часть

1.1. Краткие теоретические сведения об усилителях высокой частоты

Усилителем высокой частоты (УВЧ) называют устройство, предназначенное для усиления слабых полезных сигналов, поступающих на вход приемника и их предварительной частотной селекции. В супергетеродинном приемнике УВЧ совместно с входной цепью образует преселектор приемника, обеспечивающий избирательность приемника, главным образом, по дополнительным каналам приема. УВЧ определяет коэффициент шума и чувствительность приемника. К УВЧ предъявляются следующие основные требования:

- малый уровень собственных шумов;
- большое устойчивое усиление по мощности в заданной полосе частот;
- высокое качество согласования сопротивлений каскадов приемника;
- обеспечение заданной формы АЧХ и ФЧХ;
- обеспечение заданного динамического диапазона.

Коэффициент усиления УВЧ по мощности и качество согласования оказывают существенное влияние на отношение сигнал/шум на выходе приемника. С ростом усиления УВЧ по мощности уменьшается влияние последующих каскадов на чувствительность приемника. Для обеспечения высокой чувствительности приемника в УВЧ применяют малошумящие высокочастотные активные приборы с большой величиной крутизны S_0 .

При построении УВЧ также необходимо обеспечить высокое качество согласования усилительных каскадов. Выбор формы АЧХ и ФЧХ зависит от ширины спектра полезного сигнала, назначения приемника и требований к частотной избирательности. К числу *основных характеристик УВЧ* относятся:

- амплитудная характеристика;
- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);
- фазо-частотная характеристика (ФЧХ);
- переходная (импульсная) характеристика.

К числу *основных параметров УВЧ* относятся:

- коэффициент шума Ш;
- резонансный коэффициент усиления K_0 ;
- устойчивость - способность усилителя сохранять в процессе эксплуатации основные параметры и характеристики,
- коэффициент прямоугольности;
- частотная избирательность - способность приемника (устройства) пропускать полезный сигнал и подавлять сигнал на частоте помехи вне полосы пропускания;
- диапазон рабочих частот.

При проектировании УВЧ особое внимание уделяют полосовым фильтрам, которые используют для избирательного пропускания частот, находящихся в некоторой полосе частот. Наиболее часто применяются полосовые фильтры второго порядка. На рис. 1 показана схема пассивного LRC-фильтра. Передаточная функция определяется следующим соотношением:

$$K(p) = \frac{pRC}{1 + pRC + p^2LC}$$

где $p = \frac{f}{f_p}$; f – частота; $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ – резонансная частота.

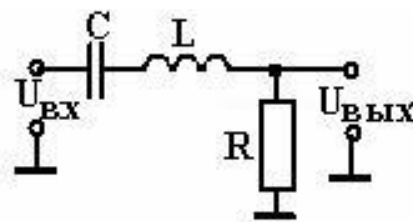


Рис. 1 - Схема пассивного LRC-фильтра

Передаточная функция (1) может быть переписана в нормированном виде:

$$K(p) = \frac{R\sqrt{\frac{C}{L}}p}{1 + R\sqrt{CL}p + p^2}$$

где $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$; $K(p) = 1$.

2. Ход работы.

2.1 Обзор схемы.

Исследуемая схема, собранна в САПР Multisim 14.1, представлена на рис 2.

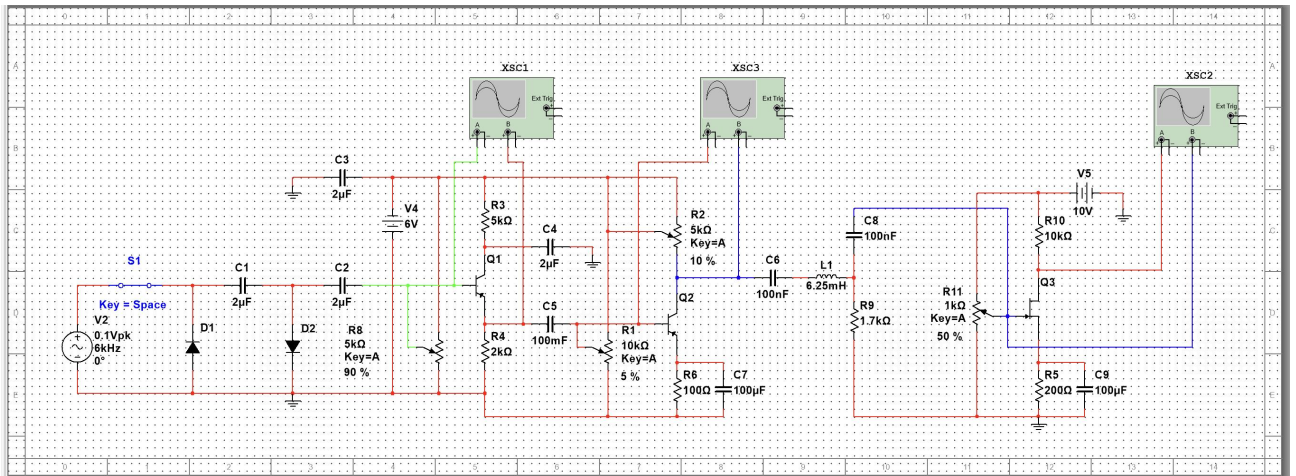


Рис. 2 - Входной каскад транзисторного УРЧ.

Она состоит из трёх частей:

1) Входной каскад (рис. 3). Эммитерный повторитель на транзисторе Q1, служащий для электрической развязки входной цепи и дальнейшей схемы усиления, и схема предусиления на транзисторе Q2. Рабочие точки транзисторов устанавливаются с помощью подстроечного резистора R8 для транзистора Q1 и с помощью подстроечного резистора R1 и R2 для транзистора Q2.

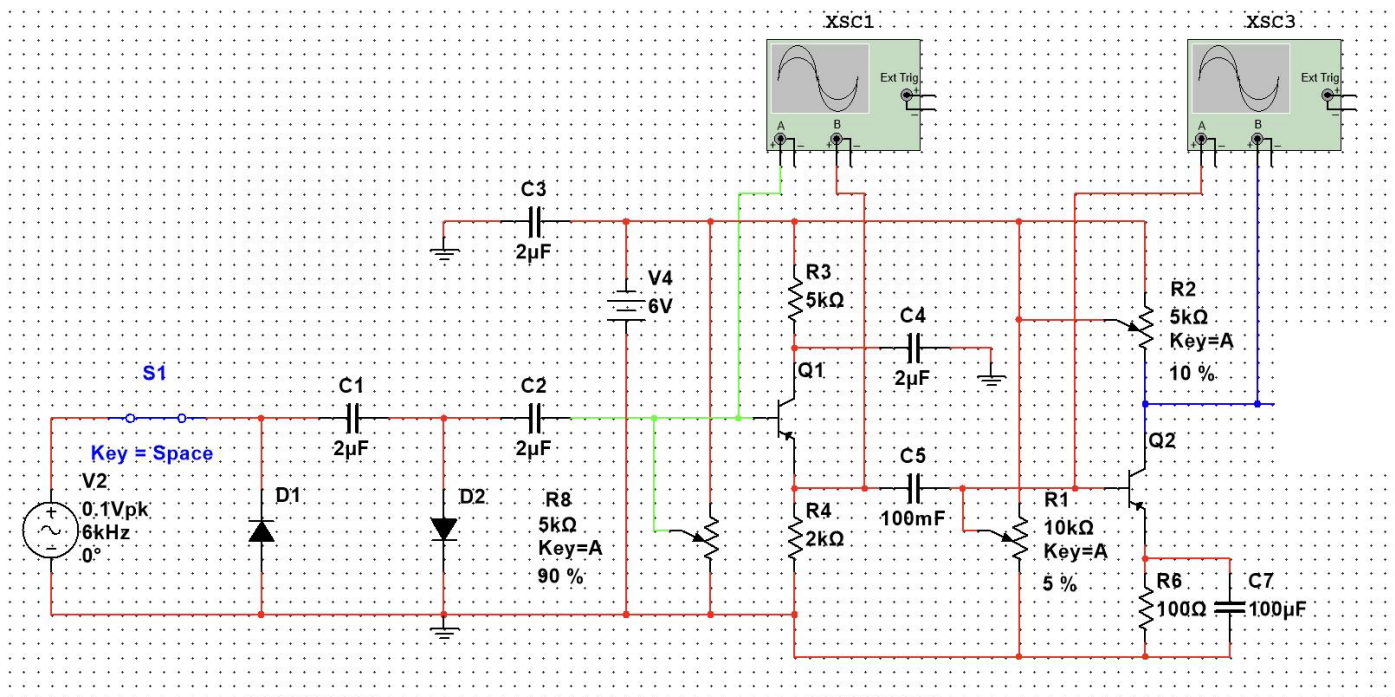


Рис. 3 - Входной каскад.

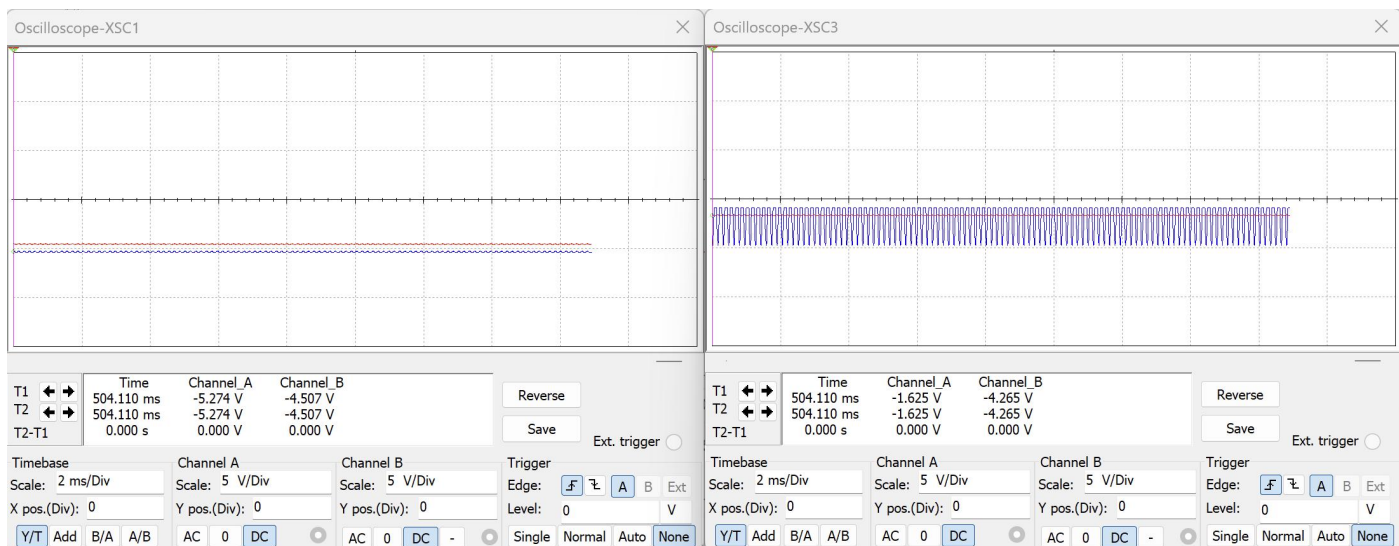


Рис. 4 - Осциллограммы входного каскада ($R_8 = 95\%$ $R_1 = 75\%$ $R_2 = 10\%$).

2) Схема фильтра, которая представляет собой простейший полосно пропускающий фильтр на элементах C6, L1, R9 (рис. 5).

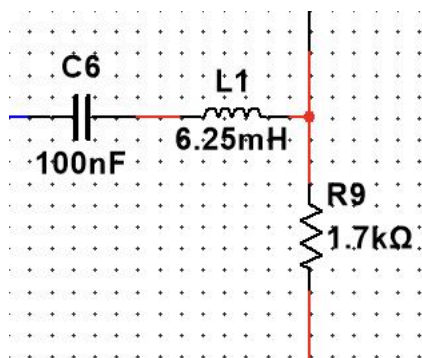


Рис. 5 - Схема полосно-пропускающего фильтра, использующаяся в транзисторном УРЧ, с рассчитанными параметрами элементов для заданной частоты f_p .

Расчёт фильтра для нужной частоты пропускания f_p проводить следующим методом:

1. Для выбранной частоты f_p найти LC по следующей формуле:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \text{ в схеме } f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \cdot 10^{-9} \cdot 6.25 \cdot 10^{-3}}} \approx 6 [\text{кГц}]$$

2. Взять любое значение индуктивности L и вычислить C ;

3. Рекомендуется подобрать R , используя примерное равенство: $\left| i\omega L + \frac{1}{i\omega C} \right| \approx R$ (однако выполнение данного условия необязательно).

3) Схема окончного усиления на транзисторе (рис. 6). Полевой транзистор Q3 обеспечивает окончное усиление сигнала до напряжения питания 10В (при $R_{11} = 70\%$). Установка в рабочую точку обеспечивается подстроечным резистором R11.

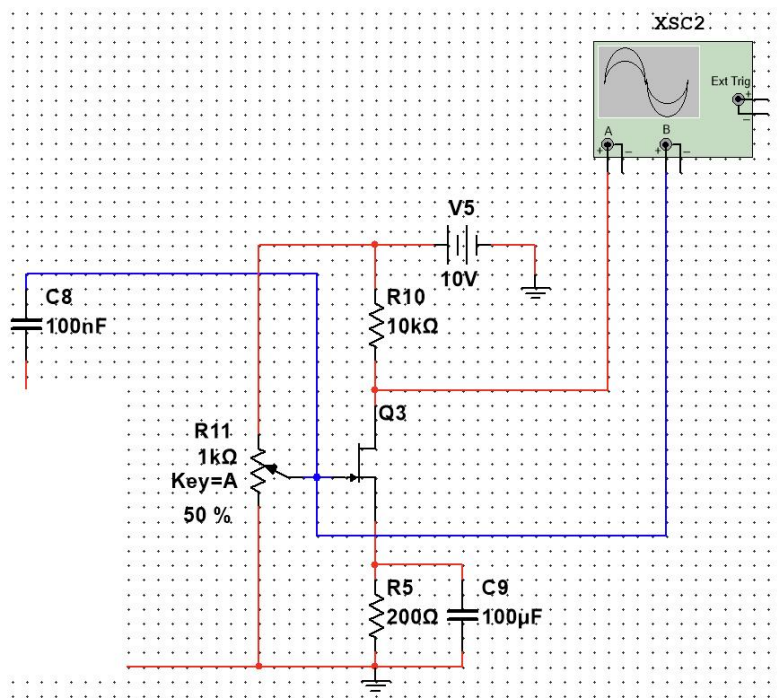


Рис. 6 - Схема оконечного усиления на транзисторе УРЧ.

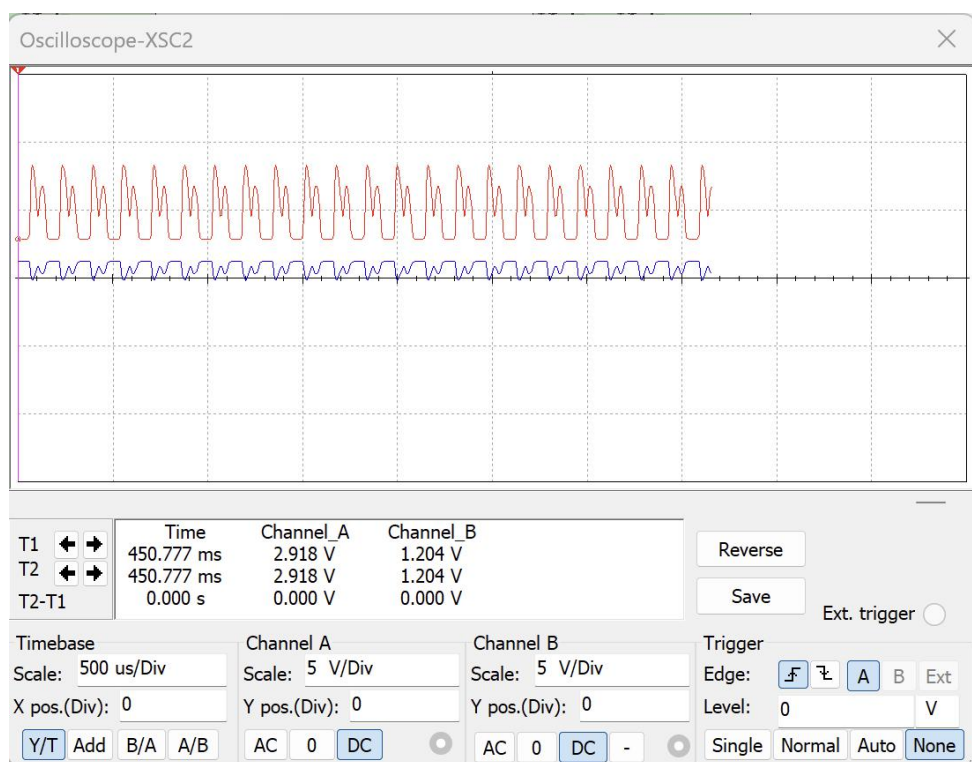


Рис. 7 - Осциллограмма УРЧ.

2.1 Исследование влияния элементов подстройки транзисторного УРЧ на форму АЧХ

- 1) Ранее для каждой части схемы привели осциллограммы транзисторов Q1, Q2, Q3.

2) Построим АЧХ, меняя начальную частоту генератора V1 (6 кГц) от 100 Гц до 100 кГц. По полученные значения для начала занесем в таблицу 1, а после построим график АЧХ. Значения амплитуды выходного сигнала будем брать с осциллографа XSC2 (визуально).

Таблица 1.

| F(V1), кГц | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 1 | 2 | 5 | 8 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Амплитуда, В | 2.98 | 2.93 | 2.93 | 2.94 | 2.93 | 2.94 | 7.82 | 9.12 | 8.84 | 6.34 | 3.03 | 2.95 | 2.94 |

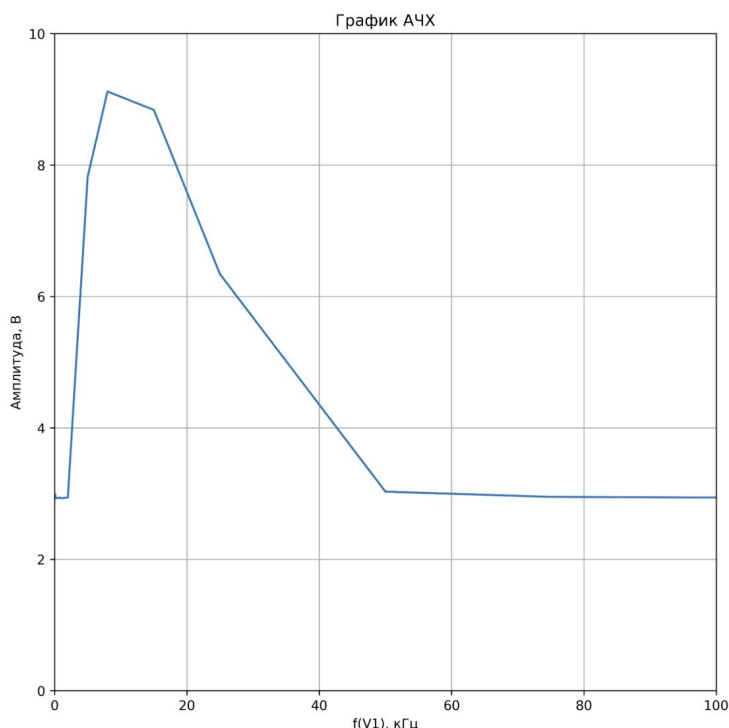


Рис. 7 - АЧХ.

Из измерений следует, фильтр пропускает сигнал в заданном диапазоне. Ввиду большой выборки есть искажение восприятия графика.

3) Рассчитаем полосно-пропускающий фильтр с частотой $f=20$ кГц. Пусть $L = 10$ мГн, тогда:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 L f_p^2} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^6} \approx 6,34 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Из ряда E24 самый ближайший с номиналом 6.2 пФ, будем за расчет брать его. Резистор возьмем номиналом 2 кОм.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1)Что такое УВЧ? Каковы его основные функции и принципы построения?

УВЧ (ультравысокая частота) - это диапазон радиочастот, который находится в пределах от 300 МГц до 300 ГГц. Он используется для передачи данных, связи и радиолокации.

Принципы построения УВЧ устройств включают в себя использование специальных антенн и усилителей, способных работать в высокочастотном диапазоне, а также применение специальных технологий для уменьшения помех и улучшения качества передачи сигнала.

2)Назвать основные части и пояснить принцип работы лабораторной схемы.

Схема состоит из 3-ех частей: входной каскад (рис. 3), схема фильтра(рис. 5), схема оконечного усиления на транзисторе (рис. 6). Общая схема это уселитель радио частоты. На вход схемы поступает низкий по амплитуде сигнал, на выходе схемы мы получаем усиленный сигнал в полосе частот, в зависимости от настройки.

3)Сравнить результаты расчетов с теоретическими и доказать их достоверность.

—

4)Объяснить, почему форма АЧХ УВЧ изменяется в диапазоне частот.

Так как схема настроенна на определенную частоту, то в диапазоне от этой частоты происходит усиление сигнала, в остальном диапазоне усиления не происходит. Из за этого график АЧХ имеет такую форму.

5)Сравнить формы полученных графиков с теоретическими и пояснить их отличия.

—

6)Что такое динамический диапазон?

Динамический диапазон - это разница между самым тихим и самым громким звуками, которые могут быть воспроизведены или записаны на устройстве или в системе звуковоспроизведения. Динамический диапазон определяет способность устройства передавать разницу между слабыми и сильными звуками, что влияет на качество воспроизведения звука. Чем шире динамический диапазон, тем более полно и качественно звучит музыка или звуковые эффекты.

7)Что такое полоса пропускания?

Полоса пропускания - это диапазон частот, которые могут быть переданы или обработаны устройством, фильтром или системой. Она определяет максимальную и минимальную частоты, которые устройство способно обрабатывать или передавать без изменения. Например, полоса пропускания аудиоустройств или динамиков определяет диапазон частот, которые способны издавать или воспроизводить. В случае сетевых устройств, полоса пропускания определяет диапазон частот, которые могут передаваться через сеть. Широкая полоса пропускания обычно воспринимается как качественная характеристика устройства или аппаратной системы.

8) Что такое коэффициент прямоугольности? Какую основную характеристику УРЧ он определяет?

Коэффициент прямоугольности (или duty cycle) - это отношение длительности импульса (времени, в течение которого сигнал находится в высоком уровне) к периоду (полной длительности одного цикла сигнала).

Основную характеристику управляемого рабочего цикла (УРЧ) он определяет как соотношение времени, когда сигнал находится в состоянии "высокого" уровня к общему времени одного цикла сигнала. Коэффициент прямоугольности измеряется в процентах и может варьироваться от 0% (когда сигнал постоянно находится в низком уровне) до 100% (когда сигнал постоянно находится в высоком уровне).

9) Перечислить основные требования, предъявляемые к УВЧ.

1. Чувствительность
2. Избирательность.
3. Помехоустойчивость.
4. Уровень искажений принимаемых сигналов.
5. Динамичный диапазон.
6. Электромагнитная совместимость.
7. Надежность.
8. Габариты, вес.
9. Диапазон принимаемых частот.
10. Стоимость.

10) Пояснить принцип перестройки УВЧ, исходя из принципиальной схемы транзисторного УВЧ.

Перестройка УВЧ осуществляется путем изменения рабочей частоты сигнала на выходе. Для этого используется принципиальная схема транзисторного УВЧ, включающая в себя транзисторы, конденсаторы, индуктивности и другие элементы. Перестройка УВЧ может быть осуществлена путем изменения параметров этих элементов.

Наиболее распространенным способом перестройки УВЧ является изменение ёмкости или индуктивности резонансных цепей в схеме. Это позволяет изменять резонансную частоту и, следовательно, рабочую частоту УВЧ. Для этого могут применяться переменные конденсаторы, индуктивности с переменным коэффициентом индуктивности или другие управляемые элементы.

Таким образом, принцип перестройки УВЧ заключается в изменении параметров резонансных цепей схемы для того, чтобы изменить рабочую частоту устройства. Это позволяет адаптировать УВЧ к различным условиям работы и требованиям передаваемого сигнала.

11)Объяснить, почему изменяется форма АЧХ транзисторного УВЧ при его перестройке.

Форма амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) транзисторного УВЧ изменяется при его перестройке из-за влияния параметров резонансных цепей схемы на передаточные характеристики устройства. Перестройка УВЧ приводит к изменению резонансной частоты схемы, что влияет на его частотные характеристики и соответственно на форму АЧХ.

12)Понятие полосового фильтра, назначение и основные соотношения.

Полосовой фильтр - это электронное устройство, которое пропускает определенный диапазон частот сигнала, подавляемый остальной частью частотного спектра. Назначение полосового фильтра заключается в изоляции желаемого сигнала от нежелательных помех или других составляющих сигнала.

Основные соотношения, определяющие работу полосового фильтра, включают в себя частоту среза - это частота, на которой амплитуда сигнала падает в два раза по отношению к его максимальной амплитуде; полосу пропускания - диапазон частот, которые фильтр пропускает без искажений; полосу заграждения - диапазон частот, которые фильтр подавляет.

ВЫВОД

В ходе проведенного исследования были достигнуты все поставленные цели. Была изучена принципиальная схема и физические процессы, происходящие в усилителе высокой частоты (УВЧ), а также его основные характеристики и параметры. Была освоена методика измерения и расчета качественных показателей усилителя, а также приобретены навыки моделирования в САПР Multisim при исследовании высокочастотных каскадов.