

Instrukcja do ćwiczenia laboratoryjnego nr 5

Temat: Charakterystyki statyczne tranzystorów bipolarnych

Cel ćwiczenia. *Celem ćwiczenia jest poznanie charakterystyk prądowo-napięciowych i wybranych parametrów statycznych tranzystorów bipolarnych oraz metod ich pomiarów.*

I. Wymagane wiadomości.

1. Budowa i zasada działania tranzystora bipolarnego.
2. Modele warstwowe tranzystora w układzie połączeń **OB**, **OE** i **OC**. Polaryzacja normalna. Rozpływ prądów w tranzystorze.
3. Parametry statyczne tranzystora bipolarnego.
4. Wzmocnienie prądowe w tranzystorze. Definicje współczynników wzmocnienia. Czynniki wpływające na ich wartość.
5. Charakterystyki statyczne: wejściowe, wyjściowe, przejściowe i oddziaływania wstecznego w układzie **OB** i **OE**.
6. Podział pola charakterystyk wyjściowych na zakresy pracy. Prosta obciążenia. Polaryzacja wejścia i wyjścia w poszczególnych zakresach.
7. Ograniczenia zakresu pracy. Moc admisyjna.
8. Metody wyznaczanie parametrów statycznych tranzystora bipolarnego.

II. Wykonanie ćwiczenia.

1. Opis układu pomiarowego.

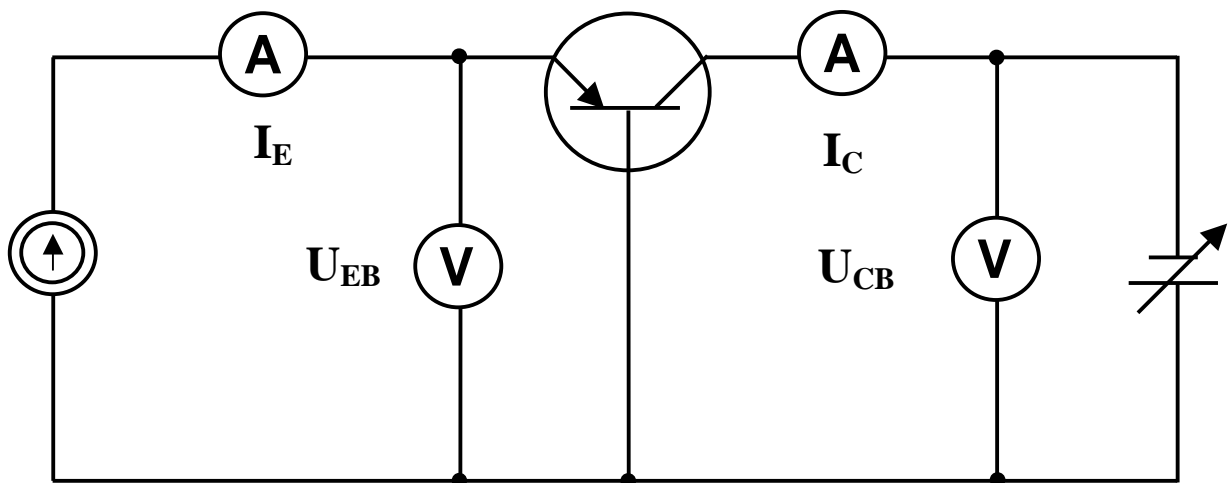
W ćwiczeniu wyznaczone są charakterystyki statyczne tranzystora bipolarnego w układzie **OB** oraz **OE**. Pomiary wykonywane są metodą „punkt po punkcie”. W skład układów pomiarowych wchodzi przystawki pomiarowe zawierające: regulowane skokowo źródło prądowe (I_E lub I_B), układ zasilania z regulacją napięcia (U_{CB} lub U_{CE}), przełącznik wyboru typu tranzystora [**p-n-p** lub **n-p-n**] oraz rodzaju badanych charakterystyk [**wej.**, **wyj.**].

Przyrządami dołączanymi z zewnątrz do przystawek są: zasilacz symetryczny, mierniki prądu i woltomierze.

Wartości liczbowe napięć i prądów, przy których wykonywane są pomiary charakterystyk statycznych różnych typów tranzystorów, należy uzgodnić z prowadzącym ćwiczenie.

2. Pomiar charakterystyk statycznych tranzystora w układzie OB.

W układzie przedstawionym na rys. 1 można dokonywać pomiarów charakterystyk wejściowych, wyjściowych, przejściowych oraz oddziaływania wstecznego, dla połączenia ze wspólną bazą **OB**, tranzystorów typu **p - n - p** lub **n - p - n**. Ze względu na ograniczenia czasowe przeprowadzane są przede wszystkim pomiary charakterystyk **wejściowych i wyjściowych**.



Rys. 1. Schemat układu do pomiaru charakterystyk statycznych tranzystora w układzie OB.

2.1. Pomiar charakterystyk wejściowych $I_E = f(U_{EB})$ przy $U_{CB} = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk wejściowych przeprowadza się przy dwóch wartościach napięcia $U_{CB} = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. **Wartości prądu emitera podane są przy pokrętle regulacji I_E . W tym pomiarze miernik prądu w obwodzie emitera jest wyłączony.**

1. Dołączyć przyrządy pomiarowe do przystawki zgodnie ze schematem podanym na rys. 1.
2. Wybrać odpowiednie zakresy mierników napięcia i prądów.
3. Ustawić pokrętkę regulacji prądu I_E na wartość równą **0,1 mA**.
4. Ustawić pokrętkę Regulacji U_{CB} na wartość bliską zeru.
5. Połączyć zasilacz z przystawką zachowując zaznaczone na przystawce polaryzacje.

6. Określić typ badanego tranzystora (**p-n-p** lub **n-p-n**). Umieścić tranzystor w przystawce zachowując zgodność elektrod **E,B,C**.
7. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce.
8. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
9. Ustawić wartość napięcia $U_{CB(1)} = 0 \text{ V}$.
10. Odczytać wartość napięcia U_{EB} dla ustawionej wartości prądu $I_E = 0,1 \text{ mA}$. Wynik pomiaru umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w tabeli 1.
11. Ustawiać kolejne wartości prądu I_E (aż do $I_E = 10 \text{ mA}$), przy ustalonej wartości $U_{CB(1)} = 0 \text{ V}$ i odczytywać odpowiadające im wartości napięć U_{EB} . Wyniki pomiarów umieszczać w tabeli 1.
12. Ustawić ponownie pokrętko regulacji prądu I_E na wartość równą **0,1 mA**.
13. Ustawić wartość napięcia $U_{CB(2)}$ wskazaną przez prowadzącego.
14. Odczytać wartość napięcia U_{EB} dla prądu $I_E = 0,1 \text{ mA}$. Wynik pomiaru wpisać do tabeli 1.
15. Ustawiać kolejne wartości prądu I_E (aż do $I_E = 10 \text{ mA}$), przy ustalonej wartości napięcia U_{CB2} i odczytywać odpowiadające im wartości napięć U_{EB} . Wyniki pomiarów umieszczać w tabeli 1.
16. Ustawić ponownie pokrętko regulacji prądu I_E na wartość równą **0,1 mA** oraz ustawić wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$.

2.2. Pomiar charakterystyk wyjściowych $I_C = f(U_{CB})$ przy $I_E = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk wyjściowych przeprowadza się przy trzech wartościach prądu $I_E = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. Pomiary przeprowadza się w układzie przygotowanym według poleceń zawartych w podpunktach (1-6) z powyższego p.2.1. Dalsze postępowanie podano niżej.

– **Uwaga!!!** – Potencjometr „Regulacja U_{CB} ” ustawić w skrajnym, prawym położeniu.

1. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce.
2. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
3. Ustawić zadaną wartość prądu $I_{E(1)}$.
4. Pomiar charakterystyki rozpocząć od odczytania wartości prądu I_C dla napięcia $U_{CB} = -10 \text{ V}$ dla tranzystora **p - n - p** (lub $U_{CB} = +10 \text{ V}$ dla tranzystora **n - p - n**). Kolejne wartości prądu odczytywać dla mniejszych (bezwzględnych) wartości napięcia

U_{CB} . Pomiar zakończyć dla tranzystora typu **p – n – p** przy dodatnim napięciu U_{CB} , dla którego prąd I_C osiągnie wartość równą zero lub dla tranzystora typu **n – p – n** przy ujemnym napięciu U_{CB} , dla którego prąd I_C osiągnie wartość równą zero.

5. Wyniki odczytów wartości prądu I_C dla odpowiednich napięć U_{CB} (co najmniej 10 punktów pomiarowych) umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w tabeli 2.
6. Ustawić ponownie wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$.
7. Ustawić zadaną wartość prądu I_{E2} i powtórzyć polecenia zawarte w **p.4** i **5**.
8. Ustawić ponownie wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$.
9. Ustawić zadaną wartość prądu I_{E3} i powtórzyć polecenia zawarte w **p.4** i **5**.

2.3. Pomiar charakterystyk przejściowych $I_C = f(I_E)$ przy $U_{CB} = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk przejściowych przeprowadza się przy dwóch wartościach napięcia $U_{CB} = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. Pomiary przeprowadza się w układzie wykorzystywanym w **p.2.2**, przygotowanym według poleceń zawartych w podpunktach **(1-6)** z **p.2.1**.

1. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce - tak, jak do pomiaru charakterystyk wyjściowych.
2. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
3. Ustawić zadaną wartość napięcia $U_{CB(1)}$.
4. Dla prądu $I_E = 0,1 \text{ mA}$ odczytać wartość prądu I_C . Wynik odczytu umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w tabeli 3.
5. Zachowując zadaną wartość napięcia $U_{CB(1)}$, zmieniać wartość prądu I_E w zakresie do **10 mA** i odczytywać wartości prądu I_C . Wyniki odczytów I_C dla odpowiednich prądów I_E (co najmniej 5 punktów pomiarowych) umieścić w tabeli 3.
6. Ustawić ponownie wartość prądu $I_E = 0,1 \text{ mA}$.
7. Ustawić zadaną wartość $U_{CB(2)}$ i powtórzyć czynności podane w **p.4** i **5**, dla $U_{CB(2)}$.
8. Ustawić ponownie wartość prądu $I_E = 0,1 \text{ mA}$ oraz wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$.

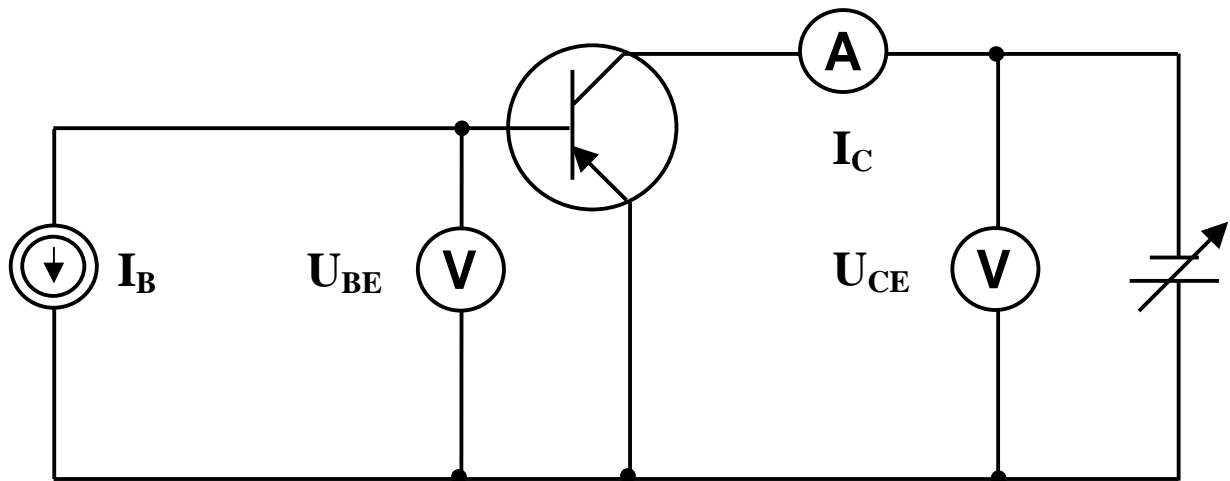
2.4. Pomiar charakterystyk zwrotnych $U_{EB} = f(U_{CB})$ przy $I_E = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk zwrotnych, jako dodatkowe zadanie w ćwiczeniu, przeprowadza się przy dwóch wartościach prądu $I_E = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. Pomiary przeprowadza się w układzie przygotowanym według poleceń zawartych w podpunktach **(1-6)** z **p.2.1**. Dalsze postępowanie podano niżej.

1. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce - tak, jak do pomiaru charakterystyk wejściowych.
2. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
3. Ustawić zadaną wartość prądu $I_{E(1)}$.
4. Przy zadanej wartości prądu $I_{E(1)}$ ustawić wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$. Odczytać wartość napięcia U_{EB} . Wynik odczytu umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w opracowanej tabeli.
5. Zmieniać wartość napięcia U_{CB} w zakresie do **10 V** i przy zadanej wartości prądu $I_{E(1)}$ odczytywać wartości napięcia U_{EB} . Wyniki odczytów U_{EB} dla odpowiednich napięć U_{CB} (co najmniej 5 punktów pomiarowych) umieścić w tabeli.
6. Ustawić ponownie wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$.
7. Ustawić zadaną wartość $I_{E(2)}$ i powtórzyć czynności podobnie jak w p.4 i 5, dla $I_{E(2)}$.
8. Ustawić wartość prądu $I_E = 0,1 \text{ mA}$ oraz wartość napięcia $U_{CB} = 0 \text{ V}$.

3. Pomiar charakterystyk statycznych tranzystora w układzie OE.

W układzie przedstawionym na rys. 2 można dokonywać pomiarów charakterystyk wejściowych, wyjściowych, przejściowych oraz oddziaływania wstecznego, dla połączenia ze wspólnym emiterem OE, tranzystorów typu **p - n - p** lub **n - p - n**.



Rys. 2. Schemat układu do pomiaru charakterystyk statycznych tranzystora w układzie OE.

Ze względu na ograniczenia czasowe przeprowadzane są przede wszystkim pomiary charakterystyk **wejściowych** i **wyjściowych**.

3.1. Pomiar charakterystyk wejściowych $I_B = f(U_{BE})$ przy $U_{CE} = \text{const}$.

Pomiary charakterystyk wejściowych przeprowadza się przy dwóch wartościach napięcia $U_{CE} = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego.

1. Dołączyć przyrządy pomiarowe do przystawki zgodnie ze schematem podanym na rys. 2.
2. Wybrać odpowiednie zakresy mierników napięcia i prądu.
3. Ustawić pokrętkę regulacji prądu I_B na wartość równą $1 \mu A$.
4. Ustawić pokrętkę Regulacji U_{CE} w skrajnym lewym położeniu.
5. Połączyć zasilacz z przystawką zachowując zaznaczone na przystawce polaryzacje.
6. Określić typ badanego tranzystora (**p-n-p** lub **n-p-n**). Umieścić tranzystor w przystawce zachowując zgodność elektrod **E,B,C**.
7. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce.
8. Włączyć zasilacz i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
9. Ustawić wartość napięcia $U_{CE(1)} = 0 V$.
10. Odczytać wartość napięcia U_{BE} dla ustawionej wartości prądu $I_B = 1 \mu A$. Wynik pomiaru umieścić w Sprawozdaniu 3, w tabeli 4.
11. Ustawiać kolejne wartości prądu I_B (aż do $I_B = 50 \mu A$), przy ustalonej wartości $U_{CE(1)} = 0 V$ i odczytywać odpowiadające im wartości napięć U_{BE} . Wyniki pomiarów umieszczać w tabeli 4.
12. Ustawić ponownie pokrętkę regulacji prądu I_B na wartość równą $1 \mu A$.
13. Ustawić wartość napięcia $U_{CE(2)}$ wskazaną przez prowadzącego.
14. Odczytać wartość napięcia U_{BE} dla prądu $I_B = 1 \mu A$. Wynik pomiaru umieścić w tabeli 4.
15. Ustawiać kolejne wartości prądu I_B (aż do $I_B = 50 \mu A$), przy ustalonej wartości napięcia $U_{CE(2)}$ i odczytywać odpowiadające im wartości napięć U_{BE} . Wyniki pomiarów umieszczać w tabeli 4.
16. Ustawić ponownie pokrętkę regulacji prądu I_B na wartość równą $1 \mu A$ oraz ustawić wartość napięcia $U_{CE} = 0 V$.

3.2. Pomiar charakterystyk wyjściowych $I_C = f(U_{CE})$ przy $I_B = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk wyjściowych przeprowadza się przy trzech wartościach prądu $I_B = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. Pomiary przeprowadza się w układzie przygotowanym według poleceń zawartych w podpunktach (1-6) z p.3.1. Dalsze postępowanie podano niżej.

1. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce.

2. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
3. Ustawić zadaną wartość prądu $I_{B(1)}$.
4. W zakresie regulacji napięcia U_{CE} [od **0 V** do **- 10 V**] dla tranzystora **p - n - p** lub [od **0 V** do **+ 10 V**] dla tranzystora **n - p - n**, wybrać co najmniej 10 punktów pomiarowych, w których zostaną odczytane wartości prądu I_C .
5. Wyniki odczytów wartości prądu I_C dla odpowiednich napięć U_{CE} umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w tabeli 5.
6. Ustawić ponownie wartość napięcia $U_{CE} = 0 V$.
7. Ustawić zadaną wartość prądu $I_{B(2)}$ i powtórzyć polecenia zawarte w **p.4 i 5**.
8. Ustawić ponownie wartość napięcia $U_{CE} = 0 V$.
9. Ustawić zadaną wartość prądu $I_{B(3)}$ i powtórzyć polecenia zawarte w **p.4 i 5**.
10. Ustawić pokrętko regulacji prądu I_B na wartość równą **2 μA** oraz ustawić wartość napięcia $U_{CE} = 0 V$.

3.3. Pomiar charakterystyk przejściowych $I_C = f(I_B)$ przy $U_{CE} = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk przejściowych przeprowadza się przy dwóch wartościach napięcia $U_{CE} = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. Pomiary przeprowadza się w układzie z **p.3.2**, przygotowanym według poleceń zawartych w podpunktach (1-6) z **p.3.1**.

1. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce - tak, jak do pomiaru charakterystyk wyjściowych.
2. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
3. Ustawić zadaną wartość napięcia $U_{CE(1)}$.
4. Dla prądu $I_B = 2 \mu A$ odczytać wartość prądu I_C . Wynik odczytu umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w tabeli 6.
5. Zachowując zadaną wartość napięcia $U_{CE(1)}$, zmieniać wartość prądu I_B w zakresie do **50 μA** i odczytywać wartości prądu I_C . Wyniki odczytów I_C dla odpowiednich prądów I_B (co najmniej 5 punktów pomiarowych) umieścić w tabeli 6.
6. Ustawić ponownie wartość prądu $I_B = 2 \mu A$.
7. Ustawić zadaną wartość $U_{CE(2)}$ i powtórzyć czynności podobnie jak w **p.4 i 5**.
8. Ustawić ponownie wartość prądu $I_B = 2 \mu A$ oraz wartość napięcia $U_{CE} = 0 V$.

3.4. Pomiar charakterystyk zwrotnych $U_{BE} = f(U_{CE})$ przy $I_B = \text{const.}$

Pomiary charakterystyk zwrotnych, jako dodatkowe zadanie w ćwiczeniu, przeprowadza się przy dwóch wartościach prądu $I_B = \text{const.}$, wskazanych przez prowadzącego. Pomiary

przeprowadza się w układzie przygotowanym według poleceń zawartych w podpunktach (1-6) z p.3.1. Dalsze postępowanie podano niżej.

1. Dokonać wyboru rodzaju badanej charakterystyki ustawiając odpowiednio przełącznik w przystawce - tak, jak do pomiaru charakterystyk wejściowych.
2. Włączyć zasilacz symetryczny i ustawić napięcia w obu jego częściach na wartość **15 V**.
3. Ustawić zadaną wartość prądu $I_{B(1)}$.
4. Przy zadanej wartości prądu $I_{B(1)}$ ustawić wartość napięcia $U_{CE} = 0 \text{ V}$. Odczytać wartość napięcia U_{BE} . Wynik odczytu umieścić w Sprawozdaniu nr 3, w opracowanej tabeli.
5. Zmieniać wartość napięcia U_{CE} w zakresie do **10 V** i odczytywać wartość napięcia U_{BE} . Wyniki odczytów U_{BE} dla odpowiednich napięć U_{CE} (co najmniej 5 punktów pomiarowych) umieścić w tabeli.
6. Ustawić ponownie wartość napięcia $U_{CE} = 0 \text{ V}$.
7. Ustawić zadaną wartość $I_{B(2)}$ i powtórzyć czynności podobnie jak w p.4 i 5.
8. Ustawić wartość prądu $I_B = 1 \mu\text{A}$ oraz wartość napięcia $U_{CE} = 0 \text{ V}$.

III. Opracowanie wyników.

1. Zapisać wyniki pomiarów w odpowiednich tabelach.
2. Wykreślić rodziny charakterystyk. Każda rodzina charakterystyk w jednym układzie współrzędnych.
3. Porównać przebiegi odpowiednich charakterystyk zdjętych w układzie **OB** oraz **OE**.
4. W oparciu o zdjęte charakterystyki, obliczyć w wybranych punktach na charakterystykach (minimum trzech) rezystancje statyczne R_{we} oraz R_{wy} .
5. Wyznaczyć współczynniki wzmocnienia prądowego α_N oraz β_N .