

Цель работы: изучить, как влияют различные способы включения биполярного транзистора и величина сопротивления нагрузки на свойства усилительного каскада.

Перечень приборов, использованных в экспериментах: источник постоянного напряжения, источник переменного напряжения, резисторы, конденсаторы, транзистор, амперметры, вольтметры, ключи, осциллограф, плоттер.

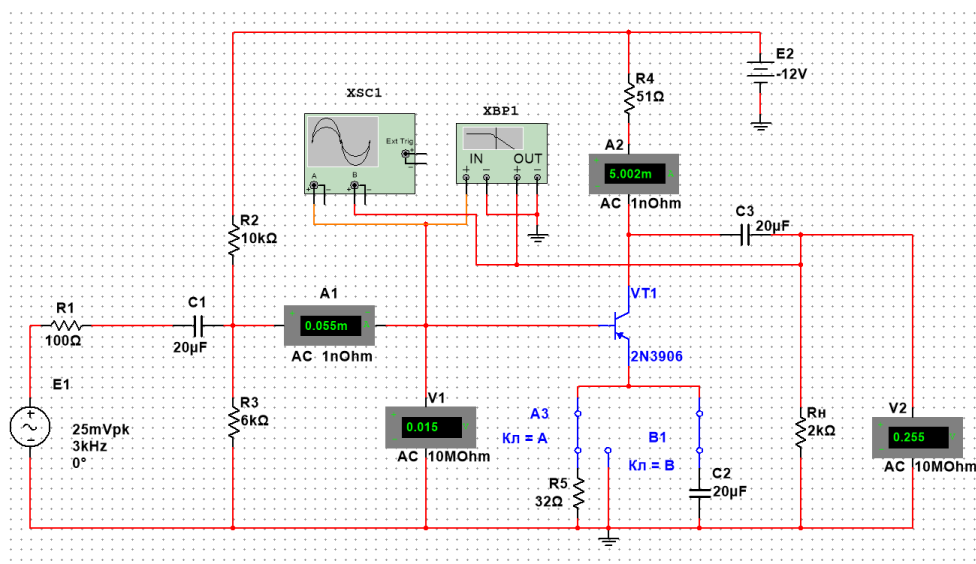


Рисунок 1 - схема усилительного каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером

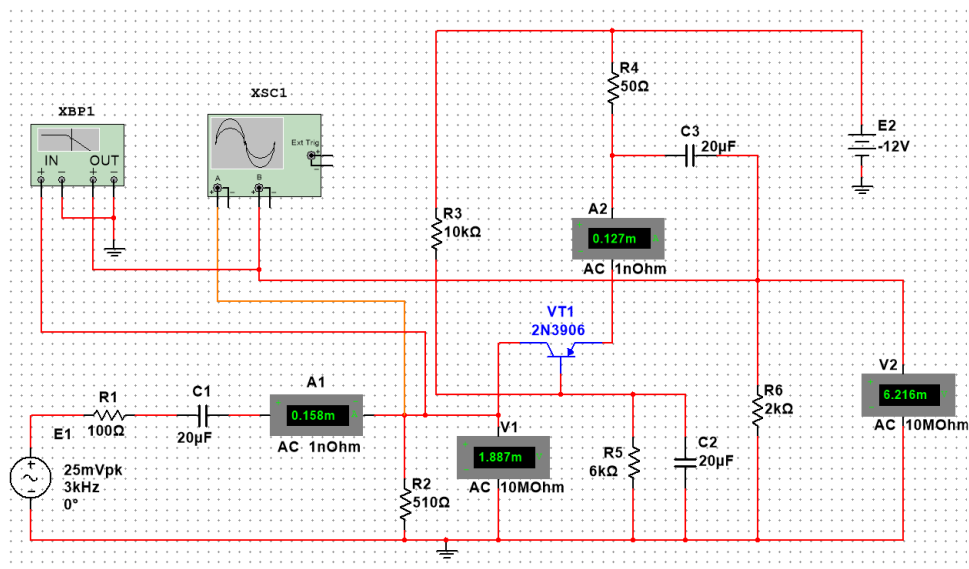


Рисунок 2 - схема усилительного каскада на биполярном транзисторе с общей базой

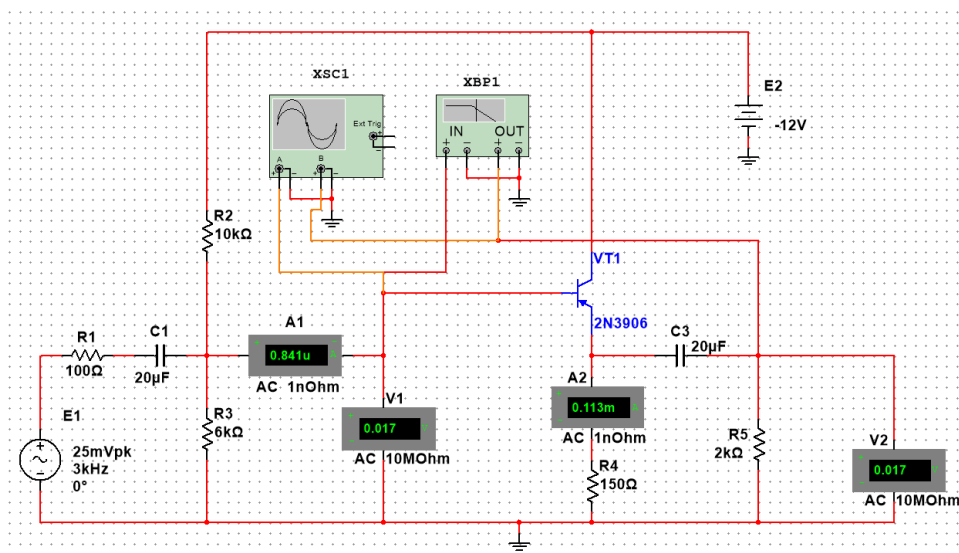


Рисунок 3 - схема усилительного каскада на биполярном транзисторе с общим коллектором

Параметр	Схема включения транзистора					
	ОЭ		ОБ		ОК	
R _{ВХ}	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	397	272,7	4,6	11,94	14844	20214
K _i	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	95	90,95	0,98	0,804	96	134,4
K _u	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	10,9	17	10,7	3,29	0,97	1
R _{ВЫХ}	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.	Теор.	Экспер.
	234	51	50	48,94	122	150,4

Расчеты:

Задание 1 (схема с ОЭ):

1. Определяем среднее значение параметра $h_{21э}$:

$$h_{21э} = \sqrt{h_{21э \min} * h_{21э \max}} = \sqrt{30 * 300} \approx 95.$$

2. Определяем значение параметра $h_{11э}$:

$$r_{б'э} = \tau_k / C_k = 500 / 4.5 \approx 111 \text{ (Ом)}$$

$$r_{б'э} = (1 + h_{21э}) / (I_{ko} * \gamma) = (1 + 95) * 26 / 7.5 \approx 333 \text{ (Ом)}$$

$$h_{11э} = r_{6'} + r_{6э} = 111 + 333 = 444 \text{ (Ом)}$$

3. Определим расчетное значение входного сопротивления усилительного каскада с учетом сопротивлений R_{61} и R_{62} :

$$R_{вх} = \frac{R_{61} * h_{11э}}{R_{61} + h_{11э}} = \frac{3750 * 444}{444 + 3750} \approx 397 \text{ Ом, где}$$

$$R_{61} = \frac{R_{61} * R_{62}}{R_{61} + R_{62}} = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 * 6}{10 + 6} = 3.75 \text{ (кОм)}$$

4. Определим значение выходного сопротивления транзистора усилительного каскада:

$$R_{вых} = R_{кэ} \left(1 + \frac{h_{21э} * r_{э}}{r_{э} + r_{6'}} \right) = 60 * \left(1 + \frac{95 * 3.5}{3.5 + 111} \right) \approx 234 \text{ (Ом), где}$$

$$r_{э} = \frac{\varphi_T}{I_{к0}} = \frac{26}{7.5} = 3.5 \text{ (Ом)}$$

5. Определим коэффициент усиления по напряжению K_u :

$$K_u = \frac{h_{21э} * R_k}{h_{11э}} = \frac{h_{21э} * R_4}{h_{11э}} = \frac{95 * 51}{444} \approx 10.9$$

6. Коэффициент усиления по току K_i для схемы с ОЭ составляет:

$$K_i = h_{21э} = 95.$$

7. Определим величину коэффициента усиления по мощности:

$$K_p = K_u * K_i = 10.9 * 95 = 1035.5.$$

Задание 2 (схема с ОБ):

1. Определим статический коэффициент усиления по току для схемы с ОБ:

$$h_{216} = \frac{h_{21э}}{1 + h_{21э}} = \frac{95}{96} \approx 0.99$$

2. Определим параметр h_{116} :

$$h_{116} = \frac{h_{11э}}{1 + h_{21э}} = \frac{444}{96} \approx 4.63 \text{ (Ом)}$$

3. Определим расчетное значение входного сопротивления усилительного каскада:

$$R_{BX} = \frac{h_{116} \cdot R_3 \cdot R_{61}}{R_{61} \cdot h_{116} + h_{116} \cdot R_3 + R_3 \cdot R_{61}} = \frac{h_{116} \cdot R_2 \cdot R_5}{R_5 \cdot h_{116} + h_{116} \cdot R_2 + R_2 \cdot R_5} =$$

$$= \frac{4.63 \cdot 510 \cdot 6000}{6000 \cdot 4.63 + 4.63 \cdot 510 + 510 \cdot 6000} = 4.6 \text{ (Ом)}$$

4. Определим значение выходного сопротивления транзистора усилительного каскада:

$$h_{226} = \frac{h_{223}}{1 - h_{123} + h_{213}} = \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{1 - 0.009 + 95} = 16 \cdot 10^{-6}$$

$$R_{ВЫХ} = \frac{R_K}{R_K \cdot h_{226} + 1} = \frac{R_4}{R_4 \cdot h_{226} + 1} = \frac{50}{50 \cdot 0.016 \cdot 10^{-3} + 1} = 50 \text{ (Ом)}$$

5. Коэффициент усиления усилителя по току K_i составляет:

$$K_i = \frac{R_3}{h_{116} + R_3} \cdot \frac{h_{216}}{1 + h_{226} \cdot R_K} = \frac{R_2}{h_{116} + R_2} \cdot \frac{h_{216}}{1 + h_{226} \cdot R_4} = \frac{510}{4.63 + 510} \cdot \frac{0.99}{1 + 0.016 \cdot 10^{-3} \cdot 50} = 0.98$$

6. Определим коэффициент усиления по напряжению K_u :

$$K_u = \frac{h_{216} \cdot R_K}{h_{116}} = \frac{0.99 \cdot 50}{4.63} = 10.7$$

7. Определим величину коэффициента усиления по мощности:

$$K_p = K_u \cdot K_i = 0.019 \cdot 109 = 2$$

Задание 3 (схема с ОК):

1. Коэффициент усиления по напряжению K_u составляет:

$$K_u = \frac{(1 + h_{213}) \cdot R_3}{h_{113} + (1 + h_{213}) \cdot R_3} = \frac{(1 + 95) \cdot 150}{444 + (1 + 95) \cdot 150} = 0.97$$

2. Определим коэффициент усиления по току K_i :

$$K_i = h_{21K} = (1 + h_{213}) = 96$$

3. Определим величину коэффициента усиления по мощности:

$$K_p = K_u \cdot K_i = 0.97 \cdot 96 = 93.12$$

4. Определим расчетное значение входного сопротивления усилителя:

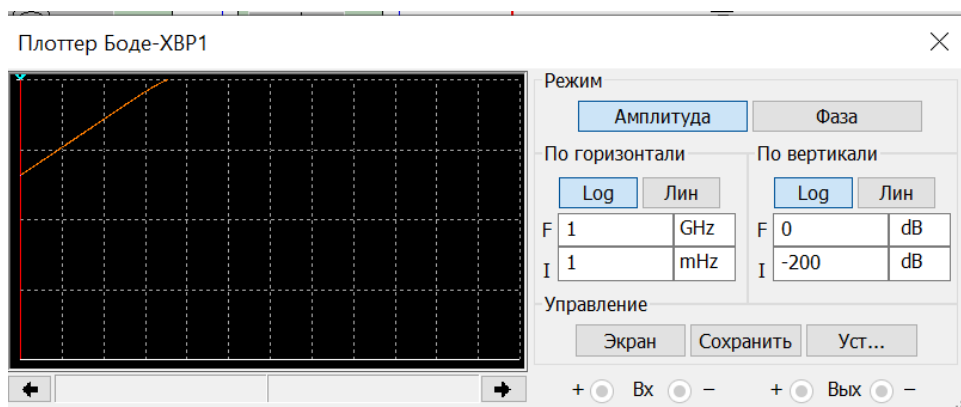
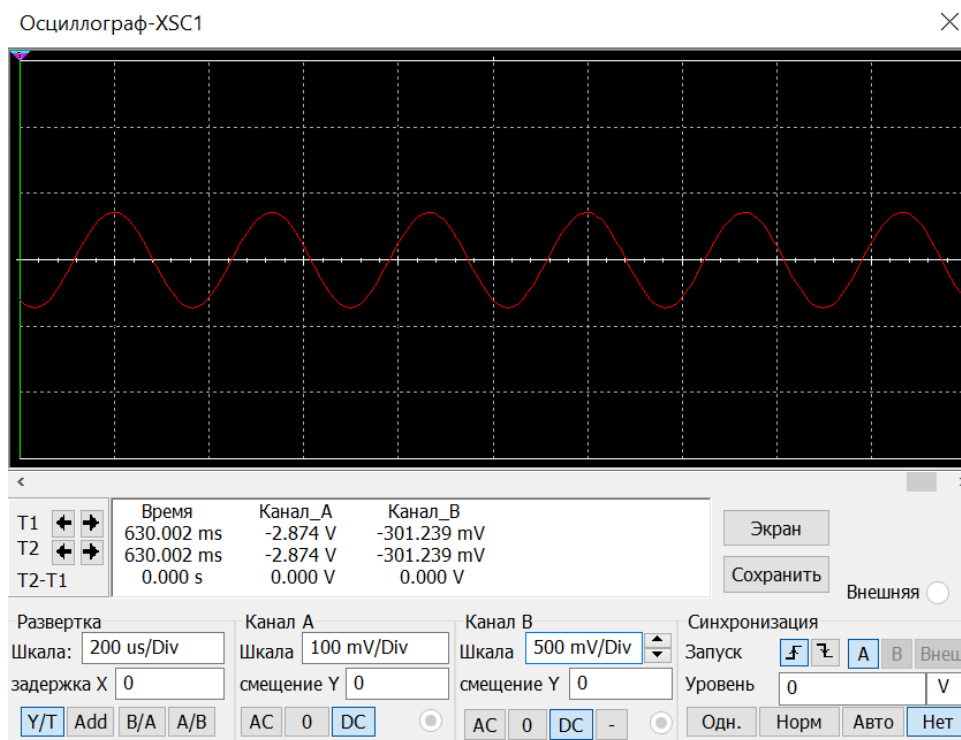
$$R_{BX} = h_{113} + (1 + h_{213}) \cdot R_3 = 444 + (1 + 95) \cdot 150 = 14844 \text{ (Ом)}$$

5. Определим расчетное значение выходного сопротивления усилителя (как параллельное соединение R_3 и $h_{22к}$, для транзистора 2N3906 $h_{22э} = h_{22к} = 1,5 \text{ мСим}$).

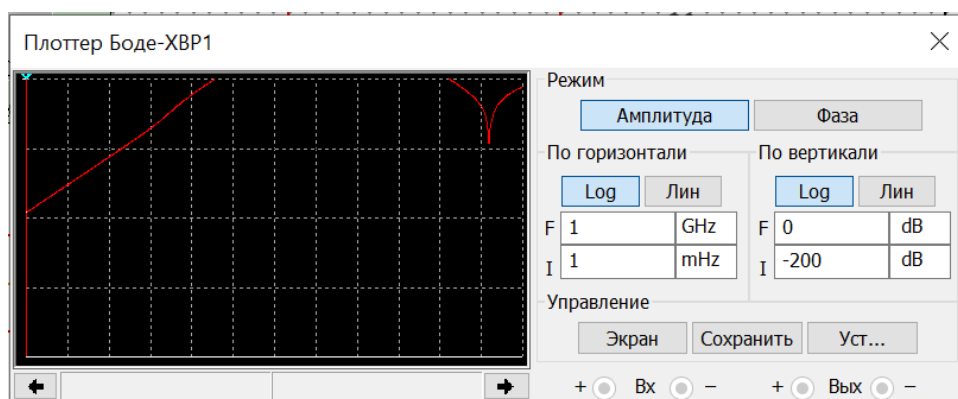
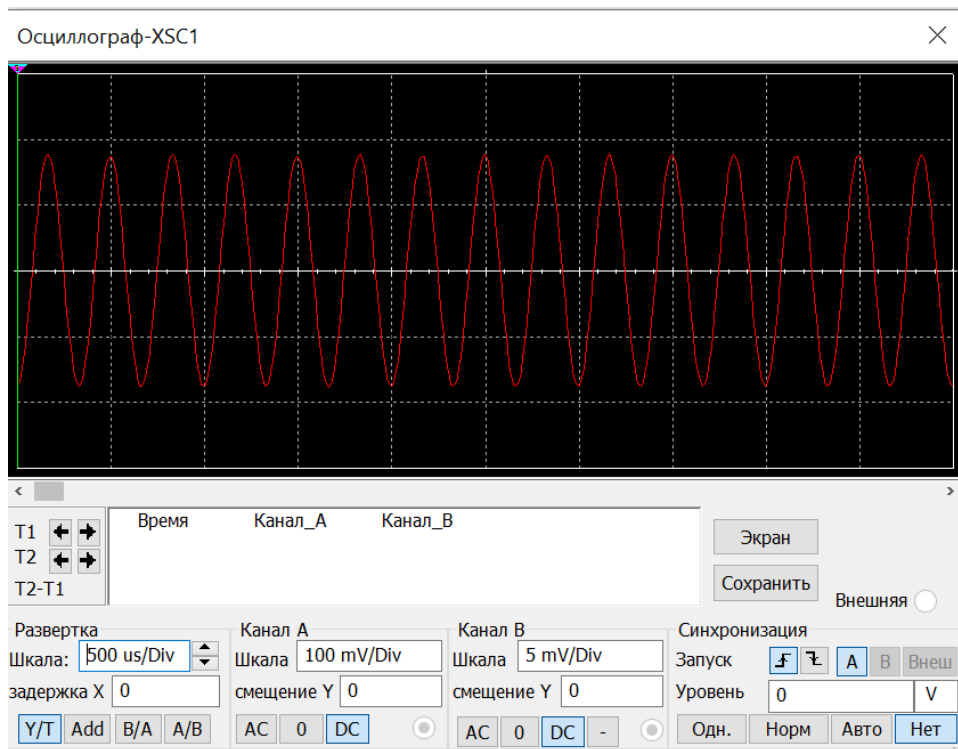
$$R_{\text{вых}} = \frac{R_3}{1 + R_3 + h_{22э}} = \frac{150}{1 + 150 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 122(\text{Ом})$$

Графики амплитудно-частотных характеристик усилителей (плоттер) :

1. Схема с ОЭ:



2. Схема с ОБ:



3. Схема с ОК: