

УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра У и СРС

Курсовая работа

**Радиовещательный приемник коротковолнового
диапазона**

Ташкент 2011

Содержание

1. Введение	3
2. Предварительный расчет приемника	4
2.1. Расчет необходимой полосы пропускания линейного тракта	4
2.2. Расчет допустимого коэффициента шума приемника	5
2.3. Выбор средств обеспечения избирательности приемника	10
2.4. Выбор средств обеспечения усиления линейного тракта	11
3. Основной расчет приемника	12
3.1. Входная цепь приемника	12
3.2. Расчет усилителя радиочастоты	14
3.3. Расчет преобразователя частоты	19
3.4. Расчет усилителя промежуточной частоты	23
4. Список использованной литературы	28

1. Введение

Радиоприёмное устройство состоит из приёмной антенны, радиоприёмника и оконечного устройства, предназначенного для воспроизведения сигналов [1].

Для устранения недостатков приемников прямого усиления была предложена схема приемника с преобразованием частоты. При этом основное усиление сигнала осуществляется на промежуточной частоте. Усилитель промежуточной частоты обеспечивает высокую избирательность по соседнему каналу. Перестройка по диапазону осуществляется за счет простых систем перестройки частоты гетеродина и частоты настройки входной цепи. В этом случае частотно-избирательные цепи, включенные до преобразователя частоты, осуществляют избирательность по зеркальному каналу

Все супергетеродинные приёмники состоят из трёх основных частей: линейного тракта, демодулятора и устройств регулировок (управления). Линейный тракт одинаков для приёмников различных типов. Он состоит из входной цепи (ВЦ), усилителя радиочастоты (УРЧ), смесителя (С) и гетеродина (Г) преобразователя частоты, а также усилителя промежуточной частоты (УПЧ).

Достоинства:

- улучшается избирательность по соседнему каналу;
- упрощается перестройка частоты приемника;
- при перестройке не изменяются основные характеристики приемника;

Недостатком супергетеродинных приемников является наличие побочных каналов приема.

2. Предварительный расчет.

2.1 Расчет полосы пропускания приемника

Полоса пропускания приемника Π складывается из ширины спектра сигнала Π_c и нестабильностей в тракте и неточности настроек Π_n :

$$\Pi = \Pi_c + \Pi_n$$

Ширина спектра сигнала определяется верхней частотой спектра сигнала:

$$\Pi_c = F_B = 4.5 \text{ кГц}$$

Нестабильность учитывается следующим образом:

$$\Pi_n = 2 \cdot \sqrt{(\Delta f_c)^2 + (\Delta f_g)^2 + (\Delta f_{нач})^2 + (\Delta f_{нс})^2},$$

где Δf_c - нестабильность частоты сигнала,

Δf_g - нестабильность частоты гетеродина приемника,

$\Delta f_{нач}$ - начальная неточность настройки гетеродина,

$\Delta f_{нс}$ - неточность настройки сигнала

Для наших расчетов выбираем значение промежуточной частоты $f_{п} = 465 \text{ кГц}$

Пусть

$$f_{г} = f_c - f_{п} = (12.85 - 0.465) \cdot 10^6 \text{ Гц} = 12.385 \cdot 10^6 \text{ Гц},$$

тогда для транзисторного гетеродина с кварцевой стабилизацией

$$\Delta f_{г} = f_{г} \cdot 10^{-5} = 12.385 \cdot 10^6 \cdot 10^{-5} \approx 124 \text{ Гц}.$$

начальная неточность настройки гетеродина

$$\Delta f_{нач} = f_{г} \cdot 10^{-4} = 12.385 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} \approx 1.24 \text{ кГц}$$

нестабильность частоты сигнала равна

$$\Delta f_C = 12.85 \cdot 10^6 \cdot 10^{-5} \approx 129 \text{Гц}$$

неточность настройки сигнала равна

$$\Delta f_{CH} = 66.45 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} = 1.29 \text{кГц}$$

$$\begin{aligned} \Pi_H &= 2 \cdot \sqrt{(\Delta f_c)^2 + (\Delta f_z)^2 + (\Delta f_{нач})^2 + (f_{сн})^2} = 2 \cdot \sqrt{(124)^2 + (129)^2 + (1240)^2 + (1290)^2} \cong \\ &\cong 3.6 \text{кГц} \end{aligned}$$

Тогда полоса пропускания ПРМУ составит:

$$\Pi = 4.3 \cdot 10^3 + 3.6 \cdot 1 \cdot 10^3 = 7.9 \text{кГц}$$

2.2 Расчёт допустимого коэффициента шума приёмника.

Если реальная чувствительность задана в виде мощности сигнала P_A , отдаваемой антенной согласованному с ней приёмнику, при которой отношение сигнал/помеха больше или равно $\gamma_{\text{ВЫХ}}$, то допустимый коэффициент шума ПРМУ равен:

$$N_{\text{доп}} \leq \frac{P_A}{\gamma_{\text{ВХ}}^2 k T_0 \Pi_{\text{ш}}} - \frac{T_A}{T_0} + 1 \quad (1.5)$$

$$P_A = \frac{U_{\text{min}}}{R_A} = \frac{(1.5 \cdot 10^{-6})^2}{50} = 45 \cdot 10^{-15}$$

где T_A - шумовая температура антенны, которая характеризует интенсивность воздействующих на антенну внешних шумов. Найдем шумовую температуру антенны по графику представленному на [1 рис. 1.4]
 $T_A = 400 \text{К}$.

$\Pi_{ш} = 1.1 \cdot \Pi = 1.1 \cdot 7.9 \cdot 10^3 \cong 8.7 \text{кГц}$ - шумовая полоса линейного тракта.

$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ - постоянная Больцмана

$T_0 = 290 \text{К}$ - температура приёмника (Н.У.)

Тогда допустимый коэффициент шума равен:

$$N_{\text{доп}} \leq \frac{P_A}{\gamma_{\text{ВХ}}^2 k T_0 \Pi_{ш}} - \frac{T_A}{T_0} + 1 = \frac{45 \cdot 10^{-15}}{(12)^2 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 8.7 \cdot 10^3} - \frac{580}{290} + 1 \cong 8$$

Такой приемник осуществим.

Проведем расчет реального коэффициента шума приемника N_0 (без УРЧ) с целью выяснить необходимо - ли применение УРЧ.

$$N_0 \approx \frac{\left[N_{\text{ВЦ}} + \frac{N_{\text{ПЧ}} - 1}{K_{\text{р.ВЦ}}} + \frac{N_{\text{УПЧ}} - 1}{K_{\text{р.ВЦ}} K_{\text{р.ПЧ}}} \right]}{L_{\phi}}, \text{ где}$$

$N_{\text{ВЦ}}, N_{\text{ПЧ}}, N_{\text{УПЧ}}$ - коэффициенты шума входной цепи, ПЧ, УПЧ соответственно;

$K_{\text{р.ВЦ}}, K_{\text{р.ПЧ}}$ - коэффициенты передачи по мощности входной цепи, ПЧ соответственно;

L_{ϕ} - коэффициент передачи по мощности антенного фидера:

$$L_{\phi} = 10^{-0.1\beta_{\phi} \cdot l_{\phi}}$$

β_{ϕ} - погонное затухание,

l_{ϕ} - длина фидера.

Для кабеля РК-50-9-12 на частоте 100 МГц погонное затухание не превышает $\beta_{\phi} \leq 0.05 \frac{\text{дБ}}{\text{м}}$.

Возьмем длину фидера $l_{\phi} = 2 \text{ м}$.

$$L_{\phi} = 10^{-0.1\beta_{\phi} \cdot l_{\phi}} = 10^{-0.1 \cdot 0.05 \cdot 2} \cong 0.98$$

В качестве входной цепи используется контур с фиксированной частотой настройки с индуктивной связью с антенной. Данная связь обеспечит большой коэффициент передачи по напряжению и высокую избирательность. Примем коэффициент передачи входной цепи равным:

$$K_{P.VЦ} \approx 0.6$$

Коэффициент шума ВЦ:

$$N_{ВЦ} = \frac{1}{K_{P.VЦ}} = \frac{1}{0.6} \cong 1.66$$

Если в качестве преобразователя использовать каскад на полевом транзисторе 2П306А с общим истоком:

$$K_{P.ПЧ} = 0.07 \cdot \frac{Y_{21И}}{Y_{12И}}, N_{ПЧ} = 4 \cdot N_{\text{MIN.T}}, \text{ где } Y_{21И} = 2 \text{ мСм}, Y_{12И} = 7 \text{ мкСм},$$

$N_{\text{MIN.T.дБ}} = 3 \text{ дБ}$ - минимальный коэффициент шума для маломощного полевого транзистора 2П306А.

$$N_{\text{T.MIN}} = 10^{0.1 \cdot N_{\text{T.MIN.дБ}}} = 10^{0.1 \cdot 3 \text{ дБ}} \cong 2$$

Тогда $N_{ПЧ} = 4 \cdot N_{\text{MIN.T}} = 8$

$$K_{P.ПЧ} = 0.07 \cdot \frac{Y_{21И}}{Y_{12И}} = 0.07 \frac{2 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-6}} \cong 20$$

Возьмем $K_{P.ПЧ} = 10$, $N_{ПЧ} = 8$

В качестве первого каскада УПЧ используем каскад на транзисторе КТ368Б в схеме с ОЭ. Коэффициент шума первого каскада УПЧ равен:

$$K_{P.UПЧ} = 0.07 \cdot \frac{Y_{21Э}}{Y_{12Э}}, \quad N_{УПЧ} = 2 \cdot N_{MIN.T}, \text{ где } Y_{21Э} = 50 \text{ мСм}, \quad Y_{12Э} = 50 \text{ мкСм},$$

$N_{MIN.T.дБ} = 3 \text{ дБ}$ - минимальный коэффициент шума для транзистора КТ368А.

$$N_{УПЧ} = 2N_{T.MIN}$$

$$N_{УПЧ} = 2N_{T.MIN} = 4$$

Тогда реальный коэффициент шума будет равен:

$$N_0 \approx \frac{N_{ВЦ} + \frac{N_{ПЧ} - 1}{K_{P.ВЦ}} + \frac{N_{УПЧ} - 1}{K_{P.ВЦ} K_{P.ПЧ}}}{L_\phi} = \frac{1.66 + \frac{8-1}{0.6} + \frac{4-1}{0.6 \cdot 10}}{0.98} \cong 14.1$$

$$N_{доп} \leq 8$$

$$N_0 > N_{доп}$$

Таким образом, необходимо использование УРЧ в схеме приемника. Теперь проведем расчет реального коэффициента шума ПРМУ с использованием УРЧ.

$$N_0 \approx \frac{\left[N_{ВЦ} + \frac{N_{УРЧ} - 1}{K_{ВЦ}} + \frac{N_{ПЧ} - 1}{K_{ВЦ} K_{УРЧ}} + \frac{N_{УПЧ} - 1}{K_{ВЦ} K_{УРЧ} K_{ПЧ}} \right]}{L_\phi}$$

Если в качестве УРЧ использовать каскад на малошумящем полевом транзисторе 2П302А в схеме с общим истоком:

$$K_{P.УРЧ} = 0.07 \cdot \frac{Y_{21И}}{Y_{12И}}, \quad N_{УРЧ} = 2 \cdot N_{MIN.T}, \text{ где } Y_{21И} = 10 \text{ мСм}, \quad Y_{12И} = 8 \text{ мкСм},$$

$N_{\text{MIN.T.дБ}} = 1\text{дБ}$ - минимальный коэффициент шума для малошумящего полевого транзистора 2П302А.

$$N_{\text{T.MIN}} = 10^{0.1 \cdot N_{\text{T.MIN.дБ}}} = 10^{0.1 \cdot 1\text{дБ}} \cong 1.26$$

Тогда $N_{\text{урч}} = 2 \cdot N_{\text{MIN.T}} = 2.52$

$$K_{\text{P.урч}} = 0.07 \cdot \frac{Y_{21И}}{Y_{12И}} = 0.07 \frac{10 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-6}} \cong 43$$

Тогда реальный коэффициент шума будет равен:

$$N_0 \approx \frac{N_{\text{вц}} + \frac{N_{\text{урч}} - 1}{K_{\text{P.вц}}} + \frac{N_{\text{пч}} - 1}{K_{\text{P.вц}} \cdot K_{\text{P.урч}}} + \frac{N_{\text{упч}} - 1}{K_{\text{P.вц}} \cdot K_{\text{P.урч}} \cdot K_{\text{P.пч}}}}{L_{\phi}} =$$

$$= \frac{1.66 + \frac{2.5 - 1}{0.6} + \frac{8 - 1}{0.6 \cdot 20} + \frac{4 - 1}{0.6 \cdot 10 \cdot 20}}{0.98} \cong 4.77$$

$$N_{\text{доп}} \leq 8$$

$$N_0 < N_{\text{доп}}$$

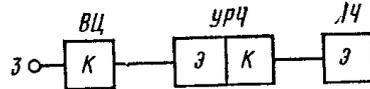
2.3 Выбор средств обеспечения избирательности приёмника.

Полоса пропускания преселектора равна $\Pi = 8.7\text{кГц}$. Преселектор обеспечивает избирательность только по зеркальному каналу. Избирательность по соседнему каналу в преселекторе не учитываем и она будет полностью определяться только УПЧ. Входная цепь и УРЧ осуществляет основную избирательность по зеркальному каналу образованным гетеродином, их расчет будем производить исходя из заданной избирательности $S_{\text{Е.ЗК}} \geq 34\text{дБ}$ при полосе задерживания $\Pi_3 = 2f_{\Pi}$. Промежуточную частоту выберем исходя из условия:

$$f_{\Pi} \leq 200\Pi$$

$$f_{\Pi P} = 0.25\xi_{3K}f_c d_{\text{ЭП}} = 0.25 \cdot 13 \cdot 12.85 \cdot 10^6 \cdot 0.011 = 460 \text{кГц}$$

Для 3-го типа преселектора.



Примем $f_{\Pi} = 465 \text{кГц}$, тогда

$$\xi_{3K.H} = \frac{4 \left(\frac{f_{\Pi}}{f_c} \right) \left(\frac{f_c - f_{\Pi}}{f_c - 2f_{\Pi}} \right)}{d_{\text{ЭП}}} = \frac{4 \cdot \left(\frac{465 \cdot 10^3}{12.85 \cdot 10^6} \right) \left(\frac{12.85 \cdot 10^6 - 465 \cdot 10^3}{12.85 \cdot 10^6 - 2 \cdot 465 \cdot 10^3} \right)}{0.014} \cong 13 \text{дБ}$$

При данных ξ_{3K} промежуточной частоты $f_{\Pi} = 465 \text{кГц}$ ослабление зеркального канала из рис. 1.11 [1] равен

$S_{E.3K} \approx 34 \text{дБ}$. Т.е. выбранная промежуточная частота может обеспечить избирательность по зеркальному каналу.

Так как преселектор не обеспечивает избирательности по соседнему каналу можно принять, что $S_{СК.ПР} \approx 0 \text{дБ}$. Вся избирательность по соседнему каналу обеспечивается в УПЧ.

Для подавления с.к. $S_{СК} = 30 \text{дБ}$, можно взять схему УПЧ с использованием ФСС.

2.4 Определение средств обеспечения усиления линейного тракта.

$$K_p = K_{\text{ВЦ}} \cdot K_{\text{УРЧ}} \cdot K_{\text{ПЧ}} \cdot K_{\text{УПЧ}}$$

K_p - коэффициент передачи приемника по мощности

$$K_p = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{45 \cdot 10^{-15}} = 7.8 \cdot 10^{12}$$

$$K_{РОПТ} = 1.1 \cdot 7.8 \cdot 10^6 = 8.6 \cdot 10^{12}$$

$K_{РОПТ}$ - оптимальный коэффициент передачи приемника

$$K_{ПР} = 0.6 \cdot 20 \cdot 10 \cong 120$$

$K_{ПР}$ - коэффициент передачи преселектора

$$K_{УПЧОПТ} = \frac{K_P}{K_{ПР}} = \frac{8.6 \cdot 10^{12}}{120} = 72 \cdot 10^9$$

Примем коэффициент передачи ФСС равный $K_{ФСС} = 0.5$ тогда

$K_{УПЧОПТ}$ - оптимальный коэффициент передачи по мощности УПЧ

$$K_{УПЧОПТ} = \frac{72 \cdot 10^9}{0.5} = 144 \cdot 10^9$$

Примем число каскадов УПЧ равное 6.

т.о. коэф. передачи одного каскада УПЧ

$$K_{УПЧКАС} \cong \log_6 144 \cdot 10^9 \cong 72$$

3. Основной расчет приемника

3.1 Входная цепь

Входная цепь соединяет антенну с первым каскадом приемника (с усилителем радиочастоты). Для диапазона УКВ радиовещательных приемников можно использовать неперестраиваемые ВЦ с полосой пропускания, равной диапазону частот вещания на УКВ.

Полосу пропускания входной цепи примем равной:

$$П_{ВЦ} = f_{С.МАХ} - f_{С.МИН} = 13.1 - 12.6 = 0.5 \text{ МГц}$$

Частота настройки контура входного цепи:

$$f_0 = \frac{f_{C.MAX} + f_{C.MIN}}{2} = \frac{13.1 + 12.6}{2} = 12.9 \text{ МГц}$$

Эквивалентное затухание в контуре равно:

$$d_{\text{э}} = \frac{\Pi_{\text{БЦ}}}{f_0} = \frac{0.5}{12.9} \cong 0.039$$

Вычисляем коэффициенты включения фидера m_A и входа УРЧ $m_{\text{ВХ}}$ для согласования при заданном $d_{\text{э}}$ контура входной цепи:

$$m_A = \sqrt{0.5 d_{\text{э}} \omega_0 C_{\text{СХ}} W_{\Phi}}$$

$$m_{\text{ВХ}} = \sqrt{0.5(d_{\text{э}} - 2d)\omega_0 C_{\text{СХ}} R_{\text{ВХ}}},$$

где $W_{\Phi} = 50 \text{ Ом}$ – волновое сопротивление фидера.

$d \approx 0.01$ - затухание ненагруженного контура входной цепи.

$C_{\text{СХ}}$ - полная емкость схемы входной цепи.

Примем $C_{\text{СХ}} = 30 \text{ пФ}$.

$$m_A = \sqrt{0.5 d_{\text{э}} \omega_0 C_{\text{СХ}} W_{\Phi}} = \sqrt{0.5 \cdot 0.039 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-12} \cdot 50} \cong 0.04$$

$$\begin{aligned} m_{\text{ВХ}} &= \sqrt{0.5(d_{\text{э}} - 2d)\omega_0 C_{\text{СХ}} R_{\text{ВХ}}} \\ &= \sqrt{0.5(0.039 - 2 \cdot 0.01)2\pi \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-12} \cdot 10^6} \cong 0.005 \end{aligned}$$

Рассчитаем емкость контура:

$$C_K = C_{\text{СХ}} - C_L - m_{\text{ВХ}}^2 (C_M + C_{\text{ВХ}}),$$

где $C_L \approx 3 \text{ пФ}$ – собственная емкость катушки, $C_M \approx 5 \text{ пФ}$ – монтажная емкость, $C_{BX} = 3.5 \text{ пФ}$ – входная емкость транзистора 2П302А.

$$C_K = C_{CX} - C_L - m_{BX}^2 (C_M + C_{BX}) = 30 - 3 - (5 + 3.5) = 18.5 \text{ пФ}$$

В качестве емкости контура используем подстроечный конденсатор.

Рассчитаем индуктивность контура:

$$L = \frac{1}{C_{CX} \cdot 4\pi^2 \cdot f_0^2} = \frac{1}{30 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi^2 \cdot (12.9 \cdot 10^6)^2} \cong 5 \text{ мкГн}$$

Для получения заданного затухания необходимо шунтировать контур.

$$R_{ш} = \frac{2\pi \cdot f_0 \cdot L}{d_{\text{э}} - d} = \frac{2\pi \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0.039 - 0.01} \cong 15 \text{ кОм}$$

Данное сопротивление и будем считать входным для каскада УРЧ

Определим индуктивность катушки связи с антенной:

$$L_{CB.A} = \frac{W_{\Phi}}{2\pi \cdot f_0} = \frac{50}{12.9 \cdot 10^6} \cong 3.9 \text{ мкГн}$$

Вычисляем минимальный коэффициент связи, при котором обеспечивается согласование:

$$k_{CB.A} = \sqrt{2(d + m_{BX}^2 g_{BX} \omega_0 L)} = \sqrt{2\left(0.01 + 0.005^2 \frac{1}{2 \cdot 10^3} \cdot 2\pi \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 0.19 \cdot 10^{-6}\right)} \cong 0.14$$

Рассчитаем коэффициент передачи входной цепи:

$$K_{BC} = 0.5 \sqrt{\left(1 - \frac{2d}{d_{\text{э}}}\right) \frac{R_{BX}}{W_{\Phi}}} = 0.5 \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 0.01}{0.039}\right) \frac{300}{50}} \cong 2.49$$

Схема входной цепи дана на рисунке 2.

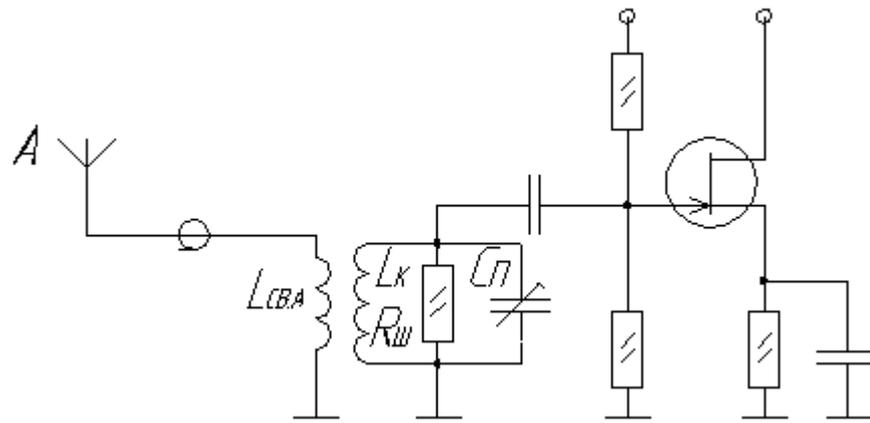


Рис. 2. Принципиальная схема входной цепи приемника

3.2 Расчет УРЧ

Схема УРЧ приведена на рисунке 3. Рассчитаем параметры этой схемы, обеспечивающие термостабилизацию и задание рабочего режима транзистора.

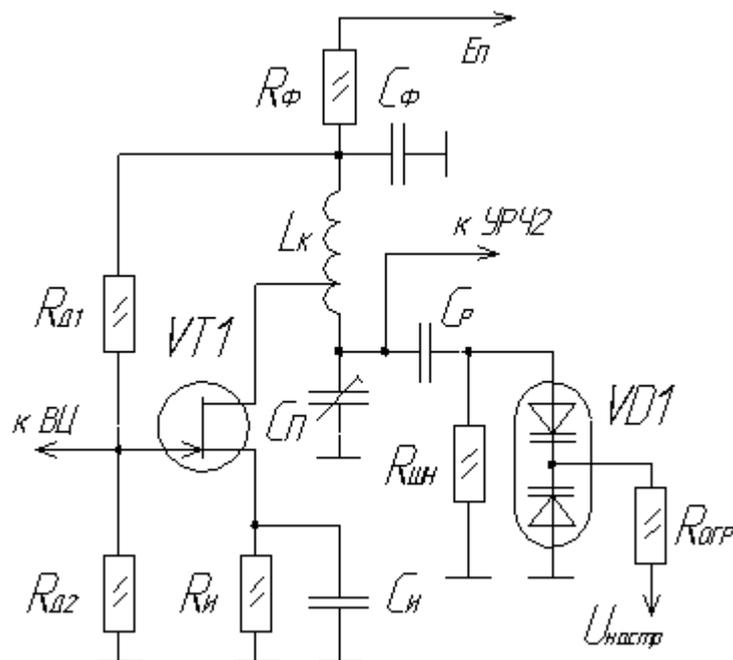


Рис.3. Схема УРЧ1

Задаем рабочую точку для транзистора 2П302А: $U_{СИ} = 8.5 \text{ В}$, $I_C = 4 \text{ мА}$, $U_{ЗИ} = 1 \text{ В}$. Диапазон рабочих температур $(-40, +60)^\circ$. Входная проводимость $g_{22} = 1 \text{ мСм}$, $S = 10 \text{ мСм}$, $C_{ВХ} = 3.5 \text{ пФ}$, $C_{ВЫБ} = 3.5 \text{ пФ}$.

Зададимся нестабильностью тока стока: $\delta I_C = 0.1$.

Найдем необходимое сопротивление в цепи истока $R_{И}$:

$$R_{И} = \frac{1 - \delta I_C}{S \cdot \delta I_C} = \frac{1 - 0.1}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 0.1} \cong 1000 \text{ Ом}$$

Сопротивление резистора в цепи затвора выбирается из условия $R_3 \leq 2 \text{ Мом}$.

Для получения заданного смещения на затворе транзистора необходимо подключить к истоку делитель напряжения. Падение напряжения на $R_{И} = 1 \text{ кОм}$ при токе 4 мА равно 4 В. $U_{ЗИ} = 1 \text{ В}$, следовательно, делитель должен обеспечивать напряжение 5 В относительно общего: $U_{Д} = U_{ЗИ} + U_{РИ} = 4 + 1 = 5 \text{ В}$.

Примем сопротивление нижнего плеча делителя $R_{Д2} = 100 \text{ кОм}$, тогда сопротивление верхнего плеча $R_{Д1} = 140 \text{ кОм}$.

Примем падение напряжения на фильтре питания равным 1 В, тогда сопротивление резистора фильтра питания равно:

$$R_{\Phi} = \frac{(E_{П} - U_{СИ})}{I_C} = \frac{9 - 8}{4 \cdot 10^{-3}} \cong 250 \text{ Ом}$$

Рассчитаем емкости блокировочных конденсаторов фильтра и цепи истока:

$$C_{II} = \frac{500}{2\pi \cdot f_0 \cdot R_{II}} = \frac{500}{6.28 \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 10^3} \cong 2.4 \text{ нФ},$$

$$C_{\Phi} = \frac{50}{2\pi \cdot f_0 \cdot R_{\Phi}} = \frac{50}{6.28 \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 250} \cong 0.96 \text{ нФ}$$

Рассчитываем элементы контуров каскада УРЧ. Контур являющейся нагрузкой первого каскада УРЧ – перестраиваемый с помощью варикапа KB111A. Управляющее напряжение равно $U_{\text{УПР}} = 1 \dots 10 \text{ В}$.

Данное напряжение поступает с блока управления приемником (синтезатора). При этом напряжении емкость варикапа изменяется от $C_{\text{В.МАХ}} = 50 \text{ пФ}$ до $C_{\text{В.МИН}} = 25 \text{ пФ}$.

Определим индуктивность катушки по формуле:

$$L = \frac{(k_{\text{ПД}}^2 - 1)}{4\pi^2 \cdot f_{\text{МАХ}}^2 (C_{\text{МАХ}} - C_{\text{МИН}})},$$

$$\text{где } k_{\text{ПД}} = 1.05 \frac{f_{\text{С.МАХ}}}{f_{\text{С.МИН}}} = 1.05 \frac{13.1 \cdot 10^6}{12.6 \cdot 10^6} \cong 1.09$$

$$L = \frac{(1.09^2 - 1)}{4\pi^2 \cdot 13.1^2 \cdot 10^{12} (50 \cdot 10^{-12} - 25 \cdot 10^{-12})} \cong 1.1 \text{ мкГн}$$

Найдем значение дополнительной емкости в контуре:

$$C_{\text{ДОП}} = \frac{(C_{\text{МАХ}} - k_{\text{ПД}}^2 C_{\text{МИН}})}{(k_{\text{ПД}}^2 - 1)} = \frac{(50 - 1.09^2 \cdot 25)}{(1.09^2 - 1)} \cong 107 \text{ пФ}$$

Найдем эквивалентное затухание контура. Примем полосу пропускания УРЧ равной $\Pi = 0.5 \text{ МГц}$: $d_{\text{ЭР}} = \frac{\Pi}{f_{\text{МАХ}}} = \frac{0.5 \cdot 10^6}{13.1 \cdot 10^6} \cong 0.038$

Коэффициент включения стока транзистора в контур равен:

$$m_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{\frac{(d_{\text{э}} - d)}{2\pi f_{\text{MAX}} L g_{22}}} = \sqrt{\frac{(0.038 - 0.01)}{2\pi \cdot 13.1 \cdot 10^6 \cdot 1.1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}}} \cong 0.55$$

Влияние входного сопротивления следующего каскада учитывать не будем, так как оно велико.

Рассчитаем резонансный коэффициент усилителя УРЧ:

$$K_0 = S \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \frac{2\pi f_0 L}{d_{\text{ЭП}}}, \text{ где}$$

$$K_0 = S \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \frac{2\pi f_0 L}{d_{\text{ЭП}}} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0.55 \cdot \frac{2\pi \cdot 13.1 \cdot 10^6 \cdot 1.1 \cdot 10^{-6}}{0.038} \cong 13$$

$$K_{\text{уст}} = 0.45 \sqrt{\frac{Y_{21}}{Y_{12}}} = 0.45 \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-6}}} \cong 15.9$$

Резонансный коэффициент усиления меньше устойчивого.

Произведем расчет конденсатора подстройки:

$$C_{\text{П}} = C_{\text{ДОП}} - C_{\text{М}} - m_1^2 C_{\text{ВЫХ}} - m_2^2 C_{\text{ВХ}} - C_{\text{L}}, \text{ где}$$

$C_{\text{К}}$ - емкость контура,

$C_{\text{ВЫХ}} = 3.5 \text{ пФ}$, $C_{\text{ВХ}} = 3.5 \text{ пФ}$ $C_{\text{L}} = 3 \text{ пФ}$ – паразитная емкость катушки.

$$\begin{aligned} C_{\text{П}} &= C_{\text{ДОП}} - C_{\text{М}} - m_1^2 C_{\text{ВЫХ}} - m_2^2 C_{\text{ВХ}} - C_{\text{L}} = \\ &= 22 - 5 - 3.5 - 1.69^2 \cdot 3.5 - 3 \cong 6.5 \text{ нФ} \end{aligned}$$

Определим реальный коэффициент шума УРЧ:

$$N \approx 1 + \frac{(g'_{\text{зи}} + g'_{\text{к}})}{g'_{\text{с}}} + R_{\text{ш}} \frac{(g'_{\text{с}} + g'_{\text{к}} + g_{\text{ш}})^2}{g'_{\text{с}}},$$

$$\text{где } g_{3И} = \frac{0.12 \cdot \omega_0 \cdot C_{3И}}{g_{21}} = \frac{0.12 \cdot 13.1 \cdot 10^6 \cdot 3.5 \cdot 10^{-12}}{10 \cdot 10^{-3}} \cong 0.55 \text{ мСм},$$

$$R_{III} \approx 20 \cdot I_C \frac{1}{Y_{21}^2} = 20 \cdot 0.55 \cdot 10^{-3} \frac{1}{(10 \cdot 10^{-3})^2} \approx 1.1 \text{ Ом},$$

$$g'_C = g_C \frac{m_{БЦ}^2}{m_K^2}, \quad g'_K = g_K \frac{1}{m_K^2} \quad - \text{ пересчитанные ко входу транзистора}$$

активные проводимости источника сигнала (входной цепи) и нагрузочного контура,

$$g_C = \frac{d_{ЭП.БЦ}}{2\pi \cdot f_0 \cdot L_{БЦ}} = \frac{0.039}{2\pi \cdot 13.1 \cdot 10^6 \cdot 0.19 \cdot 10^{-6}} = 6,6 \text{ мСм},$$

$$g_K = \frac{d_{ЭП.К}}{2\pi \cdot f_0 \cdot L_K} = \frac{0.038}{2\pi \cdot 13.1 \cdot 10^6 \cdot 1.1 \cdot 10^{-6}} = 4.2 \text{ мСм},$$

$$g'_C = g_C \frac{m_{БЦ}^2}{m_K^2} = 1.6 \cdot \frac{1^2}{0.55^2} \cong 5.3 \text{ мСм}, \quad g'_K = g_K \frac{1}{m_K^2} = 4 \frac{1}{0.3} = 13.2 \text{ мСм}$$

$$\begin{aligned} N &\approx 1 + \frac{(g'_{3И} + g'_K)}{g'_C} + R_{III} \frac{(g'_C + g'_K + g_{11})^2}{g'_C} = \\ &= 1 + \frac{(0.55 \cdot 10^{-3} + 13.2 \cdot 10^{-3})}{5.3 \cdot 10^{-3}} + 1.3 \frac{(5.3 \cdot 10^{-3} + 13.2 \cdot 10^{-3} + 10^{-6})^2}{5.3 \cdot 10^{-3}} = 1.7 \end{aligned}$$

Второй каскад УРЧ полностью аналогичен первому.

3.3 Расчет преобразователя частоты (ПЧ)

Для преобразователя частоты используем двухзатворный полевой транзистор 2П306А.

Задаем рабочие точки для транзистора 2П306А: $U_{СИ} = 8\text{ В}$, $I_C = 4\text{ мА}$, $U_{ЗИ} = 1\text{ В}$ (сигнальный вход), $U_{З2И} = 0.5\text{ В}$ (вход частоты гетеродина). Диапазон рабочих температур $(-40, +60)^\circ$. Входная проводимость $g_{22} = 0.1\text{ мСм}$, $S = 5\text{ мСм}$, $C_{ВХ} = 4\text{ пФ}$, $C_{ВЫХ} = 4\text{ пФ}$.

Зададимся нестабильностью тока стока:

$$\delta I_C = 0.1$$

Найдем необходимое сопротивление в цепи истока $R_{И}$:

$$R_{И} = \frac{1 - \delta I_C}{S \cdot \delta I_C} = \frac{1 - 0.1}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 0.1} \cong 1000\text{ Ом}$$

Для получения заданного смещения на первом затворе транзистора необходимо подключить к истоку делитель напряжения. Падение напряжения на $R_{И} = 1\text{ кОм}$ при токе 4 мА равно 4 В. $U_{ЗИ} = 1\text{ В}$, следовательно, делитель должен обеспечивать напряжение 5 В относительно общего: $U_{Д} = U_{ЗИ} + U_{РИ} = 4 + 1 = 5\text{ В}$.

Примем сопротивление нижнего плеча делителя $R_{Д2} = 100\text{ кОм}$, тогда сопротивление верхнего плеча $R_{Д1} = 140\text{ кОм}$.

Для получения заданного смещения на втором затворе транзистора необходимо подключить к истоку делитель напряжения. Падение напряжения на $R_{И} = 1\text{ кОм}$ при токе 4 мА равно 4 В. $U_{З2И} = 0.5\text{ В}$,

следовательно, делитель должен обеспечивать напряжение 4.5 В относительно общего: $U_{\text{д}} = U_{\text{зи}} + U_{\text{ри}} = 4 + 0.5 = 4.5 \text{ В}$.

Примем сопротивление нижнего плеча делителя $R_{\text{д2}} = 100 \text{ кОм}$, тогда сопротивление верхнего плеча $R_{\text{д1}} = 166 \text{ кОм}$.

Примем падение напряжения на фильтре питания равным 1 В, тогда сопротивление резистора фильтра питания равно:

$$R_{\phi} = \frac{(E_{\text{п}} - U_{\text{си}})}{I_{\text{с}}} = \frac{9 - 8}{4 \cdot 10^{-3}} \cong 250 \text{ Ом}$$

Рассчитаем емкости блокировочных конденсаторов фильтра и цепи истока:

$$C_{\text{и}} = \frac{500}{2\pi \cdot f_0 \cdot R_{\text{и}}} = \frac{500}{6.28 \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 10^3} \cong 2.4 \text{ нФ},$$

$$C_{\phi} = \frac{50}{2\pi \cdot f_0 \cdot R_{\phi}} = \frac{50}{6.28 \cdot 12.9 \cdot 10^6 \cdot 250} \cong 0.96 \text{ нФ}$$

Рассчитываем выходной контур ПЧ, настроенный на промежуточную частоту $f_{\text{п}} = 0.465 \text{ МГц}$. Для этого выбираем коэффициент подключения контура к транзистору:

$$m_1 = 0.2$$

Индуктивность контура берем равной:

$$L = 5 \text{ мкГн}$$

Рассчитываем эквивалентную емкость контура

$$C_{\text{э}} = \frac{1}{(2\pi f_{\Pi})^2 L} = \frac{1}{(6.28 \cdot 0.465 \cdot 10^6)^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} \cong 0,02 \text{ мкФ}$$

Полоса пропускания ПЧ равна $\Pi = 4.5$ кГц. Тогда эквивалентное затухание контура

$$d_{\text{эР}} = \frac{\Pi}{f_0} = \frac{4.5 \cdot 10^3}{0.465 \cdot 10^6} \cong 0.0096$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{\left(\frac{\Pi}{f_0} - d\right) / 2\pi f_0 L - m_1^2 \cdot g_{\text{ВЫХ}}}{g_{\text{ВХ}2}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\left(\frac{4.5 \cdot 10^3}{0.465 \cdot 10^6} - 0.006\right) / 2\pi \cdot 0.465 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6} - 0.2^2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}}} \cong 0.14$$

Рассчитаем резонансный коэффициент усиления ПЧ

$$K_0 = \frac{0.5 S m_1 m_2 2\pi f_0 L}{d_{\text{эР}}} = \frac{0.5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.2 \cdot 0.14 \cdot 2\pi \cdot 0.465 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0.0096} \cong 0.1$$

Коэффициент усиления каскада мал, следовательно, необходимо увеличить затухание в контуре тем самым, расширив полосу пропускания каскада. Будем учитывать избирательность только в следующих каскадах.

Полоса пропускания ПЧ примем равной $\Pi = 20$ кГц. Тогда эквивалентное затухание контура

$$d_{\text{эР}} = \frac{\Pi}{f_0} = \frac{20 \cdot 10^3}{0.465 \cdot 10^6} \cong 0.04$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{\left(\frac{\Pi}{f_0} - d\right) / 2\pi f_0 L - m_1^2 \cdot g_{\text{ВЫХ}}}{g_{\text{ВХ}2}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\left(\frac{20 \cdot 10^3}{0.465 \cdot 10^6} - 0.01\right) / 2\pi \cdot 0.465 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6} - 0.2^2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}}} \cong 1.43$$

Рассчитаем резонансный коэффициент усиления ПЧ

$$K_0 = \frac{0.5Sm_1m_2 2\pi f_0 L}{d_{\text{ЭП}}} = \frac{0.5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.2 \cdot 1.43 \cdot 2\pi \cdot 0.465 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0.0096} \cong 1.1$$

Устойчивый коэффициент усиления каскада УРЧ равен

$$K_{\text{УСТ}} = 0.45 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}} = 0.45 \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-6}}} \cong 12$$

Т.к. $K_0 < K_{\text{УСТ}}$, то переходим к расчету емкости подстроечного конденсатора $C_{\text{П}}$ с помощью формулы

$$C_{\text{П}} = C_{\text{Э}} - m_1^2 C_{\text{ВЫХ}} - m_2^2 C_{\text{ВХ2}} - C_{\text{Л}},$$

$C_{\text{М}} = 5 \text{ пФ}$ – емкость монтажа,

$C_{\text{Л}} = 3...5 \text{ пФ}$ – паразитная емкость катушки.

$$C_{\text{П}} = 44 \cdot 10^{-12} - 0.2^2 \cdot 4 \cdot 10^{-12} - 0.33^2 \cdot 5 \cdot 10^{-12} - 3 \cdot 10^{-12} \cong 40 \text{ пФ}$$

Далее рассчитаем эквивалентное затухание каскада

$$\begin{aligned} d_{\text{Эmin}} &= d + 2\pi f_0 L (m_1^2 g_{\text{ВЫХ}} + m_2^2 g_{\text{ВХ2}}) = \\ &= 0.01 + 2\pi \cdot 10.7 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6} (0.2^2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3} + 0.33^2 \cdot 10^{-3}) \cong 0.047 \end{aligned}$$

Определим коэффициент шума каскада. Коэффициент шума ПЧ выполненного на транзисторе 2П306А равен:

$$N_{\text{ПЧ}} \approx 4N_{\text{Т.Мин}} = 4 \cdot 2.5 = 10$$

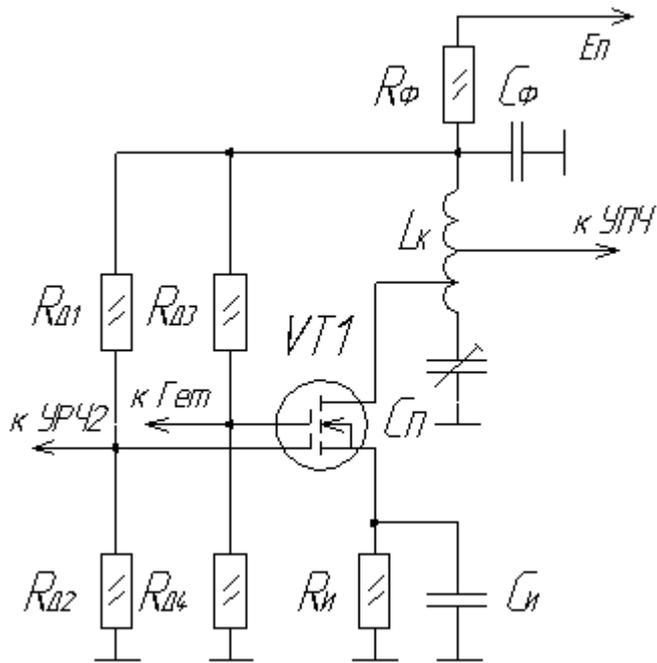


Рис.4 Схема преобразователя частоты.

3.4 Расчет УПЧ

УПЧ будем строить по схеме с фильтром сосредоточенной селекции (ФСС). В качестве активного элемента применяем транзистор КТ368Б.

$$S = 50 \text{ мСм}, Y_{129} = 50 \text{ мкСм}, g_{11} = 10^{-3} \text{ мСм}, g_{22} = 10^{-4} \text{ мСм}$$

Определяем величину η^* :

$$\eta^* = \frac{2f_{п}d}{\Pi} = \frac{2 \cdot 0,465 \cdot 10^6 (0,0025 \dots 0,005)}{4,5 \cdot 10^3} = \frac{2 \cdot 0,465 \cdot 10^6 \cdot 0,003}{4,5 \cdot 10^3} \cong 0,62$$

Задаемся числом звеньев ФСС $n = 4$. Определяем ослабление на границе полосы П, создаваемое одним звеном:

$$Se_{п1} = \frac{Se_{п}}{n} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ дБ}$$

По графикам 6.4 определяем $\chi = 0.8$. Определяем разность частот среза:

$$\Delta f_{CP} = \frac{\Pi}{\chi} = \frac{4.5 \cdot 10^3}{0.8} \cong 5,625 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$y_1 = 2 \frac{\Delta f_{CK}}{\Delta f_{CP}} = 2 \frac{14,5}{5,625} \cong 2,57$$

Найдем значение параметра $\eta = \chi \cdot \eta^* = 0.8 \cdot 0.62 \cong 0.5$.

Находим по графикам ослабление соседнего канала одним звеном:

$$Se_{CK1} = 12 \text{ дБ}$$

Общее расчетное ослабление фильтра на частоте соседнего канала равно:

$$Se_{CK} = n \cdot Se_{CK1} - \Delta Se, \text{ где}$$

$\Delta Se = 5 \text{ дБ}$ – ухудшение избирательности из-за рассогласования фильтра с источником сигнала и нагрузкой.

$$Se_{CK} = n \cdot Se_{CK1} - \Delta Se = 4 \cdot 12 - 5 = 43 \text{ дБ}$$

ФСС обеспечивает избирательность по соседнему каналу лучшую, чем требуется.

Зададимся величиной $W_0 = 5 \text{ кОм}$.

Вычислим коэффициенты трансформации соответственно для первого и последнего каскадов:

$$m_1 = \frac{1}{\sqrt{W_0 g_{22}}} = \frac{1}{\sqrt{5 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4}}} \cong 1.4,$$

$$m_2 = \frac{1}{\sqrt{W_0 g_{11}}} = \frac{1}{\sqrt{5 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}} \cong 0.4$$

Подключим шунтирующий резистор:

$$R_{\text{ш}} = \frac{W_0}{1 - W_0 g_{22}} = \frac{5 \cdot 10^3}{1 - 0.5} = 10 \text{ кОм}$$

Рассчитаем элементы, образующие звенья фильтра:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot W_0 \cdot f_{\text{П}}} = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 0,465 \cdot 10^6} \cong 0,06 \text{ нФ},$$

$$C_2 = \frac{1}{\pi \cdot W_0 \cdot \Delta f_{\text{CP}}} - 2C_1 = \frac{1}{\pi \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 5,625 \cdot 10^3} - 2 \cdot 10 \cdot 10^{-12} \cong 11 \text{ нФ}$$

$$C_3 = 0.5 \cdot C_2 - m_1^2 \cdot C_{22} = 0.5 \cdot 2800 \cdot 10^{-12} - 1^2 \cdot 15 \cdot 10^{-12} \cong 1.4 \text{ нФ}$$

$$C_4 = 0.5 \cdot C_2 - m_2^2 \cdot C_{11} = 0.5 \cdot 2800 \cdot 10^{-12} - 0.45^2 \cdot 20 \cdot 10^{-12} \cong 1.4 \text{ нФ}$$

$$L_2 = \frac{W_0 \Delta f_{\text{CP}}}{(4\pi f_{\text{П}})^2} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 5,625 \cdot 10^3}{(4\pi \cdot 0,465^2 \cdot 10^{12})} \cong 10 \text{ мкГн}$$

$$L_1 = 2L_2 = 2 \cdot 10 = 10 \text{ мкГн}$$

Рассчитаем индуктивность связи ФСС с коллекторной цепью транзистора:

$$L_{\text{CB}} = L_1 \left(\frac{m_1}{k_{\text{CB}}} \right)^2 = 1 \cdot \left(\frac{1}{0.7} \right)^2 \cong 1.4 \text{ мкГн}$$

Определим коэффициент передачи $K_{\text{ПФ}}$ по графику 6.6 [1]:

$$K_{\text{ПФ}} = 0.5$$

Рассчитаем коэффициент усиления каскада, нагруженного на ФСС:

$$K_{0\Phi} = 0.5 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot S \cdot W_0 \cdot K_{\text{ПФ}} = 0.5 \cdot 1 \cdot 0.4 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cong 25$$

$$K_{уст} = 0.45 \sqrt{\frac{Y_{21}}{Y_{12}}} = 0.45 \sqrt{\frac{50}{0.05}} \cong 14$$

Коэффициент усиления первого каскада УПЧ больше устойчивого.

Снизим коэффициент усиления введением ООС с фактором :

$$F = \frac{K_0}{K_{уст}} = \frac{25}{14} = 1.8$$

Данный фактор ОС обеспечит незашунтированное сопротивление в цепи эмиттера транзистора:

$$R_{доп} = \frac{F-1}{S} = \frac{1.8-1}{50 \cdot 10^{-3}} = 16 \text{ Ом}$$

Принципиальная схема УПЧ с ФСС представлена на рисунке 5.

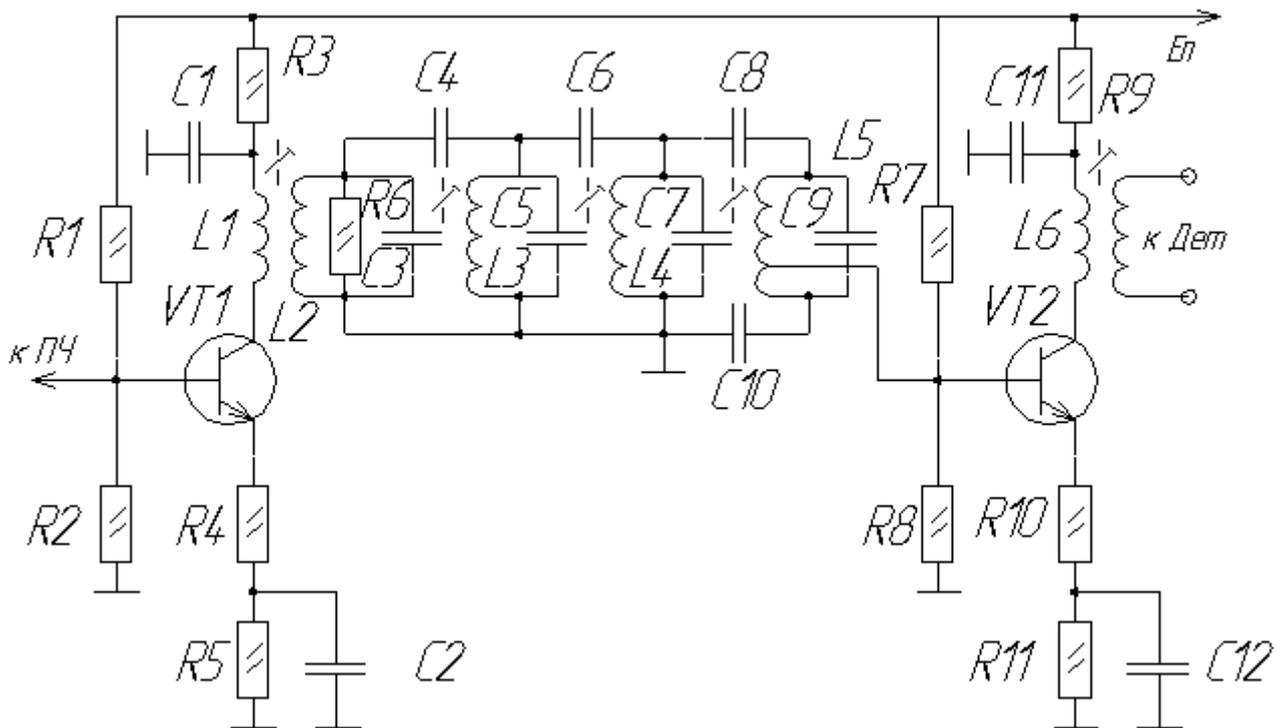


Рис. 5. Схема УПЧ с ФСС

Рассчитаем элементы, обеспечивающие режим работы транзисторов.

Определяем изменение обратного тока коллектора

$$\Delta I_{\text{КБ0}} = I_{\text{КБ0}} \cdot 2^{0.1(T_{\text{MAX}} - T_0)} = 0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 2^{0.1(333 - 293)} \cong 8 \text{ мкА}$$

Находим тепловое смещение напряжения базы

$$\Delta U_{\text{ЭБ}} = \gamma(T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}}),$$

где $\gamma = 1.8 \text{ мВ/К}$,

$$\Delta U_{\text{ЭБ}} = \gamma(T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}}) = 1.8 \cdot 10^{-3}(333 - 293) \cong 72 \text{ мВ}$$

Вычисляем необходимую нестабильность коллекторного тока

$$\Delta I_{\text{К}} = \frac{I_{\text{К}}(T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}})}{T_0} = \frac{1 \cdot 10^{-3}(333 - 233)}{293} \cong 0.34 \text{ мА}$$

Вычисляем сопротивление резисторов

$$R_{\text{Э}} = \frac{\left(\Delta U_{\text{ЭБ}} + \frac{(10 \dots 20) \Delta I_{\text{КБ0}}}{g_{11}} \right)}{\Delta I_{\text{К}}} = \frac{\left(0.072 + \frac{10 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-3}} \right)}{0.34 \cdot 10^{-3}} = 450 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{Ф}} = \frac{(E_{\text{П}} - U_{\text{КЭ}})}{I_{\text{К}}} - R_{\text{Э}} = \frac{9 - 8}{1 \cdot 10^{-3}} - 450 \cong 550 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{Д1}} = (10 \dots 20) \frac{E_{\text{н}}}{g_{11} R_{\text{Э}} I_{\text{К}}} = 10 \cdot \frac{9}{10^{-3} \cdot 550 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} \cong 16300 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{Д2}} = (10 \dots 20) \frac{E_{\text{н}}}{g_{11} (E_{\text{П}} - R_{\text{Э}} I_{\text{К}})} = 10 \cdot \frac{9}{10^{-3} \cdot (9 - 550 \cdot 1 \cdot 10^{-3})} \cong 10,6 \text{ кОм}$$

Рассчитаем емкости конденсаторов

$$C_{\text{с}} = C_{\text{Э}} = \frac{500}{2\pi \cdot f_0 \cdot R_{\text{Э}}} = \frac{500}{6.28 \cdot 0,465 \cdot 10^6 \cdot 450} \cong 0,38 \text{ мкФ}$$

$$C_{\phi} = \frac{50}{2\pi \cdot f_0 \cdot R_{\phi}} = \frac{50}{6.28 \cdot 0,465 \cdot 10^6 \cdot 550} \cong 31 \text{ нФ}$$

4.Список использованной литературы

1. Радиоприёмные устройства. Учебник для вузов/ Н.Н.Фомин, Н.Н.Буга, О.В.Головин и др.; Под ред.Н.Н. Фомина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 520 с.: ил.
2. Головин О.В. Радиоприемные устройства. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.: ил.
3. Онищук А.Г., Забеньков И.И., Амелин А.М. Радиоприёмные устройства. Уч. пособие. Минск, ООО «Новые знания», 2005. – 240 с.

Задание на выполнение курсовой работы.

Расчет радиовещательного приемника КВ диапазона.

Пояснительная записка; предварительный расчет; электрический расчет ВЦ, УРЧ, преобразователя частоты, УПЧ; список литературы.

Графический материал: Схема электрическая принципиальная (А1), печатная плата приемника (А2).

Исходные данные:

диапазон частот=12.6-13.1 МГц,

частотная характеристика=0.2-4.5 КГц,

$U_{\min}=1.5\text{мкВ}$,

$\Delta f_{\text{СК}}=14\text{КГц}$,

$\gamma=12$,

$S_{1_{\text{ЗК}}}=34\text{дБ}$, $S_{1_{\text{СК}}}=30\text{дБ}$,

$U_{\text{ПИТ}}=9\text{В}$, $P_{\text{ВЫХ}}=350\text{мВт}$.