

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций**  
**им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»**

---

Факультет ИКСС

Кафедра электроники и схемотехники

**Задача №2.2**

**Расчет биполярного усилительного каскада на биполярном транзисторе**

Выполнил: Громов А.А. гр. ИКТ-801\_\_\_\_\_

Проверила: Бочаров Е.И. \_\_\_\_\_

Санкт-Петербург

2020

**Дано:** Схема усилительного каскада на биполярном транзисторе, включенном по схеме ОЭ. Значения элементов схемы, параметры входного сигнала и нагрузки, а также масштабные коэффициенты  $N$  и  $M$  приведены в таблице исходных данных. Внутреннее сопротивление генератора и масштабный коэффициент  $L$  для всех вариантов равны  $R_{\Gamma} = 10 \text{ кОм}$  и  $L=4$ .

**Требуется:** провести аналитический расчет усилительного каскада на основе малосигнальной схемы замещения транзистора и определить его основные параметры.

**Исходные данные (вариант 6):**

№ вар	Элементы схемы					Масштабные коэффициенты		Номера решаемых задач
	$E_K$ В	$R_K$ кОм	$R_B$ кОм	$R_H$ кОм	$E_{ГМ}$ В	$N$	$M$	
6	20	1,0	111,1	0,4	0,90	4	45	2.2

**Схема устройства:**

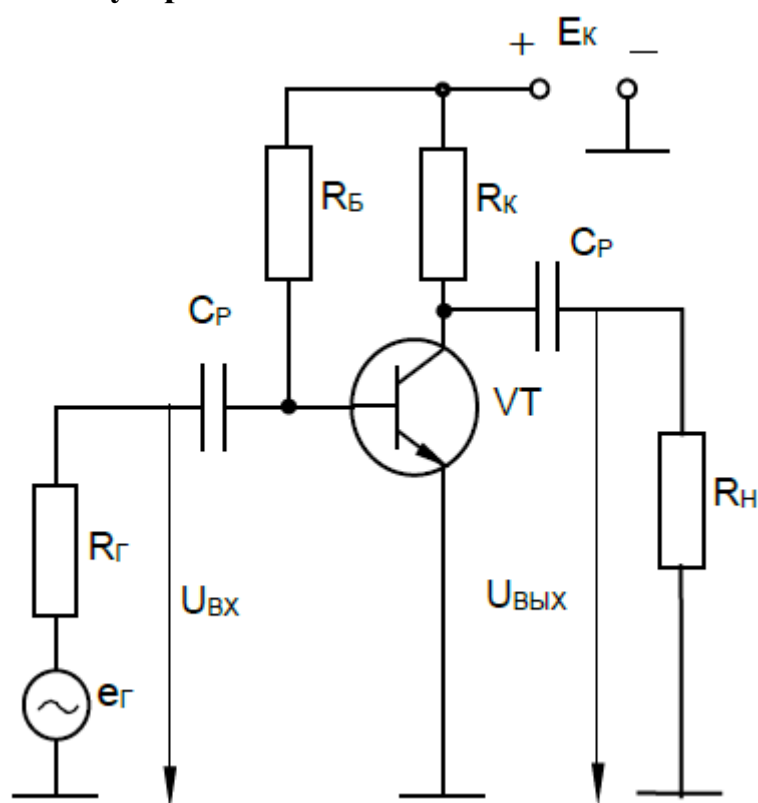


Схема усилительного каскада на биполярном транзисторе, включенном по схеме ОЭ.

## Характеристики биполярного транзистора:

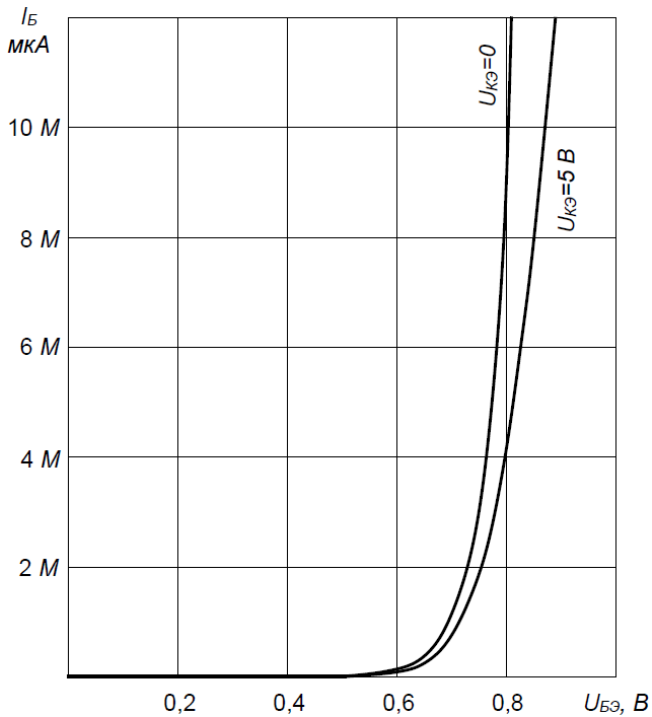


Рис. 2. Входные характеристики биполярного транзистора.

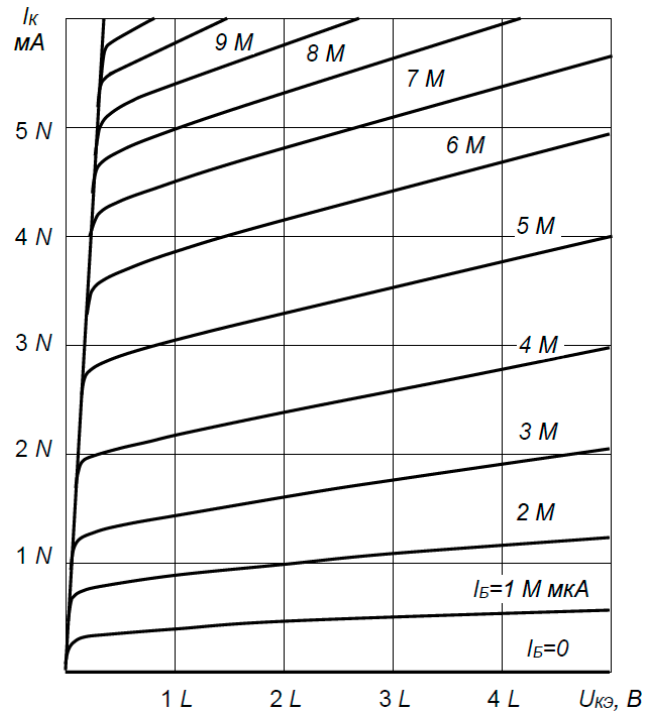


Рис. 3. Выходные характеристики биполярного транзистора.

## Ход выполнения работы

### Пункт 1

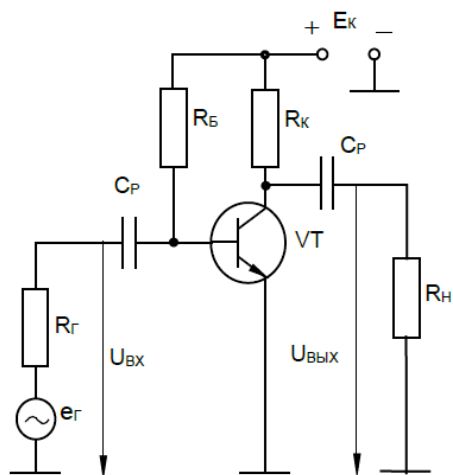
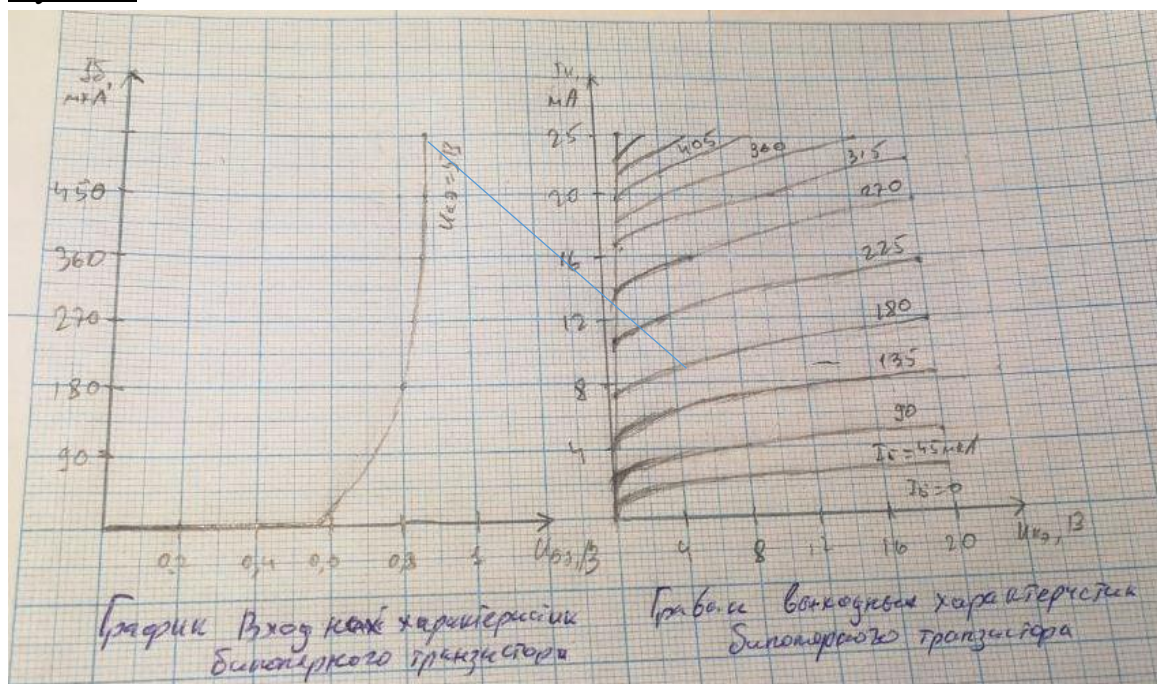


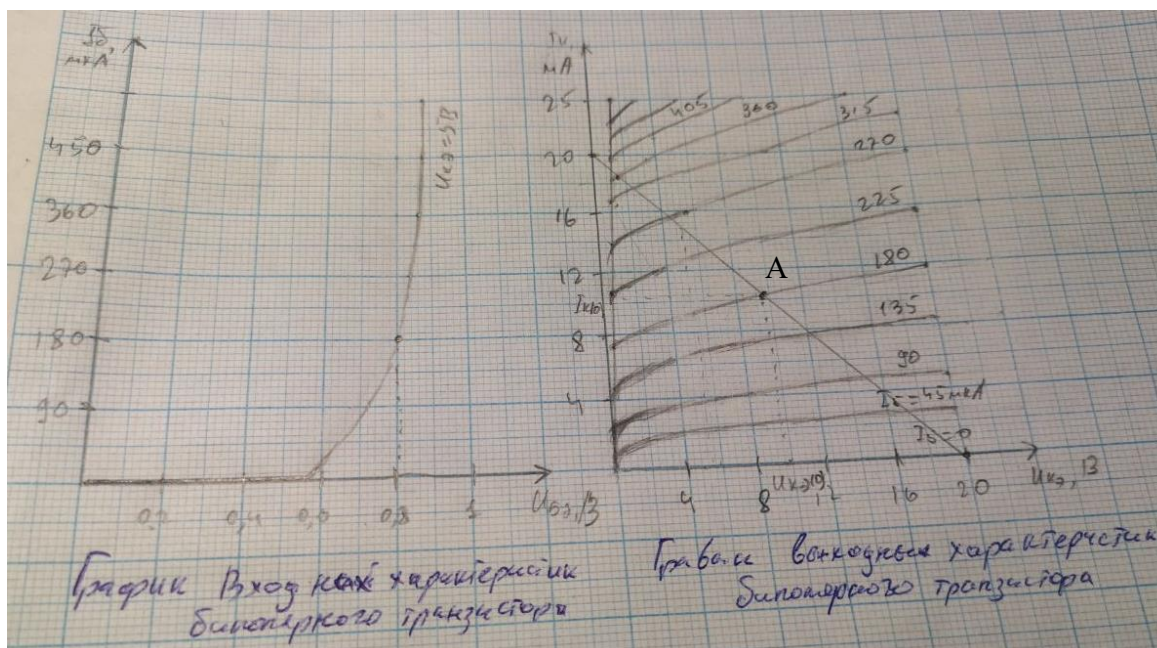
Схема усилительного каскада на биполярном транзисторе, включенном по схеме ОЭ.

$R_b$  – резистор задающий постоянные составляющие токов транзистора;  
 $R_n$  – сопротивление нагрузки;  
 $R_g$  – Внутреннее сопротивление генератора;  
 $R_k$  – резистор задающий постоянные напряжения на электродах транзистора;  
 $C_{p1}, C_{p2}$  – разделительные конденсаторы;  
 $VT$  – биполярный транзистор ;  
 $e_g$  – Генератор напряжения.

## Пункт 2



## Пункт 3



$$U_{KЭ}(0) = 10В$$

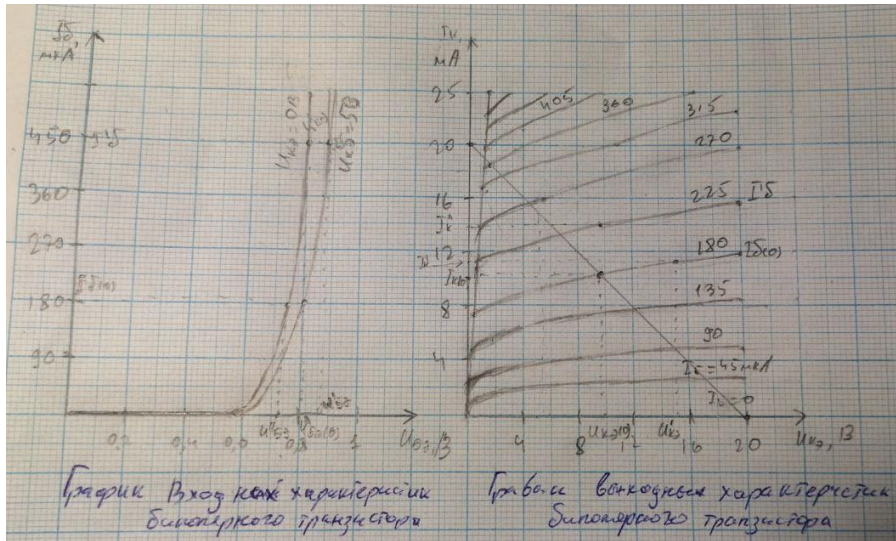
$$I_K(0) = 10мА$$

$$P_0 = I_K(0)E_K = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,2Вт$$

$$U_{БЭ}(0) = 0,8В$$

А – Рабочая точка транзистора

## Пункт 4



$$I'_K = 11 \text{ mA}$$

$$I''_K = 14 \text{ mA}$$

$$U'_{KЭ} = 15 \text{ V}$$

$$I'_{Б1} = 225 \text{ мкА}$$

$$I'_{Б2} = 450 \text{ мкА}$$

$$I_B(0) = \frac{E_K}{R_B} = 180 \text{ мкА}$$

$$U'_{БЭ} = 0,88 \text{ V}$$

$$h_{11э} = \frac{\Delta u_{БЭ}}{\Delta i_B} = \frac{0,08}{270 \cdot 10^{-6}} = 296,3$$

$$\Delta i_B = I'_{Б2} - I_B(0) = 450 - 180 = 270 \text{ мкА}$$

$$\Delta u_{БЭ} = U'_{БЭ} - U_{БЭ}(0) = 0,88 - 0,8 = 0,08 \text{ V}$$

$$h_{12э} = 0 (\text{по условию})$$

$$h_{22} = \frac{\Delta i_{K1}}{\Delta u_{KЭ}} = \frac{10^{-3}}{5} = 0,0002$$

$$\Delta i_{K1} = I'_K - I_K(0) = 11 - 10 = 1 \text{ mA}$$

$$\Delta U_{KЭ} = U'_{KЭ} - U_{KЭ}(0) = 15 - 10 = 5 \text{ V}$$

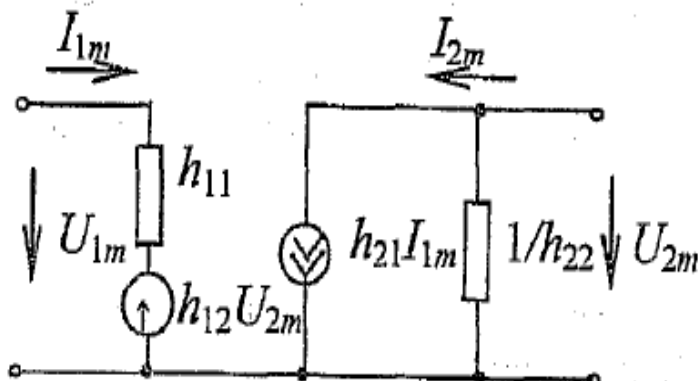
$$h_{21} = \frac{\Delta i_{K2}}{\Delta i_B} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{45 \cdot 10^{-6}} = 88,8$$

$$\Delta i_{K2} = I''_K - I_K(0) = 14 - 10 = 4 \text{ mA}$$

$$\Delta i_B = I'_{Б1} - I_B(0) = 225 - 180 = 45 \text{ мкА}$$

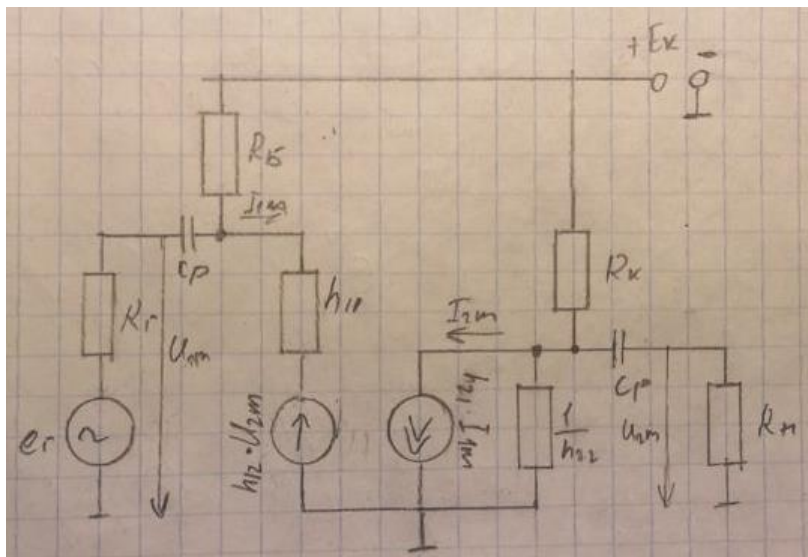


### Пункт 5



$h_{11}$  – входное сопротивление транзистора при коротком замыкании на выходе для переменной составляющей тока;  
 $h_{12}$  – коэффициент обратной связи по напряжению при разомкнутом входе для переменной составляющей тока;  
 $h_{21}$  – дифференциальный коэффициент передачи тока при коротком замыкании на выходе для переменной составляющей;  
 $h_{22}$  – выходная проводимость транзистора при разомкнутом входе для переменной составляющей тока.

Малосигнальная схема замещения биполярного транзистора на основе  $h$ -параметров.



Эквивалентная схема усилительного каскада по переменному току.

### Пункт 6

$$I_{\text{ВЫХ}m} = I_{Km} = 8,4 \text{ мА}$$

$$I_{\text{ВХ}m} = I_{Bm} = 180 \text{ мкА}$$

$$U_{\text{ВЫХ}m} = U_{Km} = 7 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВХ}m} = U_{Bm} = 0,1 \text{ В}$$

$$P_0 = I_K(0)E_K = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,2 \text{ Вт}$$

$$K_I = \frac{I_{\text{ВЫХ}m}}{I_{\text{ВХ}m}} = \frac{8,4 \cdot 10^{-3}}{180 \cdot 10^{-6}} = 46,6$$

$$K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}m}}{U_{\text{ВХ}m}} = \frac{7}{0,1} = 70$$

$$K_P = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} = K_U K_I = 70 \cdot 46,6 = 3262$$

$$\eta = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_0} = \frac{U_{\text{ВЫХ}m} \cdot I_{\text{ВЫХ}m}}{P_0} = \frac{7 \cdot 8,4 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 0,294 = 29,4\%$$

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}m}}{I_{\text{ВХ}m}} = \frac{0,1}{180 \cdot 10^{-6}} = 555,5$$