

4.4. ВЛИЯНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ

Рассмотрим, как изменяется коэффициент усиления усилителя при охвате его последовательной ОС по току (рис. 4.7, а). Для такого усилителя

$$u'_{\text{вх}} = u_{\text{вх}} \pm u_{\text{ос}}. \quad (4.4)$$

Знак «плюс» здесь соответствует ПОС, а знак «минус» — ООС.

Разделив обе части уравнения (4.4) на $u_{\text{вых}}$ и обозначив:

$K = u_{\text{вых}}/u'_{\text{вх}}$ — коэффициент усиления усилителя без учета действия ОС;

$K_{\text{ос}} = u_{\text{вых}}/u_{\text{вх}}$ — коэффициент усиления усилителя с учетом действия ОС;

$\beta = u_{\text{ос}}/u_{\text{вых}} = i_{\text{вых}}Z_{\text{ос}}/(i_{\text{вых}}Z_{\text{н}}) = Z_{\text{ос}}/Z_{\text{н}}$ — коэффициент передачи цепи ОС, получим

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{\text{ос}}} \pm \beta.$$

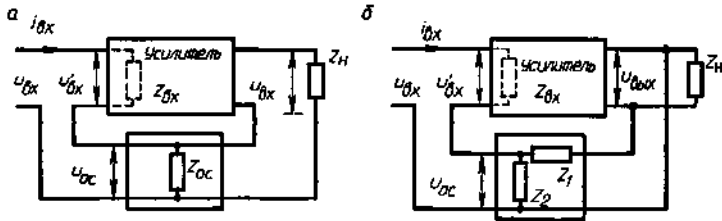


Рис. 4.7. Структурные схемы усилителей с последовательной ОС:

а — по току; б — по напряжению

Данное уравнение позволяет определить коэффициент усиления усилителя, охваченного петлей ОС:

$$K_{oc} = \frac{K}{1 \pm \beta K}. \quad (4.5)$$

Знак «минус» в этом выражении соответствует ПОС, а знак «плюс» — ООС.

Уравнения (4.4) и (4.5) остаются справедливыми и для усилителя с последовательной ОС по напряжению (рис. 4.7, б). В этом случае

$$\beta = u_{oc}/u_{вых} = u_{вых}Z_2/(Z_1 + Z_2)u_{вых} = Z_2/(Z_1 + Z_2).$$

Выражение (4.5) показывает, что последовательная ПОС увеличивает коэффициент усиления усилителя, а последовательная ООС уменьшает его. В то же время введение в усилитель последовательной ООС способствует увеличению стабильности коэффициента усиления усилителя, т. е. уменьшению его относительного изменения при изменении режима, старении активных и пассивных элементов, изменении температуры. Действительно, из выражения (4.5) следует, что $K_{оос} = K/(1 + \beta K)$. Взяв производную от этого выражения, получим

$$\frac{dK_{оос}}{dK} = \frac{1}{(1 + \beta K)^2} \cdot \frac{K}{K} = \frac{K_{оос}}{K(1 + \beta K)},$$

откуда

$$\frac{dK_{оос}}{K_{оос}} = \frac{dK/K}{1 + \beta K}. \quad (4.6)$$

Таким образом, последовательная ООС уменьшает величину относительной нестабильности коэффициента усиления в $(1 + \beta K)$ раз. При этом уменьшаются линейные и нелинейные искажения и увеличивается полоса пропускания усилителя. Эти замечания остаются справедливыми и для усилителей с параллельной обратной связью по напряжению и току.

Произведение βK называют иногда фактором обратной связи, а величину $A = 1 + \beta K$ — глубиной ООС. При расчетах принимают $A = 2 \dots 4$. При $A < 2$ ОС мало влияет на свойства усилителя, а при $A > 4$ значительно уменьшается коэффициент усиления, что усложняет конструкцию усилителя.