

5.10. ПОВТОРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Повторителями напряжения называют электронные усилители, у которых коэффициент усиления (передачи) близок к единице, а полярность, или фаза, выходного напряжения совпадает с полярностью, или фазой, входного напряжения.

В зависимости от типа используемого активного элемента различают *истоковые* (рис. 5.30, а) и *эмиттерные* (рис. 5.30, б) повторители напряжения. Выходные напряжения $u'_{\text{вых}}$, создаваемые на резисторах R'_n , полностью подаются во входную цепь в противофазе с входным напряжением.

Таким образом, в повторителях напряжения действует 100 %-я последовательность ООС по напряжению и коэффициент усиления напряжения можно определить по формуле (4.5), положив $\beta = 1$. При этом коэффициент усиления (передачи) повторителя в области средних частот

$$K_{\text{н.сп}} = \frac{K_{\text{сп}}}{1 + K_{\text{сп}}} = \frac{SR}{1 + SR} \quad (5.35)$$

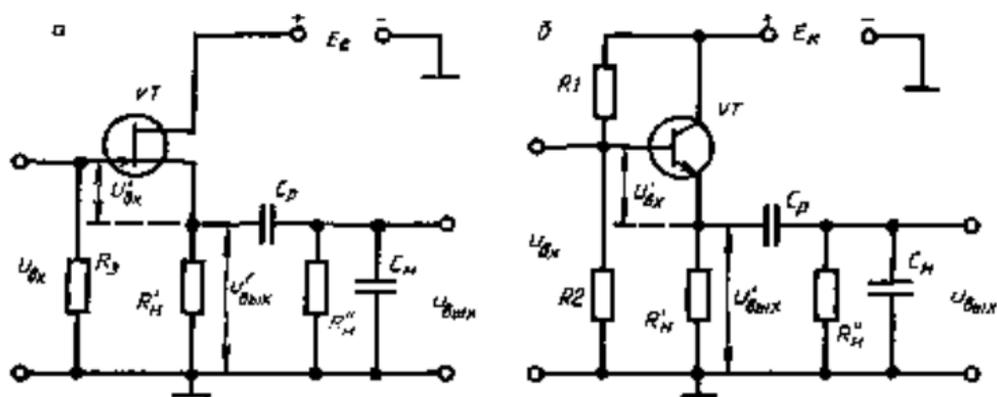


Рис. 5.30. Схемы истокового (а) и эмиттерного (б) повторителей напряжения

оказывается меньше единицы, а в области верхних частот, с учетом выражения (5.17), определяется формулой

$$\dot{K}_{п.в} = \frac{\dot{K}_в}{1 + \dot{K}_н} = \frac{K_{п.сп}}{1 + j\omega\tau_{п.в}},$$

где

$$\tau_{п.в} = \frac{\tau_n}{1 + K_{сп}} \quad (5.36)$$

представляет собой постоянную времени повторителя напряжения в области верхних частот.

Так как $f_{п.в} = 1/(2\pi\tau_{п.в})$, то с учетом выражений (5.21) и (5.15) имеем

$$f_{п.в} = \frac{1 + SR}{2\pi\tau_n} = (1 + SR)f_b. \quad (5.37)$$

Выражение (5.37) показывает, что у повторителя напряжения верхняя граничная частота полосы пропускания в $(1 + SR)$ раз больше, чем у усилителя без ООС с такими же значениями элементов эквивалентной схемы.

У эмиттерных повторителей $f_{п.в}$ ограничивается частотными свойствами БТ и не превышает значения $0,3f_{гр}$

В области нижних частот

$$\dot{K}_{п.в} = \frac{\dot{K}_н}{1 + \dot{K}_н} = \frac{K_{п.сп}}{1 + 1/(j\omega\tau_{п.н})},$$

где $\tau_{п.н}$ — постоянная времени повторителя напряжения в области нижних частот, которая определяется выражением

$$\tau_{п.н} = C_{p2} \left(R_{н2} + \frac{R_3}{1 + y_{213}R_3} \right),$$

где $R_3 = \frac{R_1 R_2'}{R_1 + R_2'}$.

Важными техническими показателями повторителя напряжения являются входные и выходные сопротивления. Для определения входного сопротивления воспользуемся эквивалентной схемой (рис. 5.31). В этой схеме элементы $C_{вх}$, $R'_{вх}$ и $C_{прок}$ обозначают соответственно входную емкость, входное сопротивление и проходную емкость транзистора. Входная проводимость $Y_{вх.п}$ на основании данной эквивалентной схемы определяется выражением

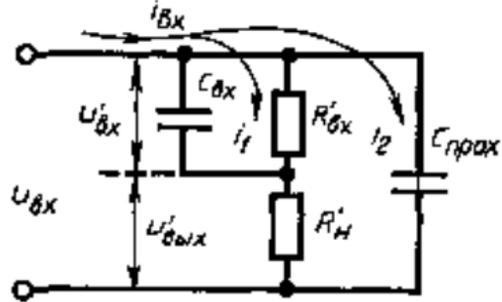


Рис. 5.31. Упрощенная схема повторителя напряжения для определения входного сопротивления

$$Y_{вх.п} = \frac{i_1 + i_2}{u_{вх}} = \frac{(1/R'_{вх} + j\omega C_{вх})(u_{вх} - u'_{вх}) + j\omega C_{прок}u_{вх}}{u_{вх}},$$

или, после преобразования, выражением

$$Y_{вх.п} = \frac{1}{R_{вх}}(1 - K_{п.ср}) + j\omega[C_{прок} + C_{вх}(1 - K_{п.ср})]. \quad (5.38)$$

Ввиду того что $K_{п.ср} \approx 1$, из формулы (5.38) следует, что на низких и средних частотах составляющие входной проводимости (активная и емкостная) повторителя напряжения имеют малые значения. Это свидетельствует о высоком входном сопротивлении повторителя и его малой входной динамической емкости.

Выходное сопротивление повторителя напряжения зависит от внутреннего сопротивления источника входного сигнала и определяется выражением

$$R_{вых.п} = \frac{R_r + R'_{вх}}{1 + SR'_{вх}}.$$

При $R_r \ll R'_{вх}$ имеем

$$R_{вых.п} \approx \frac{R'_{вх}}{1 + SR'_{вх}} \approx \frac{1}{S}.$$

Следовательно, выходное сопротивление повторителей напряжения мало и практически не зависит от сопротивления нагрузки $R'_н$.

Благодаря большому входному и малому выходному сопротивлениям повторители напряжения используются в качестве согласующих (буферных) каскадов: включаются между каскадами с высоким выходным и низким входным сопротивлениями.

При $K_n \approx 1$ повторители напряжения имеют $K_v \gg 1$ и обладают значительным коэффициентом усиления мощности. Поэтому вторым назначением повторителей напряжения является их использование в качестве усилителей мощности.