



O P I S P A T E N T O W Y PATENTU TYMCZASOWEGO

74 960

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 23.02.1972 (P.153630)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 18.04.1975

KI. 21d²,12/03

MKP H02m 7/52



Twórca wynalazku: Krzysztof Żochowski

Uprawniony z patentu tymczasowego: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Układ współpracy dwóch falowników szeregowo-równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu, jedno- lub trójfazowych

1

Przedmiotem wynalazku jest układ współpracy dwóch falowników szeregowo-równoległych, z rezonansowym obwodem komutacji prądu. W dotychczas znanych układach falowników szeregowo-równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu w celu regulacji lub stabilizacji napięcia wyjściowego stosowane były regulatory napięcia stałego zasilającego falownik, lub sterowane prostowniki prądu zwrotnego, które oddawały energię prądu stałego z powrotem do źródła napięcia zasilającego falownik. Rozwiązanie pierwsze posiada zasadniczy mankament, a mianowicie kompensacja mocy biernej indukcyjnej odbiorników przyłączonych do wyjścia falownika przy pomocy kondensatorów kompensujących jest utrudniona przy niskich napięciach ze względu na malejącą moc tych kondensatorów wraz z kwadratem napięcia wyjściowego falownika, co w konsekwencji prowadzi do znacznego obniżenia sprawności falownika.

Rozwiązanie drugie nadaje się zasadniczo tylko do stabilizacji napięcia wyjściowego falownika, natomiast regulacja napięcia w szerokich granicach tą metodą jest niemożliwa.

Celem wynalazku jest opracowanie układu współpracy dwóch falowników szeregowo-równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu, jedno lub trójfazowych, który zapewnia możliwość regulacji napięcia wyjściowego falownika w szerokich granicach bez pogarszania sprawności układu prze-

2

kształtnikowego. Układ zapewnia także stabilizację napięcia wyjściowego przy zmianach wartości zewnętrznego obciążenia oraz przy zmianach wartości napięcia zasilającego układ przekształtnikowy. Układ zapewnia także zwiększenie pewności pracy przekształtnika, gdyż w przypadku awarii jednego z falowników drugi falownik pracuje niezależnie i oddaje do odbiorników połowę mocy zespołu. Cel ten został zrealizowany poprzez opracowanie układu współpracy dwóch falowników szeregowo — równoległych, z rezonansowym obwodem komutacji prądu, jedno lub trójfazowych, w którym wyjścia dwóch falowników szeregowo — równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu są połączone z wejściami węzła sumowania napięć, w postaci na przykład szeregowego połączenia uzwojeń wtórnych transformatorów wyjściowych tych falowników i jednocześnie wyjście pierwszego falownika połączone jest z wejściem układu pomiaru napięcia, a wyjście drugiego z falowników połączone jest z wejściem drugiego układu pomiaru napięcia, przy czym wyjścia tych układów pomiaru napięcia połączone są z wejściami drugiego układu sumowania napięcia w postaci węzła sumującego napięcia, którego wyjście jest połączone z jednym z wejść drugiego falownika poprzez wzmacniacz sygnału uchybu i układ sterowania tyrystorami prostownika prądu zwrotnego tego falownika, zaś wejście sterujące tego falownika połączone jest z wyjściem drugiego układu sterowania,

którego jedno z wejść połączone jest z wyjściem generatora sterującego, a drugie wyjście tego generatora połączone jest z wejściem sterującym pierwszego falownika poprzez trzeci układ sterowania, natomiast drugie z wejść drugiego układu sterowania falownika połączone jest z wyjściem drugiego wzmacniacza, którego wejście połączone jest z wyjściem trzeciego węzła sumowania napięć, a wejścia tego węzła są połączone z wyjściem układu zadawania napięcia i wyjściem trzeciego układu pomiaru napięcia, którego wejście połączone jest z kolei z wyjściem pierwszego węzła sumowania napięć, które to wyjście jest jednocześnie wyjściem układu współpracy dwóch falowników.

Omówione rozwiązanie układu współpracy dwóch falowników umożliwia płynną regulację napięcia sinusoidalnego podwyższonej częstotliwości co w połączeniu z regulacją częstotliwości napięcia wyjściowego umożliwia zastosowanie omówionego wyżej układu do regulacji prędkości obrotowej szybkoobrotowych silników elektrycznych; układy współpracy falowników mogą znaleźć zastosowanie do zasilania zakładowych sieci napięcia podwyższonej częstotliwości, cyklokonwerterów, pieców indukcyjnych i tym podobnych odbiorników energii elektrycznej podwyższonej częstotliwości przy czym cechują się bardzo dobrymi parametrami elektrycznymi.

Wynalazek przedstawiony został na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy układu współpracy dwóch falowników szeregowo — równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu, fig. 2 — schemat ideowy układu jednofazowego falownika szeregowo — równoległego z rezonansowym obwodem komutacji prądu, fig. 3 — schemat ideowy trójfazowego układu falownika szeregowo — równoległego z rezonansowym obwodem komutacji prądu. Na fig. 1 wyjścia dwóch falowników 1, 2 szeregowo — równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu jedno lub trójfazowych połączone są z dwoma wejściami węzła 3 sumowania napięć, w postaci na przykład szeregowego połączenia uzwojeń wtórnych transformatorów wyjściowych falowników i jednocześnie wyjście pierwszego falownika 1 połączone jest z wejściem układu 4 pomiaru napięcia, a wyjście drugiego z falowników połączone jest z wejściem drugiego układu 5 pomiaru napięcia, przy czym wyjścia tych układów pomiaru napięcia połączone są z wejściami drugiego węzła 6 sumowania napięć, którego wyjście jest połączone z jednym z wejść drugiego falownika 2 poprzez wzmacniacz 7 sygnału uchybu i układ 8 sterowania tyrystorami prostownika prądu zwrotnego tego falownika, zaś wejście sterujące tego falownika połączone jest z wyjściem drugiego układu 9 sterowania, którego jedno z wejść połączone jest z wyjściem generatora 10 sterującego, a drugie wyjście tego generatora połączone jest z wejściem sterującym pierwszego falownika 1 poprzez trzeci układ sterujący 11, natomiast drugie z wejść drugiego układu 9 sterowania falownika połączone jest z wyjściem drugiego wzmacniacza 12, którego wejście połączone jest z wyjściem trzeciego węzła 13 sumowania napięć, a wejścia tego węzła są połączone z wyjściem

układu 14 zadawania napięcia i wyjściem trzeciego układu 15 pomiaru napięcia, którego wejście połączone jest z kolei z wyjściem pierwszego węzła 3 sumowania napięć, które to wyjście jest jednocześnie wyjściem Wy układu współpracy, dwóch falowników. Na fig. 2 układ jednofazowego falownika tyrystorowego — szeregowo — równoległego z rezonansowym obwodem komutacji prądu zawiera połączone równolegle dwie gałęzie mostka falownika, połączone ze źródłem napięcia stałego U_z a każda z tych gałęzi zawiera dwa tyrystory połączone ze sobą poprzez dławik rezonansowy D_{r1} i D_{r2} , przy czym anoda tyrystora $Ty1$ pierwszej gałęzi i anoda tyrystora $Ty3$ drugiej gałęzi, połączone są z dodatnim biegunem źródła napięcia U_z , zaś katoda drugiego tyrystora $Ty2$ pierwszej gałęzi i katoda drugiego tyrystora $Ty4$ drugiej gałęzi, połączone są z ujemnym biegunem źródła napięcia, natomiast dławik D_{r1} pierwszej gałęzi oraz dławik D_{r2} drugiej gałęzi połączone są ze sobą swoimi odczepami poprzez dwa szeregowo połączone kondensatory C_s i C_r , przy czym równolegle do jednego z tych kondensatorów połączone jest pierwotne uzwojenie transformatora TR wyjściowego falownika, natomiast pierwsze uzwojenie wtórne tego transformatora połączone jest z wejściem przemiennoprądowym pełnookresowego, sterowanego prostownika $PR2$, a drugie uzwojenie wtórne połączone jest z wejściem przemiennoprądowym pełnookresowego, niesterowanego prostownika $PR1$, przy czym ujemne bieguny wyjściowe tych prostowników połączone są z ujemnym biegunem źródła napięcia U_z , zaś z dodatnim biegunem źródła tego napięcia połączony jest dodatni biegun prostownika niesterowanego oraz dodatni biegun prostownika sterowanego poprzez dławik filtrujący D_{lf} , a wyjście Wy tego falownika stanowią końcówki trzeciego uzwojenia wtórnego transformatora TR zbocznikowanego kondensatorem C_k .

Na fig. 3 układ trójfazowego falownika szeregowo — równoległego z rezonansowym obwodem komutacji prądu, zawiera równolegle połączone trzy gałęzie mostka falownika, połączone ze źródłem napięcia stałego U_z , a każda z tych gałęzi zawiera dwa tyrystory połączone ze sobą poprzez dławik rezonansowy, przy czym jeden z tyrystorów każdej z tych gałęzi połączony jest swoją anodą z dodatnim biegunem źródła napięcia zasilającego U_z , a drugi z tyrystorów tych gałęzi połączony jest swoją katodą z ujemnym biegunem źródła napięcia zasilającego, natomiast dławik rezonansowy D_{r1} pierwszej gałęzi połączony jest poprzez kondensator $Cs1$ z jedną z końcówek pierwotnego uzwojenia pierwszego transformatora $TR1$, natomiast dławik D_{r2} drugiej gałęzi połączony jest poprzez drugi kondensator $Cs2$ z jedną z końcówek pierwotnego uzwojenia drugiego transformatora $TR2$, a dławik D_{r3} trzeciej gałęzi połączony jest poprzez trzeci kondensator $Cs3$ z jedną z końcówek pierwotnego uzwojenia trzeciego transformatora $TR3$, przy czym pozostałe końcówki wszystkich uzwojeń pierwotnych transformatorów są zwarte, a każde z tych uzwojeń jest zbocznikowane kondensatorem, natomiast pierwszy komplet uzwojeń wtórnych, po jednym uzwojeniu każdego transformatora, połączo-

ných w konfiguracji gwiazdowej, jest połączony z wejściem przemiennoprądowym sterowanego pełnookresowego prostownika PR2, a drugi komplet uzwojeń wtórnych tych transformatorów jest połączony także w konfiguracji gwiazdowej i jest połączony z wejściem przemiennoprądowym niesterowanego pełnookresowego prostownika PR1, przy czym ujemne bieguny tych prostowników — wyjściowe — połączone są z ujemnym biegunem źródła napięcia U_z , zaś z dodatnim biegunem tego źródła napięcia połączony jest dodatni biegun wyjściowy prostownika niesterowanego oraz dodatni biegun wyjściowy prostownika sterowanego poprzez dławik filtracyjny Df1, a wyjście Wy tego falownika stanowią końcówki trzeciego kompletu uzwojeń wtórnych tych transformatorów, połączonych w układ trójkąta, przy czym każda z par końcówek wyjściowych jest zbocznikowana kondensatorem.

Układ współpracy dwóch falowników szeregowo równoległych jedno lub trójfazowych 1, 2 przedstawiony na fig. 1 działa następująco: sinusoidalne napięcia wyjściowe falowników 1 i 2 o tych samych wartościach skutecznych sumowane są w węźle sumującym 3 przy czym, w każdej chwili czasu napięcie wyjściowe tego węzła jest równe sumie algebraicznej napięć wejściowych i jest podawane na wyjście układu Wy. Uzyskane na wyjściu węzła 3 napięcie sumaryczne ma również przebieg sinusoidalny i jego wartość skuteczna zawiera się pomiędzy zerem a podwójną wartością skuteczną napięć wyjściowych falowników 1 i 2.

Aby napięcie wyjściowe miało przebieg sinusoidalny amplitudy napięć wyjściowych obu falowników muszą być jednakowe i w tym celu zastosowany został układ, który zapewnia, że amplituda napięcia wyjściowego falownika 2 jest zawsze równa amplitudzie napięcia wyjściowego falownika 1, w tym celu układ pomiaru napięcia wyjściowego 4 falownika 1 daje na wyjściu napięcie stałe o wartości proporcjonalnej do amplitudy napięcia wyjściowego falownika 1, i napięcie wyjściowe tego układu jest podawane do jednego z wejść węzła sumowania napięć 6, a do drugiego wejścia tego węzła doprowadzone jest w przeciwfazie napięcie stałe o wartości proporcjonalnej do amplitudy napięcia wyjściowego falownika 2, które uzyskiwane jest w układzie pomiaru napięcia 5, a uzyskana w tym węźle różnica tych napięć jest wzmacniana we wzmacniaczu 7 sygnału uchybu i następnie podawana jest na wejście układu sterującego 8 tyrystorami prostownika prądu zwrotnego falownika 2 tak, aby w każdej chwili czasu uzyskać równość amplitud napięć wyjściowych obu falowników.

Regulacja, względnie stabilizacja napięcia wyjściowego obu układu dokonywana jest następująco: napięcie z wyjścia układu Wy podawane jest na wejście układu pomiaru napięcia 15 na wyjściu którego uzyskiwane jest napięcie stałe o wartości proporcjonalnej do wartości skutecznej napięcia wyjściowego układu, uzyskane napięcie z układu 15 podawane jest następnie na jedno z wejść węzła sumującego napięcia 13, a na drugie wejście tego węzła podawane jest w przeciwfazie napięcie stałe o wartości proporcjonalnej do zadanej war-

tości skutecznej napięcia wyjściowego układu, które uzyskiwane jest w układzie zadawania napięcia 14, różnica tych napięć uzyskiwana na wyjściu węzła 13 steruje wejście wzmacniacza sygnału uchybu 12; następnie wzmocniony sygnał uchybu steruje jednym z wejść układu sterującego 9 tyrystorami falownika 2, natomiast do drugiego wejścia układu sterującego 9 oraz do wejścia układu 11, który steruje tyrystorami falownika 1 podawane są sygnały sterujące z generatora sterującego 10, który zadaje częstotliwość wytwarzanego napięcia sinusoidalnego przez układ falowników, przy czym faza napięcia wyjściowego falownika 1 jest stała, natomiast faza napięcia wyjściowego falownika 2 zależy od napięcia uzyskiwanego na wyjściu wzmacniacza sygnału uchybu 12 tak, aby algebraiczna suma napięć wyjściowych obu falowników uzyskiwana na wyjściu węzła sumującego 3 posiadała zadaną wartość.

Jednofazowy układ tyrystorowego falownika szeregowo-równoległego z rezonansowym obwodem komutacji prądu przedstawiony na fig. 2 działa następująco: napięcie zasilające U_z podawane jest na przekątną mostka falownika, przy czym biegun dodatni tego napięcia połączony jest z anodami tyrystorów Ty1 i Ty3 a ujemny biegun tego napięcia z katodami tyrystorów Ty2 i Ty4; jednocześnie wysterowanie tyrystorów Ty1 i Ty4 powoduje przepływ prądu w obwodzie tyrystor Ty1, dławik Df1, kondensator Cs, kondensator Cr i równolegle z nim połączone uzwojenie pierwotne transformatora TR, dławik Df2, tyrystor Ty4. Obwód ten ma charakter rezonansowy i prąd w nim płynący ma kształt półfali sinusoidy. Z chwilą, gdy prąd w omawianym obwodzie spadnie do zera, tyrystory Ty1 i Ty4 przechodzą samoczynnie ze stanu przewodzenia do stanu zablokowania i następnie mogą zostać włączone tyrystory Ty2 i Ty3 i powtarzany jest półcykl przepływu prądu. Transformator TR posiada trzy uzwojenia wtórne.

Pierwsze uzwojenie zbocznikowane kondensatorem Ck kompensującym moc bierną indukcyjną zewnętrznych odbiorników połączony jest z wyjściem falownika Wy. Drugie uzwojenie połączone jest z niesterowanym prostownikiem PR1, który podtrzymuje prawidłową pracę falownika w stanach przejściowych. Trzecie uzwojenie transformatora TR połączone jest ze sterowanym prostownikiem prądu zwrotnego PR2, który służy do stabilizacji napięcia wyjściowego falownika. Układ trójfazowego szeregowo — równoległego falownika z rezonansowymi obwodami komutacji prądu przedstawiony na fig. 3 działa następująco: tyrystory mostka falownika Ty1 + Ty6 działają kolejno przewodząc prąd przez 120 st. el. a komutacja prądu odbywa się co 60 st. el. Pozostałe elementy spełniają tę samą rolę i działają analogicznie jak elementy układu falownika jednofazowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ współpracy dwóch falowników szeregowo — równoległych z rezonansowym obwodem komutacji prądu jedno lub trójfazowych, znamien-

ny tym, że wyjścia dwóch falowników (1 i 2) jedno lub trójfazowych, połączone są z wejściami węzła (3) sumowania napięć, korzystnie w postaci szeregowego połączenia uzwojeń wtórnych transformatorów wyjściowych tych falowników i jednocześnie wyjście pierwszego falownika (1) połączone jest z wejściem układu (4) pomiaru napięcia, a wyjście drugiego z falowników połączone jest z wejściem drugiego układu (5) pomiaru napięcia, przy czym wyjścia tych układów pomiaru napięcia połączone są z wejściami drugiego węzła (6) sumowania napięć, którego wyjście jest połączone z jednym z wejść drugiego falownika (2) poprzez wzmacniacz (7) sygnału uchybu i układ (8) sterowania tyrystorami prostownika prądu zwrotnego tego falownika, zaś wejście sterujące tego falownika połączone jest z wyjściem drugiego układu (9) sterowania, którego jedno z wejść połączone jest z wyjściem generatora (10) sterującego, a drugie wyjście tego generatora połączone jest z wejściem sterującym pierwszego falownika (1) poprzez trzeci układ (11) sterowania, natomiast drugie z wejść drugiego układu (9) sterowania falownika połączone jest z wyjściem drugiego wzmacniacza (12), którego wejście połączone jest z wyjściem trzeciego węzła (13) sumowania napięć a wejścia tego węzła są połączone z wyjściem układu (14) zadawania napięcia, którego wejście połączone jest z kolei z wyjściem pierwszego węzła (3) sumowania napięć, które to wyjście jest jednocześnie wyjściem (Wy) układu współpracy dwóch falowników.

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jego jednofazowy tyrystorowy falownik szeregowo — równoległy z rezonansowym obwodem komutacji prądu zawiera połączone równolegle dwie gałęzie mostka falownika, zasilane ze źródła napięcia stałego (Uz), a każda z tych gałęzi zawiera dwa tyrystory połączone ze sobą poprzez diawik rezonansowy, przy czym anoda tyrystora (Ty1) pierwszej gałęzi i anoda tyrystora (Ty3) drugiej gałęzi, połączone są z dodatnim biegunem źródła napięcia (Uz), zaś katoda drugiego tyrystora (Ty2) pierwszej gałęzi i katoda drugiego tyrystora drugiej gałęzi (Ty4), połączone są z ujemnym biegunem źródła napięcia, natomiast diawik (D1r1) pierwszej gałęzi oraz diawik (D1r2) drugiej gałęzi połączone są ze sobą swoimi odczepami poprzez dwa szeregowo połączone kondensatory (Cs i Cr), przy czym równolegle do jednego z tych kondensatorów połączone jest pierwotne uzwojenie transformatora (TR) wyjściowego falownika, natomiast pierwsze uzwojenie wtórne tego transformatora połączone jest z wejściem przemiennoprądowym pełnookresowego, sterowanego prostownika (PR2), a drugie uzwojenie wtórne połączone jest z wejściem przemiennoprądowym pełnookresowego, niesterowanego prostownika (PR1), przy czym ujemne

bieguny wyjściowe tych prostowników połączone są z ujemnym biegunem źródła napięcia (Uz), zaś z dodatnim biegunem źródła napięcia połączony jest dodatni biegun wyjściowy niesterowanego prostownika oraz dodatni biegun sterowanego prostownika poprzez diawik filtrujący (D1f), a wyjście (Wy) tego falownika stanowią końcówki trzeciego uzwojenia wtórnego transformatora (TR) zbocznikowanego kondensatorem (Ck).

3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jego trójfazowy falownik szeregowo-równoległy z rezonansowym obwodem komutacji prądu, zawiera połączone równolegle trzy gałęzie mostka falownika, zasilane ze źródła napięcia stałego (Uz), a każda z tych gałęzi zawiera dwa tyrystory połączone ze sobą poprzez diawik rezonansowy, przy czym jeden z tyrystorów każdej z tych gałęzi połączony jest swoją anodą z dodatnim biegunem źródła napięcia, a drugi z tyrystorów tych gałęzi, połączony jest swoją katodą z ujemnym biegunem źródła napięcia, natomiast diawik (D1r1) rezonansowy pierwszej gałęzi połączony jest poprzez kondensator (Cs1) z jedną z końcówek pierwotnego uzwojenia pierwszego transformatora (TR1), diawik (D1r2) drugiej gałęzi połączony jest poprzez drugi kondensator (Cs2) z jedną z końcówek pierwotnego uzwojenia drugiego transformatora (TR2) oraz diawik (D1r3) trzeciej gałęzi połączony jest poprzez trzeci kondensator (Cs3) z jedną z końcówek pierwotnego uzwojenia trzeciego transformatora (TR3), przy czym pozostałe końcówki uzwojeń pierwotnych wszystkich transformatorów są zwarte, a każde z tych uzwojeń jest zbocznikowane kondensatorem, natomiast pierwszy komplet uzwojeń wtórnych, po jednym uzwojeniu każdego z transformatorów, połączonych w konfiguracji gwiazdowej połączony jest z wejściem przemiennoprądowym sterowanego, pełnookresowego prostownika (PR2), a drugi komplet uzwojeń wtórnych tych transformatorów, połączonych także w konfiguracji gwiazdowej, połączony jest z wejściem przemiennoprądowym niesterowanego, pełnookresowego prostownika (PR1), przy czym ujemne bieguny wyjściowe tych prostowników połączone są z ujemnym biegunem źródła napięcia (Uz), zaś z dodatnim biegunem tego źródła napięcia, połączony jest dodatni biegun wyjściowy niesterowanego prostownika oraz dodatni biegun wyjściowy sterowanego prostownika poprzez diawik filtrujący (D1f), a wyjście (Wy) tego falownika stanowią końcówki trzeciego kompletu uzwojeń wtórnych transformatorów, połączonych w układ trójkąta, przy czym każda z par końcówek wyjściowych jest zbocznikowana kondensatorem.

4. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że w miejsce kompletu trzech transformatorów (TR1, TR2, TR3) włączony jest odpowiednio jeden transformator trójfazowy.

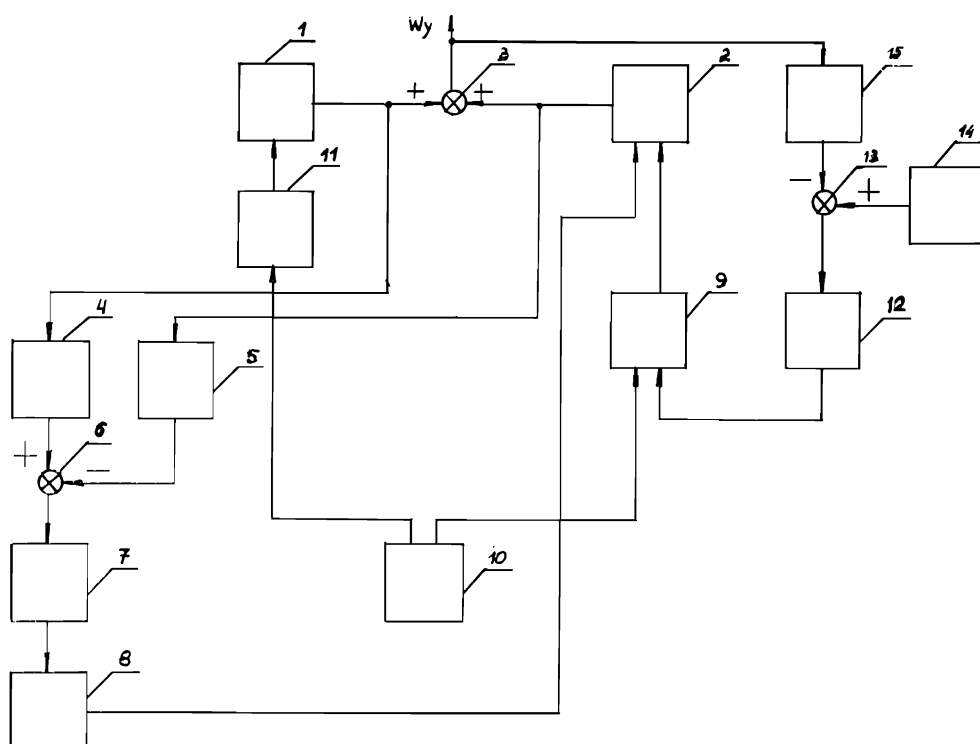


Fig. 1.

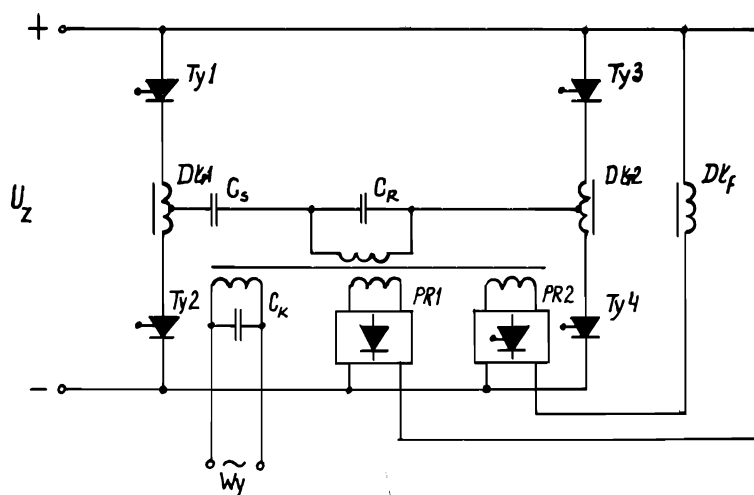


Fig. 2

CZYTELNIĄ

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej

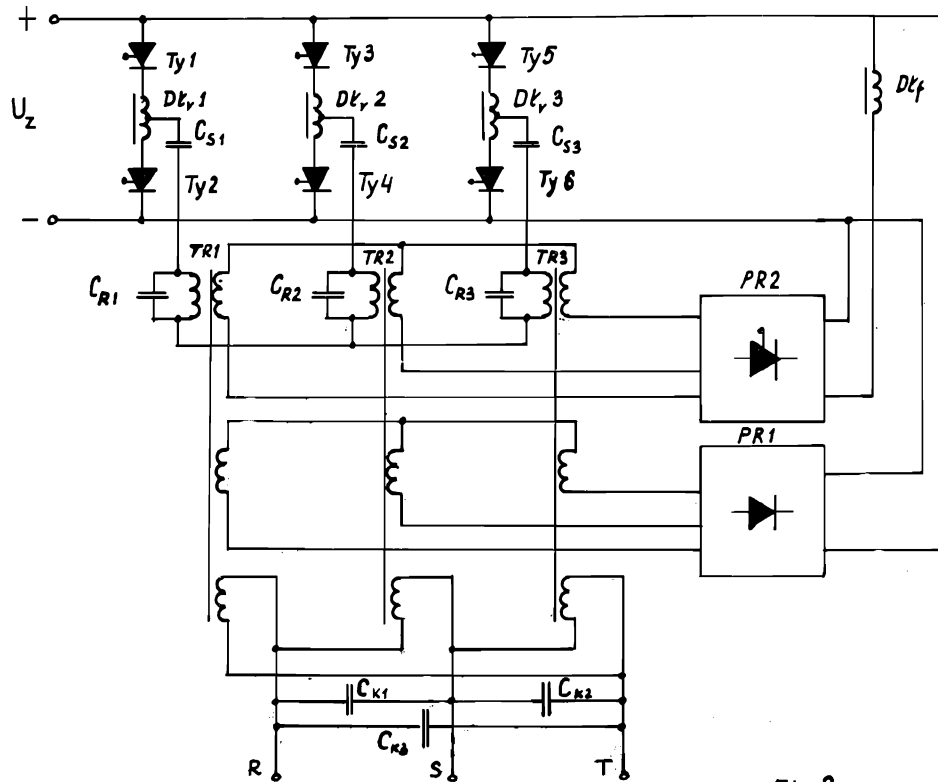


Fig. 3.

