



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 24.07.76 (P. 191417)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.01.78

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1982

Int. Cl.² F16D 27/14

Twórcy wynalazku: Oleg Nikolaevic Tatur, Viktor Petrovič Žed, Grigorij
Maksovič Flidlidier, Gennadij Sergeevič Džavachov

Uprawniony z patentu: Eksperimental'nyj Naučno-Issledovatel'skij In-
stitut Metallorežuščich Stankov, Moskwa (Zwią-
zek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Sprzęgło elektromagnetyczne

1

Przedmiotem niniejszego wynalazku jest sprzęgło elektromagnetyczne ze sprzężeniem mechanicznym, a w szczególności cierne lub kłowe sprzęgło elektromagnetyczne z drobnym czołowym zębem, znajdujące zastosowanie w napędach obrabiarek i innych maszyn, na przykład w automatycznych skrzyniach przekładniowych, mechanizmach podających i wspomagających przemieszczenie.

Najszerze zastosowanie w obrabiarkach skrawających i innych urządzeniach znalazły sprzęgła elektromagnetyczne z magnetycznie przewodzącymi tarczami podwójnie przenikanyymi przez strumień magnetyczny, w związku z czym dalszy opis odnosi się do takich typów sprzęgieł.

Znana konstrukcja sprzęgła elektromagnetycznego składa się z litego lub składanego korpusu, wewnętrznych magnetycznie przewodzących tarcz sprzęgniętych z ferromagnetyczną tuleją nośną, magnetycznie przewodzących tarcz sprzęgniętych z wodzikim oraz zwory izolowanej od tulei nośnej elementem dystansowym z materiału niemagnetycznego.

Każda tarcza składa się z zewnętrznego i wewnętrznego pierścienia połączonych łącznikami.

Moment wytworzony przez sprzęgło elektromagnetyczne składa się z momentów tarcia proporcjonalnych do normalnej siły działającej na daną parę tarcz.

Siła ta, będąca wynikiem magnetycznego przyciągania, jest proporcjonalna do kwadratu robo-

2

czego strumienia magnetycznego przenikającego pierścienia tarcz. Jednakże w sprzęgłach z magnetycznie przewodzącymi tarczami istnieją także magnetyczne strumienie upływności pierścieni zewnętrznych tarcz na wewnętrzne poprzez łączniki i z wewnętrznych tarcz do tulei poprzez sprzęgły oraz strumień rozproszenia z korpusu sprzęgła na wał.

Strumień upływności przez łączniki powoduje zmniejszenie roboczego strumienia magnetycznego i momentu wytworzonego przez daną parę tarcz w miarę oddalenia miejsca położenia tarcz od biegunów. W przypadku wykonania tarcz całkowicie z arkusza blachy zjawisko to zasadniczo jest nie do uniknięcia.

Strumień upływności z wewnętrznych tarcz do tulei zamyka się przez końcową część tulei na korpus sprzęgła elektromagnetycznego. Strumień ten powoduje zmniejszenie roboczego strumienia magnetycznego i momentu wytworzonego przez daną parę wewnętrznych pierścieni tarcz w miarę zbliżania miejsca położenia tarcz do płaszczyzny biegunów korpusu.

Strumień rozproszenia z korpusu na wał przechodzi przez sprzężoną z korpusem część tulei. Dalej strumień ten przechodzi przez wał, następnie przez łożyska wału /od strony zwory sprzęgła elektromagnetycznego/ oraz inne części mechanizmu, do którego wbudowane jest sprzęgło, i za-

myka się na skutek przewodność rozproszenia w powietrzu na górną część korpusu sprzęgła

Strumień rozproszenia nie uczestniczy w wytwarzaniu momentu sprzęgła elektromagnetycznego a jedynie powoduje szkodliwe sprzężenie pogarszające właściwości dynamiczne sprzęgła.

Wzrost sumarycznego strumienia zamykającego się przez tylną ściankę korpusu na skutek dodania strumieni upływności i rozproszenia zmusza do zwiększenia grubości tej ścianki.

Uwzględniając powyższe, szkodliwy wpływ strumieni upływności i rozproszenia polega na zmniejszeniu wynikowego momentu elektromagnetycznego sprzęgła, pogorszeniu wykorzystania objętości stali korpusu, zwiększeniu czasu trwania stanów nieustalonych i na zwiększonym magnesowywaniu wałów, łożysk i innych przyległych elementów węzła.

Konstrukcyjną wadą, powodującą wskazane wyżej szkodliwe efekty, jest bezpośrednie osadzenie korpusu elektromagnetycznego sprzęgła na ferromagnetycznej tulei nośnej.

Znane sposoby likwidacji wymienionej wyżej wady są skierowane, po pierwsze na wykonywanie tulei nośnych z materiału niemagnetycznego. Wiadomo, że tuleje wykonane z niemagnetycznych stali konstrukcyjnych /na przykład chromoniklowych/ są trudno obrabialne i źle poddają się utwardzaniu, niezbędnemu w związku z wysokimi jednostkowymi obciążeniami na zębach tulei. Również zęby tulei wykonanych z metali kolorowych źle się utwardzają.

W obu przypadkach aby zmniejszyć obciążenia na zębach należy zwiększyć rozmiary tulei. A więc pozytywny efekt uzyskuje się tu kosztem zastosowania bardziej skomplikowanej technologii, zwiększenia kosztów własnych, zmniejszenia odporności na zużycie lub zwiększenia rozmiarów sprzęgła. Po drugie na zastosowaniu tulei złożonych z właściwej tulei ferromagnetycznej i niemagnetycznej gilzy, umieszczonej na końcowej części tulei i izolującej magnetycznie korpus od tulei i wału, co prowadzi do zwiększenia pracochłonności i rozmiarów poprzecznych tulei. Co z kolei przy określonej średnicy otworu osadczego równoważne jest ze zwiększeniem wymiarów poprzecznych sprzęgła. Jednakże nawet opisane konstrukcyjne zmiany nie zapewniają możliwości uzyskania pełnego możliwego skutku, gdyż sprzyjając usuwaniu lub zmniejszaniu szkodliwych strumieni upływności i rozproszenia, nie zapewniają warunków dla najlepszego wykorzystania aktywnych materiałów /to jest stali i miedzi/ w objętości korpusu pod względem uzyskania maksymalnej siły przyciągania i momentu.

Celem niniejszego wynalazku jest usunięcie wyżej opisanych niedogodności.

Natomiast zadaniem wynalazku jest opracowanie konstrukcji sprzęgła elektromagnetycznego zapewniającego wytworzenie maksymalnej możliwej siły przyciągania i momentu przy zadanych gabarytach, stosowanych materiałach i podstawowych procesach technologicznych po przez zmianę konstrukcji mocowania korpusu na tulei nośnej oraz po przez wykonanie korpusu z określonym stosun-

kiem wewnętrznych wymiarów geometrycznych, optymalnym w sensie wytwarzanej siły przyciągania.

Zadanie zostało zrealizowane w wyniku zaprojektowania sprzęgła elektromagnetycznego ze sprzężeniem mechanicznym, zawierającego nośną tuleję ferromagnetyczną, na której wieńcu zębatym usytuowany jest zespół magnetycznie przewodzących tarcz ciernych. Po jednej stronie tarcz ciernych umieszczona jest zwora, a z drugiej — korpus, zamocowany na nośnej tulei ferromagnetycznej. Według wynalazku między zewnętrzną powierzchnią części końcowej nośnej tulei ferromagnetycznej i obejmującą ją wewnętrzną powierzchnią korpusu przewidziana jest szczelina powietrzna. Przy tym korpus jest połączony z tuleją za pomocą czołowego niemagnetycznego spawu spawalniczego.

Korzystnym jest gdy korpus ma pierścieniowe bieguny, których powierzchnia stanowi 20-25% powierzchni czołowej korpusu.

Korzystnym jest również, gdy w końcowej części tulei, w pobliżu spawu wykonane są otwory łączące się z powierzchnią szczeliny, zapewniające doprowadzenie smaru na tarcze cierne przez szczelinę powietrzną.

Magnetyczna izolacja korpusu od ferromagnetycznej tulei nośnej za pomocą szczeliny powietrznej i czołowego niemagnetycznego spawu zajmuje znacznie mniejszą objętość, niż pośrednia gilza niemagnetyczna i praktycznie nie powoduje zwiększenia wymiarów sprzęgła elektromagnetycznego. Jednocześnie eliminuje się konieczność realizacji dwóch dokładnych pasowań i zapewnia się możliwość końcowej obróbki biegunów korpusu względem otworu osadczego w tulei. Wyeliminowanie strumieni upływności na tuleję i wały /i rozproszenia zapewnia symetryczny rozkład strumienia na biegunach, co przy powierzchni przekroju każdego bieguna równej 0,2—0,25 powierzchni czołowej korpusu zapewniają rozkład miedzi i stali w korpusie odpowiadający warunkom wytwarzania maksymalnej siły przyciągania i momentu.

Doprowadzenie smaru przez otwory w tulei do pierścieniowej szczeliny pod korpusem polepsza odprowadzanie ciepła od uzwojenia pozwalając w ten sposób zwiększyć dopuszczalną gęstość prądu.

Przedmiot wynalazku w przykładowych wykonaniach jest przedstawiony na rysunku na którym fig. 1 przedstawia konstrukcję elektromagnetycznego sprzęgła z korpusem posiadającym stykowe doprowadzenie prądu w postaci pierścienia; fig. 2 — przednie czoło korpusu skierowane ku tarczom sprzęgła elektromagnetycznego; fig. 3 — wykres zależności największej siły przyciągania od stosunku powierzchni przekroju bieguna do całkowitej powierzchni czoła korpusu; fig. 4 — wewnętrzną tarczę z usuniętymi zębami; fig. 5 — wykres jakościowego rozkładu strumienia magnetycznego i siły przyciągania w opisywanej konstrukcji i znanej konstrukcji sprzęgła; fig. 6 — inny przykład wykonania sprzęgła elektromagnetycznego z bezstykowym doprowadzeniem prądu; fig. 7 — poprzeczny przekrój złożonego korpusu

sprzęgła elektromagnetycznego z bezstykowym doprowadzeniem prądu według linii A—A z fig. 6.

Sprzęgło elektromagnetyczne według wynalazku /fig. 1/ składa się z korpusu 1, zamocowanego na ferromagnetycznej tulei nośnej 2 za pomocą czołowego niemagnetycznego spawu, 3, wewnętrznych i zewnętrznych magnetycznie przewodzących tarcz 4 i 5, zwory 6 z niemagnetycznym pierścieniem 7 oraz uzwojenia 8 umieszczonego w pierścieniowym wytoczeniu korpusu 1. Tarcze wewnętrzne 4 są w ząbieniu z zębątnym wieńcem ferromagnetycznej tulei nośnej 2, a tarcze zewnętrzne 5 — z wodzikami sprzęgła 9. Między wewnętrzną powierzchnią korpusu 1 i końcową częścią tulei 2 znajduje się powietrzna szczelina 10, do której doprowadza się smar przez otwory 11 w ferromagnetycznej tulei nośnej 2.

Zewnętrzne i wewnętrzne cylindryczne odcinki korpusu 1 tworzą bieguny 12 /fig. 2/, rozdzielone uzwojeniem 8. Przekroje biegunów 12 mają równe powierzchnie $S_1 = S_2$, a powierzchnia czołowa uzwojenia 8 wynosi S_0 . Suma powierzchni $2S_1$ biegunów 12 i czołowej powierzchni S_0 uzwojenia 8 równa jest całkowitej powierzchni S_Σ czoła korpusu, przy czym zachowany jest następujący stosunek powierzchni:

$$\frac{S_1}{S_\Sigma} = \frac{S_0}{S_\Sigma} = 0,2 \div 0,25$$

Dla wyjaśnienia efektywności wybranego stosunku powierzchni rozpatrzone będzie wyrażenie, określające siłę przyciągania magnetycznego układu sprzęgła elektromagnetycznego:

$$F_m = \frac{k}{2\mu_0} B_1^2 \cdot S_1$$

gdzie F_m — średnia /dla pakietu tarcz/ siła przyciągania, B_1 — indukcja na biegunie o powierzchni S_1 , k — constatny współczynnik, zależy od konstrukcji pakietu tarcz.

Przy zmniejszeniu S_1 powierzchnia S_0 okna pod uzwojenie 8 będzie wzrastała, cewka w warunkach granicznych wypełni korpus a jej powierzchnia czołowa będzie równa powierzchni czołowej korpusu S_Σ . Siła magnesująca I_w będzie maksymalna lecz ograniczona, a iloczyn $B_1^2 \cdot S_1$ przy $S_1=0$ przyjmie wartość zerową /fig. 3/, punkt 0/.

Przy zwiększeniu S_1 powierzchnia okna $S_0 \rightarrow 0$, uzwojenie w ostateczności zniknie, a S_1 będzie maksymalne lecz ograniczone $/S_{1\max} = 0,5 S_\Sigma/$, a iloczyn $B_1^2 \cdot S_1$ przy $I_w=0$, $B_1=0$ także przyjmuje wartość zerową /fig. 3 punkt 0,5/.

Między tymi dwoma granicznymi przypadkami istnieje pewny stosunek między S_1 i S_Σ przy którym iloczyn $B_1^2 \cdot S_1$ osiąga ekstremum /punkty 0,2 ... 0,25, fig. 3/.

Aproksymując górną roboczą część krzywej magnesowania sprzęgła wyrażeniem $I_w = a B_1 p \dots /3/$, $a = \text{const}$, $p = \text{const}$ i wyrażając magnesującą siłę I_w przez powierzchnię S_1 i współczynniki stałe oraz oznaczając przez Δ — gęstość prądu, S_0 — powierzchnię czołową cewki, k_0 — współczynnik wy-

dłużenia cewki, r_1 — średni jej promień, f — współczynnik wypełnienia okna miedzią $b_0 l_0$ — wymiary przekroju okna na cewkę 8 /fig. 1/ otrzymujemy wyrażenie dla obliczenia wysokości okna

$$b_0 = \frac{S_0}{2 \pi r_1} \quad /4/$$

Powierzchnia okna, uwzględniając wyrażenie /4/ jest równa

$$S_0 = b_0 l_0 = K_0 b_0^2 = K_0 C^2 / 2 \pi r_1^2 \quad /5/$$

Wykorzystując wyrażenie /5/ dla S_0 , siła magnesująca wyrazi się:

$$I_w = \Delta \cdot S_0 \cdot f = \frac{K_0 \cdot \Delta \cdot f}{2 \pi r_1^2} S_0^2 \quad /6/$$

Powierzchnia czołowa cewki wynosi

$$S_0 = S_\Sigma - 2 S_1 \quad /7/$$

a kwadrat indukcji uwzględniając wyrażenie /3/ wynosi:

$$B_1 = \frac{1}{a} I_w \frac{2}{p} \quad /8/$$

Wykorzystując dla podstawień wyrażenie /6/, /7/ i /8/ z wyrażenia /1/ otrzymujemy następujące wyrażenie dla siły przyciągania:

$$F_m = K_F / S_\Sigma - 2 S_1 / \cdot S_1 \quad /9/$$

gdzie $K_F = \text{const}$, S_Σ — całkowita powierzchnia czołowa korpusu.

Z badania wyrażenia /9/ na istnienie punktów ekstremalnych zwykłymi metodami wynika, że:

$$S_1 = \frac{P}{2/P+4} S_\Sigma \quad /10/$$

Dla rozpatrywanych rodzajów sprzęgła, mających względnie małe szczeliny powietrzne, przy praktycznie stosowanych wartościach współczynnika K , wykładnik $p=2,6 \div 4$ co przy podstawieniu do /10/ daje wartość optymalnego stosunku:

$$\frac{S_1}{S_\Sigma} = 0,2 - 0,25/ \quad /11/$$

We wbudowanym do mechanizmu sprzęgle przez otwory 11 i powietrzną szczelinę 10 przepompowuje się smar, który przechodząc pod korpusem 1, zapewnia odprowadzenie ciepła od tego ostatniego i kieruje się wgłębieniami między zębami tulei 2 do tarcz 4 i 5. Rozprowadzenie smaru między tarczami jest realizowane dzięki usnięciu w niektórych tarczach części zębów zajmujących różne pozycje katowe na przykład w pierwszej /licząc od biegunów/ wewnętrznej tarczy usuwa się ząb 1 /fig. 4/, w drugiej ząb 2 itd.

Przy załączeniu sprzęgła elektromagnetycznego /fig. 1/ do cewki 8 doprowadza się prąd, elementy doprowadzające prąd nie są pokazane na rysunku. Pod działaniem narastającego strumienia magnetycznego pakiet tarcz 4 i 5 wraz ze zworą 6

przyciąga się do korpusu 1. Roboczy strumień magnetyczny Φ_r zamyka się w obwodzie pokazanym na rysunku linią przerywaną. Strumienie magnetyczne upływności Φ_s i rozproszenia Φ_d rozgałęziające się po części obwodu przedstawionej linią przerywaną z krzyżykami są praktycznie równe zero z powodu zastosowania magnetycznej izolacji tulei 2 w postaci szczeliny powietrznej 10 i czołowego niemagnetycznego spawu 3.

We włączonym elektromagnetycznym sprzęgle pakiet tarcz 4 i 5 jest ściśnięty z maksymalnie możliwą siłą F , której średnia wartość dla pakietu wynosi F_m .

Siła F składa się z siły F_1 ściśnięcia zewnętrznych pierścieni tarcz 4 i 5 oraz siły F_2 ściśnięcia wewnętrznych pierścieni tarcz 4 i 5. Dzięki wyeliminowaniu strumieni upływności na tuleję i wały i rozproszenia oraz zapewnionemu optymalnemu stosunkowi powierzchni $S_1=S_2$ i E_r , siły F_1 i F_2 są równe i maksymalne. Dzięki temu sprzęgło elektromagnetyczne wytwarza moment, maksymalnie możliwy przy danych wymiarach gabarytowych sprzęgła, stosowanych materiałach konstrukcyjnych i tarczach ciernych. Moment przenosi się z wału poprzez nośną ferromagnetyczną tuleję 2, wewnętrzne tarcze 4 i zewnętrzne tarcze 5 na wózek 9 /fig. 1/.

Na fig. 5 pokazany jest jakościowy wykres wartości strumieni magnetycznych Φ_1 , Φ_2 przenikających odpowiednio zewnętrzne i wewnętrzne pierścienie tarcz oraz sił przyciągania F_1 i F_2 na długości sprzęgła zrealizowanego zgodnie z wynalazkiem. Wartości X odpowiadają przy tym współrzędnym osiowym przekroju. Dla porównania linią przerywaną przedstawiono strumień Φ'_1 , Φ'_2 oraz siły F'_1 i F'_2 w sprzęgle z bezpośrednim osadzeniem korpusu na ferromagnetycznej tulei i nieoptymalnym stosunkiem powierzchni przekroju biegunów i czoła korpusu.

Przy odłączaniu sprzęgła elektromagnetycznego ma miejsce przyspieszony zanik strumienia i momentu w związku ze względnym zmniejszeniem zapasu energii magnetycznej na skutek wyeliminowania strumieni upływności i rozproszenia.

Możliwa jest realizacja elektromagnetycznego sprzęgła z bezstykowym doprowadzeniem prądu (ze złożonym korpusem). Przykład wykonania takiego sprzęgła przedstawiony jest na fig. 6.

Konstrukcja ta różni się od opisanej wyżej za-

stosowaniem w miejsce korpusu 1 /fig. 1/ korpusu złożonego składającego się z oporowej tarczy biegunowej 13 i trzymacza 14 z cewką 8, oddzielnego od biegunowej tarczy 13 powietrznymi szczelinami balastowymi 15 i 16. Między oporową tarczą biegunową 13 i ferromagnetyczną tuleją nośną 2 zapewniona jest powietrzna szczelina 10. Mocowanie oporowej tarczy 13 do ferromagnetycznej tulei 2 jest zrealizowane za pomocą czołowego niemagnetycznego spawu 3. W tym przypadku optymalny stosunek określony wyrażeniem /11/ odnosi się do powierzchni, S_1 , S_2 , S_3 przekroju biegunów /fig. 7/, w płaszczyźnie A—A, pokrywającej się z wewnętrzną /to jest zwróconej ku cewce/ powierzchnią oporowej tarczy 13 /fig. 6/.

Smar, przepływający przez powietrzną szczelinę 10, odprowadza część ciepła przekazywanego do korpusu na skutek strat energii mechanicznej, spowodowanych poślizgiem w tarczach ciernych 4 i 5, natomiast odprowadzanie ciepła od cewki jest zapewnione poprzez przepływ smaru przez szczeliny balastowe 15 i 16 między korpusem 1 i trzymaczem 14 cewki 8. W pozostałych szczegółach konstrukcja analogiczna z pokazaną na fig. 1.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sprzęgło elektromagnetyczne ze sprzężeniem mechanicznym, zawierające ferromagnetyczną tuleję nośną, na której zębatym wieńcu umieszczony jest pakiet magnetycznie przewodzących tarcz ciernych z jednej strony których umieszczona jest zwora, a z drugiej korpus zamocowany na ferromagnetycznej tulei nośnej, **znamienny tym**, że między zewnętrzną powierzchnią końcowej części ferromagnetycznej tulei nośnej /2/ i obejmującą ją wewnętrzną powierzchnią korpusu /1/ ma szczelinę powietrzną /10/, a zamocowanie korpusu /1/ na tulei /2/ jest wykonane za pomocą czołowego niemagnetycznego spawu /3/.

2. Sprzęgło elektromagnetyczne według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że korpus /1/ ma pierścieniowe bieguny, których powierzchnia stanowi 20—25% powierzchni czołowej korpusu /1/.

3. Sprzęgło elektromagnetyczne według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że końcowa część tulei /2/ w pobliżu spawu ma otwory /4/ łączące się ze szczeliną powietrzną /10/, zapewniające doprowadzenie smaru do tarcz ciernych przez szczelinę powietrzną /10/.

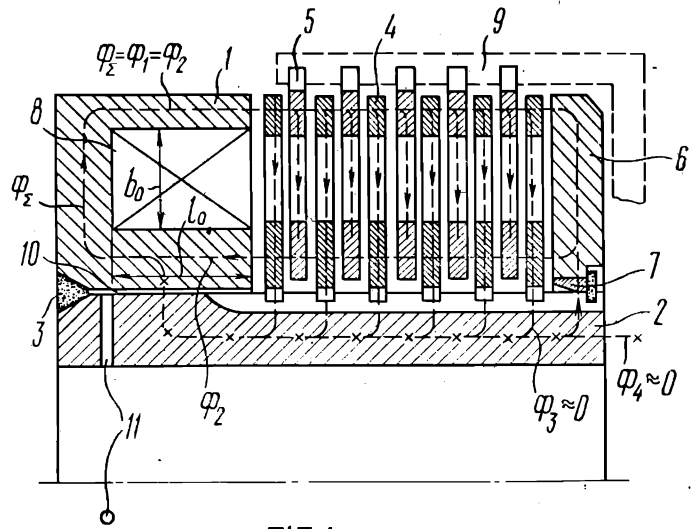


FIG. 1

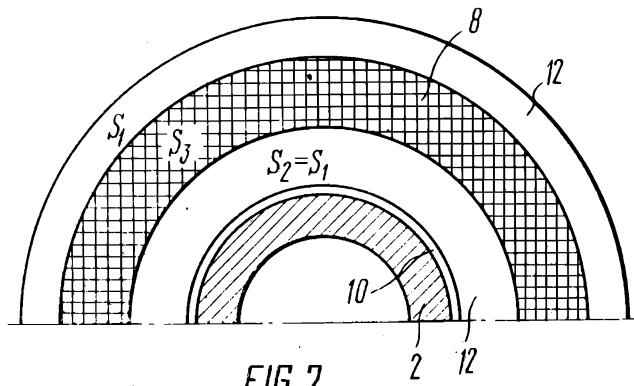


FIG. 2

