

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY 90872

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 23.07.74 (P. 172 964)

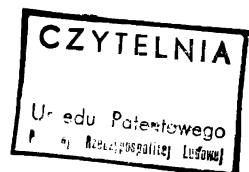
Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 31.01.76

Opis patentowy opublikowano: 30.06.1977

MKP H03f 3/34

Int. Cl.². H03F 3/34



Twórcy wynalazku: Włodzimierz Kosiel, Józef Szmyd, Tadeusz Kowalczyk
Uprawniony z patentu: Instytut Maszyn Matematycznych,
Warszawa (Polska)

Układ wzmacniacza prądu stałego

Dziedzina techniki. Przedmiotem wynalazku jest układ wzmacniacza prądu stałego przeznaczonego do sterowania silników, uzwojeń wzbudnic drgań mechanicznych i innych urządzeń sterowanych prądem stałym, albo impulsowym.

Stan techniki. W układach elektronicznych a zwłaszcza w układach automatyki stosuje się wzmacniacze prądu stałego, które doysterowania silników w granicach przewidzianej liczby obrotów lub do innych odbiorników powinny dostarczać napięcie rzędu kilkudziesięciu woltów i moc od kilkudziesięciu do kilkuset VA, przy czym w określonym zakresie napięcia i prądu wzmacniacz powinien pracować liniowo a poza tym zakresem ukształtowanie charakterystyki wzmacniacza powinno być stosowane do charakterystyki odbiornika.

Znane wzmacniacze prądu stałego, przeznaczone do tych celów, składają się ze wzmacniacza operacyjnego i dołączonego do niego bipolarnego wzmacniacza złożonego zwykle z dwóch unipolarnych wzmacniaczy mocy połączonych ze sobą przeciwobnie, przy czym unipolarne wzmacniacze mocy zasilane są z dwóch oddzielnych zasilaczy połączonych we wspólnym punkcie a obciążenie jest włączone pomiędzy wspólny punkt połączenia unipolarnych wzmacniaczy i wspólny punkt połączenia zasilaczy. Wzmacniacze tego rodzaju buduje się zwykle w oparciu o technikę półprzewodnikową, przy czym w stopniu końcowym stosuje się tranzystory, które w niektórych przypadkach ograniczają zakres napięcia na wyjściu wzmacniacza. W celu rozszerzenia zakresu napięcia w stopniu końcowym stosuje się konfigurację mostkową, co umożliwia uzyskanie dwukrotnie większego napięcia na wyjściu niż za pomocą pojedynczego wzmacniacza.

Wzmacniacze mocy wchodzące w skład bipolarnego wzmacniacza jak również w skład obydwóch części wzmacniacza mostkowego składają się ze stosunkowo dużej liczby elementów, co wpływa na zmniejszenie ich niezawodności i w niektórych przypadkach ma istotne znaczenie, a ponadto spadki napięć na elementach wzmacniacza uniemożliwiają wykorzystanie do sterowania obciążeniem całego zakresu napięcia doprowadzonego do wzmacniacza.

W niektórych przypadkach zachodzi potrzeba sprowadzenia do minimum zakłóceń wytwarzanych przez elementy wzmacniacza oraz wprowadzenia prądowego sprzężenia zwrotnego, co można uzyskać przez uziemienie jednego z końców obciążenia, jednakże układy mostkowe stosowane w stopniach końcowych znanych wzmacnia-

czy najczęściej nie umożliwiają uziemienia żadnego z końców obciążenia lub wyprowadzenia pętli prądowego sprzężenia zwrotnego, co znacznie ogranicza zakres ich zastosowań.

Celem wynalazku jest uzyskanie wzmacniacza mocy nie wykazującego wymienionych niedogodności, który ponadto umożliwia sterowanie obciążeniem w szerokich granicach napięcia stałego zarówno w przypadku sterowania w sposób ciągły jak i impulsowy.

Istota wynalazku. Istotę wynalazku stanowi układ wzmacniacza prądu stałego złożonego z dwóch bipolarnych wzmacniaczy mocy, z których każdy zawiera dwa unipolarne wzmacniacze mocy połączone przeciwsośnie, a ponadto złożonego z dwóch operacyjnych wzmacniaczy sterujących bipolarnymi wzmacniaczami mocy, w którym wszystkie cztery unipolarne wzmacniacze mocy tworzą mostek, a w przekątną tego mostka jest włączony pomiarowy dwójnik i obciążenie, a ponadto w drugiej przekątnej mostek jest zasilany z oddzielnego zasilacza a każdy operacyjny wzmacniacz jest zasilany z zasilacza, przynależnego do niego, w ten sposób że środkowe wyprowadzenie zasilacza zasilającego pierwszy operacyjny wzmacniacz jest dołączone do wspólnego punktu połączenia dwóch unipolarnych wzmacniaczy w bipolarnym wzmacniaczu mocy lub do punktu połączenia pomiarowego dwójnika z obciążeniem, natomiast środkowe wyprowadzenie zasilacza zasilającego drugi operacyjny wzmacniacz jest dołączone do punktu połączenia dwóch unipolarnych wzmacniaczy dołączonych do tego operacyjnego wzmacniacza a poza tym zaciski pomiarowego dwójnika są dołączone przez impedancję do zacisków wejściowych pierwszego operacyjnego wzmacniacza a w drugim operacyjnym wzmacniaczu jeden zacisk wejściowy jest dołączony do dzielnika napięcia złożonego z dwóch impedancji włączonego w przekątną mostka, w której znajduje się obciążenie podczas gdy drugi wejściowy zacisk jest dołączony do dzielnika napięcia włączonego między miejsce połączenia dwóch unipolarnych wzmacniaczy sterowanych z tego operacyjnego wzmacniacza i środek zasilacza zasilającego mostek.

W układzie według wynalazku między każdy operacyjny wzmacniacz i każdy przynależny mu unipolarne wzmacniacz mocy jest włączony opornik i wyjście nieliniowego członu uzależnionego od wartości prądu oraz napięcia tego wzmacniacza mocy i od napięcia doprowadzanego z zewnątrz przy czym ten nieliniowy człon jest zaopatrzony w cztery zaciski wejściowe, z których jeden jest dołączony do źródła napięcia zasilającego a dwa pozostałe do zacisków pomiarowego dwójnika lub do zacisków dwóch szeregowo połączonych oporników włączonych między unipolarne wzmacniacze mocy, przy czym wówczas pomiarowy dwójnik jest dołączony do miejsca połączenia tych oporników, a czwarty zacisk każdego nieliniowego członu służy do sterowania obciążeniem przez ograniczenie wartości prądu płynącego przez to obciążenie.

W układzie według wynalazku pętlę napięciowego sprzężenia zwrotnego realizuje się przez połączenie wejścia pierwszego wzmacniacza operacyjnego z zaciskiem obciążenia przeciwnym niż dołączony do pomiarowego dwójnika a pętlę prądowego sprzężenia zwrotnego uzyskuje się przez dołączenie zacisków pomiarowego dwójnika do obu wejść pierwszego operacyjnego wzmacniacza.

W szczególnym przypadku pętlę sprzężenia zwrotnego można uzyskać przez równoległe połączenie dzielnika napięcia z pomiarowym dwójnikiem i obciążeniem, przy czym w tym przypadku z części dzielnika napięcia przez impedancję wyprowadza się połączenie do wejściowego zacisku pierwszego operacyjnego wzmacniacza.

W przypadku, gdy obciążenie wzmacniacza stanowi silnik prądu stałego, w układzie według wynalazku równoległe do zacisków wyjściowych obu unipolarnych wzmacniaczy w drugim bipolarnym wzmacniaczu mocy włącza się diody, przy czym kierunek przewodzenia każdej diody jest przeciwny do kierunku przewodzenia tego unipolarnego wzmacniacza, do wyjścia którego jest ona połączona.

Przykład wykonania wynalazku. Układ według wynalazku wyjaśniono na przykładzie wykonania uwidocznionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia ten układ w postaci blokowej, fig. 2 — schemat połączeń realizujący w układzie według wynalazku ujemne prądowe i dodatnie napięciowe sprzężenie zwrotne przy odwróceniu fazy o 180° , fig. 3 — układ realizujący ujemne prądowe i ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne, w przypadku odwracania fazy napięcia o 180° , fig. 4 — układ realizujący dodatnie prądowe i ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne, fig. 5, podobnie jak fig. 3, przedstawia układ realizujący ujemne prądowe i ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne w przypadku nie odwracania fazy napięcia a fig. 6 przedstawia układ uzupełniony diodami dla szczególnego rodzaju obciążenia w postaci silnika prądu stałego.

Układ wzmacniacza prądu stałego według wynalazku zawiera dwa bipolarne wzmacniacze W_1 i W_2 mocy. Pierwszy bipolarne wzmacniacz W_1 mocy składa się z dwóch unipolarnych wzmacniaczy T_1 i T_2 a drugi bipolarne wzmacniacz W_2 mocy składa się z unipolarnych wzmacniaczy T_3 i T_4 . Wszystkie cztery unipolarne wzmacniacze T_1 , T_2 , T_3 , T_4 tworzą mostek zasilany w jednej przekątnej ze źródła E_1 prądu stałego a w drugą przekątną mostka jest włączony pomiarowy dwójnik R połączony w szereg z obciążeniem Z . Pierwszy bipolarne wzmacniacz W_1 jest sterowany z operacyjnego wzmacniacza V_1 a drugi bipolarne wzmacniacz W_2 jest sterowany z operacyjnego wzmacniacza V_2 , przy czym każdy operacyjny wzmacniacz V_1 i V_2 jest zasilany z oddzielnego bipolarnego zasilacza, który dla wzmacniacza V_1 składa się z szeregowo połączonych źródeł E_2 i E_3 a zasilacz operacyjnego wzmacniacza V_2 składa się z szeregowo połączonych źródeł E_4 i E_5 . Środkowe połączenie

źródeł E_2 i E_3 jest dołączone do miejsca połączenia unipolarnych wzmacniaczy T_1 i T_2 podobnie środkowe połączenie źródeł E_4 i E_5 jest dołączone do miejsca połączenia unipolarnych wzmacniaczy T_3 i T_4 wchodzących w skład jednego bipolarnego wzmacniacza W_1 lub W_2 , co w każdym z tych wzmacniaczy tworzy konfigurację przeciwsobnego wtórnika dołączonego do wyjścia operacyjnego wzmacniacza V_1 lub V_2 . W szereg z obciążeniem Z jest włączony pomiarowy dwójnik R , z którego przez impedancję Z_2 i Z_4 doprowadza się sygnał sprzężenia zwrotnego do wejściowych zacisków pierwszego operacyjnego wzmacniacza V_1 , wskutek czego uzyskuje się dodatnie, względnie ujemne prądowe sprzężenie zwrotne. Między pomiarowym dwójnikiem R lub obciążeniem Z i wejściowymi zaciskami operacyjnego wzmacniacza V_1 można realizować dodatnie lub ujemne sprzężenie zwrotne napięciowe lub prądowe i uzyskiwać zdolność odwracania bądź nie odwracania fazy prądu na wyjściu bipolarnego wzmacniacza W_1 w stosunku do sygnału wejściowego, przy czym w pętli sprzężenia zwrotnego mogą być włączone elementy kształtujące charakterystykę częstotliwościową układu. Cztery przykładowe układy połączeń dla realizacji sprzężenia zwrotnego w układzie według wynalazku uwidoczniiono na fig. 2, 3, 4 i 5.

Ujemne prądowe sprzężenie zwrotne w układzie uwidoczniionym na fig. 2 realizuje się przez dołączenie wejściowego zacisku 3 układu do wejścia 5 operacyjnego wzmacniacza V_1 przez impedancję Z_1 oraz przez dołączenie wyjściowego zacisku A wzmacniacza W_1 mocy, do którego jest dołączony pomiarowy dwójnik R , do wejścia 5 operacyjnego wzmacniacza W_1 mocy. Dodatnie sprzężenie zwrotne napięciowe w tym układzie realizuje się przez połączenie wyjściowego zacisku C obciążenia Z z wejściem 5 operacyjnego wzmacniacza V_1 przez impedancję Z_3 . Ponadto wejściowy zacisk 4 układu łączy się z zaciskiem B wspólnym dla pomiarowego dwójnika R i obciążenia Z , przy czym zacisk B jest połączony z zaciskiem 6 na wejściu operacyjnego wzmacniacza V_1 przez impedancję Z_4 .

W przypadku, gdy obciążenie Z stanowi silnik prądu stałego, w tak zrealizowanym układzie moment obrotowy silnika jest proporcjonalny do prądu doprowadzonego na wejście układu, co umożliwia regulację obrotów silnika w szerokich granicach zmian obciążenia a ponadto na wejściowych zaciskach 3 i 4 układu można odwracać biegunowość napięcia i w ten sposób hamować bieg silnika lub zmieniać kierunek obrotów silnika.

Tak samo ujemne prądowe sprzężenie zwrotne realizuje się w układzie uwidoczniionym na fig. 3 przez połączenie odwracającego fazę wejścia 5 operacyjnego wzmacniacza V_1 z wejściowym zaciskiem 3 przez impedancję Z_1 i z zaciskiem A pomiarowego dwójnika R przez impedancję Z_2 . Ponadto nieodwracające wejście 6 operacyjnego wzmacniacza V_1 przez impedancję Z_4 łączy się z zaciskiem B wspólnym dla pomiarowego dwójnika R i obciążenia Z oraz łączy się ten zacisk z wejściowym zaciskiem 4 układu. W tym układzie ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne realizuje się przez połączenie wyjściowego zacisku C obciążenia Z przez impedancję Z_5 z nieodwracającym fazę wejściem 6 operacyjnego wzmacniacza V_1 .

Układ uwidoczniiony na fig. 4 realizuje dodatnie prądowe i ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne poprzez połączenie nieodwracającego fazę wejścia 6 operacyjnego wzmacniacza V_1 przez impedancję Z_{10} z wejściowym zaciskiem 3 oraz przez impedancję Z_7 z punktem połączenia dwóch impedancji Z_8 i Z_9 , przy czym impedancja Z_8 od której zależy dodatnie prądowe sprzężenie zwrotne jest dołączona do punktu A pomiarowego dwójnika R a impedancja Z_9 , od której zależy ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne, jest dołączona do wyjściowego zacisku C obciążenia Z , ponadto wspólny zacisk B pomiarowego dwójnika R i obciążenia Z , poprzez impedancję Z_6 , łączy się z odwracającym fazę wejściem 5 operacyjnego wzmacniacza V_1 oraz bezpośrednio z wejściowym zaciskiem 4.

Układ na fig. 5, realizuje ujemne prądowe sprzężenie zwrotne poprzez połączenie nieodwracającego fazę wejścia 6, przez impedancję Z_{10} , z wejściowym zaciskiem 3 układu a poprzez impedancję Z_4 ze wspólnym zaciskiem B pomiarowego dwójnika R i obciążenia Z , ponadto łączy się zacisk A pomiarowego dwójnika R przez impedancję Z_2 z odwracającym fazę wejściem 5 operacyjnego wzmacniacza V_1 oraz przez połączenie tego zacisku A z wejściowym zaciskiem 4 zaś ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne zrealizuje się poprzez połączenie wyjściowego zacisku C obciążenia Z , przez impedancję Z_5 , z nieodwracającym fazę wejściem 6 operacyjnego wzmacniacza V_1 .

Układ przedstawiony na fig. 6 jest uzupełniony w stosunku do układu pokazanego na fig. 1 następującymi elementami: pomiędzy wyjście operacyjnego wzmacniacza V_1 i wejście unipolarnego wzmacniacza T_1 włączona jest impedancja Z_{21} i wyjście nieliniowego członu $N1$, którego zaciski $N1-1$ i $N1-2$ są przyłączone do dwóch impedancji Z_{17} i Z_{18} połączonych w szereg i włączonych pomiędzy unipolarne wzmacniacze T_1 i T_2 , do środka których jest przyłączony zacisk A pomiarowego dwójnika R . Zacisk $N1-3$ nieliniowego członu $N1$ jest dołączony do źródła E_1 , napięcia zasilającego unipolarny wzmacniacz T_1 ograniczeniem prądu wyjściowego unipolarnego wzmacniacza T_1 , natomiast pomiędzy wyjście operacyjnego wzmacniacza V_1 i wejście unipolarnego wzmacniacza T_2 jest włączona impedancja Z_{22} i wyjście nieliniowego członu $N2$, którego zaciski $N2-1$ i $N2-2$ są przyłączone do impedancji Z_{17} i Z_{18} połączonych w szereg i włączonych pomiędzy unipolarne wzmacniacze T_1 i T_2 . Zacisk

N2-3 nieliniowego członu N2 przyłączony jest do źródła E_1 napięcia zasilającego unipolarny wzmacniacz T_2 , zacisk N2-4 tego nieliniowego członu służy do zewnętrznego sterowania ograniczeniem prądu wyjściowego unipolarnego wzmacniacza T_2 . Pomiedzy wyjście operacyjnego wzmacniacza V_2 i wejście unipolarnego wzmacniacza T_3 włączona jest impedancja Z_{23} i wyjście nieliniowego członu N3, którego zaciski N3-1 i N3-2 są dołączone do impedancji Z_{19} i Z_{20} połączonych w szereg i włączonych pomiędzy unipolarne wzmacniacze T_3 i T_4 , do punktu połączenia których dołączony jest zacisk C obciążenia Z. Zacisk N3-3 nieliniowego członu N3 jest dołączony do źródła E_1 napięcia zasilającego wzmacniacz T_3 , natomiast pomiędzy wyjście operacyjnego wzmacniacza V_2 i wejście unipolarnego wzmacniacza T_4 włączona jest impedancja Z_{24} i wyjście nieliniowego członu N4, którego zaciski N4-1 i N4-2 są dołączone do impedancji Z_{19} i Z_{20} połączonych w szereg i włączonych pomiędzy unipolarne wzmacniacze T_3 i T_4 . Zacisk N4-3 nieliniowego członu N4 jest dołączony do napięcia źródła E_1 zasilającego unipolarny wzmacniacz T_4 . Ponadto równolegle do zacisków wyjściowych unipolarnego wzmacniacza T_3 jest dołączona dioda D_1 , której kierunek przewodzenia jest przeciwny do kierunku przewodzenia unipolarnego wzmacniacza T_3 zaś równolegle do zacisków wyjściowych unipolarnego wzmacniacza T_4 dołączona jest dioda D_2 , której kierunek przewodzenia jest przeciwny do kierunku przewodzenia unipolarnego wzmacniacza T_4 . W tym układzie ujemne prądowe sprzężenie zwrotne zapewnia impedancja Z_2 jak przedstawiono na fig. 2.

Działanie układu jest następujące. Unipolarne wzmacniacze T_1 , T_2 , T_3 , T_4 stanowią cztery gałęzie mostka zasilanego ze źródła E_1 . W przypadku braku sygnału na wejściu układu pomiędzy zaciskami 3 i 4 lub w przypadku ich zwarcia mostek jest w równowadze i przez przekątną tego mostka nie płynie prąd, a jednocześnie w punktach A, B i C, na zacisku wejściowym 4 i w punkcie połączenia impedancji Z_{15} i Z_{16} panuje ten sam potencjał. Doprowadzenie sygnału napięciowego pomiędzy wejściowe zaciski 3 i 4 powoduje wysterowanie jednego z unipolarnych wzmacniaczy T_1 lub T_2 oraz przepływ prądu przez przekątną mostka, w której znajduje się pomiarowy dwójnik R i obciążenie Z, co pociąga za sobą zmiany potencjału między zaciskiem A pomiarowego dwójnika R i punktem połączenia impedancji Z_{15} i Z_{16} względem zacisku 4 układu. Zmiana ta powoduje wystąpienie napięcia nierównowagi na zaciskach wejściowych operacyjnego wzmacniacza V_2 i przez ten wzmacniacz wysterowanie jednego unipolarnego wzmacniacza T_3 lub T_4 , co umożliwia przepływ prądu z dodatniego bieguna źródła E_1 przez T_1 , Z_{17} , R, Z, Z_{20} , T_4 do ujemnego bieguna źródła E_1 lub z dodatniego bieguna źródła E_1 przez T_3 , Z_{19} , Z, R, Z_{18} , T_2 do ujemnego bieguna źródła E_1 . W przypadku gdy obciążenie stanowi silnik prądu stałego, na przykład silnik napędzający rolkę lub szpulę w pamięci taśmowej, wymaga się spełnienia określonych warunków startowania w obu kierunkach i hamowania, co prowadzi do tracenia jednakowych mocy w unipolarnych wzmacniaczach T_1 , T_2 i T_3 , T_4 , wówczas impedancje Z_{15} i Z_{16} są sobie równe a sterowanie tymi wzmacniaczami wymaga, aby względem potencjału określonego w punkcie połączenia impedancji Z_{15} i Z_{16} napięcia na wyjściowych zaciskach bipolarnych wzmacniaczy W_1 i W_2 były względem siebie równe co do amplitudy i przeciwne w fazie, co zapewnia się przez dobór wartości i stosunków impedancji Z_{11} , Z_{12} , Z_{13} , Z_{14} .

Pomiarowy dwójnik R służy do pomiaru wartości prądu płynącego przez obciążenie Z, z jego zacisków zbiera się napięcie, które poprzez impedancję Z_2 sprzężenia zwrotnego doprowadza się do wejściowego zacisku 5 operacyjnego wzmacniacza V_1 i porównuje z wejściowym sygnałem doprowadzonym do tego zacisku przez impedancję Z_1 . Nieliniowe człony N1, N2, N3, N4 powodują ograniczenie prądu i mocy wyjściowych unipolarnych wzmacniaczy T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , ponadto kontrolują wartość prądu skrośnego, który mógłby płynąć ze źródła E_1 zasilania przez jeden z bipolarnych wzmacniaczy W_1 lub W_2 z pominięciem obciążenia Z, a ponadto nieliniowe człony N1 i N2 umożliwiają realizację ograniczenia prądu za pomocą zewnętrznego sygnału doprowadzanego do zacisków N1-4 i N2-4 członów N1 i N2 na innym poziomie niż konstrukcyjnie ustalony. Diody D1 i D2 umożliwiają realizację sterowania obciążeniem w postaci silnika prądu stałego w prądnicowym zakresie sterowania, to jest wówczas gdy napięcie zasilające jest odłączone a silnik obraca się siłą bezwładności. W tym przypadku prąd wytwarzany przez silnik Z popłynie przez pomiarowy dwójnik R i przez Z_{18} , T_2 i diodę D_2 lub przez diodę D_1 , T_1 , Z_{17} i przez opornik R.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ wzmacniacza prądu stałego złożonego z dwóch bipolarnych wzmacniaczy mocy, z których każdy zawiera dwa unipolarne wzmacniacze mocy połączone przeciwobnie a ponadto złożonego z dwóch operacyjnych wzmacniaczy sterujących bipolarnymi wzmacniaczami mocy, z n a m i e n n y t y m, że wszystkie cztery unipolarne wzmacniacze (T_1 , T_2 , T_3 i T_4) mocy tworzą mostek a w przekątną tego mostka jest włączony pomiarowy dwójnik (R) i obciążenie (Z) a ponadto w drugiej przekątnej mostek jest zasilany z oddzielnego zasilacza (E_1) a każdy operacyjny wzmacniacz (V_1 i V_2) jest zasilany z przynależnego do niego zasilacza (E_2).

i E_3) lub (E_4 i E_5) w ten sposób, że środkowe wyprowadzenie zasilacza (E_2 i E_3) zasilającego pierwszy operacyjny wzmacniacz (V_1) jest dołączone do wspólnego punktu (A) połączenia dwóch unipolarnych wzmacniaczy (T_1 i T_2) w bipolarnym wzmacniaczu (W_1) mocy lub do punktu (B) połączenia pomiarowego dwójnika (R) z obciążeniem (Z), natomiast środkowe wyprowadzenie zasilacza (E_4 i E_5) zasilającego drugi operacyjny wzmacniacz (V_2) jest dołączone do punktu (C) połączenia dwóch unipolarnych wzmacniaczy (T_3 i T_4) dołączonych do tego operacyjnego wzmacniacza (V_2) a poza tym zaciski (A i B) pomiarowego dwójnika (R) są dołączone przez impedancję (Z_2 i Z_4) do zacisków wejściowych pierwszego operacyjnego wzmacniacza (V_1) a w drugim operacyjnym wzmacniaczu (V_2) jeden zacisk wejściowy jest dołączony do dzielnika napięcia złożonego z dwóch impedancji (Z_{13} i Z_{14}) włączonego w przekątną mostka (T_1 , T_2 , T_3 , T_4), w której znajduje się obciążenie (Z), podczas gdy drugi wejściowy zacisk operacyjnego wzmacniacza (V_2) jest dołączony do dzielnika (Z_{11} , Z_{12}) napięcia włączonego między miejsce połączenia dwóch unipolarnych wzmacniaczy (T_3 i T_4) sterowanych z tego operacyjnego wzmacniacza (V_2) i środek (Z_{15} , Z_{16}) zasilacza (E_1) zasilającego mostek.

2. Układ według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że między każdy operacyjny wzmacniacz (V_1 lub V_2) i każdy przynależny mu unipolarny wzmacniacz (T_1 , T_2 lub T_3 , T_4) mocy jest włączona impedancja (Z_{21} , Z_{22} , Z_{23} , Z_{24}) i wyjście nieliniowego członu (N1, N2, N3, N4) uzależnionego od wartości prądu tego wzmacniacza mocy i napięcia doprowadzonego z zewnątrz, przy czym ten nieliniowy człon (N1, N2, N3, N4) jest zaopatrzony w cztery zaciski wejściowe, z których jeden (3) jest dołączony do źródła napięcia zasilającego, a dwa pozostałe (1 i 2) do zacisków (A i B) pomiarowego dwójnika (R), lub do zacisków dwóch szeregowo połączonych impedancji (Z_{17} i Z_{18} lub Z_{19} i Z_{20}) włączonych między unipolarne wzmacniacze (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) mocy, przy czym wówczas pomiarowy dwójnik (R) jest dołączony do miejsca połączenia tych oporników, a czwarty zacisk (4) nieliniowego członu (N1 lub N2) służy do sterowania układu przez zmianę wartości prądu ograniczanego zewnętrznym sygnałem.

3. Układ według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że równolegle do zacisków wyjściowych obydwóch unipolarnych wzmacniaczy (T_3 i T_4) w drugim bipolarnym wzmacniaczu (W_2) mocy włączone są diody (D_1 i D_2), przy czym kierunek przewodzenia każdej diody jest przeciwny do kierunku przewodzenia tego unipolarnego wzmacniacza, do wyjścia którego jest ona dołączona.

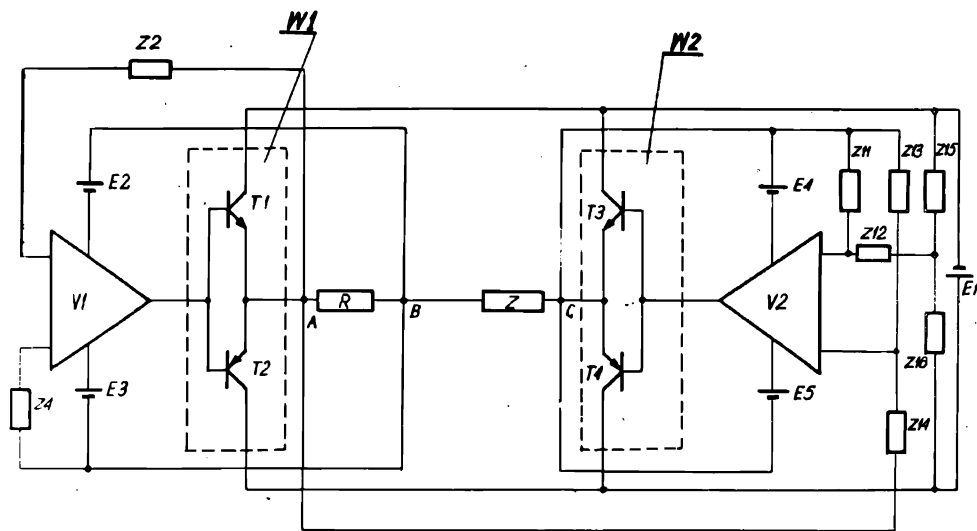


fig. 1

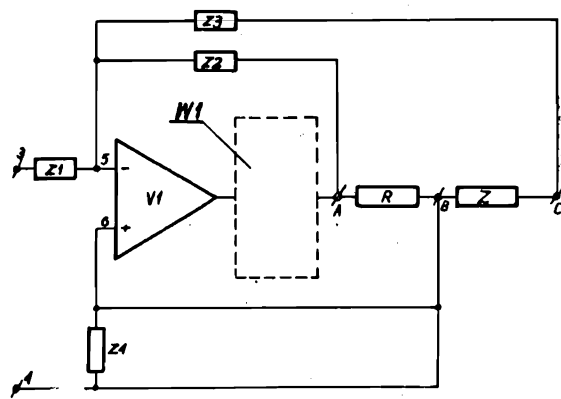


fig. 2

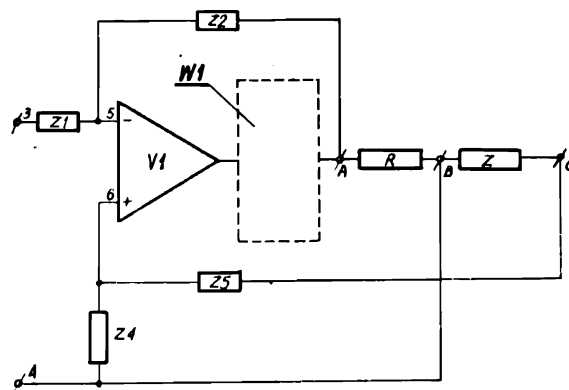


fig. 3

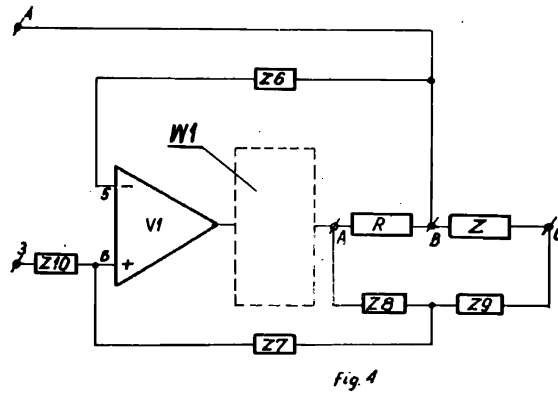


fig. 4

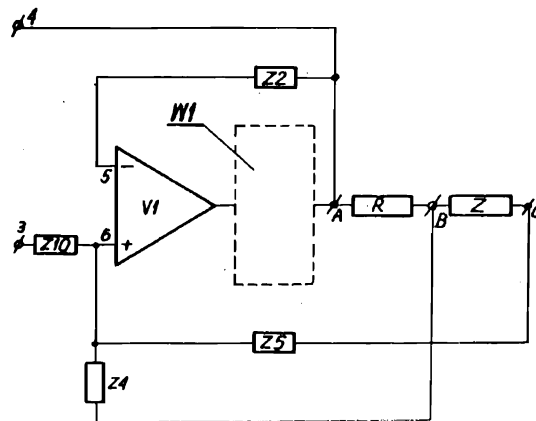


fig. 5

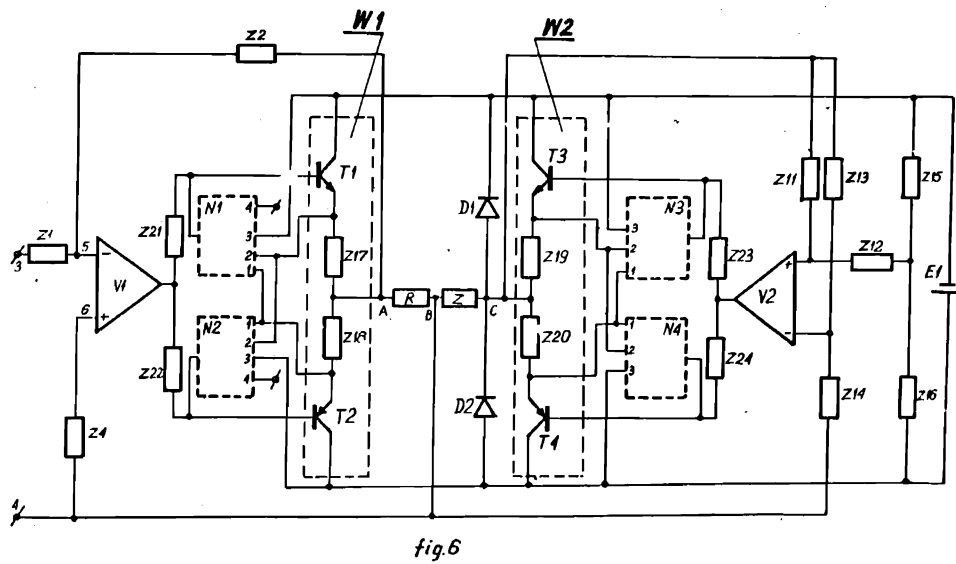


fig. 6