

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І ВЛАСТИВОСТЕЙ БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Мета роботи: вивчення властивостей, вхідних і вихідних вольт-амперних характеристик біполярного транзистора, увімкненого за схемою зі спільним емітером, визначення h -параметрів.

Обладнання: генератор сигналів низькочастотний ГЗ-123, осцилограф універсальний С1-83, джерело постійного струму Б5-44А, транзистори p - n - p -типу, резистори МЛТ.

1. Теоретичні відомості

Біполярні транзистори є найбільш універсальними та розповсюдженими напівпровідниковими приладами, призначеними для підсилювання і генерації електричних коливань, і мають трьохшарову p - n - p або n - p - n -структуру. Кожний шар має зовнішній електрод, назва якого співпадає з назвою області транзистора. Середню область називають базою, а крайні - емітером та колектором.

Назву біполярні транзистори одержали тому, що перенесення струму в них виконується носіями зарядів двох типів: електронами і дірками.

Біполярний транзистор має два p - n -переходи - емітерний і колекторний.

Розрізняють три основних режими роботи біполярного транзистора: активний, відсічення, насичення.

В активному режимі транзистор працює в підсилювачах, коли необхідно підсилення електричних сигналів з мінімальним спотворенням їх форми. При цьому на емітерний p - n -перехід подають зовнішню напругу у прямому напрямку, а на колекторний - у зворотному.

Струми транзистора пов'язані рівнянням:

$$I_e = I_k + I_b$$

Якщо в колекторний ланцюг включити резистор, то спад напруги на ньому виявиться значно більшим вхідної напруги $U_{вх}$, яка зумовила появу струму I_b . Таким чином, транзистор підсилює вхідний сигнал.

У режимі насичення на обидва p - n -переходи задається пряма напруга. При цьому в базу інjektуються основні носії заряду емітера і колектора, а опір між колектором і емітером різко зменшується.

У режимі відсічення обидва переходи транзистора зміщені у зворотному напрямку. В цьому режимі транзистор відзначається значним опором.

Залежно від того, який електрод транзистора є спільним для вхідного й вихідного сигналу, розрізняють три схеми увімкнення транзистора:

а) зі спільною базою (СБ);

- б) зі спільним емітером (СЕ);
- в) зі спільним колектором (СК).

Для розрахунку транзисторних схем використовують два сімейства вольт-амперних характеристик: вхідні і вихідні. Вхідні характеристики транзистора показують залежність струму вхідного електрода від напруги між ним і загальним електродом при постійній напрузі на вихідному електроді. Вихідні характеристики відображають залежність струму вихідного електрода від напруги між ним і загальним електродом. Їх будують для ряду постійних струмів вхідного електрода.

В режимі підсилення слабких сигналів, коли нелінійністю ВАХ можна знехтувати, транзистор уявляють як лінійний чотириполюсник (Рис. 6.1), вхідні параметри якого для схеми зі СЕ пов'язані рівняннями:

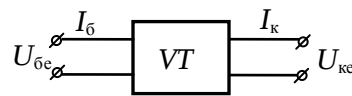


Рисунок 6.1

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_{\text{бе}} &= h_{11} \cdot \Delta I_{\text{б}} + h_{12} \cdot \Delta U_{\text{ке}} \\ \Delta I_{\text{к}} &= h_{21} \cdot \Delta I_{\text{б}} + h_{22} \cdot \Delta U_{\text{ке}} \end{aligned} \right\}$$

Фізичний зміст h -параметрів транзистора складається в наступному:

- h_{11} - вхідний опір в режимі короткого замикання (КЗ) на виході;
- h_{12} - коефіцієнт внутрішнього зворотного зв'язку в режимі холостого ходу (ХХ) на вході;
- h_{21} - коефіцієнт передання струму в режимі КЗ на виході;
- h_{22} - вихідна провідність транзистора в режимі ХХ на вході.

Розраховують h -параметри для схеми зі спільним емітером за формулами:

$$h_{11} = \Delta U_{\text{бе}} / \Delta I_{\text{б}} \quad (U_{\text{ке}} = \text{const}), \quad (6.1)$$

$$h_{12} = \Delta U_{\text{бе}} / \Delta U_{\text{ке}} \quad (I_{\text{б}} = \text{const}), \quad (6.2)$$

$$h_{21} = \Delta I_{\text{к}} / \Delta I_{\text{б}} \quad (U_{\text{ке}} = \text{const}), \quad (6.3)$$

$$h_{22} = \Delta I_{\text{к}} / \Delta U_{\text{ке}} \quad (I_{\text{б}} = \text{const}), \quad (6.4)$$

Аналітичний розрахунок h -параметрів складний і неточний. Набагато простіше їх визначати за ВАХ.

Для визначення h_{11} на вхідній характеристиці відмічають робочу точку А (р.т.) транзистора (Рис. 6.2, а), яка задається значеннями вхідного струму $I_{\text{б}}$ і

вхідної напруги $U_{\text{бe}}$. Через робочу точку A проводять дотичну і будують трикутник BCD . За формулою (6.1) розраховують h_{11} : $h_{11} = BD/CD = \Delta U_{\text{бe}}/\Delta I_{\text{б}}$.

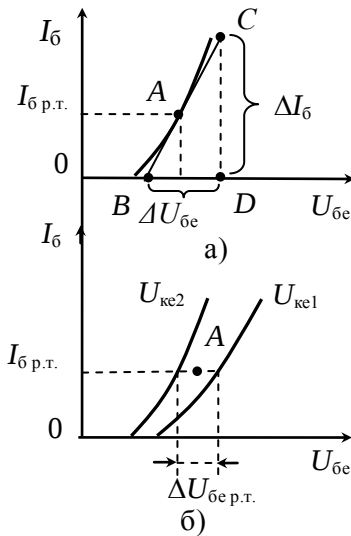


Рисунок 6.2 а,б. Вхідні ВАХ транзистора

Для визначення h_{12} необхідно побудувати дві вхідні характеристики для двох значень напруги на вихідному електроді (Рис. 6.2, б).

Через робочу точку A проводять лінію $I_{\text{б}} = \text{const}$, що відповідає холостому ходу на вході транзистора за змінним струмом. Точки перетину характеристик з цією лінією проектують на вісь $U_{\text{бe}}$ і визначають $\Delta U_{\text{бe}}$. Використовуючи формулу (6.2) знаходять h_{12} , в якій $\Delta U_{\text{ке}} = U_{\text{ке2}} - U_{\text{ке1}}$.

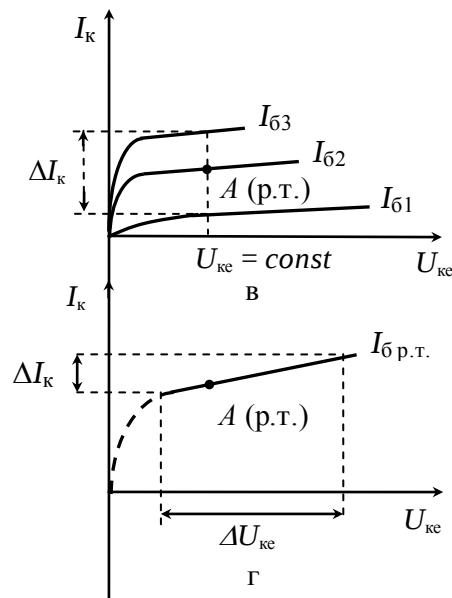


Рисунок 6.2 в,г. Вихідні ВАХ транзистора

Для визначення h_{21} сімейство вихідних характеристик в області робочої точки перетинають лінією $U_{ке} = const$, що відповідає КЗ за змінним струмом на виході транзистора. Параметр h_{21} знаходять за формулою (6.3), графічно визначивши ΔI_k і розрахувавши $\Delta I_6 = I_{63} - I_{61}$.

Для визначення h_{22} (рисунок 6.2, г) знімають вихідну характеристику для струму бази в робочій точці, знаходять ΔI_k та $\Delta U_{ке}$, і за формулою (6.4) розраховують h_{22} .

2. Завдання

2.1 Зібрати схему для вимірювання входних і вихідних характеристик транзистора.

2.2 Зняти осцилограми входних ВАХ при двох значеннях напруги „коллектор - емітер”.

2.3 Зняти осцилограми вихідних ВАХ при трьох значеннях напруги „база - емітер”.

2.4 Побудувати отримані входні характеристики в координатах „ $I_6 - U_{63}$ ” при $U_{кэ} = const$.

2.5 Побудувати отримані вихідні характеристики в координатах „ $I_k - U_{кэ}$ ” при $I_6 = const$

2.6 Визначити h-параметри біполярного транзистора: h_{11} , h_{12} , h_{21} , h_{22} .

3. Порядок виконання роботи

3.1 Зібрати схему (рис.6.3а) для зняття входної характеристики біполярного р-п-р транзистора, включеного за схемою із загальним емітером (ЗЕ).

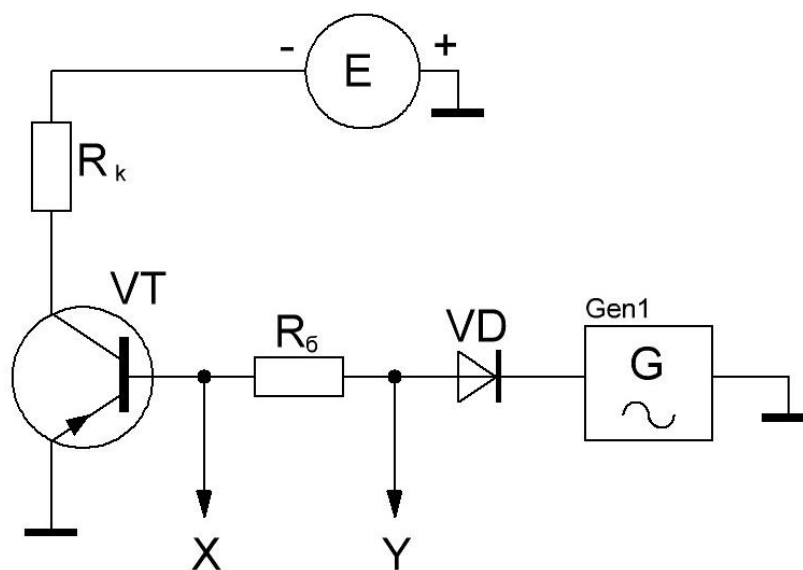


Рисунок 6.3.а

Примітка. Значення опорів резисторів на електричних схемах $R_e = 15 \text{ Ом}$, $R_k = 1,0 \text{ кОм}$, $R_6 = 20 \text{ кОм}$.

3.2 Осцилограф використати в режимі характериографа (перемикачі роду роботи входних підсилювачів встановити в положення „П, X-Y”; перемикач синхронізації - в положення „X-Y”). Входи осцилографа приєднати до точок „X, Y” для одержання входної ВАХ в схемі увімкнення транзистора зі спільним емітером. Встановити точку в центрі екрану осцилографа.

3.3 Виставити на виході генератора ГЗ-123 напругу $U_r = 5 \text{ В}$ і частоту $f = 200 \div 500 \text{ Гц}$. На виході джерела живлення Б5-44А встановити $E_1 = 0 \text{ В}$. На екрані осцилографа отримати входну ВВХ, яку зняти за точками (7 точок), заповнивши табл. 6.1.

3.4. Установити на виході джерела живлення Б5-44А напругу $E = -5 \text{ В}$ і повторити дії п.3.3.

3.5. Зібрати схему (Рис.6.3.б) для зняття вихідної характеристики біполярного р-п-р транзистора, включеного за схемою із спільним емітером.

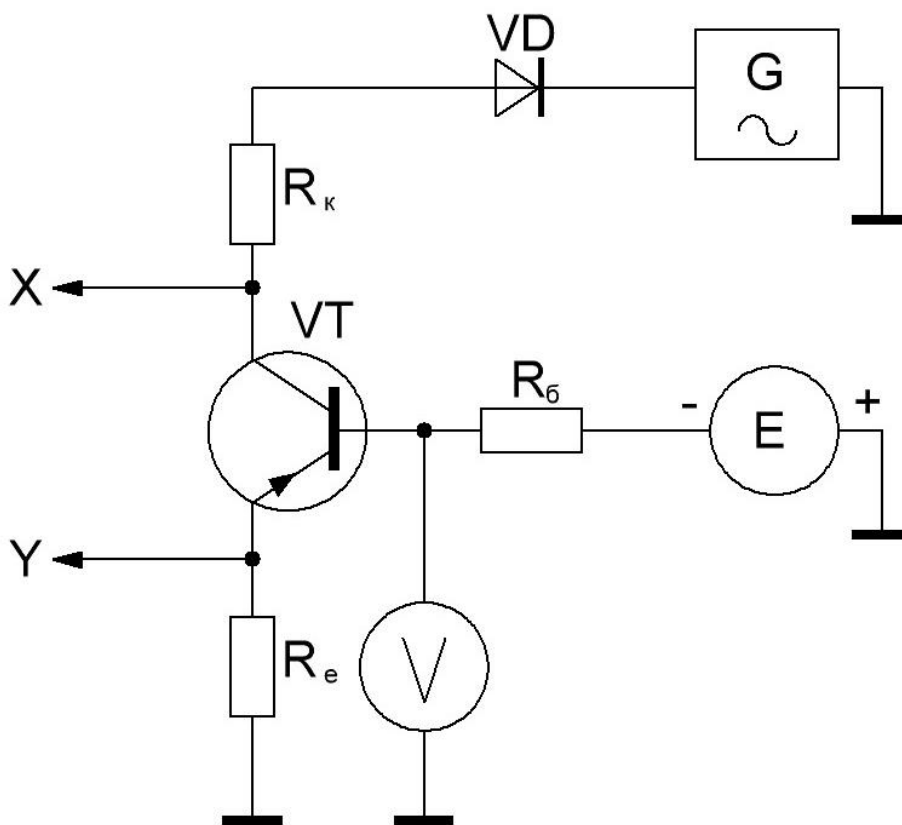


Рисунок 6.3.б

3.6. Зняти вихідні вольт-вольтові характеристики (ВВХ). Виставити на виході генератора ГЗ-123 напругу $U_r = 5 \text{ В}$ і частоту $f = 200 \div 500 \text{ Гц}$. На виході джерела живлення Б5-44А встановити $E_1 = -1 \text{ В}$. На екрані осцилографа отримати вихідну ВВХ, яку зняти за точками, заповнивши табл.6.2.

Таблиця 6.1 Вхідні BBX та BAX при $E = \dots V$

U_x, B	Ц							
	П							
	Р							
U_y, B	Ц							
	П							
	Р							
U_{be}, B								
I_{θ}, A								

Таблиця 6.2 Вихідні BBX та BAX при $I_{\theta} = \dots A$

U_x, B	Ц							
	П							
	Р							
U_y, B	Ц							
	П							
	Р							
U_{be}, B								
I_k, A								
U_{ke}, B								
I_{θ}, A								

Ц – ціна поділки, П – покази в поділках, Р – результат вимірювання.

3.7 За допомогою вольтметра В7-35 виміряти значення U_{BE} й занести до табл. 6.2.

3.8 Повторити вимірювання по пп. 3.6, 3.7 при напругах на виході джерела живлення Б5-44А рівних $E_2 = -1,5V$ та $E_3 = -2V$.

3.9 Зробити перерахунок BBX у BAX у такий спосіб:

1) для вхідних характеристик транзистора, включеного за схемою з ОЕ:

$$I_{\theta} = \frac{U_y - U_x}{R_{\theta}}; U_{be} = U_x$$

2) для вихідних характеристик транзистора, включеного за схемою з ОЕ:

$$I_{\kappa} = I_e - I_{\sigma}; \quad I_{\sigma} = \frac{E - U_{\sigma e}}{R_{\sigma}}; \quad I_e = \frac{U_y}{R_y}; \quad U_{\kappa e} = U_x - U_y$$

3.10 Вхідні характеристики побудувати на одному графіку в координатах $I_{\sigma} - U_{\sigma e}$ для двох значень напруги E на виході джерела постійного струму Б5-44А (Рис. 6.4а)

3.11 Вихідні характеристики побудувати на одному графіку в координатах $I_{\kappa} - U_{\kappa e}$ для трьох значень струму бази I_{σ} .

3.12 Визначити h – параметри транзистора використовуючи ВАХ п/п 3.10 та 3.11.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Початкові дані для розрахунку.
3. Попередній розрахунок.
4. Принципова схема лабораторної установки.
5. Таблиці експериментальних і розрахункових даних.
6. Графіки залежностей, отриманих в результаті експерименту і розрахунку.
7. Короткі висновки за результатами розрахунку і експерименту.

Контрольні запитання

1. Що конструктивно являє собою транзистор?
2. Яку класифікацію можна вжити для біполярних транзисторів?
3. Який принцип роботи біполярного транзистора?
4. Які схеми увімкнення транзисторів існують для низьких і високих частот?
5. В чому причини широкого застосування транзистора за схемою зі спільним емітером у порівнянні з іншими схемами увімкнення?
6. Як залежать параметри біполярного транзистора від режиму роботи?
7. Що означає „робоча точка” транзистора і як вона визначає режим роботи транзистора?
8. В чому полягає причина застосування h -параметрів?
9. Які фізичні величини складають систему h -параметрів?