



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 02.05.74 (P. 170763)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 31.01.76

Opis patentowy opublikowano: 30.12.1977

MKP H02p 7/00

Int. Cl.²
H02P 8/00

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Janusz Mirowski, Stanisław Bielawski

Uprawniony z patentu: Instytut Organizacji i Kierowania Polskiej Akademii Nauk i Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, Warszawa (Polska)

Sposób i komutator elektroniczny do zasilania i sterowania silnika skokowego

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i komutator elektroniczny do zasilania i sterowania silnika skokowego.

Właściwości dynamiczne, decydujące o działaniu układu z silnikiem skokowym w znacznym stopniu zależą od szybkości przebiegów procesów elektromagnetycznych w silniku. Szybkość ta ogranicza robocze zakresy zarówno częstotliwości skoków jak i rozwijanych momentów obrotowych silnika. Dlatego celowe jest stosowanie odpowiednich, elektronicznych układów sterowania silnika skokowego korygujących jego dynamikę i forsujących stany przejściowe.

W dotychczas stosowanych komutatorach elektronicznych wykorzystuje się do poprawy dynamiki silnika skokowego forsowanie rezystancyjne, impulsowe oraz stabilizację prądową.

Forsowanie rezystancyjne posiada szereg wad, z których najważniejsza to stosunkowo niewielkie powiększenie zakresu częstotliwości i wartości rozwijanych momentów obrotowych silnika skokowego. Ponadto w przypadku rezystancyjnego forsowania opadania prądu występują duże przepięcia na elemencie przełączającym wzmacniacza mocy, co w połączeniu z podwyższonym napięciem zasilającym ogranicza wielkość forsowania. Dalszą wadą układów z forsowaniem rezystancyjnym są straty na rezystancji forsującej ograniczające zastosowanie tych układów do silników skokowych o małym momencie obrotowym.

2

Układy z forsowaniem impulsowym działają zwykle na zasadzie zwierania w czasie forsowania dodatkowej rezystancji szeregowej. Ich zastosowanie nie jest również ograniczone ze względu na straty mocy i spadki napięcia na rezystancji dodatkowej.

Stabilizacja prądowa wymaga bardziej skomplikowanych układów elektronicznych, których stosowanie nie zawsze jest uzasadnione.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu zasilania i sterowania silnika skokowego oraz komutatora elektronicznego, pozbawionych wad znanych rozwiązań i zapewniających uzyskanie dobrych parametrów dynamicznych układów napędowych z silnikami skokowymi.

Cel ten osiągnięto przez opracowanie sposobu zasilania i sterowania silnika skokowego, którego istota polega na tym, że kształtuje się narastanie prądu poprzez przykładanie do uzwojenia fazowego, osobno w każdej fazie silnika, napięciowego impulsu forsującego o czasie trwania zależnym od parametrów silnika i przyjętego współczynnika forsowania. Następnie, utrzymuje się stałą wartość napięcia roboczego aż do momentu, w którym zgodnie z założonym algorytmem sterowania, dokonuje się zmiany napięcia na wartość powodującą forsowne opadanie prądu w rozpatrywanej fazie silnika. Dalej, utrzymuje się w końcowej części okresu wartość zerową prądu. Momenty czasowe zmian napięcia przykładanego do poszczególnych

ných uzwojeń fazowych silnika przesuwają się kolejno o część okresu napięcia wynikającą z cyklu sterowania.

Komutator elektroniczny do wykonywania sposobu według wynalazku jako istotną cechę ma to, że rozdzielacz impulsów ma dwa zespoły przełączające, z których każdy zespół przełączający zawiera dwa przerzutniki o jednym wejściu taktującym, jednym lub dwu wejściach informacyjnych oraz dwu wyjściach wzajemnie zanegowanych. Przerzutniki pierwszego zespołu przełączającego mają jedno wejście będące wejściem informacyjnym, dołączone do źródła sygnału kierunku albo przez element logiczny typu „NIE” do źródła sygnału kierunku. Drugie wejście dołączone jest do źródła impulsów sterujących, zaś wyjścia obu przerzutników mają odczepy z elementem logicznym typu „I-NIE”. Wyjście zanegowane przerzutnika ma ponadto połączenie z wejściem informacyjnym przerzutników drugiego zespołu przełączającego. Wejście sterujące każdego z przerzutników drugiego zespołu przełączającego ma połączenie ze źródłem impulsów sterujących poprzez element logiczny typu „NIE”, a wyjścia tych przerzutników połączone są z wejściami elementów logicznych typu „NIE” będących na odczepach wyjść przerzutników pierwszego zespołu przełączającego.

Wyjścia przerzutników z pierwszego zespołu przełączającego wraz z wyjściami elementów logicznych typu „I-NIE” stanowią wyjścia faz i każde z nich poprzez przedwzmacniacze dołączone są do tranzystorowego wzmacniacza mocy. Tranzystorowy wzmacniacz mocy ma dwie dodatkowe szyny, a mianowicie dodatkowe napięcia zasilającego dla zrealizowania forsowania opadania i dodatkowego napięcia zasilającego dla zrealizowania forsowania narastania prądu.

Wzmacniacz mocy ma jeden typowy tranzystorowy wzmacniacz mocy włączony bazą do jednego wyjścia przerzutnika pierwszego zespołu przełączającego. Wzmacniacz mocy dołączony jest bezpośrednio emiterem do zerowej szyny napięcia roboczego i kolektorem poprzez diodę oraz uzwojenie fazowe do źródła napięcia roboczego, a także do dodatkowego napięcia zasilającego dla forsowania opadania prądu poprzez wspomnianą diodę i diodę tłumiącą. Punkt wspólny uzwojenia fazowego i obu diod dołączony jest do kolektora pierwszego tranzystora wzmacniacza mocy forsowania. Zbudowany jest on na dwu tranzystorach, z których pierwszy ma ponadto emiter dołączony do dodatkowego napięcia zasilającego dla forsowania narastania prądu, a bazę między dwa rezystory poprzez które włączony jest kolektor drugiego tranzystora do dodatkowego napięcia zasilającego dla forsowania narastania prądu, a którego emiter dołączony jest do napięcia roboczego, zaś baza poprzez przedwzmacniacz mocy do wyjścia elementu logicznego typu „I-NIE” znajdującego się na odczepy wyjścia pierwszego zespołu przełączającego.

Wynalazek pozwala na zasilanie faz silnika napięciem o określonym kształcie, przy czym amplituda impulsów forsujących ograniczona jest tylko wytrzymałością napięciową elementów półprzewodnikowych wzmacniacza mocy. Do generowania

impulsów sterujących część forsującą wzmacniacza mocy wykorzystano w rozdzielaczu impulsów dwa zespoły przełączające pracujące z określonym wzajemnym opóźnieniem, wynikającym z przyjętych warunków forsowania, przy czym mogą to być przerzutniki dowolnego typu posiadające jedno wejście taktujące, jedno lub dwa wejścia informacyjne i dwa wyjścia wzajemnie zanegowane.

Elektroniczny komutator według wynalazku umożliwia zasilanie i sterowanie czterofazowego silnika skokowego nawet w niekorzystnym z punktu widzenia budowy komutatora przypadku połączenia uzwojeń silnika skokowego w gwiazdę z wyprowadzonym wspólnym przewodem.

Wynalazek umożliwia kształtowanie przebiegu prądów w uzwojeniach fazowych silnika skokowego, przez co uzyskuje się przebiegi prądów zbliżone do prostokątnych. Dzięki temu otrzymuje się znaczną poprawę charakterystyk silnika skokowego zarówno pod względem momentów jak i częstotliwości rozruchowych i roboczych.

Dalszą zaletą wynalazku jest poprawienie sprawności układu napędowego przez zapewnienie szybkiego narastania prądu bez strat oraz szybkiego opadania prądu z ewentualnym częściowym zwrotem energii pola do źródła przeciwnapięcia. Pozwala to na zastosowanie wynalazku do silników skokowych dowolnej mocy.

Inną zaletą omawianego wynalazku jest stała wartość przepięcia na elementach przełączających wzmacniacza mocy.

Szczegółowo przedmiot wynalazku jest omówiony poniżej z wykorzystaniem rysunku, którego fig. 1 przedstawia rozdzielacz impulsów, fig. 2 — wzmacniacz mocy dla pojedynczej fazy, fig. 3 — odpowiednie cyklogramy napięciowych impulsów wyjściowych dla każdej fazy rozdzielacza impulsów, fig. 4 — napięcia we wszystkich fazach silnika skokowego.

Przedstawiony na fig. 1 rozdzielacz impulsów przekształca ciąg prostokątnych impulsów sterujących w czterofazowy system impulsów umożliwiający kolejne wzbudzanie dwóch sąsiednich uzwojeń fazowych silnika skokowego. Impulsy sterujące charakteryzują się stałym czasem trwania dobieganym w zależności od przyjętych warunków forsowania. Impulsy wyjściowe rozdzielacza impulsów sterują stopień mocy komutatora. Do faz wzmacniacza mocy są doprowadzone dwa ciągi impulsów, a mianowicie impulsy podstawowe $A_1, \bar{A}_1, B_1, \bar{B}_1$ oraz impulsy forsujące $A_s, \bar{A}_s, B_s, \bar{B}_s$. Do wytworzenia tych impulsów wykorzystano zespoły przełączające P_1-P_3 oraz P_2-P_4 pracujące na zasadzie liczników kołowych. Dla uzyskania zadanej komutacji wykorzystane są oba wyjścia przerzutników P_1, P_3 , przy czym zastosowany może być dowolny typ przerzutników posiadających jedno lub dwa wejścia informacyjne, jedno wejście taktujące oraz dwa wyjścia wzajemnie zanegowane. Źródłem impulsów podstawowych są przerzutniki P_1, P_3 . Kolejność ich pracy odpowiadająca wybranemu kierunkowi obrotów silnika jest sterowana sygnałem kierunku P/L poprzez elementy logiczne 5, 6, 7.

Zródłem impulsów forsujących są przerzutniki P_2, P_4 oraz elementy logiczne 9, 10, 11, 12. Kolejność pracy przerzutników P_2, P_4 jest określona stanem logicznym wyjść przerzutników P_1, P_3 . Dzięki sterowaniu zespołów przełączających P_1-P_3 oraz P_2-P_4 dwoma ciągami impulsów sterujących i uzyskano przesunięcie czasowe impulsów A_2, A_2, B_2, B_2 względem impulsów podstawowych A_1, A_1, B_1, B_1 , jak to przedstawiono na fig. 3. Taki sposób sterowania przerzutników pozwala za pomocą elementów 9, 10, 11, 12 na wygenerowanie impulsów forsujących w każdej fazie.

Na fig. 2 przedstawiono pojedynczą fazę wzmacniacza mocy. W części głównej wzmacniacza występuje tranzystor T_1 sterowany impulsami podstawowymi z przedwzmacniacza mocy 13. W części forsującej wzmacniacza mocy WM_f występuje tranzystor T_2 sterowany impulsami forsującymi z przedwzmacniacza mocy 14. Ze względu na różne potencjały emiterów tranzystorów T_1 i T_2 oraz rozdzielacza impulsów odpowiadających stanowi logicznemu „O” konieczne jest wprowadzenie w obwodzie forsującym wzmacniacza mocy tranzystora dodatkowego T_3 . Dioda D_1 w czasie forsowania jest spolaryzowana ujemnie blokując w ten sposób obwód główny wzmacniacza mocy. Dioda rozładowcza D_2 jest włączona w obwodzie forsowania opadania prądu, przy czym jej biegunowość jest przeciwna do biegunowości źródła prądu stałego.

Przedstawione rozwiązanie komutatora elektronicznego pozwala na uzyskanie w każdej fazie silnika skokowego przebiegów napięciowych jak pokazano na fig. 4, a tym samym przebiegów prądowych zbliżonych do prostokątnych.

Kierunek obrotów silnika skokowego nastawia się sygnałem P/L. Sygnał ten i jego negacja poprzez element 5 odblokowują jeden z dwóch obwodów logicznych elementów 6 i 7. Elementy logiczne 6, 7 sterują wejścia informacyjne D przerzutników P_1, P_3 zapewniając ich pracę w zamkniętym cyklu zliczania. Sygnały wyjściowe przerzutników P_1, P_3 sterują wejścia informacyjne D przerzutników P_2, P_4 . Zmiana stanu przerzutników P_1, P_3 następuje pod wpływem sygnału sterującego T_5 a przerzutników P_2, P_4 — pod wpływem sygnału negacji $\bar{T}_5$ z elementu 8. Na wyjściu obu zespołów przełączających P_1-P_3 oraz P_2-P_4 otrzymujemy czterofazowe ciągi impulsów $A_1, \bar{A}_1, B_1, \bar{B}_1$ i $A_2, \bar{A}_2, B_2, \bar{B}_2$ (fig. 3) wzajemnie przesunięte o czas forsowania. Impulsy te podane na elementy logiczne 9, 10, 11, 12 powodują generowanie czterofazowego ciągu sterujących impulsów forsujących A_3, A_4, B_3, B_4 . Pary impulsów $A_1, A_3, \bar{A}_1, \bar{A}_3$ i $B_1, B_3, \bar{B}_1, \bar{B}_3$ sterują poszczególnymi fazami wzmacniacza mocy, wprowadzając w stan nasycenia tranzystory T_1 i T_2 . Nasycony tranzystor T_2 spolaryzuje ujemnie diodę D_1 załączając uzwojenie fazowe 1 na napięcie znacznie większe niż to wynika z warunków prądu ustalonego przy napięciu roboczym silnika, forsując przebieg narastania prądu. Po upływie założonego czasu forsowania tranzystor T_2 zostaje zablokowany dzięki czemu uzwojenie fazowe 1 poprzez tranzystor T_1

załączone zostaje na napięcie robocze silnika. W momencie zablokowania tranzystora T_1 na uzwojenie fazowe 1 jest doprowadzony przez diodę D_2 impuls napięcia przeciwnego znaku, forsując tym samym opadanie prądu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób zasilania i sterowania silnika skokowego, polegający na kształtowaniu przebiegu prądów w uzwojeniach fazowych silnika skokowego, znamienny tym, że przykładają się w każdej fazie silnika napięciowy impuls forsujący o czasie trwania zależnym od parametrów silnika i przyjętego współczynnika forsowania, a następnie utrzymuje się stałą wartość napięcia roboczego aż do momentu w którym zgodnie z założonym algorytmem sterowania dokonuje się zmiany napięcia na wartość powodującą forsowne opadanie prądu w rozpatrywanej fazie silnika, i dalej utrzymuje się w końcowej części okresu wartość zerową prądu, przy czym momenty czasowe zmian napięcia przykładanego do poszczególnych uzwojeń fazowych silnika przesuwają się kolejno o część okresu napięcia wyznaczającą z cyklu sterowania.

2. Komutator elektroniczny do zasilania i sterowania silnika skokowego, znamienny tym, że rozdzielacz impulsów ma dwa zespoły przełączające (P_1-P_3 i P_2-P_4), z których każdy zespół przełączający (P_1-P_3 i P_2-P_4) zawiera dwa przerzutniki o jednym wejściu taktującym, jednym lub dwu wejściach informacyjnych oraz dwu wyjściach wzajemnie zanegowanych, gdzie przerzutniki (P_1 i P_3) pierwszego zespołu przełączającego (P_1-P_3) mają jedno wejście będące wejściem informacyjnym dołączone poprzez element logiczny typu „I-LUB-NIE” (6 i 7) bezpośrednio do źródła sygnału kierunku (P/L) albo poprzez element logiczny typu „NIE” (5) do źródła sygnału kierunku (P/L), a drugie wejście będące wejściem sterującym dołączone jest do źródła impulsów sterujących, zaś wyjścia (A_1 i $\bar{A}_1$ oraz B_1 i $\bar{B}_1$) obu przerzutników (P_1 i P_3) mają odczepy z elementem logicznym typu „I-NIE” (9, 10, 11, 12), a wyjście zanegowane ($\bar{A}_1$ i $\bar{B}_1$) ma ponadto połączenie z wejściem informacyjnym (D) przerzutników (P_2 i P_4) drugiego zespołu przełączającego (P_2-P_4), zaś wejście sterujące (T) ma połączenie ze źródłem impulsów sterujących poprzez element logiczny typu „NIE” (8), a wyjścia (A_2 i $\bar{A}_2$ oraz B_2 i $\bar{B}_2$) tych przerzutników (P_2 i P_4) połączone są z wejściami (A_2 i A_2, B_2 i B_2) elementów logicznych typu „I-NIE” (9, 10, 11, 12), będących na odczepach wyjść przerzutników (P_1 i P_3) pierwszego zespołu przełączającego (P_1-P_3), przy czym wyjścia przerzutników (P_1 i P_3) z pierwszego zespołu przełączającego (P_1-P_3), wraz z wyjściami elementów logicznych typu „I-NIE” (9, 10, 11, 12) stanowią wyjścia faz i każde z nich poprzez przedwzmacniacze (13 i 14) dołączone są do tranzystorowego wzmacniacza mocy, który ma dwie dodatkowe szyny (DNZ_1 i DNZ_2), a mianowicie dodatkowego napięcia zasilającego (DNZ_2) dla zrealizowania forsowania opadania i dodatkowego napięcia zasilającego (DNZ_1) dla zrealizowania forso-

wania prądu i który to wzmacniacz mocy ma jeden tranzystor mocy (T_1) włączony bazą do jednego wyjścia (A_1) przerzutnika (P_1) pierwszego zespołu przełączającego (P_1-P_3) i który to tranzystor (T_1) dołączony jest bezpośrednio emiterem do zerowej szyny napięcia roboczego i kolektorem poprzez diodę (D_1) oraz uzwojenie fazowe (1) do źródła napięcia roboczego (NR), a także do dodatkowego napięcia zasilającego (DNZ_2) dla forsowania opadania prądu poprzez wspomnianą diodę (D_1) i diodę tłumiącą (D_2), zaś punkt wspólny uzwojenia fazowego (1) i obu diod (D_1 i D_2) dołączony jest do kolektora pierwszego tranzystora (T_2) wzmacniacza mocy forsowania (WM_1) zbudowane-

go na dwu tranzystorach (T_2 i T_3) z których pierwszy (T_2) ma ponadto emiter dołączony do dodatkowego napięcia zasilającego (DNZ_1) dla forsowania narastania prądu a bazę między dwa rezystory poprzez które włączony jest kolektor drugiego tranzystora (T_3) do dodatkowego napięcia zasilającego (DNZ_1), a którego emiter dołączony jest do napięcia roboczego (NR) zaś baza poprzez przedwzmacniacz (14) do wyjścia (A_3) elementu logicznego typu „I-NIE” (9) znajdującego się na odczepie wyjścia pierwszego zespołu przełączającego (P_1-P_3), które jest połączone z bazą tranzystora (T_1).

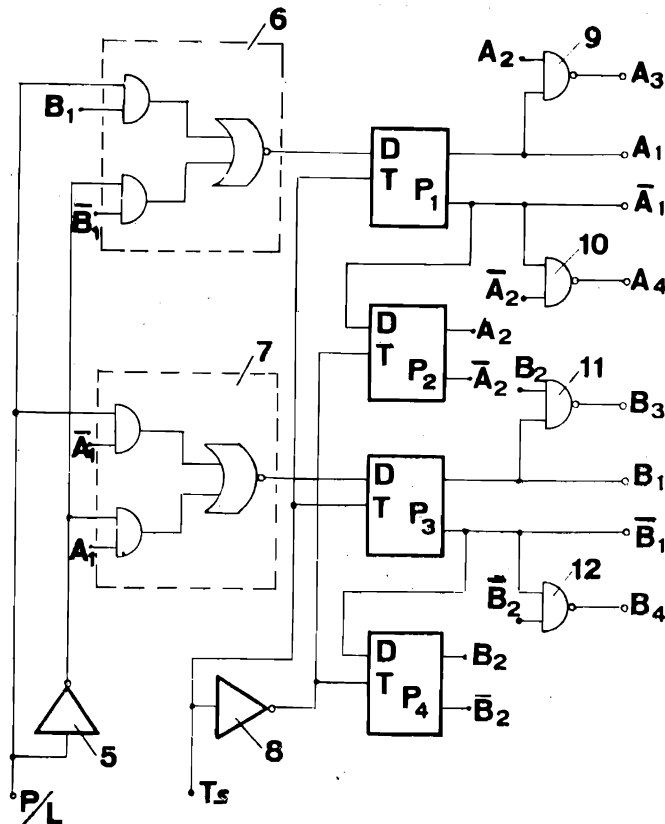


FIG. 1

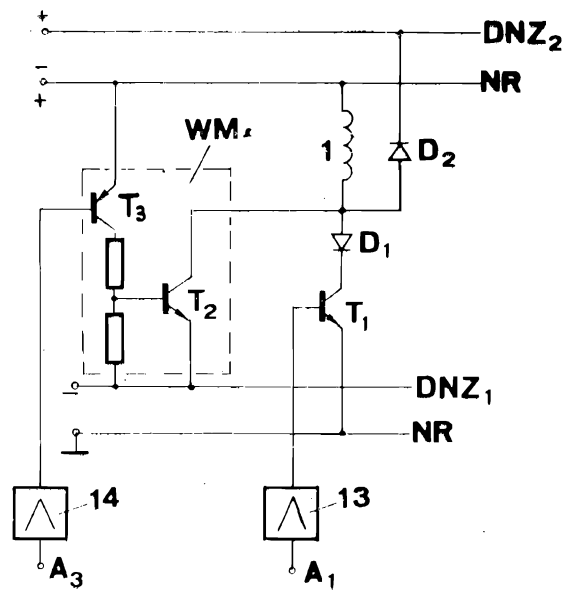


FIG. 2

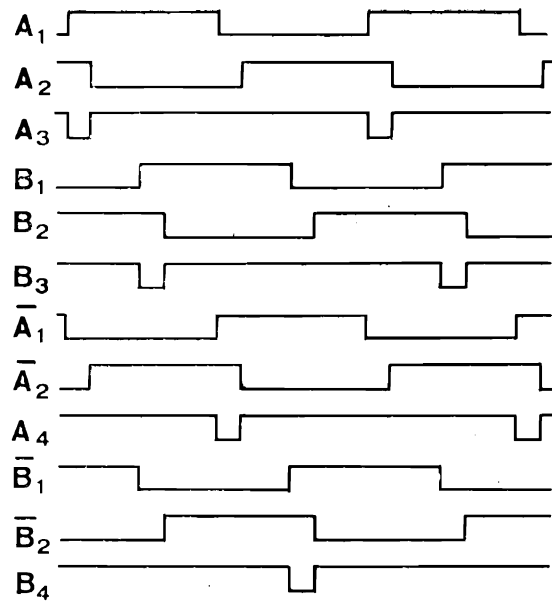


FIG. 3

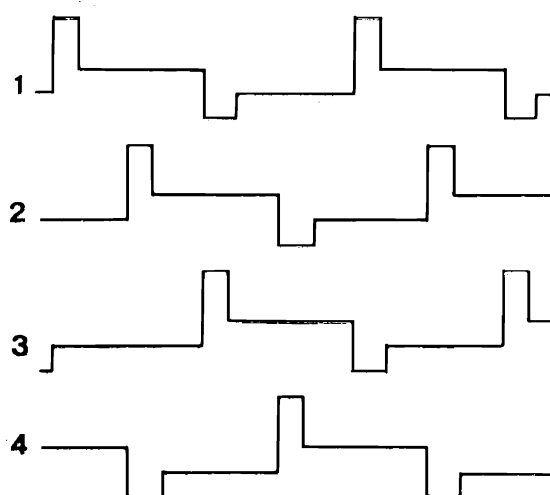


FIG. 4