

PRZYRZĄD DO BADANIA TRANZYSTORÓW

Produkowane współcześnie tranzystory, chociaż są w jednakowy sposób oznaczone i należą do jednego typu, mają dość duże rozrzuty parametrów i bardzo często odczuwa się potrzebę korzystania z jakiegoś prostego przyrządu pomiarowego, który w sposób jednoznaczny mógłby określić przydatność danego tranzystora do jakiegoś układu, zastąpienia uszkodzonego tranzystora innym o prawie takich samych właściwościach, stanowiącym odpowiednik tranzystora wymienianego, względnie przy dobieraniu par tranzystorów — najczęściej do przeciwsobnych stopni końcowych wzmacniaczy m.cz.

Do dokładnego określenia poszczególnych parametrów jakiegoś tranzystora, używa się specjalnie skonstruowanych przyrządów pomiarowych, bardzo kosztownych i praktycznie niedostępnych dla amatorów.

Oczywiście w praktyce amatorskiej dokładne pomiary nie wchodzi w rachubę, ale przyrząd wykonany we własnym zakresie powinien zapewnić możliwość pewnego przeprowadzenia pomiarów przybliżonych, orientacyjnych i porównania różnych egzemplarzy tranzystorów tego samego typu.

Do określenia przydatności tranzystora w większości przypadków wystarczy pomiar oporności złącza emiter — baza i baza — kolektor oraz pomiar współczynnika wzmocnienia prądowego β , w celu stwierdzenia czy znajduje się on w przewidzianych granicach.

Pomiary tego typu mogą być wykonywane przy pomocy naprawdę prostych urządzeń pomiarowych, często z wykorzystaniem posiadanych już mierników prądu, omomierzy i przyrządów uniwersalnych.

W przedstawionych poniżej schematach interesować nas będzie przeważnie współczynnik wzmocnienia prądowego β , dla układów ze wspólnym emiterem.

Inny współczynnik wzmocnienia prądowego α (dla układów ze wspólną bazą) można bardzo łatwo obliczyć posługując się nomogramem przedstawionym na rys. 1.

Dla umożliwienia Czytelnikom wyboru najbardziej odpowiadającego im schematu miernika tranzystorów, podajemy poniżej kilka łatwych do wykonania układów.

Na rys. 2 przedstawiony został przyrząd do badania tranzystorów umożliwiający pomiary współczynnika β (przy stałych wartościach napięć zasilających) oraz porównywanie tranzystorów w różnych punktach pracy.

Przyrząd zaopatrzony został w przełącznik rodzaju badanych tranzystorów (p-n-p względnie n-p-n) i nie jest wrażliwy na skutki włączania do pomiaru uszkodzonych egzemplarzy tranzystorów.

Najłatwiej jest przeprowadzać badania tranzystorów w układzie wspólnego emitera.

Zmienna wartość prądu stałego bazy jest uzyskiwana z potencjometrycznego dzielnika napięcia R2.

Prąd kolektorowy (przy zakresie miliamperomierza 10 mA) oraz prąd bazy (przy zakresie mikroamperomierza do 200 μ A) są mierzone przy pomocy dwóch tanich przyrządów wskazówkowych względnie przez jeden miernik uniwersalny, przełączany na odpowiedni zakres pomiarowy.

Wartość współczynnika wzmocnienia prądowego β , określa się ze stosunku przyrostu prądu kolektora ΔI_k do przyrostu prądu bazy ΔI_b .

Zależność tę można wyrazić następującym wzorem:

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b}$$

Aby znaleźć tę zależność, należy odczytać wskazania obu przyrządów pomiarowych we właściwych jednostkach pomiarowych.

Przykładowo:

Jeśli przyjmniemy, że prąd bazy wzrósł od wartości 0,2 do 0,3 miliampera a równocześnie prąd kolektora w tym czasie wzrósł z 50 do 60 miliamperów, to z prostego wyliczenia wynika, że współczynnik wzmocnienia prądowego tego tranzystora wynosi: 10 : 0,1 czyli 100.

A więc w tym przypadku $\beta = 100$.

Jeśli przyrząd pomiarowy w obwodzie bazy odpowiednio zostanie wycechowany, to wtedy bezpośrednio można będzie odczytać wartość współczynnika wzmocnienia prądowego, zgodnie ze wzorem:

$$\beta = \frac{1 \text{ mA}}{200 \mu\text{A}} = 5$$

co ma miejsce wtedy, gdy prąd kolektora jest równy 1 mA, a prąd bazy 200 μ A, odpowiada to pełnemu wychyleniu wskazówek przyrządów pomiarowych.

W takim przypadku na środku skali należy wpisać liczbę „10”, a w lewym skrajnym położeniu wskazówki przyrządu znak „ ∞ ”.

Ze względu na to, że przy tego rodzaju pomiarach nie wchodzi w grę dokładne wartości a jedynie orientacyjne, wygodniej będzie „nastawić się” na odczytywanie wartości „iloczynowych”.

Przy tranzystorach wielkiej częstotliwości prąd kolektora nie powinien przekraczać wartości 5 mA.

Przy takich założeniach z przyrządu będzie można odczytywać wartości β począwszy od 5 aż do 300.

Przyrząd zasilany jest z czterech ogniw po 1,5 V każde, umieszczonych w pojemniku z tworzywa sztucznego, takiego jakie było stosowane do odborników „Koliber” i innych.

Zasilanie przyrządu umożliwia włącznik przyciskowy, zapewniający zasilenie układu pomiarowego tylko w przypadku jego naciśnięcia, co gwarantuje długą „żywość” baterii zasilającej.

Miejsce pracy tranzystora	Współczynnik α	Współcz. β
Oscylatory i mieszacze	0,976—0,985 0,96—0,976	40—60 24—40
Pierwszy stopień wzmocnienia pośredniej częstotliwości	0,985—0,99	60—100
Drugi stopień p.cz.	0,976—0,985	40—60
Stopień wyjściowy wzmacniacza pośredniej częstotliwości	0,96—0,976	24—40
Pierwszy stopień wzmocnienia m.cz.	0,98—0,985	50—60
Drugi stopień m.cz.	0,976—0,98	40—50
Stopień wyjściowy m.cz.	0,98—0,985	50—60
Stabilizator napięcia	0,96—0,976	24—40

Zaciski dla poszczególnych wyprowadzeń tranzystora można wykonać jako „krokodyłkowe”, tj. w ten sposób, że na pręty w przepustach izolacyjnych nałożone są zwykle „krokodyłki” umożliwiające pewne uchwylenie wyprowadzeń tranzystora, lub wykonać zaciski wg rys. 3.

W przypadku wykorzystania miernika uniwersalnego, układ powinien być wyposażony w gniazdka umożliwiające przełączanie miernika z jednego obwodu pomiarowego do drugiego i odczytanie wskazanych wartości.

Jako rozwiązanie kompromisowe można zaproponować także układ z jednym miliamperomierzem (dla obwodu I_k) i miernikiem uniwersalnym w obwodzie I_b .

Przełącznikiem może być z powodzeniem miniaturowy przełącznik zakresów od odbiornika „Guliwer” sprzedawany w sklepach ZURT-u.

Dla przykładu w tabelce podane zostały przybliżone wartości współczynników wzmocnienia prądowego α i β dla poszczególnych układów tranzystorowych.

W opisanym przyrządzie pomiarowym można stosować (niezależnie od mierników uniwersalnych) popularne przyrządy magnetoelektryczne o klasie dokładności 2,5 z zakresami pomiarowymi dla: miliwoltomierzy prądu stałego (mV)

0—30—300 mV

woltomierzy prądu stałego (V)

0—5 V

mikroamperomierzy prądu stałego (μA)

0—100—1000 μA

miliamperomierzy prądu stałego (mA)

0—10—100 mA

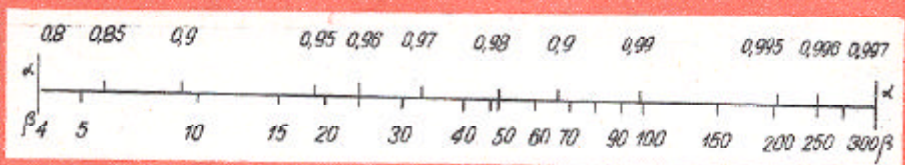
Niezależnie od pomiarów współczynnika wzmocnienia prądowego, przy tranzystorach pracujących w stopniach przedwzmacniacza m. cz. powinno się sprawdzić parametry I_{kE} , a we wzmacniaczach końcowych, przeciwsobnych, wartości napięcie emiter — baza (U_{eb}) przy określonym prądzie w obwodzie kolektora i współczynniku wzmocnienia prądowego (przy prądach kolektorowych rzędu 5 i 50 mA).

Układy pomiarowe, nicodzwonne przy dobraniu tranzystorów do końcowego, przeciwsobnego wzmacniacza mocy, zostały przedstawione na rys. 4.

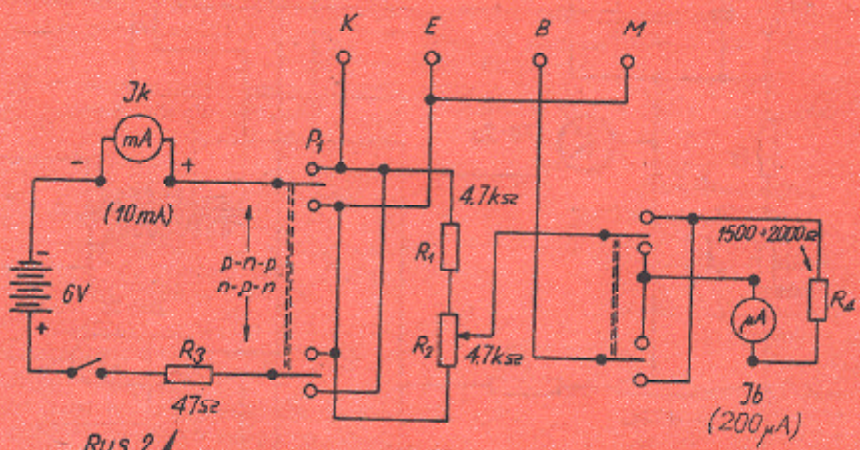
Tranzystory, których parametry mierzone są wg podanych schematów, mogą być parowane, względnie uznawane za identyczne, jeśli ich wielkości napięcia U_{eb} nie będą się różniły między sobą więcej niż 10 mV, przy prądzie $I_k = 2$ mA pod względem współczynnika wzmocnienia prądowego tak przy wartościach prądu $I_k = 5$ mA jak i przy $I_k = 50$ mA nie więcej niż 20%.

W celu zmierzenia innych parametrów tranzystora należy już stosować „poważniejsze” przyrządy pomiarowe.

Tranzystory produkcji radzieckiej typu GT 309 i GT 310, w zależności od wielkości współczynnika wzmocnienia prądowego β , zostały podzielone na kil-



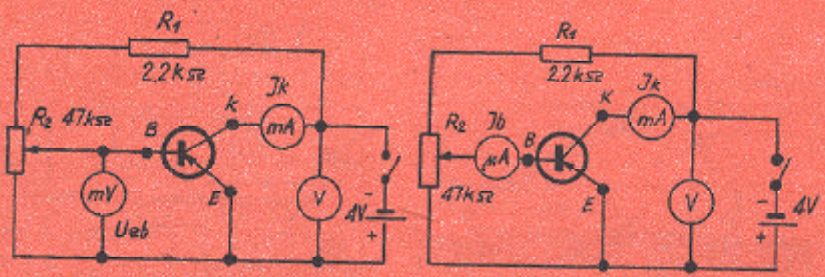
Rys. 1.



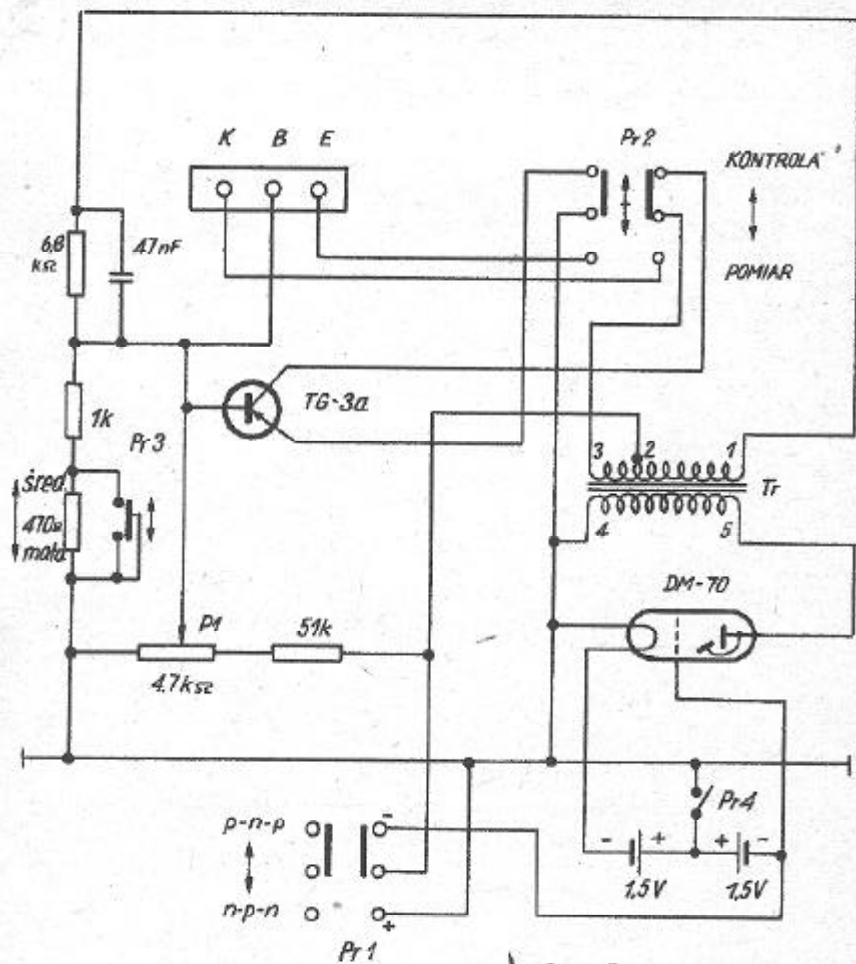
Rys. 2.



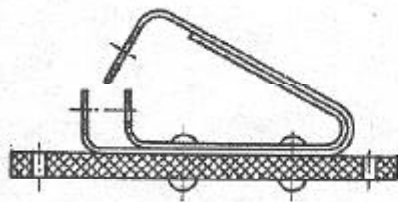
Rys. 3.



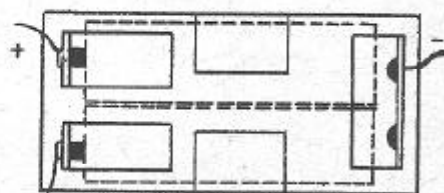
Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 7.



Rys. 8.

ka grup oznaczonych literami A, B, W, G, D i E.

Tranzystory każdej z tych grup mają określone rozrzuty parametrów i dlatego zmiana (względnie zamiana) ich przy naprawie odbiorników i innego sprzętu tranzystorowego, nie następuje żadnych trudności.

W tranzystorach grupy A, B i D współczynnik β ma wielkość 20–70, a w grupach W, G, E — β jest równy 60–120.

Do pomiaru współczynnika β można zaproponować również przyrząd z lampą elektronową (DM 70), zastępującą miernik wskazówkowy (rys. 5).

Jest to bardzo uproszczony miernik i jego wskazania mają charakter wyłącznie orientacyjny, lecz w zupełności wystarczają do stwierdzenia przydatności sprawdzanego tranzystora.

Przyrząd wykonany został z miniaturowych elementów montażowych z wyjątkiem potencjometru P1.

Przyrząd został zmontowany w przezroczystym pudełku z tworzywa sztucznego, bez użycia wkrętów i innych elementów łączących.

Wszystkie detale z wyjątkiem potencjometru zostały wklejone do pudełka lub naklejone na pudełko klejem Epidian-5.

Największą trudność podczas budowy miernika sprawi nawinięcie miniaturowego transformatora (może być inny) Tr, na rdzeniu permalojowym typu Td 48, a więc rdzeniu stosowanym w odbiornikach „Koliber”, „Minor”, „Sylwia” itp.

Uzwojenie pierwotne nawinięte drutem miedzianym w izolacji emaliowej o średnicy 0,08 mm ma 90 zwojów, a uzwojenie wtórne również nawinięte tym samym drutem — 1500 zwojów.

Podczas nawijania uzwojenia pierwotnego należy wykonać odczep na 30 zwoju, licząc od końcówki (3) połączonej z przełącznikiem Pr 2.

Urządzenie jest zasilane dwoma ogniwami typu R6 (takimi jakich używa się do odbiorników tranzystorowych), z których jedno jest wykorzystane wyłącznie do zasilania układu, a drugie do żarzenia lampy DM 70.

Sposób wykonania pojemnika na ogniwa zasilające został przedstawiony na rys. 6.

Jeśli chodzi o przeznaczenie poszczególnych przełączników to jest ono następujące:

- Przełącznik Pr 1 — rodzaj budowy tranzystora
— pozycje: n-p-n i p-n-p (podwójny)
- „ Pr 2 — włączanie badanego tranzystora do układu
— pozycje: kontrola — pomiar (podwójny)

- „ Pr 3 — włączanie do układu opornika 470 omów
— pozycje: tranzystor małej — średniej mocy

- „ Pr 4 — do uruchamiania przyrządu
— pozycje: włączony, wyłączony

Przełączniki 3 i 4 są pojedynczymi przełącznikami do odbiornika „Ara”.

Potencjometr P1 został zaopatrzony w skalę z podziałką od 0 do 100 i wskaźnik, przymocowany do pokrętła potencjometru.

Sprawdzenie przyrządu można przeprowadzić, gdy poszczególne przełączniki znajdują się w położeniach:

- Przełącznik Pr 1 — p-n-p
- „ Pr 2 — kontrola
- „ Pr 3 — m.m.
- „ Pr 4 — włączony

Po przeprowadzeniu kontroli przyrządu pomiarowego możemy przystąpić do praktycznego wyznaczenia współczynnika wzmocnienia nieznanego tranzystora. W tym celu dołączymy badany tranzystor do końcówek pomiarowych i pokrętkę potencjometru P1 przekręcimy aż do „zapłonu” lampy DM 70. (Ruch powrotny galki potencjometru powoduje wygaszenie ekranu lampy).

Odczytana na skali przyrządu liczba będzie orientowała o rzędzie wielkości współczynnika prądowego β .

Przesunięcie przełącznika Pr2 w położenie „badanie”, spowoduje włączenie do układu „podstawki” tranzystorów z równoczesnym wyłączeniem z układu tranzystora (wewnętrznego) TG 3a.

Jest rzeczą jasną, że podstawa ma odpowiednio rozmieszczone swoje styki tak, że baza podłączonego tranzystora (badanego) znalazła się na tym samym miejscu, co baza tranzystora TG 3a. To samo dotyczy pozostałych elektrod obu tranzystorów.

Sposób wykonania zacisków końcówek tranzystorów został przedstawiony na rys. 7.

Po zamocowaniu w podstawie tranzystora, który ma być sprawdzony, zastąpi on tranzystor wewnętrzny przyrządu i jeśli jest on dobry, to spowoduje w odpowiednim położeniu ślizgacza potencjometru P1 zaświecenie ekranu lampy DM 70.

W przypadku gdyby lampa nie chciała pracować właściwie (ekran nie świeci), należy zmienić miejscami końcówki transformatora (4 i 5).

W jednym z najbliższych numerów opiszemy sposób dokonywania pomiarów parametrów tranzystorów zarówno opisanymi przyrządami, jak też za pomocą zwykłego omomierza.

Inż. Jerzy Rrdulak