

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY PATENTU TYMCZASOWEGO

70 018

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 07.01.1972 (P. 152797)

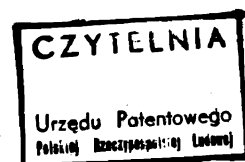
Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 15.03.1974

Kl. 21d², 12/03

MKP H02m 7/52



Twórca wynalazku: Eugeniusz Karaś

Uprawniony z patentu tymczasowego: Instytut Lotnictwa, Warszawa (Polska)

Półprzewodnikowa przetwornica trójfazowa o stabilizowanym sinusoidalnym napięciu wyjściowym

Przedmiotem wynalazku jest półprzewodnikowa przetwornica trójfazowa o stabilizowanym sinusoidalnym napięciu wyjściowym służąca do przetwarzania energii prądu stałego w energię prądu przemiennego.

Znane dotychczas przetwornice trójfazowe o stabilizowanym sinusoidalnym napięciu wyjściowym wykonane na tranzystorach przełączających, posiadające dwa kanały fazowe oraz układ przekształcający napięcie dwufazowe o przebiegu prostokątnym w napięcie trójfazowe o przebiegu sinusoidalnym, posiadają generator drgań elektrycznych, cyfrowy układ formowania sieci elektrycznej, modulatory szerokości impulsów, odpowiednie wzmacniacze sygnałów prostokątnych o zmodulowanej szerokości impulsów w każdym kanale fazowym oraz człon do automatycznej stabilizacji napięć wyjściowych i kompensacji przesunięć fazowych.

Podstawowe wady tego typu przetwornic polegają na tym, że posiadają one rozbudowane, o dużej liczbie elementów czynnych i biernych, trudne do opanowania technologicznego – zwłaszcza w przetwornicach przeznaczonych do pracy w szerokim przedziale temperatur otoczenia – układy formowania, modulacji, wzmacniania, stabilizacji napięcia i kompensacji przesunięć fazowych. W rezultacie obniża to ich niezawodność, powiększa masę i wymiary gabarytowe oraz podwyższa koszty wytwarzania takich urządzeń.

Celem wynalazku jest urzeczywistnienie nowej półprzewodnikowej przetwornicy trójfazowej do przetwarzania energii prądu stałego w energię trójfazowego prądu przemiennego o sinusoidalnym napięciu wyjściowym, która pozbawiona byłaby wymienionych niedogodności. Cel ten osiągnięto przez wprowadzenie nowego rozwiązania zagadnienia stabilizacji napięć wyjściowych nie wymagającego stosowania modulacji szerokości impulsów prostokątnych i układów kompensacji przesunięć fazowych, polegającego na przystosowaniu przetwornicy do wprowadzenia parametrycznej stabilizacji napięć wyjściowych, na przykład opartej na zjawisku ferorezonansu prądowego, a w odmianie zastosowania specjalnego wysokosprawnego regulatora napięcia stałego, stanowiącego dodatkowe wyposażenie przetwornicy w celu zapewnienia jak najkorzystniejszych parametrów.

Układ przetwornicy oparty jest na zastosowaniu dwóch przełącznikowych wysokosprawnych wzmacniaczy mocy o sprzężeniu transformatorowym posiadające kondensatory stabilizujące, włączone równolegle do obwodów baza – emiter każdego tranzystora oraz filtry typu RC włączone równolegle do zacisków wyjściowych wzmacniaczy mocy. Wzmacniacze te są sterowane za pośrednictwem transformatorów wyjściowych z układu formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej, działającego na zasadzie pierścienia przeliczającego.

Układ formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej jest zbudowany na dwóch przerzutnikach ze sprzężeniem magnetycznym i jest połączony za pośrednictwem transformatora o czterech uzwojeniach wyjściowych z generatorem wytwarzającym napięcie przemienne o przebiegu prostokątnym i częstotliwości $f_G = 2f_s$, gdzie f_s – wymagana częstotliwość napięcia wyjściowego przetwornicy.

W odmianie półprzewodnikowej przetwornicy trójfazowej, automatyczną stabilizację napięć wyjściowych zapewniono w ten sposób, że do zasilania przełącznikowych wzmacniaczy mocy, napięciem regulowanym zastosowano regulator napięcia stałego, włączony jako człon ujemnego sprzężenia zwrotnego między trójfazowe wyjście przetwornicy i obwody zasilania wzmacniaczy mocy, przy czym zasilanie stopnia mocy tego regulatora odbywa się z nieregulowanego napięcia sieci prądu stałego.

Przedstawiona półprzewodnikowa przetwornica według wynalazku kojarzy zalety przetwornic o automatycznie stabilizowanym napięciu metodą modulacji szerokości impulsów z prostotą rozwiązań przetwornic nie stosujących takiej modulacji. Szczególnie korzystne cechy rozwiązania uwidaczniają się zwłaszcza przy zastosowaniu w stopniu końcowym przedkładanej przetwornicy układu przekształcającego napięcie dwufazowe o przebiegu prostokątnym w przemienne napięcie trójfazowe o przebiegu sinusoidalnym zbudowanego z wykorzystaniem zjawiska ferorezonansu.

Istota wynalazku jest szczegółowo wyjaśniona na przykładzie jego wykonania uwidocznionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy przetwornicy, fig. 2 – uproszczony ideowy schemat elektryczny przetwornicy, a fig. 3 – schemat blokowy odmiany przetwornicy i fig. 4 – uproszczony ideowy schemat elektryczny impulsowego regulatora napięcia stałego.

Półprzewodnikowa przetwornica trójfazowa do przetwarzania energii prądu stałego w energię trójfazowego prądu przemiennego o sinusoidalnym napięciu wyjściowym składa się z generatora sterującego 1 wytwarzającego przemienne napięcie o symetrycznym przebiegu prostokątnym i częstotliwości $f_G = \frac{1}{T_G} = T_G = 2f_s$, gdzie T_G – okres drgań generatora, a f_s – wymagana częstotliwość napięcia wyjściowego przetwornicy, układu formowania 2 dwufazowej sieci elektrycznej, sterowanego z generatora 1, wzmacniaczy mocy 3 i 4 w kanałach A i B wzmacniających sygnały wyjściowe z układu formowania 2, układu przekształcającego 5 napięcie dwufazowe o przebiegu prostokątnym w trójfazowe napięcie przemienne o przebiegu sinusoidalnym, zasilanego ze wzmacniaczy mocy 3 i 4 przetwarzających napięcie stałe U_z (w odmianie przetwornicy U_s) w przemienne napięcie dwufazowe o przebiegu prostokątnym oraz z połączeń doprowadzających stałe napięcie zasilające U_z do poszczególnych układów przetwornicy z włączonymi na wejściu bezpiecznikami 8 i diodą 9 zabezpieczającymi przetwornicę przed skutkami zwarcia, przeciążeń oraz przypadkowego podania na wejściu napięcia U_z o niewłaściwej polaryzacji. Wyjście przetwornicy stanowią zaciski R, S, T do których podłącza się stosownie do potrzeb obciążenie 7.

Niestabilizowane napięcie wejściowe U_z podlegające przetworzeniu w trójfazowe napięcie przemienne o przebiegu sinusoidalnym przez zaciski 10 i 20 oraz bezpiecznik 8 i diodę 9 doprowadzone jest do generatora sterującego 1, układu formowania dwufazowej sieci elektrycznej 2 oraz impulsowego regulatora napięcia stałego 6.

Generator sterujący 1 po włączeniu napięcia U_z generuje napięcie przemienne U_G o symetrycznym przebiegu prostokątnym i częstotliwości dwukrotnie wyższej od wymaganej częstotliwości napięcia wyjściowego przetwornicy. Napięcie generatora U_G przez zaciski 21 i 22 doprowadzone jest do uzwojenia pierwotnego Z20 transformatora wejściowego TR20 układu formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej 2. Po stronie wtórnej transformator TR20 posiada cztery uzwojenia Z21, Z22, Z23, Z24, które dostarczają czterech wzajemnie izolowanych galwanicznie sygnałów wyjściowych o przebiegu prostokątnym i częstotliwości $f = 2f_s$ potrzebnych do synchronizacji przełączania dwóch przerzutników P21 i P22 stanowiących integralne części układu formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej 2, a dostarczających na wyjściu dwóch napięć przemiennych o przebiegu prostokątnym i przesunięciu fazowym 90° .

Przerzutniki P21 i P22 z magnetycznym transformatorowym sprzężeniem zbudowane są na tranzystorach krzemowych T21 i T22 oraz T23 i T24. Są one sprzężone ze sobą przez wspólny opornik emiterowy R29 zabocznikowany kondensatorem C20. Parametry stanu przewodzenia i stanu zatkania poszczególnych tranzystorów przerzutników P21 i P22 ustalane są za pomocą oporników R22, R24, R26 i R28 włączonych pomiędzy kolektorami C i bazami B przeciwległych tranzystorów każdego przerzutnika, oporników R21, R23, R25 i R27 włączonych pomiędzy bazy B odpowiednich tranzystorów T21, T22, T23 i T24, a biegun ujemny napięcia U_z zasilającego przerzutniki P21 i P22 oraz wielkością przedpięcia na emiterach E tranzystorów T21, T22, T23 i T24, ustalonego za pomocą opornika R29 i kondensatora C20 włączonych szeregowo z obwodami emiterów E wszystkich czterech tranzystorów. Magnetyczne sprzężenie w przerzutnikach P21 i P22 osiągnięto przez połączenie wyjść kolektorowych C tranzystorów T21 i T22 oraz T23 i T24 z odpowiednimi uzwojeniami pierwotnymi transformatorów TR30 i TR40 sprzęgających układ formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej ze wzmacniaczami 3 i 4 w kanałach fazowych A i B. Wymaganą dla uformowania dwufazowej sieci elektrycz-

nej kolejność przełączania tranzystorów T21 i T22 oraz T23 i T24 osiąga się przez włącznie każdego z wtórnych uzwojeń Z21, Z22, Z23 i Z24 transformatora TR20 za pośrednictwem odpowiedniej diody D21, D22, D23 i D24 między bazę B zatykanego w dany moment czasowy tranzystora jednego przerzutnika i kolektor C przewodzącego tranzystora drugiego przerzutnika. Przełączanie tranzystorów w takim układzie zachodzi w tym przerzutniku, w którym na bazę B przewodzącego tranzystora poprzez diodę i przewodzące złącze kolektor – emiter C – E odpowiedniego tranzystora w drugim przerzutniku podaje się z transformatora TR20 ujemne napięcie zatykające.

W układzie tym w takt każdego okresu T_G napięcia U_G o częstotliwości $f_G = 2f_s$ generatora sterującego 1 przełączanie tranzystorów przerzutników P21 i P22 odbywa się cyklicznie w następującej kolejności T21, T23, T22, T24, T21, której odpowiada układ dwóch napięć wyjściowych przemennych o częstotliwości f_s przesuniętych względem siebie o 90° . Dla zapobieżenia jednoczesnemu przełączaniu się tranzystorów w obu przerzutnikach przewidziano rezystor ograniczający prąd w uzwojeniu pierwotnym transformatora TR20, a więc także i prąd w obwodach synchronizacji przerzutników P21 i P22.

Sygnały wyjściowe układu formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej 2 indukowane na uzwojeniach wtórnych ze wspólnym punktem środkowym każdego z transformatorów TR30 i TR40, włączonych w obwody baza – emiterysterowują przełącznikowe wzmacniacze mocy 3 i 4, wykonane na tranzystorach krzemowych pracujących w układzie o wspólnym emiterze. Przetwarzane napięcie stałe U_s doprowadzane jest do obwodów kolektorowych wzmacniaczy 3 i 4 przez zaciski 52 i 55, do których podłączony jest dodatni biegun napięcia U_z /w odmianie przetwornicy U_s /, przez uzwojenia transformatorów układu 5 przekształcającego napięcie dwufazowe na napięcie trójfazowe oraz przez zaciski 51, 53, 54 i 56 układu 5, przy czym biegun ujemny U_s podłączony jest bezpośrednio do emiterów każdego z tranzystorów T31 i T32 oraz T41 i T42.

Dla uzyskania stabilnej pracy wzmacniaczy mocy 3 i 4 w szerokim zakresie zmian temperatury do obwodów baza – emiter tych wzmacniaczy włączono równolegle kondensatory C31, C32 oraz C41 i C42. Filtry R31, C33, R32, C34 oraz R41, C43, i R42, C44 włączone równolegle do zacisków wyjściowych wzmacniaczy 3 i 4 chronią tranzystory T31, T32, T41, i T42 przed szkodliwymi przepięciami w obwodach kolektorów oraz poprawiają zbrocza impulsów, co zmniejsza straty w tranzystorach i podwyższa sprawność całej przetwornicy. W rezultacie działania generatora sterującego 1, układu formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej 2 i przełącznikowych wzmacniaczy mocy 3 i 4 uzyskuje się na wyjściach tych ostatnich dwa napięcia przemienne U_A i U_B o przebiegu prostokątnym i częstotliwości f_s oraz wzajemnym przesunięciu fazowym 90° . Napięcia te zasilają transformatory wejściowe układu 5 przekształcającego niestabilizowane napięcie dwufazowe w symetryczny trójfazowy układ stabilizowanych napięć o przebiegu sinusoidalnym. Na zaciskach wyjściowych R, S, T tego układu otrzymuje się wymagane napięcie trójfazowe wykorzystywane do zasilania obciążenia 7. Układ przetwornicy przy zmianach napięcia U_z lub U_s w przedziale $\pm 10\%$ dla normalnych warunków eksploatacyjnych zapewnia stabilność trójfazowego napięcia wyjściowego około $\pm 3\%$. Dla ostrzejszych warunków eksploatacyjnych obejmujących na przykład pracę przetwornicy na obciążenie o małym współczynniku mocy w przedziale temperatur otoczenia od -50° do $+60^\circ\text{C}$ stabilność napięcia w powyższym układzie wyraźnie się pogarsza.

W odmianie przetwornicy – w celu osiągnięcia dla ostrzejszych warunków eksploatacyjnych stabilności napięcia wyjściowego w przedziale $\pm 1 \div 1,5\%$ lub stabilności $\pm 0,2 \div 0,5\%$ dla normalnych warunków eksploatacyjnych zastosowano dodatkowo wysokosprawny regulator napięcia stałego 6 włączony jako człon ujemnego sprzężenia zwrotnego między wyjście układu przekształcającego 5 i obwody zasilania wzmacniaczy mocy 3 i 4. Stopień mocy regulatora 6 zasilany jest nieregulowanym napięciem sieci prądu stałego U_z . Wysokosprawny regulator napięcia stałego 6 składa się z trójfazowego prostownika PT60 podłączonego do trójfazowego napięcia wyjściowego układu przekształcającego 5, z układu porównująco-wzmacniającego UP60 zasilanego napięciem, z prostownika PT60 oraz impulsowego regulatora mocy IR60 w postaci sterowanego napięciem z układu impulsowego. W rozwiązaniu uwidocznionym na fig. 4 impulsowy regulator mocy IR60 zrealizowano w postaci sterowanego z układu UP60 blokując-generatora opartego na dławiku TR60 zaopatrzonym w dzielone uzwojenie prądowe Z62 i Z63 oraz jedno uzwojenie wtórne dodatniego sprzężenia zwrotnego Z61 oraz przełącznikowym tranzystorze mocy T64 włączonym równolegle do głównego obwodu prądowego regulatora IR60, który z kolei został szeregowo włączony w obwód nieregulowanego napięcia zasilającego U_z . Moc przenoszona przez przełącznikowy tranzystor mocy T64 w takim układzie regulatora jest kilkakrotnie mniejsza od mocy wymaganej na wyjściu regulatora, przy czym czas przewodzenia tranzystora przy przenoszeniu tej mocy stanowi niewielką część okresu impulsowania. Regulator taki z niewielkimi stratami energii szybko kompensuje wszelkie zmiany napięć wyjściowych przetwornicy przez odpowiednie zmiany napięcia U_s zasilającego wzmacniacze mocy 3 i 4.

Zastrzeżenia patentowe

1. Półprzewodnikowa przetwornica trójfazowa o stabilizowanym sinusoidalnym napięciu wyjściowym zbudowana na tranzystorach przełącznikowych i zawierająca układ przekształcający przemienne napięcie dwufazowe o przebiegu prostokątnym w przemienne napięcie trójfazowe o przebiegu sinusoidalnym, znamienna tym, że układ przekształcający napięcie dwufazowe w napięcie trójfazowe (5) zasilany jest z dwóch przełącznikowych o sprzężeniu transformatorowym wysokosprawnych wzmacniaczy mocy (3 i 4) posiadających kondensatory stabilizacyjne (C31, C32, C41, C42) włączane równolegle do obwodów baza – emiter każdego tranzystora (T31, T32, T41, T42) oraz filtry (R31, C33, R32, C34, R41, C43 i R42, C44) włączone równolegle do odpowiednich zacisków wyjściowych wzmacniaczy mocy (3 i 4), które są z kolei sterowane za pośrednictwem transformatorów wejściowych (TR30 i TR40) z układu formowania i wzmacniania dwufazowej sieci elektrycznej (2) działającego na zasadzie pierścienia przeliczającego zbudowanego na dwóch przerzutnikach (P21 i P22) ze sprzężeniem magnetycznym, których przełączanie sterowane jest z generatora (1) wytwarzającego napięcie przemienne o symetrycznym przebiegu prostokątnym i częstotliwości dwukrotnie wyższej od wymaganej częstotliwości napięcia wyjściowego przetwornicy za pośrednictwem transformatora (TR20) o czterech uzwojeniach wtórnych (Z21, Z22, Z23 i Z24), z których każde poprzez odpowiednią diodę (D21, D22, D23 i D24) włączone jest między bazę (E) zatykanego w dany moment czasowy tranzystora jednego przerzutnika i kolektor (C) przewodzącego tranzystora drugiego przerzutnika tak, że na wyjściach przerzutników (P21 i P22) układu formowania dwufazowej sieci elektrycznej (2) otrzymuje się dwa napięcia przemienne o przebiegu prostokątnym, przesunięte względem siebie o 90° i częstotliwości równej częstotliwości napięcia wyjściowego przetwornicy.

2. Odmiana półprzewodnikowej przetwornicy według zastrz. 1, znamienna tym, że przełącznikowe wzmacniacze mocy (3 i 4) zasilane są napięciem regulowanym (U_g) z regulatora napięcia stałego (6), włączonego jako człon ujemnego sprzężenia zwrotnego między trójfazowe wyjście przetwornicy i obwody zasilania wzmacniaczy mocy (3 i 4), przy czym stopień mocy regulatora (6) zasilany jest nieregulowanym napięciem sieci prądu stałego (U_z).

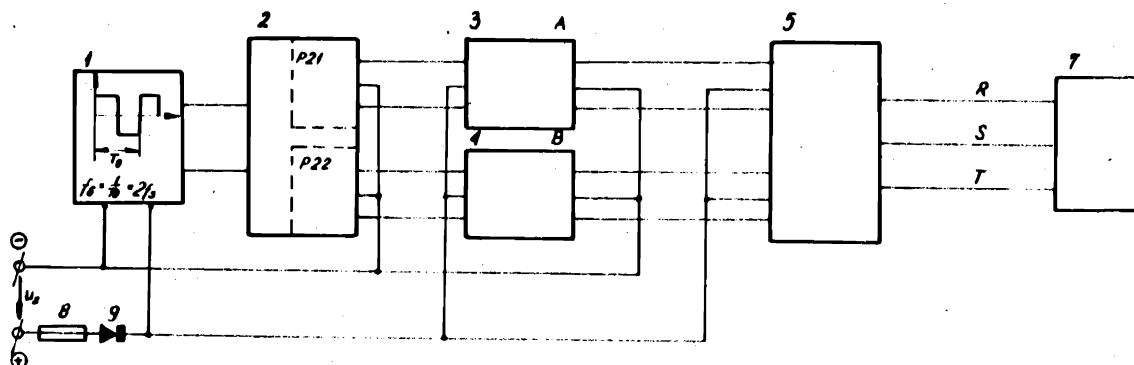
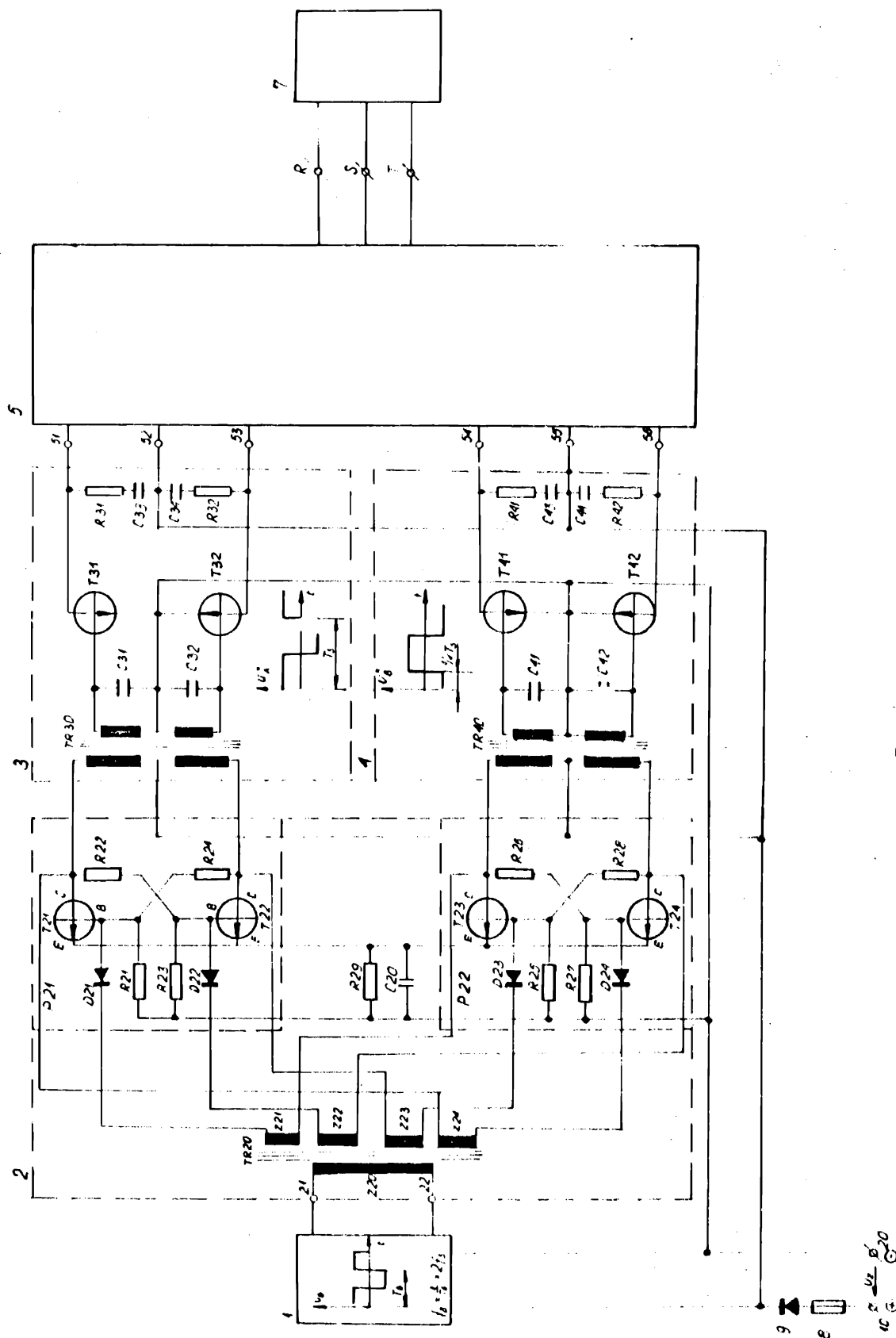


Fig. 1



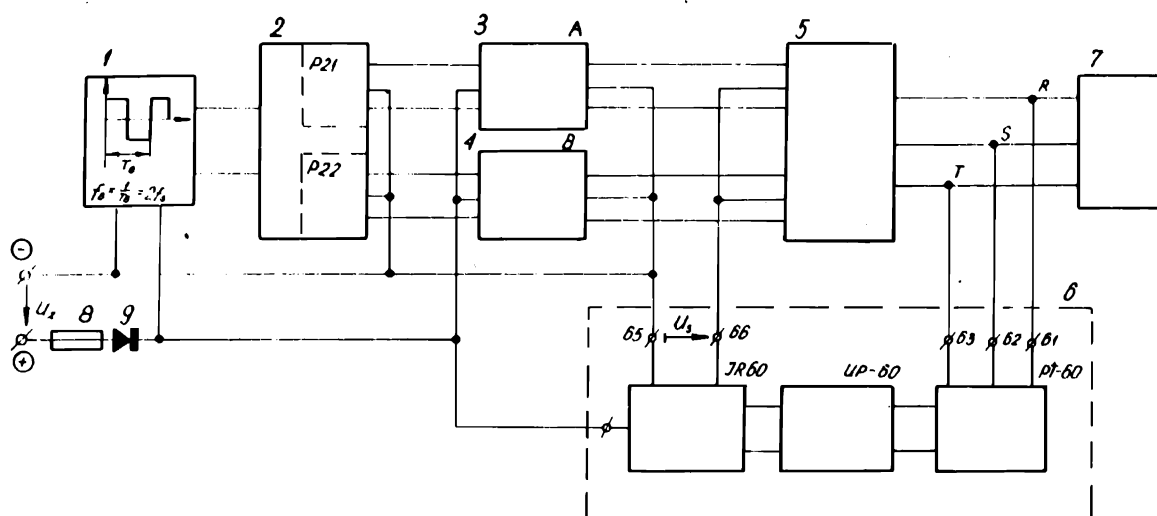


Fig. 3

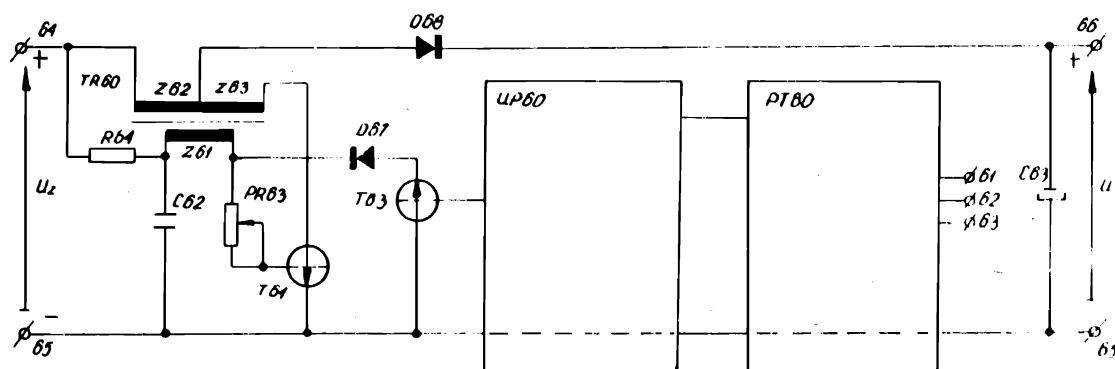


Fig. 4