

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244956 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **428526**

(22) Data zgłoszenia: **2019.01.08**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.07.13 BUP 15/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.04.08 WUP 15/2024**

(51) MKP:

F16F 7/10 (2006.01)

F16H 25/24 (2006.01)

- (73) Uprawniony z patentu:
**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**
- (72) Twórca(-y) wynalazku:
**RAMI FARAJ, Warszawa, PL
CEZARY GRACZYKOWSKI, Warszawa, PL
ŁUKASZ JANKOWSKI, Warszawa, PL
JAN HOLNICKI-SZULC, Warszawa, PL**
- (74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Mariusz Kondrat, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Absorber śrubowy o zmiennym skoku gwintu tocznego

PL 244956 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest absorber śrubowy o zmiennym skoku gwintu tocznego, którego głównym zastosowaniem jest absorpcja energii uderzeń i tłumienie drgań.

Siła reakcji proponowanego urządzenia wynika z efektów bezwładnościowych i geometrii gwintu kulowego, a więc można zaklasyfikować je do grupy tzw. „inerterów”. Cechą wyróżniającą proponowany układ jest to, że geometria śruby o gwincie tocznym, niezależnie od prędkości początkowej wymuszenia, zapewnia uzyskanie stałej siły reakcji absorbera. Znane jak dotąd układy tego typu zapewniają uzyskanie siły reakcji proporcjonalnej do różnicy przyspieszeń na ich końcach. W efekcie nie są one w stanie zapewnić stałej wartości siły reakcji podczas hamowania obiektu. Nadają się za to bardzo dobrze do akumulacji energii mechanicznej i stosowane są m.in. w dynamicznych eliminatorach drgań, gdzie energia drgającego układu przepływa przez dodatkowy układ inercyjno-sprężysto-tłumiący, co skutkuje efektywną redukcją amplitudy drgań wymuszonych. Zupełnie inną, znaną grupą urządzeń są tłumiki śrubowe, które zapewniają efektywną dyssypację energii poprzez wydłużenie efektywnej drogi, na której dochodzi do rozpraszania energii poprzez tarcie, efekty lepkościowe lub inne mechanizmy dyssypacji energii.

W artykule M.Z.Q. Chena, C. Papageorgiou, F. Scheibe, F.C. Wanga i M. Smitha pt. „The missing mechanical circuit element” opublikowanego w 2009 r., w IEEE Circuits and Systems Magazine, tom 9 nr 1, str. 10–26, można znaleźć dwa rozwiązania mechaniczne zapewniające uzyskanie układu bezwładnościowego o charakterystyce inertera, czyli zapewniające proporcjonalność siły reakcji do różnicy przyspieszeń dwóch terminali urządzenia. Zaprezentowane inertery oparte są odpowiednio na układzie zębatego z kołem zębatym i kołem zamachowym oraz układzie śruby kulowej z nakrętką i kołem zamachowym. W literaturze naukowej można natknąć się również na inne realizacje techniczne tego typu układów np. inertery cieczowe, w których rolę wirującej masy pełni ciecz przepychana przez przewód, najczęściej o kształcie spiralnym.

Jak wcześniej wskazano, inertery najczęściej wykorzystywane są w zagadnieniach tłumienia drgań. Urządzenie typu inerter zaprojektowane do łagodzenia odpowiedzi udarowej zostało przedstawione w opisie patentowym PL 227058. Patent przedstawia rozwiązanie techniczne, w którym ruch posuwisty śruby wykorzystywany jest do akumulacji energii w pierścieniach o przeciwnych gwintach. Energia wymuszenia akumulowana jest początkowo w zewnętrznym pierścieniu, a następnie następuje rozprężenie śruby z wewnętrznym pierścieniem, który jest napędzany w kierunku przeciwnym do zewnętrznego pierścienia, sprzęganego jednocześnie ze środkowym pierścieniem. Pomiędzy wewnętrznym i środkowym pierścieniem znajduje się ciecz magneto-reologiczna. W efekcie energia zakumulowana w zewnętrznym pierścieniu jest rozpraszana poprzez oddziaływanie pierścieni obracających się w przeciwnych kierunkach. Dyssypacja energii jest kontrolowana przy użyciu czujnika przemieszczenia oraz elektromagnesów wpływających na lepkość cieczy magneto-reologicznej.

W opisie EP 1510721 przedstawiono amortyzator, oparty na mechanizmie śrubowym z nakrętką kulkową, w którym ruch teleskopowy jest przekształcany na ruch obrotowy, używany do napędu silnika, generującego siłę magnetomotoryczną powodującą wytłumienie drgań. Ze zgłoszeń JP 2013024256 i US 5449054 znane są tłumiki rotacyjne oparte na lepkich płynach, w których obrotowe rotory zapewniają efektywną dyssypację energii. Znane są także amortyzatory śrubowe przedstawione w opisach PL 229926 i PL 230102, gdzie siły tłumiące powstają w wyniku mieszania materiałów sypkich, a uzyskiwane charakterystyki zależą zarówno od zastosowanych materiałów roboczych jak i geometrii gwintu oraz elementów mieszających.

W porównaniu z proponowanym wynalazkiem, wszystkie z wyżej przedstawionych rozwiązań technicznych charakteryzują się innym sposobem generowania siły reakcji absorbera, tj. poprzez efekty bezwładnościowe lub efekty czysto dyssypacyjne takie jak lepkość czy tarcie. W prezentowanym wynalazku generowana siła reakcji wynika z efektów bezwładnościowych, przy czym istotną rolę przyjął geometria gwintu tocznego. Dzięki zmienności gwintu pojawiająca się siła reakcji zapewnia efektywne hamowanie obiektu oddziaływającego na śrubę absorbera.

Przedmiotem wynalazku jest absorber śrubowy o zmiennym skoku gwintu tocznego do absorpcji energii uderzeń i tłumienia drgań, charakteryzujący się tym, że posiada śrubę kulową o co najmniej dwóch brzdach gwintu tocznego o zmiennym skoku oraz nakrętkę kulową połączoną ze śrubą poprzez kulki prowadzone po brzdach, przy czym nakrętka jest łożyskowana w obudowie przy użyciu łożysk, i skok gwintu tocznego maleje wraz z długością śruby kulowej ulegając stopniowemu zagęszczaniu lub zagęszczeniu wraz z częściowym rozgęszczeniem zapewniając złagodzenie procesu uderzenia, przy czym brzdka jest początkowo równoległa do osi śruby.

Istota wynalazku polega na tym, że absorber śrubowy o zmiennym skoku gwintu tocznego złożony jest ze śruby o malejącym skoku gwintu oraz łożyskowanej nakrętki kulkowej. Zmiana skoku gwintu tocznego powoduje powstanie dodatkowej składowej siły zależnej od prędkości ruchu postępowego śruby. W rezultacie siła reakcji absorbera F , składa się z dwóch głównych członów zgodnie z ogólnym wzorem:

$$F = b(x - y)(\ddot{x} - \ddot{y}) + f(x - y)(\dot{x}^2 - \dot{y}^2) \quad (1)$$

Pierwszy składnik siły reakcji absorbera odpowiada sile reakcji typowego inertera, tzn. sile proporcjonalnej do różnicy przyspieszenia liniowego \ddot{x} śruby i przyspieszenia liniowego \ddot{y} obudowy, z tym, że współczynnik b nazywany „inertancją” jest funkcją różnicy przemieszczeń liniowych x śruby i y obudowy. Drugi człon siły reakcji F jest wynikiem zmienności skoku gwintu śruby kulowej i jest proporcjonalny do różnicy kwadratów prędkości liniowych \dot{x} śruby i \dot{y} obudowy oraz funkcji f zależnej od różnicy przemieszczeń liniowych x śruby i y obudowy.

Rozwiązanie według wynalazku charakteryzuje się kompaktową konstrukcją zapewniającą uzyskanie w pasywny sposób optymalnej charakterystyki hamowania obiektu amortyzowanego lub uderzającego. Jego zakres aplikacji jest bardzo szeroki i może obejmować zarówno łagodzenie skutków uderzeń i drgań w różnego typu urządzeniach i pojazdach, jak i poprawę odpowiedzi konstrukcji budowlanych narażonych na wymuszenia udarowe i harmoniczne.

Przedmiot wynalazku w przykładowym wykonaniu został opisany poniżej i pokazany na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia widok aksonometryczny absorbera śrubowego o zmiennym skoku gwintu tocznego, zaś Fig. 2 stanowi wizualizację geometrii przykładowej bruzdy gwintu tocznego, wyznaczonej w wyniku symulacji numerycznej.

Śruba **1** kulowa posiada co najmniej dwie spiralne bruzdy **2** gwintu **3** tocznego i połączona jest z nakrętką **4** poprzez kulki **5**. Nakrętka **4** łożyskowana jest w cylindrycznej obudowie **6** przy użyciu łożysk **7** i **8**. Korzystnie, na początku długości śruby bruzdy **2** są równoległe do osi śruby **1** (patrz Fig. 2), co odpowiada nieskończonej dużej wartości skoku gwintu **3** i pozwala na wyeliminowanie dodatkowego elementu kontaktowego, typowo używanego w celu uniknięcia zderzenia niesprężystego w początkowej fazie absorpcji uderzenia. Wraz z długością śruby **1**, skok gwintu **3** maleje do określonej, małej wartości, a więc linia spiralna bruzd **2** ulega stopniowemu zagęszczaniu. Ruch posuwisty śruby **1** pod wpływem działającego wymuszenia powoduje stopniowe rozpędzanie nakrętki **4** w związku z malejącym skokiem gwintu zgodnie z kształtem bruzd **2**. Wyhamowanie obiektu amortyzowanego i śruby **1** następujące w momencie osiągnięcia skrajnego położenia śruby **1** względem obudowy **6**. Korzystnie, geometria bruzd **2** wyznaczona jest poprzez rozwiązanie zagadnienia odwrotnego dynamiki i pozwala na uzyskanie stałej wartości siły reakcji absorbera. W przypadkach nietypowych obciążeń dopuszcza się niemonotoniczną zmianę skoku gwintu **3**, tzn. linia spiralna bruzd **2** może na pewnych odcinkach śruby rozgęszczać się.

Przedstawiony przykład wykonania jest szczególnie uzasadniony w przypadku działania absorbera w orientacji poziomej. W przypadku użycia absorbera do łagodzenia uderzeń w orientacji pionowej, należy rozważyć użycie mechanizmu blokującego ruch względny śruby względem obudowy przed wystąpieniem wymuszenia dynamicznego. Przykładowo, można użyć element ulegający zniszczeniu w sposób przełamania po wystąpieniu wymuszenia. Rozwiązanie techniczne mechanizmu blokującego ruch początkowy nie jest przedmiotem opisanego wynalazku.

Przykład wykonania absorbera podany jest jedynie w charakterze nieograniczających wskazań dotyczących wynalazku i nie może w żaden sposób ograniczać zakresu ochrony, który jest określony poprzez zastrzeżenia patentowe.

Zastrzeżenie patentowe

1. Absorber śrubowy o zmiennym skoku gwintu tocznego do absorpcji energii uderzeń i tłumienia drgań, **znamienny tym**, że posiada śrubę (1) kulową o co najmniej dwóch bruzdach (2) gwintu (3) tocznego o zmiennym skoku oraz nakrętkę (4) kulową połączoną ze śrubą (1) poprzez kulki (5) prowadzone po bruzdach (2), przy czym nakrętka (4) jest łożyskowana w obudowie (6) przy użyciu łożysk (7) i (8), i skok gwintu (3) tocznego maleje wraz z długością śruby (1) kulowej ulegając stopniowemu zagęszczaniu lub zagęszczeniu wraz z częściowym rozgęszczeniem zapewniając złagodzenie procesu uderzenia, przy czym bruzda (2) jest początkowo równoległa do osi śruby.

Rysunki

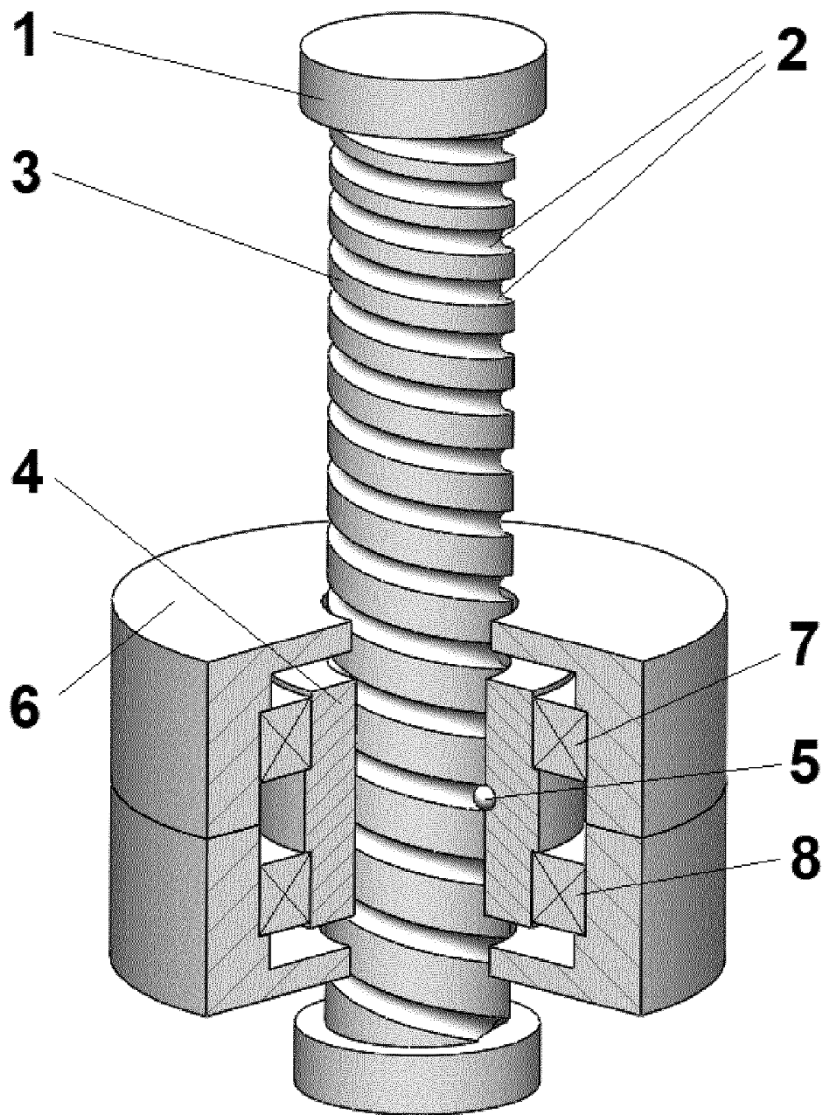


Fig. 1.

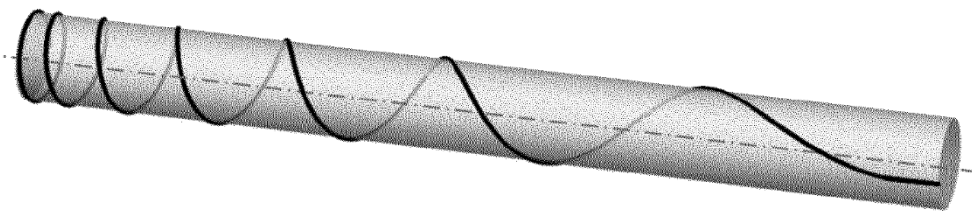


Fig. 2.