



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

56567

Patent dodatkowy
do patentu _____

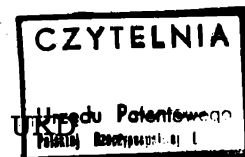
Zgłoszono: 26.XI.1965 (P 111 796)

Pierwszeństwo: 27.XI.1964 Szwajcaria

Opublikowano: 15.I.1969

Kl. 42 k, 7/05

MKP G 01 i 4/40



Współtwórcy wynalazku: Johannes Wirth, Mario Gallo

Właściciel patentu: Wirth, Gallo & Co, Zurych (Szwajcaria)

Struna pomiarowa

1

Przedmiotem wynalazku jest struna pomiarowa drgająca w jednej płaszczyźnie.

Znany jest sposób pomiaru dowolnej wielkości fizycznej, na przykład siły, na podstawie pomiaru częstotliwości rezonansowej naprężonej struny, drgającej w jednej płaszczyźnie w którym to sposobie naprężenie struny jest wynikiem oddziaływania mierzonej wielkości fizycznej (w danym przypadku siły) na tę strunę. Aby otrzymać poprawne wyniki pomiaru należy wykluczyć parazytowe drgania struny (drgania pozożytnicze). Jest to możliwe do uzyskania jedynie wówczas, kiedy częstotliwość rezonansoważądanego drgania płaskiego będzie dostatecznie oddalona od częstotliwości rezonansowych wszelkich możliwych drgań przy danym obciążeniu, względnie w całym zakresie obciążeń. Stwierdzono, że gdy te częstotliwości rezonansowe leżą zbyt blisko siebie, wówczas przenoszenie energii z jednego rodzaju drgań (pożądanego) na inny (parazytowy) możliwe jest jedynie przez sprzężenie mechaniczne.

Doświadczenie wykazało, że naprężone struny, które miały być zastosowane na przykład jako wzorce częstotliwości nie będą w stanie zadość uczynić bardzo ostrym wymaganiom dotyczącym stałości i powtarzalności częstotliwości. Okazało się, że brak stabilności drgań spowodowany jest już bardzo niewielkimi odchyleniami od kolistości przekroju poprzecznego struny, niewielką niejednorodnością naciągu oraz sposobu zamocowania

2

struny. Czynione były próby usunięcia niestabilności przez coraz dokładniejsze wykonywanie strun ze względu na kolistość ich przekroju poprzecznego, przez poprawę jednorodności naciągu na obwodzie struny, jak również kolistości obejmującej strunę na całym jej obwodzie masy, z którą struna jest łączona. Próby te nie dały zadowalających wyników.

Struny pomiarowe są w zasadzie stosunkowo krótkie i sztywne. W następstwie tego częstotliwość takiej struny zależy nie tylko od jej masy, długości i siły naciągu, lecz także od kształtu przekroju poprzecznego oraz modułu sprężystości materiału, z którego struna jest wykonana. Przekrój poprzeczny i moduł sprężystości materiału określają pewną sprężystość struny, co oznacza, że struna wykazuje częstotliwość różną od zera, wbrew temu co wynika ze stosowanych wzorów, także i bez siły naciągającej tę strunę. Częstotliwość struny bez siły wzdłużnej można obliczyć według wzorów dla zamocowanego pręta.

Wynalazek niniejszy dotyczy struny sztywnej. Pod określeniem struny sztywnej należy rozumieć strunę, dla której częstotliwość rezonansowa bez obciążenia wynosi, z powodu jej sztywności, przynajmniej 1% częstotliwości rezonansowej przy największym obciążeniu.

Sztywność struny, pomijając moduł sprężystości E zależy od kształtu jej przekroju poprzecznego, a raczej od promieni elipsy bezwładności jej prze-

kroju poprzecznego (dla przykładu podaje się, że promienie bezwładności struny o przekroju poprzecznym idealnie kołowym albo o przekroju w kształcie wieloboku foremnego, są równe i w takim przypadku elipsa bezwładności przechodzi w koło). Jeżeli na przykład przekrój poprzeczny struny ma kształt prostokąta to promienie bezwładności są różne. Wówczas sztywność struny w kierunku dłuższego boku przekroju jest większa niż sztywność w kierunku krótszego boku. Częstotliwość drgań w płaszczyznach przechodzących przez dwie osie przekroju są zatem różne i to przy każdej sile naciągu (także przy sile równej zero).

Wartości obu częstotliwości rezonansowych można obliczyć na drodze rozważań teoretycznych, można je także wyznaczyć na drodze eksperymentu.

Zadaniem wynalazku jest nadanie przekrojowi poprzecznemu struny takiego kształtu, przy którym możliwe będzie, przy częstotliwości rezonansowej, utrzymanie jej drgań tylko w jednej płaszczyźnie przechodzącej przez żądaną oś.

Zgodnie z wynalazkiem, struna pomiarowa drgająca w jednej płaszczyźnie, jest tym znamienita, że przekrój struny dobrany jest tak, że co najmniej w ograniczonym obszarze obciążeń struny, dwie częstotliwości rezonansowe tego samego rzędu, z których jedna przewidziana jest do pomiaru, różnią się od siebie w kierunku dwóch osi głównych elipsy bezwładności przekroju poprzecznego, więcej niż wynosi szerokość ich pasma rezonansowego, przy czym obie leżą pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi sąsiadujących rzędów.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładach wykonania przedstawionych na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia strunę naprężoną, fig. 2 — drgania trzeciego rzędu w jednym kierunku, fig. 3 — drgania w rezonansie, fig. 4a, 4b do 7 — różne przekroje, fig. 8—10, 11—14 przedstawiają dalsze przykłady wykonania.

Na fig. 1 przedstawiona jest struna S rozciągnięta pomiędzy masywną nieruchomą podporą M_1 i masą M_2 . Masa M_2 jest bardzo duża w porównaniu do masy struny S . Masa M_2 rozciąga strunę S z siłą P . Za pomocą środków elektromagnetycznych można doprowadzić strunę do drgania określonego rzędu i kierunku z częstotliwością rezonansową, przy czym drgania te odbywać się będą w jednej płaszczyźnie.

Na fig. 2 przedstawione jest drganie trzeciego rzędu w jednej płaszczyźnie w kierunku osi x . Jeżeli struna jest długa, cienka i ma mały moduł E , wówczas jej skłonność do drgań parazytowych jest niewielka. Jeżeli natomiast jest ona stosunkowo krótka i ma duży moduł E a ponadto nie ma idealnie kołowego przekroju poprzecznego, to jak wykazało doświadczenie, nie drga ona stabilnie. Ani amplituda ani częstotliwość nie jest w tym przypadku stała, zaś drganie nie odbywa się w jednej tylko płaszczyźnie i kierunku wzbudzenia (kierunek x w płaszczyźnie xz). Struna drga w sposób złożony równocześnie w kierunku x i w kierunku y z niżej podanych, powodów.

Struna, której przekrój poprzeczny, ze względów wytwarzania nigdy nie jest idealnym kołem,

ma dwa, różniące się nieco od siebie, promienie bezwładności, które na ogół nie są zgodne z kierunkiem osi x i y . (najwyżej przypadkowo). Oś x leży w płaszczyźnie, w której struna jest pobudzana do drgań.

Po pobudzeniu struny do drgań powstają dwa drgania rezonansowe trzeciego rzędu o prawie jednakowej częstotliwości w kierunku dwóch osi głównych elipsy bezwładności. Źródło pobudzające może przy tym, w zależności od okoliczności pobudzać strunę do drgania tylko w jednym kierunku, lecz może także, przy odpowiednio obróconym położeniu osi głównych, pobudzić strunę w sposób niezamierzony do drgań w obu kierunkach.

Obie częstotliwości rezonansowe leżą tak blisko siebie, że przedostanie się energii ruchu drgającego z jednego kierunku drgań do drugiego, jest możliwe poprzez sprzężenie mechaniczne i z reguły zawsze występuje (a więc bez zasilania ze strony źródła pobudzającego). Nawet jeżeli ustawi się przekrój poprzeczny struny w stosunku do źródła pobudzającego w ten sposób, że kierunek wzbudzenia (kierunek x) będzie się pokrywał z jedną z osi głównych elipsy bezwładności (co przy niezamierzonych odchyłkach kształtu przekroju poprzecznego jest prawie niemożliwe), w wyniku czego struna pobudzona zostanie do drgania w rezonansie bezpośrednio przez źródło tylko w jednym kierunku (w płaszczyźnie xz), to i tak pojawi się zaraz drganie rezonansowe w kierunku prostopadłym (w płaszczyźnie yz fig. 3) poprzez sprzężenie mechaniczne i struna zacznie drgać w wyżej opisany założony sposób.

Gdyby było możliwe wreszcie wykonanie struny o idealnie kołowym kształcie przekroju poprzecznego to struna taka też nie drgałaby tylko w jednej płaszczyźnie, ponieważ równomierne naprężenie struny na całym jej obwodzie jest w praktyce niemożliwe.

Drgania nie przebiegające w jednej płaszczyźnie mają następujące wady: stabilność amplitudy i częstotliwości drgania rezonansowego jest zła, dobroć rezonansu jest niewielka i wreszcie naruszona jest zależność pomiędzy siłą rozciągającą i częstotliwością rezonansową.

Na fig. 4a i 4b przedstawione są przekroje poprzeczne według przykładów wykonania. Jedna lub dwie równoległe płaszczyzny przekroju poprzecznego określają jednoznacznie położenie osi głównych elipsy bezwładności i umożliwiają właściwe pod tym względem zamocowanie struny. Jeżeli taka struna, pozbawiona wad, o których wyżej była mowa, zostanie pobudzona do drgania na przykład trzeciego rzędu w kierunku x (fig. 2), to drgania trzeciego rzędu w płaszczyźnie przechodzącej przez oś y (fig. 3) nie zostanie wywołane ani przez źródło pobudzające (ponieważ to stoi prostopadle do płaszczyzny drgań) ani przez sprzężenie mechaniczne, poprzez które dostarczana jest energia pierwszego ruchu drgającego, ponieważ obie częstotliwości rezonansowe leżą dostatecznie daleko od siebie przy wszelkich wartościach siły naciągającej strunę.

Przekroje poprzeczne według fig. 4a, 4b i 5 ma-

ją przynajmniej jedną powierzchnię, która położona jest równoległe do jednej osi głównej, elipsy bezwładności. Jest to bardzo korzystne, gdyż umożliwia właściwe zamocowanie struny w stosunku do płaszczyzny, w której struna będzie pobudzona do drgania. Dalsze przykłady wykonania przedstawione są na fig. 6 i 7. Także i tu widoczne jest położenie elipsy bezwładności *a* za tym wiadomy jest sposób zamocowania struny. Ponieważ sztywność struny szybko rośnie ze wzrostem rzędu drgania, jest przeto możliwe przy zbyt płaskich przekrojach, że pożądany rodzaj drgania na przykład trzeciego rzędu w kierunku *x* (względnie w kierunku większego momentu bezwładności) ma tę samą częstotliwość co drganie sąsiedniego rzędu (na przykład czwartego rzędu w kierunku *y*, względnie w kierunku mniejszego momentu bezwładności). Jeżeli pożądane jest drganie w kierunku *y*, względnie w kierunku mniejszego momentu bezwładności, to należy niedopuszczyć do tego, aby drganie niższego rzędu miało taką samą częstotliwość w kierunku *x*. Dopuszczalną granicę różnorodności wyboru promieni bezwładności przekroi nieokrągłych można uzyskać na drodze obliczeń lub eksperymentalnie.

Dotąd zakładano, że kształt przekroju poprzecznego struny jest jednakowy na całej jej długości. Nie jest to konieczne. Struna, która ma drgać na przykład w zakresie trzeciego rzędu może mieć dwa różne kształty przekroju poprzecznego na przykład według fig. 8 do 10. Kolisty przekrój *a* występuje tu tylko w węzłach drgania, płaski, przekrój *b* występuje w brzuścach drgania i w miejscach zamocowania struny. Sztywność i częstotliwość rezonansowa w kierunku *x* jest przez to różna od sztywności i częstotliwości rezonansowej w kierunku *y*.

Aby otrzymać pożądany odstęp jednej częstotliwości do drugiej, można zmieniać kształt przekroju poprzecznego struny tylko na jej końcach; pokazane to zostało, tytułem przykładu na figurach 11 do 14. W części środkowej *a* i w głowicach mocujących *c* struna ma kolisty kształt przekroju, podczas gdy na swych końcach, w przejściach do głowic *b* ma kształt płaski. Zgodnie z przytoczonym rozważaniem, stosunek osi elipsy bezwładności określa obie częstotliwości rezonansowe, skoro tylko przekrój poprzeczny struny nie jest jednakowy.

Zastrzeżenia patentowe

1. Struna pomiarowa drgająca w jednej płaszczyźnie, **znamienna tym**, że przekrój struny do brany jest tak, że co najmniej w ograniczonym obszarze obciążeń struny, dwie częstotliwości rezonansowe tego samego rzędu, z których jedna zastosowana jest do pomiaru, różnią się od siebie w kierunku osi głównych elipsy bezwładności przekroju poprzecznego, więcej niż wynosi szerokość ich pasma rezonansowego, przy czym obie leżą pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi sąsiadujących rzędów.
2. Struna według zastrz. 1, **znamienna tym**, że jej przekrój kolisty jest spłaszczony tylko w jednym miejscu lub w dwóch przeciwległych miejscach.
3. Struna według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ma kształt przekroju poprzecznego prostokątny, rombowy albo trójkątny.
4. Struna według zastrz. 1—3 **znamienna tym**, że przekroje występują tylko na części długości struny.

