

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239890**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429111**

(51) Int.Cl.
F16F 7/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **28.02.2019**

(54)

Autonomiczny moduł sprzęgający do stabilizacji drgań konstrukcji

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

07.09.2020 BUP 19/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

24.01.2022 WUP 04/22

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ROBERT KONOWROCKI, Otwock, PL
DOMINIK PISARSKI, Warszawa, PL
RAMI FARAJ, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Grzelak

PL 239890 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest autonomiczny moduł sprzęgający do stabilizacji drgań konstrukcji.

Efektom użycia proponowanego rozwiązania technicznego jest uzyskanie zmiennej efektywnej sztywności konstrukcji, w skutek samoczynnych połączeń i rozłączeń elementów konstrukcji, optymalnie dobranych do przewidywanych warunków wymuszenia działającego na konstrukcję. W rezultacie uzyskiwane jest efektywne tłumienie drgań konstrukcji, co finalnie prowadzi do szybkiej stabilizacji układów poddawanych zewnętrznym wymuszeniom dynamicznym. Cechą charakterystyczną omawianego urządzenia jest to, że ma ono dwa stany pracy, pierwszy, w którym konstrukcja jest usztywniona w wyniku połączenia elementów poprzez moduł sprzęgający oraz drugi, w którym elementy konstrukcji nie są ze sobą sztywno połączone i efektywna sztywność konstrukcji jest znacznie mniejsza. Do zmiany stanu pracy modułu sprzęgającego wykorzystywana jest siła odśrodkowa oddziaływująca na dźwignie służące sprzęganiu elementów konstrukcji poprzez moduły zamocowane na sztywno do konstrukcji. W rezultacie otrzymywane jest pasywne rozwiązanie, którego dostrajanie do warunków wymuszenia jest uzyskiwane poprzez sterowanie wstępnym naciągiem członów sprężystych stanowiących elementy składowe autonomicznego modułu sprzęgającego.

Znany jest z opisu zgłoszenia wynalazku PL 228141 półaktywny węzeł zwłaszcza do tłumienia drgań, który ma za zadanie łączyć i rozłączać warstwy belki wykorzystując sterowalne sprzęgło oparte na mechanizmie dociskowym.

W opisie PL 210382 przedstawiono sposób i układ sterowania efektywną sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej oraz cienkościnną belkę wielomodułową. Rozwiązanie pozwala na sterowanie wytrzymałością elementów konstrukcji narażonych na przeciążenia, poprzez sterowanie ciśnieniem gazu doprowadzanego i odprowadzanego z komór poszczególnych modułów belek.

Znane jest z opisu zgłoszenia patentowego PL 230890 sterowalne sprzęgło oraz jego zastosowanie jako węzeł kratowo-ramowy do tłumienia drgań. Sterowalne sprzęgło umożliwia w zależności od wartości sygnału sterującego przyłożonego do jego elementu aktywnego, który stanowi aktywator piezoelektryczny, regulację momentu skręcającego przenoszonego przez to sprzęgło. W stanie pasywnym, tj. przy zerowym sygnale sterującym, sprzęgło przenosi maksymalny moment, natomiast przy maksymalnym sygnale sterującym sprzęgło przenosi jedynie moment resztkowy. Pozwala to na zastosowanie takiego sprzęgła jako węzła konstrukcyjnego, który w określonych sytuacjach może sprzęgać lub rozprzęgać konstrukcję. Taka cecha razem z odpowiednim algorytmem sterującym tym sprzęgłem umożliwia bardzo efektywne tłumienie drgań swobodnych konstrukcji.

Znany jest z opublikowanego opisu patentowego DE 19702518 sposób i urządzenie do dwukierunkowego aktywnego wpływania na połączenia w konstrukcjach przez złącze mechaniczne, poprzez zmiany siły nacisku działającej na to złącze lub kilka takich złącz przez piezo-aktywatory lub elementy wykorzystujące zjawisko magnetostrykcyjne. To rozwiązanie charakteryzuje się tym, że przejście ze stanu rozprężonego do stanu sprzęgniętego w konstrukcji odpowiada przejściu od połączenia bardziej podatnego do połączenia mniej podatnego. W wyniku takiego działania rozpraszana jest energia drgającej konstrukcji, do której takie rozwiązanie jest zaadoptowane.

Oprócz powyżej wymienionych patentów stan techniki obejmuje różnorodne sposoby sprzęgania konstrukcji. Wiele patentów opisujących metody sprzęgania oraz sprzęgi głównie dotyczą zastosowania w branży kolejowej, w związku z tym nie przytaczano ich w tym przeglądzie rozwiązań. Znakomitym źródłem wiedzy na temat inteligentnych konstrukcji warstwowych są także artykuły naukowe.

W 1991 r. J. Onoda w artykule „Vibration Suppression by Variable-Stiffness Members”, AIAA Journal, tom 29, nr 6, przedstawił przykładowe rozwiązanie techniczne umożliwiające zmianę sztywności konstrukcji poprzez wykorzystanie układu z siłownikiem piezoelektrycznym.

Innymi konstrukcjami o zmiennej efektywnej sztywności są belki przekładkowe z rdzeniem elastomerowym o sterowanych własnościach magneto-reologicznych. W literaturze naukowej można znaleźć wiele wyników badań eksperymentalnych i opracowań ujawniających techniczne rozwiązania, m.in. praca G. Hu, M. Guo, W. Li, H. Du i G. Alici, pt. „Experimental investigation of the vibration characteristics of a magnetorheological elastomer sandwich beam under non-homogeneous small magnetic fields” opublikowana w 2011 r. w Smart Materials and Structures, tom 20, nr 12.

W artykule zatytułowanym „Double-beam cantilever structure with embedded intelligent damping block: Dynamics and control”, opublikowanym w 2017 r. przez T. Szmidta, D. Pisarskiego, C. Bajera i B. Dyniewiczza w czasopiśmie Journal of Sound and Vibration, została omówiona belka wspornikowa

z elastomerem magneto- reologicznym, gdzie sterowanie polem magnetycznym zapewnia skuteczną, pół aktywną stabilizację układu.

W publikacji autorstwa T. Szmida opublikowanej w czasopiśmie *Journal of Sound and Vibration*, zatytułowanej „Shear deformation damping of a double-beam structure” badano dynamikę belek wspornikowych połączonych na swobodnych końcach za pomocą elementu lepkosprężystego. Otrzymane wyniki wskazują, że oddziaływanie ścinające belek na ten element lepkosprężysty wprowadza do rozpatrywanego układu tłumienie ograniczające oscylacje takiej konstrukcji wysięgnikowej.

Kolejnym sposobem sterowania sztywnością efektywną konstrukcji jest użycie próżniowo pakowanych granulatów, które umożliwiają sterowanie sprzęgnięciem belek wspornikowych w zależności od poziomu próżni wewnątrz elementu wypełnionego granulatem. Przykładowe rozwiązanie omówiono w pracy J. Bajkowskiego, C. Bajera, B. Dyniewicza i D. Pisarskiego, zatytułowanej „Vibration control of adjacent beams with pneumatic granular coupler: an experimental study”, *Mechanics Research Communications*, 2016.

Zgodnie z wynalazkiem, autonomiczny moduł sprzęgający do stabilizacji drgań konstrukcji mocowany jest na sztywno między elementami lub warstwami konstrukcji i składa się z dwóch dźwigni umieszczonych obrotowo na wspólnej osi, wałków dociążających te dźwignie z jednej strony, elementu separującego ruch dźwigni względem siebie, elementów sprężystych mocowanych między dźwigniami a wspornikami wykorzystywanymi do osadzenia wspólnej osi oraz czterech gniazd. Gniazda mocowane są na sztywno do elementów lub warstw konstrukcji, a dźwignie zorientowane są przeciwnie względem siebie, tak aby ich obrót w odwrotnych kierunkach prowadził do sprzęgnięcia elementów konstrukcji na skos, w momencie oparcia się dźwigni w przeciwległych gniazdach. W celu zapewnienia odpowiednio mocnego sprzęgnięcia elementów lub warstw konstrukcji, dźwignie wraz z gniazdami tworzą połączenie kształtowe lub wariantowo, w gniazdach znajdują się magnesy, a dźwignie są wykonane z metalu ferromagnetycznego, w wyniku czego sprzęgnięcie elementów jest wystarczająco mocne. Naciąg wstępny elementów sprężystych dobierany jest tak, aby sprzęganie elementów lub warstw konstrukcji następowało przy ściśle określonych wartościach prędkości liniowej modułu sprzęgającego. Autonomiczny moduł sprzęgający wykorzystuje czasowe sprzęganie warstw konstrukcji mechanicznej, do których jest zamocowanej na sztywno, w celu redukcji amplitudy drgań takich struktur.

Istotą wynalazku jest autonomiczny moduł sprzęgający do stabilizacji drgań konstrukcji, charakteryzujący się tym, że składa się z dwóch dźwigni umieszczonych obrotowo na wspólnej osi, osadzonej w obu płytach wspornikowych mocowanych obrotowo przy użyciu kołków do warstw konstrukcji lub elementów, do których mocowane są po co najmniej cztery gniazda, a między dźwigniami umieszczony jest krążek, przy czym do każdej dźwigni przymocowana jest z jednego końca sprężyna skrętna, której drugi koniec umieszczony jest w jednym z co najmniej dwóch otworów, znajdujących się w płycie wspornikowej, przy czym dźwignie wyposażono w otwory, w które umieszczane są wałki dociążające o dobranej masie własnej.

Korzystnie, gniazda tworzą z dźwigniami rozłączne połączenie kształtowe.

Korzystnie, gniazda wyposażone są w magnes, a dźwignie wykonane są z materiału ferromagnetycznego.

Przedmiot wynalazku pisano w przykładzie wykonania oraz zaprezentowano w dwóch wariantach funkcjonalnych na rysunku, na którym fig. 1, 2 i 3 odnoszą się do wariantu 1, w którym przy zadanej prędkości linowej modułu sprzęgającego elementy konstrukcji. Fig. 4 i Fig. 5 przedstawiają drugi wariant funkcjonalny budowy modułu sprzęgającego, w którym przy zadanej prędkości linowej tego modułu, następuje rozprężanie elementy konstrukcji, do której jest on na sztywno zamocowany.

Autonomiczny moduł sprzęgający do stabilizacji drgań konstrukcji składa się z dwóch dźwigni **C** umieszczonych obrotowo na wspólnej osi **D**, która osadzona jest przy użyciu płyt wspornikowych **G** zamocowanych obrotowo poprzez otwory **K** i kołki **B** do elementów **A** lub warstw konstrukcji, do których ww. moduł ma być aplikowany. Do elementów **A** lub warstw docelowych konstrukcji mocowane są co najmniej cztery gniazda **E**. Między dźwigniami **C** umieszczony jest dystansowy krążek **J**, zapewniający separację ruchów względnych dźwigni **C** poprzez niski poziom współczynnika tarcia pomiędzy krążkiem **J** a dźwigniami **C**. Do każdej dźwigni **C** mocowana jest z jednego końca poprzez otwór **L** sprężyna skrętna **F**, której drugi koniec umieszczony jest w jednym z co najmniej dwóch otworów **I**, znajdujących się w płycie wspornikowej **G**. Dźwignie **C** wyposażone są w otwory **M**, w które w zależności od wariantu pracy modułu umieszczane są wałki dociążające **H**. Poprzez wybór otworów **M** oraz otworów **I** dobierane jest odpowiednio wyważenie dźwigni **C** i naciąg wstępny sprężyn **F**, co wpływa istotnie na wartość prę-

kości, przy której będzie następowało sprzęganie elementów **A**, a docelowo warstw konstrukcji, do których elementy **A** będą na sztywno połączone. W zależności od wariantu działania autonomicznego modułu sprzęgającego, gniazda **E** tworzą z dźwigniami **C** rozłączne połączenie kształtowe lub gniazda **E** wyposażone są w magnes **Z**, a dźwignie **C** wykonane są z metalu ferromagnetycznego (Fig. 4 i 5). Rozsprzęganie elementów **A** następuje w wyniku przewyciężenia siły przyciągania działającej między daną dźwignią **C** a magnesem **Z** zlokalizowanym w gnieździe **E** tej dźwigni przypisanemu.

Przykład wykonania autonomicznego modułu sprzęgającego do stabilizacji drgań konstrukcji podany jest jedynie w charakterze nieograniczających wskazań dotyczących wynalazku i nie może w żaden sposób ograniczać zakresu ochrony, który jest określony przez zastrzeżenia patentowe.

Zastrzeżenia patentowe

1. Autonomiczny moduł sprzęgający do stabilizacji drgań konstrukcji, **znamienny tym**, że składa się z dwóch dźwigni (**C**) umieszczonych obrotowo na wspólnej osi (**D**), osadzonej w obu płytach wspornikowych (**G**) mocowanych obrotowo przy użyciu kołków (**B**) do warstw konstrukcji lub elementów (**A**), do których mocowane są po co najmniej cztery gniazda (**E**), a między dźwigniami (**C**) umieszczony jest krążek (**J**), przy czym do każdej dźwigni (**C**) przymocowana jest z jednego końca sprężyna (**F**) skrętna, której drugi koniec umieszczony jest w jednym z co najmniej dwóch otworów (**I**), znajdujących się w płycie wspornikowej (**G**), przy czym dźwignie wyposażono w otwory (**M**), w które umieszczane są wałki dociążające (**H**) o dobranej masie własnej.
2. Moduł według zastrz. 1, **znamienny tym**, że gniazda (**E**) tworzą z dźwigniami (**C**) rozłączne połączenie kształtowe.
3. Moduł według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że gniazda (**E**) wyposażone są w magnes (**Z**), a dźwignie (**C**) wykonane są z materiału ferromagnetycznego.

Rysunki

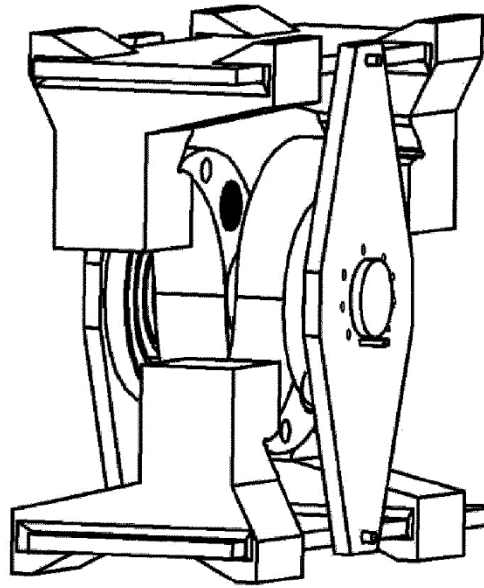


Fig. 1

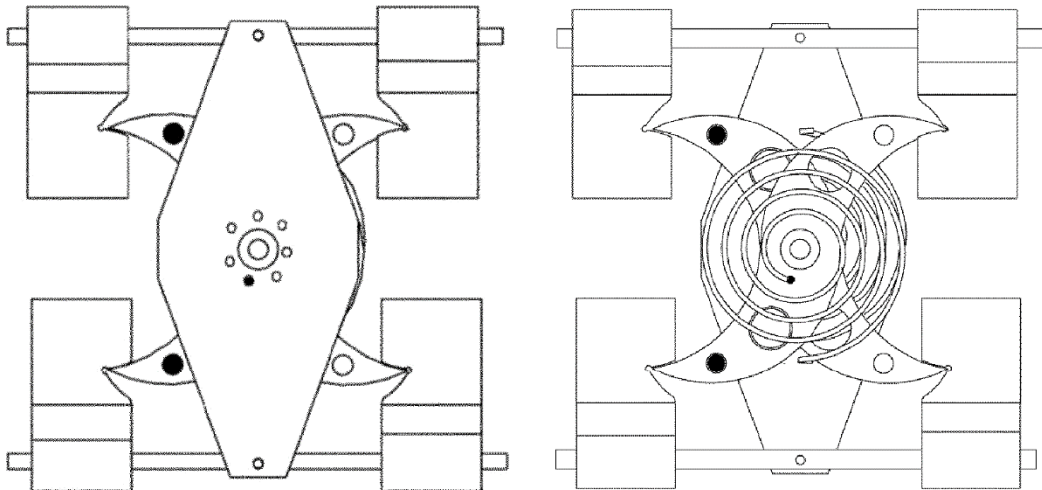


Fig. 2

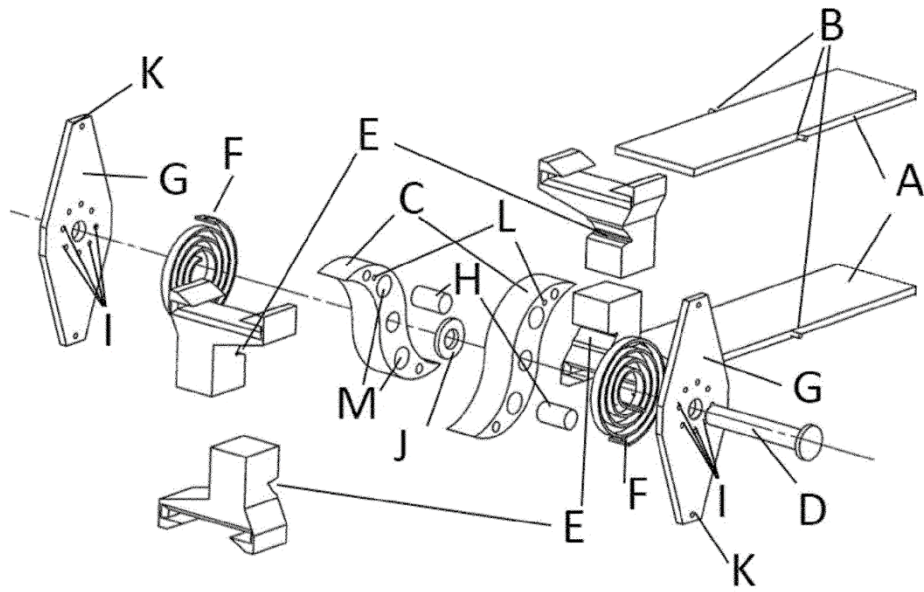


Fig. 3

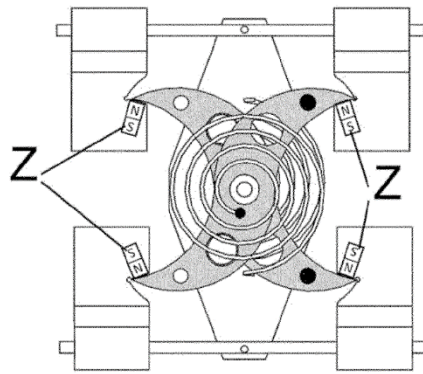


Fig. 4

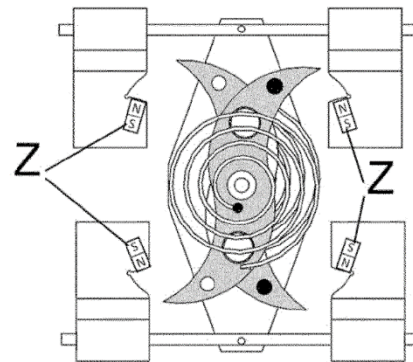


Fig. 5