

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2013-179

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

B25J 9/00 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
G01B 7/004 (2006.01)
G01B 5/004 (2006.01)
G01B 21/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

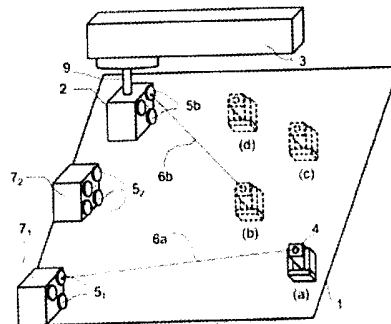
(22) Přihlášeno: **11.03.2013**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **01.10.2014**
(Věstník č. 40/2014)

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

(54) Název přihlášky vynálezu:
Způsob a zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru

- (57) Anotace:
Způsob se provádí prostřednictvím alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa a alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na měřeném nebo kalibrovaném a/nebo na rámu tělesa. Způsob spočívá v tom, že laserový sledovač je ustaven alespoň do jedné polohy na rámu, ve které změří polohu nejméně tří laserových odražečů laserového paprsku na rámu, následně je provedena kalibrace polohy těchto laserových odražečů laserového paprsku na rámu, pak je laserový sledovač ustaven alespoň do jedné polohy na rámu, ve které změří polohu těchto nejméně tří zkalibrovaných laserových odražečů laserového paprsku na rámu a změří polohu alespoň tří laserových odražečů na měřeném tělese, a na základě těchto měření je určena poloha měřeného tělesa, a/nebo je měřené těleso, na kterém je uspořádán laserový sledovač, ustaveno alespoň do jedné polohy v prostoru, ve které laserový sledovač změří polohu nejméně tří laserových odražečů na rámu, následně je z těchto měření provedena kalibrace poloh laserových odražečů na rámu a současně je provedeno určení polohy měřeného tělesa. Zařízení sestává z alespoň jednoho laserového sledovače a alespoň tří laserových odražečů. Laserové odražeče jsou uspořádány do trojúhelníku nebo mnohoúhelníku. Alespoň jeden laserový sledovač (4) je uspořádán na posuvném vedení (8₁) a/nebo alespoň jeden laserový odrazeč (5) je uspořádán na posuvném vedení (8₂).



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

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru prostřednictvím alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa a alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa a zařízení pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru sestávající z alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu, a z alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na rámu a/nebo na měřeném nebo kalibrovaném tělese

Dosavadní stav techniky

Zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru včetně způsobu měření a/nebo kalibrace jsou známa např. ze spisů EP 1968773B1 a patentové přihlášky PV 2010-178. Popsán je nový způsob měření a kalibrace objektu v prostoru pomocí redundantních měření, to znamená, že počet čidel je větší než počet stupňů volnosti měřeného a/nebo kalibrovaného tělesa v prostoru. V těchto přihláškách jsou uvedena mechanická zařízení pro provádění redundantních měření.

Jejich nevýhodou je omezený dosah a tedy použitelnost v menších pracovních prostorech. Pro větší pracovní prostory a větší stroje jsou obtížně použitelné a poměrně nákladné.

Další nevýhodou je, že mechanická zařízení, zvláště jsou-li větší, mohou být ovlivněna vnějšími působícími silami, zvláště tíhami, které mechanická zařízení deformují, a tak způsobí chybu měření.

Toto odstraňuje přihláška PV 2012-897, ale k řešení používá alespoň tři laserové sledovače. To je velmi nákladné. Dále takové zařízení bude objemné a těžké.

Laserový sledovač u této přihlášky je laserový interferometr s přiřazeným odražečem laserového paprsku, kde laserový interferometr je připevněn na sférickém kloubu (se dvěma stupni volnosti) se zpětnovazebně řízenými pohony. Každý laserový sledovač uspořádaný na platformě a/nebo na rámu vysílá laserový paprsek, který se odráží od odražeče laserového paprsku uspořádaného na rámu a/nebo platformě a dopadá zpět do laserového sledovače, kde je zpracován laserovým interferometrem a známým, ale sofistikovaným zpětnovazebním řízením pro pohyb laserového sledovače ve sférickém kloubu je laserový interferometr natáčen tak, aby laserový sledovač prostřednictvím laserového interferometru mohl stále sledovat laserový paprsek vyslaný odražečem laserového paprsku. Ze znalosti dvou úhlů natočení laserového paprsku měřených ve sférickém kloubu a ze znalosti délky laserového paprsku mezi laserovým interferometrem a odražečem laserového paprsku měřeném laserovým interferometrem, které představují sférické souřadnice, je určena pomocí přepočtu sférických souřadnic na kartézské souřadnice vzájemná kartézská poloha daná kartézskými souřadnicemi x, y, z laserového sledovače a odražeče laserového paprsku.

Dnešní laserové sledovače (laser tracker) vycházející z US4714339 nabízejí dva způsoby měření polohy bodu v prostoru. Jeden je nazýván inkrementální a je založen na inkrementálním způsobu měření laserovým sledovačem, kdy odražeč je sledován optickým laserovým paprskem postupně během jeho pohybu ze známé polohy do neznámé polohy, která má být změřena. Druhý je nazýván absolutní a je založen na přetržitém způsobu měření laserovým sledovačem, kdy odražeč je nalezen optickým laserovým paprskem skokem ze známé polohy do neznámé polohy, která má být změřena.

Cílem tohoto vynálezu je uvedené nedostatky odstranit, zejména snížit potřebný počet laserových sledovačů na jeden.

Podstata vynálezu

Podstata způsobu pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru prostřednictvím alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa a alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa spočívá v tom, že laserový sledovač je ustaven alespoň do jedné polohy na rámu, ve které změří polohu nejméně tří laserových odražečů laserového paprsku na rámu, následně je provedena kalibrace polohy těchto laserových odražečů laserového paprsku na rámu, pak je laserový sledovač ustaven alespoň do jedné polohy na rámu, ve které změří polohu těchto nejméně tří zkalibrovaných laserových odražečů laserového paprsku na rámu a změří polohu alespoň tří laserových odražečů na měřeném tělese, a na základě těchto měření je určena poloha měřeného tělesa, **a/nebo** je měřené těleso, na kterém je uspořádán laserový sledovač, ustaveno alespoň do jedné polohy v prostoru, ve které laserový sledovač změří polohu nejméně tří laserových odražečů na rámu, následně je z těchto měření provedena kalibrace poloh laserových odražečů na rámu a současně je provedeno určení polohy měřeného tělesa.

Laserový sledovač je případně přestavován do alespoň jedné další polohy a v každé nové poloze je změřena poloha všech laserových odražečů na rámu, na základě měření v těchto polohách je provedena kalibrace poloh laserových odražečů na rámu, následně je laserový sledovač uspořádán na rámu nebo měřeném tělese přestavován do alespoň jedné další polohy, ve které změří polohu všech laserových odražečů na rámu nebo měřeném tělese, a z těchto změřených poloh je určena poloha měřeného tělesa.

Laserové odražeče a/nebo laserové sledovače jsou případně přestavovány do opakovatelných poloh a je měřena vzdálenost těchto opakovatelných poloh.

Laserové sledovače užívají absolutní způsob měření poloh laserových odražečů nebo inkrementální způsob měření poloh laserových odražečů v případě přestavování laserových odražečů a/nebo laserových sledovačů do opakovatelných poloh.

Podstata zařízení pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru sestávající z alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu, a z alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na rámu a/nebo na měřeném nebo kalibrovaném tělese spočívá v tom, že sestává z alespoň jednoho laserového sledovače a alespoň **tří** laserových odražečů.

S výhodou jsou laserové odražeče jsou uspořádány do trojúhelníku nebo mnohoúhelníku, přičemž je dále výhodné, pokud alespoň jeden laserový sledovač je uspořádán na posuvném vedení a/nebo alespoň jeden laserový odražeč je uspořádán na dalším posuvném vedení.

Výhodou způsobu a zařízení podle vynálezu je možnost použít pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru jen jeden laserový sledovač.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených obrázcích je znázorněno zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru, kde znázorňuje:

- obr. 1 zařízení s laserovým sledovačem na rámu,
- obr. 2 zařízení podle obr.1 s posuvnými vedeními pro laserový sledovač a laserový odražeč,
- obr. 3 zařízení s laserovým sledovačem na stroji – měřeném tělese,
- obr.4 schematické znázornění poloh laserových odražečů a laserových sledovačů podle obr. 1 pro první fázi měření,
- obr.5 schematické znázornění podle obr.4 pro druhou fázi měření,
- obr. 6 schematické znázornění uspořádání laserových odražečů a laserového sledovače na stroji-měřeném tělese podle obr. 3.

Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 je znázorněno základní uspořádání zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Jde o prostorový pohled na zařízení pro optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa 3 v prostoru s jedním laserovým sledovačem 4 umístěným na rámu 1 a třemi odražeči 5b laserového paprsku 6b umístěnými na platformě 2 upevněné na měřeném tělese 3. Vedle platformy 2 upevněné na měřeném tělese 3 je dále užito přídatné platformy 7₁ upevněné na rámu 1, na níž jsou uspořádány tři odražeče 5₁ laserového paprsku 6a, a přídatné platformy 7₂ upevněné na rámu 1, na níž jsou uspořádány u tohoto provedení čtyři odražeče 5₂ laserového paprsku 6a. Během měření je laserový sledovač 4 přemísťován do různých poloh, na obrázku jsou znázorněny polohy (a), (b), (c), (d) na rámu 1.

Způsob měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru je takový, že probíhá ve dvou fázích. V první fázi je provedena kalibrace zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Ve druhé fázi je provedeno vlastní měření a/nebo kalibrace polohy tělesa 3 v prostoru. Tímto tělesem 3 v prostoru je obvykle koncový efektor 9, např. obráběcího stroje, který je často představován sklíčidlem, do něhož je upevňován nástroj nebo měřicí platforma 2.

Vlastní měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru pak obvykle znamená určení polohy koncového efektoru 9 stroje v řadě poloh v oblasti pracovního prostoru stroje nebo dokonce výpočet parametrů kinematického modelu stroje užitého pro řízení jeho polohy v pracovním prostoru. Laserový paprsek označený 6a je užitý v první fázi a laserový paprsek označený 6b je užitý ve druhé fázi.

Způsob měření v první fázi je takový, že laserový sledovač 4 v poloze (a) postupně měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₁ laserového paprsku 6a umístěných na platformě 7₁ upevněné na rámu 1, a polohu dalších čtyř bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₂ laserového paprsku 6a umístěných na platformě 7₂ upevněné na rámu 1. Pak se laserový sledovač 4 přemístí do polohy (c) na rámu 1 a obdobně provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₁ a 5₂ laserového paprsku 6a uspořádané na platformě 7₁ a 7₂ upevněné na rámu 1. Laserových odražečů 5₁, 5₂ může být více na více platformách 7₁ a 7₂ a laserový sledovač 4 může být umístěn do více poloh, např. (a), (c), (d) což je výhodné pro zvýšení redundance měření. Minimální počet v této fázi měření jsou tři odražeče 5 a jedna poloha laserového sledovače 4. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeuročené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků (laserové odražeče 5 a laserový sledovač 4) měřicího zařízení, z nichž je stanovena vzájemná poloha prvků měřicího zařízení. Prvky měřicího zařízení tvoří soustava laserových odražečů 5₁, 5₂, případně dalších, umístěných na rámu 1 a laserového sledovače 4 v jednotlivých polohách (a), (c), případně v dalších polohách. Ze sestavené přeuročené soustavy rovnic jsou především určeny polohy bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče 5₁ a 5₂ upevněné na rámu 1, ale také polohy (a), (c) laserového sledovače 4 vůči rámu 1 představující šest souřadnic pro každou polohu (například referenční bod (tři souřadnice) a orientace (tři natočení)).

V první fázi také může proběhnout kalibrace vzájemné polohy laserových odražečů 5b umístěnými na platformě 2 na tělese 3. Způsob této kalibrace je obdobný jako kalibrace vzájemné polohy laserových odražečů 5₁ a 5₂ upevněných na rámu 1. Probíhá tak, že laserový sledovač 4 v poloze (a) postupně měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5b laserového paprsku 6b uspořádané na platformě 2 upevněné na tělese 3. Pak se laserový sledovač 4 přemístí z polohy (a) do polohy (c) na rámu 1 a provede opět měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5b laserového paprsku 6b uspořádané na platformě 2 upevněné na tělese 3. S výhodou je na platformě 2 na tělese 3 umístěno více laserových odražečů 5b než tři a s výhodou je laserový sledovač 4 umístěn do více poloh (a), (c), ze kterých

proběhnou popsání měření, než do dvou poloh. Minimální počet jsou opět tři odražeče 5b a jedna poloha laserového sledovače 4. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeuročené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení, z nichž je stanovena vzájemná poloha prvků měřicího zařízení. V tomto případě jde o vzájemnou polohu bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče 5b. Ze sestavené přeuročené soustavy rovnic jsou především určeny vzájemné polohy bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče 5b upevněné na tělese 3.

Způsob měření v druhé fázi je takový, že laserový sledovač 4 je umístěn do polohy (b), která je obecně odlišná od např. poloh (a) a (c), protože se nepředpokládá opakovatelnost umístění do shodné polohy, a nejdříve laserový sledovač 4 měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5b laserového paprsku 6b uspořádané na platformě 2 upevněné na měřeném a/nebo kalibrovaném tělese 3, a pak postupně měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₁ laserového paprsku 6b uspořádané na platformě 7₁ upevněné na rámu 1, a polohu dalších čtyř bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₂ a laserového paprsku 6b umístěných uspořádané na platformě 7₂ upevněné na rámu 1. Pak se laserový sledovač 4 přemístí z polohy (b) do polohy (d) na rámu 1 a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5b laserového paprsku 6b uspořádané na platformě 2 upevněné na měřeném a/nebo kalibrovaném tělese 3, a v nichž jsou umístěny odražeče 5₁ a 5₂ laserového paprsku 6b uspořádané na platformě 7₁ a 7₂ upevněné na rámu 1. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeuročené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení a laserových odražečů 5b umístěných na tělese 3 (například reprezentující obráběcí stroj), z nichž je stanovena poloha (b), (d) laserového sledovače a především poloha laserových odražečů 5b umístěných na tělese 3 (například reprezentující obráběcí stroj), což je užito k měření a/nebo kalibraci tělesa 3 (například reprezentující obráběcí stroj).

Pokud je v první fázi počet laserových odražečů 5₁, 5₂ na rámu 1 R a počet poloh (a), (c) laserového sledovače 4 N, pak pro kalibraci měřicího zařízení představovaného $3 \cdot R + 6 \cdot N$ neznámými veličinami můžeme sestavit $3 \cdot R \cdot N$ rovnic. Neznámé veličiny jsou například tři kartézské souřadnice x_{LO} , y_{LO} , z_{LO} pro každý laserový odražeč LO, tři kartézské souřadnice x_{LS} , y_{LS} , z_{LS} středu laserového sledovače v poloze LS a tři Cardanovy úhly ϕ_{xLS} , ϕ_{yLS} , ϕ_{zLS} orientace souřadnicového systému pevně spojeného s laserovým sledovačem vůči souřadnicovému systému rámu v poloze LS. Je změřena poloha laserového odražeče v souřadnicovém systému laserového sledovače daná kartézskými souřadnicemi x, y, z . Sestavené rovnice – vazbové podmínky udávají polohu laserového odražeče v souřadnicovém systému laserového sledovače. Pro každý laserový odražeč a každou polohu laserového sledovače se sestaví tři rovnice z této maticové rovnice

$$[x_{LO}, y_{LO}, z_{LO}, 1]^T = T_{Z1}(x_{LS}) T_{Z2}(y_{LS}) T_{Z3}(z_{LS}) T_{Z4}(\phi_{xLS}) T_{Z5}(\phi_{yLS}) T_{Z6}(\phi_{zLS}) [x, y, z, 1]^T$$

podle značení z knihy Stejskal, V.-Valasek, M.: Kinematics and Dynamics of Machinery, Marcel Dekker, New York 1996.

Míra redundance s výhodou s počtem R a N roste. Ve shora popsáném měření je R=7 a N=2, tedy 27 neznámých a 42 rovnic. Pokud je počet laserových odražečů 5₁, 5₂ na rámu 1 R a počet laserových odražečů 5b na tělese 3 S a počet poloh (b), (d) laserového sledovače 4 M ve druhé fázi, pak pro měření polohy tělesa 3 a poloh (b), (d) laserového sledovače 4 představovaného $6 + 6 \cdot M$ neznámými veličinami můžeme sestavit $3 \cdot (R + S) \cdot M$ rovnic. Míra redundance s výhodou s počtem R, S a M roste. Ve shora popsáném měření je R=7, S=3 a M=2, tedy 18 neznámých a 60 rovnic.

Tímto postupem je určena poloha tělesa 3 v prostoru, tedy poloha tělesa 3 vůči rámu 1 a přesněji poloha tělesa 3 vůči souřadnicovému systému, v němž měří laserový sledovač 4 umístěný na rámu 1. Nutnou podmínkou pro to je, aby odražeče 5 laserového paprsku 6 umístěné na platformě 7 upevněné na rámu 1 tvořily trojúhelník, tedy neležely v jedné přímce, a odražeče 5b laserového paprsku 6b umístěné na platformě 2 upevněné na měřeném tělese 3 také tvořily trojúhelník, tedy neležely v jedné přímce. Kdyby ležely v jedné přímce, pak by sestavené rovnice byly singulární nebo

velmi špatně podmíněné.

S výhodou lze užít více odražečů $5b$ laserového paprsku umístěnými na platformě 2 upevněné na měřeném tělese 3 než jen tři a více odražečů 5_1 a 5_2 laserového paprsku umístěnými na platformě 7_1 a 7_2 upevněné na rámu 1 než jen tři. Je-li jejich počet n , pak je výhodné, aby tvořily n -úhelník a nedegenerovaly na $(n-k)$ -úhelník tím, že by některé tři odražeče 5 v počtu $3k$ ležely v přímce, a tak opět snížily podmíněnost sestavených rovnic.

Na obr. 2 je znázorněno další uspořádání zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Jde o prostorový pohled na zařízení pro optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa 3 v prostoru s jedním laserovým sledovačem 4 umístěným na rámu 1 a třemi odražeči $5b$ laserového paprsku $6b$ umístěnými na platformě 2 upevněné na měřeném tělese 3 . Vedle platformy 2 upevněné na měřeném tělese 3 je dále užito přídatné platformy 7_1 upevněné na rámu 1 , na níž jsou uspořádány tři odražeče 5_1 laserového paprsku $6a$, a přídatné platformy 7_2 upevněné na rámu 1 , na níž jsou uspořádány čtyři odražeče 5_2 laserového paprsku $6a$. Dále je na rámu 1 umístěno posuvné vedení 8_1 pro opakovatelné přemístění laserového sledovače 4 mezi polohami (a) a (e) , a posuvné vedení 8_2 pro opakovatelné přemístění platformy 7_3 s laserového odražeči 5_3 mezi polohami (f) a (g) na rámu 1 .

Způsob měření je obdobný jako u zařízení na obr. 1. Měření probíhá ve dvou fázích. V první fázi je provedena kalibrace zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Ve druhé fázi je provedeno vlastní měření a/nebo kalibrace polohy tělesa v prostoru.

Zlepšení měření oproti měření u zařízení na obr. 1 spočívá v tom, že místo měření laserových odražečů 5_3 na platformě 7_3 v poloze (f) a následného měření dalších laserových odražečů v poloze (g) je užito jen jedné laserových odražečů 5_3 na platformě 7_3 , ale platforma 7_3 se s nimi na posuvném vedení 8_2 přesouvá mezi polohami (f) a (g) . Základním předpokladem je opakovatelnost dosažení poloh (f) a (g) . Výhodou je přidání dalšího přeurčení sestavovaných rovnic díky shodné vzdálenosti p poloh (f) a (g) , která případně může být i měřena.

Podobné zlepšení měření oproti měření u zařízení na obr. 1 spočívá v tom, že místo umístění laserového sledovače 4 na rámu 1 do obecně neopakovatelných poloh (b) , (c) , (d) je laserový sledovač 4 umístěn do opakovatelné polohy (a) , odkud je na posuvném vedení 8_1 přesouván do polohy (e) , která je opakovatelně dosažitelná a jejíž vzdálenost d od polohy (a) může být i měřitelná. Základním předpokladem je opakovatelnost dosažení poloh (a) a (e) .

Při měření laserových odražečů 5_3 na platformě 7_3 v poloze (f) a následného měření laserových odražečů v další poloze (g) je užito jen jedné laserových odražečů 5_3 na platformě 7_3 , ale platforma 7_3 se s nimi přesouvá mezi polohami (f) a (g) . Základním předpokladem je opakovatelnost dosažení poloh (f) a (g) . Výhodou je přidání dalšího přeurčení sestavovaných rovnic díky shodné vzdálenosti p poloh (f) a (g) , která případně může být i měřena. Výhodou je přidání dalšího přeurčení sestavovaných rovnic díky shodné vzdálenosti d poloh (a) a (e) , která případně může být i měřena.

Klíčová vlastnost je, aby poloha (f) a (g) platformy 7_3 byla opakovatelná s přesností dostatečně menší, aby se neprojevila nepříznivě ve výsledku řešení sestavené soustavy rovnic. Opakovatelnost polohy (f) a (g) a tedy jejich konstantnost vede při sestavování vazbových podmínek ke zvýšení přeurčení měření. Pokud je posuvné vedení vybaveno odměřováním a lze určit odlehlost p poloh (f) a (g) , lze tuto informaci použít pro sestavení vazbových podmínek a o tuto informaci zvýšit přeurčení měření. Podobně lze užít posuvného vedení 8_1 a opakovatelnost polohy (a) a (e) a tedy jejich konstantnost vede při sestavování vazbových podmínek ke zvýšení přeurčení měření. Pokud je posuvné vedení vybaveno odměřováním a lze určit odlehlost d poloh (a) a (e) , lze tuto informaci použít pro sestavení vazbových podmínek a o tuto informaci zvýšit přeurčení měření.

Způsob měření v první fázi je takový, že laserový sledovač 4 v poloze (a) postupně měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5_1 laserového paprsku $6a$ uspořádané na platformě 7_1 upevněné na rámu 1 , a polohu dalších čtyř bodů, v nichž jsou

umístěny odražeče $\underline{5_2}$ laserového paprsku $\underline{6a}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_2}$ upevněné na rámu $\underline{1}$. Dále změří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6a}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_3}$ upevněné v poloze $\underline{(f)}$ na posuvném vedení $\underline{8_2}$ na rámu $\underline{1}$, a po přesunutí platformy $\underline{Z_3}$ s laserovými odražeči $\underline{5_3}$ po posuvném vedení $\underline{8_2}$ do polohy $\underline{(g)}$ znovu změří polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6a}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_3}$ upevněné na posuvném vedení $\underline{8_2}$ na rámu $\underline{1}$. Případně je změřena i vzdálenost p poloh $\underline{(f)}$ a $\underline{(g)}$.

Pak je laserový sledovač $\underline{4}$ přesunut po posuvném vedení $\underline{8_1}$ do polohy $\underline{(e)}$ na rámu $\underline{1}$, přičemž vzdálenost d poloh $\underline{(a)}$ a $\underline{(e)}$ je případně změřena, a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$ a $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6a}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_1}$, $\underline{Z_2}$ a $\underline{Z_3}$ upevněné na rámu $\underline{1}$.

Pak se laserový sledovač $\underline{4}$ přemístí do polohy $\underline{(c)}$ na rámu $\underline{1}$ a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$ a $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6a}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_1}$, $\underline{Z_2}$ a $\underline{Z_3}$ upevněné na rámu $\underline{1}$. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeúčtené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení, z nichž je stanovena vzájemná poloha prvků měřicího zařízení. Prvky měřicího zařízení tvoří soustava laserových odražečů $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$ a $\underline{5_3}$, umístěných na rámu $\underline{1}$ a jednotlivé polohy $\underline{(a)}$, $\underline{(e)}$, $\underline{(c)}$ laserového sledovače. Ze sestavené přeúčtené soustavy rovnic jsou především určeny polohy bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$ a $\underline{5_3}$ upevněné na rámu $\underline{1}$, ale také poloh $\underline{(a)}$, $\underline{(e)}$, $\underline{(c)}$ laserového sledovače $\underline{4}$ vůči rámu $\underline{1}$ představující šest souřadnic pro každou polohu (například referenční bod - 3 souřadnice a orientace - 3 natočení).

V první fázi také může proběhnout kalibrace vzájemné polohy laserových odražečů $\underline{5b}$ umístěnými na platformě $\underline{2}$ na tělese $\underline{3}$ obdobně jako na obr. 1 s případným zlepšením spočívajícím v užití měření z opakovatelných poloh $\underline{(a)}$ a $\underline{(e)}$, mezi kterými je laserový sledovač $\underline{4}$ přemísťován po posuvném vedení $\underline{8_1}$.

Způsob měření v druhé fázi je takový, že laserový sledovač $\underline{4}$ je umístěn do polohy $\underline{(a)}$ na posuvném vedení $\underline{8_1}$ a nejdříve laserový sledovač $\underline{4}$ měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5b}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{2}$ upevněné na měřeném a/nebo kalibrovaném tělese $\underline{3}$, a pak postupně měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_1}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_1}$ upevněné na rámu $\underline{1}$, a polohu dalších čtyř bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_2}$ a laserového paprsku $\underline{6b}$ umístěných uspořádané na platformě $\underline{Z_2}$ upevněné na rámu $\underline{1}$, pak polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_3}$ upevněné v poloze $\underline{(f)}$ na posuvném vedení $\underline{8_2}$ na rámu $\underline{1}$, a po přesunutí platformy $\underline{Z_3}$ s laserovými odražeči $\underline{5_3}$ po posuvném vedení $\underline{8_2}$ do polohy $\underline{(g)}$ znovu polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_3}$ upevněné na posuvném vedení $\underline{8_2}$ na rámu $\underline{1}$. Případně je změřena i vzdálenost p poloh $\underline{(f)}$ a $\underline{(g)}$.

Pak je laserový sledovač $\underline{4}$ přesunut po posuvném vedení $\underline{8_1}$ do polohy $\underline{(e)}$ na rámu $\underline{1}$, přičemž vzdálenost d poloh $\underline{(a)}$ a $\underline{(e)}$ je případně změřena, a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5b}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{2}$ upevněné na měřeném a/nebo kalibrovaném tělese $\underline{3}$, a jsou umístěny odražeče $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$ a $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ umístěných uspořádané na platformě $\underline{Z_1}$, $\underline{Z_2}$ a $\underline{Z_3}$ upevněné na rámu $\underline{1}$. Pak se laserový sledovač $\underline{4}$ přemístí do polohy $\underline{(b)}$, která je obecně odlišná od poloh $\underline{(a)}$ a $\underline{(e)}$, protože se nepředpokládá opakovatelnost umístění do shodné polohy, a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče $\underline{5b}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{2}$ upevněné na měřeném a/nebo kalibrovaném tělese $\underline{3}$, a jsou umístěny odražeče $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$ a $\underline{5_3}$ laserového paprsku $\underline{6b}$ uspořádané na platformě $\underline{Z_1}$, $\underline{Z_2}$ a $\underline{Z_3}$ upevněné na rámu $\underline{1}$.

Pak se laserový sledovač 4 přemístí z polohy (b) do polohy (d) na rámu 1 a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5_b laserového paprsku 6_b uspořádané na platformě 2 upevněné na měřeném a/nebo kalibrovaném tělese 3, a jsou umístěny odražeče 5₁, 5₂ a 5₃ laserového paprsku 6_b uspořádané na platformě 7₁, 7₂ a 7₃ upevněné na rámu 1. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeuročené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení a laserových odražečů 5_b umístěných na tělese 3, z nichž je stanovena poloha (a), (e), (b), (d) laserového sledovače 4 a především poloha laserových odražečů 5_b umístěných na tělese 3, což je užito k měření a/nebo kalibraci tělesa 3.

Na obr. 3 je znázorněno alternativní uspořádání zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru. Jde o prostorový pohled na zařízení pro optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa 3 v prostoru s jedním laserovým sledovačem 4 umístěným na platformě 2 upevněné na měřeném tělese 3. Vedle platformy 2 upevněné na měřeném tělese 3 je dále užito přídavné platformy 7₁ upevněné na rámu 1, na níž jsou uspořádány tři odražeče 5₁ laserového paprsku 6, a přídavné platformy 7₂ upevněné na rámu 1, na níž jsou uspořádány čtyři odražeče 5₂ laserového paprsku 6 a přídavné platformy 7₃ upevněné v pracovním prostoru stroje 3 na podlaze na rámu 1, na níž jsou uspořádány tři odražeče 5₃ laserového paprsku 6. Během měření je laserový sledovač 4 přemístěn tělesem 3 mezi řadou více poloh, např. (a) a (b).

Způsob měření zde probíhá v jedné fázi a spojuje kalibraci zařízení pro měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru současně s vlastním měřením a/nebo kalibrací polohy tělesa v prostoru.

Způsob měření je takový, že laserový sledovač 4 v poloze (a) postupně měří pomocí absolutního způsobu měření polohu tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₁ laserového paprsku 6 uspořádané na platformě 7₁ upevněné na rámu 1, a polohu dalších čtyř bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₂ laserového paprsku 6 uspořádané na platformě 7₂ upevněné na rámu 1, a polohu dalších tří bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₃ laserového paprsku 6 umístěných uspořádané na platformě 7₃ upevněné na rámu 1.

Pak se laserový sledovač 4 přemístí se strojem 3 do polohy (b) a provede měření pomocí absolutního způsobu měření poloh všech bodů, v nichž jsou umístěny odražeče 5₁, 5₂ a 5₃ laserového paprsku 6 uspořádané na platformě 7₁, 7₂ a 7₃ upevněné na rámu 1. Laserových odražečů 5₁, 5₂ a 5₃ může být více na více platformách 7₁, 7₂ a 7₃, s výhodou pro zvýšení redundance měření a laserový sledovač 4 je umísťován do mnoha měřených poloh (a), (b). Minimální počet jsou tři odražeče 5. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeuročené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení a všech poloh (a), (b) tělesa 3, z nichž je stanovena vzájemná poloha prvků měřicího zařízení a poloh (a), (b) koncového efektoru 9 stroje-tělesa 3 v jeho pracovním prostoru. Prvky měřicího zařízení tvoří soustava laserových odražečů 5₁, 5₂ a 5₃, umístěných na rámu 1 a jednotlivé polohy (a), (b) laserového sledovače 4 na platformě 2 v koncovém efektoru 9 stroje-tělesa 3. Ze sestavené přeuročené soustavy rovnic jsou především určeny polohy (a), (b) laserového sledovače 4 na platformě 2 v koncovém efektoru 9 stroje-tělesa 3 vůči rámu 1 představující šest souřadnic pro každou polohu (například referenční bod (3 souřadnice) a orientace (3 natočení)), ale také polohy bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče 5₁, 5₂ a 5₃ upevněné na rámu 1. V tomto případě je kalibrace měřicího zařízení a měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru tvořeném polohami koncového efektoru 9 stroje-tělesa 3 v prostoru prováděny současně.

Na obr. 4 je schematický svislý pohled na použití zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle obr. 1 v první fázi měření. Na rámu 1 stroje-tělesa 3 jsou upevněny platformy 7_i ($i=1, 2, \dots, n, n>1$ přirozené číslo) každá se třemi laserovými odražeči 5. Laserový sledovač 4 je postupně umísťován do řady poloh (b_j) ($j=1, 2, \dots, m, m>1$ přirozené číslo). Na obr. 4 je laserový sledovač 4 znázorněn v poloze (a), kde měří pomocí laserového paprsku 6_a polohu

bodů, v nichž jsou na platformě $\underline{7i}$ umístěny laserové odražeče $\underline{5}$. Takto postupně změří polohu všech bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5}$ na všech platformách $\underline{7i}$. Výsledky těchto měření jsou užity pro sestavení přeurčené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení, z nichž je stanovena vzájemná poloha prvků měřicího zařízení. V tomto případě jde o vzájemnou polohu bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5}$ umístěné na platformách $\underline{7i}$. Tím je provedena kalibrace měřicího zařízení.

Na obr. 5 je schematický svislý pohled na použití zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle obr. 1 ve druhé fázi měření. Na rámu $\underline{1}$ stroje-tělesa $\underline{3}$ jsou upevněny platformy $\underline{7i}$ ($i=1, 2, \dots, n, n>1$ přirozené číslo) každá se třemi laserovými odražeči $\underline{5}$. Na tělese $\underline{3}$ v dané poloze v jeho pracovním prostoru je upevněna v koncovém efektoru $\underline{9}$ (zde neznázorněn) platforma $\underline{2}$ se třemi laserovými odražeči $\underline{5b}$ (znázorněny v předchozích obrázcích). Laserový sledovač $\underline{4}$ je postupně umístěn do poloh $\underline{(b)}$, $\underline{(d)}$, $\underline{(e)}$ a v každé této poloze je měřena poloha bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5b}$ na platformě $\underline{2}$, a poloha všech bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5}$ na platformách $\underline{7i}$. Výsledky těchto měření jsou v každé poloze tělesa $\underline{3}$ užity pro sestavení přeurčené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení a laserových odražečů $\underline{5b}$ umístěných na tělese $\underline{3}$, z nichž je stanovena poloha $\underline{(b)}$, $\underline{(d)}$, $\underline{(e)}$ laserového sledovače $\underline{4}$ a především poloha laserových odražečů $\underline{5b}$ umístěných na tělese $\underline{3}$, což je užito k měření a/nebo kalibraci stroje $\underline{3}$ v dané poloze.

Na obr. 6 je schematický svislý pohled na použití zařízení pro redundantní optické měření a/nebo kalibraci polohy tělesa v prostoru podle obr. 3. Na rámu $\underline{1}$ stroje-tělesa $\underline{3}$ jsou upevněny platformy $\underline{7i}$ ($i=1, 2, \dots, n, n>1$ přirozené číslo) každá se třemi laserovými odražeči $\underline{5}$. Na platformě $\underline{2}$ tělesa $\underline{3}$ je upevněn laserový sledovač $\underline{4}$. Těleso $\underline{3}$ je postupně umísťováno do řady poloh $\underline{(bj)}$ ($j=1, 2, \dots, m, m>1$ přirozené číslo). Na obr. 6 je znázorněn v poloze $\underline{(a)}$, kde laserový sledovač $\underline{4}$ upevněný na platformě $\underline{2}$ v koncovém efektoru $\underline{9}$ (zde neznázorněn) tělesa $\underline{3}$ měří pomocí laserového paprsku $\underline{6}$ polohu bodů, v nichž jsou na platformě $\underline{7i}$ umístěny laserové odražeče $\underline{5}$. Takto měří v dané poloze tělesa $\underline{3}$ dále polohu všech bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5}$ na všech platformách $\underline{7i}$. Výsledky všech těchto měření ve všech polohách stroje-tělesa $\underline{3}$ jsou užity pro sestavení přeurčené soustavy rovnic popisujících vazbové podmínky dané vzájemnou polohou prvků měřicího zařízení, z nichž je stanovena vzájemná poloha prvků měřicího zařízení a současně provedeno měření a/nebo kalibrace polohy tělesa $\underline{3}$ (například reprezentujícího koncový efektor $\underline{9}$ stroje) v prostoru ve všech polohách $\underline{(bj)}$. V tomto případě jde o vzájemnou polohu bodů, v nichž jsou umístěny laserové odražeče $\underline{5}$ na platformách $\underline{7i}$, a vzájemné polohy tělesa $\underline{3}$ v prostoru ve všech polohách $\underline{(bj)}$, v němž je upevněna platforma $\underline{2}$ s laserovým sledovačem $\underline{4}$.

Místo absolutního měření laserovým sledovačem $\underline{4}$ lze použít inkrementální měření. To je možné tak, že místo laserových odražečů $\underline{5}$ na platformách $\underline{7}$ a $\underline{2}$ jsou upevňovací místa, kam lze laserový odražeč $\underline{5}$ opakovaně připevnit. Měření probíhá tak, že jeden laserový odražeč $\underline{5}$ je souvisle postupně přemisťován mezi polohami na platformách $\underline{7}$ a $\underline{2}$, kam je vždy opakovaně připevněn a provedeno příslušné měření.

Měření podle obr. 1 by probíhalo při poloze $\underline{(a)}$ laserového sledovače $\underline{4}$ postupně při přemisťování laserového odražeče $\underline{5}$ z polohy $\underline{(a)}$ do poloh $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$, pak přesun laserového sledovače $\underline{4}$ do polohy $\underline{(c)}$ a laserového odražeče $\underline{5}$ z polohy $\underline{5_2}$ do poloh $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$, a dále, následně pak přesun laserového sledovače $\underline{4}$ do polohy $\underline{(b)}$ a laserového odražeče $\underline{5}$ z polohy $\underline{5_2}$ do poloh $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$, $\underline{5b}$, pak přesun laserového sledovače $\underline{4}$ do polohy $\underline{(d)}$ a laserového odražeče $\underline{5}$ z polohy $\underline{5b}$ do poloh $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$, $\underline{5b}$, a případně dále.

Měření podle obr. 3 by probíhalo v pořadí přemisťování laserového odražeče $\underline{5}$ z polohy $\underline{(a)}$ do poloh $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$, $\underline{5_3}$, při poloze $\underline{(a)}$ laserového sledovače $\underline{4}$, pak přesun laserového sledovače $\underline{4}$ do polohy $\underline{(b)}$ a laserového odražeče $\underline{5}$ z polohy $\underline{5_3}$ do poloh $\underline{5_1}$, $\underline{5_2}$, $\underline{5_3}$, a případně dále.

Výhodou je užití jednoho laserového odražeče a vyšší přesnost inkrementálního měření. Nevýhoda je zdlouhavost přemisťování laserového odražeče $\underline{5}$.

Laserové sledovače lze nahrazovat optickými kamerami s referenčním prvkem a/nebo zdrojem laserového paprsku pro fotocitlivý prvek obdobně jako u patentové přihlášky PV 2012-897.

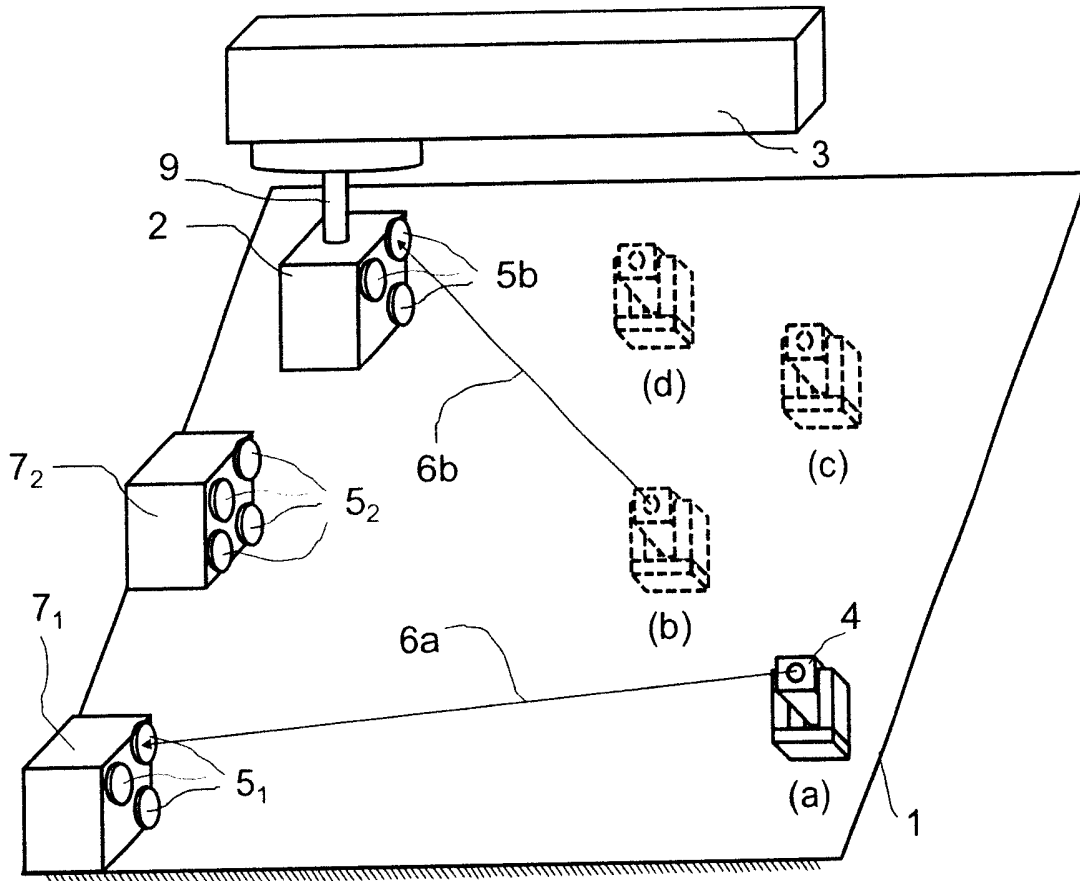
Uvedené zařízení a způsoby měření mohou být různě kombinovány. Například na platformách 7 může být jen jeden laserový odražeč 5 s tím, že na rámu 1 jsou celkem alespoň tři laserové odražeče 5. Na platformách 7 může být různý počet laserových odražečů. Na měřeném tělese 3 může být více platforem 2 s méně nebo více laserovými odražeči 5 než třemi s tím, že na měřeném tělese 3 jsou celkem alespoň tři laserové odražeče 5. Může být užito více laserových sledovačů 4 než jen jeden. Více laserových sledovačů 4 může provádět měření pro první fázi měření, a pak následně více laserových sledovačů 4 může provádět měření pro druhou fázi měření.

Měření a jeho vyhodnocení je prováděno počítačem.

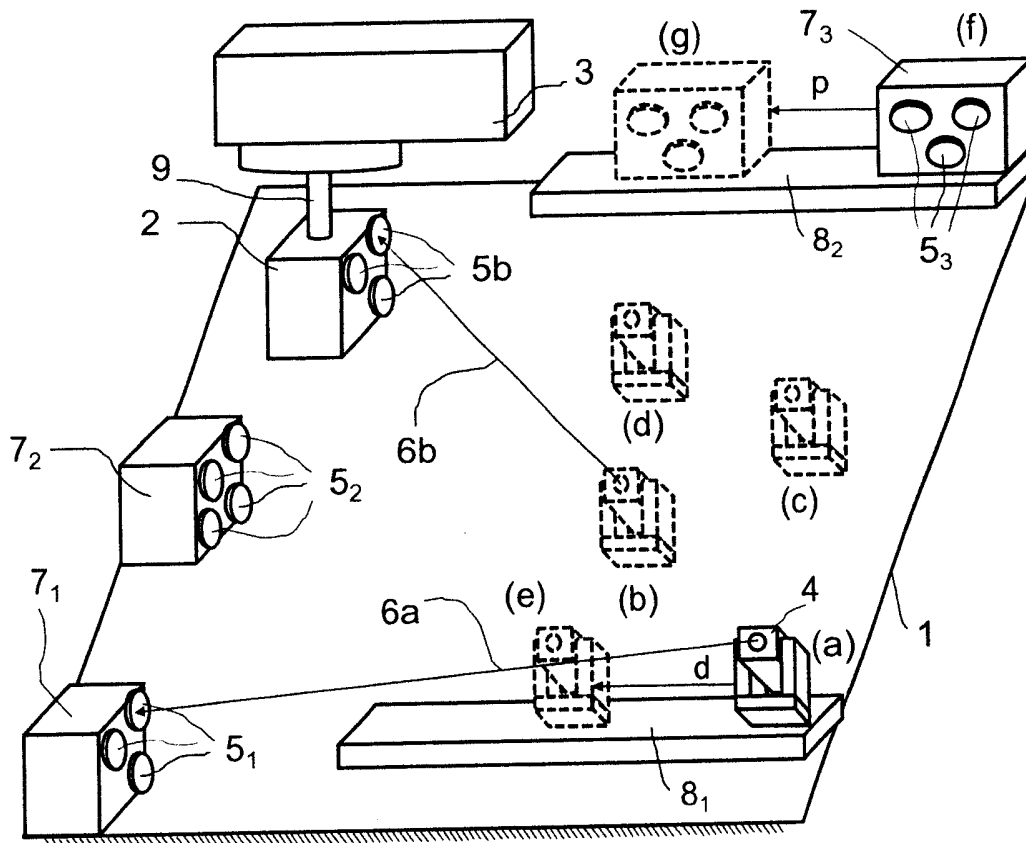
Patentové nároky

1. Způsob pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru prostřednictvím alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa a alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu tělesa, vyznačený tím, že laserový sledovač je ustaven alespoň do jedné polohy na rámu, ve které změří polohu nejméně tří laserových odražečů laserového paprsku na rámu, následně je provedena kalibrace polohy těchto laserových odražečů laserového paprsku na rámu, pak je laserový sledovač ustaven alespoň do jedné polohy na rámu, ve které změří polohu těchto nejméně tří zkalibrovaných laserových odražečů laserového paprsku na rámu a změří polohu alespoň tří laserových odražečů na měřeném tělese, a na základě těchto měření je určena poloha měřeného tělesa, a/nebo je měřené těleso, na kterém je uspořádán laserový sledovač, ustaveno alespoň do jedné polohy v prostoru, ve které laserový sledovač změří polohu nejméně tří laserových odražečů na rámu, následně je z těchto měření provedena kalibrace poloh laserových odražečů na rámu a současně je provedeno určení polohy měřeného tělesa.
2. Způsob pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle nároku 1, vyznačený tím, že laserový sledovač je přestavován do alespoň jedné další polohy a v každé nové poloze je změřena poloha všech laserových odražečů na rámu, na základě měření v těchto polohách je provedena kalibrace poloh laserových odražečů na rámu, následně je laserový sledovač uspořádán na rámu nebo měřeném tělese přestavován do alespoň jedné další polohy, ve které změří polohu všech laserových odražečů na rámu nebo měřeném tělese, a z těchto změřených poloh je určena poloha měřeného tělesa.
3. Způsob pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého předchozího nároku, vyznačený tím, že laserové odražeče a/nebo laserové sledovače jsou přestavovány do opakovatelných poloh.
4. Způsob pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle nároku 3, vyznačený tím, že vzdálenosti opakovatelných poloh jsou měřeny.
5. Způsob pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předchozích nároků, vyznačený tím, že laserové sledovače užívají absolutní způsob měření poloh laserových odražečů.
6. Způsob pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předchozích nároků, vyznačený tím, že laserové sledovače užívají inkrementální způsob měření poloh laserových odražečů v případě přestavování laserových odražečů a/nebo laserových sledovačů do opakovatelných poloh.
7. Zařízení pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru sestávající z alespoň jednoho laserového sledovače umístěného na měřeném nebo kalibrovaném tělese a/nebo na rámu, a z alespoň jednoho odražeče laserového paprsku umístěného na rámu a/nebo na měřeném nebo kalibrovaném tělese, vyznačené tím, že sestává z alespoň jednoho laserového sledovače (4) a alespoň tří laserových odražečů (5).
8. Zařízení pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle nároku 7, vyznačené tím, že laserové odražeče (5) jsou uspořádány do trojúhelníku nebo mnohoúhelníku.
9. Zařízení pro redundantní optické měření a/nebo optickou kalibraci polohy tělesa v prostoru podle některého z předšlých nároků 7, 8, vyznačené tím, že alespoň jeden laserový sledovač (4) je

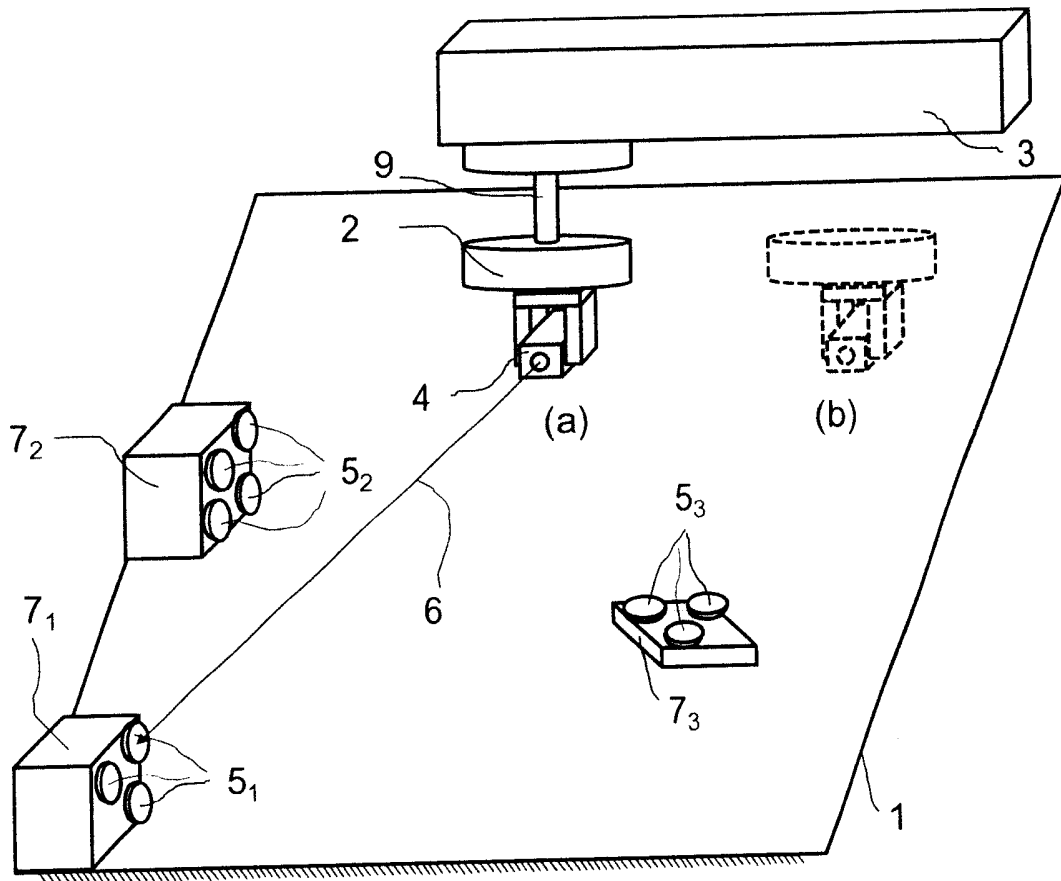
uspořádán na posuvném vedení (8_1) a/nebo alespoň jeden laserový odražeč (5) je uspořádán na posuvném vedení (8_2).



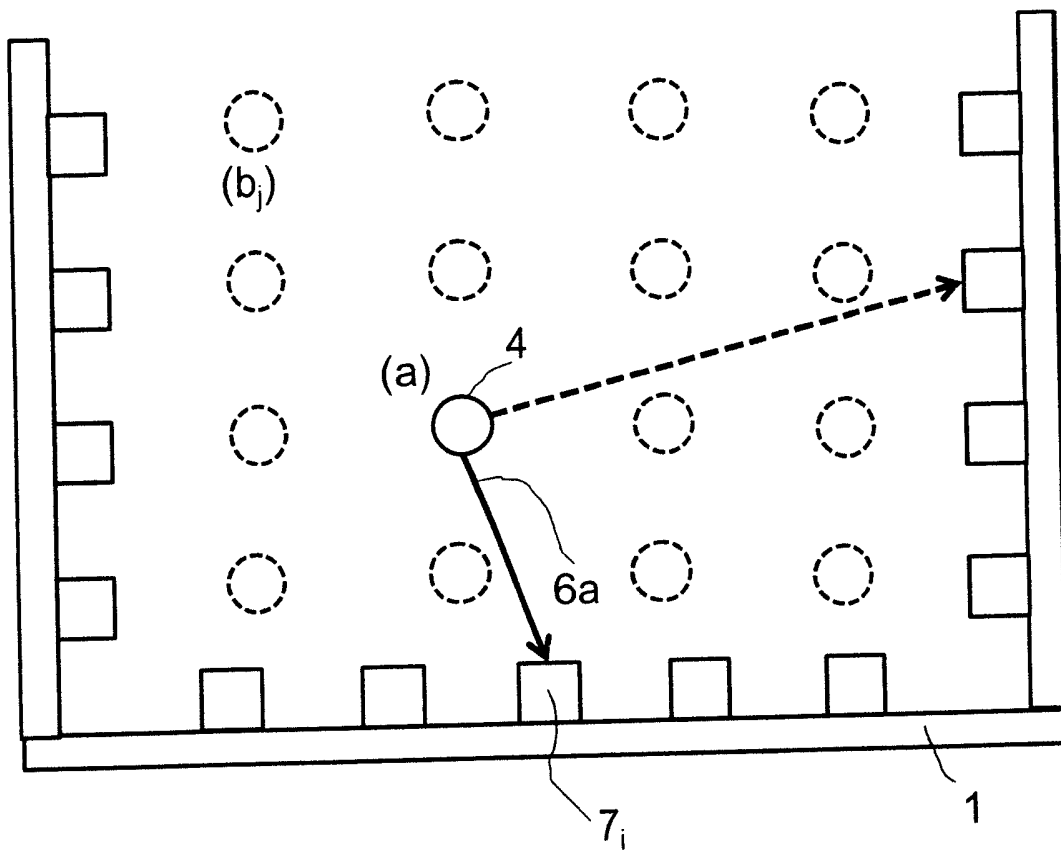
Obr. 1



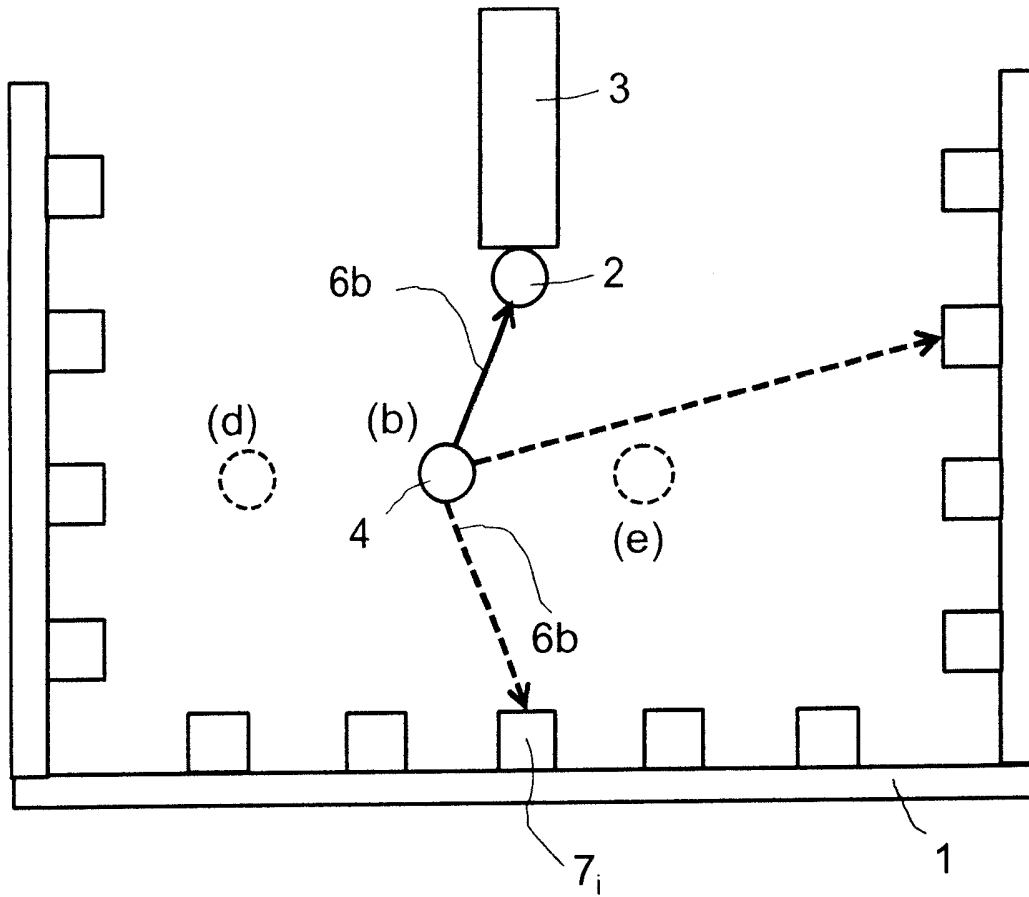
Obr. 2



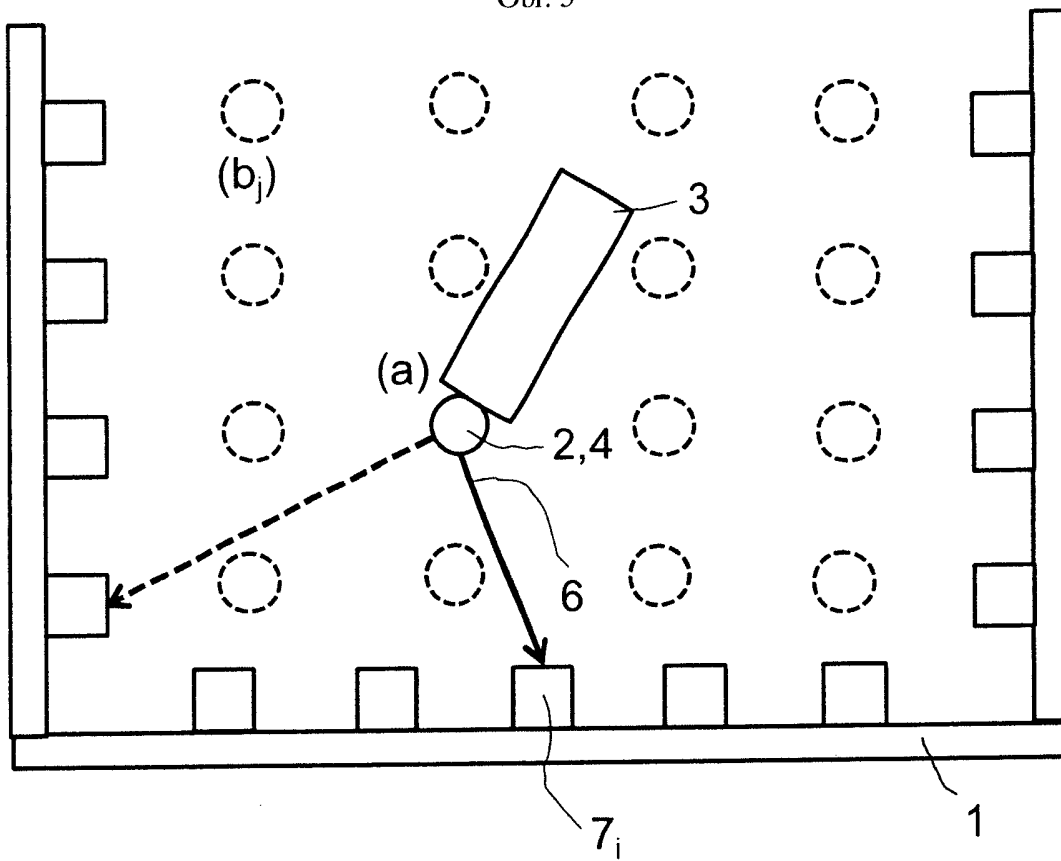
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6