

НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ (ПТ)

А. А. КУЗЬМИН, Г. В. КРЮКОВА

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

В настоящей статье дается описание избирательного RC -усилителя на полупроводниковых триодах (рис. 1) с применением в ка-

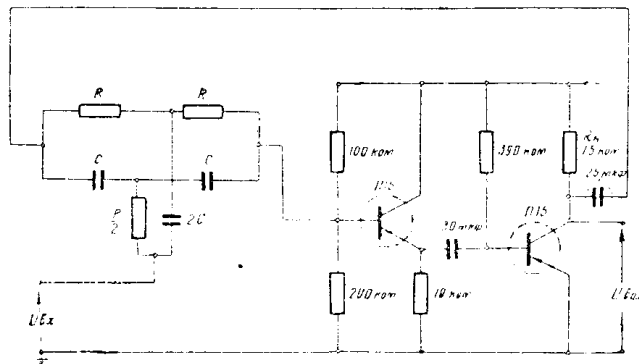


Рис. 1.

честве отрицательной обратной связи двойного Т-образного моста.

Известно [1], что комплексный коэффициент усиления избирательного RC -усилителя равен

$$K_f = \frac{K_0(1-\beta)}{1-K_0\beta}, \quad (1)$$

где K_0 —комплексный коэффициент усиления усилителя,

β —комплексный коэффициент передачи цепи обратной связи.

При анализе избирательного RC -усилителя на ПТ необходимо учитывать сравнительно небольшое входное сопротивление усилителя и шунтирование нагрузки входным сопротивлением фильтра.

Комплексный коэффициент передачи фильтра равен

$$\beta = \frac{-Y_{21}}{Y_{22} + \frac{1}{R_{ex}}} = \frac{(1-v^2)R_{ex}}{R_{ex}(1-v^2+j4v)+2R(1+jv)}, \quad (2)$$

где R —сопротивление фильтра, $R_{вх}$ —входное сопротивление усилителя, $v = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{\omega_0 + \Delta \omega}{\omega_0} = 1 + \xi$.

Коэффициент передачи эмиттерного повторителя приблизительно равен 1, поэтому коэффициент усиления равен коэффициенту усиления каскада с общим эмиттером

$$K_0 = \frac{-\alpha Z_H}{r_e + r_o(1-\alpha)} \approx -\frac{\alpha \cdot \frac{R_H \cdot Z_{вх.ф}}{R_H + Z_{вх.ф}}}{\alpha}, \quad (3)$$

где r_e, r_o, α —параметры транзистора, R_H —сопротивление нагрузки, $Z_{вх.ф} = -j \frac{R}{2v}(1+jv)$ —входное комплексное сопротивление фильтра.

Подставляя выражения (2) и (3) в (1) и делая соответствующие преобразования, получим

$$K_f = \frac{2R^2 K_0}{b} \cdot \frac{\left(1 + \frac{R_H}{R}\right) - j \frac{R_H}{R}}{\left\{1 - \frac{R_{вх}}{d} 2\xi \left[\frac{R}{2} - \frac{2K_0 R_H R R_{вх}}{b} \right] \right\} + \frac{\left(1 + \frac{R_H}{R}\right) - j \frac{R_H}{R}}{+ j \frac{R_{вх}}{d} 2\xi \left\{ \frac{K_0 R_H R^2}{b} + \frac{2R_{вх} + R}{2} \left[1 + \frac{2K_0 R(R+R_H)}{b} \right] \right\}}}, \quad (4)$$

где $K_0 = \frac{\alpha}{a} R_H$, $b = R^2 + (2R_H + R)^2$, $d = R^2 + (2R_{вх} + R)^2$,

$$R_{вх} \approx \frac{a + r_o \frac{R_H}{r_k}}{(1-\alpha) \left[1 - \alpha + \frac{R_H}{r_k} \right]}.$$

При достаточно большой добротности можно считать, что коэффициент усиления будет иметь максимум при $\xi=0$, т. е.

$$\left| K_{f0} \right| = \frac{K_0}{\sqrt{1 + 2 \frac{R_H}{R} \left(1 + \frac{R_H}{R} \right)}}. \quad (5)$$

Резонансная кривая, рассчитанная для $R=8 \text{ ком}$, $C=0,5 \text{ мкф}$, $R_H=1,5 \text{ ком}$, $\alpha=0,98$, $r_o=400 \text{ ом}$, $r_e=5 \text{ ом}$ и $r_k=500 \text{ ком}$ и резонансной частоты 40 гц , показана на рис. 2 пунктирной линией.

Из формулы (4) найдем выражение для добротности усилителя

$$Q = \frac{1}{\left[\left(\frac{R}{R_{\delta x}} \right)^2 + \left(2 + \frac{R}{R_{\delta x}} \right)^2 \right]} \cdot \left\{ \frac{K_0 \frac{R_n}{R_{\delta x}}}{1 + \left(2 \frac{R_n}{R} + 1 \right)} + \left(1 + \frac{1}{2} \frac{R}{R_{\delta x}} \right) \left[1 + \frac{2 K_0 \left(1 + \frac{R_n}{R} \right)}{1 + \left(1 + 2 \frac{R_n}{R} \right)^2} \right] \right\}. \quad (6)$$

Анализируя (6), можно установить, что, во-первых, при R и $R_{\delta x} \gg R_n$ добротность $Q = \frac{K_0 + 1}{4}$, т. е. так же, как для RC -усилителей

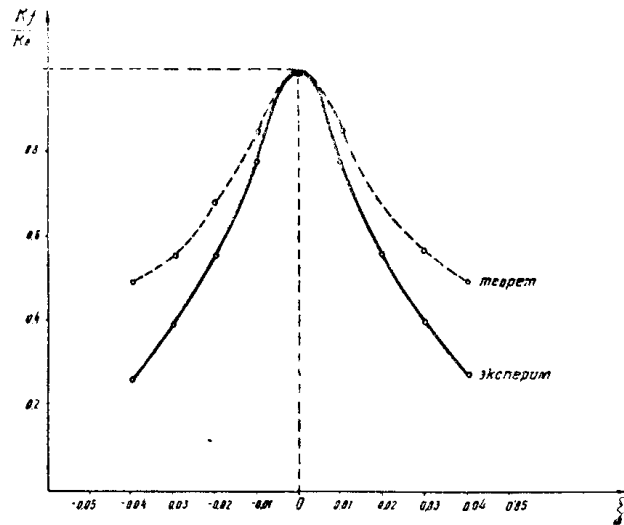


Рис. 2.

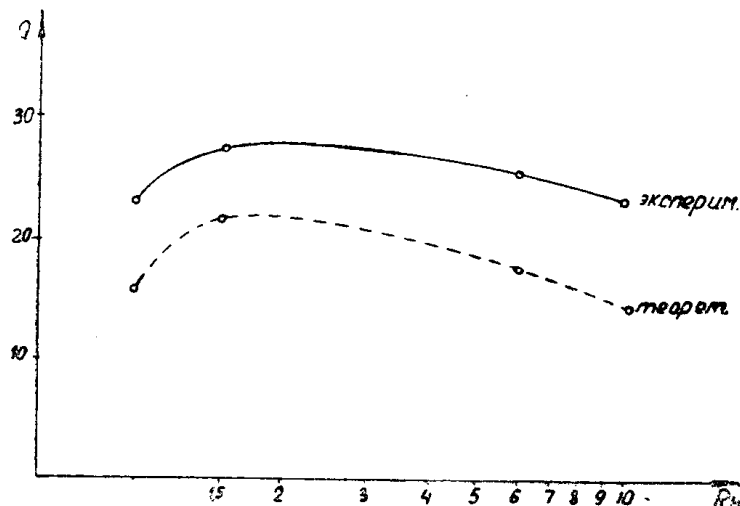


Рис. 3.

на электронных лампах; во-вторых, при увеличении сопротивления нагрузки добротность сначала возрастает, а затем начинает падать в силу замедления роста коэффициента усиления и уменьшения входного сопротивления усилителя. Зависимость $Q = f(R_n)$, рассчитанная

для указанных выше параметров триода и резонансной частоты, показана на рис. 3 пунктирной линией.

Для экспериментальной проверки теоретических результатов был собран избирательный RC - усилитель на триодах типа П15, показанный на рис. 1. Входной сигнал подавался от звукового генератора ЗГ-12 с выходным сопротивлением 200 $ом$. Входные и выходные сигналы измерялись ламповым вольтметром ЛВ-9. Двойной Т-образный мост был настроен на частоту 40 $гц$.

Режим каскада с общим эмиттером определялся напряжением питания цепи коллектора равным—10 $в$ и током коллектора—2 $ма$. В этой рабочей точке триод имел указанные выше параметры, рассчитанные по статическим характеристикам.

Была снята зависимость добротности от сопротивления нагрузки (рис. 3). Эта зависимость имеет максимум $Q=28$ при сопротивлениях нагрузки $R_n=1,5$ $ком$. На рис. 2 сплошной линией показана экспериментальная частотная характеристика при оптимальном сопротивлении нагрузки.

Как видно из этих рисунков, экспериментальные и теоретические зависимости совпадают с точностью до 25 %, что вполне допустимо для схем на ПТ. Коэффициент усиления усилителя равнялся 120.

Как показывают эксперимент и теория, избирательный RC - усилитель на полупроводниковых триодах обладает высокой избирательностью и высоким коэффициентом усиления и может с успехом заменить подобный усилитель на электронных лампах, что значительно снизит габариты и увеличит экономичность и долговечность работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козина О. Г., Французов А. А., Об избирательных усилителях. Радиотехника, 13, № 12, 1958.
 2. Сааков Э. О., Теория и расчет избирательных RC - систем. Госэнергоиздат, 1954.
 3. Асеев Б. Н., Основы радиотехники, Связьиздат, 1947.
-