

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 23.X.1968 (P 129 694)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 15.IX.1971

KI. 21 a⁴, 35/14

MKP H 03 f, 1/30

UKD

Współtwórcy wynalazku: Jerzy Kaniewski, Romuald Nowicki

Właściciel patentu: „Wareł” Zakłady Elektroniczne im. Franka Zubrzyckiego, Warszawa (Polska)

Układ tranzystorowy do stabilizacji prądów w przyrządach półprzewodnikowych w funkcji temperatury i napięcia zasilającego

1

Przedmiotem wynalazku jest układ tranzystorowy do stabilizacji prądów w przyrządach półprzewodnikowych w funkcji temperatury i napięcia zasilającego.

Stabilizacja prądów w urządzeniach tranzystorowych jest znacznie trudniejsza do osiągnięcia niż w urządzeniach lampowych. Dzieje się to zarówno ze względu na większą zależność parametrów tranzystora od temperatury, oraz większego rozrzutu tych parametrów w poszczególnych egzemplarzach tranzystorów.

Tranzystory jako elementy niestabilne temperaturowo muszą mieć stabilizowany punkt pracy, aby mogły pracować poprawnie w dość szerokim zakresie temperatur. Niestalość punktu pracy pociąga za sobą zmiany prawie wszystkich parametrów technicznych, co może niekorzystnie wpłynąć na jakość urządzenia, a nawet doprowadzić do zniszczenia tranzystora.

Zmiany prądu płynącego przez tranzystor powodują zmiany wzmocnienia układu tranzystorowego i przy pewnych temperaturach powodują przejście tranzystora w stan nasycony, lub w stan bezprądowy, co pociąga za sobą prawie zupełny brak wzmocnienia układu.

Poprawna praca urządzeń tranzystorowych możliwa jest więc jeżeli założony „punkt pracy” tranzystora mało się zmienia w funkcji temperatury.

W przypadku, gdy tranzystor pracuje przy prądach znacznie większych od prądów zerowych,

2

oraz gdy dysponuje się większym napięciem niż napięcie kolektor emiter w punkcie pracy tranzystora, możliwa jest stabilizacja przez stosowanie stałoprądowego sprzężenia zwrotnego realizowanego na elementach oporowych za pomocą stosowania różnych znanych układów, a zwłaszcza układu potencjometrycznego ze sprzężeniem w emiterze, układu bez sprzężenia w emiterze, układu ze sprzężeniem z kolektora, układu ze sprzężeniem w kolektorze i emiterze i innych układów pochodnych.

Znacznie trudniej jest stabilizować tranzystory, w których ze względu na wielkość mocy wyjściowej lub straty wzmocnienia nie można stosować typowej stabilizacji stałoprądowej jak na przykład w przeciwnoobrotowych stopniach wyjściowych, lub gdy prąd płynący przez tranzystor w punkcie pracy jest porównywalny z prądem zerowym tranzystora.

W pierwszym przypadku konstruktorzy stosują elementy nieliniowe termicznie. Najczęściej stosowane są termistory, diody warstwowe i dodatkowe tranzystory małej mocy, przy czym ze względu na trudny dobór współczynników termicznych termistorów dla danego układu, oraz inny nieco charakter nieliniowości termistorów uzyskuje się niezadowalające wyniki w szerszych granicach temperatur.

W drugim przypadku na ogół trzeba powiększać prąd tranzystora dla utrzymania zmian punktu pracy tranzystora w możliwych do przyjęcia grani-

cach. Nawet uzyskanie dużych współczynników stabilizacji stałoprądowej nie daje poprawnych wyników.

Przy stosowaniu do stabilizacji prądów tranzystora dodatkowego jako elementu kompensacyjnego uzyskuje się wprawdzie możliwość regulacji poziomu mocy oraz łatwość dopasowania się do różnych tranzystorów za pomocą regulowanej rezystancji w obwodzie bazy, ale w rozwiązaniach tych prąd kompensacyjny jest bliski prądowi zerowemu oraz konieczny jest wyjątkowo staranny dobór elementów zmieniający się w czasie.

Wadą układów z dodatkowym tranzystorem pracującym w układzie wzmacniacza jest stosunkowo duża strata wzmocnienia, konieczność stosowania tranzystorów o dużym prądzie zerowym w porównaniu z prądem bazy tranzystora stabilizowanego, a więc w zasadzie wybrakowanych.

Układy takie nadają się w zasadzie do stabilizacji w zakresie dodatnich i dużych temperatur, wymagają dodatkowych źródeł zasilania i są bardzo trudne do zastosowania w technice półprzewodników krzemowych.

Regulacja rezystancji w obwodzie bazy nie zapewnia dostatecznej stabilizacji przy małych prądach.

Wad i niedogodności wynikających z niestabilności punktu pracy tranzystorów można uniknąć stosując w urządzeniach tranzystorowych układ tranzystorowy do stabilizacji prądów według wynalazku.

Istota stabilizacji prądów w układach półprzewodnikowych według wynalazku polega na wbudowaniu do układu półprzewodnikowego dodatkowego tranzystora stabilizacyjnego, którego charakterystyki termiczne są identyczne lub bardzo zbliżone do użytych tranzystorów w układzie. Tranzystorem tym jest odpowiednio połączony taki sam tranzystor lub tranzystor o mniejszej mocy, ale wykonany taką samą techniką, co daje bardzo zbliżony charakter zmian prądów zerowych w tranzystorach podstawowych i stabilizującym.

Tranzystorem dodatkowym stosowanym w układzie według wynalazku jest tranzystor pracujący na charakterystyce nasycenia to znaczy przy napięciu bazy równym napięciu kolektora, a więc tranzystor, w którym baza jest połączona z kolektorem.

W ten sposób stworzona z tranzystora dioda posiada cały szereg zalet w porównaniu z innymi przypadkami półprzewodnikowymi jak diody ostrzowe, warstwowe lub pojedyncze złącza tranzystorowe.

Na rysunku fig. 1 przedstawia schemat układu według wynalazku, fig. 2 charakterystykę układu według fig. 1, a fig. 3, 4, 5 i 6 schematy elektryczne przykładów zastosowania układu według wynalazku w powszechnie stosowanych tranzystorowych wzmacniaczach przeciwobnych, natomiast fig. 7 przedstawia schemat stabilizowanego dwustopniowego wzmacniacza tranzystorowego.

Charakterystyka układu uwidoczniiona na fig. 2 przedstawia charakterystykę prądu I_e w funkcji napięcia U_{K+B} przyłożonego na element stabiliza-

cyjny według fig. 1 oraz przesunięcia tej charakterystyki przy zmianach temperatury otoczenia.

Charakterystyka według wynalazku jest β razy ostrzejsza od charakterystyki pojedynczego złącza. Ponieważ w układzie według wynalazku napięcie bazy jest równe napięciu kolektora to otrzymana charakterystyka jest charakterystyką nasycenia tranzystora.

Przesuwanie się charakterystyki w funkcji temperatury (fig. 2) pozwala wykorzystać układ do stabilizacji prądu układu tranzystorowego od zmian termicznych, a ostrość wznoszenia się charakterystyki wykorzystuje się jednocześnie do stabilizacji punktu pracy od zmian napięcia zasilającego.

W typowym przykładzie zastosowania układu według wynalazku uwidocznionym na rysunku fig. 3, 4, 5 i 6 niezbędnym warunkiem poprawnej pracy stopnia stabilizowanego jest, aby prąd płynący przez układ tranzystorowy 1 według wynalazku był większy od prądu szczytowego bazy tranzystorów stabilizowanych.

Na fig. 3 jest przedstawiony układ wzmacniacza przeciwobnego mocy zbudowanego na tranzystorach 2 i 3, które są stabilizowane napięciem zbieranym z elementu stabilizacyjnego 1 i przyłożonym poprzez dzielnik oporowy 4, 5 i uzwojenia wtórne 6 transformatora pomiędzy bazy i emiter tranzystorów 2 i 3. Opornik 7 służy do polaryzacji elementu stabilizacyjnego 1.

Na fig. 4 jest uwidoczniony taki sam układ wzmacniacza z tym, że do polaryzacji elementu stabilizującego 1 wykorzystany jest prąd tranzystora 8. Opornik 9 określa punkt pracy tranzystora 8.

Na fig. 5 jest przedstawiony ten sam wzmacniacz na tranzystorach 2, 3 wykorzystujący do polaryzacji elementu stabilizującego 1 prądy wszystkich poprzednich stopni układu.

Na fig. 6 jest uwidoczniony układ wzmacniacza, w którym napięcie z elementu stabilizującego 1 podane jest bezpośrednio przez wtórne uzwojenie transformatorów 6 pomiędzy bazy i emiter tranzystorów 2 i 3 a dobór punktów pracy tranzystorów 2, 3 ustala się potencjometrem 10. Na potencjometrze 10 powstaje sprzężenie zwrotne, które dodatkowo powoduje zmniejszenie zniekształceń i poszerzenie pasma przenoszenia.

Na fig. 7 jest przedstawiony dwustopniowy wzmacniacz 11, 12, w którym punkt pracy tranzystora 11 jest stabilizowany elementem 1, przy czym tranzystor 11 stabilizuje punkt pracy tranzystora 12.

Prąd tranzystora 12 jest jednocześnie wykorzystany do polaryzacji tranzystora 1. Dla dokładnego ustawienia prądu polaryzacji służy potencjometr 13.

Spadek napięcia z elementu stabilizującego jest przykładany poprzez opornik 14 i antenę 15 pomiędzy bazę i emiter tranzystora 11. W miejscu anteny 15 może być włączony transformator lub dowolny obwód elektryczny o małej oporności dla prądu stałego. W układzie tym obydwa tranzystory 11 i 12 pracują w klasie A z prądami kolektorów nieco większymi od 200 μA , przy czym oprócz dobrej stabilizacji punktów pracy w funkcji tempe-

5

ratury i zmian napięcia zasilającego uzyskano bardzo niewielkie zmiany wzmocnienia w funkcji temperatury.

Zastrzeżenie patentowe

Układ tranzystorowy do stabilizacji prądów w przyrządach półprzewodnikowych w funkcji tem-

6

peratury i napięcia zasilającego wyposażony w dodatkowy tranzystor o charakterystyce termicznej bardzo zbliżonej do użytych tranzystorów **znamienny tym**, że dodatkowy tranzystor stabilizacyjny (1) posiada bazę połączoną z kolektorem i jest tranzystorem o mniejszej lub równorzędnej mocy.



