

Рис. 5.5

Полные искажения усилителя мощности находят, как правило, по сквозной характеристике  $I_K = f(E_r)$  методом пяти ординат. Для построения сквозной характеристики в точках пересечения статических выходных характеристик с нагрузочной прямой следует: 1) отметить значения токов  $I_{ki}$  и  $I_{zi}$ ; 2) по величинам  $I_{zi}$  найти на статической входной характеристике величины  $U_{zi}$ ; 3) пользуясь формулой  $E_r = U_z + I_z R_r$ , рассчитать значения  $E_{ri}$  и построить сквозную характеристику  $I_K = f(E_r)$ .

На рис. 5.5 показано определение с помощью сквозной характеристики токов коллектора  $I_{kmin}$ ,  $I_2$ ,  $I_{0K}$ ,  $I_1$ ,  $I_{km}$  при пяти значениях напряжения источника сигнала:  $E_{0r} - E_{rm}$ ,

$$E_{0r} - \frac{1}{2}E_{rm}, E_{0r}, E_{0r} + \frac{1}{2}E_{rm} \text{ и } E_{0r} + E_{rm}.$$

Затем находят амплитуды гармоник тока коллектора:

$$I_{k1} = \frac{1}{3}(I_{km} - I_{kmin} + I_1 - I_2),$$

$$I_{k2} = \frac{1}{4}(I_{km} - 2I_{0K} + I_{kmin}),$$

$$I_{k3} = \frac{1}{6}[I_{km} - I_{kmin} - 2(I_1 - I_2)],$$

$$I_{k4} = \frac{1}{12}[I_{km} - I_{kmin} - 4(I_1 - I_2) + 6I_{0K}].$$

Зная эти амплитуды, можно подсчитать коэффициент гармоник:

$$K_r = \frac{\sqrt{I_{k2}^2 + I_{k3}^2 + I_{k4}^2}}{I_{k1}}. \quad (5.11)$$

## § 5.2. ДВУХТАКТНЫЙ ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Двухтактные усилители обычно используют в режиме В, когда при поступлении входного синусоидального сигнала оба транзистора работают поочередно, каждый в течение одного

полупериода; в нагрузке токи от обоих транзисторов складываются. На рис. 5.6 приведена схема двухтактного усилителя мощности, в котором транзисторы включены по схеме ОЭ. Для уменьшения нелинейных искажений, возникающих из-за большой кривизны начального участка входных характеристик, с помощью резисторов  $R_1, R_2$  устанавливается начальный ток транзисторов  $I_{k \min} = (0,05 \div 0,15) I_{km}$ .

Расчет двухтактного усилителя производят графоаналитическим методом по семействам статических характеристик одного транзистора. При этом рассчитывается одно плечо схемы, состоящее из половины первичной и всей вторичной обмотки выходного трансформатора, для половины периода входного сигнала.

Графики, иллюстрирующие работу двухтактного усилителя мощности в режиме В, приведены на рис. 5.7. Для более эффективного использования транзистора выбрано  $U_{km} \approx E_k \leq \frac{U_{k.доп}}{2}$  и  $I_{km} \approx I_{k.доп}$ . Так как плечи усилителя работают поочередно, то каждое плечо развивает мощность

$$P' = P'' = P_H / \eta_{TP} \quad (5.12)$$

Мощность, отдаваемая всем усилителем,

$$P = \frac{P_H}{\eta_{TP}} = \frac{1}{2} I_{km} U_{km} \quad (5.13)$$

Мощность, потребляемая от источника питания обоими транзисторами,

$$P_0 = 2E_k \left( \frac{I_{km}}{\pi} + I_{k \min} \right) \approx 2 \frac{E_k I_{km}}{\pi} \quad (5.14)$$

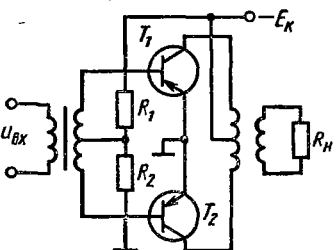


Рис. 5.6

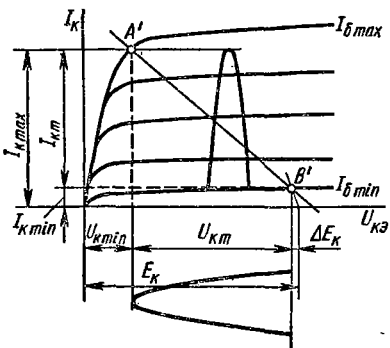


Рис. 5.7

Коэффициент полезного действия усилителя

$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{\pi}{4} \xi \quad (5.15)$$

Из формулы (5.15) видно, что КПД двухтактного усилителя может теоретически достигать 78,5%.

На коллекторах обоих транзисторов выделяется мощность

$$2P_k = P_0 - P. \quad (5.16)$$

При работе с сигналом, переменным по амплитуде, рассеиваемая на коллекторах мощность достигает максимума при некоторой промежуточной амплитуде сигнала  $I_{km}^* = \xi I_{km}$ ,  $U_{km}^* = \xi U_{km}$ .

Тогда

$$2P_k = \frac{2}{\pi} E_k I_{km}^* - \frac{1}{2} I_{km}^* U_{km}^* = 2I_{km} E_k \left( \frac{1}{\pi} \xi - \frac{1}{2} \xi^2 \right).$$

Отсюда величина  $\xi^*$ , при которой  $P_k$  достигает максимума,  $\xi^* = \frac{2}{\pi} = 0,637$ ; тогда  $\eta^* = \frac{\pi}{4} \xi^* = 0,5$ , а  $P_{kmax.} = \frac{2}{\pi^2} P$ .

Начальное смещение  $U_{06}$  амплитуды входного напряжения  $U_{6m}$  и тока  $I_{6m}$ , а также входную мощность можно определить по входной характеристике  $I_6 = f(U_6)$  (рис. 5.8). Требуемая входная мощность

$$P_{вх} = \frac{I_{6m} U_{6m}}{2}, \quad (5.17)$$

а коэффициент усиления по мощности  $K_P = P_{н}/P_{вх}$ .

Линеаризуя входную характеристику, входное сопротивление одного транзистора принимаем равным

$$R_{вх} = \frac{U_{6m}}{I_{6m}}. \quad (5.18)$$

Для оценки нелинейных искажений строят сквозную характеристику зависимости тока в цепи выходного электрода одного плеча от входного напряжения, приложенного к тому же плечу, при заданном сопротивлении  $R_r$ . По сквозной характеристике находят номинальные токи  $I_{km}$ ,  $I_1$ ,  $I_{kmin}$ , соответствующие напряжениям  $U_{gm}$ ,  $1/2 U_{gm}$  и  $U_{gm} = 0$ . Пять значений токов  $I_{km}$ ,  $I_1$ ,  $I_{0к}$ ,  $I_2$ ,  $I_{kmin}$  определяют, предполагая, что в одном плече протекает ток, в  $1+b$  раз, а в другом в  $1-b$  раз

отличающийся от номинального, причем токи второго плеча имеют обратное направление. Здесь  $b$  — коэффициент асимметрии плеч. Тогда

$$I_{km} = (1 + b) I'_{km}, \quad I_1 = (1 + b) I'_1, \quad I_{0к} = (1 + b) I_{k\min} - (1 - b) I'_{k\min}, \\ I_2 = -(1 - b) I'_1, \quad I_{k\min} = -(1 - b) I'_{km}.$$

Далее определяют амплитуды гармоник тока коллектора:

$$I_{k1} = \frac{2}{3} (I'_{km} + I'_1), \quad I_{k2} = \frac{b}{2} (I'_{km} - 2I_{k\min}), \\ I_{k3} = \frac{1}{3} (I'_{km} - 2I'_1), \quad I_{k4} = \frac{b}{6} (I'_{km} - 4I'_1 + 6I'_{k\min}).$$

Коэффициент гармоник рассчитывают по формуле (5.11), как и в случае однотактного усилителя с режимом А. Для получения наименьшего значения  $K_r$  при максимальной расчетной величине  $I'_{km}$  смещение целесообразно брать таким, чтобы получить  $I'_1 = 0,5I'_{km}$ . При этом амплитуда третьей гармоники  $I_{k3}$  равна нулю.

### § 5.3. БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

В настоящее время большое распространение получили бестрансформаторные усилители мощности. Преимуществами таких усилителей являются их небольшие габариты, возможность использования разработанных ИМС, малые частотные искажения. Простейшим бестрансформаторным усилителем мощности, работающим в режиме А, может служить эмиттерный повторитель с дополнительным источником питания (рис. 5.9). Максимальный размах напряжения на нагрузке в случае симметричного питания  $|E_n| = |-E_n|$  ограничивается амплитудой отрицательной полуволны и определяется по формуле

$$U_{nm} = |-E_n| \frac{R_n}{R_n + R_3} = \frac{E_n R_n}{R_n + R_3}, \quad (5.19)$$

при этом мощность в нагрузке

$$P_n = \frac{1}{2} \frac{U_{nm}^2}{R_n} = \frac{E_n^2 R_n}{2(R_n + R_3)^2}. \quad (5.20)$$

Максимальное значение мощности будет достигаться при выполнении условия  $R_n = R_3$ :

$$P_{n\max} = E_n^2 / (8R_3). \quad (5.21)$$