

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

50823

Patent dodatkowy
do patentu: _____

Zgłoszono: 28. XI. 1963 (P 103 083)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 28. IV. 1966

Kl. 21a¹, 36/18

MKP H 03 k 17/00

UKD

BIBLIOTEKA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: dr inż. Zbigniew Tadus

Właściciel patentu: Akademia Górniczo-Hutnicza (Katedra Automatyki
i Elektroniki Przemysłowej), Kraków (Polska)

Tranzystorowy przełącznik w układzie kaskody

1

Przedmiotem wynalazku jest tranzystorowy przełącznik w układzie kaskody będący impulsowym wzmacniaczem mocy z dodatnim sprzężeniem zwrotnym. Jego cechą charakterystyczną jest to, że napięcie zasilania może być dwa razy większe niż napięcie zasilania przełączników budowanych według konwencjonalnych układów. Dzięki temu może on mieć zastosowanie w układach z kluczowaniem, w których napięcie na impedancji obciążenia przekracza dopuszczalne napięcie kolektor-emiter jednego tranzystora.

Szerszemu rozpowszechnieniu się układów z wyłącznikami tranzystorowymi stoi na przeszkodzie stosunkowo niskie napięcie wsteczne kolektor-emiter tranzystora. Jeżeli napięcie na impedancji obciążenia jest wyższe niż dopuszczalne napięcie wsteczne tranzystora konieczne jest szeregowołączenie tranzystorów.

W znanych rozwiązaniach, szeregowo łączone tranzystory są sterowane przy pomocy układów zawierających elementy magnetyczne, w tym magnetyczny modulator szerokości impulsu i transformator, a to dlatego, że obwody sterujące poszczególnych tranzystorów muszą być galwanicznie oddzielone. Te układy są skomplikowane, mają nietypowe elementy magnetyczne co znacznie podnosi koszt ich budowy. Ponadto wnoszą one do obwodów sterowania lub regulacji stałe czasu, właściwe dla elementów magnetycznych.

Tych wad nie ma tranzystorowy przełącznik

2

w układzie kaskody według wynalazku, zbudowany wyłącznie z typowych elementów półprzewodnikowych i typowych oporników liniowych, który jest dwustopniowym wzmacniaczem mocy z dodatnim sprzężeniem zwrotnym. Podwojenie napięcia w stosunku do dopuszczalnego napięcia kolektor-emiter jednego tranzystora uzyskuje się przez zastosowanie w stopniu mocy dwóch szeregowo połączonych zespołów tranzystorów bezpośrednio sprzężonych. W okresie załączenia obciążenia tranzystory stopnia mocy znajdują się w stanie nasycenia, a w okresie wyłączenia obciążenia — w stanie odcięcia przez zastosowanie zaporowej polaryzacji baz. W czasie przełączania (załączania, to jest przejścia ze stanu wyłączenia do stanu załączenia lub wyłączania to jest przejścia ze stanu załączenia do stanu wyłączenia obciążenia) tranzystory stopnia mocy pracują jako kaskoda.

Podzielenie procesu wyłączania na dwa etapy zapewnia właściwe wyrównanie napięć na kolektorach tranzystorów mocy w procesach przejściowych, dzięki czemu napięcia te w czasie przełączania nie przekraczają wartości dopuszczalnych. Tę właściwość osiągnięto dzięki zastosowaniu odpowiednio dobranej pojemności łączącej bazę elementu sterowanego z emiterem elementu sterującego kaskody oraz diody względnie oporności liniowej w obwodzie kolektora sterowanego tranzystora w kaskodzie.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniiony w przy-

kładowych wykonaniach na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ przekaźnika, współpracującego z najczęściej spotykanym typem obciążenia — indukcyjność zbocznikowana diodą gaszącą — a fig. 2 — uproszczony układ tego samego przekaźnika.

Pierwszy stopień przekaźnika (fig. 1), który jak już wspomniano, jest dwustopniowym wzmacniaczem mocy, pracuje w układzie wspólnego emitera i ma zespół dwóch tranzystorów $T'_{III}-T''_{III}$, połączonych bezpośrednio. Jest to znany układ Darlingtona. Drugi stopień, który jest wzmacniaczem mocy, pracuje w układzie kaskody i ma dwa zespoły tranzystorów bezpośrednio sprzężonych, a mianowicie zespół pierwszy $T'_I-T''_I$, który pracuje w układzie wspólnego emitera oraz zespół drugi $T'_{II}-T''_{II}$, pracujący w układzie wspólnej bazy (baza B_{II} połączona przez pojemność C_{II} z emiterem E_I). Zastosowanie w układzie zespołów tranzystorów bezpośrednio sprzężonych umożliwia uzyskanie w prosty sposób dużego wzmocnienia prądowego. Taki zespół tranzystorów bezpośrednio sprzężonych, to jest $T'_I-T''_I$, $T'_{II}-T''_{II}$ i $T'_{III}-T''_{III}$ nazwano tandemem i w dalszym ciągu opisu będzie oznaczany odpowiednio T_I , T_{II} i T_{III} .

W okresie załączenia obciążenia tandem T_I i T_{II} przewodzą prąd i znajdują się w stanie nasycenia, a tandem T_{III} w stanie odcięcia. Prąd bazy tandemu T_I płynie ze źródła napięcia U przez oporniki R_{bI} i R_4 . Prąd bazy tandemu T_{II} jest dostarczany przez dzielnik napięcia R_1-R_2 i oporniki R_{bII} .

W okresie wyłączenia obciążenia tandem T_I i T_{II} znajdują się w stanie odcięcia, a tandem T_{III} przewodzi prąd i znajduje się w stanie nasycenia. W tym okresie baza B_I tandemu T_I jest spolaryzowana dodatnio względem emitera E_I napięciem U_z . Baza B_{II} tandemu T_{II} jest również spolaryzowana dodatnio przez odpowiedni dobór dzielników napięcia R_1-R_2 i R_1-R_{II} .

Zastosowanie diod D_1 i D_2 powoduje, że suma prądów zerowych I_{ko} obydwu tranzystorów każdego z tandemów T_I i T_{II} płynie w całości do ich baz B_I i B_{II} . Dzięki temu prądy zerowe tych tranzystorów mogą być praktycznie takie jak w układzie wspólnej bazy. Diody D_3 , D_5 i D_7 kompensują wpływ prądów zerowych tandemów T_I , T_{II} i T_{III} na pracę przekaźnika przy zmianie temperatury otoczenia. Dioda D_4 zawiera opornik R_{bII} dla przepływu prądów zerowych tandemu T_{II} , a w okresie załączenia obciążenia kompensuje wpływ prądu wstecznego diody D_5 na prąd bazy tandemu T_{II} .

W czasie przełączania tandem T_I , pracujący w układzie wspólnego emitera jest elementem sterującym dla tandemu T_{II} , który pracuje w układzie wspólnej bazy (kaskoda). Proces wyłączania zaczyna się w chwili, gdy tandem T_I wyjdzie ze stanu nasycenia. Nadmienić należy, że w okresie załączenia prądu obciążenia jest nasycony tranzystor T'_I a tranzystor T''_I znajduje się na granicy nasycenia. W czasie wyłączania, do bazy tandem T_I jest dostarczany duży prąd wyłączający

określony przez napięcie U_z i niską oporność tandemu T_{III} , znajdującego się wtedy w stanie nasycenia, oporność R_{bI} oraz oporność odcinka B_I-E_I ulegającą zmianie w procesie wyłączania. Tranzystor T'_I odłącza się już na samym początku procesu.

W pierwszym etapie wyłączania mimo zmniejszania się prądu kolektora tandem T_I prąd obciążenia nie ulega zmianie, gdyż tranzystory tandem T_{II} znajdują się jeszcze w stanie nasycenia. Przez pojemność C_{II} płynie prąd będący różnicą prądu obciążenia i prądu kolektora tranzystora T''_I . Prąd ten usuwa ładunek nasycenia tandem T_{II} i ładuje pojemność C_{II} , skutkiem czego napięcie na niej wzrasta, co odpowiada mniej więcej takiemu samemu wzrostowi napięcia na kolektorze tandem T_I . Napięcie kolektor-emiter tandem T_{II} jest wtedy stałe i bliskie zeru.

W pierwszej kolejności zostaje usunięty ładunek nasycenia tranzystora T'_{II} po czym tranzystor ten zostaje odłączony. Nieco później kończy się proces usuwania ładunku nasycenia tranzystora T''_{II} . Z chwilą gdy to nastąpi, napięcie u_{TII} skokiem osiąga wartość maksymalną. Od tego momentu napięcie $u_{TI}+u_{TII}$ na obu tandemach jest równe napięciu zasilającemu. Rozpoczyna się drugi etap wyłączania, w czasie którego obydwa tranzystory T'_I i T''_{II} pracują jako kaskoda. Wyłączający prąd bazy tranzystora T''_{II} ma już obecnie mniejszą wartość tak, że dalsza zmiana napięć u_{TI} i u_{TII} określona przez ładowanie pojemności C_{II} jest już znacznie mniejsza.

Przez właściwy dobór pojemności C_{II} i stopnia nasycenia tranzystora T''_{II} można utrzymać zmiany napięć na tandemach T_I i T_{II} w czasie drugiego etapu wyłączania w granicach kilku procent napięć w stanie ustalonym. Nasycenie tranzystora T''_{II} uzyskuje się przez zastosowanie diody D_{II} połączonej w szereg z kolektorem tranzystora T''_{II} . W razie potrzeby można dodać jeszcze jedną diodę lub niewielką oporność liniową.

W procesie załączania prądu obciążenia przebiegającym również w układzie kaskody biorą udział wszystkie tranzystory tandemów T_I i T_{II} . Na początku tego procesu następuje skokowa zmiana napięcia na tandemach T_I i T_{II} o wartość odpowiadającą zaporowemu napięciu polaryzacji tandem T_{II} , występującemu w okresie wyłączenia prądu obciążenia, między jego bazą B_{II} i emiterem E_{II} . Załączanie odbywa się przy stałym napięciu $u_{TI}+u_{TII}$ równym napięciu zasilającemu. Prądy kolektorowe obydwu tandemów T_I i T_{II} rosną praktycznie jednakowo. Prąd bazy tandem T_{II} rozładowujący pojemność C_{II} ma obecnie bardzo małą wartość, tak, że zmiana napięcia na pojemności C_{II} a tym samym na tandemach T_I i T_{II} w czasie załączania jest jeszcze mniejsza niż w drugim etapie wyłączania.

Załączanie prądu obciążenia kończy się wówczas, gdy koncentracja nośników mniejszościowych w bazie diody D przy złączu staje się równa zeru to znaczy, gdy dioda ta zaczyna się polaryzować zaporowo. Napięcie u_{TII} skokiem spada do wartości odpowiadającej stanowi nasycenia tande-

mu T_{II} , po czym nieco wolniej maleje napięcie u_{TI} do wartości bliskiej zeru. Czas opadania napięcia u_{TI} nie przekracza jednak kilkunastu procent czasu załączania prądu obciążenia.

Dodatnie sprzężenie zwrotne realizowane przez obwód R_5C_5 zapewnia szybką zmianę stanu tandemu T_{III} przyspieszając przez to procesy przejściowe. Dzięki zastosowaniu sprzężenia zwrotnego możliwe jest sterowanie przełącznika napięciem u_{st} o dowolnym przebiegu czasowym.

W uproszczonym układzie (fig. 2) tranzystorowego przełącznika według wynalazku dzielnik R_1-R_2 jest równocześnie opornością obciążenia obwodu kolektora tandemu T_{III} . Pod względem działania nie ma żadnej istotnej różnicy pomiędzy obydwooma układami (fig. 1 i fig. 2).

Tranzystorowy przełącznik według wynalazku może pracować także z innym rodzajem obciążenia niż to przedstawiono przykładowo na rysunku (fig. 1 i fig. 2). Ma on tę zaletę, że bez użycia skomplikowanych układów, zawierających nietypowe elementy magnetyczne można dwukrotnie powiększyć napięcie zasilania a tym samym napięcie na impedancji obciążenia w stosunku do dopuszczalnego napięcia kolektor-emiter jednego tranzystora. Dzięki temu przełączona moc obciążenia może być dwa razy większa niż w układzie z jednym tandemem w stopniu mocy. Czasy przełączania prądu nie są większe, a stosunek mocy przełączanej do mocy traconej w tranzystorach nie jest mniejszy niż w przełączniku zwykłym z jednym tandemem w stopniu mocy. Te własności można osiągnąć przez zastosowanie w układzie tranzystorowego przełącznika wyłącznie typowych, łatwo dostępnych elementów.

W przypadku zastosowania w stopniach pierwszym i drugim pojedynczych tranzystorów zamiast tandemów podstawowe cechy przełącznika nie ulegną zmianie, a jedynie wzrośnie moc pobierania przez dzielnik R_1-R_2 oraz moc sterowania stopnia wstępnego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Tranzystorowy przełącznik w układzie kaskody **znamienny tym**, że zawiera w stopniu mocy dwa połączone szeregowo zespoły tranzystorów bezpośrednio sprzężonych, określonych jako tandemu (T_I i T_{II}) z których pierwszy pracuje w układzie wspólnego emitera i jest elementem sterującym dla drugiego pracującego w układzie wspólnej bazy.
2. Tranzystorowy przełącznik według zastrz. 1 **znamienny tym**, że baza tandemu (T_{II}) jest połączona z jednej strony przez pojemność (C_{II}) z emiterem (E_I) tandemu (T_I) i z drugiej strony przez opornik (R_{bII}) z dzielnikiem napięcia (R_1-R_2), a w obwodzie kolektora tranzystora (T''_{II}) tandemu (T_{II}) znajduje się dioda (D_{II}) lub oporność liniowa.
3. Tranzystorowy przełącznik według zastrz. 1 i 2 **znamienny tym**, że zawiera źródło napięcia (U_2) i diodę (D_1) dla uzyskania polaryzacji zaporowej tranzystorów tandemu (T_I) oraz dzielniki napięcia (R_1-R_2), (R_1-R_{II}) i diodę (D_2) dla uzyskania polaryzacji zaporowej tranzystorów tandemu (T_{II}).
4. Tranzystorowy przełącznik według zastrz. 1, 2 i 3 **znamienny tym**, że zawiera diody (D_3 , D_4 , D_5 i D_7) stanowiące układ kompensacji wpływu temperatury.

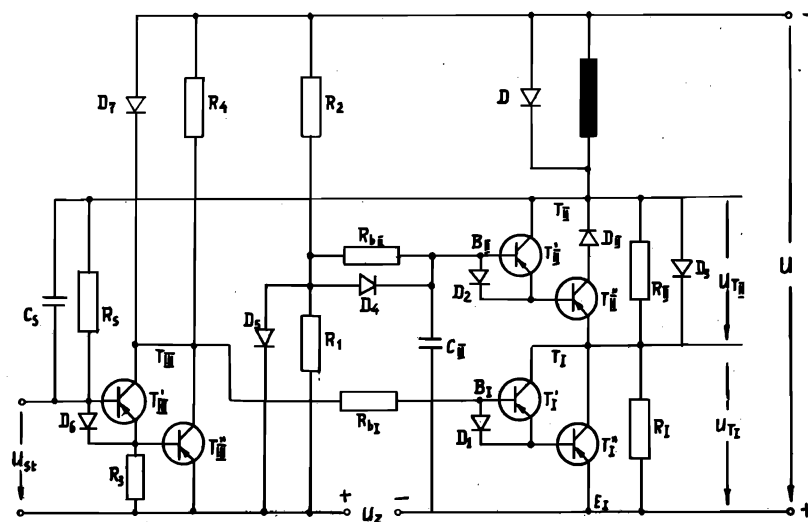


Fig. 1

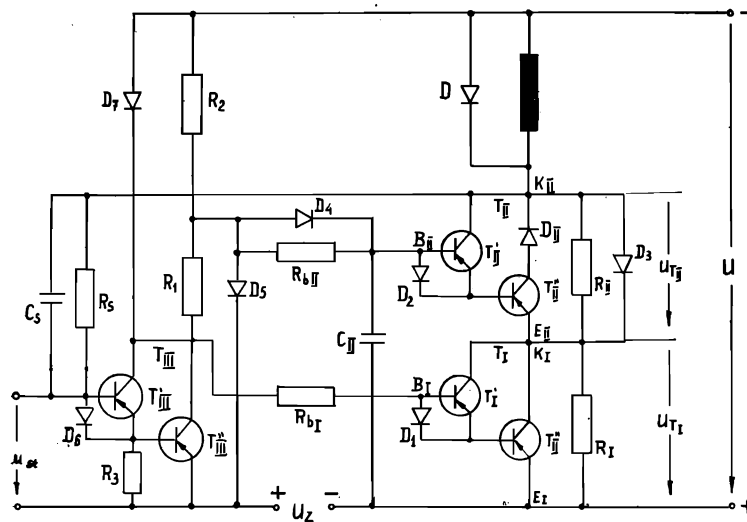


Fig. 2.

