



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 06.02.76 (P. 187059)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 29.08.77

Opis patentowy opublikowano: 31.01.1981

Int. Cl.² H02K 37/00

Twórca wynalazku: Jerzy Borkowski

Uprawniony z patentu: Polska Akademia Nauk — Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Warszawa (Polska)

Wielopakietowy silnik skokowy

1

Przedmiotem wynalazku jest wielopakietowy silnik skokowy przeznaczony do napędów dyskretnych sterowanych numerycznie, a w szczególności w przemyśle precyzyjnym, obrabiarkowym, automatyzacji, robotach i manipulatorach.

Znane wielopakietowe silniki skokowe posiadają tyle identycznych pakietów stojana co faz, a każdy pakiet tworzy wraz z rdzeniem wirnika oddzielny obwód magnetyczny wzbudzany uzwojeniem jednej fazy. Zarówno pakiety stojana, jak i rdzenie wirnika są uzębione, przy czym podziałki zębowe wirników i stojanów są takie same. Osie magnetyczne poszczególnych pakietów, bądź uzębionych rdzeni wirników, są przesunięte względem siebie na obwodzie maszyny o kąt równy podziałce zębowej jednego pakietu podzielonej przez liczbę faz (pakietów). Ponieważ wszystkie pakiety umieszczone są na stałe w jednym korpusie stojana, a rdzenie wirnika na wspólnym wale, to przez kolejne wzbudzanie poszczególnych faz (lub ich kombinacji) uzyskuje się kolejne położenie wirnika przesunięte pomiędzy sobą o kąty odpowiadające przesunięciu pakietów. Liczba skoków na obrót jest, przy określonej liczbie zębów wirnika, tym większa im większa jest liczba faz.

Istniejące rozwiązanie wielopakietowych silników skokowych można podzielić na dwie zasadnicze grupy. W silnikach pierwszej grupy strumień magnetyczny w strefie stojana i wirnika oraz w szczelinie powietrznej skierowany jest promieniowo.

2

Uzwojenie stojana ułożone jest zazwyczaj w żłobkach stojana w postaci rozłożonych cewek, lub przy biegunach wydatnych ułożone jest na pieńkach biegunów, jako cewki skupione. W obu przypadkach obwód magnetyczny jest dwubiegunowy. Nie jest to układ korzystny, gdyż drogi magnetyczne w jarzmach stojana i wirnika są długie i muszą być dostatecznie grube do przeprowadzenia dużych strumieni. Połączenia czołowe uzwojeń są długie, a więc i strumienie rozproszenia są duże, a występujący tu ciąg magnetyczny w jednej osi maszyny jest również zjawiskiem niekorzystnym. Nie udaje się ponadto uzyskać w takim układzie obciążenia maszyny na pełnym obwodzie, stąd niepełne wykorzystanie materiałów czynnych.

W silnikach drugiej grupy strumień przechodzi przez zęby, często i jarzmo, wirnika w kierunku poosiowym między dwoma bokami jednego pakietu stojana. Uzwojenie jest zwykle w postaci jednej cewki cylindrycznej, umieszczonej między dwoma bokami pakietu, dzięki czemu strumienie rozproszone są tu znikome. Główną wadą takiego rozwiązania jest konieczność dawania stosunkowo dużych szczelin powietrznych, gdyż trudno jest technologicznie zrobić małe szczeliny poosiowe. Powierzchnie czynne stojana są tu zwykle niewielkie, a więc i wykorzystanie maszyny małe.

Celem wynalazku jest opracowanie wielopakietowego silnika skokowego nie mającego wad znanych rozwiązań.

Cel ten osiągnięto przez opracowanie wielopakietowego silnika skokowego o takiej samej ilości osobnych pakietów, co faz. Osie magnetyczne pakietów przesunięte są względem siebie na obwodzie silnika.

Istota wynalazku polega na tym, że każdy pakiet stojana ma cztery bieguny wydadne i nabiegunki pakietów stojana mają zęby, których podziałka zębowa jest równa podziałce zębowej wirnika. Na biegunach wydalnych pakietu znajdują się cewki uzwojenia jednej fazy, tworzące układ czterobiegunowy.

Cewki znajdujące się na przeciwległych biegunach wydalnych mogą tworzyć pary cewek, z których jedna jest uzwojeniem podmagnesowującym, a druga uzwojeniem sterującym. Na jednej parze przeciwległych biegunów wydalnych mogą znajdować się cewki będące uzwojeniem sterującym, a na drugiej parze biegunów wydalnych magnesy trwałe, dające strumień podmagnesowujący.

Przez połączenie czterech cewek w układ maszyny czterobiegunowej uzyskuje się skrócenie, w porównaniu do maszyny dwubiegunowej, drogi strumieni w łożyskach, krótsze połączenia czołowe — mniejsze rozproszenie, a ciąg magnetyczny rozłożony na dwie prostopadłe do siebie osie daje mniejsze obciążenia promieniowe w łożyskach i mniejsze ugięcie wału. Dzięki mniejszemu wysięgom połączeń czołowych maszyna może być krótsza, a jej wykorzystanie większe.

Przez utworzenie z jednej pary cewek przeciwległych uzwojenia sterującego, a z drugiej, nawiniętej przykładowo innym drutem, uzwojenia podmagnesowującego zasilanego stale prądem stałym otrzymuje się silnik reluktancyjny z podmagnesowaniem, który ma pewien moment trzymający przy odłączeniu uzwojeń sterujących od źródła zasilania, i lepsze wewnętrzne tłumienie drgań.

Zastępując parę cewek tworzących układ podmagnesowujący magnesami trwałymi uniknie się konieczności posiadania dodatkowego źródła prądu stałego. W tym przypadku może się okazać, że lepiej będzie biegunowość magnesów trwałych i cewek sterujących ukształtować tak, by jedna para biegunów leżąca w jednej osi była biegunami sterującymi, a bieguny w osi drugiej tworzyły bieguny podmagnesowujące. Zależy to od materiału magnesów i jego przenikalności magnetycznej — mała przenikalność magnesów w obwodzie głównym może bowiem znacznie osłabić strumień sterujący.

Pakiety wykonane według wynalazku mogą być oczywiście użyte do budowy silnika na dowolną liczbę faz — większą od dwóch (dla silników rewersyjnych).

Silnik według wynalazku jest poniżej dokładniej omówiony w przykładzie wykonania z wykorzystaniem rysunku przedstawiającego na fig. 1 przekrój poprzeczny przez jeden pakiet silnika, fig. 2 — przekrój podłużny przykładowo wykonanego silnika czterofazowego, fig. 3 — schematycznie przesunięcia względem siebie poszczególnych pakietów silnika czterofazowego na obwodzie maszyny, fig. 4 — pakiet dla silników o dużej liczbie zębów

na obwodzie, fig. 5 — przekrój poprzeczny pakietu z rozdzielonymi uzwojeniami na sterujące i podmagnesowujące, a fig. 6 i 7 — rozmieszczenie magnesów dających strumień podmagnesowujący.

Jak widać na fig. 1, blachowany pakiet stojana 1 ma ukształtowane cztery wydadne bieguny 2 rozłożone symetrycznie na obwodzie. Wewnątrz pakietu znajduje się rdzeń wirnika 3 danej fazy. Na każdym biegunie umieszczona jest cewka 4, przy czym wszystkie cztery cewki na jednym pakiecie tworzą uzwojenie jednej fazy i połączone są tak, aby strumień magnetyczny zamykał się po takich drogach jak to pokazują linie przerywane 5 i tworzyły układ czterobiegunowy.

Zarówno w rdzeniu wirnika, jak i w nabiegunkach biegunów wycięte są żłobki, przy czym liczba zębów 6 wirnika z_1 powinna być wielokrotnością czterech. Liczba zębów stojana 7 — z_2 dla silników o małej liczbie zębów wirnika może być równa liczbie zębów wirnika $z_1 = z_2$ i wtedy liczba zębów na jednym nabiegunkach jest czwartą częścią liczby zębów wirnika $z_b = \frac{z_1}{4} = \frac{z_2}{4}$. Przy więk-

szej liczbie zębów wirnika szerokość żłobków jest niewielka, a więc mała jest przestrzeń między bokami sąsiednich nabiegunków, co stwarza trudności technologiczne przy nawijaniu uzwojeń i zwiększa strumienie rozproszone pomiędzy nabiegunkami. W tym przypadku należy dawać liczbę zębów na nabiegunkach mniejszą o jeden lub więcej zębów od $\frac{z_1}{4}$, jak to pokazano na fig. 4.

Zawsze jednak podziałki zębowe stojanów i wirników powinny być takie same.

Wszystkie pakiety danej maszyny umieszczone są w korpusie 8, jak to pokazano przykładowo dla maszyny czterobiegunowej na fig. 2, przy czym są one względem siebie poprzysuwane na obwodzie maszyny o odpowiednie kąty, co pokazano schematycznie na fig. 3 dla silnika o dwunastu zębach wirnika $z_2 = 12$. Wewnątrz pakietów umieszczony jest wirnik 9, ułożyskowany względem korpusu za pomocą tarcz łożyskowych 10 i 11. Wirnik zbudowany jest w ten sposób, że na wspólny wał silnika nałożone jest tyle rdzeni wirnika 3 ile jest faz (pakietów). Zęby na rdzeniach wirnika leżą w tych samych osiach dla wszystkich rdzeni danej maszyny, czyli nie są przesunięte względem siebie.

W celu uzyskania pewnego momentu trzymającego przy odłączeniu uzwojeń sterujących jedna para cewek 12 każdego pakietu połączona jest bezpośrednio do źródła prądu stałego przez co otrzymuje się stały strumień podmagnesowujący. Ponieważ strumień ten powinien być mniejszy od strumienia sterującego, wywołanego przez drugą parę cewek 13, to cewki podmagnesowujące winny wytwarzać mniejszy przepływ, na przykład mieć mniej zwoi od cewek sterujących, jak to pokazuje fig. 5.

Zamiast cewek podmagnesowujących można również na jednej parze biegunów umieścić magnesy trwałe 14. W zależności od własności materiału magnesów trwałych (przenikalność magnetyczna, energia remanencji) oraz geometrii obwodu magne-

tycznego może tu być użyty układ magnesów i cewek jak na fig. 6 lub na fig. 7.

W tak zbudowanych silnikach można uzyskać wysokie wykorzystanie, to jest duże momenty obrotowe w stosunku do objętości silnika, przy wysokich parametrach eksploatacyjnych, jak na przykład duża szybkość działania. Łatwo można tu otrzymać strumień podmagnesowujący (wytworzony elektromagnetycznie lub magnesem trwałym), przy dobrym wykorzystaniu obwodu magnetycznego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wielopakietowy silnik skokowy o takiej samej ilości osobnych pakietów co ilość faz, których osie magnetyczne przesunięte są względem siebie na obwodzie silnika, **znamienny tym**, że każdy pakiet stojana (1) ma cztery bieguny wydätne (2) i nabiegunkniki pakietów stojana mają zęby (7), których

podziałka zębowa jest równa podziałce zębowej wirnika.

2. Wielopakietowy silnik skokowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że na biegunach wydätnych (2) pakietu znajdują się cewki (4) uzwojenia jednej fazy tworzące układ czterobiegunowy.

3. Wielopakietowy silnik skokowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że cewki znajdujące się na przeciwnych biegunach wydätnych (2) tworzą parę cewek, z których jedna jest uzwojeniem podmagnesowującym (12), a druga uzwojeniem sterującym (13).

4. Wielopakietowy silnik skokowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że na jednej parze przeciwnych biegunów wydätnych (2) znajdują się cewki będące uzwojeniem sterującym (13), a na drugiej parze biegunów wydätnych (2) znajdują się magnesy trwałe (14), dające strumień podmagnesowujący.

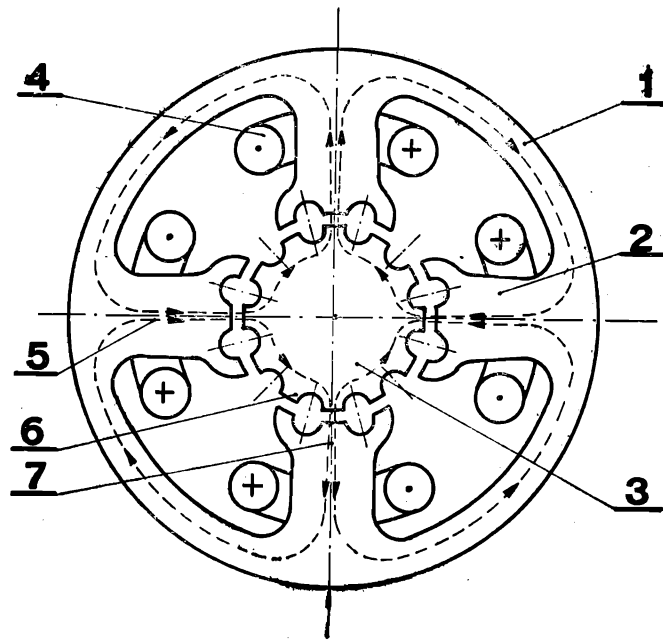


FIG. 1

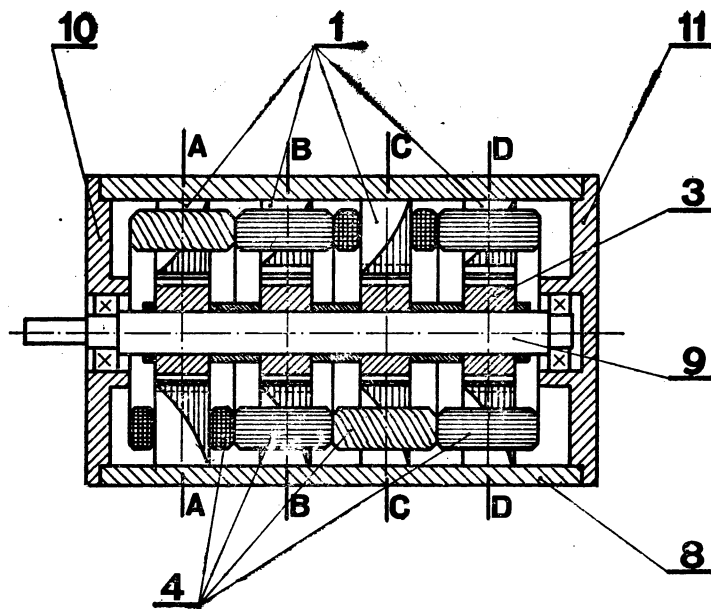


FIG. 2

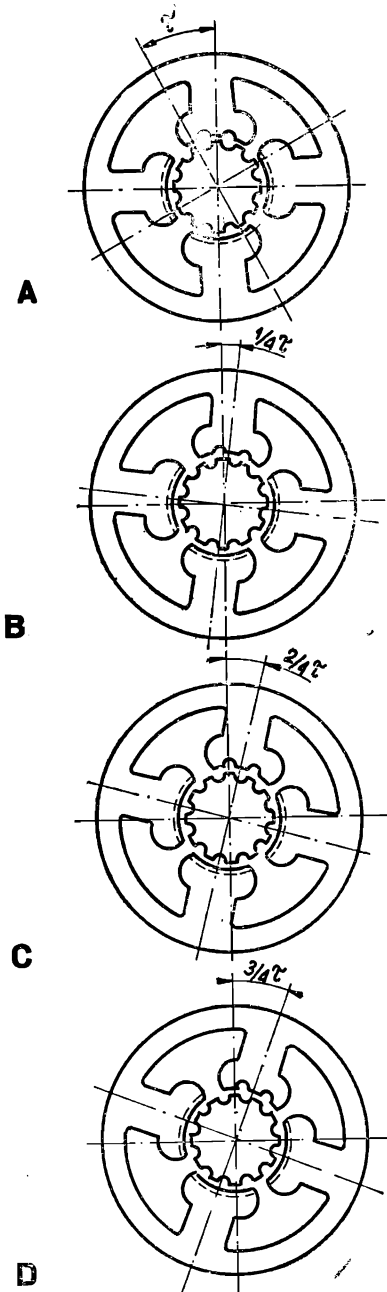


FIG. 3

108 015

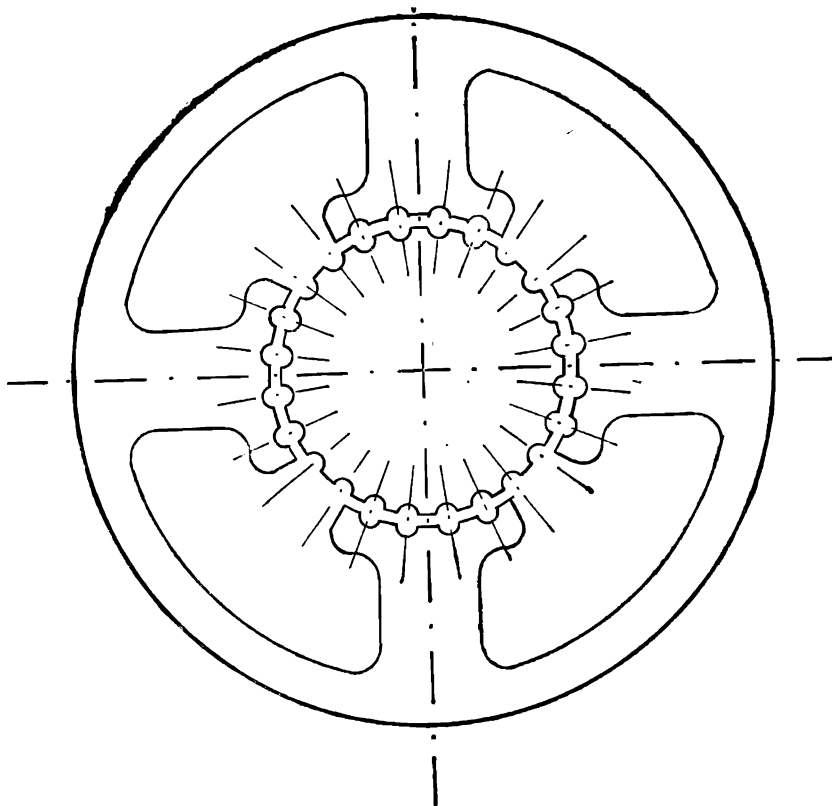


FIG. 4

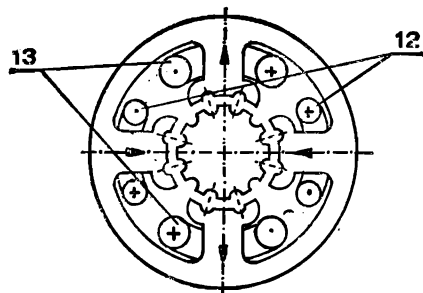


FIG. 5

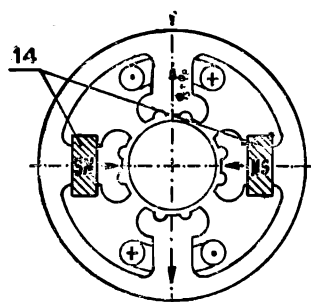


FIG. 6

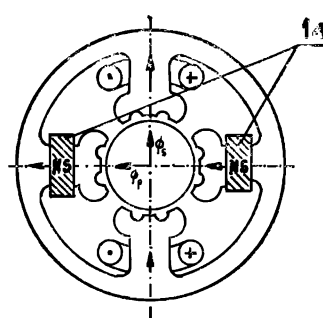


FIG. 7

OZGraf. Z.P. Dz-wo, z. 532 (105+20) 12.80

Cena 45 zł