

## ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ СХЕМА КОРРЕКЦИИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯХ НА ТРАНЗИСТОРАХ

И. Н. ПУСТЫНСКИЙ

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

### Введение

В данной статье рассматривается параллельная схема коррекции с одновременным учетом инерционности транзистора и емкости его коллекторной цепи, в отличие от работы [1], где анализ ведется лишь для того или иного частного случая.

На рис. 1 изображен однокаскадный видеоусилитель на полупроводниковом триоде (ПТ) и его эквивалентная схема,

где  $\beta = \frac{\beta_0}{1 + j\omega\tau_\beta}$  — коэффициент передачи тока базы,

$\tau_\beta$  — постоянная передачи тока базы,  
 $R_G = R_2 \parallel R_1 \parallel R_2$  — эквивалентное сопротивление генератора, а цепочка  $R_T C_T$  предназначена для температурной стабилизации.

### Определение корректирующей индуктивности из условия обеспечения оптимальной частотной или фазовой характеристик Экспериментальная проверка

Коэффициент усиления каскада (рис. 1) по напряжению равен

$$K_u = K_{uo} \frac{1 + j\Omega a_1}{1 + j\Omega b_1 + (j\Omega)^2 b_2}, \quad (1)$$

где  $a_1 = m$ ,  $b_1 = 1 + q$ ,  $b_2 = m$ ,  $\Omega = \omega \frac{\tau_{HK}}{\alpha_{HBe}}$ ,  $\tau_{HK} = C_K R_H (1 + \beta_0)$ ,

$m = \frac{L_{HBe}}{R_H^2 C_K (1 + \beta_0)}$  — параметр коррекции,

$q = \frac{\tau_\beta}{\tau_{HK}}$  — коэффициент относительной инерционности транзистора в каскаде,

$\alpha_{HBe} = 1 + \frac{r_c(1 + \beta_0)}{R_G + r_c}$  — коэффициент обратной связи на средних частотах

$$K_{\text{цс}} = \frac{\beta_0 R_H}{(R_\delta + r_\delta) \alpha_{\text{нбс}}}$$

Формула (1) получена при предположениях:

$$1 + \beta \approx \frac{1 + \beta_0}{1 + j\omega\tau_p}, \quad \frac{r_e(1 + \beta)}{\beta \cdot z_k} \ll 1, \quad (\alpha_{\text{нбс}} - 1) \ll (1 + \beta_0), \quad \frac{R_H(1 + \beta_0)}{r_k} \ll 1,$$

что обычно имеет место.

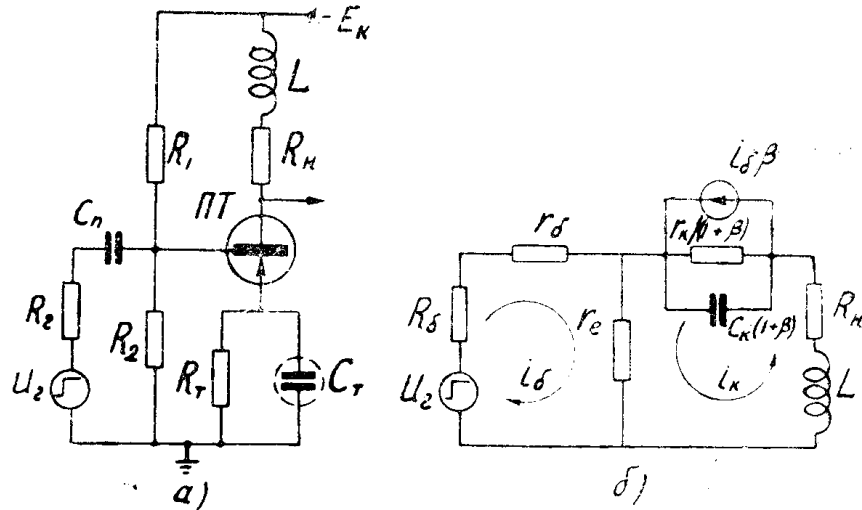


Рис. 1.

По модулю коэффициента частотных искажений определяем условие оптимальной частотной характеристики  $a_1^2 = b_1^2 - 2b_2$ , из которого находим, что

$$m_{\text{ч}} = -1 + \sqrt{1 + (1 + q)^2}, \quad (2)$$

т. е.

$$L = m_{\text{ч}} \cdot R_H^2 \frac{C_{\text{к}}(1 + \beta_0)}{\alpha_{\text{нбс}}}$$

При этом нормированная граничная частота равна

$$\Omega_{\text{гп.к}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{m_{\text{ч}}^2}}}, \quad (3)$$

а без коррекции  $\Omega_{\text{гп.бк}} = \frac{1}{1 + q}$ , т. е. выигрыш в площади усиления равен

$$Q_{\text{ч}} = \frac{1 + q}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{[1 + \sqrt{1 + (1 + q)^2} - 1]^2}}}. \quad (4)$$

При наличии в нагрузке емкости  $C_H \approx (0,1 \div 0,3) \frac{C_{\text{к}}(1 + \beta_0)}{\alpha_{\text{нбс}}}$ , в первом приближении можно считать, что

$$\tau_{\text{нк}} \approx [C_{\text{к}}(1 + \beta_0) + C_H \alpha_{\text{нбс}}] \cdot R_H$$

и

$$L = m_q R_H^2 \left[ \frac{C_K(1 + \beta_0)}{\alpha_{нбе}} + C_H \right].$$

Из выражения (1) найдем, что фазовый сдвиг схемы равен

$$\varphi = -\operatorname{arctg} \Omega \frac{1 + q - m + m^2 \Omega^2}{1 + \Omega^2 m q}. \quad (5)$$

Взяв производную по  $\Omega$  и приравняв в ней коэффициенты при  $\Omega^2$ , в числителе и знаменателе получим условие оптимальной фазовой характеристики

$$m_\phi + 3m_\phi(1 + q) - (1 + q)^3 = 0. \quad (6)$$

Для ускорения инженерных расчетов зависимость  $m_\phi = f(q)$  изображена графически на рис. 2. При  $q \ll 1$   $m_\phi = 0,322$  (как и в ламповой схеме), а при  $q \gg 1$   $m_\phi \approx q$ .

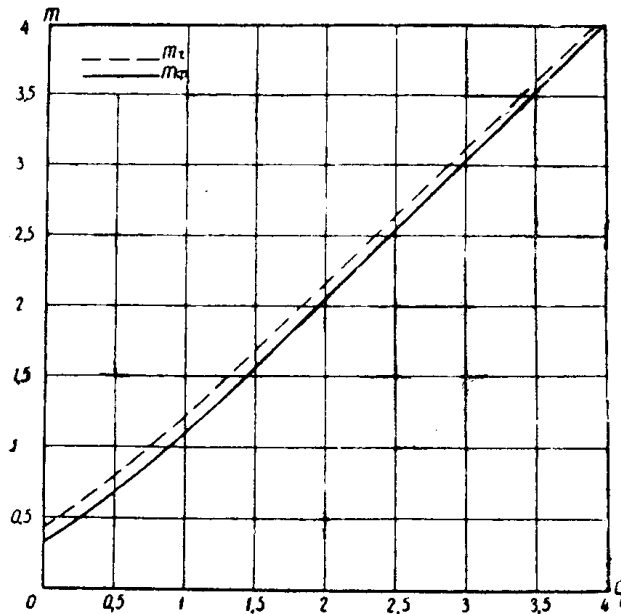


Рис. 2.

С целью проверки расчетных формул (2) и (3) был проведен эксперимент с триодом П403, который имел следующие параметры:  $\beta_0 = 62$ ,  $r_b = 100$  ом,  $r_e = 12$  ом,  $r_K = 157$  ком,  $C_K = 5$  пф,  $\tau_3 = 0,247$  мксек.

Результаты расчета и эксперимента приведены в таблице 1, из которой видно, что полученные формулы вполне приемлемы для инженерных расчетов.

Наибольшее расхождение между расчетом и экспериментом наблюдается при наименьших  $R_b$  и  $R_H$ , поскольку при этом полоса пропускания становится значительной и, по-видимому, начинает сказываться емкость эмиттерного перехода, так как  $L_{\text{эсп}} < L_{\text{расч}}$ .

### Заключение

1. Как видно из формулы (2), при  $q \ll 1$   $m_q = 0,414$  (как и в ламповой схеме), а при  $q \gg 1$   $m_q \approx q$  и  $L = \frac{\tau_3 R_H}{\alpha_{нбе}}$ . Эти частные случаи

Таблица 1

| $R_n$ | 0,25 ком      |                   |               |                   | 0,5 ком       |                   |               |                   | 1,0 ком       |                   |               |                   |
|-------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
|       | Расчет        |                   | Эксперимент   |                   | Расчет        |                   | Эксперимент   |                   | Расчет        |                   | Эксперимент   |                   |
|       | $L$ ,<br>мкГн | $f_{гр}$ ,<br>МГц | $L$ ,<br>мкГн | $f_{гр}$ ,<br>МГц | $L$ ,<br>мкГн | $f_{гр}$ ,<br>МГц | $L$ ,<br>мкГн | $f_{гр}$ ,<br>МГц | $L$ ,<br>мкГн | $f_{гр}$ ,<br>МГц | $L$ ,<br>мкГн | $f_{гр}$ ,<br>МГц |
| 75    | 12,1          | 11,1              | 8,5           | 10                | 26,6          | 5,8               | 19            | 6,2               | 62,5          | 3,7               | 55            | 3,9               |
| 175   | 17,1          | 7,85              | 15,5          | 7,8               | 37,0          | 4,1               | 35            | 4,2               | 87,0          | 2,62              | 90            | 2,4               |
| 325   | 23,0          | 5,85              | 21,5          | 5,5               | 50,5          | 3,0               | 50            | 2,8               | 119           | 1,94              | 120           | 1,6               |

довольно хорошо совпадают с результатами, полученными в работе [1].

2. Если в ламповом усилителе выигрыш в площади усиления при параллельной схеме коррекции (при  $m = m_u$ ) составляет 1,72, то в транзисторном эта схема дает выигрыш значительно больший, поскольку здесь  $q > 0$ , а при  $q \gg 1$  имеем  $Q_u \approx q$  (см. формулу (4)).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ржевкин К. С., Андрианов Е. С., Коррекция усилителей на полупроводниковых триодах. Радиотехника и электроника, № 9, 1957.