

**Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное образовательное  
бюджетное учреждение высшего профессионального  
образования «Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»**

---

Кафедра радиосвязи, радиовещания и телевидения



**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**СХЕМОТЕХНИКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
УСТРОЙСТВ**

по направлению подготовки:

210700 – Инфокоммуникационные технологии и системы  
связи

Самара – 2012

Галочкин В.А., Нагорная М.Ю.

Схемотехника телекоммуникационных устройств (СТУ).  
Практические занятия. – Самара.: ФГОБУ ВПО ПГУТИ, 2012. –  
22 с.

Дисциплина «Схемотехника телекоммуникационных устройств» относится к профессиональному циклу федерального государственного стандарта третьего поколения по направлению подготовки 210700 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

В данных практических занятиях дана методика вариативного расчета по темам - «Исследование схем смещения и стабилизации положения рабочей точки» и «Исследование отрицательных обратных связей в усилительных устройствах»

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

© Галочкин В.А., Нагорная М.Ю., 2012г.

## **Оглавление**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>4</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1</b> .....	<b>5</b>
<b>«Исследование схем смещения и стабилизации положения рабочей точки»</b> .....	<b>5</b>
1. Цель работы .....	5
2. Краткое изложение теоретических сведений .....	5
3. Литература .....	5
4. Домашнее задание студентам .....	6
5. Порядок выполнения работы.....	6
6. Расчет схем смещения и стабилизации положения рабочей точки .....	7
6.1. Схема с фиксированным током базы (ФТ):.....	7
6.2. Схема с фиксированным напряжением базы (ФН): 9	
6.3. Схема с эмиттерной стабилизацией (ЭС):.....	10
6. Содержание отчета.....	13
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2</b> .....	<b>14</b>
<b>«Исследование отрицательных обратных связей в усилительных устройствах»</b> .....	<b>14</b>
1. Цель работы .....	14
2. Краткое изложение теоретических сведений .....	14
3. Литература .....	14
4. Домашнее задание студентам .....	14
5. Порядок выполнения работы.....	15
5.1 Режим работы усилителя без ООС .....	16
5.2 Режим работы усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току.....	19
6. Содержание отчета.....	21

## **ВВЕДЕНИЕ**

Практические занятия по дисциплине «Схемотехника телекоммуникационных устройств» разработаны для практического усвоения теоретических сведений данных в конспекте лекций. В данном методическом руководстве приведена методика вариантного расчета по двум темам - «Исследование схем смещения и стабилизации положения рабочей точки» и «Исследование отрицательных обратных связей в усилительных устройствах»

Для выполнения задания студенту необходимо определить свой вариант по двум последним цифрам зачетной книжке, произвести расчеты по предложенной методике, подготовить отчет в требуемом формате и отправить на проверку. Практическое задание №1 выполняется в первом семестре, практическое задание №2 во втором семестре.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

### **«Исследование схем смещения и стабилизации положения рабочей точки»**

#### **1. Цель работы**

1. Исследование цепи смещения биполярных транзисторов с фиксированным током базы и фиксированным напряжением база-эмиттер.

2. Исследование стабилизации положения рабочей точки схемой эмиттерной стабилизации, схемой термокомпенсации и схемой с генератором стабильного тока.

3. Исследование влияния температурной нестабильности положения рабочей точки на величину выходного неискаженного напряжения.

#### **2. Краткое изложение теоретических сведений**

Изложение теоретических сведений студенты могут найти:

- в лекционных материалах;
- в ниже рекомендуемой литературе

#### **3. Литература**

1. «Схемотехника телекоммуникационных устройств». Конспект лекций. Галочкин В.А., Нагорная М.Ю. ПГУТИ. Кафедра РРТ. Самара. 2012 г.

2. Лаврентьев Б. Ф. Схемотехника электронных устройств. – М.: Академия, 2010, 336 с.

3. Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. 2 издание - М.: Горячая линия - Телеком, 2001 г., 320 с.

4. Ногин В.Н. Аналоговые электронные устройства. М.: Радио и связь, 1992 г

5. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры. Справочное пособие – М.: СОЛОН – Пресс, 2006, 600 с.

#### 4. Домашнее задание студентам

4.1. Изучить по указанной выше литературе правила и схемотехнику установки рабочей точки транзистора;

4.2. Изучить причины температурной нестабильности положения рабочей точки;

4.3. Изучить принципы стабилизации и схемотехнику стабилизации положения рабочей точки транзистора (эмиттерная стабилизация; термостабилизация; стабилизация с применением генераторов стабильного тока);

#### 5. Порядок выполнения работы

До начала работы необходимо выбрать и согласно сумме последних двух цифр в зачетке свой вариант выполнения, представленный в табл. №1:

Табл.1

№ варианта	Начальная температура (t1)	Конечная температура (t2)	Диапазон изменения температуры
Вариант №1	25	45	20
Вариант №2	25	50	25
Вариант №3	25	55	30
Вариант №4	25	60	35
Вариант №5	25	65	40
Вариант №6	25	70	45
Вариант №7	25	75	50
Вариант №8	25	80	55
Вариант №9	25	85	60
Вариант №10	25	90	65
Вариант №11	25	95	70
Вариант №12	25	100	75
Вариант №13	25	105	80
Вариант №14	25	110	85
Вариант №15	25	115	90
Вариант №16	25	45	20
Вариант №17	25	50	25
Вариант №18	25	55	30
Вариант №19	25	60	35
Вариант №20	25	65	40

## 6. Расчет схем смещения и стабилизации положения рабочей точки

### 6.1. Схема с фиксированным током базы (ФТ):

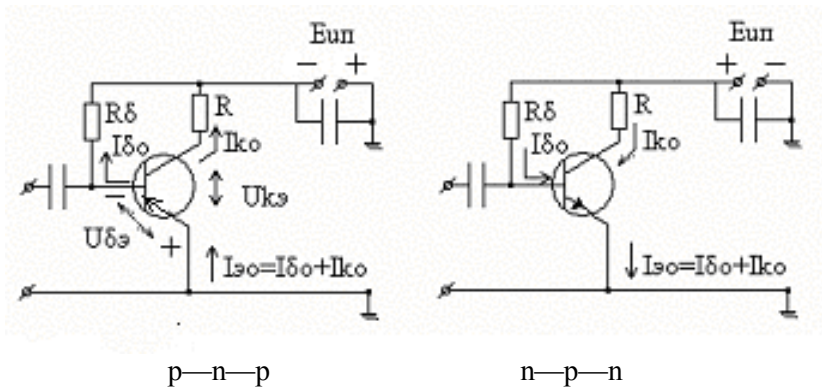


Рисунок 6.1 - Смещение фиксированным током базы:

**Исходные данные для расчёта:** транзистор 2N3904 ( $\approx$ KT375A), структура n-p-n,

$$R_{\text{б}} = 755 \text{ } \hat{\Omega} \quad R_{\text{к}} = 2 \text{ } \hat{\Omega} \quad E = 15 \text{ В} \quad h_{21\text{э}}(t_1) = 104.8$$

$$E_{\text{с}} = 0,78 \text{ В} \quad I_{\text{эа0}} = 16.67 \text{ } \hat{\text{А}} \quad b = 0.1$$

$$a = 0.02 \quad R_{\text{ао}} = 150 \text{ } \hat{\Omega} \quad t_1 = 25^{\circ} \text{ С} \quad U_{\text{оа}} = 0.75 \text{ } \hat{\text{А}}$$

Для определения  $\Delta h_{21\text{э}}(t_2)$  можно использовать эмпирическую зависимость:  $h_{21\text{э}}$  увеличивается на 0,05% на каждый градус увеличения температуры.

Ток смещения базы

$$I_{\text{0б}} = \frac{E - U_{\text{0б}}}{R_{\text{б}}}, \text{ значение занести в итоговую таблицу №2}$$

где  $E$  - источник питания коллекторной цепи,

$U_{\text{0б}}$  - напряжение смещения база – эмиттер,

$R_{\text{б}}$  - сопротивление базы.

Ток покоя коллектора

$$I_{\text{0к}} = h_{21\text{э}} I_{\text{0б}} + (1 + h_{21\text{э}}) I_{\text{эа0}},$$

где  $h_{21э}$  - коэффициент передачи по току,

$I_{к60}$  - обратный ток коллектора.

Напряжение коллектор – эмиттер

$$U_{кэ} = E - I_{0к} R_k ,$$

где  $R_k$  - сопротивление коллектора.

Суммарное изменение коллекторного тока при изменении  $t^0$  - ры:

$\Delta I_k = \Delta I_{к1} + \Delta I_{к2} + \Delta I_{к3}$  - значение занести в итоговую таб.№2

где:

$$\Delta I_{к1} = \Delta I_{к60} (1 + h_{21э}) \frac{R_6}{R_6 + R_{вх}}$$

- изменение коллекторного тока, обусловленное изменением  $I_{к60}$ , где в свою очередь

$$\Delta I_{к60} = b \cdot I_{к60} (e^{a\Delta t} - 1)$$

- изменение обратного тока коллектора.

$$\Delta I_{к2} = \frac{\Delta h_{21э}}{1 + h_{21э}} \cdot I_{0к} \cdot \frac{R_6}{R_6 + R_{вх}}$$

- изменение коллекторного тока, обусловленное изменением  $h_{21э}$ .

$$\Delta I_{к3} = \Delta U_{06} \frac{h_{21э}}{R_6 + R_{вх}}$$

- изменение коллекторного тока, обусловленное изменением  $U_{06}$ , где

$$\Delta U_{06} = \frac{\Delta t}{293} (E_3 - U_{06})$$

- изменение напряжение смещения база – эмиттер при изменении температуры,

$E_3$  - ширина запрещенной зоны ( $E_3 = 0,78$  В).

$$\Delta U_{06} = U_{63}'' - U_{63}'$$



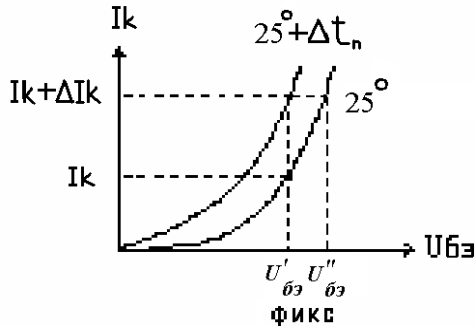


Рисунок 6.2 - Сдвиг характеристики прямой передачи

### 6.2. Схема с фиксированным напряжением базы (ФН):

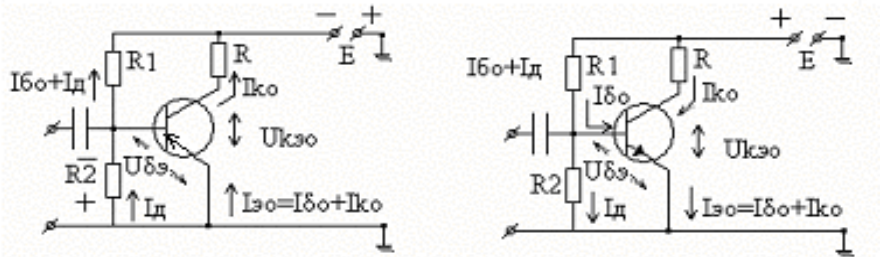


Рисунок 6.3 - Смещение фиксированным напряжением база—эмиттер

**Исходные данные для расчёта:** транзистор 2N3904 ( $\approx$ KT375A), структура n-p-n.

$$R_{a1} = 200 \text{ } \hat{\Omega} \text{ } i \quad R_{a2} = 16 \text{ } \hat{\Omega} \text{ } i \quad R_{\hat{e}} = 2 \text{ } \hat{\Omega} \text{ } i \quad E = 15 \text{ В} \quad h_{21Y}(t_1) = 104.8$$

$$E_C = 0,78 \text{ В} \quad I_{\hat{e}a0} = 19.76 \text{ } \hat{\mu} \text{ А} \quad b = 0.1$$

$$a = 0.02 \quad R_{\hat{a}o} = 150 \text{ } \hat{\Omega} \text{ } i \quad t_1 = 25^0 \text{ С} \quad U_{o\hat{a}} = 0.75 \text{ } \hat{\text{В}}$$

Для определения  $\Delta h_{21\varepsilon}(t_2)$  можно использовать эмпирическую зависимость:  $h_{21\varepsilon}$  увеличивается на 0,05% на каждый градус увеличения температуры.

$h_{11\varepsilon} = 150 \text{ Ом}$  – входное сопротивление транзистора;

Ток делителя через  $R_1$  :

$$I_{д1} = \frac{E - U_{06}}{R_{д1}} .$$

Ток делителя через  $R_2$  :

$$I_{д2} = \frac{U_{06}}{R_{д2}}$$

Сопротивление резисторов в цепи базы:

$$R_6 = \frac{R_{д1} R_{д2}}{R_{д1} + R_{д2}}$$

Ток базы:  $I_{06} = I_{д1} - I_{д2}$ ,

Ток покоя коллектора:

$$I_{0к} = h_{21y} I_{0а} + (1 + h_{21y}) I_{эа0} ,$$

Напряжение коллектор – эмиттер:

$U_{кэ} = E - I_{0к} R_k$ , значение занести в итоговую таблицу №2

Изменение тока коллектора от температуры:

$$\Delta I_k = \frac{h_{21y} \Delta U_0}{h_{11y} + R_6} , \text{ значение занести в итоговую таблицу №2}$$

где  $\Delta U_0 = 2.2 \cdot 10^{-3} \Delta t_c + (0.03 \div 0.06) \text{ В}$  –

параметр, который учитывает сдвиг характеристики прямой передачи  $i_k = f(U_{ээ})$ ;  $(0.03 \div 0.06)$  - технологический разброс.

### 6.3. Схема с эмиттерной стабилизацией (ЭС):

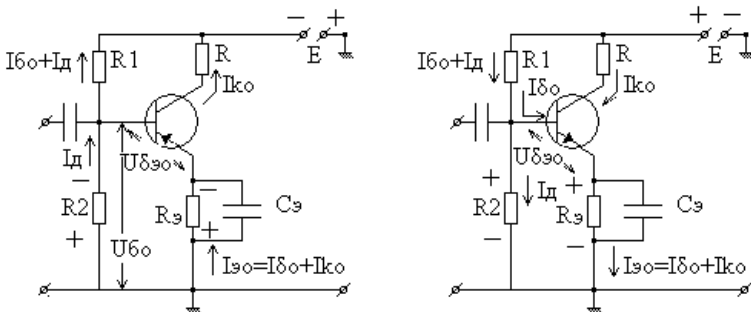


Рисунок 4.6 - Эмиттерная стабилизация

**Исходные данные для расчёта:** транзистор 2N3904 ( $\approx$ КТ375А), структура n-p-n,  
 $R_{A1} = 16,5 \text{ êÎ}$  ;  $R_{A2} = 11,2 \text{ êÎ}$  ;  $R_E = 7,5 \text{ êÎ}$  ;  $R_V = 6,4 \text{ êÎ}$  ;  $I_{E0} = 826,4 \text{ î ÊÀ}$  ;  $U_{EY} = 3,486 \text{ Â}$   
 $E = 15 \text{ В}$  ;  $h_{21Y}(t_1) = 104,8$  ;  $E_C = 0,78 \text{ В}$  ;  $I_{0a} = 4,3 \text{ î ÊÀ}$  ;  $I_{éa0} = 3,9 \text{ î ÊÀ}$  ;  $b = 0,1$   
 $a = 0,015$  ;  $R_{a0} = 150 \text{ Î}$  ;  $t_1 = 25^0 \text{ С}$  ;  $U_{0a} = 0,75 \text{ Â}$

Для определения  $\Delta h_{21э}(t_2)$  можно использовать эмпирическую зависимость:  $h_{21э}$  увеличивается на 0,05% на каждый градус увеличения температуры.

$$R_{\bar{6}} = \frac{R_{д1} R_{д2}}{R_{д1} + R_{д2}} \text{ - сопротивление в цепи базы;}$$

$\Delta I_k = \Delta I_{k1} + \Delta I_{k2} + \Delta I_{k3}$  - суммарное изменение коллекторного тока при изменении  $t^0$ -ры, значение занести в итоговую таблицу №2

$$\Delta I_{k1} = \Delta I_{к60} (1 + h_{21э}) \frac{R_{\bar{6}}}{R_{\bar{6}} + R_{вх}} \text{ - изменение коллекторного тока, обусловленное изменением } I_{к60}, \text{ где } \Delta I_{к60} = b \cdot I_{к60} (e^{a\Delta t} - 1) \text{ -}$$

изменение обратного тока коллектора.

$$\Delta I_{k2} = \frac{\Delta h_{21э}}{1 + h_{21э}} \cdot I_{0k} \cdot \frac{R_{\bar{6}}}{R_{\bar{6}} + R_{вх}} \text{ - изменение коллекторного тока,}$$

обусловленное изменением  $h_{21э}$ .

$$\Delta I_{k3} = \Delta U_{06} \frac{h_{21э}}{R_{\bar{6}} + R_{вх}} \text{ - изменение коллекторного тока, обусловленное изменением } U_{06},$$

где  $\Delta U_{06} = 2,2 \cdot 10^{-3} \Delta t_c + (0,03 \div 0,06)$  - смещение входных характеристик при изменении  $t^0$ -ры;  $(0,03 \div 0,06)$  - технологический разброс.

**Требуемая глубина обратной связи** для стабилизации рабочей точки.

$$F_{\pm} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_{k \text{ доп}}}, \text{ где } \Delta I_{k \text{ доп}} = 0.02 \cdot I_{k0}$$

- заданное (допустимое)

изменение коллекторного тока при изменении  $t^0$ -ры.

**Значения элементов схемы ЭС для обеспечения режима стабилизации.**

$$R_{\text{э}} = \frac{(F_{\pm} - 1) \cdot (R_{\text{б}} + R_{\text{вх}})}{1 + h_{21\text{э}}}$$

$$R_{\text{д1}} = E_k \frac{R_{\text{б}}}{(I_{0\text{к}} + I_{0\text{б}}) \cdot R_{\text{э}} + U_{0\text{б}} + I_{0\text{б}} \cdot R_{\text{б}}}$$

$$R_{\text{д2}} = \frac{R_{\text{д1}} \cdot R_{\text{б}}}{R_{\text{д1}} - R_{\text{б}}}$$

**Данные эксперимента для схемы с ЭС**

Замечание: численные значения элементов берутся исходя из необходимости обеспечения требуемого режима (исходных данных).

$$R_{\text{б}} = \frac{R_{\text{д1}} R_{\text{д2}}}{R_{\text{д1}} + R_{\text{д2}}},$$

$$F_{\pm} = 1 + \frac{R_{\text{э}} \cdot (1 + h_{21\text{э}})}{R_{\text{б}} + R_{\text{вх}}}$$

- глубина обратной связи,

Коэффициент неустойчивости:

$$S_T = \left[ 1 - \frac{h_{21\text{б}}}{1 + \frac{R_{\text{э}}}{R_1} + \frac{R_{\text{э}}}{R_2}} \right]^{-1}$$

значение занести в итоговую таб. №2

где

$$h_{21\text{б}} = \frac{h_{21\text{э}}}{1 + h_{21\text{э}}}$$

Если  $S_T = 2 \div 10$ , то считают стабилизацию удовлетворительной

Табл.2 Итоговые значения

Схема с ФТ		Схема с ФН		Схема с ЭС
Ток смещения базы	Суммарное изменение коллекторного тока	Напряжение коллектор – эмиттер:	Суммарное изменение коллекторного тока	Суммарное изменение коллекторного тока
$I_{0б}$	$\Delta I_k$	$U_{кэ}$	$\Delta I_k$	$\Delta I_k$

## 6. Содержание отчета

Отчет практической работы должен содержать:

1. Титульный лист (с фамилиями исполнителей, номером зачетной книжки)
2. Цель работы.
3. В соответствии с порядком проведения работы должны быть приведены:
  - таблица данных своего варианта;
  - схемы;
  - расчетные формулы и результаты расчетов;
  - таблица итоговых значений
  - выводы по работе

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2**

### **«Исследование отрицательных обратных связей в усилительных устройствах»**

#### **1. Цель работы**

1. Изучить способы введения ООС в усилительные устройства.
2. Изучить влияние ООС на качественные основные показатели усилительного устройства.
3. Экспериментально проверить основные положения теории усилительных устройств в ООС.

#### **2. Краткое изложение теоретических сведений**

Изложение теоретических сведений студенты могут найти:

- в лекционных материалах;
- в приложении к данной лабораторной работе;
- в ниже рекомендуемой литературе

#### **3. Литература**

1. «Схемотехника телекоммуникационных устройств». Конспект лекций. Галочкин В.А., Нагорная М.Ю. ПГУТИ. Кафедра РРТ. Самара. 2012 г.

2. Лаврентьев Б. Ф. Схемотехника электронных устройств. – М.: Академия, 2010, 336 с.

3. Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. 2 издание - М.: Горячая линия - Телеком, 2001 г., 320 с.

4. Ногин В.Н. Аналоговые электронные устройства. М.: Радио и связь, 1992 г

5. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры. Справочное пособие – М.: СОЛОН – Пресс, 2006, 600 с.

#### **4. Домашнее задание студентам**

Изучить по указанной выше литературе:

- виды и принцип действия обратных связей;
- схемотехнику отрицательных обратных связей;

- влияние ООС на усилительные свойства усилителя и стабильность сквозного коэффициента усиления напряжения;
- влияние ООС на нелинейные искажения;
- влияние ООС на линейные искажения;
- способы корректирования АЧХ усилителя с помощью частотно-зависимой ООС;
- влияние ООС на входные и выходные сопротивления усилителя;

### 5 Порядок выполнения работы

Требуется рассчитать для усилительного каскада:

- сквозной коэффициент усиления по напряжению;
- входное сопротивление;
- выходное сопротивление;
- верхнюю граничную частоту.

Расчеты провести для каскада без ООС и для каскада с последовательной частотно-независимой ООС по току.

Расчеты производятся в соответствии с методиками, изложенными в литературе, указанной в разделе 3 данной методической разработки.

До начала работы необходимо выбрать и согласно сумме последних двух цифр в зачетке свой вариант выполнения, представленный в табл. №2:

Табл 2.

№ варианта	$\tau_{кз}$ , пс	$R_{кз}$ , Ом	$R_{вых}$ , кОм
Вариант №1	300	45	20
Вариант №2	290	40	16
Вариант №3	280	50	17
Вариант №4	270	55	18
Вариант №5	260	60	19
Вариант №6	250	40	20
Вариант №7	240	45	21
Вариант №8	230	50	22
Вариант №9	220	55	23
Вариант №10	210	60	24
Вариант №11	200	40	25
Вариант №12	210	45	26
Вариант №13	220	50	27

Вариант №14	230	40	28
Вариант №15	240	45	29
Вариант №16	250	50	30
Вариант №17	260	55	15
Вариант №18	270	60	16
Вариант №19	280	40	17
Вариант №20	290	45	18

где:  $R_{кэ}$  - в режиме насыщения

$R_{вых}$  транзистора собственное, без учета внешних нагрузок

Схема с общим эмиттером.

Данные для расчета: транзистор 2N3904 (КТ375Б).

Паспортные данные для транзистора:

$h_{21эмин} = 50$ ;  $h_{21эмах} = 280$ ;  $C_k = 5\text{pF}$ ;  $f_{гр} = 250\text{ МГц}$ ;  $I_{к0} = 7,5\text{mA}$ ; Внутреннее сопротивление источника сигнала  $R_{г}=1,0\text{ кОм}$ , сопротивление нагрузочного резистора  $R_k$  в коллекторной цепи транзистора  $R_k=510\text{ Ом}$ ; сопротивления резисторов делителя в цепи базы:  $R_{б1}=101\text{ кОм}$ ;  $R_{б2}=15\text{ кОм}$ .

Для схемы с последовательной частотно-независимой ООС по току сопротивление резистора в цепи эмиттера для получения ООС  $R_o = 520\text{ Ом}$ .  $R_{наг}=360\text{ Ом}$

### 5.1 Режим работы усилителя без ООС

Физическая эквивалентная схема транзистора, представляющая собой электрическую модель транзистора и отражающая его физические свойства – схема Джиаколетто - может быть представлена в следующем виде (рис.2.1):

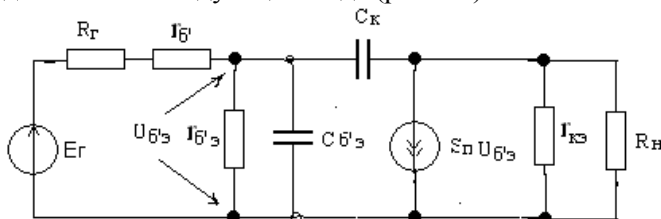


Рисунок 2.1. - Эквивалентная схема Джиаколетто транзистора.



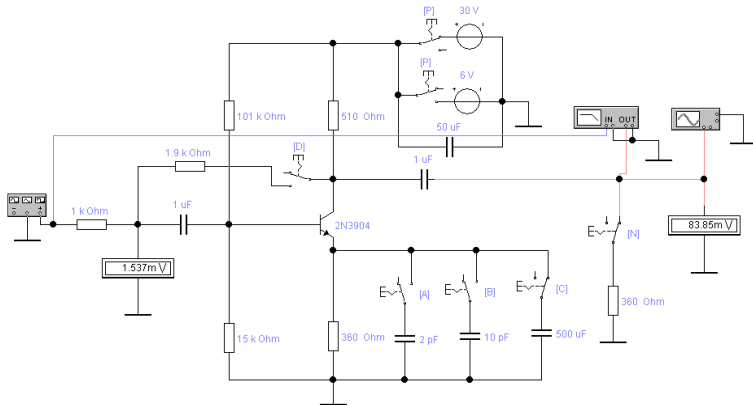


Рисунок 2.2 –Схема усилителя без подключенной ООС

1). Определяем среднее значение параметра  $h_{21Э}$ :

$$h_{21Э} = \sqrt{h_{21Э_{мин}} \cdot h_{21Э_{max}}}$$

2). Определяем значение параметра  $h_{11Э}$ :

$$h_{11Э} = r_{б'} + r_{б'э},$$

где,  $r_{б'}$  - сопротивление базы транзистора, представляющее собой распределенное (объемное) сопротивление участка кристалла, примыкающего к электроду;  $r_{б'э}$  - сопротивление эмиттерного перехода;

$$r_{б'} = \tau_k / C_k$$

$$r_{б'э} = \frac{1 + h_{21Э}}{\gamma \cdot I_{к0}}$$

где  $\gamma = \frac{1}{\varphi_T}$ ,  $\varphi_T$  - температурный потенциал, равный 26 мВ

при комнатной температуре.

3). Определим расчетное значение входного сопротивления усилительного каскада с учетом сопротивлений  $R_{б1}$  и  $R_{б2}$ :

$$R_{вх} = \frac{h_{11Э} \cdot R_{б}}{h_{11Э} + R_{б}} \text{ Ом это значение занести в табл. 3.}$$

$$\text{где } R_{б} = \frac{R_{б1} \cdot R_{б2}}{R_{б1} + R_{б2}} \text{ кОм.}$$

4). Определим расчетное значение выходного сопротивления усилительного каскада.

- значение параметра  $Y_{22}$  составляет:

$$Y_{22} = \frac{1}{R_{выхтр}} Ом^{-1};$$

Выходное сопротивление усилительного каскада по переменному току представляет собой параллельное соединение равное 15 кОм и сопротивления в цепи коллектора  $R_k = 510$  Ом:

$$R_{вых} = \frac{R_{вых} \cdot R_k}{R_{вых} + R_k} \text{ Ом. Это значение занести в табл. 3.}$$

5). Определим величину сквозного коэффициента усиления  $K_e$ :

$$K_e = \frac{h_{21э} \cdot R_n}{R_z + h_{11э}}, \text{ это значение занести в табл. 3.}$$

где  $R_n$  представляет собой параллельное соединение  $R_{вых}$  и  $R_{наг} = 360$  Ом

$$R_n = \frac{R_{вых} \cdot R_{наг}}{R_{вых} + R_{наг}} \text{ Ом}$$

Проверим значение  $K_e$  по формуле:

$$K_e = \frac{Y_{21э} \cdot R_n}{1 + Y_{11э} \cdot R_z},$$

$$\text{где } Y_{21э} = \frac{h_{21э}}{h_{11э}}$$

$$Y_{11э} = \frac{1}{h_{11э}}$$

В эквивалентной схеме емкость коллекторного перехода  $C_k$  объединяют с емкостью эмиттерного перехода  $C_{б'э}$ :

$$C_{вх экв} = C_{б'э} + C_k (1 + S_n R_n),$$

$$\text{или } C_{вх экв} = C_{б'э} + C_k \cdot K,$$

где  $S_n$  – крутизна характеристики выходного тока по напряжению на эмиттерном переходе, не зависящая от частоты

$$S_n = \frac{h_{21э}}{r_{б'э}}.$$

Коэффициент усиления по напряжению К:

$$K = \frac{h_{21э} \cdot R_H}{h_{11э}}$$

Емкость эмиттерного перехода  $C_{б'э}$ :

$$C_{б'э} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{h_{21э}} \cdot r_{б'э}} - C_k \quad \text{где} \quad f_{h_{21э}} = \frac{f_{зр}}{h_{21э}}$$

8) Определим верхнюю граничную частоту усилительного каскада  $f_{вг}$  пр:

$$f_{вг} = \frac{R_z + r_{б'} + r_{б'э}}{2\pi C_{экв}(R_z + r_{б'}) \cdot r_{б'э}} \quad \text{это значение занести в табл. 3.}$$

## 5.2 Режим работы усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току

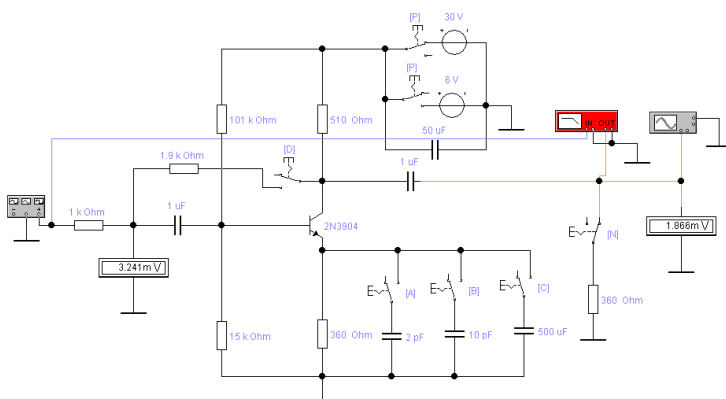


Рисунок 2.2 –Схема усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току.

1). Определим глубину обратной связи для исходных данных:

$$F = 1 + \frac{R_o \cdot (1 + h_{21э})}{R_{бг} + R_{вх}}$$

где  $R_{бг}$  – параллельное соединение сопротивлений  $R_{б1} = 101$  кОм;  $R_{б2} = 15$  кОм и  $R_g = 1,000$  кОм:

$$R_{\delta z} = \frac{R_{\delta 1} \cdot R_{\delta 2} \cdot R_c}{R_{\delta 1} R_{\delta 2} + R_{\delta 1} R_c + R_c R_{\delta 2}}$$

$R_o = 520 \text{ Ом}$  – сопротивление для получения ООС (см. исходные данные).

2). Определим верхнюю граничную частоту с учетом действия ООС:  $f_{зр(оос)} = f_{зр(без оос)} \cdot F$ , это значение занести в табл. 3.

3). Определим значение сквозного коэффициента усиления по напряжению с учетом ООС:

$$K_{еос} = \frac{K_e}{F}$$

Проверим это значение по формуле:

$$K_{еос} = - \frac{h_{21э} \cdot R_{нагр}}{h_{11э} \cdot \left(1 + \frac{R_o \cdot h_{21э}}{h_{11э}}\right)}$$

Знак минус символизирует ООС и показывает, что сигнал на выходе ослабляется.

4). Определим значение входного сопротивления  $R_{вх}$  для каскада с учетом ООС (чистое, без внешних элементов схемы):

$$R'_{вхос} = h_{11э} + (1 + h_{21э}) \cdot R_o$$

$$\text{или } R'_{вхос} = h_{11э} \cdot \left(1 + h_{21э} \cdot \frac{R_o}{h_{11э}}\right)$$

С учетом сопротивления  $R_{бг} = 928 \text{ Ом}$  входное сопротивление составит:

$$R''_{вхос} = \frac{R'_{вхос} \cdot R_{бг}}{R'_{вхос} + R_{бг}} \text{ Ом.}$$

И для генератора  $E_g$  нагрузка будет составлять:

$$R_{вхос} = R_z + R''_{вхос}$$

это значение занести в табл. 3.

5). Определим значение выходного сопротивления  $R_{вых}$  для каскада с учетом ООС (с учетом внешней нагрузки  $R_k = 510 \text{ Ом}$ ):

$$R'_{выхос} = \frac{1}{h_{22э}} \left[ 1 + \frac{R_o \cdot h_{21э}}{h_{11э} + R_э} \right] \square R_k \text{ это значение занести в}$$

табл. 3.

где по исходным данным  $h_{22\varepsilon} = \frac{1}{15k_{Om}}$  и  $R_{k\varepsilon} = 510 \text{ Ом}$ .

Табл. 3. Итоговые значения

Вариант №	$\tau_k = \_\_\_\_\_\_ , \text{ пс}$	$R_{k\varepsilon} = \_\_\_\_\_\_ , \text{ Ом}$	$R_{\text{вых}} = \_\_\_\_\_\_ , \text{ кОм}$
<b>Для схемы без ООС</b>			
Сквозной коэффициент усиления по напряжению $K_e$	Входное сопротивление $R_{\text{вх}} , \text{ Ом}$	Выходное сопротивление $R_{\text{вых}} , \text{ Ом}$	Верхняя граничная частота $f_{\text{в гр}} , \text{ МГц}$
<b>Для схемы с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току</b>			
Сквозной коэффициент усиления по напряжению $K_{eoc}$	Входное сопротивление $R_{\text{вхос}} , \text{ Ом}$	Выходное сопротивление $R_{\text{выхос}} , \text{ Ом}$	Верхняя граничная частота $f_{\text{в гр oc}} , \text{ МГц}$

## 6. Содержание отчета

Отчет практической работы должен содержать:

1. Титульный лист (с фамилиями исполнителей, номером зачетной книжки)
2. Цель работы.
3. В соответствии с порядком проведения работы должны быть приведены:
  - схема;
  - расчетные формулы; результаты расчетов;
  - таблица данных;
  - выводы по работе

**Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное образовательное  
бюджетное учреждение высшего профессионального  
образования «Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»**

---

Факультет заочного отделения

Кафедра радиосвязи, радиовещания и телевидения

**ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ № 1  
по дисциплине  
«Схемотехника телекоммуникационных устройств»  
«Исследование схем смещения и стабилизации положения  
рабочей точки»**

Выполнил студент ДОТ  
ФИО:  
номер зачетной книжки:  
направление:  
профиль:

Самара – 2012