

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



Якушевич Г.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЧ И ВЧ КОРРЕКЦИИ КАСКАДА С ОЭ

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

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 НЧ и ВЧ коррекции каскада с ОЭ»: 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 РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ КАСКАДА С ОЭ С НЧ И ВЧ КОРРЕКЦИЕЙ	5
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАМНОМ ПРОДУКТЕ QUCS.....	6
3.1 Моделирование с варьированием параметров.....	7
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ.....	7
5 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	10
6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	10
7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	10

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ КАСКАДА С ОЭ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

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

Расчетные соотношения каскада с ОЭ 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.

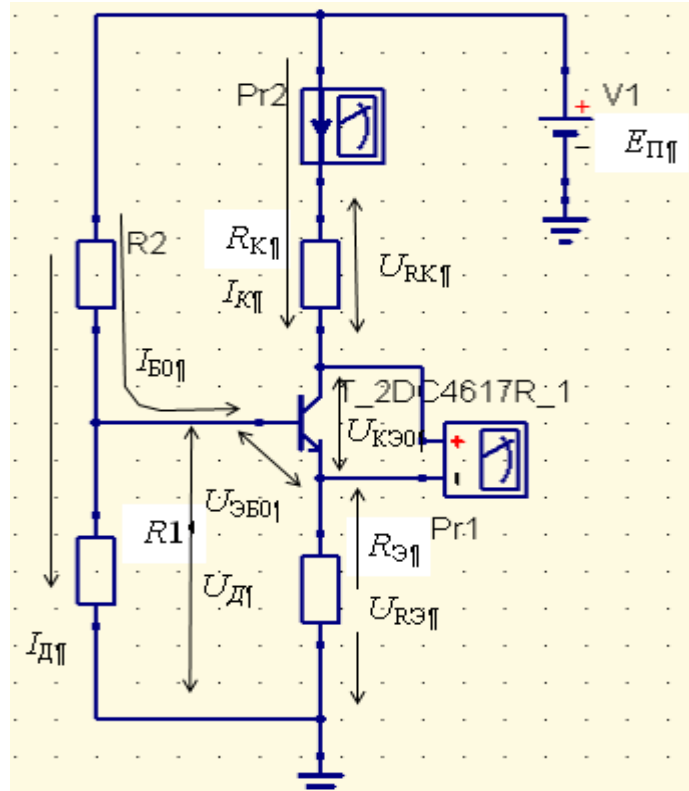


Рисунок 1 Схема эмиттерной стабилизации рабочей точки усилительного каскада

Для стабилизации рабочей точки ток делителя I_D и напряжение на эмиттерном сопротивлении $U_{RЭ}$ выбирают из условий $I_D = (5-10) I_{Б0}$ и $U_{RЭ} = (3-5) U_{БЭ0}$.

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

$$R_{Э} = \frac{U_{RЭ}}{I_{К0} + I_{Б0}},$$

где $I_{К0}$ и $I_{Б0}$ – 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

$R1$	$R2$	$R_{кк}$	$RЭ$

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 .

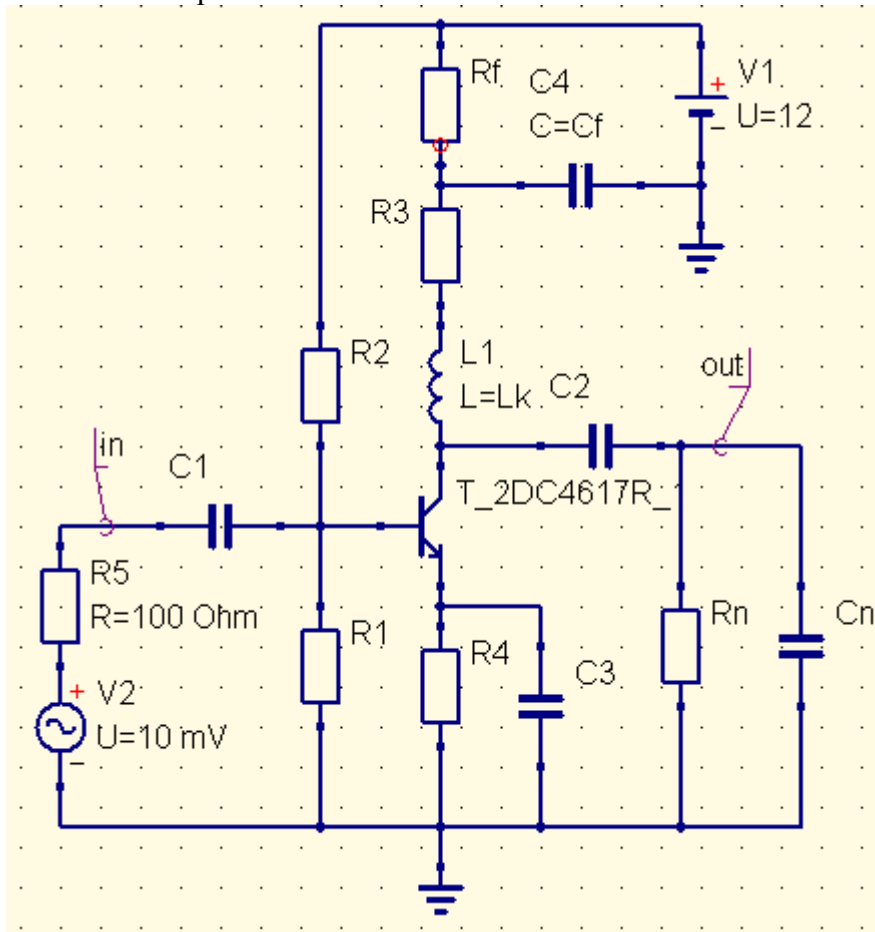


Рисунок 2 Схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией

Для заданных частотных искажений M_H , дБ = M_{HC1} , дБ + M_{HC2} , дБ + $M_{HCЭ}$, 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

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

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

$R_{ЭKB} = R3 // R_H$ – эквивалентное сопротивление параллельного включения сопротивления $R3$ и сопротивления нагрузки R_H по переменному току.

Коэффициент усиления каскада с ОЭ по напряжению равен

$$K_U = S_0 R_{ЭKB},$$

где $S_0 = I / (r_{Э} + \Delta r)$, $r_{Э} = 25.6 [мВ] / I_{Э} [мА]$, $\Delta r \approx 1..2$ 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
$M_{HCЭ}$, 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 ПРОГРАМНОМ ПРОДУКТЕ QUCS

3.1 Моделирование с варьированием параметров

Чтобы открыть программный продукт Qucs щелкните два раза по ярлычку



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.

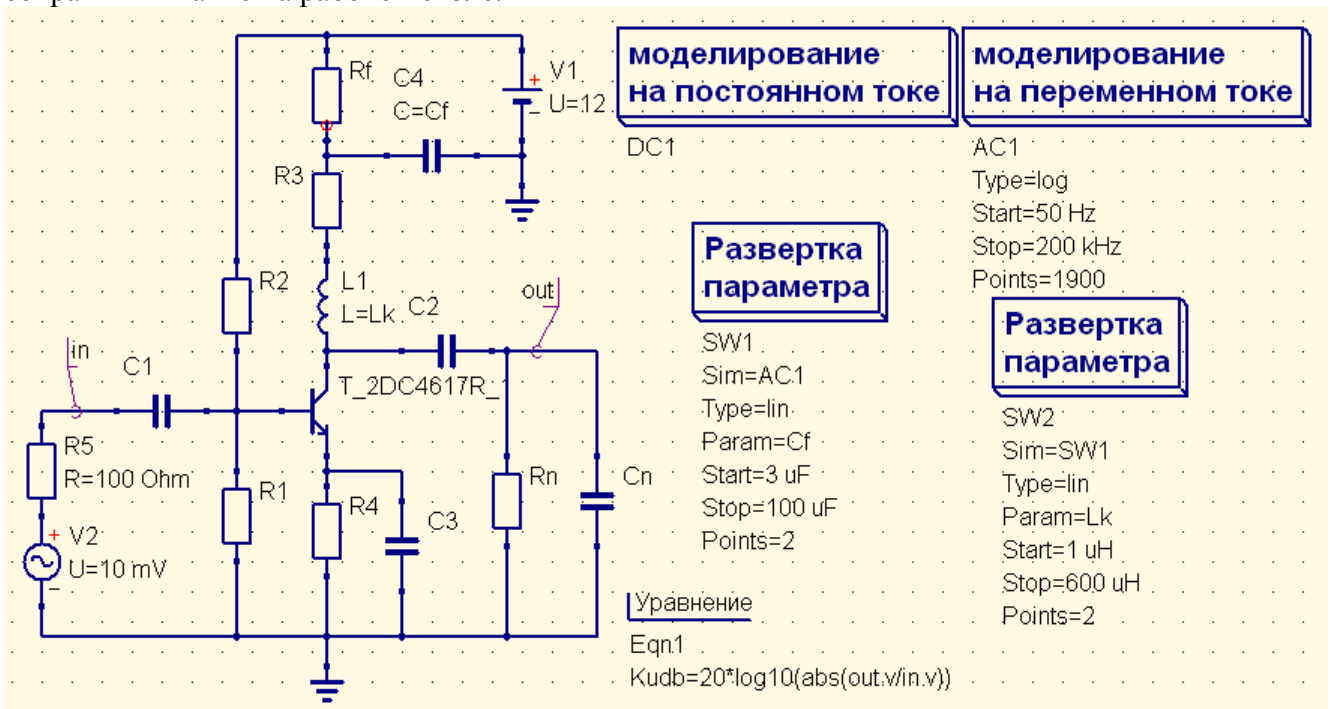


Рисунок 3 Схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией с варьированием параметров.

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 представить в виде ЛАЧХ, приведенной на рис. 4.

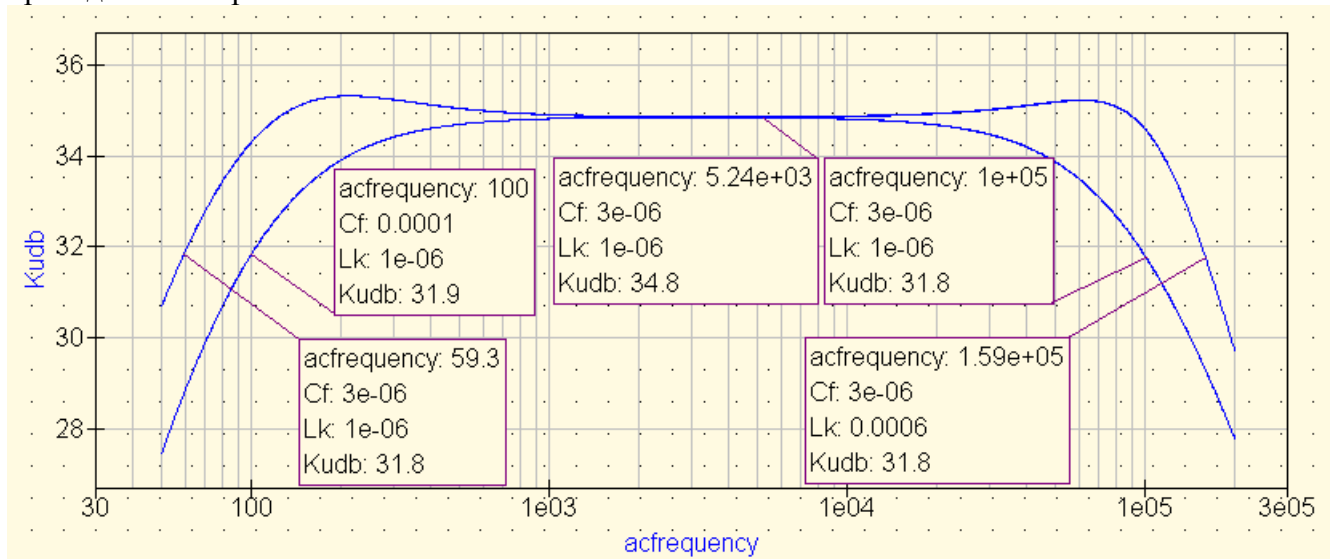


Рисунок 4 ЛАЧХ каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией и без коррекции

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	f_H 0707	f_B 0707
Без коррекции		
С коррекцией		

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

Расчетные соотношения

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

$$t_y = 0.35 / f_B 0707,$$

$$\Delta = 2\pi f_H 0707 T_{и},$$

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

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

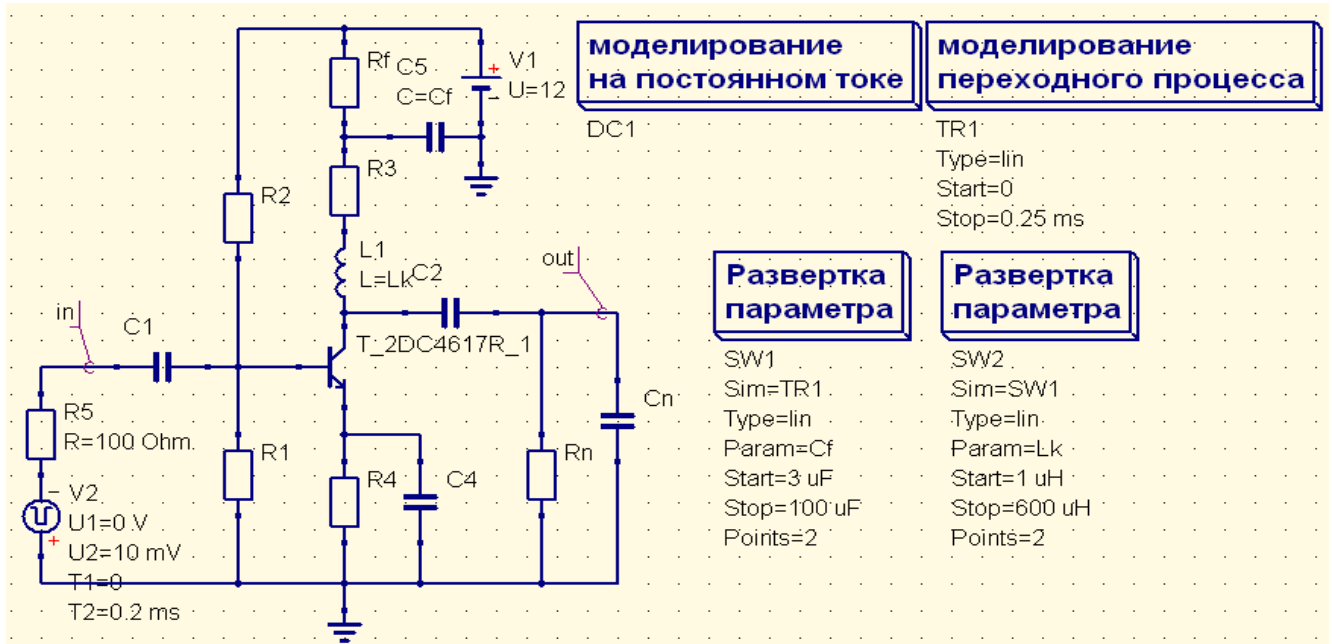


Рисунок 5 Схема каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией для моделирования переходного процесса с варьированием параметров

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде переходных характеристик (ПХ), приведенных на рис. 6а для области больших времен и на рис. 6б для области малых времен.

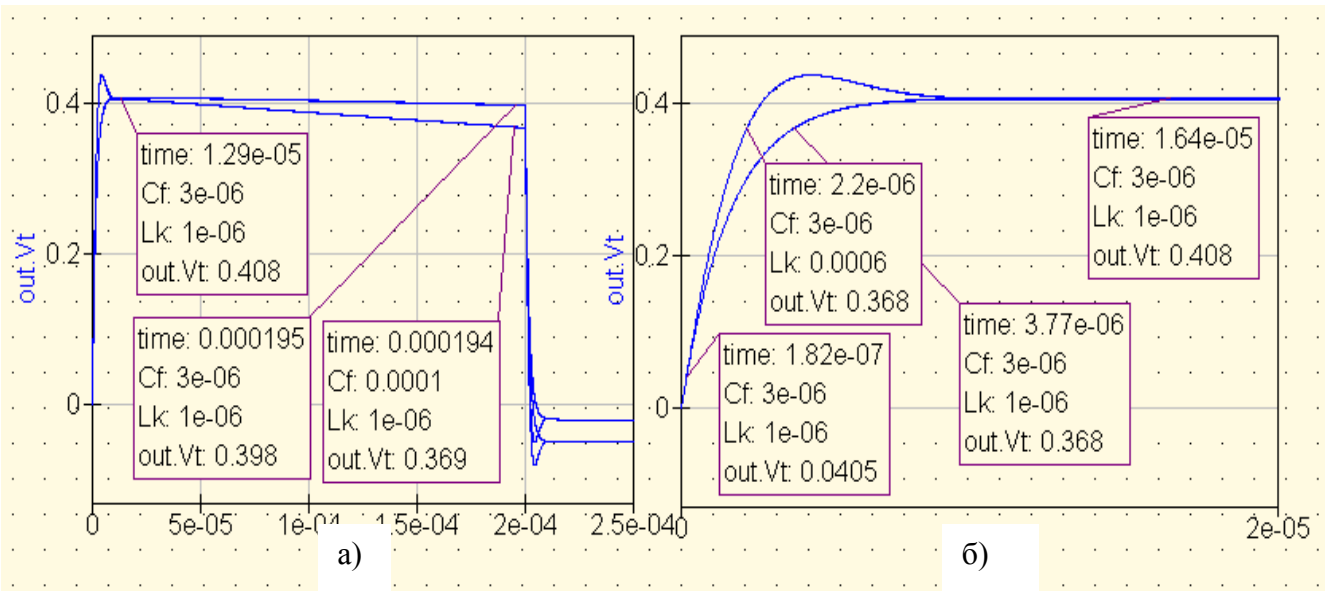


Рисунок 6 ПХ каскада с ОЭ с НЧ и ВЧ коррекцией и без коррекции: для области больших времен (а), для области малых времен (б)

Результаты моделирования представить в таблице.

	$t_{y1}, \mu\text{s}$	$t_{y2}, \mu\text{s}$	$\Delta_1, \%$	$\Delta_2, \%$
Расчет				
Эксперимент				

5 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Выводы должны содержать ссылки на рисунки, объяснение поведений 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?

7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 НЧ и ВЧ коррекция каскада с ОЭ: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе, практическим занятиям и самостоятельной работе / Г. Н. Якушевич - 2019. 10 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9093>.

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>