

7.2. ПРОСТЕЙШИЕ УГС ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Простейшие УГС прямого усиления выполняются с непосредственными или потенциометрическими связями между каскадами.

Усилители с непосредственными связями. Принципиальная схема простейшего двухкаскадного УГС на БТ типа $p-n-p$ и непосредственными связями между каскадами приведена на рис. 7.2, а.

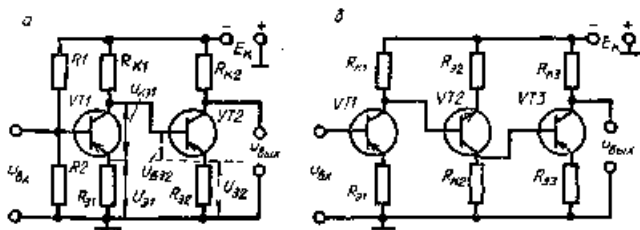


Рис. 7.2. Схемы усилителей с непосредственными связями

Режим покоя первого каскада рассчитывается по методике, изложенной в § 5.3. Сопротивление резистора R_{32} должно быть таким, чтобы обеспечивалось условие

$$U_{кэ1} + U_{э1} = U_{бэ2} + U_{э2},$$

откуда

$$U_{э2} = U_{кэ1} + U_{э1} - U_{бэ2}.$$

Обычно $U_{кэ1} \gg U_{э1}$, поэтому из последнего уравнения следует $U_{э2} > U_{э1}$. Согласно данному неравенству, при

одинаковых режимах работы транзисторов $VT1$ и 2 (при этом $I_{\beta 1} = I_{\beta 2}$ и $U_{K\beta 1} = U_{K\beta 2}$) справедливы неравенства $R_{\beta 2} > R_{\beta 1}$ и $R_{K2} < R_{K1}$.

Так как резисторы $R_{\beta 1}$ и $R_{\beta 2}$ являются элементами ООС, то для определения коэффициента усиления каждого каскада следует использовать выражение (4.5), в котором в соответствии с (5.15) $K_{u1} \approx SR_{K1}$, а $\beta = R_{\beta 1}/R_K$. Тогда

$$K_{u1} = \frac{SR_{K1}}{1 + SR_{\beta 1}}; \quad K_{u2} = \frac{SR_{K2}}{1 + SR_{\beta 2}}. \quad (7.1)$$

Данные выражения показывают, что увеличение сопротивления резистора R_{β} и уменьшение сопротивления резистора R_K приводят к уменьшению коэффициента усиления. Поэтому в таком усилителе не удастся получить значительного коэффициента усиления за счет увеличения числа каскадов.

Для уменьшения ООС вместо резисторов $R_{\beta 1}$ и $R_{\beta 2}$ можно использовать полупроводниковые стабилитроны, однако это не устраняет причины уменьшения сопротивления R_K в каждом последующем каскаде.

Для получения большого коэффициента усиления в многокаскадном усилителе с непосредственной связью иногда используют чередующиеся каскады, выполненные на транзисторах типа $p-n-p$ и $n-p-n$ (рис. 7.2, б). Такой усилитель называют усилителем с дополнительной симметрией.

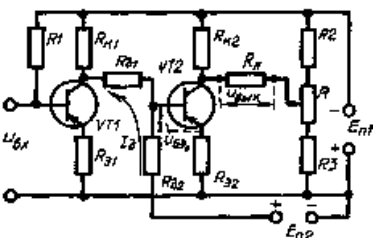


Рис. 7.3. Схема усилителя с потенциметрическими связями

каскадами (рис. 7.3). Сопротивления резисторов $R_{\beta 1}$ и $R_{\beta 2}$ делителя подбираются таким образом, чтобы выполнялось условие

$$\begin{aligned} U_{\beta 2} &= E_{п2} - I_{\beta} R_{\beta 2} - U_{\beta 30} = \\ &= E_{п2} - \frac{E_{п2} + U_{K\beta 1} + U_{\beta 31}}{R_{\beta 1} + R_{\beta 2}} R_{\beta 2} - U_{\beta 30}. \end{aligned}$$

Усилители с потенциметрическими связями. Получить одинаковые режимы работы в многокаскадном транзисторном УГС с одинаковыми значениями сопротивлений резисторов R_{β} и R_K и, следовательно, с одинаковым коэффициентом усиления каждого каскада можно при осуществлении *потенциметрической связи между ка-*

Если нагрузку подключить между коллектором VT_2 и движком переменного резистора R , то амплитудная характеристика усилителя будет соответствовать виду, показанному на рис. 7.1, в.

Дрейф нуля в УГС. Недостатком рассмотренных УГС является то, что изменение режима одного из каскадов под действием различных дестабилизирующих факторов вызывает изменение тока или напряжения выходного каскада. Это явление называется *дрейфом нуля*. Наибольшее влияние на дрейф нуля в УГС оказывает первый каскад, так как изменение тока или напряжения на его выходе усиливается последующими каскадами.

Основные причины, вызывающие дрейф нуля УГС: изменение температуры окружающей среды; изменение давления и влажности окружающей среды; изменение напряжений источников питания; старение активных и пассивных элементов усилителя; шумы, создаваемые активными и пассивными элементами.

Количественно дрейф нуля оценивается дрейфом, приведенным ко входу (приведенным дрейфом):

$$U_{др.вх} = U_{др.вых} / K_u. \quad (7.2)$$

Величина приведенного дрейфа ограничивает минимально различимый входной сигнал. Расчеты и экспериментальные исследования показывают, что для одиночных каскадов с ОЭ приведенный ко входу дрейф нуля по напряжению примерно равен 2...8 мВ/град для кремниевых БТ и 20...30 мВ/град — для германиевых БТ. Приведенный дрейф по току в таких каскадах при токе $I_3 = 1$ мА может превышать 10 мкА/град.

Приведенный дрейф нуля в одиночных каскадах на ПТ меньше, чем в каскадах на БТ, и составляет 3...4 мВ/град.

Уменьшение дрейфа нуля в УГС достигается следующими мерами: стабилизацией напряжений источников питания; термостатированием усилителей; применением кремниевых транзисторов, имеющих меньшую температурную зависимость коллекторного тока из-за меньшего значения обратного тока по сравнению с германиевыми транзисторами; применением термокомпенсирующих элементов охватом усилителя местными и общими петлями ООС по постоянному току; использованием балансных (мостовых) схем.