

Лекция 3

Схема с общим коллектором - эмиттерный повторитель

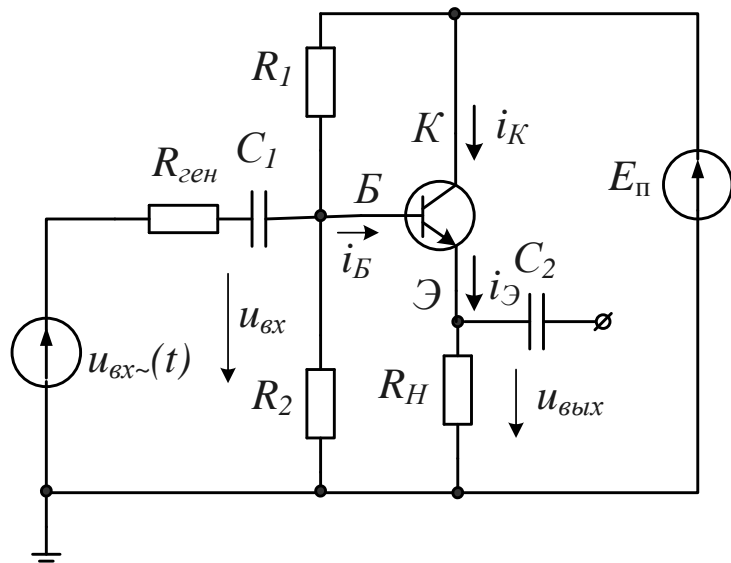
Коллектор по переменной составляющей соединен с общей точкой сигнала $u_{ex\sim}(t)$. Выходной сигнал $u_{вых}(t)$ снимают с сопротивления в эмиттере. Он практически точно повторяет входной сигнал.

Исходные данные:

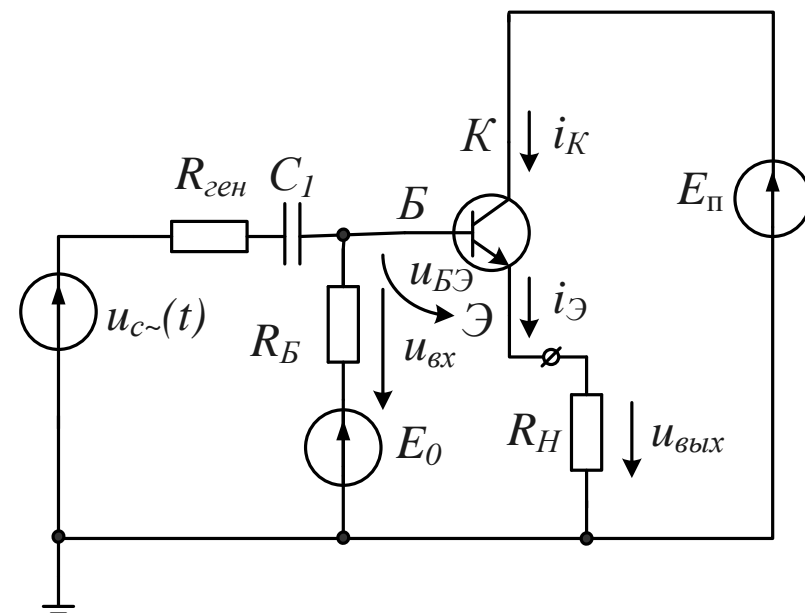
$$E_{\Pi} = E_K = 10B, R_1 = R_2 = 10 \text{ кОм},$$

$$R_H = 500 \text{ Ом}, R_{ГЕН} = 500 \text{ Ом},$$

$$u_c(t) = E_m \sin \omega t, E_m = 50 \text{ мВ}$$



Расчетная эквивалентная схема



Рабочую точку выбирают на крутом участке входной характеристики. Дифференциальное сопротивление $R_{\text{диф.БЭ}} = \frac{\Delta U_{\text{БЭ}}}{\Delta I_{\text{Б}}}$ для транзистора BC140 было определено и равно 529 Ом, $R_H = 500 \text{ Ом}$.

Рассмотрим приращение входного напряжения:

$$\begin{aligned}\Delta u_{\text{вх}} &= \Delta u_{\text{БЭ}} + \Delta u_{\text{ВЫХ}} = R_{\text{диф.БЭ}} \Delta i_{\text{Б}} + R_H \Delta i_{\text{Э}} = \\ &= R_{\text{диф.БЭ}} \Delta i_{\text{Б}} + R_H (\beta + 1) \Delta i_{\text{Б}}.\end{aligned}$$

$$\Delta u_{\text{вых}} = R_H (\beta + 1) \Delta i_{\text{Б}}.$$

Получим:

$$\Delta u_{\text{вх}} = R_{\text{диф.БЭ}} \Delta i_{\text{Б}} + R_H (\beta + 1) \Delta i_{\text{Б}} \approx R_H (\beta + 1) \Delta i_{\text{Б}} = \Delta u_{\text{вых}},$$

так как $R_{\text{диф.БЭ}} = 529 \text{ Ом}$, $R_H (\beta + 1) = 500 \cdot 131 = 65,5 \text{ кОм}$.

Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_U = \frac{\Delta u_{\text{вых}}}{\Delta u_{\text{вх}}} = \frac{R_H (\beta + 1)}{R_{\text{диф.БЭ}} + R_H (\beta + 1)} \approx 1.$$

Входное сопротивление:

$$R_{вх} = \frac{\Delta u_{вх}}{\Delta i_B} = R_{диф.БЭ} + R_H(\beta + 1) \approx 66 \text{ кОм}.$$

Выходное сопротивление:

$$R_{вых} = \left| \frac{\Delta u_H}{\Delta i_H} \right|, e_c = const, E_0 = const.$$

Для приращений напряжений: $\Delta i_B R_{ГЕН} + \Delta i_B R_{диф.БЭ} + \Delta u_H = 0$,
так как $e_c = const$.

$$|\Delta u_H| = \Delta i_B (R_{ГЕН} + R_{диф.БЭ}) = \frac{\Delta i_{\mathcal{E}}}{\beta + 1} (R_{ГЕН} + R_{диф.БЭ}).$$

$$\text{Получим: } R_{вых} = \left| \frac{\Delta u_H}{\Delta i_H} \right| = \frac{\Delta i_{\mathcal{E}} (R_{ГЕН} + R_{диф.БЭ})}{\Delta i_{\mathcal{E}} (\beta + 1)} \approx \frac{R_{ГЕН}}{\beta}.$$

Обычно $R_{ГЕН} > R_{диф.БЭ}$.

Вывод: Эмиттерный повторитель имеет большое входное сопротивление и малое выходное сопротивление.

Пример расчета эмиттерного повторителя

Для аналогичной входной цепи усилителя ранее были получены параметры эквивалентного генератора: $E_{ЭКВ} = E_0 = 5В, R_B = 5кОм$.

Графический расчет режима покоя.

Найти $i_{B0}, u_{БЭ0}, i_{Э0}, u_{КЭ0}, u_{H0}$,

1. Для входной цепи в режиме покоя:

$$E_0 = i_{B0}R_B + i_{B0}R_{диф.БЭ} + i_{B0}R_H(\beta + 1).$$

$$i_{B0} = \frac{E_0 - u_{БЭ0}}{R_B + R_H(\beta + 1)} = \frac{5 - 0,6}{5 \cdot 10^3 + 500(130 + 1)} =$$

$$\frac{4,4}{5 \cdot 10^3 + 65500} = 62 \mu A.$$

По входной ВАХ находим $u_{БЭ0}$.

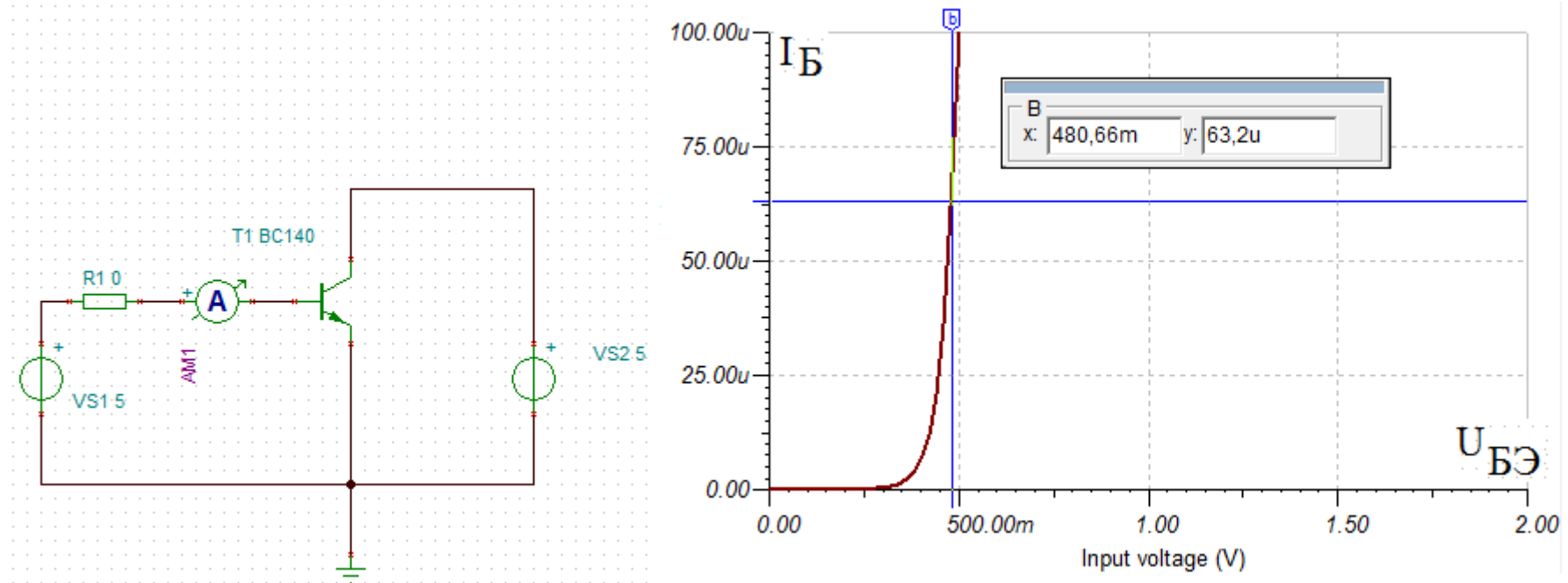


Рис.2.35

$$u_{BЭ0} = 480 мВ.$$

2. Для выходной цепи в режиме покоя:

Строим нагрузочную прямую, отсекающую отрезки по осям:

$$u_{KЭ} = 10 В; I_K = \frac{E_K}{R_H} = 20 мА.$$

Находим рабочую точку при $i_{B0} = 62 мкА$.

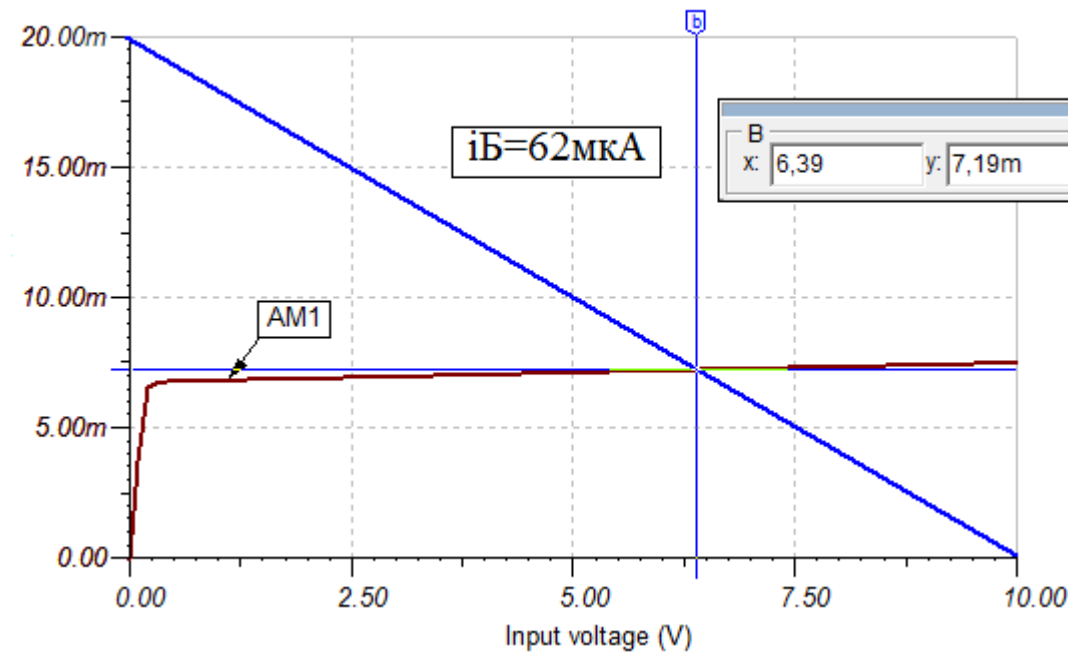
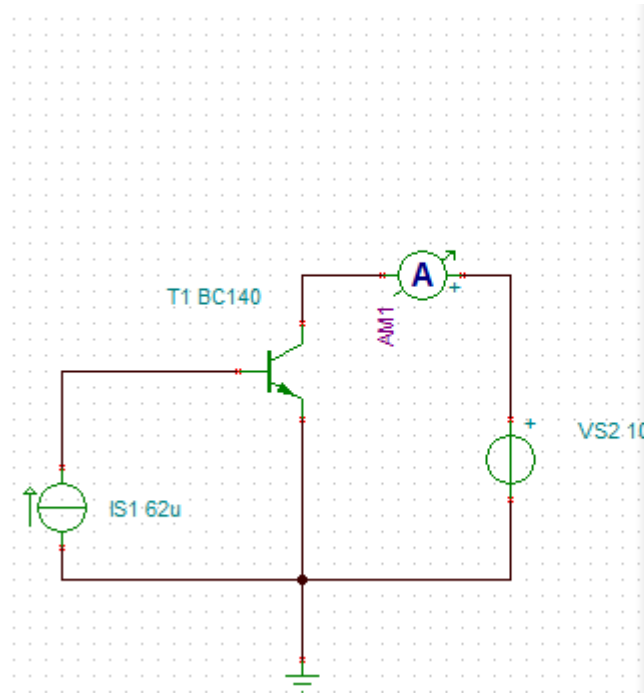
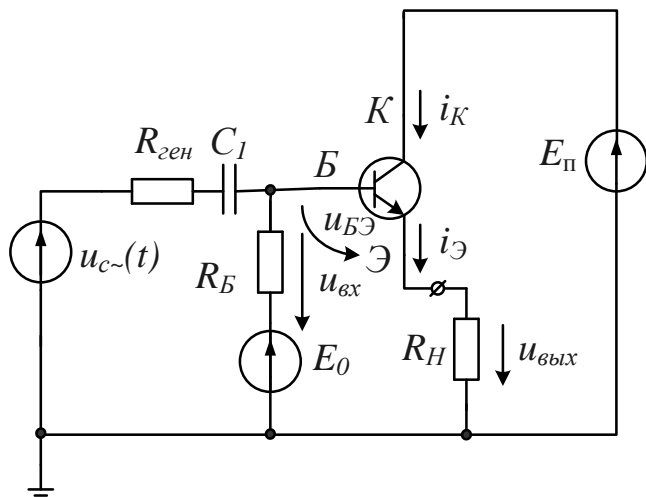


Рис.2.36

Получили:

$$u_{KЭ0} = 6,59 В, i_{K0} = 6,94 мА, u_{H0} = 3,41 В, i_{Э0} = i_{K0} + i_{B0} \approx 7 мА.$$

Выполним моделирование:



$$u_{B\text{ЛX}} = u_c K_{\text{ex}} K_U =$$

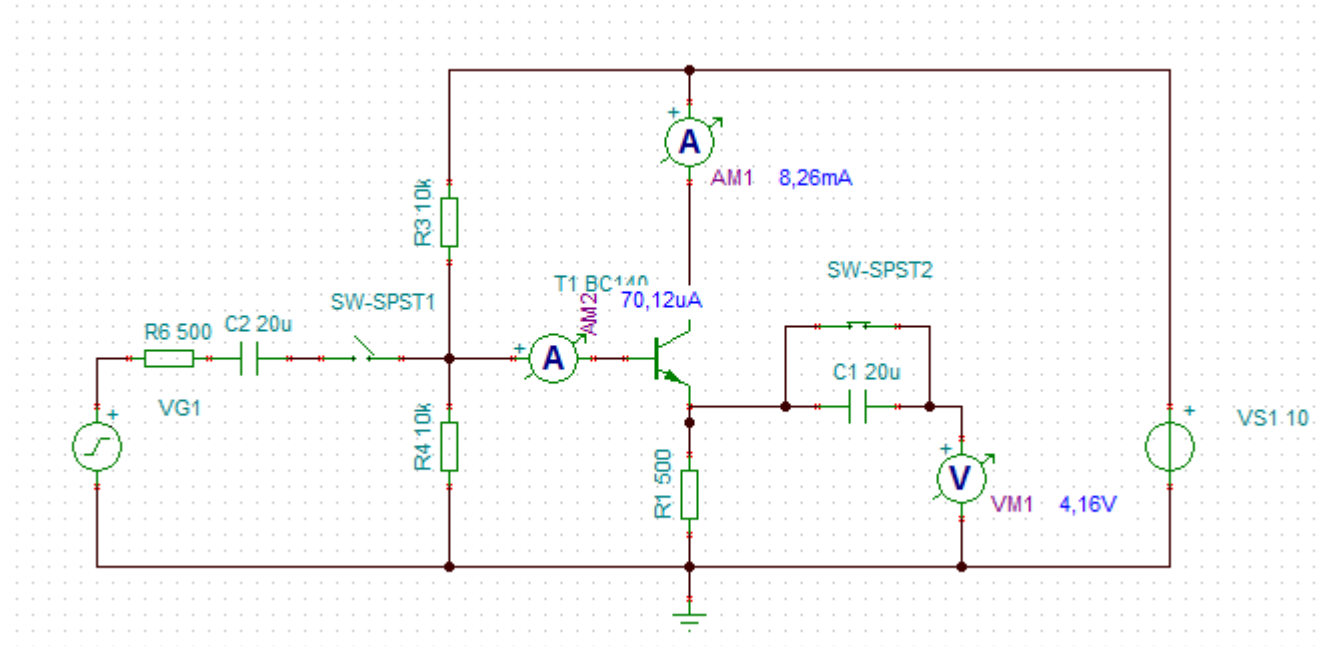


Рис.2.37

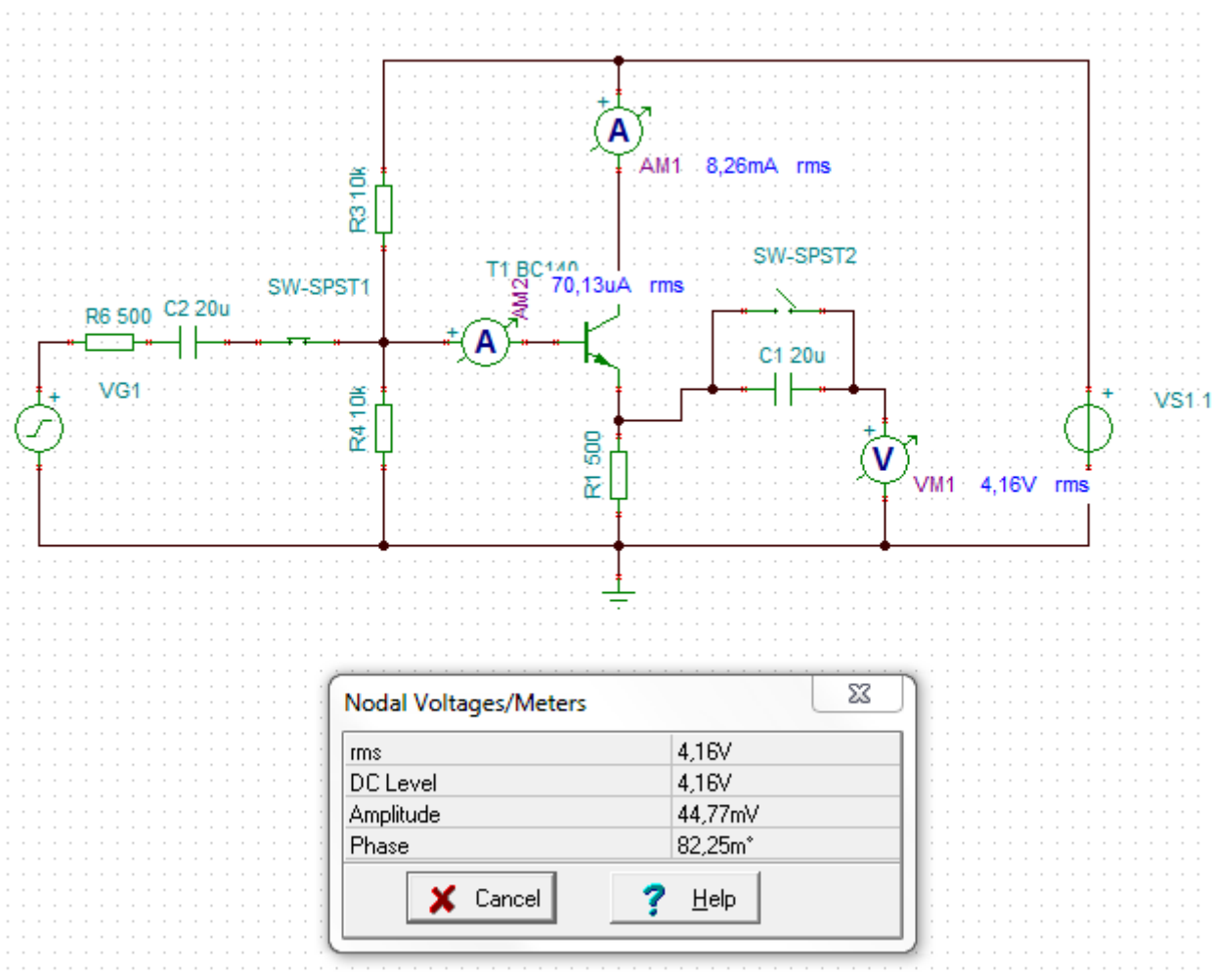
Коэффициент усиления ЭП по напряжению с учетом входной цепи

Считаем $X_C \ll R_{ГЕН}$.

$$K_{\text{ex}} = \frac{u_{\text{ex}}}{u_c} \approx \frac{R_B}{R_{ГЕН} + R_B} = \frac{5000}{5500} = 0,909$$

$$= 50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,909 \cdot 1 = 45,45 \text{ мВ}.$$

Выполним моделирование эмиттерного повторителя по схеме рис.4.5:



Двухтактный эмиттерный повторитель

Используют комплементарные транзисторы (различный тип проводимости с близкими параметрами)

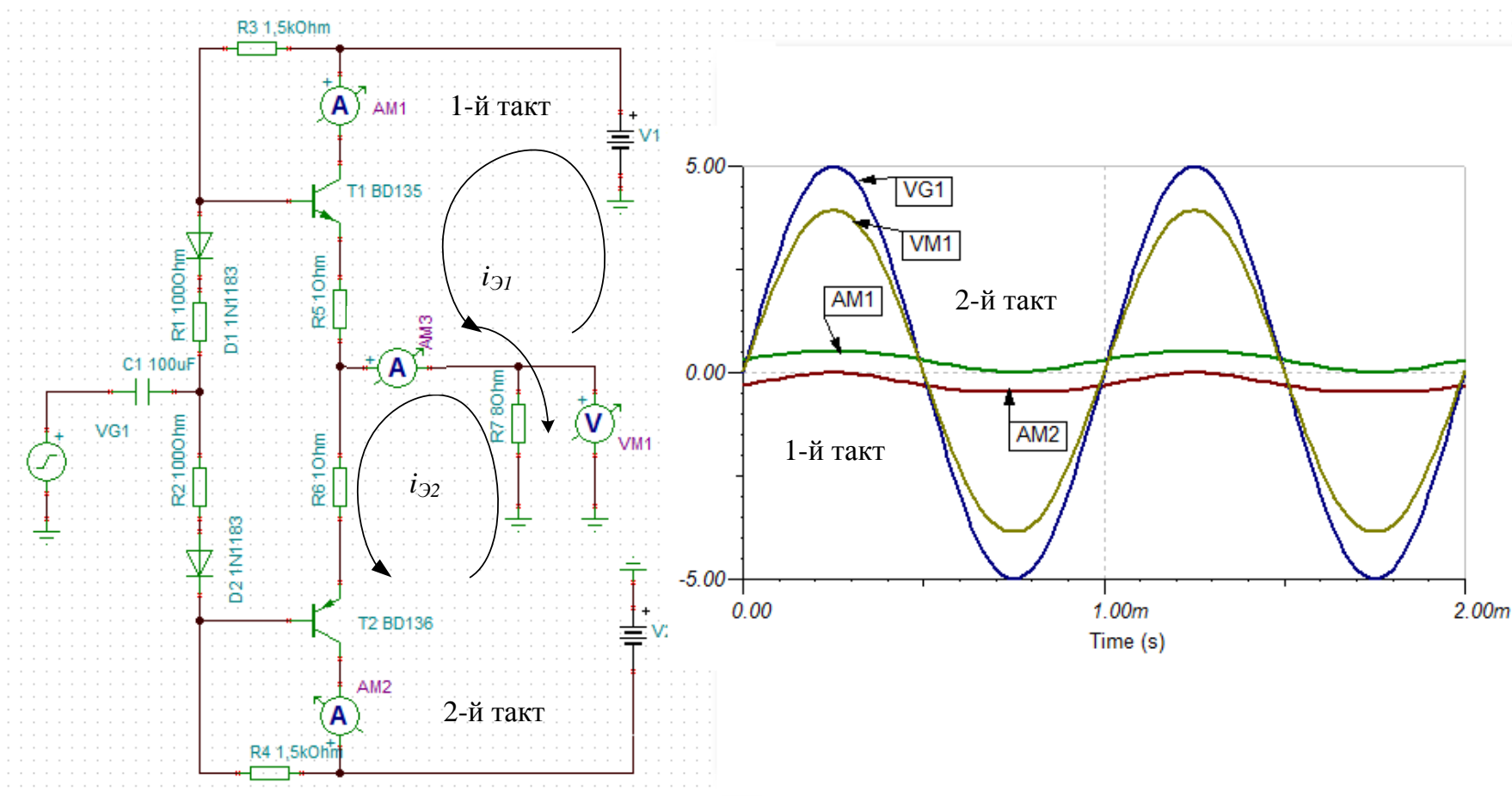
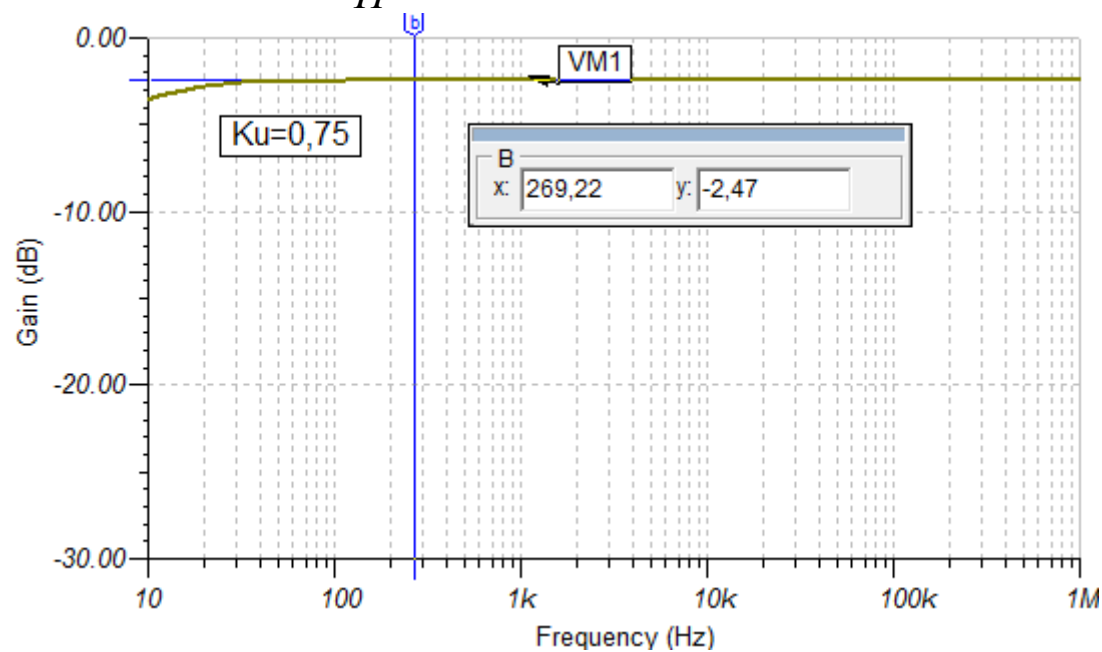
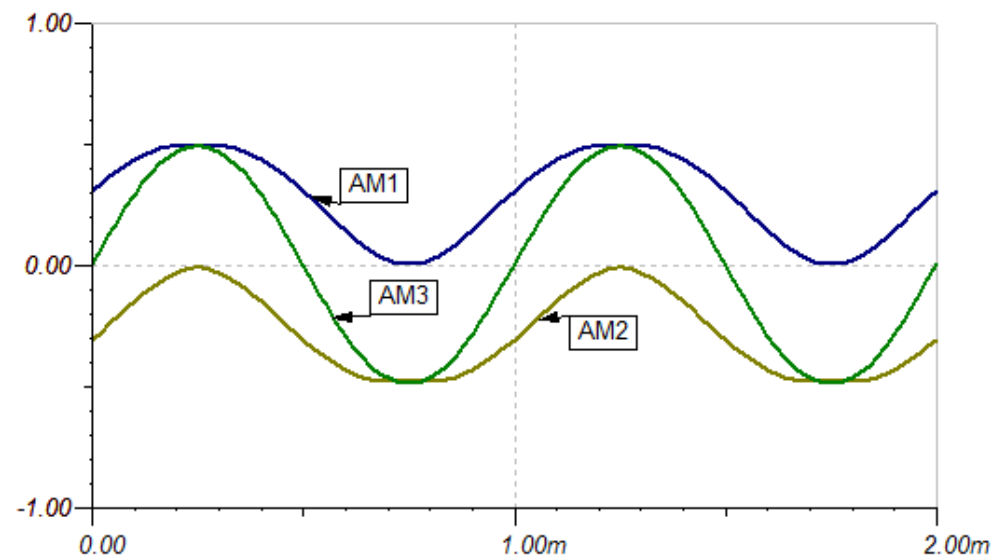


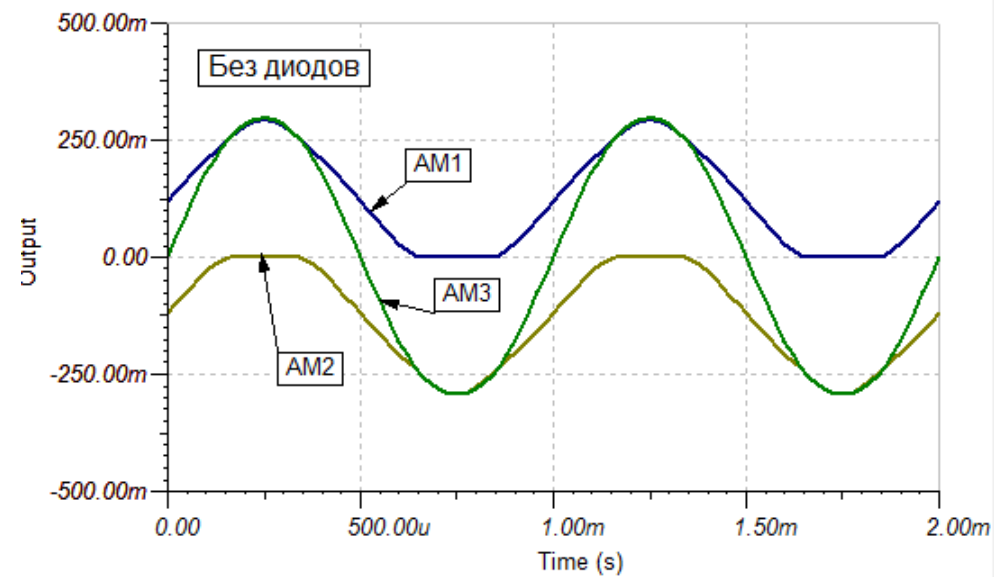
Рис.2.38

$$P = \frac{U_m^2}{2R_H} = \frac{3,75^2}{2 \cdot 8} = 0,87 \text{ Bm}$$





Класс АВ



Класс В

Усилитель мощности с двухтактным выходом

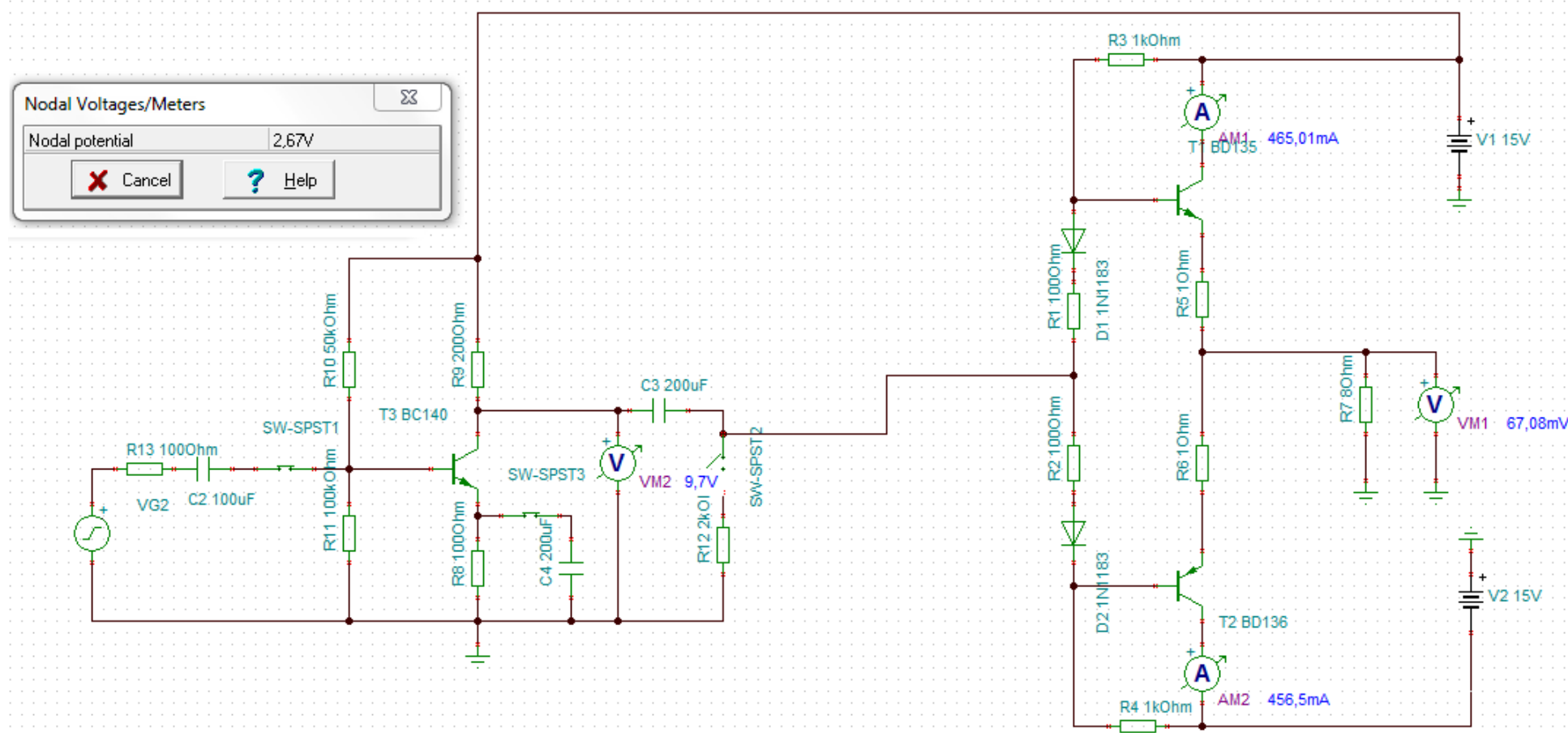


Рис.2.39

$$P_{\text{вх}} = \frac{U_{m2}^2}{2R_9} = \frac{1,5^2}{2 \cdot 200} = 5,6 \text{ мВт}$$

$$P_{\text{вых}} = \frac{U_{m1}^2}{2R_7} = \frac{1,26^2}{2 \cdot 8} = 99 \mu\text{Вт}, \quad K_P = \frac{99}{5,6} = 17,6$$

