



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

НА ТЕМУ:

**Расчет автогенератора (гетеродина) супергетеродинного
приемника радиовещательного диапазона**

Студент ИУ8-51
(Группа)

И.С.Котов
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель курсовой работы

Н.В.Ковынёв
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Москва, 2022

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ИУ-8
(Индекс)
_____ М.А.Басараб
(И.О.Фамилия)
« _____ » сентября 2022 г.

З А Д А Н И Е
на выполнение курсовой работы

по дисциплине _____ Электроника и схемотехника

Студент группы ИУ8-51

_____ Котов И.С.
(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсовой работы Расчет автогенератора (гетеродина) супергетеродинного приемника радиовещательного диапазона.

Направленность КР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)
_____ учебная

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) _____ кафедра

График выполнения КР: 25% к 4 нед., 50% к 7 нед., 75% к 10 нед., 100% к 14 нед.

Техническое задание рассчитать элементы схемы автогенератора (гетеродина) супергетеродинного приемника радиовещательного диапазона со следующими параметрами: напряжение источника питания $U_{пит.}=12В$; диапазон рабочих частот $f_{мин}=525кГц$, $f_{макс}=1605 кГц$; промежуточная частота $f_{пр}=465 кГц$.

Оформление курсовой работы:

Расчетно-пояснительная записка на 20 листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

1.Схема электрическая функциональная

2.Схема электрическая принципиальная

Дата выдачи задания « 10 » сентября 2022 г.

Руководитель курсовой работы

_____ Н.В. Ковынёв
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Студент

_____ И.С. Котов
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

Аннотация

В курсовой работе выполнено проектирование, построение и расчет элементов схемы автогенератора (гетеродина) супергетеродинного приемника радиовещательного диапазона.

Цель курсовой работы – разработать автогенератор супергетеродинного приемника на основе данных, указанных в техническом задании, произвести расчет узлов и компонентов гетеродина.

Результатом работы является принципиальная электрическая схема автогенератора, содержащая номинальные значения всех элементов устройства.

Содержание

Введение	5
Исходные данные для расчета гетеродина	6
1 Теоретическая часть.....	7
2 Функциональная схема гетеродина.....	8
2.1 Выбор схемы гетеродина.....	10
2.2 Выбор транзистора гетеродина	11
3 Расчет контура гетеродина	12
4 Расчет режима работы гетеродина	14
4.1 Расчет сопротивлений резисторов делителя	15
4.2 Расчет сопротивления ненагруженного контура.....	15
4.3 Расчет коэффициентов связи контура с цепью транзистора	16
4.4 Расчет сопротивления, вносимого в контур	17
4.5 Расчет числа витков катушки контура.....	17
4.6 Расчет емкости разделительного конденсатора	17
4.7 Расчет коллекторной цепи транзистора.....	18
Заключение	19
Список литературы	20
Приложение 1. Принципиальная электрическая схема.....	21
Приложение 2. Спецификация элементов	22

Введение

В транзисторных приемниках супергетеродинного типа используются различные типы гетеродинов, обеспечивающих перекрытие заданного диапазона частот, требуемую амплитуду выходного напряжения и достаточную стабильность частоты генерируемых колебаний.

В приемниках радиовещательных диапазонов применяются гетеродины с трансформаторной и автотрансформаторной обратной связью, т.к. катушка контура для этих диапазонов волн имеет сравнительно большое число витков и, применяя неполное включение контура, можно установить необходимую связь последнего со входом и выходом транзистора. Необходимая положительная обратная связь достигается выбором соответствующей связи между катушками и трансформатором.

Исходные данные для расчета гетеродина

Рассчитать элементы схемы автогенератора (гетеродина) супергетеродинного приемника радиовещательного диапазона с параметрами, заданными в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

Напряжение источника питания $U_{\text{пит}}$	12 В
Диапазон рабочих частот $f_{\text{мин}} - f_{\text{макс}}$	525 кГц - 1605 кГц
Промежуточная частота $f_{\text{пр}}$	465 кГц

1 Теоретическая часть

Гетеродин - маломощный генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот сигнала в супергетеродинных радиоприёмниках, приёмниках прямого преобразования, волномерах и пр.

Гетеродин создаёт колебания вспомогательной частоты, которые в блоке смесителя смешиваются с поступающими извне колебаниями высокой частоты. В результате смешения двух частот, входной и гетеродина, образуются ещё две частоты (суммарная и разностная). Разностная частота используется как промежуточная частота, на которой происходит основное усиление сигнала.

К гетеродинам устанавливаются высокие требования по стабильности частоты и амплитуды, а также спектральной чистоте гармонических колебаний. Чем выше эти требования, тем сложнее конструктивное исполнение гетеродина: стабилизируют напряжение питания, применяют сложные схемы, исключаящие влияние внешних факторов на частоту генератора, компоненты со специальными свойствами, гетеродин помещают в термостат, используют системы автоматической подстройки частоты и т. д. Если гетеродин работает на фиксированной частоте, применяют стабилизацию с помощью кварцевого резонатора. В современной радиоаппаратуре в качестве перестраиваемых гетеродинов всё чаще применяют цифровой синтезатор частоты, который обладает главным преимуществом: стабильность частоты гетеродина зависит только от стабильности частоты опорного генератора.

2 Функциональная схема гетеродина

Структурная схема предназначена для описания принципа работы устройства и его состава в общем виде. На схеме изображают все основные функциональные части изделия и взаимосвязи между ними. Рассмотрим структурную схему супергетеродинного приемника (см. рисунок 1).

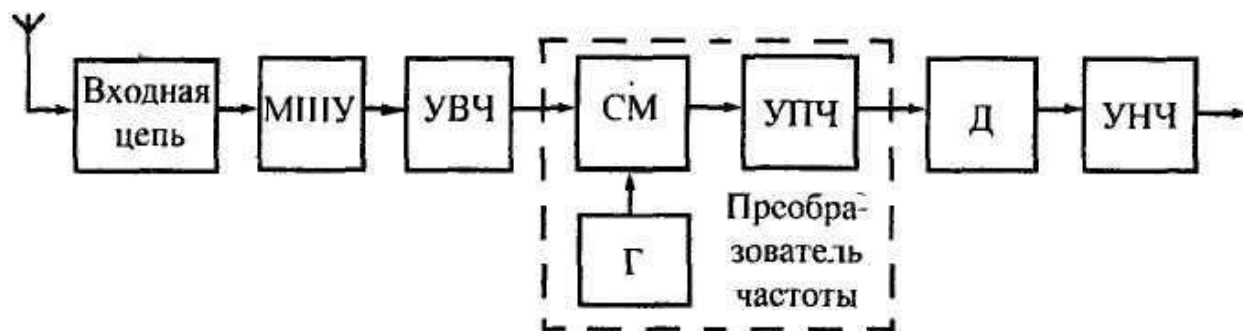


Рисунок 1 - Функциональная схема супергетеродинного приемника

Радиосигнал из антенны подаётся на входную цепь (ВЦ), затем на вход усилителя радиочастоты (УРЧ), а затем на вход смесителя (С) -- специального элемента с двумя входами и одним выходом, осуществляющего операцию преобразования сигнала по частоте. На второй вход смесителя подаётся сигнал с локального маломощного генератора высокой частоты -- гетеродина (Г). Колебательный контур гетеродина перестраивается одновременно с входным контуром смесителя - обычно конденсатором переменной ёмкости (КПЕ). Таким образом, на выходе смесителя образуются сигналы с частотой, равной сумме и разности частот гетеродина и принимаемой радиостанции. Разностный сигнал постоянной промежуточной частоты выделяется с помощью полосового фильтра и усиливается в усилителе промежуточной частоты (УПЧ), после чего поступает на фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), а затем на демодулятор (Д), восстанавливающий сигнал низкой (звуковой) частоты. Усилитель звуковой частоты (УЗЧ) усиливает звуковой сигнал, который подается на акустическую систему (Гр).

Таким образом, к расчету схемы гетеродина необходимо приступить после проектирования входной цепи и УВЧ.

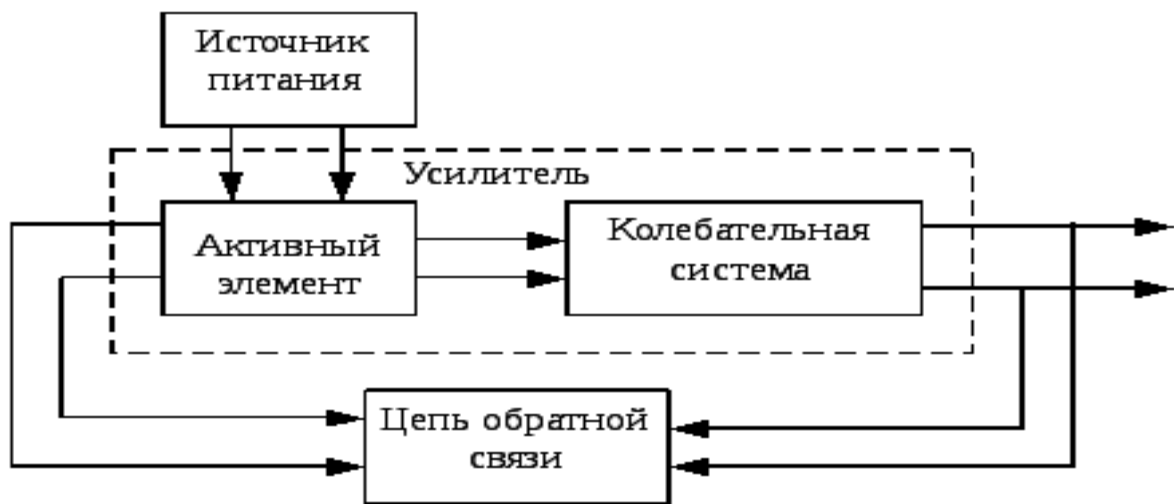


Рисунок 2 – Функциональная схема гетеродина

При подключении колебательной системы к источнику питания в ней возникают электрические колебания. Для поддержания незатухающих колебаний используется активный элемент, регулирующий поступление энергии от источника питания в контур. Для согласования активного элемента по амплитуде, фазе и частоте колебаний с соответствующими параметрами колебательной системы применяются цепи обратной связи.

2.1 Выбор схемы гетеродина

Схему гетеродина выбирают, исходя из заданного диапазона частот f_{\min} — f_{\max} . В приемниках радиовещательных диапазонов обычно применяются гетеродины с трансформаторной (см. рисунок 3) обратной связью, т.к. катушка контура для этих диапазонов волн имеет сравнительно большое число витков и, применяя неполное включение контура, можно установить необходимую связь последнего со входом и выходом транзистора. Необходимая положительная обратная связь достигается выбором соответствующей связи между катушками и трансформатором.

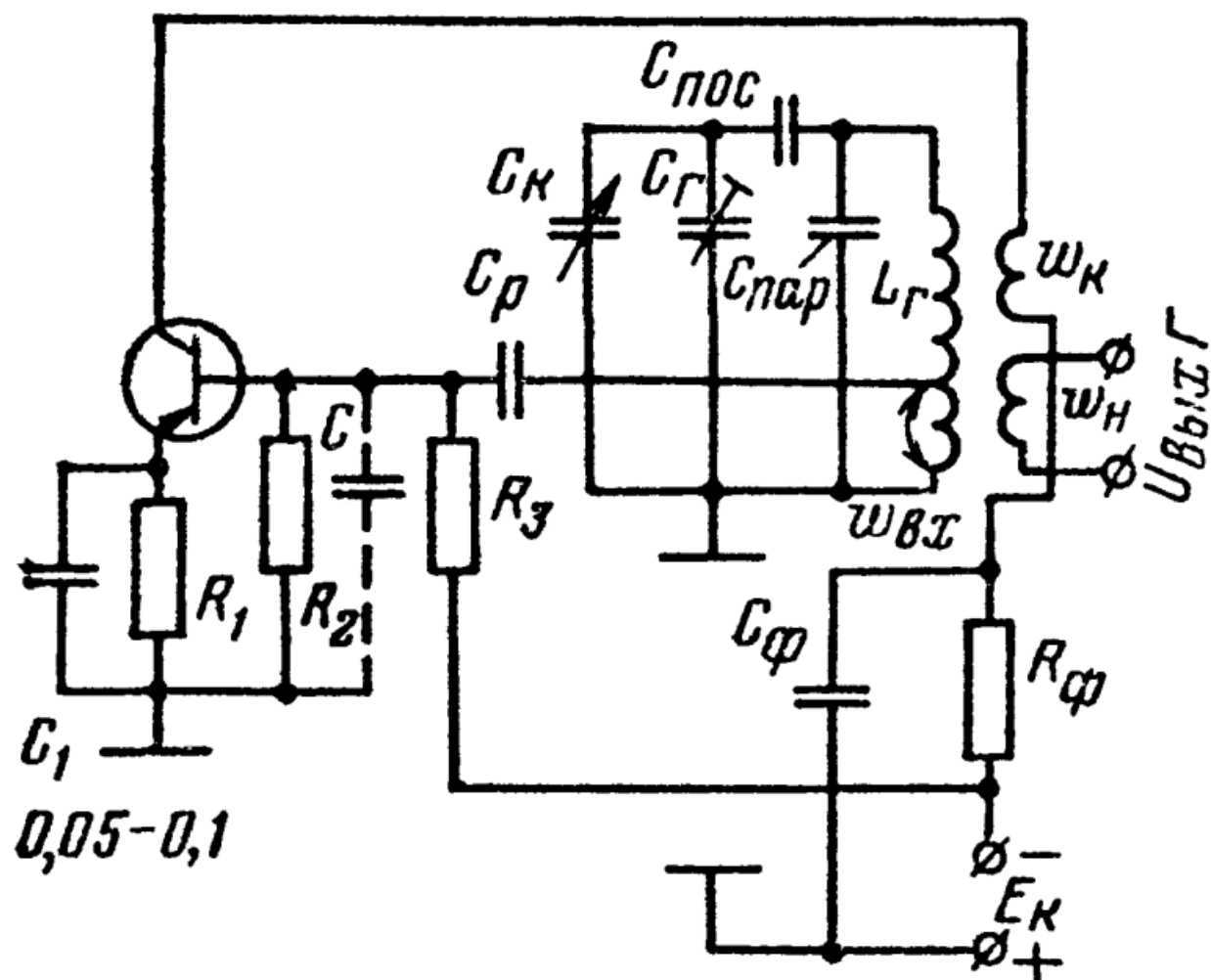


Рисунок 3 - Принципиальная схема гетеродина

Конденсатор переменной емкости (конденсатор настройки) C_k в контуре гетеродина берется такой же, как и в контурах высокой частоты, что позволяет использовать для гетеродина одну из секций блока переменных конденсаторов.

В этом случае при перестройке приемника на различные частоты диапазона емкости контуров гетеродина и высокой частоты будут изменяться одинаково, а резонансные частоты контуров высокой частоты, настраиваемых на частоту принимаемого сигнала f_c , и резонансная частота контура гетеродина, настраиваемого на частоту гетеродина f_{Γ} , должны изменяться в разное число раз, т.к. коэффициент перекрытия диапазона приемника $K_d = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}$ отличается от коэффициента перекрытия диапазона гетеродина $K_{д\Gamma} = \frac{f_{\max} + f_{\text{пр}}}{f_{\min} + f_{\text{пр}}}$.

Для того, чтобы при одинаковом изменении емкости конденсатора настройки в контуре гетеродина и контурах высокой частоты обеспечить с достаточной точностью постоянство промежуточной частоты $f_{\text{пр}} = f_{\Gamma} - f_c$, производится сопряжение настройки контуров гетеродина и высокой частоты. Для этого в контур гетеродина параллельно и последовательно с конденсатором для настройки включают дополнительные конденсаторы $C_{\text{пар}}$ и $C_{\text{пос}}$. При этом сопряжение получается только в трех точках диапазона (в начале, середине и конце), а на остальных участках ошибка сопряжения остается в допустимых пределах.

2.2 Выбор транзистора гетеродина

В гетеродинах тип транзистора выбирается по предельной частоте:

$f_{\text{пр т}} \geq f_{\max} + f_{\text{пр}}$. В этих схемах используются сравнительно высокочастотные маломощные транзисторы. На основе исходных данных получаем, что

$f_{\text{пр т}} \geq 1605 + 405 = 2010 \text{ кГц}$, поэтому выберем транзистор КТ375Б, предельная частота которого составляет 250000 кГц.

3 Расчет контура гетеродина

Расчет гетеродина после выбора схемы целесообразно начать с расчета его контура. Контур высокой частоты должны (входной цепи и УВЧ) быть уже рассчитаны. На рисунке 4 показана связь входного контура и контура гетеродина.

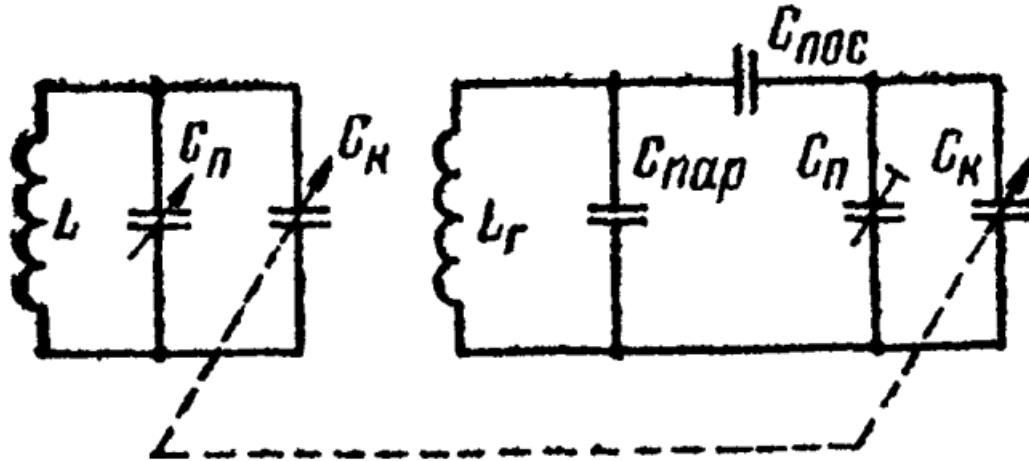


Рисунок 4 - Связь входного контура и контура гетеродина

Конденсаторы C_k и C_{Π} в контуре гетеродина выбираются в соответствии с аналогичными конденсаторами во входном контуре.

$$\text{Диапазон перекрытия приемника } K_d = \frac{f_{\text{макс}}}{f_{\text{мин}}} = \frac{1605}{525} = 3,06.$$

$$\text{Диапазон перекрытия гетеродина } K_{дг} = \frac{f_{\text{макс}} + f_{\text{пр}}}{f_{\text{мин}} + f_{\text{пр}}} = \frac{1605 + 465}{525 + 465} = 2,09$$

Диапазоны перекрытия приемника и гетеродина отличаются, что вызывает погрешность сопряжения при настройке, поэтому необходимы три точки сопряжения:

$$f_1 = f_{\text{мин}} * K_d^{0,067} = 525 * 3,06^{0,067} = 565,8 \text{ кГц}$$

$$f_2 = f_{\text{мин}} * K_d^{0,5} = 525 * 3,06^{0,5} = 917,9 \text{ кГц}$$

$$f_3 = f_{\text{мин}} * K_d^{0,933} = 525 * 3,06^{0,933} = 1489,2 \text{ кГц}$$

Примем пределы изменения емкости конденсатора настройки $C_K = 10 \div 490$ пФ, емкость конденсатора $C_{\Pi} = 45$ пФ. Для нахождения емкостей конденсаторов $C_{\text{пар}}$ и $C_{\text{пос}}$ рассчитаем вспомогательные величины:

$$a_1 = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{f_{\text{мин}}} = \frac{565,8 + 917,9 + 1489,2}{525} = 5,6$$

$$a_2 = \frac{f_1 * f_2 + f_2 * f_3 + f_1 * f_3}{f_{\text{мин}}^2} =$$

$$= \frac{565,8 * 917,9 + 917,9 * 1489,2 + 565,8 * 1489,2}{525^2} = 9,9$$

$$a_3 = \frac{f_1 * f_2 * f_3}{f_{\text{мин}}^3} = \frac{565,8 * 917,9 * 1489,2}{525^3} = 5,3$$

$$a_4 = \frac{f_{\text{пр}}}{f_{\text{мин}}} = \frac{465}{525} = 0,88$$

$$a_5 = a_1 + 2 * a_4 = 5,6 + 2 * 0,88 = 7,36$$

$$a_6 = \frac{0,5 * (a_2 * a_5 - a_3)}{a_4} = \frac{0,5 * (9,9 * 7,36 - 5,3)}{0,88} = 38,4$$

$$a_7 = a_1 * a_5 + a_4^2 - a_2 + a_6 = 5,6 * 7,36 + 0,88^2 - 9,9 + 38,4 = 71,5$$

$$a_8 = \frac{a_4^2 * a_6 + a_3 * a_5}{a_7} = \frac{0,88^2 * 38,4 + 5,3 * 7,36}{71,5} = 0,96$$

$$a_9 = \frac{(C_{K \text{ мин}} + C_{\Pi}) * K_{\text{д}}^2}{a_6} = \frac{(10 + 45) * 3,06^2}{38,4} = 13,4 \text{ пФ}$$

$$\text{Тогда } C_{\text{пос}} = \frac{(C_{K \text{ мин}} + C_{\Pi}) * K_{\text{д}}^2}{a_8} = \frac{(10 + 45) * 3,06^2}{0,96} = 536,5 \text{ пФ};$$

$$C_{\text{пар}} = \frac{C_{\text{пос}} * a_9}{C_{\text{пос}} - a_9} = \frac{536,5 * 13,4}{536,5 - 13,4} = 13,7 \text{ пФ}$$

Рассчитаем минимальную и максимальную емкости контура, соответствующие минимальной и максимальной частотам настройки гетеродина. Проверим правильность расчета, определив диапазон перекрытия гетеродина.

$$C_{Г\text{ мин}} = \frac{C_{\text{пос}}(C_{К\text{ мин}} + C_{\text{п}})}{C_{\text{пос}} + C_{К\text{ мин}} + C_{\text{п}}} + C_{\text{пар}} = \frac{536,5(10 + 45)}{536,5 + 10 + 45} + 13,7 = 63,5 \text{ пФ}$$

$$C_{Г\text{ макс}} = \frac{C_{\text{пос}}(C_{К\text{ макс}} + C_{\text{п}})}{C_{\text{пос}} + C_{К\text{ макс}} + C_{\text{п}}} + C_{\text{пар}} = \frac{536,5(490 + 45)}{536,5 + 490 + 45} + 13,7 = 280 \text{ пФ}$$

Сравним полученный диапазон перекрытия гетеродина с требуемым:

$$K_{ДГР} = \sqrt{\frac{C_{Г\text{ макс}}}{C_{Г\text{ мин}}}} = \sqrt{\frac{280}{63,5}} = 2,1$$

$$\frac{|K_{ДГР} - K_{ДГ}|}{K_{ДГ} - 1} = \frac{2,1 - 2,09}{2,09 - 1} = 0,009$$

Расхождение значений не превышает процента. Рассчитаем индуктивность контура гетеродина:

$$L = \frac{1}{(2\pi f_{\text{макс}})^2 * C_{Г\text{ мин}}} = \frac{1}{(2\pi * 1605000)^2 * 63,5 * 10^{-12}} = 155 \text{ мкГн}$$

4 Расчет режима работы гетеродина

Из спецификации транзистора КТ375Б имеем:

Таблица 2 - Характеристика транзистора КТ375Б

Крутизна S_{γ}	$35 \frac{\text{мА}}{\text{В}}$
Коллекторный ток покоя $I_{КП}$	5 мА
Напряжение коллектор-эмиттер покоя $U_{КЭП}$	10 В
Сопротивление резистора R_1	300 Ом

На характеристиках транзистора (см. рисунок 5) точке покоя соответствует ток базы $I_{БП} \approx 30$ мкА, напряжение $U_{БЭП} = 1,03$ В.

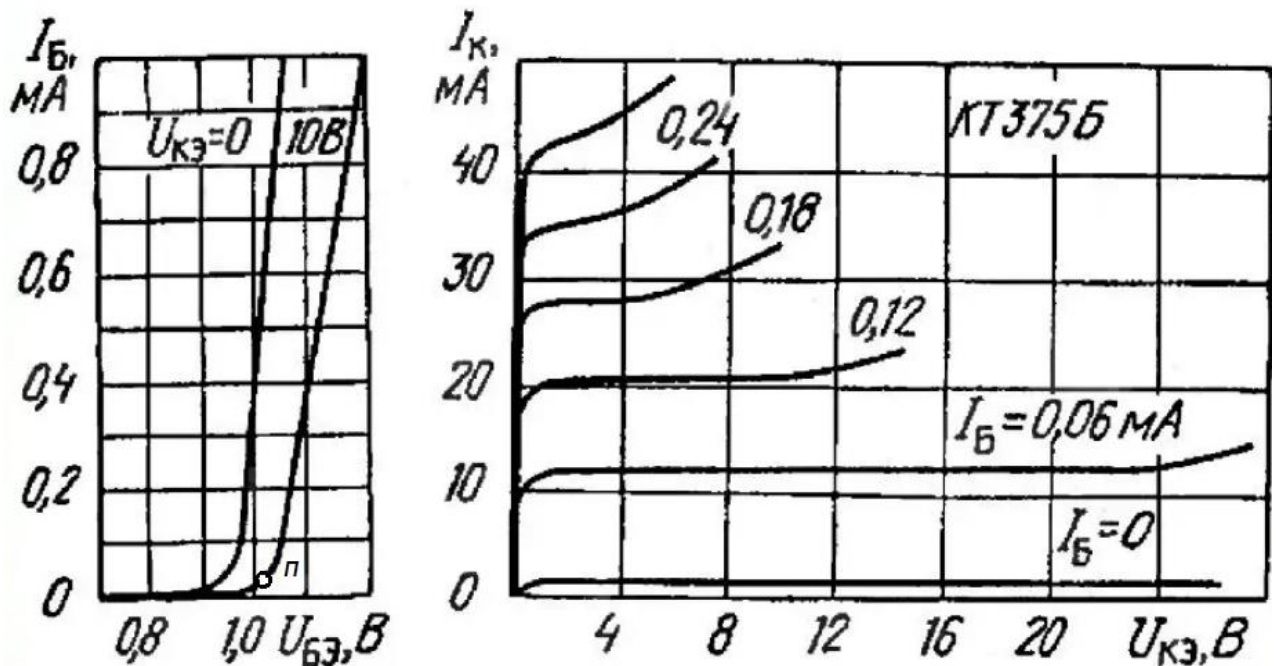


Рисунок 5 - Характеристики транзистора КТ375Б с общим эмиттером

4.1 Расчет сопротивлений резисторов делителя

Ток делителя $I_{дел} = (5 \div 10)I_{бп} = (5 \div 10) * 30 = 150 \div 300$ мкА

Тогда сопротивление резисторов делителей

$$R_2 = \frac{U_2}{I_{дел}} = \frac{I_{эп}R_1 + U_{бэп}}{I_{дел}} \approx \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 300 + 1,03}{150 \cdot 10^{-6}} \approx 6,8 \text{ кОм};$$

$$R_3 = \frac{U_{пит} - I_{дел}R_2}{I_{дел} + I_{бп}} \approx \frac{12 - 150 \cdot 10^{-6} \cdot 6,8 \cdot 10^{-3}}{(150 + 30)10^{-6}} \approx 41 \text{ кОм}$$

4.2 Расчет сопротивления ненагруженного контура

Если поместить катушку в броневой сердечник типа СБ-12а с добротностью $Q_H = Q_B = 75$, то получим

$$R_{ХН} = 2\pi f_{Г\text{ мин}} Q_H L_{Г} = 2\pi * 990 * 10^3 * 75 * 155 * 10^{-6} = 70 \text{ кОм}$$

$$R_{ХВ} = 2\pi f_{Г\text{ макс}} Q_H L_{Г} = 2\pi * 2070 * 10^3 * 75 * 155 * 10^{-6} = 146 \text{ кОм}$$

Так как в данной схеме транзистор включен по схеме с общим эмиттером, то будем считать сопротивление нагруженного контура равны сопротивлениям ненагруженного контура. $R_{кн} = R_{хн} = 70 \text{ кОм}$, $R_{кв} = R_{хв} = 146 \text{ кОм}$.

4.3 Расчет коэффициентов связи контура с цепью транзистора

Режим работы транзистора выбирают таким, чтобы гетеродин работал в недонапряженном режиме. Это требование обусловлено тем, что в режиме насыщения выходное сопротивление транзистора очень мало и оно сильно шунтирует контур, в результате чего резко снижается добротность контура и стабильность частоты колебаний.

Для получения недонапряженного режима необходимо, чтобы амплитуда переменного коллекторного напряжения была заметно меньше этого напряжения в режиме покоя: $\gamma = \frac{U_{кэп}}{U_{кн}} \geq 1,5 \div 3$.

Выбрав $\gamma = 2$ найдем коэффициент связи контура с коллекторной цепью транзистора: $p_k = \sqrt{\frac{U_{кэ0}}{2I_{кп}R_{кв}\gamma}} = \sqrt{\frac{10}{2 * 5 * 10^{-3} * 146 * 10^3 * 2}} \approx 0,06$

Для самовозбуждения гетеродина необходимо, чтобы коэффициент включения контура во входную цепь удовлетворял условию:

$$p_{вх} \geq \frac{2 \div 4}{S_{\varepsilon} R_{кн} p_k} = \frac{2 \div 4}{35 * 10^{-3} * 70 * 10^3 * 0,06} \approx 0,014 \div 0,028$$

Коэффициент связи контура с нагрузкой:

$$p_n = \frac{U_r}{2I_{кп}R_{кн}p_k} = \frac{0,15}{2 * 5 * 10^{-3} * 70 * 10^3 * 0,06} \approx 0,004$$

Где U_r – амплитуда выходного напряжения гетеродина, подаваемого на вход смесителя.

4.4 Расчет сопротивления, вносимого в контур

Найдем входное сопротивление гетеродина:

$$R_{\text{вх Г}} = \frac{R_2 R_3 R_{\text{вх Э}}}{R_2 R_{\text{вх Э}} + R_3 R_{\text{вх Э}} + R_2 R_3} = \frac{6,8 * 41 * 0,6}{6,8 * 0,6 + 41 * 0,6 + 6,8 * 41} = 0,5 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{вн}} = \frac{R_{\text{н}} R_{\text{вх Г}}}{R_{\text{н}} p_{\text{н}}^2 + R_{\text{вх Г}} p_{\text{вх}}^2} = \frac{40 * 0,5}{40 * 0,004^2 + 0,5 * 0,014^2} \approx 204 \text{ кОм}$$

Где $R_{\text{н}}$ – сопротивление нагрузки, равное входному сопротивлению смесителю.

4.5 Расчет числа витков катушки контура

Для катушек в броне-сердечниках число витков вычисляется по формуле: $\omega = K\sqrt{L}$, где L – индуктивность катушки гетеродина (в мкГн), K – постоянный коэффициент, значение которого зависит от типа катушки. Для катушки в сердечнике типа СБ-12а $K = 7$, тогда $\omega = K\sqrt{L} = 7\sqrt{155} \approx 86$ витков.

Для получения $p_{\text{вх}} = 0,014$ от катушки контура необходимо сделать отвод ко входу транзистора $\omega_{\text{вх}} = \omega p_{\text{вх}} = 86 * 0,014 \approx 1$ виток. Число витков катушки связи с коллектором контура $\omega_{\text{к}} = \omega p_{\text{к}} = 86 * 0,06 \approx 5$ витков и нагрузкой $\omega_{\text{н}} = \omega p_{\text{н}} = 86 * 0,004 \approx 1$ виток.

4.6 Расчет емкости разделительного конденсатора

Желательно, чтобы разделительный конденсатор $C_{\text{р}}$ давала некоторый положительный фазовый сдвиг, что позволило бы в некоторых пределах скомпенсировать отрицательный фазовый сдвиг, обусловленный инерционными свойствами транзистора. В таком случае емкость $C_{\text{р}}$ рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{р}} = \frac{f_{\text{с}}}{2\pi R_{\text{вх Г}} f_{\text{Г макс}}^2} = \frac{22 * 10^6}{2\pi * 0,5 * 10^3 * (2,07 * 10^6)^2} \approx 1600 \text{ пФ}$$

$$\text{Где } f_{\text{с}} = \frac{f_{\text{пр Т}} h_{11\text{Э}}}{r_b' h_{21\text{Э}}} = \frac{250 * 600}{67 * 100} \approx 22 \text{ мГц}$$

4.7 Расчет коллекторной цепи транзистора

$$R_{\phi} = \frac{U_{\text{пит}} - U_{\text{кэп}}}{I_{\text{кп}}} = \frac{12 - 10}{5 * 10^{-3}} = 400 \text{ Ом}$$

$$C_{\phi} \geq \frac{10}{2\pi f_{\text{Г мин}} R_{\phi}} = \frac{10}{2\pi * 990 * 10^3 * 400} \approx 4000 \text{ пФ}$$

Заключение

В ходе выполнения курсовой работы были спроектированы и рассчитаны элементы схемы автогенератора (гетеродина) с трансформаторной обратной связью контура во входной цепи транзистора супергетеродинного приемника радиовещательного диапазона с учетом настройки контуров высокой частоты для обеспечения стабильности работы гетеродина.

Список литературы

1. Расчет электронных устройств на транзисторах / Бочаров Л.Н., Жебрыков С.К., Колесников И.Ф. – М.: Энергия, 1978. – 208 с., ил. – (массовая радиобиблиотека; Вып. 663).
2. М.А. Кузнецов; Р.С. Сенина «Пособие по проектированию. Радио приемники АМ, ОМ, ЧМ сигналов» Второе издание. СПб, 1999 год.
3. Конденсаторы: Справочник / И.И. Четвертков, М.Н. Дьяконов, В.И. Присняков и др.: Под ред. И.И. Четверткова, М.Н. Дьяконова. – М.: Радио и связь, 1993
4. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005

Приложение 1. Принципиальная электрическая схема

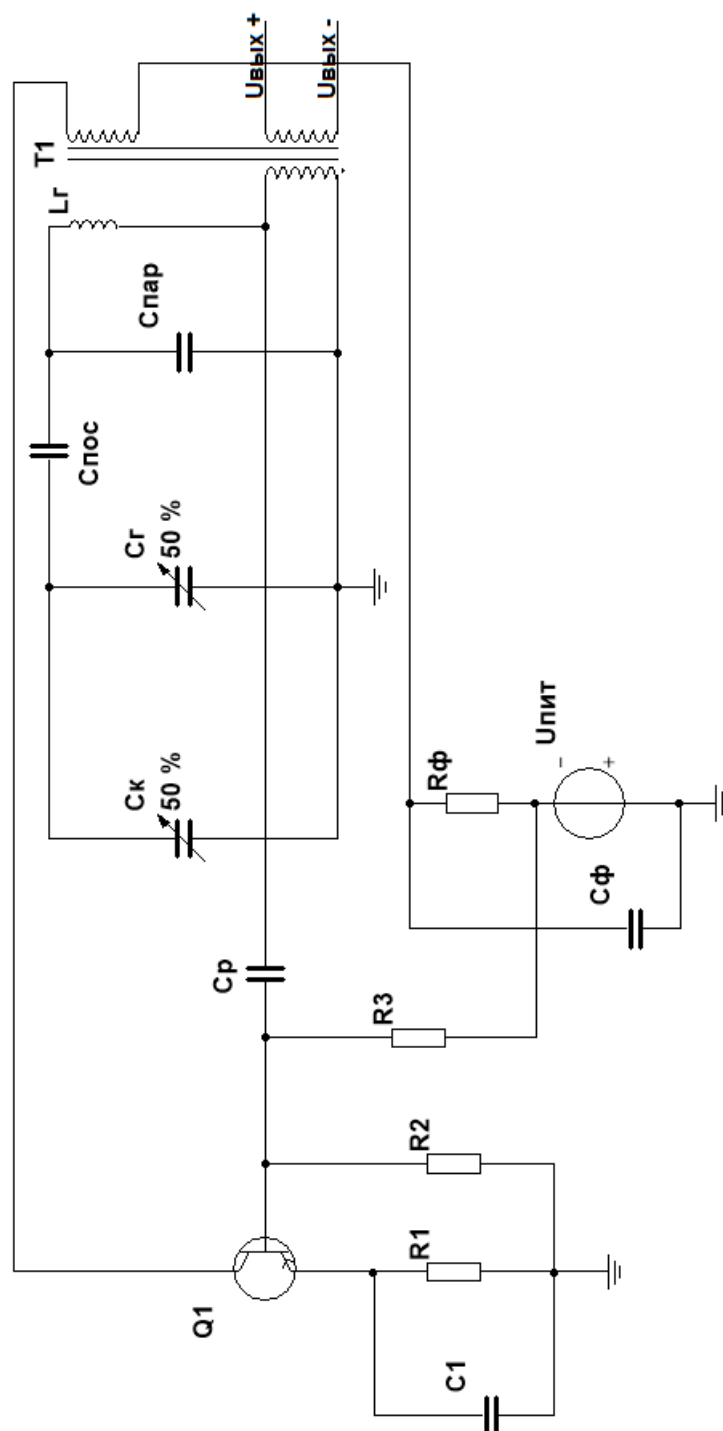


Рисунок 6 - Принципиальная электрическая схема гетеродина

Приложение 2. Спецификация элементов

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Резисторы		
			R1, Rф	МО- 50 300 Ом ± 5%	2	
			R2	СТЗ- 19а 10кОм ± 10%	1	
			R3	VishayY40250K0B9R 40кОм ± 10%	1	
				Конденсаторы		
			C1	K10- 17Б 1пФ ± 10%	1	
			Оф	UHV- 3А- Tdk 4000пФ ± 10%	1	
			Ок	K10- 7В 200пФ ± 10%	1	
			Оэ	ВМ- 50 50пФ ± 10%	1	
			Отос	Vishay 715с20dt k50 500пФ ± 10%	1	
			Отар	K10- 17Б 10пФ ± 10%	1	
				Индуктивные элементы		
			Lэ	КИГ 0.1- 150 мкГн ± 10%	1	
				Транзисторы		
			Q1	КТ375Б	1	
				Источники питания		
			Uпит	APV- 12- 12 12В	1	

Изм.	Лист	Недокум	Подпись	Дата	Автогенератор супергетеродинного приемника			Литера	Лист	Листов
Разраб.								у	1	1
Пров.										
Нач.отд.										
Н.контр										
Утв.										