

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.

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

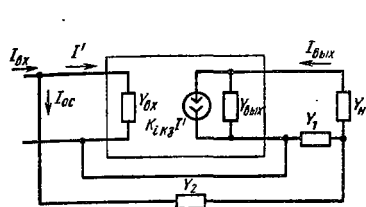


Рис. 4.5

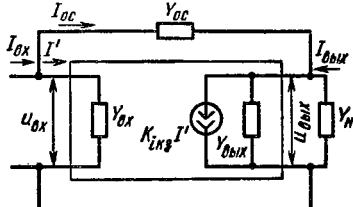


Рис. 4.6

Коэффициент усиления без обратной связи

$$K_I = K_{ИКС} Y'_H / (Y_{ВЫХ} + Y'_H), \quad (4.11)$$

где

$$Y'_H = Y_H (Y_1 + Y_2) / (Y_H + Y_1 + Y_2).$$

Суммируя входные токи, получаем  $I' = I_{ВХ} - \gamma I_{ВЫХ} = I_{ВХ} - \gamma K_I I'$  и  $I' = \frac{I_{ВХ}}{1 + \gamma K_I}$ , но  $I_{ВЫХ} = K_I I' = \frac{K_I I_{ВХ}}{1 + \gamma K_I}$ , так что коэффициент усиления с обратной связью

$$K_{I_{ОС}} = \frac{I_{ВЫХ}}{I_{ВХ}} = \frac{K_I}{1 + \gamma K_I} = \frac{K_I}{F}. \quad (4.12)$$

Отсюда следует, что коэффициент усиления уменьшается в  $F = 1 + \gamma K_I$  раз.

Действие тока обратной связи параллельного типа  $I_{ОС}$  приводит к увеличению входного тока, что эквивалентно увеличению входной проводимости усилителя с обратной связью

$$Y_{ВХ.ОС} = Y_{ВХ} (1 + \gamma K_I) \quad (4.13)$$

в  $1 + \gamma K_I$  раз.

Выходная проводимость при введении параллельной обратной связи по току уменьшается:

$$Y_{ВЫХ.ОС} = Y_{ВЫХ} / (1 + \gamma K_{ИКС}). \quad (4.14)$$

### б) Параллельная обратная связь по напряжению

Структурная схема усилителя с параллельной обратной связью по напряжению приведена на рис. 4.6. Видно, что сигнал обратной связи в данной схеме пропорционален выходному напряжению, а на входе схемы происходит алгебраическое суммирование токов  $I_{ВХ}$  и  $I_{ОС}$ .

В том случае, когда  $u_{ВХ} \ll u_{ВЫХ}$ , имеем

$$I_{ОС} = \gamma I_{ВЫХ} = u_{ВЫХ} Y_{ОС}, \text{ но } u_{ВЫХ} = I_{ВЫХ} / Y_H$$

отсюда

$$\gamma = \frac{Y_{oc}}{Y_H}. \quad (4.15)$$

Кроме того,

$$K_I = \frac{K_{Iкз} Y_H}{Y_{вых} + Y_H}. \quad (4.16)$$

Коэффициент усиления и входная проводимость усилителя с обратной связью определяются соответственно по формулам (4.12) и (4.13) с учетом выражений (4.15) и (4.16) для  $\gamma$  и  $K_I$ . Выходная проводимость для рассматриваемого типа обратной связи увеличивается. Можно показать, что

$$Y_{вых.ос} \approx Y_{вых} + Y_{oc} K_{Iкз}. \quad (4.17)$$

## ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ

**4.7.** Усилитель с входной проводимостью  $Y_{вх} = 2$  мСм и выходной проводимостью  $Y_{вых} = 100$  мкСм при работе на нагрузку  $Y_H = 50$  мкСм имеет коэффициент усиления по току, равный 500.

Как изменятся коэффициент усиления, входная и выходная проводимости усилителя при введении параллельной обратной связи по току? Токовый делитель включен так, как показано на рис. 4.5, и составлен из резисторов с проводимостями  $Y_1 = 10$  мСм и  $Y_2 = 101$  мкСм.

### Решение

1. Определим коэффициент усиления по току усилителя без обратной связи при коротком замыкании нагрузки. Используя (4.11), получаем  $500 = K_{Iкз} 500 / (100 + 500)$ , отсюда  $K_{Iкз} = 600$ .

2. Учет влияние цепи обратной связи:

$$Y'_H = \frac{Y_H (Y_1 + Y_2)}{Y_H + Y_1 + Y_2} = \frac{500 (10000 + 101)}{500 + 10000 + 101} = 476,4 \text{ мкСм.}$$

Согласно (4.11), с учетом пассивного действия цепи обратной связи

$$K_I = \frac{600 \cdot 476,4}{100 + 476,4} = 496.$$

3. Определяем коэффициент передачи цепи обратной связи:

$$\gamma = \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} = \frac{101}{101 + 10000} = 0,01.$$