

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.

**Каскады с ОЭ с последовательной ОС по току, параллельной ОС по
напряжению и комбинированной ОС**

**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.

«Каскады с ОЭ с последовательной ОС по току, параллельной ОС по напряжению и комбинированной ОС»: 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. –11 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 для каскада сОЭ с последовательной ОС по току.....	4
2 Моделирование в программном продукте Qucs.....	5
3 Моделирование каскада с ОЭ с последовательной ОС по току с варьированием параметров.....	5
4 Расчетные соотношения для каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению.....	6
5 Моделирование каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению.....	7
6 Расчетные соотношения для каскада сОЭ с комбинированной ОС.....	9
7 Моделирование каскада с ОЭ с комбинированной ОС.....	10
8 Выводы по результатам моделирования.....	11
9 Контрольные вопросы.....	11

Лабораторная работа по схемотехнике телекоммуникационных устройств № 4 Каскады с ОЭ с последовательной ОС по току, параллельной ОС по напряжению и комбинированной ОС

Цель работы: Исследование влияния последовательной ОС по току, параллельной ОС по напряжению и комбинированной ОС на основные параметры каскада с ОЭ.

1 Расчетные соотношения для каскада с ОЭ с последовательной ОС по току

На рис. 1 приведена схема каскада с ОЭ с последовательной ОС по току.

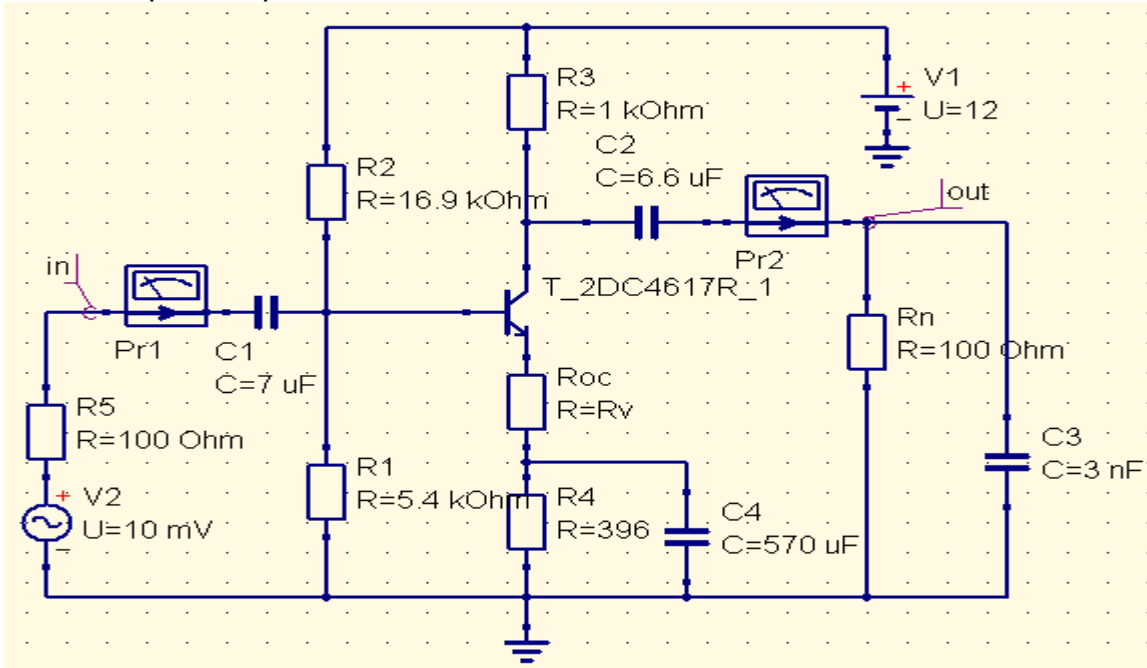


Рис. 1 Схема каскада с ОЭ с последовательной ОС по току

Коэффициент усиления каскада с ОЭ с последовательной ОС по току равен

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

где $K_0 = S_0 R_{Н экв}$ - коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ без ОС, $S_0 = 1/(r_{э} + \Delta r)$ - крутизна транзистора, $r_{э} = 25.6[mV]/I_{э}[mA]$, $\Delta r \approx 1..2$ Ома, $I_{э}$ ток эмиттера транзистора, K_{OC} - заданный коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ с ОС, $R_{Н экв} = R_3 // R_n$ - эквивалентное параллельное сопротивление R_3 сопротивления R_n нагрузки по переменному току.

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

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

Номинал эмиттерного сопротивления равен $R_4 = R_э - R_{OC}$, где $R_э = 396$ Ом.

Входное сопротивление каскада с ОЭ с последовательной ОС по току равно

$$R_{ВХ OC} = R_{ВХ ОЭ} + (H_{21э} + 1) R_{OC},$$

где $H_{21э}$ - коэффициент усиления по току каскада с ОЭ, $R_{ВХ ОЭ} = r_{б} + (1 + H_{21э})(r_{э} + \Delta r)$ - входное сопротивление каскада с ОЭ, $r_{б}$ - сопротивление базы транзистора.

Коэффициент усиления по току каскада с ОЭ с последовательной ОС по току равен

$$K_{I OC} \approx K_{I ОЭ} = H_{21э}.$$

Задание 1. Для своего варианта задания из табл. 2 для $K_o = 37$ дБ (71раз) рассчитать R_{oc} , $R_{вх ос}$ и R_4 .

Таблица 1

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
$K_{ос}$ 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

$K_{ос}$	R_{oc}	$R_{вх ос}$	R_4

2 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 Моделирование каскада с ОЭ с последовательной ОС по току с варьированием параметров

Собрать в Qucs схему каскада с ОЭ с последовательной ОС по току приведенную на рис. 2. Добавить к схеме виды моделирования и уравнения для расчета ЧХ (см. рис.3). Присвоить имя файлу и сохранить в папке на рабочем столе.

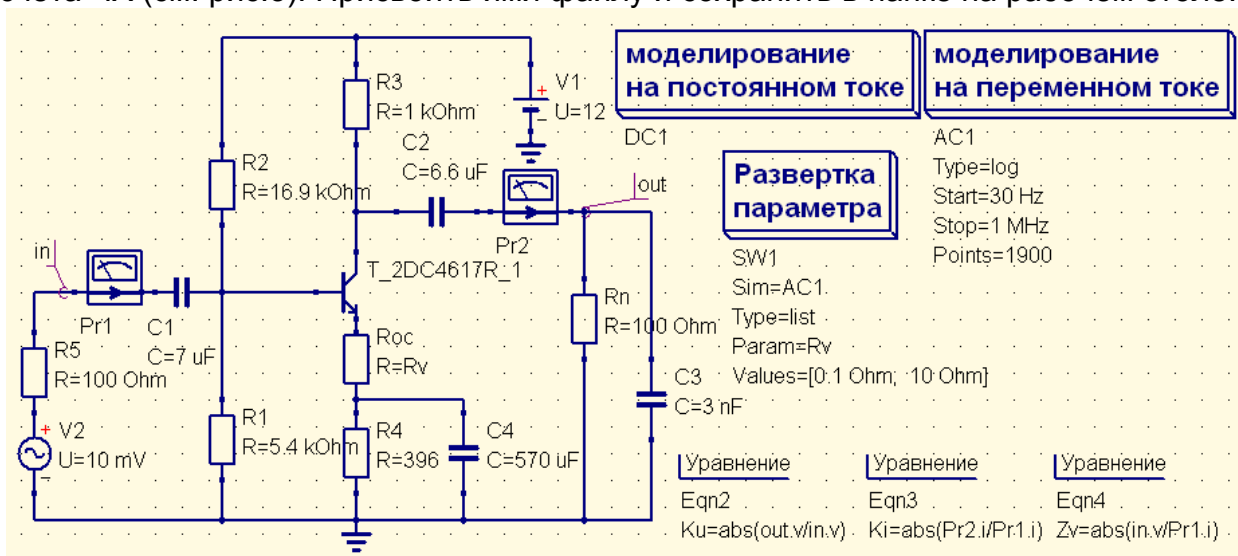


Рис.3 Схема каскада с ОЭ с последовательной ОС по току с варьированием параметров

В развертке параметров одно значение R_{oc} взять равным 0.1 Ома (ЧХ без ОС), а второе равно рассчитанному (ЧХ с 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 ЧХ, приведенных на рис. 4 и в виде таблицы.

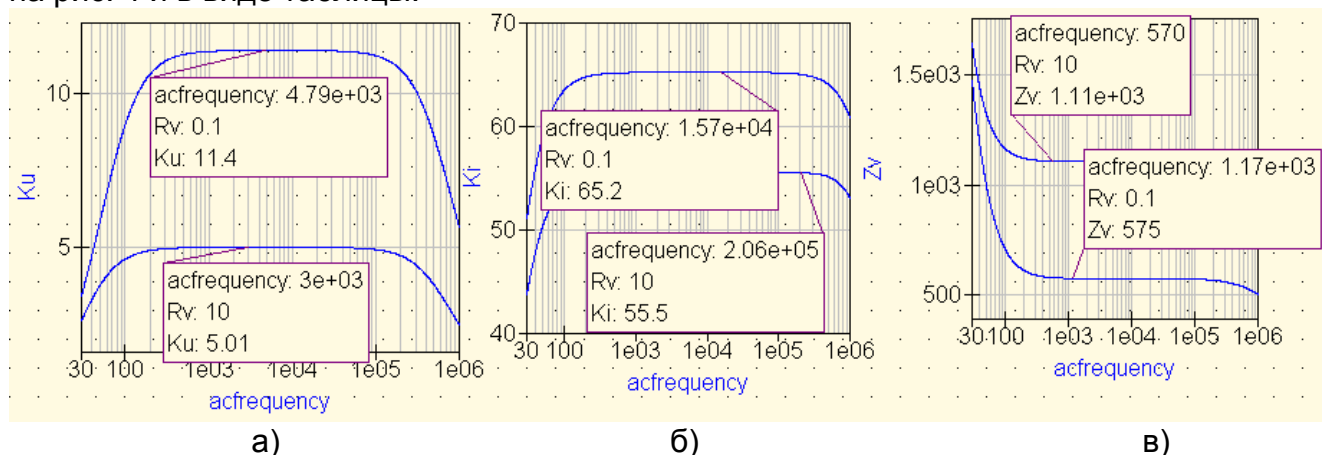


Рис. 4 ЧХ коэффициента усиления по напряжению K_u (а), коэффициента усиления по току K_i (б) и входного сопротивления Z_v (в)

Таблица

	K_u	K_i	Z_v
Без ОС			
С последовательной ОС по току			

4 Расчетные соотношения для каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению

На рис. 5 приведена схема каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению.

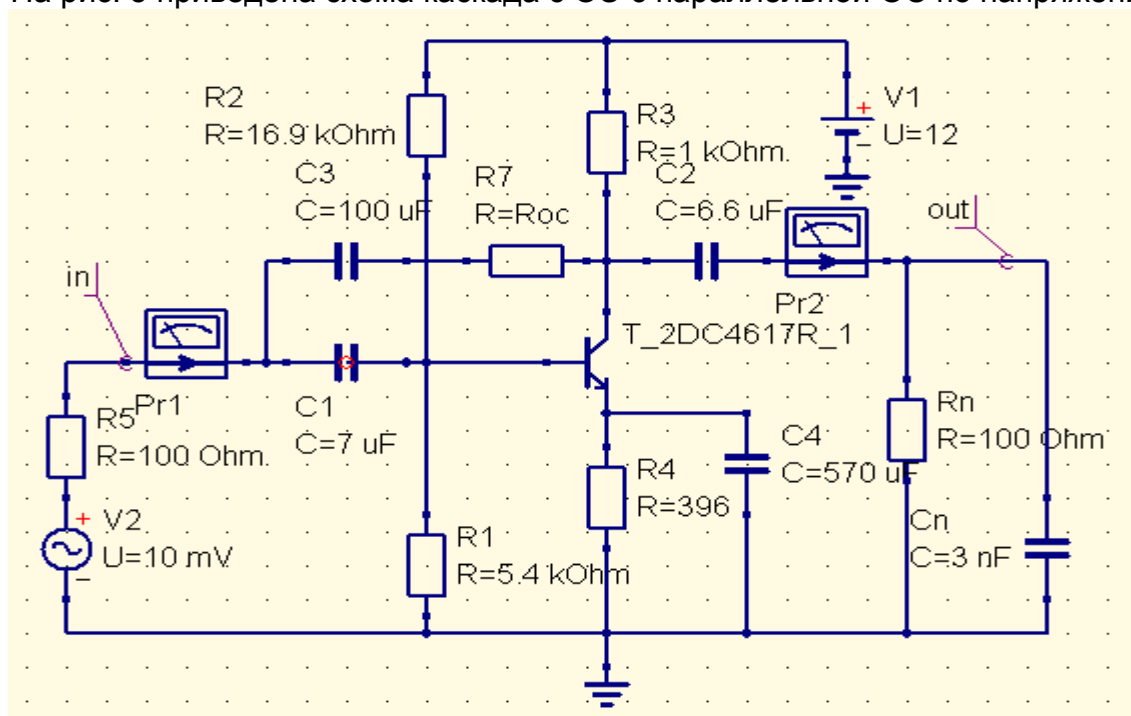


Рис. 5 Схема каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению

Коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ с параллельной ОС равен

$$K_{U OC} = S_0 R_{H OC} \sim ,$$

где $R_{H OC} \sim = R_{нэкв} R_{OC} / (R_{нэкв} + R_{OC})$ - сопротивление нагрузки по переменному току, $R_{нэкв} = R_n R_3 / (R_n + R_3)$ - сопротивление нагрузки каскада с ОЭ.

Выражение для сопротивления параллельной ОС R_{OC} запишется

$$R_{OC} = R_{ВХ OC} (1 + K_{U OC}) ,$$

где $R_{ВХ OC}$ – входное сопротивление каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению, заданное из условия согласования с сопротивлением генератора R_r : $R_{ВХ OC} = R_r$.

С учетом коэффициента усиления по напряжению каскада с ОЭ с параллельной ОС выражение для сопротивления параллельной ОС R_{OC} запишется

$$R_{OC} = (R_{ВХ OC} + R_{ВХ OC} S_0 R_{нэкв} - R_{нэкв}) / 2 + [(R_{ВХ OC} + R_{ВХ OC} S_0 R_{нэкв} - R_{нэкв}) / 2]^2 + R_{ВХ OC} R_{нэкв}]^{1/2}$$

Входное сопротивление каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению равно

$$R_{ВХ OC} = R_{OC} / (1 + K_{U OC}) .$$

Коэффициент усиления по току каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению равен

$$K_{I OC} = K_{U OC} R_{ВХ OC} / R_{H OC} \sim \approx S_0 R_{ВХ OC} .$$

Задание 2. Для своего варианта задания из табл. 2 рассчитать R_{OC} , $K_{U OC}$, $R_{ВХ OC}$ и $K_{I OC}$.
Таблица 2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Сопротивление генератора R_r	25	50	75	100	150	200	300

Результаты расчетов привести в таблице

Таблица

R_{OC}	$K_{U OC}$	$R_{ВХ OC}$	$K_{I OC}$

5 Моделирование каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению

Собрать в Qucs схему каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению, приведенную на рис.5. Добавить к схеме виды моделирования и уравнения для расчета ЧХ (см. рис.6). Присвоить имя файлу и сохранить в папке на рабочем столе.

В развертке параметров одно значение R_{OC} взять равным 100 кОм (ЧХ без ОС), а второе равное рассчитанному (ЧХ с 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 ЧХ, приведенных на рис. 7.

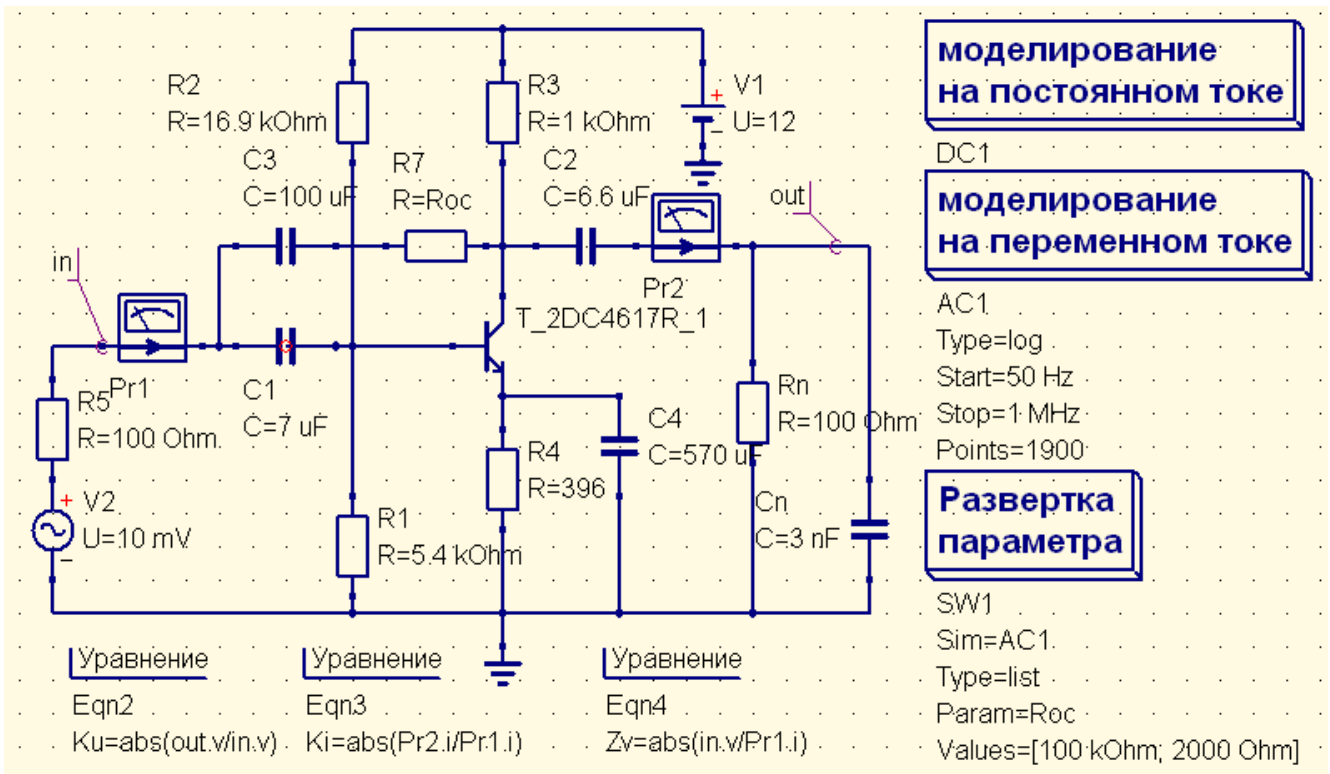


Рис.6 Схема каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению с варьированием параметров

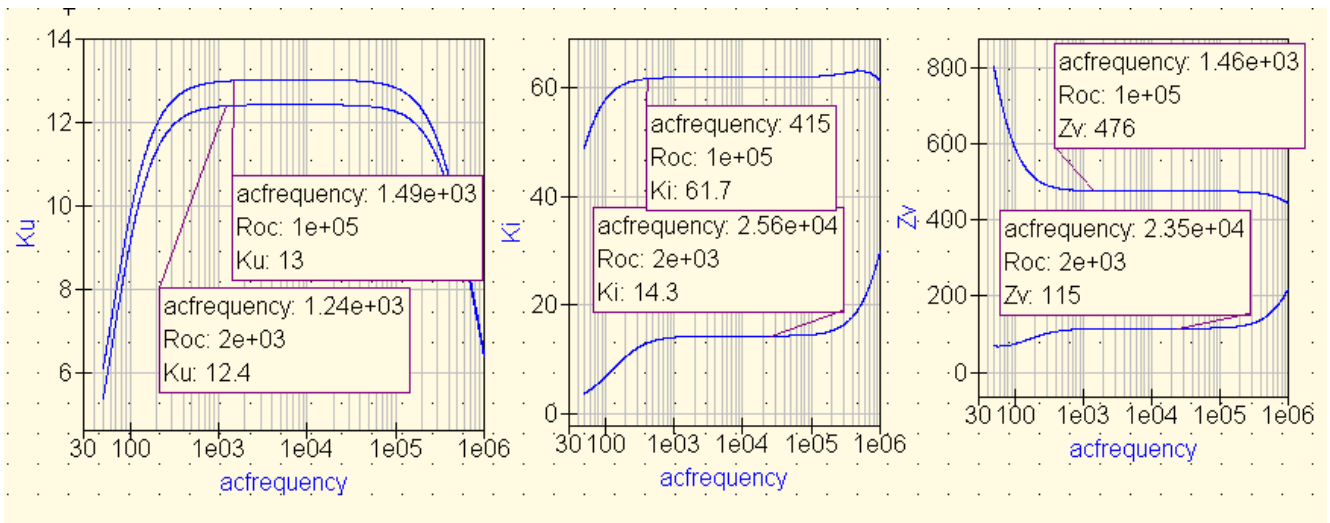


Рис. 7 ЧХ коэффициента усиления по напряжению Ku (а), коэффициента усиления по току Ki (б) и входного сопротивления Zv (в)

Результаты моделирования представить в таблице.

Таблица

	Ku	Ki	Zv
Без ОС			
С параллельной ОС по напряжению			

6 Расчетные соотношения для каскада с ОЭ с комбинированной ОС

На рис. 8 приведена схема каскада с ОЭ с комбинированной ОС.

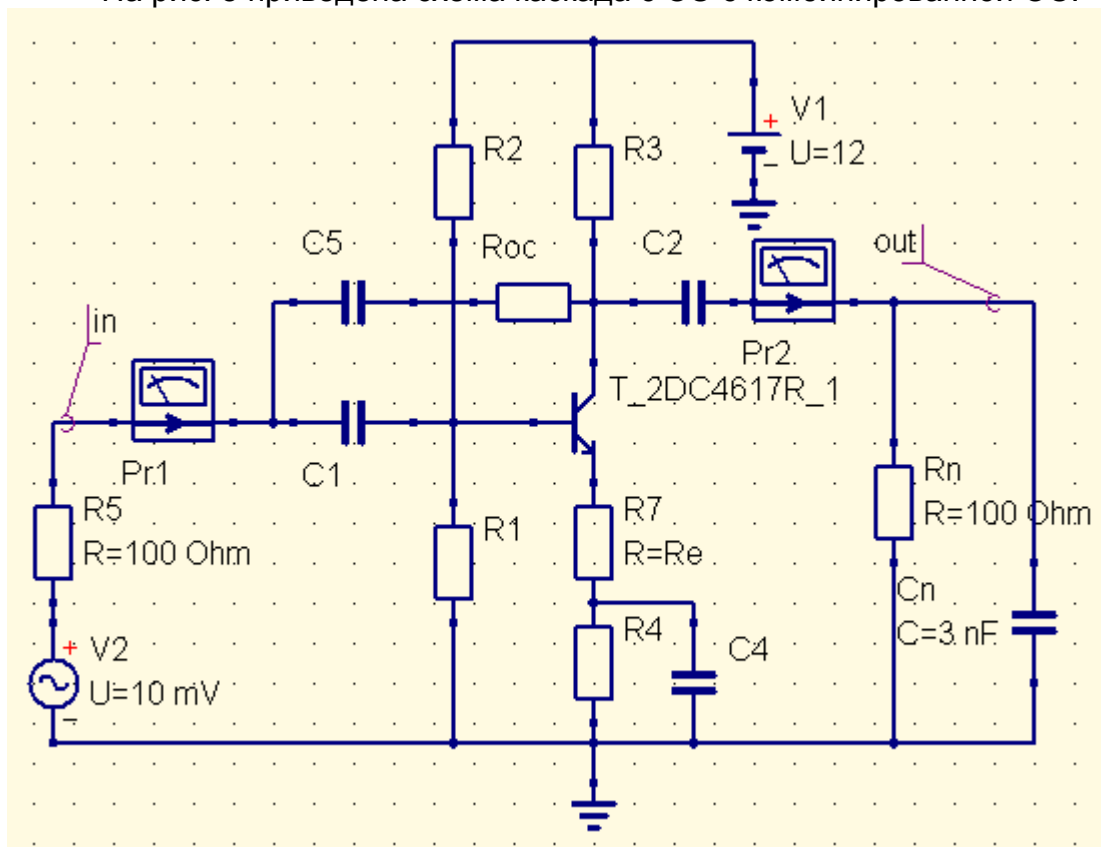


Рис. 8 Схема каскада с ОЭ с комбинированной ОС

Из условия согласования по входу и выходу каскада с ОЭ с комбинированной ОС $R_{oc} R_{e экв} = R_n^2$ сопротивление параллельной ОС по напряжению R_{oc} равно

$$R_{oc} = R_n^2 / R_{e экв},$$

где R_n – сопротивление нагрузки, $R_{e экв}$ – эквивалентное сопротивление последовательной ОС по току.

Эквивалентное сопротивление последовательной ОС по току равно

$$R_{e экв} = R_n / K_{U OC} = r_{э} + \Delta r + R_e,$$

где $K_{U OC}$ – заданный коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ с комбинированной ОС.

Тогда сопротивление последовательной ОС по току равно

$$R_e = R_{e экв} - (r_{э} + \Delta r).$$

Коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ с комбинированной ОС равен

$$K_{U OC} = S_{OЭ} R_{H OC \sim},$$

где эквивалентная крутизна каскада с ОЭ с комбинированной ОС равна

$S_{OЭ} = 1 / R_{e экв}$, сопротивление нагрузки по переменному току равно

$R_{H OC \sim} = R_n R_{oc} / (R_n R_{oc} + R_{oc})$, $R_n R_{oc} = R_n R_3 / (R_n + R_3)$ - сопротивление нагрузки каскада с ОЭ

Входное сопротивление каскада с ОЭ с комбинированной ОС равно

$$R_{Bx OC} = R_{oc} / (1 + K_{U OC}).$$

Коэффициент усиления по току каскада с ОЭ с комбинированной ОС равен

$$K_{I OC} = K_{U OC} R_{Bx OC} / R_{H OC \sim} \approx S_0 R_{Bx OC}.$$

Номинал эмиттерного сопротивления равен $R_4=R_э - R_e$, $R_э=396 \text{ Ом}$.

Задание 3 Для своего варианта задания из табл. 3 рассчитать R_{oc} , $K_{U_{oc}}$, $R_{вх\ oc}$ и $K_{I_{oc}}$.

Таблица 3

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
Сопротивление генератора R_r	25	50	75	100	150	200	300

Результаты расчетов привести в таблице

Таблица

R_{oc}	R_e	$K_{U_{oc}}$	$R_{вх\ oc}$	$K_{I_{oc}}$

7 Моделирование каскада с ОЭ с комбинированной ОС

Собрать в Qucs схему каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению, приведенную на рис.8. Добавить к схеме виды моделирования и уравнения для расчета ЧХ (см. рис.9). Присвоить имя файлу и сохранить в папке на рабочем столе.

В развертке параметров для последовательной ОС по току одно значение R_e взять равным 0.1 Ома (ЧХ без ОС), а второе равное рассчитанному (ЧХ с ОС).

В развертке параметров для параллельной ОС по напряжению одно значение R_{oc} взять равным рассчитанному для R_e равным 0.1 Ома, а второе равное рассчитанному для R_e своего варианта.

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.

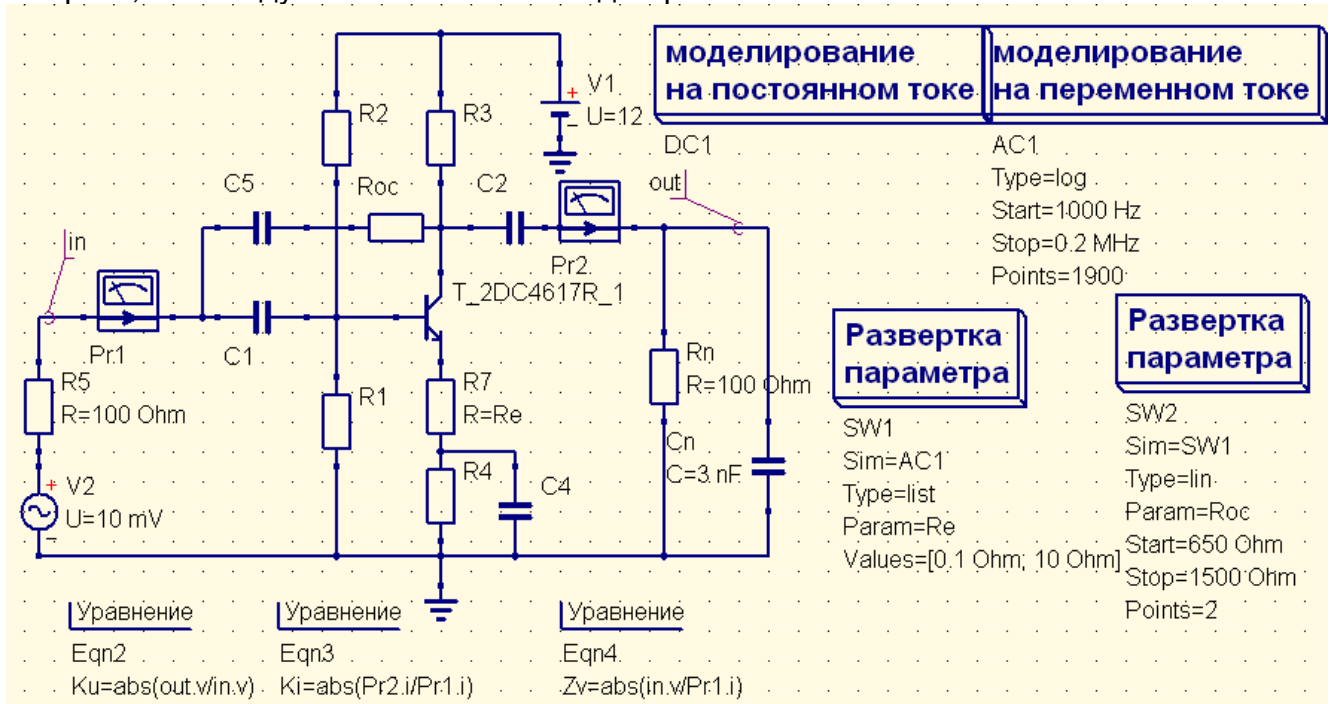


Рис.9 Схема каскада с ОЭ с комбинированной ОС с варьированием параметров

Промоделировать. Результаты моделирования представить в виде ЧХ, приведенных на рис. 10 и в таблице.

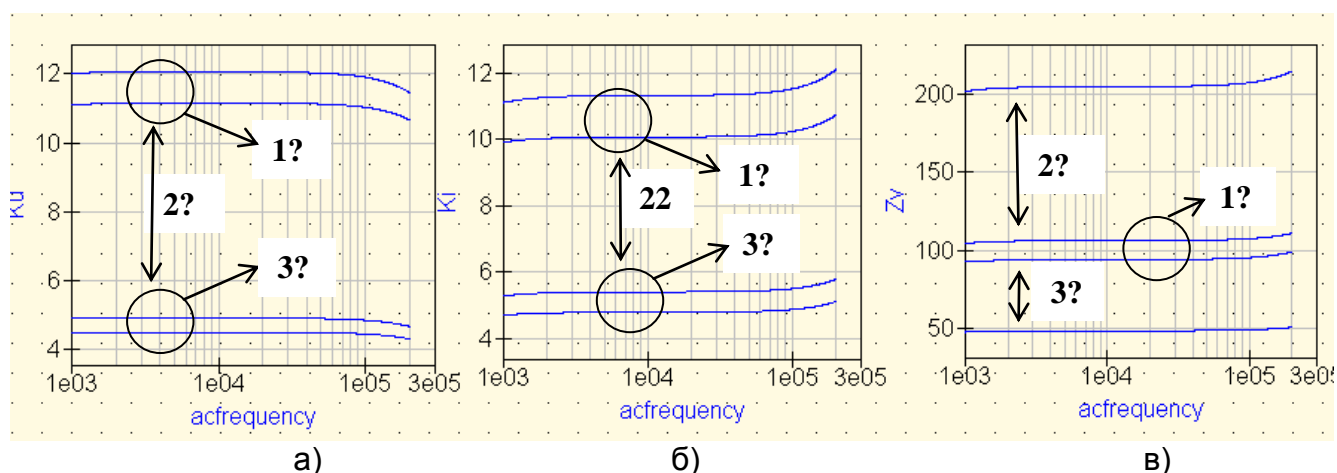


Рис. 10 ЧХ коэффициента усиления по напряжению K_u (а), коэффициента усиления по току K_i (б) и входного сопротивления Z_v (в)

Таблица

	K_u	K_i	Z_v
Re= R8=			
Re= R8=			
Re= R8=			
Re= R8=			

8 Выводы по результатам моделирования

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

9 Контрольные вопросы

1. Как определить последовательную ОС по току?
2. Как определить параллельную ОС по напряжению?
3. Как изменяются параметры каскада с ОЭ при введении последовательную ОС по току?
4. Как изменяются параметры каскада с ОЭ при введении параллельной ОС по напряжению?
5. Какие достоинства комбинированной ОС?
6. Коэффициент усиления по напряжению каскада с ОЭ с последовательной ОС по току?
7. Коэффициент усиления по току каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению?
8. Условие согласования каскада с ОЭ с комбинированной ОС?
9. Входное сопротивление каскада с ОЭ с параллельной ОС по напряжению?
10. Какой тип ОС параллельной ОС по напряжению?
11. Какой тип ОС последовательной ОС по току?