

MIERNIKI DO BADANIA TRANZYSTORÓW

Przed użyciem triod półprzewodnikowych do pracy w różnych układach elektronicznych powinniśmy sprawdzić ich przydatność. Od jakości zamontowanych tranzystorów zależy efekt pracy całego układu, w którym np. wymagane są przyrządy półprzewodnikowe o określonym współczynniku wzmocnienia (β), albo gdy jest konieczne dobranie ich parami do pracy w układzie przeciwsobnym. Działanie metodą „prób i błędów” w takim przypadku nie zawsze daje oczekiwane dobre rezultaty.

Uniwersalne mierniki tranzystorów (fabryczne) to bardzo drogie przyrządy (cena — kilkanaście tysięcy złotych). Jednakże dla celów amatorskich mogą być wykonane uproszczone mierniki umożliwiające pomiar prądu wstecznego złącza kolektorowego, zwanego też prądem zerowym kolektora (I_K), oraz współczynnika wzmocnienia prądowego (β). Znajomość tych parametrów zazwyczaj wystarcza do zmontowania podstawowych układów elektronicznych małej częstotliwości.

Rozpatrując zagadnienie konstrukcji prostych mierników, tzw. betametrów, trzeba brać pod uwagę następujące warunki techniczne:

- a) pomiary tranzystorów małej częstotliwości małej mocy, w których prąd I_{K0} — wynosi kilka mikroamperów, a mierzony przyrost prądu ΔI_{K0} — kilkaset μA ,
- b) pomiary tranzystorów m.cz. dużej mocy, w których prąd I_K — wynosi poniżej 1 mA, mierzony zaś przyrost ΔI_K sięga 100 mA.

Biorąc pod uwagę wymienione warunki techniczne oraz postulat uproszczenia konstrukcji, uzasadnione jest wykonanie dwóch mierników: jednego „betametru” dla tranzystorów m.cz. małej

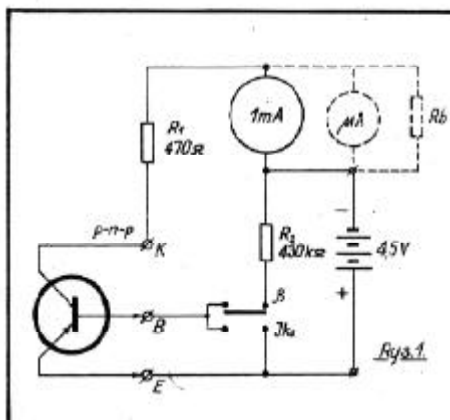
mocy, z użyciem miliamperiomierza o zakresie 0—1 mA, a drugiego z miliamperomierzem o zakresie 0—10 mA. Zaopatrzenie się w takie mierniki w dużym stopniu zwiększy efektywność wykonywanych prac konstrukcyjno-montażowych z układami radioelektronicznymi.

W modelowych przyrządach wykorzystano mierniki typu magnetoelektrycznego kl. 2,5 MEL 100 P (mikroamperomierz) i MEA 31 (miliamperomierz).

Miernik tranzystorów małej częstotliwości

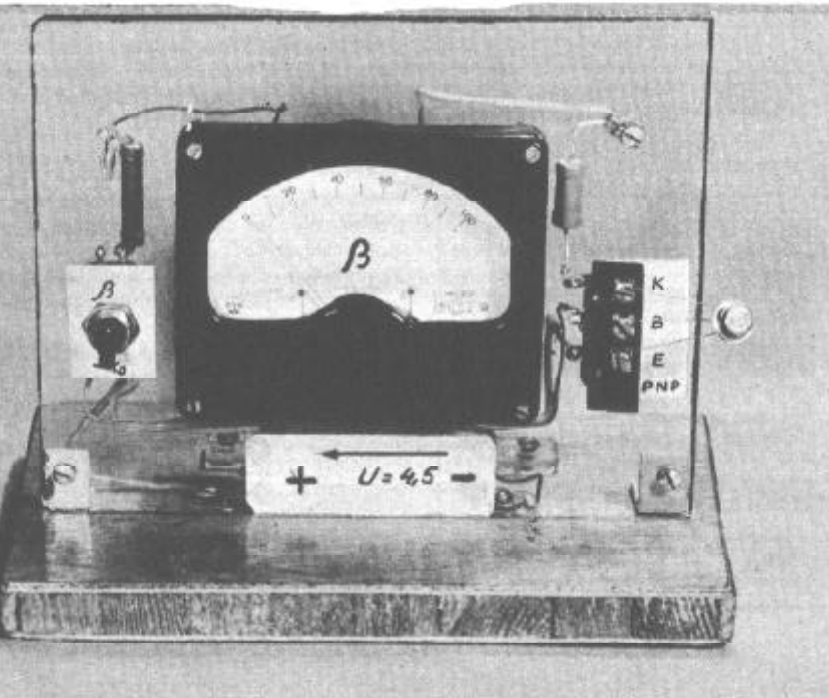
Układ elektryczny miernika (beta-metru) (rys. 1) jest prosty. Wykonanie go możliwe jest w wersji z przyrządem pomiarowym (miliamperomierzem) wbudowanym lub z zaciskami (gniazdkami) do podłączenia zewnętrznego przyrządu o zakresie 1 mA.

W rozwiązaniu modelowym jako



wskaznik zastosowano mikroamperomierz z podziałką od 0 do 100, którego zakres po uzupełnieniu bocznikiem rozszerzono do 1 mA. Dzięki temu skala miliamperomierza umożliwia bezpośredni odczyt współczynnika. Zgodnie ze

Miernik tranzystorów m. cz. małej mocy



schematem w układ miernika włączone jest źródło zasilania (4,5 V), dwa rezystory (R_1 470 Ω i R_2 430 k Ω), przelącznik, przyrząd wskaźkowy oraz zespół zacisków do przyłączenia końcówek badanego tranzystora.

Tranzystory typu p-n-p przyłączone są zgodnie ze schematem uwidocznionym na rysunku, a typu n-p-n — odwrotnie, gdyż mają one przeciwną polaryzację.

Rezystor R_1 włączony w obwód bazy służy do jej polaryzacji, gdy wykonywany jest pomiar współczynnika β . Wartość rezystora jest tak dobrana, że w obwodzie bazy płynie prąd o natężeniu 10 μA . W toku tego pomiaru zwieracz przelącznika łączy obwód jak na schemacie (w górnym położeniu).

Zmieniając pozycję zwieracza przelącznika (w dolne położenie) powodujemy zwieranie obwodu bazy z emiterem. Mikroamperomierz w tej sytuacji wskaże wartość prądu spoczynkowego kolektora (I_{K0}).

Rezystor dodatkowy R_2 , który jest włączony szeregowo z przyrządem pomiarowym (w obwodzie kolektorowym), służy do zabezpieczenia ustroju miliamperomierza przed uszkodzeniem w przypadku, gdy badany tranzystor jest przebity.

Przeanalizujemy teraz, jak odbywa się pomiar współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora za pomocą układu miernika. Jeżeli wykonanie pomiaru I_{K0} przekona nas o sprawności bazy, tak że prąd w jej obwodzie wzrośnie od 0 do 10 μA , wskaźówka miliamperomierza wykaże przyrost prądu kolektorowego. Jak wiadomo, współczynnik wzmocnienia prądowego wyraża stosunek przyrostu (stałego prądu) w obwodzie kolektora do wielkości wywołującej wzrost prądu (stałego) w obwodzie bazy:

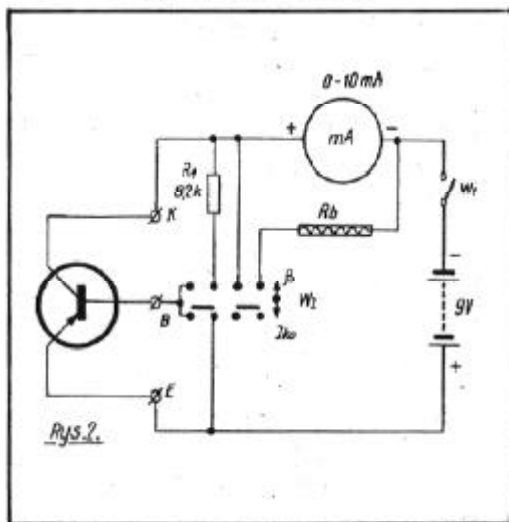
$$\beta = \frac{\Delta I_{K0}}{\Delta I_B}$$

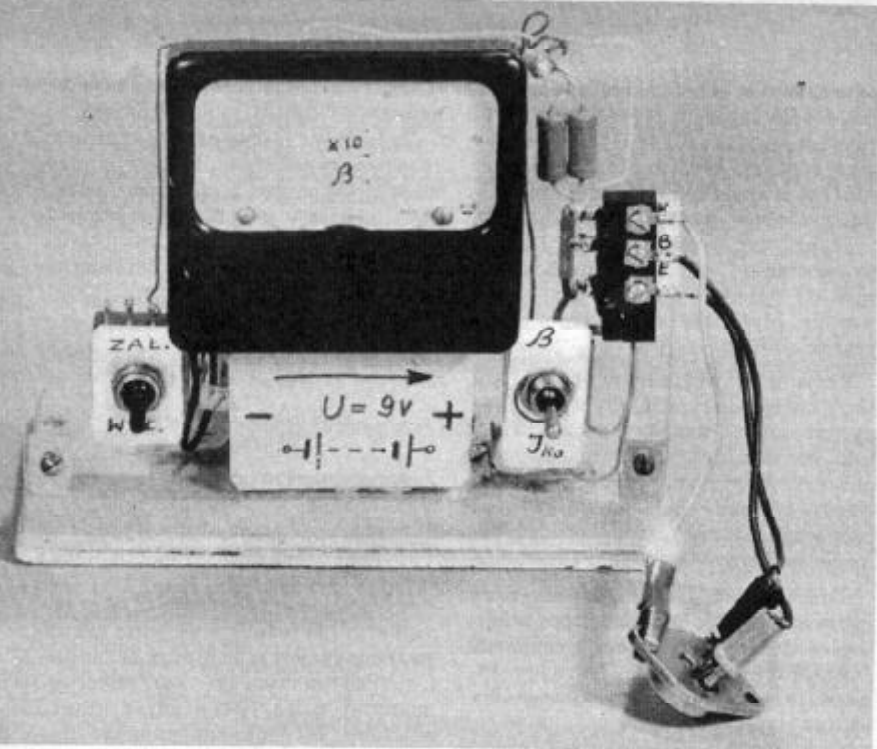
(Uwaga: z warunków układu wynika, że wartość $I_B = 10$ mikroamperów).

Zagadnienie pomiaru współczynnika rozpatrzymy jeszcze na liczbowym przykładzie przyjmując, że z pomiaru odczytano 0,65 mA (w położeniu przelącznika — β), czyli wynik można przyjąć w mikroamperach 650 μA . Zastosujemy przytoczony poprzednio wzór

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{I_{K2} - I_{K1}}{I_{B2} - I_{B1}} = \frac{650 \mu\text{A} - 1 \mu\text{A}}{10 \mu\text{A}} \approx 65$$

Z przytoczonego przykładu wynika, że współczynnik wzmocnienia prądowego β mierzonego tranzystora wynosi 65. Trzeba wyjaśnić, że przyrost prądu bazy wynosi 10 μA , ponieważ jej prąd w pierwszym pomiarze był równy 0. W przypadku zastosowania w układzie miernika tranzystorów miliamperomierza (0—1 mA) dla odczytu „ β ” wskazania jego mnożymy przez 100, a gdy w obwód włączony jest mikroamperomierz (0—100 μA , z bocznikiem jak pokazano przerywaną linią na rys. 1), skala przyrządu wskazuje bezpośredni odczyt.





Miernik tranzystorów m. cz. dużej mocy

Przyrząd do pomiarów tranzystorów m.cz. dużej mocy

Zasada działania „betametry” do pomiaru tranzystorów małej częstotliwości dużej mocy jest analogiczna jak w opisanym układzie do pomiaru tranzystorów małej mocy.

Schemat ideowy omawianego układu pokazano na rys. 2. Składa się on ze źródła zasilania o napięciu 9 V, wyłącznika W_1 , przełącznika W_2 , rezystorów R_1 i R_2 oraz miliamperomierza na zakres 0–10 mA.

Do przyłączenia końcówek badanego tranzystora służą zaciski oznaczone symbolami: E, B, K. Modelowy miernik wykonano w formie układu pogładowego, w którym wszystkie elementy manipulacyjne wraz z miliamperomierzem rozmieszczone są na pionowej

płytkie (ze szkła organicznego), baterie zasilające zaś na podstawie przyrządu. Do wykonania połączeń obwodów użyto drutu montażowego \varnothing 0,6 mm. Końcówki do podłączenia wyprowadzeń (baza, emiter) tranzystora wykonane są z wtyczek bananowych zaopatrzonych w gwintowany otwór z wkrętem do zaciskania przewodów, a do przyłączenia kolektora zastosowano wtyczkę z uchwytem szczękowym.

Istotnym zagadnieniem w wykonaniu opisywanego miernika jest przystosowanie miliamperomierza do pomiarów na poszerzonym dziesięciokrotnie zakresie, tj. od 0 do 100 mA. W tym celu należy wykonać bocznik (R_b). Opór bocznika najprościej jest dobrać eksperymentalnie za pomocą układu z wzorcowym miliamperomierzem i regulowanym

źródłem zasilania. (Rezystancja bocznika jest mała i nie przekracza 1 oma).

Przygotowując elementy miernika tranzystorów m.cz. dużej mocy, należy zwrócić uwagę na jakość przełącznika (W_2), gdyż zły stan zestyków wprowadza do obwodu dodatkową rezystancję (rzędu ułamka oma), która powoduje zniekształcenie pomiaru. W modelowym mierniku zastosowano przełącznik migowy typu T 20, 250 V/1,5 A.

Metoda badania tranzystorów i pomiaru współczynnika wzmocnienia polega na następujących czynnościach:

- a) dołączeniu wyprowadzeń (K-E-B) i zbadaniu sprawności tranzystora (czy nie jest uszkodzony),
- b) zmierzeniu prądu zerowego kolektora (I_{K0}),
- c) zmierzeniu współczynnika wzmocnienia (β).

Dołączenie końcówek tranzystora należy wykonać przy wyłączonym obwodzie zasilania (W_1 — rozwartry). Pierwsza próba ma wykazać sprawność tranzystora, wykonuje się ją przy przełączniku ustawionym na pomiar I_{K0} , tj. przy bazie zwartej z emiterem. Jeżeli wskazówka przyrządu wychyli się „poza skalę”, to badany tranzystor należy uznać za uszkodzony, a wyłącznikiem W_1 natychmiast wyłączyć zasilanie. Jeżeli przyrząd wykaże przepływ prądu w granicach do 1 mA, to odczytana wartość będzie mierzonym prądem I_K , świadczącym o sprawności tranzystora.

Następnie wykonuje się pomiar współczynnika beta przez ustawienie na odpowiednią pozycję przełącznika W_2 , tzn. gdy baza będzie odłączona od emitera i spolaryzowana napięciem przyłożonym — przez rezystor R_1 . Wartość odczytana na skali miernika i pomnożona przez 10 da nam wartość współczynnika wzmocnienia prądowego β .

Dla tranzystorów dobrej jakości współczynnik ten wynosi od 40 do 100.

Mgr inż. Witold Kozak