

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.

НЧ и ВЧ коррекция каскада с ОЭ

**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.

«НЧ и ВЧ коррекция каскада с ОЭ»: Учебное методическое пособие по лабораторной работе, практическим занятиям и самостоятельной работы 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 Расчетные соотношения каскада ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией.....	5
3 Моделирование в программном продукте Qucs.....	7
3.1 Моделирование с варьированием параметров.....	7
4 Моделирование переходного процесса. Расчетные соотношения.....	8
5 Выводы по результатам моделирования.....	9
6 Контрольные вопросы.....	10

Лабораторная работа по схемотехнике телекоммуникационных устройств № 2

НЧ и ВЧ коррекция каскада с ОЭ

Цель работы. Исследование частотных и временных характеристик НЧ и ВЧ коррекции каскада с ОЭ.

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.

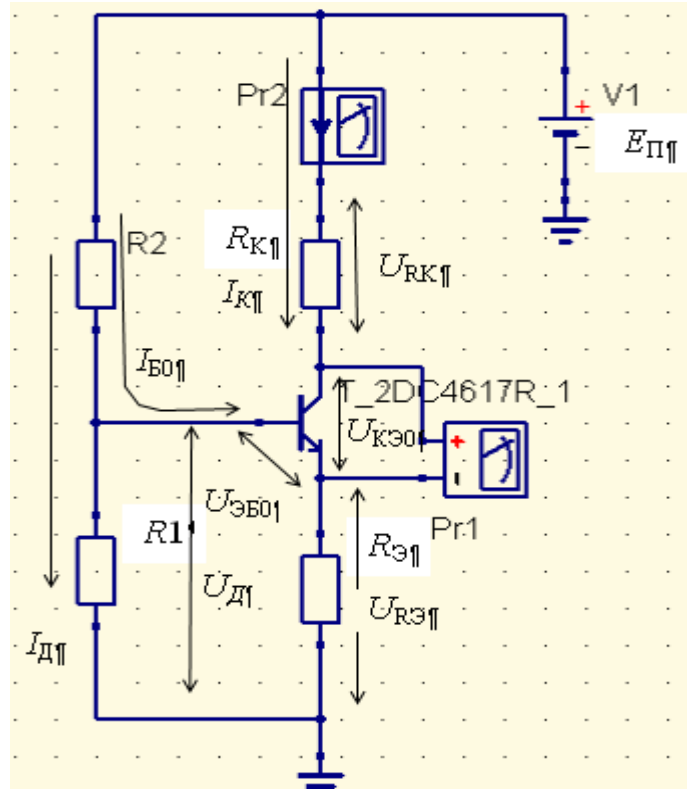


Рис. 1 Схема эмиттерной стабилизации рабочей точки усилительного каскада

Для стабилизации рабочей точки ток делителя I_D и напряжение на эмиттерном сопротивлении $U_{RЭ}$ выбирают из условий $I_D = (5-10) I_{B0}$ и $U_{RЭ} = (3-5) U_{BЭ0}$. 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 равное $U_{RК} = (0.5-2) U_{КЭ0}$.

1.1 Сопротивление в цепи эмиттера $R_{Э}$ равно

$$R_{Э} = \frac{U_{RЭ}}{I_{К0} + I_{B0}},$$

где $I_{К0}$ 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 Расчетные соотношения каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией

На рис. 2 приведена схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией. В данной схеме сопротивление коллекторной цепи состоит из двух сопротивлений $R3$ и Rf , каждое из которых равно половине сопротивления Rk .

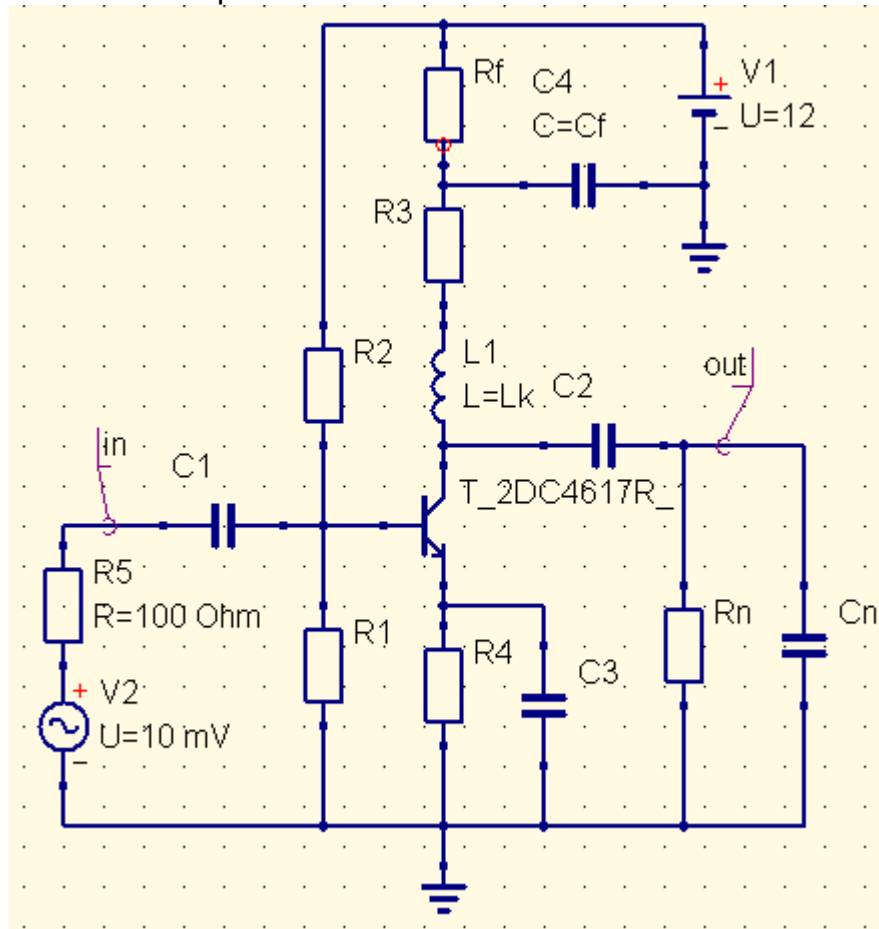


Рис. 2 Схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией

Для заданных частотных искажений M_H , дБ = M_{HC1} , дБ + M_{HC2} , дБ + M_{HC3} , дБ на нижней частоте $f_{H0.707}$ 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 разгах, 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 разгах.

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, $R_{ЭКВ} = R3 // R_n$ – эквивалентное сопротивление параллельного включения сопротивления $R3$ и сопротивления нагрузки R_n по переменному току.

Коэффициент усиления каскада с ОЭ по напряжению равен

$$K_U = S_0 R_{ЭКВ},$$

где $S_0 = 1/(r_{Э} + \Delta r)$, $r_{Э} = 25.6 [mB]/I_{Э} [mA]$, $\Delta r \approx 1..2$ Ома.

Из равенства $\tau_{HЧ} = \tau_f = R3 C_f$ находим выражение для емкости НЧ коррекции C_f

$$C_f = \frac{\tau_{HЧ}}{R3} = \frac{1}{2\pi f_{H0.707} R3}.$$

Из равенства $\tau_B = \tau_{BK} = L_K / R3$ находим корректирующую индуктивность для ВЧ коррекции

$$L_K = \tau_B R3.$$

Задание 2 Для своего варианта рассчитать коэффициент усиления каскада с ОЭ по напряжению, номиналы блокировочной и разделительных емкостей для коэффициентов частотных искажений на нижней граничной частоты заданной в таблице 3, номинал емкости нагрузки на верхней граничной частоте, заданной в таблице 4 при $R3 = R_f = R_k / 2$ и номиналы емкости НЧ коррекции C_f и индуктивности ВЧ коррекции L_K .

Таблица 3

Значения коэффициентов частотных искажений и нижней граничной частоты

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_{HC1} , дБ	1.25	0.75	1.0	1.0	0.75	0.5	0.5	0.25	0.75
M_{HC2} , дБ	0.5	1.0	0.75	0.5	0.75	1.0	0.5	0.75	0.25
M_{HC3} , дБ	1.25	1.25	1.25	1.5	1.5	1.5.0	2.0	2.0	2.0
$f_{H0.707}$, Гц	50	50	50	100	100	100	200	200	200

Таблица 4

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_{B0.707}$, кГц	50	75	100	125	150	175	200	225	250

Результаты расчетов привести в таблице.

Таблица

K_u	C_1	C_2	C_3	C_f	L_k	R_3	R_f

3 Моделирование в программном продукте Qucs

Чтобы открыть программный продукт Qucs щелкните два раза по ярлыку



Qucs.lnk

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.

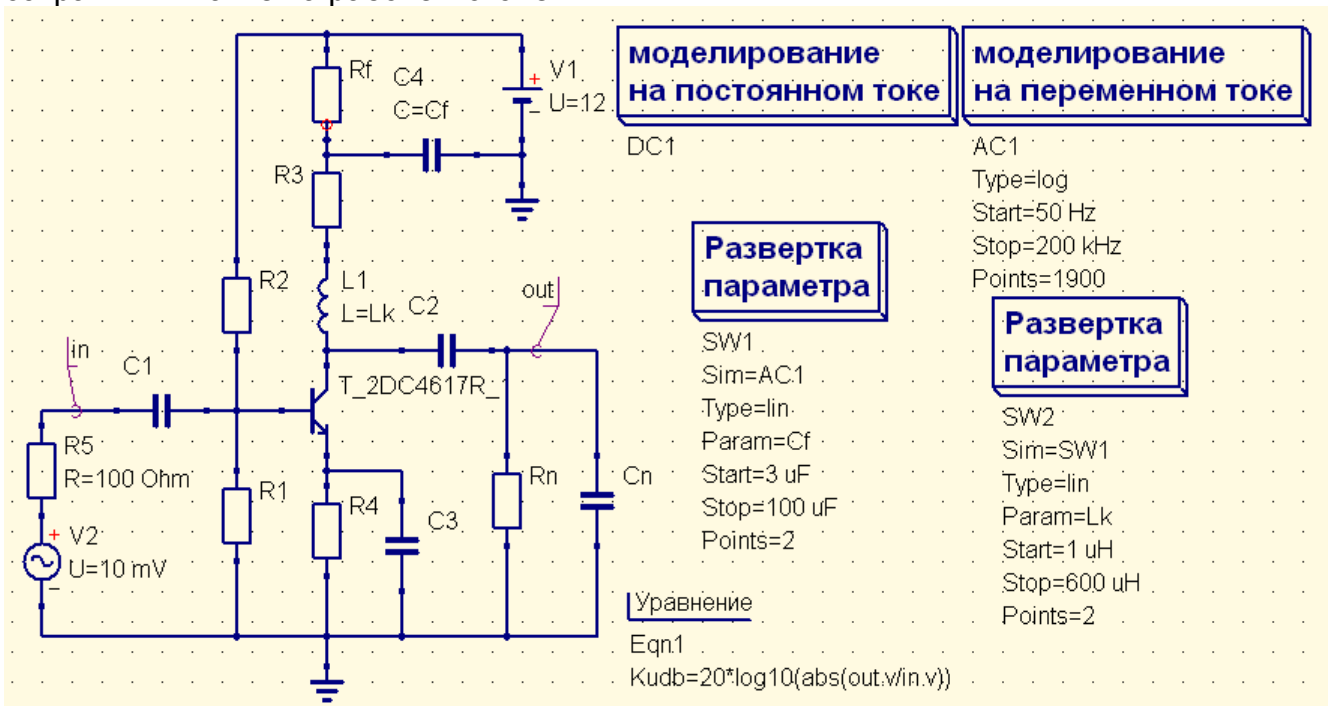


Рис. 3 Схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией с варьированием параметров.

В развертке параметров для корректирующей емкости C_f одно значение взять равным рассчитанному, а второе в 50-100 раз больше (ЛАЧХ без коррекции). В развертке параметров для корректирующей индуктивности L_k одно значение взять равным рассчитанному, а второе в 50-100 раз меньше (ЛАЧХ без коррекции).

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 в виде ЛАЧХ, приведенной на рис. 4.

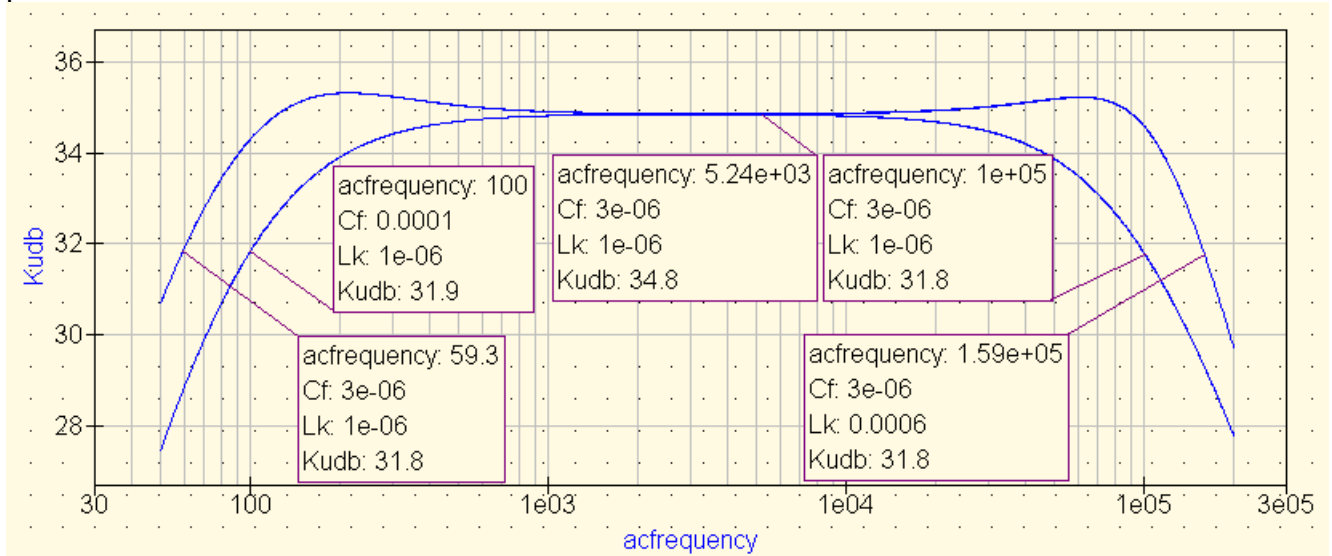


Рис. 4 ЛАЧХ каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией и без коррекции

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	$f_{Н\ 0707}$	$f_{В\ 0707}$
Без коррекции		
С коррекцией		

4 Моделирование переходного процесса

Расчетные соотношения

Рассчитать для своего варианта время установления t_y и Δ спад плоской вершины импульса по следующим соотношениям:

$$t_y = 0.35 / f_{В\ 0707},$$

$$\Delta = 2\pi f_{Н\ 0707} T_{И},$$

$T_{И}$ – длительность импульса взять равной 0.2ms.

Скопировать схему рис.4, заменить на входе схемы источник сигнала, вид моделирования, вид и порядок моделирования в «Развертке параметров».

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

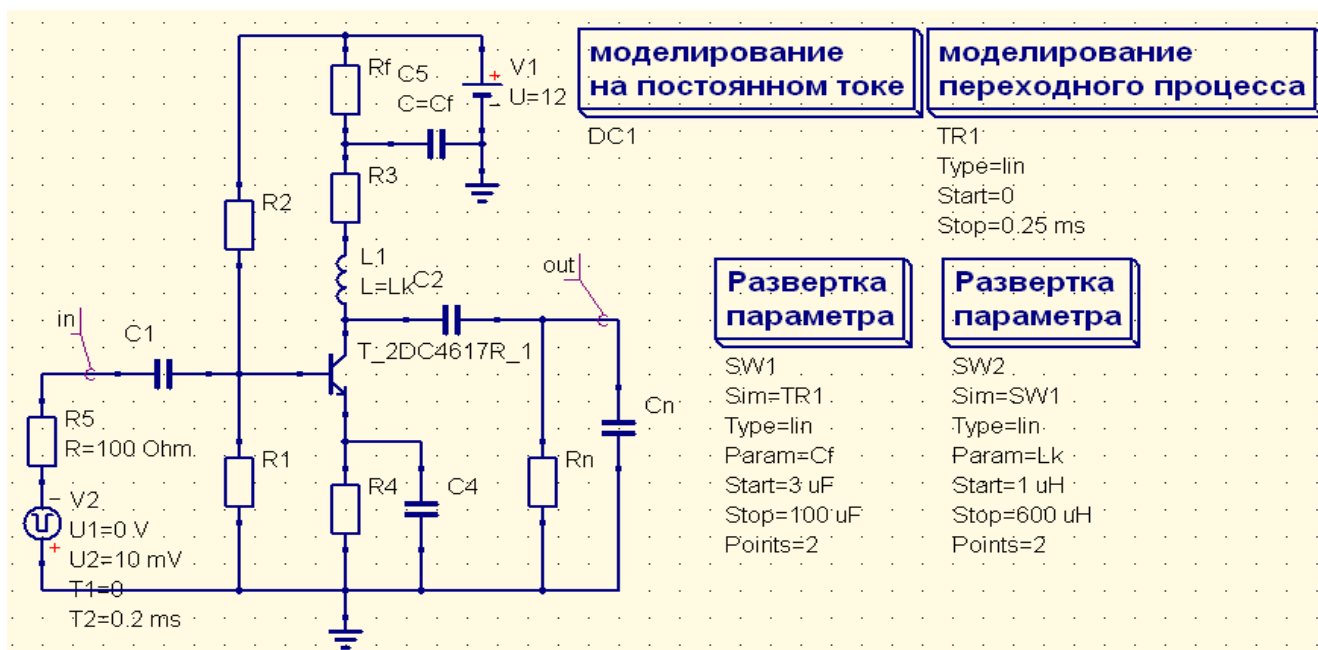


Рис 6 Схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией для моделирования переходного процесса с варьированием параметров

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде переходных характеристик (ПХ), приведенных на рис. 7а для области больших времен и на рис. 7б для области малых времен.

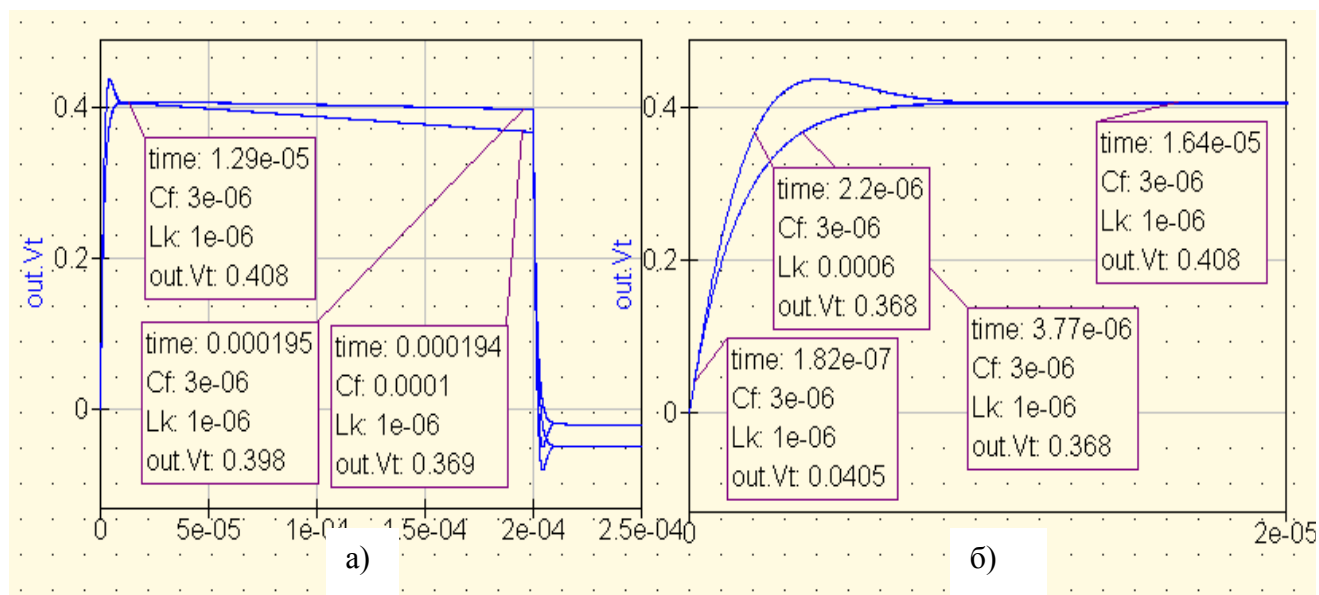


Рис.7 ПХ каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией и без коррекции: для области больших времен (а), для области малых времен (б)

Результаты моделирования представить в таблице.

	$t_{y1}, \mu s$	$t_{y2}, \mu s$	$\Delta_1, \%$	$\Delta_2, \%$
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. Физика поведения ЛАЧХ каскада с ОЭ без коррекции.
2. Какие элементы вводятся в схему каскада с ОЭ для НЧ коррекции?
3. Физика поведения ЛАЧХ каскада с ОЭ с НЧ коррекцией?
4. Какие элементы вводятся в схему каскада с ОЭ для ВЧ коррекции?
5. Физика поведения ЛАЧХ каскада с ОЭ с ВЧ коррекцией?
6. Физика поведения ПХ каскада с ОЭ без коррекции.
7. Физика поведения ПХ каскада с ОЭ с коррекцией в области больших времен?
8. Физика поведения ПХ каскада с ОЭ с коррекцией в области малых времен?