

# 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)  $\theta$  — угол отсечки.

- Необходимо по заданным значениям  $P_1$ ,  $f_p$ ,  $E_n$  и  $\theta$  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  $\beta$  уменьшается в раз);

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

по току в схеме с ОЭ ( $\beta_{min}$ ,

$\beta_{max}$  — 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  $\beta$  — 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:

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

$$K_p', f', E_k', P'$$

- где  $K_p', f', E_k', P'$  — 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  $\theta$  определяются значения коэффициентов Берга  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$ .
2. Коэффициент использования источника питания

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



# 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

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

6. Определяем амплитуду импульса базового тока

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

# 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.