

Міністерство освіти і науки України
Національний авіаційний університет
Навчально-науковий Інститут
Комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Лабораторна робота №2
з дисципліни «Комп'ютерна електроніка»
на тему: «Дослідження біполярного транзистора»
Варіант №

Виконав:
студент ННІКІТ СП-225
Клокун Владислав
Перевірив:
Андрєєв О.В.

Київ 2017

Зміст

1	Мета та основні завдання роботи	3
2	Короткі теоретичні відомості	3
2.1	Біполярний транзистор і його структура	3
2.2	Умовно-графічні зображення біполярних транзисторів	3
2.3	Схеми ввімкнення біполярного транзистора	4
2.4	Вхідна і вихідна вольт-амперна характеристика біполярного транзистора	4
2.5	Навантажувальна пряма	4
2.6	h -параметри	5
3	Принципова схема віртуальних лабораторних установок	7
4	Хід виконання завдання лабораторної роботи.	7
4.1	Побудова вхідних вольт-амперних характеристик	7
4.1.1	Підготовка лабораторної установки до роботи	7
4.1.2	Увімкнення лабораторної установки	7
4.1.3	Побудова першої вольт-амперної характеристики	8
4.1.4	Побудова другої вольт-амперної характеристики	8
4.1.5	Побудова третьої вольт-амперної характеристики	9
4.2	Побудова вихідних вольт-амперних характеристик	9
4.2.1	Побудова першої вольт-амперної характеристики	9
4.2.2	Побудова другої вольт-амперної характеристики	10
4.2.3	Побудова третьої вольт-амперної характеристики	10
5	Висновки	11

1 Мета та основні завдання роботи

1. Ознайомитись з принципом дії, схемами ввімкнення і ВАХ біполярного транзистора.
2. Набути практичних навичок у побудові вольт-амперних характеристик біполярного транзистора.
3. Вивчити схеми ввімкнення біполярних транзисторів і їхні вольт-амперні характеристики.
4. Освоїти методику побудови за вхідною напругою інших струмів і напруг біполярного транзистора.

2 Короткі теоретичні відомості

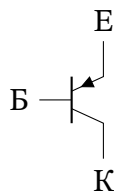
2.1 Біполярний транзистор і його структура

Біполярним транзистором називається напівпровідниковий прилад із двома взаємодіючими p - n -переходами, підсилювальні властивості якого засновані на явищах інжекції й екстракції.

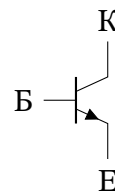
Біполярний транзистор складається з трьох напівпровідникових шарів з чергуючимся типом примісної провідності: емітера, бази та колектора. В залежності від порядку їх слідування розрізняють n - p - n - та p - n - p -транзистори.

2.2 Умовно-графічні зображення біполярних транзисторів

На рисунках зображені умовно-графічні позначення біполярних транзисторів p - n - p - і n - p - n -типу.



(а) Транзистор p - n - p -типу



(б) Транзистор n - p - n -типу

Рис. 1: Умовно-графічні позначення транзисторів

2.3 Схеми ввімкнення біполярного транзистора

Біполярний транзистор має три схеми ввімкнення: із загальною базою, загальним емітером і загальним колектором. В обчислювальній техніці найбільш поширена схема з загальним емітером, оскільки при такому підключенні коефіцієнт підсилення максимальний: $\beta \gg 1$.

Також існує інверсне підключення транзистора, коли емітер і колектор міняються функціями. При такому підключенні для позначення параметрів використовують індекс I : α_I , β_I тощо.

2.4 Вхідна і вихідна вольт-амперна характеристика біполярного транзистора

Біполярні транзистори мають чотири статичні вольт-амперні характеристики:

1. Вхідні: зв'язують струм і напругу на вході транзистора.
2. Вихідні: зв'язують струм і напругу на виході транзистора.
3. Характеристики передачі: зв'язують струми чи напруги на виході зі струмами чи напругами на вході.
4. Характеристики зворотнього зв'язку: зв'язують напруги чи струми на вході зі струмами чи напругами на виході.

2.5 Навантажувальна пряма

Навантажувальна пряма — це пряма, що однозначно пов'язує струм і напругу на виході, та є траєкторією руху робочої точки в посилюючому режимі роботи біполярного транзистора, тобто при включенні в ланцюг навантажувального резистора R_K . Ця пряма описується рівнянням:

$$I_K = \frac{E_K - U_{KE}}{R_K} = \frac{E_K}{R_K} - \frac{U_{KE}}{R_K}, \quad (1)$$

де I_K — вихідний струм, E_K — електрорушійна сила джерела живлення, U_{KE} — напруга «колектор-емітер», R_K — опір резистора навантаження.

З формули 1 видно, що при $I_K = 0$, $U_{KE} = E_K$. Для знаходження першої точки навантажувальної прямої — точки K — необхідно відкласти на осі абсцис величину E_K . У цій точці транзистор замкнений. Для знаходження другої точки навантажувальної прямої — точки B — використаємо величину U_{KE} таким чином: припустимо, що $U_{KE} = 0$, тоді $I_K = \frac{E_K}{R_K}$. Пряма BK і буде шуканою навантажувальною прямою.

2.6 h -параметри

Величини, що зв'язують малі збільшення струмів і напруг називаються диференціальними параметрами транзисторів. Для транзисторів запропоновано багато систем параметрів, однак, основними вважаються змішані (*hybrid*) параметри, які позначають літерою h .

У системі h -параметрів за незалежні змінні обирають вхідний струм I_1 і напругу U_2 , а за залежні — вхідну напругу U_1 і вихідний струм I_2 . Це пов'язано з малим вхідним і великим вихідним опорами транзистора. Для схеми ввімкнення із загальним емітером це такі величини:

— вхідний струм I_B і напруга U_{BE} .

— вихідний струм I_K і напруга U_{KE} .

Тоді система рівнянь, що пов'язує h -параметри має такий вигляд:

$$\begin{cases} U_{BE} = h_{11}I_B + h_{12}U_{KE} \\ I_K = h_{21}I_B + h_{22}U_{KE} \end{cases} \quad (2)$$

Із системи рівнянь 2 випливає фізичний зміст і найменування h -параметрів. Вхідний опір транзистора при короткому замиканні на виході для змінної складової струму:

$$h_{11} = \frac{U_1}{I_1}, U_2 = 0.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою при розімкнутому вході для змінної складової струму:

$$h_{12} = \frac{U_1}{U_2}, I_1 = 0.$$

Диференціальний коефіцієнт передачі струму:

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}, U_2 = 0.$$

Вихідна провідність транзистора при розімкнутому вході для змінної складової струму:

$$h_{22} = \frac{I_2}{U_2}, I_1 = 0.$$

Для визначення h -параметрів можна використовувати графоаналітичний спосіб, який, однак, має невисоку точність. Для цього на вхідних і вихідних характеристиках навколо робочої точки необхідно побудувати трикутники. На сім'ї вхідних характеристик у робочій точці A будують трикутник ABC . З точки A проводять прямі, вінобіжні осі абсцис і осі ординат до перетинання з другою характеристикою в точках B і C . З отриманого характеристичного трикутника знаходять всі необхідні величини для обчислення h_{11E} , h_{12E} . Відрізок AB є ΔU_{BE} , а AC — збільшення ΔI_B .

Збільшення напруги колектора визначається як різниця напруг, при яких знімалися характеристики:

$$\Delta U_{KE} = U''_{KE} - U'_{KE}.$$

Тоді:

$$h_{11E} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{AB}{AC};$$

$$h_{12E} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{KE}} = \frac{AB}{U''_{KE} - U'_{KE}};$$

У робочій точці A' за вихідними характеристиками можна визначити параметри h_{21E} і h_{22E} . Проводячи з точки A' вертикальну пряму до перетинання з наступною характеристикою (точка D'), знаходимо збільшення струму колектора ΔI_K при $U'_{KE} = \text{const}$. Відрізок $A'D'$ показує на збільшення струму бази $\Delta I_B = I_{B5} - I_{B4}$.

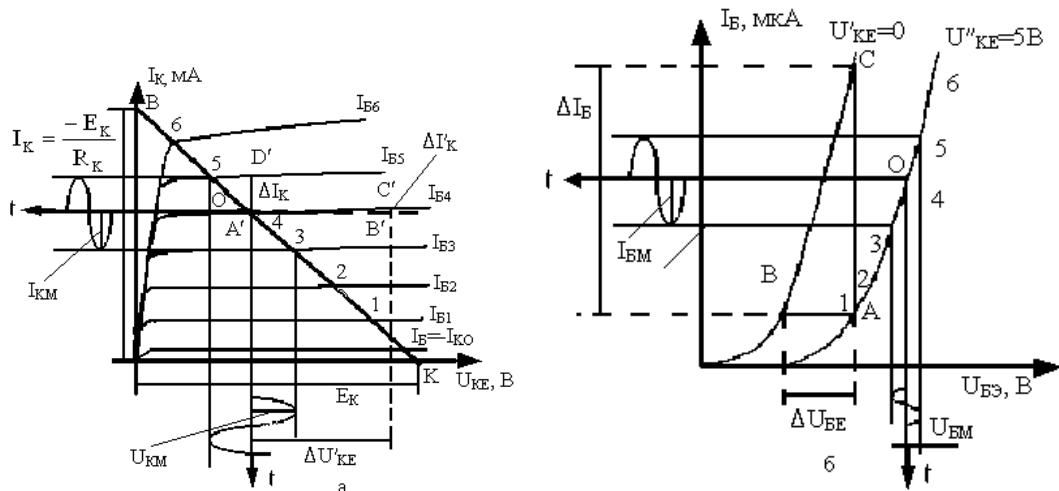
Тоді:

$$h_{21E} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{A'D'}{I_{B5} - I_{B4}}.$$

Для визначення параметра h_{22E} з точки A' проводять пряму, рівнобіжну осі абсцис, необхідної довжини для виміру збільшення струму $\Delta I'_K = B'C'$. За точками визначимо збільшення напруги колектора $\Delta U'_{BE}$. Тоді:

$$h_{22E} = \frac{\Delta I'_K}{\Delta U'_{BE}} = \frac{B'C'}{A'B'}.$$

На рис. 2 зображені вольт-амперні характеристики біполярного транзистора з графоаналітичним методом пошуку навантажувальної прямої та h -параметрів.



(а) Вхідна ВАХ з навантажувальною прямою (б) Вихідна ВАХ з відрізками для визначення h_{11} , h_{12}

Рис. 2: Вольт-амперні характеристики біполярного транзистора

3 Принципова схема віртуальних лабораторних установок

На рис. 3 зображена принципова схема віртуальної лабораторної установки для дослідження біполярного транзистора.

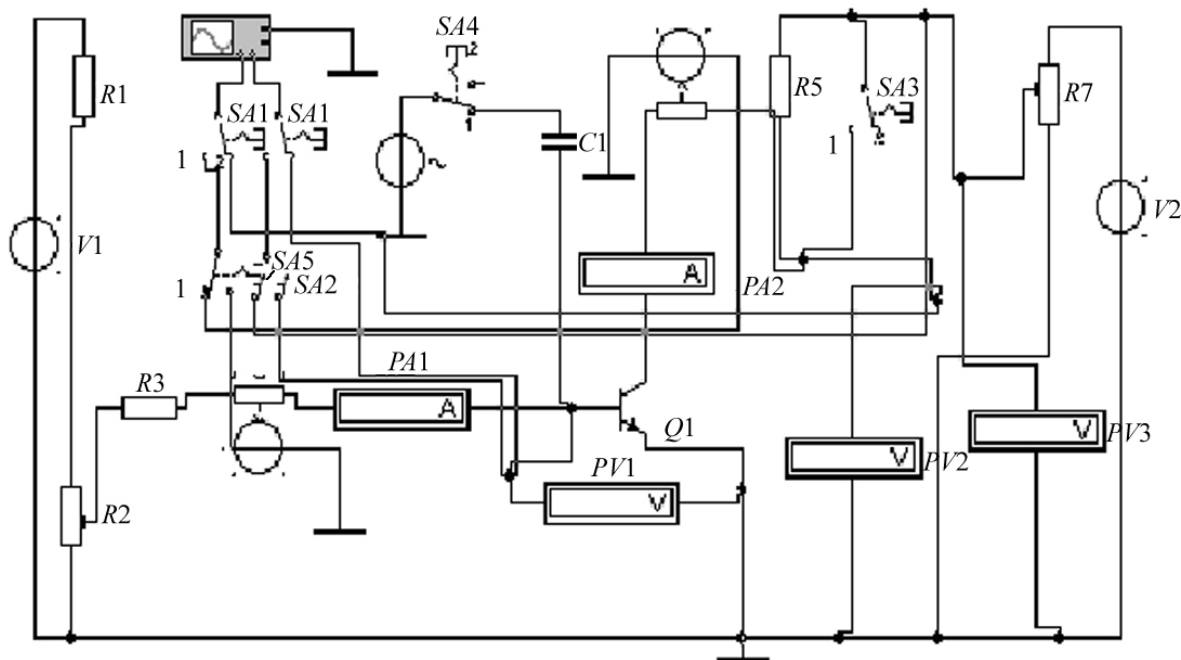


Рис. 3: Принципова електрична схема віртуальної лабораторної установки

4 Хід виконання завдання лабораторної роботи.

4.1 Побудова вхідних вольт-амперних характеристик

4.1.1 Підготовка лабораторної установки до роботи

Переводимо перемикачі у необхідні положення, вмикаємо та налаштовуємо осцилограф. Встановлюємо необхідну напругу за допомогою потенціометра R_7 .

4.1.2 Увімкнення лабораторної установки

Вмикаємо лабораторну установку на моделювання за допомогою відповідної кнопки графічного інтерфейсу.

4.1.3 Побудова першої вольт-амперної характеристики

За допомогою осцилографа отримуємо першу вхідну вольт-амперну характеристику, зображену на рис. 4.

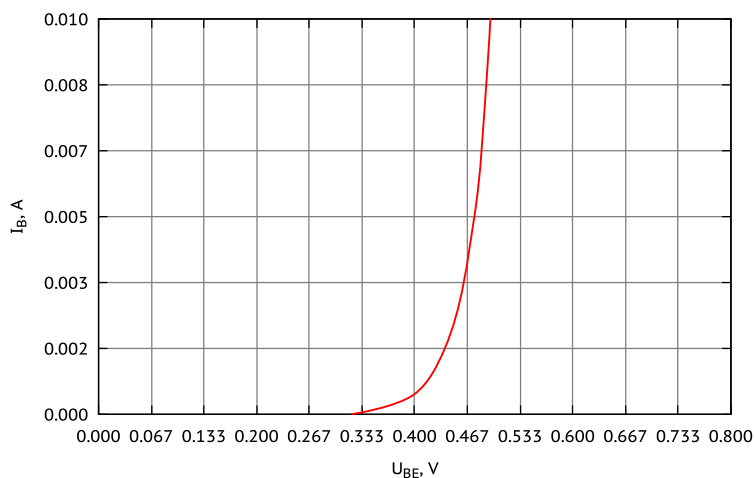


Рис. 4: Перша отримана вхідна вольт-амперна характеристика

4.1.4 Побудова другої вольт-амперної характеристики

За допомогою осцилографа отримуємо другу вхідну вольт-амперну характеристику, зображену на рис. 5.

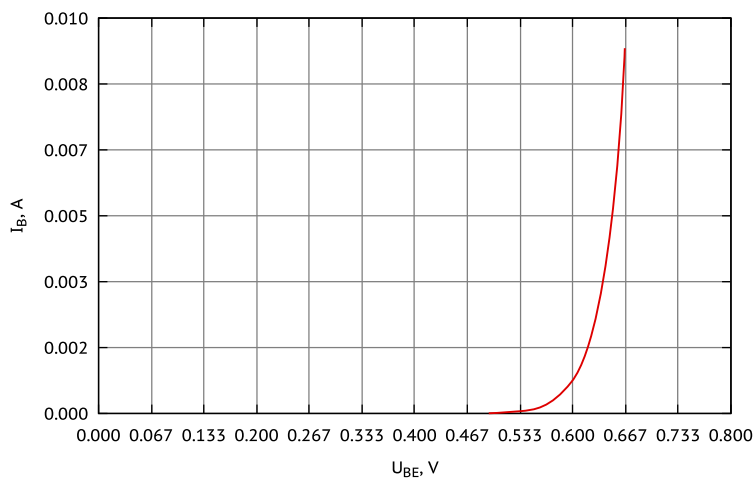


Рис. 5: Друга отримана вхідна вольт-амперна характеристика

4.1.5 Побудова третьої вольт-амперної характеристики

За допомогою осцилографа отримуємо третю вхідну вольт-амперну характеристику, зображену на рис. 6.

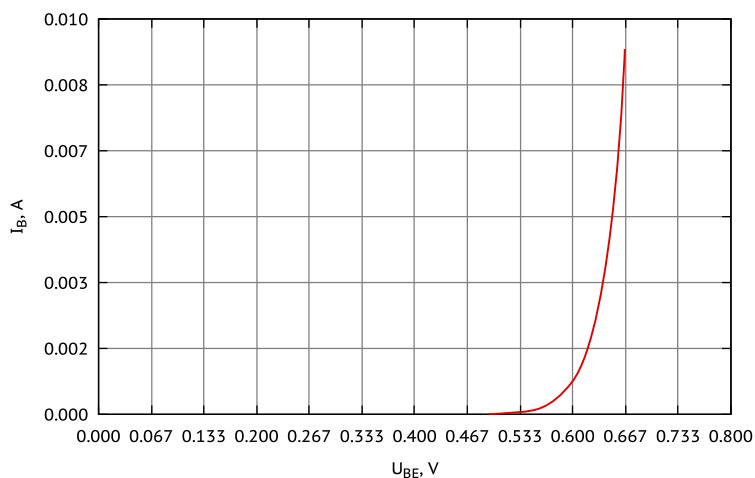


Рис. 6: Третя отримана вхідна вольт-амперна характеристика

4.2 Побудова вихідних вольт-амперних характеристик

4.2.1 Побудова першої вольт-амперної характеристики

За допомогою осцилографа отримуємо першу вихідну вольт-амперну характеристику, зображену на рис. 7.

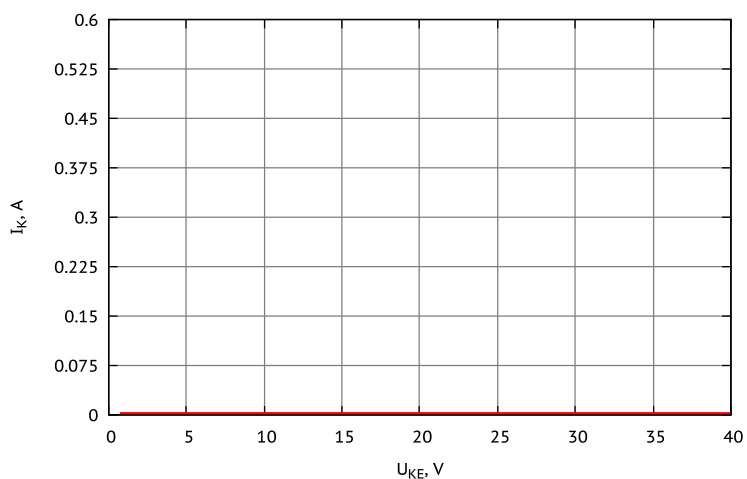


Рис. 7: Перша отримана вихідна вольт-амперна характеристика

4.2.2 Побудова другої вольт-амперної характеристики

За допомогою осцилографа отримуємо другу вихідну вольт-амперну характеристику, зображену на рис. 8.

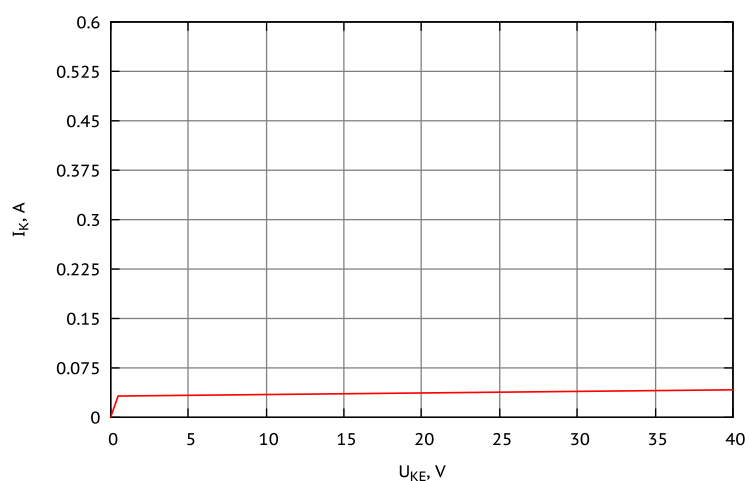


Рис. 8: Друга отримана вихідна вольт-амперна характеристика

4.2.3 Побудова третьої вольт-амперної характеристики

За допомогою осцилографа отримуємо третю вихідну вольт-амперну характеристику, зображену на рис. 8.

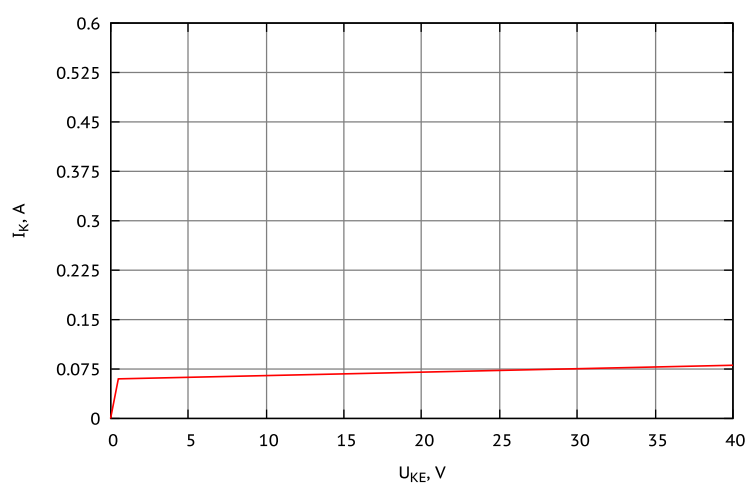


Рис. 9: Третя отримана вихідна вольт-амперна характеристика

5 Висновки

Виконуючи дану лабораторну роботу, ми:

1. Ознайомились з принципом дії, схемами ввімкнення і вольт-амперними характеристиками біполярного транзистора.
2. Набули практичних навичок з побудови вольт-амперних характеристик.
3. Вивчили схеми ввімкнення біполярних транзисторів і їх вольт-амперні характеристики.
4. Освоїли методику побудови за вхідною напругою інших струмів і напруг біполярного транзистора.

Виконавши дослідження роботи біполярного транзистора у статичному режимі, ми переконались, що при напрузі $U_{KE} = 0$ вхідна вольт-амперна характеристика дійсно починається на почтку координат. Крім того, ми удостоверились, що при збільшенні U_{KE} ($U_{KE} > 0$) вхідна вольт-амперна характеристика зміщується вправо та вниз.