

Лабораторна робота №8

Мета роботи: ознайомитись з принципом роботи транзистора, навчитись отримувати вхідні та вихідні характеристики і за ними визначати основні параметри транзистора.

Прилади та обладнання: транзистор, міліамперметр, мікроамперметр, два вольтметри, два потенціометри, з'єднувальні провідники.

Контрольні питання для підготовки до лабораторної роботи

1. Напівпровідники. Температурна залежність питомого опору.

2. Електронно-дірковий перехід. Контактна різниця потенціалів.

Залежність величини контактної різниці потенціалів від напрямку зовнішнього поля.

3. Підсилювачі. Коефіцієнт підсилення.

Додаткова література

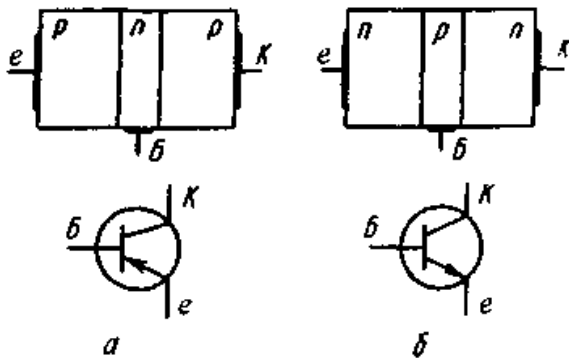
1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. - М.: Высшая школа, 1992.

2. Ливенцев Н.М. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1974. - С. 277-279.

3. Ливенцев Н.М. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1978. - Ч. 1, с. 110-113; 172-178.

Короткі теоретичні відомості

Транзистор - напівпровідниковий прилад, що складається із двох, близько розміщених p - n переходів. Тобто - це напівпровідниковий монокристал, в якому створені три області з різними типами провідності.

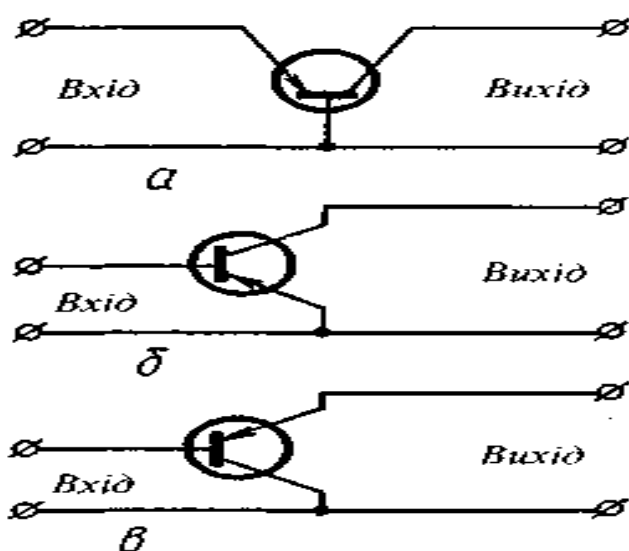


Мал. 2.59.

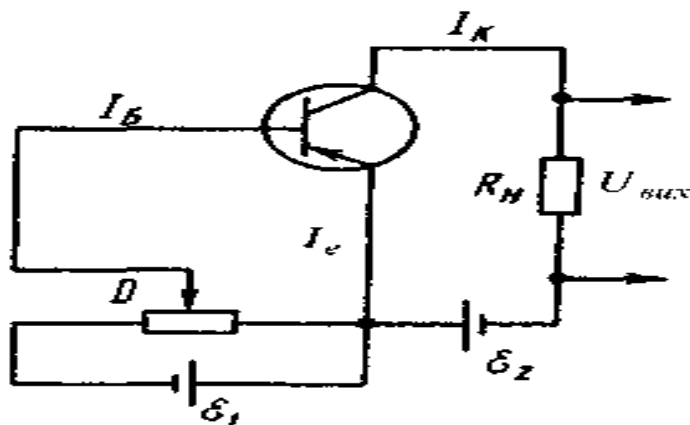
Залежно від виконуваних функцій їх називають: **емітер** (від лат. *emittio* - випускаю) - область, яка є джерелом вільних носіїв електричного заряду; **колектор** (від лат. *colligo* - збираю, з'єдную) - область транзистора, в яку потрапляють вільні носії електричного заряду, випущені емітером. Між емітером і колектором, котрі мають один і той самий тип провідності, знаходиться база (від грец. $\beta\alpha\sigma\iota\varsigma$ - основа) - досить тонка область, концентрація вільних носіїв в якій набагато менша, ніж у емітері і колекторі. Якщо транзистор виготовлений так, що база має електронну провідність, то його називають **транзистором p - n - p типу** (мал. 2.59а), якщо ж база має діркову провідність, то - **n - p - n типу** (мал. 2.59б).

Транзистор використовують для підсилення сили струму, напруги, потужності, а також для узгодження параметрів у складних електричних схемах. Залежно від призначення, можливі три способи включення транзистора: із спільною базою (мал.2.60а), із спільним емітером (мал. 2.60б) і спільним колектором (мал. 2.60в).

Розглянемо фізичні процеси, які відбуваються в *p-n-p*-транзисторі, увімкненому за схемою із спільним емітером (мал. 2.61). Прикладемо до емітерного переходу невелику напругу в прямому напрямку, а до колекторного переходу на- багато більшу напругу в зворотному напрямку.



Мал. 4.60.



Мал. 2.61.

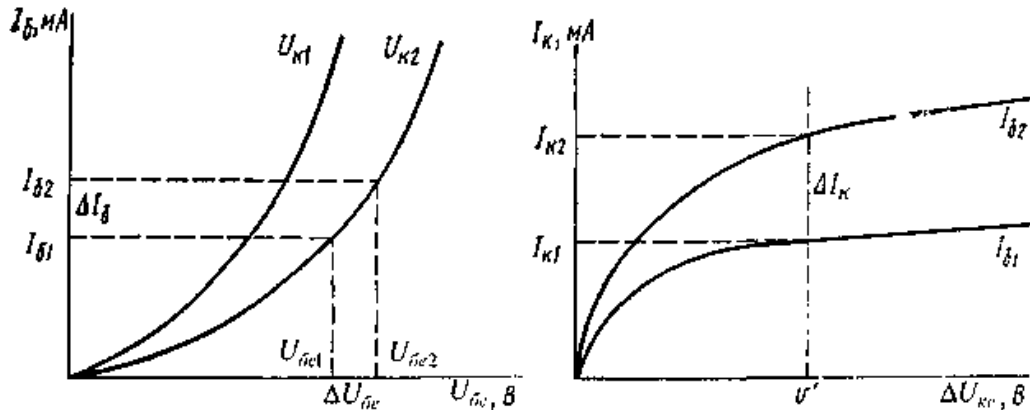
Такий спосіб увімкнення зменшує контактну різницю потенціалів переходу емітер - база і виникає струм, обумовлений рухом дірок I_e . Вільні носії, які при цьому потрапляють в базу, частково рекомбінують, але, завдяки малій товщині бази і низькій концентрації електронів в ній, більшість дірок досягає колекторного переходу внаслідок дифузії. Зворотна напруга, що прикладена до колектора, створює сильне електричне поле $E = U_x / d$, d - товщина р-п-переходу, вона має досить малі значення (типово 50-60 мкм). Це поле втягує дірки, що є в базі, в колектор, збільшуючи їх швидкість. Таким чином, всі дірки, які досягли колекторного переходу,

будуть брати участь в утворенні струму колектора I_k , їх концентрацію можна виразити як:

$$n = n_e - n_{\delta} + n_k,$$

де n_e - концентрація дірок, випущених емітером, n_{δ} - концентрація тих дірок, які рекомбінували в базі, n_k - концентрація вільних носіїв власне в колекторі.

Різниця потенціалів між емітером і колектором у десятки разів більша за різницю потенціалів між емітером і базою. А це означає, що змінами струму бази можна керувати вихідним струмом I_k , зміни якого будуть відповідними за формою I_e , але значно більшими за величиною.



Мал. 2.62. Мал. 2.63.

Транзистори характеризуються сукупністю вхідних і вихідних статичних характеристик:

1. Вхідні характеристики відображають залежність вхідного струму від вхідної напруги: $I_{\delta} = f(U_{\delta e})$ при $U_{ке} = \text{const}$ (мал. 2.62).

2. Вихідні характеристики відображають залежність вихідного струму від вихідної напруги при сталому вхідному струмі (мал. 2.63):

$$I_k = f(U_{ке}) \text{ при } I_{\delta} = \text{const}.$$

За цими характеристиками визначають основні параметри транзистора:

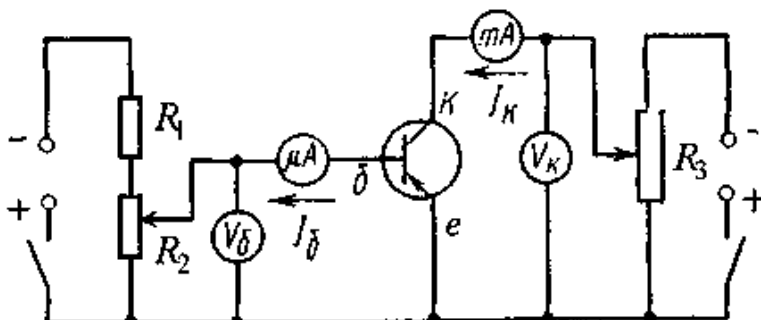
1. Вхідний опір $R_{вх} = \Delta U_{\delta e} / \Delta I_{\delta}$ при $U_{ке} = \text{const}$.

2. Вихідний опір $R_{вих} = \Delta U_{ке} / \Delta I_k$ при $I_{\delta} = \text{const}$.

3. Коефіцієнт підсилення струму $\beta = \Delta I_k / \Delta I_{\delta}$ при $U_{ке} = \text{const}$.

Хід роботи

Схема пристрою наведена на передній панелі приладу (мал. 2.64).



Мал. 2.64.

Напруга живлення 6 В. На вхідну ділянку напруга подається через дільник із опорів R_1 і R_2 . За допомогою потенціометра $pt.$ можна плавно змінювати напругу, що подається на емітерний перехід (U_{be}). Ця напруга вимірюється мілівольтметром, а струм I_b - мікроамперметром. За допомогою R_3 можна плавно змінювати напругу вихідного кола, яка вимірюється мілівольтметром, якщо перемикач на панелі знаходиться в положенні " U_{ke} ". Для вимірювання струму I_k необхідно перемикач мікрометра перемістити в положення " I_k ".

Завдання 1. Отримання вхідних і вихідних статичних характеристик транзистора і визначення його параметрів.

1. Повернути ручки регуляторів напруги на базі та колекторі в крайнє ліве положення. Увімкнути вилку живлення в мережу так, щоб "+" вилки збігався з "+" розетки.

2. Регулятором напруги на колекторі встановити 2 В.

3. Підтримуючи напругу на колекторі постійною, змінювати напругу на емітерному переході потенціометром R_2 і виміряти струм через перехід. Значення напруги змінювати відповідно до таблиці 1.

Таблиця 1.

$U_{be}, мВ$	0	50	100	150	200	250	300
$I_b, мкА$							

4. Регулятором напруги R_2 встановити струм бази $I_b = 20 \text{ л*к/4}$.

5. Перемикачем напруги на панелі встановити положення " U_{ke} ".

Регулятором напруги R_3 встановлювати значення напруги відповідно до таблиці 2, при цьому підтримувати за допомогою регулятора R_2 струм $I_b = 20 \text{ мкА}$.

6. Перемикач на панелі - в положення " I_k ". Занести значення сили струму I_k в таблицю 2.

7. Повторити пункти 4 і 5 з тією різницею, що струм бази $I_b = 40 \text{ мкА}$.

Таблиця 2.

$I_b = 20 \text{ мкА}$	$U_k, В$	0.1	0.2	0.5	0.8	1	2	3	4	5
	$I_k, мА$									
$I_b = 40 \text{ мкА}$	$U_k, В$									
	$I_k, мА$									

Завдання 1. Опрацювання результатів.

1. За отриманими даними побудувати одну вхідну і дві вихідні характеристики.

2. Обчислити вхідний опір транзистора $R = \Delta U_{be} / \Delta I_b$ при $U_k = 2 \text{ В}$.

3. Обчислити вихідний опір транзистора $R_{вих} = \Delta U_{ke} / \Delta I_k$ при $I_b = 40 \text{ мкА}$.

4. Обчислити коефіцієнт підсилення струму $\beta = \Delta I_k / \Delta I_b$ при $\Delta U_{np} = \Delta U_{зв}$.

Контрольні питання

1. Що таке транзистор? Які види транзисторів ви знаєте? Як називаються області транзистора?
2. Які процеси відбуваються в $p-n$ -переході за відсутності зовнішнього електричного поля?
3. Що таке контактна різниця потенціалів?
4. Які бувають схеми увімкнення транзистора?
5. Поясніть фізичні процеси, які відбуваються, якщо транзистор увімкнено за схемою із спільним емітером.
6. Перерахуйте основні параметри транзистора і поясніть, яким чином їх можна отримати.
7. Намалюйте загальний вигляд сукупності вхідних характеристик.
8. Намалюйте загальний вигляд сукупності вихідних характеристик.
9. Наведіть приклади застосування транзистора.