

Wyznaczanie charakterystyk statycznych tranzystora bipolarnego w układzie wspólnego emitera

(E3)

1. Wymagane zagadnienia

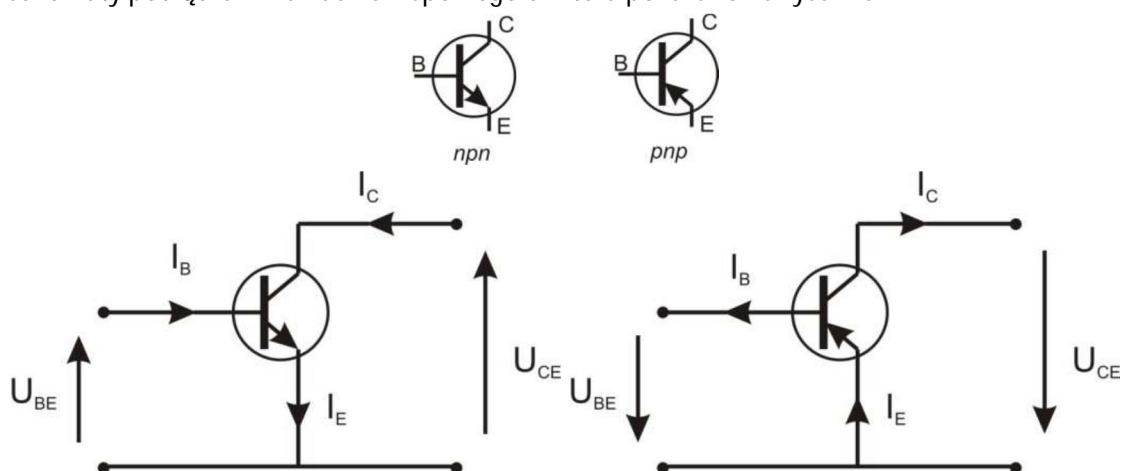
- typy półprzewodników, przewodnictwo elektryczne półprzewodników
- złącze pn, zasada działania
- charakterystyki statyczne tranzystora bipolarnego w układzie wspólnego emitera
- zakresy (obszary) pracy tranzystora, polaryzacja złącz

2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z charakterystykami statycznymi tranzystora bipolarnego npn pracującego w konfiguracji wspólnego emitera oraz wyznaczenie parametrów tranzystora w oparciu o charakterystyki statyczne.

3. Wstęp

Tranzystor bipolarny jest elementem trójelektrodowym, w którym występują trzy obszary półprzewodnika o przemiennych typach przewodnictwa i służy m.in. do wzmacniania sygnałów. Obszary te noszą nazwy emitera (E), bazy (B) i kolektora (C) i tworzą dwa złącza pn. Złącze emiterowe stanowią obszary emitera i bazy, zaś złącze kolektorowe obszary kolektora i bazy (Rysunek 1). Przemienność domieszkowania oznacza, że obszar środkowy (baza) może być typu n, wówczas pozostałe obszary są typu p (tranzystor pnp), lub baza może być typu p natomiast obszary (E) i (C) są typu n (tranzystor npn). Schematy obu typów tranzystorów oraz schematy podłączeń w układzie wspólnego emitera pokazano na rysunku.



Rysunek 1. Symbole i polaryzacja tranzystorów bipolarnych

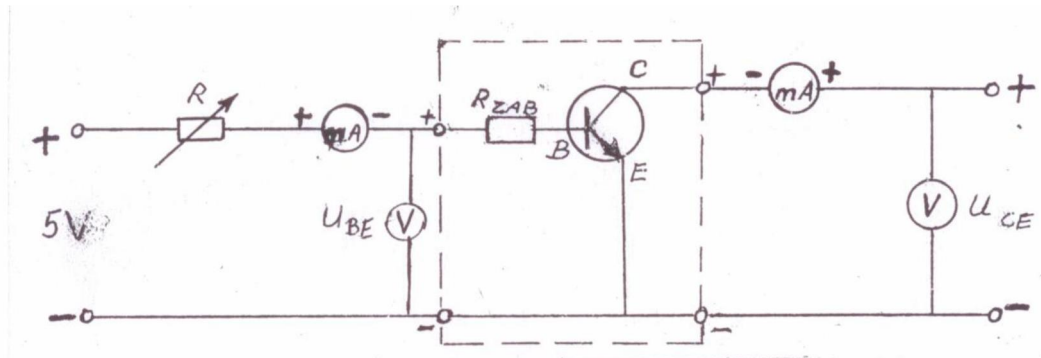
Właściwości tranzystora opisują jego charakterystyki statyczne. Są to krzywe przedstawiające zależności między prądami i napięciami stałymi występującymi na wejściu i wyjściu tranzystora.

4. Wykonanie pomiarów

4.1. Schemat układu pomiarowego

Charakterystyki statyczne tranzystorów bipolarnych wyznacza się w układzie pomiarowym, którego schemat przedstawiono na rysunku.

Zestawić układ pomiarowy przedstawiony na Rysunek 2.



Rysunek 2. Schemat układu pomiarowego do badania charakterystyk tranzystora

Tranzystor bipolarny npn badany jest w układzie wspólnego emitera (WE). Układ dwóch amperomierzy oraz dwóch woltomierzami umożliwia pomiary prądu bazy (I_B), prądu kolektora (I_C), napięcia na złączu kolektor – emiter (U_{CE}) oraz napięcia na złączu baza – emiter (U_{BE}).

Zadawanie różnych wartości napięcia U_{CE} przy ustalonych wartościach stałego prądu I_B i pomiar natężenia prądu kolektora I_C płynącego przez tranzystor umożliwia wyznaczenie charakterystyk wyjściowych tranzystora $I_C = f(U_{CE}, I_B = \text{const})$. Z kolei zadawanie różnych wartości napięcia U_{BE} przy ustalonych wartościach napięcia U_{CE} i pomiar prądu bazy I_B oraz prądu kolektora I_C umożliwia wyznaczenie charakterystyk wejściowych $I_B = f(U_{BE}, U_{CE} = \text{const})$, oraz przejściowych $I_C = f(I_B, U_{CE} = \text{const})$ tranzystora.

Wykonanie pomiarów polega na wyznaczeniu rodzin w/w charakterystyk dla *zadanych przez prowadzącego* wartości prądu bazy (I_B) (charakterystyka wyjściowa) oraz dla zadanych wartości U_{CE} (charakterystyka wejściowa).

4.2. Przygotowanie stanowiska do pomiarów

- Odłączyć wszystkie urządzenia od zasilania
- Zmontować układ pomiarowy przedstawiony na rysunku powyżej
- Dla miliamperomierza prądu I_B ustawić zakres pomiarowy na 7,5 mA
- Dla miliamperomierza prądu I_C ustawić zakres pomiarowy na 750 mA
- Dla woltomierzy U_{CE} i U_{BE} ustawić zakresy pomiarowe na 10 V

4.3. Wyznaczenie rodziny charakterystyk wyjściowych

Wyznaczenie rodziny charakterystyk wyjściowych Pomiar charakterystyk wyjściowych tranzystora należy wykonać dla następujących wartości prądu bazy (I_B): 0.5mA, 1mA, 1.5mA, 2mA, 2.5mA.

- Ustawić wartość początkową oporu na opornicy dekadowej na 9 kΩ.
- Skręcić gałkę potencjometru na zasilaczu kolektora maksymalnie w lewo.
- Po uzyskaniu zgody osoby prowadzącej zajęcia podłączyć zasilacze do sieci elektrycznej oraz je włączyć.
- Zmieniając wartość rezystancji na opornicy dekadowej ustawić prąd bazy (I_B) na zadaną wartość.
- Zmieniając wartość napięcia U_{CE} od 0 V do 8 V odczytywać wartości prądu kolektora (I_C)
- Skręcić gałkę potencjometru na zasilaczu kolektora maksymalnie w lewo, następnie powtórzyć czynności z punktów (d) i (e) dla kolejnych zadanych wartości prądu I_B .
- Wyniki zebrać w tabeli:

Pomiar charakterystyk wyjściowych					
$I_B = \dots\dots\dots$ mA		$I_B = \dots\dots\dots$ mA		$I_B = \dots\dots\dots$ mA	
U_{CE} [V]	I_C [mA]	U_{CE} [V]	I_C [mA]	U_{CE} [V]	I_C [mA]
0		0		0	
0.05		0.05		0.05	
0.1		0.1		0.1	
0.15		0.15		0.15	
.....		
0.5		0.5		0.5	
1		1		1	
.....		
8		8		8	

4.4. Wyznaczenie charakterystyk wejściowych i przejściowych

Pomiar charakterystyki wejściowych tranzystora należy wykonać dla napięcia U_{CE} przy którym tranzystor znajduje się w obszarze pracy aktywnej.

- Ustawić wartość początkową oporu na opornicy dekadowej na 9 kΩ.
- Ustawić wartość napięcia U_{CE} na zadaną wartość.
- Zmieniając prąd bazy (I_B) od 0.5 mA do 2.5 mA (z krokiem 0.5 mA) poprzez zmianę rezystancji na opornicy dekadowej, odczytywać wartości napięcia U_{BE} .
- Wyniki zebrać w tabeli:

Pomiar charakterystyki wejściowej	
$U_{CE} = \dots\dots\dots$ V	
I_B [mA]	U_{BE} [mA]
0.5	
1	
.....	
2.5	

5. Opracowanie wyników pomiarów

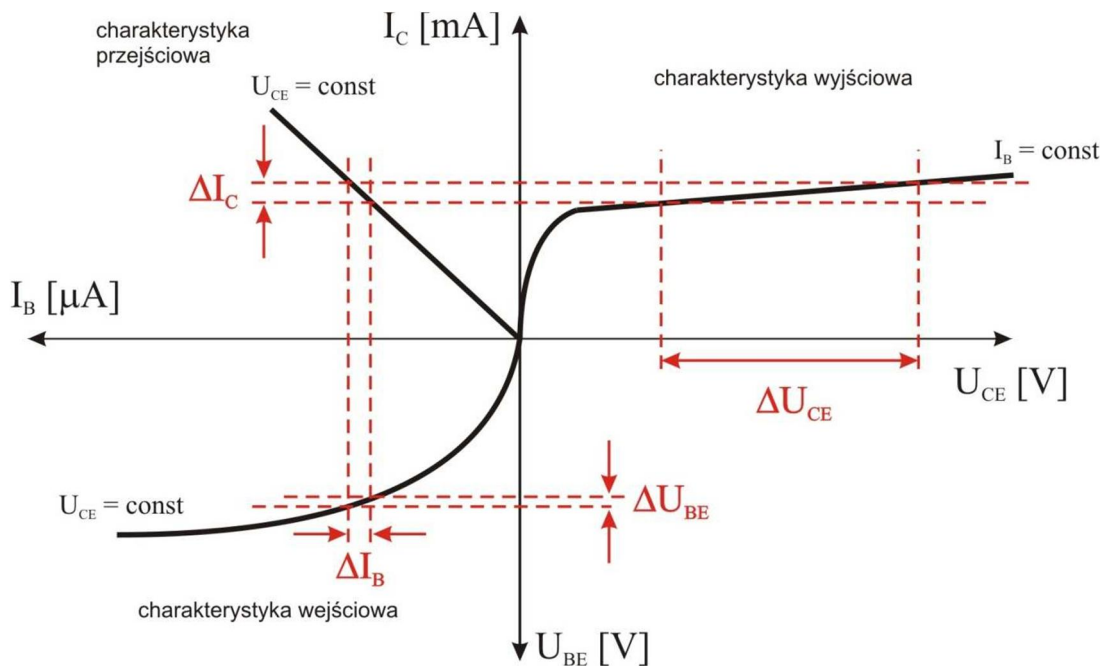
- W oparciu o uzyskane wyniki pomiarów wykreślić:
 - rodzinę charakterystyk wyjściowych (na jednym wykresie)
 $I_C = f(U_{CE}, I_B = \text{const})$
 - charakterystykę przejściową (na kolejnym wykresie)
 $I_C = f(I_B, U_{CE} = \text{const})$

b) Narysować charakterograf tranzystora bipolarnego (analogicznie do przykładowego z Rysunek 3) dla wybranej wartości $I_B = \text{const}$ oraz $U_{CE} = \text{const}$. W oparciu o ten wykres wyznaczyć parametry tranzystora stosując metodę przybliżoną polegającą na zastąpieniu pochodnych ilorazami małych przyrostów odpowiednich napięć i prądów:

- rezystancję wyjściową: $R_{WY} = \left(\frac{\partial U_{CE}}{\partial I_C} \right)_{I_B = \text{const}}$

- rezystancję wejściową: $R_{WE} = \left(\frac{\partial U_{BE}}{\partial I_B} \right)_{U_{CE} = \text{const}}$

- współczynnik wzmacnienia prądowego: $\beta = \left(\frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right)_{U_{CE} = \text{const}}$



Rysunek 3. Przykładowy wykres charakterografu tranzystora bipolarnego w układzie wspólnego emitera

c) Błędy ocenić na podstawie znajomości klasy przyrządów.

Literatura

1. P. Hempowicz et al., Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków, WNT, Warszawa, 1999
2. J. Massalski, Fizyka dla inżynierów t. 2, WNT, Warszawa 1977
3. A. Rusek, Podstawy elektroniki – t. I i II, WSiP, Warszawa, 1984
4. K. Bractawski, A. Siennicki, Elementy półprzewodnikowe, WSiP, Warszawa, 1986