

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

66349

Patent dodatkowy
do patentu _____

Kl. 42o,11

Zgłoszono: 09.VII.1969 (P 134 692)

Pierwszeństwo: _____

MKP G01p 15/00

Opublikowano: 14.X.1972

CZYTELNIA
UKD
Urzędu Patentowego

Twórca wynalazku: Włodzimierz Amanowicz

Właściciel patentu: Dowództwo Wojsk Lotniczych (Instytut Techniczny
Wojsk Lotniczych), Warszawa (Polska)

Sposób pomiaru przyspieszenia kąowego wirujących elementów maszyn oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru przyspieszenia kąowego wirujących elementów maszyn z zastosowaniem metody tensometrii elektrycznej oporowej oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

W znanym dotychczas sposobie stosuje się czujniki oporowe, składające się z oporników w postaci prostych równoległych odcinków, naklejanych na elementy sprężyste w postaci beleczek wspornikowych, wirujących wokół osi leżącej w płaszczyźnie osi najmniejszego momentu bezwładności poprzecznego przekroju beleczki. W takim rozwiązaniu, szkodliwe o znacznych wartościach, siły masowe powstałe od wzbudzających się drgań i siły oporu aerodynamicznego lub hydraulicznego sumują się bezpośrednio, algebraicznie, z siłami masowymi od mierzonego przyspieszenia kąowego nie pozwalając na selekcję pożądaných wydłużeń powierzchni beleczki.

Celem wynalazku jest opracowanie takiego sposobu pomiaru przyspieszenia kąowego oraz urządzenia do stosowania tego sposobu które nie posiadałoby wad i niedogodności w dotychczas znanych sposobach i urządzeniach do pomiaru przyspieszenia kąowego wirujących elementów maszyn.

Cel ten został osiągnięty przez opracowanie sposobu pomiaru polegającego na pomiarze odkształceń elementu sprężystego metodą tensometrii elektrycznej oporowej przy połączeniu czujników oporowych w pełny obwód mostka Wheatstone'a. Z nałożonych na element sprężysty czujników oporowych uzyskuje się sygnał elektryczny proporcjo-

2

nalny do wydłużenia powierzchni elementu sprężystego, spowodowanego przez ścinanie od sił masowych od mierzonego przyspieszenia kąowego, przy czym wydłużenie powierzchni elementu sprężystego jest proporcjonalne do mierzonego przyspieszenia kąowego, a poszczególne segmenty czujników oporowych są połączone w mostek oporowy Wheatstone'a w wyniku czego usuwa się wpływ przyspieszenia promieniowego.

Urządzenie do stosowania powyższego sposobu rozwiązano przez zastosowanie elementu sprężystego w postaci tarczy wirującej wokół osi prostopadłej do niej, przechodzącej przez środek tarczy na której umieszczono segmentowe czujniki oporowe zawierające segment obwodowy, segment promieniowy i segment spiralny utworzony z połączonych szeregowo oporników w postaci jednakowego odcinka spirali logarytmicznej o wspólnym biegunie umieszczonym w osi obrotu tarczy przecinającej każdy promień tarczy pod stałym kątem $0,25\pi$, lub jest utworzony z oporników w kształcie jednakowych odcinków okręgów zbliżających odcinki spirali logarytmicznej lub też utworzony jest z oporników w kształcie jednakowych odcinków prostych nachylonych do tego samego okręgu średniego pod kątem $0,25\pi$, zbliżających odcinki spirali logarytmicznej.

Siły masowe od przyspieszeń stycznych, proporcjonalne do mierzonego przyspieszenia kąowego, wywołują w cylindrycznych przekrojach tarczy, współśrodkowych z osią obrotu, największe naprężenia tnące stanu naprężenia równoważnego czystemu

ścinaniu. Największe, co do wartości bezwzględnej, wydłużenie ϵ_{ST} elementu tarczy, poddanego tak wywołanemu ścinaniu, zachodzi w kierunku odchylonym o $0,25\pi$ od kierunku promieniowego. Zależność między przyspieszeniem kątowym ω a wydłużeniem ϵ_{ST} ma postać, w danym punkcie tarczy,

$$\omega = \frac{4E}{(1+\nu)\rho} \cdot \frac{r^2}{a^4 - r^2} \cdot E_{ST}$$

gdzie: E — moduł Younga tarczy; ν — liczba Poissona; ρ — masa jednostkowa; a — promień obwodu zewnętrznego tarczy; r — promień bieżący tarczy.

Jednocześnie siły masowe od przyspieszeń promieniowych powodują stan odkształcenia o wydłużeniach głównych: ϵ_{IC} — obwodowym i ϵ_{RC} — promieniowym. Stany odkształcenia od przyspieszeń stycznych i promieniowych, dają wypadkowe odkształcenie ϵ_{STC} w kierunku odchylonym o $0,25\pi$ od kierunku promieniowego, którego wartość wynosi, w danym punkcie powierzchni tarczy:

$$\epsilon_{STC} = \pm \epsilon_{ST} + 0,5(\epsilon_{IC} + \epsilon_{RC}).$$

Opracowany czujnik oporowy składa się z trzech segmentów: spiralnego — mierzącego wydłużenie ϵ_{STC} , obwodowego — mierzącego wydłużenie ϵ_{IC} , promieniowego — mierzącego wydłużenie ϵ_{RC} . Spiralny segment składa się z oporników połączonych szeregowo, posiadających postać jednakowego odcinka spirali logarytmicznej o równaniu

$$r = r_s e^{\theta}$$

gdzie: r oraz θ — współrzędne biegunowe (promień i kąt); r_s — promień charakterystyczny spirali; e — podstawa logarytmów naturalnych, mającej tę własność, że przecina ona każdy promień wychodzący z bieguna pod stałym kątem $0,25\pi$. Segmenty obwodowy i promieniowy składają się z połączonych szeregowo oporników posiadających odpowiednio, postać współśrodkowych odcinków okręgów kół i jednakowych odcinków promieni.

Wszystkie trzy segmenty czujnika oporowego są tak skonstruowane, że ich siatki pomiarowe mieszczą się w wycinkach tego samego pierścienia kołowego, przy czym stosunek pól wycinków jest

$$F_{IC} = F_{RC} = 0,5 F_{STC}$$

gdzie: F_{IC} — pole segmentu obwodowego, F_{RC} — pole segmentu promieniowego, F_{STC} — pole segmentu spiralnego, a stosunek całkowity oporów segmentów jest

$$R_{IC} = R_{RC} = 0,5 R_{STC}$$

gdzie: R_{IC} — opór segmentu obwodowego, R_{RC} — promieniowego, R_{STC} — spiralnego. Segment spiralny skonstruowany jest w dwóch wersjach będących wzajemnym lustrzanym odbiciem.

Po tej samej stronie tarczy umieszcza się po jednym segmente: spiralnym obwodowym i promieniowym. Po drugiej stronie tarczy dokładnie na przeciw segmentu spiralnego umieszcza się segment spiralny stanowiący jego odbicie lustrzane, na przeciw obwodowego — obwodowy, promienio-

wego — promieniowy i łączy w obwód pełnego mostka Wheatstone'a tak, że segmenty spiralne znajdują się w przeciwnych gałęziach mostka, po jednym w każdej, a w dwóch pozostałych gałęziach znajduje się jeden segment obwodowy i jeden promieniowy w każdej. Sygnał elektryczny z mostka odpowiada zmianie oporności $2\Delta R_{ST}$:

$$\pm 2\Delta R_{ST} = 2\Delta R_{STC} - 2(\Delta R_{IC} + \Delta R_{RC}).$$

Sposób i urządzenie do pomiaru przyspieszenia kąowego według wynalazku w istotny sposób rozwiązują zastosowanie tensometrii elektrycznej oporowej do pomiaru przyspieszenia kąowego, a tensometria elektryczna oporowa jest jedną z najczulszych i najszerzej stosowanych metod w pomiarach wielkości mechanicznych i rozporządza wielką ilością gotowych rozwiązań aparatury: wzmacniaczy, wskaźników, rejestratorów i innych.

Jest ona czulsza od stosowanych do tego celu metod, magnetycznej i indukcyjnej, przy czym jest mało wrażliwa na wpływ obcych pól elektromagnetycznych. W rozwiązaniu według wynalazku uzyskuje się bezpośrednio, na wskaźniku lub odpowiednio, wychylenie proporcjonalne do mierzonego przyspieszenia kąowego, przy czym od położenia zerowego, dla ustalonego biegu badanego obiektu, wychylenie odpowiadające przyspieszeniu powodującemu wzrost prędkości obrotowej zachodzi w przeciwną stronę niż przy malejącej prędkości obrotowej, pozwalając rozróżnić zarówno wartość bezwzględną jak i znak mierzonego przyspieszenia kąowego.

Obok wymienionych korzyści ogólnych zastosowany sposób rozmieszczenia czujników oporowych na tarczy i łączenia ich w obwód mostka Wheatstone'a usuwa wpływ temperatury, zarówno powodowany dylatacjami jak i zmianą oporności właściwej, usuwa wpływ zginania poprzecznego tarczy powodowanego drganiem lub wstrząsami, pozwala na umieszczenie szczotek i pierścieni komutatora poza gałęziami pomiarowymi mostka.

Wynalazek jest objaśniony bliżej na podstawie przykładów wykonania na rysunku, na którym fig. 1 — przedstawia przekrój podłużny urządzenia według wynalazku, fig. 2 — przekrój poprzeczny A—A urządzenia, fig. 3 — przekrój poprzeczny B—B urządzenia, fig. 4 i fig. 5 — segmentowe czujniki oporowe, fig. 6 oznacza elektryczny obwód wewnętrzny urządzenia, fig. 7a — i fig. 7b — przedstawiają fragment czujnika segmentowego w uproszczonym wykonaniu.

Jak pokazano na rysunku, na tarczy 1, po obu jej stronach, są rozmieszczone segmentowe czujniki oporowe 2 oraz 3, połączone elektrycznymi przewodami 4 z komutatorem 5, od którego elektryczne przewody 6 prowadzą do zasilacza i wzmacniacza aparatury pomiarowej, rejestrującej lub regulującej. Tarcza 1 osadzona jest na wirującym wałku 7, lub stanowi z nim jedną całość, łączonym do badanego obiektu za pośrednictwem sprzęgła 8. Na tarczy 1 znajduje się segmentowy czujnik oporowy 2 składający się z segmentu spiralnego 9, segmentu obwodowego 10 i segmentu promieniowego 11. Segmentowy czujnik oporowy 3, składający się z segmentu spiralnego 12, mającego postać lu-

strzanego odbicia segmentu spiralnego 9 umieszczony jest dokładnie naprzeciw segmentu spiralnego 9. Segment obwodowy 10 umieszczony jest naprzeciw segmentu obwodowego 10 oraz segmentu promieniowego 11.

Siatki pomiarowe poszczególnych segmentów wykonane są z oporowej folii metalowej. Siatka pomiarowa segmentu spiralnego 9, o całkowitym oporze R_{STC} , składa się z połączonych szeregowo oporników w postaci jednakowych odcinków spirali logarytmicznej 13, o wspólnym biegunie i przecinających każdy promień pod stałym kątem $0,25\pi$. Siatka pomiarowa segmentu obwodowego 10, o całkowitym oporze R_{IC} , składa się z wycinków okręgów współśrodkowych 14. Siatka pomiarowa segmentu promieniowego 11, o całkowitym oporze R_{IC} , składa się z jednakowych odcinków promieni 15, wychodzących z tego samego środka. Strzałki 16 służą do rozmieszczenia czujnika na tarczy 1, do której jest on przyklejony. Poszczególne segmenty można oddzielić przez przecięcie podkładki, wtedy pozostałe strzałki służą do rozmieszczania każdego segmentu z osobna na tarczy.

Siatka pomiarowa segmentu spiralnego 12, o całkowitym oporze R_{STC} , w czujniku oporowym 3 składa się z połączonych szeregowo oporników w postaci jednakowych odcinków spirali logarytmicznej 17, będących zwierciadlanym odbiciem odcinków 13.

Oprócz tego segmenty czujnika 3 są uporządkowane w odwrotnej kolejności niż w czujniku 2.

Obwód wewnętrzny urządzenia, stanowiący pełny mostek oporowy Wheatstone'a jest utworzony z oporów R_{STC} , R_{IC} oraz R_{IC} poszczególnych segmentów czujników oporowych 2 oraz 3. Przewody 4 prowadzą do komutatora.

Na rysunku fig. 7a i 7b pokazano wykonanie segmentu spiralnego w dwóch odmianach. W odmianie pierwszej siatka oporowa składa się z oporników w kształcie jednakowych odcinków okręgów 18, zbliżających odcinki spirali logarytmicznej. W odmianie drugiej siatka oporowa składa się z oporników w kształcie jednakowych odcinków prostych 19, zbliżających odcinki spirali logarytmicznej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru przyspieszenia kąowego wirujących elementów maszyn, polegający na pomia-

rze odkształcenia elementu sprężystego metodą tensometrii elektrycznej oporowej przy połączeniu czujników oporowych w pełny obwód mostka Wheatstone'a, **znamienny tym**, że z nałożonych na element sprężysty czujników oporowych (9), (10) i (11) uzyskuje się sygnał elektryczny proporcjonalny do wydłużenia powierzchni elementu sprężystego (1), spowodowanego przez ścinanie od sił masowych od mierzonego przyspieszenia kąowego, przy czym wydłużenie powierzchni elementu sprężystego (1) jest proporcjonalne do mierzonego przyspieszenia kąowego, a poszczególne segmenty czujników oporowych są połączone w mostek oporowy Wheatstone'a a w wyniku czego usuwa się wpływ przyspieszenia promieniowego.

2. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1, składające się z elementu sprężystego i czujników oporowych, **znamiennie tym**, że wyposażone jest w element sprężysty (1) w postaci tarczy wirującej wokół osi prostopadłej do niej, przechodzącej przez środek tarczy, na której umieszczone są czujniki oporowe (2) oraz (3) zawierające segment obwodowy (10), segment promieniowy (11) oraz segment spiralny (9) który jest utworzony z połączonych szeregowo oporników, każdy w postaci jednakowego odcinka spirali logarytmicznej (13) o wspólnym biegunie umieszczonym w osi obrotu tarczy (1) przecinającego każdy promień tarczy pod stałym kątem $0,25\pi$, a całkowity opór segmentu obwodowego (R_{IC}) równy jest połowie oporu (R_{STC}), a całkowity opór segmentu promieniowego (R_{IC}) równy jest połowie oporu (R_{STC}) segmentu spiralnego.

3. Odmiana urządzenia według zastrz. 2, **znamienna tym**, że oporniki w kształcie jednakowych odcinków spirali logarytmicznej z których utworzony był segment spiralny czujnika, jest utworzony z oporników w kształcie jednakowych odcinków okręgów (18) zbliżających odcinki spirali logarytmicznej.

4. Odmiana urządzenia według zastrz. 2, **znamienna tym**, że oporniki w kształcie jednakowych odcinków spirali logarytmicznej, z których utworzony był segment spiralny czujnika, jest utworzony z oporników w kształcie jednakowych odcinków prostych (19), nachylonych do tego samego okręgu średniego pod kątem $0,25\pi$, zbliżających odcinki spirali logarytmicznej.

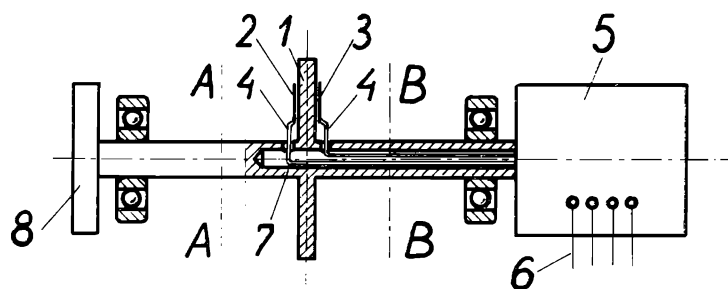


Fig.1

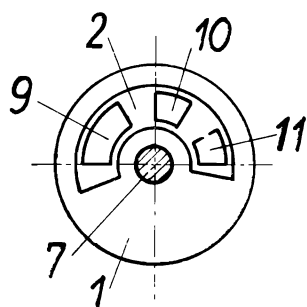


Fig.2

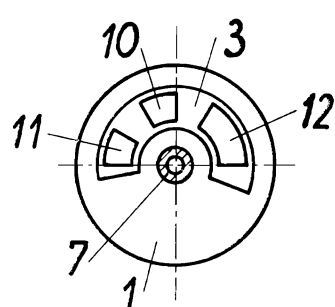


Fig.3

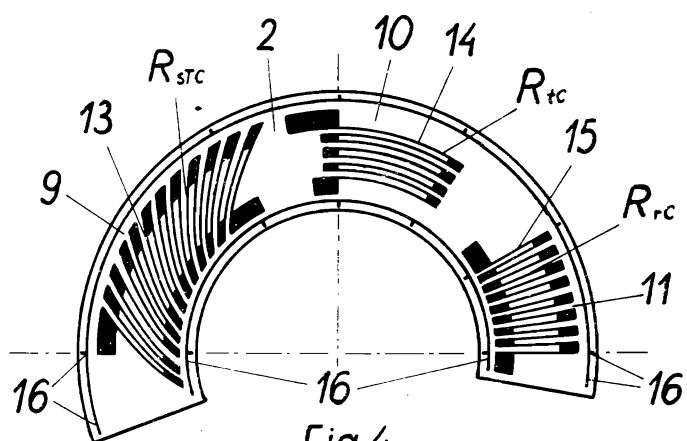


Fig.4

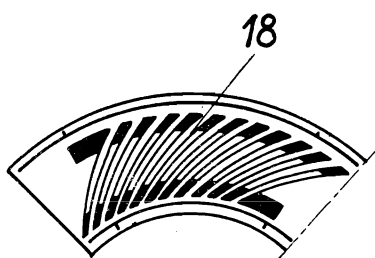
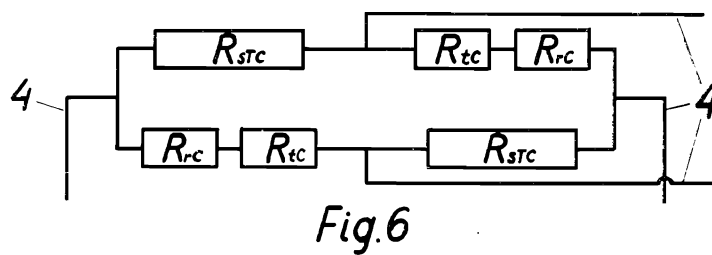
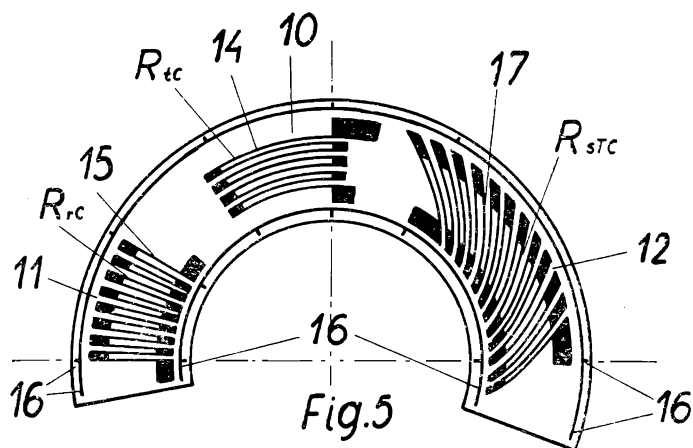


Fig. 7a

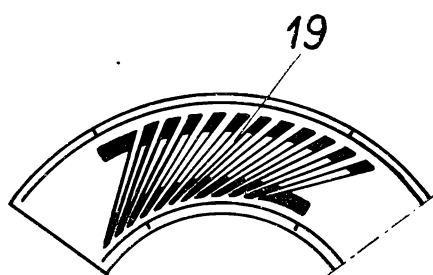


Fig. 7b