

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники



Якушевич Г.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДА С ОЭ С ЭМИТТЕРНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ

Методические указания по лабораторной работе,
практическим занятиям и самостоятельной работе
для студентов радиотехнических специальностей

Томск 2023

УДК 621.375
ББК 32.846.2
Я49

Рецензент:

Мещеряков А.А., доцент кафедры радиотехнических систем ТУСУР, канд. техн. наук

Якушевич Г.Н.

К Я49 «Исследование каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией»: Методические указания по лабораторной работе, практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов радиотехнических специальностей / Якушевич Г.Н. Томск: Томск .гос. унт-систем упр. и радиоэлектроники, 2023.-10 с.

Методические указания содержат описание компьютерной лабораторной работы, выполняемой в ходе изучения дисциплины «Схемотехника» в среде Qucs. Методические указания содержат так же краткую вводную теоретическую часть, расчетные соотношения, расчетное задание, контрольные вопросы требования по оформлению отчета.

Одобрено на заседании каф. РТС протокол № 5 от 01.12.2022 г.

УДК 621.375
ББК 32.846.2

© Якушевич Г.Н. 2023 г.
© Томск гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ.....	4
2 МОДЕЛИРОВАНИЕ КАСКАДА С ОЭ С ЭМИТТЕРНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ.....	5
2.1 Расчетные соотношения.....	5
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАМНОМ ПРОДУКТЕ QUCS.....	7
3.1 Моделирование с варьированием параметров.....	7
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ.....	8
5 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	10
6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	10
7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	10

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

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

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.

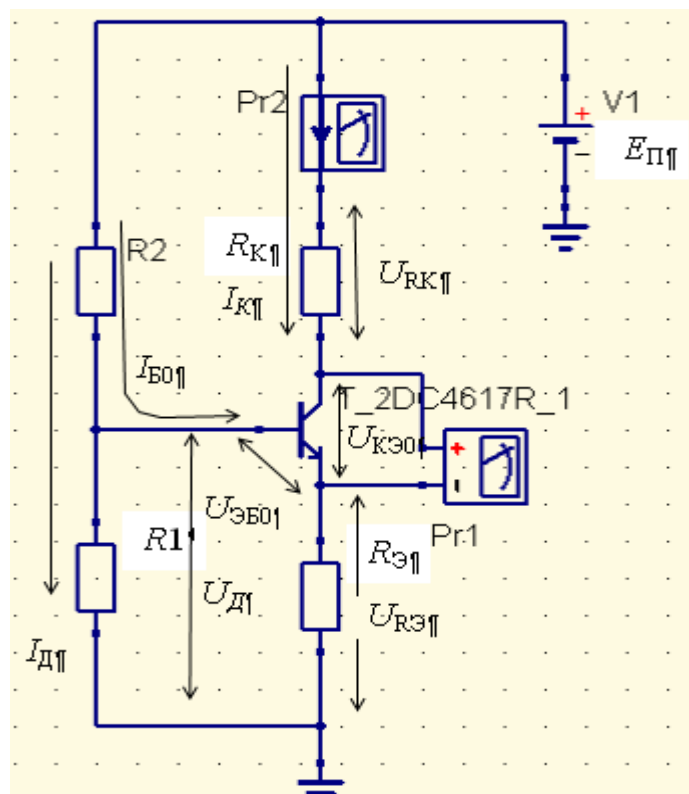


Рисунок 1 Схема эмиттерной стабилизации рабочей точки усилительного каскада

Для стабилизации рабочей точки ток делителя I_D и напряжение на эмиттерном сопротивлении $U_{RЭ}$ выбирают из условий $I_D = (5-10) I_{B0}$ и $U_{RЭ} = (3-5) U_{BЭ0}$, где I_{B0} – ток базы и $U_{BЭ0}$ – напряжение база-эмиттер в рабочей точке.

Тогда напряжение источника питания равно

$$E_{П} = U_{RЭ} + U_{КЭ0} + U_{RК},$$

где $U_{КЭ0}$ – напряжение коллектор-эмиттер в рабочей точке,

$U_{RК}$ – напряжение на коллекторном сопротивлении R_K равно $U_{RК} = (0.5-2) U_{КЭ0}$.

1.1 Сопротивление в цепи эмиттера $R_Э$ равно

$$R_Э = \frac{U_{RЭ}}{I_{K0} + I_{B0}},$$

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

1.2 Сопротивления делителя в цепи базы рассчитываются по формулам

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

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 $U_{БЭ0}=0.72В$, $\beta=100$.

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 $R4 + Roc = RЭ$.

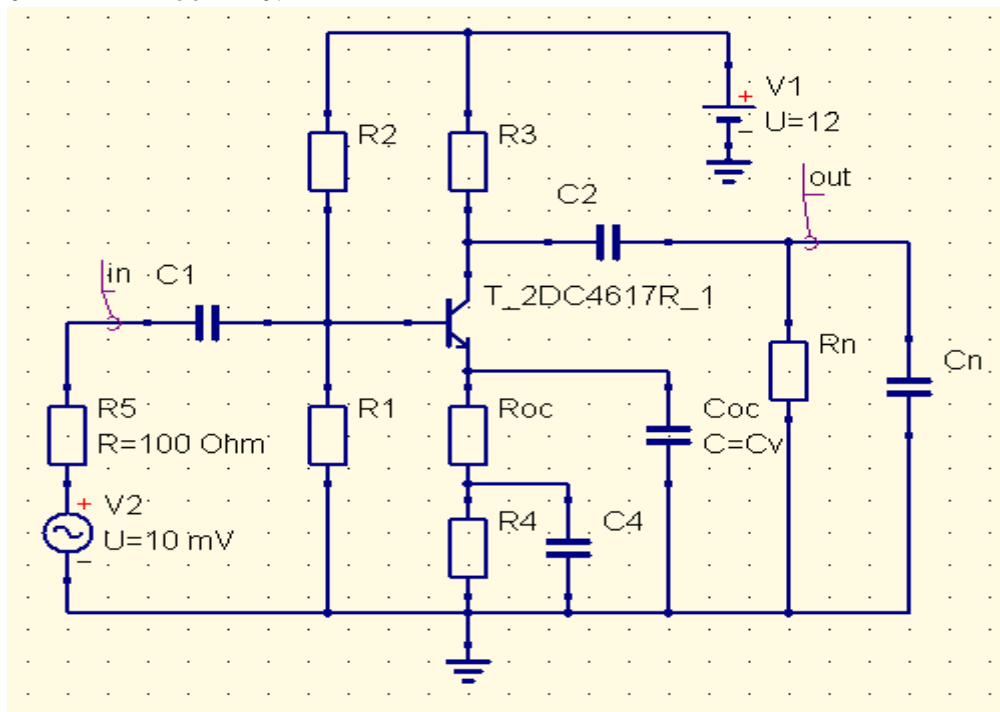


Рисунок 2Схема каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией

Для заданных частотных искажений $M_H, дБ = M_{HC1}, дБ + M_{HC2}, дБ + M_{HCЭ}, дБ$ на нижней частоте f_{H0707} номиналы разделительных и блокировочных емкостей рассчитываются по следующему соотношению

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

где M_{HC} – частотные искажения в раз, приходящиеся на одну емкость,
 R_L и R_{II} – сопротивления слева и справа от емкости.

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

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

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

где $f_{B0.707}$ – верхняя граничная частота по уровню 0.707,
 $R_{ЭKB} = R_K // R_H$ – 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 $K_0 = S_0 R_{ЭKB}$ – коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ без ОС,
 $S_0 = I / (r_{Э} + \Delta r)$ – крутизна транзистора, $r_{Э} = 25.6 [mV] / I_{Э} [mA]$, $\Delta r \approx 1..2$ Ома, 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 $K_0 = 37$ дБ (71раз) и $f_B 0.707 = 100$ кГц рассчитать R_{OC} , C_{OC} и R_4 .

Таблица 2

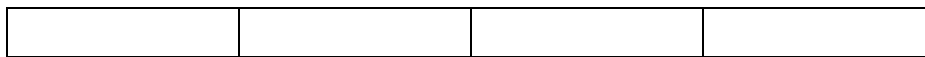
Варианты заданий

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.

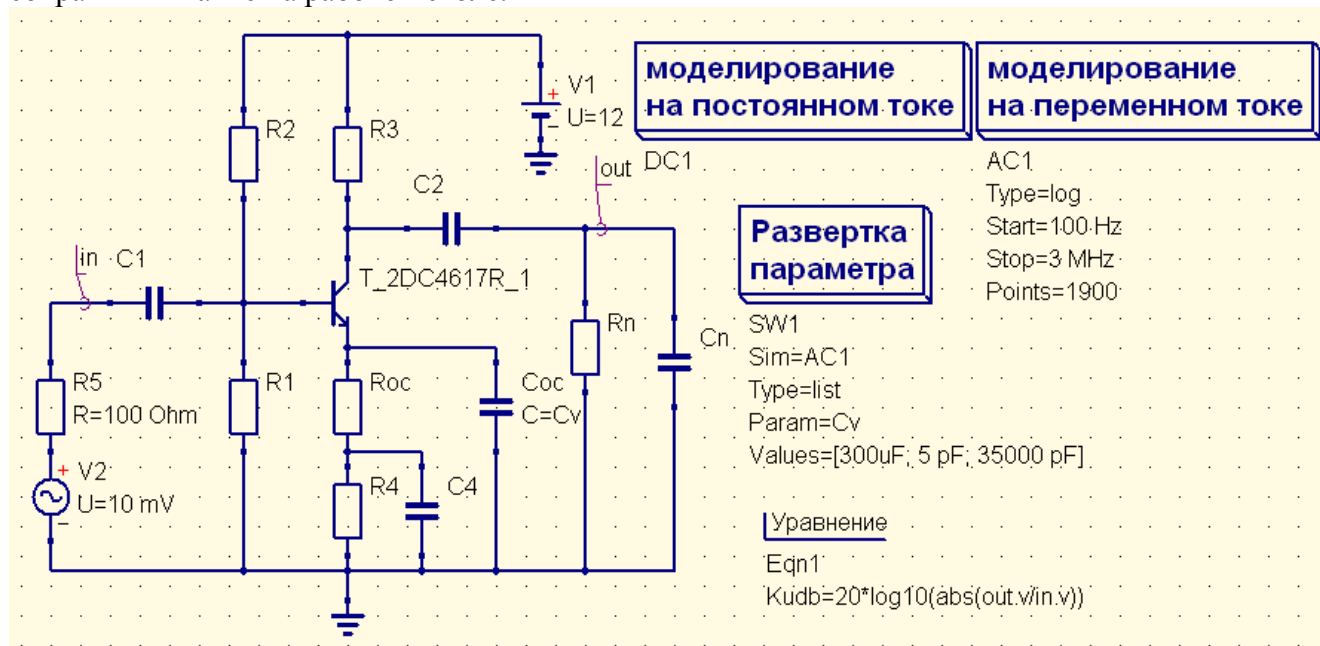


Рисунок 3 Схема каскада с ОЭ с эмиттерной коррекцией с варьированием параметров

В развертке параметров для корректирующей емкости C_{os} 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 "Декартова", 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.

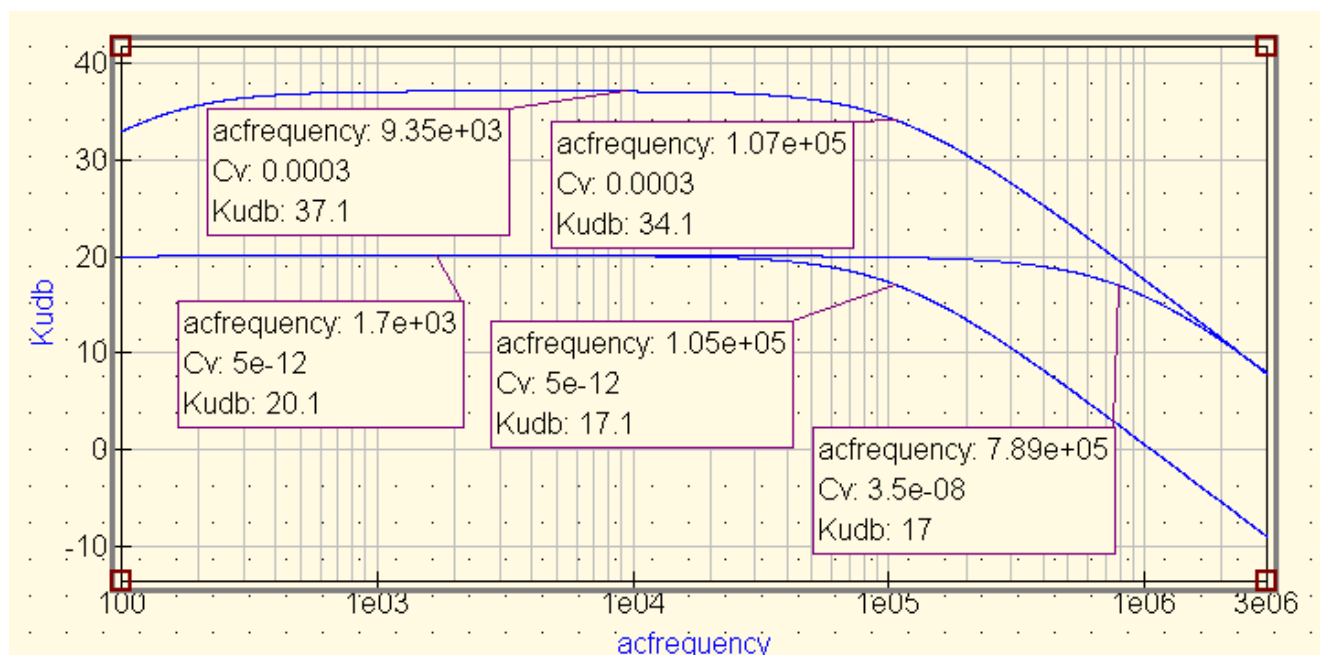


Рисунок 4 ЛАЧХ каскада с ОЭ без ОС, с резистивной ОС и с эмиттерной коррекцией

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

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

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

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.

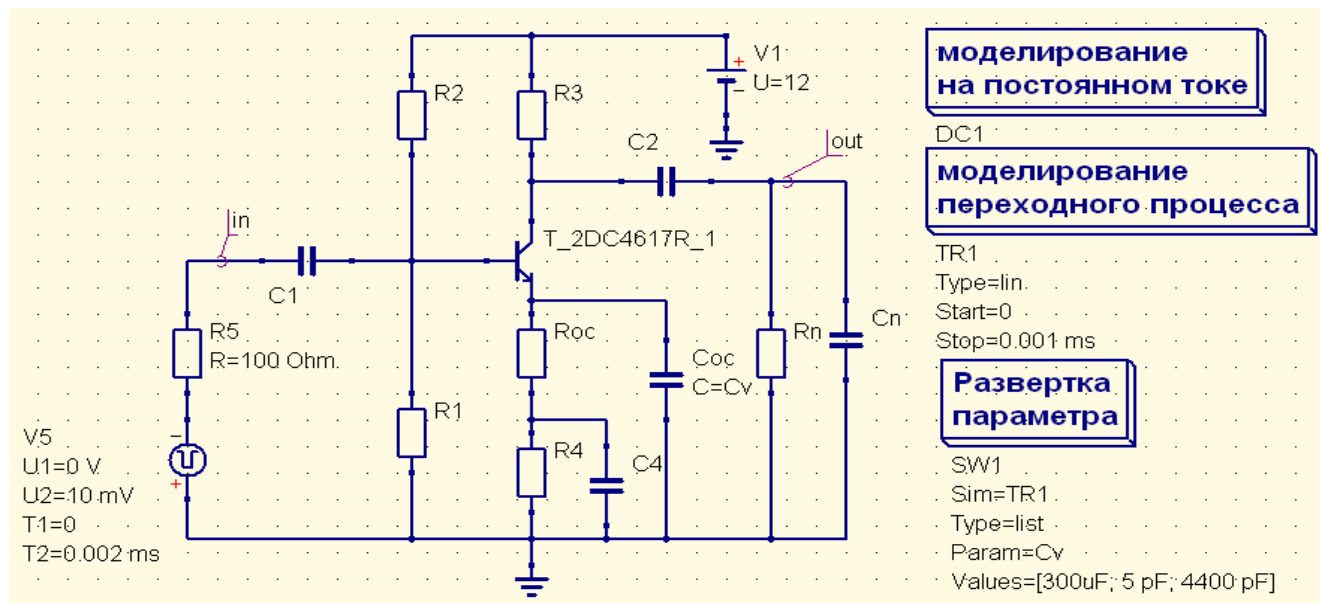


Рисунок 5 Схема каскада с ОЭ для моделирования переходного процесса

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

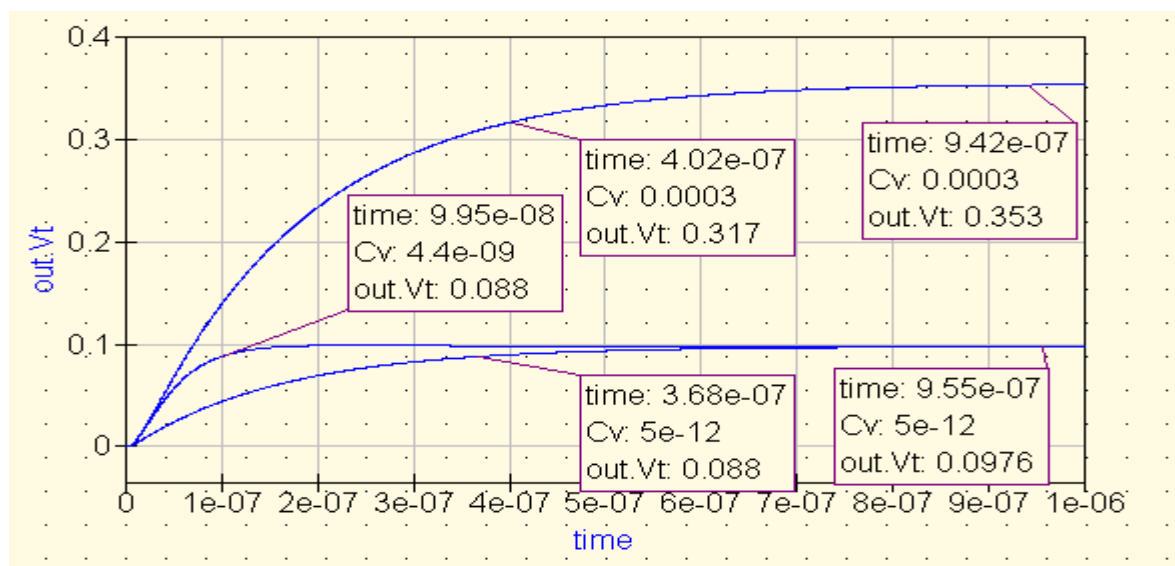


Рисунок 6 ПХ каскада с ОЭ без ОС, с резистивной ОС и с эмиттерной коррекцией

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?

7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Каскад с ОЭ с эмиттерной коррекцией: Учебное методическое пособие по лабораторной работе, практическим занятиям и самостоятельной работе / Якушевич Г. Н. — 2019. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9123> (дата обращения 01.12.2022 г.)

2 Красько, А. С. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А. С. Красько. — Томск: ТУСУР, 2006. — 180 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/938> (дата обращения 01.12.2022 г.)