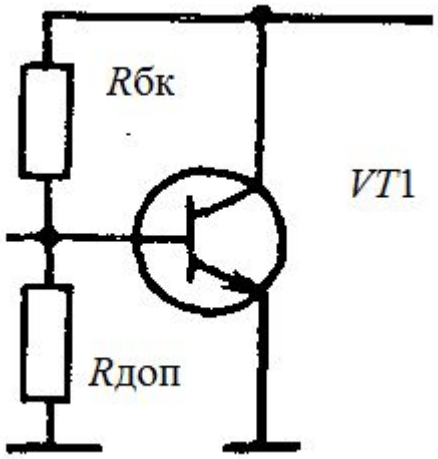
Расчет входного сопротивления ГВВ на биполярном транзисторе и компенсация реактивной составляющей входного и выходного сопротивления

Предварительные замечания

- При расчете входного сопротивления транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером предполагается, что между базой и эмиттером ПО РАДИОЧАСТОТЕ включен резистор Rдоп, а между базой и коллектором резистор Rбк, как показано на эквивалентной схеме



Расчет резисторов

Сопротивление дополнительного резистора определяется по формуле:

$$R_{\text{доп}} = \frac{h_{21э0}}{2\pi f_{\text{т}} C_{\text{э}}} \left(1 - \frac{h_{21э0}}{2\pi f_{\text{т}} C_{\text{э}} R_{\text{уэ}}}\right) \approx \frac{h_{21э0}}{2\pi f_{\text{т}} C_{\text{э}}} \quad \text{при} \quad R_{\text{уэ}} \to \infty.$$

Сопротивление резистора R бк определяется по формуле:

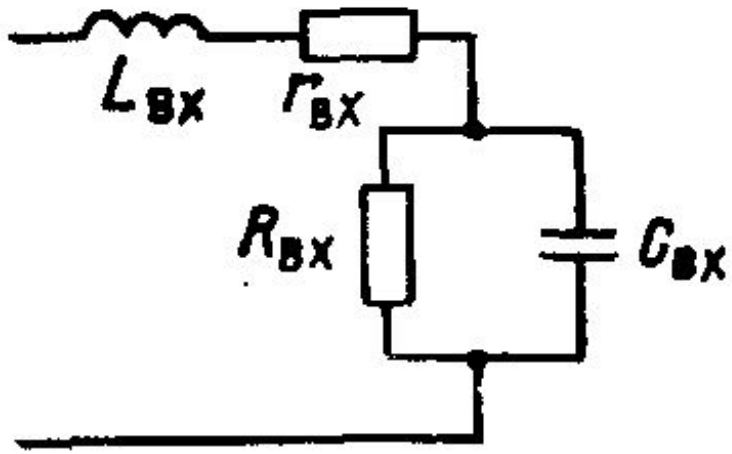
$$R_{\text{бк}} = h_{21э0} / 2\pi f_{\text{т}} C_{\text{к}}$$

Эти резисторы можно реально не устанавливать, если рабочая частота соответствует условию:

$$f > 3 f_{\text{т}} / h_{21э0}$$

Однако в расчетах эти сопротивления участвуют.

Эквивалентная схема входного сопротивления транзистора



В общем случае схема входной цепи содержит активные последовательное и параллельное сопротивления, а также реактивные сопротивления – индуктивность выводов и входную емкость транзистора, как это показано на рисунке.

- Находим дополнительный параметр:

$$\chi = 1 + \gamma_1(\theta) 2\pi f_т C_к R_{нкр}$$

- В этой формуле используется коэффициент Берга γ, который связан с коэффициентом α следующим выражением:
- $$\gamma_n(\theta) = (1 - \cos\theta)\alpha_n$$

Расчет элементов эквивалентной схемы

Определим входную индуктивность с учетом индуктивности выводов базы и эмиттера

$$L_{\text{вхОЭ}} = L_{\text{б}} + L_{\text{э}}/\chi;$$

Определим последовательное и параллельное активные сопротивления

$$r_{\text{вхОЭ}} = [(1 + \gamma_1(\theta)2\pi f_{\text{т}} C_{\text{к}} R_{\text{нкр}})r_{\text{б}} + r_{\text{э}} + \gamma_1(\theta)2\pi f_{\text{т}} L_{\text{э}}]/\chi$$

$$R_{\text{вхОЭ}} = [r_{\text{б}} + (1 + \gamma_1(\theta)h_{21\text{э}0})r_{\text{э}}]/\chi - r_{\text{вхОЭ}} + R_{\text{доп}}[1 - \gamma_1(\theta)]$$

Расчет комплексного входного сопротивления

Исходя из полученных значений элементов эквивалентной схемы определим активную и реактивную составляющие входного сопротивления

$$r_{\text{вх}} = r_{\text{вхОЭ}} + R_{\text{вхОЭ}}/[1 + (h_{21\text{э}0} f / f_{\text{т}})^2]$$

$$x_{\text{вх}} = 2\pi f L_{\text{вхОЭ}} - \frac{R_{\text{вхОЭ}}(h_{21\text{э}0} f / f_{\text{т}})}{1 + (h_{21\text{э}0} f / f_{\text{т}})^2}$$

Комплексное входное сопротивление определяется по формуле:

$$Z_{\text{вх}} = r_{\text{вх}} + \text{j}x_{\text{вх}}$$

Возможные упрощения

- Если рабочая частота удовлетворяет условию: $f > 3f_{\text{т}}/h_{21\text{э}0}$

- То некоторые выражения можно несколько упростить:

$$R_{\text{вхОЭ}} \approx \frac{1}{\chi}[r_{\text{б}} + (1 + \gamma_1(\theta)h_{21\text{э}0})r_{\text{э}}] - r_{\text{вхОЭ}} + h_{21\text{э}0}\frac{1 - \gamma_1(\theta)}{2\pi f_{\text{т}} C_{\text{э}}}$$

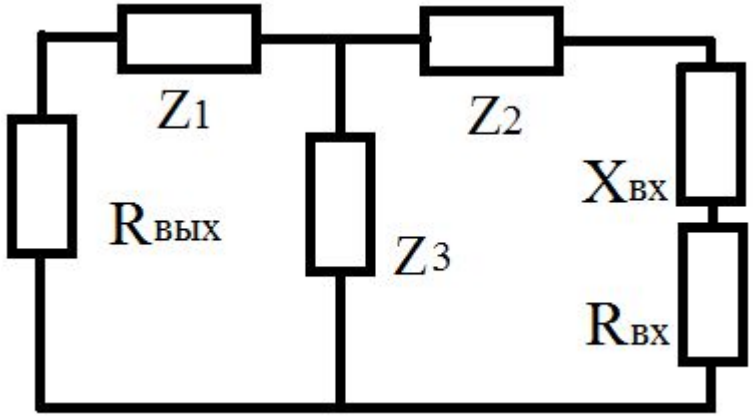
$$r_{\text{вх}} = r_{\text{вхОЭ}} + (f_{\text{т}}/h_{21\text{э}0}f)^2/R_{\text{вхОЭ}}$$

$$x_{\text{вх}} = 2\pi f L_{\text{вхОЭ}} - (f_{\text{т}}/h_{21\text{э}0}f)R_{\text{вхОЭ}}$$

Что делать с входной/выходной реактивностью?

- При расчете цепей согласования необходимо обеспечить согласование активных составляющих.
- Реактивная составляющая для узкополосных усилителей может быть скомпенсирована.

- Проще всего компенсация входной реактивности реализуется для Т-образных цепей. В этом случае из реактивного сопротивления



- В этом случае из реактивного сопротивления Z_2 элемента согласующей цепи нужно вычесть (с учетом знака!) реактивную составляющую входного сопротивления Хвх.

- Например, при разработке согласующего звена решено, что в качестве элемента Z2 должна стоять катушка индуктивности с реактивным сопротивлением 100 Ом.
- Если реактивная составляющая входного сопротивления -20 Ом (емкостное сопротивление) то скорректированное сопротивление элемента Z2 должно быть 120 Ом.
- Если реактивная составляющая входного сопротивления 20 Ом, То скорректированное сопротивление элемента Z2 должно быть 80 Ом.
- Если реактивная составляющая входного сопротивления 120 Ом, То скорректированное сопротивление элемента Z2 должно быть -20 Ом. То есть вместо катушки индуктивности элемент Z2 станет конденсатором, который с индуктивным входным сопротивлением транзистора образует последовательный колебательный контур, имеющий на заданной частоте индуктивное сопротивление.

- В выходном сопротивлении необходимо учитывать паразитную емкость коллектор - эмиттер.
- Это можно сделать двумя способами:

1. Выбрать в качестве коллекторной нагрузки катушку индуктивности таким образом, чтобы она образовала с выходной емкостью транзистора колебательный контур, настроенный на рабочую частоту, или верхнюю частоту рабочего диапазона.
2. Учесть эту емкость в выходном согласующем звене