

Московский Авиационный Институт
(Государственный Технический Университет)

**Курсовая работа по дисциплине:
"Устройства приема и преобразования сигналов"**

Выполнил студент гр. 14-502
Столяров С.А.

Москва
2010 г.

Содержание

| | |
|---|----|
| 1. Задание..... | 3 |
| 2. Введение..... | 4 |
| 2.1. Обзор..... | 4 |
| 2.2. Выбор и обоснование структурной схемы..... | 4 |
| 3. Расчет структурной схемы..... | 6 |
| 3.1. Расчет полосы пропускания линейного тракта..... | 6 |
| 3.2. Расчет допустимого коэффициента шума..... | 7 |
| 3.3. Выбор средств обеспечения избирательности..... | 10 |
| 3.4. Выбор средств обеспечения усиления..... | 11 |
| 4. Расчет электрической принципиальной схемы..... | 12 |
| 4.1. Расчет параметров усилителя промежуточной частоты (УПЧ)..... | 12 |
| 4.2. Расчет детектора радиоимпульсов..... | 19 |
| Список используемой литературы..... | 21 |

ЗАДАНИЕ № 10

1. Рассчитать: структурную схему радиоприемника
2. Назначение проектируемого устройства: радиолокационная станция обнаружения
3. Разработать и рассчитать принципиальную схему УПЧ
4. Диапазон рабочих частот: $f_c := 10 \cdot 10^9$ Гц
5. Вид антенны: приемно-передающая $R_A := 50 \text{ Ом}$ $l_\phi := 3$ м
6. Входной сигнал: импульсный, $\tau_{\text{и}} := 0.8 \cdot 10^{-6}$ сек
7. Чувствительность приемника : $P_c := 1.1 \times 10^{-13}$ Вт
8. Диапазон уровней входного сигнала $D := 50$ дБ
9. Диапазон уровней выходного сигнала $D_1 := 6$ дБ
10. Ослабление побочных каналов: (зеркального): $Sl_3 := 32$ дБ
11. Требования к АПЧ: предусмотреть и описать
12. Относительная нестабильность частоты сигнала $\delta f_c := 5 \cdot 10^{-4}$ Гц
10. Уровень выходного сигнала: $U_{\text{ВЫХ}} := 4$ В
14. Требования к АРУ: предусмотреть и описать
15. Допустимые искажения выходного сигнала:
 $\tau_\phi := 0.2 \cdot \tau_{\text{и}}$
 $\Delta := 0,05$
16. Допустимый уровень шума, соотношение сигнал/шум на выходе линейной части приемника: $\gamma := 3,9$
17. Источник электроэнергии: $E_{\text{п}} := 36$ В
18. Эксплуатационные особенности: диапазон рабочих температур:
 $T_{\text{min}} := -10$ $T_{\text{max}} := 50$ С

1. Введение.

1.1 Обзор.

Радиоприемное устройство состоит из приемной антенны, радиоприемника и оконечного устройства, предназначенного для воспроизведения сигналов.

В радиоприемном устройстве решается ряд задач:

- преобразование электромагнитной волны в электрический сигнал, обеспечение пространственной и поляризационной селекции;
- выделение полученного сигнала из совокупности всех сигналов и помех, поступающих на вход радиоприемника;
- усиление полезного сигнала до уровня необходимого для нормальной работы детектора;
- детектирование;
- обработка принятых сигналов с целью ослабления воздействия помех искусственного и естественного происхождения.

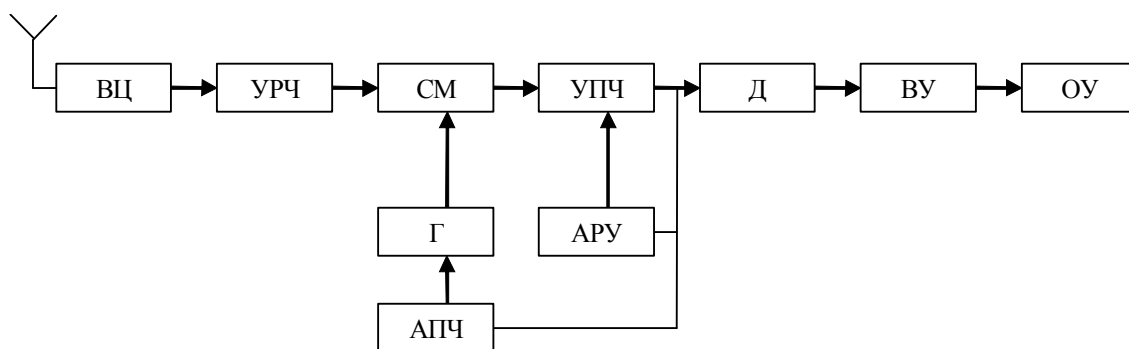
Радиоприемные устройства можно классифицировать по многим признакам, рассмотрим некоторые из них.

По назначению можно выделить связные, вещательные, радиолокационные, навигационные и телеметрические, в данной работе рассматривается импульсная, радиолокационная приемно-передающая станция обнаружения. Она излучает зондирующие радиоимпульсы с фиксированным периодом следования, длительностью импульсов, амплитудой и несущей частотой. Импульс, отраженный от цели, поступает на вход приемника, где он выделяется из множества сигналов и шумов, усиливается и подается на пороговое устройство, которое принимает решение о наличии или отсутствии цели.

По типу структурных схем существует 4 вида приемников: детекторные, регенеративные, сверхрегенеративные и супергетеродинные.

1.2 Выбор и основание структурной схемы.

В данной работе будет использована супергетеродинная структурная схема, которая имеет ряд преимуществ перед другими типами радиоприемников. Так как основное усиление происходит на промежуточной, более низкой, фиксированной частоте, чем частота несущих колебаний, то можно рассчитать основной тракт радиоприемника на эту промежуточную частоту, тем самым улучшаются его усилительные и селективные свойства.



Структурная схема супергетеродинного радиоприемника

ВЦ – входная цепь, предназначенная для согласования антенны с входом УРЧ.

УРЧ – усилитель радиочастоты.

См – смеситель.

Г – гетеродин.

УПЧ – усилитель промежуточной частоты

Д – детектор

ВУ – усилитель низкой частоты

ОУ – окончательное устройство

АРУ – автоматическая регулировка усиления, применяется для поддержания уровней сигнала на выходе приемника в сравнительно малых пределах при больших и быстрых изменениях уровня сигнала на входе. Служит для предотвращения перегрузки каскадов сильными сигналами и появления нелинейных искажений. При введении АРУ расширяется динамический диапазон приемника. Принцип АРУ состоит в автоматическом изменении коэффициентов усиления отдельных элементов приемника при изменении уровня принимаемых сигналов или напряжения питания. Качество регулировки зависит от способа получения регулирующего напряжения, которое воздействует на соответствующие элементы тракта приемника, изменяет коэффициент усиления (передачи). Регулирующее напряжение должно зависеть не от мгновенного значения входного сигнала, а от среднего значения амплитуды (за время, значительно превышающее время изменения амплитуды под действием полезной информации).

В РЛС, как правило, применяется система АРУ обратного регулирования, в которой регулирующее напряжение вырабатывается выпрямителем выходного напряжения УПЧ и подается для регулировки усиления предшествующих выпрямителю каскадов.

АПЧ – автоматическая подстройка частоты, позволяет устранить расстройку приемника, вызванную нестабильностью частоты гетеродина, либо другими причинами. Система АПЧ работает следующим образом. Если разность частот гетеродина и сигнала не равна ПЧ приемника, вырабатывается соответствующее управляющее напряжение, воздействующее на гетеродин, и изменяющее его частоту так, чтобы разность частот сигнала и гетеродина приблизилась к ПЧ.

2. Расчет структурной схемы.

2.1. Расчет полосы пропускания линейного тракта приемника

Ширина полосы пропускания линейного тракта ΔF складывается из ширины спектра сигнала ΔF_c , запаса для учета нестабильности сигнала и гетеродина ΔF_{nc} и доплеровской поправки Δf_d :

$$\Delta F_c = \Delta F_c + \Delta F_{nc} + \Delta f_d$$

$$\Delta F_c := \frac{1.37}{\tau_{и}} = 1.713 \times 10^6 \text{ Гц}$$

Величина ΔF_{nc} определяется по формуле

$$\Delta F_{nc} := 2 \sqrt{\delta f_c^2 + \delta f_{Г}^2 + \delta f_{H}^2 + \delta f_{П}^2}$$

Где δf_c - нестабильность частоты сигнала
 $\delta f_{Г}$ - нестабильность частоты гетеродина
 δf_{H} - нестабильность настройки гетеродина
 $\delta f_{П}$ - нестабильность настройки УПЧ

Определим нестабильность частоты гетеродина:

Выберем гетеродин на туннельном диоде, его относительная нестабильность частоты:

$$\alpha := 2 \cdot (10^{-3})$$

Выберем промежуточную частоту:

$$f_{П} := 60 \cdot 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_{Г} := f_c + f_{П} = 1.006 \times 10^{10} \text{ Гц}$$

$$\delta f_{Г} := f_{Г} \cdot \alpha = 2.012 \times 10^7 \text{ Гц}$$

Так как данный приемник настроен по принимаемому сигналу, то:

$$\delta f_{H} := 0$$

$$\delta f_{П} := 0$$

2

$$\Delta F_{nc} := 2 \sqrt{\delta f_c^2 + \delta f_{Г}^2 + \delta f_{H}^2 + \delta f_{П}^2} = 4.024 \times 10^7 \text{ Гц}$$

Сравним ширину полосы сигнала и запас на нестабильности: $\Delta F_{\text{НС}} = 40 \text{ МГц} > \Delta F_{\text{с}} = 1,7 \text{ МГц}$.

Исходя из этого можно заключить, что необходимо вводить систему автоматической подстройки частоты (АПЧ). Коэффициент передачи АПЧ лежит в пределах от 15 до 30. в данной работе возьмем $K_{\text{АПЧ}} = 30$

$$K_{\text{АПЧ}} := 30$$

Вычислим значение доплеровского смещения частоты сигнала

$$\Delta f_{\text{д}} := \left(2 \cdot \frac{v_{\text{p}}}{c} \right) \cdot f_{\text{с}}$$

Максимальная скорость полета истребителя МИГ 29 составляет 1500 км/ч.

$$v_{\text{p}} := 1500 \quad \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$v_{\text{p}} := \frac{v_{\text{p}}}{3.6} = 416.667 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c := 3 \cdot 10^8 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \text{- скорость распространения радиоволн}$$

$$\Delta f_{\text{д}} := \left(2 \cdot \frac{v_{\text{p}}}{c} \right) \cdot f_{\text{с}} = 2.778 \times 10^4 \quad \text{Гц}$$

Вычислим ширину полосы пропускания:

$$\Delta F := \Delta F_{\text{с}} + \frac{2\Delta f_{\text{д}} + \Delta F_{\text{НС}}}{K_{\text{АПЧ}}} = 3.056 \times 10^6 \quad \text{Гц}$$

2.2. Расчет допустимого коэффициента шума

Вычислим допустимый коэффициент шума:

$$K_{\text{д}} := \frac{P_{\text{А}}}{\gamma \cdot k \cdot T_0 \cdot \Pi_{\text{ш}}} - \left[\left(\frac{T_{\text{А}}}{T_0} \right) - 1 \right]$$

где $P_{\text{ш}} := 1.1 \times 10^{-13} \text{ Вт}$ - чувствительность приемника (задана)

$\gamma := 3.9$ - отношение сигнал/шум на входе приемника

$k := 1.38 \cdot 10^{-23}$ - постоянная Больцмана

$T_0 := 290$ - температура приемника

$\Delta F_{\text{ш}} := 1.1 \cdot \Delta F$ - эффективная шумовая полоса линейного тракта

$\Delta F_{\text{ш}} = 3.361 \times 10^6$ Гц

$T_A := 200$ - шумовая температура антенны

$$K_{\text{д}} := \left[\frac{P_c}{\gamma \cdot k \cdot T_0 \cdot \Delta F_{\text{ш}}} - \left[\left(\frac{T_A}{T_0} \right) - 1 \right] \right]$$

$$K_{\text{д}} = 2.407$$

Из литературы известно, что без использования молшумящего УРЧ невозможно получить такой коэффициент шума, по этому в данной работе используется параметрический МШУ на полупроводниковом диоде без охлаждения

$$K_0 := \left(\frac{1}{K_{\text{рвц}} \cdot K_{\text{рф}}} \right) \cdot \left[K_{\text{урч}} + \left(\frac{K_{\text{см}} - 1}{K_{\text{рурч}}} \right) + \left(\frac{K_{\text{упч}} - 1}{K_{\text{рурч}} \cdot K_{\text{рсм}}} \right) \right]^2$$

где $K_{\text{рвц}} := 0.8$ - коэффициент передачи по мощности входной цепи

$K_{\text{рф}} := 10^{-0.1 \cdot \beta_{\text{ф}} \cdot l_{\text{ф}}}$ - коэффициент передачи мощности антенного фидера

$\beta_{\text{ф}} := 0.13$ - погонное затухание медного посеребренного волновода

$l_{\text{ф}} := 3$ м - длина фидера

$$K_{\text{рф}} := 10^{-0.1 \cdot \beta_{\text{ф}} \cdot l_{\text{ф}}} = 0.914$$

$K_{\text{урч}} := 1.15 \dots 1.5$ - коэффициент шума УРЧ

$$K_{\text{урч}} := 1.35$$

Коэффициент усиление УРЧ лежит в пределах от 30 до 300, возьмем среднегеометрическое этих чисел и получим: 90

$$K_{\text{рурч}} := 90$$

В данной работе применяется диодный баллансный смеситель, коэффициент передачи такого смесителя от 0,2 до 0,3, а коэффициент шума примерно равен 3,45

$$K_{\text{рсм}} := 0.25$$

$$K_{\text{см}} := 3.45$$

Зададимся приблизительными значениями коэффициентов шума и усиления УПЧ. Пусть коэффициент усиления УПЧ будет равен 100, а коэффициент шума мы примем равным 2.

$$K_{\text{упч}} := 2$$

$$K_{\text{рупч}} := 100$$

$$K_0 := \frac{1}{K_{\text{рвц}} \cdot K_{\text{рф}}} \left(K_{\text{урч}} + \frac{K_{\text{см}} - 1}{K_{\text{рурч}}} + \frac{K_{\text{упч}} - 1}{K_{\text{рурч}} \cdot K_{\text{рсм}}} \right) = 1.944$$

Таким образом, полученный коэффициент шума приемника 1,94 меньше допустимого, значит такой приемник будет удовлетворять заданию.

3.3. Выбор средств обеспечения избирательности

В супергетерадинном приемнике входная цепь должна обеспечивать селекцию по зеркальному каналу. Поскольку данная радиолокационная станция работает в сантиметровом диапазоне волн, то можно воспользоваться полосовым фильтром на полосковых линиях, для этого необходимо рассчитать обобщенную расстройку зеркального канала. Так как в данной работе используется верхний гетеродин, то:

$$\xi_{зк_в} := 4 \cdot \left(\frac{f_{\Pi}}{f_c} \right) \cdot \frac{f_c + f_{\Pi}}{f_c + 2 \cdot f_{\Pi}} \cdot d_{\text{эп}}$$

$d_{\text{эп}} := 0.003$ - эквивалентное затухание при входной цепи из n связанных контуров

$$\xi_{зк} := 4 \cdot \left(\frac{f_{\Pi}}{f_c} \right) \cdot \frac{f_c + f_{\Pi}}{f_c + 2 \cdot f_{\Pi}} = 7.953$$

Далее по рисунку 1 определяем количество контуров:

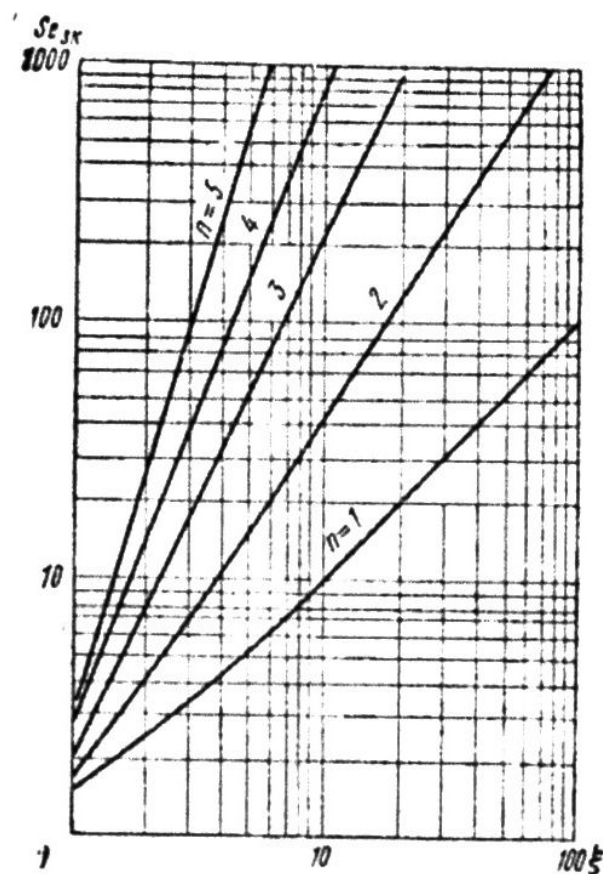


Рис. 1

Из рисунка видно, что $n=2$

3.4. Выбор средств обеспечения усиления.

Найдем амплитуду на входе УПЧ:

$$U_{\text{ПВХ}} := \sqrt{\frac{2P_c \cdot K_{\text{рвц}} \cdot K_{\text{рупч}} \cdot K_{\text{рсм}} \cdot K_{\text{рф}}}{g_{\text{ВХ}}}}$$

где $g_{\text{ВХ}} := 0.022$ См - Активная входная проводимость УПЧ g_{11} , найденная при расчеты у-параметров транзистора (п.4.1.)

$$U_{\text{ПВХ}} := \sqrt{\frac{2P_c \cdot K_{\text{рвц}} \cdot K_{\text{рупч}} \cdot K_{\text{рсм}} \cdot K_{\text{рф}}}{g_{\text{ВХ}}}} = 1.352 \times 10^{-5} \quad \text{В}$$

Напряжение на Входе детектора, а соответственно на выходе УПЧ должно быть таким, чтобы обеспечить нормальную работу детектора. Положим что напряжение На выходе УПЧ должно быть равно 1 В. К тому же возьмем коэффициент запаса для расчета необходимого усиления равный 2.5

$$U_{\text{П1}} := 1 \quad \text{В}$$

$$k_3 := 2.5$$

$$K_{0\text{УПЧ}} := \frac{U_{\text{П1}} \cdot k_3}{U_{\text{ПВХ}}} = 1.849 \times 10^5$$

Устойчивое усиление одного каскада УПЧ рассчитано в п. 4.1 и равно 9.663

$$K_{0\text{уст}} := 9.663$$

Необходимое количество каскадов рассчитывается по формуле:

$$m := \frac{\log(K_{0\text{УПЧ}})}{\log(K_{0\text{уст}})} = 5.347$$

Для уменьшения количества каскадов целесообразно перейти на каскодную схему включения транзисторов ОЭ-ОБ. Расчет УПЧ будет представлен в п.4.

Определим коэффициент усиления ВУ:

$$K := \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{П1}} \cdot K_{\text{д}}} \quad \text{где } K_{\text{д}} := 0.8 \quad \text{коэффициент передачи детектора, рассчитанный в п. 4.2.}$$

$$K := \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{П1}} \cdot K_{\text{д}}} = 5$$

4. Расчет электрической принципиальной схемы

4.1. Расчет параметров усилителя промежуточной частоты (УПЧ)

Возьмем транзистор КТ939В - это кремниевый планарный транзистор:

| | | |
|-------------------------------|----|---|
| $f_{гр} := 1500 \cdot 10^6$ | Гц | Граничная частота транзистора |
| $\tau_k := 10 \cdot 10^{-12}$ | с | постоянная времени транзистора |
| $C_k := 6 \cdot 10^{-12}$ | Ф | емкость коллекторного перехода |
| $I_k := 30$ | мА | ток коллектора |
| $\beta_0 := 100$ | | коэффициент усиления тока базы в схеме с ОЭ |
| $\xi := 4$ | | |
| $I_{кб0} := 3 \cdot 10^{-6}$ | А | |

Приведем расчет Y- параметров транзистора:

$$\alpha_0 := \frac{\beta_0}{1 + \beta_0} = 0.99 \quad \text{коэффициент передачи тока эмитера}$$

Активное сопротивление базы и эмитора транзистора:

$$r_{б} := \frac{\tau_k}{C_k} \cdot \xi = 6.6 \text{ Ом} \quad r_{э} := \frac{25.6 \cdot \alpha_0}{I_k} = 0.845 \text{ Ом}$$

$$h_{11б} := r_{э} + \frac{r_{б}}{\beta_0} = 0.912 \text{ Ом} \quad f_{y21} := \frac{f_{гр} \cdot h_{11б}}{r_{б}} = 2.051 \times 10^8 \text{ Гц}$$

$$\gamma_s := \frac{f_{п}}{f_{y21}} = 0.293$$

$$\gamma_{гр} := \frac{f_{п}}{f_{гр}} = 0.04$$

$$Y_{21} := \frac{\beta_0}{(1 + \beta_0) \cdot h_{11б} \cdot \sqrt{1 + \gamma_s^2}} = 1.042 \text{ См}$$

$$Y_{12} := 6.28 \cdot f_{п} \cdot C_k = 2.261 \times 10^{-3} \text{ См}$$

$$g_{11} := \frac{1 + \beta_0 \cdot \gamma_{\Gamma P} \cdot \gamma_s}{\beta_0 \cdot h_{11\sigma} \cdot (1 + \gamma_s^2)} = 0.022 \quad \text{См}$$

$$C_{11} := \frac{\beta_0 \cdot \gamma_{\Gamma P} - \gamma_s}{6.28 \cdot f_{\Pi} \cdot \beta_0 \cdot h_{11\sigma} \cdot (1 + \gamma_s^2)} = 9.943 \times 10^{-11} \quad \Phi$$

$$b_{11} := 6.28 \cdot f_{\Pi} \cdot C_K + \frac{6.28 \cdot f_{\Pi} \cdot \tau_K \cdot (1 + \beta_0 \cdot \gamma_{\Gamma P} \cdot \gamma_s)}{\beta_0 \cdot h_{11\sigma} \cdot (1 + \gamma_s^2)} = 2.343 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

$$g_{22} := \frac{6.28 \cdot f_{\Pi} \cdot \tau_K \cdot \gamma_s}{h_{11\sigma} \cdot (1 + \gamma_s^2)} = 1.114 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

$$C_{22} := C_K + \frac{\tau_K}{\left[h_{11\sigma} \cdot (1 + \gamma_s^2) \right]} = 1.611 \times 10^{-11} \quad \Phi$$

$$b_{22} := 6.28 \cdot f_{\Pi} \cdot C_K + \frac{6.28 \cdot f_{\Pi} \cdot \tau_K}{\left[h_{11\sigma} \cdot (1 + \gamma_s^2) \right]} = 6.069 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

$$Y_{22} := g_{22} + i \cdot b_{22} \quad |Y_{22}| = 6.17 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

Рассчитаем коэффициент шума первого каскада УПЧ в режиме согласования

$$R_{\text{ш}} := \frac{20I_K \cdot 10^{-3}}{Y_{21}^2} = 0.552 \quad \text{Ом}$$

$$G_{\text{ш}} := \frac{20I_K \cdot (1 - \alpha_0) \cdot 10^{-3}}{\alpha_0} = 6 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

$$K_{\text{ш}} := 1 + (r_{\sigma} + 4 \cdot R_{\text{ш}}) \cdot g_{11} + \frac{G_{\text{ш}} \cdot (1 - r_{\sigma} \cdot g_{11})^2 + r_{\sigma} \cdot b_{11}^2}{g_{11}} = 1.396$$

По характеру распределения избирательности в каскадах выберем УПЧ с распределенной избирательностью, в котором функции усиления и избирательности обеспечиваются в каждом каскаде. При этом резонансные контура одновременно с селекцией определяют и усиление тракта.

Для первого каскада выбран транзистор КТ939В, проверим выполнение следующего условия:

$$f_{y12} > (2..3)f_{\text{пр}}$$

200 МГц > 60 МГц, очевидно, что данное условие выполняется, по-этому будем использовать этот транзистор и для остальных каскадов

Поскольку в задании не предъявлено конкретных требований к избирательности, применим усилитель с одиночными настроенными контурами, который обеспечивает достаточно высокую линейность фазовой характеристики, хорошую стабильность формы резонансной кривой и простоту конструкции и настройки.

Определим устойчивый коэффициент усиления:

$$K_{0уст} := 0.45 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}} = 9.663$$

Минимальное число каскадов определяется по формуле:

$$m := \frac{\log(K_{0упч})}{\log(K_{0уст})} = 5.347$$

Для уменьшения количества каскадов целесообразно перейти на каскодную схему включения транзисторов ОЭ-ОБ, для чего необходимо определить параметры составного транзистора по таблице 3.3 [1, стр. 116]

$$Y_{21} := Y_{21} = 1.042$$

$$Y_{12} := \frac{Y_{12} \cdot Y_{22}}{Y_{21}} = 2.416 \times 10^{-6} + 1.316i \times 10^{-5}$$

$$|Y_{12}| = 1.338 \times 10^{-5} \quad \text{См}$$

Определим активные проводимости и емкости транзисторов:

$$g_{11} = 0.022 \quad \text{См}$$

$$g_{22} = 1.114 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

$$C_{11} = 9.943 \times 10^{-11} \quad \text{Ф}$$

$$C_{22} = 1.611 \times 10^{-11} \quad \text{Ф}$$

$$|Y_{21}| = 1.042 \quad \text{См}$$

$$|Y_{12}| = 1.338 \times 10^{-5} \quad \text{См}$$

Пересчитаем устойчивое усиление для одного каскодного соединения:

$$K_{0уст} := 0.45 \sqrt{\frac{|Y_{21}|}{|Y_{12}|}} = 125.605$$

$$m := \frac{\log(K_{0упч})}{\log(K_{0уст})} = 2.509$$

Принимаем $m=3$.

$$m := 3$$

Определим минимально допустимое, с точки зрения стабильности формы частотной характеристики, отношение эквивалентной емкости контура каскада к емкости, вносимой в контур транзисторами, для этого по таблице 6.1 [1, стр. 272] определим ψ

$$\psi := 1.96$$

$$d_э := \left(\frac{\Delta F}{f_{\Pi}} \right) \cdot \psi = 0.1$$

Вычислим критические значения эквивалентного затухания контура:

$$d_I := d + \frac{1}{\pi \cdot a \cdot f_{\Pi} \cdot \left(\frac{C_{11}}{g_{11}} + \frac{C_{22}}{g_{22}} \right)}$$

$$d_{II} := d + \frac{1}{\pi \cdot a \cdot f_{\Pi} \cdot \left(\frac{g_{11}}{C_{11}} + \frac{g_{22}}{C_{22}} \right)}$$

Где, $d=0.01$ - собственное затухание катушки, b - относительное изменение входной и выходной емкостей транзистора, которое выбирается из интервала $0,1 \dots 0,3$, пусть $b=0,25$. μ для УПЧ с настроенными одиночными контурами выбирается из интервала $1 \dots 1,5$, пусть $\mu=1,5$

$$d := 0.01$$

$$b := 0.25$$

$$\mu := 1.5$$

$$a := \frac{b \cdot f_{\Pi}}{\mu \cdot \Delta F}$$

$$d_I := d + \frac{1}{\pi \cdot a \cdot f_{\Pi} \cdot \left(\frac{C_{11}}{g_{11}} + \frac{C_{22}}{g_{22}} \right)} = 0.095$$

$$d_{II} := d + \frac{1}{\pi \cdot a \cdot f_{\Pi} \cdot \left(\frac{g_{11}}{C_{11}} + \frac{g_{22}}{C_{22}} \right)} = 0.48$$

Определим коэффициент включения:

$$m_2 := \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot f_{\Pi} \cdot (d_3 - d) \cdot a \cdot C_{22} - g_{22}}{g_{11} - 2 \cdot \pi \cdot f_{\Pi} \cdot (d_3 - d) \cdot a \cdot C_{11}}} = 0.248$$

Эквивалентную емкость контура принимаем равной минимально допустимой:

$$C_3 := a \cdot (C_{22} + m_2^2 \cdot C_{11}) = 7.271 \times 10^{-11}$$

Определим Коэффициент усиления одного каскада на частоте настройки контура:

$$K_{0K} := \frac{m_2 \cdot Y_{21}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\Pi} \cdot C_3 \cdot d_3} = 94.464$$

$$K_{0K} < K_{0уст} \quad \text{следовательно, каскад устойчив}$$

Для получения необходимой полосы пропускания к контуру необходимо подключить шунтирующий резистор с проводимостью:

$$g_{ш} := 2 \cdot \pi \cdot f_{\Pi} \cdot C_3 \cdot (d_3 - d) - g_{22} - m_2^2 \cdot g_{11} = 0$$

Следовательно, резистор не нужен.

Расчитаем выходной каскад усилителя, этот каскад необходимо согласовать с детектором. Входное сопротивление детектора будет рассчитано в п. 4.2. оно составляет 3,2 кОм, емкость детектора равна 1 пФ

$$C_{д} := 1 \cdot 10^{-12} \quad \Phi$$

$$g_{д} := \frac{1}{3.2} \cdot 10^{-3} \quad \text{См}$$

Вычислим критические значения эквивалентного затухания контура:

$$d_{I} := d + \frac{1}{\pi \cdot a \cdot f_{\Pi} \cdot \left(\frac{C_{11}}{g_{11}} + \frac{C_{д}}{g_{д}} \right)} = 0.22$$

$$d_{II} := d + \frac{1}{\pi \cdot a \cdot f_{\Pi} \cdot \left(\frac{g_{11}}{C_{11}} + \frac{g_{д}}{C_{д}} \right)} = 0.874$$

Так как $d_3 < d_I$, то максимальное усиление получается при выборе следующих параметров схемы

$$d_{ш} := d_I$$

$$m_2 := \sqrt{\frac{g_d}{g_{11}}} = 0.119$$

$$C_9 := \frac{g_{22}}{\pi \cdot f_{\Pi} \cdot (d_9 - d)} = 2.819 \times 10^{-11} \quad \Phi$$

$$K_{0KH} := \frac{m_2 \cdot Y_{21}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\Pi} \cdot C_9 \cdot d_9} = 20.673$$

Для получения необходимой полосы пропускания к контуру необходимо подключить шунтирующий резистор с проводимостью:

$$g_{ш0} := 2 \cdot \pi \cdot f_{\Pi} \cdot C_9 \cdot (d_9 - d) - g_{22} - m_2^2 \cdot g_{11} = 4.319 \times 10^{-3} \quad \text{См}$$

Таким образом коэффициент усиления УПЧ будет равен:

$$K_{0УПЧ} := K_{0K}^{m-1} \cdot K_{0KH} = 1.845 \times 10^5$$

Сравним полученный результат с коэффициентом усиления УПЧ, рассчитанным в п. 3.4. Видно, что $1.845 \cdot 10^5$ и $1.849 \cdot 10^5$ почти одинаковые числа, следовательно, без дополнительных приближений достигнут необходимый результат.

Рассчитаем элементы контуров по формулам:

Индуктивности контурных катушек:

$$L_K := \frac{2.53 \cdot 10^{10}}{\left(\frac{f_{\Pi}}{1000}\right)^2 \cdot C_9 \cdot 10^{12} \cdot 10^6} = 2.493 \times 10^{-7} \quad \text{Гн}$$

Собственные емкости контуров промежуточных каскадов при $C_M := 4 \cdot 10^{-12} \quad \Phi$

$$C_{кв} := C_9 - C_{22} - m_2^2 \cdot C_{11} - C_M = 6.671 \times 10^{-12} \quad \Phi$$

Собственная емкость контура оконечного каскада

$$C_{к0} := C_9 - C_{22} - m_2^2 \cdot C_d - C_M = 8.074 \times 10^{-12} \quad \Phi$$

$$C_4 = C_9 = C_K = 3 \text{ пФ}$$

$$C_{14} = C_{к0} = 8 \text{ пФ}$$

$$R_{13} = 1/g_{ш0} = 284 \text{ Ом}$$

$$L_1 = L_2 = L_K = 25 \text{ мкГн}$$

Рассчитаем элементы, обеспечивающие режим работы УПЧ, Электрическая принципиальная схема УПЧ представлена на рис. 2.

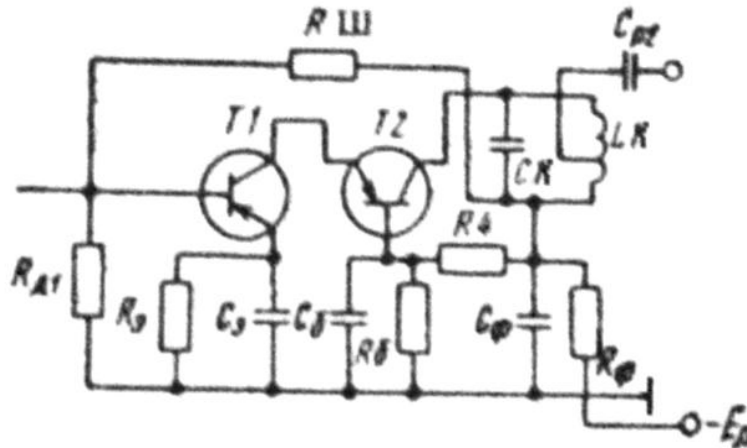


Рис.2

Определим изменение обратного тока коллектора:

$$\Delta I_{кб0} := I_{кб0} \cdot 2^{0.1 \cdot (T_{\max} + 273 - 293)} = 2.4 \times 10^{-5} \quad \text{А}$$

Находим тепловое смещение напряжения базы

$$\gamma_{\text{мк}} := 1.8 \cdot 10^{-3} \quad \text{В/К}$$

$$\Delta U_{эб} := \gamma \cdot (T_{\max} - T_{\min}) = 0.108 \quad \text{В}$$

Рассчитаем необходимую нестабильность коллекторного тока:

$$\Delta I_{\text{к}} := \frac{I_{\text{к}} \cdot (T_{\max} - T_{\min})}{293 \cdot 10^3} = 6.143 \times 10^{-3} \quad \text{А}$$

Вычислим сопротивление резисторов:

$$R_9 := \frac{\Delta U_{эб} + \frac{10 \cdot \Delta I_{кб0}}{g_{11}}}{\Delta I_{\text{к}}} = 19.361 \quad \text{Ом}$$

$$R_6 := R_9 = 19.361 \quad \text{Ом}$$

$$U_{кэ} := 30 \quad \text{В}$$

$$R_{\Phi} := \left(\frac{E_{\Pi} - U_{KЭ}}{I_K \cdot 10^{-3}} \right) - R_9 = 180.639 \quad \text{Ом}$$

$$R_{д} := \frac{10 \cdot E_{\Pi}}{g_{11} \cdot (E_{\Pi} - R_9 \cdot I_K \cdot 10^{-3})} = 463.462 \quad \text{Ом}$$

Вычислим емкости конденсаторов:

$$C_{\text{ог}} := \frac{500}{2 \cdot \pi f_{\Pi} \cdot R_9} = 6.85 \times 10^{-8} \quad \text{Ф}$$

$$C_6 := C_9 = 6.85 \times 10^{-8} \quad \text{Ф}$$

$$C_{\Phi} := \frac{500}{2 \cdot \pi f_{\Pi} \cdot R_{\Phi}} = 7.342 \times 10^{-9} \quad \text{Ф}$$

$$R_1 = R_6 = R_{11} = R_{д} = 464 \text{ Ом}$$

$$R_2 = R_4 = R_7 = R_9 = R_{12} = R_{15} = R_6 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_5 = R_{10} = R_{16} = R_{\Phi} = 180 \text{ Ом}$$

$$C_2 = C_3 = C_7 = C_8 = C_{12} = C_{13} = C_6 = 9 \text{ нФ}$$

$$C_5 = C_{10} = C_{15} = C_{\Phi} = 8 \text{ нФ}$$

3.2. Расчет детектора радиоимпульсов

Для детектирования радиоимпульсов, то есть для преобразования их в видеоимпульсы, применяется последовательные диодные детекторы, выполненные по схеме, приведенной на рис. 3:

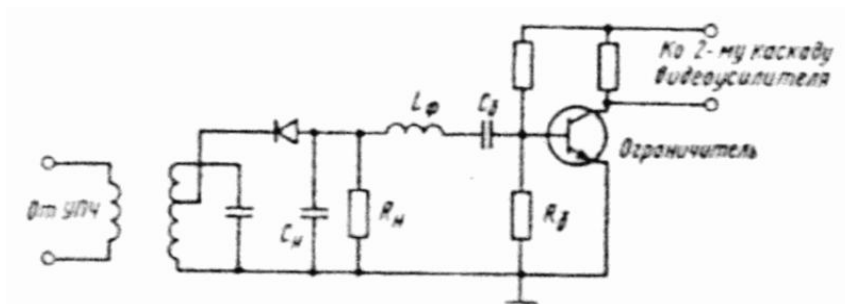


Рис. 3

Отрицательное Напряжение видеоимпульсов с выхода детектора поступает на ограничитель, в качестве котрого служит первый каскад видео усилителя с ОЭ. В этом каскаде сигналы ограничиваются за счет отсечки коллекторного тока.

Для расчета детектора выберем диод Д2Б:

$$C_D := 10^{-12} \quad \Phi$$

$$R_i := 160 \quad \text{Ом}$$

Емкость конденсатора нагрузки:

$$C_H := 10 \cdot C_D = 1 \times 10^{-11} \quad \Phi$$

Сопротивление нагрузки:

$$R_H := \frac{\tau_c}{2.3 \cdot C_H} = 4.565 \times 10^3 \quad \text{Ом}$$

Где $\tau_c := 0.105 \cdot 10^{-6}$ с - Длительность среза радиоимпульсов

Найдем отношение R_H к R_i и по графуку [1, стр. 369, рис. 9.5] определим коэффициент передачи детектора

$$\frac{R_H}{R_i} = 28.533$$

$$K_{\text{д}} := 0.8$$

далее, из графика [1, стр. 372, рис. 9.5] находим отношение

$$a := \frac{R_{\text{вх.д}}}{R_i}$$

$$a := 20$$

$$R_{\text{вх.д}} := a \cdot R_i$$

$$R_{\text{вх.д}} = 3.2 \times 10^3 \quad \text{Ом}$$

Проверим выполнение условия [1, стр 372]

$$R_H \cdot C_H \gg \frac{1..2}{f_H}$$

$$R_H \cdot C_H = 4.565 \times 10^{-8} > \frac{1}{f_H} = 1.667 \times 10^{-8}$$

Данное соотношение выполняется, что подтверждает полученный высокий коэффициент передачи детектора.

$$C_H = C_{17} = 10 \text{ пФ}$$

$$R_H = R_{17} = 4.5 \text{ кОм}$$

Список использованной литературы

1. "Проектирование радиоприемных устройств" под ред. П. А. Сиверса, изд. "Советское радио", Москва 1976 г.