

## К ВОПРОСУ О СТАБИЛИЗАЦИИ ФАЗЫ В ОДНОКАСКАДНОМ РЕЗОНАНСНОМ УСИЛИТЕЛЕ С ПОМОЩЬЮ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

И. А. ВЕСЕЛКОВ

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

Применение отрицательной обратной связи (противосвязи) позволяет уменьшить фазовые сдвиги, вносимые каскадом усилителя в соответствии с формулой [4]

$$\operatorname{tg} \varphi_{oc} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{1 + \frac{K_0 \beta}{\cos \varphi}}, \quad (1)$$

где  $\varphi_{oc}$  — угол сдвига фаз между входным и выходным напряжениями (без учета угла  $\pi$ , вносимого лампой),  $\varphi$  — то же без противосвязи,  $K_0 \beta$  — фактор обратной связи.

При малых углах  $\varphi$  ( $\cos \varphi \approx 1$ ) фазовые сдвиги, вносимые усилителем, уменьшаются в  $1 + K_0 \beta$  раз.

Таким образом, для значительного уменьшения фазовых сдвигов требуются большие глубины противосвязи. Однако при этом уменьшается коэффициент передачи напряжения и ухудшается устойчивость усилителя [1, 3].

В настоящей статье рассматривается возможность уменьшения фазовых сдвигов при применении безваттной обратной связи, то есть такой, при которой напряжение обратной связи сдвинуто относительно входного напряжения на угол  $\frac{\pi}{2}$  [2].

Сравнительную оценку стабилизации фазы выходного напряжения произведем, анализируя выражения для фазовых характеристик. Коэффициенты передачи напряжения однокаскадных усилителей с противосвязью и с безваттной обратной связью могут быть записаны в виде

$$K_{oc} = \frac{K_0}{1 + j\delta + K_0 \beta}, \quad (2)$$

$$K_B = \frac{K_0}{1 + j\delta + jK_0 \beta}. \quad (3)$$

Отсюда 
$$\varphi_{oc} = \arctg \frac{\delta}{1 + K_0\beta}, \quad (4)$$

$$\varphi_B = \arctg -(\delta + K_0\beta). \quad (5)$$

Здесь  $K_0$  — коэффициент усиления на частоте настройки,

$\delta = Q \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$  — обобщенная расстройка контура,

$\varphi_B$  — угол сдвига фаз между входным и выходным напряжениями усилителя с безваттной обратной связью.

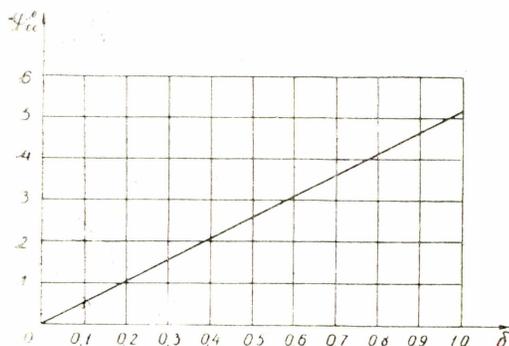


Рис. 1.

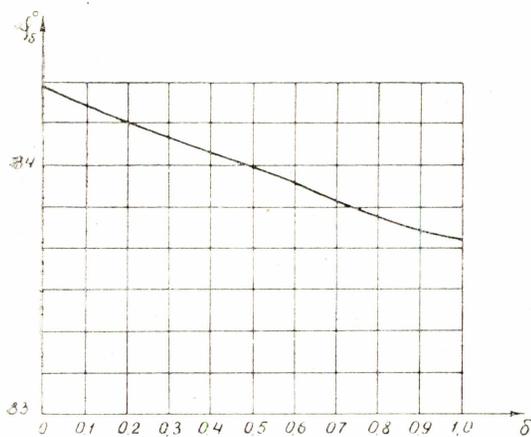


Рис. 2.

Из выражения (5) следует, что при  $\delta=0$  величина начального угла сдвига фаз  $\varphi_{B0}$  определяется значением фактора обратной связи.

Сравнение выражений (4) и (5) показывает, что при небольших  $\delta$  стабильность фазы в случае безваттной обратной связи будет больше, чем при противосвязи.

На рис. 1 и 2 приведены соответственно расчетные фазовые характеристики усилителей с противосвязью и с безваттной обратной связью при  $K_0\beta = 10$  и изменении  $\delta$  от 0 до 1. Сравнение графиков рис. 1 и 2 показывает, что фазовый сдвиг, вызываемый расстройкой колебательной системы, в случае безваттной обратной связи при  $K_0\beta = 10$  и  $\delta = 1$  в 8 раз меньше, чем в случае противосвязи.

Введем коэффициент относительной стабилизации фазы  $a = \frac{\varphi_{oc} - \varphi_0}{\varphi_{B0} - \varphi_B}$ , характеризующий эффективность безваттной обратной связи по сравнению с

противосвязью. Обозначим коэффициент относительной стабилизации при  $\delta = 1$  через  $a_1$ . Анализируя выражения (4) и (5), нетрудно заметить, что при определенном значении  $K_0\beta$   $a > a_1$  в интервале  $0 < \delta < 1$  и  $a < a_1$  при  $\delta > 1$ . С увеличением глубины обратной связи относительный коэффициент стабилизации фазы возрастает.

Модули выражений (2) и (3) показывают, что коэффициенты передачи напряжения усилителей с безваттной обратной связью и с противосвязью на частоте настройки практически равны при равных значениях  $K_0\beta$ .

Устойчивость усилителей с безваттной обратной связью является предметом особого рассмотрения.

## Выводы

1. Применение безваттной обратной связи позволяет получить стабильность фазы в однокаскадном резонансном усилителе большую, чем при использовании противосвязи.

2. При одинаковой степени стабильности фазы усилитель с безваттной обратной связью имеет больший коэффициент усиления, чем усилитель с противосвязью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б о д е Г., Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью, ГИИЛ, 1948.
  2. Б р а у д е Г. В., О колебательных системах с безваттной обратной связью, ЖТФ, т. 1, вып. 1, 1931.
  3. К о л о с о в А. А., Резонансные системы и резонансные усилители, Связьиздат, М., 1949.
  4. Ц ы к и н Г. С., Отрицательная обратная связь и ее применение, Связьиздат, М., 1940.
-