

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

27 822

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

F16C 23/04 (2006.01)
F16C 23/10 (2006.01)
F16C 25/04 (2006.01)
F16C 17/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-30272**
(22) Přihlášeno: **04.11.2014**
(47) Zapsáno: **16.02.2015**

(73) Majitel:
Vysoká škola báňská- Technická univerzita
Ostrava, Ostrava- Poruba, CZ

(72) Původce:
Ing. Jiří Tůma, CSc., Štamberk, CZ
Ing. Jiří Šimek, CSc., Praha 4, CZ
Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D., Bánov, CZ
Ing. Jaromír Škuta, Ph.D., Vratimov, CZ
Ing. Pavel Šuránek, Hlučín, CZ
doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D., Ostrava, CZ
Vladimír Starý, Čavisov, CZ

(74) Zástupce:
INPARTNERS GROUP, Ing. Dušan Kendereški,
Lidická 51, 612 00 Brno

(54) Název užitého vzoru:
**Zařízení aktivního řízení vibrací kluzných
ložisek s použitím piezoaktuátorů**

CZ 27822 U1

Zařízení aktivního řízení vibrací kluzných ložisek s použitím piezoaktuátorů

Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení aktivního řízení vibrací kluzného radiálního ložiska, které sestává z ložiskového tělesa, ložiskového pouzdra, jehož pohyb je aktivně řízen prostřednictvím piezoaktuátorů uspořádaných mezi pohyblivým ložiskovým pouzdem a úchyty.

Dosavadní stav techniky

Nestabilita rotorů uložených v hydrodynamických ložiskách, způsobující nadměrné vibrace po překročení hraničních otáček, je známý jev. Jejím charakteristickým rysem je sub-harmonická frekvence kmitání, která je buď závislá na frekvenci otáček hřídele a nazývá se „oilwhirl“, nebo má konstantní frekvenci rovnou obvykle první vlastní frekvenci systému a je označována jako „oilwhip“. Frekvence kmitání typu „oilwhirl“ je 0,42 až 0,48 násobek frekvence otáčení rotoru. Mezní otáčky pro vznik nestability u kluzného ložiska s cylindrickým pouzdem závisí na radiální vůli a viskozitě mazacího oleje. Relativní radiální vůle je u přesných ložisek do 3 promile a viskozita oleje se přizpůsobuje jeho obvyklé teplotě kolem 40 °C. Například kluzné ložisko pro hřídel o průměru 30 mm s radiální vůlí 40 µm, ve kterém se použije speciální olej pro vysokorychlostní vřetena brusek, má mezní otáčky asi 2000 za minutu. Nestabilitě rotoru v kluzných ložiskách se dosud čelí pasivním způsobem spočívajícím v úpravě profilu vnitřku pouzdra ložiska. Konstrukční úpravy mají vytvořit geometrii složenou z několika kluzných ploch, jejichž střed křivosti je posunut vzhledem ke středu ložiska, čímž je vytvořeno určité předpětí. Profil ložiska je tak např. citronový nebo přesazený (se dvěma kluznými plochami) případně víceplochý, když má ložisko více než dvě kluzné plochy. Nejlepší vlastnosti z hlediska stability mají ložiska s plovoucím pouzdem a ložiska s naklápěcími segmenty, která jsou ovšem výrobně náročnější.

Ve světě se uskutečnil pokus aktivně řídit kluzné ložisko aktuátory s giant magnetostrikčními materiály na City University of Hongkong. Účelem bylo snížit vibrace vlivem vnějších sil. Laboratorní testy s ložisky, které jsou vzdáleny v praxi použitelným kluzným ložiskům, probíhaly bez mazání olejem. Na pracovišti původců patentu byl odzkoušen a také publikován rovněž řídicí systém s jednoduchým regulátorem.

V české přihlášce (PV) CZ 1987-3949 je popsáno vodící ložisko pro vrata s vertikálním pohybem sestávající z plunžru, který je uložen v kluzáku. Kluzák je spojen s rámem dveří pomocí svorníku a příložky. Uvnitř plunžru je pružina, která slouží jako zásobník energie a zajišťuje samostačitelnost ložiska. Vodící ložisko lze využít u vrat výrobních hal, seníku a dalších zemědělských staveb. Vodící ložisko se pohybuje ve vedení, které je tvořeno U profilem. Vodící ložisko sestává z kluzáku, na němž je umístěn plunžr. Plunžr je v podstatě dutý válec s průchozím otvorem. Plunžr je vedený v příložce, která má průchozí otvory a je přivařena na rám. Rám s plechovou nebo dřevěnou výplní tvoří vrata. Spojení mezi vraty a kluzákem je zajištěno pomocí svorníku, který je hlavou zapuštěn do kluzáku, prochází plunžrem a končí nad otvorem v rámu. Svorník je k plunžru připevněn maticí a k rámu pomocí aretační matice. Pružina uložena v dutině plunžru slouží jako zásobník energie pro vyvození příčného pohybu kluzáku. Při posouvání vrat se ložisko posouvá ve vedení. Toto řešení se týká mechanického řešení a pro zcela jiný typ ložisek jako v navrhovaném technickém řešení.

V další české přihlášce (PV) CZ 2012-506 je popsán způsob a zařízení pro aktivní řízení hydrodynamických kluzných ložisek s pohyblivým pouzdem rozšiřuje provozní otáčky použitím elektronické stabilizační zpětné vazby zprostředkované piezoaktuátory, které ovládají regulátory polohy. Jejich žádané hodnoty jsou výstupem dvouparametrového regulátoru se vstupem do polohy regulátoru a se vstupem do polohy hřídele vzhledem k ložiskovému tělesu. Pouzdem pohybují dva piezoaktuátory umístěné po stranách hřídele. První piezoaktuátor je umístěn v rovině kolmé na osu hřídele. Druhý piezoaktuátor je rovněž umístěn v rovině kolmé na osu hřídele a je pootočen o 90° vůči prvnímu piezoaktuátoru. Pohyb pouzdra vzhledem k ložiskovému tělesu umožňují pružné členy. Polohu hřídele vůči ložiskovému tělesu je možné zjistit ve dvou vzá-

jemně kolmých směrech pomocí dvou snímačů přiblížení, které jsou umístěny po stranách hřídele. První snímač přiblížení je umístěn v rovině kolmé k ose hřídele. Druhý snímač přiblížení je rovněž umístěn v rovině kolmé k ose hřídele a pootočen o 90° oproti prvnímu snímači. Regulační odchylky jsou výsledkem porovnání tzv. žádaných poloh hřídele ve dvou směrech. Tyto polohy jsou porovnány se skutečnou polohou, která je zjištěna pomocí snímačů přiblížení. Zjištěné odchylky vstupují do dvouparametrového regulátoru.

V přihlášce EP 2241770 je popsán vynález, který se týká zařízení s kluznými ložisky, schopným snížit koncentrace mechanického napětí. Tohle ložiskové zařízení je opatřeno pouzdem ložiska, které se opírá o základnu ložiska upevněnou na těle rotačního stroje s rotačním hřídelem, dále vložkami, které jsou uspořádány tak, aby po obvodu obklopovali rotační hřídel, přičemž kontaktní plocha mezi vnějším obvodem pouzdra ložiska a vnitřním obvodem ložiska se rozprostírá podél směru osy rotačního hřídele a tvoří konvexní zakřivenou plochu. Vzdálenost mezi vnitřním obvodem pouzdra ložiska a vnějším obvodem vložky se postupně zvětšuje od středu směrem ke koncům podél axiálního směru. Vynález řeší konstrukční řešení, netýkají se řízení ani použití piezoaktuátorů.

V americké přihlášce US 4643592 je popsáno zařízení pro omezení mechanických vibrací rotačních strojů. Toto zařízení obsahuje jeden nebo více detektorů polohy na hřídeli rotoru, počítač s pamětí a řídicím algoritmem pro manipulaci se signály přicházejících z detektorů, elektronický regulátor pro manipulaci s hydraulickými ventily, pohyblivé podložky, kluzné ložiska, pomocné čerpací systémy, pohyblivé nosné podložky a pohony fungující pod kontrolou neustálé zpětné vazby z počítače, který kontroluje a reguluje optimální otáčky přístroje. Vynález se zaměřuje na potlačování nechtěných vibrací, aktivní prvky jsou hydraulické, tzn. jiné prvky než prezentovaný vynález.

Technické řešení si klade za úkol navržení systému aktivního řízení kluzných ložisek s použitím piezoaktuátorů a s cílem potlačit nestabilitu vlivem olejového filmu, přičemž ke stabilizaci je použit pásmový filtr, který je naladěn na frekvenci módu vibrací typu „whirl“.

Podstata technického řešení

Cíle technického řešení je dosaženo zařízením aktivního řízení vibrací kluzných ložisek s použitím piezoaktuátorů, jehož podstata spočívá v tom, že zahrnuje hřídel uložený v pohyblivém pouzdu, jež je opatřeno oporou v podobě pružných členů s pohyblivým pouzdem, se kterým jsou dále spřaženy první a druhý piezoaktuátor, jenž jsou uspořádány v ložiskovém tělese, a to v rovině kolmé na osu hřídele a jsou vzájemně otočeny o 90° jehož podstata spočívá v tom, že dále zahrnuje první snímač skutečné polohy y_1 a druhý snímač skutečné polohy y_2 , které jsou orientovány rovnoběžně s polohou prvního a druhého piezoaktuátoru, a snímač otáček hřídele, přičemž první snímač skutečné polohy y_1 je připojen přes sumátor jednak ke vstupu regulátoru polohy, a jednak přes první pásmový filtr k sumátoru, který je dále připojen na vstup prvního stejnosměrného zesilovače napětí, který je propojen s prvním piezoaktuátorem, zatímco druhý snímač skutečné polohy y_2 je připojen přes sumátor jednak ke vstupu regulátoru polohy a jednak přes druhý pásmový filtr k sumátoru, který je dále připojen na vstup druhého stejnosměrného zesilovače napětí, který je propojen s druhým piezoaktuátorem, přičemž snímač otáček hřídele je připojen na vstup proporcionálního bloku, jehož parametrický výstup je připojen na parametrické vstupy prvního a druhého pásmového filtru.

Podstata navrhovaného řešení spočívá v tom, že zpětná vazba je doplněna pásmovými filtry, jejichž propustná frekvence je naladěna na frekvenci vibračního módu, který způsobuje vibrace typu „oilwhirl“. Střední frekvence f_w propustného pásma filtru je konstantním násobkem frekvence otáček f_R čepu ložiska. Pásmový filtr je součástí zpětné vazby, která se stává ze sond přiblížení, což jsou snímače polohy y_1 a y_2 hřídele, které jsou orientovány ve dvou navzájem kolmých směrech a rovnoběžně s piezoaktuátory. Regulační odchylky e_1 a e_2 polohy hřídele, jako rozdíl mezi žádanou $y_{1,sp}$ $y_{2,sp}$ a skutečnou y_1 , y_2 polohou hřídele ve zmíněných směrech, jsou zavedeny souběžně do dvouparametrového regulátoru a do dvojice pásmových filtrů, které jsou naladěny na frekvenci f_w vibrací typu „oilwhirl“. Každý ze dvou výstupů dvouparametrového

regulátoru se sečte s odpovídajícím výstupem pásmového filtru. Dvě akční veličiny u_1 a u_2 se přemění na dvojici elektrických napětí, které jsou po zesílení připojeny k dvojici piezoaktuátorů. Piezoaktuátory ovládají pohyb pouzdra ve dvou navzájem kolmých směrech. Pohyblivé pouzdro ložiska je těsněno O-kroužky. Rovnováha síly odporu proti deformaci těsnících kroužků, dále síly

5 deformační síly vrstvených piezoaktuátorů a elektrickým napětím vybuze síly obou piezoaktuátorů určují rovnovážnou polohu pouzdra kluzného ložiska. Změna polohy pouzdra se prostřednictvím olejového filmu přenáší na polohu rotujícího hřídele.

Výhodou navrženého řešení je možnost udržovat hřídel v zadané poloze s menšími odchylkami než je radiální vůle ložiska.

10 Doplněním elektronické záporné zpětné vazby do původně mechanického systému se kompenzuje vliv vnitřní kvadrurní síly, která působí jako kladná zpětná vazba ve směru tečném k obvodu čepu ložiska a která způsobuje zmíněnou nestabilitu polohy čepu typu „oilwhirl“.

Nestabilita vzniká, jestli zesílení kladné zpětné vazby překoná přirozenou tlumící zápornou zpětnou vazbu vlivem tuhosti a tlumení olejového filmu.

15 Účinek aktivního řízení kluzných ložisek s polohovým regulátorem a stabilizačním regulátorem v zapojení pásmového filtru je takový, že mezní otáčky hřídele pro vznik nestability se zvýší z 2000 za minutu na 12 tisíc za minutu. Pásmový filtr ve zpětné vazbě omezuje přenos měřicího šumu snímačů polohy do obvodu zpětné vazby.

Objasnění výkresu

20 Technické řešení je schematicky znázorněno na výkrese, kde obr.1 znázorňuje blokové schéma zařízení pro aktivní řízení vibrací kluzných ložisek s použitím piezoaktuátorů a cylindrickým pohyblivě uloženým pouzrem.

Příklady uskutečnění technického řešení

25 Zařízení řeší polohování čepu ložiska a rozšíření provozního rozsahu otáček potlačením vzniku samobuzených kmitů vlivem destabilizujících účinků olejového filmu v mezeře mezi povrchem hřídele a vnitřním povrchem pouzdra ložiska, čehož je dosaženo tím, že mechanický systém kluzného ložiska je doplněn o elektronickou zpětnou vazbu, zprostředkující vliv polohy hřídele na polohu pohyblivého pouzdra.

30 Zařízení k provádění způsobu aktivního řízení vibrací kluzných ložisek s použitím piezoaktuátorů a cylindrickým pohyblivě uloženým pouzrem je znázorněno na obr. 1. Zařízení v tomto provedení zahrnuje hřídel 2 uložený v pohyblivém pouzru 1, jež je opatřeno oporou v podobě pružných členů 7. S pohyblivým pouzrem 1 jsou dále spřaženy první a druhý piezoaktuátor 5 a 6, které jsou uspořádány v ložiskovém tělese, a to v rovině kolmé na osu hřídele 2, přičemž jsou vzájemně otočeny o 90°. Dále zařízení zahrnuje první snímač 3 skutečné polohy y_1 a druhý

35 snímač 4 skutečné polohy y_2 , které jsou orientovány rovnoběžně s polohou prvního a druhého piezoaktuátoru 5 a 6 a snímač 19 otáček hřídele 2. První snímač 3 skutečné polohy y_1 je připojen přes sumátor jednak ke vstupu regulátoru 12 polohy a jednak přes první pásmový filtr 13 k sumátoru, který je dále připojen na vstup prvního stejnosměrného zesilovače 17 napětí, který je propojen s prvním piezoaktuátorem 5, zatímco druhý snímač 4 skutečné polohy y_2 je připojen

40 přes sumátor jednak ke vstupu regulátoru 12 polohy a jednak přes druhý pásmový filtr 14 k sumátoru, který je dále připojen na vstup druhého stejnosměrného zesilovače 18 napětí, který je propojen s druhým piezoaktuátorem 6, zatímco snímač 19 otáček hřídele 2 je připojen na vstup proporcionálního bloku 20, jehož parametrický výstup je připojen na parametrické vstupy 21 prvního a druhého pásmového filtru 13 a 14. Dále je zpětná vazba doplněna prvním a druhým

45 pásmovým filtrem 13 a 14, jejichž propustná frekvence je naladěna na frekvenci vibračního módu, který způsobuje vibrace typu oilwhirl. Střední frekvence f_w propustného pásma filtrů je konstantním násobkem frekvence otáček f_R čepu ložiska. Jak vyplývá z obr. 1, první a druhý pásmový filtr 13 a 14 jsou součástí zpětné vazby, která se sestává z prvního snímače 3 a druhého snímače 4 skutečné polohy y_1 a y_2 hřídele 2, jež jsou orientovány ve dvou navzájem kolmých

- směrech a rovnoběžně s prvním a druhým piezoaktuátorem 5 a 6. První regulační odchylka $e_1/10$ hřídele 2, jako výsledný rozdíl mezi žádanou polohou $y_{1,SP}$ a skutečnou polohou y_1 , hřídele 2 a také druhá regulační odchylka $e_2/11$ mezi žádanou polohou $y_{2,SP}$ a skutečnou polohou y_2 hřídele 2 ve zmíněných směrech jsou zavedeny souběžně do dvouparametrového regulátoru 12 polohy a do prvního a druhého pásmového filtru 13 a 14, které jsou naladěny na frekvenci f_w vibrační typu oilwhirl. Každý ze dvou výstupů dvouparametrového regulátoru 12 polohy se sečte s odpovídajícím výstupem prvního a druhého pásmového filtru 13 a 14. Dvě akční veličiny $u_1/15$ a $u_2/16$ se přemění na elektrická napětí U_1 a U_2 , která jsou po zesílení přivedena k prvnímu a druhému piezoaktuátoru 5 a 6. První a druhý piezoaktuátor 5 a 6 ovládají pohyb pohyblivého pouzdra 1 ve dvou navzájem kolmých směrech. Pohyblivé pouzdro 1 ložiska je těsněno O-kroužky. Rovnováha síly odporu proti deformaci těsnících kroužků, dále síly deformační síly prvního a druhého piezoaktuátoru 5 a 6 a elektrickým napětím vybuzené síly prvního a druhého piezoaktuátoru 5 a 6 určují rovnovážnou polohu pohyblivého pouzdra 1 kluzného ložiska. Změna polohy pohyblivého pouzdra 1 se prostřednictvím olejového filmu přenáší na polohu rotujícího hřídele 2.
- Aktivní řízení se příkladně provádí tak, že první a druhý piezoaktuátor 5 a 6, které jsou uspořádány v ložiskovém tělese v rovině kolmé na osu hřídele 2, působí na pohyblivé pouzdro 1, přičemž první a druhý snímač 3 a 4 skutečné polohy jsou orientovány rovnoběžně s polohou prvního a druhého piezoaktuátoru 5 a 6.
- Aktivní řízení vibrací je umožněno pohyblivým pouzdem 1, s výhodou cylindrickým, ve kterém se otáčí hřídele 2. Poloha hřídele 2 je měřena vzhledem k rámu stroje nebo pevnému ložiskovému tělesu pomocí prvního anebo druhého snímače 3 a 4 skutečné polohy y_1 , y_2 . Pouzdem 1 kluzného ložiska pohybují první a druhý piezoaktuátor 5 a 6. Oporu pouzdra 1 oproti pevnému ložiskovému tělesu zprostředkovávají pružné elementy 7 a již zmíněné pružné gumové těsnící kroužky. Pružný element 7 je určen k předepnutí vrstveného prvního nebo druhého piezoaktuátoru 5 a 6 v případě, že není vnitřně mechanicky předepnut. První žádaná poloha $y_{1,SP}/8$ hřídele 2 a druhá žádaná poloha $y_{2,SP}/9$ hřídele 2 v obou směrech, které jsou kolmé na osu hřídele 2, se porovnávají v řídicím systému se skutečnou polohou změřenou prvními nebo druhými snímači 3 a 4 polohy y_1 , y_2 hřídele 2. Výsledkem srovnání jsou regulační odchylky $e_1/10$ a regulační odchylky $e_2/11$, které jsou rozdílem první žádané polohy $y_{1,SP}/8$ hřídele 2 a druhé žádané polohy $y_{2,SP}/9$ hřídele 2 a skutečné polohy y_1 , y_2 , které vstupují do dvouparametrového regulátoru 12 polohy. Obě regulační odchylky $e_1/10$ a $e_2/11$ jsou zavedeny do prvního a druhého pásmového filtru 13 a 14, jejichž výstupy jsou sečteny s výstupy dvouparametrového regulátoru 12 polohy, přičemž výsledné akční veličiny $u_1/15$ a $u_2/16$ pro oba směry pohybu kluzného pouzdra 1 jsou zavedeny do prvního a druhého stejnosměrného zesilovače 17 a 18 elektrického napětí, kde elektrické napětí na jejich výstupech ovládá první a druhý piezoaktuátor 5 a 6, čímž je uzavřena polohová regulační smyčka se zápornou zpětnou vazbou. Frekvence vibračního modu ložiska s označením f_w , na kterou se ladí střed propustného pásma pásmových filtrů 13 a 14, je odvozena od frekvence otáčení hřídele 2 s označením f_R . Frekvence otáčení hřídele 2 se měří snímačem 19 otáček hřídele. Frekvence vibračního modu f_w je výstupem proporcionálního bloku 20. Výstup bloku 20 je parametrickým vstupem 21 obou pásmových filtrů 13 a 14. Snímač 19 otáček je libovolného typu, přičemž jeho výstup je veličina, jejíž velikost je rovna okamžité frekvenci otáčení v hertzech.

- Dvojparametrový regulátor může být například složen z dvojice konvenčních regulátorů typu PID. Doplněním křížové vazby se tento regulátor změní na dvojparametrový. Aktivní řízení vibrací kluzného ložiska vykazuje pozitivní účinek i pro proporcionální regulátor. Laditelný pásmový (Band Pass) filtr druhého řádu, jehož propustná frekvence je nastavena na frekvenci f_w vibrační typu „oilwhirl“ v hertzech, resp. ω/ω_w v radiánech za sekundu, má frekvenční přenos

$$G_{BP}(j\omega) = K \frac{j2\xi_{BP} \omega/\omega_w}{(j\omega/\omega_w)^2 + j2\xi_{BP} \omega/\omega_w + 1}$$

kde

$\omega = 2\pi f$ je úhlová frekvence,

K je zesílení filtru

a parametr ξ_{BP} má význam tlumení s obdobným významem jako u kmitavého članku.

- 5 Zesílení filtru pro úhlovou frekvenci ω_W je $G_{BP}(j\omega_W) = K$ a pro ostatní frekvence je nižší, než toto v absolutní hodnotě maximální zesílení filtru, přičemž pro $\omega = 0$ a $\omega \rightarrow \infty$ je zesílení nulové. Šířka propustného frekvenčního pásma je závislá na parametru ξ_{BP} , který určuje poměrné tlumení filtru, například o velikosti 0,7.

- 10 - Obvody aktivního řízení vibrací kluzného ložiska mohou být provedeny jako analogové obvody, které zpracovávají analogové signály. Druhou možností je řešení obvodů s použitím mikroprocesoru. Analogový pásmový filtr může být navržen jen pro stacionární otáčky hřídele ložiska. Pro otáčky, které se v čase podstatně mění jako za rozběhu a doběhu stroje, lze přeladitelný filtr realizovat jen číslicově programem mikroprocesoru. Stejnoseměrný zesilovač napětí může být sestaven z diskretních součástek, nebo to může být integrovaný obvod.

- 15 - Dvojparametrový regulátor lze zkonstruovat analogový a číslicový. Zapojení takového regulátoru typu PID je všeobecně známé.

Průmyslová využitelnost

- 20 Aktivně řízené kluzné ložisko má uplatnění ve strojích s vysokými otáčkami a zatížením hřídele. Má potenciál být použito všude tam, kde valivá ložiska nemají dostatečnou životnost pro zatížení vnější dráhy odstředivou silou valivého členu. Uplatnění je v uložení vřeten pro vysoce rychlostní obrábění, centrifugy, setrvačníky pro uchování kinematické energie a gyroskopy.

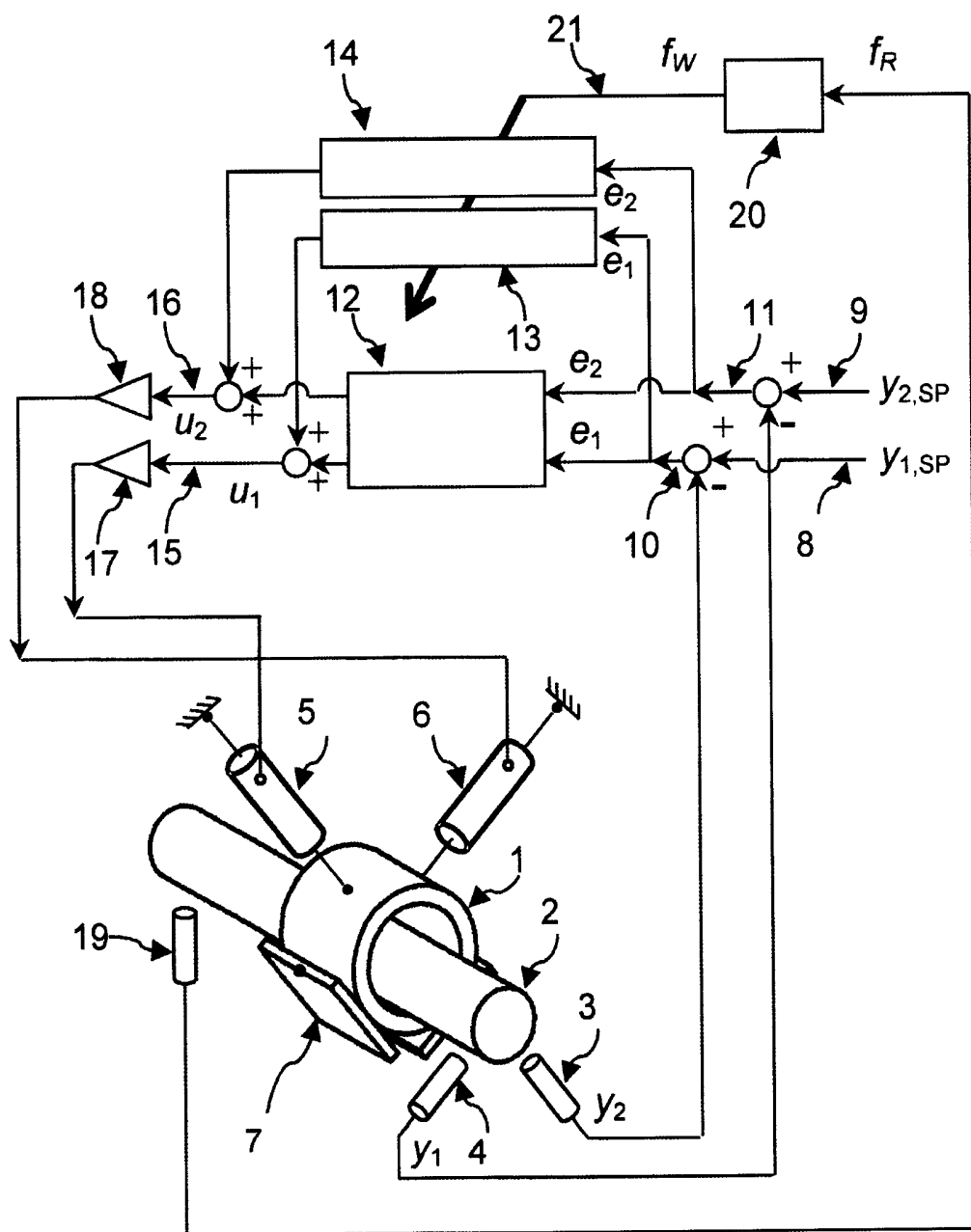
NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení k aktivního řízení vibrací kluzných ložisek s použitím piezoaktuátorů zahrnuje hřídel (2) uložený v pohyblivém pouzdru (1), jež je opatřeno oporou v podobě pružných členů (7) s pohyblivým pouzdrem (1), se kterým jsou dále spřaženy první a druhý piezoaktuátor (5 a 6), jež jsou uspořádány v ložiskovém tělese, a to v rovině kolmé na osu hřídele (2) a jsou vzájemně otočeny o 90°, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že dále zahrnuje první snímač (3) skutečné polohy (y_1) a druhý snímač (4) skutečné polohy (y_2), které jsou orientovány rovnoběžně s polohou prvního a druhého piezoaktuátoru (5 a 6) a snímač (19) otáček hřídele (2), přičemž první snímač (3) skutečné polohy (y_1) je připojen přes sumátor jednak ke vstupu regulátoru (12) polohy a jednak přes první pásmový filtr (13) k sumátoru, který je dále připojen na vstup prvního stejnosměrného zesilovače (17) napětí, který je propojen s prvním piezoaktuátorem (5), zatímco druhý snímač (4) skutečné polohy (y_2) je připojen přes sumátor jednak ke vstupu regulátoru (12) polohy a jednak přes druhý pásmový filtr (14) k sumátoru, který je dále připojen na vstup druhého stejnosměrného zesilovače (18) napětí, který je propojen s druhým piezoaktuátorem (6), přičemž snímač (19) otáček hřídele (2) je připojen na vstup proporcionálního bloku (20), jehož parametrický výstup je připojen na parametrické vstupy (21) prvního a druhého pásmového filtru (13 a 14).

1 výkres

Seznam vztahových značek:

	1	pohyblivé pouzdro kluzného ložiska
	2	hřídel
	3	první snímač skutečné polohy y_1
5	4	druhý snímač skutečné polohy y_2
	5	první piezoaktuátor
	6	druhý piezoaktuátor
	7	pružný element
	8	první žádaná poloha $y_{1,SP}$ hřídele
10	9	druhá žádaná poloha $y_{2,SP}$ hřídele
	10	první regulační odchylka e_1
	11	druhá regulační odchylka e_2
	12	polohový regulátor
	13	první pásmový filtr
15	14	druhý pásmový filtr
	15	první akční veličina u_1
	16	druhá akční veličina u_2
	17	první stejnosměrný zesilovač elektrického napětí
	18	druhý stejnosměrný zesilovač elektrického napětí
20	19	snímač otáček hřídele
	20	proporcionální blok
	21	parametrický vstup obou pásmových filtrů.



Obr. 1

Konec dokumentu