

Основы генерирования и формирования сигналов

Порядок расчета ГВВ на биполярных транзисторах

Исходные данные

- Исходными данными для расчёта являются:
 - а) P_1 — мощность в нагрузке.
 - б) f_p — рабочая частота.
 - в) E_n — напряжение питания.
 - г) θ — угол отсечки.

- Необходимо по заданным значениям P_1 , f_p , E_n и θ выбрать транзистор и произвести электрический расчёт коллекторной цепи в критическом режиме.
- В результате расчёта необходимо определить токи и напряжения, действующие в цепи коллектора, КПД, а также требуемое критическое сопротивление нагрузки $R_{н.кр.}$.

Выбор транзистора по МОЩНОСТИ

- Номинальная мощность, отдаваемая транзистором в нагрузку, $P_{\text{ном}}$ должна быть на (10...15)% больше чем $P_{1\text{треб}}$, где $P_{1\text{треб}} = P_1 / \eta_{\text{сц}}$. Здесь $\eta_{\text{сц}}$ — КПД согласующей цепи ГВВ с нагрузкой (можно принять $\eta_{\text{сц}} \approx 0,8 \dots 0,85$). Если в справочнике не указана величина номинальной мощности, отдаваемой транзистором в нагрузку, а указана максимально допустимая мощность, рассеиваемая на коллекторе $P_{\text{рас. макс.}}$, то можно принять $P_{\text{ном}} = P_{\text{рас. макс.}}$.

Выбор транзистора по частоте

- По частотным свойствам транзистор выбирается таким образом, чтобы заданная рабочая частота ГВВ f_p лежала в пределах $3f_\beta < f_p < 0,5f_T$. Здесь:

$f_\beta = \frac{f_T}{\beta_0}$ — граничная частота усиления по току в схеме с ОЭ (на этой частоте β уменьшается в раз);

$\beta_0 = \sqrt{\beta_{\min} \beta_{\max}}$ — среднее значение коэффициента передачи

по току в схеме с ОЭ (β_{\min} ,

β_{\max} — минимальное и максимальное значения статического коэффициента усиления по току, приведенные в справочнике);

- f_T — предельная частота (частота транзита) усиления по току для схемы с ОЭ (на этой частоте коэффициент передачи по току уменьшается до единицы).

- Если в справочнике не приводится значение f_T , а приводится только β — значения коэффициента усиления по току на некоторой частоте измерения, то можно определить частоту транзита в соответствии со следующим

выражением:

$$f_T = \beta f_{\text{ИЗМ}}$$

- .

Проверка первая

- Далее следует проверить выбранный транзистор по коэффициенту усиления по мощности, который можно оценить по следующей формуле:

$$K_p = K_p' \left(\frac{f'}{f_p} \right) \left(\frac{E_{\Pi}}{E_{\kappa}'} \right)^2 \left(\frac{P'}{P_{1\text{треб}}} \right)^2$$

$$K_p', f', E_{\kappa}', P'$$

- где $K_p', f', E_{\kappa}', P'$ — справочные значения.
- Подставляя справочные данные и остальные численные значения в приведенное выражение, получаем значения K_p . Если получилось $K_p < 2$, то необходимо взять другой транзистор. Если $K_p > 50$, то взять $K_p = 50$.

Расчет коллекторной цепи

1. По заданному значению угла отсечки θ определяются значения коэффициентов Берга α_0 и α_1 .
2. Коэффициент использования источника питания

$$\xi_{\text{кр}} = 0,5 + 0,5 \sqrt{1 - \frac{8P_{1\text{треб}}}{S_{\text{кр}} E_{\text{п}}^2 \alpha_1}}$$

О крутизне передаточной характеристики

- Если очень повезло то в справочнике она есть
- Если просто повезло то в справочнике есть сопротивление насыщения, при этом

$$S_{кр} = \frac{1}{r_{нас}}$$

- Если не очень повезло, то в справочнике будет напряжение коллектор эмиттер насыщения, измеренное при конкретном токе, тогда

- $$S_{кр} = \frac{I_{изм}}{U_{КЭнас}}$$

- Если не повезло и этих данных нет – ищите другой справочник или другой транзистор

Расчет коллекторной цепи

3. Определяем амплитуду переменного напряжения на нагрузке

$$U_{\text{н.кр}} = \xi_{\text{кр}} E_{\text{п}}$$

4. Определяем амплитуду первой гармоники коллекторного тока

$$I_{\text{к1}} = \frac{2P_{\text{треб}}}{U_{\text{н.кр}}}$$

Расчет коллекторной цепи

5. Определяем амплитуду импульса коллекторного тока

$$I_m = \frac{I_{к1}}{\alpha_1}$$

6. Определяем постоянную составляющую коллекторного тока

$$I_{к0} = I_m \alpha_0$$

Вторая проверка

- Проверяем, чтобы максимально допустимый импульсный ток коллектора был меньше амплитуды импульса коллекторного тока.
- Если это условие не соблюдается – выбираем другой транзистор!

Расчет коллекторной цепи

7. Определяем мощность, потребляемую от источника питания

$$P_0 = I_{к0} E_{\Pi}$$

8. Определяем мощность, рассеиваемую на коллекторе транзистора

$$P_{\text{рас}} = P_0 - P_1 < P_{\text{доп}}$$

Третья проверка

- Проверяем, чтобы мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора была меньше максимально допустимой.
- Если это условие не соблюдается – выбираем другой транзистор!

Расчет коллекторной цепи

7. Определяем выходное сопротивление ГВВ

$$R_{н.кр} = \frac{U_1}{I_1}$$

8. Определяем коэффициент полезного действия

$$\eta = 0,5 \frac{\alpha_1}{\alpha_0} \xi_{кр}$$

Расчет базовой цепи

1. Определяем амплитуду входного напряжения

$$U_{\text{ВХ}} = \frac{I_m}{S_{\text{кр}} (1 - \cos(\theta))}$$

2. Определяем напряжение смещения

$$E_{\text{см}} = E_{\text{отс}} - U_{\text{ВХ}} \cos(\theta) = 0,7 - U_{\text{ВХ}} \cos(\theta)$$

Расчет базовой цепи

1. Определяем время дрейфа $t_{др}$ носителей через базу

$$t_{др} = \frac{1}{\omega_T} = \frac{1}{2\pi f_T}$$

2. Определяем угол дрейфа $\varphi_{др}$ (сдвиг фазы между током и напряжением в коллекторной цепи)

$$\varphi_{др} = 360 f_{др} t_{др}$$

Четвертая проверка

- Если угол дрейфа не должен быть больше, чем $(10...12)^{\circ}$.
- Если это условие не соблюдается – выбираем другой, более высокочастотный транзистор транзистор!

Расчет базовой цепи

3. Определяем угол отсечки базового и эмиттерного токов

$$\theta_{\text{э}} = \theta_{\text{б}} = \theta_{\text{вх}} = \theta - 0,5 \cdot \varphi_{\text{др}}$$

4. Определяем коэффициенты Берга для полученных углов отсечки базового и эмиттерного токов $\alpha_{1\text{э}} = \alpha_{1\text{б}}$, $\alpha_{0\text{э}} = \alpha_{0\text{б}}$

Расчет базовой цепи

5. Определяем постоянную составляющую базового тока

$$I_{\text{б0}} = \frac{I_{\text{к0}}}{\beta_0} = \frac{I_{\text{к0}}}{h_{21\text{э}}}$$

6. Определяем амплитуду импульса базового тока

$$I_{\text{бm}} = \frac{I_{\text{б0}}}{\alpha_{0\text{б}}}$$

Расчет базовой цепи

7. Определяем амплитуду первой гармоники базового тока

$$I_{\bar{b}1} = I_{\bar{b}m} \alpha_{1\bar{\alpha}}$$

8. Определяем требуемую входную мощность

$$P_{\text{вх}} = \frac{1}{2} I_{\bar{b}1} U_{\text{вх}}$$

9. Определяем коэффициент передачи по мощности

$$K_p = \frac{P_{1\text{треб}}}{P_{\text{вх}}}$$

Расчет закончен!

- Далее нужно определить входное сопротивление ГВВ, но это тема следующей лекции.