

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

**Кафедра радиотехнических систем (РТС)**



**Якушевич Г.Н.**

**Каскад с ОЭ с эмиттерной коррекцией**

**Учебное методическое пособие по лабораторной работе,  
практическим занятиям и самостоятельной работе  
для студентов направления  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
по дисциплине  
«Схемотехника телекоммуникационных устройств»**

**2019**

Якушевич Г.Н.

«Каскад с ОЭ с эмиттерной коррекцией»: Учебное методическое пособие по лабораторной работе, практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Схемотехника телекоммуникационных устройств». Томск: ТУСУР. Научно-образовательный портал, 2019. – 10 с.

Учебное методическое пособие содержит описание компьютерной лабораторной работы, выполняемой в ходе изучения дисциплины «Схемотехника телекоммуникационных устройств» в среде Qucs. Пособие содержит так же краткую вводную теоретическую часть, расчетные соотношения, расчетное задание, контрольные вопросы, требования по оформлению отчета.

**Содержание**

1 Расчетные соотношения по постоянному току.....	4
2 Моделирование каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией.....	5
2.1 Расчетные соотношения.....	5
3 Моделирование в программном продукте Qucs.....	7
3.1 Моделирование с варьированием параметров.....	7
4 Моделирование переходного процесс. Расчетные соотношения.....	8
5 Выводы по результатам моделирования.....	9
6 Контрольные вопросы.....	10

## Лабораторная работа по схемотехнике телекоммуникационных устройств № 3

### Каскад с ОЭ с эмиттерной коррекцией

**Цель работы.** Исследование частотных и временных характеристик каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией

#### 1 Расчетные соотношения по постоянному току

Для обеспечения необходимого режима каскада с общим эмиттером (ОЭ) по постоянному току используем схему эмиттерной стабилизации рабочей точки, приведенную на рис. 1.

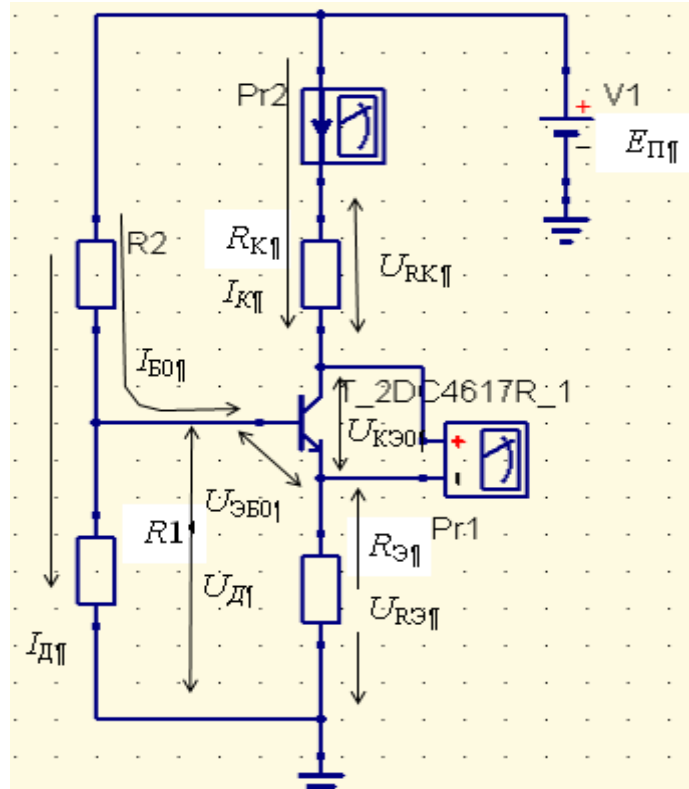


Рис. 1 Схема эмиттерной стабилизации рабочей точки усилительного каскада

Для стабилизации рабочей точки ток делителя  $I_D$  и напряжение на эмиттерном сопротивлении  $U_{RE}$  выбирают из условий  $I_D = (5-10) I_{B0}$  и  $U_{RE} = (3-5) U_{BE0}$ , где  $I_{B0}$  – ток базы и  $U_{BE0}$  – напряжение база-эмиттер в рабочей точке.

Тогда напряжение источника питания равно

$$E_{П} = U_{RE} + U_{CE0} + U_{RC},$$

где  $U_{CE0}$  – напряжение коллектор-эмиттер в рабочей точке,

$U_{RC}$  – напряжение на коллекторном сопротивлении  $R_K$  равно  $U_{RC} = (0.5-2) U_{CE0}$ .

1.1 Сопротивление в цепи эмиттера  $R_E$  равно

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_{K0} + I_{B0}},$$

где  $I_{K0}$  и  $I_{B0}$  – ток коллектора и ток базы в рабочей точке.

1.2 Сопротивления делителя в цепи базы рассчитываются по формулам

$$R1 = \frac{U_{RЭ} + U_{БЭ0}}{I_D}, \quad R2 = \frac{E_{II} - (U_{RЭ} + U_{БЭ0})}{I_D + I_{Б0}}$$

1.3 Сопротивление в цепи коллектора равно

$$R_K = \frac{U_{RK}}{I_{K0}}$$

**Задание 1** Для своего варианта рассчитать номиналы сопротивлений для рабочей точки, заданной в табл.1 для  $U_{БЭ0} = 0.72\text{В}$ ,  $\beta = 100$ .

Таблица 1

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_{K0}$	4	4	4	5	5	5	6	6	6
$U_{K0}$	4	5	6	4	5	6	4	5	6

Результаты расчетов привести в таблице

Таблица

$R1$	$R2$	$Rk$	$Rэ$

## 2 Моделирование каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией

### 2.1 Расчетные соотношения

На рис. 2 приведена схема каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией. В данной схеме эмиттерное сопротивление  $Rэ$  состоит из двух сопротивлений  $R4$  и  $Roc$ . Причем сумма сопротивлений  $R4 + Roc = Rэ$ .

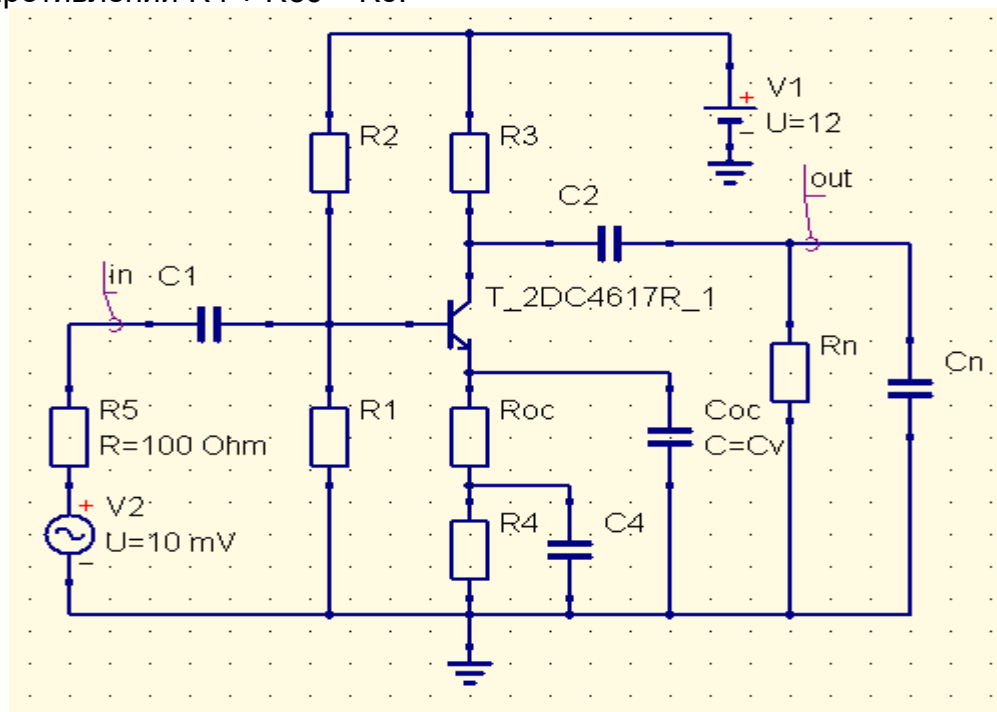


Рис.2 Схема каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией

Для заданных частотных искажений  $M_n$ ,  $\text{дБ} = M_{нс1}, \text{дБ} + M_{нс2}, \text{дБ} + M_{нсэ}, \text{дБ}$  на нижней частоте  $f_{H0707}$  номиналы разделительных и блокировочных емкостей рассчитываются по следующему соотношению

$$C = \frac{1}{2\pi f_{H0.707} \sqrt{M_{HC}^2 - 1} \cdot (R_L + R_P)},$$

где  $M_{HC}$  – частотные искажения в размах, приходящиеся на одну емкость,

$R_L$  и  $R_P$  – сопротивления слева и справа от емкости.

В таблице 2 приведены значения частотных искажений в дБ и размах.

Таблица 2

$M_{HC}$ , дБ	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5	2.75	3.0
$M_{HC}$ , раз	1.029	1.059	1.09	1.122	1.155	1.189	1.223	1.259	1.296	1.334	1.372	1.413

Емкость нагрузки рассчитывается по выражению

$$C_H = \frac{1}{2\pi f_{B0.707} R_{ЭКВ}},$$

где  $f_{B0.707}$  – верхняя граничная частота по уровню 0.707,

$R_{ЭКВ} = R_K // R_H$  – эквивалентное сопротивление нагрузки по переменному току  $R_H = R_K$ .

Коэффициент усиления каскада с ОЭ с последовательной ОС по току равен

$$K_{OC} = \frac{K_0}{1 + S_0 R_{OC}},$$

где  $K_0 = S_0 R_{ЭКВ}$  – коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ без ОС,  $S_0 = 1/(r_{э} + \Delta r)$  – крутизна транзистора,  $r_{э} = 25.6 [mV]/I_{э} [mA]$ ,  $\Delta r \approx 1..2 \text{ Ом}$ ,  $K_{OC}$  – заданный коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ с ОС.

Тогда для заданного коэффициента усиления  $K_{OC}$  с последовательной ОС по току сопротивление ОС  $R_{OC}$  рассчитывается по формуле

$$R_{OC} = \frac{K_0 - K_{OC}}{K_{OC} S_0}.$$

Из равенства  $\tau_B = \tau_{OC} = R_{OC} C_{OC}$  находим

$$C_{OC} = \frac{\tau_B}{R_{OC}} = \frac{1}{2\pi f_{B0.707} R_{OC}}.$$

Верхняя граничная частота с эмиттерной коррекцией равна

$$f_{OC} = \frac{1}{2\pi \tau_{B0C}}, \quad \text{где } \tau_{B0C} = \frac{\tau_B}{1 + S_0 R_{OC}}.$$

Номинал эмиттерного сопротивления равен  $R_4 = R_э - R_{OC}$ .

**Задание 2** Для своего варианта задания из табл. 2 для  $K_0 = 37 \text{ дБ}$  (71раз) и  $f_{B0.707} = 100 \text{ кГц}$  рассчитать  $R_{OC}$ ,  $C_{OC}$  и  $R_4$ .

Таблица 2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
$K_{OC}$ дБ (раз)	31 (35)	28 (25)	26 (20)	23.5 (15)	20 (10)	17.5 (7.5)	14 (5)

Результаты расчетов привести в таблице

Таблица

$K_{OC}$	$R_{OC}$	$C_{OC}$	$R_4$

### 3 Моделирование в программном продукте Qucs

Чтобы открыть программный продукт Qucs щелкните два раза по ярлыку



откроется главное окно, затем щелкните два раза по вкладке «Справка», откроется содержание «Справки».

#### Содержание

1. Быстрый старт - Аналоговое моделирование.
2. Быстрый старт - Цифровое моделирование.
3. Быстрый старт – Оптимизация.
4. Краткое описание действий.
5. Работа с подсхемами.
6. Краткое описание математических функций.
7. Перечень специальных символов.
8. Создание согласованных схем.
9. Описание установленных файлов Qucs.
10. Описание форматов файлов Qucs.

Изучить содержание разделов 1,4,5 программного продукта Qucs.

#### 3.1 Моделирование с варьированием параметров

Собрать схему каскада с ОЭ приведенную на рис. 3 для моделирования с варьированием параметров. Поставить значения номиналов резисторов, рассчитанных в задании 1 и номиналы емкостей рассчитанных в задании 2. Добавить к схеме виды моделирования и уравнение для расчета ЛАЧХ (см. рис.3). Присвоить имя файлу и сохранить в папке на рабочем столе.

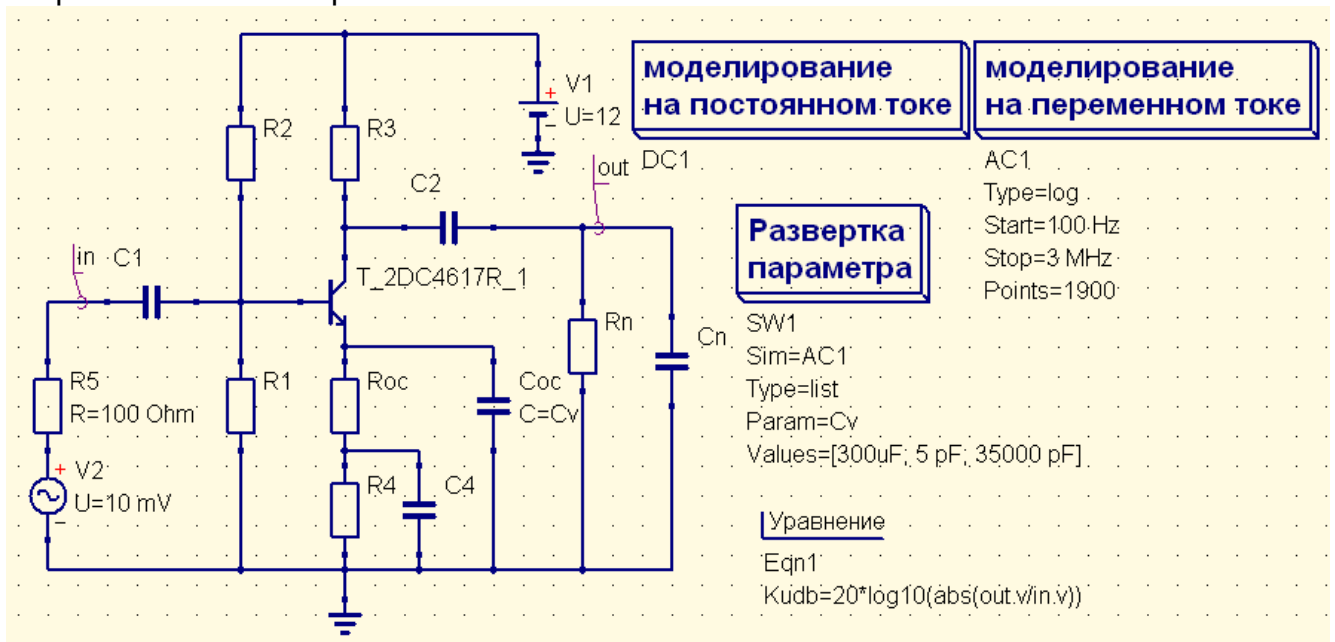


Рис. 3 Схема каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией с варьированием параметров

В развертке параметров для корректирующей емкости Ccc одно значение взять равным рассчитанному, второе в 50-100 раз больше (ЛАЧХ без ОС) и третье в 50-100 раз меньше (резистивная ОС).

Для запуска моделирования нажмите кнопку моделирования на панели инструментов (или используйте меню: Моделирование->Моделировать). Чтобы увидеть результаты моделирования в классе компонентов "диаграммы", который выбирается автоматически нажмите на "Декартовая", перейдите в рабочую область и поместите ее, нажав левую кнопку мыши. Открывается диалоговое окно, где можно выбрать, что следует показать в новой диаграмме.

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде ЛАЧХ, приведенной на рис. 4.

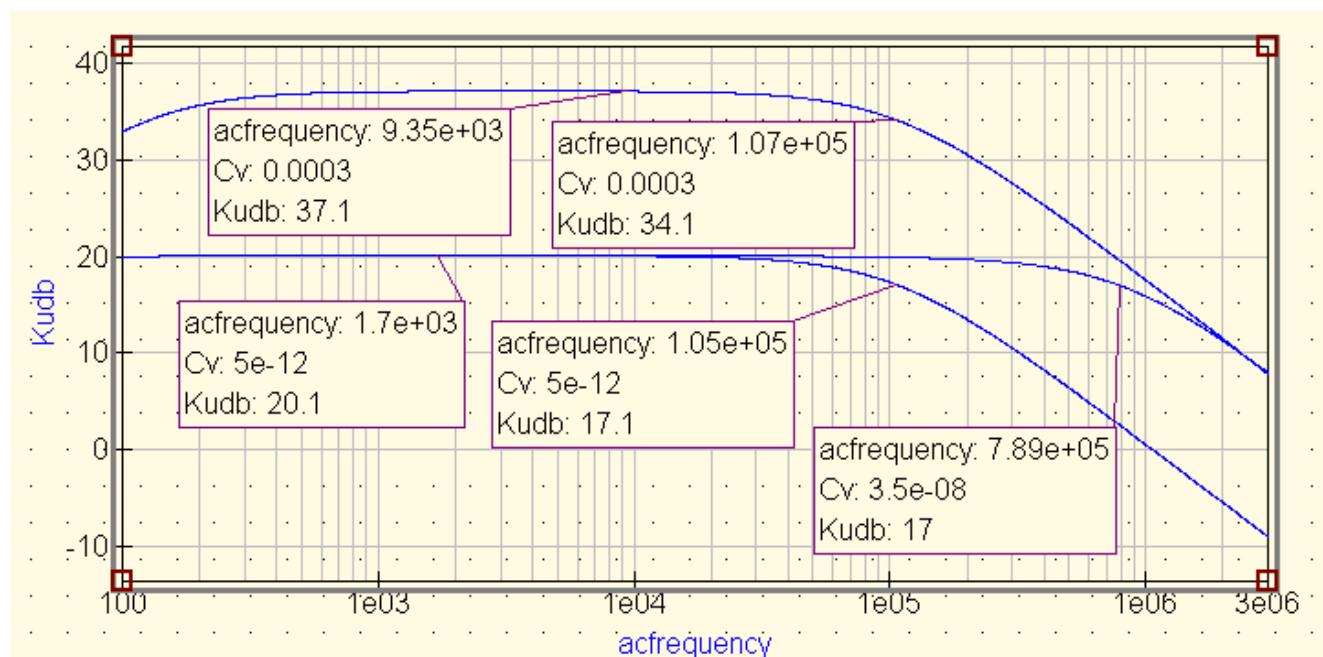


Рис. 4 ЛАЧХ каскада с ОЭ без ОС, с резистивной ОС и с эмиттерной коррекцией

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица	
	$f_{B\ 0707}$
Без ОС	
С резистивной ОС	
С эмиттерной коррекцией	

#### 4 Моделирование переходного процесса

##### Расчетные соотношения

Рассчитать для своего варианта время установления  $t_y$  по следующему выражению

$$t_y = 0.35 / f_{B\ 0707} .$$

Скопировать схему рис.3, заменить на входе схемы источник сигнала, вид моделирования.

Схема каскада с ОЭ для моделирования переходного процесса при варьировании параметров приведена на рис.5.



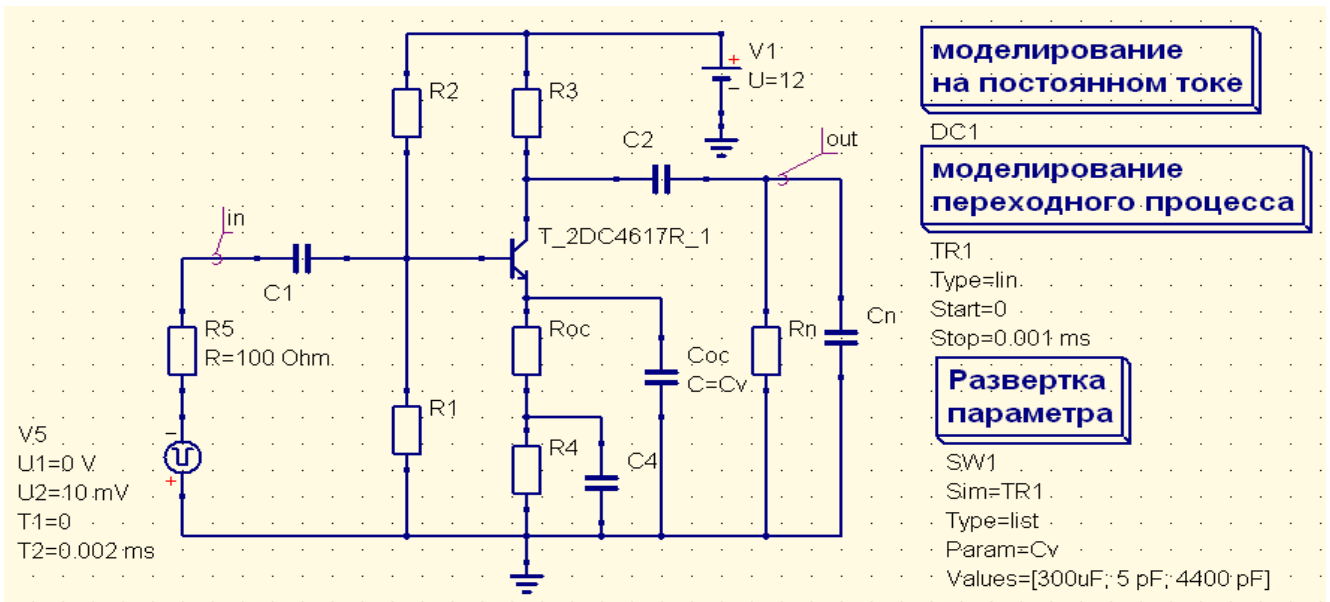


Рис.5 Схема каскада с ОЭ для моделирования переходного процесса

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде переходных характеристик (ПХ), приведенных на рис. 6.

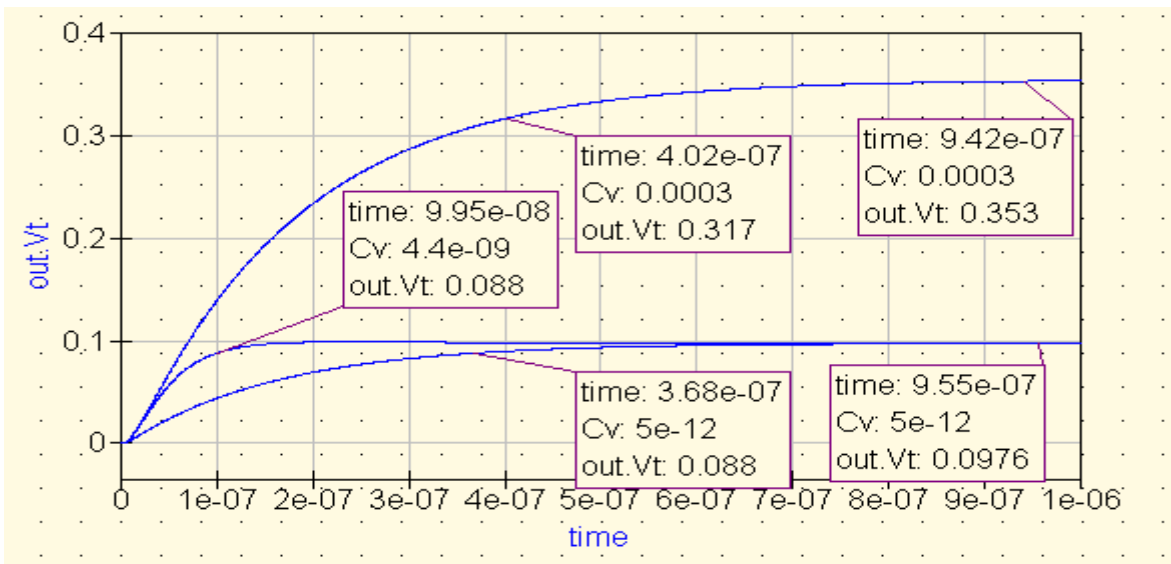


Рис. 6 ПХ каскада с ОЭ без ОС, с резистивной ОС и с эмиттерной коррекцией

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	ty без ОС	ty с резистивной ОС	ty с эмиттерной коррекцией
Расчет			
Эксперимент			

### 5 Выводы по результатам моделирования

Выводы должны содержать ссылки на рисунки, объяснение поведения характеристик, физику поведения, сравнение характеристик при варьировании параметров.

## 6 Контрольные вопросы

1. Объясните поведение ЛАЧХ каскада с ОЭ?
2. Какая ОС в каскаде с ОЭ называется последовательной ОС по току?
3. Объясните влияние последовательной ОС по току на параметры каскада с ОЭ?
4. Объясните поведение ЛАЧХ каскада с ОЭ при введении резистивной последовательной ОС по току?
5. Объясните поведение ЛАЧХ каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией?
6. Объясните поведение ПХ каскада с ОЭ?
7. Объясните поведение ПХ каскада с ОЭ при введении резистивной последовательной ОС по току?
8. Объясните поведение ПХ каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией?