



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 79 12 12 (P. 220 393)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 81 08 21

Opis patentowy opublikowano: 1986 11 15

Int. Cl.

G01K 7/24

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego

10 10-798

Twórcy wynalazku: Czesław Osiński, Jan Sawicki

Uprawniony z patentu: Instytut Komputerowych Systemów Automatyki
i Pomiarów, Wrocław (Polska)

Układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy

1

Przedmiotem wynalazku jest układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy, wykorzystujący monolityczny czujnik wielotranzystorowy, przy czym układ jest przeznaczony głównie do stosowania w systemach pomiarów, regulacji i rejestracji temperatury w zakresie od -50°C do $+150^{\circ}\text{C}$.

Stan techniki. Ogólnie są znane i stosowane przetworniki temperatury na sygnał elektryczny współpracujące od strony wejścia z termometrami rezystancyjnymi i termoelementami. Ponadto w w wydanej w 1978 r. przez Burr-Brown Research Corporation książce pod tytułem „Analog Circuit Applications” jest przedstawiony układ termometru do pomiaru temperatury bezwzględnej.

W wymienionym układzie czujnik temperatury stanowią — połączone w konfigurację wzmacniacza różnicowego ze wspólnym rezystorem emiterowym — dwa tranzystory, których kolektory są połączone z wejściami wzmacniacza operacyjnego mającego włączony na wyjściu pierwszy dwurezystorowy dzielnik połączony środkowym zaciskiem z bazą jednego tranzystora. Baza drugiego tranzystora jest połączona ze środkowym zaciskiem drugiego dwurezystorowego dzielnika z kolei podłączonych skrajnymi zaciskami do źródła napięcia ujemnego. Układ wymaga zasilania z dwóch źródeł napięcia mających różnoimienne bieguny połączone w jednym węźle. Do źródła napięcia dodatniego podłączone są pierwsze końcówki dwóch rezystorów

2

włączonych w kolektory tranzystorów czujnika. Na wyjściu układu generowany jest sygnał napięciowy proporcjonalny do mierzonej temperatury.

Istota wynalazku. W układzie przetwornika temperatury według wynalazku pierwsze i drugie przyległe ramiona mostka zawierają co najmniej po jednym diodowo połączonym tranzystorze czujnika, przy czym w trzecie ramię tego mostka jest włączony rezystor tworzący razem z nastawnym rezystorem szeregową gałąź podłączoną równolegle do wyjścia stabilizatora dla napięcia odniesienia, z kolei zaś w czwarte ramię wspomnianego mostka jest włączony wyjściowymi zaciskami czwórnik, którego zacisk wspólny dla wejścia i wyjścia jest połączony z zasilającymi końcówkami dwóch wzmacniaczy, zaś pomiędzy wejściowy zacisk wspomnianego czwórnika i pierwszy zacisk całego układu jest włączony rezystor zbocznikowany złączem baza-emiter tranzystora, którego kolektor jest połączony z ograniczającym wejściem wymienionego stabilizatora mającego zasilające wejście połączone z drugim zaciskiem całego układu.

W drugiej wersji układu, w czwarte ramię mostka jest włączony rezystor sprzężenia zwrotnego, podłączony jedną końcówką do wspólnego dla wejścia i wyjścia zacisku stabilizatora, zaś drugą końcówką do pierwszego zacisku całego układu, natomiast emitory skrajnych tranzystorów czujnika są połączone z wejściami różnicowego wzmacniacza, jednocześnie zaś druga zasilająca końcówka

tego wzmacniacza poprzez złącze emiter-baza tranzystora jest połączona z drugim wyjściem stabilizatora, zaś kolektor wspomnianego tranzystora poprzez dzielnik złożony z rezystora i stabilizatora jest połączony z drugim zaciskiem całego układu.

W trzeciej wersji układu według wynalazku, bazy wchodzących w przyległe ramiona mostka dwóch tranzystorów są podłączone do jednego wejścia różnicowego wzmacniacza, który ma drugie wejście połączone z kolektorem jednego z dwóch wymienionych tranzystorów, przy czym pomiędzy pierwszą zasilającą końcówkę końcowego wzmacniacza i wspólny dla wejścia i wyjścia zacisk stabilizatora jest włączony pierwszy dzielnik, którego środkowy zacisk będący jednocześnie pierwszym zaciskiem całego układu poprzez rezystor jest połączony ze środkowym zaciskiem drugiego dzielnika włączonego w drugą gałąź mostka, zaś jeden rezystor pierwszego dzielnika jest zbocznikowany złączem baza-emiter tranzystora, którego kolektor jest połączony z ograniczającym wejściem stabilizatora, natomiast pomiędzy drugą połączoną z trzecim zaciskiem całego układu zasilającą końcówką końcowego wzmacniacza i zasilające wejście wymienionego stabilizatora jest włączony stabilizator.

Układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy dzięki zastosowaniu czwórnika lub rezystora jako elementu sprzężenia zwrotnego w mostku pomiarowym zawierającym wielotranzystorowy czujnik temperatury może być zasilany po tej samej dwuprzewodowej linii, którą płynie prądowy sygnał wyjściowy reprezentujący mierzoną temperaturę, przez co łączy w sobie zalety znanych dwuprzewodowych przetworników rezystancji i siły termoelektrycznej oraz znanych termometrów z czujnikiem tranzystorowym. Ponadto zastosowanie nastawnego rezystora, który z jednym rezystorem mostka pomiarowego tworzy szeregową gałąź podłączoną równolegle względem jednego wyjściowego napięcia stabilizatora, sprawdza regulację zakresu sygnału wyjściowego przetwornika do jednej prostej czynności zmian położenia potencjometru.

Włączenie stabilizatora pomiędzy zasilające wejście stabilizatora i jedną zasilającą końcówkę końcowego wzmacniacza, umożliwia pracę układu również przy odłączonym odbiorniku dla wyjścia prądowego, co czyni układ uniwersalnym, bowiem wyjście napięciowe jest niezależne od wyjścia prądowego.

Objaśnienie rysunku. Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowo-ideowy dwuprzewodowego układu przetwornika temperatury na sygnał prądowy, fig. 2 — drugą wersję tego układu, zaś fig. 3 — schemat blokowo-ideowy układu przetwornika temperatury na sygnał napięciowy i/lub prądowy.

Przykłady realizacji wynalazku. Układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy według wynalazku ma zrównoważony mostek 1 utworzony z dwóch gałęzi wyznaczonych węzłami A i B, przy czym węzeł A jest połączony z pierwszą zasilającą końcówką różnicowego wzmacniacza

2 i ze wspólnym dla wejścia i wyjścia zaciskiem stabilizatora, 3, który ma pierwsze wyjście U_0 połączone z węzłem B.

Wyjście wzmacniacza 2 jest połączone z wejściem końcowego wzmacniacza 4. W dwuprzewodowym układzie przetwornika na sygnał prądowy według fig. 1 w skład pierwszej gałęzi mostka 1 wchodzi — połączony zaciskiem wspólnym dla wejścia i wyjścia do węzła A — czwórnik 5, który ma zacisk wyjściowy połączony poprzez rezystor R_1 z emiterem diodowo połączanego tranzystora T_1 , czujnika 6, zaś pomiędzy węzeł B i połączony z jednym wejściem wzmacniacza 2 kolektor wymienionego tranzystora T_1 jest włączony rezystor R_2 . W skład drugiej gałęzi mostka 1 wchodzi podłączony do węzła B rezystor R_3 z drugiej strony połączony z drugim wejściem wzmacniacza 2 i kolektorem diodowo połączanego tranzystora T_2 , czujnika 6, który to tranzystor T_2 ma emiter połączony poprzez złożony z rezystorów R_4 i R_5 — dzielnik 7 z węzłem A i z pierwszą zasilającą końcówką wzmacniacza 4. Pomiedzy środkowy zacisk dzielnika 7 i węzeł B jest włączony nastawny rezystor R_6 , zaś pomiędzy połączony z bazą bipolarnego tranzystora typu npn wejściowy zacisk C czwórnika 5 i połączony z emiterem tego tranzystora 8 pierwszy zacisk D całego układu jest włączony rezystor R_7 . Kolektor wymienionego tranzystora 8 jest połączony poprzez rezystor R_8 z ograniczającym wejściem U_L stabilizatora 3, który oprócz drugiego wyjścia U_d — połączanego poprzez odpowiednie rezystory R_9 i R_{10} z drugimi zasilającymi końcówkami wzmacniaczy odpowiednio 2 i 4 ma zasilające wejście U_{we} połączone z drugim zaciskiem E całego układu. W skład czwórnika 5 wchodzi połączony w trójkąt rezystory R_{11} , R_{12} i R_{13} . Do zacisków D i E całego układu plussem do zacisku D jest podłączony dwójnik złożony ze źródła zasilającego napięcia U_z i odbiornika R_L .

W drugiej wersji układu dwuprzewodowego przetwornika temperatury na sygnał prądowy według fig. 2, w skład pierwszej gałęzi mostka 1 wchodzi podłączony jedną końcówką do węzła A — rezystor R_{14} , który ma drugą końcówkę połączoną z kolektorem i bazą tranzystora T_1 i z pierwszym zaciskiem D całego układu. Emiter tranzystora T_1 jest połączony z kolektorem i z bazą tranzystora T_{n-1} , zaś pomiędzy węzeł B i zwarty z jednym wejściem wzmacniacza 2 emiter tego tranzystora T_{n-1} jest włączony rezystor R_{15} .

W skład drugiej gałęzi mostka 1 wchodzi podłączony do węzła B rezystor R_{16} z drugiej strony połączony z drugim wejściem wzmacniacza 2 i emiterem diodowo połączanego tranzystora T_n . Kolektor tranzystora T_n jest połączony z emiterem diodowo połączanego tranzystora T_2 , którego kolektor poprzez rezystor R_{17} jest połączony z węzłem A, zaś poprzez nastawny rezystor R_6 z węzłem B.

Do węzła A dołączona jest również pierwsza zasilająca końcówka wzmacniacza 4. Druga zasilająca końcówka wzmacniacza 2 jest połączona z emiterem tranzystora 9 typu pnp, który ma bazę połączoną z drugim wyjściem U_d stabilizatora 3. Kolektor tranzystora 9 typu pnp poprzez rezystor R_{18} jest połączony z bazą tranzystora 10 typu npn

5

i katodą stabilizatora 11, który ma anodę połączoną z zasilającym wejściem U_{we} stabilizatora 3 i z drugim zaciskiem E całego układu. Pomiedzy zacisk E i emiter tranzystora 10, który ma kolektor połączony poprzez rezystor R_{10} z drugą zasilającą końcówką wzmacniacza 4, jest włączony rezystor R_{20} . Do zacisków D i E całego układu plussem na D podłączony jest dwójnik złożony ze źródła zasilającego napięcia U_z i odbiornika R_L .

W trzeciej wersji układu przetwornika temperatury na sygnał napięciowy i/lub prądowy według fig. 3, w skład pierwszej gałęzi mostka 1 wchodzi — podłączony jedną końcówką do węzła B — rezystor R_{21} , który ma drugą końcówkę połączoną z kolektorem i bazą tranzystora T_1 i z jednym wejściem różnicowego wzmacniacza 2 i z bazą tranzystora T_2 włączonego w drugą gałąź.

Emiter tranzystora T_1 jest połączony z kolektorem i bazą tranzystora T_{n-1} , zaś pomiędzy węzeł A i emiter tego tranzystora T_{n-1} jest włączony rezystor R_{22} . W skład drugiej gałęzi mostka 1 wchodzi włączony pomiędzy węzeł A i emiter tranzystora T_n — złożony z rezystorów R_{23} i R_{24} dzielnik 11. Baza i kolektor tranzystora T_n są połączone z emitern tranzystora T_2 , zaś pomiędzy połączony z drugim wejściem wzmacniacza 2 kolektor tego tranzystora T_2 i połączony z drugą zasilającą końcówką wzmacniacza 2 węzeł B jest włączony rezystor R_{25} .

Srodkowy zacisk dzielnika 11 poprzez nastawny rezystor R_4 jest połączony z węzłem B, zaś poprzez rezystor R_{26} z pierwszym — połączonym z emitern tranzystora 12 typu npn — wyjściowym zaciskiem F całego układu. Pomiedzy zacisk F a połączony z węzłem A drugi zacisk G całego układu jest włączony pierwszy rezystor R_{27} dwurezystorowego dzielnika 13. Tranzystor 12, którego złącze baza-emiter jest zbocznikowane drugim rezystorem R_{28} dzielnika 13 ma bazę połączoną z pierwszą zasilającą końcówką wzmacniacza 4.

Kolektor wymienionego tranzystora 12 jest połączony z ograniczającym wejściem U_L stabilizatora 3, zaś druga zasilająca końcówka wzmacniacza 4 jest połączona z anodą stabilizatora 14 i trzecim zaciskiem H całego układu. Katoda wymienionego stabilizatora 14 jest połączona z zasilającym wejściem U_{we} stabilizatora 3 i z czwartym zaciskiem I całego układu. Pomiedzy zaciski I i G — plussem na zacisk I — jest podłączone źródło zasilającego napięcia U_z . Odbiornik R_0 dla napięciowego wyjścia układu według wynalazku podłącza się pomiędzy zaciski F i G, zaś odbiornik R_L dla wyjścia prądowego pomiędzy zaciski I i H.

Działanie układu. Pomiedzy węzłami A i B zrównoważonego mostka 1 utrzymywane jest przez stabilizator 3 sztywne napięcie odniesienia U_0 . Przez pierwszą gałąź wymienionego mostka 1 płynie prąd I_1 , zaś przez drugą prąd I_2 . Ponieważ złożony z tranzystorów T_1 i T_2 dla wykonania według fig. 1 lub $T_1 \dots T_n$ dla wykonania według fig. 2 i fig. 3 czujnik 6 jest monolitycznym układem scalonym, to z dużą dokładnością można przyjąć, że będący różnicą spadków napięć na złączach baza-emiter tranzystorów wchodzących w przyległe ramiona mostka 1, spadek napięcia U_T jest liniową funkcją

6

temperatury w skali bezwzględnej tego czujnika 6.

W wykonaniu według fig. 1 U_T wynosi $— T \ln \frac{k I_1}{q I_2}$,

zaś w wykonaniach według fig. 2 i fig. 3.

2 — $T \ln \frac{k I_1}{q I_2}$ gdzie $— = 0,086 \text{ mV/}^\circ\text{C}$.

Wzmacniacz 2 tak steruje — będącym w wykonaniu według fig. 1 i fig. 2 częścią wyjściowego prądu I_L , zaś w wykonaniu według fig. 3 całym prądem I_L — prądem I_k pobieranym przez końcowy wzmacniacz 4 aby wytworzyć, odpowiedni dla stanu równowagi mostka 1, spadek napięcia U_S .

Ze schematów połączeń wynika, że w stanie rów-

nowagi mostka 1 stosunek prądów $\frac{I_1}{I_2}$ jest stały

— niezależny od temperatury T czujnika 6 i wy-

nosi $\frac{R_4}{R_2}$ w wykonaniu według fig. 1, $\frac{R_{16}}{R_{15}}$; w

wykonaniu według fig. 2 i $\frac{R_{25}}{R_{21}}$ w wykonaniu według fig. 3.

W wersji dwuprzewodowej według figury 1 przy spełnionym warunku

$R_2 R_5 R_6 (R_{11} + R_{12} + R_{13})$
 $R_{12} + R_{13} = \frac{R_3 R_{11} (R_5 + R_6)}{R_2 R_{11} (R_5 + R_6)}$

transkonduktancja g_m jest równa $\frac{k}{\alpha q} \ln \frac{R_3}{R_2}$

gdzie $\alpha = \frac{R_{11} R_{13}}{R_{11} + R_{12} + R_{13}}$, zaś spoczynkowy prąd I_0 wynosi $g_m T_0 \frac{U_0 R_5}{\alpha (R_4 + R_5)}$

W celu umożliwienia płynnej, liniowej regulacji g_m zamiast dzielnika $R_{12}-R_{13}$, w czwórniku 5 można zastosować szeregowy układ rezystora i potencjometru, którego suwak powinien stanowić wej-

ście C tego czwórnika 5. W wersji dwuprzewodowej według fig. 2 transkonduktancja g_m jest rów-

na $\frac{2k}{R_{14} q} \ln \frac{R_{16}}{R_{15}}$.

Z powyższego wynika, że korzystniejszym dla dokładności pomiaru temperatury T czujnika 6 jest układ według fig. 2 ze względu na dwukrotnie

większy — w porównaniu z układem według fig. 1 — przyrost U_T dla tego samego przyrostu tempe-

raty T. Tak więc przy założeniu dla obydwu wymienionych układów tej samej dokładności i sta-

bilności pomiaru zwłaszcza w funkcji czasu i temperatury otoczenia, możliwy jest kompromis po-

między ilością tranzystorów w czujniku 6 i parametrami wzmacniacza 2. Nastawny rezystor R_4 słu-

ży do regulacji, przyjętej dla danego standardu zakresu wyjściowego prądu I_L , wartości spoczynko-

wego prądu I_0 . W celu zapewnienia poprawnej pracy wzmacniacza 2 napięcie U_d z drugiego wy-

jścia stabilizatora 3 powinno być większe od na-

pięcia U_o . Wartość minimalnej różnicy $U_d - U_o$ warunkowana jest typem zastosowanego wzmacniacza 2. Za ograniczenie od góry — na przykład, w przypadku przerwy w obwodzie czujnika 6 — wyjściowego prądu I_L , w wykonaniu według fig. 1 jest odpowiedzialny tranzystor 8, zaś w wykonaniu według fig. 2 tranzystor 10, natomiast w wykonaniu według fig. 3 tranzystor 12.

W wykonaniu według figury 1 zwiększaniu wartości prądu I_L towarzyszy wzrost spadku napięcia na rezystorze R_7 . Jeżeli ten spadek napięcia przekroczy dla danego poziomu prądu I_L wartość progu przewodzenia tranzystora 8 to następuje pobór prądu z ograniczającego wejścia U_L stabilizatora 3 i odpowiednie zmniejszenie jego wyjściowych napięć U_o i U_d .

W ten sposób powyżej pewnej wartości prądu I_L jest realizowane ujemne sprzężenie zwrotne, dzięki któremu wyjściowy prąd I_L zostaje ograniczony na poziomie determinowanym przez R_7 . Podobnie działa oparty na tranzystorze 12 i rezystorze R_{20} układ ograniczenia prądu I_L w wykonaniu według fig. 3. W wykonaniu według fig. 2 ograniczeniu podlega prąd I_k pobierany przez końcowy wzmacniacz 4 natomiast nie jest ograniczana będąca sumą prądów pobieranych przez mostek 1 i wzmacniacz 2 część spoczynkowego prądu I_o . Jeżeli spadek napięcia na rezystorze R_{20} od prądu I_k przekroczy wartość napięcia, polaryzowanego prądem pobieranym przez wzmacniacz 2, stabilizator 11 zmniejszoną o około 0,6 V, to tranzystor 10 ze stanu nasycenia wprowadzany jest w obszar aktywnej pracy, dzięki czemu następuje wzrost spadku napięcia emiter-kolektor tego tranzystora 10 i zmniejszenie spadku napięcia pomiędzy zasilającymi końcówkami wzmacniacza 4 do poziomu uniemożliwiającego dalszy wzrost wymienionego prądu I_k .

W ten sposób powyżej pewnej wartości prądu I_k jest realizowane ujemne sprzężenie zwrotne, dzięki któremu wyjściowy prąd I_k wzmacniacza 4 zostaje ograniczony na poziomie determinowanym przez R_{20} .

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy, zaopatrzony w zasilany ze stabilizatora napięcia zrównoważony mostek z monolitycznym czujnikiem wielotranzystorowym oraz w sterujący wzmacniaczem końcowym wzmacniacz operacyjny, **znamienny tym**, że pierwsze i drugie przyległe ramiona mostka (1) zawierają co najmniej po jednym diodowo połączonym tranzystorze czujnika (6), przy czym w trzecie ramię tego mostka (1) jest włączony rezystor (R_9) tworzący razem z nastawnym rezystorem (R_8) szeregową gałąź podłączoną równolegle do wyjścia stabilizatora (3) dla napięcia (U_o), podczas gdy w czwarte ramię wspomnianego mostka (1) jest włączony wyjściowymi zaciskami czwórnik (5), którego zacisk wspólny dla wejścia i wyjścia jest połączony w węzeł (A) z zasilającymi końcówkami wzmacniacza (2) i (4) zaś pomiędzy wejściowy zacisk (C) czwornika (5) i pierwszy zacisk (D) całego układu jest włączony rezystor (R_7) zbocznikowany złączem baza-emiter

ter tranzystora (8), którego kolektor jest połączony z ograniczającym wejściem (U_L) stabilizatora (3) mającego zasilające wejście (U_{we}) połączone z drugim zaciskiem (E) całego układu.

2. Układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy zaopatrzony w zasilany ze stabilizatora napięcia zrównoważony mostek z monolitycznym czujnikiem wielotranzystorowym oraz w sterujący wzmacniaczem końcowym wzmacniacz operacyjny, **znamienny tym**, że pierwsze i drugie przyległe ramiona mostka (1) zawierają co najmniej po jednym diodowo połączonym tranzystorze czujnika (6) przy czym w trzecie ramię tego mostka (1) jest włączony rezystor (R_{11}) tworzący razem z nastawnym rezystorem (R_9) szeregową gałąź podłączoną równolegle do wyjścia stabilizatora (3) dla napięcia (U_o), z kolei zaś w czwarte ramię mostka (1) jest włączony rezystor (R_{14}) sprzężenia zwrotnego podłączony jedną końcówką do wspólnego dla wejścia i wyjścia stabilizatora (3) węzła (A), zaś drugą końcówką do pierwszego zacisku (D) całego układu, natomiast emiter skrajnych tranzystorów (T_{n-1}) i (T_n) czujnika (6) są połączone z wejściami różnicowego wzmacniacza (2), jednocześnie zaś druga zasilająca końcówka wzmacniacza (2) poprzez złącze emiter-baza tranzystora (9) jest połączona z drugim wyjściem (U_d) stabilizatora (3), zaś kolektor wymienionego tranzystora (9) poprzez dzielnik złożony z rezystora (R_{13}) i stabilizatora (11) jest połączony z drugim zaciskiem (E) całego układu.

3. Układ przetwornika temperatury na elektryczny sygnał analogowy, zaopatrzony w zasilany ze stabilizatora napięcia zrównoważony mostek z monolitycznym czujnikiem wielotranzystorowym oraz w sterujący wzmacniaczem końcowym wzmacniacz operacyjny, **znamienny tym**, że pierwsze i drugie przyległe ramiona mostka (1) zawierają co najmniej po jednym diodowo połączonym tranzystorze czujnika (6), przy czym w trzecie ramię tego mostka (1) jest włączony rezystor (R_{23}), tworzący razem z nastawnym rezystorem (R_8) szeregową gałąź podłączoną równolegle do wyjścia stabilizatora (3) dla napięcia (U_o) z kolei zaś bazy wchodzących w przyległe ramiona mostka (1) tranzystorów (T_1) i (T_2) są podłączone do jednego wejścia różnicowego wzmacniacza (2), który na drugie wejście połączony z kolektorem jednego z tranzystorów (T_1) lub (T_2) przy czym pomiędzy pierwszą zasilającą końcówką końcowego wzmacniacza (4) i wspólny dla wejścia i wyjścia stabilizatora węzeł (A) jest włączony dwurezystorowy dzielnik (13), którego środkowy zacisk (F) będący jednocześnie pierwszym zaciskiem całego układu poprzez rezystor (R_{26}) jest połączony ze środkowym zaciskiem włączonego w drugą gałąź mostka (1) dzielnika (11) zaś rezystor (R_{26}) wymienionego dzielnika (13) jest zbocznikowany złączem baza-emiter tranzystora (12), który ma kolektor połączony z ograniczającym wejściem (U_L) stabilizatora (3) podczas gdy pomiędzy drugą połączoną z trzecim zaciskiem (H) całego układu zasilającą końcówką wzmacniacza (4) i zasilające wejście (U_{we}) stabilizatora (3) jest włączony stabilizator (14).

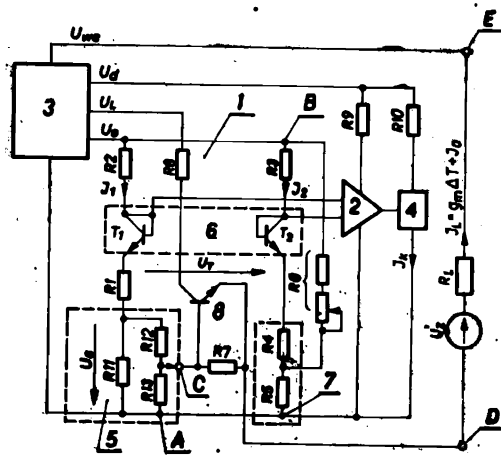


Fig. 1

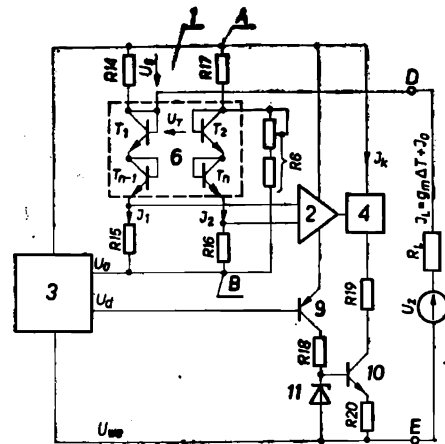


Fig. 2

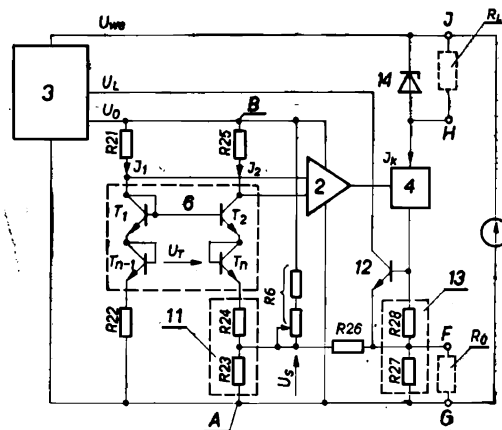


Fig. 3