

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12.03.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **21.09.2011**
(Věstník č. 38/2011)

(21) Číslo dokumentu:

2010-178

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01B 5/004 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Praha 6, CZ

(72) Původce:

Valášek Michael Prof. Ing. DrSc., Praha 4, CZ

Beneš Petr Ing., Praha 8, CZ

Švéda Jiří Ing., Kladno, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Karel Novotný, Žufanova 2/1099, Praha 6, 16300

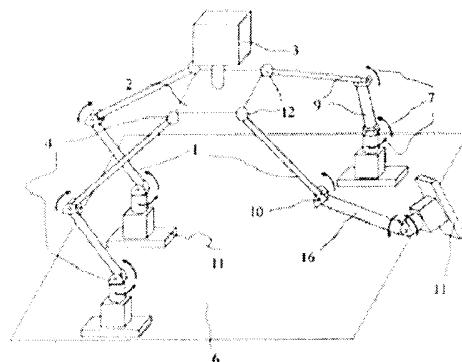
(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob a zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru

(57) Anotace:

Vynález se týká způsobu a zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v pracovním prostoru zahrnující i navazující prostory, sestávající z alespoň dvou pohyblivých ramen, která jsou jedním koncem kloubově spojena s rámem a druhým koncem s platformou pro připojení na měřené nebo kalibrované těleso, přičemž zařízení je opatřeno čidly pro snímání vzájemné polohy jednotlivých členů zařízení kdy se po spojení platformy měřicího a/nebo kalibračního zařízení s měřeným nebo kalibrovaným tělesem, provádí jejich libovolný pohyb v pracovním prostoru tělesa prostřednictvím pohonů tělesa, přičemž jsou snímány veličiny odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení a na jejich podkladě je stanovena poloha tělesa v prostoru nebo kalibrace pohyblivých ramen s platformou, následně se odpojí jedno rameno zařízení od rámu a přesune se do nové měřicí polohy, ve které se provádí opakovaně libovolný pohyb měřeného nebo kalibrovaného tělesa při současném snímání veličin odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení, přičemž počet měřených veličin při pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem po odpojení jednoho libovolného pohyblivého ramene je větší nebo alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso a při všech zapojených pohyblivých ramenech je počet měřených veličin alespoň o jeden vyšší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso. Pohyblivá ramena (1) jsou spojena s rámem (6) odnímatelně, přičemž počet čidel (7 a/nebo 8) pro snímání vzájemné polohy mezi jednotlivými částmi ramene (1) a/nebo mezi jednotlivými

volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.



CZ 2010 - 178 A3

Způsob a zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu a zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v pracovním prostoru zahrnující i navazující prostory, sestávající z alespoň dvou pohyblivých ramen, která jsou jedním koncem kloubově spojena s rámem a druhým koncem s platformou pro připojení na měřené nebo kalibrované těleso, přičemž zařízení je opatřeno čidly pro snímání vzájemné polohy jednotlivých členů zařízení.

Dosavadní stav techniky

Určení polohy nebo kalibraci bodu, tělesa nebo útvaru v prostoru je důležitým parametrem v mnoha oblastech techniky, např. v oblasti obráběcích strojů, robotů, ve stavebnictví a pod.

Metody měření, případně kalibrace polohy bodu, tělesa nebo útvaru (dále budou tyto tři pojmy nahrazeny jedním pojmem a to těleso), v prostoru je založeno na určení jedné nebo několika vzdáleností mezi jedním nebo více délkovými měřicími systémy a referenčním elementem uspořádaným na objektu, případně jsou měřeny úhly mezi spojnicemi měřicí system-referenční element vzájemně mezi sebou nebo vzhledem k základně (rámu) a pod. Stanovení polohy tělesa je pak prováděno řešením geometricých závislostí mezi změřenými veličinami např. triangulací nebo trigonometrií.

Poloha bodu je dána třemi kartézskými souřadnicemi, poloha tělesa je dána šesti souřadnicemi (tři polohové a tři úhlové) a poloha útvaru může být dána různým počtem souřadnic od jedné po mnoho. Útvarem jsou míněna např. vzájemně vázaná tělesa v prostoru.

Při dosavadních metodách měření polohy objektu je měřeno tolik veličin, kolik stupňů volnosti má měřený objekt v prostoru, t.j. kolik souřadnic určení polohy objektu, bodu, tělesa nebo útvaru, v prostoru představuje.

V důsledky měření více veličin, kdy každá prakticky vykazuje jistou chybu, je pak výsledná přesnost určení polohy objektu v důsledku sčítání chyb měření podstatně menší než při měření jedné vzdálenosti nebo jednoho úhlu.

Další nevýhodou těchto určení poloh objektu v prostoru je nákladná příprava měření daná nutností velmi přesné výroby, kalibraci a justáží měřicích zařízení a následně ve zdlouhavé přípravě samotného měření související v ustavení výchozích poloh měření.

Tuto nevýhodu částečně odstraňuje při měření polohy objektu v prostoru řešení spočívající v současném měření vzdálenosti měřeného objektu od čtyř laserových interferometrů umístěných na základně a následném řešení přeurčených rovnic nejen pro stanovení polohy objektu v prostoru, ale i pro výchozí vzdálenosti a polohy laserových interferometrů. I zde však lze určit jen polohu bodu v prostoru, nikoliv orientaci tělesa, a výsledná přesnost určení polohy objektu není dostatečná a je nižší než přesnost měření výchozích vzdáleností od jednotlivých laserových interferometrů, navíc lze takto určit jen polohu bodu v prostoru, nikoliv orientaci tělesa.

Současné metody určení polohy objektu jsou převážně založeny na měření vzdáleností, nejčastěji laserovým interferometrem, kdy jsou stanovovány souřadnice jednotlivých bodů plochy měřeného tělesa. Kromě poměrně nákladné metody takového měření dané především cenou laserových interferometrů, je nutno použít poměrně velkého počtu částí měřicího zařízení včetně jednotlivých pohonů pro každý interferometr.

Byl proto vyvinut laserový sledovač (laser tracker), který vedle měření vzdáleností laserovým interferometrem od reflektoru také určuje úhlovou polohu jeho paprsku a ze sférických souřadnic určuje polohu bodu reflektoru v prostoru. Problémem tohoto zařízení je, že dosahuje menší přesnosti určení polohy bodu reflektoru v prostoru oproti přesnostem dílčích měření z důvodu sčítání chyb měření. Další nevýhodou je, že lze současně určit jen tři stupně volnosti polohy bodu v prostoru, nikoli šest stupňů volnosti polohy tělesa v prostoru.

Jiným způsobem měření jsou měření založená na optických zobrazeních snímáných kamerou nebo světločivným prvkem. Jejich problémem je menší přesnost než u měření laserovým interferometrem a opět nemožnost současně určit šest stupňů volnosti polohy tělesa v prostoru.

Dalším známým zařízením pro měření nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru je užití souřadnicového měřicího stroje. Jeho problémem je opět nemožnost současně určit šest stupňů volnosti polohy tělesa v prostoru. Dalšími nevýhodami jsou špatně přístupný pracovní prostor souřadnicového měřicího stroje, nutnost opatřit ho řízenými pohony a jeho velká váha a rozměry.

Byly proto vyvinuty postupy pro kalibraci polohy tělesa v prostoru založené na měření polohy předem vyrobených artefaktů v prostoru, např. ve tvaru přesných koulí na nosníku nebo čtyřstěnu. Problémem je opět nemožnost současně určit šest stupňů volnosti polohy tělesa v prostoru a pokrytí celého pracovního prostoru.

Dalším známým zařízením pro měření nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru je využití měřících ramen složených z alespoň dvou spolu suvně spojených částí. Rameno je pak jedním koncem připojeno kloubově k platformě a druhým koncem otočně k rámu, přičemž při připojení platformy k měřenému či kalibrovanému tělesu je těleso vedeno s ramenem po předem stanovené dráze, přičemž během tohoto pohybu jsou měřeny vzdálenosti tělesa od středu otáčení a na základě těchto délkových měření je stanovena poloha tělesa v prostoru nebo provedena jeho kalibrace. Obdobná známá zařízení s využitím takovýchto měřících ramen využívají stejného principu, s tím rozdílem, že tělesem není pohybováno po kružnici.

Nedávno bylo vyvinuto zařízení pro měření nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru, které předchozí problémy odstraňuje. Spočívá z platformy, která je pevně spojena s měřeným nebo kalibrovaným tělesem (např. vřetenem obráběcího stroje), to provádí pomocí svých pohonů libovolné pohyby v pracovním prostoru tělesa, platforma je současně spojena prostřednictvím tří ramen s rámem tělesa, platforma a ramena jsou vybavena čidly vzájemné polohy.

Nevýhodou posledně popsaného zařízení, které předchozí problémy odstraňuje, je omezený pracovní prostor, kde lze měřit polohu tělesa v prostoru ve všech šesti stupních volnosti současně.

Cílem tohoto vynálezu je způsob a zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru, kterým by se dosáhlo vyšší přesnosti stanovení polohy měřeného objektu oproti známým zařízením, zařízení by bylo jednodušší a s nižšími pořizovacími náklady a samotné měření příslušných veličin by se zjednodušilo a tento způsob a zařízení umožňovaly měřit ve velkém pracovním prostoru tvořeném navazujícími prostory.

Podstata vynálezu

Podstata způsobu měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle tohoto vynálezu spočívá v tom, že se po spojení platformy měřícího a/nebo kalibračního zařízení s měřeným nebo kalibrovaným tělesem, provádí jejich libovolný pohyb v pracovním prostoru tělesa

prostřednictvím pohonů tělesa, přičemž jsou snímány veličiny odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení a na jejich podkladě je stanovena poloha tělesa v prostoru nebo jeho kalibrace, přičemž počet měřených veličin při pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem po odpojení jednoho libovolného pohyblivého ramene je alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso a při všech zapojených pohyblivých ramenech je počet měřených veličin alespoň o jeden vyšší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.

Před měřením a/nebo kalibrací tělesa v prostoru je provedena kalibrace zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa různorodým pohybem tělesa se spojenou platformou zařízení, při kterém jsou snímány veličiny odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení, na podkladě snímaných veličin je stanovena poloha měřicího nebo kalibračního zařízení vzhledem k měřenému nebo kalibrovanému tělesu a současně vzájemná poloha míst uložení pohyblivých ramen zařízení k rámu zařízení, přičemž počet měřených veličin při pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem je alespoň o jeden vyšší než počet stupňů volnosti zařízení.

S výhodou alespoň jedno měření během pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem udává vzájemnou úhlovou polohu mezi dvěma členy zařízení.

Kinematická struktura alespoň jednoho pohyblivého ramene umožňuje současně určit více než jeden stupeň volnosti objektu v prostoru, nejčastěji je to uskutečněno tak, že se alespoň u jednoho ramene provádí dvě měření délky a/nebo úhlu.

Podstata zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle tohoto vynálezu spočívá v tom, že, pohyblivá ramena jsou spojena s rámem odnímatelně, přičemž počet čidel pro snímání vzájemné polohy mezi jednotlivými částmi ramene a/nebo mezi jednotlivými částmi ramene a rámem a/nebo platformou a/nebo mezi platformou a rámem je větší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso. Jednotlivá pohyblivá ramena zařízení jsou odpojitelná od rámu a přemístitelná do nové polohy na rámu, přičemž počet čidel pro snímání vzájemné polohy jednotlivých členů zařízení je při odpojení alespoň jednoho libovolného pohyblivého ramene větší nebo alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.

Výhodou způsobu a zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle tohoto vynálezu je jeho zjednodušení při možnosti využití pohonů měřeného a/nebo kalibrovaného tělesa a snížení jeho pořizovacích nákladů, přičemž počtem měření, který je vyšší než počet stupňů volnosti zařízení se dosáhne vyšší přesnosti měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru.

Oproti nedávno vyvinutým zařízením pro měření nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru, které předchozí problémy odstraňuje, užívá způsob a zařízení podle tohoto vynálezu vždy alespoň o jedno rameno více a ramena jsou odpojitelná a přemístitelná.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených obrázcích je schematicky znázorněno zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru, kde

obr. 1 znázorňuje jednu z možných variant zařízení

obr. 2 až 13 znázorňují další možné varianty zařízení

Příklady provedení vynálezu

Zařízení podle vynálezu se obecně skládá z platformy 2, která je pevně připevnitelná k měřenému nebo kalibrovanému tělesu 3, z ramen 1, která se většinou skládají z částí ramen 9 spojených klouby 4, a z připevňovacích členů 11 ramen 1 k rámu 6. Klouby 4 jsou obvykle buď rotační nebo sférické 12 nebo posuvné 5. Vzájemná poloha částí ramen 9 mezi sebou nebo vůči rámu 6 nebo vůči platformě 2 je snímána čidly 7 v kinematických dvojicích kloubů 4 nebo posuvných vedeních 5 nebo je snímána vzájemná poloha bodů 8 pomocí laserových interferometrů, laserových sledovačů nebo jiným optickým způsobem.

Podle obr. 1 zařízení sestává z rámu 6, se kterým jsou otočně spojena pohyblivá ramena 1 přes připevňovací členy 11 ramen k rámu 6. Ramena 1 jsou v uložení s rámem 6 otočná jednak kolem vertikální osy a jednak kolem vodorovné osy, obecně kolem dvou rotačních os, prostřednictvím kloubu 4 a dále jsou opatřena posuvným vedením 5. Rameno 1 je na opačném konci kloubově připojeno k platformě 2 prostřednictvím kloubu 4, který je v daném případě sférickým kloubem 12. Veškeré klouby na tomto i dalších obrázcích jsou označeny stejnou vztahovou značkou čtyři, pokud jsou sférické, jsou označeny vztahovou značkou dvanáct, pokud jsou posuvné jsou označeny vztahovou značkou pět. S platformou 2 jsou spojena čtyři ramena 1, takže pohyb platformy 2 obsahuje šest stupňů volnosti. K platformě 2 je pevně uchyceno během měření nebo kalibrace měřené těleso 3. Zařízení dále obsahuje čidla 7 pro měření úhlového natočení ramen 1 jak ve vodorovném, tak ve vertikálním směru a rovněž posuv ramene v posuvném vedení 5. Na

tomto a na dalších obrázcích značí šipky ty pohyby v kinematických dvojicích, které jsou měřeny čidly 7. Jde jak o rotace v kloubech, tak o posuvy v posuvných vedeních. Ramena 1 mohou být pomocí připevňovacích členů 11 ramen 1 k rámu 6 od rámu 6 oddělena a přemístěna.

Podle obr.2 jsou čtyři ramena 1 obdobně spojena s platformou 2, jak je patrné na obr.1, přičemž klouby 4 jsou otočné jednak kolem vertikální osy a jednak kolem vodorovné osy. ve spojení s platformou jsou sférické 12, a navíc suvně vedeny v posuvných vedeních 5 přes připevňovací členy 11 ramen 1 k rámu 6. Vytvořením těchto dalších posuvných vedení 5 je u tohoto příkladu provedení upuštěno od posuvných vedení 5 v jednotlivých ramenech 1. Posuvná vedení 5 obecně nemusí ležet v jedné rovině, ale mohou ležet v různých rovinách rámu 6.

Podle obr.3 jsou jednotlivá ramena 1 uložena přes připevňovací členy 11 ramen 1 k rámu 6 obdobně jako na obr.1 s tím, že posuvné vedení v ramenech 1 je nahrazeno kloubovým spojem 10. Vzájemné natočení členů 9 ramen 1 jsou rovněž snímána čidly 7. Všechna ramena 1 mohou být pomocí připevňovacích členů 11 ramen 1 k rámu 6 oddělena a přemístěna. Všechna výše uvedená provedení umožňují, že po odpojení jednoho libovolného ramene 1 zbývající tři ramena plně určují polohu platformy 2 v prostoru v šesti stupních volnosti.

Podle obr.4 zařízení sestává jen ze dvou ramen 1, která jsou spojena s platformou 2 rotačním kloubem 4 opatřeným rotačním čidlem 7 a která mají celkem šest rotačních kloubů 4 opatřených rotačními čidly 7, přičemž rotační klouby 4 spojují spolu členy 9 ramen 1 a ramena 1 s rámem 6 a s platformou 2. Ramena 1 jsou připevněna k rámu 6 přes připevňovací členy 11 k rámu 6 a pomocí nich mohou být od rámu 6 odpojena a přemístěna. Každé ze dvou ramen 1 má šest kloubů 4 s rotačními čidly 7 a plně určuje polohu platformy 2 vůči rámu 6. Proto každé z nich může být od rámu odpojeno a přemístěno a druhé během tohoto přemístění určuje polohu platformy 2. Dohromady pře určují polohu platformy 2 šestkrát a umožňují samokalibraci. Toto je nejmenší počet ramen pro realizaci zařízení.

Podle obr.5 zařízení sestává ze tří ramen 1, která jsou spojena s platformou 2 opět rotačním kloubem 4 opatřeným rotačním čidlem 7 a která mají celkem šest rotačních kloubů 4 opatřených rotačními čidly 7 spojujících členy 9 ramen 1 a ramena 1 s rámem 6 a s platformou 2. Ramena 1 jsou připevněna k rámu 6 přes připevňovací členy 11 a pomocí nich mohou být odpojena a přemístěna. Každé ze tří ramen má šest kloubů 4 s rotačními čidly 7 a plně určuje polohu platformy 2 vůči rámu 6. Proto každé z nich může být od rámu 6 odpojeno a přemístěno a zbývající během tohoto přemístění určují polohu platformy 2. Dohromady pře určují polohu platformy 2 dvanáctkrát a umožňují samokalibraci. V tomto provedení lze současně přemísťovat

až dvě ramena 1.

Podle obr.6 zařízení užívá dva různé typy ramen 1. Jedno rameno 1 má šest rotačních kloubů 4 opatřených rotačními čidly 7 a spojovací členy 9 ramene 1 a ramena 1 s rámem 6 a s platformou 2 a je spojeno s platformou 2 rotačními klouby 4 opatřenými rotačními čidly 7. Tři další ramena 1 jsou uložena přes přípevňovací členy 11 k rámu 6 obdobně jako na obr.3 třemi rotačními klouby 4 opatřenými čidly 7 a současně jsou na opačném konci kloubově připojena k platformě 2 prostřednictvím sférického kloubu 12. Je-li od rámu 6 odpojeno rameno 1 se šesti rotačními klouby 4, pak polohu platformy 2 určují tři zbývající ramena 1. Je-li od rámu 6 odpojeno jedno nebo více ramen 1 se třemi rotačními klouby 4 opatřenými čidly 7, pak polohu platformy 2 určuje rameno 1 se šesti rotačními klouby 4 opatřenými čidly 7. Rameno 1 se šesti rotačními klouby 4 opatřenými čidly 7 lze od rámu 6 odpojit jen samotné. Ramena 1 se třemi rotačními klouby 4 opatřenými čidly 7 lze od rámu 6 odpojit i všechna současně.

Podle obr.7 zařízení užívá více, v daném případě šesti ramen 1 shodných jako na obr.3.

Na obr.8 je zařízení z obr.3 znázorněno ve fázi, kdy jedno rameno 16 z ramen 1 je odpojené a přemisťované s odpojeným přípevňovacím členem 11 ramene 16 k rámu 6.

Na obr.9 je zařízení obdobné zařízení na obr.3, ale všechna ramena 1 jsou zde realizována rameny se šesti rotačními klouby 4 opatřenými rotačními čidly 7 a jedním sférickým kloubem 12 neopatřeným čidly 7. Tato ramena 1 jsou k platformě 2 připojena sférickými klouby 12. Toto zařízení je příkladem zařízení s rameny 1, která při nepohyblivé platformě 2 mohou vykonávat další pohyby, jež jsou však měřeny rotačními čidly 7 v rotačních kloubech 4.

Všechna výše uvedená provedení umožňují pohyb platformy 2 v šesti stupních volnosti současně.

Na obrázcích 10 až 12 jsou znázorněna další alternativní provedení zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Na obr.10 je znázorněno několik způsobů provedení ramen 1. Jedno rameno 1 je spojeno jak s rámem 6, tak s platformou 2 kloubově, přičemž jsou rovněž spolu kloubově spojeny jednotlivé části 9 ramen 1. Druhé rameno 1 je spojeno jak s rámem 6, tak s platformou 2 prostřednictvím posuvných vedení 5 a rovněž je uspořádáno posuvné vedení 5 mezi dvěmi částmi ramene 1, konkrétně zde mezi první a druhou částí směrem od rámu 6. Dvě části tohoto ramene 1 jsou spolu spojeny kloubem 4. Další rameno je děleno do více paralelních částí 9 navzájem spolu spojených klouby 4, v nichž se v části z nich měří čidly 7.

Na obr.11 je pak znázorněno jedno rameno 1 mezi rámem 6 a platformou 2 sestávající z více částí 9 navzájem spolu spojených klouby 4, v nichž se v části z nich měří čidla 7, přičemž je zde použito také čidel 8 pro snímání vzájemné polohy bodů mezi jednotlivými částmi zařízení, zde konkrétně jedno čidlo 8 pro snímání vzájemné polohy bodů mezi rámem 6 a první částí ramene 1, druhé čidlo 8 pro snímání vzájemné polohy bodů mezi druhou a čtvrtou částí ramene 1, třetí čidlo 8 pro snímání vzájemné polohy bodů mezi čtvrtou částí ramene 1 a platformou 2 a další dvě čidla 8 pro snímání vzájemné polohy bodů mezi přípevňovacím členem 11 na rámu 6 a platformou 2. Jakýkoliv kloub 4 ramene 1 může být nahrazen posuvným vedením 5 a naopak každé posuvné vedení 5 může být nahrazeno kloubem 4. Další rameno je děleno do více paralelních částí 9 jako na obr. 10.

Na obr.12 je znázorněno zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru, které realizuje vedle dvou ramen jako na obr. 10 další ramena 1 jen optickým měřením 8 vzájemné polohy bodů mezi přípevňovacím členem 11 ramene k rámu 6 a platformou 2. Další ramena jsou nahrazena optickým měřením 8 vzájemné polohy bodů mezi přípevňovacím členem 11 ramene 1 k rámu 6 a platformou 2. Možnými způsoby měření jsou měření vzájemné polohy bodů 13 pomocí měření dopadu laserového paprsku na fotocitlivý element (např. CCD nebo PSD prvek), měření vzájemné polohy bodů 14 pomocí měření laserového sledovače (např. laser tracker nebo laser tracer), měření vzájemné polohy bodů 15 pomocí měření deformace obrazu referenčního elementu optickou kamerou.

Na obrázku 13 je ilustrativní ukázka konstrukční realizace zařízení znázorněného na obr.3.

Všechna popisovaná zařízení jsou určena pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Různá uspořádání ramen 1 jsou důležitá z hlediska různé pohyblivosti zařízení, tedy velikosti pracovního prostoru zařízení. Dalším druhým hlediskem je výsledná přesnost měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Ta je vedle uspořádání ramen 1 a jejich rozměrů ovlivněna především počtem a umístěním čidel 7 a 8 v zařízení.

Ramena 1 spojená s platformou 2, která se nepohybuje, a přípevněná přes přípevňovací člen 11 ramene 1 nepohyblivě (pevně) k rámu 6, mohou být nepohyblivá nebo pohyblivá. To je dáno počtem stupňů volnosti těchto ramen připojených mezi nepohybující se platformu 2 a rám 6. Tento počet stupňů volnosti je určen počtem kinematických dvojic v ramen 1. Je-li počet stupňů volnosti těchto kinematických dvojic v rameni 1 roven počtu stupňů volnosti volné platformy 2 před přípevněním na měřené nebo kalibrované těleso 3, pak je následně rameno 1 upevněné mezi nepohybující se platformu 2 a rám 6 nepohyblivé. Je-li počet stupňů volnosti těchto

kinematických dvojic v rameni 1 větší než počtu stupňů volnosti volné platformy 2 před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso 3, pak je následně rameno 1 pohyblivé. Tento počet stupňů volnosti nesmí být menší, pak by platforma 2 měla omezenou pohyblivost a zařízení by nebylo funkční. Pohyblivost ramene 1 je obvykle dána dalším kloubem 4 v rameni oproti minimálnímu počtu nutnému pro rovnost počet stupňů volnosti ramene 1 a počtu stupňů volnosti volné platformy 2. Poloha ramene 1 musí být jednoznačně určena měřeními v čidlech 7 a/nebo 8. Je-li například počet kloubů 4 v rameni větší než tento minimální počet, pak tyto další klouby 4 musejí obsahovat další čidla 7 a/nebo 8.

Jak je patrné u všech příkladů provedení vynálezu, čidla 7 snímají jednotlivé délkové nebo úhlové výchylky mezi jednotlivými částmi 9 ramen 1 a to sousedních částí nebo obecně jakýchkoliv dvou částí 9 ramene 1 nebo mezi částmi 9 ramen 1 a rámem 6 nebo mezi částmi 9 ramen 1 a platformou 2 případně mezi platformou 2 a rámem 6, zatímco čidla 8 vzájemné polohy bodů snímají vzdálenosti mezi jakýmkoliv body zařízení, případně úhlové natočení spojnice těchto bodů. Čidla 8 mohou být realizována pomocí měřicího systému vzdálenosti a natočení referenčního elementu užívajícího měření poloh průsečíků laserových paprsků s fotocitlivými elementy 13, pomocí měřicího systému vzdálenosti a natočení referenčního elementu užívajícího měření deformace obrazu referenčního elementu optickými kamerami 15, laserových interferometrů jako laserových sledovačů (laser trackerů nebo laser tracerů) 14 aj.

Podstatným znakem zařízení podle vynálezu je podmínka, že počet snímačů pro snímání vzájemné polohy jednotlivých členů zařízení při všech pohyblivých ramenech zapojených k rámu je větší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso. Dále podstatné je, že počet měřených veličin po odpojení jednoho libovolného pohyblivého ramene je alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.

Obvykle je počet stupňů volnosti zařízení shodný s počtem stupňů volnosti platformy, ale mohou nastat případy, kdy počet stupňů volnosti zařízení je větší než počet stupňů volnosti platformy, příkladem může být zařízení znázorněné na obrázku 9, kdy ramena 1 jsou opatřena čidly 7 v kloubech 4, která plně určují polohu ramen 1 a polohu sférických kloubů 12 připojení ramen k platformě 2, ale ramena 1 se mohou pohybovat i při nepohyblivé platformě 2, a na obr. 11, kdy ramena 1 mají více částí 9 a tedy přidávají zařízení další stupně volnosti.

Dalším podstatným znakem souvisejícím se způsobem měření nebo kalibrace tělesa v prostoru je měření vzájemných délkových a úhlových vztahů jednotlivých částí zařízení při jeho pohybu přes

podstatnou část pracovního, resp. manipulačního prostoru měřeného nebo kalibrovaného tělesa, přičemž jsou současně snímány měřené veličiny veškerých čidel, které zařízení obsahuje pro splnění podmínky redundantnosti. Výhodné je pak, pokud je alespoň jedno z čidel čidlem pro snímání vzájemné úhlové polohy některých ze dvou členů zařízení.

Při použití výše popsaného zařízení pro měření nebo kalibraci tělesa v prostoru, dále pro přehlednost nazývaného jako zkoumané (manipulované) těleso, je možné použít i tohoto zařízení, které samo o sobě není kalibrováno. Vlastní kalibrace zařízení je provedena buďto již před jeho použitím pro měření a/nebo kalibraci zkoumaného tělesa a nebo je provedena jeho samokalibrace ve spojení s měřením a/nebo kalibrováním zkoumaného tělesa.

Může být současně odpojeno a přemísťováno více ramen, pokud zbývající ramena připevněná k rámu zajistí počet měřených veličin, který je alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.

Ramena mohou být opatřena dalším kloubem, který umožňuje pohyb ramene, aniž se mění poloha platformy. Pak je nutné, aby poloha ramene byla jednoznačně určena měřenými veličinami.

Kinematická struktura alespoň jednoho pohyblivého ramene zařízení umožňuje současně určit více než jeden stupeň volnosti objektu v prostoru. To je nutné, aby vznikala situace, že počet měřených veličin je alespoň o jeden vyšší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso. To je obvykle zajištěno tak, že u ramen zařízení se provádí dvě měření délky a/nebo úhlu.

Při způsobu měření a/nebo kalibrace zkoumaného tělesa, včetně výše zmíněné samokalibrace zařízení, se postupuje v následujících krocích:

1. Ramena 1 zařízení se připevní k rámu 6, kterým je např. pracovní stůl výrobního stroje a platforma 2 zařízení se pevně spojí se zkoumaným tělesem 3, kterým je např. vřetenem nebo chapadlem výrobního stroje,
2. Poté provede výrobní stroj pomocí svých pohonů různorodý pohyb se zkoumaným tělesem 3, např. s vřetenem nebo chapadlem přes většinu pracovního prostoru. Různorodým pohybem je přitom míněn takový pohyb, při kterém se platforma s připevněným tělesem 3 pohybuje v podstatné části pracovního prostoru, což umožní získání široce podložené soustavy rovnic pro stanovení polohy a/nebo kalibrace zkoumaného tělesa 3 a současně jsou aktivována měření všech snímačů čidel 7, 8 zařízení. Při tomto pohybu jsou sejmuty měřené veličiny v počtu alespoň o jeden větším, než je počet stupňů volnosti volné platformy 2 před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso 3.

3. Na základě všech změřených veličin z přeурčené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky měřicího zařízení, je stanovena poloha měřicího zařízení vůči výrobnímu stroji a současně vzájemná poloha připevňovacích členů 11 pohyblivých ramen 1 měřicího zařízení k rámu 6, docílí se samokalibrace měřicího zařízení, tj. určení jeho polohy a konstrukčních parametrů, jako délky ramen, vzdálenosti os rotačních kloubů, úhly rotačních kloubů a pod.
4. Po této samokalibraci zařízení provádí zkoumané těleso 3, např. výrobní stroj, propojený s platformou 2 zařízení, pomocí svých pohonů opětne různorodý pohyb s vřetenem nebo chapadlem přes většinu pracovního prostoru. Při tomto pohybu jsou opět sejmuty měřené veličiny v počtu alespoň o jeden větším, než je počet stupňů volnosti volné platformy 2 před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso 3.
5. Na základě takto změřených redundantních veličin je z přeурčené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky měřicího zařízení stanovena poloha zkoumaného tělesa 3 nebo jeho kalibrace.
6. Je-li třeba provést měření v další části pracovním prostoru výrobního stroje, který je mimo rozsah pracovního prostoru měřicího zařízení s ohledem na momentální polohu připevněných ramen 1 k rámu 6, provede se postupně přesun všech ramen 1 do nové polohy, kde má dojít k měření. To se provede tak, že se odpojí jedno rameno 1 od rámu 6, přesune se do nové polohy a připevní se k rámu 6. Při tomto přemístění je počet měřených veličin při pohybu platformy 2 s měřeným nebo kalibrovaným tělesem 3 po odpojení jednoho libovolného pohyblivého ramene 1 alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy 2 před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso 3. Po připevnění přesunutého ramene 1 k rámu 6 se provede jeho samokalibrace postupem podle bodu 2 a 3 shora. Pak se podle potřeby pokračuje přemístěním dalšího ramene 1 a jeho samokalibrací. Ramena 1 se takto mohou přemísťovat opakovaně.
7. Po postupném přemístění potřebného počtu (např. všech) ramen 1 do takové polohy, že je již možné provést měření v další části –pracovního prostoru výrobního stroje, který je nyní již zahrnut v rozsahu pracovního prostoru měřicího zařízení v dané nové poloze dané připevněnými přemístěnými rameny 1 k rámu 6, provede se požadované měření polohy výrobního stroje postupem podle bodu 4 a 5.

V případě, že zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru je samo o sobě již před jeho použitím pro měření nebo kalibraci zkoumaného tělesa 3 kalibrováno, provádí se samotné měření a/nebo kalibrace zkoumaného tělesa 3 od výše popsaného bodu 4, tedy, že zkoumané těleso 3, např. výrobní stroj, nebo jeho vřeteno nebo chapadlo, propojené s platformou 2 zařízení, vykonává pomocí svých pohonů opětne různorodý pohyb s platformou 2 zařízení přes většinu jeho pracovního prostoru. Při tomto pohybu jsou opět sejmuty měřené veličiny v počtu alespoň o jeden větším, než je počet stupňů volnosti volné platformy 2 před připevněním na



měřené nebo kalibrované těleso 3. Na základě takto změřených redundantních veličin je z přeúčtené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky měřicího zařízení stanovena poloha zkoumaného tělesa 3 nebo jeho kalibrace.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru využívající alespoň dvě pohyblivá ramena uložená jedním koncem k rámu a druhým koncem k platformě připevnitelné na měřené nebo kalibrované těleso, přičemž při pohybu tělesa s připevněnou platformou je snímána vzájemná poloha jednotlivých členů pohyblivých ramen, a jejich poloha vzhledem k rámu a platformě a na základě změřených údajů je vyhodnocena poloha tělesa, nebo provedena kalibrace pohyblivých ramen a platformy

vyznačený tím, že

se po spojení platformy měřicího a/nebo kalibračního zařízení s měřeným nebo kalibrovaným tělesem, provádí jejich libovolný pohyb v pracovním prostoru tělesa prostřednictvím pohonů tělesa, přičemž jsou snímány veličiny odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení a na jejich podkladě je stanovena poloha tělesa v prostoru nebo kalibrace pohyblivých ramen s platformou, následně se odpojí jedno rameno zařízení od rámu a přesune se do nové měřicí polohy, ve které se provádí opakovaně libovolný pohyb měřeného nebo kalibrovaného tělesa při současném snímání veličin odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení, přičemž počet měřených veličin při pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem po odpojení jednoho libovolného pohyblivého ramene je větší nebo alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso a při všech zapojených pohyblivých ramenech je počet měřených veličin alespoň o jeden vyšší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.

2. Způsob měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru podle nároku 1,

vyznačený tím, že

kalibrace zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa je provedena různorodým pohybem tělesa se spojenou platformou, při kterém jsou snímány veličiny odpovídající vzájemné poloze jednotlivých členů zařízení, na podkladě snímaných veličin je stanovena poloha měřicího nebo kalibračního zařízení vzhledem k měřenému nebo kalibrovanému tělesu a současně vzájemná poloha míst uložení pohyblivých ramen zařízení k rámu zařízení, přičemž počet měřených veličin při pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem je alespoň o jeden vyšší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.



3. Způsob měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru podle nároku 1 a 2,

vyznačený tím, že

alespoň jedno měření během pohybu platformy s měřeným nebo kalibrovaným tělesem udává vzájemnou úhlovou polohu mezi dvěma členy zařízení.

4. Způsob měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků 1 až 3,

vyznačený tím, že

alespoň jedno pohyblivé rameno umožňuje současně určit více než jeden stupeň volnosti objektu v prostoru.

5. Způsob měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků,

vyznačený tím, že

alespoň u jednoho ramene se provádí dvě měření délky a/nebo úhlu.

6. Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle výše uvedeného způsobu, sestávající z alespoň dvou pohyblivých ramen, které jsou jedním koncem spojeny s rámem a druhým koncem s platformou určenou pro připojení na měřené nebo kalibrované těleso, přičemž zařízení je opatřeno čidly pro snímání vzájemné polohy jednotlivých členů zařízení,

vyznačené tím, že

pohyblivá ramena (1) jsou spojena s rámem (6) odnímatelně, přičemž počet čidel (7 a/nebo 8) pro snímání vzájemné polohy mezi jednotlivými částmi ramene (1) a/nebo mezi jednotlivými částmi ramene (1) a rámem (6) a/nebo platformou (2) a/nebo mezi platformou (2) a rámem (6) je větší než počet stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.

7. Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle nároku 7,

vyznačené tím, že

jednotlivá pohyblivá ramena (1) zařízení jsou odpojitelná od rámu a přemístitelná do nové polohy na rámu, přičemž počet čidel pro snímání vzájemné polohy jednotlivých členů zařízení je při odpojení alespoň jednoho libovolného pohyblivého ramene větší nebo alespoň roven počtu stupňů volnosti volné platformy před připevněním na měřené nebo kalibrované těleso.



8. Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků,

vyznačené tím, že

alespoň jedno rameno (1) je neposuvně kloubově spojeno s rámem (6) a platformou (2), přičemž je tvořeno alespoň dvěma částmi spolu kloubově nebo suvně spojených.

9. Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků,

vyznačené tím, že

alespoň jedno rameno (1) je kloubově spojeno s rámem (6) a platformou (2), přičemž spojovací kloub/y s rámem (6) nebo platformou (2) je/sou uložen/y v rámu (6) nebo platformě (2) posuvně, přičemž rameno (1) je tvořeno jednou částí nebo více částmi navzájem kloubově a nebo suvně spojenými.

10. Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků,

vyznačené tím, že

ramena (1) jsou opatřena přídavnými klouby (4) pro umožnění jejich pohybu při nehybné platformě (2).

11

~~13.~~ Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků,

vyznačené tím, že

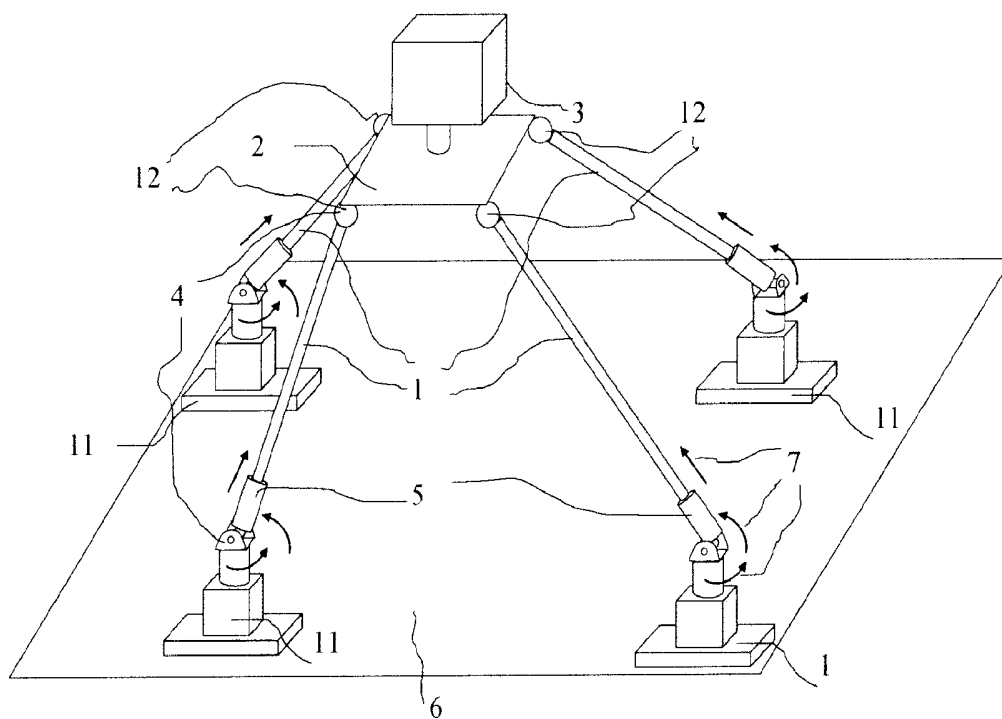
rameno (1) připojené k rámu (6) a k platformě (2), která je spojena s měřeným a/nebo kalibrovaným tělesem (3), má klouby (4) vybavené čidly (7) a/nebo (8).

12

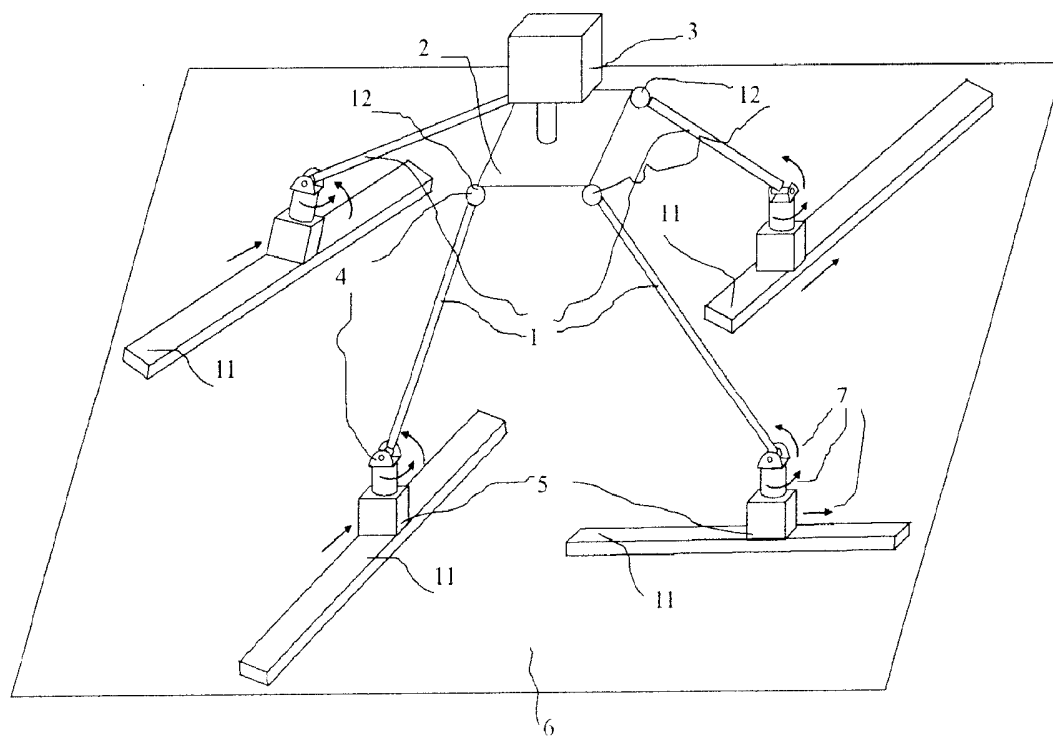
~~14.~~ Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předešlých nároků,

vyznačené tím, že obsahuje alespoň dvě pohyblivá ramena (1), přičemž alespoň jedno z dalších ramen (1) je nahrazeno optickým zařízením pro měření (8) vzájemné polohy bodů mezi připevňovacím členem (11) ramene (1) k rámu (6) a platformou (2).

1/7



Obr. 1

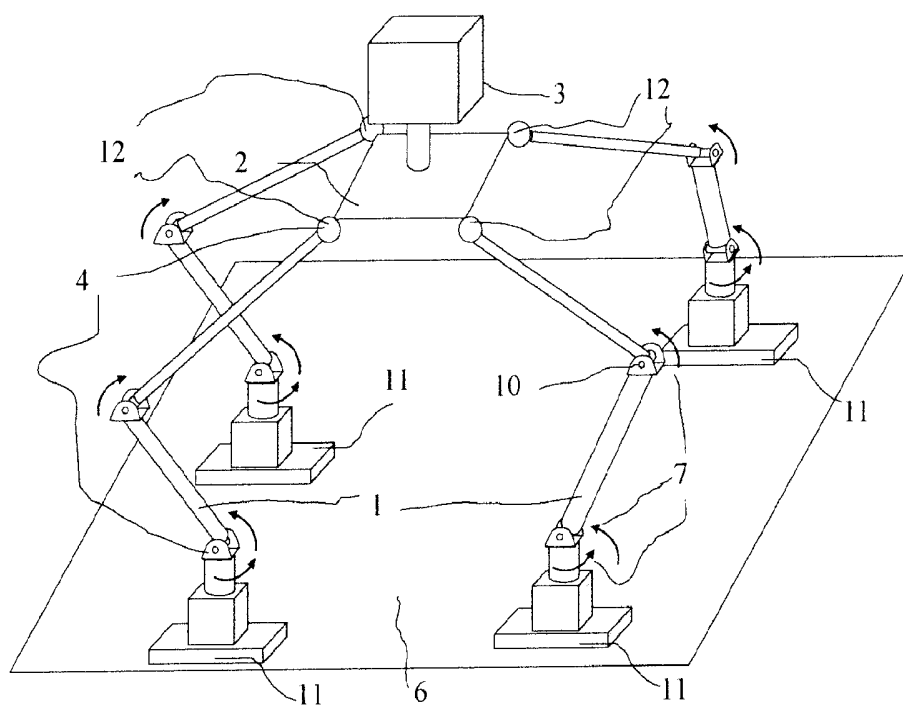


Obr. 2

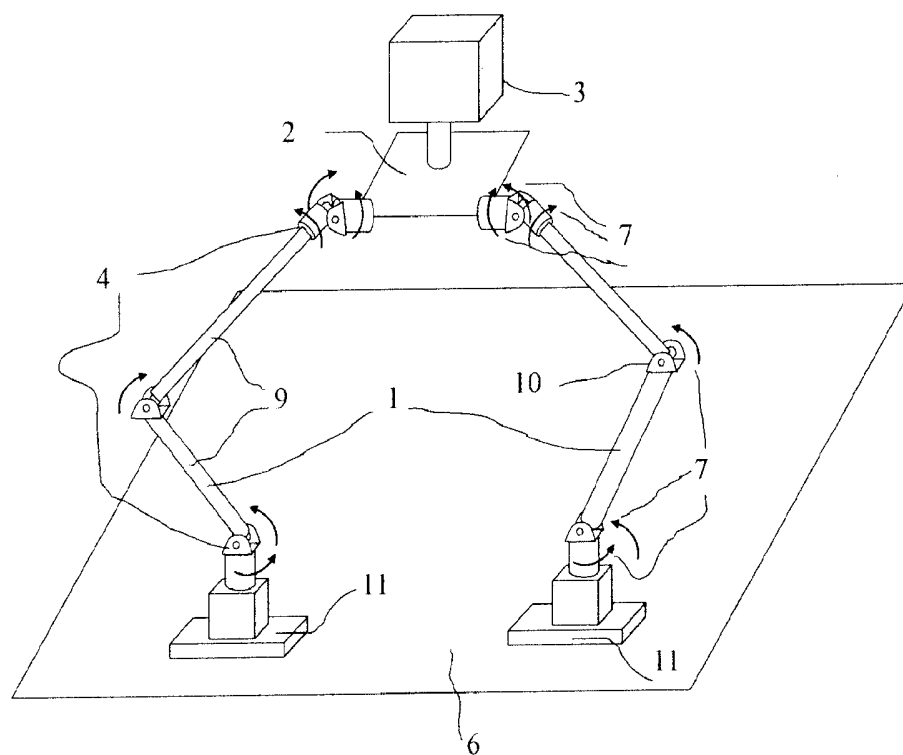
120510

2010-178

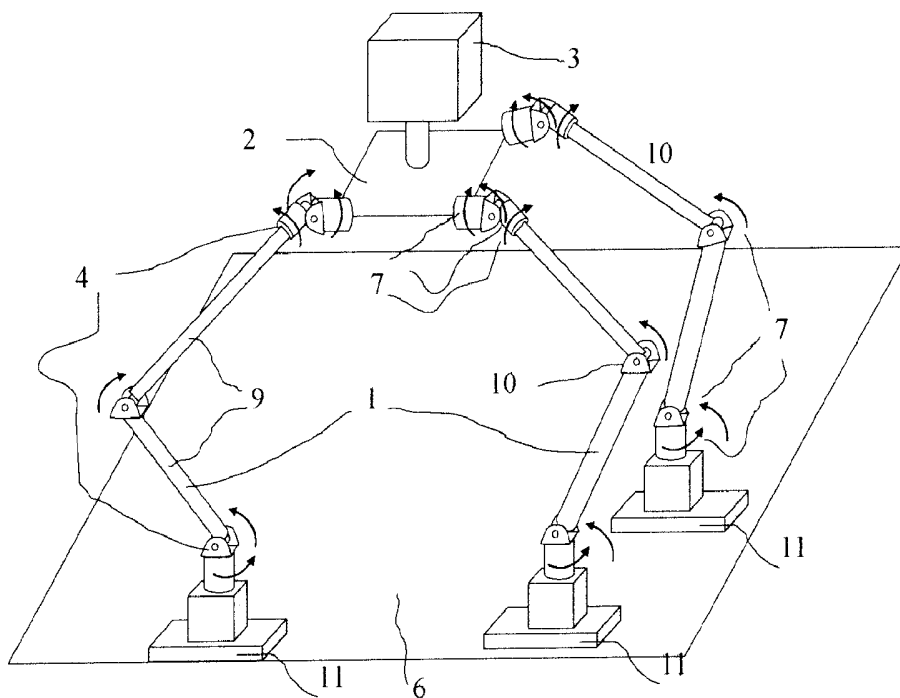
2/7



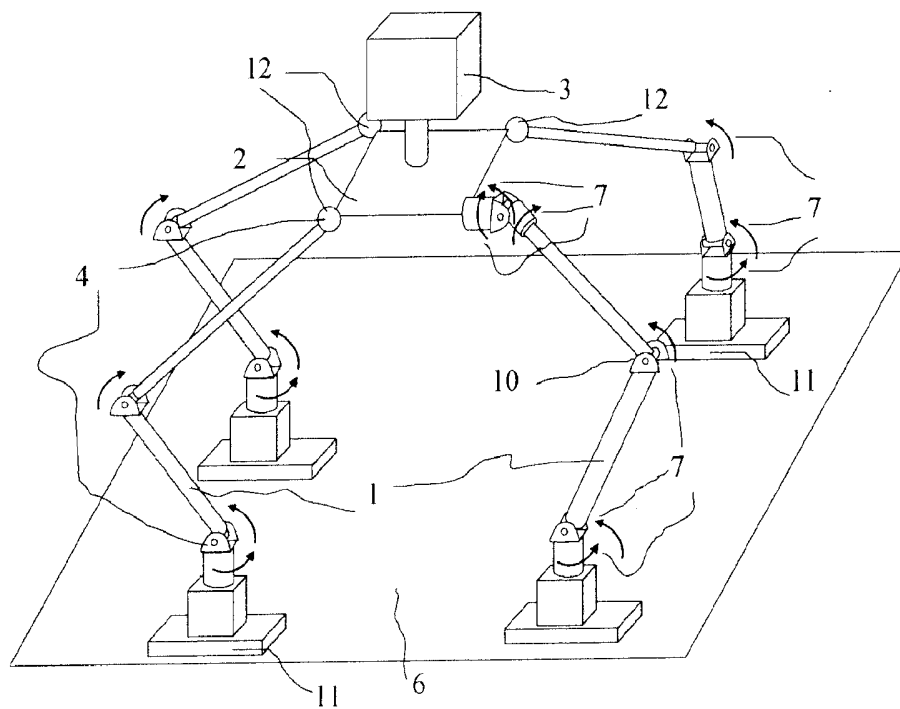
Obr. 3



Obr. 4

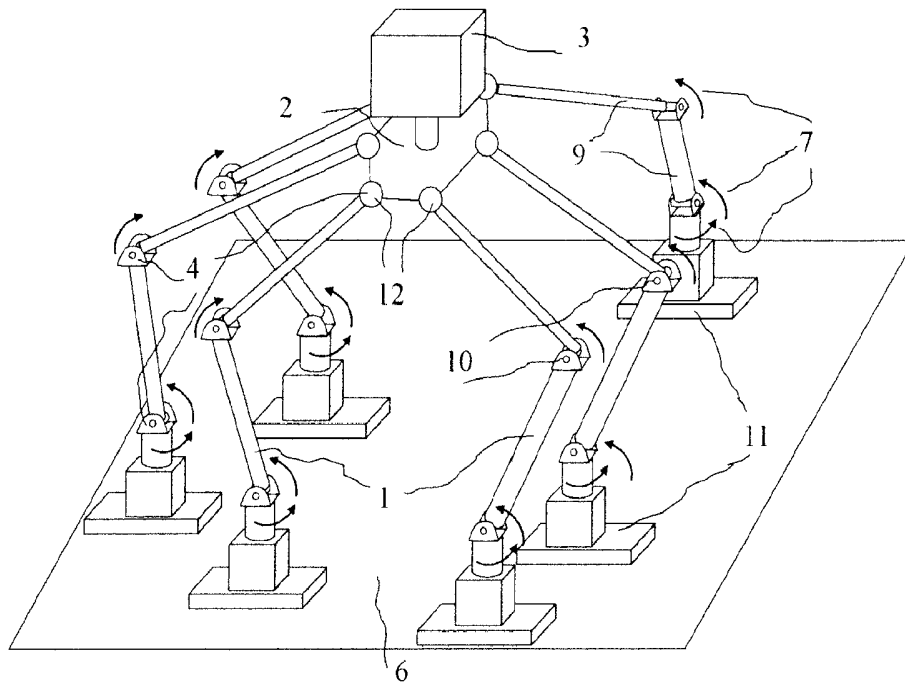


Obr. 5

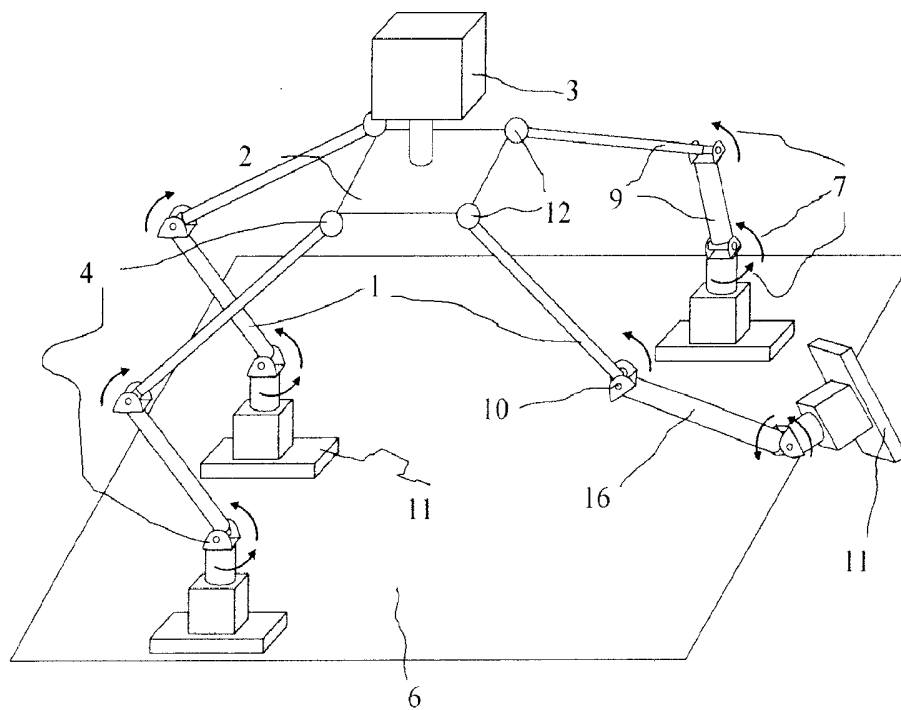


Obr. 6

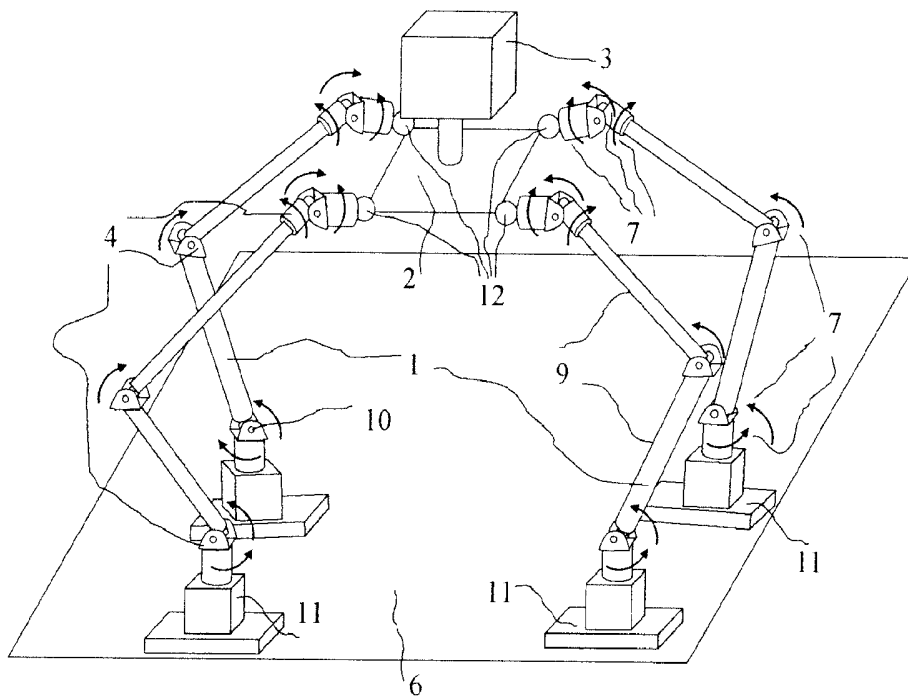
4/7



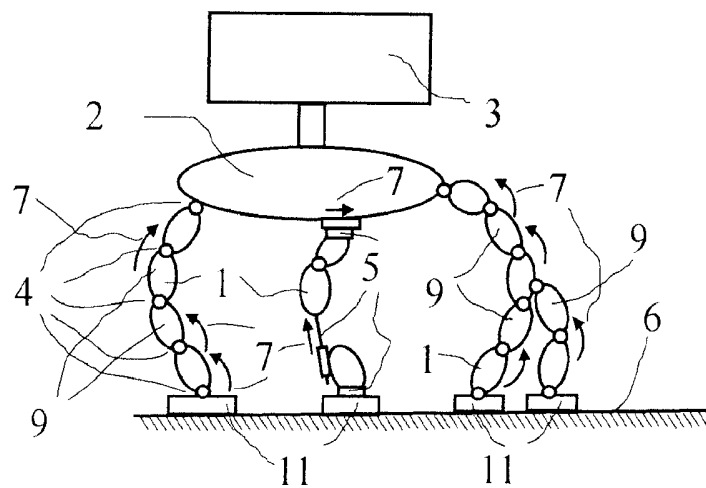
Obr. 7



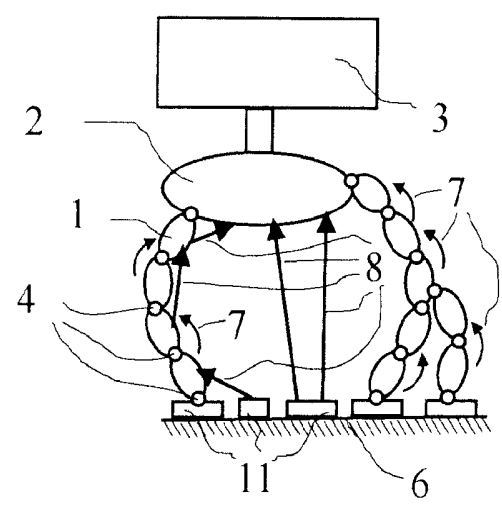
Obr. 8



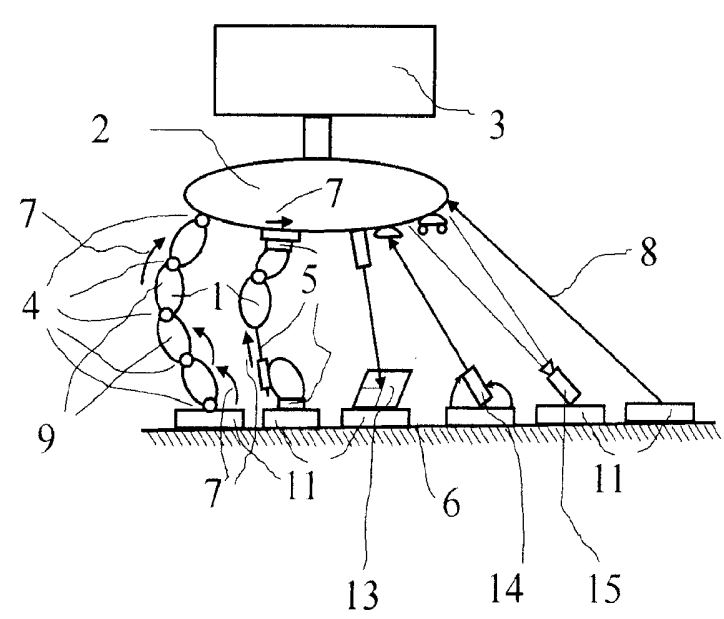
Obr. 9



Obr. 10

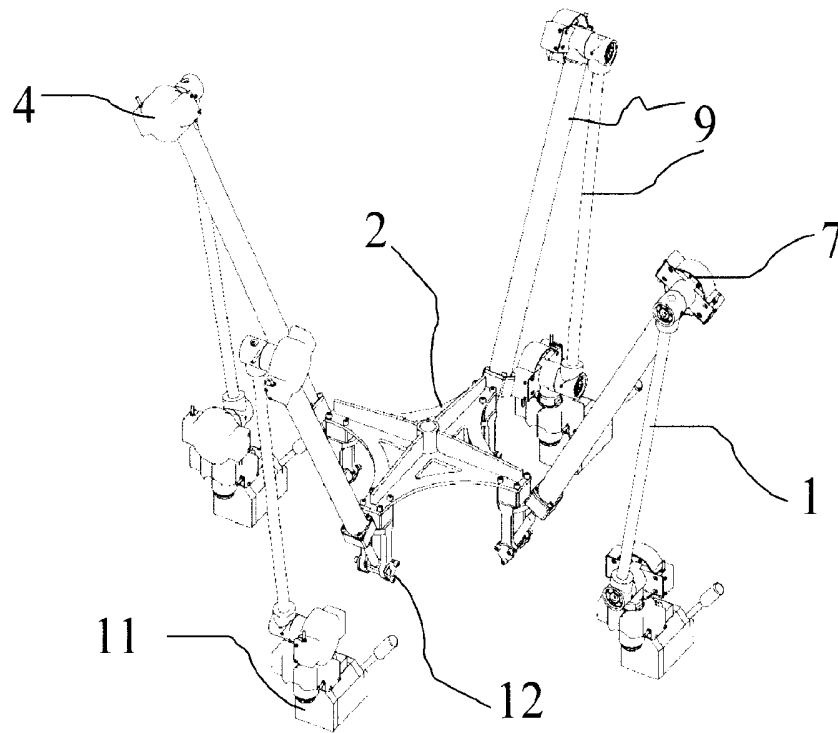


Obr. 11



Obr. 12

7/7



Obr. 13