

Е.Л. Шошин

**РЕЗИСТОРНЫЙ КАСКАД НА БИПОЛЯРНОМ
ТРАНЗИСТОРЕ (УСИЛИТЕЛЬ НА СОПРОТИВЛЕНИЯХ)**

Методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Аналоговая схемотехника» для студентов направления 210700.68 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и профилем подготовки «Оптические сети и системы связи»

СОДЕРЖАНИЕ

1 Резисторный каскад на биполярном транзисторе (усилитель на сопротивлениях)	3
1.1 Цель работы	3
1.2 Схема исследуемого усилителя	3
1.3 Расчетное задание	3
1.4 Содержание экспериментальной части работы	4
1.5 Структурная схема экспериментальной установки	4
1.6 Порядок выполнения работы	4
1.7 Методические указания к лабораторной работе	6
1.8 Рекомендуемая литература	7
1.9 Контрольные вопросы	7

1 Резисторный каскад на биполярном транзисторе (усилитель на сопротивлениях)

1.1 Цель работы

Целью работы является сравнительное исследование свойств усилительных каскадов при различных схемах включения транзистора.

1.2 Схема исследуемого усилителя

Электрическая схема исследуемого усилителя представлена на рисунке 1.1.

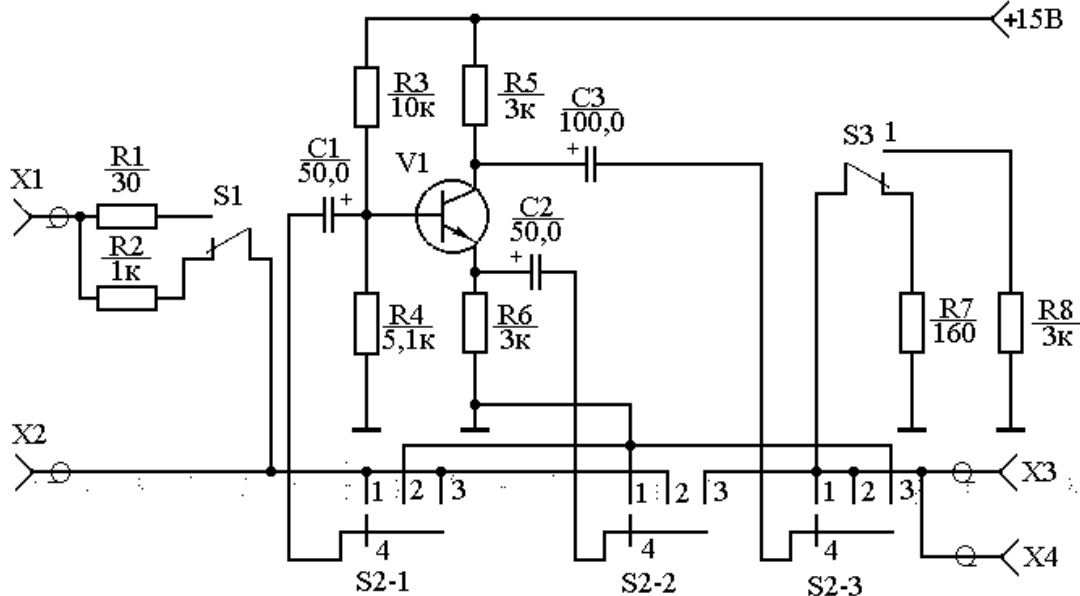


Рисунок 1.1

1.3 Расчетное задание

1.3.1 Расчет провести при следующих параметрах транзистора:

$$S_{\rho}=50 \text{ mCM}, r_{\rho}=110 \text{ OM}, r_3=16 \text{ OM}, h_{21}=49, g_i=30 \text{ mKCM}.$$

1.3.2 Рассчитать величины входных сопротивлений каскадов $R_{вхОЭ}$, $R_{вхОБ}$, $R_{вхОК}$ при включении транзисторов с общим эмиттером (ОЭ), с общей базой (ОБ), с общим коллектором (ОК):

$$R_{\text{ex}03} = r_{\bar{6}} + (\mathbf{1} + h_{\mathbf{21}}) \cdot r_3; \quad (1.1)$$

$$R_{\beta\chi\phi\phi} = R_{\beta\chi\phi\eta}/h_{21}; \quad (1.2)$$

$$R_{\text{boxOK}} = R_{\text{boxO3}} + R_3(1 + h_{21}), \quad (1.3)$$

где R_9 - сопротивление нагрузки цепи эмиттера переменному току (току сигнала). R_9 состоит из параллельно включенных резисторов $R6$ и $R7$ или $R6$ и $R8$ (см. рисунок 1.1).

Расчет провести для $R_8 = 3 \text{ кОм}$.

1.3.3 Рассчитать коэффициенты усиления каскада для трех схем включения транзисторов (ОЭ, ОБ и ОК)

$$K_{OЭ} = \frac{S_o}{g_i + 1/R_{экв}}; \quad (1.4)$$

$$K_{OБ} = \frac{S_o + g_i}{g_i + 1/R_{экв}}; \quad (1.5)$$

$$K_{ОК} = \frac{S_o \cdot R_{экв}}{1 + S_o \cdot R_{экв}}, \quad (1.6)$$

где $R_{экв}$ - сопротивление нагрузки цепи коллектора переменному току. $R_{экв}$ состоит из параллельно включенных $R5$ и $R7$ или $R5$ и $R8$ (см. рисунок 1.1) для схем с ОЭ и ОБ, резисторов $R6$ и $R7$ или $R6$ и $R8$ для схемы с ОК.

Расчет провести для $R8 = 3$ кОм.

1.4 Содержание экспериментальной части работы

В процессе работы исследуются влияние схемы включения транзистора и величины нагрузки каскада на форму амплитудной характеристики и динамический диапазон (уровень максимального входного сигнала при сжатии коэффициента усиления на 1 дБ);

определяются входные сопротивления транзистора для разных схем включения;

исследуется влияние схемы включения на полосу пропускания усилителя (для включения с ОК это исследование проводится при малом и большом сигналах).

1.5 Структурная схема экспериментальной установки

Экспериментальная часть работы (измерение коэффициента усиления, входного сопротивления и граничных частот усилительного каскада, а также снятие амплитудных характеристик) выполняется при помощи измерительной установки, структурная схема которой показана на рисунке 1.2.

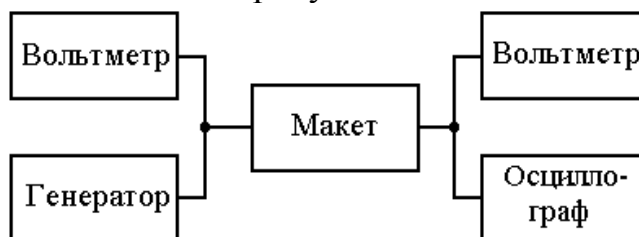


Рисунок 1.2 - Структурная схема экспериментальной установки

1.6 Порядок выполнения работы

1.6.1 Собрать на макете (рисунок 1.1) резисторный усилитель, включив при помощи переключателей $S2-1$, $S2-2$, $S2-3$ транзистор по схеме с общим эмиттером и подключив нагрузку 3 кОм переключателем $S3$.

1.6.2 Собрать измерительную установку в соответствии со схемой рисунка 1.2, подключив источник сигнала ко входу X2 (рисунок 1.1).

1.6.3 Снять амплитудную характеристику усилительного каскада, изменяя уровень входного сигнала от 5 до 60 мВ. Наблюдая на экране осциллографа форму сигнала на выходе усилителя и вычисляя для каждой измеренной точки коэффициент усиления, отметить уровень сигнала на входе, при котором коэффициент усиления уменьшается на 1 дБ по сравнению с его значением при малом сигнале, и уровень сигнала на входе, при котором появляются искажения формы сигнала на выходе. Сопоставить полученные результаты.

1.6.4 После изменения сопротивления нагрузки с 3 кОм на 160 Ом, не снимая амплитудную характеристику по точкам, определить амплитуду входного напряжения, при котором происходит уменьшение коэффициента усиления на 1 дБ, и амплитуду входного напряжения, соответствующую началу появления нелинейных искажений на выходе. Сравнить полученные значения с теми, которые были измерены в 6.6.3.

1.6.5 С помощью переключателя $S 2-1$, $S 2-2$, $S 2-3$ собрать резисторный усилитель при включении транзистора с общей базой и повторить для него измерения по пунктам 1.6.3 и 1.6.4.

1.6.6 Собрать схему резисторного усилителя при включении транзистора с общим коллектором и для двух сопротивлений нагрузки (3 кОм и 160 Ом) выполнить измерения по пункту 1.6.4. Сопоставить все полученные по пунктам 1.6.3 - 1.6.6 результаты для различных схем включения.

1.6.7 Для трех схем включения измерить входное сопротивление транзистора. При включении с ОК измерения $R_{вх}$ выполнить для двух значений сопротивления нагрузки (3 кОм и 160 Ом), для включений с ОЭ и ОБ только для 3 кОм.

Для измерения входного сопротивления подать сигнал на вход $X1$ и при неизменном $U_{вх1}$ измерить $U_{вх2}$ при двух значениях последовательного сопротивления во входной цепи $U_{вх2}^{(1)}$ при $R1 = 30$ Ом и $U_{вх2}^{(2)}$ при $R2 = 1000$ Ом.

$$R_{вх} = \frac{R_2 U_{вх2}^{(2)} - R_1 U_{вх2}^{(1)}}{U_{вх2}^{(1)} - U_{вх2}^{(2)}} \quad (1.7)$$

Замечания. Для повышения точности измерений целесообразно $U_{вх2}^{(1)}$ и $U_{вх2}^{(2)}$ определять на одной и той же шкале вольтметра.

$R_{вх}$ следует измерять на той же частоте, на которой снимались амплитудные характеристики. Измерения входных напряжений нужно проводить при линейном режиме работы транзистора. Следует иметь в виду, что входные сопротивления, измеряемые в пп. 1.6.7, представляют собой входные сопротивления каскадов с учетом базового делителя ($R_{вх} || R_{б}$), а в формулах п. 1.3.2 вычисляются входные сопротивления транзисторов ($R_{вх}$) для основных схем включения без учета базового делителя.

1.6.8 Подключив источник сигнала ко входу 2, провести измерение верхних и нижних граничных частот каскадов с ОЭ и с ОБ на уровне - 3 дБ для двух значений

сопротивлений нагрузки. При измерениях $U_{вх}$ должно соответствовать режиму линейного усиления (режиму малого сигнала).

1.6.8 В схеме с ОК для $R_H = 3$ кОм и $R_H = 160$ Ом измерить частотные искажения на крайних частотах генератора 150 Гц и 200 кГц в режиме малого сигнала ($U_{вх} \leq 100$ мВ) и при $U_{вх}$ на средних частотах, соответствующему началу появления нелинейных искажений. Сравнить полученные результаты.

1.7 Методические указания к лабораторной работе

1.7.1 При выполнении измерений следует учитывать, что для повышения точности вычислений на базе выполненных измерений следует по возможности выполнять соответствующие измерения на одной и той же шкале вольтметра.

1.7.2 При выполнении пунктов 1.6.7, 1.6.8 и 1.6.9 при каждом измерении необходимо контролировать уровень входного сигнала, поддерживая $U_{вх}$ постоянным.

1.7.3 При измерении верхней и нижней граничной частот (пункты 1.6.8, 1.6.9) целесообразно сначала установить напряжение на выходе на средних частотах (5 - 10 кГц), а затем, поддерживая неизменным $U_{вх}$, изменять частоту сигнала до тех пор, пока $U_{вых}$ не достигнет уровня 0,7 от того, которое было установлено на средних частотах.

1.7.4 Для определения частотных свойств эмиттерного повторителя следует сравнить выходное напряжение на средних частотах (5 - 10) кГц и на крайних частотах генератора - 50 Гц и 200 кГц.

1.7.5 При написании отчета в выводах по лабораторной работе рекомендуется:

- сравнить коэффициенты усиления каскадов K_O при разных схемах включения транзисторов и различных нагрузках;
- сравнить амплитудные характеристики при различных схемах включения транзисторов;
- сравнить субъективную (по изменению формы сигнала на экране осциллографа) и объективную (по изменению K_O) оценки динамического диапазона;
- сравнить $R_{вх}$ транзистора для разных схем включения транзистора;
- сравнить $R_{вх}$ эмиттерного повторителя при разных нагрузках;
- сравнить полосы пропускания при различных схемах включения транзистора;
- сравнить полосы пропускания эмиттерного повторителя при малой и большой нагрузках.

При сравнениях следует отмечать физические основы различия сравниваемых характеристик.

1.8 Рекомендуемая литература

1.7.1 Шарапов, А.В. Аналоговая схемотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Шарапов - Томск : ТУСУР, 2006. - 85 с. – Доступ с сайта электронно-библиотечной системы издательства «Лань». – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

1.7.2 Красько, А.С. Схемотехника аналоговых электронных устройств [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Красько - Томск : ТУСУР, 2006. - 180 с. – Доступ с сайта электронно-библиотечной системы издательства «Лань». – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>

1.7.3 Войшвилло Г.В. Усилительные устройства. - М.: Связь, 1975.

1.7.3 Шошин, Е.Л. Проектирование широкополосных усилителей на биполярных транзисторах: учебное пособие / Е.Л. Шошин; Департамент образования и науки Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, ГОУ ВПО "Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа - Югры", Кафедра радиоэлектроники.— Сургут : Издательский центр СурГУ, 2009 .— 73 с

1.9 Контрольные вопросы

1.9.1 Нарисуйте электрические принципиальные схемы резисторных усилительных каскадов на биполярном транзисторе при различных способах его включения (ОЭ, ОБ, ОК).

1.9.2 Объясните назначение элементов резисторного усилительного каскада на биполярном транзисторе (на примере любой из трех схем включения).

1.9.3 Объясните, что представляет собой амплитудная характеристика усилителя. Как она снимается?

1.9.4 Объясните, как влияет способ включения транзистора на амплитудную характеристику усилителя.

1.9.5 Поясните: что представляет собой входное сопротивление усилителя, чем оно определяется и как зависит от схемы включения транзистора?

1.9.6 Объясните, почему входное сопротивление транзистора, включенного по схеме с ОК, зависит от величины сопротивления нагрузки.

1.9.7 Поясните: что называется полосой пропускания усилителя, что такое его верхняя и нижняя граничные частоты?

1.9.8 Как можно объяснить то обстоятельство, что полоса пропускания эмиттерного повторителя (транзистор включен по схеме с ОК) зависит от уровня входного сигнала?