

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО РАДИОТЕХНИКЕ

№28 Усилитель на биполярных транзисторах

выполнил студент Б04-852 группы ФЭФМ

Яромир Водзяновский

Задание: На заданных значениях:

$$R_k = 3.9 \text{ кОм}, I_k = 2.5 \text{ мА}, C_6 = 200 \text{ нФ}, U_{\Pi} = 10 \text{ В}$$

рассчитаем, соберем и исследуем указанные схемы, измеряя совокупность параметров:

$$U_{\text{вых.макс}}, K_u, K_e, R_{\text{вх}}, f_n, f_v \quad (1)$$

НЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

1. Соберем схему (рис. 1), установим $R_6 = \hat{R}_6 \approx 200 \cdot R_k$, чтобы ток I_k равнялся заданному \hat{I}_k . Измерим $U_{кэ}$ и $U_{бэ}$. Найдем $h_{21э}$.

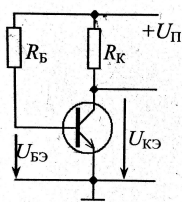


Рис. 1: Схема 1

- (a) Измеренные значения напряжений:

$$U_{кэ} \approx 6.13 \text{ В} \quad U_{бэ} \approx 0.64 \text{ В}$$

- (b) Определим I_k и I_6 измерив падение напряжения и зная сопротивление:

$$I_k \approx 1.5 \text{ мА} \quad I_6 \approx 11.4 \text{ мкА}$$

- (c) Посчитаем $h_{21э}$ по следующей формуле:

$$h_{21э} = I_k / I_6 \approx 131$$

- (d) Определим R_6 и сравним с данным значением:

$$R_6 = h_{21э}(U_{\Pi} - U_{бэ}) / \hat{I}_k \approx 492 \text{ кОм}$$

2. Соберем схему (рис. 2). Для нестабилизированного усилителя с $R_{\text{и}} \approx R_k$ определим параметры (1) при $R_6 = \hat{R}_6$ и при $R_6 = 2 \cdot \hat{R}_6$

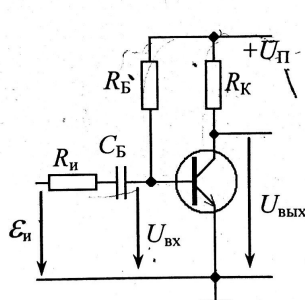


Рис. 2: Схема 2

- $R_6 = \hat{R}_6 = 492 \text{ кОм}$

- (a) Измерим $U_{\text{вых.макс}}$, $U_{\text{вх}}$:

$$U_{\text{вых.макс}} = 13.9 \text{ В} \\ U_{\text{вх}} = 1.7 \text{ В}$$

- (b) Определим K_u , K_e :

$$K_u = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = 8.3 \quad K_e = U_{\text{ВЫХ}}/E_u = 7$$

(с) Определим $R_{\text{ВХ}}$:

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} R_u}{\Delta U_{R_u}} \approx 15 \text{ кОм}$$

(d) Верхняя и нижняя пороговые частоты определяются исходя из падения амплитуды сигнала в ≈ 0.7 раз:

$$f_{\text{Н}} \approx 330 \text{ Гц} \quad f_{\text{В}} \approx 1 \text{ МГц}$$

• $R_6 = 2 \cdot \hat{R}_6 = 820 \text{ кОм}$

(a) Измерим $U_{\text{ВЫХ.МАКС}}$, $U_{\text{ВХ}}$:

$$U_{\text{ВЫХ.МАКС}} = 13.3 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВХ}} = 1.8 \text{ В}$$

(b) Определим K_u , K_e :

$$K_u = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = 7.4 \quad K_e = U_{\text{ВЫХ}}/E_u = 6.7$$

(с) Определим $R_{\text{ВХ}}$:

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} R_u}{\Delta U_{R_u}} \approx 28 \text{ кОм}$$

(d) Верхняя и нижняя пороговые частоты определяются исходя из падения амплитуды сигнала в ≈ 0.7 раз:

$$f_{\text{Н}} \approx 8 \text{ Гц} \quad f_{\text{В}} \approx 1.4 \text{ МГц}$$

3. Соберем схему (рис. 3). Определим параметры (1) нестабилизированного усилителя с внешней нагрузкой $R_{\text{Н}} \approx R_k$ при $R_6 = \hat{R}_6$ и $C_9 \geq 100 \text{ мкФ}$.

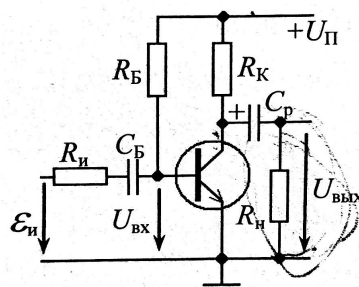


Рис. 3: Схема 3

(a) Измерим $U_{\text{ВЫХ.МАКС}}$, $U_{\text{ВХ}}$:

$$U_{\text{ВЫХ.МАКС}} = 0.69 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВХ}} = 0.11 \text{ В}$$

(b) Определим K_u , K_e :

$$K_u = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = 6.27 \quad K_e = U_{\text{ВЫХ}}/E_u = 4.92$$

(с) Определим $R_{\text{ВХ}}$:

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} R_u}{\Delta U_{R_u}} \approx 14 \text{ кОм}$$

(d) Верхняя и нижняя пороговые частоты определяются исходя из падения амплитуды сигнала в ≈ 0.7 раз:

$$f_{\text{Н}} \approx 42 \text{ Гц} \quad f_{\text{В}} \approx 600 \text{ кГц}$$

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

4. Соберем схему (рис. 4). Выберем $R_3 = 910 \text{ Ом}$, $R_2 = 6,8 \text{ кОм}$. Будем подбирать R_1 из условия получения заданного тока коллектора \hat{I}_k . Измерить U_6 , U_3 , U_k относительно земли.

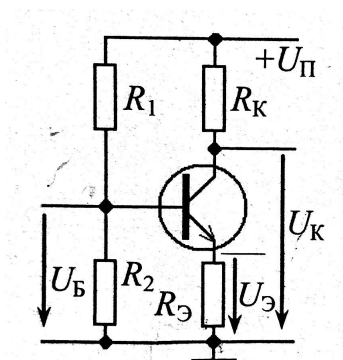


Рис. 4: Схема 4

- (а) Условие получения заданного тока коллектора:

$$I_k \approx (U_6 - U_{63})/R_3$$

В нашем случае будем подбирать R_1 так, чтобы выполнилось условие:

$$(U_6 - U_{63}) \approx 1.365 \text{ В}$$

- (b) Получим нужное сопротивление:

$$R_1 = 3.6 \text{ кОм}$$

- (с) Измерим напряжения:

$$U_6 = 1.97 \text{ В}, \quad U_3 = 1.32 \text{ В}, \quad U_k = 1.4 \text{ В}$$

ДАЛЕЕ БУДЕТ ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ $U_{\Pi} = 5 \text{ В}$

5. Соберем схему (рис. 5). Для данной схемы $C_3 \geq 100 \text{ мкФ}$ определим параметры (1) при $R_{\text{и}} \approx R_k$.

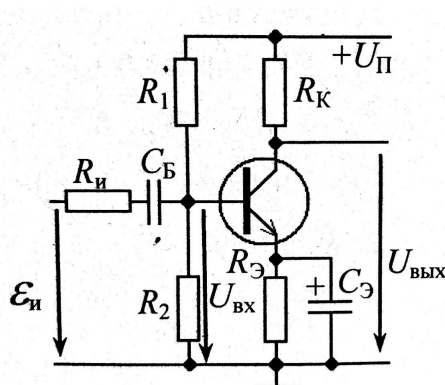


Рис. 5: Схема 5

- (а) Измерим $U_{\text{ВЫХ.макс}}$, $U_{\text{ВХ}}$:

$$U_{\text{ВЫХ.МАКС}} = 0.173 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВХ}} = 0.025 \text{ В}$$

$$E_u \approx 0.314 \text{ В}$$

(b) Определим K_u , K_e :

$$K_u = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = 6.92 \quad K_e = U_{\text{ВЫХ}}/E_u = 0.5$$

(c) Определим $R_{\text{ВХ}}$:

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}} R_u}{\Delta U_{R_u}} \approx 337.4 \text{ Ом}$$

(d) Верхняя и нижняя пороговые частоты определяются исходя из падения амплитуды сигнала в ≈ 0.7 раз:

$$f_{\text{Н}} \approx 370 \text{ Гц} \quad f_{\text{В}} \approx 590 \text{ кГц}$$

6. Работаем с предыдущей схемой (рис. 5). Подадим на вход усилителя прямоугольные колебания с периодом T и пронаблюдаем выходной сигнал при $T \approx 15 \cdot \frac{1}{2\pi f_{\text{Н}}}$ и при $T \approx 15 \cdot \frac{1}{2\pi f_{\text{В}}}$.

Как мы знаем сигнал затухает экспоненциально:

$$U \sim e^{-t/\tau} \quad (2)$$

Тогда прологарифмировав отношения для двух точек:

$$\tau = \frac{|t_1 - t_2|}{\ln \frac{U_2}{U_1}} \quad (3)$$

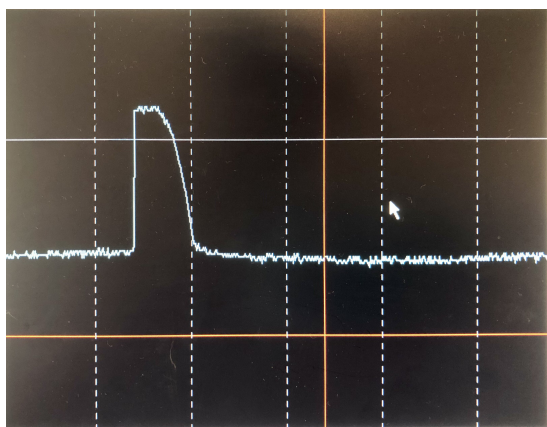


Рис. 6: Сигнал на осциллографе при нижней частоте

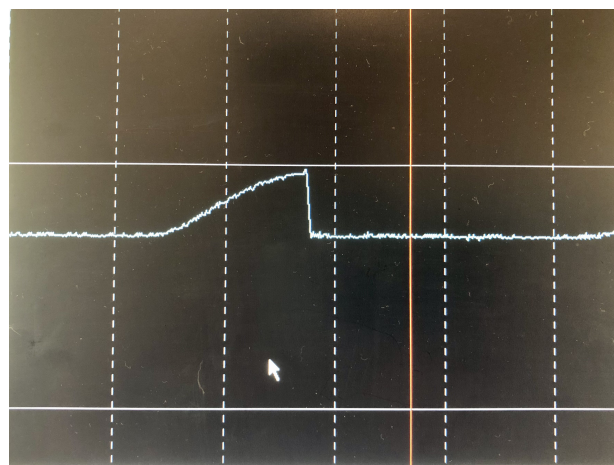


Рис. 7: Сигнал на осциллографе при высокой частоте

- $T \approx 15 \cdot \frac{1}{2\pi f_{\text{Н}}}$, $\nu_{\text{Н}} \approx 153.8 \text{ Гц}$

По формуле (3) выберем 2 точки с графика на рис. 6:

$$\tau_{\text{Н}} \approx 0.42 \text{ с}$$

- $T \approx 15 \cdot \frac{1}{2\pi f_{\text{В}}}$, $\nu_{\text{В}} \approx 250 \text{ кГц}$

По формуле (3) выберем 2 точки с графика на рис. 7:

$$\tau_{\text{В}} \approx 20.6 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

7. Соберем схему (рис. 8). Определим параметры (1) в стабилизированном усилителе с $C_{\text{э}} = 0$.

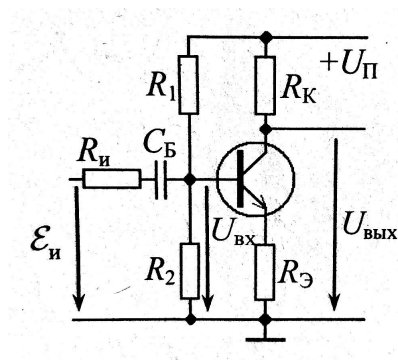


Рис. 8: Схема 6

(а) Измерим $U_{\text{вых.макс}}$, $U_{\text{вх}}$:

$$U_{\text{вых.макс}} = 45 \text{ мВ}$$

$$U_{\text{вх}} = 46 \text{ мВ}$$

$$E_u \approx 320 \text{ мВ}$$

(b) Определим K_u , K_e :

$$K_u = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} \approx 1 \quad K_e = U_{\text{вых}}/E_u \approx 0.14$$

(с) Определим $R_{\text{вх}}$:

$$R_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}} R_u}{\Delta U_{R_u}} \approx 654 \text{ Ом}$$

(d) Верхняя и нижняя пороговые частоты определяются исходя из падения амплитуды сигнала в ≈ 0.7 раз:

$$f_{\text{н}} \approx 148 \text{ Гц} \quad f_{\text{в}} \approx 5.8 \text{ МГц}$$

Выводы:

1. Собраны и изучены схемы нестабилизированного и стабилизированного усилителей.
2. Определены коэффициенты транзистора на экспериментальных данных, значения попадают в реальные значения.
3. Определены граничные частоты для транзистора.
4. В ходе работы происходила замена рабочего месат, ввиду чего есть различия в снятых данных, также получились сильно отклоняющиеся от действительности значения для коэффициента усиления.