

б) Последовательная обратная связь по току

Структурная схема усилителя с последовательной обратной связью по току приведена на рис. 4.4. Сигнал обратной связи в данной схеме пропорционален выходному току, который протекает по сопротивлению обратной связи R_{oc} . Возникающее при этом падение напряжения $I_{вых}R_{oc}$ является сигналом обратной связи. В том случае, когда $R_{oc} \ll R_{вх}$, получим

$$\frac{\gamma u_{вых}}{u_{вых}} = \frac{I_{вых}R_{oc}}{I_{вых}R_{н}}, \text{ т. е. } \gamma = \frac{R_{oc}}{R_{н}}. \quad (4.8)$$

Кроме того,

$$K_U = \frac{K_{U_{хх}}R_{н}}{R_{н} + R_{oc} + R_{вых}}. \quad (4.9)$$

Коэффициент усиления и входное сопротивление с обратной связью определяются соответственно по формулам (4.5) и (4.6) с учетом выражений (4.8) и (4.9) для γ и K_U .

Наличие ООС по току приводит к стабилизации выходного тока, что эквивалентно увеличению выходного сопротивления усилителя с обратной связью. Можно показать, что

$$R_{вых.ос} \approx R_{вых} + R_{oc}K_{U_{хх}}, \quad (4.10)$$

т. е. выходное сопротивление увеличивается.

ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ

4.5. Усилитель с входным сопротивлением $R_{вх} = 10$ кОм и выходным сопротивлением $R_{вых} = 0,5$ кОм при работе на нагрузку с сопротивлением $R_{н} = 2$ кОм имеет коэффициент усиления по напряжению, равный 500. Как изменятся коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления усилителя при введении в него последовательной обратной связи по напряжению? Делитель напряжения включен параллельно нагрузке и составлен из сопротивлений $R_1 = 9,9$ кОм и $R_2 = 100$ Ом.

Решение

1. Определим коэффициент усиления по напряжению усилителя без обратной связи при холостом ходе. Используя (4.4), получим $500 = K_{U_{хх}} \cdot 2 / (2 + 0,5)$. Отсюда $K_{U_{хх}} = 500 \cdot \frac{2,5}{2} = 625$.

2. Учтем влияние делителя напряжения:

$$R'_н = R_{н} \parallel (R_1 + R_2) = 2 \parallel (9,9 + 0,1) = 1,66 \text{ кОм.}$$

Согласно (4.4), с учетом шунтирующего действия делителя получим

$$K_U = 625 \cdot 1,6 / (1,66 + 0,5) = 480.$$

3. Определим коэффициент передачи цепи обратной связи:

$$\gamma = R_1 / (R_1 + R_2) = 0,1 / (0,1 + 9,9) = 0,01.$$

4. Находим коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления при введении обратной связи. Согласно формулам (4.5), (4.6) и (4.7), имеем

$$K_{U_{oc}} = \frac{480}{1 + 0,01 \cdot 480} = 83; R_{вх_{oc}} = 10(1 + 0,01 \cdot 480) = 58 \text{ кОм};$$

$$R_{вых_{oc}} = \frac{0,5}{1 + 0,01 \cdot 625} = 69 \text{ Ом}.$$

4.6. В усилитель (см. условия задачи 4.5) вводится последовательная обратная связь не по напряжению, а по току с помощью резистора с сопротивлением $R_{oc} = 100 \text{ Ом}$ (рис. 4.4). Определить получившиеся при этом коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления и сравнить с результатами задачи 4.5.

Ответ: 19,2; 250 кОм; 63,1 кОм.

§ 4.3. УСИЛИТЕЛИ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

а) *Параллельная обратная связь по току*

Структурная схема усилителя с параллельной обратной связью по току приведена на рис. 4.5. На входе данной схемы происходит алгебраическое суммирование токов $I_{вх}$ и I_{oc} . Видно, что сигнал обратной связи I_{oc} вводится параллельно с сигналом $I_{вх}$, поэтому такую обратную связь называют параллельной. Кроме того, сигнал обратной связи I_{oc} пропорционален выходному току $I_{вых}$, поэтому такую обратную связь называют обратной связью по току. Часть структурной схемы, заключенная в прямоугольник, представляет собой эквивалентную схему собственно усилителя, в которой $Y_{вх}$ — входная проводимость, $Y_{вых}$ — выходная проводимость и $K_{I_{кз}}$ — коэффициент усиления по току в режиме короткого замыкания на выходе усилителя. Цепь обратной связи образована двумя резисторами с проводимостями Y_1 и Y_2 . Из схемы на рис. 4.5 видно, что

$$I_{oc} = \gamma I_{вых} = \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} I_{вых},$$

т. е.

$$\gamma = Y_2 / (Y_1 + Y_2).$$