Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО Уральский государственный технический университет-УПИ

Кафедра «Радиоэлектроника информационных систем»

Оценка работы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Члены комиссии\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД НА БИПОЛЯРНОМ ТРАНЗИСТОРЕКУРСОВАЯ РАБОТА**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**Подпись Дата Ф.И.О.**

**Руководитель** **Елфимов В.И.**

**Студент**  **Костарева Т.В.**

Группа: Р-224б

Номер зачетной книжки 09111006

Екатеринбург 2003

Оглавление

1. Цель курсовой работы

2. Задание на курсовую работу

3. Содержание курсовой работы

Список используемой литературы

Приложение 1. Перечень элементов

Приложение 2. Принципиальная схема усилительного каскада

# 1. Цель курсовой работы

Цель курсовой работы состоит в закреплении знаний, полученных при изучении дисциплины «Электроника», в получении опыта разработки и расчета основных характеристик усилительных каскадов, в развитии навыков выполнения информационного поиска, пользования справочной литературой, определения параметров эквивалентных схем биполярных и полевых транзисторов, в создании разностороннего представления о конкретных электронных элементах.

**2. Задание на курсовую работу**

В ходе выполнения курсовой работы необходимо для заданного типа транзистора выписать паспортные параметры и статические характеристики, в соответствии со схемой включения и величинами элементов схемы усилительного каскада выбрать положение режима покоя, для которого следует рассчитать параметры эквивалентных схем транзистора и малосигнальные параметры транзистора, графоаналитическим методом определить основные параметры усилительного каскада.

**3. Содержание курсовой работы**

# Паспортные данные

Транзистор КТ602А

Транзистор кремниевый планарный n-p-n универсальный маломощный. Предназначен для применения в схемах генерирования и усиления сигналов радиотехнических устройств.

Электрические параметры

Граничное напряжение при Iэ=50 мА, τ=5 мкс, f=2 кГц ……………70 В

Напряжение насыщения коллектор-эмиттер при Iк=50 мА, Iб=5 мА .3В

Напряжение насыщения база-эмиттер при Iк=50 мА, Iб=5 мА..…….3 В

Емкость коллекторного перехода при Uкб=50 В, f=2 МГц, не более 4пФ

Емкость эмиттерного перехода при Uэб=0 В, f=2 МГц, не более 25 пФ

Постоянная времени цепи обратной связи при Uкб=10 В, Iк=10 мА, f=2 МГц, ...300 пс

Граничная частота…………………………………………….…150 МГц

Обратный ток коллектора при Uкб=120 В, Т=298 К, не более:..70 мкА

Предельные эксплуатационные данные

Постоянное напряжение коллектор-база………………………….120 В

Импульсное напряжение коллектор-база………………………….160 В

Постоянное напряжение коллектор-эмиттер ……………………..100 В

Постоянное напряжение эмиттер-база ………………………………5 В

Постоянный ток коллектора ………………………………………75 мА

Постоянный ток эмиттера………………………………………….80 мА

Постоянная рассеиваемая мощность при Т=358 К………………0,2 Вт

Температура перехода……………………………………………....393 К

Температура окружающей среды………..……………...от 233 до 358 К

1. **На семействе выходных характеристик строим нагрузочную прямую**

Нагрузочная прямая определяется уравнением



и строится по двум точкам: при IК = 0, UКЭ = ЕП и при UКЭ = 0, IК = ЕП/RК.

Так как выбрана схема с делителем напряжения, уравнение нагрузочной прямой преобразуется к виду



и строится по двум точкам: при IК = 0, UКЭ = ЕП и при UКЭ = 0, IК = ЕП/RК. В ходе построения нагрузочной прямой, значение Rк было изменено, чтобы нагрузочная прямая проходила более круто, соответственно Rк = 390 Ом, Rн = 680 Ом.



Рис. 1. Схема включения биполярного транзистора с общим эмиттером и фиксированным напряжением база-эмиттер

# 3. Выбираем на нагрузочной прямой режим покоя (рабочую точку)

Фиксируем параметры режима покоя.

Рабочую точку выбираем примерно посередине между режимами отсечки и насыщения в точке пересечения нагрузочной прямой с ближайшей выходной характеристикой. Фиксируем параметры режима покоя: Uкэо=13,8 В, Uбэо=0,79 В, Iко=16,7 мА, Iбо=0,625 мА.

Для получения фиксированного напряжения смещения на базе транзистора применяется резисторный делитель напряжения, а конкретные значения величин R1 и R2 выбираются исходя из необходимой величины . Эта схема называется схемой стабилизации с фиксированным напряжением смещения базы. Выберите ток делителя IД, протекающий через R2, из условия IД = (10 - 20) IБ0 и определите величины сопротивлений резисторов R1, R2:

 , .

,



1. **Графически определяем малосигнальные параметры**

**транзистора в окрестностях рабочей точки**

Н-параметры по семейству входных и выходных характеристик:

 - входное сопротивление транзистора при коротком замыкании на выходе для переменной составляющей тока;

 - коэффициент передачи по току при коротком замыкании на выходе для переменной составляющей тока;

 - выходная проводимость транзистора при разомкнутом входе для переменной составляющей тока (холостой ход входной цепи);

 - коэффициент обратной связи по напряжению при разомкнутом входе для переменной составляющей тока.

Для повышения точности расчетов приращения ΔIК, ΔIБ, ΔUБЭ, ΔUКЭ берем симметрично относительно рабочей точки транзистора в режиме покоя;







**5. Рассчитываем величины элементов эквивалентной схемы транзистора**

Определяем параметры эквивалентной схемы биполярного транзистора, которая представлена на рис. 4.



Рис. 4. Физическая малосигнальная высокочастотная эквивалентная схема биполярного транзистора (схема Джиаколетто)

Вычисляем параметры схемы Джиаколетто, воспользовавшись следующими соотношениями:

 - барьерная емкость коллекторного перехода; , Из ряда номинальных значений выбираем 

 - выходное сопротивление транзистора;   - сопротивление коллекторного перехода; 

 - сопротивление эмиттерного перехода по эмиттерному току; 

 - сопротивление эмиттерного перехода базовому току; 

 - распределенное сопротивление базы,

где τОС – постоянная времени обратной связи транзистора; 

 - диффузионная емкость эмиттерного перехода,

где ƒТ – граничная частота транзистора; 

 - собственная постоянная времени

транзистора; *τ* = 0,015 (нс)

 - крутизна транзистора; *S* = 1,81 (А/В)

1. **Определяем граничные и предельные частоты транзистора**

а) выписываем из справочника для биполярного транзистора значения граничных и предельных частот ƒгр = ƒТ, оцениваем граничную частоту из соотношения: ƒТ = |Н21Э| ƒизм = 0,15 ГГц - граничная частота усиления транзистора по току в схеме с общим эмиттером, где |Н21Э| - модуль коэффициента передачи по току на высоких частотах, ƒизм - частота, на которой он измерен (справочные данные);

б) рассчитываем граничные и предельные частоты биполярного транзистора, воспользовавшись следующими соотношениями:

 - предельная частота в схеме включения транзистора с общим эмиттером;

 - предельная частота в схеме включения транзистора с общей базой;

 - максимальная частота генерации;

 - предельная частота транзистора по крутизне;

1. **Оцениваем частотные зависимости Y-параметров транзисторов**

Определяем частотные зависимости модулей ⏐Y21(ω)⏐, ⏐Y11(ω)⏐ биполярного транзистора, воспользовавшись соотношениями:

 - проводимость прямой передачи, которую определяем при коротко замкнутом для переменной составляющей выходе транзистора;

 - входная проводимость, которую определяем при короткозамкнутом для переменной составляющей выходе транзистора,

где ωβ = 2πƒβ, ωS = 2πƒS .

Построим графики зависимостей ⏐Y21(ω)⏐ и ⏐Y11(ω)⏐, задаваясь значениями ω (максимальное значение частоты должно быть   
ω ≥ (10 – 100)⋅ωS;

1. **Определим сопротивление нагрузки транзистора по переменному току**:

Оценим значение сопротивления нагрузки биполярного транзистора по переменному току из соотношения

(Ом);

согласуя со значением из номинального ряда, получим R~= 240 Ом

1. **Построим нагрузочную прямую транзистора по переменному току на семействе выходных характеристик**

Нагрузочная прямая по переменному току проходит через точку режима покоя (Iок, Uкэо) и через точку с координатами  
 Iк = 0; Uкэ = Iок ⋅R~+Uкэо = 70⋅10-6⋅240+13,8=13,82 В

1. **С использованием нагрузочной прямой по переменному току на выходных характеристиках транзистора построим сквозную характеристику** **Iк = ƒ(Uбэ).**

Под сквозной характеристикой транзистора понимается зависимость амплитуды переменной составляющей выходного тока от значения амплитуды переменной составляющей входного напряжения. Вид сквозной характеристики транзистора представлен на рис. 6. По сквозной характеристике транзистора найдем наибольшую величину входного напряжения Uвх. н, при которой максимально охватывается вся переменная часть сквозной характеристики ( рис. 6, участок ВАС).

1. **Определим динамические параметры усилительного каскада для двух величин амплитуды входного сигнала Uвх**

Uвх1 = Uвх. н ; Uвх2 = Uвх. н/2

и двух значений сопротивления нагрузки Rн:

Rн1 = ∞; Rн2 = Rн (в соответствии с техническим заданием):

1) рассчитаем динамические параметры усилительного каскада на биполярном транзисторе с использованием графоаналитического метода:

 - коэффициент усиления по току;

 - коэффициент усиления по напряжению;

 - коэффициент усиления по мощности, где приращение  и соответствующее ему приращение  определим по входной характеристике биполярного транзистора, а приращения ,  - по нагрузочной прямой для постоянного и переменного токов (в зависимости от значения сопротивления нагрузки) на семействе выходных характеристик вблизи режима покоя транзистора;

При UВХ1= UВХ.Н ,

а) при Rн1=∞





3,2\*104

б) при Rн2=Rн





2,1\*104

При UВХ2= UВХ.Н/2

а) при Rн1=∞





3,3\*104

б) при Rн2=Rн





2,8\*104

2) оценим динамические параметры усилительного каскада с помощью аналитических соотношений:

Кi = H21Э/(1+Н22ЭR~) – коэффициент усиления по току, при RН = ∞ необходимо подставлять вместо R~ значение RК;

Кu = H21ЭR~/H11Э – коэффициент усиления по напряжению, при RН = ∞ вместо R~ необходимо подставлять значение RК ;

Кp =  - коэффициент усиления по мощности, при RН = ∞ вместо R~ необходимо подставлять значение RК;

а) при RН1 = ∞

Кi = H21Э/(1+Н22ЭRК) = 45,28/(1+390\*0,66\*10-4) = 44,14

Кu = H21ЭRК/H11Э =45,28\*390/25=706,4

Кp = = 2050,3\*390/25\*(1+390\*0,66\*10-4)=3,12\*104

б) при RН2 = RН

Кi =44,55

Кu =434,7

Кp =1,9\*104

1. **Оценим нелинейные искажения в усилительном каскаде на транзисторе**

Коэффициентом гармоник называется отношение действующего значения суммы высших гармоник выходного напряжения к действующему значению его первой гармоники:

 ,

где U1, U2, U3 и т.д. – действующие значения отдельных гармоник выходного напряжения.

Этот коэффициент можно оценить методом пяти ординат по сквозной характеристике, который позволяет учесть влияние второй и третьей гармоник входного сигнала.

,

где  - коэффициент второй гармоники;  - коэффициент третьей гармоники, определяются графически. Для этого на сквозной характеристике отмечаем пять точек (см. рис. 10), соответствующих точке покоя (нулевая амплитуда входного сигнала), наибольшей амплитуде входного сигнала UВХ. Н (с учетом обеих полуволн), половине наибольшей амплитуды входного сигнала, т.е. (1/2)UВХ. Н (тоже с учетом обеих полуволн). По этим точкам вычисляем значения отрезков , , ,

*a=12мА, в=10,5мА, с=10мА*

тогда







при UВХ2= UВХ.Н/2

*a=6,2мА, в=6мА, с=5,5мА*

тогда







# Анализ полученных данных

Результатом выполнения данной курсовой работы является расчет основных характеристик усилительного каскада, выполненного на биполярном транзисторе.

Рассмотренный в работе усилительный каскад обладает высоким коэффициентом усиления как по напряжению, так и по току ( при Uвх1 =Uвх и Rн1 = Rн коэффициент усиления по току составил Ki=45,28, а по напряжению Ki=461,7), что позволяет использовать такие каскады, например, в более мощных усилителях.

Коэффициент гармоник при Uвх1 =Uвх н ; Rн1 = Rн составил 5,6

Наибольшие трудности для меня вызвало определение динамических параметров усилительного каскада графоаналитическим методом.

Наиболее полезно для меня как результат выполнения данной курсовой работы является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Электроника», а также получение опыта разработки и расчета основных характеристик усилительных каскадов.

Общие затраты времени на выполнение курсовой работы и оформление пояснительной записки составило почти три недели, т.к. параллельно с этой работой приходилось очень много делать домашних заданий по другим предметам.

Данная курсовая работа помогла более полно разобраться в методике расчета усилительных каскадов, которая будет полезна в моей будущей инженерной деятельности.

# Список литературы

1. Электроника: Методические указания к выполнению курсовой работы/ В.И. Елфимов, Н.С. Устыленко. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. 37 с
2. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности: Справочник/ Под ред. А.В. Голомедова. 2-е изд., стереотип. М.: Радио и связь, изд. фирма "Куб-ка", 1994. 384 с.

Приложение1. Перечень элементов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Поз. обозна-чение* | | | *Наименование* | | | | *Кол.* | | | *Примечание* | | | |
| 1 | | | 2 | | | | 3 | | | 4 | | | |
|  | | | *Резисторы* | | | |  | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
| *R1* | | | *МЛТ-0,125-2кОм±10%* | | | | *1* | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
| *R2* | | | *МЛТ-0,125-82Ом±10%* | | | | *1* | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
| *RК* | | | *МЛТ-0,125-390Ом±10%* | | | | *1* | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
| *RН* | | | *МЛТ-0,125-680Ом±10%* | | | | *1* | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  | | | *Транзистор* | | | |  | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
| *VT* | | | *ГТ330Ж* | | | | *1* | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | | | |
|  |  |  | |  |  |  | | | | | | | |
|  |  |  | |  |  |
| *Изм* | *Лист* | *№ докум.* | | *Подп* | *Дата* |
| *Разраб.* | | *Шарафгалиева Т.В.* | |  |  | *Схема электрическая принципиальная цепи питания транзистора*  *Перечень элементов* | | *Лит.* | | | | *Лист* | *Листов* |
| *Пров.* | | *Елфимов В.И.* | |  |  |  |  | |  | 1 | 2 |
|  | |  | |  |  | *УГТУ-УПИ*  *Р-224б* | | | | | |
| *Н. контр.* | |  | |  |  |
| *Утверд.* | |  | |  |  |

### Приложение 2. Принципиальная схема усилительного каскада

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  | | | | | |
|  |  |  |  |  |
| *Изм* | *Лист* | *№ докум.* | *Подп* | *Дата* |
| *Разраб.* | | *Шарафгалиева И. Ф.* |  |  | *Схема электрическая принципиальная*  *цепи питания транзистора* | *Лит.* | | | *Лист* | *Листов* |
| *Пров.* | | *Елфимов В.И..* |  |  | *К* |  |  | 2 | 2 |
|  | |  |  |  | *УГТУ-УПИ*  *Р-224* | | | | |
| *Н. контр.* | |  |  |  |
| *Утверд.* | |  |  |  |