

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2022-15

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F16F 15/02 (2006.01)
F16F 15/20 (2006.01)
F16F 15/10 (2006.01)
B23Q 1/76 (2006.01)
G05D 15/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

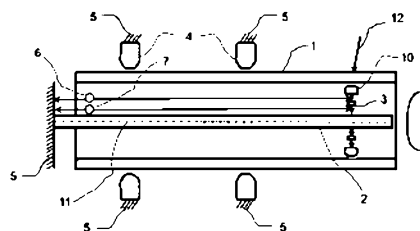
(22) Přihlášeno: **13.01.2022**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **26.07.2023**
(Věstník č. 30/2023)

(71) Přihlašovatel:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc., Praha 4,
Komořany, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Karel Novotný, patentový zástupce, Žufanova
1099/2, 163 00 Praha 6, Řepy



(54) Název přihlášky vynálezu:
Způsob a zařízení pro snížení deformace hřídele

(57) Anotace:
Způsob a zařízení pro snížení deformace hřídele vystaveného silovému zatížení (12) tím, že se pracovní hřídel (1) silově propojí s alespoň jedním pomocným hřídelem (2), mezi pracovní hřídel (1) a pomocný hřídel (2) se vloží alespoň jedno vnitřní ložisko (10) a alespoň jeden aktuátor (3) s ovládacími prvky, který se propojí s čidly polohy nebo pohybu pracovního hřídele (1), a na základě signálů z čidel polohy nebo pohybu se aktuátorem (3) vyvede silový účinek působící proti silovému zatížení (12).

Způsob a zařízení pro snížení deformace hřídele

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu a zařízení pro snížení deformace a kmitání hřídelů.

Dosavadní stav techniky

10

Dosavadní hřídele se působením vnějšího silového zatížení deformují a přenášejí silové zatížení na připojená další zařízení. Silové zatížení je dané buď silovým působením na poháněnou součást nebo gyroskopickými účinky působícími na hřídel při jeho otáčení. Deformace je snižována buď zvětšením průměru hřídele nebo ložisky s větší tuhostí. Ložiska s větší tuhostí snížení deformace hřídele při silovém zatížení neřeší při převislém konci hřídele a zvětšení průměru hřídele zvětšuje hmotnost nebo konstrukční rozměry.

15

Cílem tohoto vynálezu je způsob a zařízení pro snížení deformace hřídele při silovém zatížení tak, aby nenarůstala hmotnost a konstrukční rozměry hřídele.

20

Podstata vynálezu

Podstata způsobu snížení deformace hřídele při silovém zatížení spočívá v tom, že se pracovní hřídel propojí s alespoň jedním pomocným hřídelem, mezi pracovní hřídel a pomocný hřídel se vloží alespoň jedno vnitřní ložisko nebo ozubené kolo nebo pohon, mezi ložisko pomocného hřídele a rám nebo pracovní hřídel se vloží ovládací prvky alespoň jednoho aktuátoru nebo pohonu, který se propojí s čidly polohy nebo pohybu pracovního hřídele nebo pomocného hřídele a na základě signálů z čidel polohy nebo pohybu se vyvodí aktuátorem nebo pohonem síla nebo moment působící proti silovému zatížení. Pro vytvoření signálů k aktuátoru nebo pohonu se čidlem polohy pracovního hřídele změří poloha pracovního hřídele vůči rámu a čidlem polohy pomocného hřídele poloha pomocného hřídele vůči rámu, nebo čidlem polohy pracovního hřídele poloha pracovního hřídele vůči rámu nebo čidlem polohy pomocného hřídele poloha pomocného hřídele vůči rámu a čidlem vzájemné polohy hřídelů vzájemná poloha pracovního hřídele a pomocného hřídele, nebo se zjistí čidlem pohybu pracovního hřídele hodnota pohybu pracovního hřídele a čidlem vzájemné polohy vzájemná poloha pracovního hřídele a pomocného hřídele, nebo se zjistí čidlem pohybu pomocného hřídele hodnota pohybu pomocného hřídele a čidlem vzájemné polohy vzájemná poloha pracovního hřídele a pomocného hřídele, nebo se zjistí čidlem pohybu pracovního hřídele hodnota pohybu pracovního hřídele a čidlem pohybu pomocného hřídele hodnota pohybu pomocného hřídele.

40

Podstata zařízení pro snížení deformace hřídele při silovém zatížení spočívá v tom, že sestává z pracovního hřídele, který je propojen s alespoň jedním pomocným hřídelem alespoň jedním vnitřním ložiskem nebo ozubeným kolem nebo pohonem, přičemž mezi ložiskem pomocného hřídele a rámem nebo pracovním hřídelem jsou uspořádány ovládací prvky alespoň jednoho aktuátoru nebo pohonu propojené s čidly pohybu nebo polohy pracovního hřídele nebo pomocného hřídele. Aktuátor je uspořádán na rámu nebo mezi ložiskem pomocného hřídele a rámem nebo pracovním hřídelem. Pohon je uspořádán mezi rámem a pomocným hřídelem nebo mezi pomocným a pracovním hřídelem. Pracovní hřídel je případně silově propojen s více pomocnými hřídeli.

50

Osa pomocného hřídele je souosá nebo rovnoběžná nebo různoběžná nebo mimoběžná s osou pracovního hřídele. Pomocný hřídel a pracovní hřídel jsou případně opatřeny spoluzabírajícími ozubenými koly. Pomocný hřídel je případně protiběžný k pracovnímu hřídeli.

55

Objasnění výkresů

Na přiložených obrázcích je schematicky znázorněno zařízení pro snížení deformace hřídele při silovém zatížení, kde

obr.1 znázorňuje stávající základní uložení hřídele,

obr. 2 až 15 znázorňují alternativní uložení hřídele podle vynálezu,

obr.16 znázorňuje příklad uplatnění vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

Na obr. 1 je znázorněn standardní rotující pracovní hřídel 1 uložený ve vnějších ložiskách 4 na rámu 5. Tento a další obrázky znázorňují situace v řezu. Tento a další obrázky neobsahují pohon pracovního hřídele 1, což může být pohon elektromotorem od rámu 5 nebo pohon proudící a/nebo expandující tekutinou ve spalovacích motorech, turbínách, kompresorech aj. Vpravo má převislý konec vně podpory ložisek, na který působí vnější silové zatížení 12 od poháněného zařízení, například od sil působících na vrtuli, na ventilátor, nevyvážeností, nerovnoměrnosti chodu apod. V důsledku silového zatížení 12 dochází k ohybové deformaci pracovního hřídele 1 a/nebo zvětšeného zatížení vnějších ložisek 4 a/nebo (krouživého) kmitání pracovního hřídele 1 a jím poháněného zařízení. Zvětšení průměru pracovního hřídele 1 nebo zvětšení tuhosti ložisek vnějších 4 problém neřeší. Navíc deformace pracovního hřídele 1 způsobuje zvýšení nevyvážeností, a tím přidání/zvětšení silového zatížení 12. Potřebným řešením by bylo umístit pod silové zatížení 12 podporu dalších vnějších ložisek 4 spojených s rámem 5. To však není možné, protože místo pod silovým zatížením 12 je mimo rám 5 a pracovní hřídel 1 se nemá o co opřít.

Na obr. 2 je znázorněno řešení, které sníží deformaci pracovního hřídele 1 z obr. 1 a nahradí podporu ložisky od nedostupného rámu 5. Pracovní hřídel 1 je vytvořen jako dutý hřídel. Uvnitř pracovního hřídele 1 je umístěn souběžně, v daném případě souose nepohyblivý pomocný hřídel 2 spojený s rámem 5. Pracovní hřídel 1 je uložen na vnějších ložiskách 4 na rámu 5. V oblasti působení vnějšího silového zatížení 12 je pracovní hřídel 1 uložen na dalším (přídavném) vnitřním ložisku 10, které je připojeno k pomocnému hřídeli 2 aktuátorem 3 opatřeným ovládacími prvky působícími jak na pracovní hřídel 1, tak na pomocný hřídel 2. Aktuátor 3 odstraní nebo sníží ohybové deformaci pracovního hřídele 1 podle měření deformace, jinak by stačilo vnitřní ložisko 10 umístěné v oblasti působení vnějšího silového zatížení 12. Použití aktuátoru 3 je především nutné kvůli poddajnosti pomocného hřídele 2, jehož deformaci je nutné měřit a aktuátorem 3 kompenzovat. Aktuátor 3 se však použije i pro zlepšení dynamické odezvy pracovního hřídele 1 na proměnné silové zatížení 12, např. tlumení kmitání pracovního hřídele 1. Vnitřní ložisko 10 spojené s aktuátorem 3 může být výhodně nahrazeno magnetickým ložiskem, které obsahuje řízení sil působících z ložiska na hřídel.

Ložiska mohou být valivá, kluzná, hydraulická (hydrostatická, hydrodynamická), pneumatická (aerostatická, aerodynamická), magnetická.

Poloha pracovního hřídele 1 je měřena čidlem 6 polohy pracovního hřídele 1 a poloha pomocného hřídele 2 je měřena čidlem 7 polohy pomocného hřídele 2 vůči rámu 5. Tato čidla 6 a 7 slouží pro řízení aktuátoru 3 uspořádaného mezi pomocným hřídelem 2 a přídavným vnitřním ložiskem 10.

Aktuátor 3 působí na pracovní hřídel 1 proti působení vnějšího silového zatížení 12 a tak snižuje/kompenzuje deformaci pracovního hřídele 1 způsobenou vnějším silovým zatížením 12, a změřenou čidlem 6 polohy pracovního hřídele 1.

Aktuátor 3 se při tom opře o pomocný hřídel 2, který případně deformuje, přičemž tuto deformaci lze kompenzovat působením aktuátoru 3 na pracovní hřídel 1 na základě informace z čidla 7 polohy pomocného hřídele 2.

- 5 Deformace a tlumení kmitání pracovního hřídele 1 je však zlepšeno i jen užitím vnitřních ložisek 10 umístěných v oblasti působení vnějšího silového zatížení 12. Přivedení pomocného hřídele 2 do oblasti působení vnějšího silového zatížení 12 podstatným způsobem nahrazuje potřebnou oporu pracovního hřídele 1 o rámu 5, který je však v této oblasti působení vnějšího silového zatížení 12 nedostupný. Aktuátor 3 připojený k vnitřnímu ložisku 10 však umožňuje zvýšit dynamickou tuhost vnitřního ložiska 10.

Aktuátory 3 mohou být řízené pohony, ale také pasivní tlumiče nebo tlumiče spojené s pružinami. Pohony mohou být elektrické, hydraulické, pneumatické, elektromagnetické, magnetické, piezoelektrické a jiné.

- 15 Na obr. 3 je znázorněna varianta řešení z obr. 2. Zde je pracovní hřídel 1 uložen na vnějším ložisku 4 na rámu 5 a na vnitřních ložiskách 10 na pomocném hřídeli 2. Zde je vnitřní ložisko 10 připojené k pomocnému hřídeli 2 aktuátorem 3 užito vedle místa působení vnějšího silového zatížení 12 i v místě, které je mimo působení vnějšího silového zatížení 12.

- 20 Tak lze ovlivnit různé modální tvary kmitání pracovního hřídele 1. Dále je zde znázorněno, že měření polohy pomocného hřídele 2 vůči rámu 5 čidlem 7 je možné u ložiska vlevo nahradit čidlem 8 vzájemné polohy pracovního hřídele 1 a pomocného hřídele 2. Pro měření jednotlivých poloh pracovního hřídele 1 a pomocného hřídele 2, obdobně s měřením na obr. 2, je užito kombinace čidla 6 a čidla 8. Podobně je místo čidel 6 a 7 užito u ložiska vpravo kombinace čidla 7 polohy pomocného hřídele 2 vůči rámu 5 a čidla 8 vzájemné polohy pracovního hřídele 1 a pomocného hřídele 2.

- 30 Na obr. 4 je znázorněna alternativa řešení z obr. 2. Oproti obr. 2 jsou zde pro uložení pracovního hřídele 1 vnější ložiska 4 nahrazena vnitřními ložisky 10 na pomocném hřídeli 2. Dále je zde aktuátor 3 působící na vnitřní ložisko 10 řešen aktuátorem 3 umístěným na rámu 5 mimo hřídele 1, 2. Aktuátor 3 zde na vnitřní ložisko 10 působí pomocí ovládacích prvků, v tomto případě táhel 14 a rotačních kloubů 15. Tak lze omezit/zmenšit potřebný prostor pro aktuátor 3 působící na vnitřní ložisko 10. Aktuátor 3 je řízen v tomto ložisku čidlem 8 vzájemné polohy pracovního hřídele 1 a pomocného hřídele 2 a dále čidlem 9₂ pohybu pomocného hřídele 2 tvořeného například akcelerometrem, která nahrazují čidlo 6 polohy pracovního hřídele 1 a čidlo 7 polohy pomocného hřídele 2. Realizace čidel 9₂ a 8 je snazší, nelze však plně zachytit deformaci pomocného hřídele 2. Je však možné tlumit kmitání hřídelů.

- 40 Na obr. 5 je znázorněna alternativa řešení z obr. 2-4. Zde je pracovní hřídel 1 s původním průřezem. Naopak nepohyblivý pomocný hřídel 2 je dutý a souose v něm je umístěn pracovní hřídel 1. Pracovní hřídel 1 je uložen na vnitřních ložiskách 10, na které působí aktuátory 3 z pomocného hřídele 2. Pomocný hřídel 2 je kratší, pracovní hřídel 1 je vůči vnitřním ložiskům 10 převislý a vnitřní ložiska 10 nemohou působit na pracovní hřídel 1 v oblasti působení vnějšího silového zatížení 12, ale aktuátory 3 přesto snižují deformaci pracovního hřídele 1 a/nebo snižují zvětšené zatížení vnitřních ložisek 10 a/nebo kmitání pracovního hřídele 1 a jím poháněného zařízení. Je zde také znázorněna možná kombinace čidel. Může být užito čidel 6 a 7 nebo čidla 8 vzájemné polohy hřídelů a čidla 9₁ pohybu pracovního hřídele 1 tvořeného například akcelerometrem. Realizace čidel 9₁ a 8 je snazší, nelze však plně zachytit deformaci pomocného hřídele 2. Je však možné tlumit kmitání hřídelů.

- 55 Nepohyblivý dutý pomocný hřídel 2, uvnitř něhož je umístěn pracovní hřídel 1, přináší výhody, že při nezvětšení momentu setrvačnosti a nezvětšení nároků na vyvážení pracovního hřídele 1 lze dosáhnout ekvivalentu dobrého vyvážení, velké tuhosti a malé nebo nulové deformace pracovního hřídele 1.

Čidla polohy 6 a 7 hřídelů 1 a 2 mohou být zdroje laserového paprsku a CCD nebo PSD prvek. Čidla 8 vzájemné polohy pracovního a pomocného hřídele 1 a 2 mohou být kapacitní, vířivé proudy, magnetické, laserové interferometry. Čidla 9₁ a 9₂ pohybu pracovního nebo pomocného hřídele 1 a 2 mohou být akcelerometry.

Na obr. 6 je znázorněna další alternativa řešení z obr. 2-4. Zde je pracovní hřídel 1 s původním průřezem nepohyblivý a připevněný k rámu 5. Na pracovním hřídeli 1 je pohyblivě uložena rotující součást 16, na kterou působí vnější silové zatížení 12, které je přes spojení pracovního hřídele 1 a rotující součásti 16 přenášeno na pracovní hřídel 1. Naopak nepohyblivý pomocný hřídel 2 je dutý a souose v něm je umístěn pracovní hřídel 1. Pracovní hřídel 1 je uložen na vnitřních ložiskách 10, na které působí aktuátory 3 z pomocného hřídele 2. Pomocný hřídel 2 je kratší, pracovní hřídel 1 je vůči vnitřním ložiskům 10 převislý a vnitřní ložiska 10 nemohou působit na pracovní hřídel 1 v oblasti spojení s rotující součástí 16 a tedy v oblasti působení vnějšího silového zatížení 12, ale aktuátory 3 přesto snižují deformaci pracovního hřídele 1 a/nebo snižují zvětšené zatížení vnitřních ložisek 10 a/nebo kmitání pracovního hřídele 1 a rotující součásti 16.

Na obr. 7 je znázorněno řešení pomocí pomocného hřídele 2, který není souosý, ale rovnoběžný s pracovním hřídelem 1. Pomocný hřídel 2 působí na pracovní hřídel 1 skrze ozubená kola 13. Aktuátor 3 působí na vnější ložisko 4 na pomocném hřídeli 2, a tak působí na pomocný hřídel 2, který přes ozubená kola 13 působí na pracovní hřídel 1 a snižuje jeho deformaci a/nebo tlumí jeho kmitání. Vnější silové zatížení 12 působí vně vnějších ložisek 4 mezi oporou ozubenými koly 13 a vnějšími ložisky 4. Hřídele 1 a 2 mohou být různoběžné nebo mimoběžné při vhodné volbě ozubení ozubených kol 13.

Na obr. 8 je znázorněna alternativa řešení z obr. 7. Ozubené kolo 13 na nepohyblivém pomocném hřídeli 2 je uloženo na vnitřním ložisku 10 s aktuátorem 3. Aktuátor 3 působí na pracovní hřídel 1 přes vnitřní ložisko 10 a ozubená kola 13. Vnější silové zatížení 12 působí vně vnějších ložisek 4 a vně opory ozubenými koly 13, ale opora ozubenými koly 13 je blíže vnějšímu silovému zatížení 12, které tak může kompenzovat. Hřídele 1 a 2 mohou být různoběžné nebo mimoběžné při vhodné volbě ozubení ozubených kol 13.

Na obr. 9 je znázorněno řešení pro případ, kdy na pracovní hřídel 1 působí gyroskopický moment z důvodu otáčení pracovního hřídele 1 kolem další osy 20 rotace mimo osu rotace 11. Pracovní hřídel 1 je umístěn souose v dutém pomocném hřídeli 2, který se otáčí protiběžně k pracovnímu hřídeli 1. Pak gyroskopický moment působící na pomocný hřídel 2 má opačné znaménko než gyroskopický moment působící na pracovní hřídel 1. Opačné působení gyroskopických hřídelů je vyrovnáno pomocí aktuátorů 3. Zde je také znázorněno, že čidla 9 pohybu hřídele mohou být užita jako čidlo 9₂ pro pomocný hřídel 2, nebo čidlo 9₁ pro pracovní hřídel 1. Údaje z čidel 9₁ a 9₂ lze užít především pro tlumení kmitání hřídelů.

Na obr. 10 je znázorněna alternativa řešení z obr. 8. Osa 11 pomocného hřídele 2 je vůči ose 11 pracovního hřídele 1 různoběžná a/nebo mimoběžná.

Na obr. 11 je znázorněn dutý pomocný hřídel 2 vyvedený z rámu 5 do oblasti působení vnějšího silového zatížení 12, způsobeného například od nevyváženého rotoru tvořeného třeba vrtulí letadla. Z dutého pomocného hřídele 2 pomocí vnitřního ložiska 10 aktuátor 3 působí na pracovní hřídel 1.

Tradiční řešení by bylo zvětšení průřezu pracovního hřídele 1 pro snížení jeho poddajnosti a deformací, což by však zvětšilo moment setrvačnosti rotujícího pracovního hřídele 1. Zde je průřez pracovního hřídele 1 a tedy i jeho moment setrvačnosti zachován a potřebné zvětšení tuhosti je dosaženo oporou vnitřním ložiskem 10 z pomocného hřídele 2. Zde je navíc užito aktuátoru 3 řízeného údaji z čidel 6 a 7 polohy hřídelů 1 a 2 vůči rámu 5. To umožňuje dynamicky kompenzovat deformaci pracovního hřídele 1 a/nebo tlumit jeho kmitání.

Na obr. 12 je znázorněno řešení, které sníží na rozdíl od předchozích případů torzní deformaci pracovního hřídele 1 z obr. 1 a poskytne kompenzační torzní moment od nedostupného rámu 5. Pracovní hřídel 1 je na obr. 12 zatížen vnějším silovým zatížením 12 spočívající v torzním momentu. Pomocný hřídel 2 je pohyblivý, je dutý a souose v něm je umístěn pracovní hřídel 1.
 5 Pracovní hřídel 1 je uložen na vnitřních ložiskách 10 vůči pomocnému hřídeli 2 a pomocný hřídel 2 je uložen ve vnějších ložiskách 4 na rámu 5. Pomocný hřídel 2 je poháněn pohonem 17 od rámu 5. Pohon 17 je zde tvořen elektromotorem., jehož rotor je ovládacím prvkem pro vyvození kompenzačního torzního momentu. Pomocný hřídel 2 působí na pracovní hřídel 1 skrze ozubená kola 13 torzním momentem od pohonu 17, a tak snižuje torzní deformaci a/nebo kmitání
 10 pracovního hřídele 1. Je užito čidlo 7 polohy pomocného hřídele 2 vůči rámu 5 a čidlo 8 vzájemné polohy pracovního hřídele 1 a pomocného hřídele 2. Čidla 7 a 8 zde měří úhlové polohy hřídelů kolem osy rotace 11. Podle odchylky úhlové polohy je řízen pohon 17, který přes pomocný hřídel 2 a ozubená kola 13 působí na pracovní hřídel 1 a torzním momentem kompenzuje torzní deformaci pracovního hřídele 1 způsobenou vnějším silovým zatížením 12 spočívajícím v torzním momentu.
 15 Toto řešení lze provést i obdobou podle obr. 2 s dutým pracovním hřídelem 1.

Na obr. 13 je znázorněno jiné řešení případu z obr. 12. Zde je pomocný hřídel 2 nepohyblivý připevněný k rámu 5. Pohon 17 je zde realizován elektromotorem mezi pomocným hřídelem 2 a pracovním hřídelem 1. Jsou užity dva pohony 17, které působí na pracovní hřídel 1 na více místech
 20 a snižují torzní deformace a/nebo kmitání pracovního hřídele 1 po úsecích a tedy rovnoměrněji a lépe. Dále je zde užito vnitřní ložisko 10 s aktuátorem 3 pro snížení ohybové deformace a/nebo kmitání pracovního hřídele 1. Pracovní hřídel 1 je vystaven vnějšímu silovému zatížení 12 spočívající jak v torzním momentu, tak v ohybové síle. Toto řešení lze provést i obdobou podle obr. 2 s dutým pracovním hřídelem 1.

Na obr. 14 je alternativa řešení z obr. 11 spočívající v tom, že pomocný hřídel 2 není souosý, ale rovnoběžný s pracovním hřídelem 1. Pomocný hřídel 2 může být také mimoběžný nebo různoběžný s pracovním hřídelem 1. Je užito čidlo 6 polohy pracovního hřídele 1 a čidlo 7 polohy
 30 pomocného hřídele 2 vůči rámu 5. Čidla měří úhlové polohy hřídelů kolem osy rotace 11. Dále je znázorněno podobně jako na obr. 13, že pomocný hřídel 2 je také užit pro kompenzaci ohybových deformací a/nebo kmitání pracovního hřídele 1 pomocí vnějšího ložiska 4 s aktuátorem 3. Pro ně čidla 6 a 7 měří také ohybovou deformaci hřídelů.

Na obr. 15 je znázorněno řešení, kdy pomocných hřídelů 2 je užito více. Pracovní hřídel 1 je uvnitř
 35 tří vzájemně vložených pomocných hřídelů 2, z nichž vnitřní a vnější jsou pohyblivé a prostřední je nepohyblivý. Pohyblivé a nepohyblivé pomocné hřídele 2 mohou být vloženy mezi sebe v různém pořadí pohyblivosti. Pomocné hřídele 2 působí na pracovní hřídel 1 v různých místech, a tak zlepšují rovnoměrnost kompenzace jeho ohybových a torzních deformací.

40 Pomocné hřídele 2 však mohou být různé, nejen souosé. Lze kombinovat pomocné hřídele 2 souosé, rovnoběžné, různoběžné, mimoběžné, které současně působí na jeden pracovní hřídel 1.

Pohony 17 mohou být elektrické, hydraulické, pneumatické, elektromagnetické, magnetické, piezoelektrické a jiné.
 45

Na obr. 16 je znázorněno letadlo 18, které se pohybuje v zatačce 19 kolem další osy rotace 20 a pracovní hřídel 1 jeho motorů pohánějící vrtule je vybaven řešením podle obr. 9, které kompenzuje gyroskopické účinky působící na pracovní hřídel 1.

50 Na obr. 7 až 10 nejsou znázorněna všechna potřebná čidla 6 až 9 pro řízení aktuátorů 3.

Pracovní hřídele 1 a pomocné hřídele 2 mohou být s plným průřezem nebo duté, pohyblivé nebo nepohyblivé, ve vzájemné poloze souosé, rovnoběžné, různoběžné, mimoběžné a pomocných hřídelů může být více.
 55

Pokud je hřídel pohyblivý a rotuje, tak je to na obrázcích znázorněno šipkami.

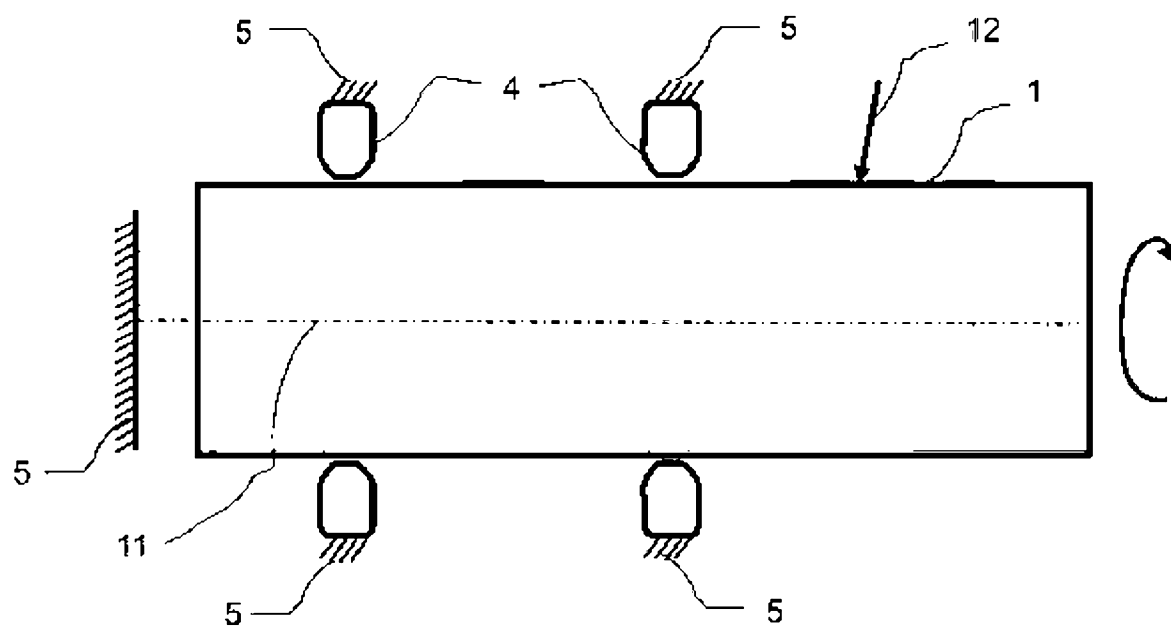
Všechny popsané varianty se mohou různě kombinovat. Aktuátory 3 jsou řízeny počítači.

PATENTOVÉ NÁROKY

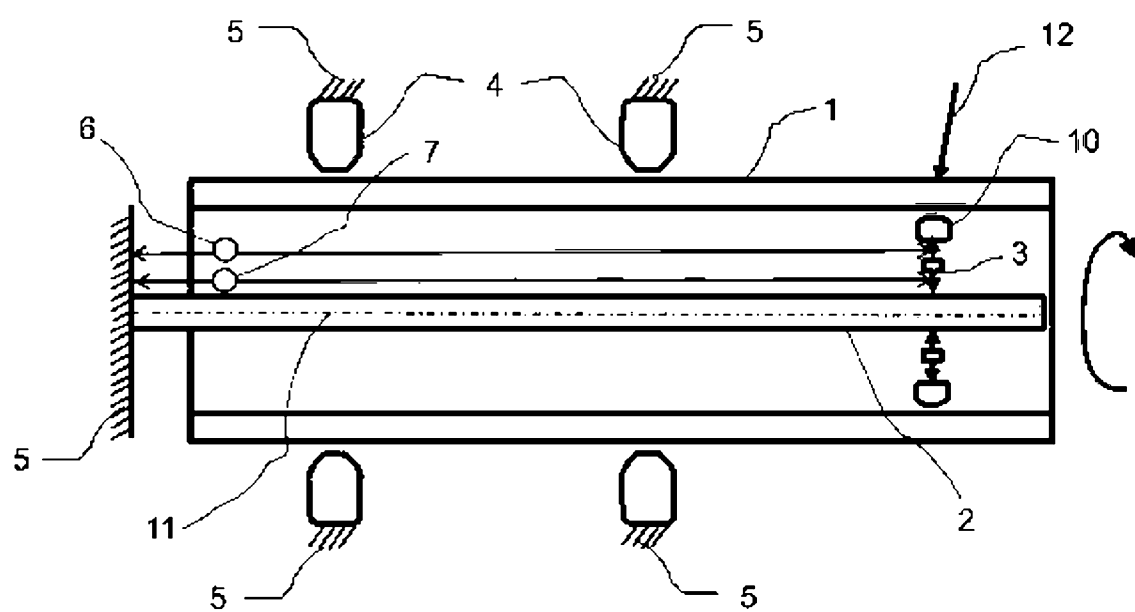
1. Způsob snížení deformace hřídele, **vyznačený tím**, že se pracovní hřídel (1) propojí s alespoň jedním pomocným hřídelem (2), mezi pracovní hřídel (1) a pomocný hřídel (2) se vloží alespoň jedno vnitřní ložisko (10) nebo ozubené kolo (13) nebo pohon (17), mezi ložisko pomocného hřídele (2) a rám (5) nebo pracovní hřídel (1) se vloží ovládací prvky alespoň jednoho aktuátoru (3) nebo pohonu (17), který se propojí s čidly polohy nebo pohybu pracovního hřídele (1) a/nebo pomocného hřídele (2) a na základě signálů z čidel polohy nebo pohybu se vyvodí aktuátorem (3) nebo pohonem (17) síla nebo moment působící proti silovému zatížení (12).
2. Způsob snížení deformace hřídele podle nároku 1, **vyznačený tím**, že se změří čidlem (6) poloha pracovního hřídele (1) vůči rámu (5) a čidlem (7) poloha pomocného hřídele (2) vůči rámu pro vytvoření signálů k aktuátoru (3) nebo pohonu (17).
3. Způsob snížení deformace hřídele podle nároku 1, **vyznačený tím**, že se změří čidlem (6) poloha pracovního hřídele (1) vůči rámu (5) nebo čidlem (7) poloha pomocného hřídele (2) vůči rámu a čidlem (8) vzájemná poloha pracovního hřídele 1 a pomocného hřídele 2 pro vytvoření signálů k aktuátoru (3) nebo pohonu (17).
4. Způsob snížení deformace hřídele podle nároku 1, **vyznačený tím**, že zjistí čidlem (9₁) hodnota pohybu pracovního hřídele (1) a čidlem (8) vzájemná poloha pracovního hřídele (1) a pomocného hřídele (2) nebo čidlem (9₂) hodnota pohybu pomocného hřídele (2) a čidlem (8) vzájemná poloha pracovního hřídele (1) a pomocného hřídele (2) pro vytvoření signálů k aktuátoru (3) nebo pohonu (17).
5. Způsob snížení deformace hřídele podle nároku 1, **vyznačený tím**, že zjistí čidlem (9₁) hodnota pohybu pracovního hřídele (1) a čidlem (9₂) hodnota pohybu pomocného hřídele (2) pro vytvoření signálů k aktuátoru (3) nebo pohonu (17).
6. Zařízení pro snížení deformace hřídele, **vyznačené tím**, že sestává z pracovního hřídele (1), který je propojen s alespoň jedním pomocným hřídelem (2) alespoň jedním vnitřním ložiskem (10) nebo ozubeným kolem (13) nebo pohonem (17), přičemž mezi ložiskem pomocného hřídele (2) a rámem (5) nebo pracovním hřídelem (1) jsou uspořádány ovládací prvky alespoň jednoho aktuátoru (3) nebo pohonu (17) propojené s čidly pohybu nebo polohy pracovního hřídele (1) nebo pomocného hřídele (2).
7. Zařízení pro snížení deformace hřídele podle nároku 6, **vyznačené tím**, že aktuátor (3) je uspořádán na rámu (5) nebo mezi ložiskem pomocného hřídele (2) a rámem (5) nebo pracovním hřídelem (1).
8. Zařízení pro snížení deformace hřídele podle nároku 6, **vyznačené tím**, že pohon (17) je uspořádán mezi pomocným hřídelem (2) a rámem (5) nebo mezi pomocným hřídelem (2) a pracovním hřídelem (1).
9. Zařízení pro snížení deformace hřídele podle některého z předešlých nároků, **vyznačené tím**, že pracovní hřídel (1) je propojen (silově) s více pomocnými hřídeli (2).
10. Zařízení pro snížení deformace hřídele podle některého z předešlých nároků, **vyznačené tím**, že osa pomocného hřídele (2) je souosá nebo rovnoběžná nebo různoběžná nebo mimoběžná s osou pracovního hřídele (1).
11. Zařízení pro snížení deformace hřídele podle některého z předešlých nároků, **vyznačené tím**, že pomocný hřídel (2) a pracovní hřídel (1) jsou opatřeny spoluzabírajícími ozubenými koly (13).

12. Zařízení pro snížení deformace hřídele podle některého z předešlých nároků, **vyznačené tím**, že pomocný hřídel (2) je protiběžný k pracovnímu hřídeli (1).

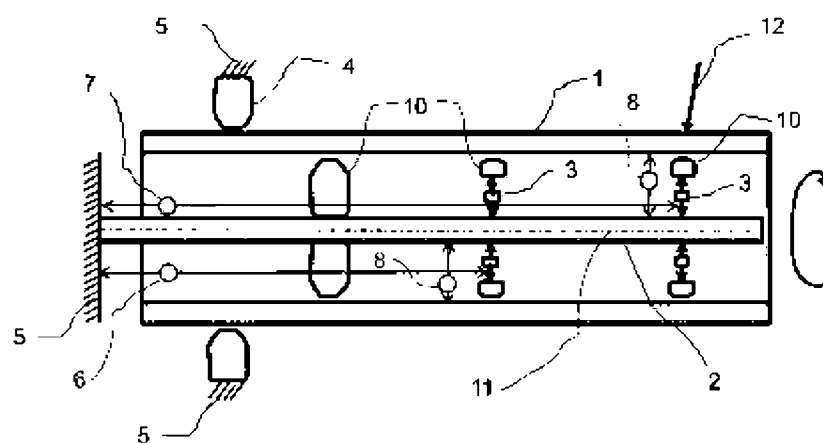
16 výkresů



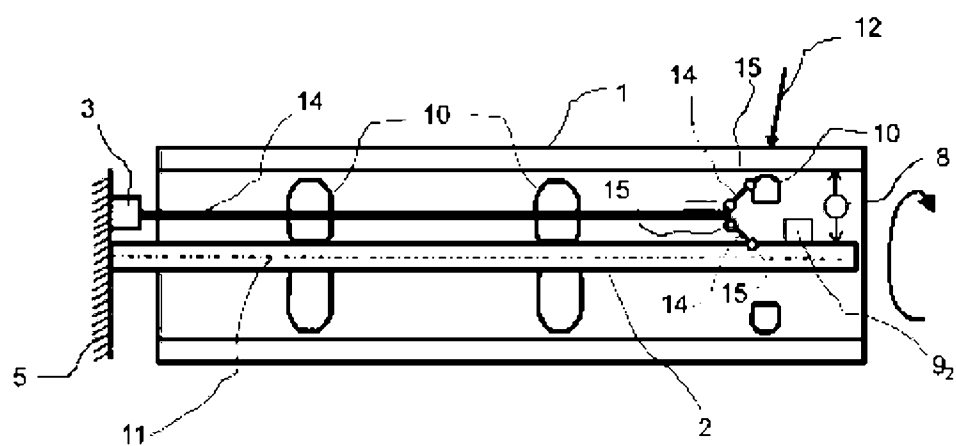
Obr. 1



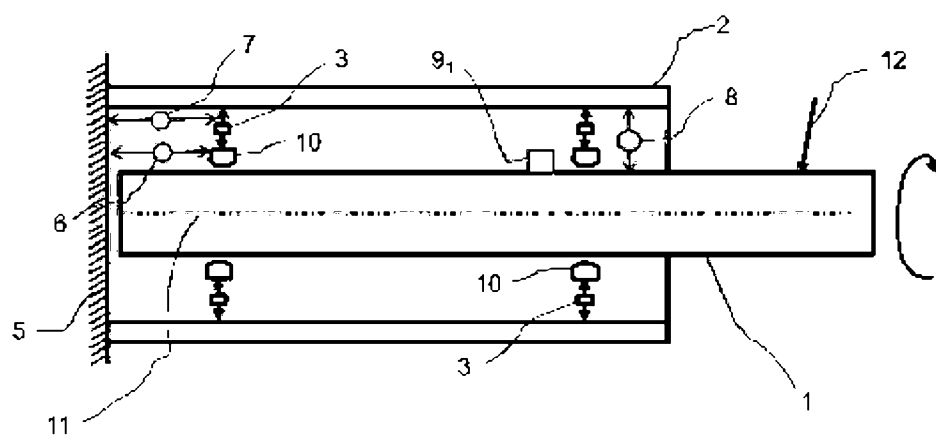
Obr. 2



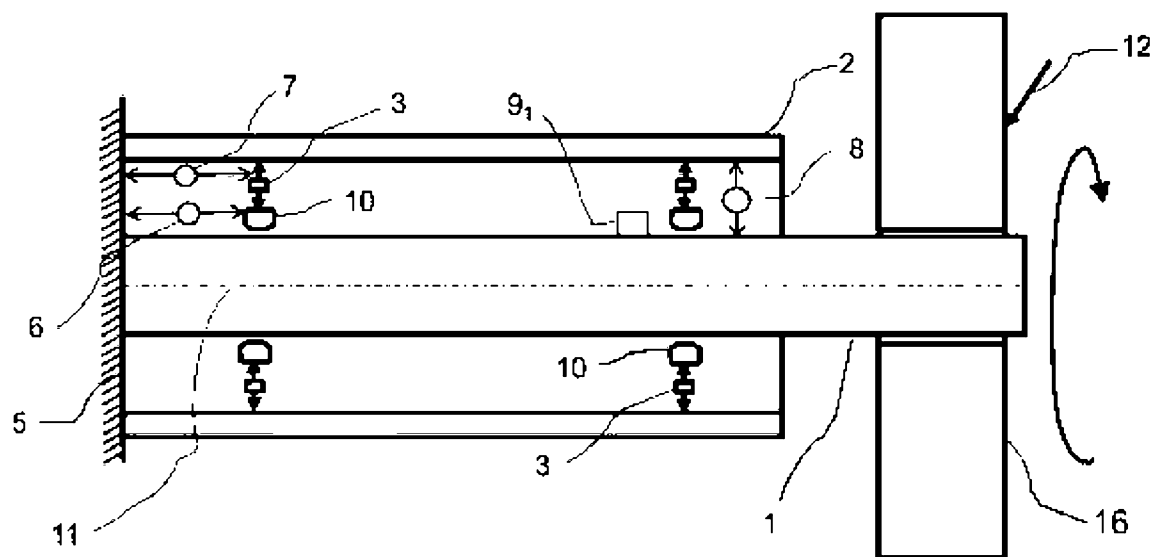
Obr. 3



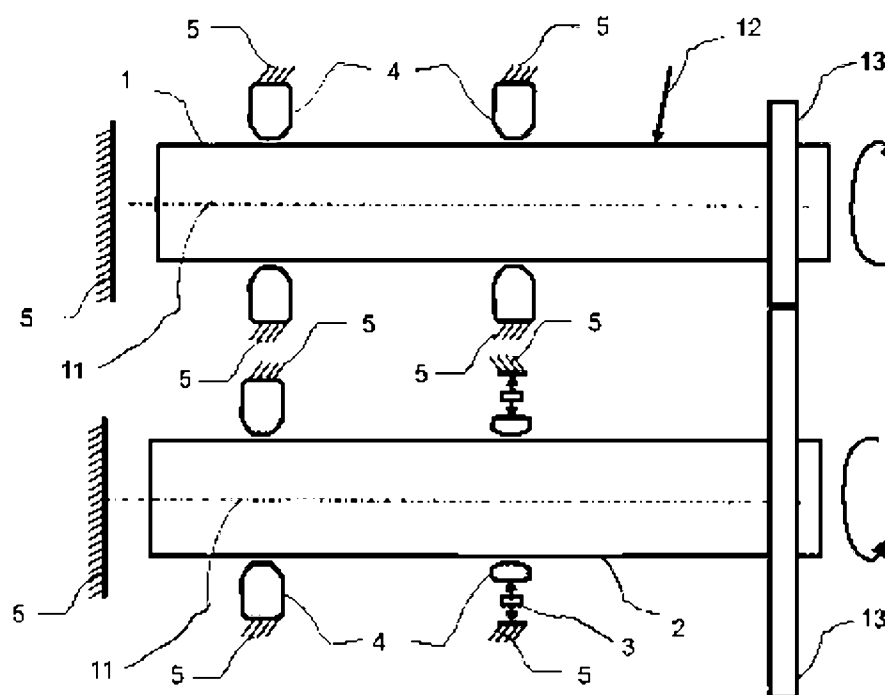
Obr. 4



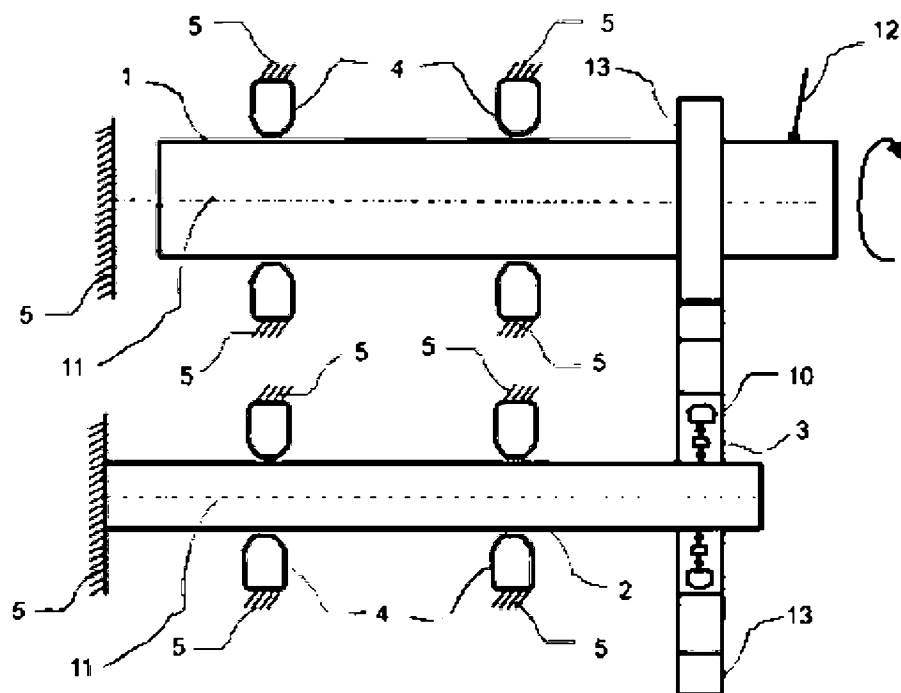
Obr. 5



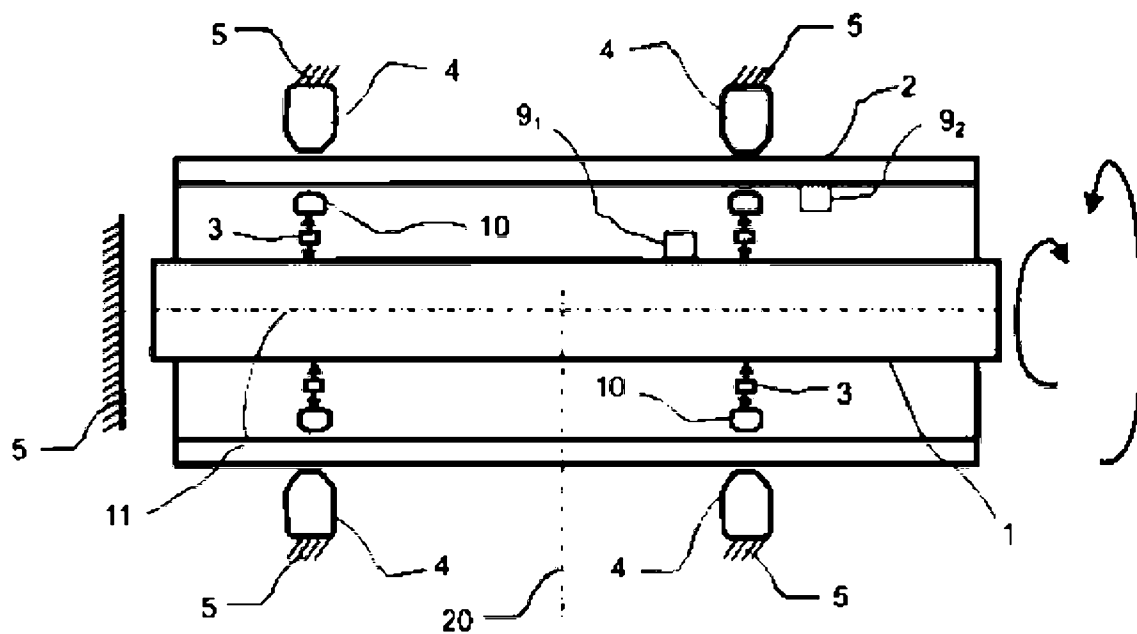
Obr. 6



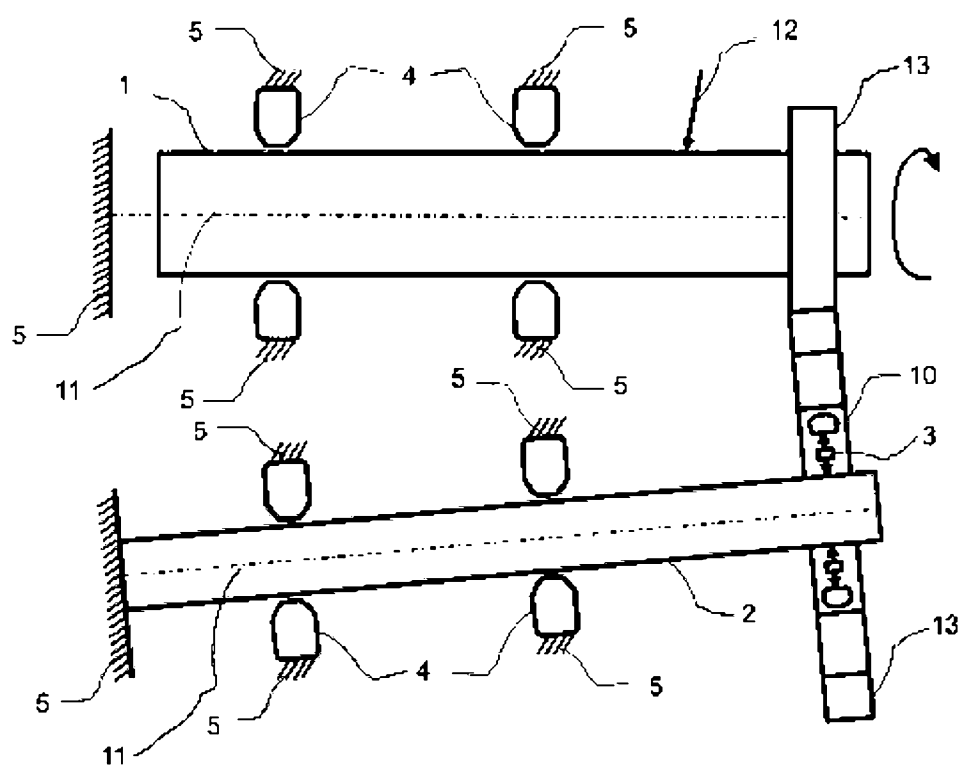
Obr. 7



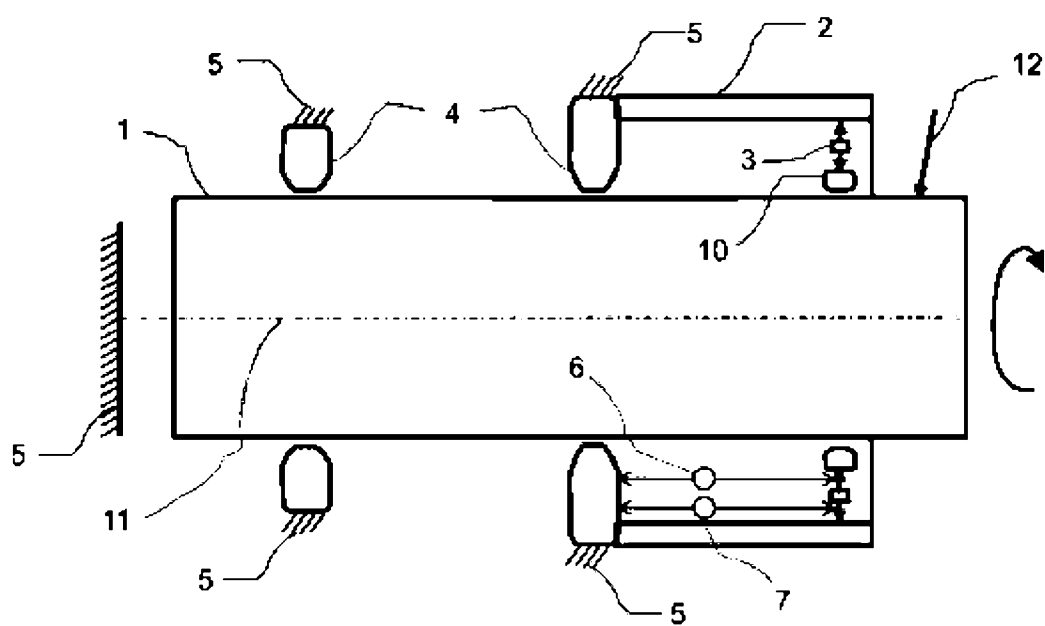
Obr. 8



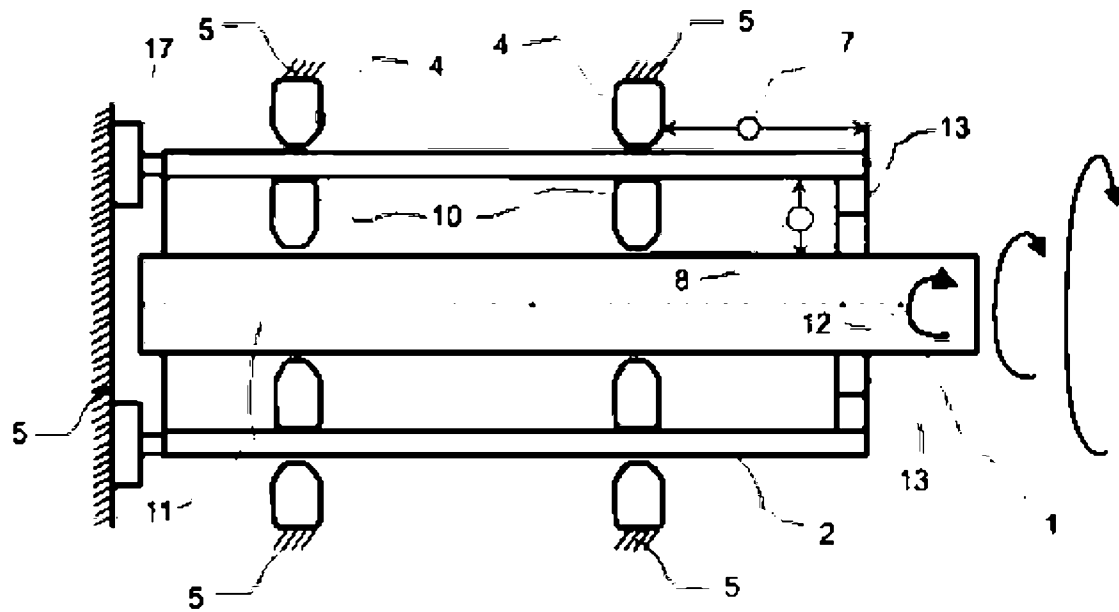
Obr. 9



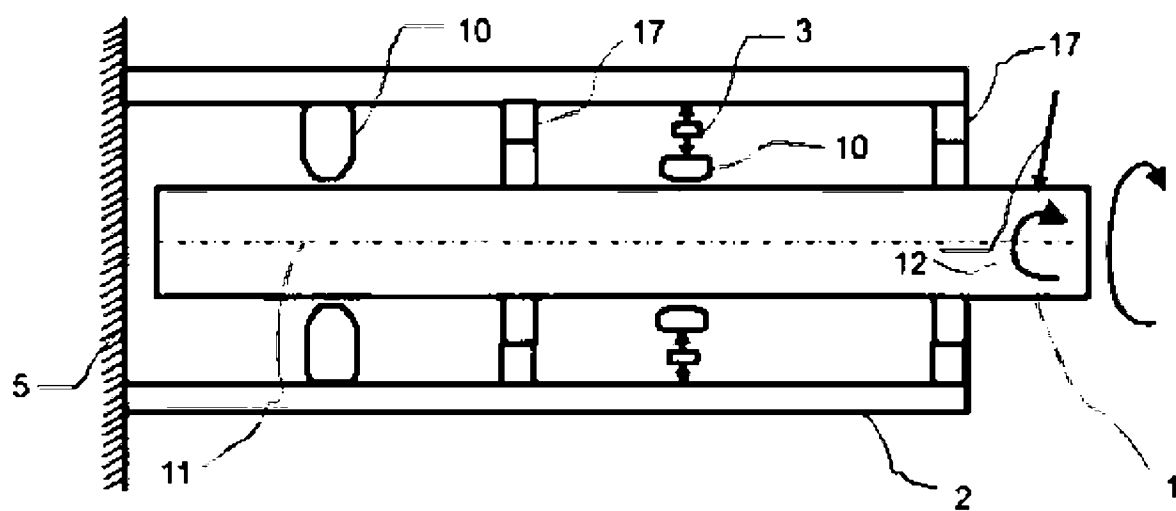
Obr. 10



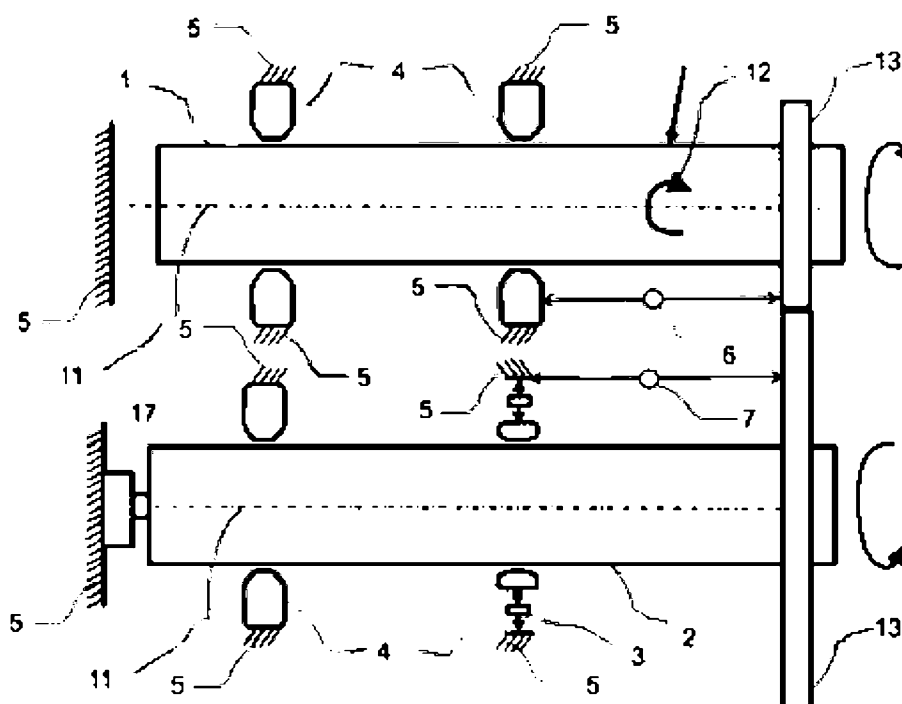
Obr. 11



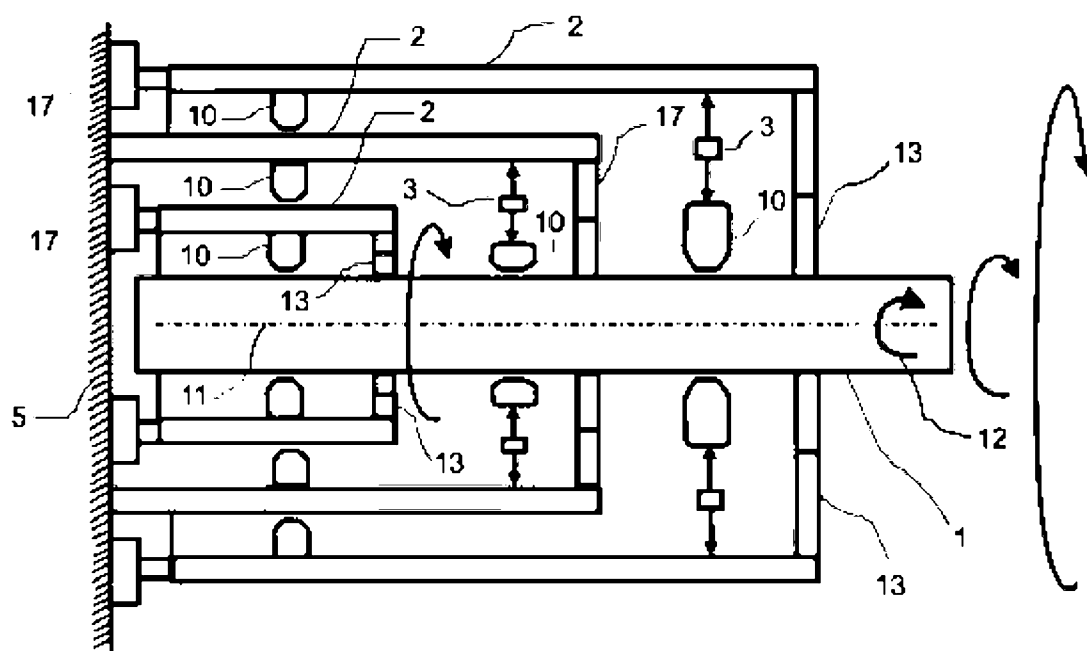
Obr. 12



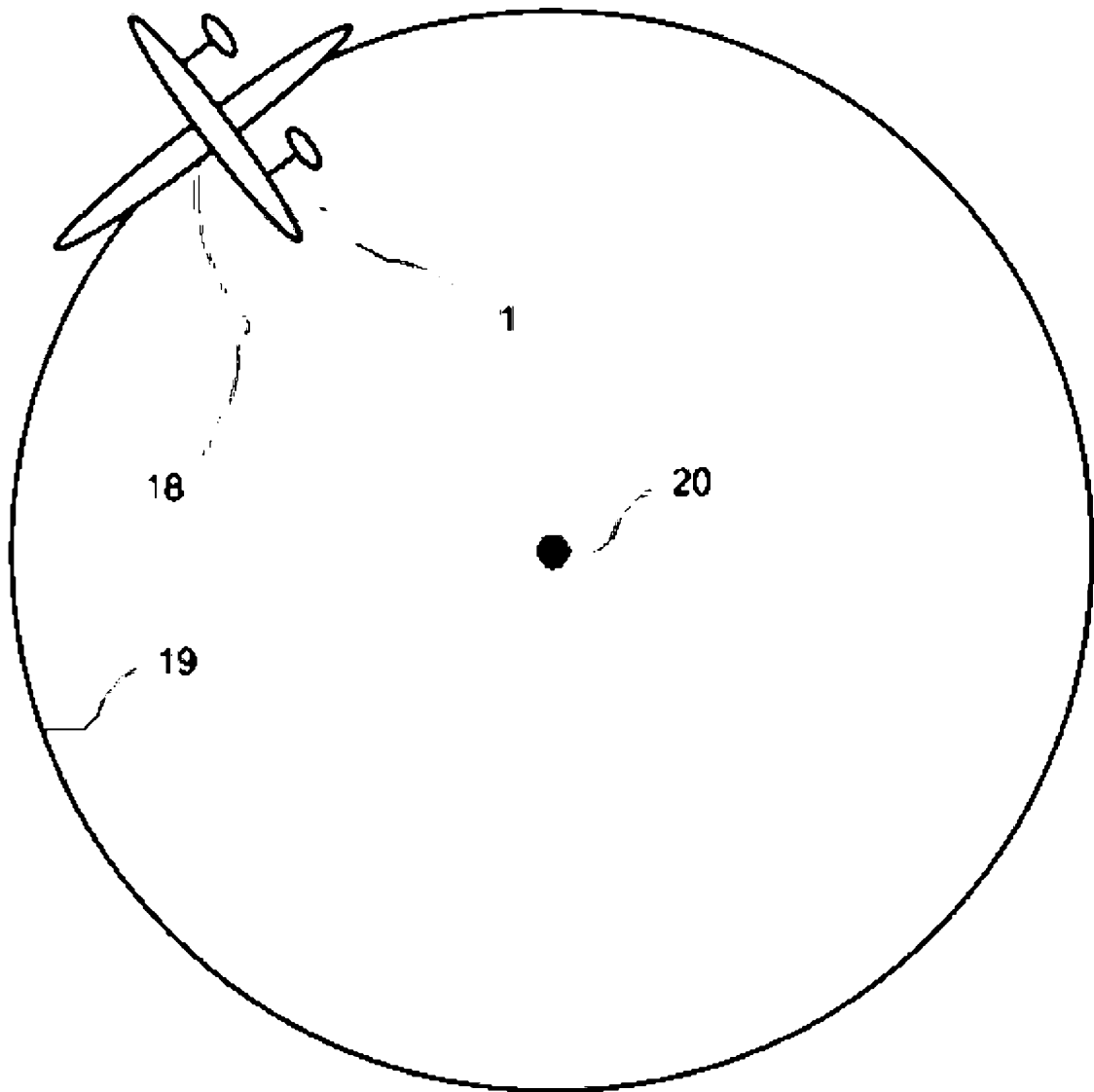
Obr. 13



Obr. 14



Obr. 15



Obr. 16