

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **236203**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424095**

(51) Int.Cl.

G09B 23/06 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **28.12.2017**

(54)

Wahadła sprzężone

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

01.07.2019 BUP 14/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.12.2020 WUP 21/20

(73) Uprawniony z patentu:

UNIWERSYTET ŁÓDZKI, Łódź, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

recz. pat. Wojciech Zajączkowski

PL 236203 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku są wahadła sprzężone, mające zastosowanie w laboratoriach fizycznych do badania drgań chaotycznych o charakterze deterministycznym, w których występują dudnienia.

Znane wahadła sprzężone zostały opisane w instrukcji laboratoryjnej, napisanej w 2007 r. przez Mirosława Bylickiego dla Pracowni Fizycznej w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu i dostępnej pod adresem www.fizyka.umk.pl/~mirekb/ipf_zad_16pdf. Wahadła te zawierają podwójną, poziomą belkę, na której oparte są dwa jednakowe wahadła fizyczne o momencie bezwładności I . Każde z wahań składa się z pryzmatycznej poziomej osi opartej na belce i połączonej z pionowym prętem, do którego w dolnej części przymocowany jest ciężarek o masie m . Pręty połączone są ze sobą za pomocą przymocowanej do nich spiralnej sprężyny o liniowej zależności wydłużenia od naprężenia. Punkty przymocowania sprężyny i ciężarków do prętów mogą być zmieniane. Kiedy wahadła nie są odchyłone od położenia równowagi, wtedy sprężyna nie jest naprężona. Zasada działania wahań sprzężonych polega na tym, że po odchyleniu jednego z nich od pionu wykonuje ono drgania, które za pośrednictwem sprężyny są przenoszone na drugie wahadło, przy czym amplituda drgań pierwszego wahań maleje, a drugiego wzrasta. Po pewnym czasie zachodzi przekazywanie energii w odwrotnym kierunku. W wyniku tego amplitudy drgań obu wahań ulegają regularnym zmianom i zachodzą dudnienia. Bardzo podobnie zbudowane i tak samo działające wahadła sprzężone znane są z instrukcji napisanej przez Ryszarda Kosteckiego dla Pracowni Fizycznej Uniwersytetu Warszawskiego. Instrukcja ta jest dostępna pod adresem www.fuw.edu.pl/wo/lstf/tl_files2012/wahadlo.pdf.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że wahadła sprzężone zawierają podstawę z przymocowanymi do niej w pobliżu przeciwległych brzegów pionowymi słupkami, których wierzchołki połączone są ze sobą poziomą belką, przy czym podstawa, słupki i belka wykonane są z materiału nieferromagnetycznego, korzystnie z tekstolitu. Do podstawy przymocowane są poziomo dwa magnesy pierścieniowe o takich samych rozmiarach, wykonane korzystnie ze spieku żelaza, neodymu i boru. Do belki przymocowane są górne końce dwóch nierozciągliwych nici i na dolnych końcach każdej z tych nici przymocowane zostały pary współosiowych, cylindrycznych cewek, składające się z dolnej cewki napędowej oraz górnej cewki sygnałowej o takiej samej liczbie zwojów i takich samych wymiarach, ale znacznie mniejszych, niż wymiary magnesów pierścieniowych, przy czym obie cewki każdej pary umieszczone są współosiowo nad środkiem magnesów pierścieniowych. Cewka sygnałowa z pierwszej pary cewek połączona jest z wejściem pierwszego wzmacniacza operacyjnego a cewka napędowa drugiej pary cewek przyłączona do wyjścia tego wzmacniacza. Z kolei cewka sygnałowa z drugiej pary cewek połączona jest z wejściem drugiego wzmacniacza operacyjnego a cewka napędowa z pierwszej pary cewek przyłączona jest do wyjścia tego wzmacniacza. Wszystkie przewody łączące cewki ze wzmacniaczami operacyjnymi są giętkie i przymocowane w dolnej części do nierozciągliwych nici, na których zawieszono są cewki.

Podstawową zaletą wahań sprzężonych jest umożliwienie badania parametrów drgań chaotycznych o charakterze deterministycznym, w których pojawiają się dudnienia. Dodatkowymi zaletami tych wahań są prosta konstrukcja i niezawodność działania.

Wahadła sprzężone pokazane są w przykładzie wykonania na rysunku, przedstawiającym ich widok perspektywiczny oraz sposób połączenia cewek i wzmacniaczy.

Wahadła sprzężone zawierają podstawę 1 z przymocowanymi do niej w pobliżu przeciwległych brzegów pionowymi słupkami 2, 3, których wierzchołki połączone są ze sobą poziomą belką 4, przy czym podstawa 1, słupki 2, 3 i belka 4 wykonane są z materiału nieferromagnetycznego, korzystnie z tekstolitu. Do podstawy 1 przymocowane są poziomo dwa magnesy pierścieniowe 5, 6 o takich samych rozmiarach, wykonane korzystnie ze spieku żelaza, neodymu i boru. Do belki przymocowane są górne końce dwóch nierozciągliwych nici 7, 8 i na dolnych końcach każdej z tych nici przymocowane zostały pary współosiowych, cylindrycznych cewek 9, 10, 11, 12, składające się z dolnej cewki napędowej 9, albo 10 oraz górnej cewki sygnałowej 11, albo 12 o takiej samej liczbie zwojów i takich samych wymiarach, ale znacznie mniejszych, niż wymiary magnesów pierścieniowych 5, 6, przy czym obie cewki każdej pary umieszczone są współosiowo nad środkiem magnesów pierścieniowych 5, 6. Cewka sygnałowa 9 z pierwszej pary cewek połączona jest z wejściem pierwszego wzmacniacza operacyjnego 13 a cewka napędowa 10 drugiej pary cewek przyłączona do wyjścia tego wzmacniacza. Z kolei cewka sygnałowa 12 z drugiej pary cewek połączona jest z wejściem drugiego wzmacniacza operacyjnego 14 a cewka napędowa 11 z pierwszej pary cewek przyłączona jest do wyjścia tego wzmacniacza.

Wszystkie przewody łączące cewki 9, 10, 11, 12 ze wzmacniaczami operacyjnymi 13, 14 są giętke i przymocowane w dolnej części do nierozciągliwych nici 7, 8, na których zawieszono są cewki 9, 10, 11, 12.

Zasada działania wahadeł sprzężonych polega na tym, że po odchyleniu od pionu jednej pary cewek, np. 9 i 11, w cewce sygnałowej 9 indukuje się napięcie elektryczne, które jest wzmacniane przez wzmacniacz operacyjny 13 i zasila cewkę napędową 10. Ponieważ cewka 10 znajduje się w polu magnetycznym magnesu trwałego 6, to działa na nią siła elektrodynamiczna, powodująca wprowadzenie w ruch pary cewek 10 i 12. W poruszającej się w polu magnetycznym cewce sygnałowej 12 też indukuje się napięcie elektryczne, które jest wzmacniane przez wzmacniacz operacyjny 14 i zasila cewkę napędową 9. W ten sposób dochodzi do wzajemnego przekazywania energii drgań między wahadłami złożonymi z par cewek 9, 11 zawieszonych na nici 7 oraz 10, 12 zawieszonych na nici 8. Ponieważ pole magnetyczne wytwarzane przez magnesy pierścieniowe 5, 6 jest niejednorodne, to indukowane napięcia zależą w sposób nieliniowy od położenia cewek 9, 11 oraz 10, 12 i pojawiają się dudnienia chaotyczne o charakterze deterministycznym. Parametry tych drgań można łatwo zmieniać przez zmianę współczynników wzmocnienia wzmacniaczy operacyjnych 13, 14 i zmianę długości nici 7, 8. Zasada działania wahadeł sprzężonych po odchyleniu drugiej pary cewek 10, 12 jest analogiczna, jak opisano poprzednio. Małe rozmiary cewek 9, 10, 11, 12 ograniczają wpływ pola magnetycznego wytwarzanego przez te cewki na niejednorodności pola magnetycznego, wytwarzanego przez magnesy pierścieniowe 5, 6, co warunkuje nieliniowość oddziaływania i chaotyczny charakter drgań.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wahadła sprzężone zawierające podstawę z przymocowanymi do niej w pobliżu przeciwnych brzegów pionowymi słupkami, których wierzchołki połączone są ze sobą poziomą belką, przy czym podstawa, słupki i belka wykonane są z materiału nieferromagnetycznego, korzystnie z tekstolitu, **znamiennie tym**, że do podstawy (1) przymocowane są poziomo dwa magnesy pierścieniowe (5), (6) o takich samych rozmiarach, zaś do belki przymocowane są górne końce dwóch nierozciągliwych nici (7), (8) i na dolnych końcach każdej z tych nici przymocowane zostały pary współosiowych, cylindrycznych cewek (9), (10), (11), (12), składające się z dolnej cewki napędowej (9) albo (10) oraz górnej cewki sygnałowej (11) albo (12) o takiej samej liczbie zwojów i takich samych wymiarach, ale znacznie mniejszych, niż wymiary magnesów pierścieniowych (5), (6), przy czym obie cewki każdej pary umieszczone są współosiowo nad środkiem magnesów pierścieniowych (5), (6), a ponadto cewka sygnałowa (9) z pierwszej pary cewek połączona jest z wejściem pierwszego wzmacniacza (13) operacyjnego, a cewka napędowa (10) drugiej pary cewek przyłączona do wyjścia tego wzmacniacza, z kolei cewka sygnałowa (12) z drugiej pary cewek połączona jest z wejściem drugiego wzmacniacza operacyjnego (14), a cewka napędowa (9) z pierwszej pary cewek przyłączona jest do wyjścia tego wzmacniacza, a oprócz tego wszystkie przewody łączące cewki (9), (10), (11), (12) ze wzmacniaczami operacyjnymi (13), (14) są giętke i przymocowane w dolnej części do nierozciągliwych nici (7), (8), na których zawieszono są cewki (9), (10), (11), (12).
2. Wahadła sprzężone według zastrz. 1, **zamienne tym**, że magnesy pierścieniowe (5), (6) wykonane są korzystnie ze spieku żelaza, neodymu i bora.

Rysunek

