

**Міністерство освіти і науки України**  
**Запорізький національний університет**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потєбні**

**Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного**  
**забезпечення**

## **Лабораторна робота № 7**

з дисципліни Аналогова та оптоелектроніка

**Ключовий режим роботи транзисторів.**

Студента (ки) 2 курсу, групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Викладач \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Мета роботи – навчитись визначати та реалізувати ключові режими роботи біполярних і польових транзисторів.

### 7.1 Короткі теоретичні відомості

Ключі в основному призначені для замикання та розмикання електричних кіл, а також для переключення струму з одного кола в інше. Ключі бувають аналоговими та дискретними.

У транзисторному ключі біполярний транзистор працює в ключовому режимі, який складається з режиму насичення та режиму відсікання.

У режимі насичення транзистор повністю відкритий і пропускає колекторний струм, а в режимі відсікання транзистор повністю закритий і колекторний струм практично відсутній.

Таким чином, транзистор у схемі ключа відіграє роль металевих контактів: у відкритому стані він замикає коло “колектор-емітер”, а у закритому стані розриває його.

Транзисторний ключ (рис. 7.1) є подільником напруги  $E_{KE}$ , верхнім плечем якого є опір резистора навантаження  $R_K$ , а нижнім - транзистор VT.

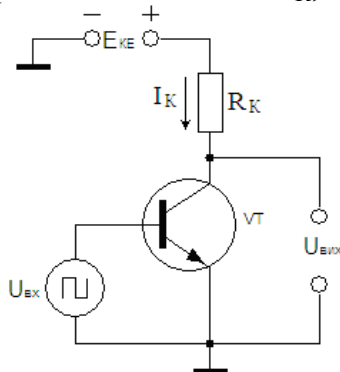


Рисунок 7.1 – Транзисторний ключ

Вихідна напруга ключа становить

$$U_{\text{вих}} = E_{KE} \frac{R_{VT}}{R_K + R_{VT}}, \quad (7.1)$$

де  $R_{VT}$  - опір ділянки колектор - емітер транзистора VT.

У відкритому стані транзистора VT його опір нехтовно малий:  $R_{VT} \ll R_K$ , через що з (7.1) одержуємо  $U_{\text{вих}} \approx 0$ .

У закритому стані транзистора VT його опір великий:  $R_{VT} \gg R_K$ , через що з (7.1) одержуємо  $U_{\text{вих}} \approx E_{KE}$ .

Вихідна напруга VT за законом Кірхгофа становить

$$U_{\text{вих}} = E_{KE} - I_K R_K. \quad (7.2)$$

В режимі насичення вихідна напруга  $U_{\text{вих}}$  практично не залежить від амплітуди вхідного сигналу через те, що струм  $I_{K\text{max}}$  не залежить від струму бази  $I_B$ . Дійсно, струми бази  $I_B (S>1)$  та  $I_B (S=1)$  створюють практично один і саме той струм колектора  $I_{K\text{max}}$  (рис. 7.2).

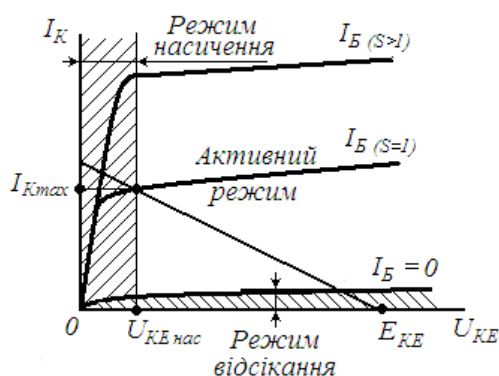


Рисунок 7.2 – Визначення коефіцієнта насичення

Ключі на польових транзисторах, як і на біполярних, призначені для обробки цифрових сигналів. Ключ на польовому транзисторі, як і на біполярному, є подільником напруги, у верхньому плечі якого опір навантаження  $R_C$ , а в нижньому - транзистор VT (рис. 7.3).

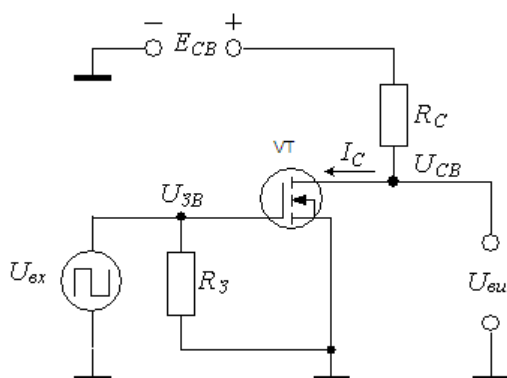


Рисунок 7.3 – Схема ключа на польовому транзисторі

Вихідна напруга за законом Кірхгофа становить

$$U_{\text{вих}} = E_{\text{CB}} - I_C R_C. \quad (7.3)$$

У ключовому режимі на польовому транзисторі, як і на біполярному, розсіюється нехтовно мала енергія  $P_C = U_{\text{CB}} I_C$ . Коли струм  $I_{\text{Cmax}}$ , то напруга стоку мінімальна  $U_{\text{CBmin}}$ . Коли ж напруга стоку максимальна, то струм стоку  $I_C = 0$ .

МОН-транзистор має бути з індукованим каналом. Це пояснює його ВАХ прямого передавання (рис. 7.4), з якої видно, що напруга затвору  $U_{\text{ЗВ}}$  має поріг  $U_{\text{пор}}$ . Цей поріг забезпечує підвищену завадостійкість, так як напруга завади, яка менша за  $U_{\text{пор}}$ , не відкриває транзистор і не сприймається ключем.

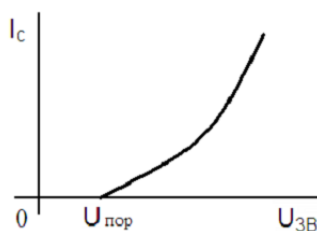


Рисунок 7.4 – ВАХ МОН-транзистора

## 7.2 Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему для дослідження режиму насичення біполярного транзистора (рис. 7.5). У запропонованій схемі застосувати транзистор 2N2222 (аналог КТ3117), який має коефіцієнт підсилення у схемі із загальним емітером  $\beta = 100$ . Вольт-амперні характеристики приведені на рисунках 7.6 - 7.7).

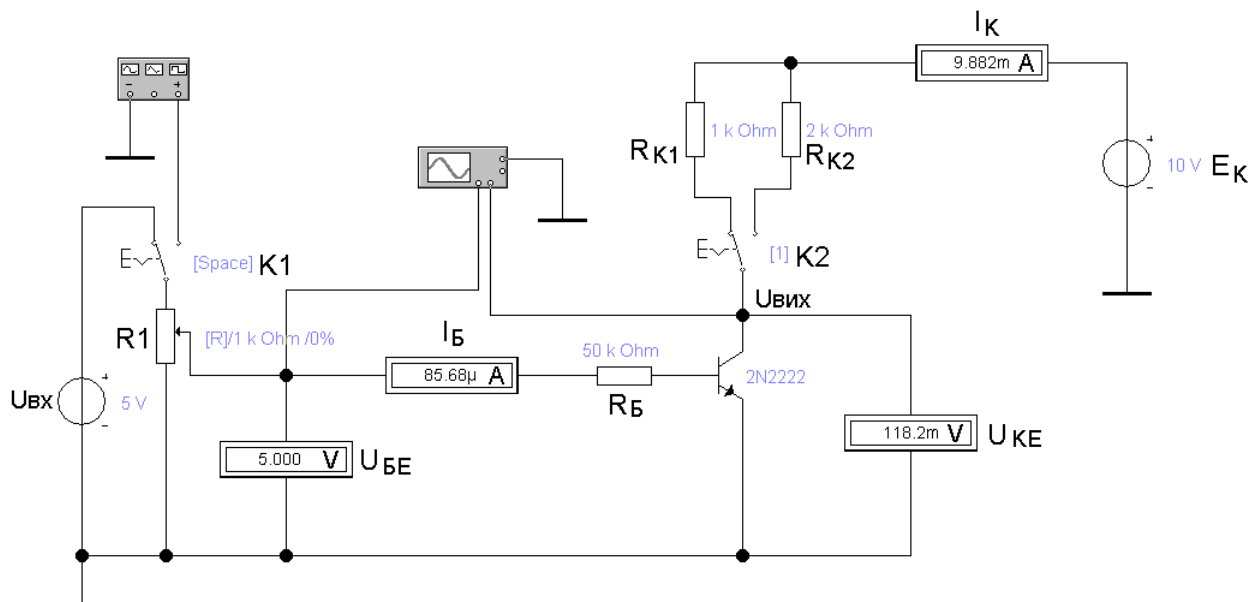


Рисунок 7.5 – Схема дослідження ключового режиму біполярного транзистора

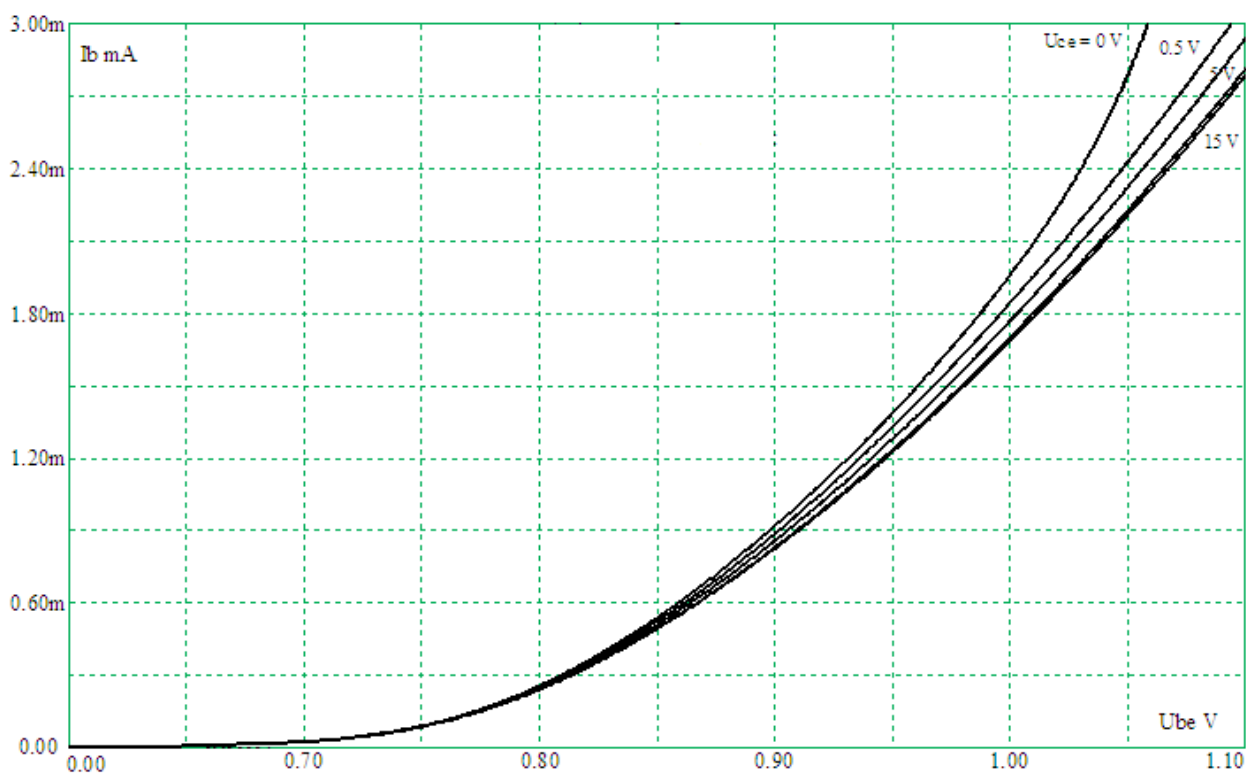


Рисунок 7.6 – Вхідна вольт-амперна характеристика транзистора 2N2222



4. За результатами експериментів визначити струм бази  $I_{Bi}$ , як значення  $I_B$ , яке вже не відповідає умові  $I_K = \beta \cdot I_B$ , і визначити експериментально значення мінімальної вхідної напруги  $U_{ex}$ , яка забезпечує режим насичення транзистору. Порівняти значення  $I_{Bi}$ , отримані при розрахунках і експериментально. Визначити, як впливає величина  $R_K$  на значення  $I_{Bi}$  і  $U_{BEi} = U_{ex}$ .

5. За допомогою перемикача K1 підключити до схеми генератор синусоїдальних імпульсів (рис. 7.5).  $U_{BX}$  виставити 5В, перемикач K2 переключити на  $R_{KI} = 1\text{к}\Omega$ . Змінюючи резистором R1 (у межах 0...100%) рівень напруги вхідного сигналу  $U_{BX}$  зняти на осцилографі діаграми  $U_{BX} = f(U_{вх})$  (рис. 7.8).

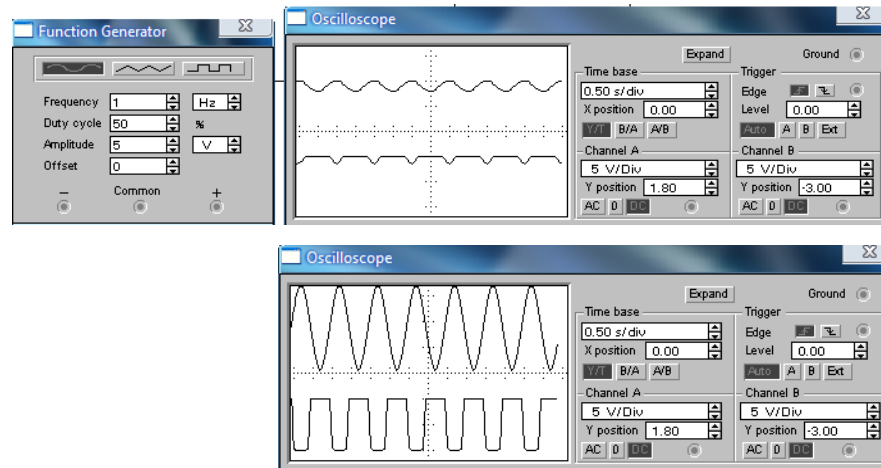


Рисунок 7.8 – Діаграми функціонування ключа на біполярному транзисторі

6. Дослідити спрацювання ключа у моменти перемикання і зафіксувати їх. Зробити відповідні висновки.

7. Зібрати схему для дослідження режиму насичення польового транзистора МОП-технології (рис. 7.9).

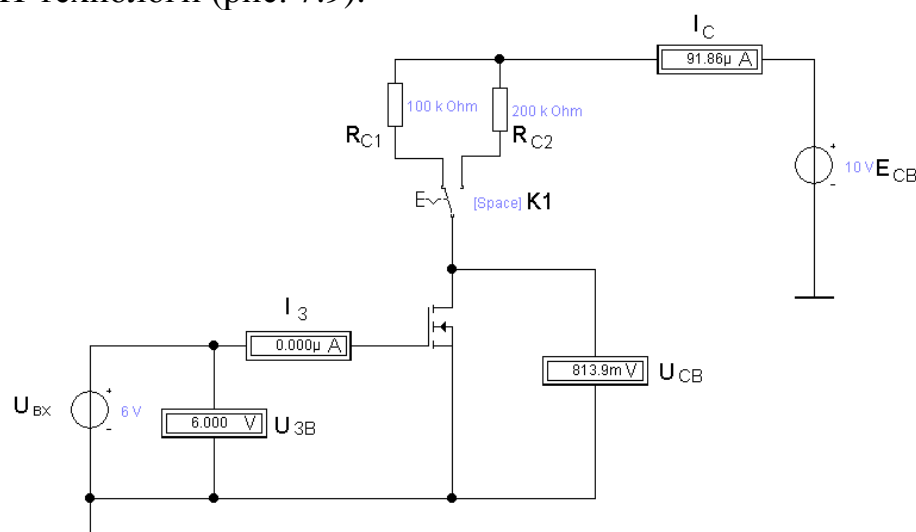


Рисунок 7.9 - Схема дослідження ключового режиму польового транзистора

8. За допомогою перемикача  $K1$  (рис. 7.9) вмикати  $R_{K1} = 100 \text{ к}\Omega$ . Поступово збільшуючи  $U_{ex}$  (1...6 В) зафіксувати показники вимірювальних приладів.

Потім повторити те саме при  $R_{K2} = 200 \text{ к}\Omega$  (табл. 7.2)

Таблиця 7.2 – Показники вимірювальних приладів

$R_{K1} = 100 \text{ к}\Omega$	$U_{вх}, \text{ В}$	1	2	3	4	5,4	5,5	6,6	6
	$I_3, \mu\text{А}$								
	$I_C, \text{ мА}$								
	$U_{CB}, \text{ В}$								
$R_{K2} = 200 \text{ к}\Omega$	$U_{вх}, \text{ В}$								
	$I_3, \mu\text{А}$								
	$I_C, \text{ мА}$								
	$U_{CB}, \text{ В}$								

9. Пояснити відсутність струму  $I_3$  в режимі насичення. Порівняти  $U_{CB}$  і  $E_{CB}$  для режиму насичення. Зробити відповідні висновки.

### 7.3 Контрольні питання

1. Як впливає колекторний опір інвертора на біполярних транзисторах на мінімальний рівень вхідного сигналу насичення, а також на навантажувальну здатність інвертора?

2. В якому інверторі значення вихідної напруги, що відповідає логічному рівню "0", є більшим – в інвертора на біполярному чи на польовому транзисторі?

3. Чому навантажувальна здатність інвертора на польовому транзисторі більша, ніж на біполярному?

4. Чому застосування динамічного опору стоку польового транзистора різко зменшує вихідну напругу?

5. Як впливає на навантажувальну здатність інверторів вхідний опір елементів навантаження?

### Література

1. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.

2. Бойко В. І., Зорі А. А. Основи електронних систем : вступ до фаху. Донецьк : ДНТУ, 2002. 207 с.