

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"

Выполнил студент группы РЛ6-81

Филимонов С.В.

Преподаватель Мещереков В.Д.

Москва, 2024

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

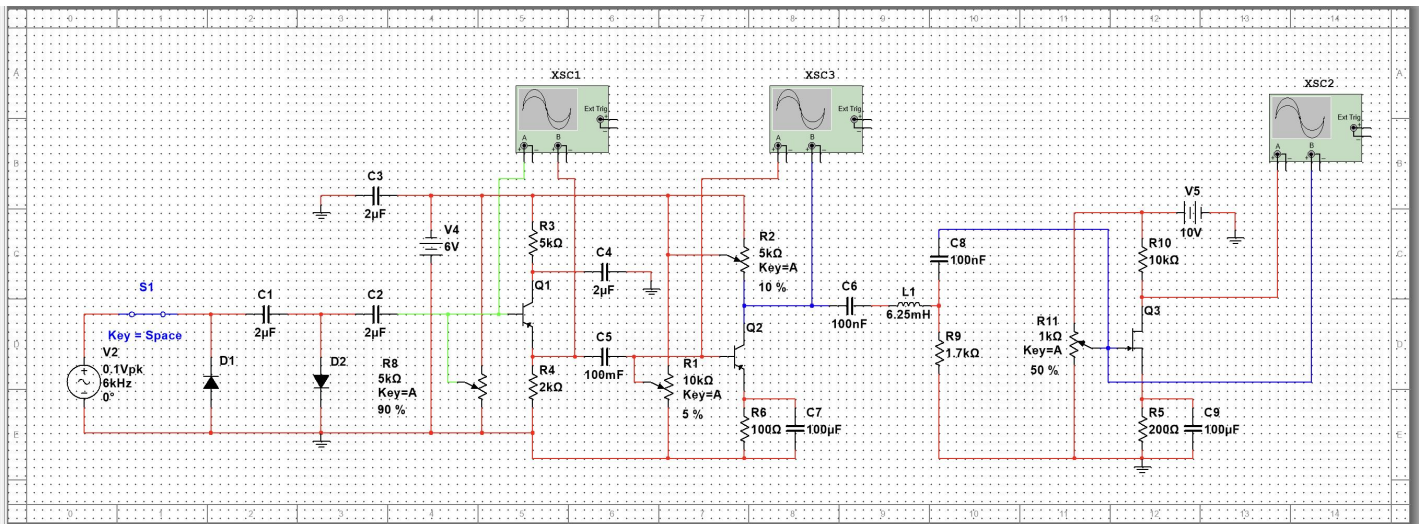


Рис. 2 - Входной каскад транзисторного УРЧ.

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.

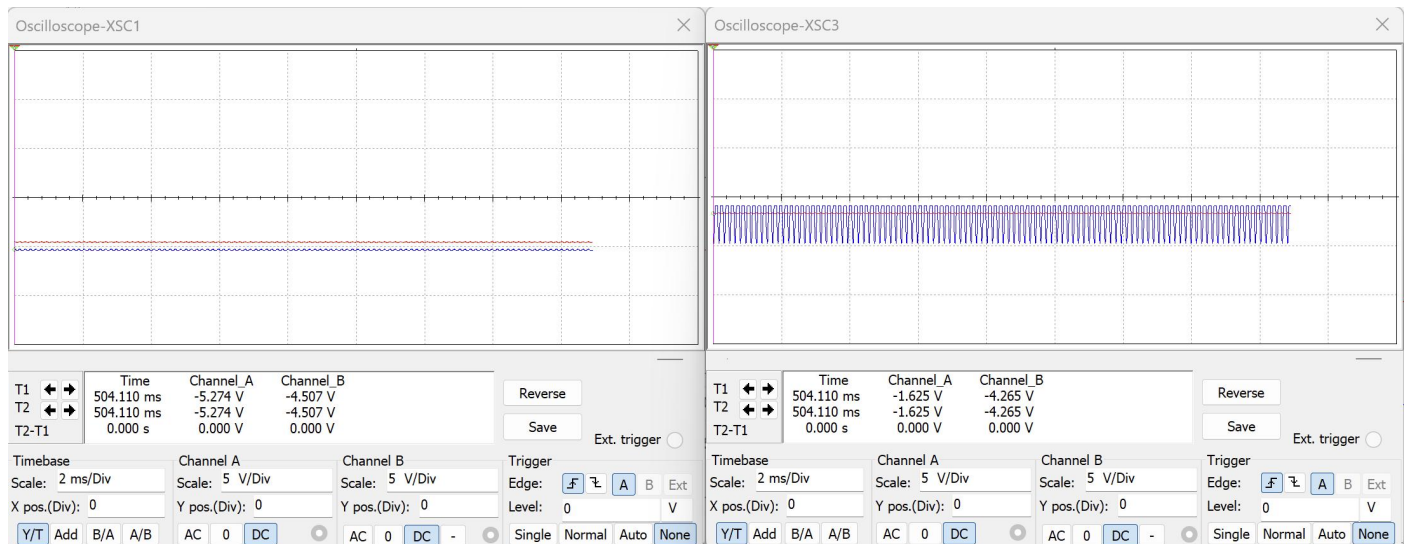


Рис. 4 - Осцилограммы входного каскада ($R8 = 95\%$ $R1 = 75\%$ $R2 = 10\%$).

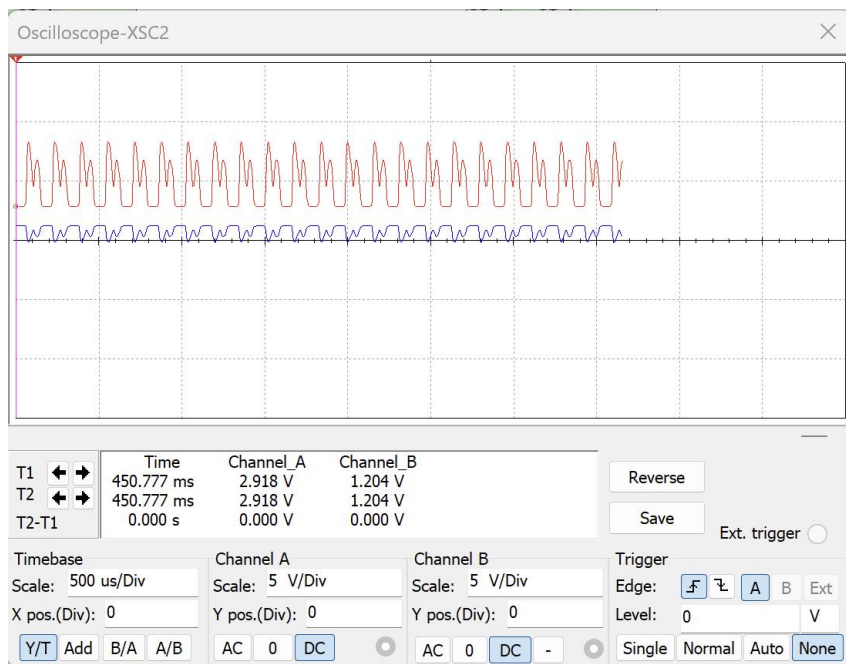


Рис. 7 - Осциллограмма УРЧ.

- 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

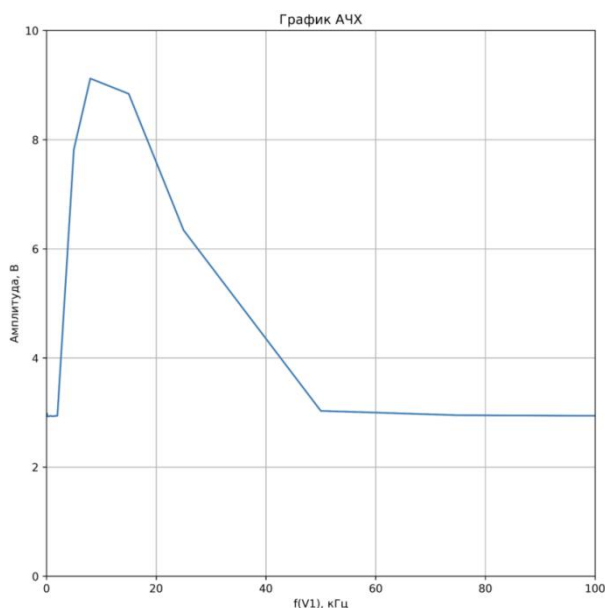


Рис. 7 - АЧХ.

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 близкий с номиналом 6.2 пФ, Подберем R , используя примерное равенство:

$$\left| i\omega L + \frac{1}{i\omega C} \right| \approx R$$

$$\left| i\omega L + \frac{1}{i\omega C} \right| \approx \left| i \cdot 2\pi \cdot f_p \cdot L + \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f_p \cdot C} \right| \approx$$

$$\left| i \cdot 2\pi \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2} + \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 6.2 \cdot 10^{-9}} \right| = i \cdot 400\pi + \frac{1}{i \cdot 24\pi \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^3$$

будем за расчет брать его. Резистор возьмем номиналом 2 кОм.

ВЫВОД

На входе стоит ограничитель амплитуды в виде двух диодов – один для отрицательной полуволны, другой для положительной.

1. Описание полученных осциллограмм транзисторов:

На выходе транзистора Q_1 сигнал со входа немного меньше по напряжению, но много больше по току. Так как эмиттерный повторитель имеет высокое входное сопротивление и малое выходное, то он является «буферным» каскадом, который развязывает источник сигнала с последующим каскадом усиления на ОЭ.

На выходе транзистора Q_2 сигнал, усилен по напряжению, но немного искажен по форме. Искажения формы объясняются близостью усилителя к пределам своего динамического диапазона (усечение сигнала сверху), не идеальностью своих характеристик, появлением слабых высших гармоник.

На выходе оконечного каскада с ОИ имеем усиленный по мощности сигнал, прошедший полосно-пропускающий фильтр. Уровень сигнала на выходе получился практически максимальным (~7 В от пика до пика при питании 10 В), что говорит о максимальном использовании динамического диапазона усилителя на полевом транзисторе.

Во всех транзисторах рабочая точка задается по через делитель напряжения (в нашем случае – потенциометр).

2. АЧХ и ФЧХ соответствуют ожидаемым и представляют из себя кривые со следующими особенностями:

1) ФЧХ на низких частотах имеет вид «индуктивности» (сигнал на выходе опережает входной на $\frac{\pi}{2} = 90^\circ$).

С увеличением частоты и приближении к резонансу на 9 кГц индуктивное и емкостное сопротивления начинают компенсировать друг друга, вследствие чего сигнал по фазе совпадает со входным. На высоких частотах ФЧХ соответствует «емкости», (сигнал на выходе отстаёт от входного сигнала на 90°).

2) АЧХ имеет параболический вид с максимумом на частоте 9 кГц и соответствует АЧХ ППФ. Отличие резонансной частоты от указанных в работе 6 кГц объясняется тем, что не был учтён разделительный конденсатор окончного каскада.

Пересчитанная резонансная частота:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_6 \cdot C_8}{C_6 + C_8} = \frac{100 \cdot 100}{200} = 50 \text{ нФ} \Rightarrow f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 9 \text{ кГц}$$

3. Роли конденсаторов

Конденсаторы C_1 и C_2 выступают ФВЧ, то есть не пропускают низкие ненужные частоты в каскады и в то же время защищают источник сигнала от попадания в него постоянного тока, который у нас появляется вследствие задания рабочих точек каскадам.

Конденсатор C_3 он сглаживает пульсации и высокочастотные искажения неидеального источника питания.

Конденсатор C_6 и катушка L_1 являются полосно-пропускающим фильтром

Резистор R_6 и конденсатор C_7 , Резистор R_5 и конденсатор C_9 обеспечивают термостабилизацию транзисторов Q_2 и Q_3 соответственно, конденсаторы устраняют ООС по переменному току.