

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2012-798

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

B25J 19/00 (2006.01)

B25J 19/02 (2006.01)

B25J 13/00 (2006.01)

B23Q 17/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **16.11.2012**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **13.08.2014**

(Věstník č. 33/2014)

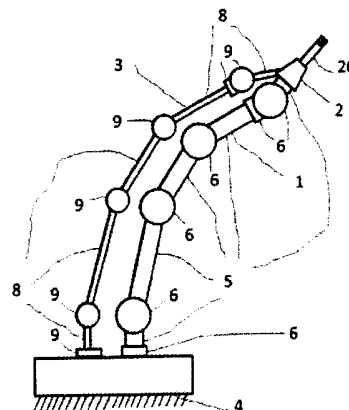
- (71) Přihlašovatel:
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Praha 6, CZ
- (72) Původce:
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc., Praha 4, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Karel Novotný, Žufanova 2, 163 00 Praha 6

(54) Název přihlášky vynálezu:

Zařízení pro měření polohy koncového efektoru, zvláště manipulátoru nebo obráběcího stroje

(57) Anotace:

Vynález se týká zařízení pro měření polohy koncového efektoru (2), zvláště manipulátoru nebo obráběcího stroje, poháněného pohánějí konstrukcí (1) s pohony uspořádanými mezi rámem (4) a koncovým efektem (2) manipulátoru nebo obráběcího stroje za účelem jejich řízení, kde souběžně s pohánějí konstrukcí (1) s pohony je uspořádána mezi rámem (4) a koncovým efektem (2) oddělená měřicí konstrukce (3) bez pohonů vybavená čidly pohybu v počtu rovném nebo větším, než je počet stupňů volnosti koncového efektoru (2). Měřicí konstrukce (3) je tvořena jedním řetězcem se sériově uspořádanými rameny (8) nebo je tvořena alespoň dvěma řetězci s paralelně uspořádanými rameny (8). Alternativně měřicí konstrukce (3) sestává z alespoň dvou optických sledovačů (11) uspořádaných na rámu (4) nebo na koncovém efektoru (2) a alespoň dvou odražečů (13) laserového paprsku (12) uspořádaných na koncovém efektoru (2) nebo na rámu (4) nebo sestává alespoň ze dvou kamer (14) uspořádaných na rámu (4) nebo na koncovém efektoru (2) a referenčního prvku (15) uspořádaného na koncovém efektoru (2) nebo na rámu (4) nebo ze zdroje (16) laserového paprsku (17) uspořádaného na koncovém efektoru (2) nebo na rámu (4) a fotocitlivého prvku (18) uspořádaného na rámu (4) nebo na koncovém efektoru (2).



Zařízení pro měření polohy koncového efektoru, zvláště manipulátoru nebo obráběcího stroje

Oblast techniky

Vynález se týká zařízení pro měření polohy koncového efektoru, zvláště manipulátoru nebo obráběcího stroje, poháněného pohánějí konstrukcí s pohony uspořádané mezi rámem a koncovým efektem manipulátoru za účelem řízení manipulátoru:

nebo obráběcího stroje

Dosavadní stav techniky

Pro řízení pohybu manipulátorů nebo průmyslových robotů nebo obráběcích strojů nebo měřících strojů je třeba přesně měřit dosahovanou polohu jejich koncového efektoru, z ní odvodit přesnou odchylku od žádané polohy a na jejím základě provést účinné řízení pohonů manipulátoru pro dosažení žádané polohy. Tomu často brání deformace konstrukce, na které probíhá měření, protože na této konstrukci jsou uspořádány pohony manipulátoru, které silovým působením pohonů tuto konstrukci deformují, a tak způsobují měření na deformované konstrukci s neznámou velikostí.

Tomu se pokouší zabránit řešení podle vynálezu WO 99/67066 použitím měření na tuhém ramenu uprostřed mechanismu Tricept, na kterém nejsou pohony. Jejím omezením je, že poskytuje řešení jen pro mechanismus Tricept a že měří jen část pohybu koncového efektoru, neboť měří 3 stupně volnosti polohy jen polohovací hlavy (positioning head) a neměří další stupně volnosti polohy nástrojové hlavy (tool head), která má 4 až 5 nebo i více stupňů volnosti. Další velké omezení tohoto vynálezu je, že nelze užít redundantní měření, neboť pro měření je užito jen jedno rameno. Nevýhodou tohoto vynálezu také je, že tuhé rameno, na kterém probíhá měření, vyplňuje prostor uprostřed mechanismu Tricept. Takový volný prostor pro jiné manipulátory nemusí být k dispozici.

Cílem tohoto vynálezu je zlepšit řízení pohybu manipulátorů nebo průmyslových robotů nebo obráběcích strojů nebo měřících strojů zpřesněním měření polohy koncového efektoru pro různá konstrukční uspořádání a s možností užití výhod redundantního měření.

Podstata vynálezu

manipulátoru nebo obráběcího stroje

Podstata zařízení pro měření polohy koncového efektoru, zvláště manipulátoru nebo obráběcího stroje, poháněného pohánějí konstrukcí s pohony uspořádané mezi rámem a koncovým efektem za účelem řízení manipulátoru spočívá v tom, že souběžně s pohánějí konstrukcí s pohony manipulátoru je uspořádána mezi rámem a koncovým efektem oddělená měřicí konstrukce bez pohonů vybavená čidly pohybu v počtu rovném nebo větším, než je počet stupňů volnosti koncového efektoru, manipulátoru.

Měřicí konstrukce je tvořena jedním řetězcem se sériově uspořádanými rameny nebo alespoň dvěma řetězci s paralelně uspořádanými rameny.

Alternativně měřicí konstrukce sestává z alespoň dvou optických sledovačů uspořádaných na rámu nebo na koncovém efektoru a alespoň dvou odražečů laserového paprsku uspořádaných

na koncovém efektoru nebo na rámu, nebo ze dvou kamer uspořádaných na rámu nebo na koncovém efektoru a referenčního prvku laserových paprsků uspořádaného na koncovém efektoru nebo na rámu a fotocitlivého prvku uspořádaného na rámu nebo na koncovém efektoru.

Měřicí konstrukce je s výhodou spojena s pohánějící konstrukcí prostřednictvím koncového efektoru a alespoň jednoho dalšího spojovacího prvku.

Mezi pohánějící konstrukcí a koncovým efektozem je případně vřazena platforma, s níž je spojena měřicí konstrukce propojená s koncovým efektozem prostřednictvím přídavné měřicí konstrukce. S výhodou je měřicí konstrukce vybavená čidly pohybu v počtu alespoň o dva větším, než je počet stupňů volnosti koncového efektoru, manipulatoru.

Měřicí konstrukce je případně uspořádána pod krytváním neseným koncovým efektozem.

Výhodou zařízení pro měření polohy koncového efektoru manipulatoru za účelem jeho řízení je přesnější měření koncového efektoru, a tak zlepšení jeho řízení a dosahování požadované koncové polohy manipulatoru. Další výhodou je, že lze užít metody redundantního měření, které umožňuje vedle zvýšení přesnosti měření také měřit a řízením kompenzovat teplotní deformaci celého manipulatoru včetně pohánějící a měřicí konstrukce. Výhodou také je, že měřicí konstrukce zařízení podle vynálezu může mít podobné uspořádání jako pohánějící konstrukce, a tak se omezuje nebezpečí kolizí mezi oběma konstrukcemi nebo se zmenšuje prostor, ve kterém měřicí konstrukce musí být uspořádána.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených obrázcích je schematicky znázorněno zařízení pro měření polohy koncového efektoru manipulatoru za účelem jeho řízení podle vynálezu, kde znázorňuje

- obr. 1 zařízení sériové kinematické struktury s jednou souběžnou měřicí konstrukcí,
- obr. 2 zařízení sériové kinematické struktury se dvěma souběžnými paralelními měřicími konstrukcemi,
- obr. 3 zařízení paralelní kinematické struktury s jednou souběžnou měřicí konstrukcí,
- obr. 4 zařízení paralelní kinematické struktury se dvěma souběžnými paralelními měřicími konstrukcemi,
- obr. 5 zařízení paralelní kinematické struktury s optickou měřicí konstrukcí,
- obr. 6 zařízení paralelní kinematické struktury s kamerovou měřicí konstrukcí,
- obr. 7 zařízení paralelní kinematické struktury s laserovou měřicí konstrukcí,
- obr. 8 zařízení redundantně poháněného Delta robotu s jednou souběžnou měřicí konstrukcí,
- obr. 9 zařízení pro měření polohy koncového efektoru u obráběcího stroje,
- obr. 10 alternativní provedení k zařízení podle obr. 1 a
- obr. 11 alternativní provedení k zařízení podle obr. 5 a obr. 3

Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 je znázorněno základní uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulatoru za účelem jeho řízení. Jde o rovinný průmět prostorového manipulatoru se

sériovou kinematickou strukturou se 6 stupni volnosti a 6 pohony. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 je nesen pohánějící konstrukcí 1 uspořádanou mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 a tvořenou pěti rameny 5 spojenými šesti rotačními klouby 6 s pohony. Souběžně s pohánějící konstrukcí 1 je mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 uspořádána měřicí konstrukce 3 oddělená od pohánějící konstrukce 1. Oddělená měřicí konstrukce 3 má sériovou kinematickou strukturu tvořenou pěti rameny 8 spojenými šesti rotačními klouby 9 vybavenými rotačními čidly pohybu. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje v rotačních kloubech 9 jen čidla relativního pohybu. Počet čidel relativního pohybu v rotačních kloubech 9 je šest a je roven počtu stupňů volnosti prostorového manipulátoru, kterých je šest.

Postup možného řízení manipulátoru s pohánějící konstrukcí 1 a měřicí konstrukcí 3 je následující. Pohony v pohánějící konstrukci jsou vybaveny čidly relativního pohybu a tato čidla jsou použita pro stabilizaci pohonů prostřednictvím rychlostní zpětné vazby. Znalost o poloze koncového efektoru 2 získaná měřicí konstrukcí 3 je užita pro polohovou zpětnou vazbu. Vzhledem k tomu, že měřicí konstrukce 3 není silově namáhána pohony, není tedy těmito silami deformována, poskytuje přesnější údaje o poloze koncového efektoru 2 a její užití při řízení vede k přesnějšímu polohování koncového efektoru 2 s nástrojem 20.

Na obr. 2 je znázorněno další základní uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulátoru za účelem jeho řízení. Jde o rovinný průmět prostorového manipulátoru se sériovou kinematickou strukturou se 6 stupni volnosti a 6 pohony. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 je nesen pohánějící konstrukcí 1 uspořádanou mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 a tvořenou pěti rameny 5 spojených šesti rotačními klouby 6 s pohony. Souběžně s pohánějící konstrukcí 1 je mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 uspořádána měřicí konstrukce 3 oddělená od pohánějící konstrukce 1. Tato oddělená měřicí konstrukce 3 má paralelní kinematickou strukturu tvořenou dvěma řetězcí ramen 8 uspořádaných mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 představujícím zde platformu paralelní kinematické struktury měřicí konstrukce 3. Každý řetězec oddělené měřicí konstrukce 3 je tvořen pěti rameny 8 spojenými šesti rotačními klouby 9 vybavenými rotačními čidly pohybu. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje v rotačních kloubech 9 jen čidla relativního pohybu. Počet čidel pohybu v rotačních kloubech 9 je dvanáct a je větší než počet stupňů volnosti prostorového manipulátoru, kterých je šest.

Na obr. 3 je znázorněno další uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru manipulátoru za účelem jeho řízení. Jde buď o rovinný manipulátor s paralelní kinematickou strukturou se 3 stupni volnosti a 4 pohony nebo o průmět prostorového manipulátoru s paralelní kinematickou strukturou se 6 stupni volnosti a alespoň 6 pohony. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 je nesen paralelní pohánějící konstrukcí 1 uspořádanou mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 představujícím platformu paralelní kinematické struktury.

V případě rovinného manipulátoru je paralelní kinematická struktura tvořena dvěma řetězcí, celkem se čtyřmi paralelními rameny 5 spojenými rotačními klouby 6b mezi sebou, rotačními klouby 6a s rámem 4 a rotačními klouby 6 s koncovým efektem 2. Pohony jsou umístěny ve čtyřech rotačních kloubech 6a a 6b. Souběžně s pohánějící konstrukcí 1 je mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 uspořádána měřicí konstrukce 3 oddělená od pohánějící konstrukce 1. Oddělená měřicí konstrukce 3 má sériovou kinematickou strukturu tvořenou ramenem 8 uspořádaným mezi rámem 4 a koncovým efektem 2. Rameno 8 obsahuje posuvné vedení 10 a je spojeno s rámem 4 rotačním kloubem 9a a s koncovým efektem 2 rotačním kloubem 9.

V obou rotačních kloubech 9 a 9a jsou čidla relativního pohybu a posuvné vedení 10 je opatřeno čidlem relativního posuvu. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje jen v kloubech čidla relativního pohybu mezi ramenem 8 a rámem 4 a koncovým efektozem 2 a mezi posuvnými částmi ramene 8. Počet čidel pohybu na měřicí konstrukci 3 je tři a je roven počet stupňů volnosti rovinného manipulátoru, které jsou tři.

V případě prostorového manipulátoru je paralelní pohánějící konstrukce 1 tvořena alespoň šesti řetězci, přičemž každý řetězec je tvořen dvěma rameny 5 spojenými mezi sebou rotačními (sférickými) klouby 6b a připojenými k rámu 4 rotačním kloubem 6a (s jedním stupněm volnosti) a ke koncovému efektoru 2 rotačním (sférickým) kloubem 6. Pohony jsou uspořádány v rotačních kloubech 6a mezi rámem 4 a prvním ramenem 5 v řetězci. Měřicí konstrukce 3 je tvořena ramenem 8 obsahujícím posuvné vedení 10 a spojeným s rámem 4 rotačním (sférickým) kloubem 9a a s koncovým efektozem 2 rotačním (sférickým) kloubem 9. Rotační (sférický kloub) 9a má jen dva stupně volnosti, realizovaný jako např. Cardanův kloub. Oba rotační (sférické) klouby 9 a 9a jsou opatřeny čidly relativního rotačního pohybu v těchto kloubech a posuvné vedení 10 obsahuje čidlo relativního posuvu částí ramene 8 v tomto vedení. Počet čidel pohybu na měřicí konstrukci 3 je šest a je roven počtu stupňů volnosti prostorového manipulátoru, kterých je šest.

Na obr. 4 je znázorněno další uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulátoru za účelem jeho řízení. Jde buď o rovinný manipulátor s paralelní kinematickou strukturou se 3 stupni volnosti a 4 pohony nebo o průmět prostorového manipulátoru s paralelní kinematickou strukturou se 6 stupni volnosti a alespoň 6 pohony shodně jako na obr. 3. Pohánějící konstrukce 1 manipulátoru je shodná jako na obr. 3. Odlišná je měřicí konstrukce 3. Souběžně s pohánějící konstrukcí 1 je mezi rámem 4 a koncovým efektozem 2 uspořádána měřicí konstrukce 3 oddělená od pohánějící konstrukce 1.

V případě rovinného manipulátoru má oddělená měřicí konstrukce 3 paralelní kinematickou strukturu tvořenou dvěma řetězci ramen 8 uspořádaných mezi rámem 4 a koncovým efektozem 2 představujícím platformu paralelní kinematické struktury měřicí konstrukce 3. Každý řetězec oddělené měřicí konstrukce 3 je tvořen dvěma rameny 8 spojenými mezi sebou rotačním kloubem 9b a připevněnými rotačním kloubem 9a k rámu 4 a rotačním kloubem 9 ke koncovému efektoru 2 a vybavenými rotačními čidly relativního pohybu. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje jen v kloubech 9, 9a, 9b čidla relativního rotačního pohybu v těchto kloubech. Počet čidel pohybu v rotačních kloubech 9, 9a, 9b je šest a je větší než počet stupňů volnosti rovinného manipulátoru, které jsou tři.

V případě prostorového manipulátoru má oddělená měřicí konstrukce 3 paralelní kinematickou strukturu tvořenou nejméně dvěma řetězci ramen 8 uspořádanými mezi rámem 4 a koncovým efektozem 2 představujícím platformu paralelní kinematické struktury měřicí konstrukce 3. Každý řetězec oddělené měřicí konstrukce 3 je tvořen dvěma rameny 8 spojenými mezi sebou rotačním (sférickým se dvěma stupni volnosti – Hookeovým) kloubem 9b a připevněnými rotačním kloubem 9a (s jedním stupněm volnosti) k rámu 4 a rotačním (sférickým se třemi stupni volnosti) kloubem 9 ke koncovému efektoru 2 a vybavenými rotačními čidly relativního pohybu podle počtu stupňů volnosti těchto kloubů 9, 9a, 9b. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje jen v kloubech 9, 9a, 9b, čidla relativního rotačního pohybu. Počet čidel pohybu v rotačních kloubech 9a a rotačních (Hookeových a sférických) kloubech 9b a 9 je šest na každý řetězec ramen 8, tedy nejméně dvanáct pro dva řetězce ramen 8 a je větší než počet stupňů volnosti prostorového manipulátoru, kterých je šest.

Na obr. 5 je znázorněno další uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru manipulátoru za účelem jeho řízení. Jde buď o rovinný manipulátor s paralelní kinematickou strukturou se 3 stupni volnosti a 4 pohony nebo o průmět prostorového manipulátoru s paralelní kinematickou strukturou se 6 stupni volnosti a alespoň 6 pohony. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 je nesen pohánějící konstrukcí 1 uspořádanou mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 a tvořenou u rovinného manipulátoru dvěma paralelními rameny 5 obsahujícími posuvná vedení 7 a spojená rotačními klouby 6a s rámem 4 na jedné straně a rotačními klouby 6 s koncovým efektem 2 na druhé straně.

Prostorový manipulátor má 6 stupňů volnosti a je tvořen šesti paralelními rameny 5 obsahujícími posuvná vedení 7 a spojenými rotačními (sférickými) klouby 6a s rámem 4 na jedné straně a rotačními (sférickými) klouby 6 s koncovým efektem 2 na druhé straně. Pohony jsou umístěny v posuvných vedeních 7. Paralelních ramen 5 může být i více, například 8.

Souběžně s pohánějící konstrukcí 1 je mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 uspořádána měřicí konstrukce 3 oddělená od pohánějící konstrukce 1. Oddělená měřicí konstrukce 3 se skládá ze dvou optických sledovačů 11 a jim přiřazených odražečů 13. Každý optický sledovač 11 uspořádaný na rámu 4 vysílá laserový paprsek 12, který se odráží od odražeče 13 laserového paprsku 12 uspořádaného na koncovém efektu 2 a dopadá zpět do optického sledovače 11, kde je zpracován laserovým interferometrem a známým, ale sofistikovaným zpětnovazebním řízením pro pohyb optického sledovače 11 v rotačním kloubu 9 v případě rovinného manipulátoru a ve sférickém kloubu 9 v případě prostorového manipulátoru. Zde je rotační (sférický) kloub 9 vybaven pohonem pro pohyb optického sledovače 11, ale tento pohon nenamáhá a nedeformuje laserový paprsek 12 představující zde ekvivalent ramene měřicí konstrukce 3. Vzájemná poloha koncového efektoru 2 a rámu 4 určovaná ze vzájemné polohy optických sledovačů 11 a odražečů 13 laserového paprsku 12 je dána jejich vzdáleností určenou laserovým interferometrem a pootočením v rotačních (sférických) kloubech 9 optických sledovačů 11. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2, obsahuje jen v rotačních kloubech 9 pohony pro pohyb optického sledovače 11 a čidla relativního rotačního pohybu v rotačních kloubech 9 a čidlo vzdálenosti sledovačů 11 od odražečů 13 určené laserovým interferometrem v optickém sledovači 11. Počet čidel pohybu (rotace v rotačních kloubech 9 a délky laserových paprsků 12) je dva na každý optický sledovač 11 v rovině a tedy čtyři na obr. 5 u rovinného manipulátoru a je větší než počet stupňů volnosti rovinného manipulátoru.

U prostorového manipulátoru je počet čidel pohybu (rotace v rotačních sférických kloubech 9 a délky laserového paprsku 12) je tři na každý optický sledovač 11 v prostoru a tedy nejméně šest na obr. 5 u prostorového manipulátoru.

Optický sledovač 11 a odražeč laserového paprsku 13 mohou být uspořádány obráceně, tedy optický sledovač na koncovém efektu 2 a odražeč laserového paprsku 13 na rámu 4.

Na obr. 6 je znázorněno další uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru manipulátoru za účelem jeho řízení. Jde buď o rovinný manipulátor s paralelní kinematickou strukturou se 3 stupni volnosti a 4 pohony nebo o průmět prostorového manipulátoru s paralelní kinematickou strukturou se 6 stupni volnosti a alespoň 6 pohony. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 je nesen pohánějící konstrukcí 1 uspořádanou mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 a tvořenou u rovinného manipulátoru dvěma paralelními rameny 5 konstantní délky spojené přes rotační klouby 6a a posuvná vedení 7 s rámem 4 na jedné straně a přes rotačními klouby 6 s koncovým efektem 2 na druhé straně. Pohony jsou v posuvných vedeních 7 a rotačních kloubech 6a.

Prostorový manipulátor má 6 stupňů volnosti a je tvořen šesti paralelními rameny 5 konstantní délky spojené přes rotační (sférické) klouby 6a a posuvná vedení 7 s rámem 4 na jedné straně a přes rotační (sférické) klouby 6 s koncovým efektem 2 na druhé straně. Pohony jsou umístěny v posuvných vedeních 7. Paralelních ramen 5 může být i více než 6, například 8.

S poháněcí konstrukcí 1 je mezi rámem 4 a koncovým efektem 2 uspořádána měřicí konstrukce 3 oddělená od poháněcí konstrukce 1. Oddělená měřicí konstrukce 3 se skládá ze dvou optických kamer 14 s referenčním prvkem 15. Každá optická kamera 14 snímá obraz referenčního prvku 15 a z těchto obrazů je metodami fotogrammetrie určena vzájemná poloha referenčního prvku 15 a optických kamer 14 a tím vzájemná poloha koncového efektoru 2 a rámu 4. Současně je tato vzájemná poloha koncového efektoru 2 a rámu 4 užita pro zpětnovazební řízení pohybu optických kamer 14 v rotačních kloubech 9 v případě rovinného manipulátoru a ve sférických kloubech 9 v případě prostorového manipulátoru tak, aby optické kamery 14 mohly stále sledovat referenční prvek 15. Zde jsou rotační (sférické) klouby 9 vybaveny pohonem pro pohyb optických kamer 14, ale tento pohon nenamáhá a nedeformuje optický paprsek z referenčního prvku 15 představující zde ekvivalent ramene měřicí konstrukce 3. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2, obsahuje jen pohony pro pohyb optických kamer 14 a čidla relativního pohybu v rotačních kloubech 9. Počet čidel pohybu (rotace v rotačních kloubech 9 a vzájemná poloha optických kamer 14 a referenčního prvku 15) je dva pro každou optickou kameru 14 a tedy celkem čtyři u rovinného manipulátoru a je větší než počet tří stupňů volnosti rovinného manipulátoru.

U prostorového manipulátoru je počet čidel pohybu (rotace v rotačních sférických kloubech 9 a vzájemné polohy optických kamer 14 a referenčního prvku 15) je tři pro každou optickou kameru 14 a tedy nejméně šest u prostorového manipulátoru, který má šest stupňů volnosti.

Na obr. 7 je znázorněno alternativní uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulátoru za účelem jeho řízení k uspořádání znázorněnému na obr. 5. Poháněcí konstrukce 1 manipulátoru je zcela shodná jako na obr. 5. Odlišná je měřicí konstrukce 3. Ta je tvořena třemi a více zdroji 16 laserového paprsku 17. Zdroje 16 laserového paprsku 17 jsou připevněny na koncovém efektem 2. Laserové paprsky 17 dopadají na fotocitlivý prvek 18 upevněný na rámu 4. Fotocitlivý prvek 18 určuje souřadnice dopadu laserového paprsku 17 na rám 4. Z těchto souřadnic dopadu laserového paprsku 17 se určí vzájemná poloha koncového efektoru 2 a rámu 4. Počet zdrojů 16 laserového paprsku 17 je tři, ale může být čtyři a více. Počet čidel pohybu je dán počtem měřených souřadnic dopadajících laserových paprsků 17 na fotocitlivý prvek 18. U rovinného manipulátoru na obr. 7 je to tři (třikrát jedna souřadnice) a u prostorového manipulátoru je to šest (třikrát dvě souřadnice). Jejich počet je roven počtu stupňů volnosti manipulátoru.

Zdroje 16 laserového paprsku 17 a fotocitlivý prvek 18 mohou být uspořádány obráceně, tedy zdroje 16 laserového paprsku 17 na rámu 4 a fotocitlivý prvek 18 na koncovém efektem 2. Fotocitlivých prvků 18 může být na rámu 4 nebo na koncovém efektem 2 uspořádáno více.

Na obr. 8 je znázorněno další uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulátoru za účelem jeho řízení. Jde o prostorový manipulátor s paralelní kinematickou strukturou se 3 stupni volnosti a 4 rotačními pohony v rotačních kloubech 6a. V daném případě jde o redundantně poháněný paralelní manipulátor Delta. Paralelní poháněcí konstrukce 1 je tvořena čtyřmi řetězci, přičemž každý řetězec je tvořen třemi rameny 5 spojenými mezi sebou a s koncovým efektem 2 rotačními (sférickými) klouby 6 a připojenými k rámu 4 rotačním kloubem 6a. Pohony jsou uspořádány v rotačních kloubech 6a

mezi rámem 4 a prvním ramenem 5 v řetězci. Následující dvě ramena 5 jsou paralelně uspořádaná a tvoří paralelogram.

Měřicí konstrukce 3 je tvořena ramenem 8 obsahujícím posuvné vedení 10 a spojeným s koncovým efektozem 2 rotačním (sférickým) kloubem 9 a s rámem 4 rotačním (sférickým) kloubem 9a. Rotační (sférický) kloub 9, 9a má jen dva stupně volnosti realizovaný jako Cardanův kloub. Oba rotační (sférické) klouby 9 a 9a a posuvné vedení 10 jsou opatřeny čidly relativního pohybu v kloubech a posuvném vedení. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje jen v kloubech 9, 9a čidla relativního rotačního pohybu a v posuvném vedení 10 čidlo relativního posuvu. Počet čidel pohybu na měřicí konstrukci 3 je šest a je roven počtu stupňů volnosti prostorového manipulátoru, kterých je šest.

Měřicí konstrukce 3 může být pro manipulátor Delta také vytvořena obdobně jako měřicí konstrukce uvedené v obr. 4-7. Pro řešení měřicí konstrukce 3 obdobné řešení na obr. 4 by bylo možné užít u tohoto provedení podle obr. 8 paralelní ramena 8 obdobná s paralelními rameny 5 pohánějící konstrukce 1.

Všechna předchozí uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulátoru za účelem jeho řízení lze užít nejen u manipulátorů a průmyslových robotů, ale i u obráběcích strojů a měřicích strojů. Zvláště výhodné je, když měřicí konstrukce 3 je u obráběcího stroje uspořádána v zakrytované části, kde lehčí měřicí konstrukce není vystavena negativním vlivům z obrábění.

Na obr. 9 je znázorněno uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 obráběcího stroje za účelem jeho řízení. Jde o schematický rovinný průřez horizontálního obráběcího stroje. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 je nesen pohánějící konstrukcí 1 uspořádanou mezi rámem 4 a koncovým efektozem 2 a tvořenou rameny 5 spojenými s rámem 4 a obsahující posuvná vedení 7 opatřená pohony. Nástroj 20 obrábí obrobek 23 umístěný na pracovním stole 22 a tento proces obrábění je oddělen od zbytku stroje krytovaním 21. Krytování 21 je nesen koncovým efektozem 2. Počet pohonů a stupňů volnosti obráběcího stroje může být různý. U horizontálního obráběcího stroje má koncový efektor 2 obvykle 2 stupně volnosti (na obr. 9 je v průřezu znázorněno jen jedno rameno 5 s pohonem) a zbývající stupně volnosti až do počtu 5 má pracovní stůl 22 s obrobkem 23. Je ale možné, že všech 5 pohonů a stupňů volnosti má koncový efektor 2.

Měřicí konstrukce 3 je s výhodou uspořádána mezi koncovým efektozem 2 a rámem 4 v zakrytovaném prostoru odděleném od obráběcího procesu krytovaním 21. Měřicí konstrukce 3 je tvořena ramenem 8 obsahujícím posuvné vedení 10 a spojeným s rámem 4 rotačním (sférickým) kloubem 9a a s koncovým efektozem 2 rotačním (sférickým) kloubem 9. Rotační (sférický kloub) 9, 9a má jen dva stupně volnosti realizovaný jako Cardanův kloub. Oba rotační (sférické) klouby 9 a 9a jsou opatřeny čidly relativního rotačního pohybu a posuvné vedení 10 obsahuje čidlo posuvu v posuvném vedení. Oddělená měřicí konstrukce 3 nemá v sobě pohony pro pohon koncového efektoru 2 a obsahuje jen v kloubech 9, 9a čidla relativního rotačního pohybu a v posuvném vedení 10 čidlo relativního posuvu. Počet čidel pohybu na měřicí konstrukci 3 je šest a je větší než počet stupňů volnosti obráběcího stroje, kterých je obvykle nejvýše pět.

Měřicí konstrukce 3 je s výhodou spojena s pohánějící konstrukcí 1 vedle koncového efektoru 2 alespoň jedním dalším spojovacím prvkem 19.

Příklad takového řešení je na obr. 10. To zejména snižuje nebezpečí kolizí mezi pohánějící konstrukcí 1 a měřicí konstrukcí 3. Dále toto řešení výhodně zmenšuje potřebný pracovní prostor pro měřicí konstrukci 3. Spojovacím prvkem 19 může být pevný spoj nebo spoj s

rotačním kloubem 9a opatřeným čidly relativního rotačního pohybu a/nebo opatřený posuvným vedením 10 obsahujícím čidlo posuvu.

Na obr. 10 jsou pohánějící konstrukce 1 a měřicí konstrukce 3 v základu shodné s pohánějící a měřicí konstrukcí podle obr. 1. Toto zařízení na obr. 10 se liší připojením spojovacího prvku 19 k pohánějící konstrukci 1 pomocí rotačních (sférických) kloubů 9a opatřených čidly relativního rotačního pohybu a přidáním posuvného vedení 10 opatřeného čidlem relativního posuvu do ramene 8a.

Na obr. 11 je znázorněno alternativní uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru 2 manipulátoru za účelem jeho řízení k uspořádání podle obr. 5 a obr. 3. Pohánějící konstrukce 1 je shodná s pohánějící konstrukcí na obr. 5. Pohánějící konstrukce 1 na obr. 11 zajišťuje pohyb platformy 24 manipulátoru s paralelní kinematickou strukturou.

Pohánějící konstrukce 1 dále zajišťuje pohyb koncového efektoru 2 s nástrojem 20 v dalších stupních volnosti navíc k pohyblivosti koncového efektoru 2 dané počtem stupňů volnosti koncového efektoru 2 u provedení podle obr. 5.

Koncový efektor 2 je připojen k platformě rotačním (sférickým) kloubem 6b, který obsahuje pohony v počtu stupňů volnosti rotačního (sférického) kloubu 6b. Koncový efektor 2 s nástrojem 20 tak může měnit orientaci vůči poloze platformě 24.

Měřicí konstrukce 3 je shodná s měřicí konstrukcí 3 na obr. 3. Měřicí konstrukce 3 zajišťuje měření polohy platformy 24. K této části měřicí konstrukce 3 je připojena přídavná měřicí konstrukce 3b, která zajišťuje měření orientace koncového efektoru 2 s nástrojem 20 vůči platformě 24, a tak zajišťuje určení polohy koncového efektoru 2 s nástrojem 20 vůči rámu 4.

Měřicí konstrukce 3 je připojena spojovacím prvkem 19 k platformě 24 pohánějící konstrukce 1 pomocí rotačního (sférického) kloubu 9 opatřeného čidly relativního rotačního pohybu. Měřicí konstrukce 3b se skládá z ramen 8b spojených rotačními (sférickými) klouby 9b a je spojena s ramenem 8 rotačním (sférickým) kloubem 9b a pevně s koncovým efektozem 2. Rotační (sférické) klouby 9b obsahují čidla relativního rotačního pohybu v počtu rovném počtu stupňů volnosti těchto kloubů.

Zařízení znázorněné na obr. 11 může představovat rovinný i prostorový manipulátor. Rovinný manipulátor má tři stupně volnosti platformy 24 a jeden stupeň orientace koncového efektoru 2 vůči platformě 24. Počet pohonů je pět (v rotačních kloubech 6a, 6b a v posuvných vedeních 7). Počet čidel měřicí konstrukce 3, 3b je šest (v rotačních kloubech 9, 9a, 9b a v posuvném vedení 10).

Prostorový manipulátor má šest stupňů volnosti platformy 24 a dva stupně orientace koncového efektoru 2 vůči platformě 24. Počet pohonů je alespoň osm (v šesti posuvných vedeních 7 a v rotačním (sférickém – Hookeův kloub se dvěma stupni volnosti) kloubu 6b). Počet čidel měřicí konstrukce 3, 3b je dvanáct (v rotačních kloubech 9, 9a, 9b a v posuvném vedení 10).

V rámci vynálezu jsou možné různé kombinace uspořádání zařízení pro měření polohy koncového efektoru, s různými počty pohonů a čidel a různými kombinacemi řešení pohánějící konstrukce a měřicí konstrukce a jejich spojení.

Popisovaná provedení měření polohy koncového efektoru často užívají nadbytečný počet čidel, tedy více čidel než stupňů volnosti. Užití redundantního počtu čidel, tedy většího počtu čidel, než má koncový efektor manipulátoru stupňů volnosti, je výhodné pro zvýšení přesnosti měření, pro kalibraci manipulátoru, samo-kalibraci souběžné konstrukce s čidly nebo pro on-

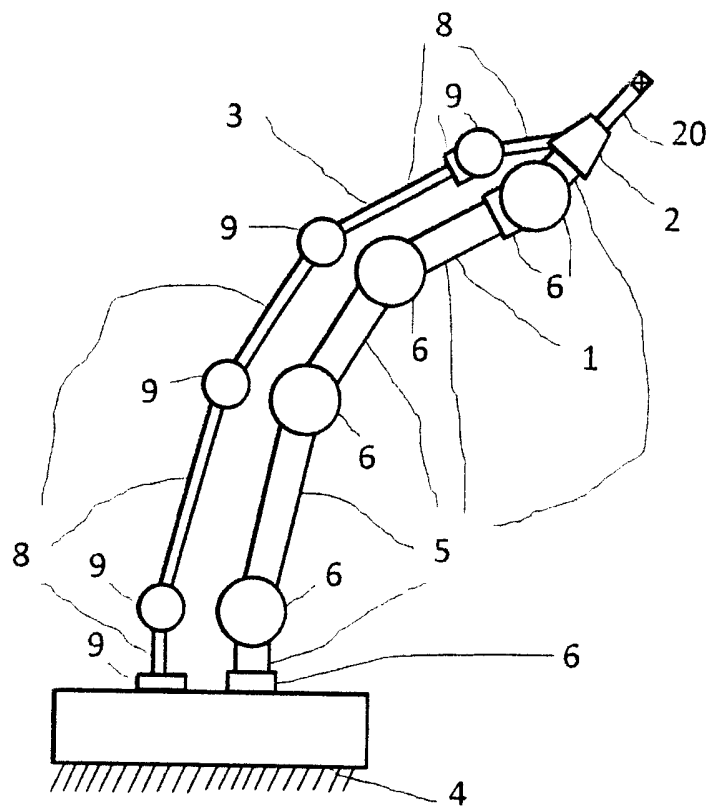
line měření a kompenzování teplotních deformací. Zvláště výhodné je, když počet čidel je alespoň o dvě větší než počet stupňů volnosti.

Rovněž pak popisovaná provedení manipulátorů často užívají nadbytečný počet pohonů, tedy více pohonů než stupňů volnosti manipulátoru. To umožňuje zvýšit a zrovnoměnit silové působení pohonů na koncový efektor 2 v celém pracovním prostoru a/nebo umožňuje použít dalších pokročilých způsobů řízení pomocí redundantních pohonů, např. protivůlové řízení.

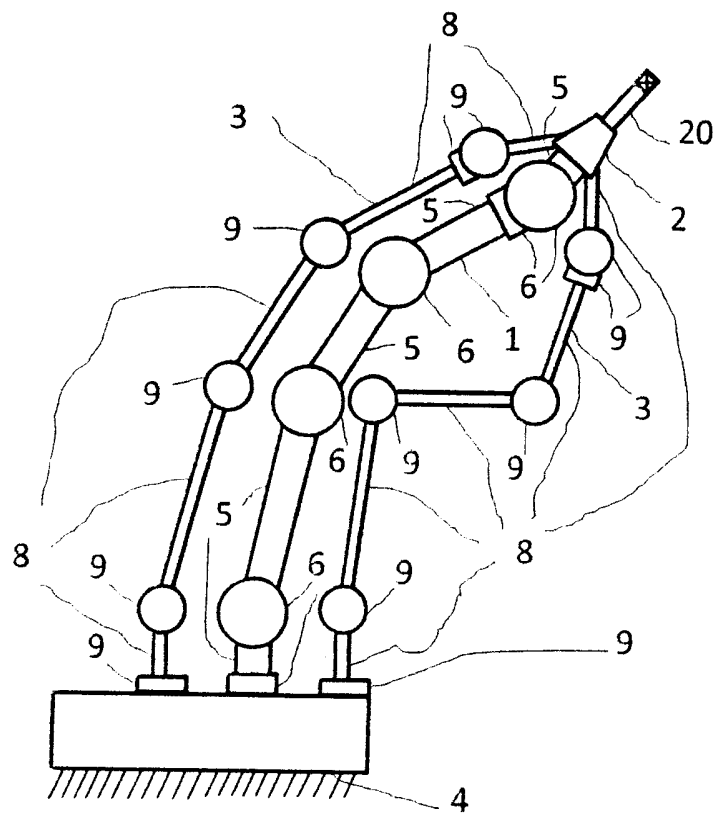
Řízení pohybu manipulátorů, průmyslových robotů, obráběcích strojů a/nebo měřicích strojů je provedeno počítačem.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

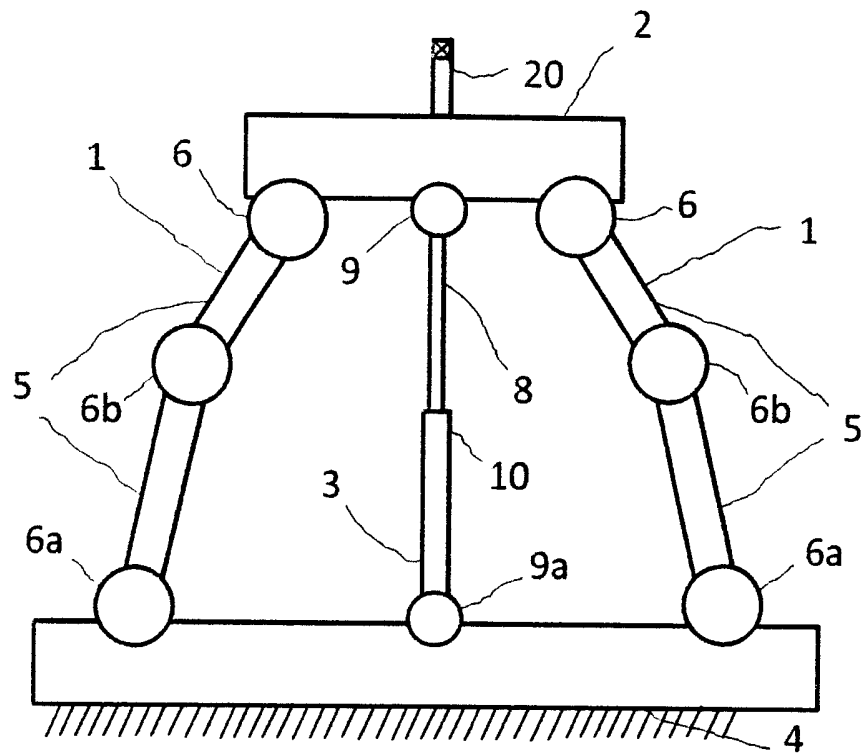
1. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru (2), zvláště manipulátoru nebo obráběcího stroje, poháněného pohánějící konstrukcí (1) s pohony uspořádané mezi rámem (4) a koncovým efektozem (2) za účelem řízení manipulátoru vyznačené tím, že souběžně s pohánějící konstrukcí (1) s pohony manipulátoru je uspořádána mezi rámem (4) a koncovým efektozem (2) oddělená měřicí konstrukce (3) bez pohonů vybavená čidly pohybu v počtu rovném nebo větším, než je počet stupňů volnosti koncového efektoru (2) manipulátoru.
2. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle nároku 1, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) je tvořená jedním řetězcem se sériově uspořádanými rameny (8).
3. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle nároku 1, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) je tvořená alespoň dvěma řetězci s paralelně uspořádanými rameny (8).
4. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle nároku 1, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) sestává z alespoň dvou optických sledovačů (11) uspořádaných na rámu (4) nebo na koncovém efektozu (2) a alespoň dvou odražečů (13) laserového paprsku (12) uspořádaných na koncovém efektozu (2) nebo na rámu (4).
5. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle nároku 1, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) sestává alespoň ze dvou kamer (14) uspořádaných na rámu (4) nebo na koncovém efektozu (2) a referenčního prvku (15) ~~laserových paprsků~~ uspořádaného na koncovém efektozu (2) nebo na rámu (4).
6. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle nároku 1, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) sestává ze zdroje (16) laserového paprsku (17) uspořádaného na koncovém efektozu (2) nebo na rámu (4) a fotocitlivého prvku (18) uspořádaného na rámu (4) nebo na koncovém efektozu (2).
7. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle některého z předchozích nároků, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) je spojena s pohánějící konstrukcí (1) prostřednictvím koncového efektoru (2) a alespoň jednoho dalšího spojovacího prvku (19).
8. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle některého z předchozích nároků, vyznačené tím, že mezi pohánějící konstrukcí (1) a koncovým efektozem (2) je vřazena platforma (24), s níž je spojena měřicí konstrukce (3) propojená s koncovým efektozem (2) prostřednictvím přídatné měřicí konstrukce (3b).
9. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle některého z předchozích nároků, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) je vybavená čidly pohybu v počtu alespoň o dva větším, než je počet stupňů volnosti koncového efektoru (2) manipulátoru.
10. Zařízení pro měření polohy koncového efektoru podle některého z předchozích nároků, vyznačené tím, že měřicí konstrukce (3) je uspořádána pod krytváním (21) neseným koncovým efektozem (2).



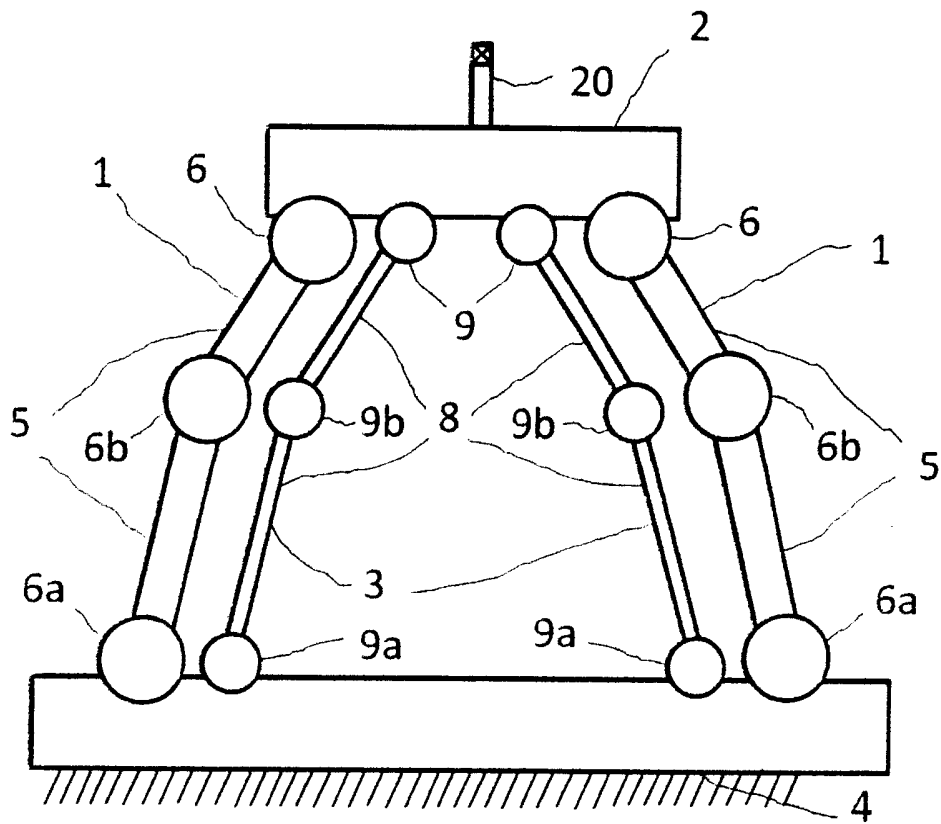
Obr. 1



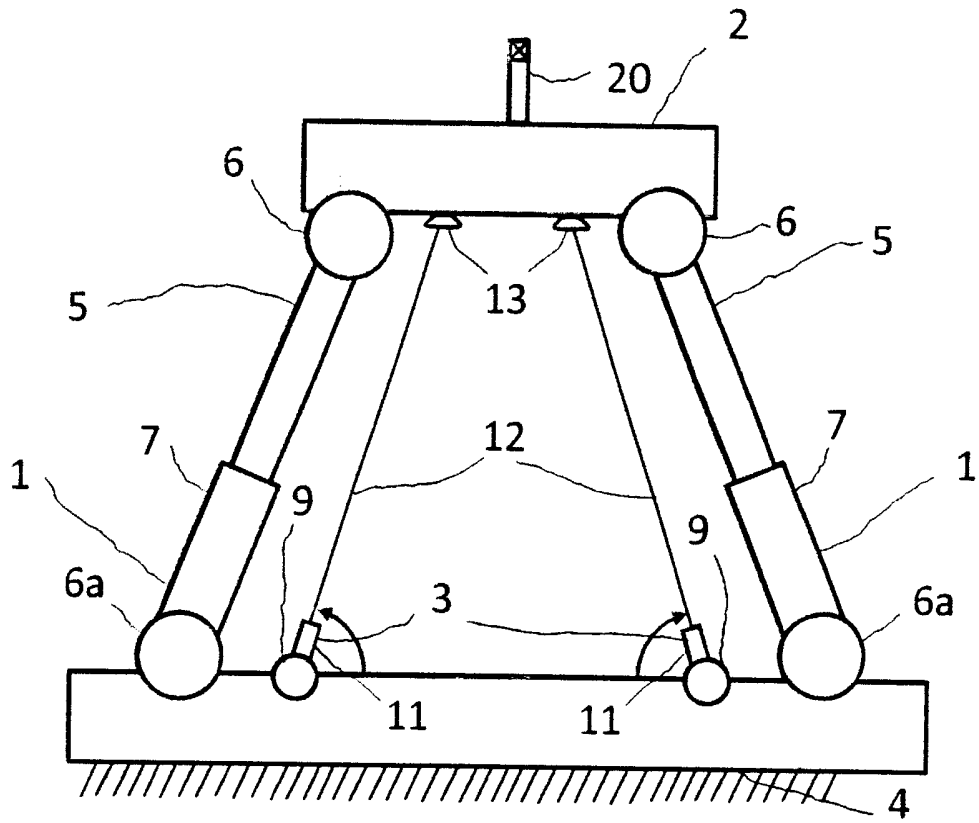
Obr. 2



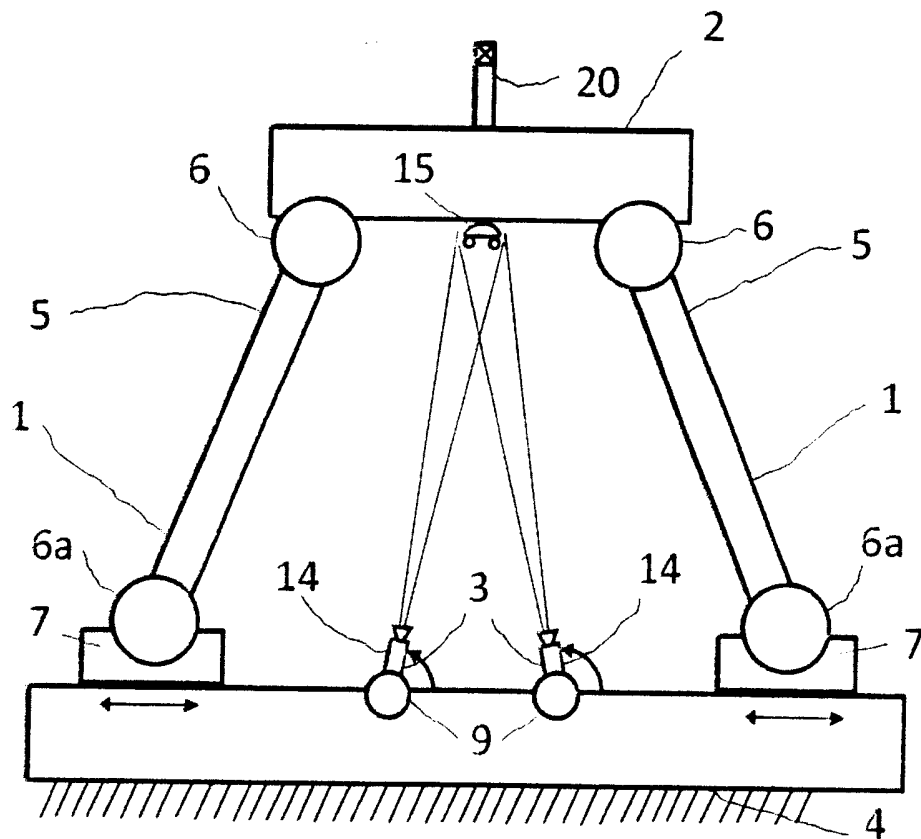
Obr. 3



Obr. 4

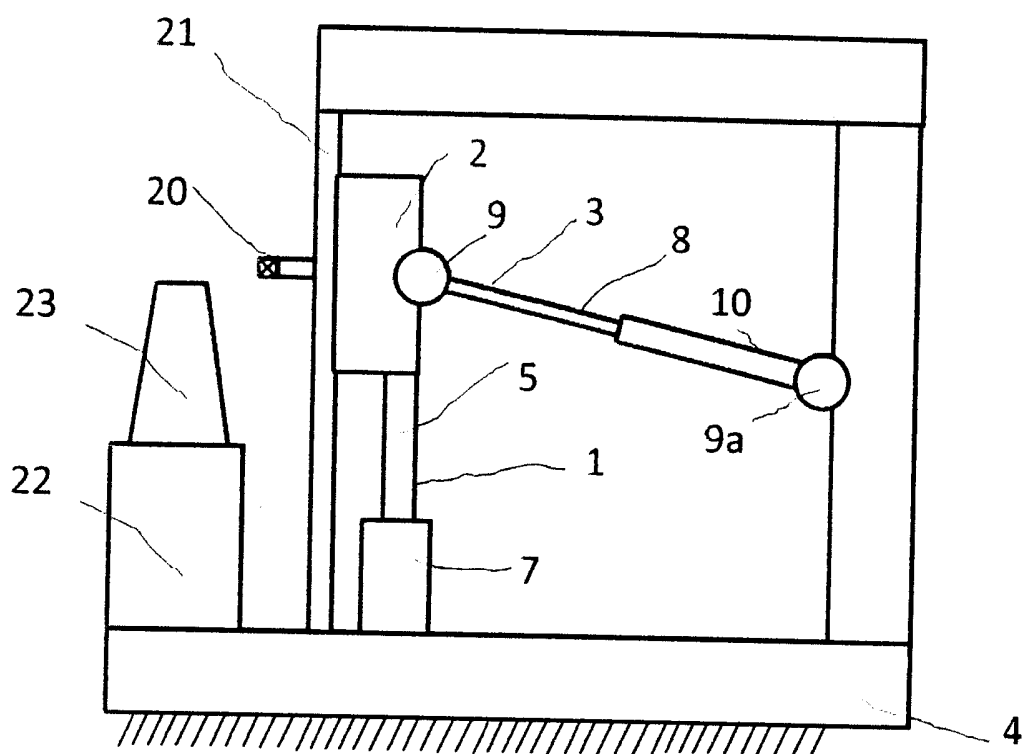


Obr. 5

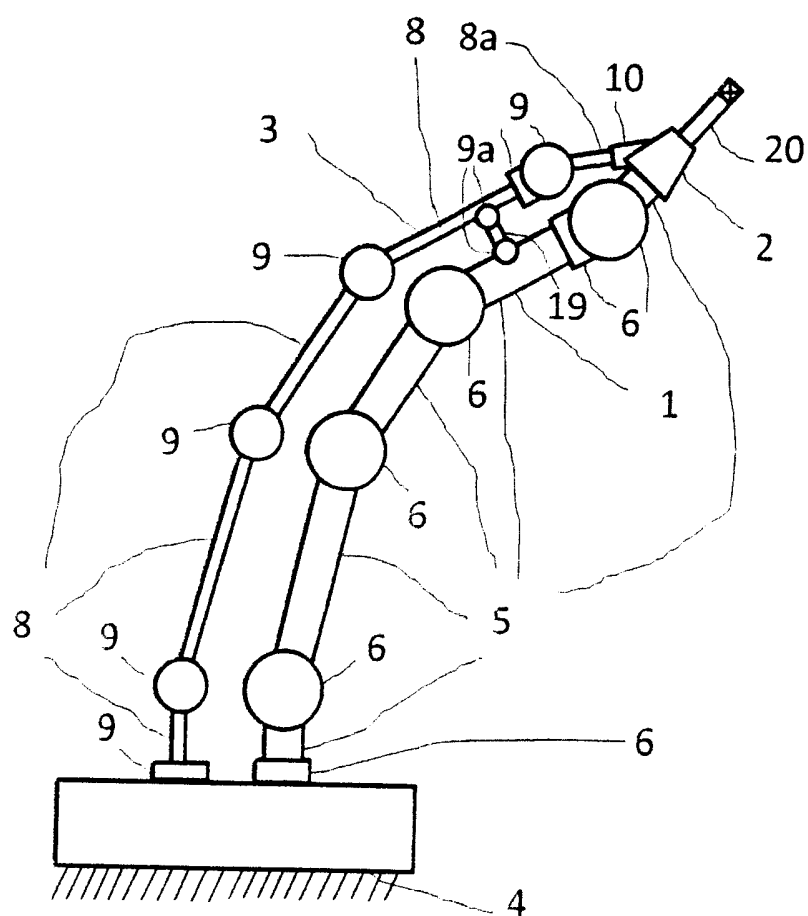


Obr. 6

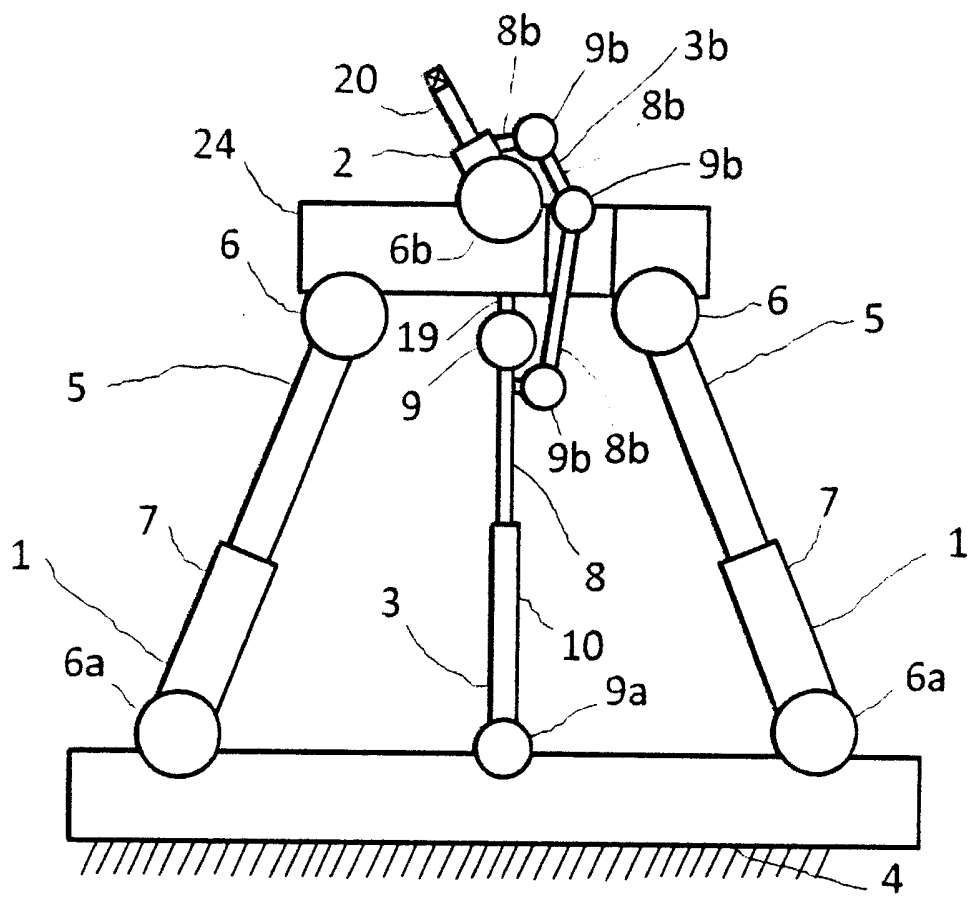




Obr. 9



Obr. 10



Obr. 11