



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

21 Numer zgłoszenia: 276729

51 IntCl⁵:
B23K 9/06

22 Data zgłoszenia: 22.12.1988

CZYTELNIK
OGÓLNA

54

Zasilacz łuku spawalniczego prądu stałego z przemianą częstotliwości

43 Zgłoszenie ogłoszono:
25.06.1990 BUP 13/90

45 O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.06.1992 WUP 06/92

73 Uprawniony z patentu:
Instytut Spawalnictwa, Gliwice, PL

72 Twórcy wynalazku:
Henryk Kołodziej, Tarnowskie Góry, PL
Janusz Nowak, Gliwice, PL
Zygmunt Kuczewski, Gliwice, PL
Władysław Przytocki, Gliwice, PL
Edward Dobaj, Gliwice, PL
Waldemar Wilczek, Ziemiećce, PL
Krzysztof Iwanow, Gliwice, PL

57

1. Zasilacz łuku spawalniczego prądu stałego z przemianą częstotliwości składający się z zespołu prostownika napięcia sieci zasilającej, filtru LC lub RC, falownika szeregowego z transformatorem mocy, zespołu prostownika i filtru prądu spawania, układów sterowania i regulacji wraz z prądowym przekładnikiem, **znamienny tym, że prądowy przekładnik (13) jest połączony przez komparator (V1) i negującą bramkę (V2), blokującą bramki (V3) i (V4) oraz pamiętające bramki (V5) i (V6) z układem (23) wyzwalania tyrystorów falownika, a układ (25) regulatora prądu spawania jest połączony z układem (23) wyzwalania tyrystorów falownika poprzez układ kwadratora (24), natomiast do wejścia układu (25) regulatora jest podłączony układ (26) kontroli prądu zwarcia zasilacza oraz układ (28) regulatora napięcia wyjściowego, a także układ (19) pomiaru prądu wyjściowego, zaś układy (26) i (28) są połączone z układem (20) pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza, a układ ten jest połączony również, poprzez komparator (21) maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza, z układem (23) wyzwalania tyrystorów falownika, ponadto nieliniowy dławik (5) jest połączony poprzez odwrotnie równoległe podłączoną diodę (10) i tyrystor (8) z nieliniowym dławikiem (7), z układem odwrotnie równoległe podłączonej diody (11) i tyrystora (9) oraz nieliniowym dławikiem (6).**

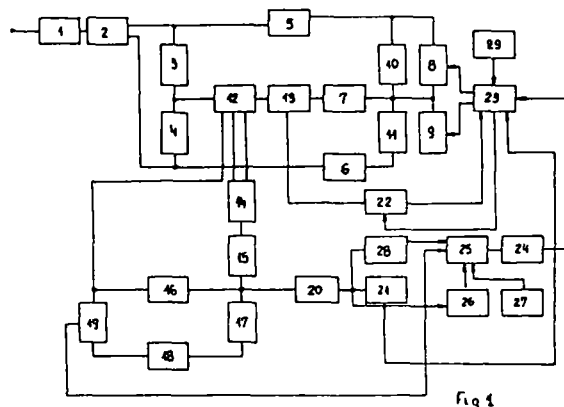


Fig 1

ZASILACZ ŁUKU SPAWALNICZEGO PRĄDU STAŁEGO
Z PRZEMIANĄ CZĄSTOTLIWOŚCI

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Zasilacz łuku spawalniczego prądu stałego z przemianą częstotliwości składający się z zespołu prostownika napięcia sieci zasilającej, filtru LC lub RC, falownika szeregowego z transformatorem mocy, zespołu prostownika i filtru prądu spawania, układów sterowania i regulacji wraz z prądowym przekładnikiem, z n a m i e n n y t y m, że prądowy przekładnik (13) jest połączony przez komparator (V1) i negującą bramkę (V2), blokującą bramki (V3) i (V4) oraz pamiętającą bramki (V5) i (V6) z układem (23) wyzwalań tyristorów falownika, a układ (25) regulatora prądu spawania jest połączony z układem (23) wyzwalań tyristorów falownika poprzez układ kwadratora (24), natomiast do wejścia układu (25) regulatora jest podłączony układ (26) kontroli prądu zwarcia zasilacza oraz układ (28) regulatora napięcia wyjściowego, a także układ (19) pomiaru prądu wyjściowego, zaś układy (26) i (28) są połączone z układem (20) pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza, a układ ten jest połączony również, poprzez komparator (21) maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza, z układem (23) wyzwalań tyristorów falownika, ponadto nieliniowy dławik (5) jest połączony poprzez odwrotnie równolegle podłączoną diodę (10) i tyristor (8) z nieliniowym dławikiem (7), z układem odwrotnie równolegle podłączonej diody (11) i rezystora (9) oraz nieliniowym dławikiem (6).

2. Zasilacz łuku spawalniczego według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że uzwojenie wtórne prądowego przekładnika (13) jest połączone z wejściem komparatora (V1), a wyjście komparatora (V2) jest połączone bezpośrednio z wejściem blokującej bramki (V3), a poprzez negującą bramkę (V2) z wejściem blokującej bramki (V4), wyjście bramki (V3) jest połączone z wejściem pamiętającej bramki (V5), a wyjście bramki (V4) jest połączone z wejściem drugiej pamiętającej bramki (V6), przy czym bramki (V5) i (V6) są połączone w układzie przerzutnika (RS), a ich wyjścia połączone są z układem (23) wyzwalań tyristorów falownika.

3. Zasilacz łuku spawalniczego według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wyjście układu (25) regulatora prądu spawania jest połączone z układem (23) wyzwalań tyristorów falownika poprzez układ kwadratora (24), natomiast do wyjścia układu regulatora (25) jest podłączony układ (26) kontroli prądu zwarcia wyposażony w elementy zwiększania, a po określonym czasie ograniczenia prądu zwarcia, oraz układ (28) regulatora napięcia wyjściowego zasilacza wyposażony w układ zadawania maksymalnego napięcia wyjściowego, zaś układy (26) i (28) są połączone z układem pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza, który z kolei jest połączony również z układem (23) wyzwalań tyristorów falownika poprzez komparator (21) maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza.

4. Zasilacz łuku spawalniczego według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że nieliniowy dławik (5) jest połączony z anodą tyristora (8) i katodą diody (10), zaś katoda tyristora (8) i anoda diody (10) są połączone z katodą diody (11) i anodą tyristora (9), zaś anoda diody (11) i katoda tyristora (9) połączone są z nieliniowym dławikiem (6), zaś punkt wspólny diod i tyristorów jest połączony z nieliniowym dławikiem (7), natomiast równolegle do tyristora (8) podłączony jest obwód rezystora (RT1) i połączonego z nim w szereg kondensatora (CT1), zaś równolegle do tyristora (9) przyłączony jest układ szeregowo połączony rezystora (RT2) i kondensatora (CT2).

Przedmiotem wynalazku jest zasilacz łuku spawalniczego prądu stałego z przemianą częstotliwości i opadającej lub sztywnej charakterystyce zewnętrznej przeznaczony do spawania łukowego.

Dotychczas stosowane są powszechnie w technice spawalniczej zasilacze łuku spawalniczego prądu stałego, których struktura obwodów głównych składa się z transformatora obniżającego napięcie o częstotliwości sieciowej, prostownika sterowanego lub niesterowanego oraz dławika wyjściowego. Cechą charakterystyczną tych zasilaczy jest stosunkowo duża masa, rzędu setek kilogramów, sprawność rzędu 75% oraz współczynnik mocy nie przekraczający wartości 0,8. Stałe dążenie do poprawy wyżej wymienionych parametrów charakteryzujących zasilacze łuku spawalniczego doprowadziło do powstania odmiennych konstrukcji obwodów głównych. Istotną nowością w zasilaczach nowego typu jest obecność w strukturze torów głównych obwodu podwyższonej częstotliwości, którego podstawowym podzespołem jest falownik przetwarzający napięcie stałe na przemiennie o częstotliwości kilku kHz. Podstawowymi elementami zasilacza są: zespół prostownika napięcia sieci zasilającej, filtr LC lub RC, falownik szeregowy z transformatorem mocy, zespół prostownika i filtru prądu spawania, układy sterowania i regulacji wraz z prądowym przekładnikiem. W prospektach czołowych firm światowych (ESAB, Kempi) podane są parametry tego typu zasilaczy spawalniczych. Przykładowo zasilacz przeznaczony do spawania ręcznego firmy ESAB TYPU LHH 400 posiada następującą charakterystykę: masa 35 kg, sprawność 82%, współczynnik mocy powyżej 0,9. Znaczne oszczędności materiałowe oraz energetyczne zasilaczy łuku z wewnętrznym obwodem podwyższonej częstotliwości wytyczają kierunek ewolucji urządzeń spawalniczych.

Zasilacz łuku spawalniczego prądu stałego z przemianą częstotliwości, zawiera według wynalazku przekładnik prądowy połączony poprzez komparator, bramkę negującą, dwie bramki blokujące i dwie bramki pamiętające z układem wyzwalania tyrystorów falownika, natomiast układ regulatora prądu spawania jest połączony z układem wyzwalania tyrystorów falownika poprzez układ kwadratora. Do wejścia regulatora prądu spawania jest podłączony układ regulatora napięcia wyjściowego zasilacza oraz układ kontroli prądu zwarcia zasilacza połączone równocześnie z układem pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza, który połączony jest poprzez komparator maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza z układem wyzwalania tyrystorów falownika. Uzwojenie przekładnika prądowego jest połączone z wejściem komparatora, a wyjście tego komparatora jest połączone bezpośrednio z wejściem pierwszej bramki blokującej, a poprzez bramkę negującą z wejściem drugiej bramki blokującej. Wyjście pierwszej bramki blokującej jest połączone z wejściem pierwszej bramki pamiętającej, a wyjście drugiej bramki blokującej połączone jest z wejściem drugiej bramki pamiętającej, przy czym obydwie bramki pamiętające są połączone w układzie przerzutnika RS, a ich wyjścia są połączone z układem wyzwalania tyrystorów falownika. Wyjście regulatora prądu spawania jest połączone z układem wyzwalania tyrystorów falownika poprzez układ kwadratora, natomiast do wejścia regulatora jest podłączony układ kontroli prądu zwarcia zasilacza wyposażony w elementy umożliwiające zwiększenie prądu przy inicjacji łuku, a po określonym czasie ograniczające prąd zwarcia oraz układ regulatora napięcia wyjściowego zasilacza wyposażony w układ zadawania maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza. Układ kontroli prądu zwarcia i układ regulatora napięcia są połączone z układem pomiaru napięcia wyjściowego. Układ ten jest połączony z układem pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza, który z kolei jest połączony z układem wyzwalania tyrystorów falownika poprzez komparator maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza. Dławik nieliniowy jest połączony z anodą pierwszego tyrystora i katodą pierwszej diody, zaś katoda pierwszego tyrystora i anoda pierwszej diody są połączone z katodą drugiej diody i anodą drugiego tyrystora, zaś anoda drugiej diody i katoda drugiego tyrystora połączone są z drugim dławikiem nieliniowym. Równolegle

do pierwszego tyrystora podłączony jest obwód pierwszego rezystora i połączonego z nim w szereg kondensatora, zaś równolegle do drugiego tyrystora przyłączony jest układ szeregowo połączonych drugiego rezystora i drugiego kondensatora.

Dzięki swojej konstrukcji zasilacz łuku spawalniczego prądu stałego z przemiana częstotliwości według wynalazku charakteryzuje się wyższą sprawnością i większym współczynnikiem mocy oraz mniejszą masą w stosunku do urządzeń o konwencjonalnej strukturze obwodów głównych.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony jest na rysunkach, na których fig. 1 przedstawia schemat blokowy zasilacza łuku spawalniczego z obwodem pośrednim podwyższonej częstotliwości, fig. 2 - układ pomiaru prądu pierwotnego transformatora mocy wraz z układem pamiętająco-blokującym fig. 3 - układ regulacji prądu spawania oraz napięcia wyjściowego wraz z obwodem zadawania i forsowania prądu spawania podczas zapłonu łuku spawalniczego oraz układ ograniczania napięcia wyjściowego zasilacza, fig. 4 - obwód zabezpieczeń tyrystorów falownika.

Zasilacz łuku spawalniczego z przemianą częstotliwości jest zasilany z sieci jedno lub trójfazowej napięciem przemiennym prostowanym przez prostownik 1. Na wyjściu prostownika znajduje się filtr 2 LC lub RC, którego zadaniem jest odseparowanie sieci zasilającej od obwodów falownika. Napięcie stałe uzyskane na wyjściu filtru 2 jest przetwarzane na napięcie przemiennie podwyższonej częstotliwości w tyrystorowym falowniku szeregowym. Falownik składa się z szeregowo połączonych tyrystorów 8 i 9 przyłączonych anodą tyrystora 8 poprzez dławik nieliniowy 6 do potencjału ujemnego. Równolegle do tyrystorów 8 i 9 przyłączone są diody 10 i 11 katodą do anody tyrystora, zaś anoda do katody tyrystora. Punkt, w którym łączy się katoda tyrystora 8 z anodą tyrystora 9 jest połączony poprzez nieliniowy dławik 7 i przekładnik prądowy 13 z początkiem uzwojenia transformatora 12. Koniec uzwojenia pierwotnego jest połączony z punktem wspólnym szeregowo połączonych komutacyjnych kondensatorów 3 i 4. Po stronie wtórnej transformatora 12 zastosowano dwupołkowy prostownik 14 z przewodem zerowym prostującym prąd spawania. Na wyjściu tego prostownika zastosowano filtr złożony z dławika 15, kondensatora 16 oraz wyjściowego dławika 17. Prąd wyjściowy zasilacza poprzez układ 19 pomiaru prądu spawania zasila obwód spawania 18. Zasadniczym elementem układu sterowania falownika wysokiej częstotliwości jest układ 23 wyzwalania tyrystorów, do którego przyłączony jest obwód 29 startu i zatrzymania falownika. Falownik pracuje z częstotliwością zbliżoną do częstotliwości rezonansowej układu określonego indukcyjnością zastępczą transformatora 12 oraz kondensatorów komutacyjnych 3 i 4. Tego typu praca możliwa jest dzięki zastosowaniu prądowego przekładnika mierzącego prąd pierwotny transformatora 12 wraz z obwodem 22 pamiętająco-blokującym, który wykrywa chwilę rozpoczęcia przewodzenia zwrotnej diody 10 lub 11. Wykrycie tej chwili umożliwia sterowanie czasem opóźnienia załączenia kolejnego tyrystora w układzie 23 wyzwalania tyrystorów. Informacja o zadanej wartości tego czasu podawana jest do układu wyzwalania 23 z regulatora prądu 25 poprzez układ kwadratora 24. Do wejścia układu 25 regulatora prądu podawany jest sygnał z zadajnika prądu spawania 27, sygnał proporcjonalny do prądu spawania uzyskiwany z układu 19 pomiaru prądu spawania oraz sygnał zwiększający prąd wyjściowy zasilacza w chwili zwarcia i zajarzenia się łuku elektrycznego uzyskiwany z układu 26 kontroli prądu zwarcia zasilacza. Do wejścia regulatora prądu 25 podawany jest również sygnał z układu 28 regulatora napięcia wyjściowego zasilacza. Wartość napięcia wyjściowego zasilacza jest mierzona na kondensatorze 16 filtra wyjściowego 15,16,17 w układzie 20 pomiaru napięcia wyjściowego zasilacza. Do wyjścia tego układu podłączony jest blok komparatora wykrywającego wartość maksymalną napięcia wyjściowego. Z układu 20 pomiaru napięcia wyjściowego sterowany jest także układ 26 kontroli prądu zwarcia zasilacza.

Transformator 12 zastosowany w układzie falownika jest transformatorem mocy. Jest on równocześnie elementem indukcyjnym obwodu rezonansowego falownika tworzony wraz

z kondensatorami 3 i 4. Wyniknęła stąd konieczność zastosowania takiego rozwiązania konstrukcyjnego transformatora 12, aby niezależnie od stanu obciążenia zastępcza indukcyjność transformatora, składająca się z indukcyjności związanej ze strumieniem głównym oraz indukcyjności związanej ze strumieniem rozproszenia, tworzyła wraz z połączonymi szeregowo kondensatorami falownika obwód drgający. W zasilaczu łuku spawalniczego, przy zmianie obciążenia od stanu jałowego do stanu zwarcia warunek ten okazał się podstawowym.

Do pomiaru prądu pierwotnego transformatora 12 zastosowano prądowy przekładnik 13 wraz z obwodem pamiętająco-blokującym 22. Zadaniem ich jest wyznaczenie chwili rozpoczęcia przewodzenia prądu poprzez diodę zwrotną falownika w celu umożliwienia załączenia kolejnego tyrystora z opóźnieniem czasowym zależnym od sygnału podanego do układu 23 wyzwalań tyrystorów z układu 25 regulatora prądu spawania poprzez układ kwadratora 24. Taki sposób sterowania umożliwia utrzymanie zawsze częstotliwości pracy falownika bliskiej częstotliwości rezonansowej obwodu drgającego złożonego z transformatora 12 oraz komutacyjnych kondensatorów 3 i 4. Czujnikiem w układzie pomiarowym prądu pierwotnego transformatora 12 jest prądowy przekładnik 13 obciążony po stronie wtórnej rezystorem R.

Napięcie z rezystora R podawane jest na wejście komparatora V1. Zmiana stanu wyjścia komparatora V1 następuje w chwili przejścia prądu przekładnika prądowego 13 przez zero. Sygnały wyjściowe z komparatora V1 i bramki negującej V2 podawane są poprzez bramki blokujące V3 i V4, na przerzutnik typu RS składający się z pamiętających bramek V5 i V6. Zadaniem przerzutnika RS jest pamiętanie, która dioda zwrotna przewodziła jako ostatnia i wysłanie za pośrednictwem układu 23 wyzwalań tyrystorów falownika impulsów na właściwy tyrystor falownika. Zadaniem blokujących bramek V3 i V4 jest uniemożliwienie zmian stanu przerzutnika RS w przypadku, gdy na wyjściu komparatora V1 pojawiają się impulsy napięciowe, które nie powinny zmieniać stanu tego przerzutnika. Nie są więc przepuszczane impulsy powstające na wyjściu komparatora V1 w chwili, gdy prąd tyrystora narasta od zera, co zachodzi w przypadku pracy przerywanej falownika i rozruchu falownika. Nie są również przepuszczane impulsy, które mogą się pojawić od chwili, gdy rozpoczyna przewodzenie dioda do chwili załączenia kolejnego tyrystora falownika. Blokada taka zapewnia poprawne działanie falownika we wszystkich stanach pracy. Głównym elementem utrzymującym zadaną wartość prądu spawania jest układ 25 regulatora prądu spawania typu proporcjonalno-całkująco-różniczkującego. Na wyjście układu regulatora 25 włączono układ kwadratora 24. Zadaniem tego podzespołu jest linearyzacja wzmocnienia transmitancji: sygnał wyjściowy regulatora prądu - prąd spawania. Charakterystyka nieliniowego układu kwadratora 24 jest tak dobrana aby własności dynamiczne układu regulacji prądu spawania były niezależne od punktu pracy zasilacza. Do wejścia regulatora podawany jest sygnał prądu zadanego z zadajnika 27 prądu spawania, sygnał sprzężenia zwrotnego z układu 19 pomiaru prądu spawania oraz sygnał z układu 26 kontroli prądu zwarcia, podwyższającego prąd wyjściowy zasilacza w chwili zwarcia i zajarzenia łuku elektrycznego, a także obniżający prąd zwarcia, gdy zwarcie to trwa dłużej niż kilka sekund. Sygnał sprzężenia zwrotnego od prądu spawania z układu 19 jest podawany na wejście regulatora prądu 25. Sygnał wyjściowy z układu 25 kontroli prądu zwarcia zwiększa prąd spawania w przypadku zwarcia na wyjściu zasilacza oraz wtedy, gdy napięcie wyjściowe zasilacza jest mniejsze od wymaganego dla zadanego prądu spawania. Rozwiązanie takie umożliwia łatwy start zasilacza, czyli łatwe zajarzenie łuku, zwłaszcza przy małych prądach spawania. Układ ten zapewnia również ograniczenie prądu spawania do minimalnej wartości w przypadku, gdy zwarcie elektrody z materiałem trwa dłużej niż kilka sekund. Ograniczenie napięcia wyjściowego zasilacza w stanie jałowym zapewnia układ 28 regulatora napięcia wyjściowego. Na wejściu tego regulatora porównywane są sygnały zadanej wartości maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza i rzeczywistego napięcia wyjściowego mierzonego w układzie 20 pomiaru napięcia. Wyjście układu 28 regulatora napięcia jest

połączone z wejściem układu 25 regulatora prądu poprzez diodę D7 zapewniająca regulację napięcia tylko w przypadku, gdy napięcie wyjściowe zasilacza jest większe od napięcia zadanego. W stanach przejściowych takich jak np.: zerwanie łuku, ograniczenie maksymalnego napięcia wyjściowego zasilacza zapewnia układ komparatora 21. W przypadku gwałtownego wzrostu napięcia wyjściowego powyżej wartości nastawionej w komparatorze 21 następuje zatrzymanie pracy falownika do chwili ponownego zmniejszenia się jego napięcia wyjściowego i włączenia się do pracy układu 28 regulatora napięcia wyjściowego. Właściwą pracę falownika w stanach przełączeń zaworów zapewniają dławiki nieliniowe 5 i 6, które w połączeniu z układami rezystora RT1 kondensatora CT1 oraz rezystora RT2 i kondensatora CT2 zapewniają ochronę tyrystorów przed nadmierną stromością narastania prądu przewodzenia oraz przed nadmierną stromością narastania napięcia w kierunku blokowania. W chwili załączania tyrystora 8 nieliniowy dławik 5 jest wyprowadzony ze stanu nasycenia, stąd też prąd tyrystora narasta z małą stromością. Dalszy wzrost prądu powoduje nasycenie dławika i tym samym zmniejszenie oddziaływania dławika na przebiegi rezonansowe w obwodzie drgającym. Załączenie tyrystora 9 w momencie gdy przewodzi dioda 10 powoduje wolne narastanie prądu tego tyrystora oraz wolne ładowanie kondensatora CT1 dzięki temu, nieliniowy dławik 6 znajduje się w tym stanie pracy w zakresie liniowym. Podobnie przebiega proces przełączania w chwili załączania tyrystora 8 przy przewodzącej diodzie 11. Zadaniem dławika 7 jest zmniejszenie przyrostów napięć na zaworach w chwili, gdy prąd transformatora 12 przechodzi przez zero. Zmienia on rozkład napięć w układzie i tym samym dopuszcza stosowanie zaworów o niższej klasie napięciowej

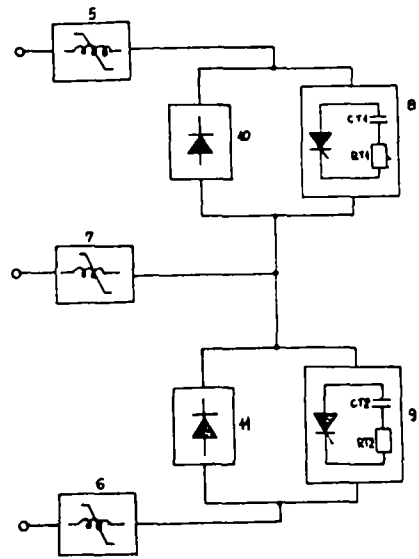


Fig 4

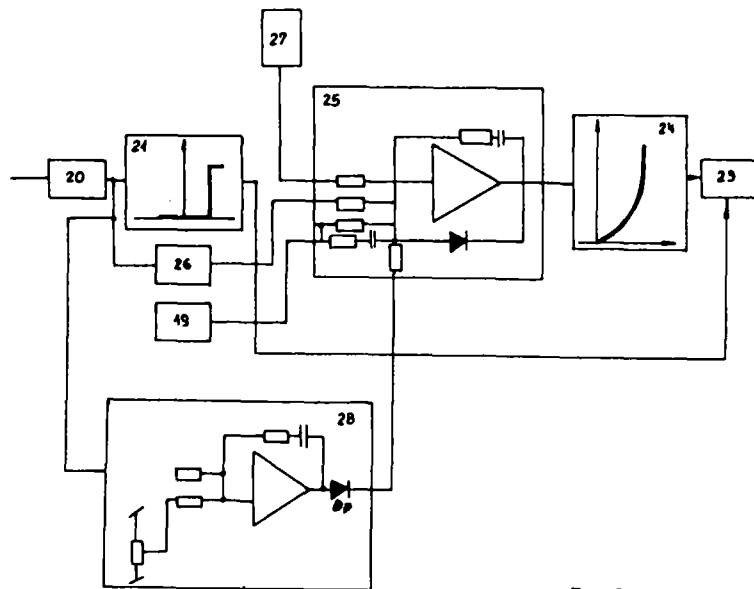


Fig 3

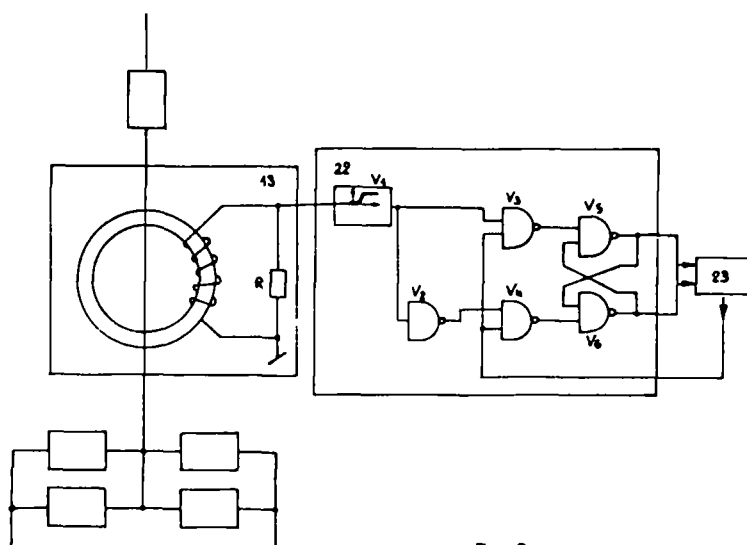


Fig 2

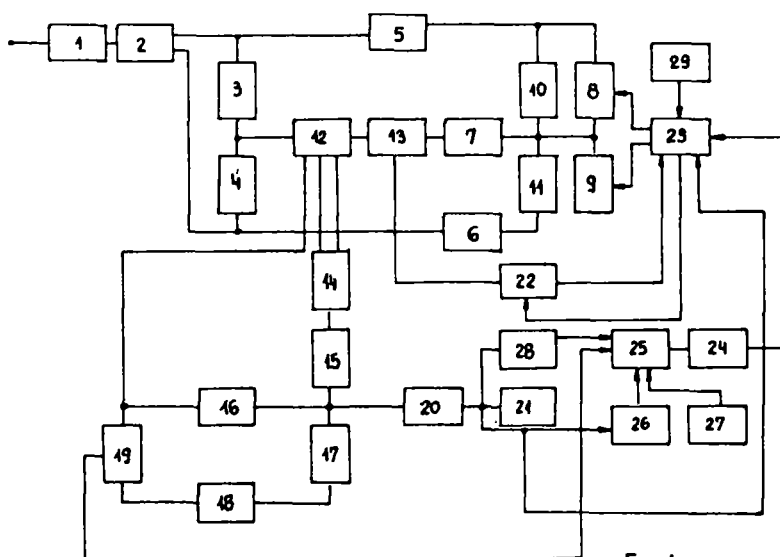


Fig. 4