

Дослідження підсилювальної властивості біполярного транзистора

Транзистор - напівпровідниковий прилад, який являє собою монокристал напівпровідника, в котрому створено дві області з провідністю р-типу, відділені одна від одної тонкою зоною провідності n-типу (у транзисторі р-п-р), чи ртипу (у транзисторі п-р-п). Ця зона називається базою. Крайні області монокристалу називаються відповідно емітером та колектором (рис. 2.1).

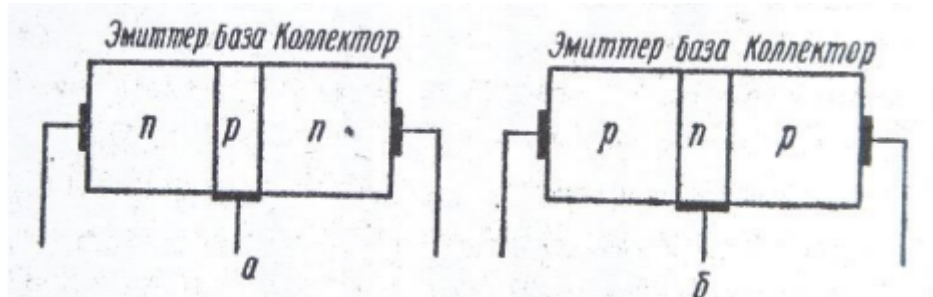


Рисунок 2.1– Типи структур транзисторів

До всіх трьох названих областей кріплять виводи, тому, виходячи з цього, транзистор є трьохполюсним напівпровідниковим приладом. Підсилювальні властивості транзистора забезпечуються його вмиканням в схему таким чином, що перехід база-емітер (БЕ) працює у прямому напрямку. В цьому випадку струм емітера змінюється у значних межах навіть при незначних змінах напруги U_{BE} . До колекторного переходу у схемі підключена запираюча напруга і тому він ввімкнений у зворотному напрямку.

Оскільки база транзистора має дуже малу товщину (одиниці мікрометрів), то це обумовлює сильну залежність струму колектора від струму емітера, що забезпечує підсилювальні властивості транзистору.

При прикладанні напруги до переходу база-емітер, вільні носії зарядів інжектують (переміщуються) з емітера у базу (рис. 2.2). Концентрація дірок у базі безпосередньо біля емітерного р-п переходу збільшується, завдяки цьому дірки дифундують у бік колекторного р-п переходу, де концентрація дірок мала. Тут сильне електричне поле, створене джерелом напруги U_{BC} , переносить носії додатних зарядів (дірки) із області бази у область колектора, створюючи струм колектора.

Таким чином, у транзисторі можна змінювати струм колектора шляхом зміни струму емітера. Але струм емітера створюється також електронами, які інжектують з бази до емітера. Ці заряди ніколи не проходять скрізь колекторний перехід і не впливають на струм колектору. Виходячи з цього, електронна складова струму емітера повинна бути якомога менше, бо тільки у цьому випадку більша частина струму емітера буде проходити у коло колектора. Для цього концентрація носіїв зарядів у базі повинна бути набагато менша, ніж їх концентрація у емітері.

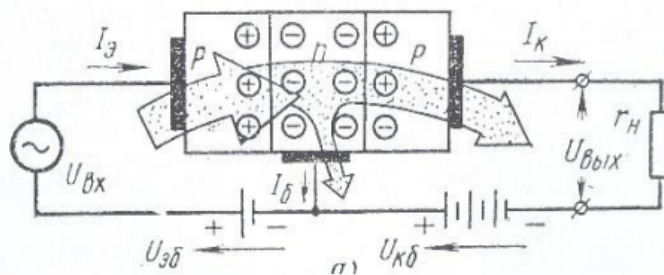


Рисунок 2.2 – Схема для пояснення принципу роботи транзистора

Існують три схеми підключення транзисторів (рис. 2.3), які складаються з лівого і правого контурів і загальної перемички між ними: а) із загальною базою /ЗБ/; б) із загальним емітером /ЗЕ/; в) із загальним колектором /ЗК/.

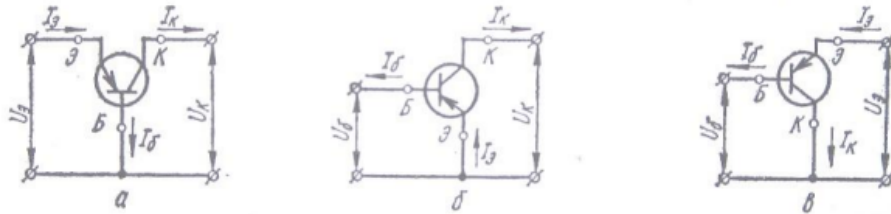


Рисунок 2.3– Схеми підключення транзисторів

Електричні властивості транзистора визначаються двома сімействами характеристик: вхідними та вихідними. Для кожної з трьох схем вмикання /ЗБ,ЗЕ,ЗК/ вони встановлюють залежність між вхідними струмами і напругами та вихідними струмами і напругами. Так при вмиканні транзистора за схемою із загальним емітером, як найбільш розповсюдженою, під вхідними характеристиками розуміють залежність струму бази від величини напруги U_{BE} при незмінній нарузі між колектором та емітером, тобто $i_b = f(U_{BE})$ при $U_{KE} = const$. Приблизний вигляд вхідних характеристик транзистора, підключеного за схемою з ЗЕ, показаний на рисунку 2.4а.

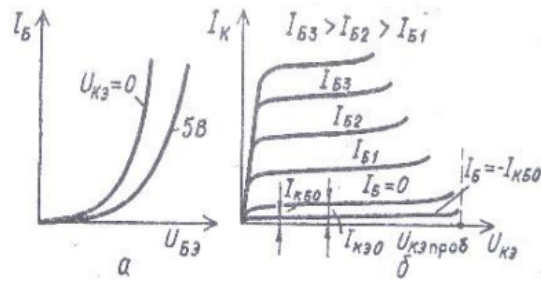


Рис. 2.4. Вхідні (а) та вихідні (б) характеристики транзистора

Під вихідною характеристикою транзистора, включеного за схемою із ЗЕ, розуміють залежність струму колектора i_k від величини напруги між колектором та емітером U_{KE} при незмінному струмі бази i_b , тобто $i_k = f(U_{KE})$ при $i_b = const$.

Встановлюючи різні струми бази, отримують сімейство вихідних характеристик (рис. 2.4б).

При розрахунках схем з транзисторами можна користуватися статичними характеристиками транзистора чи його параметрами та еквівалентними схемами.

Транзистор можна замінити еквівалентною схемою. Результати розрахунків, виконаних за еквівалентною схемою, співпадають з отриманими в дійсності. В якості еквівалентної схеми транзистора приймають схему чотирьохполюсника. Транзистор - нелінійний елемент і його параметри будуть змінюватися при зміні режиму роботи. Ці параметри можна вважати постійними лише при малих межах зміни сигналу.

Робота чотирьохполюсника характеризується вхідними величинами U_1, i_1 , та вихідними $-U_2$ та i_2 , де U_1 - зміна напруги база-емітер, i_1 - зміна струму бази, U_2 - зміна напруги колектор-емітер, i_2 - зміна струму колектора. В якості змінних можуть бути взяті будь-які дві величини, тоді дві інші є їх функціями. Властивості транзистора як підсилюючого елемента характеризуються системою h - параметрів. Ці параметри визначаються безпосередньо за характеристиками транзистора. Вони мають різну розмірність і тому таку систему називають змішаною. Так h_{11} - вхідний опір транзистора, вимірюється в Ом; h_{21} - відношення вихідного струму до вхідного, тобто показує здатність чотирьохполюсника підсилювати величину струму; h_{22} - вихідна провідність чотирьохполюсника у режимі холостого ходу у вхідному колі (розмірність - Сіменс); h_{12} - коефіцієнт передачі внутрішнього зворотнього зв'язку при тих же умовах.

Тобто:

$$\begin{aligned}
 h_{11} &= U_1/i_1 \text{ при } U_{ке} = \text{const}; \\
 h_{21} &= i_2/i_1 \text{ при } U_{ке} = \text{const}; \\
 h_{12} &= U_1/U_2 \text{ при } i_1 = 0; \\
 h_{22} &= i_2/U_1 \text{ при } i_1 = 0.
 \end{aligned}$$

ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

1. Вставити у роз'єм на універсальному стенді плату і під'єднати за допомогою проводів необхідні вимірювальні прилади відповідно електричній схемі.

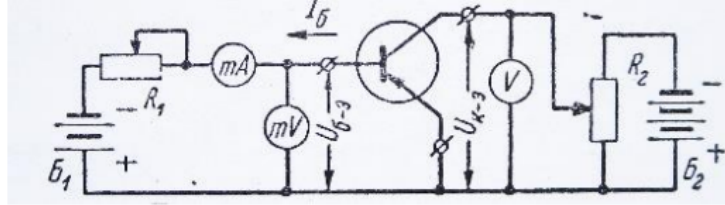


Рисунок 2.5– Схема вимірювань входних характеристик транзистора

2. Дані вимірювань занести до таблиць.

Таблиця 2.1 - Вхідні характеристики

$U_{ке} = 0, \text{ В}$	$U_{бе}, \text{ В}$	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
	$i_{бе}, \text{ мА}$						
$U_{ке} = 5 \text{ В}$	$U_{бе}, \text{ В}$	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
	$i_{бе}, \text{ мА}$						

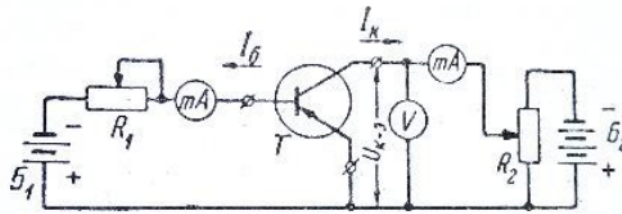


Рисунок 2.6 – Схема вимірювань вихідних характеристик транзистора

Таблиця 2.2 - Вихідні характеристики

$i_b = 0, \dots \text{ мА}$	$U_{ке}, \text{ В}$	0	1	2	4	6	8
	$i_k, \text{ мА}$						
$i_b = 0, \dots \text{ мА}$	$U_{ке}, \text{ В}$	0	1	2	4	6	8
	$i_k, \text{ мА}$						
$i_b = 0, \dots \text{ мА}$	$U_{ке}, \text{ В}$	0	1	2	4	6	8
	$i_k, \text{ мА}$						
$i_b = 0, \dots \text{ мА}$	$U_{ке}, \text{ В}$	0	1	2	4	6	8
	$i_k, \text{ мА}$						

Примітка: струм бази i_b призначати в межах 0...1 мА.

3. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

За даними табл.2.1 та табл. 2.2 побудувати сімейство входних і вихідних характеристик транзистора, включеного за схемою з ЗЕ. Користуючись цими характеристиками визначити систему h - параметрів транзистору.

4. ЗМІСТ ЗВІТУ

- 4.1. Назва роботи.
- 4.2. Мета роботи.
- 4.3. Короткі теоретичні відомості.
- 4.4. Виконання роботи й обробка результатів вимірювань.
- 4.5. Висновки по роботі.

5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 5.1. Принцип підсилення за допомогою транзистору.
- 5.2. Схеми вмикання транзисторів.

5.3. Головні характеристики транзистору.