

Лабораторная работа N2.

Сравнительное исследование усилительных каскадов на биполярных транзисторах

Цель. Экспериментально определить коэффициенты усиления, входные и выходные сопротивления для усилительных каскадов с ОЭ, ОК, ОБ; сравнить измеренные значения с расчётными.

Основные расчетные соотношения

Входные сопротивления

ОЭ	$R_{\text{вх}} = R_6 \parallel [h_{11э} + R_э \cdot (1 + h_{21э})]$
ОК	$R_{\text{вх}} = R_6 \parallel [h_{11э} + R_э \cdot (1 + h_{21э})]$
ОБ	$R_{\text{вх}} = R_э \parallel \left[r_э + \frac{r_6}{(1 + h_{21э})} \right]$

Выходные сопротивления

ОЭ	$R_{\text{вых}} = R_к \parallel \frac{1}{h_{22э}} \approx R_к$
ОК	$R_{\text{вых}} = R_к \parallel \left[\frac{h_{11э} + R_и}{1 + h_{21э}} \right]$
ОБ	$R_{\text{вых}} = R_к \parallel \frac{1}{h_{22э}} \approx R_к$

Коэффициенты усиления по напряжению

ОЭ	$K_U = \frac{h_{21э} \cdot R_к}{h_{11э} + R_э \cdot (1 + h_{21э})}$
ОК	$K_U = \frac{(1 + h_{21э}) \cdot R_э}{h_{11э} + R_э \cdot (1 + h_{21э})}$
ОБ	$K_U \approx \frac{R_к}{r_э}$

$h_{11э} = r_6 + r_э \cdot (1 + h_{21э})$ – входное сопротивление транзистора

$h_{21э} \approx \beta$ – коэффициент передачи тока, для расчётов принять равным 100

$h_{22э}$ – выходная проводимость

$r_э = 26[\text{мВ}]/I_{э0}[\text{мА}]$ – дифференциальное сопротивление эмиттерного перехода, $I_{э0}$ – начальный ток (эмиттера)

r_6 – сопротивление базы транзистора, для расчётов принять равным 50 Ом

R_6 – эквивалентное сопротивление делителя в цепи базы

$R_э$ – эквивалентное сопротивление в цепи эмиттера

$R_к$ – эквивалентное сопротивление в цепи коллектора

$R_и$ – сопротивление источника сигнала (для схемы с ОК)

Теоретическое задание

Для схем с ОЭ (рис 1), ОК (рис 2), ОБ (рис 3):

- Рассчитать начальный ток коллектора (для схем ОЭ и ОБ напряжение на коллекторе принять равным половине напряжения питания, для схемы с ОК напряжение на эмиттере принять равным половине напряжения питания).
- Составить эквивалентную схему для переменных составляющих
- Рассчитать коэффициент усиления по напряжению
- Рассчитать входное сопротивление
- Рассчитать выходное сопротивление

Порядок выполнения экспериментов

- Установить в монтажную панель модуль ОАЭ-М5, подведите к гнездам «Подключение питания» напряжения от блока генераторов напряжений.

Каскад ОЭ

- Соберите цепь усилительного каскада с ОЭ (рис 1) без резистора R_n .

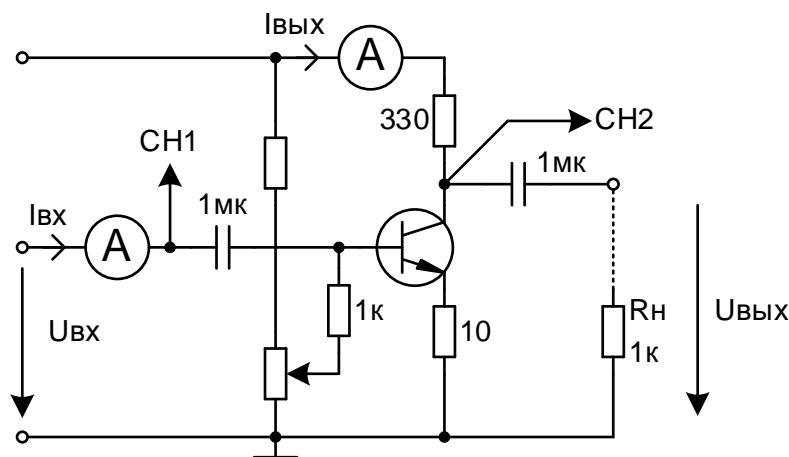


Рис 1. Усилитель по схеме ОЭ

- Включите осциллограф для наблюдения по двум каналам одновременно (канал I – 0,5 или 0,2 В/дел., канал II – 5 или 2 В/дел). Включите мультиметры для измерения переменной составляющей тока.
- Включите блок генераторов напряжений и установите частоту синусоидального напряжения 0,5 – 1кГц, а амплитуду сначала равной нулю.
- Изменяя напряжение смещения на базе поворотом ручки потенциометра право и влево, установите напряжение покоя U_k применено посередине диапазона его изменения.
- Подключите канал 2 на выход усилителя (за конденсатор 1мк), подайте на вход усилителя синусоидальное напряжение и, регулируя его амплитуду, установите на выходе максимальный сигнал,

соответствующий неискаженному напряжению на выходе. При необходимости подрегулируйте смещение (положение точки покоя).

- Запишите в таблицу амплитуду входного напряжения $U_{вх}$ и амплитуду выходного напряжения $U_{вых}$
- Запишите в таблицу также амплитуду входного тока $I_{вх}$ (по мультиметру в режиме $A\sim$) и амплитуду переменной составляющей выходного тока ($I_{вых}$). Для получения амплитуды необходимо умножить показания мультиметра на $\sqrt{2}$, так как они показывают действующие значения.
- Определите коэффициенты усиления по напряжению, току и мощности, запишите значения в таблицу. Сравните измеренные значения с расчётными.
- Для определения выходного сопротивления подключите к выходу нагрузочное сопротивление R_n . При этом напряжение на выходе уменьшится от $U_{вых}$ до $U_{вых1}$. Запишите это значение также в таблицу и вычислите выходное сопротивление по формуле:

$$R_{вых} = R_n \left(\frac{U_{вых}}{U_{вых1}} - 1 \right)$$

- Отключите нагрузочное сопротивление R_n , а для определения входного сопротивления включите добавочное сопротивление $R_{доб}$ во входную цепь (последовательно с генератором переменного напряжения). При этом напряжение на выходе изменится от $U_{вых}$ до $U_{вых2}$. Запишите это значение также в таблицу и вычислите входное сопротивление по формуле:

$$R_{вх} = \frac{R_{доб}}{\left(\frac{U_{вых}}{U_{вых2}} - 1 \right)}$$

- Сравните измеренные значения выходного и входного сопротивлений с расчётными.

Каскад ОК

- Соберите цепь усилительного каскада с ОК. Нагрузку пока не подключать. Также отключено добавочное сопротивление.

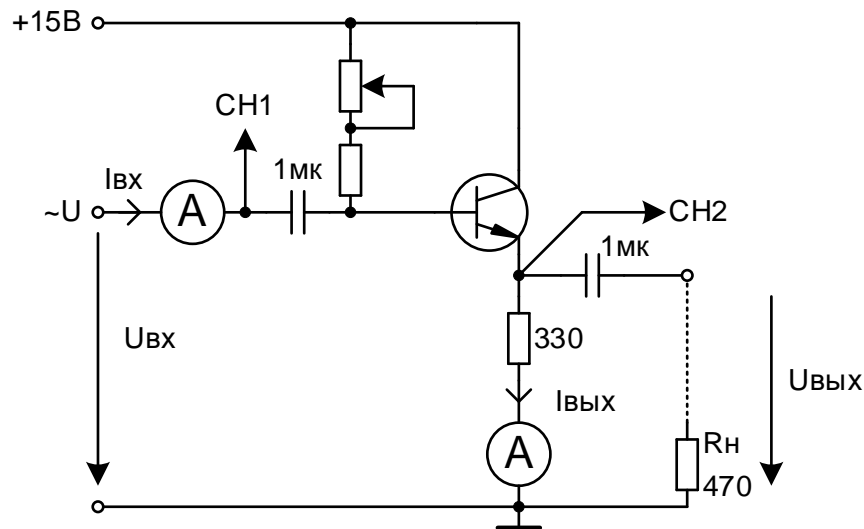


Рис 2. Усилитель по схеме ОК

- Включите осциллограф для наблюдения по двум каналам одновременно (канал I, II – 5 или 2 В/дел). Включите мультиметры для измерения переменной составляющей тока.
- Включите блок генераторов напряжений и установите частоту синусоидального напряжения 0,5 – 1кГц, а амплитуду сначала равной нулю.
- Изменяя напряжение смещения на базе поворотом ручки потенциометра право и влево, установите напряжение покоя U_k применено посередине диапазона его изменения.
- Переключите канал 2 на выход усилителя (за конденсатор), подайте на вход усилителя синусоидальное напряжение и регулируя его амплитуду установите на входе максимальный сигнал, соответствующий неискаженному напряжению на выходе. При необходимости подрегулируйте смещение (положение точки покоя).
- Запишите во второй столбец таблицы амплитуду входного напряжения $U_{вх}$ и амплитуду выходного напряжения $U_{вых}$
- Запишите в таблицу также амплитуду входного тока $I_{вх}$ (по мультиметру в режиме $A\sim$) и амплитуду переменной составляющей выходного тока ($I_{вых}$). Для получения амплитуды необходимо умножить показания мультиметра на $\sqrt{2}$, так как они показывают действующие значения.
- Определите коэффициенты усиления по напряжению, току и мощности, запишите значения в таблицу. Сравните измеренные значения с расчётными.
- Для определения выходного сопротивления подключите к выходу нагрузочное сопротивление R_n . При этом напряжение на выходе

уменьшится от $U_{\text{ВЫХ}}$ до $U_{\text{ВЫХ1}}$. Запишите это значение также в таблицу и вычислите выходное сопротивление по формуле:

$$R_{\text{ВЫХ}} = R_{\text{Н}} \left(\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ1}}} - 1 \right)$$

- Отключите нагрузочное сопротивление $R_{\text{Н}}$, а для определения входного сопротивления включите добавочное сопротивление $R_{\text{доб}}$ во входную цепь (последовательно с генератором переменного напряжения). При этом напряжение на выходе изменится от $U_{\text{ВЫХ}}$ до $U_{\text{ВЫХ2}}$. Запишите это значение также в таблицу и вычислите входное сопротивление по формуле:

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{R_{\text{доб}}}{\left(\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ2}}} - 1 \right)}$$

- Сравните измеренные значения выходного и входного сопротивлений с расчётными.

Каскад ОБ

- Проделайте аналогичные опыты в схеме с ОБ.

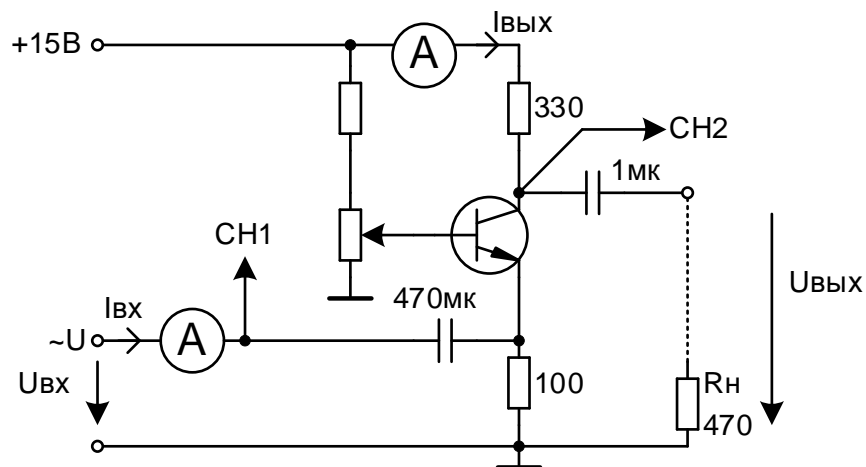


Рис 3. Усилитель по схеме с ОБ

Таблица 1

	Каскад с ОЭ	Каскад ОК	Каскад с ОБ
$U_{\text{ВХ}}, \text{В}$			
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$			
$I_{\text{ВХ}}, \text{В}$			
$I_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$			
$K_{\text{U}} = U_{\text{ВЫХ}} / U_{\text{ВХ}}$			
$K_{\text{I}} = I_{\text{ВЫХ}} / I_{\text{ВХ}}$			
$K_{\text{P}} = K_{\text{U}} \cdot K_{\text{I}}$			

$U_{\text{ВЫХ1}}, \text{В}$	(при $R_{\text{н}}=1 \text{ кОм}$)	(при $R_{\text{н}}=0,47 \text{ кОм}$)	(при $R_{\text{н}}=1 \text{ кОм}$)
$U_{\text{ВЫХ2}}, \text{В}$	(при $R_{\text{доб}}=1 \text{ кОм}$)	(при $R_{\text{доб}}=4,7 \text{ кОм}$)	(при $R_{\text{доб}}=10 \text{ Ом}$)
$R_{\text{ВЫХ}}, \text{кОм}$			
$R_{\text{ВХ}}, \text{кОм}$			

Контрольные вопросы

1. Дайте определение эквивалентной схемы
2. Дайте определение входного и выходного сопротивлений.
3. Какой из каскадов инвертирует фазу выходного сигнала?

Литература

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство: Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с