

Схемы обработки сигнала с 3-полюсником в цепи ОС

Коэффициент усиления схем с операционными усилителями, охваченными глубокой обратной связью определяется отношением сопротивлений резисторов. Выбор абсолютных значений этих сопротивлений в определенной степени произволен. Однако нежелательны как очень большие, так и очень малые сопротивления. В первом случае возрастают тепловые шумы, и существенным оказывается влияние паразитной емкости, шунтирующей резистор. Во втором случае значительным может оказаться ток, протекающий через резистор.

В то же время, например для организации больших коэффициентов усиления, требуется обеспечить отношение сопротивлений в 1000 и более раз.

Существует схемотехнический прием, позволяющий реализовать большие коэффициенты при умеренных значениях сопротивлений. Для этого в цепь обратной связи вместо резисторов устанавливается 3-полюсный элемент.

Например, инвертирующее включение операционного усилителя приобретает вид, изображенный на рис. 1.

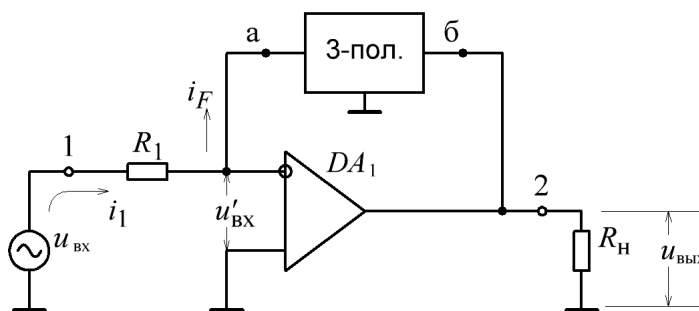


Рис. 1

Если в этой схеме предположить наличие глубокой отрицательной обратной связи, то в соответствии с методикой приближенного анализа схем на операционных усилителях $u'_{ВХ} \approx 0$. В этом случае 3-полюсник обратной связи работает в режиме короткого замыкания зажима "а" на землю (рис. 2а).

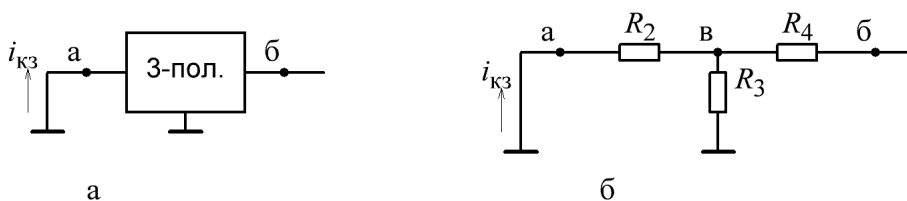


Рис. 2

Введем параметр $R_{кз} = \frac{u_a - u_б}{i_{кз}}$, имеющий размерность сопротивления.

Поскольку $u'_{вх} \approx 0$, то $u_a \approx 0$. В то же время $u_б = u_{вых}$. Тогда

$$i_1 = \frac{u_{R1}}{R_1} = \frac{u_{вх}}{R_1}, \quad i_F = i_{кз} = \frac{-u_{вых}}{R_{кз}}. \text{ Из этого следует, что } \frac{u_{вх}}{R_1} = \frac{-u_{вых}}{R_{кз}}, \text{ а ко-}$$

эффициент усиления равен

$$K_F = \frac{u_{вых}}{u_{вх}} = -\frac{R_{кз}}{R_1}.$$

Найдем теперь параметр $R_{кз}$ для 3-полюсника частного вида – Т-образного соединения резисторов (рис. 2б).

$$u_B = u_б \frac{R_2 \parallel R_3}{R_2 \parallel R_3 + R_4}, \quad i_{кз} = \frac{u_B}{R_2},$$

$$R_{кз} = \frac{u_б}{i_{кз}} = \frac{u_б R_2}{u_B} = \frac{u_б R_2}{u_б \frac{R_2 \parallel R_3}{R_2 \parallel R_3 + R_4}} = \frac{R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4}{R_3}.$$

Коэффициент усиления в этом случае равен

$$K_F = -\frac{R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4}{R_1 R_3}.$$

Если выбрать $R_1 = R_2 = R_4 = R$, то

$$K_F = -\left(2 + \frac{R}{R_3}\right).$$

Важно заметить, что в этой схеме (рис. 3) резистор R_3 не шунтирует ни входную, ни выходную цепи, и для обеспечения высокого усиления сопротивление его может быть выбрано достаточно малым.

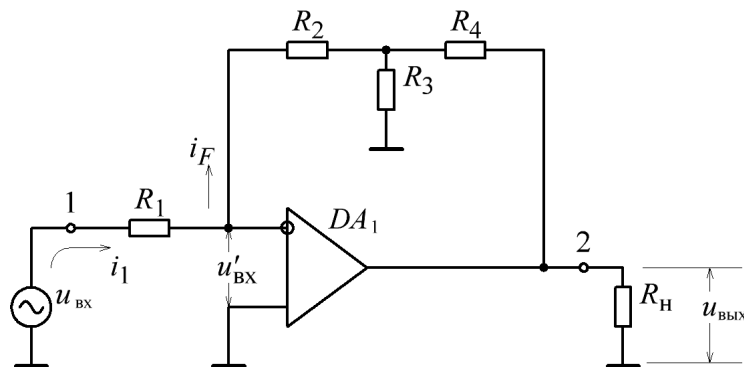


Рис. 3

На основе 3-полюсников в цепи обратной связи может быть организовано и неинвертирующее включение (рис. 4).

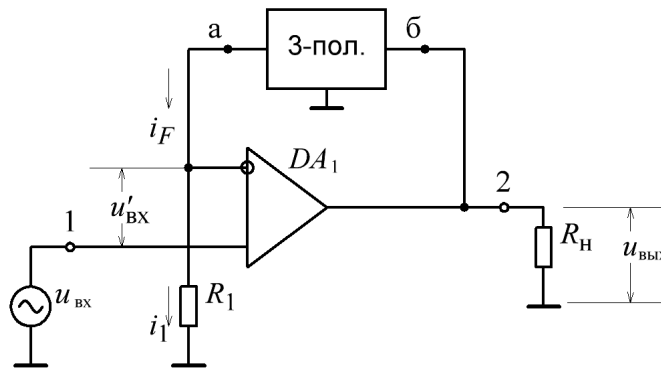


Рис. 4

Анализ этой схемы также может быть выполнен по упрощенной методике анализа. В этой схеме

$$u_{\text{б}} \approx u_{\text{ВЫХ}}, u_{\text{а}} \approx u_{\text{ВХ}}, i_{\text{кз}} = \frac{u_{\text{б}} - u_{\text{а}}}{R_{\text{кз}}} = \frac{u_{\text{ВЫХ}} - u_{\text{ВХ}}}{R_{\text{кз}}}, \text{ а } i_1 = i_F = i_{\text{кз}}.$$

Отсюда следует, что

$$\frac{u_{\text{ВХ}}}{R_1} = \frac{u_{\text{ВЫХ}} - u_{\text{ВХ}}}{R_{\text{кз}}} \text{ и } K_F = \frac{u_{\text{ВЫХ}}}{u_{\text{ВХ}}} = 1 + \frac{R_{\text{кз}}}{R_1}.$$

Если конкретизировать схему 3-полюсника в соответствии с рис. 2а, то расчет сопротивления короткого замыкания следует выполнять в соответствии с соединением рис. 5.

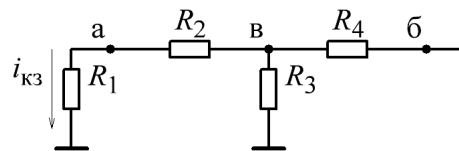


Рис. 5

Тогда $R_{\text{кз}} = \frac{(R_1 + R_2)R_3 + (R_1 + R_2)R_4 + R_3R_4}{R_3}$, а коэффициент усиления ра-

вен $K_F = \frac{(R_1 + R_2)R_3 + (R_1 + R_2)R_4 + R_3R_4}{R_1R_3}.$

При $R_1 = R_2 = R_4 = R$ расчет коэффициента усиления схемы рис. 6 упрощается

$$K_F = \left(3 + \frac{2R}{R_3} \right).$$

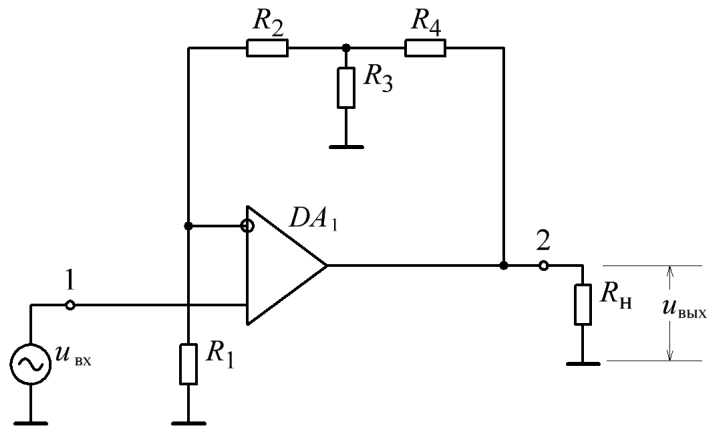


Рис. 6

Для регулировки или подстройки коэффициента усиления в рассмотренных схемах достаточно изменять сопротивление одного резистора R_3 .