



060302. Резистивный двухкаскадный усилитель напряжения класса А

Цель работы – изучить работу схемы и основные характеристики двухкаскадного усилителя напряжения низкой частоты на биполярных (n-p-n) транзисторах с конденсаторной связью.

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

Каскады усилителя (У) собраны на транзисторах n-p-n типа, включённых по схеме с общим эмиттером (ОЭ). Сигнал $u_{вх}$ поступает на переменный резистор R1 вход У (базу транзистора VT1) через разделительный конденсатор C1. С выхода первого каскада (коллектор транзистора VT1) усиленное напряжение подаётся через разделительный конденсатор C2 (C3, C4) на вход второго каскада (базу транзистора VT2). Выходной сигнал $u_{вых}$ через разделительный конденсатор C5 подводится к нагрузке R16 R17, либо ВА1. Разделительные конденсаторы C1-C5 служат 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.

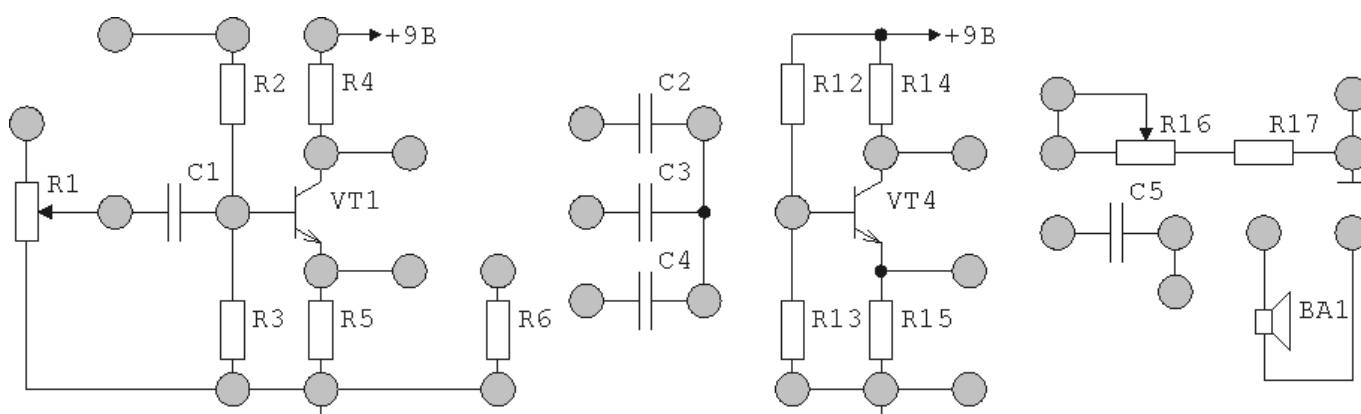


Рис. 1. Резистивный двухкаскадный усилитель напряжения

С помощью конденсатора C2 (C3, C4) осуществляется связь (конденсаторная) между каскадами. Конденсаторная связь исключает влияние режима работы по постоянному току одного транзистора на другой.

В общем случае, ток эмиттера $i_{Э1}$ транзистора VT1, как и другие его токи, состоит из двух составляющих: постоянной $I_{ЭП1}$ и переменной $i_{Э1\sim}$ ($i_{Э1} = I_{ЭП1} + i_{Э1\sim}$). 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 $U_{БП1}$ 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:

$$U_{БЭП1} = U_{БП1} - U_{R5} = U_{БП1} - I_{ЭП1} \cdot R5,$$

где $U_{R5} = I_{ЭП1} \cdot R5$ – 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 $i_{Э1\sim}$ стало незначительным, и им при анализе работы U можно было пренебречь. В нашем случае данный конденсатор не устанавливается.

Всё сказанное справедливо и для второго каскада.

Входное сопротивление усилителя определяется входным сопротивлением первого каскада: $R_{ВХ} = R_{ВХ.1}$, выходное сопротивление равно выходному сопротивлению второго каскада: $R_{ВЫХ} = R_{ВЫХ.2}$.

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 транзисторах VT1 и VT2 в режиме покоя.

Измерения проводить вольтметром. Задать рабочую точку усилителя. С этой целью подключить в верхнюю точку делителя R3-R4 источник питания +9В. В режиме покоя можно измерить напряжения на резисторах в цепях коллектора и эмиттера. Затем, зная сопротивления, найти токи коллектора и эмиттера.

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.

Повторите измерения амплитудной характеристики на частоте 1кГц при подключенной нагрузке ВА1. Попробуйте определить нелинейные искажения по звуку.

3. Определить коэффициент усиления по напряжению первого $K_{U1} = U_{ВЫХ1}/U_{ВХ1}$ и второго $K_{U2} = U_{ВЫХ2}/U_{ВХ2}$ каскадов, а также всего усилителя $K_U = U_{ВЫХ}/U_{ВХ} = K_{U1} \cdot K_{U2}$, где $U_{ВХ1}$ и $U_{ВЫХ1}$ – входное и выходное напряжение (действующее или амплитудное) первого каскада; $U_{ВХ2}$ и $U_{ВЫХ2}$ – аналогичные напряжения второго каскада.

Подайте напряжение с генератора переменного напряжения (ГПН) на переменный резистор R1. Сравните K_U с отношением R4 к R5 умноженным на отношение R14 к R15.

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.

Повторите измерения АЧХ при подключенной нагрузке R16 R17, при разных значениях сопротивления.

5. Снимите амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) усилителя, при различных номиналах ёмкостной связи C2, C3, C4.

Аналогично пункту 4.