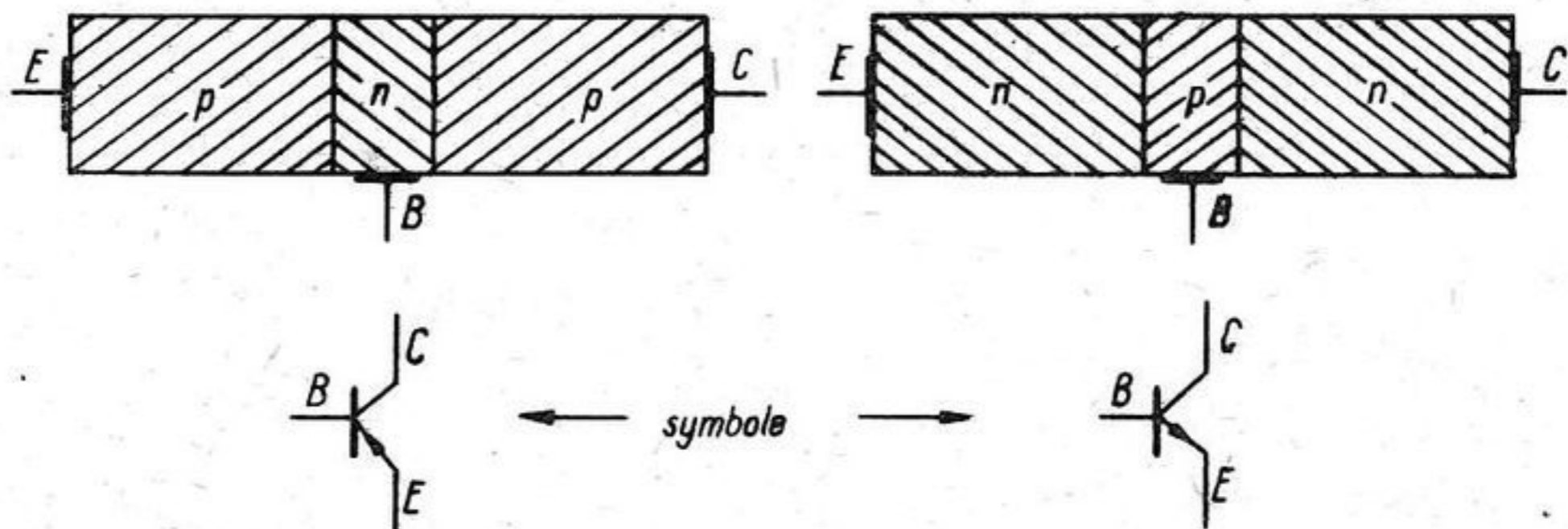


12. BADANIE CHARAKTERYSTYK STATYCZNYCH TRANZYSTORÓW WARSTWOWYCH

12.1. Zasada działania tranzystora warstwowego*

Tworząc w jednej próbce półprzewodnika kombinację dwóch złącz p-n w ten sposób, że wspólny dla obu złącz obszar typu n lub typu p ma małą grubość $\sim 10^{-5} \div 10^{-7}$ cm, można otrzymać element półprzewodnikowy zwany tranzystorem warstwowym (złączowym) umożliwiający wzmacnianie mocy i generowanie sygnałów elektrycznych. Jeżeli wspólny dla obu złącz jest obszar typu n, otrzymujemy tranzystor typu p-n-p, jeżeli obszar typu p - tranzystor typu n-p-n. Modele obu tranzystorów i ich symbole przedstawione są na rysunku 12.1. Poszczególne obszary oznaczone literami E, B i C są nazywane odpowiednio: emiterem, bazą i kolektorem tranzystora.



Rys.12.1. Modele i symbole graficzne tranzystorów "p-n-p" i "n-p-n"

Mechanizm działania tranzystora warstwowego wyjaśniamy na przykładzie tranzystora typu p-n-p.

* Dla łatwiejszego zrozumienia zasady działania tranzystora wskazane jest zapoznać się wcześniej z punktem 1 ćwiczenia "Badanie charakterystyk diod półprzewodnikowych".

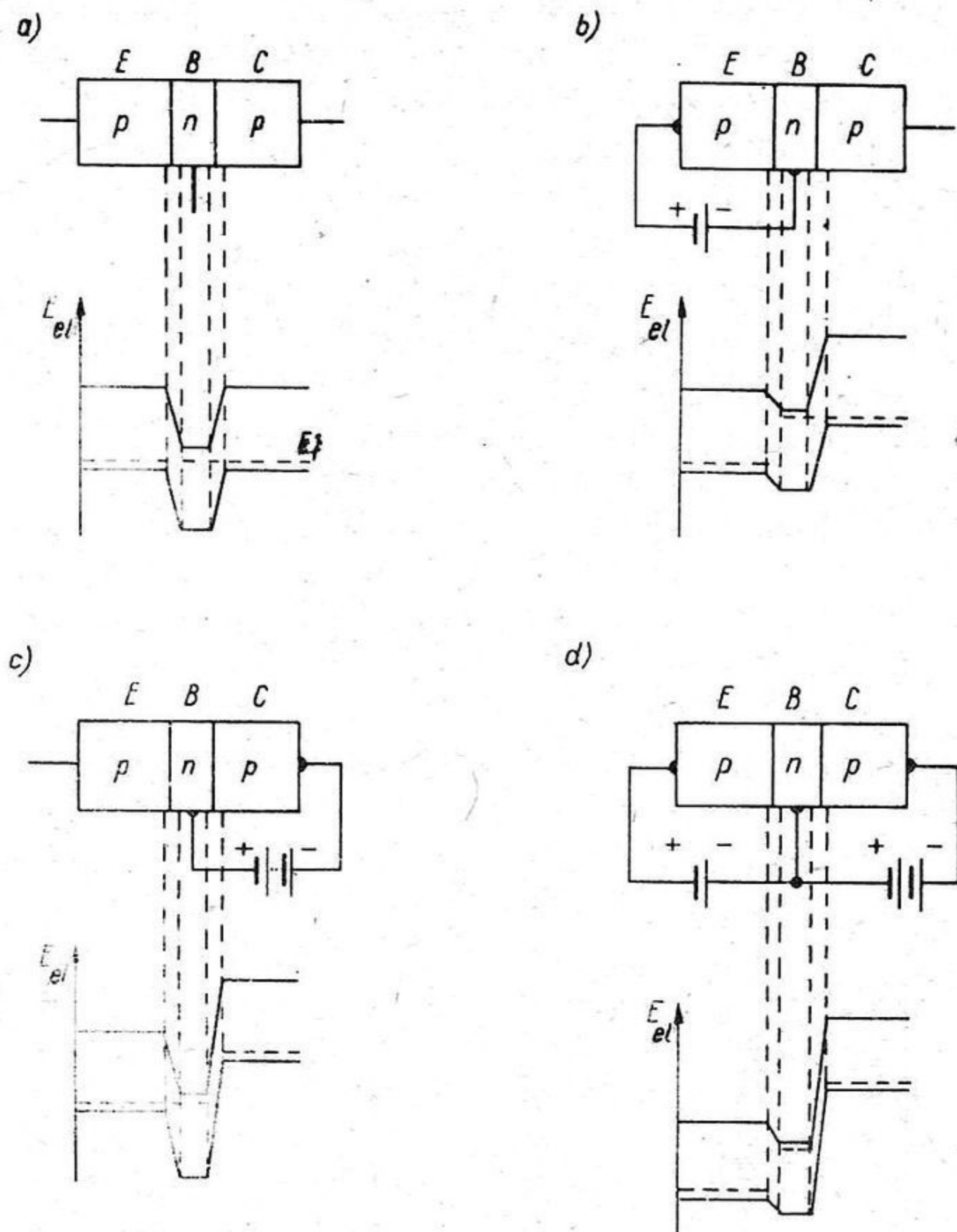
Dla uproszczenia rozważań przyjmujemy, że koncentracja domieszek akceptorowych w obszarze kolektora i emitera jest jednakowa (tranzystor symetryczny) i znacznie większa od koncentracji domieszek donorowych w obszarze bazy. Złącze p-n między emiterem i bazą będziemy nazywać złączem emiterowym, a złącze n-p między bazą i kolektorem - złączem kolektorowym.

W warunkach równowagi termodynamicznej (tranzystor niespolaryzowany) oba złącza mogą być rozpatrywane oddzielnie - obszar bazy jest na tyle szeroki, że wewnętrzne pola elektryczne E_0 warstw zaporowych tych złącz nie oddziałują na siebie. W tych warunkach pasma energetyczne w tranzystorze p-n-p będą przebiegały jak na rys. 12.2a. Ruch swobodnych nośników w obrębie każdego złącza przebiega analogicznie jak w izolowanym złączu p-n. W stanie równowagi natężenia prądów dyfuzyjnych I_D są równe natężeniom odpowiednich prądów wstecznych I_{wst} .

Dla zapewnienia prawidłowej pracy tranzystora złącze kolektorowe należy spolaryzować w kierunku zaporowym, natomiast złącze emiterowe w kierunku przewodzenia. W szczególnych przypadkach złącze emiterowe może być polaryzowane również w kierunku zaporowym. Warunek ten dotyczy również tranzystorów typu n-p-n.

Spolaryzujemy najpierw tylko złącze emiterowe, przykładając między emiterem i bazą niewielkie napięcie U_{BE} w kierunku przewodzenia (ujemny biegun zewnętrznego źródła napięcia łączymy z bazą, dodatni z emiterem). W rezultacie obniżenia się bariery potencjału dyfuzyjnego i szerokości emiterowej warstwy zaporowej (rys. 12.2b) w obwodzie emiter - baza popłynie prąd nośników większościowych (złącze wykaże mały opór). Prąd ten jest sumą prądu (I_E^+) związanego z dyfuzją dziur z obszaru emitera do obszaru bazy i prądu (I_B^-) związanego z dyfuzją elektronów w kierunku przeciwnym. Ponieważ koncentracja dziur w obszarze emitera jest większa od koncentracji elektronów w obszarze bazy, natężenie prądu I_E^+ jest znacznie większe od natężenia prądu I_B^- .

Natężenia obu prądów są wprost proporcjonalne do czynnika $e^{\frac{qU_{BE}}{kT}}$ (patrz ćwiczenie "Badanie charakterystyk diod półprzewodnikowych"), rosną więc bardzo szybko ze wzrostem U_{BE} .



Rys.12.2. Model pasmowy tranzystora "p-n-p":
 a) - niespolaryzowanego, b) spolaryzowanego
 złącza emiterowego w kierunku przewodzenia,
 c) - po spolaryzowaniu złącza kolektorowego
 w kierunku zaporowym, d - przy jednoczesnej
 polaryzacji obu złącz

Spolaryzujemy następnie tylko złącze kolektorowe (rys. 12.2c) przykładając między kolektorem i bazą napięcie U_{CB} w kierunku zaporowym (biegun ujemny baterii łączymy z kolektorem, dodatni z bazą). W obszarze bazy i kolektora płynąć będzie wtedy tylko niewielki prąd wsteczny ($\sim 10^{-8} - 10^{-5} A$)

związany z przepływem przez złącze nośników mniejszościowych. Prąd ten nosi nazwę prądu zerowego kolektora przy rozwartym obwodzie emitera $U_{BE}=0$ i oznaczany jest symbolem I_{CBO} . Natężenie tego prądu (prąd wsteczny) w małym stopniu zależy od wartości napięcia U_{CB} , zmienia się natomiast bardzo wyraźnie ze zmianą temperatury złącza. W tranzystorach zbudowanych z monokryształu germanu wzrasta on o około 10% przy wzroście temperatury o jeden stopień, natomiast w tranzystorach krzemowych aż o 16%.

Rozpatrzmy przypadek jednoczesnej polaryzacji złącza emiterowego w kierunku przewodzenia i złącza kolektorowego w kierunku zaporowym (rys.12.2d). Dziury, które przedyfundowały przez złącze emiterowe do obszaru bazy, są w bazie typu n nośnikami mniejszościowymi. Będą więc przechodziły pod wpływem pola elektrycznego warstwy zaporowej tego złącza do obszaru kolektora. Począwszy od pewnej niewielkiej wartości napięcia U_{CB} pole to wzrasta na tyle, że wszystkie dziury wstrzyknięte z emitera będą przechodziły do kolektora, tworząc w ten sposób prąd kolektora I_C^+ . W obszarze bazy pewna liczba tych dziur ulegnie rekombinacji. Natężenie prądu w obwodzie kolektora I_C^+ będzie więc mniejsze od natężenia prądu w obwodzie emitera I_E^+ . Zauważmy, że prąd I_C^+ ma charakter prądu wstecznego; przez złącza kolektorowe polaryzowane w kierunku zaporowym przepływają nośniki mniejszościowe - dziury. Jego natężenie uwarunkowane jest więc ilością dziur wstrzykiwanych z emitera (natężeniem prądu I_E^+), mało natomiast zależy od wartości napięcia polaryzującego U_{CB} (rys.12.3). Zależność tę charakteryzuje współczynnik

$$\alpha = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right|_{U_{CB} = \text{const}} \quad (1)$$

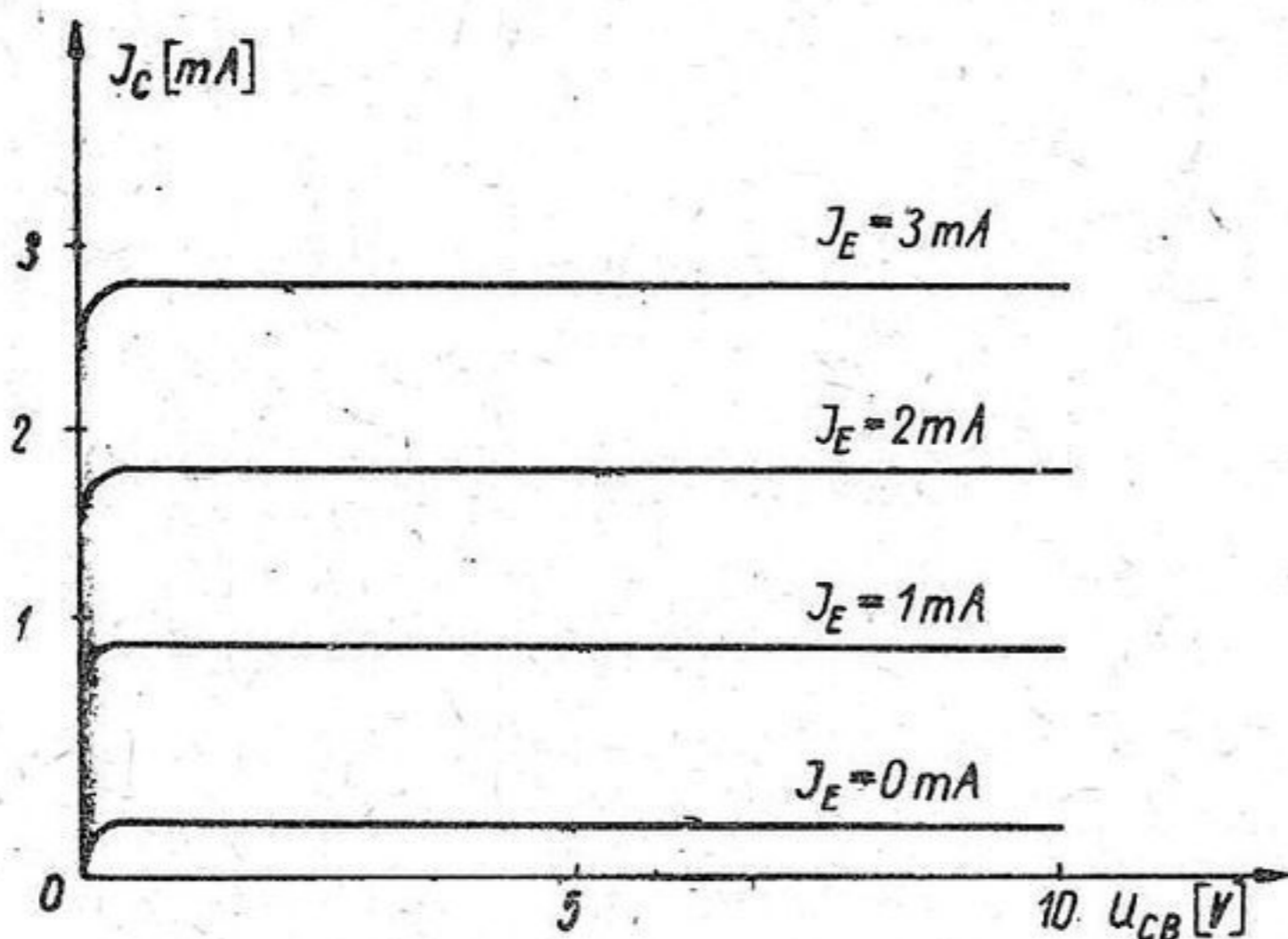
nazywany zwarciovym współczynnikiem wzmocnienia prądowego tranzystora pracującego w układzie ze wspólną bazą (patrz punkt 2).

Wartość współczynnika α większości tranzystorów zawarta jest w granicach od 0,96 do 0,99 i dla niezbyt dużych natężeń prądów I_E (dla danego tranzystora) przy określonych wartościach napięć U_{CB} jest wielkością stałą. Można więc zapisać

$$I_C^+ = \alpha I_E \quad (3)$$

Obok prądu I_C^+ przez kolektor przepływa w tym samym kierunku prąd I_{CBO} . Mamy więc

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \quad (4)$$



Rys.12.3. Zależność prądu I_C od wartości napięcia U_{CB} przy różnych wartościach prądu I_E

Wpływ zmian prądu I_{CBO} , powodowanych np. zmianami temperatury tranzystora, na prąd kolektora charakteryzuje wielkość

$$\mu_T = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CBO}}$$

zwana współczynnikiem stabilizacji temperaturowej prądu kolektora.

Prąd bazy I_B jest prądem elektronowym. Stanowi on sumę prądu

I_E^- , prądu I_T^- , który uzupełnia elektrony zrekombinowane w obszarze bazy (oba prądy mają ten sam kierunek) oraz płynącego w kierunku przeciwnym prądu I_{CBO} . Tak więc natężenie prądu I_B jest częścią prądu I_E^- pomniejszoną o natężenie prądu I_{CBO} ,

$$I_B = I_E^- + I_T^- - I_{CBO} \quad (5)$$

Łatwo zauważyć, że

$$I_E^- + I_T^- = (1 - \alpha)I_E$$

stąd

$$I_B = (1 - \alpha)I_E - I_{CBO} \quad (6)$$

Na podstawie zależności (4) i (6) można znaleźć związek między prądem I_C i prądem I_B (przy ustalonym napięciu między kolektorem i emiterem)

$$I_C = I_B \frac{\alpha}{1-\alpha} + I_{CBO} \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} + 1 \right) \quad (7)$$

Wynika stąd, że dla $I_B = 0$ między kolektorem i emiterem będzie płynął prąd, zwany prądem zerowym kolektora I_{CEO} , którego natężenie określa zależność

$$I_{CEO} = I_{CBO} \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} + 1 \right) \quad (8)$$

Jeżeli napięcie między emiterem i kolektorem U_{EC} pozostaje stałe i nie zależy od zmian natężenia prądu I_B , to na podstawie (7) otrzymujemy:

$$\Delta I_C = \Delta I_B \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad (9)$$

Równanie to określa zależność zmian prądu I_C od zmian prądu I_B . Współczynnik proporcjonalności

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

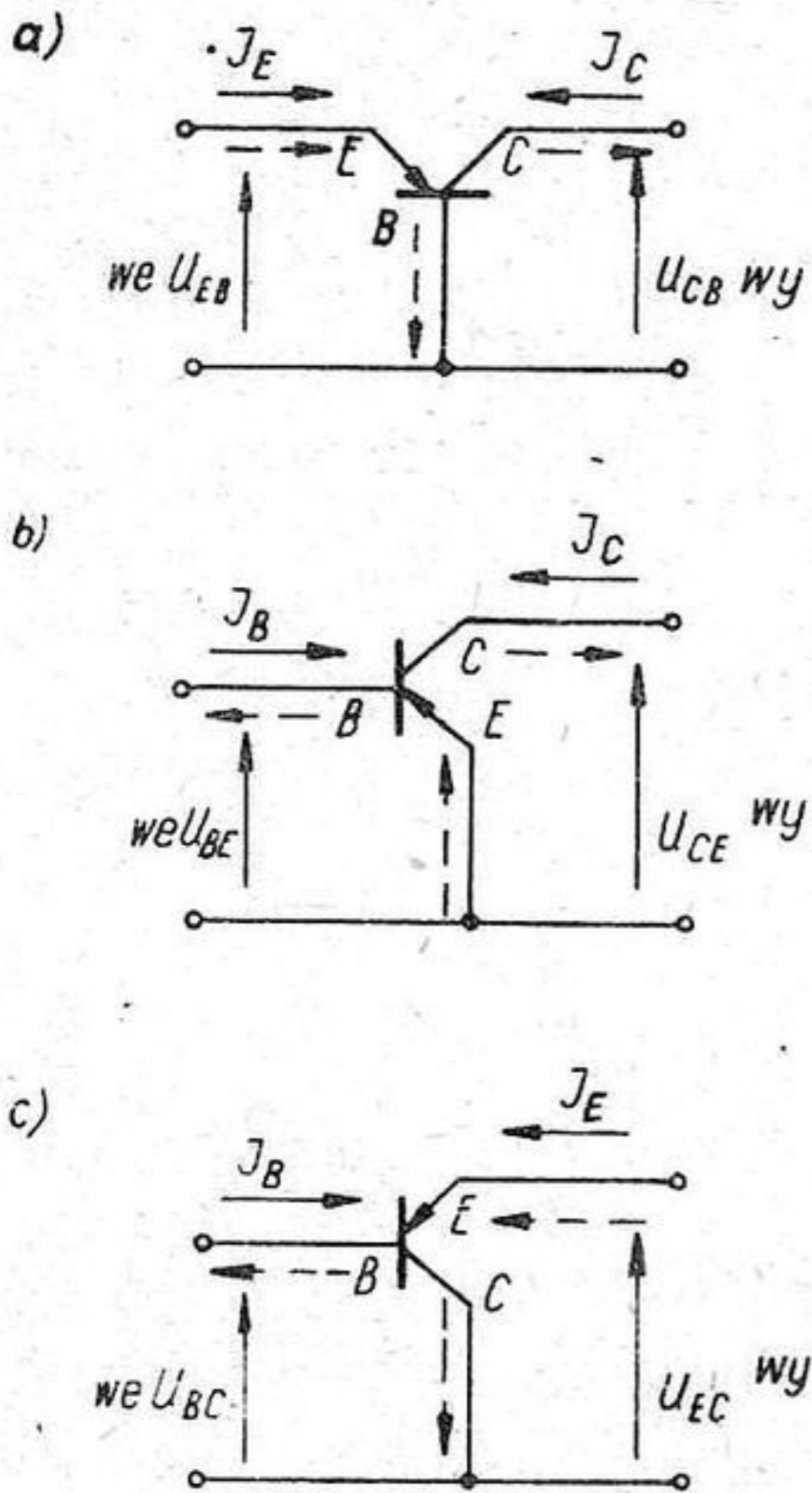
nosi nazwę współczynnika wzmocnienia prądu zwarcia tranzystora w układzie ze wspólnym emiterem (patrz niżej punkt 2). Jego wartość rośnie wraz ze wzrostem napięcia U_{CE} . Dla większości tranzystorów leży ona w granicach od 30 do 200.

Przedstawione związki wskazują, że w odpowiednio spolaryzowanym tranzystorze mamy możliwość sterowania prądu kolektora za pomocą prądu emitera, bądź za pomocą prądu bazy. W pierwszym przypadku wzmocnienie prądowe jest nieco mniejsze od jedności w drugim natomiast znacznie większe od jedności.

Natężenie prądu I_E , a więc i I_B jest uzależnione od wartości napięcia polaryzującego złącze emiterowe. Oznacza to, że natężenie prądu I_C w tranzystorze jest właściwie funkcją różnicy napięcia między bazą i emiterem. Własność ta upodabnia tranzystor do lampy trójelektrodowej.

Wszystkie przedstawione zależności dotyczą również tranzystorów typu n-p-n.

12.2. Charakterystyki statyczne tranzystorów



Rys. 12.4. Sposoby połączeń tranzystora: a) układ ze wspólną bazą OB, b) układ ze wspólnym emiterem OE, c) układ ze wspólnym kolektorem OC. (→ kierunki napięć i prądów zgodne z powszechnie przyjętą umową dla czwórników, - - - rzeczywiste kierunki prądów w tranzystorze)

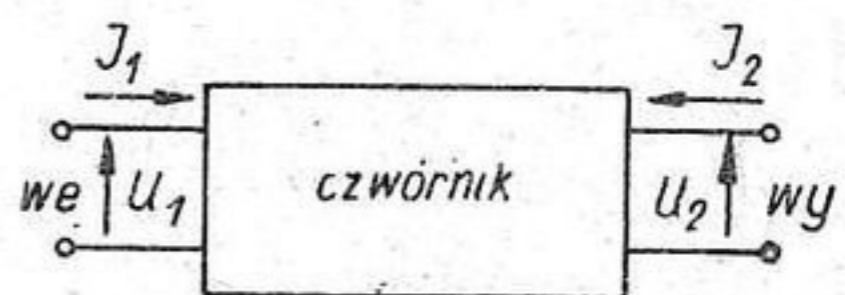
równania mieszane:

$$U_1 = f(I_1, U_2) \quad (10)$$

$$I_2 = f(I_1, U_2)$$

Obwodem wejściowym tranzystora może być obwód między dowolnymi jego dwoma elektrodami. Do obwodu wyjściowego należy wtedy trzecia elektroda i jedna z dwóch elektrod obwodu wejściowego. Z sześciu możliwych takich połączeń praktyczne zastosowanie znalazły trzy, charakteryzujące się wzmacnieniem mocy większym od jedności. Układy te przedstawione na rys. 12.4, są nazwane: OB - ze wspólną bazą, OE - ze wspólnym emiterem i OC - ze wspólnym kolektorem. Nazwa jest związana z elektrodą wspólną dla obwodu wejściowego i wyjściowego.

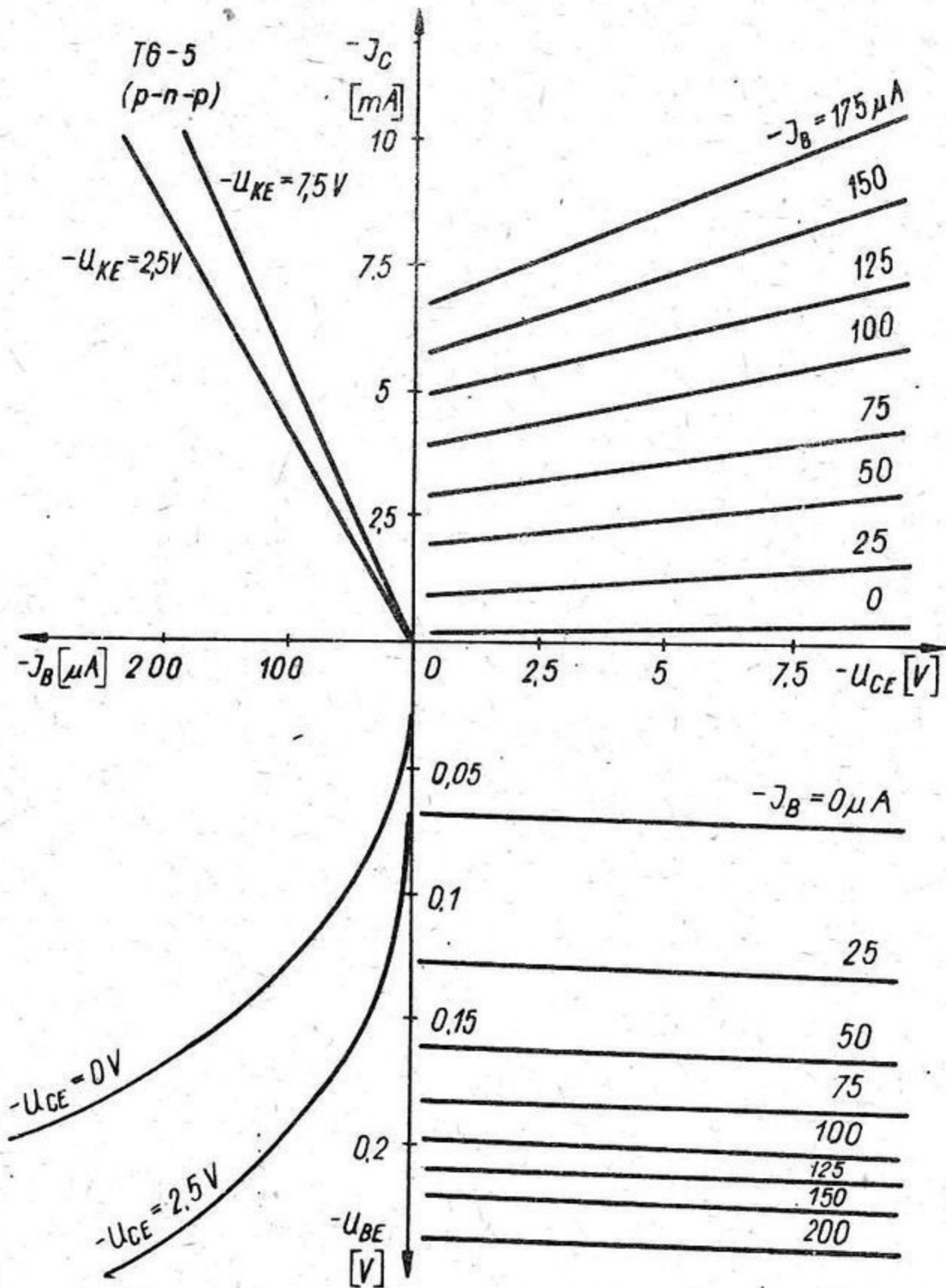
Ogólnie biorąc tranzystor można przedstawić w postaci czwórnika (rys. 12.5). Podane kierunki napięć U_1 i U_2 oraz prądów I_1 i I_2 są przyjmowane jako dodatnie. Ponieważ w tranzystorze wielkości te są ściśle ze sobą powiązane, dla scharakteryzowania tych związków trzeba więc podać przynajmniej dwa równania. Najczęściej stosowane są czwórnikowe



Rys. 12.5. Oznaczenie napięć i prądów w czwórniku

Zestawienie zależności określających charakterystyki statyczne tranzystora

Ogólne	dla OB	dla OE	dla OC
$U_1 = f(I_1) \Big _{U_2=\text{const}}$	$U_{EB} = f(I_E) \Big _{U_{CB}=\text{const}}$	$U_{BE} = f(I_E) \Big _{U_{CE}=\text{const}}$	$U_{BC} = f(I_B) \Big _{U_{EC}=\text{const}}$
$U_1 = f(U_2) \Big _{I_1=\text{const}}$	$U_{EB} = f(U_{CB}) \Big _{I_E=\text{const}}$	$U_{BE} = f(U_{CE}) \Big _{I_E=\text{const}}$	$U_{BC} = f(U_{EC}) \Big _{I_B=\text{const}}$
$I_2 = f(I_1) \Big _{U_2=\text{const}}$	$I_C = f(I_E) \Big _{U_{CB}=\text{const}}$	$I_C = f(I_E) \Big _{U_{CE}=\text{const}}$	$I_E = f(I_B) \Big _{U_{EC}=\text{const}}$
$I_2 = f(U_2) \Big _{I_1=\text{const}}$	$I_C = f(U_{CB}) \Big _{I_E=\text{const}}$	$I_C = f(U_{CE}) \Big _{I_E=\text{const}}$	$I_E = f(U_{EC}) \Big _{I_B=\text{const}}$



Rys.12.6. Charakterystyki tranzystora TG - 5

Na ich podstawie można wyznaczyć cztery rodziny charakterystyk statycznych tranzystora:

- charakterystyki wejściowe $U_1 = f(I_1) \quad U_2 = \text{const}$
- charakterystyki oddziaływania wstecznego $U_1 = f(U_2) \quad I_1 = \text{const}$
- charakterystyki przejściowe $I_2 = f(I_1) \quad U_2 = \text{const}$
- charakterystyki wyjściowe $I_2 = f(U_2) \quad I_1 = \text{const}$

W zależności od układu, w jakim tranzystor jest włączony, charakterystyki te będą wyrażały zależności między różnymi

jego napięciami polaryzującymi i płynącymi prądami. Związki te przedstawione są w tabeli 12.1.

Zauważmy, że w przypadku triody wystarczyło podać tylko dwie rodziny charakterystyki: wejściową i wyjściową, (patrz ćwiczenie: "Charakterystyki lamp elektronowych").

Dla przykładu na rys. 12.6 podane są charakterystyki tranzystora germanowego produkcji polskiej TG-5 (typ p-n-p) w układzie OE.

12.3. Parametry czwórnikowe tranzystora

Charakterystyki większości tranzystorów w praktycznie wykorzystywanych częściach tych charakterystyk przebiegają prawie liniowo, dają się więc aproksymować za pomocą równań pierwszego stopnia. W takich przypadkach tranzystor rozpatrujemy jako czynny czwórnik liniowy. Jego parametry dla prądów zmiennych znajdujemy wprost z tych równań.

Wychodząc z równań mieszanych czwórnika (10) uzyskujemy dla przebiegów zmiennych

$$dU_1 = \frac{\partial U_1}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial U_1}{\partial U_2} dU_2 \quad (11)$$

$$dI_2 = \frac{\partial I_2}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial I_2}{\partial U_2} dU_2$$

Poszczególne różniczki występujące w tych równaniach są parametrami charakteryzującymi tranzystor. Oznacza je litera "h" z odpowiednimi symbolami wynikającymi z następującego zapisu tych równań

$$dU_1 = h_{11} dI_1 + h_{12} dU_2 \quad (12)$$

$$dI_2 = h_{21} dI_1 + h_{22} dU_2$$

Ustalone w ten sposób parametry niezależnie od połączenia tranzystora w układzie mają następującą postać i wyrażają*:

* Pojęcia "zwarty obwód" lub "rozarty obwód" dotyczą tylko przebiegów zmiennych.

$$h_{11} = \left. \frac{\partial U_1}{\partial I_1} \right|_{U_2 = \text{const}} \quad - \text{opór wejściowy tranzystora przy zwartym obwodzie wyjściowym}$$
$$h_{12} = \left. \frac{\partial U_1}{\partial U_2} \right|_{I_1 = \text{const}} \quad - \text{napięciowe oddziaływanie wsteczne w tranzystorze}$$
$$h_{21} = \left. \frac{\partial I_2}{\partial I_1} \right|_{U_2 = \text{const}} \quad - \text{zwarciovyy współczynnik wzmacnienia prądowego}$$
$$h_{22} = \left. \frac{\partial I_2}{\partial U_2} \right|_{I_1 = \text{const}} \quad - \text{przewodnictwo wyjściowe tranzystora przy rozwartym obwodzie wejściowym}$$

Ich wartości zależą od sposobu połączeń tranzystora w czwórniku, dlatego też oznacza się je dodatkowym indeksem b, e, lub c, odpowiednio dla układu OB, OE i OC - tabela 12.2. Do zalet parametrów tego typu należy to, że można je wyznaczyć wprost z charakterystyk tranzystora (patrz rys.12.6). Łatwo zauważyć, że

$$h_{21b} = \alpha$$

natomiast

$$h_{21e} = \beta$$

Własności elektryczne tranzystora w różnych układach opisywane są za pomocą układów zastępczych. Dla sygnałów o małych amplitudach i niezbyt wysokiej częstotliwości można je ustalić wprost z równań czwórnikowych. Dla omówionych stałych typu "h" wyglądają one tak, jak pokazane na rys.12.7.

Układy zastępcze tego typu są niezbyt wygodne dla praktycznych zastosowań, dlatego też częściej stosowane są układy zastępcze typu "T" (rys.12.8), ze stałymi r_e , r_b , r_c wyrażającymi rzeczywiste wartości oporów występujących w tranzystorze:

Definicje parametrów "h" tranzystora połączonego w układzie OB, OE i OC

OB	OE	OC
$h_{11b} = \left. \frac{\partial U_{EB}}{\partial I_E} \right _{U_{CB}=\text{const}}$	$h_{11e} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial I_B} \right _{U_{CE}=\text{const}}$	$h_{11c} = \left. \frac{\partial U_{BC}}{\partial I_B} \right _{U_{EC}=\text{const}}$
$h_{12b} = \left. \frac{\partial U_{EB}}{\partial U_{CB}} \right _{I_E=\text{const}}$	$h_{12e} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial U_{CE}} \right _{I_B=\text{const}}$	$h_{12c} = \left. \frac{\partial U_{BC}}{\partial U_{EC}} \right _{I_B=\text{const}}$
$h_{21b} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_E} \right _{U_{CB}=\text{const}}$	$h_{21e} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right _{U_{CE}=\text{const}}$	$h_{21c} = \left. \frac{\partial I_E}{\partial I_B} \right _{U_{EC}=\text{const}}$
$h_{22b} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{CB}} \right _{I_E=\text{const}}$	$h_{22e} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{CE}} \right _{I_B=\text{const}}$	$h_{22c} = \left. \frac{\partial I_E}{\partial U_{EC}} \right _{I_B=\text{const}}$

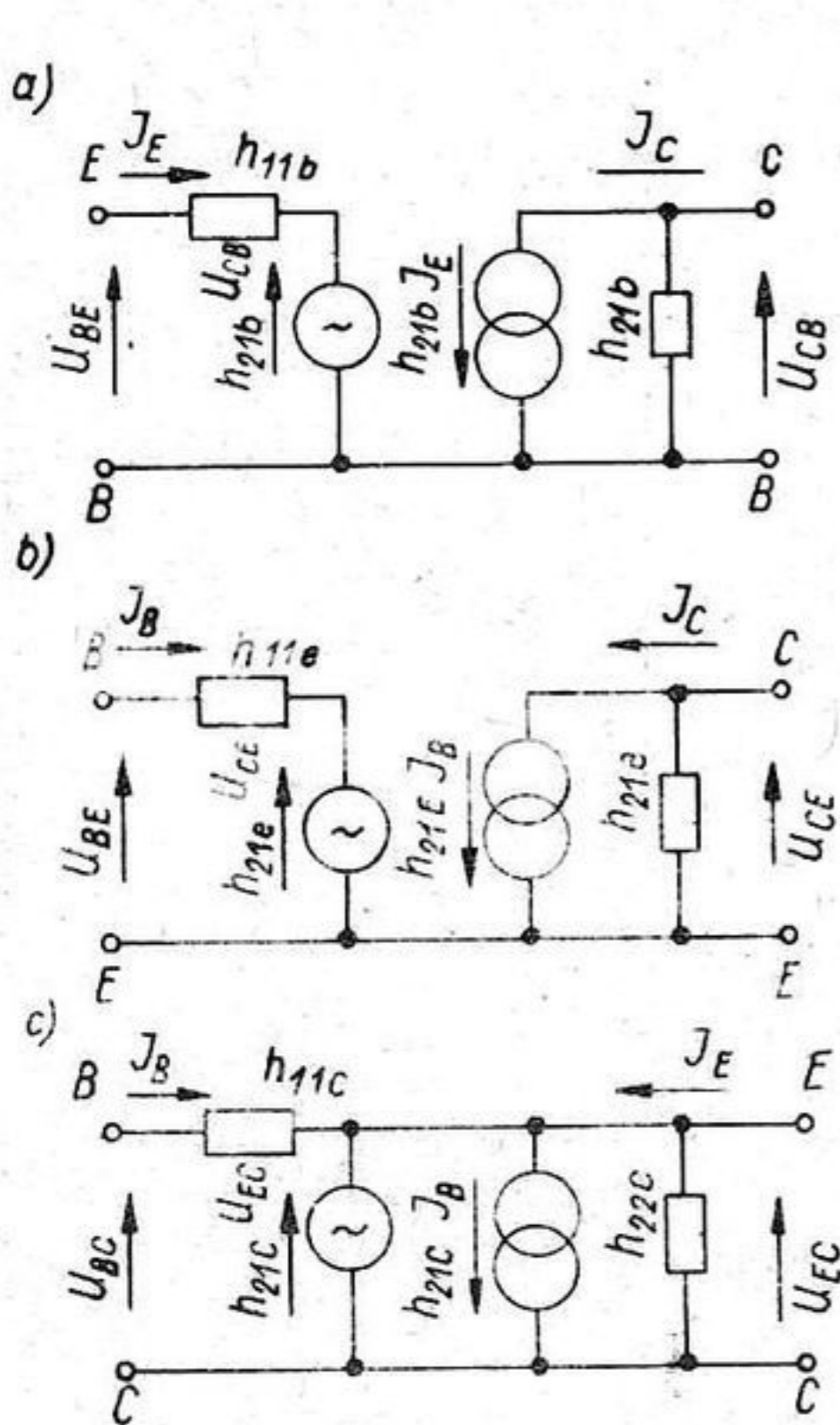
r_e - odpowiada oporowi złącza emiterowego, spolaryzowanego w kierunku przewodzenia. Jego wartość jest więc stosunkowo mała i zwykle nie przekracza 100Ω .

r_b - przedstawia łączny opór doprowadzenia bazy i materiału, z którego została ona wykonana (najczęściej nie przekracza $400 - 500 \Omega$).

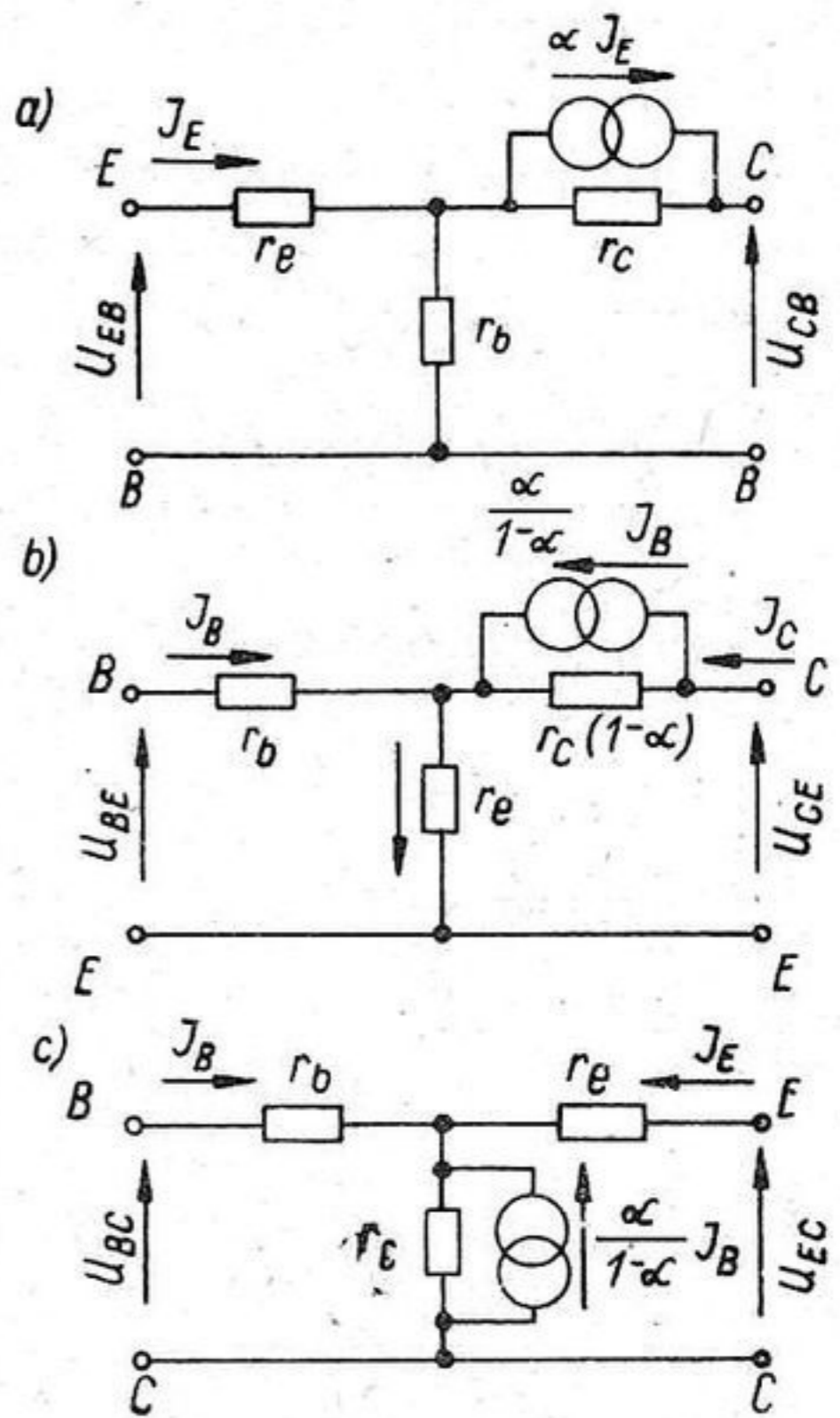
r_c - odpowiada oporowi złącza kolektorowego, spolaryzowanego w kierunku zaporowym; stąd wartość jego jest rzędu $10^6 \Omega$.

Parametry te nie zależą od sposobu połączeń tranzystora, zmieniają jedynie swoje położenie w schemacie. Przy tym schemat zastępczy typu "T" oddaje dość wiernie przebiegi fizyczne występujące w układzie rzeczywistym tranzystora.

Porównując układy zastępcze typu "h" i typu "T", można znaleźć zależności wiążące parametry typu h z parametrami r_e ,



Rys. 12.7. Schematy zastępcze typu "h". a) dla układu OB, b) dla układu OE, c) dla układu OC



Rys. 12.8. Schematy zastępcze typu "T". a) dla układu OB, b) dla układu OE, c) dla układu OC

Tabela 12.3

Zestawienie zależności między parametrami typu "h" i parametrami r_e , r_b , r_c i α dla różnych połączeń tranzystora

OB	OE	OC
$r_e = h_{11b} - \frac{h_{12b}}{h_{22b}} (1 + h_{21b})$	$r_e = \frac{h_{12e}}{h_{22e}}$	$r_e = \frac{1 - h_{12c}}{h_{22c}}$
$r_b = \frac{h_{12b}}{h_{22b}}$	$r_b = h_{11e} - \frac{h_{12e}}{h_{22e}} (1 + h_{21e})$	$r_b = h_{11c} + \frac{h_{21c}}{h_{22c}} (1 - h_{12c})$
$r_c = \frac{1 - h_{12b}}{h_{22b}}$	$r_c = \frac{1 + h_{21e}}{h_{22e}}$	$r_c = -\frac{h_{21c}}{h_{22c}}$
$\alpha = -h_{21b}$	$\alpha = \frac{h_{21e}}{1 + h_{21e}}$	$\alpha = \frac{h_{21c} + 1}{h_{21c}}$

r_b ; r_c i α . Dla wszystkich trzech połączeń tranzystora zależności te podane są w tabelach 12.3 i w tabeli 12.4. Pozwalają one po określeniu parametrów dla jednego połączenia tranzystora wyznaczyć dowolne parametry dla dwóch pozostałych połączeń. W katalogach tranzystorów podawane są najczęściej parametry typu "h" lub "r" dla układu OB.

Tabela 12.4

Zestawienie zależności między parametrami r_e, r_b, r_c i α a parametrami typu "h" dla różnych połączeń tranzystora

OB	OE	OC
$h_{11b} = r_e + r_b(1-\alpha)$	$h_{11e} = r_b + \frac{r_e}{1-\alpha}$	$h_{11c} = r_b + \frac{r_e}{1-\alpha}$
$h_{12b} = \frac{r_b}{r_c}$	$h_{12e} = \frac{r_e}{r_c(1-\alpha)}$	$h_{12c} = 1 - \frac{r_c}{r_c(1-\alpha)}$
$h_{21b} = -\alpha$	$h_{21e} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$	$h_{21c} = -\frac{1}{1-\alpha}$
$h_{22b} = \frac{1}{r_c}$	$h_{22e} = \frac{1}{r_c(1-\alpha)}$	$h_{22c} = \frac{1}{r_c(1-\alpha)}$

12.4. Plan ćwiczenia

1. Wyznaczyć rodziny charakterystyk tranzystora typu p-n-p w układzie ze wspólnym emiterem (OE) wyrażające zależności:

a) $I_C = f(U_{CE})$ przy $I_B = \text{const}$

b) $I_C = f(I_B)$ przy $U_{CE} = \text{const}$

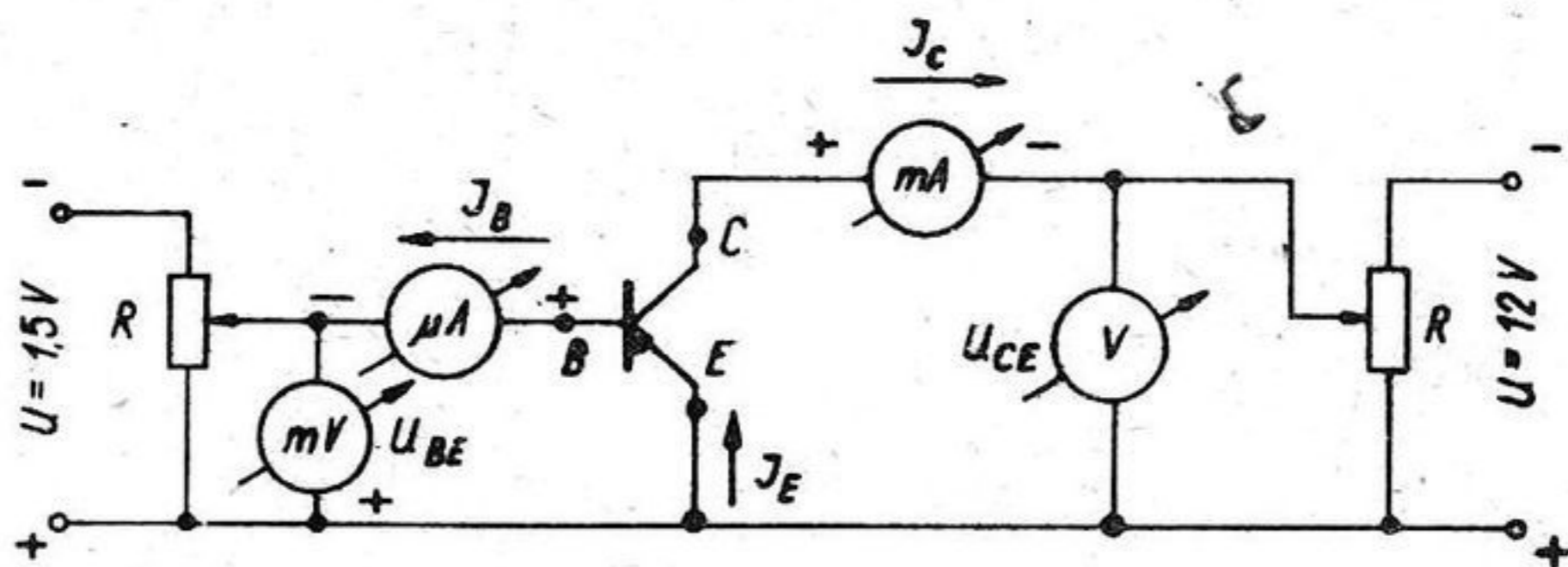
c) $U_{BE} = f(I_B)$ przy $U_{CE} = \text{const}$

d) $U_{BE} = f(U_{CE})$ przy $I_B = \text{const}$

Wartości I_B i U_{CE} będące parametrami dla poszczególnych charakterystyk wskaże prowadzący ćwiczenia.

Schemat do zdejmowania charakterystyk tranzystora w układzie OE przedstawiony jest na rys.12.9. Napięcie U_{CE} zmieniać w granicach od 0 V do 10 V, natężenie prądu I_B od 0 μA do 300 μA .

2. Na podstawie wyznaczonych charakterystyk obliczyć dla wskazanego punktu pracy tranzystora parametry typu "h" i typu "r" w układzie OE a następnie w pozostałych dwóch układach OB i OC.



Rys.12.9. Schemat układu do zdejmowania charakterystyk tranzystora "p-n-p" w układzie OE.

Literatura

1. R.A.Smith - Półprzewodniki, PWN Warszawa 1966
2. A.Świt - Przyrządy półprzewodnikowe, WNT Warszawa 1969.