



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

21 Numer zgłoszenia: 311191

22 Data zgłoszenia: 31.10.1995

51 IntCl⁶:
H02M 7/02
G05F 1/46

61 Patent dodatkowy do patentu:
174595 27.09.1994

54

Prostownik synchroniczny z transformatorem

CZYTELNO
OGÓLNA

43 Zgłoszenie ogłoszono:
12.05.1997 BUP 10/97

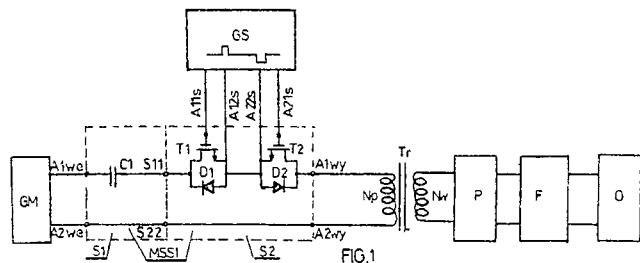
45 O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.12.1999 WUP 12/99

73 Uprawniony z patentu:
Politechnika Warszawska, Warszawa, PL

72 Twórca wynalazku:
Miroslaw Mikołajski, Warszawa, PL

74 Pełnomocnik:
Lewińska Krystyna

57 1. Prostownik synchroniczny z transformatorem, którego uzwojenie pierwotne połączone jest z generatorem mocy wielkiej częstotliwości, a do uzwojenia wtórnego dołączony jest prostownik diodowy z filtrem i obciążeniem i ma uzwojenie sterujące sprzężone magnetycznie z uzwojeniem transformatora, a na wyjściu uzwojenia sterującego włączony jest moduł sterujący złożony z kondensatora i dwóch dwukierunkowych kluczy, składających się z tranzystorów i dwóch diod, przy czym dren pierwszego tranzystora połączony z katodą pierwszej diody i jedną okładziną kondensatora stanowi pierwszy zacisk wyjściowy modułu, zaś drugi zacisk wyjściowy tego modułu połączony jest z drugą okładziną kondensatora oraz katodą drugiej diody i drenem drugiego tranzystora, natomiast anody pierwszej i drugiej diody oraz dreny pierwszego i drugiego tranzystora są połączone ze sobą wspólnie oraz z pierwszym i drugim zaciskiem wejściowym modułu, zaś bramka pierwszego tranzystora połączona jest z trzecim zaciskiem wejściowym, a bramka drugiego tranzystora jest połączona z czwartym zaciskiem wejściowym modułu, przy czym trzeci i czwarty zacisk wejściowy oraz pierwszy i drugi zacisk wejściowy są dołączone do wyjścia generatora sterującego, według polskiego opisu patentowego 174 595, **znamienny tym**, że moduł sterujący (MSSI, MSRI) włączony jest między generator mocy (GM) a uzwojenie pierwotne transformatora (Tr).



PL 177578 B3

Prostownik synchroniczny z transformatorem

Zastrzeżenia patentowe

1. Prostownik synchroniczny z transformatorem, którego uzwojenie pierwotne połączone jest z generatorem mocy wielkiej częstotliwości, a do uzwojenia wtórnego dołączony jest prostownik diodowy z filtrem i obciążeniem i ma uzwojenie sterujące sprzężone magnetycznie z uzwojeniem transformatora, a na wyjściu uzwojenia sterującego włączony jest moduł sterujący złożony z kondensatora i dwóch dwukierunkowych kluczy, składających się z tranzystorów i dwóch diod, przy czym dren pierwszego tranzystora połączony z katodą pierwszej diody i jedną okładziną kondensatora stanowi pierwszy zacisk wyjściowy modułu, zaś drugi zacisk wyjściowy tego modułu połączony jest z drugą okładziną kondensatora oraz katodą drugiej diody i drenem drugiego tranzystora, natomiast anody pierwszej i drugiej diody oraz dreny pierwszego i drugiego tranzystora są połączone ze sobą wspólnie oraz z pierwszym i drugim zaciskiem wejściowym modułu, zaś bramka pierwszego tranzystora połączona jest z trzecim zaciskiem wejściowym, a bramka drugiego tranzystora jest połączona z czwartym zaciskiem wejściowym modułu, przy czym trzeci i czwarty zacisk wejściowy oraz pierwszy i drugi zacisk wejściowy są dołączone do wyjścia generatora sterującego, według polskiego opisu patentowego 174 595, **znamienny tym**, że moduł sterujący (MSSi, MSRi) włączony jest między generator mocy (GM) a uzwojenie pierwotne transformatora (Tr).

2. Prostownik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że moduł sterujący (MSSi, MSRi) zawiera sekcję dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) połączoną z sekcją wejściową (S1).

3. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi szeregowy kondensator (C1) włączony między zacisk wejściowy (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) a zacisk wejściowy (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

4. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi szeregową cewka (L3) włączona między zacisk wejściowy (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) a zacisk wejściowy (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

5. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi szeregową cewka (L2) włączona między zacisk wejściowy (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) a zacisk wejściowy (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) i równoległego kondensatora (C2) włączonego między zaciski wejściowe (S11, S22) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

6. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi równoległa cewka (L4) włączona przy zwartym zacisku wejściowym (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) i zacisku wejściowym (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) między zaciski wejściowe (S11, S22) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

7. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi równoległa cewka (L5) i kondensator (C5) włączone przy zwartym zacisku wejściowym (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) i zacisku wejściowym (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) między zaciski wejściowe (S11, S22) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

8. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi równoległy kondensator (C6) włączony przy zwartym zacisku wejściowym (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) i zacisku wejściowym (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystoro-

wo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) między zaciski wejściowe (S11, S22) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

9 Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi szeregowy kondensator (C71) włączony między zacisk wejściowy (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) i zacisk wejściowy (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) i równoległy kondensator (C72) włączony między zaciski wejściowe (S11, S22) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

10. Prostownik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że sekcję wejściową (S1) stanowi szeregowo cewka (L81) włączona między zacisk wejściowy (A1we) modułu sterującego (MSSi, MSRi) i zacisk wejściowy (S11) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4) i równoległa cewka (L82) włączona między zaciski wejściowe (S11, S22) sekcji dwu kluczy (S2) tranzystorowo-diodowych (T1, D1, T2, D2), (T3, D3, T4, D4).

* * *

Przedmiotem wynalazku jest prostownik synchroniczny z transformatorem wielkiej częstotliwości według polskiego patentu nr 174 595, znajdujący zastosowanie w miniaturowych rezonansowych przetwornicach napięcia stałego o dużej i stałej częstotliwości pracy oraz niskim poziomie emitowanych zakłóceń stosowanych do zasilania urządzeń tele- i radiokomunikacyjnych, lotniczych, satelitarnych, komputerowych i innych.

Znane są z polskiego opisu patentowego transformatorowe tranzystorowe prostowniki synchroniczne wielkiej częstotliwości pracujące w rezonansowych przetwornicach napięcia stałego o stałej częstotliwości pracy. Układy transformatorowych prostowników synchronicznych składają się z transformatora wielkiej częstotliwości zawierającego trzy uzwojenia: pierwotne, wtórne i sterujące. Uzwojenie pierwotne transformatora zasilane jest prądem/napięciem z generatora mocy wielkiej częstotliwości o stałej częstotliwości pracy, którym może być kluczowany wzmacniacz klasy D lub E. Zaciski wtórnego uzwojenia transformatora połączone są z diodowym prostownikiem pełnokresowym, którego wyjście połączone jest z filtrem dolnoprzepustowym, zaś do wyjścia filtru dołączone jest obciążenie. Do zacisków uzwojenia sterującego transformatora dołączone jest wyjście jednego z dwóch modułów sterujących. Pierwszy moduł sterujący składa się z umieszczonych równolegle do wyjścia modułu kondensatora oraz połączonych szeregowo przeciwsobnie dwóch dwukierunkowych kluczy tranzystorowo-diodowych, z których każdy złożony jest z tranzystora polewowego MOSFET z diodą antyrównoległą dołączoną do tranzystora w ten sposób, że anoda diody połączona jest drenem tranzystora, zaś katoda diody ze źródłem tranzystora. Drugi moduł złożony jest z umieszczonej szeregowo z pierwszym zaciskiem wyjścia modułu cewki, której drugi zacisk dołączony jest do jednego zacisku połączonych równoległe dwóch jednokierunkowych kluczy tranzystorowo-diodowych, z których każdy składa się z tranzystora polewego MOSFET z diodą szeregową dołączoną do tranzystora w ten sposób, że katoda diody połączona jest z drenem tranzystora, zaś anoda diody połączona jest ze źródłem sąsiedniego tranzystora. Drugi zacisk tychże kluczy połączony jest z drugim zaciskiem wyjścia modułu sterującego. Bramki i źródła tranzystorów w module sterującym dołączone są do generatora sterującego. Sterowanie mocą wyjściową prądu stałego w obciążeniu dokonuje się poprzez kluczowanie tranzystorów z częstotliwością prądu (napięcia) zmiennego zasilającego układ i regulację kąta (czasu) przepływu prądu zmiennego przez tranzystory.

W znanym układzie, dzięki zastosowaniu transformatora i odpowiedniemu doborowi przekładni uzwojeń, możliwe jest wielokrotne zmniejszenie amplitudy prądu wielkiej częstotliwości płynącego przez klucze tranzystorowo-diodowe i znaczne zredukowanie strat mocy w tranzystorach, co umożliwia sterowanie dużym prądem wyjściowym prostownika, rzędu wielu dziesiątków amperów, stosując dostępne tranzystory MOSFET i uzyskanie wysokiej sprawności energetycznej oraz dużej częstotliwości pracy układu. Wymienione właściwości pro-

stownika synchronicznego z transformatorem ułatwiają ekranowanie zakłóceń elektromagnetycznych emitowanych przez układ jak i jego miniaturyzację. Wadą powyższego rozwiązania jest konieczność nawinięcia dodatkowego uzwojenia sterującego w transformatorze oraz wymóg zapewnienia dobrego sprzężenia magnetycznego między uzwojeniem sterującym a uzwojeniem pierwotnym lub wtórnym dla uzyskania szerokiego zakresu regulacji mocy wyjściowej. Komplikuje to konstrukcję transformatora oraz sprawia, że zakres regulacji mocy wyjściowej prostownika jest istotnie ograniczony. Ponadto opisany prostownik synchroniczny pracuje prawidłowo tylko w tych wzmacniaczach klasy E i D, w których dopuszczalne jest zwieranie obciążenia (głównie we wzmacniaczach z odstrojonym szerokim obwodem rezonansowym). Jest to rezultatem przyjętego w prostowniku sposobu regulacji mocy wyjściowej polegającym na zwieraniu przez klucze tranzystorowe uzwojenia sterującego transformatora w.c.z., a tym samym zwierane są wszystkie uzwojenia transformatora, w tym także uzwojenie pierwotne, które jest obciążeniem dla wzmacniacza (generatora mocy).

Istota prostownika według wynalazku polega na tym, że moduł sterujący włączony jest między generator mocy a uzwojenie pierwotne transformatora. Moduł sterujący zawiera sekcję dwu kluczy transformatorowo-diodowych połączoną z sekcją wejściową. Sekcję wejściową stanowi szeregowy kondensator włączony między zacisk wejściowy modułu sterującego a zacisk wejściowy sekcji dwu kluczy transformatorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi szeregowo cewka włączona między zacisk wejściowy modułu sterującego a zacisk wejściowy sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi szeregowo cewka włączona między zacisk wejściowy modułu sterującego a zacisk wejściowy sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych i równoległego kondensatora włączonego między zaciski wejściowe sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi równoległa cewka włączona przy zwartym zacisku wejściowym modułu sterującego i zacisku wejściowym sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych i między zaciski wejściowe sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi równoległy kondensator włączony przy zwartym zacisku wejściowym modułu sterującego i zacisku wejściowym sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych między zaciski wejściowe sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi równoległy kondensator włączony przy zwartym zacisku wejściowym modułu sterującego i zacisku wejściowym sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych między zaciski wejściowe sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi szeregowy kondensator włączony między zaciski wejściowy modułu sterującego i zacisk wejściowy sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych i równoległy kondensator włączony między zaciski wejściowe sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych. Sekcję wejściową stanowi szeregowo cewka włączona między zacisk wejściowy modułu sterującego i zacisk wejściowy sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych i równoległa cewka włączona między zaciski wejściowe sekcji dwu kluczy tranzystorowo-diodowych.

Prostownik synchroniczny z transformatorem według wynalazku zachowuje wszystkie zalety rozwiązania opisanego w polskim opisie patentowym 174 595 poprzez odpowiedni dobór przekładni transformatora pozwala na znaczne zredukowanie strat mocy w tranzystorach modułu sterującego oraz umożliwia sterowanie dużym prądem wyjściowym prostownika stosując dostępne tranzystory MOSFET uzyskując przy tym wysoką sprawność energetyczną, a także dużą i stałą częstotliwość pracy układu. Ponadto włączenie modułu sterującego po stronie uzwojenia pierwotnego transformatora w.c.z. pozwala, po pierwsze, wyeliminować oddzielne uzwojenie sterujące, a tym samym uprościć konstrukcję i zmniejszyć wymiary transformatora oraz uzyskać szeroki zakres regulacji mocy wyjściowej układu (od zera do wartości maksymalnej) bez względu na jakość sprzężenia magnetycznego pomiędzy uzwojeniami transformatora, po drugie, umożliwia zastosowanie nowego rozwiązania modułu sterującego, w którym klucze tranzystorowo-diodowe połączone są szeregowo z uzwojeniem pierwotnym transformatora, a po trzecie, pozwala na zastosowanie w sekcji dopasowującej modułów sterujących różnych konfiguracji elementów L i/lub C, co umożliwia kształtowanie charakterystyk elektrycznych prostownika z transformatorem w celu dopasowania prostowni-

ka do praktycznie wszystkich znanych typów wzmacniaczy klasy D i E (z szeregowymi i równoległymi obwodami rezonansowymi).

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowo-blokowy prostownika, fig. 2 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z szeregowym kondensatorem na wejściu, fig. 3 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z szeregową cewką na wejściu, fig. 4 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z szeregową cewką i równoległym kondensatorem na wejściu, fig. 5 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z równoległą cewką na wejściu, fig. 6 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z równoległą cewką i kondensatorem na wejściu, fig. 7 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z równoległym kondensatorem na wejściu, fig. 8 przedstawia schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z szeregowym kondensatorem i równoległym kondensatorem na wejściu, a fig. 9 - schemat ideowo-blokowy modułu sterującego z równoległą cewką i szeregową cewką na wejściu.

Prostownik według wynalazku zawiera transformator Tr o uzwojeniach: pierwotnym N_p i wtórnym N_w . Zaciski uzwojenia wtórnego N_w połączone są z wejściem dwupołwkowego prostownika diodowego P , do którego wyjścia dołączony jest filtr dolnoprzepustowy F . Do wyjścia filtra F dołączone jest obciążenie układu O . Wyjście generatora mocy wielkiej częstotliwości GM dołączone jest do zacisków wejściowych $A1we$, $A2we$ szeregowego $MSSi$ lub równoległego $MSRi$ ($i = 1..8$) modułu sterującego, którego zaciski wyjściowe $A1wyj$, $A2wyj$ połączone są z zaciskami uzwojenia pierwotnego transformatora Tr . Zaciski sterujące $A11s$, $A12s$, $A21s$, $A22s$ modułu sterującego $MSRi$ lub $MSSi$ połączone są z wyjściem generatora sterującego GS . Każdy moduł sterujący zbudowany jest z dwóch sekcji. Sekcja wejściowa $S1$ włączona między zaciski wejściowe $A1we$, $A2we$ i zaciski wewnętrzne $S11$, $S22$ modułu sterującego $MSRi$ lub $MSSi$ ($i = 1..8$) ma zwarte zaciski $A2we$, $S22$ oraz składa się:

- dla $i = 1$, z szeregowego kondensatora $C1$ włączonego pomiędzy zaciski $A1weS11$,
- dla $i = 2$, z szeregowej cewki $L2$ włączonej pomiędzy zaciski $A1weS11$ i równoległego kondensatora $C2$ dołączonego do zacisków $S11$, $S22$,
- dla $i = 3$, z szeregowej cewki $L3$ włączonej pomiędzy zaciski $A1weS11$,
- dla $i = 4$, z równoległej cewki $L4$ włączonej pomiędzy zaciski $S11$, $S22$ oraz zwartych zacisków $A1weS11$,
- dla $i = 5$, z równoległej cewki $L5$ i kondensatora $C5$ włączonych pomiędzy zaciski $S11$, $S22$ oraz zwartych zacisków $A1weS11$,
- dla $i = 6$, z równoległego kondensatora $C6$ włączonego pomiędzy zaciski $S11$, $S22$ oraz zwartych zacisków $A1weS11$,
- dla $i = 7$, z szeregowego kondensatora $C71$ włączonego pomiędzy zaciski $A1weS11$, równoległego kondensatora $C72$ dołączonego do zacisków $S11$, $S22$,
- dla $i = 8$, z szeregowej cewki $L81$ włączonej pomiędzy zaciski $A1weS11$ oraz równoległej cewki $L82$ dołączonej do zacisków $S11$, $S22$.

Sekcja wejściowa $S1$ dopasowuje moduł sterujący $MSSi$, $MSRi$ do generatora mocy w.cz. GM którymi może być wzmacniacz rezonansowy Kl. D lub E zapewniając jego optymalną pracę oraz odpowiednio kształtuje przebiegi napięć i prądów w kluczach tranzystorowo-diodowych $MSSi$, $MSRi$ w celu zredukowania w nich strat komutacyjnych.

Sekcja $S2$ dwu kluczy tranzystorowo-diodowych dołączona jest do zacisków wewnętrznych $S11$, $S22$, zacisków wyjściowych $A1wy$, $A2wy$ i zacisków sterujących $A11s$, $A12s$, $A21s$, $A22s$ modułu sterującego $MSRi$ lub $MSSi$ ($i = 1..8$).

W module $MSSi$ ($i = 1..8$) sekcja $S2$ zawiera dwa jednokierunkowe klucze tranzystorowo-diodowe $T1$, $D1$ oraz $T2$, $D2$. Dren tranzystora $T1$ połączony z katodą diody $D1$ stanowi zacisk $S11$. Zaciski $A12s$, $A22s$ są zwarte oraz połączone ze źródłami tranzystorów $T1$, $T2$ oraz anodami diod $D1$, $D2$. Dren tranzystora $T2$ połączony z katodą diody $D2$ stanowi zacisk $A1wy$. Bramka tranzystora $T1$ dołączona jest do zacisku $A11s$, zaś bramka tranzystora $T2$ do zacisku $A21s$. Zaciski $S22$, $A2wy$ sekcji $S2$ modułu $MSSi$ ($i = 1..8$) są zwarte.

W module MSR_i ($i = 1..8$) sekcja $S2$ zawiera dwa dwukierunkowe klucze tranzystoro-diodowe $T3, D3$ oraz $T4, D4$ połączone w ten sposób, że dren tranzystora $T3$ połączony jest z katodą diody $D3$ oraz zaciskami $S11$ i $A1wy$, źródło tranzystora $T3$ dołączone jest zaś do anody diody $D3$ oraz źródła tranzystora $T4$, katody diody $D4$ i zacisków $A12s, A22s$. Dren tranzystora $T4$ wraz z katodą diody $D4$ dołączone są do zacisków $S22$ i $A2wy$. Bramka tranzystora $T3$ dołączona jest do zacisku $A11s$, zaś bramka tranzystora $T4$ do zacisku $A21s$.

Zmienne napięcie lub prąd z generatora mocy wielkiej częstotliwości GM zasilającego układ podawane jest na zaciski wejściowe $A1we, A2we$ modułu sterującego MSS_i lub MSR_i ($i = 1..8$). Elementy biernie L i/lub C sekcji $S1$ modułu sterującego kształtują przebiegi prądu i/lub napięcia w sekcji $S2$ modułu w taki sposób, aby zredukować straty komutacyjne w kluczach tranzystoro-diodowych sekcji $S2$. Uzwojenie pierwotne Np transformatora Tr zasilane jest napięciem/prądem w.cz. z zacisków wyjściowych $A1wy, A2wy$ modułu sterującego, którego zaciski sterujące $A11s, A12s, A21s, A22s$ dołączone są do generatora sterującego GS wytwarzającego dwa przebiegi prostokątne o identycznych parametrach i częstotliwości równej częstotliwości prądu (napięcia) wytwarzanego przez generator GM , lecz przesunięte względem siebie o pół okresu. Oznacza to, że w każdej chwili tylko jeden tranzystor w danym module może być włączony. Tranzystory są włączone, gdy napięcie prostokątne na zaciskach sterujących $A11s, A12s$ lub $A21s, A22s$ jest dodatnie, tranzystory są zaś wyłączone gdy napięcie to jest ujemne. Indukowane w uzwojeniu wtórnym Nw transformatora Tr prąd (napięcie) w.cz. zasila wejście prostownika diodowego P , a następnie po wyprostowaniu i odfiltrowaniu składowych zmiennych przez filtr dolnoprzepustowy F podawane jest jako prąd stały na wejście obciążenia O . Sterowanie mocą prądu stałego dostarczaną do obciążenia odbywa się w ten sposób, że w każdym półokresie prądu (napięcia) zasilającego uzwojenie Np jest ono, w przypadku modułu MSS_i ($i = 1..8$), rozwierane, a w przypadku modułu MSR_i ($i = 1..8$) zwierane przez jeden z kluczy w sekcji $S2$ modułu na czas nie dłuższy niż półokresu prądu (napięcia) zasilającego. Rozwarcie lub zwarcie uzwojenia Np oznacza, że uzwojenie wtórne Nw , a zatem i prostownik P nie są zasilane energią. Regulując czas przewodzenia prądu przez klucze w obu półokresach możliwe jest sterowanie mocą wyjściową prostownika P i mocą dostarczoną do obciążenia O .

Jeżeli moduł MSS_i ($i = 1..8$) jest dołączony do układu, to prąd zmienny w.cz. zasila uzwojenie pierwotne Np transformatora, gdy włączony jest tranzystor $T1$ i przewodzi dioda $D2$ - dla prądu płynącego od zacisku $A1wy$ do $A2wy$ lub gdy włączony jest tranzystor $T2$ i przewodzi dioda $D1$ dla prądu płynącego w przeciwnym kierunku. Gdy oba tranzystory $T1, T2$ są wyłączone, uzwojenie Np jest rozwarte i nie jest zasilane.

Jeżeli moduł MSR_i ($i = 1..8$) jest dołączony do układu, to prąd zmienny w.cz. zasila uzwojenie pierwotne Np transformatora gdy tranzystory $T3, T4$ są wyłączone. Uzwojenie Np jest zwarte i nie jest zasilane energią, gdy włączony jest tranzystor $T3$ i przewodzi dioda $D4$ (dla prądu płynącego od zacisku $A1wy$ do $A2wy$) lub gdy włączony jest tranzystor $T4$ i przewodzi dioda $D3$ (dla prądu płynącego w przeciwnym kierunku).

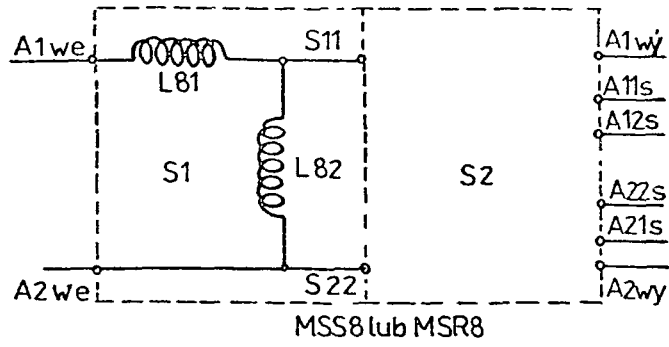


FIG.9

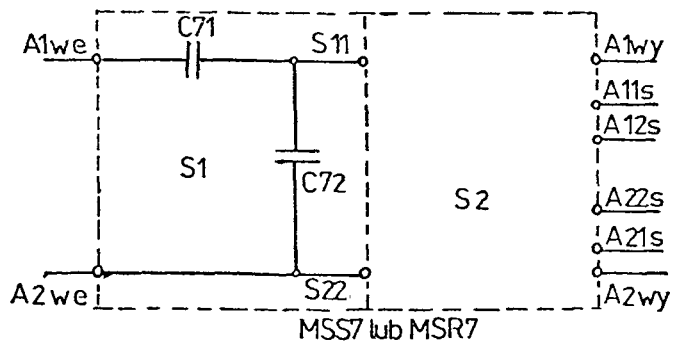


FIG.8

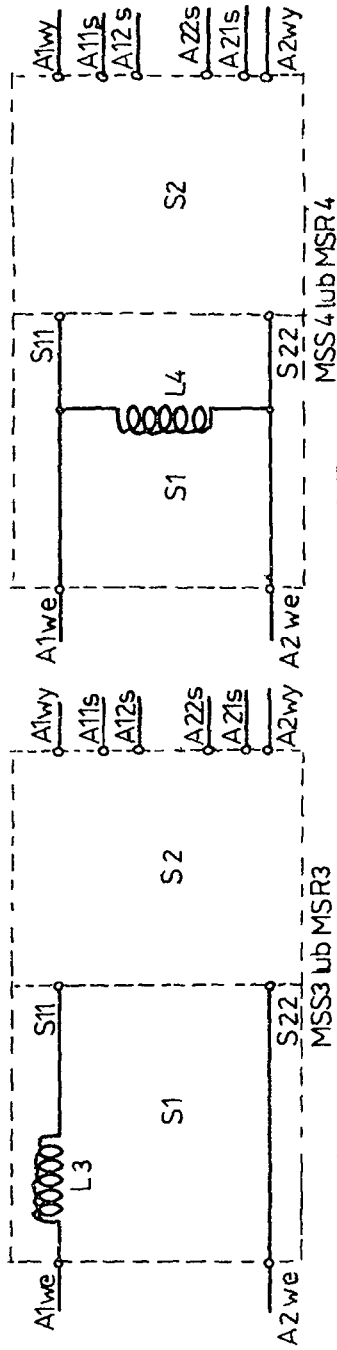


FIG. 3

FIG. 5

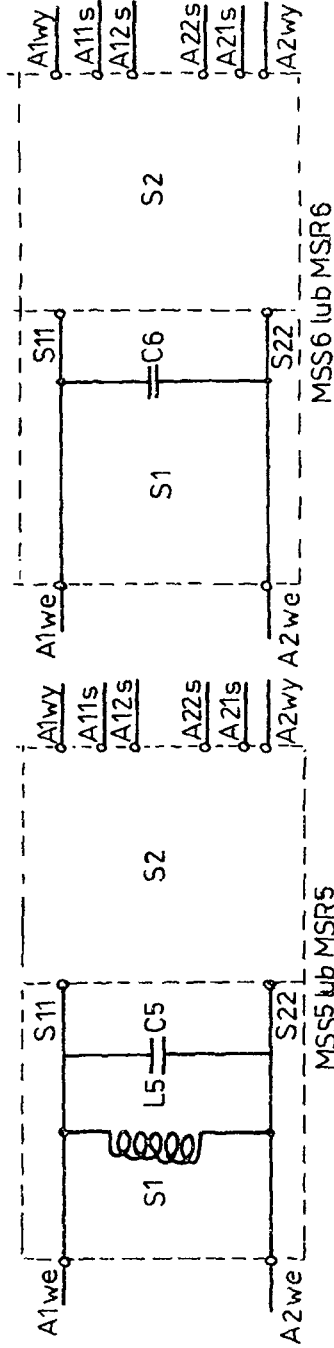
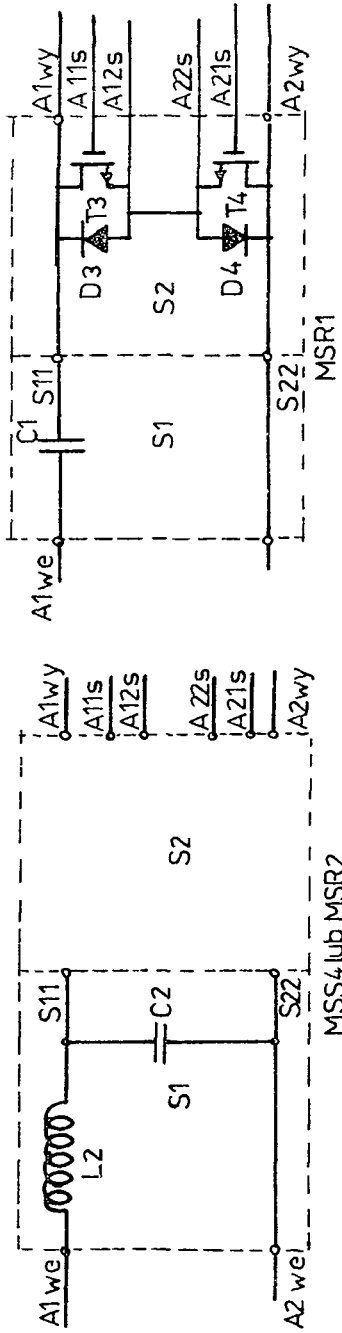


FIG. 6

FIG. 7



MSR1

MSS4 lub MSR2

