

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2003-2108
(22) Přihlášeno: 01.08.2003
(40) Zveřejněno: 16.03.2005
(Věstník č. 3/2005)
(47) Uděleno: 12.11.2009
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: 23.12.2009
(Věstník č. 51/2009)

(11) Číslo dokumentu:

301 255

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl.:

G01B 7/004 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

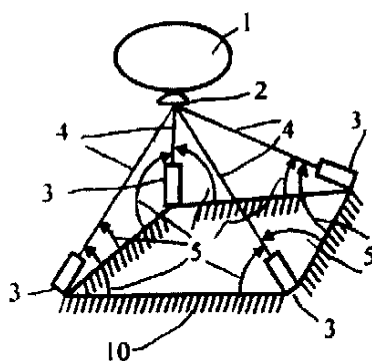
G01S 5/00 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
US 4639878; JP 2002263973.

(73) Majitel patentu:
VALÁŠEK Michael Prof. Ing. DrSc., Praha, CZ
(72) Původce:
Valášek Michael Prof. Ing. DrSc., Praha, CZ
(74) Zástupce:
Ing. Karel Novotný, Žufanova 2, Praha 6, 16300

(54) Název vynálezu:
Způsob a zařízení pro určení polohy objektu v prostoru

(57) Anotace:
Řešení se týká způsobu a zařízení pro určení polohy objektu (1) v prostoru, prostřednictvím alespoň jednoho referenčního elementu (2) na objektu (1) nebo na základně a prostřednictvím alespoň dvou měřicích systémů (3) pro měření vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu (2) a/nebo mezi sebou. Hodnoty všech výchozích neproměnných rozměrů jsou předem stanoveny a mezi veličinami měřenými měřicími systémy nebo výchozími neproměnnými rozměry je alespoň jedna vzdálenost, přičemž se pro každou určovanou polohu objektu změní takový počet veličin, který je větší než počet stupňů volnosti objektu v prostoru s tím, že naměřené veličiny jsou využity pro stanovení polohy objektu. Měřicí systémy (3) jsou realizovány např. laserovými interferometry, optickými kamerami nebo prostými laserovými sledovací.



CZ 301255 B6

Způsob a zařízení pro určení polohy objektu v prostoru

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu a zařízení pro určení polohy objektu tvořeného bodem, tělesem nebo útvarem v prostoru, s využitím měřicích systémů pro měření jejich vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu uspořádaném na objektu, jehož poloha je měřena.

10

Dosavadní stav techniky

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

15

Metody určení polohy bodu, tělesa nebo útvaru (dále budou tyto tři pojmy nahrazeny pojmem objekt) 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 systém-referenční element vzájemně mezi sebou nebo vzhledem k základně (rámu) a pod. Stanovení polohy objektu je pak prováděno řešením geometrických závislostí mezi změřenými veličinami např. triangulací, trilaterací nebo trigonometrií.

20

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.

25

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

30

V důsledku 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.

35

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

40

Tuto nevýhodu částečně odstraňuje při měření polohy objektu v prostoru řešení spočívající v současném měření vzdálenosti měřeného objektu od čtyř laserových interferometrů umístěných v jedné rovině a následném řešení přeurených rovnic nejen pro stanovení polohy objektu v prostoru, ale i pro výchozí vzdálenosti a polohy laserových interferometrů. I zde však výsledná přesnost určení polohy objektu není dostatečná a je nižší než přesnost měření výchozích vzdáleností od jednotlivých laserových interferometrů.

45

Současné metody určení polohy objektu jsou převážně založeny na měření vzdáleností, nejčastěji laserovým interferometrem, ojediněle na měření úhlů, které je dnes možno provádět velmi přesně, přičemž je méně ovlivnitelné teplotními deformacemi.

50

Cílem tohoto vynálezu je způsob a zařízení pro určení polohy bodu, tělesa nebo útvaru v prostoru, kterým by se dosáhlo stanovení vyšší přesnosti stanovení polohy měřeného objektu, přičemž samotné měření příslušných veličin by se zjednodušilo.

Podstata vynálezu

Podstata způsobu a zařízení pro určení polohy objektu v prostoru podle tohoto vynálezu spočívá v tom, že objekt je opatřen alespoň jedním referenčním elementem, užije se alespoň dvou měřicích systémů pro měření vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu a/nebo mezi sebou, přičemž hodnoty všech výchozích neproměnných rozměrů jsou předem stanoveny a přičemž mezi veličinami měřenými měřicími systémy nebo výchozími neproměnnými rozměry je alespoň jedna vzdálenost a pro každou určovanou polohu objektu se změří takový počet veličin, který je větší než počet stupňů volnosti objektu v prostoru, přičemž naměřené veličiny jsou využity pro stanovení polohy tohoto objektu.

Pro zlepšení přesnosti určení polohy objektu v prostoru je vhodné, aby počet změřených veličin byl větší alespoň o dvě než počet stupňů volnosti objektu v prostoru.

Dalším způsobem zlepšení přesnosti určení polohy objektu v prostoru je, aby se přidavně k měření vzdáleností, jako jedněm z měřených veličin současně měřily úhly mezi spojnicemi měřicích systémů a referenčním elementem, a/nebo úhly mezi těmito spojnicemi a spojnicemi mezi jednotlivými měřicími systémy a/nebo úhly mezi spojnicemi měřicích systémů a referenčním elementem a základnou a/nebo úhly mezi spojnicemi měřicích systémů a objektem, jako další měřené veličiny pro stanovení polohy objektu v prostoru. Další možností je, že měřenými veličinami jsou pouze úhly.

Používá se přeuračených měření. To znamená, že počet měřených veličin snímaných snímači na měřicích systémech je větší než počet stupňů volnosti měřeného objektu. Mezi tyto stupně volnosti je však nutné zahrnout i veškeré další proměnné veličiny, např. proměnnou polohu měřicích systémů nebo proměnnou délku ramen třeba v důsledku teplotních deformací.

Měření probíhá obvykle ve dvou fázích. V první fázi se určí všechny výchozí neproměnné rozměry, např. polohy měřicích systémů, např. laserových interferometrů, výchozí vzdálenosti a výchozí polohy měřeného objektu. K tomu se s výhodou použijí přeuračená měření pohybujícího se objektu v prostoru pomocí již instalovaných měřicích systémů. Jiný způsob je měření polohy objektu nebo dalších veličin vnějším nezávislým zařízením. Při obou způsobech však musí být alespoň jednou měřenou veličinou vzdálenost.

V první fázi se při obou způsobech snímají měřené veličiny, např. vzdálenosti a úhly, pro velký počet poloh objektu při jeho libovolném pohybu v prostoru, který projde dostatečnou část rozsahu jeho možného pohybu. Měřicí systémy sejmou měřené veličiny pro všechny tyto polohy pohybujícího se objektu a z nich jsou řešením přeuračené soustavy rovnic vyjadřujících závislost jednotlivých poloh pohybujícího se objektu na změřených veličinách a neznámých výchozích neproměnných rozměrech určeny tyto neznámé výchozí neproměnné rozměry. Ve druhé fázi se pak provádí vlastní měření polohy pohybujícího se objektu v prostoru. Objekt vykonává pohyb, jehož polohy se mají určit. Měřicí systémy sejmou měřené veličiny pro jednu určovanou polohu a z nich je řešením přeuračené soustavy rovnic vyjadřujících závislost této jedné polohy pohybujícího se objektu na změřených veličinách a již určených výchozích neproměnných rozměrech určena tato určovaná poloha objektu v prostoru. Zde se přeuračená měření použijí pro zlepšení přesnosti určení polohy objektu v prostoru.

Pro každou určovanou polohu objektu se změří přeuračený počet veličin. Tyto veličiny se obvykle změří současně ve stejném časovém okamžiku. Stejnost časového okamžiku je však vztažena vzhledem k rychlosti pohybu objektu. Pokud během měření je změna polohy objektu menší, než uvažovaná přesnost určení jeho polohy v prostoru, lze taková měření veličin považovat za současná ve stejném časovém okamžiku.

Je rovněž možné zpětně provést kontrolu výchozích neproměnných rozměrů, které se mohou v průběhu měření změnit, např. pomalou teplotní dilatací, na základě uschovaných měření poloh objektu ve druhé fázi. Sejmuté měřené veličiny z více poloh pohybujícího se objektu v průběhu druhé fáze se zpracují postupem odpovídajícím postupu v první fázi a určí se výchozí neproměnné rozměry. Jejich hodnoty se pak porovnají s jejich hodnotami určenými dříve a případné odchylky se mohou použít pro jejich průběžnou korekci.

Výhodou způsobu a zařízení pro určení polohy objektu v prostoru je, že přeurčeným měřením daným větším počtem měřených veličin, než je počet stupňů volnosti objektu (bodu nebo tělesa nebo útvaru) v prostoru, se dosáhne zlepšení přesnosti stanovení polohy objektu. To je zvláště zvýšeno při větším počtu změřených veličin, než je počet stupňů volnosti objektu v prostoru, o více než jeden. Další výhodou je použití měření úhlů vedle měření vzdálenosti. Tímto způsobem lze zvětšit počet měřených veličin při shodném počtu měřicích systémů vzdáleností. Popisovaný způsob a zařízení lze použít pro různé měřicí systémy vzdálenosti a úhlů.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených obrázcích je schematicky znázorněn měřicí systém pro určení polohy objektu v prostoru, kde

- obr. 1 znázorňuje jednu z možných variant měřicího systému,
- obr. 2 znázorňuje jednu z možných složitějších variant měřicího systému pro měření polohy objektu tvořeného tvarem v prostoru,
- obr. 3 znázorňuje realizaci vynálezu pro měření polohy objektu tvořeného bodem v prostoru pomocí tří laserových interferometrů jako laserových sledovačů (laser trackerů),
- obr. 4 znázorňuje jinou realizaci vynálezu pro měření polohy objektu tvořeného bodem v prostoru pomocí čtyř laserových interferometrů jako laserových sledovačů (laser trackerů),
- obr. 5 znázorňuje jednu z možných variant měřicího systému pro měření polohy objektu tvořeného tělesem v prostoru představujícího platformu paralelního kinematického systému s výsuvnými rameny, kterými procházejí paprsky laserových interferometrů,
- obr. 6 znázorňuje jednu z možných složitějších variant měřicího systému pro měření polohy objektu tvořeného tělesem v prostoru představujícího platformu paralelního kinematického systému s obecnými rameny, kterými procházejí paprsky laserových interferometrů,
- obr. 7 znázorňuje jednu z možných variant měřicího systému pro měření polohy objektu tvořeného tvarem v prostoru představujícího soustavu bodů měřicího etalonu pro kontrolu měření jiným systémem, např. souřadnicovým měřicím strojem, kde uvnitř ramen konstrukce procházejí paprsky laserových, interferometrů,
- obr. 8 znázorňuje jinou realizaci vynálezu pro měření polohy objektu v prostoru pomocí měřicího systému vzdálenosti a natočení referenčního elementu užívajícího měření poloh průsečíků laserových paprsků s fotocitlivými elementy,
- obr. 9 znázorňuje jinou realizaci vynálezu pro měření polohy objektu v prostoru pomocí měřicího systému vzdálenosti a natočení referenčního elementu užívajícího měření deformace obrazu referenčního elementu optickými kamerami.
- obr. 10 znázorňuje další možnou realizaci zařízení pro měření vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu na objektu.

Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 je objekt 1 opatřen jedním referenčním elementem 2. Objekt 1, jehož polohu v prostoru určujeme, může být tvořen bodem nebo tělesem nebo útvarem. Útvar může představovat několik vzájemně vázaných bodů nebo těles v prostoru. V prostoru kolem objektu 1 jsou rozmístěny měřicí systémy 3, které jsou otočné, například laserové interferometry tvořící laserové sledovače nebo prostě laserové sledovače podle obr. 10, kterými se měří vzdálenost a/nebo úhly mezi nimi a referenčním elementem 2, na obrázku tuto vzdálenost představuje spojnice 4. Referenční element 2 může být realizován odražečem typu kočičí oko apod. Vzhledem k výhodám vyšších přesností při měření úhlů je výhodné použít úhlů 5 mezi spojnicemi 4 a základnou 10 jako dalších měřicích veličin pro stanovení polohy objektu. Tyto úhly například výhodně přímo změříme při polohování laserového sledovače nebo je můžeme změřit samostatně polohováním laserového paprsku podle obr. 10. Dále je možné změřit a využít úhly 6 mezi spojnicemi 4 navzájem jako další měřicí veličiny pro stanovení polohy objektu. Je-li mezi výchozími neproměnnými rozměry alespoň jedna vzdálenost, postačí, pokud měřicími systémy 3 se měří pouze úhly. V opačném případě alespoň jeden měřicí systém 3 musí měřit vzdálenost a ostatní mohou měřit jen úhly. Měření vzdáleností je možné provést mnoha způsoby, kromě již zmíněného použití laserových interferometrů je možné využít optické měření deformace obrazu referenčního elementu, měření poloh průsečíků laserových paprsků s fotocitlivými elementy, metodu vysílání a přijímání signálu s měřením doby jeho šíření a pod.

Na obr. 2 je objekt 1 představovaný útvarem složeným z několika těles opatřených referenčními elementy 2. Je zde ukázán případ, kdy kromě měření vzdáleností spojnic 4 je možné rovněž pro účely stanovení polohy objektu měřit vzdálenost spojnic 4 mezi jednotlivými měřicími systémy 3 a měření úhlů jako dalších měřicích veličin pro stanovení polohy objektu. Je možné měřit úhly 5 mezi spojnicemi 4 a základnou 10, na které je otočně zabudován délkový měřicí systém 3, a/nebo úhly 6 mezi spojnicemi 4 navzájem a/nebo úhly 7 mezi spojnicemi 4 a pevnými spojnicemi 9 mezi měřicími systémy 3 a/nebo úhly 8 mezi spojnicemi 4 a objektem 1. Je-li mezi výchozími neproměnnými rozměry alespoň jedna vzdálenost, postačí, pokud měřicími systémy 3 se měří pouze úhly. V opačném případě alespoň jeden měřicí systém 3 musí měřit vzdálenost a ostatní mohou měřit jen úhly.

Pro docilení zvýšení přesnosti určení polohy objektu, kterým je objekt 1 tvořený bod nebo těleso nebo útvar představovaný např. vzájemně vázanými tělesy v prostoru, je nutné, aby počet naměřených veličin, ať se jedná o vzdálenosti nebo úhly, byl větší než počet stupňů volnosti objektu, např. tělesa 1. Na základě výsledků měření a výpočtů bylo zjištěno, že čím je vyšší počet naměřených veličin oproti počtu stupňů volnosti objektu v prostoru, tím se zvýší přesnost stanovení polohy objektu v prostoru.

Kombinace měření vzdáleností a úhlů, o kterých byla výše řeč, a jejich využití pro určení polohy objektu v prostoru je zvláště výhodné co do přesnosti. Měřením úhlů současně se vzdálenostmi je výhodné také proto, že při stejném počtu měřicích systémů 3 pro měření vzdáleností se zvýší míra přeurčenosti měření daná rozdílem počtu měřených veličin a počtu stupňů volnosti objektu 1, např. bodu nebo tělesa. Vyšší míra přeurčenosti měření vede k vyšší výsledně přesnosti určení polohy objektu 1 v prostoru. Je výhodné, aby byla alespoň dvě, tj. počet měřených veličin je roven počtu stupňů volnosti objektu 1 zvětšený alespoň o dvě.

Na obr. 3 je znázorněn způsob a zařízení pro měření polohy objektu 1 tvořeného bodem v prostoru opatřeného referenčním elementem 2 pomocí tří měřicích systémů 3 zde realizovaných laserovými interferometry jako laserovými sledovači (laser trackery), které dále poskytují vždy dva měřené úhly 5 mezi spojnicemi 4 a základnou 10. Počet měřených veličin je devět (tři vzdálenosti a šest úhlů) a počet stupňů volnosti bodu 1 je tři. Míra přeurčenosti měření je šest (devět minus tři). Pokud v první fázi měření je stanovena alespoň jedna vzdálenost mezi měřicími systémy 3, postačí pro stanovení polohy objektu v prostoru měřit již jenom úhly, jinak alespoň jeden

měřicí systém 3 musí měřit vzdálenost, ostatní mohou měřit jen úhly.

Na obr. 3 mohou být měřicí systémy 3 realizovány buď laserovými interferometry jako laserovými sledovači nebo prostými laserovými sledovači podle obr. 10. Pak je však míra přeurčenosti měření menší než šest. Výhodou je jednodušší a levnější realizace prostého laserového sledovače
 5 oproti laserovému interferometru jako laserovému sledovači. Měření lze s výhodou provádět ve dvou fázích. V první fázi se objekt 1 volně a libovolně pohybuje v prostoru, měření vzdáleností a úhlů se zaznamenávají a přeurčená měření pohybujícího se objektu 1 v prostoru se použijí pro určení všech výchozích neproměnných rozměrů, např. poloh měřicích systémů, např. laserových interferometrů, výchozích vzdáleností a výchozí polohy měřeného objektu. Ve druhé fázi se pak
 10 přeurčená měření použijí pouze pro zlepšení přesnosti určení polohy objektu v prostoru.

Na obr. 4 je znázorněn obdobný způsob a zařízení pro měření polohy objektu 1 tvořeného bodem v prostoru opatřeného referenčním elementem 2 jako na obr. 3, ale nyní s pomocí čtyř laserových interferometrů 3 jako laserových sledovačů (laser trackerů), které dále poskytují vždy dva měřené úhly 5 mezi spojnicemi 4 a základnou 10. Počet měřených veličin je dvanáct (čtyři vzdálenosti a osm úhlů) a počet stupňů volnosti objektu 1 v podobě bodu je tři. Také zde lze měření
 15 provádět ve dvou fázích jako na obr. 3. I zde, pokud v první fázi měření je stanovena alespoň jedna vzdálenost mezi měřicími systémy 3, postačí pro stanovení polohy objektu v prostoru měřit již jenom úhly, jinak alespoň jeden měřicí systém 3 musí měřit vzdálenost, ostatní mohou měřit jen úhly. Na obr. 4 mohou být měřicí systémy 3 realizovány buď laserovými interferometry jako laserovými sledovači nebo prostými laserovými sledovači podle obr. 10.

Způsoby a zařízení pro měření polohy objektu 1 tvořeného bodem v prostoru opatřeného referenčním elementem 2 jako na obr. 3 a 4 lze dále rozšiřovat tak, že počet měřicích systémů 3 se
 25 zvyšuje ze tří a čtyř na pět, šest a více s obdobným uspořádáním jako na obr. 3 a 4. Jejich výhodou je jednak zvýšená míra přeurčenosti měření vedoucí k růstu přesnosti měření a jednak možnost, aby některý laserový paprsek byl krátkodobě přerušen bez porušení funkce celého způsobu a zařízení. Přerušeni laserového paprsku může nastat například z technologických důvodů pohybem špon při obrábění nebo manipulovaného předmětu robotem nebo z důvodů natočení referenčního elementu 2 na odvrácenou stranu objektu 1 při jeho pohybu.
 30

Na obr. 5 je znázorněna možnost použití popisovaného způsobu určení polohy objektu 1 v podobě tělesa v prostoru tvořícího platformu paralelního kinematického systému s výsuvnými rameny 11 v kombinaci s jeho konstrukcí. Rameny 11 paralelního kinematického systému procházejí
 35 paprsky laserových interferometrů tvořících měřicí systémy 3, klouby ramen 12 jsou použity pro natáčení zrcadel pro správné vedení a odrážení laserových paprsků. Referenční elementy 2 jsou tvořeny reflektory (např. zrcadly nebo koutovými odražeči). Vzdálenosti spojnic 4 jsou měřeny měřicími systémy 3 v podobě laserových interferometrů. Pro měření úhlů 5 mezi spojnicemi 4 v ramenech 11 a základnou 10 je výhodně použito natáčení těchto ramen 11 a například převodem tohoto natáčení na inkrementální úhlové snímače. Pokud počet ramen 11 není větší než počet
 40 stupňů volnosti platformy, je měření úhlů použito pro vznik přeurčenosti počtu měřených veličin. Pokud je počet ramen 11 větší než počet stupňů volnosti platformy, stačí pro vznik přeurčenosti počtu měřených veličin jen měření vzdáleností spojnic 4, ale měření úhlů je vždy výhodně pro zvýšení míry přeurčenosti měření.
 45

Na obr. 6 je znázorněna složitější možnost než na obr. 5 pro použití popisovaného způsobu určení polohy objektu 1 v prostoru tvořeného opět tělesem platformy paralelního kinematického systému s obecnými rameny 11, kterými procházejí paprsky laserových interferometrů tvořících
 50 měřicí systémy 3 pro měření vzdáleností spojnic 4 v ramenech 11, jsou-li proměnné délky dané například posuvnými dvojicemi nebo teplotní roztažností. Opět klouby 12 ramen 11 jsou použity pro natáčení zrcadel pro správné vedení a odrážení laserových paprsků a pro měření úhlů 5 mezi spojnicemi 4 ramen 11 a základnou 10 a/nebo úhlů 6 mezi spojnicemi 4 navzájem a/nebo úhlů 8 mezi spojnicemi 4 a objektem 1. Přeurčenost měření vzniká obdobně jako na obr. 5.

Na obr. 7 je znázorněno, jak lze popisovaný způsob a zařízení použít pro vytvoření přesného etalonu v prostoru tvořeného soustavou bodů pro kontrolu měření jiným systémem, např. souřadnicovým měřicím strojem. Rameny 11 představovanými konstrukčními spojnici procházejí uvnitř paprsky laserových interferometrů pro určení vzdáleností spojníc 4 k referenčním elementům 2, kterými jsou opatřeny měřené a další významné body etalonu. Vzdálenosti spojníc 4 jsou většinou měřeny z důvodu teplotní proměnnosti délek ramen 11 tvořených konstrukčními spojnici. Mezi spojnici 4 lze v kloubech konstrukce měřit jejich vzájemné úhly 6. Tak vznikne přeuračený systém měření pro zvýšení přesnosti určení polohy objektu 1 v podobě útvaru tvořeného významnými body přesného etalonu, kde je určována vzájemná poloha těchto významných bodů v prostoru. Výhodou je, že přestože nemáme přesný etalon jinak vzniklý velmi přesnou výrobou, použitím speciálních materiálů pro omezení roztažnosti a neustálou kontrolu okolního prostředí (teploty, tlaku, vlhkosti), tak využitím navrhovaného způsobu podle vynálezu získáme etalon stejně nebo lepší kvality s velmi přesně určenými rozměry a polohami bodů v prostoru nezávisle na vlivu okolí a předchozí výroby. Některá ramena 11 mohou také chybět a na jejich místě mohou jen procházet laserové paprsky pro určení vzdálenosti a/nebo úhlů spojníc 4 k referenčním elementům 2 prostřednictvím laserových paprsků laserových interferometrů nebo jen prostých laserových sledovačů.

Na obr. 8 je znázorněna jiná realizace způsobu a zařízení podle obr. 1 nebo obr. 2, kdy je užít jiný měřicí systém 3 vzdálenosti a natočení referenčního elementu 2. Je použito měření poloh průsečíků spojníc 4 tvořených laserovými paprsky s fotocitlivými elementy představujícími měřicí systém 3. Referenční elementy 2 jsou tvořeny lasery pevně připevněnými k objektu 1 představovaném tělesem, s kterým svírají konstantní úhly, nebo jsou připevněny k tělesu 1 pohyblivě a jejich vzájemný úhel 6 a/nebo jejich úhel 8, který svírají s objektem 1 tvořeným tělesem, je měřen. Pro určení polohy objektu 1 představovaném tělesem v prostoru by stačilo měřit polohu třech průsečíků. Měřením více průsečíků vzniká přeuračený systém měření pro zvýšení přesnosti určení polohy objektu 1 v prostoru.

Na obr. 9 je znázorněna opět jiná realizace způsobu a zařízení podle obr. 1 nebo obr. 2, kdy je užít jiný měřicí systém vzdálenosti a natočení referenčního elementu. Je použito měření deformace obrazu referenčního elementu 2 měřicími systémy 3, zde představovanými optickými kamerami. Referenční element 2 je opatřen dvěma nebo více bodovými světelnými zdroji a jejich vzájemná poloha je snímána měřicími systémy 3 tvořenými pevnými nebo otočnými CCD kamerami, jejichž úhel 5 vůči základně 10 může být měřen. Ze sejmutého obrazu referenčního elementu je určena vzdálenost a natočení referenčního elementu 2 vůči základně 10. Těchto obrazů je snímáno více, a tak vznikne přeuračený systém měření vzdáleností spojníc 4 a úhlů. Pro určení polohy objektu 1 daném tělesem v prostoru by stačilo měřit alespoň jeden obraz alespoň čtyř bodových světelných zdrojů. Měřením více obrazů nebo více bodových světelných zdrojů vzniká přeuračený systém měření.

Na obr. 10 je znázorněna další možná realizace zařízení pro měření vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu 2 na objektu 1. Příklad laserového interferometru jako laserového sledovače je znám. V tom případě je měřicí systém 3 tvořen laserovým interferometrem měřícím změnu vzdálenosti spojnice 4. Měřicí systém je uspořádán otočně například na Cardanově závěsu 19 nebo jiném sférickém mechanismu. Úhel 5 jeho natočení je ovládán pohony 13 a měřen úhlovými snímači 14. Laserový paprsek 17 je oddělen děličem paprsku 16 po odrazu paprsku od referenčního elementu 2 a dopadá na kvadrantovou diodu 15, která měří vychýlení laserového paprsku od středu. Toto vychýlení je předáváno řídicímu počítači 18, který na jeho základě vysílá zpětnovazební signály do pohonů 13 pro natočení měřicího systému 3 tak, aby laserový paprsek 17 dopadal do středu kvadrantové diody 15, a tak sledoval referenční element 2. Stejného principu sledování referenčního elementu 2 lze však použít i pro pouhé měření úhlů 5. Místo měřicího systému 3 v podobě laserového interferometru je použit jen prostý laser. Jeho paprsek je shodným mechanismem natáčen tak, aby sledoval referenční element 2. Přitom jsou

změřeny úhly 5. Výhodou je, že tento prostý laser nemusí být složitě stabilizován a kompenzován frekvenčně a teplotně a nemusí probíhat měření interference laserových paprsků.

- 5 Ve všech shora uvedených způsobech lze vzájemně zaměnit umístění referenčního elementu 2 na pohybujícím se objektu 1 a měřicího systému 3 na základně 10 jako lze zaměnit pohyb objektu 1 vůči základně 10 za inverzní pohyb základny 10 vůči objektu 1. Může tedy být referenční element 2 umístěn na základně 10 a měřicí systém 3 na pohybujícím se objektu 1.

10

PATENTOVÉ NÁROKY

- 15 1. Způsob určení polohy objektu v prostoru, prostřednictvím alespoň jednoho referenčního elementu na objektu nebo na základně a prostřednictvím alespoň dvou měřicích systémů pro měření vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu a/nebo mezi sebou, přičemž hodnoty všech výchozích neproměnných rozměrů jsou předem stanoveny a přičemž mezi veličinami měřenými měřicími systémy nebo výchozími neproměnnými rozměry je alespoň jedna vzdálenost, **v y z n a č e n ý t í m**, že se pro každou určenou polohu objektu změří takový počet
- 20 veličin, který je větší než počet stupňů volnosti objektu v prostoru, přičemž naměřené veličiny jsou využity pro stanovení polohy objektu.

- 25 2. Způsob určení polohy objektu v prostoru podle nároku 1, **v y z n a č e n ý t í m**, že počet změřených veličin je větší alespoň o dvě než počet stupňů volnosti objektu v prostoru.

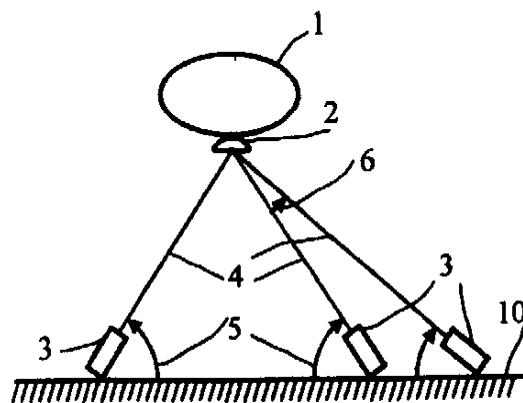
3. Způsob určení polohy objektu v prostoru podle některého z předešlých nároků, **v y z n a č e n ý t í m**, že přidavně k měření vzdáleností, jako jedněm z měřených veličin se současně měří úhly mezi spojnicemi měřicích systémů a referenčním elementem, a/nebo úhly mezi těmito
- 30 spojnicemi a spojnicemi mezi jednotlivými měřicími systémy a/nebo úhly mezi spojnicemi měřicích systémů a referenčním elementem a základnou a/nebo úhly mezi spojnicemi měřicích systémů a referenčním elementem a objektem v prostoru, jako další měřené veličiny pro stanovení polohy objektu v prostoru.

- 35 4. Způsob určení polohy objektu v prostoru podle některého z předešlých nároků, **v y z n a č e n ý t í m**, že měřenými veličinami jsou pouze úhly.

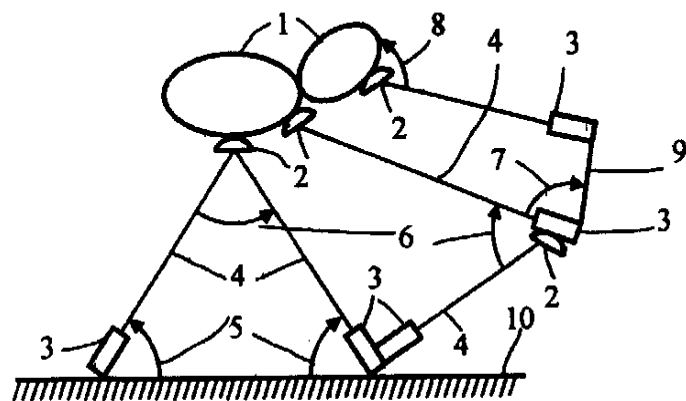
5. Zařízení pro určení polohy objektu v prostoru podle způsobu z předešlých nároků, opatřené alespoň jedním referenčním elementem, prostřednictvím alespoň dvou měřicích systémů pro
- 40 měření vzdálenosti a/nebo úhlů k referenčnímu elementu a/nebo mezi sebou, **v y z n a č e n é t í m**, že obsahuje alespoň jeden měřicí systém (3) pro měření úhlů.

45

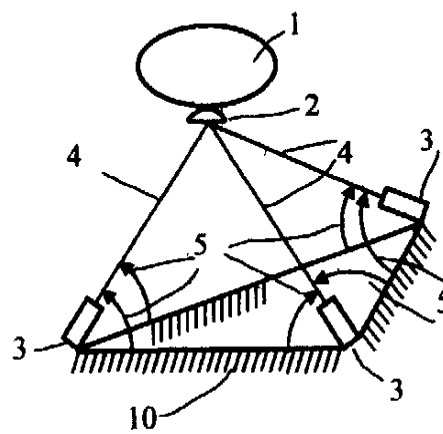
4 výkresy



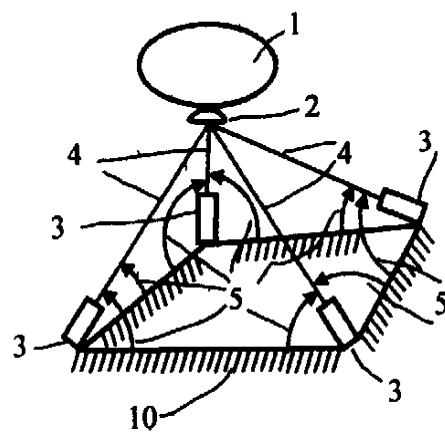
Obr. 1



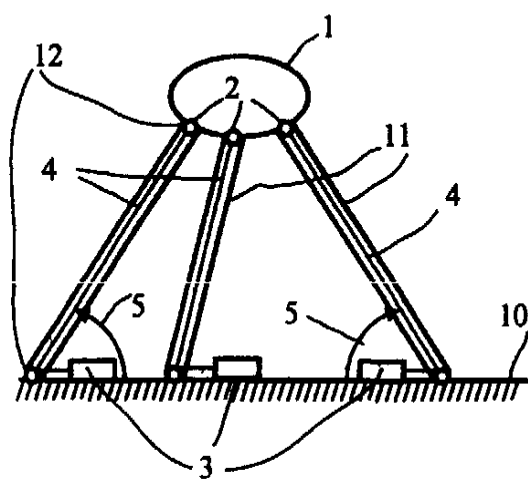
Obr. 2



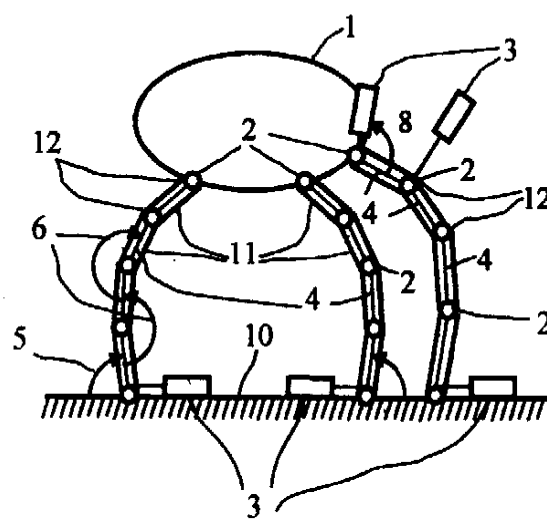
Obr. 3



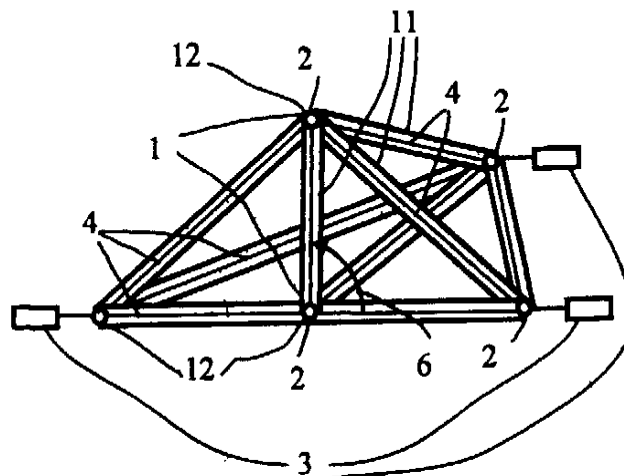
Obr. 4



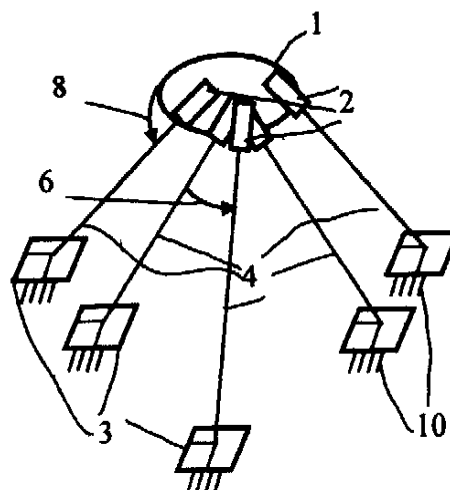
Obr. 5



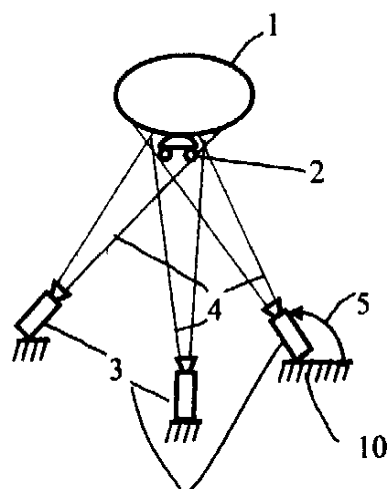
Obr. 6



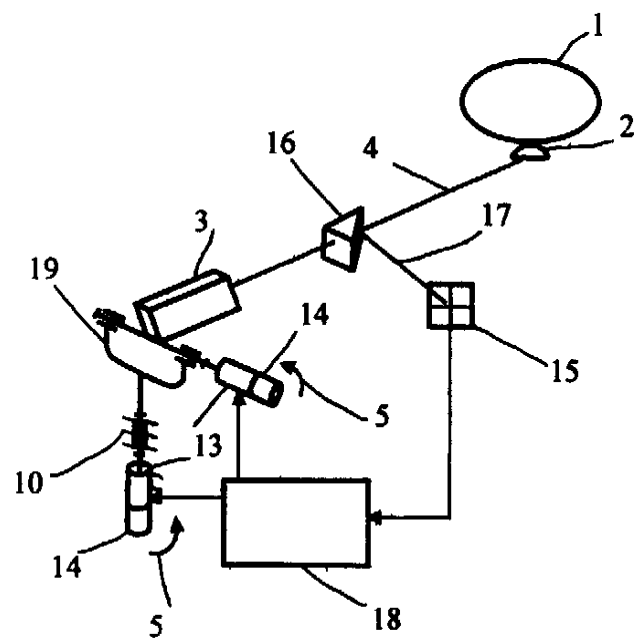
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10

Konec dokumentu