

### Лабораторна робота 3. Біполярний транзистор. Схема зі спільним емітером

Зібрати в Multisim схему, зазначену на рис. 1:

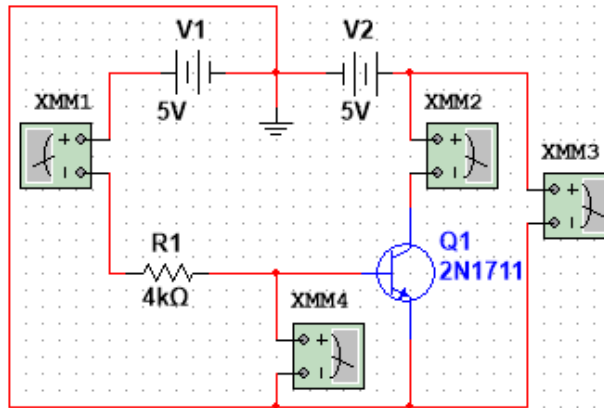


Рис. 1

Налаштувати мультиметри XMM1 та XMM2 як амперметри, XMM3 та XMM4 як вольтметри. Амперметр XMM1 вимірює струм бази  $I_B$ , амперметр XMM2 вимірює струм колектора  $I_C$ , вольтметр XMM3 вимірює напругу між колектором та емітером  $U_{KE}$ , вольтметр XMM4 вимірює напругу між базою та емітером  $U_{BE}$ .

На такій схемі потенціал емітера  $\varphi_E = 0$ , а потенціал колектора дорівнює значенню ЕРС V2:  $\varphi_K = U_{V2}$ . Відповідно,  $U_{KE} = \varphi_K - \varphi_E = U_{V2}$ .

**1. Змінюючи значення  $R_1$ , для  $U_{KE} = 5V$  та для  $U_{KE} = 0$ , заповнити за виміряними даними таблицю (значення ЕРС джерела  $V_1$  тримати рівним 5В):**

$U_{KE} = 0$			$U_{KE} = 5V$		
$R_1, \text{кОм}$	$I_B, \text{А}$	$U_{BE}, \text{В}$	$R_1, \text{кОм}$	$I_B, \text{А}$	$U_{BE}, \text{В}$
4			4		
5			5		
6			6		
8			8		
10			10		
15			15		
25			25		
50			50		
100			100		
200			200		
1000			1000		

**За виміряними залежностями побудувати графіки  $I_B(U_{BE})$  при  $U_{KE} = 0$  та при  $U_{KE} = 5V$ . Для обох побудованих кривих побудувати в Microsoft Excel експоненційні лінії тренду. Оцінити такі h-параметри транзистора:**

$$h_{11} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial I_B} \right|_{U_{KE}=\text{const}=0}, \quad h_{12} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial U_{KE}} \right|_{I_B=\text{const}=0,2\text{мА}}$$

Оцінити ці параметри можна таким чином. Схематично отримані залежності  $I_6(U_{BE})$  мають такий вигляд, див. рис. 2.

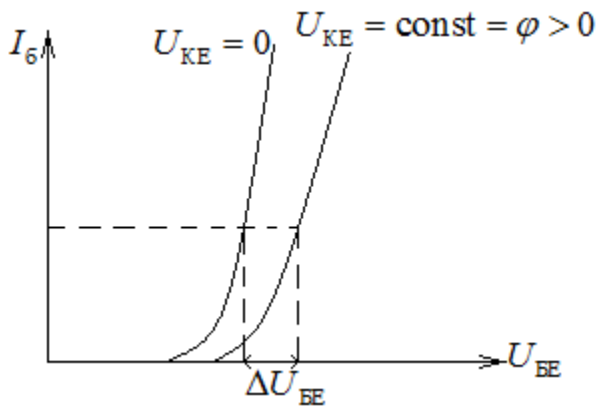


Рис. 2

Параметр  $h_{11}$  оцінюється так. Експоненційна лінія тренду  $I_6(U_{BE})$  при  $U_{KE} = \text{const} = 0$  має вигляд  $I_6 = ae^{bU_{BE}}$ ;  $a, b = \text{const}$ ; див. значення цих констант в рівнянні лінії тренду. Далі треба аналітично виразити  $U_{BE} = f(I_6)$  та взяти похідну при значенні  $I_6 = 0,2\text{mA}$ . Ця похідна залежить від точки, в якій вона береться, в рамках цієї

роботи запропоновано взяти значення похідної при  $I_6 = 0,2\text{mA}$ .

Параметр  $h_{12}$  грубо оцінюється так. Проводиться лінія постійного струму бази  $I_6 = 0,2\text{mA} = \text{const}$  (див. рис. 2) та відповідна частинна похідна оцінюється як відношення приростів:  $h_{12} \approx \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{KE}} = \frac{\Delta U_{BE}}{\varphi}$ , див. рис. 2.

**2. Зібрати в Multisim схему, зазначену на рис. 1. Встановити значення опору резистора  $R_1 = 10\text{k}\Omega$ . Заповнити таблицю:**

$I_6 = 100\mu\text{A}$					$I_6 = 200\mu\text{A}$				
$E_{V1}, \text{В}$	$I_k, \text{А}$	$U_{KE}, \text{В}$	$\varphi_B, \text{В}$	режим	$E_{V1}, \text{В}$	$I_k, \text{А}$	$U_{KE}, \text{В}$	$\varphi_B, \text{В}$	режим
1,77706		0,09			2,79607		0,091		
1,78332		0,1			2,80161		0,1		
1,79357		0,12			2,81204		0,12		
1,80074		0,14			2,81896		0,14		
1,80518		0,16			2,82523		0,16		
1,8088		0,2			2,83029		0,2		
1,80979		0,3			2,83189		0,3		
1,80985		0,6			2,832		0,6		
1,8099		1			2,8321		1		
1,81003		2			2,83237		2		
1,81015		3			2,83263		3		
1,81028		4			2,83289		4		
1,81041		5			2,83315		5		
1,81054		6			2,83342		6		
1,81067		7			2,83368		7		
1,81079		8			2,83394		8		
1,81092		9			2,8342		9		
1,81105		10			2,83447		10		

Значення ЕРС джерела  $V_1$  підібрано таким чином, щоб витримувати значення струму бази на відповідному постійному значенні. Потенціал бази на побудованій

схемі обчислюється за формулою  $\varphi_B = E_{V1} - I_6 R_1$ . Режим роботи транзистора є активним режимом при  $\varphi_E < \varphi_B < \varphi_K$  та режимом насичення при одночасному виконанні нерівностей  $\varphi_E < \varphi_B$  та  $\varphi_K < \varphi_B$ . Інші режими роботи транзистора у відповідному діапазоні параметрів не реалізуються.

За вимірними залежностями побудувати графіки  $I_K(U_{KE})$  при  $I_6 = 100\mu\text{A}$  та при  $I_6 = 200\mu\text{A}$ . Для обох побудованих кривих побудувати в Microsoft Excel лінійні лінії тренду лише по тим точкам, які виміряні в активному режимі. Оцінити такі h-параметри транзистора:

$$h_{21} = \left. \frac{\partial I_K}{\partial I_6} \right|_{U_{KE} = \text{const} = 5\text{В}}, \quad h_{22} = \left. \frac{\partial I_K}{\partial U_{KE}} \right|_{I_6 = \text{const} = 0,2\text{мА}}$$

Оцінити ці параметри можна таким чином. Схематично отримані залежності  $I_K(U_{KE})$  мають такий вигляд, див. рис. 3.

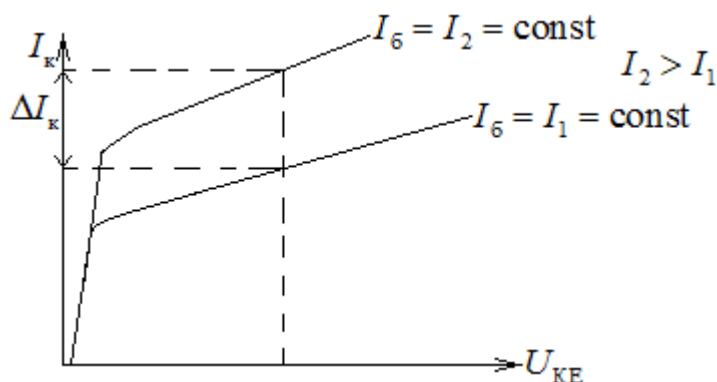


Рис. 3

Залежності  $I_K(U_{KE})$  в активному режимі є, фактично, лінійними, тож параметр  $h_{22}$  оцінюється просто як кутовий коефіцієнт відповідної прямої при  $I_6 = 200\mu\text{A}$ , див. рівняння лінії тренду.

Щодо параметру  $h_{21}$  – проводиться лінія  $U_{KE} = \text{const} = 5\text{В}$  (див. рис. 3), та

відповідна частинна похідна грубо оцінюється як відношення приростів:

$$h_{21} \approx \frac{\Delta I_K}{\Delta I_6} = \frac{\Delta I_K}{I_2 - I_1}, \text{ див. рис. 3.}$$

3. Зібрати в Multisim схему, зазначену на рис. 1. Встановити значення опору резистора  $R_1 = 10\text{k}\Omega$  та значення  $U_{KE} = 5\text{В}$ . Заповнити таблицю:

$E_{V1}, \text{В}$	$I_6, \text{А}$	$I_K, \text{А}$
0,5		
1		
1,5		
2		
2,5		
3		

За вимірною залежністю побудувати графіки  $I_K(I_6)$  при  $U_{KE} = 5\text{В}$ . Для побудованої залежності побудувати в Microsoft Excel лінійну лінію тренду. Впевнитись в тому, що залежність  $I_K(I_6)$  є дуже близькою до  $I_K = \beta I_6$  та в тому, що  $\beta \approx h_{21}$ .