



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu nr _____

Int. Cl.³ H02P 3/14

Zgłoszono: 10.10.80 (P. 227247)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 21.08.81

Opis patentowy opublikowano: 30.06.1984

Twórcy wynalazku: Stefan Haniewicz, Włodzimierz Andruszczuk

Uprawniony z patentu tymczasowego: Wyższa Szkoła Inżynierska im. J. Gagarina,
Zielona Góra (Polska)

Elektryczny układ napędu rewersyjnego

Przedmiotem wynalazku jest elektryczny układ napędu rewersyjnego do rekuperacji energii hamowania silnika prądu stałego do sieci prądu przemiennego w nawrotnych układach napędowych zasilanych z sieci prądu przemiennego poprzez niesterowany prostownik.

Zwrot energii do źródła zasilającego możliwy jest w układach napędowych zasilanych z sieci prądu stałego lub autonomicznych źródeł dopuszczających zmianę kierunku przepływu prądu w swoim obwodzie. Przy zasilaniu układu z sieci prądu przemiennego poprzez prostownik niesterowany przepływ energii od silnika prądu stałego do sieci prądu przemiennego, bezpośrednio, jest niemożliwy z powodu jednokierunkowego przewodnictwa elementów prostownika niesterowanego. Znane są w technice układy przekształtnikowe do napędu rewersyjnego, w których kierunek momentu statycznego jest zmienny, regulacja prędkości obrotowej lub zmiana kierunku wirowania realizowana jest za pomocą dodatkowego oporu hamowania. Wytracanie ciepła na dodatkowym oporze hamowania znacznie obniża efektywność wykorzystania energii i obniża współczynnik sprawności układu. Znane są już obecnie układy sterowania silnikiem prądu stałego, z których niedogodność ta została wyeliminowana. Układ taki zawiera prostownik niesterowany wraz z filtrem, na wyjściu którego podłączony jest półprzewodnikowy przekształtnik w układzie mostkowym. W przekątną mostków diod zwrotnych i mostka elementów komutowanych jest włączony twornik silnika prądu stałego. Diody jednej gałęzi mostka są połączone szeregowo z opornikami pomocniczymi. Do przekątnej mostków, w której umieszczony jest silnik poprzez diody pomocnicze i łączy kolektor-emiter pomocniczych tranzystorów przełączających, z obu jej stron, podłączony jest jeden z zacisków sterowanego siecią falownika. Łączy baza-kolektor pomocniczych tranzystorów jest zbocznikowane opornikami szeregowo połączonymi z diodami jednej z gałęzi mostka diod zwrotnych. Drugi zacisk sterowanego siecią falownika jest bezpośrednio przyłączony do punktu zwierającego galwanicznie wyjście mostka diod zwrotnych i wejścia na mostek siłowych elementów komutowanych. Zasadniczym niedostatkim wymienionego układu jest powstawanie zwarć prostownika poprzez obwód rekuperacji przy przechodzeniu maszyny elektrycznej z pracy generatorowej na pracę silnikową tj. przy przechodzeniu prądu twornika przez zero, oraz stosowania dwóch półprzewodnikowych elementów sterowanych do przełączania silnika do pracy rekuperacyjnej.

Celem wynalazku jest uniknięcie powyższych niedogodności a zadanie polega na opracowaniu schematu układu umożliwiającego rekuperację energii hamowania silnika prądu stałego do sieci prądu przemiennego z wyeliminowaniem zwarć impulsowych prostownika, podwyższenie sprawności energetycznej układu napędowego, zminimalizowanie strat energii w postaci ciepła.

Zadanie to zostało zrealizowane przy pomocy układu, w którego schemacie połączeń charakterystycznym jest to, że wejście falownika jednym zaciskiem jest połączone poprzez pomocniczą diodę na wyjście z mostka diod zwrotnych, natomiast drugim zaciskiem poprzez diodę i łącze kolektor-emitor tranzystora przełączającego z punktem zwierającym galwanicznie wyjście mostka sterowanego i wejścia mostka diod zwrotnych. Równocześnie wyjście z mostka diod zwrotnych połączone jest poprzez opornik i diodę kierunkową z wejściem na komutowane siłowe elementy półprzewodnikowe, przy czym dioda kierunkowa uniemożliwia przepływ prądu bezpośrednio z niesterowanego prostownika do obwodu falownika. Przepływ prądu przez opornik i diodę kierunkową wywołuje zadziałanie pomocniczego elementu przełączającego, który załącza do obwodu falownika silnik wykonawczy znajdujący się w stanie hamowania. Falownik w każdym momencie przygotowany jest do przyjmowania energii hamowania silnika wykonawczego. Przy pracy silnikowej maszyny elektrycznej falownik pracuje na biegu jałowym, tzn. nie występuje przepływ energii do sieci prądu przemiennego.

Układ napędu rewersyjnego z silnikiem prądu stałego zasilany z sieci prądu przemiennego z możliwością rekuperacji energii hamowania generatorowego, będący przedmiotem wynalazku jest pewny w działaniu. Podnosi stopień efektywnego wykorzystania energii w układzie napędowym. Wysoka częstotliwość komutacji napięcia zasilania silnika w układach tranzystorowych leżąca w zakresie $2 \div 20$ kHz znacznie mniejsza w porównaniu z układami tyrystorowymi współczynnik kształtu prądu. Pozwala to na używanie jako elementów wykonawczych silników z litymi nabiegunnikami. Wysoka częstotliwość komutacji eliminuje również zjawisko wibracji silnika roboczego. Tranzystorowe układy napędowe mają dużą sztywność dynamiczną. Są szczególnie predysponowane do zastosowań w robotach przemysłowych, w napędach urządzeń precyzyjnych w technice optycznej, w cyfrowo sterowanych napędach.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na załączonym schemacie. Omawiany układ napędu składa się z mostka siłowych tranzystorów 1, 2, 3 i 4, silnika 5 prądu stałego, mostka zwrotnych diod 6, 7, 8, 9, bloku zasilania i bloku rekuperacji. Blok zasilania składa się z zasilającego transformatora 10, niesterowanego prostownika 11, oraz wygładzającego kondensatora 12. Obwód rekuperacji energii hamowania składa się ze sterowanego napięciem sieci falownika 13, kondensatora pomocniczego 14, diody 15, tranzystora 16 i diody 17. Silnik 5 jest włączony w przekątną mostków tranzystorowego i diod zwrotnych. Katody diod 6 i 9 połączone są poprzez diodę 17 na zacisk a sterowanego napięciem sieci falownika 13 z kondensatorem 14. Zacisk b falownika 13 poprzez diodę 15 i łącze emiter-kolektor przełączającego tranzystora 16, połączony jest z punktem wspólnym tranzystorów 2 i 3 oraz anod diod 7 i 8. Baza tranzystora 16 połączona jest między opornik 18 a diodę 19. Wyjście falownika 13 załączone jest na uzwojenie pomocnicze zasilającego transformatora 10. Źródłem energii zasilania silnika 5 jest sieć prądu przemiennego. Napięcie wyprostowane z prostownika 11 podaje się impulsowo na zaciski silnika 5. Tranzystory 1 i 2 są komutowane naprzemian, tranzystor 3 znajduje się w stanie przewodzenia, jego punkt pracy znajduje się stale w obszarze nasycenia, tranzystor 4 nie przewodzi, jego punkt pracy znajduje się w obszarze odcięcia, w wyniku czego napięcie na zaciskach silnika ma w przybliżeniu przebieg fali prostokątnej. W czasie t_1 , w którym tranzystor 1 jest w stanie przewodzenia, prąd przepływa od dodatniego zacisku niesterowanego prostownika 11, przez łącze emiter-kolektor tranzystora 1, do twornika silnika 5, łącze kolektor-emiter stale znajdującego się w stanie przewodzenia tranzystora 3 do ujemnego zacisku prostownika 11. Natomiast w czasie t_2 , kiedy na silnik 5 nie jest podawane napięcie zasilania, punkt pracy tranzystora 1 znajduje się w obszarze odcięcia, tranzystor 2 jest w stanie przewodzenia, prąd twornika pod wpływem samoindukcji płynie w poprzednim kierunku przez łącze kolektor-emiter tranzystora 3, diodę 7 i twornik silnika 5. Dioda 19 spolaryzowana jest w kierunku zaporowym. Pod wpływem potencjalnego momentu obciążenia lub przy szybkim zmniejszeniu się czasu trwania impulsów napięcia, kiedy SEM twornika jest większe od napięcia zasilającego, prąd zmienia kierunek przepływając w czasie t_2 przez łącze kolektor-emiter tranzystora 2, diodę 8 i twornik silnika 5. W interwale t_1 , początkowy impuls prądu przepływa od

twornika silnika 5 przez diodę 6, opornik 18, diodę 19, kondensator 12, diodę 8 do silnika 5. Przepływ prądu przez opornik 18 i diodę 19 powoduje przełączenie w stan przewodzenia tranzystor 16. W tym momencie następuje proces oddawania energii hamowania do sieci prądu przemiennego. Prąd płynie w obwodzie od silnika 5 przez diodę 6, diodę 17 do falownika 13 z kondensatorem 14, diodę 15, złącze kolektor-emiter tranzystora 16, diodę 8 do silnika 5. Dioda 19 przy pracy silnikowej maszyny elektrycznej 5 zabezpiecza obwód falownika 13 przed przepływem prądu z prostownika niesterowanego. Przy rewersowaniu napięcia w procesie zmiany kierunku wirowania silnika wykonawczego przełączane są impulsy sterowania z tranzystorów 1 i 2 na tranzystory 4 i 3 a sygnały sterujące z tranzystorów 3 i 4 na tranzystory 2 i 1. Po dokonaniu przełączenia tranzystory 3 i 4 są naprzemian komutowane. Punkt pracy tranzystora 1 znajduje się w obszarze odcięcia — tranzystor 1 jest w stanie zaporowym a punkt pracy tranzystora 2 znajduje się w obszarze nasycenia — tranzystor 2 jest w stanie przewodzenia. Po zmianie biegunowości napięcia podawanego na zaciski silnika 5, prąd w uzwojeniu twornika silnika 5 nie zmienia kierunku przepływu zamykając się w obwodzie przez diodę 9, opornik 18, diodę 19, kondensator 12, diodę 7 i twornik silnika 5. Przepływ prądu przez opornik 18 powoduje załączenie w stan przewodzenia tranzystor 16. Następuje przekazanie energii hamowania do falownika 13. Po zmianie kierunku przepływu prądu, płynie on pod wpływem impulsowo przykładanego napięcia i SEM twornika, których kierunki działania są zgodne. Wartość prądu gwałtownie rośnie. Po przekroczeniu dopuszczalnej wielkości zabezpieczenie od przeciążeń prądowych blokuje sterowanie tranzystorów siłowych. Podobnie jak w wyżej opisanych przypadkach następuje przepływ energii do falownika 13. Po zmianie kierunku wirowania i zmianie kierunku działania SEM twornika, prąd twornika w interwale t_1 przepływa od prostownika 11 przez złącze emiter-kolektor tranzystora 4, twornik silnika 5, złącze kolektor-emiter tranzystora 2 do drugiego zacisku prostownika 11. W interwale t_2 prąd pod wpływem SEM samoindukcji przepływa w obwodzie twornika silnika 5, złącze kolektor-emiter tranzystora 2, diodę 8 do twornika silnika 5.

Zastrzeżenie patentowe

Układ napędu rewersyjnego do rekuperacji energii hamowania silnika prądu stałego włączanego w przekątną mostka sterowanych półprzewodnikowych elementów siłowych i mostka diod zwrotnych, zasilanego z sieci prądu przemiennego przy pomocy niesterowanego urządzenia prostownikowego, **znamienny tym**, że wyjście prądowe mostka diod zwrotnych jest włączone odpowiednio na kondensator (14) równolegle załączony na wejściu sterowanego napięciem sieci falownika (13), zaś wyjście falownika (13) połączone jest z uzwojeniem pomocniczym zasilającego transformatora (10), przy czym zacisk ujemny wejścia falownika (13) połączony jest poprzez diodę (15) oraz przejście prądowe kolektor-emiter przełączającego tranzystora (16) z punktem galwanicznie zwierającym wyjście prądowe tranzystorów (2, 3) mostka sterowanego z anodami zwrotnych diod (7, 8), równocześnie wyjście prądowe mostka diod zwrotnych katodami diod (6, 9) połączone jest poprzez opornik (18) i kierunkową diodę (19) z wejściem prądowym tranzystorów (1, 4) mostka sterowanego, natomiast baza przełączającego tranzystora (16) połączona jest galwanicznie z punktem pomiędzy opornikiem (18) a kierunkową diodą (19).

