



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 06.11.76 (P. 193521)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 08.05.78

Opis patentowy opublikowano: 15.01.1982

Int. Cl. ² F16D 27/14

Twórcy wynalazku: Gennady Sergeevich Dzhavakhov, Oleg Nikolaevich Tatur, Viktor Petrovich Zhed, Grigory Maxovich Flidlider

Uprawniony z patentu: Experimentalny nauchno-issledovatelsky institut metallorazhushchikh stankov, Moskwa (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Sprzęgło elektromagnetyczne

1

Przedmiotem wynalazku jest sprzęgło elektromagnetyczne z mechanicznym sprzężeniem, zwłaszcza sprzęgło elektromagnetyczne ciernie ze sprężystymi tarczami magnetycznymi.

Sprzęgło to może być zastosowane przy napędach obrabiarek i innych maszyn, np. w automatycznych skrzyniach biegów, mechanizmach napędowych i podobnych. Znane są sprzęgła elektromagnetyczne z tarczami magnetycznymi, w których przez tarcze dwukrotnie przechodzi strumień magnetyczny.

Sprzęgła te posiadają rdzeń magnetyczny w kształcie pierścienia z cewką, umocowany w tylnej części tulei zębatej, na drugim końcu której znajduje się zwora luźno przesuwająca się w kierunku osiowym. Pomiędzy rdzeniem magnetycznym w kształcie pierścienia a zworą znajduje się pakiet tarcz ciernych magnetycznych, zestawionych na przemian z tarcz płaskich i sprężystych. Tarcze wewnętrzne przeważnie płaskie sprzężone są z tuleją zębatą, natomiast tarcze zewnętrzne przeważnie sprężyste, z zapadką.

Tarcze sprężyste składają się co najmniej z dwóch pierścieni koncentrycznych połączonych poprzeczką, posiadających elementy sprężyste, które rozłączają pakiet tarcz przy odłączeniu sprzęgła elektromagnetycznego.

Moment przyciągający sprzęgła elektromagnetycznego składa się z momentów tarcia proporcjonalnych do siły normalnej działającej na każdą

2

parę tarcz. Przy włączeniu sprzęgła siły normalne powstają przez przyciąganie magnetyczne P_1 , które przewyższa siły sprężystości tarcz P_2 i inne siły przeciwdziałające P_3 oraz prostuje tarcze sprężyste magnetyczne praktycznie do pozycji płaskiej, to jest całkowicie odkształconej. Przy włączonym sprzęgle i stałym strumieniu magnetycznym, oraz braku osiowego przesunięcia tarcz,

$$P_1 = P_{2 \max} - P_3 + P_4 \quad (1)$$

gdzie $P_{2 \max}$ — oznacza maksymalne siły sprężystości, odpowiadające pozycji płaskiej sprężystej tarczy, P_4 — siłę przeciwdziałającą ściśniętej tarczy, to jest siłę wypadkową naprężeń ściskających materiał tarczy, równoważącą nadmierną siłę magnetyczną.

Przy włączeniu sprzęgła przyciąganie magnetyczne zmniejsza się. Jeżeli tarcze były wcześniej całkowicie wyprostowane ($P_4 > 0$), to w pierwszym etapie procesu siła normalna P_1 i siła przeciwdziałająca P_4 ulega zmniejszeniu przy nieruchomym pakiecie tarcz płaskich.

W tym etapie moment sprzęgła określany jest przez siły P_1 . Po upływie czasu t_1 kiedy siła P_1 zmniejszyła się do wartości

$$P_1 = P_{2 \max} - P_3 \quad (2)$$

rozpoczyna się w drugim etapie ruch tarcz, który odbywa się dzięki działaniu sił sprężystości prze-

zwyciężających pozostałe przyciąganie magnetyczne P_1 i inne siły przeciwdziałające P_3 wtedy:

$$P_2 = P_1 + P_3 \quad (3)$$

gdzie do wartości P_3 zaliczane są także siły bezwładności poruszających się tarcz i zwory.

W drugim etapie ($t \geq t_1$) moment sił danej pary tarcz wyrażony jest przez siłę sprężystości P_2 , jednoznacznie zależącej od rozpatrywanej deformacji tarczy sprężystej, zgodnie z jej charakterystyką sztywności, w kierunku osiowym.

Drugi etap kończy się w czasie t_2 , kiedy to wstrzymuje się przesunięcie posłowne tarcz. Przy tym, małe siły szcztkowe znajdują się w równowadze.

$$P_{20} = P_{10} + P_{30} \quad (4)$$

gdzie P_{10} , P_{20} i P_{30} — siły szcztkowe sprężystości, szcztkowego magnetyzmu i oporu przesuwu tarcz w kierunku osiowym. Suma momentów od sił P_{20} w każdej parze tarcz tworzy przekazywany moment szcztkowy M_J .

Jeżeli sprzęgło obciążymy małym momentem M_2 , rzędu kilku procen od M_{Nom} , przy czym $M_2 \geq M_J$, to drugi etap zakończy się ślizganiem tarcz przy wartości siły sprężystości P_2 odpowiadającej momentowi M_2 . Dlatego jest rzeczą jasną, że pakiet tarcz powinien prawie całkowicie rozsunąć się w kierunku osiowym tak, aby trwał sprężysto odkształcenie według charakterystyki sztywności odpowiadało sile P_2 . Pełny czas wyłączenia sprzęgła jest to okres czasu od początku zmiany sygnału sterowania do rozpoczęcia ślizgania się tarcz zewnętrznych i wewnętrznych. Przy założonym układzie sprzęgła elektromagnetycznego, zmniejszenie czasu odchylenia przy małych obciążeniach może być osiągnięte tylko kosztem zmniejszenia czasu t_2 , uzależnionego od zasobu energii potencjalnej ściśniętych, to jest, całkowicie odkształconych tarcz sprężystych. Zasób energii potencjalnej tarczy sprężystej równa się charakterystyce sztywności.

Jego wielkość graniczna i maksymalna rzędna siły sprężystości w danym sprzęgle ograniczone są charakterystyką obciążenia systemu elektromagnetycznego. Zasób energii potencjalnej tarcz sprężystych różni się od wartości granicznej wielkością niezbędną do szybkiego zadziałania przy włączeniu. Zasób ten zwany jest maksymalnie dopuszczalnym.

Oczywiście, ażeby czas odłączania sprzęgła był jak najkrótszy, potrzebny jest maksymalnie dopuszczalny zasób energii potencjalnej układu sprężystego. Tym wymogom nie odpowiadają znane np. z opisu patentowego RFN nr 957357 kl. 47 C-II konstrukcje tarcz sprężystych w sprzęgłach elektromagnetycznych.

Pierścienie tarcz sprężystych zewnętrzne i wewnętrzne, które połączone są łącznikiem poprzecznym, posiadają równą ilość współfazowych sinusoidalnych fal z amplitudą równomiernie zmniejszającą się w kierunku radialnym, od środka tarczy ku jej brzegom. Takie tarcze znane są jako tarcze sinusowe. Dzięki podobieństwu linii

sprężystości pierścieni zewnętrznych i wewnętrznych, a także przekrojom pierścienia wewnętrznego i łącznika poprzecznego wzdłuż radialnej osi symetrii, łączniki poprzeczne w tarczach sinusowych praktycznie nie ulegają odkształceniu w stosunku do płaszczyzny, dokładniej, do powierzchni cylindrycznej o bardzo małej krzywiznie, w której leży każdy łącznik poprzeczny i przylegające do niego odcinki pierścienia zewnętrznego i wewnętrznego.

Znane jest rozwiązanie, np. z opisu patentowego RFN nr 957357, w którym jako elementy sprężyste na pierścieniach tarcz wykorzystane są wypukłości równomiernie rozłożone na obwodzie koła, wyciągnięte i nachylone w kierunku radialnym. Ponieważ każda tarcza o profilu falistym znajduje się między dwiema tarczami płaskimi, to przy włączeniu sprzęgła siły normalne przykładane są do wierzchołków fal. Pod wpływem działania tych sił następuje zmniejszenie amplitudy fal i zwiększenie łuku kontaktu fal sprężystych tarcz z sąsiadującymi tarczami płaskimi i dlatego faktyczna długość fali zmniejsza się, co powoduje gwałtowny wzrost sztywności tarczy.

Przy zmniejszeniu amplitudy, rozpiętość asymptotycznie dąży do zera, a sztywność nieograniczenie wzrasta. W ten sposób charakterystyka sprężystości tarcz sprężystych posiada małe pochylenie na początku sprężania, które wzrasta w miarę prostowania się fal i asymptotycznie zbliża się do położenia całkowitego odkształcenia tarczy, przy gwałtownym wzroście siły sprężystości $P_2 \rightarrow \infty$. W rezultacie, z początkiem osłabienia ściskania tarcz siła gwałtownie spada, zużywa się duża część energii potencjalnej, a pozostałej energii jest za mało, aby precyzyjnie i szybko rozszczepić pakiet cierny na sporym odcinku przesunięcia tarcz sprężystych.

Dlatego też jest niemożliwe otrzymanie wystarczająco precyzyjnego i szybkiego odłączenia rozpatrywanych sprzęgieł elektromagnetycznych przy małych obciążeniach, to jest przy prawie pełnym rozprężeniu tarcz sprężystych. Jeden ze znanych sposobów usunięcia przedstawionych wad sprowadza się do wykonania tarcz sprężystych ze zwiększoną amplitudą fali, lub zwiększoną ilością fal.

Jednakże siła maksymalna ściskająca tarczę sprężystą do położenia praktycznie płaskiego gwałtownie wzrasta i jest większa aniżeli elektromagnetyczna siła przyciągania wytwarzana w sprzęgle elektromagnetycznym, co powoduje nie całkowite ściśnięcie pakietu ciernego zmniejszając moment przekazujący sprzęgła elektromagnetycznego.

Zwiększenie ilości fal powoduje zwiększenie szcztkowego momentu obrotowego sprzęgła elektromagnetycznego na skutek zwiększenia liczby punktów wzajemnego styku sąsiadującego tarcz przy włączonym sprzęgle. Przy dużej amplitudzie fal wzrasta ruch zwory i zmniejsza się początkowa siła przyciągania, co zmniejsza niezawodność sprzęgła. Znane są także z opisu patentowego RFN nr 1575983 tarcze z odgiętymi wycinkami i płytkami dystansowymi znajdującymi się poza strefą kontaktu ciernego. W tych tarczach wąskie od-

cinki łuku pierścienia zewnętrznego lub wewnętrznego oddzielone są rozcięciami w kształcie kątownika i odginają się w kierunku osiowym tworząc elementy sprężyste. Na końcu każdego elementu znajduje się płytka dystansowa z wymiarem osiowym odpowiadającym odległości pomiędzy tarczami, to jest pomiędzy współdziałającymi na siebie sprężystymi tarczami, przy ściśniętym pakiecie.

Przy włączonym sprzęgle elektromagnetycznym odgięte w pozycji luźnej elementy sprężyste łączą się z płaszczyzną tarczy, to jest, odkształcane są kosztem oparcia płytek dystansowych w płaski odcinek współdziałającej tarczy. Przy odłączeniu sprzęgła elementy dążą do przyjęcia pozycji nie-naprężonej, to jest odgiętej, rozchylając tarcze zewnętrzne bądź wewnętrzne.

W tym przypadku precyzyjne rozłączenie pakietu tarcz możliwe jest tylko przy stosunkowo dużej maksymalnej sile sprężystości. Ponieważ elementy sprężyste znajdują się poza strefą styku, będą one odkształcać przyległe tarcze w miejscach ich oparcia, co przy siłach ciągłych odkształcania doprowadzi do niepełnego ściśnięcia pakietu oraz zmniejszenia momentu przekazywanego sprzęgła. Oprócz tego produkcja takich tarcz jest skomplikowana.

W celu zmniejszenia czasu odłączania sprzęgła elektromagnetycznego stosuje się wspólnie z tarczami sprężystymi dodatkowe elementy sprężynujące, odcinające cały pakiet cierny od biegunów pierścieniowego rdzenia magnetycznego sprzęgła, jak to przedstawiono w opisie patentowym RFN nr 819187.

W przypadku odłączania sprzęgła elektromagnetycznego, między biegunami i pakietem tarcz magnetycznych powstaje powiększona szczelina powietrza, przyspieszająca zanikanie siły elektromagnetycznej, co sprzyja odłączeniu pakietu tarcz. Jednakże zewnętrzne elementy sprężynujące nie zmniejszają sprężystego współdziałania tarcz wewnątrz pakietu, określając czas odłączania się pakietu i dlatego zastosowanie takich elementów przy małych obciążeniach daje znikome efekty. Wprowadzenie takich elementów komplikuje konstrukcję sprzęgła, zwiększa jego gabaryty przez zwiększenie objętości samych elementów, a także z koniecznością zwiększenia siły elektromagnetycznej przy włączaniu.

Jako elementy sprzyjające odłączaniu się pakietu mogą być stosowane również sprężyny, znajdujące się pomiędzy zębami tulei, znane z opisu patentowego brytyjskiego nr 1154634. Część tarcz związana jest ze zwojami tych sprężyn i przesuwa się w kierunku osiowym razem z nimi. Należy przy tym zabezpieczyć identyczne rozłożenie zwojów poszczególnych sprężyn podczas pracy sprzęgła, co jest praktycznie trudne do zrealizowania. Skutek użyteczny może być osiągnięty kosztem skomplikowania technologii, zwiększenia kosztów własnych i zmniejszenia niezawodności pracy sprzęgła, ponieważ naruszenie potrzebnego rozłożenia zwojów sprężyn może spowodować ujemne skutki.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie wyżej opisanych wad i stworzenie konstrukcji sprzęgła elektromagnetycznego zabezpieczającego przy wy-

łączeniu z nieznacznym obciążeniem, szybkie i precyzyjne odłączenie pakietu tarcz z zachowaniem małej wielkości szczątkowej i wysokiej wartości momentu przekazywanego przy określonych gabarytach, kosztach własnych i podstawowych procesach technologicznych, kosztem wykorzystania łączników poprzecznych, łączących zewnętrzne i wewnętrzne pierścienie tarcz jako dodatkowe elementy sprężynujące.

Cel ten został osiągnięty dzięki sprzęgłu elektromagnetycznemu posiadającemu rdzeń magnetyczny w kształcie pierścienia z cewką, znajdującą się na jednym końcu tulei, na drugim końcu której znajduje się zwora, przy czym pomiędzy zworą i rdzeniem magnetycznym, znajduje się pakiet tarcz magnetycznych, z których część jest elastyczna. Każda tarcza magnetyczna składa się z koncentrycznie usytuowanych pierścieni połączonych poprzeczkami zewnętrznego i wewnętrznego pierścienia.

Zgodnie z wynalazkiem, poprzeczki sprężystych tarcz magnetycznych w położeniu luźnym są skrócone względem ich osi promienia i wygięte względem normalnej do linii ich osi promienia, co zabezpiecza skomplikowane odkształcenie przez skrócenie i wygięcie przy względnym skręcenie poprzeczki podłożu wokół ich osi promienia z różnym przesunięciem tych podłoży w stosunku do płaszczyzny wyjściowej tarczy. Za płaszczyznę wyjściową sprężystej tarczy przyjmuje się płaszczyznę, w której znajduje się tarcza płaska do momentu nadania jej właściwości sprężyny. Przy takim wykonaniu sprężystej tarczy, poprzeczki odgrywają rolę dodatkowego elementu sprężystego, wspólnie z falistymi pierścieniami zewnętrznymi i wewnętrznymi — z wielkością końcową siły sprężystości przy całkowitym odkształceniu tarczy. Powoduje to zwiększenie energii potencjalnej ściśniętej tarczy zbliżając ją do wielkości maksymalnej tolerancji, poza tym pozwala na stosowanie mniejszej amplitudy fali, to jest powoduje mniejszy ruch odłączania pakietu, przy jednakowej maksymalnej sile sprężystości całkowicie ściśniętej sprężystej tarczy i w wyniku tego zwiększa sprawność i zmniejsza czas odłączania sprzęgła przy małych obciążeniach.

Przy tym, zachowuje się małą wielkość szczątkową i wysoką wartość momentu przekazywanego sprzęgła, ponieważ warunki wzajemnego styku tarcz przy odłączonym sprzęgle i maksymalna siła ściskająca sprężystej tarczy do pozycji płaskiej nie zmniejszają się.

Odkształcenia poprzeczek przez skręcanie i wygięcie można otrzymać, np. przesuując o 180° fazy fal pierścienia zewnętrznego i wewnętrznego; przy tym może być wykorzystana obecna technologia wykonania sprężystych tarcz.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony jest w przykładzie wykonania na załączonych rysunkach, na których fig. 1 przedstawia przekrój wzdłużny po osi sprzęgła elektromagnetycznego z sprężystymi tarczami zewnętrznymi, fig. 2 sprężystą tarczę zewnętrzną posiadającą faliste pierścienie zewnętrzne i wewnętrzne oraz poprzeczki z niejednorodnym odkształceniem, fig. 3 wygiętą poprzeczkę

w pozycji luźnej, fig. 4 stanowi schemat sprężystej tarczy w granicach kąta na fig. 2, fig. 5 jest wykresem jakościowej zależności sztywności sprężystej tarczy magnetycznej proponowanej i znanej konstrukcji, a fig. 6 porównawczego przesunięcia dynamicznego według momentu przekazywanego przy odłączeniu, proponowanej i znanej konstrukcji sprężystej.

Sprzęgło elektromagnetyczne według wynalazku (fig. 1) składa się z tulei 1, na której umieszczony jest rdzeń magnetyczny 2 w kształcie pierścienia z cewką 3 i luźno ślizgająca się wzdłuż osi sprężyna 4. Pomiędzy rdzeniem magnetycznym 2 i zworą 4 znajduje się pakiet tarcz magnetycznych utworzony przez wewnętrzne tarcze płaskie 5 i znajdujące się między nimi zewnętrzne tarcze sprężyste 6. Każda tarcza sprężysta 6 składa się z falistego pierścienia zewnętrznego 7 pełnego (fig. 2), falistego pierścienia wewnętrznego 8 z wykrojami promieniowymi i łączących pierścienie poprzeczek 9, które są odkształcone przez skrócenie i ugięcie. Odkształcenie przy łączniku (fig. 3) otrzymuje się przez pionowe przesunięcia h_1 i h_2 podstaw wewnętrznych 10 i podstaw zewnętrznych 11, poprzeczek 9 w stosunku do płaszczyzny wyjściowej 12 tarczy, a odkształcenie skręcające przez względny skręt podstaw 10 i 11 poprzeczek 9 o kąt $(\theta_1 + \theta_2)$ wokół ich osi promienia $0' - 0''$ (fig. 3), co można zrealizować np. drogą przesunięcia fal pierścienia zewnętrznego 7 i pierścienia wewnętrznego 8 o kąt fazowy 180.

Opisane sprzęgło elektromagnetyczne (fig. 1) działa w sposób następujący; przy rozłączonym sprzęgle siły normalne działające na tarcze 5 i 6 są bliskie zeru. Tarcze wewnętrzne 5 obracają się razem z tuleją 1. Tarcze zewnętrzne 6 połączone są z obciążeniem. Kosztem przypadkowego stykania się i lepkości oleju znajdującego się pomiędzy tarczami 5 i 6 sprzęgło osiąga mały w stosunku do obciążenia, szczytkowy moment obracający, tarcze 5 i 6 ślizgają się ze względną szybkością, określaną przez kinematykę mechanizmu, w który wbudowane jest sprzęgło. Przy włączeniu sprzęgła strumień magnetyczny przechodzący przez tarcze 5, 6 i zworę 4 wytwarza siły przyciągania magnetycznego. Pakiet tarcz 5, 6 i zworę 4 przyciągane są przez rdzeń magnetyczny. Siły normalne działające pomiędzy sąsiednimi tarczami 5 i 6 starają się zmniejszyć strzałkę ugięcia odcinków falistych tarczy sprężystej 6 (fig. 4) z początku na pierścieniu wewnętrznym, a później także na pierścieniu zewnętrznym 7. Po wyprostowaniu fal następuje obrót podstaw 10, 11 (fig. 3) poprzeczek 9 i różne przesunięcia ich w kierunku osiowym, przy czym

podstawy 10, 11 każdej z poprzeczek 9 obracają się dzięki połączeniu pierścieni 7 i 8 z płaszczyzną wyjściową 12 w przeciwną stronę w stosunku do osi promienia poprzeczki 9 o kąt $+\theta_1$ i $-\theta_2$.

W tarczach 6 zbiera się dodatkowa w stosunku do tarczy sinusoidalnej z amplitudą fali a_1 , energia potencjalna, odpowiadająca płaszczyźnie pod krzywą b na fig. 5, w tym czasie, kiedy sprężystość fali pierścieni 7 i 8 przy amplitudach a_1 i nieodkształconych poprzeczkach 9 pozwala na zgromadzenie energii odpowiadającej płaszczyźnie pod krzywą C na fig. 5.

Sumaryczna krzywa sztywności a tarczy 6 przy wielkości amplitudy fali a_1 zabezpiecza zapas energii, która przy nieodkształcających się poprzeczkach 9 potrzebowałaby dużej wartości fali a_2 , przy mniej wykładnym kształcie krzywej sztywności e , pokazanej na fig. 5 linią przerywaną. Przy włączeniu sprzęgła siły sprężystości tarcz 6, wcześniej ściśniętych do praktycznie płaskiego kształtu, to jest maksymalnie odkształconego przewyższają zmniejszające się przyciąganie magnetyczne i zabezpieczają niezawodne i szybkie rozsuniecie się tarcz ze spadkiem momentu według krzywej f na fig. 6, tak jak w znanych tarczach z poprzeczkami nieodkształcającymi się, przy czym spadek momentu przedstawiony jest na krzywej q (fig. 6).

Czas, przy którym następuje wyłączenie przy obciążeniu M_2 będzie odpowiednio t_3 i t_4 , przy czym $t_3 < t_4$. W ten sposób przy założonej wartości małego momentu znamionowego M_2 , proponowana konstrukcja zabezpiecza mniejszy czas odłączania się.

Zastrzeżenie patentowe

Sprzęgło elektromagnetyczne posiadające rdzeń magnetyczny w kształcie pierścienia z cewką, znajdujący się na jednym końcu tulei, na drugim końcu której znajduje się zwora, przy czym pomiędzy zworą a rdzeniem magnetycznym znajduje się pakiet tarcz magnetycznych, z których część jest elastyczna, składających się z koncentrycznie rozmieszczonych i połączonych poprzeczkami, zewnętrznymi i wewnętrznymi pierścieniami, **znamiennie tym**, że poprzeczki (9) tarcz sprężystych (6) w położeniu luźnym skrócone są w stosunku do ich osi promienia i wygięte względem normalnej do linii ich osi promienia, co zabezpiecza skomplikowane odkształcenie przez skrócenie i wygięcie przy względnym skręcie poprzeczki (9) podstaw (10) i (11) wokół ich osi promienia z różnym przesunięciem tych podstaw w stosunku do płaszczyzny wyjściowej (12) tarczy magnetycznej.

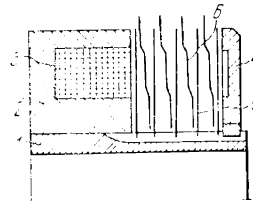


FIG. 1

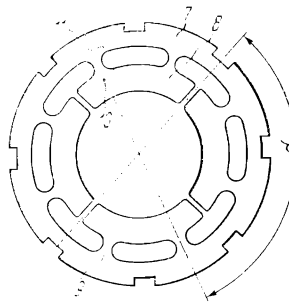


FIG. 2

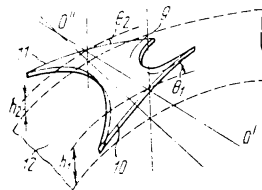


FIG. 3

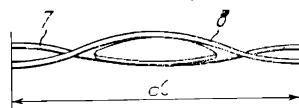


FIG. 4

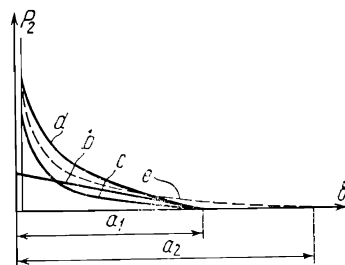


FIG. 5

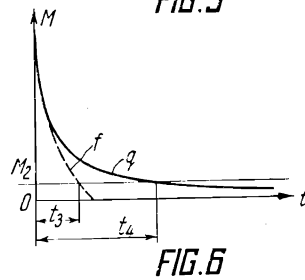


FIG. 6