

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



Якушевич Г.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДА С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ

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.

Я49 «Исследование каскада с общим эмиттером»: 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.-11 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 и требования по оформлению отчета.

Одобрены 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 ПО ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ.....	5
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ QUCS.....	6
3.1 Моделирование по постоянному току.....	7
3.2 Моделирование по переменному току.....	7
3.3 Моделирование с варьированием параметров.....	8
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ.....	10
5 ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	11
6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	11
7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	11

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Цель работы: Исследование частотных и временных характеристик каскада с общим эмиттером при варьировании параметров

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.

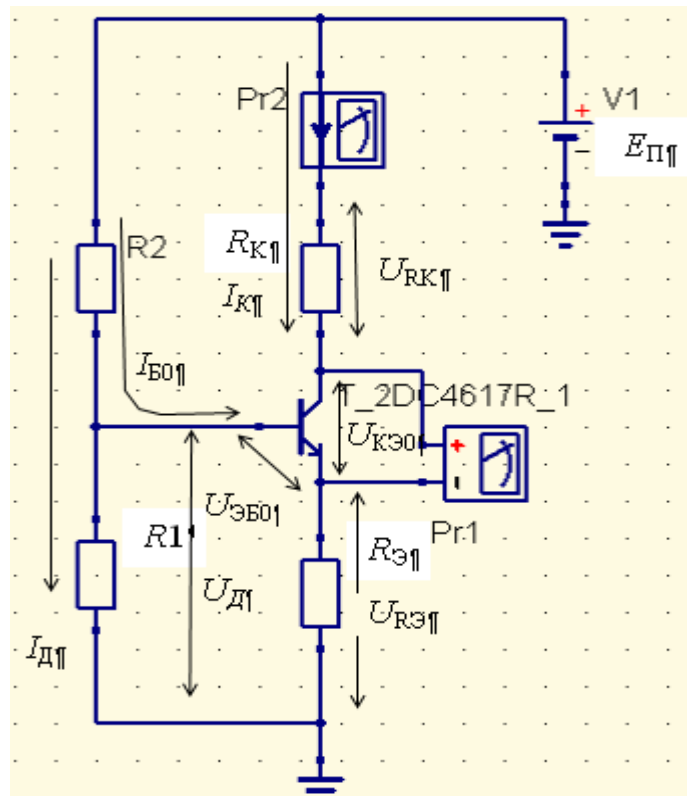


Рисунок 1 Схема эмиттерной стабилизации рабочей точки усилительного каскада

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.

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 $I_{К0}$ – ток коллектора в рабочей точке.

1.2 Сопротивления делителя в цепи базы рассчитываются по формулам

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

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 $U_{БЭ0}=0.72\text{В}$, $\beta=100$.

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_K	$RЭ$

2 РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ПО ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ

На рис. 2 приведена схема каскада с ОЭ по переменному току.

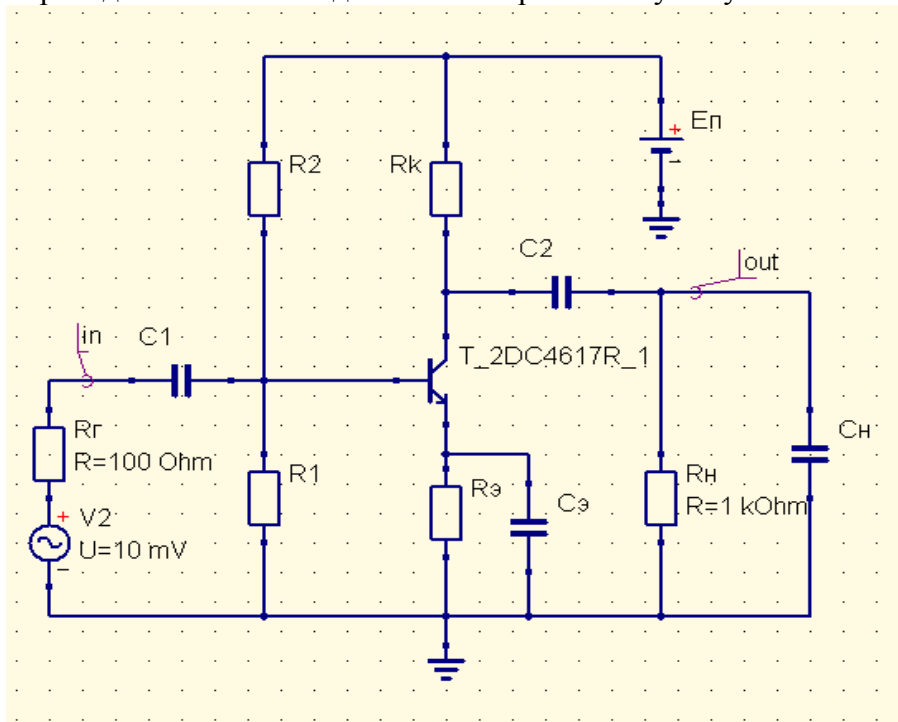


Рисунок 2 Схема каскада с ОЭ

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

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

где M_{HC} – частотные искажения в раз, приходящиеся на одну емкость,
 $R_{Л}$ и $R_{П}$ – 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

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

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

$R_{ЭКВ} = R_K // R_H$ – эквивалентное сопротивление параллельного включения сопротивления R_3 и сопротивления нагрузки R_H по переменному току $R_H = R_K$.

Коэффициент усиления каскада с ОЭ по напряжению равен

$$K_U = S_0 R_{ЭКВ},$$

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

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 и номинал емкости нагрузки на верхней граничной частоте, заданной в таблице 4, при $R_H = R_K$.

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

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 по постоянному току

Собрать схему каскада с ОЭ приведенную на рис. 3 для моделирования по постоянному току. Поставить значения номиналов резисторов, рассчитанных в задании 1. Добавить вид моделирования «Моделирование по постоянному току». Присвоить имя файлу и сохранить в папке на рабочем столе.

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 "Табличная", перейдите в рабочую область и поместите ее, нажав левую кнопку мыши. Открывается диалоговое окно, где можно выбрать, что следует показать в новой диаграмме.

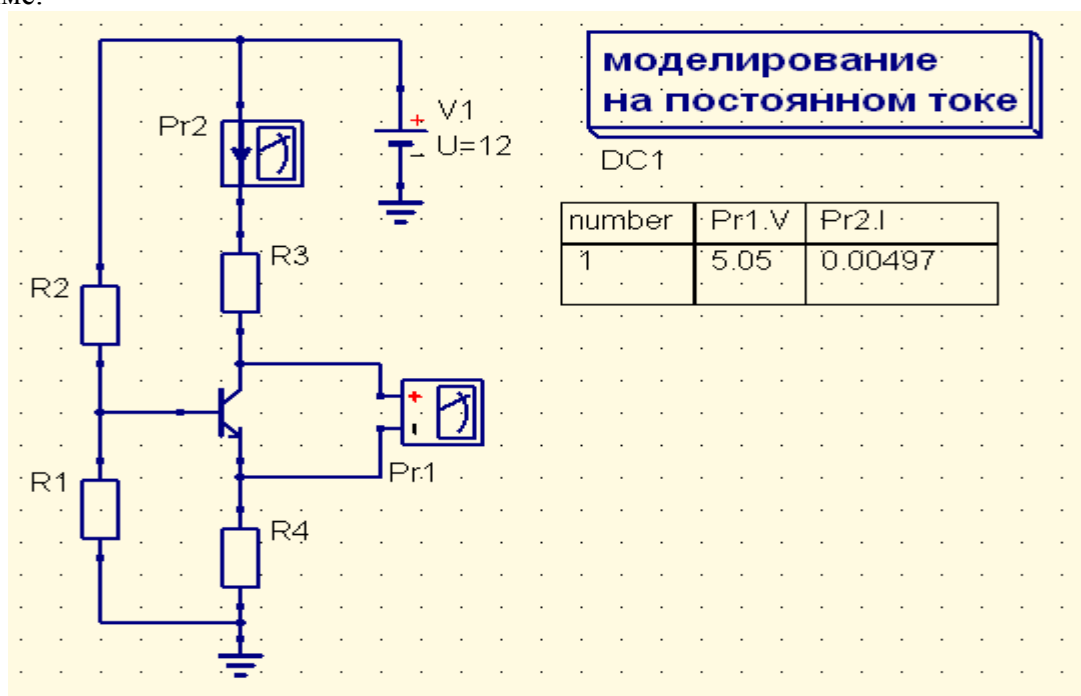


Рисунок 3 Схема каскада с ОЭ для моделирования по постоянному току

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	$I_{кО}$	$U_{кО}$
Расчет		
Эксперимент		

3.2 Моделирование по переменному току

Собрать схему каскада с ОЭ приведенную на рис. 4 для моделирования по переменному току. Поставить значения номиналов резисторов и емкостей, рассчитанных в задании 1 и в

задании 2. Добавить вид моделирования «Моделирование по переменному току» и уравнение для расчета ЛАЧХ. Присвоить имя файлу и сохранить в папке на рабочем столе.

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде ЛАЧХ, приведенной на рис. 5.

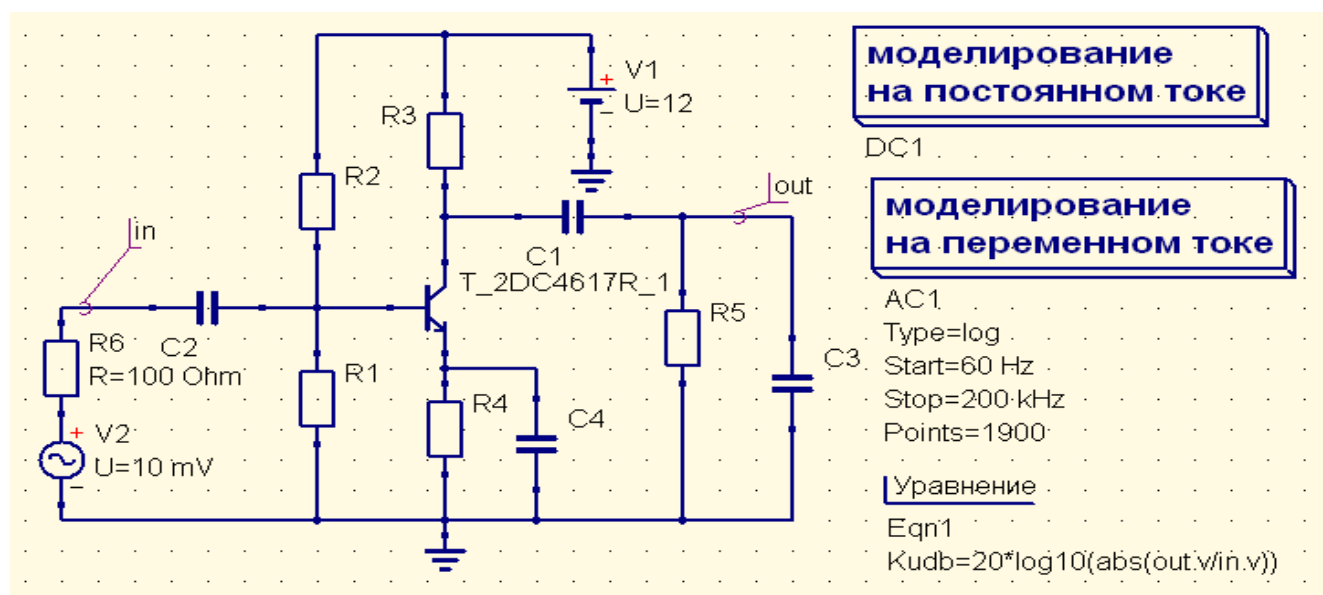


Рисунок 4 Схема каскада с ОЭ для моделирования по переменному току

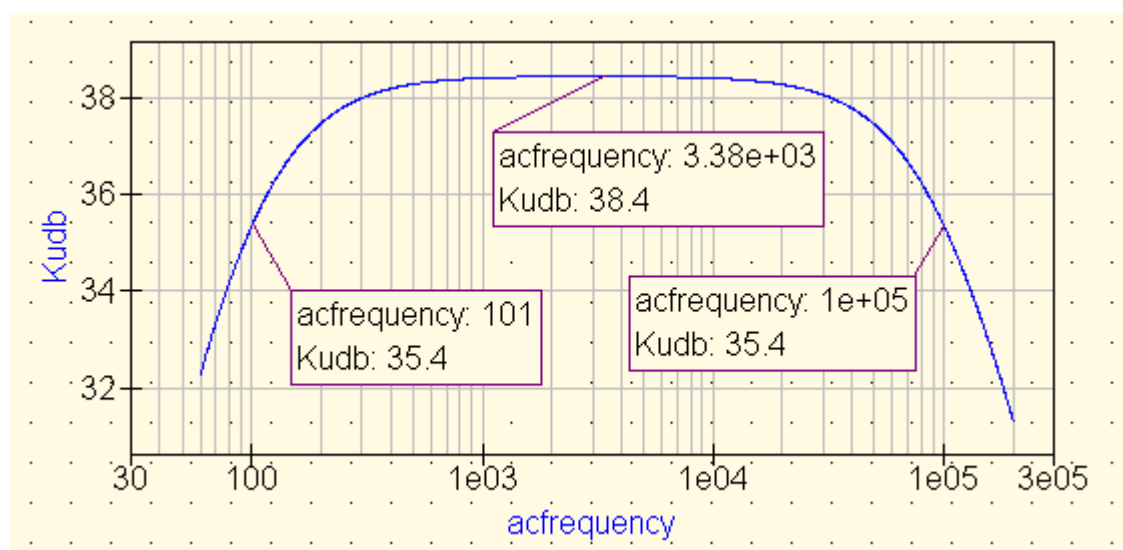


Рисунок 5 ЛАЧХ каскада с ОЭ

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица			
	K_U	$f_{H\ 0707}$	$f_{B\ 0707}$
Расчет			
Эксперимент			

3.3 Моделирование с варьированием параметров

Сохранить схему каскада с ОЭ приведенную на рис. 4 с новым именем и добавить вид моделирования «Развертка параметров». Схема каскада с ОЭ для моделирования с варьированием параметров разделительной емкости C_w и емкости нагрузки C_n приведена на

рис.5. В развертке параметров одно значение разделительной емкости C_w взять равное рассчитанному, а второе в 5 раз меньше, одно значение емкости нагрузки C_n взять равное рассчитанному, а второе в 2 раза больше.

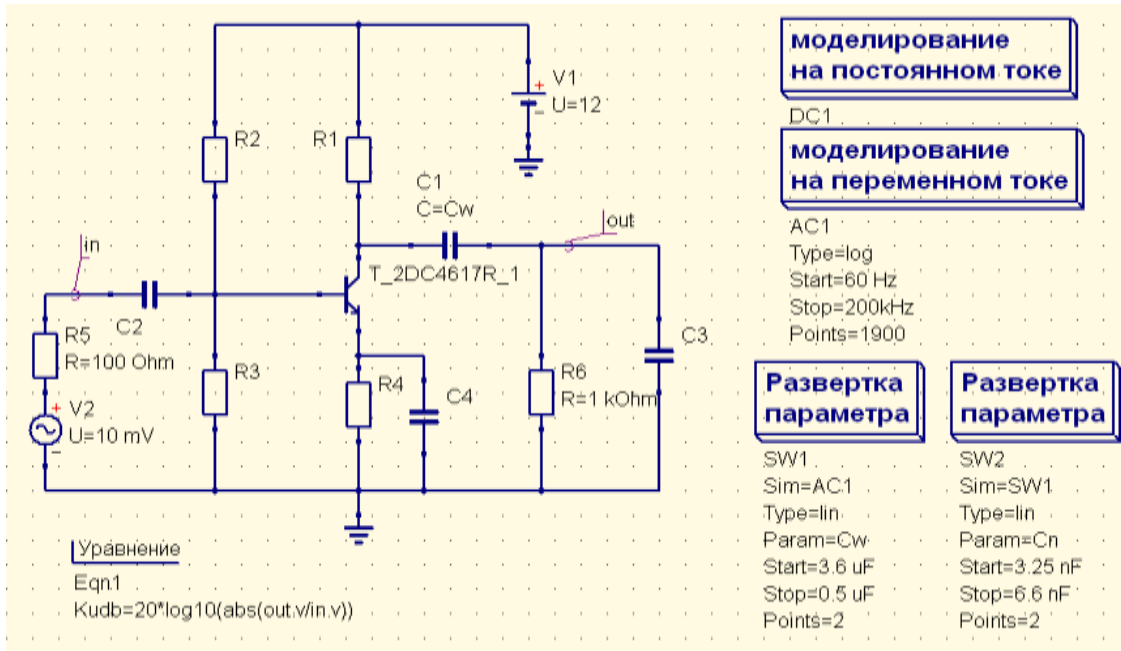


Рисунок 5 Схема каскада с ОЭ для моделирования с варьированием параметров

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде ЛАЧХ, приведенной на рис. 6.

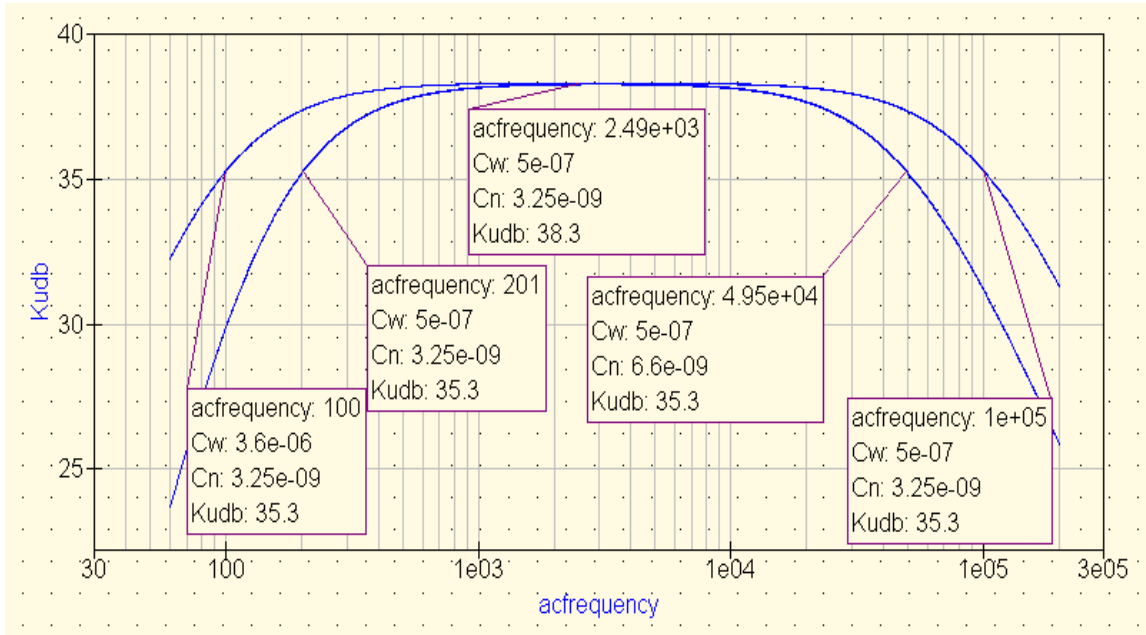


Рисунок 6 ЛАЧХ каскада с ОЭ при варьировании параметров

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	f_H 0707	f_B 0707
Расчет		
Варьирование		

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА. РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

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

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

$$\Delta = 2\pi f_{H\ 0707} T_{И},$$

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

Скопировать схему рис.5, заменить источник сигнала на входе схемы, вид моделирования, вид и порядок моделирования в «Развертке параметров».

Схема каскада с ОЭ для моделирования переходного процесса при варьировании параметров приведена на рис.7.

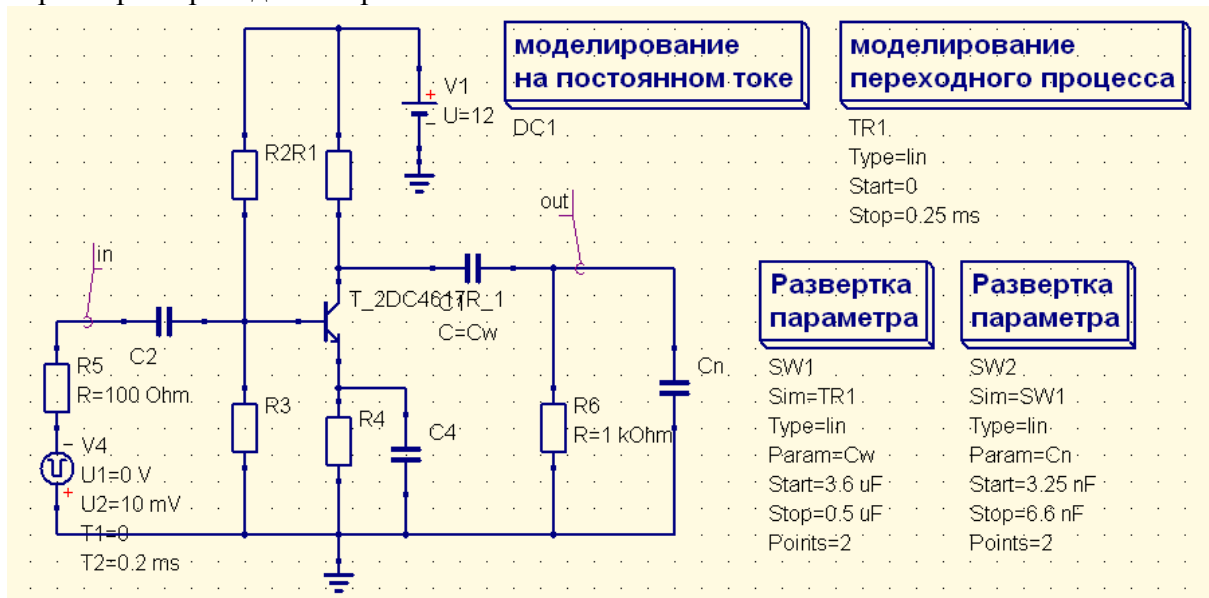


Рисунок 7 Схема каскада с ОЭ для моделирования переходного процесса.

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде переходных характеристик (ПХ), приведенных на рис. 8а для области больших времен и на рис. 8б для области малых времен.

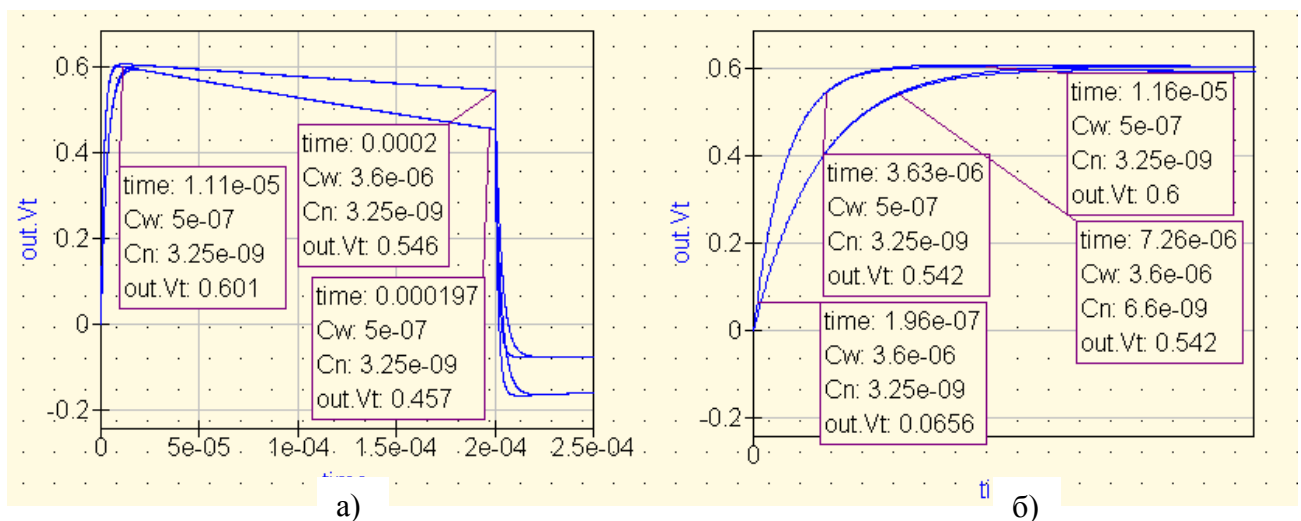


Рисунок 8 ПХ каскада с ОЭ при варьировании параметров: для области больших времен (а), для области малых времен (б)

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	t_{y1} , us	t_{y2} , us	Δ_1 , %	Δ_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. Что такое АЧХ?
2. Какие основные параметры АЧХ?
3. Как определить основные параметры АЧХ?
4. Что такое ЛАЧХ?
5. Какие основные параметры ЛАЧХ?
6. Как определить основные параметры ЛАЧХ?
7. Что такое ПХ?
8. Какие основные параметры ПХ?
9. Как определить основные параметры ПХ?
10. Какие элементы каскада ОЭ определяют нижнюю граничную частоту? Объясните.
11. Какие элементы каскада ОЭ определяют верхнюю граничную частоту? Объясните.
12. Какие элементы каскада ОЭ определяют время установления? Объясните.
13. Какие элементы каскада ОЭ определяют спад плоской вершины импульса? Объясните.

7 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Каскад с общим эмиттером: Учебное методическое пособие по лабораторной работе, практическим занятиям и самостоятельной работе / Г. Н. Якушевич - 2019. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9087>. (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.)