



### 060301. Резистивный однокаскадный усилитель напряжения класса А

**Цель работы** – изучить работу схемы и основные характеристики однокаскадного усилителя напряжения низкой частоты на биполярном (n-p-n) транзисторе.

**Требуемое оборудование:**

Модульный учебный комплекс: МУК-ОЭ1\* или МУК-ОЭ2.

**Приборы:**

- |   |       |
|---|-------|
| 1. Генератор напряжений ГНЗ               | 1 шт. |
| 2. Амперметр-вольтметр АВ1                | 1 шт. |
| 3. Стенд с объектами исследования СЗ-ЭМ01 | 1 шт. |
| 4. Комплект проводников                   | 1 шт. |
| 5. Осциллограф АСК-1021                   | 1 шт. |

\* Для обеспечения выполнения лабораторной работы требуется дополнительно осциллограф с полосой пропускания не менее 20 МГц

#### Краткое теоретическое введение

Каскад усилителя (У) собран на транзисторе n-p-n типа, включённого по схеме с общим эмиттером (ОЭ). Сигнал  $u_{BX}$  поступает на переменный резистор R1 вход У (базу транзистора VT1) через разделительный конденсатор C1. Разделительный конденсатор C1 служит для исключения постоянной составляющей сигнала. Величину емкости разделительных конденсаторов выбирают такой, чтобы падение напряжения на конденсаторе в рабочем диапазоне частот У, было незначительным: на порядок меньше, чем величина напряжения передаваемого сигнала.

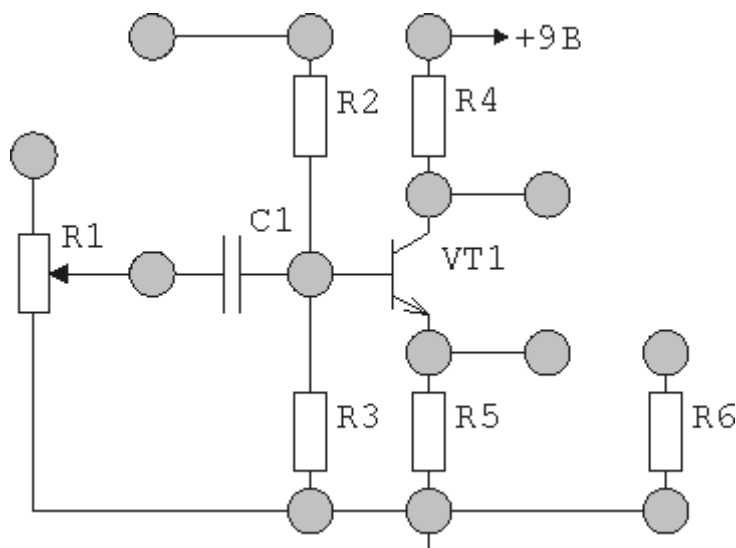


Рис. 1. Резистивный однокаскадный усилитель напряжения

В общем случае, ток эмиттера  $i_{\text{Э}}$  транзистора VT1, как и другие его токи, состоит из двух составляющих: постоянной  $I_{\text{ЭП}}$  и переменной  $i_{\text{Э}~}$  ( $i_{\text{Э}} = I_{\text{ЭП}} + i_{\text{Э}~}$ ). Индекс «п» здесь и в дальнейшем указывает на режим покоя (режим работы по постоянному току). Точка покоя каскада задаётся

резисторами R2, R3 и R5. Делитель напряжения R2-R3 создаёт фиксированное напряжение смещения  $U_{БП}$  на базе транзистора VT1 относительно общей точки «0» схемы. Величина напряжения на базе относительно эмиттера в режиме покоя получается с учётом падения напряжения в цепи эмиттера:

$$U_{БЭП} = U_{БП} - U_{R5} = U_{БП} - I_{ЭП} R5,$$

где  $U_{R5} = I_{ЭП} \cdot R5$  – падение напряжения на резисторе R5.

Резистор R5 включён в цепь эмиттера для создания отрицательной обратной связи (ООС) по току. Благодаря введению ООС обеспечивается стабилизация точки покоя транзистора. Происходит это следующим образом: напряжение на базе  $U_{БП}$  относительно общей точки «0» практически постоянно (задаётся делителем напряжения R2-R3). Поэтому изменение напряжения между базой и эмиттером в режиме покоя  $U_{БЭП}$  будет определяться изменением напряжения на резисторе R5. Например, при увеличении тока эмиттера  $I_{ЭП}$  в силу какого-либо дестабилизирующего фактора (например, повышение температуры окружающей среды) напряжение  $U_{R5}$  на резисторе R5 также увеличивается, а напряжение  $U_{БЭП}$  – падает. Следовательно, ток базы и вслед за ним ток эмиттера уменьшаются. Таким образом, ток эмиттера возвращается (приближается) к своему первоначальному значению.

Чтобы исключить действие ООС по переменному току, снижающей коэффициент усиления каскада по напряжению, резистор R5 шунтируют конденсатором  $C_x$  (блокировочный конденсатор). Ёмкость конденсатора  $C_x$  выбирают такой, чтобы падение напряжения в цепи эмиттера от переменной составляющей тока эмиттера  $i_{э}$  стало незначительным, и им при анализе работы  $U$  можно было пренебречь. В нашем случае данный конденсатор не устанавливается.

При прохождении сигнала через усилитель его форма изменяется: появляются линейные и нелинейные искажения. Основной причиной линейных искажений является зависимость коэффициента усиления  $U$  от частоты входного сигнала, что обусловлено наличием в схеме реактивных элементов, а также зависимостью параметров транзистора от частоты. Для отражения зависимости модуля коэффициента усиления  $U$  по напряжению от частоты входного гармонического сигнала служит амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) усилителя. На нижней  $f_H$  и верхней  $f_B$  граничных частотах коэффициент усиления усилителя  $K_U(f)$  снижается по сравнению с областью средних частот в 1,41 раза.

Появление нелинейных искажений обусловлено нелинейностью передаточной характеристики  $U$ . При входном напряжении синусоидальной формы сигнал на выходе  $U$ , строго говоря, нельзя считать чисто синусоидальным: ввиду неизбежной нелинейности входных и выходных вольт-амперных характеристик (ВАХ) транзисторов возникают искажения формы входного сигнала. Для отражения зависимости амплитуды выходного напряжения от изменения амплитуды напряжения на входе  $U_{ВЫХ} = f(U_{ВХ})$  при воздействии на вход усилителя гармонического сигнала заданной частоты служит амплитудная характеристика (АХ) усилителя.

### ***Рекомендуемое задание к работе***

#### ***1. Измерить напряжения и токи на транзисторе VT1 в режиме покоя.***

Измерения проводить вольтметром. Задать рабочую точку усилителя. С этой целью подключить в верхнюю точку делителя R3-R4 источник питания +9В. Для работы усилителя в режиме «А» необходимо получить  $U_{КЭ} = 3.8В$ . В режиме покоя можно измерить напряжения на резисторах в цепях коллектора и эмиттера. Затем, зная сопротивления, найти токи коллектора и эмиттера. Проверьте по выходной характеристике транзистора КТ3102, почему выбрано такое напряжение  $U_{КЭ}$ .

***2. Определить величину максимального напряжения сигнала на входе усилителя  $U_{ВХ,М}$ , при котором на его выходе появляются заметные нелинейные искажения.***

Подайте напряжение с генератора переменного напряжения (ГПН) на переменный резистор R1 (в положении минимума). Подключите к выходу усилителя осциллограф. Увеличивая напряжение на входе усилителя, определите напряжение  $U_{ВХ,М}$ , при котором на экране

осциллографа появляются заметные искажения формы выходного сигнала.

3. *Определить коэффициент усиления по напряжению  $K_U = U_{ВЫХ.}/U_{ВХ.}$ , где  $U_{ВХ.}$  и  $U_{ВЫХ.}$  – входное и выходное напряжение (действующее или амплитудное) каскада.*

Подайте напряжение с генератора переменного напряжения (ГПН) на переменный резистор R1. Сравнить  $K_U$  с отношением R4 к R5.

4. *Снимите амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) усилителя.*

Подключите к входу усилителя ГПН, а к выходу – осциллограф;

Изменяя частоту входного сигнала усилителя в диапазоне от 1 кГц до 1 МГц, измеряйте напряжение на его выходе. При этом не должно наблюдаться нелинейных искажений.

5. *Измерить напряжения и токи на транзисторе VT1 в режиме покоя (аналогично пункту 1).*

Подключить резистор R6 к R5. Задать рабочую точку усилителя. С этой целью подключить в верхнюю точку делителя R3-R4 регулируемое напряжение от генератора постоянного напряжения 0..15 В. В режиме покоя можно измерить напряжения на резисторах в цепях коллектора и эмиттера. Затем, зная сопротивления, найти токи коллектора и эмиттера.

6. *Определить величину максимального напряжения сигнала на входе усилителя  $U_{ВХ.М}$ , при котором на его выходе появляются заметные нелинейные искажения (аналогично пункту 2). Сравните полученные результаты.*

7. *Определить коэффициент усиления по напряжению  $K_U = U_{ВЫХ.}/U_{ВХ.}$ , где  $U_{ВХ.}$  и  $U_{ВЫХ.}$  – входное и выходное напряжение (действующее или амплитудное) каскада.*

Подайте напряжение с генератора переменного напряжения (ГПН) на переменный резистор R1. Сравнить  $K_U$  с отношением R4 к R5 || R6.