

Содержание

Введение.....	6
1 Усилитель звуковой частоты.....	7
2 Расчет схемы предварительного каскада усиления с общим эмиттером..	13
2.1. Исходные данные для расчета.....	13
2.2. Принципиальная электрическая схема каскада.....	13
2.3. Распределение частотных искажений.....	16
2.4. Статический режим работы каскада.....	18
2.5. Построение статической линии нагрузки и расчет сопротивлений... R_k и $R_э$	18
2.6. Расчет сопротивлений R_2 и R_1	20
2.7. Расчет мощности рассеяния на резисторах и выбор резисторов в схему.....	22
2.8. Динамический режим работы каскада и расчет h-параметров транзистора.....	22
2.9. Расчет входного, выходного сопротивлений каскада и коэффициентов усиления.....	27
2.10. Расчет емкости конденсаторов связи и конденсатора эмиттерной стабилизации.....	30
2.11. Построение динамической линии нагрузки и расчет выходной мощности каскада.....	31
Заключение.....	34
Список использованных источников.....	35

Введение

Актуальность темы курсового проекта обусловлена тем, что владение навыками расчёта и анализа схем усилительных каскадов, необходима специалистам чья профессиональная деятельность связана с обслуживанием эксплуатации и ремонтом аппаратуры звукоусиления.

Цель курсового проекта – выполнить расчёт схемы усилительного каскада, включённого с общим эмиттером.

В ходе работы над проектом необходимо было решить следующие задачи:

1. Изучить методику расчёта электрических схем усилительных каскадов.
2. Закрепить навыки работы со специальной и справочной литературой.
3. Исследовать влияние параметров элементов схемы на её усилительные свойства.

Гипотеза

В результате расчёта получить рабочую схему усилительного каскада с максимальными возможностями коэффициентами усилителя.

При написании работы мною были применены следующие методы:

1. Метод анализа литературы и нормативно – технической документации по теме курсового проекта.
2. Метод сравнения и метод обобщения.

Практическое применение

Возможность применения в дальнейшей профессиональной деятельности полученных в ходе выполнения курсового проекта навыков расчета и анализа схем усилительных каскадов звуковой частоты.

1 Усилитель звуковой частоты



Рисунок 1.1. -Структурная схема усилителя звуковой частоты

Усилители звуковой частоты (УЗЧ), применяются в каналах записи и воспроизведения звука. Они являются усилителями мощности. Основное назначение усилителей мощности - это усиление сигнала, т. е. при подаче на вход усилителя мощности электрического сигнала малой величины на нагрузку получается сигнал той же формы, но большей мощности. Для усиления сигналов используется энергия источника питания при помощи усилительных элементов.

Источник питания ЕК служит для питания схем всех каскадов заданным напряжением с малыми пульсациями. В качестве источник сигнала служит электродинамический микрофон.

Входной каскад выполнен по схеме ОЭ. Данный каскад обеспечивает усиление сигнала по току, напряжению и мощности.

Предварительный каскад усилителя звуковой частоты выполнен по схеме ОЭ, так как он обеспечивает значительное усиление сигнала по току и напряжению и даёт максимальное усиление сигнала по мощности. Также данный каскад выполняет функцию согласования нагрузки по выходной цепи входного каскада с предоконечным каскадом усиления. С учётом нагрузочной способности этого каскада для его реализации выбирают более мощный транзистор.

Предоконечный каскад УЗЧ может быть выполнен по схеме ОЭ и также обеспечивает значительное усиление сигнала по току и напряжению и даёт максимальное усиление по мощности. Данный каскад выполняет функцию согласования нагрузки предварительного каскада с окончательным каскадом усиления.

Оконечным называется каскад, с выхода которого сигнал, усиленный до заданной мощности или напряжения, поступает в нагрузку усилителя. Все предыдущие каскады по сравнению с окончательным являются маломощными. (Именно он определяет КПД всего усилителя, а также требуемое напряжение и мощность источника питания)

При усилении электрических сигналов могут возникнуть искажения:

- нелинейные,
- частотные
- фазовые

Нелинейные искажения представляют собой изменение формы кривой усиливаемых колебаний, вызванное нелинейными свойствами цепи, через которую эти колебания проходят.

Основной причиной появления нелинейных искажений в усилителе является нелинейность характеристик усилительных элементов, а также характеристик намагничивания трансформаторов или дросселей с сердечниками.

Из-за нелинейности входной характеристики транзистора. Попадая на нелинейный участок входной характеристики транзистора, этот сигнал вызывает изменения входного тока, форма которого отличается от синусоидальной. В связи с этим и выходной ток, а значит, и выходное напряжение изменяют свою форму по сравнению с входным сигналом.

Чем больше нелинейность усилителя, тем сильнее искажается им синусоидальное напряжение, подаваемое на вход. Известно (теорема Фурье), что всякая несинусоидальная периодическая кривая может быть представлена суммой гармонических колебаний и высших гармоник.

Таким образом, в результате нелинейных искажений на выходе усилителя появляются высшие гармоники, т.е. совершенно новые колебания, которых не было на входе, где сумма электрических мощностей, выделяемых на нагрузку гармониками, появившимися в результате нелинейного усиления электрическая мощность первой гармоники.

В тех случаях, когда сопротивление нагрузки имеет одну и ту же величину для всех гармонических составляющих усиленного сигнала, коэффициент гармоник определяется по формуле, где действующие или амплитудные значения первой, второй, третьей и т.д. гармоник тока на выходе, и т.д. действующие или амплитудные значения гармоник выходного напряжения.

Коэффициент гармоник обычно выражают в процентах, поэтому найденное по формулам значение следует умножить на 100% . Общая величина нелинейных искажений, возникающих на выходе усилителя и созданных отдельными каскадами этого усилителя, определяется по приближенной формуле, где нелинейные искажения, вносимые каждым каскадом усилителя.

Допустимая величина коэффициента гармоник всецело зависит, от назначения усилителя. В усилителях контрольно-измерительной аппаратуры допустимое значение коэффициента гармоник составляет десятые доли процента.

Частотными называются искажения, обусловленные изменением величины коэффициента усиления на различных частотах. Причиной частотных искажений является присутствие в схеме реактивных элементов, конденсаторов, катушек индуктивности, междуэлектродных емкостей усилительных элементов, емкости монтажа и т.д.

Зависимость величины реактивного сопротивления от частоты не позволяет получить постоянный коэффициент усиления в широкой полосе частот. Частотные искажения, вносимые усилителем, оценивают по его амплитудно-частотной характеристике, представляющей собой зависимость коэффициента усиления от частоты усиливаемого сигнала.

При построении амплитудно-частотных характеристик частоту по оси абсцисс удобнее откладывать не в линейном, а в логарифмическом масштабе. Для каждой частоты фактически по оси откладывается величина $\lg f$, а подписывается значение частоты.

Степень искажений на отдельных частотах выражается коэффициентом частотных искажений M , равным отношению коэффициента усиления на данной частоте. Обычно наибольшие частотные искажения возникают на границах диапазона частот f_n и f_v .

Коэффициенты частотных искажений в этом случае равны, где K_n и K_v соответственно коэффициенты усиления на нижних и верхних частотах диапазона.

Для усилителей низкой частоты идеальной частотной характеристикой является горизонтальная прямая линия, где K_n и K_v соответственно коэффициенты усиления на нижних и верхних частотах диапазона. Из определения коэффициента частотных искажений следует, что если $M > 1$, то частотная характеристика в области данной частоты имеет завал, а если $M < 1$, то подъем. Для усилителя низкой частоты идеальной частотной характеристикой является горизонтальная прямая.

Коэффициент частотных искажений многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов частотных искажений отдельных каскадов.

$$M = M_1 M_2 M_3 \dots M_n.$$

Следовательно, частотные искажения, возникающие в одном каскаде усилителя, могут быть скомпенсированы в другом, чтобы общий коэффициент частотных искажений не выходил за пределы заданного.

Коэффициент частотных искажений, так же, как и коэффициент усиления, удобно выражать в децибелах:

$$МДБ = 20 \lg M.$$

В случае многокаскадного усилителя:

$$MДБ = M1ДБ + M2ДБ + M3ДБ + \dots + MnДБ$$

Допустимая величина частотных искажений зависит от назначения усилителя. Для усилителей контрольно-измерительной аппаратуры, например, допустимые искажения определяются требуемой точностью измерения и могут составлять десятые и даже сотые доли децибела.

Следует иметь в виду, что частотные искажения в усилителе всегда сопровождаются появлением сдвига фаз между входным и выходным сигналами, т. е. фазовыми искажениями. При этом под фазовыми искажениями обычно подразумевают лишь сдвиги, создаваемые реактивными элементами усилителя, а поворот фазы самим усилительным элементом во внимание не принимается.

Фазовые искажения, вносимые усилителем, оцениваются по его фазо-частотной характеристике, представляющей собой график зависимости угла сдвига фазы φ между входным и выходным напряжениями усилителя от частоты. Фазовые искажения в усилителе отсутствуют, когда фазовый сдвиг линейно зависит от частоты. Идеальной фазо-частотной характеристикой является прямая, начинающаяся в начале координат.

2 Расчет схемы предварительного каскада усиления с общим эмиттером.

2.1. Исходные данные для расчета.

Таблица 1- исходные данные для расчета

Вариант №	Марка транзистора	$E_k, В$	$I_{k0}, мА$	$U_{kэ0}, В$	$R_H, кОм$	Тип транзистора
11	ГТ122А	15	8	8	1	n-p-n

Рабочий диапазон частот:

$$f_H = 80 \text{ Гц};$$

$$f_B = 10 \text{ кГц}$$

Коэффициент частотных искажений:

$$M_H = M_B = 1 \text{ дБ}$$

2.2. Принципиальная электрическая схема каскада

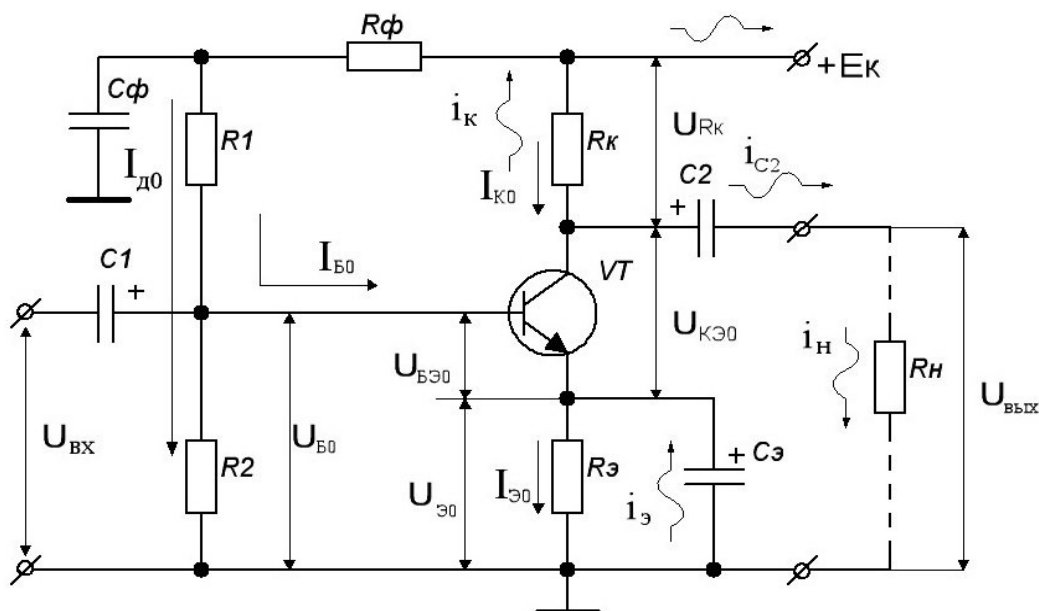


Рисунок 2.1- Схема резисторного каскада с общим эмиттером

Для предварительного усиления применяют усилители с ОЭ. В качестве активного элемента используют маломощный транзистор *n-p-n* типа.

Расчет каскада предварительного усиления с ОЭ является основной частью работы при проектировании УНЧ. При ее выполнении рассчитывают параметры элементов каждого каскада, цепей межкаскадных связей, режимы работы транзисторов. Исходя из условия обеспечения однотипности, каскады предварительного усиления выполняют одинаковыми. Поэтому расчет обычно сводится к расчету одного каскада.

Требования предъявляемые к каскадам усилителя:

Основное требование к каскадам предварительного усиления (КПУ) - наибольший коэффициент усиления при заданной частотной, фазовой или переходной характеристиках, благодаря чему можно сократить количество каскадов. В этом случае в КПУ используют усилительные элементы с маленькой мощностью и высоким коэффициентом усиления, при этом выбирают режим их работы, способ включения и детали схемы так, чтобы получить большее усиление сигнала при небольшом расходе питания. *n-p-n*

Назначения элементов схемы, следующие, где:

- R1 и R2 – делитель напряжения создает смещение на базе транзистора. Их используют для того, чтобы получить заданное выходное напряжение из большего входного (постоянного или переменного) напряжения.

- Сэ – конденсатор цепи эмиттерной стабилизации. Он требуется для предотвращения уменьшения усиления сигнала переменного тока.
- Сф - конденсатор фильтра
- Rк – коллекторная нагрузка.
- С2 - разделительный конденсатор на выходе.
- Rф – сопротивление резистора фильтра
- VT – транзистор
- Rэ – резистор эмиттерной стабилизации – признак автоматического смещения напряжением базы. За счет него создается отрицательная обратная связь по постоянному току для стабилизации напряжения.
- Rн – сопротивление нагрузки
- Ек – напряжение питания
- С1 – разделительный конденсатор на входе. Нужен для того, чтобы не пропускать постоянную составляющую от источника сигнала на базу транзистора.

Постоянные токи в схеме каскада:

Постоянные токи в схеме каскада проходят по пути: от +Ек к Rк, через коллектор к эмиттеру, к Rэ, к -Ек.

Режим по постоянному току характеризуется постоянным падением напряжения на компонентах входящих в состав усилительного каскада. При подаче сигнала переменного тока на управляющие электроды активного прибора ток в цепях начинает изменяться в соответствии с приложенным сигналом. Этот переменный ток создает переменное падение напряжения на

компонентах, входящих в состав усилительного каскада. Значение выходного сигнала обычно значительно больше входного сигнала. Когда рассматривают приращения токов или напряжений, вызванные входным сигналом, то говорят, что это режим работы по переменному току или режим малого сигнала.

Прохождение переменных токов в схеме каскада:

Когда отрицательная составляющая сигнала поступает на базу, а на коллекторе положительная составляющая, то на эмиттере будет отрицательная составляющая, тогда главная составляющая выходного тока идет от коллектора через $C2$, $Rн$, $Cэ$ к эмиттеру.

Второстепенная составляющая идет от коллектора через $Rк$, $+Eк$, $-Eк$, $Cэ$, к эмиттеру. Следующий полупериод сигнала, когда на базу поступит (+) сигнала, направление переменных токов изменится на противоположное.

2.3. Распределение частотных искажений:

В данной схеме частотных искажений вносятся ёмкостями схемы. В области низких частот искажения создаются конденсаторами связи $C1$ и $C2$, конденсатором фильтра $Cф$ и конденсатором цепи эмиттерной стабилизации $Cэ$.

По условию задания допустимые частотные искажения (дБ) распределяются между элементами схемы следующим образом:

$$M_{нэ} = (0,5 \dots 0,8) M_n(1)$$

$$M_{нф} = (0,05 \dots 0,1) M_n(2)$$

Где – M_n , допустимый коэффициент частотных искажений на низких частотах, он составляет 1 дБ. В области верхних частот частотные искажения вносятся транзистором M_{VT} и выходной емкостью каскада C_o (M_{VCo}).

Выходная емкость каскада C_o равна сумме входной емкости следующего каскада и емкости монтажа. В усилителях звуковой частоты частотные искажения, вносимые транзистором на верхних частотах, обычно принимаются равными $0,05 \div 0,1$ дБ

Где $M_{нэ}$ - коэффициент частотных искажений эмиттерной стабилизации;
 $M_{нф}$ - коэффициент частотных искажений конденсатором фильтра.

$$M_{нс} = M_n - M_{нэ} - M_{нф} \quad (3)$$

Тогда искажения, вносимые выходной емкостью каскада, определяются по формуле:

$$M_{VCo} = M_v - M_{VT} \quad (4)$$

Где, M_v - допустимый коэффициент частотных искажений на высоких частотах, он составляет 1 дБ; M_{VT} - коэффициент вносимые транзистором верхней частоты.

$$M_{VT}=0,1 \text{ дБ (1,012 отн. ед.)}$$

$$M_{VCo}=1-0,1=0,9 \text{ дБ (1,109 отн. ед.)}$$

$$M_{Ф}=M_n=1 \text{ дБ (1,122 отн. ед.)}$$

$$M_{нэ}=0,5*1=0,5 \text{ дБ (1,059 отн. ед.)}$$

$$M_{нф}=0,05*1=0,05 \text{ дБ (1,0058 отн. ед.)}$$

$$M_{нр}=1-0,5-0,05=0,45 \text{ дБ (1,047 отн. ед.)}$$

2.4. Статический режим работы каскада.

В статическом режиме входной сигнал отсутствует и токи протекают только под действием источника питания E_k . Сопротивление конденсаторов постоянному току равно бесконечности.

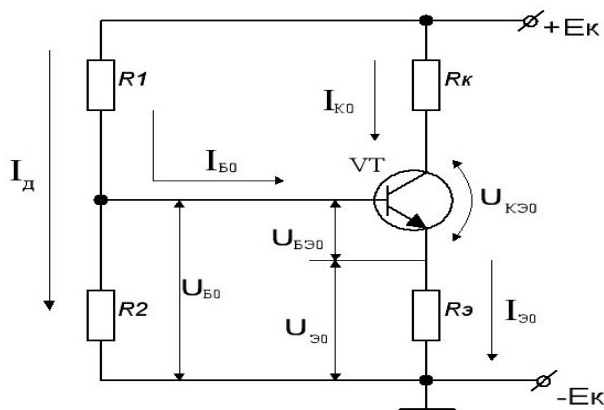


Рисунок 2.2 - Схема каскада с общим эмиттером для статического режима

Статический режим работы - на транзистор подаются постоянные токи или напряжения. В основном служит для расчёта рабочей точки транзистора (чтобы транзистор работал как усилитель, его надо сместить в рабочую точку, то есть в точку, в которой он не заперт и не в насыщении, и способен усиливать подаваемый на него небольшой сигнал переменного тока). Ещё статический режим применяется для расчёта ключевых схем, когда транзистор либо заперт, либо в насыщении.

2.5. Построение статической линии нагрузки и расчет сопротивлений R_k и $R_э$.

Уравнение статической линии нагрузки:

$$E_k = I_{э0} \cdot R_э + U_{кэ0} + I_{к0} \cdot R_k \quad (1)$$

Учитывая, что $I_{к0} \gg I_{б0}$, справедливо равенство $I_{к0} \approx I_{э0}$, и уравнение статической линии нагрузки имеет вид:

$$E_{к} = I_{к0} \cdot R_{э} + U_{эк0} + I_{к0} \cdot R_{к} = U_{эк0} + I_{к0} \cdot (R_{э} + R_{к}) \quad (2)$$

Где $I_{э0}$ – постоянный ток эмиттера;

$I_{б0}$ – постоянный ток базы;

$I_{э0}$ -ток эмиттера;

$U_{эк0}$ -напряжения эмиттер-коллектор;

$I_{к0}$ - ток коллектора.

Из этого уравнения выражаем сумму двух сопротивлений:

$$R_{э} + R_{к} = \frac{E_{к} - U_{эк0}}{I_{к0}}$$

(3)

- $R_{э}$ выбирается из условия:

$$R_{э} = (0,1 \div 0,3) \cdot R_{к} \quad (4)$$

- Рассчитываем $R_{к}$ взяв из условия $R_{э} = 0,2R_{к}$:

$$1,2R_{к} = (E_{к} - U_{эк0}) / I_{к0}$$

$$1,2R_{к} = \frac{15 - 8}{8} = 0,875 \text{ (кОм)};$$

$$R_{к} = 0,875 / 1,2 = 0,73 \text{ (кОм)}$$

- Рассчитываем $R_{э}$:

$$R_{э} = 0,2 * 0,73 = 0,146 \text{ (кОм)};$$

- Номинальные значения $R_{к} = 0,75 \text{ кОм}$; $R_{э} = 0,15 \text{ кОм}$:

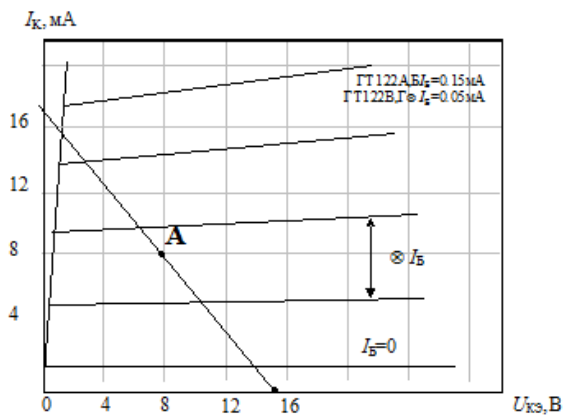


Рисунок 2.3 - Выходные характеристики транзистора со статической линией нагрузки

На выходных характеристиках транзистора строим статическую линию нагрузки по двум точкам (для моих графиков $E_K = 15V$, $I_{к0} = 8mA$, $U_{кэ0} = 8V$) точка покоя А с координатами $I_{к0}$ и $U_{эк0}$ и точка отсечки $I_{к0} = 0$, $U_{кэ} = E_K$.

2.6. Расчет сопротивлений R_2 и R_1

Для контура R_3 – эмиттер – база – R_2 запишем уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$I_{э0} \cdot R_3 + U_{эб0} - I_1 \cdot R_2 = 0 \quad (1)$$

Где I_1 – ток делителя;

Из уравнения выразим:

$$R_2 = \frac{I_{э0} \cdot R_3 + U_{эб0}}{I_1} \quad (2)$$

Определила R_2 :

$$R_2 = \frac{8 \cdot 0,15 + 0,3}{1,5} = 1 \text{ (кОм)};$$

По положению рабочей точки на выходной характеристике транзистора определяем ток базы $I_{б0}$ (для моего графика $I_{б0} = 0,3 \text{ mA}$)

По входной характеристике транзистора для значений $I_{\text{б0}}$ и $U_{\text{кэ0}}$
 ($U_{\text{кэ0}} = 8 \text{ В}$) находим $U_{\text{б0}} = 0,3 \text{ В}$

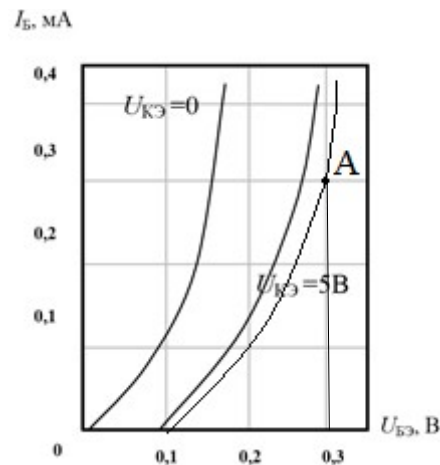


Рисунок 2.4 - Входные характеристики транзистора

Учитывая, что $I_{\text{э0}} \approx I_{\text{к0}}$, а ток делителя $I_1 = 5 \cdot I_{\text{б0}}$, рассчитываем R_2 :

$$I_{\text{б0}} = 0,3 \text{ мА}$$

Определила I_1 :

$$I_1 = 5 \cdot 0,3 = 1,5 \text{ (мА)}$$

Аналогично для контура $R_2 - R_1 - E_k$ составляем уравнение по 2 закону Киргофа:

$$E_k = R_2 \cdot I_1 + R_1 \cdot (I_1 + I_{\text{б0}}) \quad (3)$$

Из последнего уравнения выразим R_1 и выполним расчет:

$$R_1 = \frac{E_k - R_2 \cdot I_1}{I_1 + I_{\text{б0}}}$$

(4)

Определила R_1 :

$$R_1 = \frac{15 - 1 \cdot 1,5}{1,5 + 0,3} = 7,5 \text{ (кОм)};$$

2.7. Расчет мощности рассеяния на резисторах и выбор резисторов в схему.

Определяем мощности рассеяния на резисторах:

$$P_{R_k} = I_{k0}^2 \cdot R_k \quad (1)$$

$$P_{R_3} = I_{k0}^2 \cdot R_3 \quad (2)$$

$$P_{R1} = I_1^2 \cdot R_1 \quad (3)$$

$$P_{R2} = I_1^2 \cdot R_2 \quad (4)$$

$$P_{R_k} = 8^2 \cdot 0,75 = 48 \text{ (мВт)}$$

$$P_{R_3} = 8^2 \cdot 0,15 = 9,6 \text{ (мВт)}$$

$$P_{R1} = 1,5^2 \cdot 7,5 = 17 \text{ (мВт)}$$

$$P_{R2} = 1,5^2 \cdot 1 = 2,25 \text{ (мВт)}$$

Выбираем резисторы типа МЛТ-0,25

2.8. Динамический режим работы каскада и расчет h-параметров транзистора.

В динамическом режиме источник питания E_k закорочен, а токи протекают только за счет $u_{вх} = U_{вхm} \sin \omega t$ (источника сигнала).

Емкость конденсаторов выбирается так, чтобы на минимальной рабочей частоте их сопротивление было значительно меньше активных сопротивлений схемы и конденсаторы можно считать закороченными.

Тогда, заменив транзистор эквивалентной схемой с h-параметрами, получим схему замещения каскада (рисунок. 2.5).

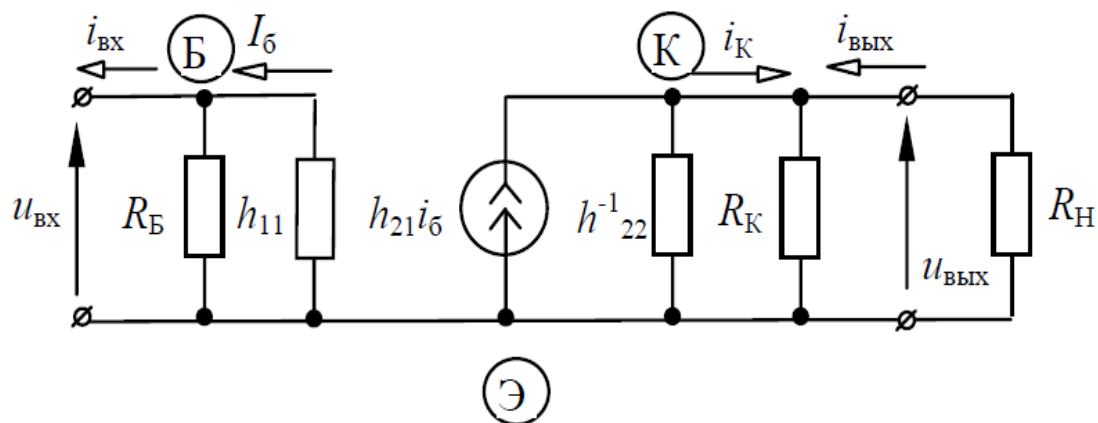


Рисунок 2.5 - Схема замещения каскада

По выходным и входным характеристикам транзистора в точке покоя А определяем h_{21} h_{22} h_{11}

По статическим характеристикам транзистора можно определить три из четырех h-параметров:

- h_{11} - входное сопротивление;
- h_{21} - статический коэффициент передачи тока базы транзистора;
- h_{22} - выходную проводимость ;

По выходным характеристикам определяем h_{21} :

$$h_{21} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$$

(1)

Через рабочую точку А проводим вертикальную линию, определяем точки пересечения этой линии с выходными характеристиками транзистора, лежащими выше и ниже той выходной характеристики, на которой расположена точка А. Из точек пересечения проводим горизонтальные линии до оси ординат, чтобы определить значения $I_{К0}$ для этих точек.

$$h_{21} \dot{i} \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$$

Получаем для верхней точки $I_{K0} = 14$ мА, для нижней 4 мА:

Определила ΔI_{K0} :

$$\Delta I_{K0} = 14 - 4 = 10 \text{ (мА)}$$

Определяем приращение тока базы. Для верхней выходной характеристики ток базы 0,45 мА, для нижней 0,15 мА:

Определила ΔI_{B0} :

$$\Delta I_{B0} = 0,45 - 0,15 = 0,3 \text{ (мА)}$$

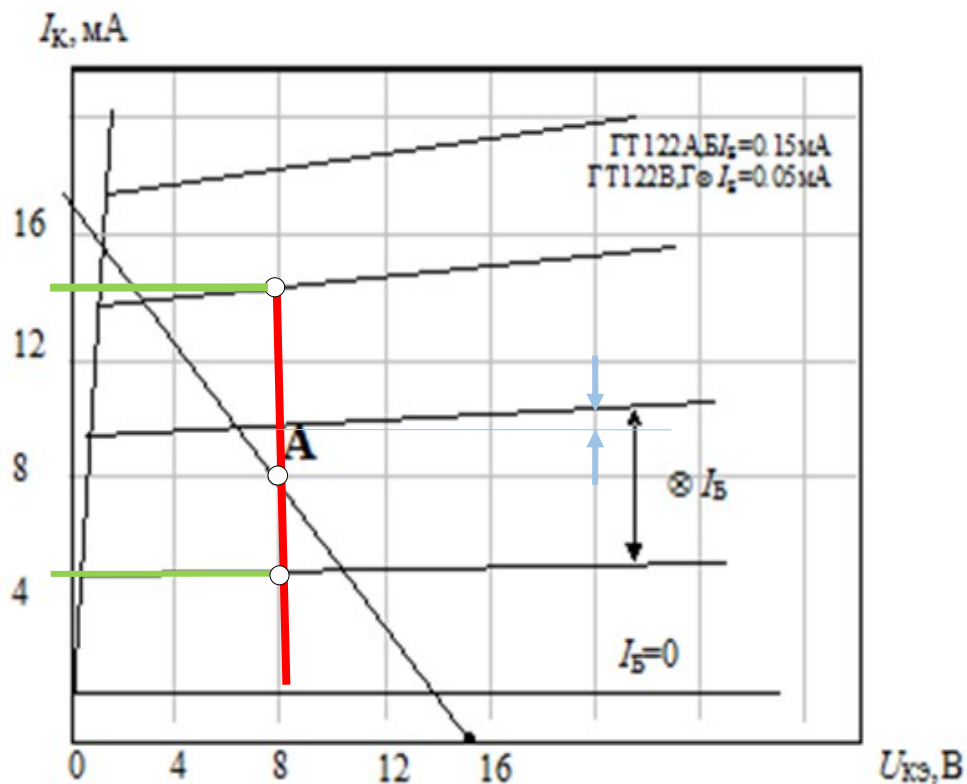


Рисунок 2.6 - Выходные характеристики для h_{21} и h_{22}

Рассчитываем h_{21} :

$$h_{21} \dot{i} \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{0,8}{0,07} = 11,4$$

По выходным характеристикам определяем h_{22} :

$$h_{22} \dot{i} \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{КЭ}} \quad (2)$$

Для определения h_{22} из точки А проводим вправо горизонтальную линию, параллельную оси абсцисс, затем опускаем перпендикуляр на ось абсцисс

Чтобы найти $\Delta U_{КЭ}$, от абсциссы 20В отнимаем абсциссу точки покоя А, которая в моем примере равна 8В:

$$\Delta U_{КЭ} = 20 - 8 = 12 \text{ (В)}$$

$$\Delta I_K = 0,8 \text{ (мА)}$$

$$h_{22} \dot{i} \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{КЭ}} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3}}{12} = 0,066 \cdot 10^{-3} \text{ (См)}$$

По входным характеристикам определяем h_{11} :

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{ЭБ}}{\Delta I_B} \quad (3)$$

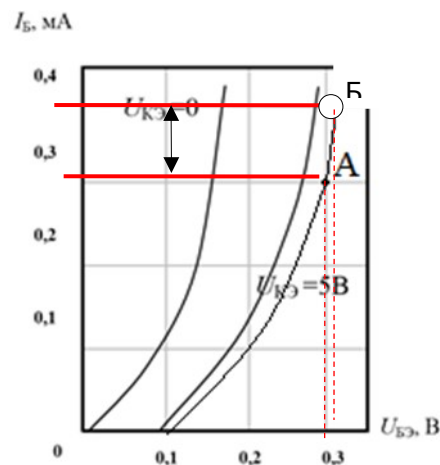


Рисунок 2.7 - входным характеристикам определяем h_{11}

На характеристике, соответствующей заданному в варианте значению в моем примере это напряжение $U_{кэ} = 8В$ и входная характеристика - это построенная мной характеристика, на ней отмечено положение рабочей точки А, абсцисса которой 0,3 В, а ордината 0,3 мА

Зададим приращение тока базы ΔI_b :

- Я взяла $\Delta I_b = 0,07$ мА и показала это приращение на графике двунаправленной стрелкой. Из концов двунаправленной стрелки опускаем перпендикуляры на входную характеристику транзистора, соответствующую заданному в варианте значению $U_{эк}$ и определяем точку Б, из которой опускаем перпендикуляр на ось абсцисс. Находим абсциссу точки Б. В моем примере это 0,3 В Абсцисса точки А в моем примере 0,29В

Теперь находим приращение $\Delta U_{эб}$, для чего из абсциссы точки Б вычитаем абсциссу точки А:

- Определила $\Delta U_{эб}$:
$$\Delta U_{эб} = 0,3 - 0,29 = 0,01(В)$$
- Рассчитываем h_{11} :
$$h_{11} = \frac{0,01}{0,07} = 0,14(кОм)$$

2.9. Расчет входного, выходного сопротивлений каскада и коэффициентов усиления.

Рассмотрим схему (рисунок. 2.5). В этой схеме R_6 - это делитель из R_1 и R_2 :

$$R_6 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

(1)

Определила R_6 :

$$R_6 = 7,5 * 1 \setminus 7,5 + 1 = 0,88(\text{кОм})$$

- Входное сопротивление каскада:

$$R_{\text{вх}} = \frac{R_6 \cdot h_{11}}{R_6 + h_{11}}$$

(2)

Где $R_{\text{вх}}$ - входное сопротивление каскада.

Определила $R_{\text{вх}}$:

$$R_{\text{вх}} = 0,88 * 0,14 \setminus 0,88 + 0,14 = 0,12(\text{кОм})$$

- Выходное сопротивление каскада $R_{\text{вых}}$:

$$R_{\text{вых}} = \frac{R_k \cdot h_{22}^{-1}}{R_k + h_{22}^{-1}} (3)$$

Где $R_{\text{вых}}$ - выходное сопротивление каскада;

- Рассчитала $R_{\text{вых}}$:

$$R_{\text{вых}} = 0,75 * 15 \setminus 0,75 + 15 = 0,71(\text{кОм})$$

$$\text{Где } h_{22}^{-1} = \frac{1}{h_{22}} : \quad h_{22}^{-1} = 1 \setminus 0,066 = 15 (\text{кОм})$$

Коэффициент усиления напряжения:

$$u_{\text{вх}} = i_{\text{б}} \cdot h_{11}(4)$$

$$u_{\text{вых}} = -h_{21} \cdot i_{\text{б}} \cdot \frac{R_{\text{к}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{к}} + R_{\text{н}}} \quad (5)$$

$$K_u = \frac{u_{\text{вых}}}{u_{\text{вх}}} (6)$$

Где $U_{\text{вых}}$ – выходной сигнал;

$U_{\text{вх}}$ – входной сигнал.

Знак минус показывает, что напряжение $u_{\text{вых}}$ изменяется в противофазе с напряжением $u_{\text{вх}}$ т.к. схема включения ОЭ:

- В результате:

$$K_u = \frac{u_{\text{вых}}}{u_{\text{вх}}} = \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot \frac{R_{\text{к}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{к}} + R_{\text{н}}}$$

- Рассчитываем:

$$K_u = \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot \frac{R_{\text{к}} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\text{к}} + R_{\text{н}}} (7)$$

- Определила K_u :

$$K_u = 11,4 \cdot 0,14 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,75 + 1 = 34,2$$

Коэффициент усиления тока:

$$i_{вх} = \frac{u_{вх}}{R_{вх}} \quad (8)$$

$$i_{вых} = \frac{u_{вых}}{R_{н}}$$

(9)

$$K_i = \frac{i_{вых}}{i_{вх}} \quad (10)$$

$$K_i = \frac{i_{вых}}{i_{вх}} = \frac{u_{вых}}{u_{вх}} \cdot \frac{R_{вх}}{R_{н}} = K_u \cdot \frac{R_{вх}}{R_{н}}$$

(11)

Рассчитаем $I_{вх}, I_{вых}, K_i$:

$$I_{вх} = 0,01 \setminus 0,12 = 0,083 \text{ (мА)}$$

$$I_{вых} = -0,3 \setminus 1 = -0,3 \text{ (мА)}$$

$$K_i = -0,3 \setminus 0,083 = -3,61$$

$$K_i = -0,3 \setminus 0,01 * 0,12 \setminus 1 = -3,6$$

Рассчитываем :

$$K_i = K_u \cdot \frac{R_{вх}}{R_{н}} \quad (12)$$

Определила K_i :

$$K_i = 34,2 * 0,12 \setminus 1 = 4,1$$

Рассчитываем коэффициент усиления мощности:

$$K_p = K_u \cdot K_i \quad (13)$$

Где K_i - коэффициент усиления по току;

K_u - коэффициент усиления по напряжению;

K_p - коэффициент усиления по мощности.

Определила K_p :

$$K_p = 34,2 * 4,1 = 140,22$$

2.10. Расчет емкости конденсаторов связи и конденсатора эмиттерной стабилизации.

Подбираем конденсаторы в соответствии со шкалой номинальных значений сопротивлений и емкостей.

Рабочий диапазон частот:

$$f_{\text{н}} = 80 \text{ Гц};$$

$$f_{\text{в}} = 10 \text{ кГц}$$

Коэффициент частотных искажений:

$$M_{\text{н}} = M_{\text{в}} = 1 \text{ дБ (1.122 отн. ед)}$$

Где $f_{\text{в}}$ – верхняя частота;

$f_{\text{н}}$ – нижняя частота;

$M_{\text{н}}$ и $M_{\text{в}}$ - Коэффициент частотных искажений на НЧ и ВЧ-ах полосы пропускания, соответственно.

Емкость конденсатора цепи эмиттерной стабилизации:

$$C_3 \geq \frac{1}{0,2\pi \cdot f_{\text{н}} \cdot R_3}$$

(1)

Рассчитаем C_3 :

$$C_3 = 1 / (0,2 * 3,14 * 80 * 0,15) = 0,1884 * 10^{-3} (\text{Ф}) \text{ или } 188,4 (\text{мкФ})$$

Емкость разделительного конденсатора на входе каскада определяется по формуле:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot f_{\text{н}} R_{\text{вх}} \sqrt{M_{\text{н}}^2 - 1}}; \quad (2)$$

Рассчитаем C_1 :

$$C_1 = \sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 80 \cdot 0,12 \cdot 0,5 = 3,3 \cdot 10^{-8} (\Phi) \text{ или } 0,033 (\text{мк}\Phi)$$

Ёмкость разделительного конденсатора на выходе каскада определяется по формуле:

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot f_H (R_K + R_H) \sqrt{M_H^2 - 1}}; \quad (3)$$

Рассчитаем C_2 :

$$C_2 = \sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 80 (0,75 + 1) \cdot 0,5 = 0,000035 \cdot 10^{-4} (\Phi) \text{ или } 35 (\text{мк}\Phi)$$

Подобрал ёмкость конденсаторов в соответствии с таблицей «Малогобаритные электролитические конденсаторы типа К50-16»

Марка конденсатора: К50 – 16 ;

$$U_{\text{раб}} = I_{\text{э0}} \cdot R_{\text{э}} = 8 \cdot 0,15 = 1,2 (\text{В})$$

$$C_{\text{э}} = 188,4 \text{ мк}\Phi$$

$$C_{\text{эН}} = 500 \text{ мк}\Phi$$

$$C_1 = 0,033 \text{ мк}\Phi$$

$$C_{1\text{Н}} = 20 \text{ мк}\Phi$$

$$C_2 = 35 \text{ мк}\Phi$$

$$C_{2\text{Н}} = 50 \text{ мк}\Phi$$

Рассчитал $U_{\text{кэ}}$:

$$U_{\text{кэ}} = U_{\text{кэ0}} - U_{\text{кэ}} = 8 - 1,2 = 6,8 (\text{В});$$

2.11. Построение динамической линии нагрузки и расчет выходной мощности каскада.

Уравнение динамической линии нагрузки запишем в соответствии со вторым законом Кирхгофа для выходного контура схемы замещения каскада (рисунок 2.5)

$$u_{\text{эк}} = i_{\text{к}} \times \frac{R_{\text{к}} \times R_{\text{н}}}{R_{\text{к}} + R_{\text{н}}} (1)$$

При $i_k = 0$ каскад работает в статическом режиме и динамическая линия нагрузки должна проходить через точку покоя А.

При изменении коллекторного тока на величину ΔI_k напряжение $U_{кэ}$ изменится на величину:

$$\Delta U_{кэ} = \Delta I_k \times \frac{R_k \times R_H}{R_k + R_H} \quad (2)$$

- Вторая точка динамической линии нагрузки имеет координаты:

$$I_k = I_{к0} + \Delta I_k \quad (3)$$

$$U_{кэ} = U_{кэ0} - \Delta U_{кэ} \quad (4)$$

Где $U_{кэ0}$ - напряжения коллектор-эмиттер;

$\Delta U_{кэ}$ - приращение напряжения коллектор-эмиттер;

I_k – ток калектора;

ΔI_k – прирошение тока колектора.

- Например, я беру приращение тока коллектора $\Delta I_k = 4$ мА:

Тогда $I_k = 8 + 4 = 12$ (мА)

- Допустим, у меня $R_k = 0,75$ (кОм), $R_H = 1$ (кОм):

тогда $\Delta U_{кэ} = \Delta I_k \cdot \frac{R_k \cdot R_H}{R_k + R_H} = 4 \cdot \frac{0,75 \cdot 1}{0,75 + 1} = 2,73$ (В)

Находим $U_{кэ} = U_{кэ0} - \Delta U_{кэ} = 8 - 2,73 = 5,27$ (В)

Через точки с этими координатами проводим динамическую линию нагрузки:

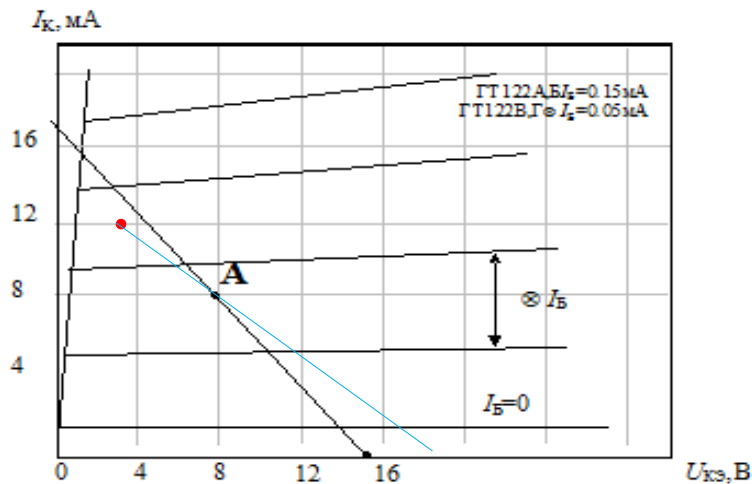


Рисунок 2.8 -динамическая линия нагрузки.

В моем примере динамическая линия нагрузки проходит через точку А и точку с координатами (12мА и 3 В) Линия синего цвета.

Определяем точку пересечения динамической линии нагрузки с выходной характеристикой транзистора, соответствующей току базы $I_{б0} = 0$. (Определяем абсциссу точки пересечения ($U_{кэ}$)). В моем примере это $U_{кэ}=18(\text{В})$

Амплитуда выходного напряжения каскада рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{выхн}} = U_{кэ} - U_{кэ0} \quad (5)$$

Рассчитаем $U_{\text{выхн}}$:

$$U_{\text{выхн}} = 18 - 8 = 10 (\text{В})$$

Максимальная выходная мощность:

$$P_{\text{выхн}} = \frac{U_{\text{выхн}}^2}{R_{н}} \quad (6)$$

Где $P_{\text{выхн}}$ -максимальная выходная мощность.

Рассчитаем $P_{\text{выхн}}$:

$$P_{\text{выхн}} = 10^2 \cdot 1 = 0,1 * 10^{-3} (\text{Вт}) \text{ или } 100 (\text{мВт})$$

Заключение

Цель курсового проекта выполнена, задачи решены, электрическая схема рассчитана параметры схемы соответствуют теоретическим выкладкам, элементы подобраны в соответствии с указанными требованиями.

При выполнении расчёта каскада с общим эмиттером, были получены навыки расчётов сопротивлений, коэффициента усиления, ёмкости конденсаторов и т.д., так же получили навык в построении динамической и статической линий нагрузки.

В результате работы были рассчитаны:

1. Сопротивления резисторов R_k ; $R_э$; R_1 ; R_2
2. Входное сопротивление каскада $R_{вх}$
3. Выходное сопротивление каскада $R_{вых}$
4. Коэффициент усиления тока K_i
5. Коэффициент усиления напряжения K_u
6. Коэффициент усиления мощности K_p
7. Амплитудное значение выходного напряжения каскада $U_{выхm}$
8. Максимальная выходная мощность $P_{выхm}$

Таблица 2 - результаты расчетов

R_k , кОм	$R_э$, кОм	R_1 , кОм	R_2 , кОм	$R_{вх}$, кОм	$R_{вых}$, кОм	K_i	K_u	K_p	$U_{выхm}$, В	$P_{вых}$ m, мВт
0,75	0,15	7,5	1	0,12	0,014	4,1	34,2	140,22	10	100

Список использованных источников.

1. ПОЛОЖЕНИЕ
2. Электроника и схемотехника Новожилов О.П. М.: Издательство Юрайт, 2019 - 282с. <https://biblio-online.ru>
3. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Функциональные узлы Борисенко А.Л. М.:ИздательствоЮрайт, 2019 - 126с.<https://biblio-online.ru>
4. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах А.А.РовдоНиТ 2006г. <http://www.umup.ru/biblio>
5. Промышленные усилители мощности. В.Д. Грибов, Н.Н.Усачев, К.О.Гусев. 2006г. СПб, 2006 - 36с.
6. Методические указания. Показатели усилителя, обратные связи и работа усилительного элемента. Е.О.Федосеева Л.1987.
7. Методические указания. Каскады на транзисторах. Е.О.Федосеева Л.1987.
8. https://revolution.allbest.ru/radio/00280942_0.html#text
9. https://studbooks.net/2357707/tehnika/razrabotka_printsipialnoy_shemy_usilitelya_zvukovoy_chastoty_dvuhtakny_m_bestransformatornym_vyhodnym_kaskadom
10. <https://studall.org/all4-21585.html>
11. <https://helpiks.org/2-49217.html>
12. <https://mydocx.ru/1-25187.html>
13. <http://housea.ru/index.php/electroneews/46590>
14. <https://topref.ru/referat/70153/2.html>
15. <https://lektsii.org/16-40476.html>
16. <https://siblec.ru/radiotekhnika-i-elektronika/elektronika/2-elementy-i-uzly-analogovykh-ustrojstv/2-2-usiliteli>

