

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Цель работы: исследовать характеристики усилителя при наличии и отсутствии цепи обратной связи, сравнить их. Рассчитать коэффициент передачи цепи обратной связи.

Обратной связью называется связь выходной цепи усилителя с его входной цепью, при которой сигнал передается от выхода к входу (Рис. 1). При обратной связи в точке 1 складываются сигналы, полученные от первичного источника и из выходной цепи усилителя. Если фазы сигнала на входе совпадают, то происходит сложение амплитуд и суммарная амплитуда колебания возрастает - положительная связь.

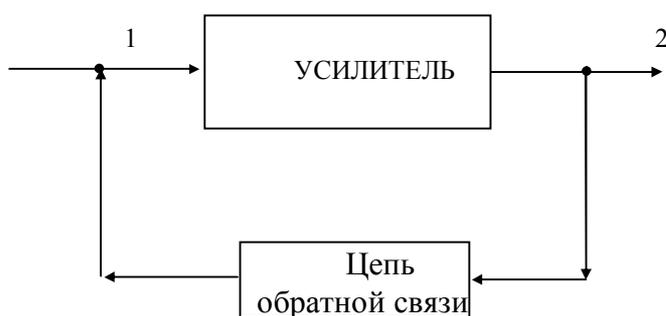


Рис. 1. Схема подачи обратной связи

В случае, когда имеет место сложение противофазных колебаний - отрицательная обратная связь, уменьшающая уровень сигнала.

Положительная обратная связь используется в генераторах, а в усилителях она усиливает нестабильность основных параметров и специально не вводится. (Может существовать за счет паразитных связей).

Отрицательная обратная связь может существенно улучшить основные параметры и характеристики усилителя и поэтому часто применяется. Цепь обратной связи вместе с частью схемы усилителя, которую она охватывает, называется петлей обратной связи.

Цепь обратной связи может быть подключена к выходу усилителя различными способами.

Цепь обратной связи будет частотно независима, если свойства цепи обратной связи не зависят от частоты, например, если она выполнена на резисторе или представляет собой делитель напряжения, выполненный из однотипных элементов (конденсаторов).

В том случае, если цепь обратной связи включает элемент частотно зависимый, то связь в этом случае будет частотно зависимой.

Влияние обратной связи на параметры и характеристики.

Рассмотрим усилитель, охваченный последовательной обратной связью (Рис. 2).

$\dot{K} = \frac{\dot{U}_{\text{ВЫХ}}}{\dot{U}_{\text{ВХ}}}$ - коэффициент усиления усилителя без обратной связи.

$\dot{\beta} = \frac{\dot{U}_{\text{СВ}}}{\dot{U}_{\text{ВЫХ}}}$ - коэффициент передачи цепи обратной связи.

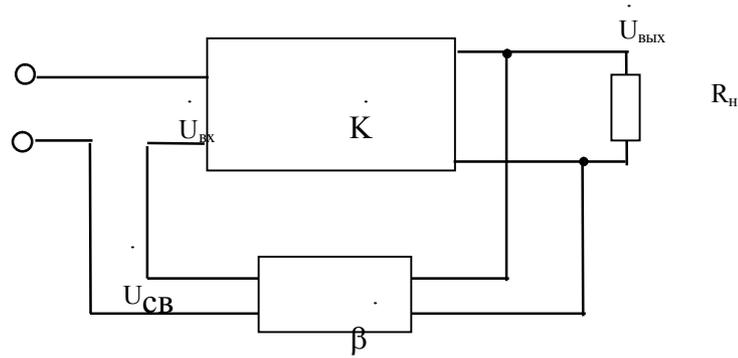


Рис. 2. Последовательная обратная связь усилителя

Сквозной коэффициент усиления усилителя с обратной связью равен:

$$\dot{K}_{oc} = \frac{\dot{K}}{1 - \dot{\beta}\dot{K}}$$

Введение обратной связи изменяет сквозной коэффициент усиления в $1 - \dot{\beta}\dot{K}$ раз.

Величина $\dot{\beta}\dot{K}$ носит название петлевого усиления.

$\dot{\beta}\dot{K}$ - вещественно и положительно - связь положительна, усиление устройства возрастает;

$\dot{\beta}\dot{K}$ - вещественно и отрицательно - связь отрицательна, усиление устройства уменьшается.

$$K_{oc} = \frac{K}{1 - \beta K} \text{ - положительная связь;}$$

$$K_{oc} = \frac{K}{1 + \beta K} \text{ - отрицательная связь.}$$

В случае отрицательной связи устройства усиление снижается $1 + \beta K$ раз.

Величина $1 + \beta K$ называется глубиной обратной связи.

Комплексные величины $\dot{U}\dot{K}$ и $\dot{\beta}$ на средних частотах можно считать действительными.

Однако, петля обратной связи при изменении частоты может вносить фазовые сдвиги, поэтому отрицательная обратная связь на одних частотах может превратиться в положительную на других и привести к самовозбуждению. Это возможно при глубокой отрицательной связи. Поэтому обратную связь считают положительной или отрицательной на средних частотах, где фазовые сдвиги цепи обратной связи $\Delta\varphi_{cb}=0$, $K = |\dot{K}|$, $\beta = |\dot{\beta}|$.

Уменьшая усиление, отрицательная обратная связь уменьшает искажения, фон, помехи и повышает стабильность работы в $1 + \beta K$ раз.

Частотно-независимая обратная связь, уменьшая усиление, вызывает улучшение частотной характеристики (Рис. 3). Подъемы на характеристике уменьшаются, так как на их частоте глубина отрицательной связи возрастает, что приводит к уменьшению усиления. В силу вышеизложенного можно сделать вывод, что отрицательная обратная связь, уменьшая одновременно в одинаковое число раз и сигнал, и помехи никакого выигрыша в относительной величине помех не дает. Формально это верно. Однако в случае обратной связи для сохранения выходного напряжения необходимо вместе с введением обратной связи увеличить уровень сигнала во столько раз, во сколько падает усиление. В тех случаях, когда это увеличение не сопряжено с повышением уровня помех, в результате получается возрастание уровня сигнала над уровнем на величину $1 + \beta K$. Однако, когда

источником помех является первый каскад, введение обратной связи не дает никаких результатов. Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 4. Усилитель содержит два каскада усиления на транзисторах VT1 и VT2. Эмиттерный повторитель на транзисторе VT3. Так как каждый из усилительных каскадов осуществляет сдвиг фаз на 180° , обратная связь, создаваемая с помощью резистора R11 и емкости C6, является отрицательной. Эта цепь включается с помощью включателя (К).

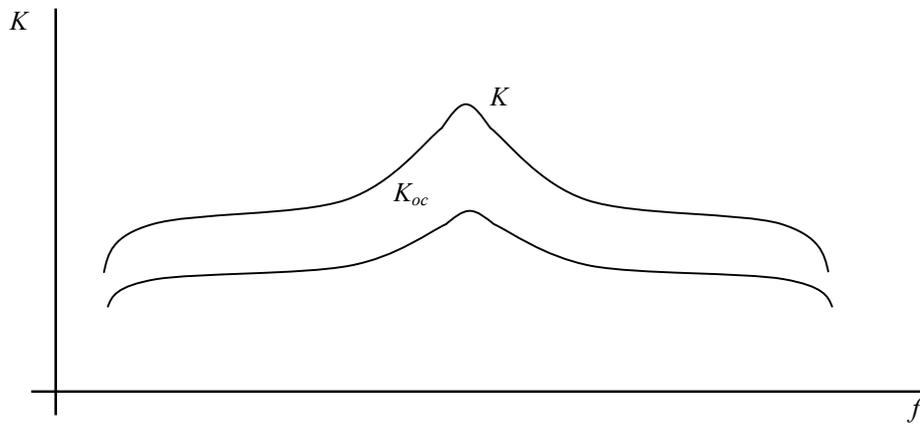


Рис. 3. Частотные характеристики усилителя без обратной связи и с отрицательной обратной связью

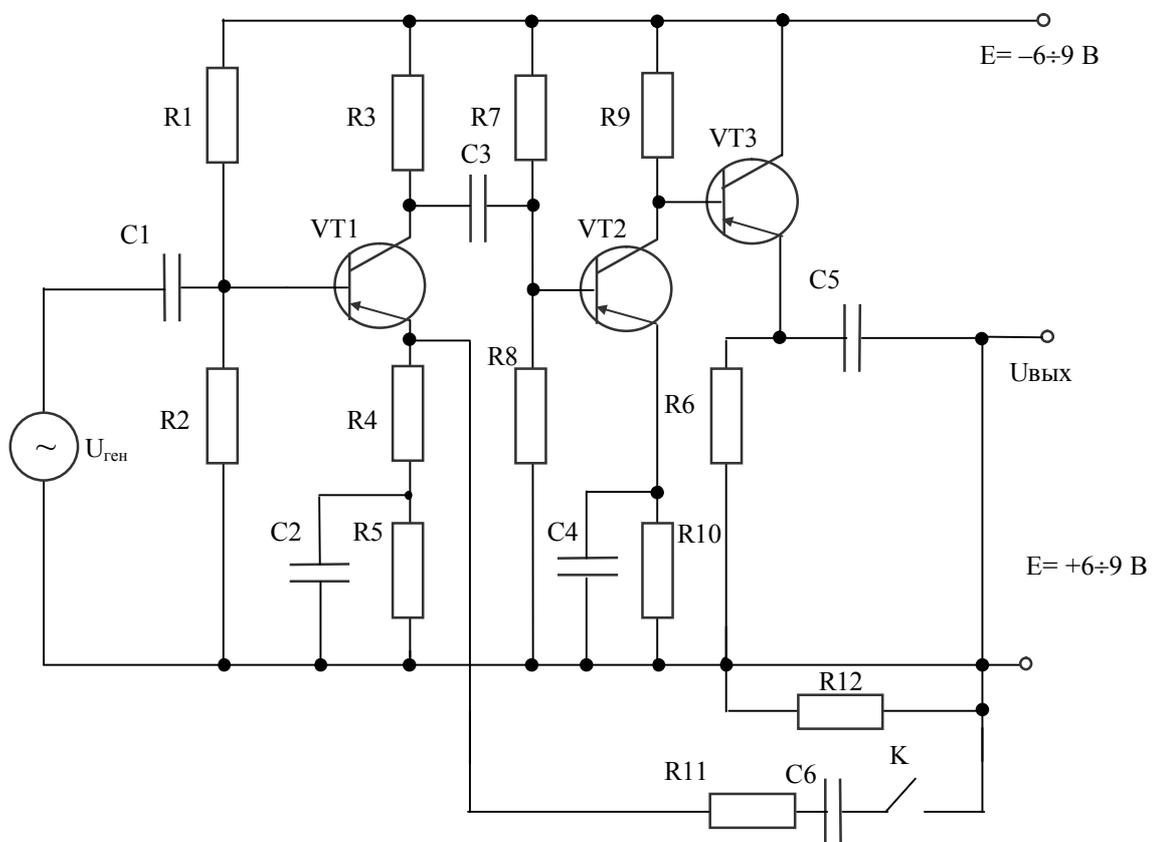


Рис. 4. Схема усилителя с отрицательной обратной связью

ХОД РАБОТЫ

Оборудование: панель с усилителем низкой частоты, источник питания, генератор LG FG 7005C, два милливольтметра переменного тока В3-33, соединительные провода.

1. Ознакомиться с устройством приборов по их описаниям.
2. Собрать схему, подключив на вход усилителя генератор, а на выход – милливольтметр переменного тока В3-33. К клеммам «+6 В» и «-6 В» подключается источник постоянного тока.
3. Снять частотные характеристики $K=U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}=F(f_{\text{ген}})$ с выключенной цепью отрицательной обратной связи и с включенной $K_{\text{оe}}=U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}=F(f_{\text{ген}})$. Частоту входного сигнала изменять в пределах от 20 Гц до 20 кГц, а амплитуду входного сигнала поддерживать постоянной ($U = 10$ мВ).
4. Построить характеристики $K=F(f_{\text{ген}})$, $K_{\text{оe}}=F(f_{\text{ген}})$ на одном графике (частотные характеристики строить в логарифмическом масштабе).
5. Снять амплитудные характеристики $U_{\text{вых}}=F(U_{\text{вх}})$ при наличии и отсутствии обратной связи на частоте 1 кГц. Обе характеристики построить на одном графике.
6. Рассчитать коэффициент передачи цепи обратной связи β для нескольких частот и построить зависимость $\beta = F(f_{\text{ген}})$.
7. Определить тип обратной связи, применяемой в усилителе (частотно зависимая, частотно независимая, положительная, отрицательная).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют цепью обратной связи? Какие различают виды цепей обратной связи? Когда и зачем применяют цепи обратной связи?
2. Чем различаются классы работы усилительного каскада?
3. Как по виду характеристики усилителя определить класс работы усилительного каскада?
4. Какие элементы схемы определяют класс работы усилительного каскада?
5. Как и почему влияет отрицательная обратная связь на характеристики и параметры усилителя?
6. Как и почему величина резистора нагрузки влияет на коэффициент усиления каскада?