

Тема курсовой работы:

**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОПРИЕМНОГО
УСТРОЙСТВА»**

Содержание

Техническое задание	3
Введение.....	4
1 Предварительный расчет приемника	5
1.1 Выбор числа поддиапазонов	6
1.2 Выбор параметров избирательной системы тракта сигнальной (принимаемой) частоты	6
1.3 Распределение частотных искажений по частям и трактам приёмника..	9
1.4 Выбор избирательной системы тракта промежуточной частоты.....	10
1.5 Определение числа каскадов тракта радиочастоты приёмника и распределение усиления по каскадам	10
1.6 Выбор и обоснование структурной схемы УЗЧ.....	11
2 Выбор транзисторов высокочастотной части.....	13
2.1 Выбор типа транзистора.....	13
2.2 Расчет Y-параметров транзистора на максимальной частоте принимаемого сигнала	14
2.3 Расчет Y-параметров транзистора на минимальной частоте принимаемого сигнала	16
2.4 Расчет Y-параметров транзистора на промежуточной частоте	17
3 Расчет входной цепи с ферритовой антенной	19
Заключение.....	20
Список литературы	21

Техническое задание

Приемник предназначен для приема вещательных стерео программ в ОВЧ диапазоне волн и имеет следующие параметры:

Диапазон принимаемых частот, ΔF	150 МГц – 420 МГц
Полоса пропускания, Δf	55 Гц – 3.5 кГц
Чувствительность, E	6 мВ/м
Селективность по соседнему каналу, $Se_{ск}$	36 дБ
Селективность по зеркальному каналу, $Se_{зер}$	42 дБ
Амплитуда несущей на входе детектора, U_0	1.5 В

Введение

Курсовой проект является завершающим этапом изучения дисциплины «Радиоэлектронные устройства» и имеет цель систематизации, закрепления и расширения теоретических знаний по расчету и проектированию радиоэлектронных устройств, развития навыков самостоятельной работы при решении разрабатываемых проблем и вопросов; углубление навыков работы с литературой.

Проектирование приемника осуществляют по техническим условиям, в которых отражены его основные показатели. Однако в технических условиях отсутствует ряд требований, относящихся к отдельным каскадам и цепям приемника. Эти дополнительные требования можно получить на основе представленного расчета, которому должен предшествовать выбор транзисторов.

Предварительный расчет носит ориентировочный характер и позволяет получить представление о схеме радиоприемного устройства, в нем выбирают и обеспечивают число каскадов, а также определяют ряд исходных данных, необходимых для электрического расчета отдельных каскадов и цепей.

Выполнение курсового проекта несет практическую и познавательную ценность и является одним из этапов совершенствования имеющихся знаний по специальности.

Целью курсового проекта является предварительный расчет приемника стерео программ, расчет параметров транзисторов высокочастотной части и расчет параметров входной цепи.

1 Предварительный расчет приемника

Основной задачей расчёта радиоприёмника является выбор его структурной схемы. При этом решают вопрос о числе каскадов, рассматривают целесообразность использования тех или иных колебательных систем, а также устанавливают число поддиапазонов и определяют их граничные частоты. Современные транзисторные радиоприёмники в подавляющем большинстве строят по супергетеродинной схеме. При составлении структурной схемы приёмника с одинарным преобразованием частоты будем полагать, что высокочастотная часть приёмника от антенны до детектора состоит из тракта сигнальной (принимаемой) частоты (ТСЧ) и тракта промежуточной частоты (ТПЧ). При этом каскады усиления сигнальной частоты принято называть каскадами УВЧ.

Состав ТСЧ определяется в основном требованиями к избирательности по зеркальному каналу (ЗК). В ТПЧ наиболее часто используют системы сосредоточенной избирательности (ТПЧ-С), при которых избирательность по соседнему каналу обеспечивает ФСС, включаемый в один из каскадов тракта (чаще всего в каскад преобразователя частоты). Необходимое усиление тракта в этом случае обеспечивают широкополосные каскады, т.е. каскады со слабо выраженными избирательными свойствами, и апериодические каскады. ТПЧ-С обладает преимуществами по сравнению с трактом построенным по принципу распределённой избирательности (ТПЧ-Р), т.е. системой, в которой избирательность распределена равномерно по всем каскадам тракта. В ТПЧ-Р в качестве колебательных систем во всех каскадах (в том числе и в преобразователе) можно использовать двухконтурные фильтры. ТПЧ-С по сравнению с ТПЧ-Р обладает более высокой избирательностью, и его характеристики находятся в меньшей зависимости от параметров транзисторов.

1.1 Выбор числа поддиапазонов

Коэффициент диапазона K_D (или поддиапазона $K_{пд}$) характеризуется отношением граничных частот диапазона или поддиапазона:

$$K_D = f_{0\max} / f_{0\min} . \quad (1)$$

$$K_D = 420/150 = 2.8 .$$

Так как значение $K_D < 3$, то разделять диапазон принимаемых частот на поддиапазоны не требуется.

1.2 Выбор параметров избирательной системы тракта сигнальной (принимаемой) частоты

К параметрам избирательной системы ТСЧ относят число контуров n и их добротность Q . Исходными данными для определения этих параметров служат избирательность по зеркальному каналу $Se_{зер}$ и полоса пропускания.

Предварительно число контуров n установим на основании значения $Se_{зер}$, которое может обеспечить один колебательный контур при промежуточной частоте $f_{np} = 465$ кГц. Так, в диапазоне 150 – 1600 кГц $Se_1 = 25 - 40$ дБ. В диапазоне 1600 – 15000 кГц $Se_1 = 12 - 25$ дБ. В нашем случае значение $Se_{зер} = 42$ дБ, поэтому предварительно выбираем число контуров $n = 3$.

Добротность контуров ТСЧ следует рассчитать так, чтобы одновременно удовлетворить двум условиям: обеспечить избирательность по зеркальному каналу $Se_{зер}$ и пропустить полосу не уже $2\Delta F_{ТСЧ}$.

а) из условия обеспечения избирательности по зеркальному каналу (на максимальной частоте диапазона) используем формулу для диапазона коротких волн:

$$Q_{\text{эи}} = Q_{\text{эи}} = \sqrt[n]{Se_{\text{зер}}} \div \left(\frac{f_0 + 2f_{\text{нр}}}{f_0} - \frac{f_0}{f_0 + 2f_{\text{нр}}} \right), \quad (2)$$

где $f_{\text{нр}} = 10.7$ МГц – промежуточная частота (выбрали данное значение, так как приемник работает в диапазоне УКВ), $f_0 = f_{\text{макс}}$, $Se_{\text{зер}} = 10^{42/20} \approx 125.9$ раз, $n = 3$ – число контуров.

Подставляем значения:

$$Q_{\text{эи}} = \frac{\sqrt[3]{125.9}}{\left(\frac{420 + 2 \cdot 10.7}{420} - \frac{420}{420 + 2 \cdot 10.7} \right)} \approx 50.$$

б) из условия обеспечения полосы пропускания $2\Delta F_{\text{ТСЧ}}$. Полоса пропускания ТСЧ превышает заданную полосу приёмника $2\Delta F_{\text{ТСЧ}}$:

$$2\Delta F_{\text{ТСЧ}} \geq 2(\Delta f + \Delta f_{\text{сопр}} + \Delta f_{\text{Г}}), \quad (3)$$

где $\Delta f = 3500 - 55 = 3445$ Гц – полоса пропускания, $\Delta f_{\text{сопр}}$ – допустимая неточность сопряжения настроек контуров, которую для коротких волн выбираем равной 15 кГц; $\Delta f_{\text{Г}}$ – возможное отклонение частоты гетеродина, которое принимаем равным $0.5 \cdot 10^{-3} f_0 = 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^6 = 60$ кГц.

В результате $2\Delta F_{\text{ТСЧ}} \geq 2(3.445 + 15 + 60) = 78.445$ кГц.

Добротность $Q_{\text{ЭП}}$ по условию обеспечения полосы можно найти из уравнения резонансной кривой:

$$Q_{\text{ЭП}} = \frac{f_{\text{мин}}}{2\Delta F_{\text{ТСЧ}}} \cdot \frac{\sqrt{1 - \sqrt[n]{(M_k)^2}}}{\sqrt[n]{M_k}}, \quad (4)$$

где $M_k = 0.95$ для диапазона УКВ.

Подставляем значения: $Q_{\text{ЭП}} = \frac{120 \cdot 10^6}{78.445 \cdot 10^3} \cdot \frac{\sqrt{1 - \sqrt[3]{0.95^2}}}{\sqrt[3]{0.95}} \approx 285.$

Искомое значение добротности $Q_{\text{э}}$ находится из условия:

$$Q_{\text{ЭП}} > Q_{\text{э}} > Q_{\text{эи}} \text{ или } 285 > Q_{\text{э}} > 50.$$

Выберем значение эквивалентной добротности $Q_{\text{э}} = Q_{\text{э(max)}} = 70$.

В транзисторном приемнике контур шунтируется малым входным сопротивлением транзистора, в результате чего собственная (конструктивная) добротность контура Q уменьшается.

$$Q = \frac{Q_{\text{э}}}{(0.5 \div 0.8)} = \frac{70}{0.8} = 87.5.$$

Значение конструктивной добротности не должно быть больше 125.

Определим значение добротности на минимальной частоте $Q_{\text{э(min)}}$:

$$Q_{\text{э(min)}} = \frac{1}{d_{\text{э(min)}}}. \quad (5)$$

где $d_{\text{э(min)}} = d + (d_{\text{э(max)}} - d) \frac{f_{0\text{min}}}{f_{0\text{max}}}$.

Эквивалентное затухание контура на минимальной частоте собственное затухание контура: $d = \frac{1}{Q} = \frac{1}{87.5} \approx 0.0114$.

Эквивалентное затухание на максимальной частоте

$$d_{\text{э(max)}} = \frac{1}{Q_{\text{э(max)}}} = \frac{1}{70} = 0.0143.$$

Тогда

$$d_{\text{э(min)}} = 0.0114 + (0.0143 - 0.0114) \cdot \frac{150}{420} \approx 0.0124,$$

$$Q_{\text{э(min)}} = \frac{1}{0.0124} \approx 81.$$

Проверяем условие:

$$Q_{\text{эП}} > Q_{\text{э(min)}}, \text{ действительно } 285 > 81$$

$$Q_{\text{э(max)}} > Q_{\text{эП}}, \text{ действительно } 70 > 50.$$

Проверяем возможность реализации заданной избирательности по зеркальному каналу на максимальной и минимальной частотах для полученных значений $Q_{\text{э(max)}}$ и $Q_{\text{э(min)}}$.

– на минимальной частоте

$$S_{e_{зep(\min)}} = \left[Q_{\text{Э}} \left(\frac{f_0 + 2f_{np}}{f_0} - \frac{f_0}{f_0 + 2f_{np}} \right) \right]^n \frac{f_0 + 2f_{np}}{f_0} =$$
$$= \left[70 \left(\frac{120 + 2 \cdot 10.7}{120} - \frac{120}{120 + 2 \cdot 10.7} \right) \right]^3 \frac{120 + 2 \cdot 10.7}{120} \approx 14482 \text{ (83.2 дБ)}$$

– на максимальной частоте

$$S_{e_{зep(\max)}} = \left[Q_{\text{Э}} \left(\frac{f_0 + 2f_{np}}{f_0} - \frac{f_0}{f_0 + 2f_{np}} \right) \right]^n \frac{f_0 + 2f_{np}}{f_0} =$$
$$= \left[70 \left(\frac{420 + 2 \cdot 10.7}{420} - \frac{420}{420 + 2 \cdot 10.7} \right) \right]^3 \frac{420 + 2 \cdot 10.7}{420} \approx 354 \text{ (51 дБ)}$$

Так как полученное значение в дБ превышает требуемые по заданию 42 дБ, то расчет произведен верно.

С помощью параметров уже рассчитанной избирательной системы ТСЧ можно вычислить избирательность тракта по соседнему каналу $S_{e_{ТСЧ}}$ и фактически вносимые частотные искажения $M_{ТСЧ}$ на заданной полосе пропускания приемника $2\Delta f$. Так как проектируемый приёмник относится к диапазону УКВ, то $S_{e_{ТСЧ}}$ и $M_{ТСЧ}$ можно не рассчитывать, а принять равной единице.

1.3 Распределение частотных искажений по частям и трактам приёмника

Определим величину M , которая характеризует частотные искажения всех трактов радиоприемника. Данная величина равна

$$M = M_{мсч} + M_{мнч} + M_{тнч}. \quad (6)$$

Частотные искажения в низкочастотной части приёмника задаются из расчёта не более 3-6 дБ. Выберем значение $M_{тнч} = 3$ дБ.

В приёмниках с полосой пропускания $2\Delta f \leq 10$ кГц, содержащих ФСС,

частотные искажения в тракте ПЧ $M_{\text{мч}} \approx 5-8$ дБ. Выберем значение $M_{\text{мч}} = 6$ дБ.

Искажения в тракте сигнальной частоты $M_{\text{тсч}} = 0$ дБ (найденно в п. 1.3).

В результате $M = 0 + 6 + 3 = 9$ дБ.

1.4 Выбор избирательной системы тракта промежуточной частоты

Избирательная система ТПЧ обеспечивает избирательность приемника по соседнему каналу и вместе с ТСЧ формирует резонансную характеристику приемника.

Расчётная избирательность:

$$S_{ep} = \frac{(1.15 \div 1.2) Se_c}{Se_{\text{тсч}}} = \frac{1.2 \cdot 36}{1} = 43.2 \text{ дБ}$$

Избирательной системой ТПЧ обычно служат системы сосредоточенной избирательности в виде ФСС. Количество звеньев ФСС устанавливаются на основе расчета.

1.5 Определение числа каскадов тракта радиочастоты приёмника и распределение усиления по каскадам

Необходимый коэффициент усиления тракта радиочастоты с 1,5 – 2-кратным запасом, учитывающим разброс параметров транзистора, для приёмника с ферритовой антенной равен:

$$K'_{\text{вч}} = \frac{(1.5 \div 2) \cdot U_d}{U_{\text{вх}}}, \quad (7)$$

где $U_{\text{вх}} = E \cdot h_{\text{дmin}} \cdot Q_{\text{Эmax}} \cdot p_{\text{вх}}$ – амплитуда напряжения сигнала на входе первого транзистора; т. е. напряжение, снимаемое с контура входной цепи с ферритовой антенной; E – напряженность поля в месте приема (6 мВ/м); $h_{\text{дmin}}$ – минимальная действующая высота ферритовой антенны (выберем 0.005);

p_{ex} коэффициент включения входного контура в цепь транзистора первого каскада (выберем 0.1), $U_d = 1.5B$ – амплитуда несущей частоты на входе детектора (задана в технических требованиях к приемнику).

В результате $U_{ex} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 0.005 \cdot 70 \cdot 0.1 = 2.1 \cdot 10^{-4}$ В, тогда

$$K'_{вч} = \frac{2 \cdot 1.5}{2.1 \cdot 10^{-4}} \approx 15000.$$

Ожидаемый коэффициент усиления тракта радиочастоты определяется коэффициентами усиления отдельных его частей и при ферритовой антенне равен:

$$K_{вч} = K_{урч}^{n-1} K_{пр} K_{шпч1} K_{шпч2}, \quad (8)$$

где $n = 3$ – число контуров ТСЧ, $K_{урч}$ – коэффициент усиления радиочастоты (выберем равным 3), $K_{пр}$ – коэффициент усиления преобразователя частоты радиочастоты (выберем равным 7 для ФСС), $K_{шпч1}$ – одноконтурный широкополосный каскад усилителя ПЧ (выберем равным 15), $K_{шпч2}$ – одноконтурный широкополосный каскад усилителя ПЧ на входе детектора (выберем равным 25).

В итоге ожидаемый коэффициент усиления тракта радиочастоты:

$$K_{вч} = 3^2 \cdot 7 \cdot 15 \cdot 25 = 23620.$$

Так как полученное значение больше требуемого, то расчет произведен верно.

1.6 Выбор и обоснование структурной схемы УЗЧ

Выбираем схему выходного каскада исходя из исходя из выходной мощности. Выбираем $P_{вых} = 5$ Вт. Так как $P_{вых} > 0.2$ Вт то принимаем двухтактную схему в классах В и АВ на мощных транзисторах.

Выбираем транзисторы выходного каскада исходя из условий допустимой мощности рассеивания на коллекторе $P_{Kmax} > P_K$.

Так как $P_{\text{вых}} > 0.2$ Вт, то

$$P_{\text{к}} = \frac{0,6P'_{\text{вых}}}{\eta_{\text{пр}} \xi^2}, \quad (9)$$

где $P'_{\text{вых}} = \frac{P_{\text{вых}}}{2} = 2.5$ Вт – выходная мощность транзистора, $\eta_{\text{пр}}$ – КПД выходного трансформатора (выберем 0.8); ξ – коэффициент использования коллекторного напряжения (примем равным 0.9).

$$\text{В итоге } P_{\text{к}} = \frac{0.6 \cdot 2.5}{0.8 \cdot 0.9^2} \approx 2.4 \text{ Вт.}$$

Определяем коэффициент усиления мощности УЗЧ:

$$K_{\text{Рнч}} = \frac{P'_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{2.4}{1 \cdot 10^{-6}} = 2.4 \cdot 10^6,$$

где $P_{\text{вх}}$ – мощность сигнала НЧ (принимая равной $P_{\text{вх}} \approx 1$ мкВт).

Рассчитываем коэффициент усиления мощности $K_{\text{Рпред}}$ и число каскадов n предварительного усиления:

$$K_{\text{Рпред}} = \frac{K_{\text{Рнч}}}{K_{\text{Рвых}}} = \frac{2.4 \cdot 10^6}{40} = 60000,$$

где $K_{\text{Рвых}}$ – коэффициент усиления мощности выходного каскада (принимая равным 40).

Полученное значение $K_{\text{Рпред}}$ позволяет ориентировочно определять число каскадов n , полагая, что один каскад в схеме с общим эмиттером обеспечивает коэффициент усиления мощности не менее 30 – 100.

$K_{\text{Рпред}}$ принимаем равным 40, тогда достаточно трех каскадов.

$$K_{\text{Рпред}} = K_{\text{Рпред1}} \cdot K_{\text{Рпред2}} \cdot K_{\text{Рпред3}} = 40 \cdot 40 \cdot 40 = 64000.$$

Так как полученное значение больше требуемого, то расчет произведен верно.

2 Выбор транзисторов высокочастотной части

2.1 Выбор типа транзистора

В каскадах усиления сигнальной и промежуточной частоты, а также в преобразователях частоты наиболее часто применяют высокочастотные транзисторы следующих типов: ГТ310, КТ361, КП315, МП41 и др.

Параметры транзистора сильно зависят от частоты, поэтому при выборе конкретного типа транзистора следует руководствоваться в основном его частотными свойствами, который оценивают коэффициентом $a = f_0/f_{Y12Э}$. Параметры транзистора практически не зависят от частоты в том случае, когда рабочая частота f_0 оказывается значительно ниже граничной частоты $f_{Y12Э}$, т. е. $a \leq 0,3$. Однако коэффициент a может превышать указанное значение и даже находится в пределах 1.5 – 3.0. При этом коэффициент усиления каскада из-за снижения проводимости прямой передачи Y_{21} уменьшается не более чем в два раза.

Для выбора типа транзистора и определения необходимых для расчета Y -параметров используют следующие параметры, приводимые в справочниках:

- $h_{21Э}$ – коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ;
- $|h_{21Э}|$ – модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте $f_{из}$ ($f_{из}$ – частота измерения);
- C_k – емкость коллекторного перехода;
- τ_k – постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте
- r_6' – сопротивление базы.

Для проектируемого приемника выбираем транзистор типа КТ637В-2 со следующими параметрами:

$$h_{21Э} = 30 \div 140; C_k = 4.5 \text{ нФ}; \tau_k = 30 \text{ нс}; f_{гр} = 3500 \text{ МГц};$$

$$f_{уз} = \frac{f_{zp}}{|h_{21Э}|} = \frac{3500}{100} = 35 \text{ МГц}, U_K = 30 \text{ В}; I_K = 100 \text{ мА}, h_{226} = 5 \text{ мкСм};$$

Определим параметр h_{116} :

$$\begin{aligned} h_{116} &= r_3 + \frac{r_6'}{h_{21Э}} = 25.6 \cdot \frac{h_{21Э}}{1+h_{21Э}} \cdot \frac{1}{I_K} + \frac{\tau_K}{C_K \cdot h_{21Э}} = \\ &= 25.6 \cdot \frac{100}{1+100} \cdot \frac{1}{0.1} + \frac{30}{4.5 \cdot 100} \approx 3.2 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Дополнительно найдем еще два параметра:

$$r_6' = \frac{\tau_K}{C_K} = \frac{30}{4.5} \approx 6.67 \text{ Ом}, f_{Y21Э} = \frac{f_{гp} \cdot h_{116}}{r_6'} = \frac{3500 \cdot 3.2}{6.67} \approx 1680 \text{ МГц}.$$

Так как полученное произведение $0.3 \cdot f_{Y21Э} = 0.3 \cdot 1680 \cdot 10^6 = 504 \text{ МГц}$ больше, чем максимальная частота диапазона $420 \text{ МГц} < 504 \text{ МГц}$, то транзистор выбран правильно.

2.2 Расчет Y-параметров транзистора на максимальной частоте принимаемого сигнала

Рассчитываем активные и реактивные составляющие параметров биполярного транзистора на максимальной частоте сигнала по формулам, в которых помимо параметров, задаваемых в справочниках, используются следующие коэффициенты:

$$a = f_{\max} / f_{Y21Э} = 420 / 1680 = 0.25,$$

$$b = f_{\max} / f_{гp} = 420 / 3500 = 0.12.$$

Далее полагаем в расчетных формулах сумму $1+a^2$ равной единице.

Активная составляющая входной полной проводимости $Y_{11Э}$:

$$g_{11Э} = \frac{1+h_{21Э}ab}{h_{21Э}h_{116}(1+a^2)} = \frac{1+100 \cdot 0.25 \cdot 0.12}{100 \cdot 3.2 \cdot 1} \approx 0.013 \text{ См или } 13 \text{ мСм}.$$

Активная составляющая выходной полной проводимости $Y_{22Э}$:

$$g_{223} = h_{226} \left(1 + \frac{r'_6}{h_{116}} \right) + \frac{\omega \tau_k a}{h_{116} (1 + a^2)} =$$

$$= 5 \cdot 10^{-6} \left(1 + \frac{6.67}{3.2} \right) + \frac{2\pi \cdot 420 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-12} \cdot 0.25}{3.2 \cdot 1} \approx 0.0062 \text{ См или } 6.2 \text{ мСм.}$$

Полная проводимость прямой передачи:

$$Y_{213} = \frac{h_{213}}{(1 + h_{213})h_{116}} \approx \frac{1}{h_{116}} = \frac{1}{3.2} \approx 0.31 \text{ См.}$$

Модуль полной проводимости прямой передачи:

$$|Y_{213}| = \frac{Y_{213}}{\sqrt{1 + a^2}} = \frac{0.31}{1} = 0.31 \text{ См.}$$

Выходная емкость

$$C_{223} = C_k + \frac{\tau_k}{h_{116} (1 + a^2)} = 4.5 + \frac{30}{3.2 \cdot 1} = 13.88 \text{ пФ.}$$

Полная проводимость обратной передачи:

$$Y_{123} \approx \omega C_k = 2\pi \cdot 420 \cdot 10^6 \cdot 4.5 \cdot 10^{-12} \approx 12 \text{ мСм.}$$

Емкость обратной передачи:

$$C_{123} \approx \frac{C_k}{1 + a^2} \approx C_k = 4.5 \text{ пФ.}$$

Входная емкость транзистора:

$$C_{113} = \frac{h_{213} \cdot b - a}{\omega \cdot h_{213} \cdot h_{116}} = \frac{100 \cdot 0.12 - 0.25}{2\pi \cdot 420 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 3.2} \approx 13.9 \text{ пФ.}$$

Вычисляем эквивалентные параметры транзистора в режиме преобразования по следующим приближенным соотношениям:

$$|Y_{21np}| \approx (0.3 - 0.7) |Y_{213}| = 0.5 \cdot 0.31 = 0.155 \text{ См или } 155 \text{ мСм,}$$

$$g_{11np} \approx (0.5 - 0.8) g_{113} = 0.6 \cdot 13 = 7.8 \text{ мСм,}$$

$$C_{11np} \approx C_{113} = 13.9 \text{ пФ.}$$

2.3 Расчет Y-параметров транзистора на минимальной частоте принимаемого сигнала

Рассчитываем активные и реактивные составляющие параметров биполярного транзистора на минимальной частоте сигнала по аналогии с п. 2.2:

$$a = f_{\min} / f_{Y_{21Э}} = 150 / 1680 = 0.089,$$

$$b = f_{\max} / f_{rp} = 150 / 3500 = 0.043.$$

Далее полагаем в расчетных формулах сумму $1+a^2$ равной единице.

Активная составляющая входной полной проводимости $Y_{11Э}$:

$$g_{11Э} = \frac{1 + h_{21Э} ab}{h_{21Э} h_{116} (1 + a^2)} = \frac{1 + 100 \cdot 0.089 \cdot 0.043}{100 \cdot 3.2 \cdot 1} \approx 4.3 \text{ мСм.}$$

Активная составляющая выходной полной проводимости $Y_{22Э}$:

$$\begin{aligned} g_{22Э} &= h_{226} \left(1 + \frac{r'_6}{h_{116}} \right) + \frac{\omega \tau_k a}{h_{116} (1 + a^2)} = \\ &= 5 \cdot 10^{-6} \left(1 + \frac{6.67}{3.2} \right) + \frac{2\pi \cdot 420 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-12} \cdot 0.089}{3.2 \cdot 1} \approx 2.22 \text{ мСм.} \end{aligned}$$

Полная проводимость прямой передачи:

$$Y_{21Э} = \frac{h_{21Э}}{(1 + h_{21Э}) h_{116}} \approx \frac{1}{h_{116}} = \frac{1}{3.2} \approx 0.31 \text{ См.}$$

Модуль полной проводимости прямой передачи:

$$|Y_{21Э}| = \frac{Y_{21Э}}{\sqrt{1 + a^2}} = \frac{0.31}{1} = 0.31 \text{ См.}$$

Выходная емкость

$$C_{22Э} = C_k + \frac{\tau_k}{h_{116} (1 + a^2)} = 4.5 + \frac{30}{3.2 \cdot 1} = 13.88 \text{ пФ.}$$

Полная проводимость обратной передачи:

$$Y_{12Э} \approx \omega C_k = 2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 4.5 \cdot 10^{-12} \approx 4.24 \text{ мСм.}$$

Емкость обратной передачи:

$$C_{12э} \approx \frac{C_k}{1+a^2} \approx C_k = 4.5 \text{ пФ.}$$

Входная емкость транзистора:

$$C_{11э} = \frac{h_{21э} \cdot b - a}{\omega \cdot h_{21э} \cdot h_{11б}} = \frac{100 \cdot 0.043 - 0.089}{2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 3.2} \approx 14 \text{ пФ.}$$

Вычисляем эквивалентные параметры транзистора в режиме преобразования по следующим приближенным соотношениям:

$$|Y_{21np}| \approx (0,3 - 0,7)|Y_{21э}| = 0.5 \cdot 0.31 = 0.155 \text{ См или } 155 \text{ мСм,}$$

$$g_{11np} \approx (0,5 - 0,8)g_{11э} = 0.6 \cdot 4.3 = 2.58 \text{ мСм,}$$

$$C_{11np} \approx C_{11э} = 14 \text{ пФ.}$$

2.4 Расчет Y-параметров транзистора на промежуточной частоте

Рассчитываем активные и реактивные составляющие параметров биполярного транзистора на минимальной частоте сигнала по аналогии с п. 2.2:

$$a = f_{np} / f_{Y21э} = 10.7 / 1680 = 6.37 \cdot 10^{-3},$$

$$b = f_{max} / f_{rp} = 10.7 / 3500 = 3.06 \cdot 10^{-3}.$$

Далее полагаем в расчетных формулах сумму $1+a^2$ равной единице.

Активная составляющая входной полной проводимости $Y_{11э}$:

$$g_{11э} = \frac{1 + h_{21э} ab}{h_{21э} h_{11б} (1 + a^2)} = \frac{1 + 100 \cdot 6.37 \cdot 10^{-3} \cdot 3.06 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 3.2 \cdot 1} \approx 3.13 \text{ мСм.}$$

Активная составляющая выходной полной проводимости $Y_{22э}$:

$$\begin{aligned} g_{22э} &= h_{22б} \left(1 + \frac{r'_6}{h_{11б}} \right) + \frac{\omega \tau_k a}{h_{11б} (1 + a^2)} = \\ &= 5 \cdot 10^{-6} \left(1 + \frac{6.67}{3.2} \right) + \frac{2\pi \cdot 10.7 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-12} \cdot 0.089}{3.2 \cdot 1} \approx 71.5 \text{ мкСм.} \end{aligned}$$

Полная проводимость прямой передачи:

$$Y_{21э} = \frac{h_{21э}}{(1+h_{21э})h_{11б}} \approx \frac{1}{h_{11б}} = \frac{1}{3.2} \approx 0.31 \text{ См.}$$

Модуль полной проводимости прямой передачи:

$$|Y_{21э}| = \frac{Y_{21э}}{\sqrt{1+a^2}} = \frac{0.31}{1} = 0.31 \text{ См.}$$

Выходная емкость

$$C_{22э} = C_k + \frac{\tau_k}{h_{11б}(1+a^2)} = 4.5 + \frac{30}{3.2 \cdot 1} = 13.88 \text{ пФ.}$$

Полная проводимость обратной передачи:

$$Y_{12э} \approx \omega C_k = 2\pi \cdot 10.7 \cdot 10^6 \cdot 4.5 \cdot 10^{-12} \approx 3.02 \cdot 10^{-4} \text{ См или } 302 \text{ мкСм.}$$

Емкость обратной передачи:

$$C_{12э} \approx \frac{C_k}{1+a^2} \approx C_k = 4.5 \text{ пФ.}$$

Входная емкость транзистора:

$$C_{11э} = \frac{h_{21э} \cdot b - a}{\omega \cdot h_{21э} \cdot h_{11б}} = \frac{100 \cdot 3.06 \cdot 10^{-3} - 6.37 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 10.7 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 3.2} \approx 13.93 \text{ пФ.}$$

Вычисляем эквивалентные параметры транзистора в режиме преобразования по следующим приближенным соотношениям:

$$|Y_{21пр}| \approx (0,3 - 0,7)|Y_{21э}| = 0.5 \cdot 0.31 = 0.155 \text{ См или } 155 \text{ мСм,}$$

$$g_{11пр} \approx (0,5 - 0,8)g_{22э} = 0.6 \cdot 71.5 = 42.9 \text{ мкСм,}$$

$$C_{11пр} \approx C_{22э} = 13.88 \text{ пФ.}$$

3 Расчет входной цепи с ферритовой антенной

Выбираем блок конденсаторов переменной емкости. Рекомендуются для использования сдвоенные блоки от переносных транзисторных приемников с емкостями $C_{\text{кmin}}-C_{\text{кmax}}=5-280, 9-260, 9-365, 10-430$ пФ или строенный блок с емкостями 10-430 пФ. Выберем блок 10-430 пФ.

1) Определяем емкость схемы:

$$C_{\text{сх}} = \frac{C_{\text{кmax}} - K_{\text{пд}}^2 C_{\text{кmin}}}{K_{\text{пд}}^2 - 1} = \frac{430 - 2.8^2 \cdot 10}{2.8^2 - 1} \approx 51.4 \text{ пФ},$$

где $K_{\text{пд}} = f_{\text{max}} / f_{\text{min}} = 420 / 150 = 2.8$ – коэффициент диапазона.

Емкость схемы выше 10 пФ, поэтому блок выбран верно.

2) Вычисляем индуктивность контура для диапазона:

$$L[\text{мкГн}] = \frac{2,53 \times 10^{10}}{(C_{\text{кmax}} - C_{\text{кmin}})[\text{пФ}]} \frac{(f_{\text{max}}^2 - f_{\text{min}}^2)[\text{кГц}]}{(f_{\text{max}}^2 f_{\text{min}}^2)[\text{кГц}]} \quad (10)$$

Подставляем значения:

$$L[\text{мкГн}] = \frac{2.53 \times 10^{10}}{430 - 10} \cdot \frac{(420000^2 - 150000^2)}{420000^2 \cdot 150000^2} \approx 1 \text{ мкГн}.$$

3) Определяем коэффициент включения $p_{\text{вх}}$ (на f_{max}):

$$p_{\text{вх}} = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{Q_{\text{э(max)}}} \right) - \left(\frac{1}{Q} \right) \right] / g_{11} \rho_{\text{(max)}}}, \quad (11)$$

где $\rho_{\text{(max)}} = 2\pi f_{\text{max}} L = 2\pi \cdot 420 \cdot 1 \approx 2640$.

Подставляем значения: $p_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{(1/70) - (1/87.5)}{13 \cdot 10^{-3} \cdot 2640}} \approx 0.01$.

Заключение

В данном курсовом проекте был произведен расчет супергетеродинного приемника для приема вещательных стерео программ в диапазоне 150 -420 МГц. Высокочастотная часть приёмника от антенны до детектора состоит из тракта сигнальной (принимаемой) частоты (ТСЧ) и тракта промежуточной частоты (ТПЧ).

Исходя из требований по избирательности по зеркальному каналу и полосе пропускания были рассчитано число избирательных контуров тракта сигнальной частоты $n = 3$ и добротность каждого контура, которая равна 70.

Также в курсовом проекте были распределены частотные искажения по частям и трактам радиоприемника, выбрана избирательная система тракта промежуточной частоты, определено число усилительных каскадов тракта радиочастоты на основе чувствительности приемника, выбрана схема усилителя звуковой частоты.

Во второй части курсового проекта был выбран транзистор для каскадов усиления сигнальной и промежуточной частот, а также были рассчитаны параметры этого транзистора.

Список литературы

1. Баркан В.Ф., Жданов В.К. Радиоприемные устройства. М.Ж.: Сов. Радио, 1978.
2. Боровик С.С., Бродский М.А. Ремонт и регулировка БРЭА. Мн.: Высш. Шк., 1989.
3. Бобров Н.В. Радиоприемные устройства. М.: Энергия, 1976.
4. Справочник конструктора РЭА: Компоненты, механизмы, надежность / под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Радио и связь, 1985.