



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 24.V.1965 (P 109 227)

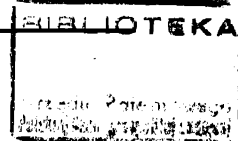
Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 3. I. 1967

Kl. 21 a², 36/14

MKP

UKD



Współtwórcy wynalazku: dr inż. Tadeusz Bartkowski, dr inż. Marian Zientalski, mgr inż. Ryszard Krajewski

Właściciel patentu: Politechnika Gdańska Katedra Teletransmisji, Gdańsk (Polska)

Układ tranzystorowo-termistorowego wzmacniacza regulowanego o dużym zakresie regulacji wzmocnienia, dla teletransmisyjnych systemów wielokrotnych

1

Przedmiotem wynalazku jest układ tranzystorowo-termistorowego wzmacniacza regulowanego o dużym zakresie regulacji wzmocnienia do automatycznej regulacji poziomu (regulacja płaska) w systemach wielokrotnych pracujących na torach kablowych, telekomunikacyjnych liniach napowietrznych i liniach energetycznych.

Istnieje kilka koncepcji umożliwiających realizację bezstykowych układów automatycznej regulacji poziomu o wymaganym dużym (kilkunastokrotnym) zakresie regulacji. W przypadku układów tranzystorowych, realizuje się wzmacniacze regulowane o bezpośredniej zmianie wzmocnienia, wzmacniacze regulowane z tranzystorem w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego oraz wzmacniacze tranzystorowo-termistorowe.

Koncepcja wzmacniacza regulowanego o bezpośredniej zmianie wzmocnienia opiera się na zmianie wzmocnienia pojedynczego stopnia, uzyskiwanej poprzez zmianę punktu pracy tranzystora, którą to zmianę dokonuje się za pomocą napięcia (prądu) regulacyjnego. Zakres zmian punktu pracy dokonuje się w ten sposób, ażeby parametry tranzystora zmieniały się w szerokim zakresie, co pozwala uzyskiwać wymaganą dużą zmianę wzmocnienia. Przy wymaganych dużych zakresach regulacji, wzmacniacz musi pracować z małymi prądami bazy (rzędu mikroamperów), co ogranicza maksymalny poziom wejściowy wzmacniacza, zmniejsza odstęp minimalnego poziomu wzmacnia-

2

nego od poziomu szumów, wykazuje silną zależność charakterystyki częstotliwościowej wzmocnienia od prądu sterującego oraz powoduje wzrost zniekształceń nieliniarnych i zawężenie zakresu regulacji przy wzroście temperatury.

Wady te można częściowo ograniczyć przy realizacji wzmacniacza regulowanego z tranzystorem w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego. W koncepcji tej regulację wzmocnienia uzyskano dzięki zmianie wielkości ujemnego sprzężenia zwrotnego w obwodzie emitera. Wielkość ujemnego sprzężenia zwrotnego może być określona np. przez oporność wyjściową wtórnika emiterowego, która zmienia się przy zmianie napięcia regulacyjnego (prądu pilota) sterującego bazę wtórnika. Układ ten posiada korzystniejsze, niż wzmacniacz o bezpośredniej zmianie wzmocnienia, charakterystyki częstotliwościowe, ale również zakres regulacji i wielkość zniekształceń nieliniarnych zależą silnie od temperatury. Korzystniejsze charakterystyki temperaturowe uzyskuje się przy zastosowaniu, w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego, termistora pośrednio żarzonego.

Zmianę oporności termistora uzyskuje się przy zmianie prądu pilota, który po wzmocnieniu zasila obwód grzejny termistora. Realizowany zakres regulacji zależy również od stosunku zmian oporności termistora, uzyskiwanej dla minimalnego i maksymalnego wykorzystywanego prądu termistora. Dla wykorzystywanych stosunków opor-

ności termistorów (średnio 50) zakres regulacji uzyskiwany na jednym stopniu wzmacniacza nie przekracza 4 N i ulega zawężeniu w temp. $+50^{\circ}\text{C}$ do ok. 2,5 N.

Celem wynalazku jest opracowanie prostego układu bezstykowej regulacji wzmocnienia, o dużym (przekraczającym 6 N), zakresie regulacji, pracującego poprawnie w zakresie temperatur do $+50^{\circ}\text{C}$, przystosowanego do zastosowania w telekomunikacyjnych liniach napowietrznych i liniach energetycznych.

Cel ten został osiągnięty przez jednoczesną zmianę ujemnego sprzężenia zwrotnego oraz oporu obciążenia wzmacniacza tranzystorowego, pracującego w układzie o wspólnym emiterze, uzyskiwaną za pomocą dwóch termistorów pośrednio żarzonych, podgrzewanych przeciwnie (jeżeli w jednym prąd zmienia się w zakresie od 0 do $I_{\max}$, to w drugim zmienia się od $I_{\max}$ do 0). Równoczesna zmiana oporu obciążenia i sprzężenia zwrotnego, umożliwia zmianę wzmocnienia w bardzo szerokim zakresie. Rozwiązanie to zmniejsza wymaganą ilość stopni wzmacniaczy regulowanych dla układów o dużym zakresie regulacji, umożliwia daleko posuniętą miniaturyzację, zastosowanie w szerokim zakresie temperatur (od 0 do $+50^{\circ}\text{C}$) oraz wzajemną kompensację wpływu temperatury na pracę termistorów.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat regulowanego wzmacniacza tranzystorowo-termistorowego, a fig. 2 przedstawia charakterystykę temperaturową regulacji.

Zasada działania układu jest następująca: oporność obciążenia R_k tranzystora T_r oraz oporność sprzężenia zwrotnego R_e są zbocznikowane termistorami T_1 i T_2 pośrednio grzаныmi. Prądy grzejne zmieniają się w sposób przeciwny, tzn., że jeżeli prąd grzejny termistora T_1 wzrasta o wartość ΔI_1 , to jednocześnie prąd grzejny termistora T_2 maleje o taką samą wartość, czyli przyrost prądu grzejnego ΔI_2 termistora T_2 jest równy przyrostowi prądu grzejnego ΔI_1 termistora T_1 z przeciwnym znakiem. Związek pomiędzy przyrostami prądów grzejnych obu termistorów określa równanie (1):

$$\Delta I_2 = -\Delta I_1. \quad (1)$$

Całkowite zakresy zmian prądów grzejnych obu termistorów są jednakowe, tzn., że jeżeli prąd grzejny termistora T_1 wzrasta np. od $I_{\min}$ do $I_{\max}$, to jednocześnie prąd grzejny termistora T_2 maleje od $I_{\max}$ do $I_{\min}$. Sterowanie przeciwne termistorów powoduje malenie oporności termistora T_1 ze wzrostem prądu I_1 oraz jednoczesny wzrost oporności termistora T_2 z maleniem prądu grzejnego I_2 .

Ze wzmacniaczem regulowanym współpracuje układ sterowania termistorów w postaci przeciwnego wzmacniacza prądu stałego, który jest stopniem końcowym odbiornika pilota. Wymagany

zakres zmian prądów grzejnych I_1 i I_2 termistorów pośrednio grzanych T_1 i T_2 wynosi od 3 mA do 15 mA. Wzmocnienie napięciowe tranzystora T_r wynosi:

$$G_u = \frac{h_{21} \cdot R_L}{h_{11} + R_Z (1 + h_{21})}, \quad (2)$$

gdzie h_{11} i h_{21} są parametrami macierzy h tranzystora. Zakładając $h_{11} \ll R_Z (1 + h_{21})$ oraz $h_{21} \gg 1$ (warunki te są na ogół zawsze spełnione) otrzymuje się:

$$G_u = \frac{R_L}{R_Z} \quad (3)$$

gdzie: R_L jest wypadkową opornością obciążenia wynoszącą:

$$R_L = \frac{R_k \cdot R_{T1}}{R_k + R_{T1}} \quad (4)$$

zaś R_Z jest wypadkową opornością sprzężenia zwrotnego wynoszącą:

$$R_Z = \frac{R_e \cdot R_{T2}}{R_e + R_{T2}} \quad (5)$$

gdzie R_{T1} i R_{T2} są opornościami odpowiednio termistorów T_1 i T_2 .

Zasada regulacji wynika bezpośrednio ze wzoru na wzmocnienie: np. gdy maleje prąd grzejny I_1 termistora T_1 — wzrasta jego oporność, a zatem rośnie wypadkowa oporność w obwodzie kolektora R_L . Jednocześnie prąd grzejny termistora T_2 rośnie, co powoduje malenie oporności termistora T_2 , więc maleje wypadkowa oporność sprzężenia zwrotnego R_Z . Wzrost oporności obciążenia R_L oraz jednoczesne malenie oporności ujemnego sprzężenia zwrotnego powoduje dużą zmianę wzmocnienia. Termistory oddzielono galwanicznie za pomocą pojemności C_2 i C_3 od obwodów zasilania tranzystora. Dzięki temu uzyskano stały punkt pracy termistorów oraz oddzielono składową stałą przepływającą przez termistory. Składowa stała prądu powodowałaby ograniczenie maksymalnej wartości oporności termistora, a zatem i zakresu regulacji. Opisane układy mogą być realizowane na tranzystorach p-n-p jak również n-p-n oraz łączone kaskadowo, co zwiększa zakres regulacji wzmocnienia. Na fig. 2 przedstawiono charakterystykę regulacyjną $K = f(I_1)$ uzyskaną dla wykonanego modelu wzmacniacza regulowanego.

Jednoczesna zmiana oporności sprzężenia zwrotnego i obciążenia tranzystora za pomocą dwóch termistorów o przeciwnej zmianie oporności, wykazuje stosunkowo dużą stałość wzmocnienia przy zmianie temperatur oraz duży zakres regulacji wzmocnienia wynoszący około 7 N.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ tranzystorowo-termistorowego wzmacniacza regulowanego o dużym zakresie regulacji wzmocnienia dla teletransmisyjnych systemów wielokrotnych **znamienny tym**, że składa się z dwóch termistorów pośrednio-żarzonych (T_1) i (T_2), przy czym jeden termistor (T_1) bocznikuje opornik emitera (R_e), zaś drugi termistor (T_2) 10

bocznikuje opornik kolektora (R_K) tranzystora (T_r).

2. Układ według zastrz. 1 **znamienny tym**, że termistory (T_1) i (T_2) są sterowane prądami (I_1) i (I_2) będącymi w przeciwfazie.
3. Układ według zastrz. 1 i 2 **znamienny tym**, że termistory (T_1) i (T_2) są galwanicznie oddzielone za pomocą kondensatorów (C_2) i (C_3) od obwodu prądu stałego tranzystora (T_r).

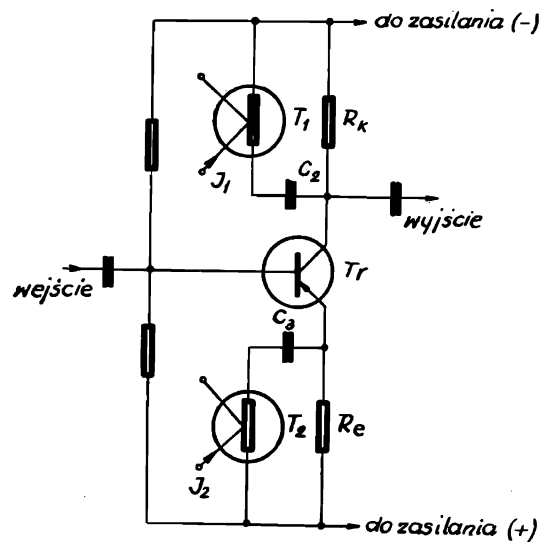


Fig. 1

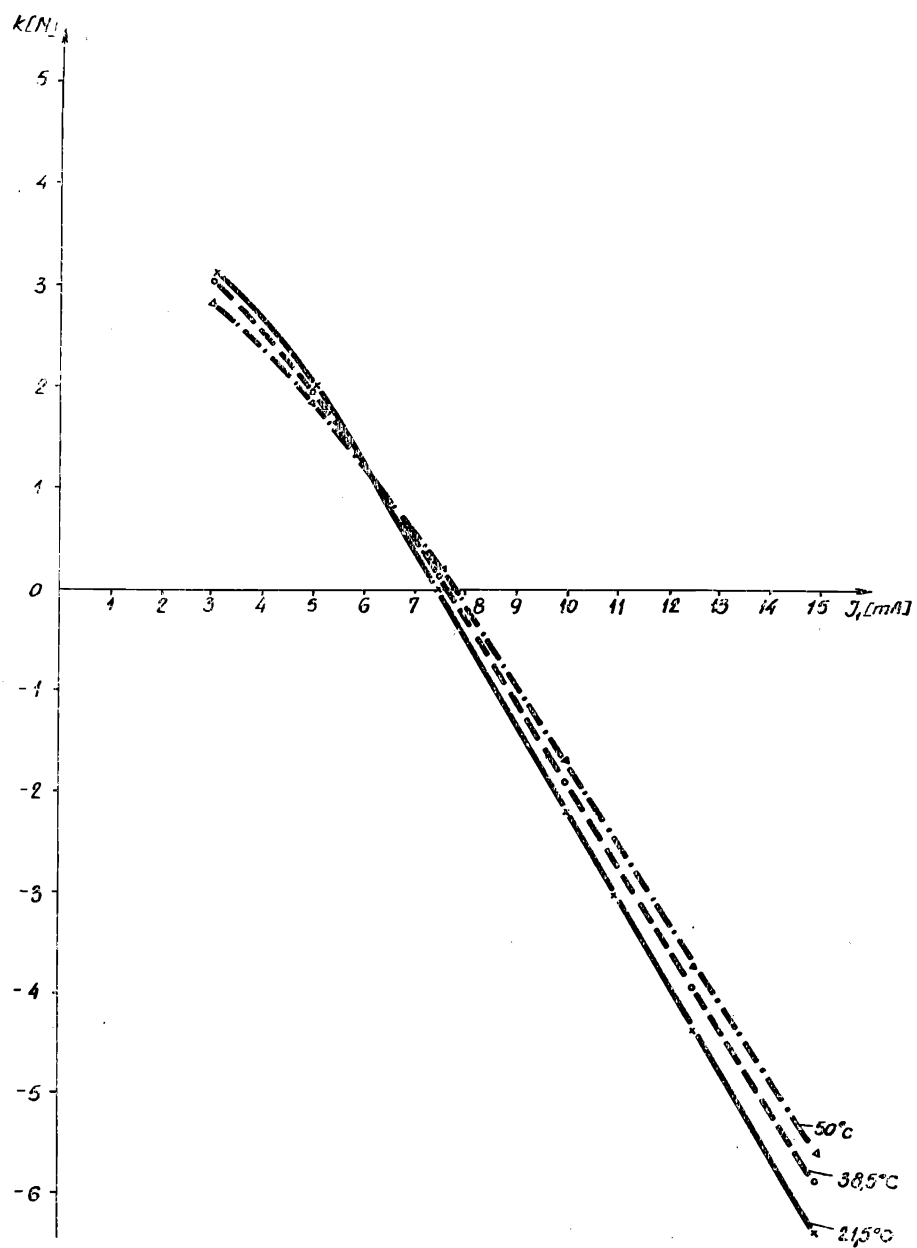


Fig 2

