

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

25691

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B25J 15/02 (2006.01)
B25J 9/06 (2006.01)
B25J 18/06 (2006.01)
B25J 18/02 (2006.01)
B23Q 1/72 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSL OVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2012 - 26658**

(22) Přihlášeno: **10.09.2012**

(47) Zapsáno: **29.07.2013**

(73) Majitel:

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Praha 6, CZ

(72) Původce:

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

Bauma Václav Doc. Ing. CSc., Praha 5, CZ

Šika Zbyněk Prof. Ing. PhD., Praha 6, CZ

Svatoš Petr Ing., Pyšely, CZ

(74) Zástupce:

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

(54) Název užitého vzoru:

Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního základního pohyblivého mechanismu, zvláště průmyslových robotů a obráběcích strojů

CZ 25691 U1

Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního základního pohyblivého mechanismu, zvláště průmyslových robotů a obráběcích strojů

Oblast techniky

5 Technické řešení se týká zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního základního pohyblivého mechanismu, zvláště průmyslových robotů a obráběcích strojů, se základním pohyblivým mechanismem uchyceným k rámu a nesoucím nástroj připevněný k základnímu koncovému efektoru.

Dosavadní stav techniky

10 Tuhost je jeden z nejdůležitějších požadavků na konstrukce. Tuhost se pasivně zvyšuje různými strukturálními modifikacemi pomocí rozsáhlých optimalizací.

Aktivním mechatronickým řešením se většinou ovlivňuje přímo jen tlumení vibrací nebo deformace, tuhost se tak ovlivňuje jen nepřímo. Do struktury konstrukce se umísťují aktivní prvky, většinou piezoelektrické aktuátory, ale také elektrodynamické, magnetostrikční, hydraulické nebo magnetorheologické, případně iontové polymery. Aktivní prvky jsou umístěny do prvků 15 konstrukce, prutů příhradové konstrukce, na povrchu nosníků nebo skořepin jako piezoelektrické aktuátorové záplaty nebo celé aktivní vrstvy, do aktuátorů lan spojujících části konstrukce nebo jako připevňovací prvky přídavných hmot.

Mechanismy řízeného tlumení vibrací jsou založeny na přídavném tlumení, vibroizolaci, vibrokompenzaci nebo vibroabsorbci. Dále rozlišujeme aktivní (s možným přívodem energie) a poloaktivní (jen s odvodem energie disipací) řízení. Aplikace sahají od křidel letadel, konstrukcí antén, radarů a teleskopů, vyvrtávacích tyčí po konstrukce lanových mostů. 20

Struktury mají obecně nekonečně mnoho stupňů volnosti, a tak struktury s aktivním řízením jsou v nebezpečí vzniku jevu destabilizace přeléváním energie, tzv. spillover. Bylo ukázáno, že toto nebezpečí nehrozí při kolokovaném řízení. Většinou tuhost potřebujeme v místě konstrukce, 25 které nelze přímo a nejkratší cestou připojit na rám, podepřít z rámu, a tak zvýšit tuhost.

Dosavadní mechanismy řízení působí většinou na relativních souřadnicích konstrukce, případně například aktivním lanem z rámu, otevřeným problémem je, zda lze analogický účinek od rámu přivést i do nepřístupných míst konstrukce a přímo ovlivnit zpětnovazebním řízením tuhost konstrukcí.

30 Byl navržen (PV 2006-123) způsob pro změnu tuhosti statických konstrukcí, který spočívá v tom, že vedle základní nosné konstrukce se vytvoří pomocná konstrukce k základní nosné konstrukci, obě konstrukce se spojí mezi sebou alespoň jedním spojovacím prvkem s řízenými vlastnostmi, stanoví se poloha připojovacích bodů spojovacího prvku vůči rámu a podle deformace základní nosné konstrukce zjištěné na podkladě měření změny polohy připojovacích bodů spojovacího prvku vůči rámu se stanoví potřebný silový účinek, kterým se působí prostřednictvím 35 spojovacího prvku na základní nosnou konstrukci pro změnu její tuhosti. Základní problém je, že toto řešení se týká jen statických konstrukcí s nutností přídavného pohonu. Toto řešení lze využít pro zvýšení tuhosti jednoho samotného ramene pohybujícího se mechanismu, ale nelze ho užít pro zvýšení tuhosti pohybujících se mechanismů s pohyblivými klouby, posuvnými vedeními 40 nebo lany.

Cílem tohoto technického řešení je zařízení pro změnu tuhosti pohybujících se mechanismů, zvláště průmyslových robotů a obráběcích strojů, kterým se zvýší nebo upraví, případně sníží jejich tuhost zvláště v nástroji na koncovém efektoru s nebo bez použití přídavného pohonu.

Podstata technického řešení

Podstata zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního základního pohyblivého mechanismu uchyceného k rámu a nesoucího nástroj připevněný k základnímu koncovému efektoru podle technického řešení spočívá v tom, že základní koncový efektor nebo rameno základního pohyblivého mechanismu je spojeno alespoň jedním spojovacím prvkem s alespoň jedním pomocným koncovým efektem sériového nebo paralelního pomocného pohyblivého mechanismu uchyceného k rámu.

Základní pohyblivý mechanismus a/nebo pomocný pohyblivý mechanismus je sériový a/nebo paralelní, s pevnými a/nebo nafouknutými a/nebo vyfouknutými a/nebo lanovými rameny.

Spojovací prvek je k základnímu koncovému efektoru a/nebo pomocnému koncovému efektoru připevněn rotačním (sférickým) kloubem a/nebo posuvně a/nebo pevně a/nebo pružným kloubem.

Zařízení je opatřeno čidly polohy připojovacích bodů spojovacího prvku a/nebo čidly pohybu v kloubech a/nebo čidly pohybu v posuvných vedeních a/nebo čidly deformace ramen a/nebo čidly deformace lan a/nebo čidly deformace spojovacího prvku a/nebo čidly polohy nástroje.

Základní pohyblivý mechanismus a/nebo pomocný pohyblivý mechanismus má více pohonů než stupňů volnosti. Spojovací prvek obsahuje případně aktuátor řízeného zdroje síly a/nebo řízeného tlumení. Pomocný koncový efektor a/nebo část pomocného pohyblivého mechanismu je vedena případně souběžně k základnímu koncovému efektoru a/nebo k části základního pohyblivého mechanismu. Spojovací prvek může být pevný a/nebo nafouknutý a/nebo vyfouknutý a/nebo lanový. Ramena základního pohyblivého mechanismu a/nebo pomocného pohyblivého mechanismu mohou být představována lany spojenými s hnacími kladkami a/nebo posuvnými hnacími kladkami na rámu a/nebo hnacími kladkami na pomocném pohyblivém mechanismu. Lana mezi základním pohyblivým mechanismem a/nebo pomocným pohyblivým mechanismem a rámem jsou vedena přes kladky na pomocném pohyblivém mechanismu, přičemž kladky mohou být opatřeny čidly pohybu.

Lana mezi základním pohyblivým mechanismem a/nebo pomocným pohyblivým mechanismem a rámem jsou vedena přes kladku na spojovacím prvkem pomocného pohyblivého mechanismu.

Lana jsou uchycena k obvodu základního pohyblivého mechanismu a/nebo pomocného pohyblivého mechanismu tečně s protisměrným silovým účinkem na základní pohyblivý mechanismus a/nebo pomocný pohyblivý mechanismus.

S výhodou lana základního pohyblivého mechanismu a/nebo pomocného pohyblivého mechanismu jsou vedena mimo pracovní prostor nástroje.

Nástroj na základním pohyblivém mechanismu je případně pohyblivý vůči základnímu koncovému efektoru a je spojen se spojovacím prvkem.

Výhodou způsobu a zařízení pro změnu tuhosti pohybujících se mechanismů je, že změna tuhosti pohybujících se mechanismů je možná pro libovolné mechanismy, zejména průmyslových robotů a obráběcích strojů, se sériovou a/nebo paralelní kinematickou strukturou, s pevnými a/nebo nafouknutými a/nebo vefouknutými a/nebo lanovými rameny.

Další výhodou je, že řešení je založeno na kolokovaném řízení, a tedy není náchylné na vznik destabilizujícího jevu spillover. Velkou výhodou je, že potřebné velikosti sil v pohonech pomocných pohyblivých mechanismů a v aktuátorech spojovacích prvků jsou přibližně shodné velikosti jako rušivé síly působící na nástroj základního pohyblivého mechanismu. Konečně výhodou je, že změna tuhosti zpětnovazebním řízením umožňuje její změnu ve velkém rozsahu, např. pro zamezení odchylek polohování nástroje působením vnějších sil. Způsob a zařízení pro změnu tuhosti pohybujících se mechanismů dále umožňuje vznik zcela nových lanových mechanismů s velkým pracovním prostorem, do kterého nezasahují lana.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených obrázcích je znázorněno zařízení pro změnu tuhosti pohybujících se mechanismů podle technického řešení, kde jednotlivé alternativy jsou uvedeny schematicky na obr. 1 až obr. 44, obr. 46 a obr. 48,

- 5 a v prostorovém uspořádání na obr. 45 a obr. 47.

Příklady provedení technického řešení

- Na obr. 1 je znázorněno provedení zařízení podle technického řešení, kdy souběžně vedle základního pohyblivého mechanismu 1 nesoucího nástroj 3 připevněný k základnímu koncovému efektoru 2 je vytvořen pomocný pohyblivý mechanismus 4 s pomocným koncovým efektem 5.
 10 Zde je znázorněn průmyslový robot se sériovou kinematickou strukturou tvořený rameny 8 spojenými rotačními klouby 9, 9a připevněný na rám 16. Oba koncové efekty 2, 5 jsou spojeny mezi sebou spojovacím prvkem 6 připojeným k základnímu koncovému efektoru 2 i pomocnému koncovému efektoru 5 rotačními klouby 9. Rotační klouby 9a mají osu rotace v průmětně obrázku kolmou na osu rotací kloubů 9. Jde o průmět prostorového průmyslového robota se 6 stupni
 15 volnosti. Pomocný pohyblivý mechanismus 4 je zde rovněž tvořen průmyslovým robotem se sériovou kinematickou strukturou, tvořený rameny 8 spojenými rotačními klouby 9, 9a a připevněný na rám 16. Pohony obou robotů jsou v rotačních kloubech 9 a 9a. Obr. 1 znázorňuje průmět prostorových průmyslových robotů zařízení podle technického řešení. Kdyby nebyly přítomné rotační klouby 9a, šlo by o rovinné průmyslové roboty s kinematickou redundancí. V tomto případě jde ale o prostorový případ. V tomto provedení jsou souběžně (přibližně rovnoběžně) vedeny nejen koncové efekty 2 a 5, ale i všechna ramena 8. Proto může být užito více spojovacích
 20 prvků 6 nejen mezi koncovými efekty 2 a 5, ale i mezi rameny 8.

- Pomocí čidel na pohonech základního 1 a/nebo pomocného 4 pohyblivého mechanismu (robota), a/nebo pomocí čidel celkové rotace (a/nebo čidel celkového posuvu v posuvných vedeních 10,
 25 jsou-li použita - například obr. 5 až 9, 35) ramen 8 základního 1 a/nebo pomocného 4 pohyblivého mechanismu, a/nebo pomocí čidel deformace v rotačních kloubech 9, 9a (a/nebo čidel deformace v posuvných vedeních 10, jsou-li použita - například obr. 5 až 9, 35) základního 1 a/nebo pomocného 4 pohyblivého mechanismu, a/nebo pomocí čidel deformace ramen 8 základního 1 a/nebo pomocného 4 pohyblivého mechanismu, a/nebo pomocí čidel deformace spojovacího prvku 6, a/nebo přímým měřením stanovíme polohu nástroje 3 připevněného k základnímu koncovému efektoru 2 a polohu připojovacích bodů spojovacího prvku 6 na pomocném koncovém efektoru 5 a na hlavním koncovém efektoru 2 vůči základnímu a/nebo pomocnému koncovému efektoru a/nebo vůči rámu, podle odchylky polohy nástroje 3 připevněného k základnímu koncovému efektoru 2 stanovíme potřebný silový účinek, kterým působíme prostřednictvím
 30 spojovacího prvku 6 na základní koncový efektor 2 základního pohyblivého mechanismu 1. Tento potřebný silový účinek je pak v provedení na obr. 1 realizován pohybem pomocného koncového efektoru 5 pomocí pohybů pohonů pomocného pohyblivého mechanismu 4. Pomocný pohyblivý mechanismus 4 je řízen tak, aby podpíral a působil skrze spojovací prvek 6 na koncový efektor 2 a nástroj 3 pro dosažení žádané polohy nástroje 3. S výhodou je poloha pomocného pohyblivého mechanismu 4 řízena tak, aby spojovací prvek 6 byl orientován ve směru výsledné působící síly.
 40

Tohoto uspořádání podle technického řešení lze však užít i k jiným způsobům změny tuhosti základního pohyblivého mechanismu 1, například zvýšení tlumení, proměnné přizpůsobení tuhosti pro kontakt s prostředím atd.

- 45 Na obr. 2 je alternativní provedení k obr. 1, kde souběžně (paralelně) jsou vedeny jen koncové efekty 2 a 5.

Na obr. 3 je alternativní provedení k obr. 2, kde spojovací prvek 6 je připevněn k základnímu koncovému efektoru 2 i k pomocnému koncovému efektoru 5 pevným spojením 11.

Na obr. 4 je alternativní provedení k obr. 3, kde spojovací prvek 6 je vybaven aktuátorem 7. Řízení může probíhat shodně jako u provedení podle obr. 1 s tím, že pro vyvinutí potřebného silového účinku, kterým se působí prostřednictvím spojovacího prvku 6 na základní koncový efektor 2 základního pohyblivého mechanismu 1 pro docílení žádané polohy nástroje 3, je užito i síly aktuátoru 7. Výhoda je, že silové působení aktuátoru 7 je kolokované s odchylkou v poloze nástroje 3. Toto uspořádání může být také užito ke změněnému algoritmu řízení, kdy pomocný koncový efektor 5 je stabilizován v žádané poloze a odchylka v poloze nástroje 3 je kompenzována silovým působením v aktuátoru 7 spojovacího prvku 6. Pomocný koncový efektor 5 představuje pružný bod v prostoru, o který se opírá aktuátor 7 pro realizaci mechatrické tuhosti.

Na obr. 5 je alternativní provedení k obr. 4, kde základní pohyblivý mechanismus 1 i pomocný pohybový mechanismus 4 jsou tvořeny nafouknutými a/nebo vyfouknutými rameny 8, která jsou spojena pružnými klouby 18 a poháněna lany 12 ovládanými posuvnými vedeními 10 s pohony na rámu 16. Může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu. Pružný kloub 18 je vlastně pevné spojení 11, jehož tuhost je taková, že působením sil dochází k jeho deformacím, které nelze zanedbat. Rozsah pohybu však nemusí být malý. Jeho výhodou je realizace kloubu bez vůlí a s minimálním třením. Nafouknuté rameno je například membrána vyztužená případně prvky odolnými na vzpěr, jehož dutina je naplněna vzduchem s přetlakem. Vyfouknuté rameno je například membrána vyztužená případně prvky odolnými na vzpěr, jehož dutina je naplněna kuličkami a vzduchem s podtlakem. Základní koncový efektor 2 nesoucí nástroj 3 je spojen spojovacím prvkem 6 vybaveným aktuátorem 7 s pomocným koncovým efektem 5 pevnými spojeními 11. Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů, přičemž zde se může navíc užít čidel pohybu a/nebo deformace v posuvných vedeních 10, a/nebo čidel pohybu a/nebo deformace v pružném kloubu 18.

Na obr. 6 je alternativní provedení k obr. 5, kde nafouknutá a/nebo vyfouknutá ramena 8 jsou spojena tradičními rotačními klouby 9. Zde je opět použit pohon lany 12, ale bylo by možné užít tradičních pohonů v rotačních kloubech 9. Opět může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu.

Na obr. 7 je alternativní provedení k obr. 2, kde základní pohyblivý mechanismus 1 i pomocný pohyblivý mechanismus 4 jsou tvořeny průmyslovými roboty s paralelní kinematickou strukturou. Platforma tvořící základní koncový efektor 2 je zavěšena na ramenech 8 spojených rotačními klouby 9 a připojenými k rámu 16 rameny 8 kloubově a/nebo posuvně, posuvnými vedeními 10 opatřenými pohony. Základní koncový efektor 2 nesoucí nástroj 3 je spojen spojovacím prvkem 6 s pomocným koncovým efektem 5 prostřednictvím rotačních (sférických) kloubů 9. Může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu.

Na obr. 8 je alternativní provedení k obr. 7, kde spojovací prvek 6 je vybaven aktuátorem 7 spojovacího prvku 6.

Na obr. 9 je další provedení zařízení podle technického řešení, zde jde o obráběcí stroj s paralelní kinematickou strukturou tvořený platformou a rameny, kde koncový efektor 2 je představován platformou, která je zavěšena na 6 ramenech 8 spojených rotačními klouby 9 na jedné straně s platformou a na druhé straně s vozíky na posuvných vedeních 10 připevněných na rám 16, přičemž pohony vozíků jsou v posuvných vedeních. Souběžně vedle základního pohyblivého mechanismu 1 nesoucího nástroj 3 připevněný k základnímu koncovému efektoru, zde platformě. Je vytvořen pomocný pohyblivý mechanismus 4. Spojovací prvek 6 je připojen k základnímu koncovému efektoru pevným spojením 11 a k pomocnému koncovému efektoru 5 rotačním (sférickým) kloubem 9a. Pomocný pohyblivý mechanismus 4 připevněný na rám 16 je zde tvořen třemi sériově řazenými vozíky v posuvných vedeních 10 s pohony. Poloha rotačního (sférického) kloubu 9a se může pohybovat posuvně ve třech kartézských souřadnicových osách a měnit tak polohu opory sférického kloubu paralelní kinematické struktury HexaSphere (popsané s pevnou polohou sférického kloubu 9a ve spisu CZ 302911). To je zvláště výhodné, protože lze vytvořit obráběcí stroj pro pět stupňů volnosti v prostoru s velkou pohyblivostí a vlastnostmi paralelní kinematické struktury. Je zde použito více pohonů (devět), než je stupňů volnosti (šest). Spojovací

vací prvek 6 by mohl být případně opatřen aktuátorem 7. Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů.

Na obr. 10 je provedení zařízení podle technického řešení, kdy je užito více, v tomto případě dvou pomocných pohyblivých mechanismů 4 s pomocnými koncovými efekty 5, které jsou spolu a se základním koncovým efektem 2 nesoucím nástroj 3 propojeny spojovacími prvky 6 opatřenými aktuátory 7 spojovacího prvku 6. U tohoto provedení je použito tři spojovacích prvků 6, z nichž jeden propojuje mezi sebou pomocné koncové efekty 5. Na obr. 10 jde buď o rovinnou variantu nebo o průmět prostorové varianty. V rovině je výhodné užití trojúhelníku spojovacích prvků 6, v prostoru je výhodné užití čtyřstěnu tvořeného 6 spojovacími prvky 6. Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů.

Na obr. 11 je příklad provedení zařízení podle technického řešení, kdy základní pohyblivý mechanismus 1 i pomocný pohyblivý mechanismus 4 jsou lanové mechanismy. Místo ramen 8 je užito lan 12a až d připevněných kladkami 13a až d s pohony na rámu 16 na straně jedné a přímo připevněných k základnímu koncovému efektoru 2 i pomocnému koncovému efektoru 5 na straně druhé. Základní pohyblivý mechanismus 1 je tak tvořen základním koncovým efektem 2 nesoucím nástroj 3 a lany 12c až d s kladkami 13c až d na rámu 16. Pomocný pohyblivý mechanismus 4 je tak tvořen základním koncovým efektem 5 a lany 12a až b s kladkami 13a až b na rámu 16. Oba koncové efekty 2 a 5 jsou spojeny spojovacím prvkem 6. Spojovací prvek 6 je připojen pevným spojením 11 k základnímu koncovému efektoru 2 a rotačním (sférickým) kloubem 9 k pomocnému koncovému efektoru 5. Rotační kloub 9 může mít různý počet stupňů volnosti. Může jít o rotační kloub s jedním stupněm volnosti realizovaný například rotorem v ložiskách nebo o rotační (sférický) kloub se dvěma stupni volnosti realizovaný například Kardanovým kloubem nebo o rotační (sférický) kloub se třemi stupni volnosti realizovaný například kulovým kloubem nebo kompletním Kardanovým závěsem. Schematické znázornění na obr. 11 může představovat jak rovinné lanové mechanismy, tak průmět prostorových lanových mechanismů.

Lan 12 s pohony v kladkách 13 pro uchycení základního pohyblivého mechanismu 1 a pro uchycení pomocného pohyblivého mechanismu 4 musí být více než počet stupňů volnosti těchto mechanismů, aby bylo možné dosáhnout ve všech lanech jen tahu, což je varianta protivůlového řízení redundantního počtu pohonů mechanismu s paralelní kinematickou strukturou. Toto protivůlové řízení musí být realizováno jako základní řízení pohybu samotných lanových mechanismů a dále popisované řízení využívá tohoto protivůlového řízení jako nástroje pro změnu tuhosti základního pohyblivého mechanismu a pro docílení žádané polohy nástroje přes působení vnějších sil.

Pro těleso v rovině řízené jako bod (tedy bez orientace) stačí 3 lana, pro těleso v rovině řízené včetně orientace stačí 4 lana. Úchyty lan kladkami k rámu tvoří mnohoúhelník, který může být nejvýše pracovním prostorem lanového mechanismu. I proto více lan může vytvořit větší pracovní prostor, ale více lan může mít problém v kolizích lan mezi sebou. Část lan lze nahradit nějakým členem tvořeným nosníkem odolným vzpěru. Pak lze s výhodou vést zbylá lana jen jedním směrem a dosáhnout tak pracovního prostoru z jedné strany volného. To bude vidět na dalších provedeních a v principu pomocný pohyblivý mechanismus 4 se spojovacím prvkem 6 představuje takový členem tvořený nosníkem odolným vzpěru.

Obdobně pro těleso v prostoru řízené jako bod (tedy bez orientace) stačí 6 lan, pro těleso v prostoru řízené včetně orientace stačí 7 lan. Úchyty lan kladkami k rámu tvoří mnohostěn, který může být nejvýše pracovním prostorem lanového mechanismu. I proto více lan může vytvořit větší pracovní prostor, a proto je obvykle užito 8 lan z rohů kvádra, ale více lan může mít problém v kolizích lan mezi sebou. I v prostoru lze část lan nahradit nějakým členem tvořeným nosníkem odolným vzpěru s výhodou pracovního prostoru z jedné strany volného od lan. I v prostoru takový člen tvořený nosníkem odolným vzpěru představuje pomocný pohyblivý mechanismus 4 se spojovacím prvkem 6.

Pravidlo, že počet lan musí být větší než počet stupňů volnosti pohybovaného objektu, platí pro celé spojení základního 1 a pomocného pohyblivého mechanismu 4. Tedy v rovině by pro zařízení na obr. 11, které má 4 stupně volnosti stačilo jen 5 lan, v prostoru má zařízení na obr. 11 s rotačním sférickým kloubem 9 celkem 9 stupňů volnosti a stačilo by jen 10 lan. To by však bylo
 5 nevhodné, protože by plně nevyužilo možnost silového působení z pomocného 4 na základní 1 pohyblivý mechanismus spojovacím prvkem 6. Proto je výhodné, když jak základní 1, tak pomocný pohyblivý mechanismus 4 jsou samostatně bez propojení spojovacím prvkem 6 ovládány lany v počtu větším, než je jejich počet stupňů volnosti. Proto je výhodné jak základní 1, tak pomocný pohyblivý mechanismus 4 zavěsit v rovině na 4 lana a v prostoru na 8 lan. Celkově
 10 tedy je v rovině užito 8 lan (například 12a až d na obr. 11) a v prostoru 16 lan (například dvakrát lana 12a až d znázorněná na průmětech na obr. 11 až 13).

Dále rotační kloub 9 může mít v prostoru různý počet stupňů volnosti. Je-li rotační kloub 9 kloub s jedním stupněm volnosti, pak má prostorové zařízení na obr. 11 sedm stupňů volnosti a stačí užití jen 8 lan. Je-li rotační kloub 9 kloub se dvěma stupni volnosti (například Kardanův kloub),
 15 pak má prostorové zařízení na obr. 11 osm stupňů volnosti a stačí užití jen 9 lan. Je-li rotační kloub 9 sférický kloub se třemi stupni volnosti (např. kulový kloub), pak má prostorové zařízení na obr. 11 devět stupňů volnosti a je třeba jen 10 lan. Při užití tohoto minimálního počtu lan nejsou však výsledné mechanické vlastnosti dobré. Proto je třeba užít aspoň o jedno lano více (například zde 9 nebo 10 nebo 11 lan podle výsledného počtu stupňů volnosti zařízení), ale nej-
 20 lépe ještě zvýšit redundanci počtu lan představujícího vlastně počet redundantních pohonů.

Měření na lanových mechanismech je prováděno měřením polohy na pohonech lan (viz obr. 40), na rotacích kladek 13 a/nebo 14 a/nebo 15 a/nebo 17, měřením síly působící v lanech 12 a deformací lan 12, deformací koncových efektorů 2 a/nebo 5, deformací spojovacích prvků 6, nebo
 25 přímým měřením polohy nástroje 3 připevněného k základnímu koncovému efektoru 2 a/nebo polohy připojovacích bodů spojovacího prvku 6 na pomocném koncovém efektoru 5 a na hlavním koncovém efektoru 2. Měření je užito k řízení pomocného pohyblivého mechanismu 4 (a aktuátoru 7, je-li užít) tak, aby podpíral a působil skrze spojovací prvek 6 na koncový efektor 2 a nástroj 3 pro dosažení žádané polohy nástroje 3 jako u předchozích provedení a/nebo základního provedení na obr. 1.

30 Možné umístění lan 12c až d a kladek 13c až d pro základní pohyblivý mechanismus 1 je na obr. 12 v pohledu shora, který je kolmý k průmětu na obr. 11.

Možné umístění lan 12a až b a kladek 13a až b pro pomocný pohyblivý mechanismus 4 je na obr. 13 v pohledu shora, který je kolmý k průmětu na obr. 11. Konstrukčním problémem bývá kolize lan. Její nebezpečí lze výhodně ovlivnit vzájemným poměrem velikosti základního koncového efektoru 2 a pomocných koncových efektorů 5, kterých může být více. Tento vzájemný
 35 poměr je například poměr velikosti jejich hran na obr. 12 a obr. 13.

Výhodné je, když lana 12 jsou uchycena v kladkách 13 a přímo na koncovém efektoru 2 a/nebo 5 tak, že body úchyty leží v různých rovinách. To je na obr. 11 zřetelné pro lana 12a a 12b pro pomocný koncový efektor 5 a pro lana 12c a 12d pro základní koncový efektor 2.

40 Další výhodné uspořádání připevnění lan na základní koncový efektor 2 je na obr. 14, kde lana 12c až d jsou upevněna na základní koncový efektor 2 tečně s tím, že alespoň jedno z lan 12c až d působí na základní koncový efektor 2 protisměrně (opačným momentem) než ostatní. Základní koncový efektor 2 má proto oválný tvar. Vhodné je, aby shodný počet lan působil v jednom směru momentem a shodný počet lan opačným směrem. Toto uspořádání zajišťuje rovnoměrný a
 45 maximalizovaný moment působení lan 12c až d na základní koncový efektor 2, který je hlavně nezávislý na poloze koncového efektoru v pracovním prostoru. Je možné užít více lan, například 6 nebo 8 zvláště v prostoru. V dolní části obr. 14 je znázorněno upevnění lan v prostorovém pohledu. S výhodou jsou lana umístěna ve více rovinách a částečně na oválný tvar koncového efektoru 2 navinuta. Protiběžné uspořádání a působení lan vždy ve shodné rovině je v dolní části
 50 obr. 14 zřejmé (zde je znázorněno užití 4 lan ve dvou rovnoběžných rovinách). Obdobné uspořádání je možné pro pomocný koncový efektor 5.

Na obr. 15 je alternativní řešení k provedení na obr. 11, kde spojovací prvek 6 je připojen k základnímu 2 i pomocnému koncovému efektoru 5 rotačními (sférickými) klouby 9 a je vybaven aktuátorem 7 spojovacího prvku 6. Spojovací prvek 6 je k základnímu koncovému efektoru 2 i pomocnému koncovému efektoru 5 připojen rotačním (sférickým) kloubem 9. Aktuátor 7 zlepšuje tuhost a přesnost polohování nástroje 3 na základním koncovém efektoru 2. Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů. Přítomnost aktuátoru 7 lze zde užít ke změněnému algoritmu řízení, kdy pomocný koncový efektor 5 je stabilizován v žádané poloze a odchylka v poloze nástroje 3 je kompenzována silovým působením v aktuátoru 7 spojovacího prvku 6. Pomocný koncový efektor 5 představuje pružný bod v prostoru, o který se opírá aktuátor 7 pro realizaci mechatronické tuhosti. Může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu.

Na obr. 16 je alternativní řešení k provedení na obr. 11, kde je užito spojovacího prvku 6 jako členu tvořenému nosníkem odolným vzpěru pro možnost vynechání lan 12d a užití vedení jen lan 12c ze základního koncového efektoru 2 jedním směrem - dolů a/nebo snížení počtu lan vedoucích ze základního koncového efektoru 2. To v dalších uspořádáních otevře cestu k tomu, že veškerá lana 12 jsou umístěna mimo pracovní prostor nástroje 3. Možné uspořádání lan 12c pro prostorové provedení je na obr. 17 nebo na obr. 18 nebo na obr. 41.

Na obr. 17 je užito 6 lan 12c. Užití 6 lan místo jen nutných 3 lan 12c (7 nebo 8 lan 12a a b a 3 lana 12c) umožňuje dosáhnout velkou pohyblivost orientace v analogii s HexaSpherem (popsaným s pevnou polohou sférického kloubu 9 ve spisu CZ 302911, HexaSphere dosáhl orientace o ± 100 stupňů).

Na obr. 18 je užito 8 lan 12c pro větší účinek na tuhost, dexteritu a přesnost. Uspořádání lan pomocného pohyblivého mechanismu 4 je například podle obr. 13 nebo na obr. 42.

Na obr. 19 je schematicky znázorněno alternativní řešení k provedení na obr. 16, kde je plně využito spojovacího prvku 6 jako členu tvořenému nosníkem odolným vzpěru pro možnost vedení všech lan 12 mimo pracovní prostor nástroje 3. To je dosaženo tím, že kladky 13b na obr. 16 na rámu pevně upevněné jsou u tohoto provedení nahrazeny posuvnými kladkami 15b v posuvném vedení 10 na rámu 16. To umožňuje, že lana 12b nezasahují do pracovního prostoru nástroje 3 a leží spolu s kladkami 15b v podstatě pod základním koncovým efektozem 2. Kladky 15b na posuvném vedení 10 na rámu 16 jsou opatřeny jak pohonem pro navíjení lan 12b, tak pohonem pro posun po rámu 16 (alternativy realizace viz obr. 40). To umožňuje, že posuvem kladek 15b na posuvném vedení 10 na rámu 16 je zaručeno jednak, že pomocný koncový efektor 5 je stále zavěšen na lanech 12a a b z obou stran (důležité je, že lana 12b vedou na obr. 19 vzhůru) ve všech polohách pomocného koncového efektoru 5, a jednak, že všechna lana 12a a c, ale především lana 12b jsou pod základním koncovým efektozem 2 a nástrojem 3, a tedy pracovní prostor nástroje 3 je zcela volný, aniž do něj zasahují lana 12a až c. Uspořádání lan 12c základního pohyblivého mechanismu 1 je například podle obr. 17 nebo obr. 18 nebo obr. 41 a lan 12a a b pomocného pohyblivého mechanismu 4 je například podle obr. 13 nebo obr. 42. Jinou možností je, že i lana 12a a b pomocného pohyblivého mechanismu 4 byla uspořádána podle obr. 17 či obr. 41 v počtu 6 nebo obr. 18 v počtu 8.

Na obr. 20 je další provedení zařízení podle technického řešení, které se od provedení na obr. 19 liší tím, že obsahuje dva pomocné pohyblivé mechanismy 4a a 4b uspořádané v sérii nad sebou. Mezi základním koncovým efektozem 2 základního pohyblivého mechanismu 1 a pomocným koncovým efektozem 5a pomocného pohyblivého mechanismu 4a je uspořádán spojovací prvek 6a představující člen tvořený nosníkem odolným vzpěru pro možnost vedení lan 12c jen jedním směrem (na obr. 20 dolů) a pro možnost velké pohyblivosti jako u pevného mechanismu HexaSphere (popsané s pevnou polohou sférického kloubu 9 ve spisu CZ 302911). Spojovací prvek 6a je připevněný pevným spojením 11 k základnímu koncovému efektoru 2 a rotačním (sférickým) kloubem 9 k pomocnému koncovému efektoru 5a. Mezi pomocným koncovým efektozem 5a pomocného pohyblivého mechanismu 4a a pomocným koncovým efektozem 5b pomocného pohyblivého mechanismu 4b je uspořádán spojovací prvek 6b opatřený aktuátorem 7 pro zvýšení tuhosti pomocného koncového efektoru 5a. Právě zvýšení tuhosti pomocného konco-

vého efektoru 5a zvyšuje tuhosti polohy spojovacího prvku 6a a umožňuje orientaci nástroje 3 ve velkém rozsahu, což je velkou výhodou tohoto uspořádání. Spojovací prvek 6b je připevněný pevným spojením 11 k pomocnému koncovému efektoru 5a i k pomocnému koncovému efektoru 5b. Jsou dále užity kladky 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16, které umožňují, aby veškerá lana 12, 12c byla na obr. 20 pod nástrojem 3 a jeho pracovní prostor byl z jedné strany zcela volný. Lana 12 jsou uspořádána podle obr. 13 nebo obr. 42 pro pomocné pohyblivé mechanismy 4a a 4b a lana 12c podle obr. 17 nebo obr. 18 nebo obr. 41 pro základní pohyblivý mechanismus 1.

Na obr. 21 je alternativní provedení k obr. 20, kde je užito druhého pomocného pohyblivého mechanismu 4b pro snížení počtu lan nesoucích první pomocný pohyblivý mechanismus 4a. Tím se umožní bez použití kladek 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16, aby veškerá lana 12 byla na obr. 21 pod nástrojem 3 a jeho pracovní prostor byl zcela volný.

Na obr. 22 je alternativní provedení k obr. 21, kde jsou užity kladky 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16, které v daném případě ještě zvětšují možnost vedení veškerých lan 12 pod nástrojem 3 a tím dalšího možného zvětšení jeho pracovního prostoru.

Na obr. 23 je alternativní provedení k obr. 21, kde lana 12 ze základního koncového efektoru 2 jsou nejdříve vedena přes kladky 14 na pomocném pohyblivém mechanismu 4a na kladky 13 na rámu 16. Toto uspořádání umožňuje, aby lana 12 a lana 12a byla vedena na rám 16 rovnoběžně (souběžně), a tak byl podstatně snížen problém jejich kolizí. Počet lan 12 a lan 12a je například 6 s upořádáním podle obr. 17 nebo obr. 41 (6 lan 12 a 6 lan 12a) nebo například 8 s upořádáním podle obr. 18 (8 lan 12 a 8 lan 12a). Počet lan 12b je například 8 s upořádáním podle obr. 13 nebo obr. 42.

Na obr. 24 je alternativní provedení k obr. 23, kde pomocné koncové efekty 5a a 5b jsou spojeny alespoň dvěma spojovacími prvky 6b s aktuátory 7. Tím je zlepšena možnost silového působení z pomocného pohyblivého mechanismu 4b na pomocný pohyblivý mechanismus 4a. V rovině je vhodné užít 2 spojovací prvky 6b a v prostoru 3 (pro působení obecnou silou) nebo 6 (pro působení obecnou silou a momentem) spojovacích prvků 6b. Další vhodné uspořádání spojovacích prvků je na obr. 45 a obr. 46.

Na obr. 25 až 27 jsou znázorněny alternativní provedení k obr. 20, kde lanový základní pohyblivý mechanismus 1 je spojen sériově spojovacími prvky 6a a 6b postupně se dvěma lanovými pomocnými pohyblivými mechanismy 4a a 4b uspořádanými v sérii nad sebou. Odlišnost provedení na obr. 25 a obr. 26 od provedení na obr. 20 až 24 je, že druhý pomocný pohyblivý mechanismus 4b je spojen spojovacím prvkem 6b rotačními klouby 9b s pomocným koncovým efektozem 5a i 5b. Odlišnost provedení na obr. 27 od provedení na obr. 20 až 24 je, že druhý pomocný pohyblivý mechanismus 4b je spojen spojovacím prvkem 6b posuvným vedením 10b s pomocným koncovým efektozem 5a. Provedení na obr. 25 neobsahuje ve spojovacích prvcích 6a a 6b aktuátory. Provedení na obr. 26 obsahuje aktuátory 7a a 7b v obou spojovacích prvcích 6a a 6b. Provedení na obr. 27 se odlišuje tím, že spojovací prvek 6b je spojen pevným spojením 11b s pomocným koncovým efektozem 5b a posuvným vedením 10b s pomocným koncovým efektozem 5a. Toto uspořádání lze využít k tomu, že poloha spojovacího prvku 6b se pomocí posuvného vedení 10b přizpůsobí průsečíku reakční síly ze spojovacího prvku 6a s posuvným vedením 10b, a tak se zmenší vznik přídavného momentu namáhajícího spojovací prvek 6b. S výhodou by i posuvné vedení 10b bylo vybaveno aktuátorem pro zachycení i průmětu reakční síly ze spojovacího prvku 6a do posuvného vedení 10b.

Podle výskytu počtu aktuátorů 7 spojovacího prvku v příslušných spojovacích prvcích 6 se liší způsob řízení pohonů v mechanismu. Pokud není přítomen aktuátor 7 spojovacího prvku, pak celé pomocné silové působení přebírají pohony pomocných pohyblivých mechanismů 4. Pokud jsou přítomny aktuátory 7 spojovacího prvku, pak se užije jejich silového působení, které je s výhodou kolokované s rušivými silami a je k dispozici navíc vedle silového působení pohonů pomocných pohyblivých mechanismů 4. Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů.

Na obr. 28 až 34 jsou znázorněna provedení lanových pohyblivých mechanismů pro realizaci ekvivalentu horizontálních nebo portálových obráběcích strojů. Ve všech případech může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu. Nástroje horizontálních nebo portálových obráběcích strojů vykonávají v základních provedeních jen posuvné kartézské pohyby. Proto jsou spojovací prvky 6a a 6b na obr. 28 a obr. 29 připevněny na koncové efektoři 2, 5a, 5b jen pevnými spojeními 11, která zachovávají jejich konstantní orientaci. Proto je na obr. 30 až 34 také užito jen pevných spojení 11 pro připevnění spojovacích prvků 6 a dále jen jednoho pomocného pohyblivého mechanismu 4. Jinak uspořádání na obr. 28 a obr. 29 vycházejí z uspořádání na obr. 27 se základním koncovým efektem 2 spojeným v sérii se dvěma pomocnými koncovými efekty 5a a 5b a uspořádání skupin lan 12 a uspořádání na obr. 20 až 34 jsou zjednodušena užitím jen jednoho pomocného pohyblivého mechanismu 4. Všechna uspořádání na obr. 28 až 34 zaručují, že lana 12 nezasahují do pracovního prostoru nástroje 3. Tento pracovní prostor je pak zvětšován užitím kladek 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16 místo kladek 13.

Například pracovní prostor na obr. 29 je zvětšen oproti pracovnímu prostoru na obr. 28 tím, že jsou užity kladky 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16. Podobně zvětšení pracovního prostoru je u uspořádání na obr. 32 oproti uspořádání na obr. 31 a na obr. 34 oproti obr. 33.

Uspořádání na obr. 30 je pak plný lanový ekvivalent portálového obráběcího stroje. Uspořádání na obr. 30 má jen jeden pomocný koncový efektor 5, protože jde jen o podporu tuhosti pro posuvné kartézské pohyby. Pracovní prostor nástroje 3 by mohl být ještě zvětšen užitím kladek 15 na posuvném vedení místo kladek 13. Spojovací prvek 6 je opatřen aktuátorem 7 pro zvýšení tuhosti základního pohyblivého mechanismu 1.

Provedení na obr. 31 až 34 vzniknou z uspořádání na obr. 30 otočením o 90 stupňů a drobnými modifikacemi a z ekvivalentu portálového obráběcího stroje vznikne ekvivalent horizontálního obráběcího stroje.

Provedení na obr. 31 dále ukazují možné užití nafouknutého nebo vyfouknutého ramene pro spojovací prvek 6, který je v tom případě připojen k základnímu 2 a pomocnému koncovému efektoru 5 pružnými klouby 18 místo pevných spojení 11. Výhodou je snížení hmotnosti spojovacího prvku 6. Provedení na obr. 32 užívá pro zvětšení pracovního prostoru nástroje 3, oproti provedení na obr. 31, kladky 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16, ale neužívá aktuátoru 7 spojovacího prvku 6.

Provedení na obr. 33 dále ukazuje možné užití lan pro spojovací prvek 6. Základní koncový efektor 2 nesoucí nástroj 3 je spojen s pomocným koncovým efektem 5 spojovacím prvkem 6 tvořeným prvkem odolným na vzpěr a opatřeným aktuátorem 7 a dále je spojen spojovacími prvky 6a a 6b tvořenými lany. Lano spojovacího prvku 6b je navíc opatřeno aktuátorem 7. Tento aktuátor může být piezoaktuátor. Jiná možnost uspořádání aktuátoru 7 pro lano spojovacího prvku 6b by bylo užití poháněných kladek na pomocném pohyblivém mechanismu 4, (viz poháněná kladka 17 na obr. 39). Jiné výhodné uspořádání tohoto lanového spojení základního 2 a pomocného a koncového efektoru 5 je na obr. 46. Výhoda užití lan je snížení hmotnosti a zvýšení poměru tuhost ku hmotnosti.

Provedení na obr. 34 užívá pro zvětšení pracovního prostoru nástroje 3 oproti obr. 33 kladky 15 na posuvných vedeních 10 na rámu 16 a také užívá aktuátor 7 spojovacího prvku.

Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů.

Na obr. 35 je alternativní provedení k provedením na obr. 10 a 20, kde bylo užito více pomocných pohyblivých mechanismů 4. Je užito dvou pomocných pohyblivých mechanismů 4, z nichž jeden působí spojovacím prvkem 6 vybavený aktuátorem 7 spojovacího prvku na základní koncový efektor 2 základního pohyblivého mechanismu 1 a druhý působí spojovacím prvkem 6 také vybavený aktuátorem 7 spojovacího prvku na rameno 8 základního pohyblivého mechanismu 1. Na tomto příkladu jsou všechny pohyblivé mechanismy 1, 4 tvořeny pevnými rameny 8. Také pomocný pohyblivý mechanismus 4a se liší od pomocného pohybového mechanismu 4 tím, že ve struktuře pomocného pohyblivého mechanismu 4a je užito posuvné vedení 10 vybavené poho-

nem, například teleskopickým šroubem. Může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivých mechanismů.

Na obr. 36 je další alternativní provedení k provedením na obr. 10 a 20, kde bylo užito více pomocných pohyblivých mechanismů 4, z nichž některé 4a a 4b působí spojovacím prvkem 6a a 6b na ramena pomocného pohyblivého mechanismu 4, která jsou v daném případě tvořena lany 12a a 12b vedenými z pomocného koncového efektoru 5 na rám přes kladky 14a a 14b umístěnými na spojovacím prvku 6a, 6b pomocného pohyblivého mechanismu 4a, 4b. Základem je provedení uvedené na obr. 16. Pro zvětšení pracovního prostoru nástroje 3 je zde místo řešení na obr. 19 s kladkami 15 na posuvném vedení užito dvou pomocných pohyblivých mechanismů 4a a 4b se zvláštním uspořádáním. Pomocné pohyblivé mechanismy 4a, 4b jsou tvořeny ramenem 8 připojeným k rámu 16 rotačním (sférickým) kloubem 9 a lany 12 vedenými z pomocných koncových efektorů 5a, 5b na kladky 13 na rámu 16. Pomocné koncové efekторы 5a, 5b jsou spojeny spojovacími prvky 6a, 6b s lany 12a, 12b představujícími ekvivalenty pevných ramen 8. Spojovací prvky 6a, 6b jsou k pomocnému koncovému efektoru připojeny pevnými spojeními 11a, 11b a k lanům 12a, 12b kladkami 14a, 14b. Toto uspořádání vytváří volný pracovní prostor nástroje 3 bez zasahování lan 12. Může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu.

Na obr. 37 až 39 jsou příklady provedení kombinace lanové mechanismu pro základní pohyblivý mechanismus 1 a tradičního mechanismu s pevnými rameny pro pomocný pohyblivý mechanismus 4. Touto kombinací je snáze a ve větším rozsahu dosaženo volného pracovního prostoru nástroje 3 bez zasahování lan 12. Ve všech případech může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu. Řízení probíhá dle shora popsaných algoritmů.

Na obr. 37 je alternativa k provedení na obr. 23, kde druhý pomocný pohyblivý mechanismus 4b je nahrazen tradičním mechanismem 4b s pevnými rameny 8. Na tomto provedení je zvláště výhodné užití dvojice kladek 15 na společném posuvném vedení 10 na rámu 16, které zvětší pracovní prostor nástroje 3. Lana 12 a 12a mohou být uspořádána podle obr. 41. S výhodou může být počet spojovacích prvků 6b opatřených aktuátory 7 zvětšen obdobně jako u provedení na obr. 24.

Na obr. 38 je další alternativa k provedení na obr. 23, kde druhý pomocný pohyblivý mechanismus 4b je vynechán a pomocný pohyblivý mechanismus 4a je nahrazen tradičním mechanismem 4 s pevnými rameny 8. Na tomto provedení je výhodné užití kladek 15 na posuvném vedení 10 na rámu 16, které zvětší pracovní prostor nástroje 3. Lana 12 mohou být uspořádána podle obr. 41.

Na obr. 39 je alternativa k provedení na obr. 38, kde lana 12 základního pohyblivého mechanismu 1 nejsou vedena na rám 16, ale jen na poháněné kladky 17 na pomocném koncovém efektoru 5 na pomocném pohyblivém mechanismu 4. Tím dojde k úplnému odstranění zásahu lan 12 do pracovního prostoru nástroje 3. Nevýhodou ale je větší hmotnost pomocného pohyblivého mechanismu s pevnými rameny oproti lanovému pomocnému pohyblivému mechanismu. Lana 12 mohou být uspořádána v analogii podle obr. 41.

Na obr. 40 jsou schematicky znázorněny způsoby pohonu lan 12. Lana 12 představovaná např. lany 12a mohou být vedena na kladky 13a a přes ně na vozíky na posuvném vedení 10 opatřeném pohonem na rámu (pohybový šroub nebo lineární elektrický motor). Výhoda je, že nejsou problémy s navíjením lan na buben. Další způsob je, že zde např. znázorněná lana 12b mohou být vedena na kladky 15b na posuvném vedení 10b opatřeném posuvným pohonem a přes ně na vozíky na posuvném vedení 10bp opatřeném posuvným pohonem na rámu. Výhoda vedle odstranění problémů s navíjením lan na buben je, že poloha kladky 15 je proměnná a přizpůsobitelná pro vhodné vedení lana 12b z rámu. Další způsob je, že zde např. znázorněná lana 12c jsou vedena na kladky 13c opatřené rotačním pohonem, na nichž jsou lana 12c navíjena na buben. Výhoda je malý potřebný prostor pro pohon lana. Konečně další způsob je, že zde např. znázorněná lana 12d jsou vedena na kladky 15d opatřené rotačním pohonem, na nichž jsou lana 12d navíjena na buben, a umístěná na posuvném vedení 10d opatřeném posuvným pohonem na rámu. Výhoda je malý potřebný prostor pro pohon lana a přizpůsobení polohy kladky 15d pro vhodné vedení

lana 12d z rámu. Pohony lan 12 jsou zde znázorněny na rámu 16, ale obdobně mohou být lana 12 poháněna na pomocném pohyblivém mechanismu 4 přes kladky 17. Všechny kladky s pohony na všech příkladech provedení jsou realizovány podle některého schématu na obr. 40. Tyto realizace však na obrázcích mimo obr. 40 nejsou znázorněna s těmito detaily.

- 5 Na obr. 41 a 42 je alternativní uspořádání lan k provedení na obr. 17 a obr. 13 v konfiguraci typu Hexapod a Octapod tak, aby byly minimalizovány problémy s kolizemi lan 12a až c.

Na obr. 43 je další alternativní provedení k uspořádání na obr. 19, kde pro zajištění rozdílného směřování lan 12 a 12a je užito konstrukční výšky pomocného koncového efektoru 5 a dvojice kladek 15, 15a na společném posuvném vedení 10 na rámu 16. To umožňuje, že pracovní prostor nástroje 3 je volný bez zásahu lan ve velkém pracovním prostoru. Může jít o rovinnou i prostorovou variantu pohyblivého mechanismu. U prostorové varianty může být různý počet lan, například 10 lan podle provedení na obr. 44 nebo 12 lan podle provedení na obr. 17 nebo obr. 41 anebo 16 lan podle provedení na obr. 18.

- 15 Na obr. 44 je schematicky znázorněna prostorová varianta uspořádání z obr. 43, kde ale není užito kladek 15 na posuvném vedení, ale jen kladek 13 na rámu 16. Je užito 10 lan 12, což výhodně snižuje potřebný počet lan. Vhodné je ale užití rotačního kloubu 9a se dvěma stupni volnosti (Kardanův kloub) pro dostatečnou redundanci pohonů.

Na obr. 45 je další prostorové provedení spojení základního koncového efektoru 2 a pomocného koncového efektoru 5 více spojovacími prvky 6. Zde je užito 6 spojovacích prvků 6 uspořádaných paralelně v konfiguraci Hexapod. Spojovací prvky 6 jsou vybaveny aktuátory 7 (například piezoaktuátory nebo lineárními elektrickými motory „motor na motor“) a jsou připojeny k základnímu 2 i pomocnému koncovému efektoru 5 pružnými klouby 18. Výhodou je úplné bezvůlové silové a momentové působení pomocného koncového efektoru 5 na základní koncový efektor 2. Toto provedení lze užít i pro spojení mezi pomocnými koncovými efektoru 5a a 5b například u provedení na obr. 29 nebo obr. 37.

Na obr. 46 je další prostorové provedení spojení základního koncového efektoru 2 a pomocného koncového efektoru 5 více spojovacími prvky 6. Je užito jednoho spojovacího prvku 6 jako prvku odolného na vzpěr a 6 lan 6a uspořádaných paralelně v konfiguraci Hexapod. Zde lana 6a nejsou vybavena aktuátory 7 jako na obr. 33. Výhodou je lehké a tuhé spojení základního koncového efektoru 2 a pomocného koncového efektoru 5 spojovacími prvky 6. Lana 6a mohou být alternativně vybavena aktuátory 7. Také toto provedení lze užít i pro spojení mezi pomocnými koncovými efektoru 5a a 5b například u provedení na obr. 29 nebo obr. 37.

Na obr. 47 je znázorněno v prostoru provedení podle obr. 4. Základní pohyblivý mechanismus 1 představovaný průmyslovým robotem nesoucí nástroj 3 je spojen spojovacím prvkem 6 s aktuátorem 7 s pomocným pohyblivým mechanismem 4 představovaným průmyslovým robotem.

Na obr. 48 je schematicky znázorněna další alternativa k základnímu provedení na obr. 11. Nástroj 3 je pohyblivý vůči základnímu koncovému efektoru 2 tak, že je na základním koncovém efektoru 2 upevněn rotačním (sférickým) kloubem 9a a je spojen se spojovacím prvkem 6 pevným spojením. Spojovací prvek 6 je k pomocnému koncovému efektoru 5 připevněn rotačním (sférickým) kloubem 9. Toto uspořádání umožňuje, že pohybem pomocného koncového efektoru 5 je ovlivňován pohyb nástroje 3.

U výše uvedených provedení jsou s výhodou užity paralelní kinematické struktury s více pohony, než mají stupňů volnosti. V případě lanových mechanismů je vhodné užít více pohonů než stupňů volnosti aspoň o dva.

- 45 Veškeré uvedené varianty provedení se mohou dále libovolně kombinovat.

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

NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního základního pohyblivého mechanismu uchyceného k rámu a nesoucího nástroj připevněný k základnímu koncovému efektoru, zvláště průmyslového robota a/nebo obráběcího stroje, **v y z n a ě n é t í m**, že základní koncový efektor (2) nebo rameno (8) základního pohyblivého mechanismu (1) je spojeno alespoň jedním spojovacím prvkem (6) s alespoň jedním pomocným koncovým efektozem (5) sériového nebo paralelního pomocného pohyblivého mechanismu (4) uchyceného k rámu (16).
2. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle nároku 1, **v y z n a ě n é t í m**, že základní pohyblivý mechanismus (1) a/nebo pomocný pohyblivý mechanismus (4) je sériový a/nebo paralelní, s pevnými a/nebo nafouknutými a/nebo vyfouknutými a/nebo lanovými rameny.
3. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že spojovací prvek (6) je k základnímu koncovému efektoru (2) a/nebo pomocnému koncovému efektoru (5) připevněn rotačním kloubem (9) a/nebo posuvně (10) a/nebo pevně (11) a/nebo pružným kloubem (18).
4. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že je opatřeno čidly polohy přípojovacích bodů spojovacího prvku (6) a/nebo čidly pohybu v kloubech (9, 18) a/nebo čidly pohybu v posuvných vedeních (10) a/nebo čidly deformace ramen (8) a/nebo čidly deformace lan (12) a/nebo čidly deformace spojovacího prvku (6) a/nebo čidly polohy nástroje (3).
5. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že základní pohyblivý mechanismus (1) a/nebo pomocný pohyblivý mechanismus (4) má více pohonů než stupňů volnosti.
6. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že spojovací prvek (6) obsahuje akтуátor (7) řízeného zdroje síly a/nebo řízeného tlumení.
7. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že pomocný koncový efektor (5) a/nebo část pomocného pohyblivého mechanismu (4) je vedena souběžně k základnímu koncovému efektoru (2) a/nebo k části základního pohyblivého mechanismu (1).
8. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že spojovací prvek (6) je pevný a/nebo nafouknutý a/nebo vyfouknutý a/nebo lanový.
9. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že ramena základního pohyblivého mechanismu (1) a/nebo pomocného pohyblivého mechanismu (4) jsou představována lany (12) spojenými s hnacími kladkami (13) a/nebo posuvnými hnacími kladkami (15) na rámu (16) a/nebo hnacími kladkami (17) na pomocném pohyblivém mechanismu (4).
10. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že lana (12) mezi základním pohyb-

livým mechanismem (1) a/nebo pomocným pohyblivým mechanismem (4) a rámem (16) jsou vedena přes kladky (14) na pomocném pohyblivém mechanismu (4).

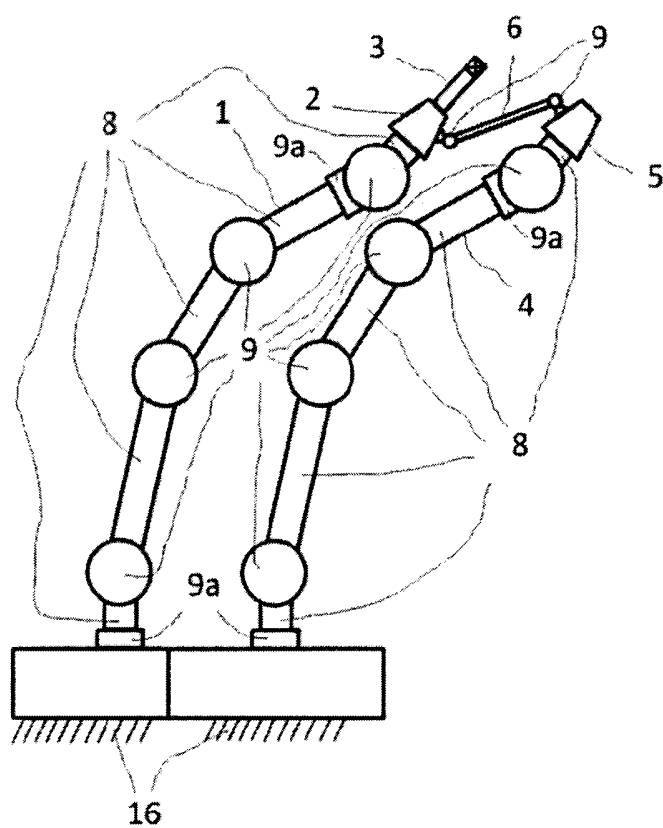
5 11. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že kladky (13, 14, 15, 17) jsou opatřeny čidly pohybu.

10 12. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že lana (12a, 12b) mezi základním pohyblivým mechanismem (1) a/nebo pomocným pohyblivým mechanismem (4) a rámem (16) jsou vedena přes kladku (14a, 14b) na spojovacím prvku (6a, 6b) pomocného pohyblivého mechanismu (4a, 4b).

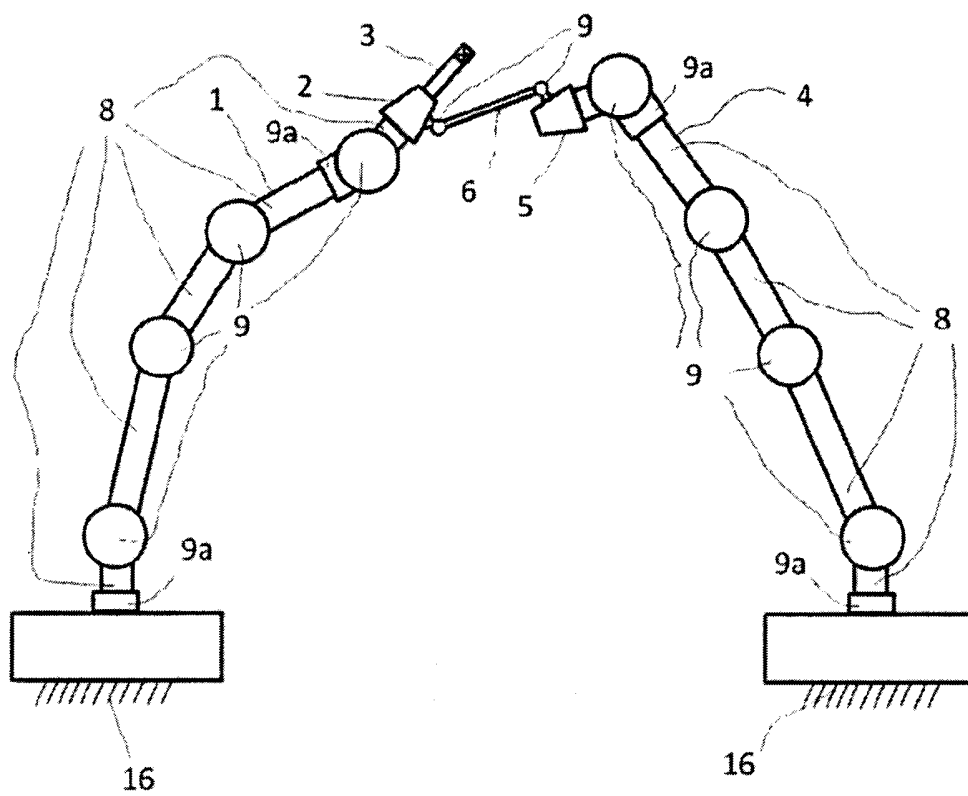
15 13. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že lana (12c, 12d) jsou uchycena k obvodu základního pohyblivého mechanismu (1) a/nebo pomocného pohyblivého mechanismu (4) tečně s protisměrným silovým účinkem na základní pohyblivý mechanismus (1) a/nebo pomocný pohyblivý mechanismus (4).

14. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že lana (12) základního pohyblivého mechanismu (1) a/nebo pomocného pohyblivého mechanismu (4) procházejí mimo pracovní prostor nástroje (3).

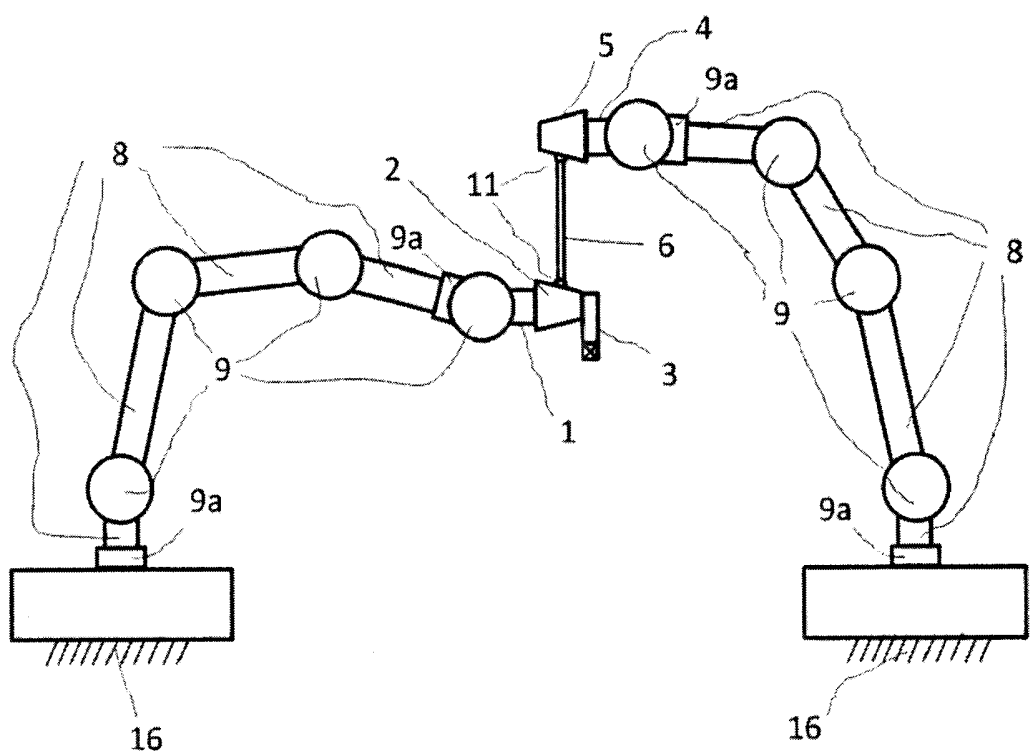
20 15. Zařízení pro změnu tuhosti sériového nebo paralelního pohyblivého mechanismu podle některého z předchozích nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že nástroj (3) je pohyblivý vůči základnímu koncovému efektoru (2) a je spojen se spojovacím prvkem (6).



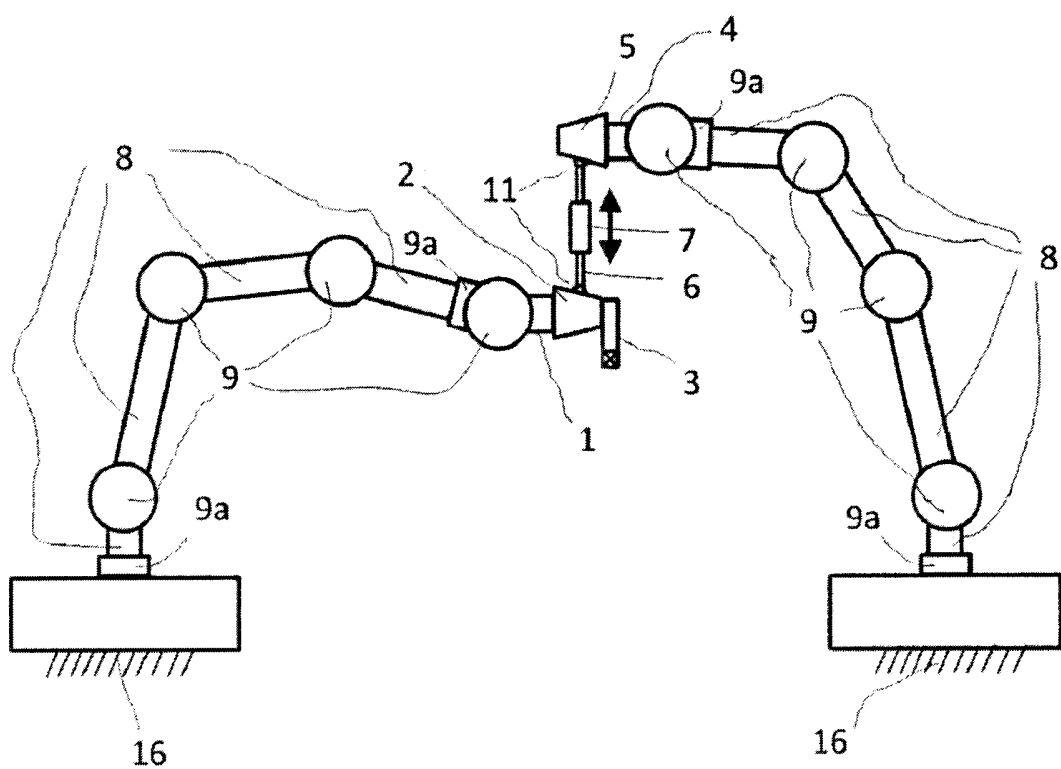
Obr. 1



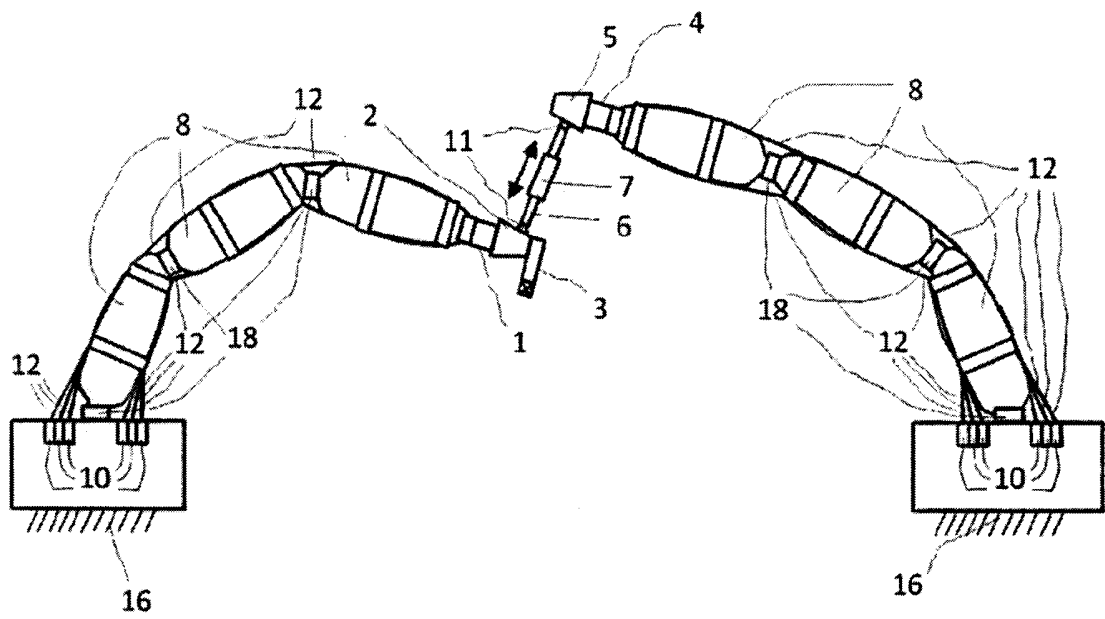
Obr. 2



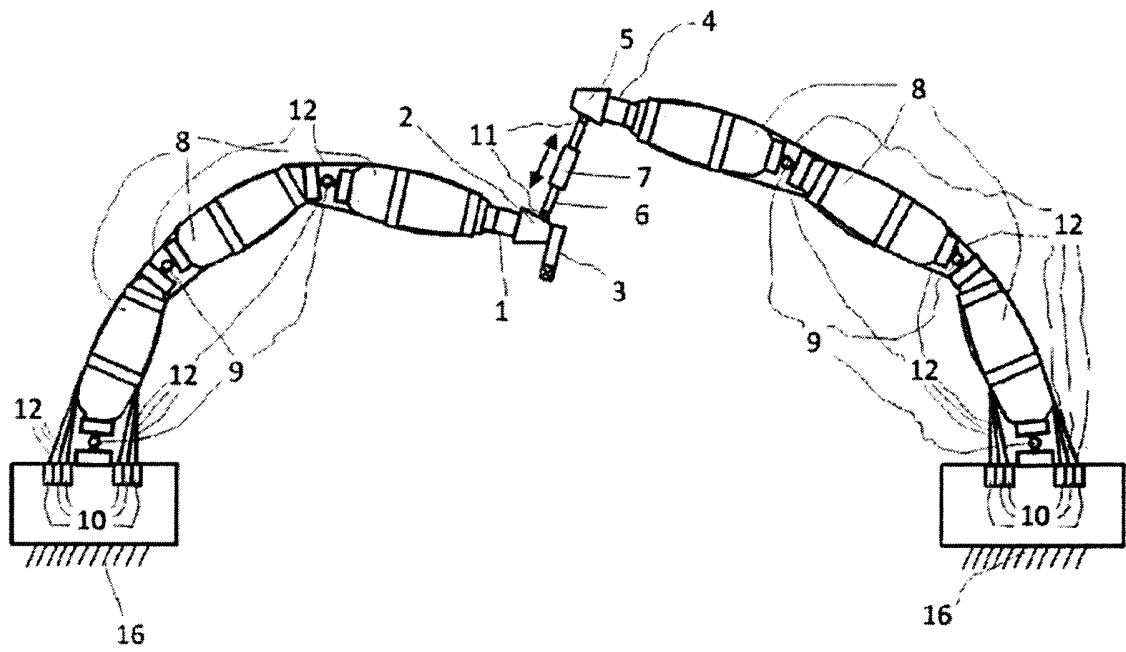
Obr. 3



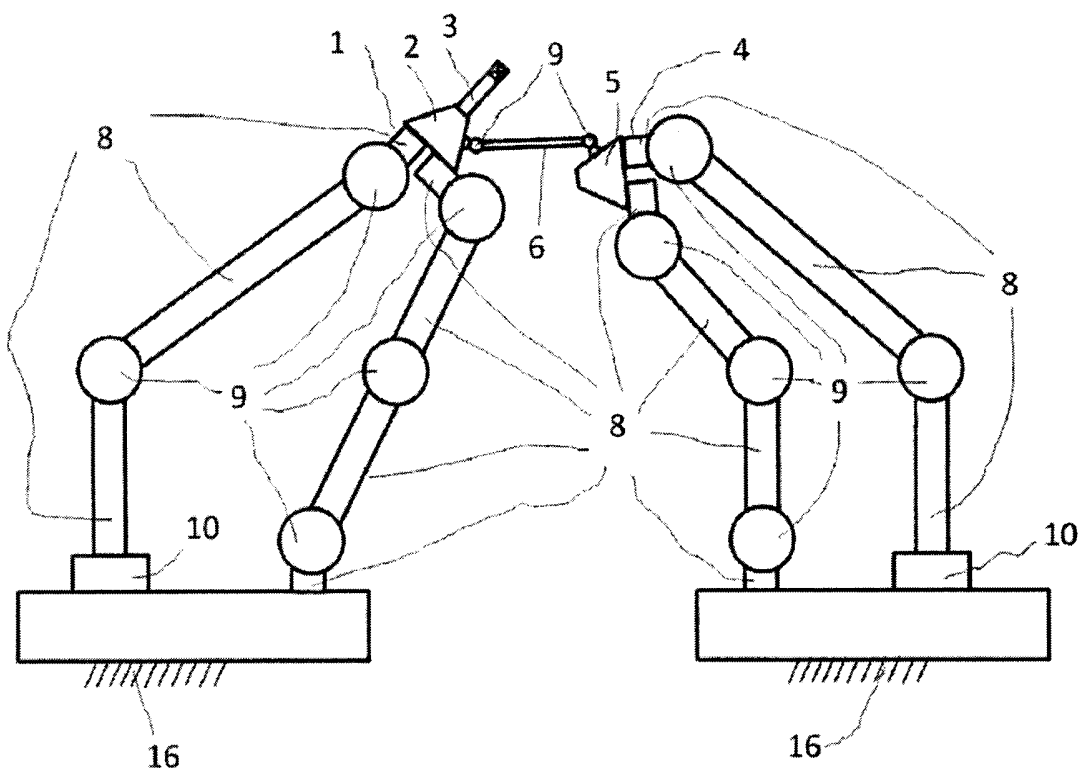
Obr. 4



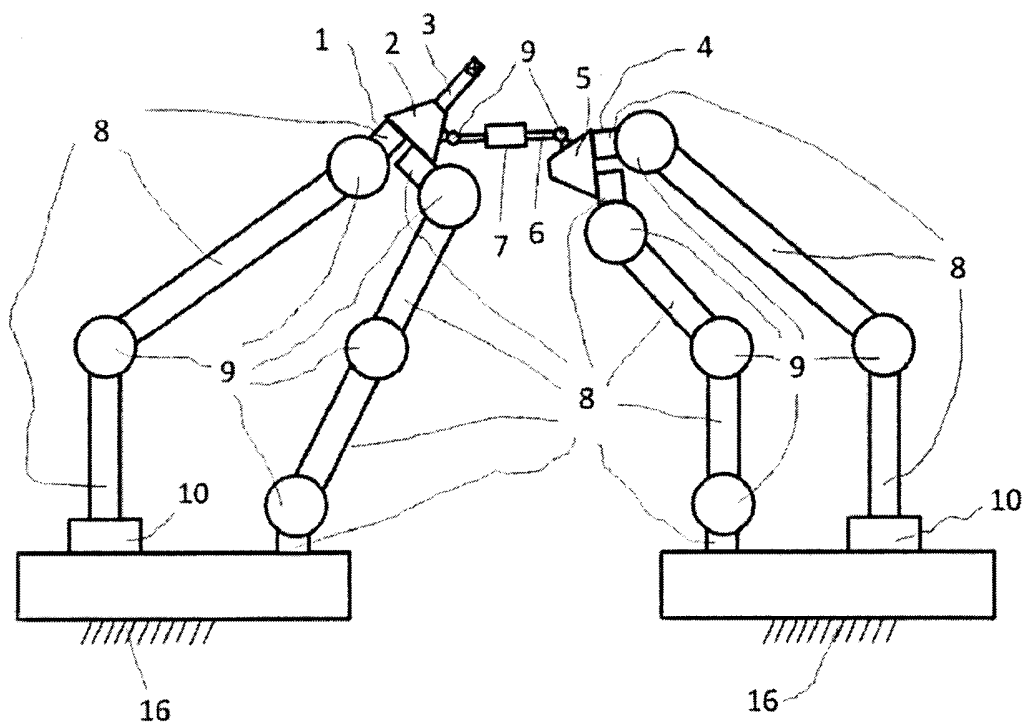
Obr. 5



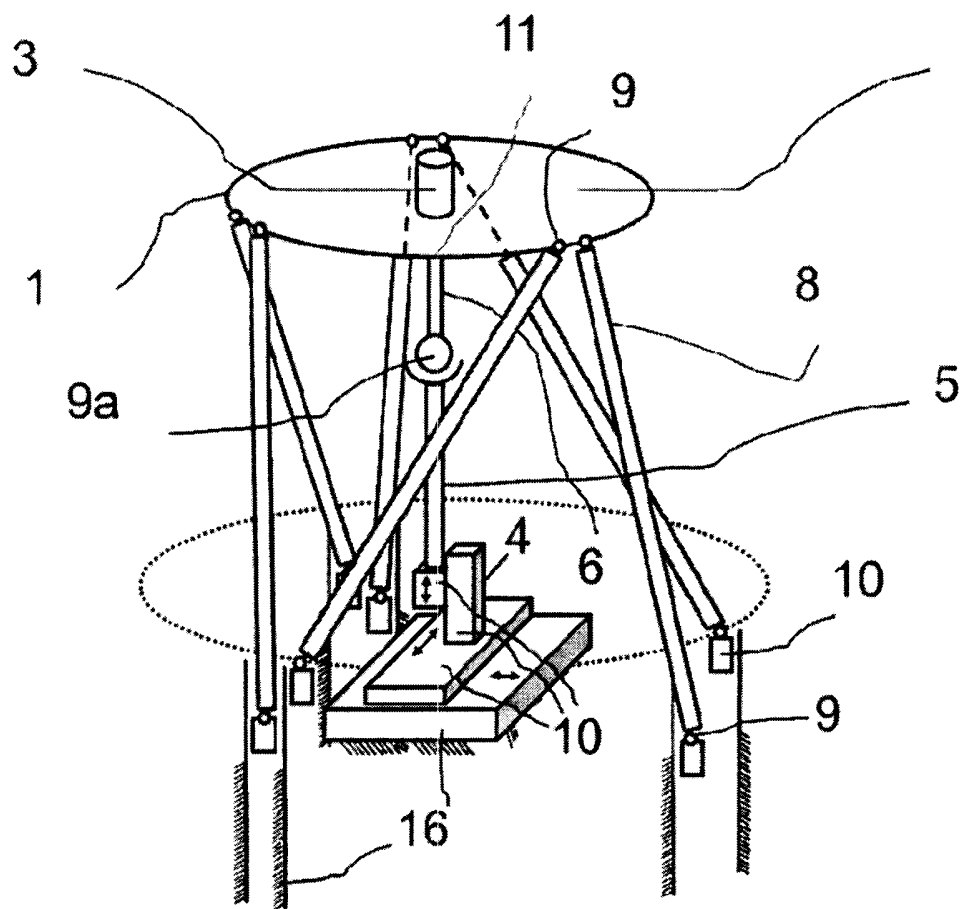
Obr. 6



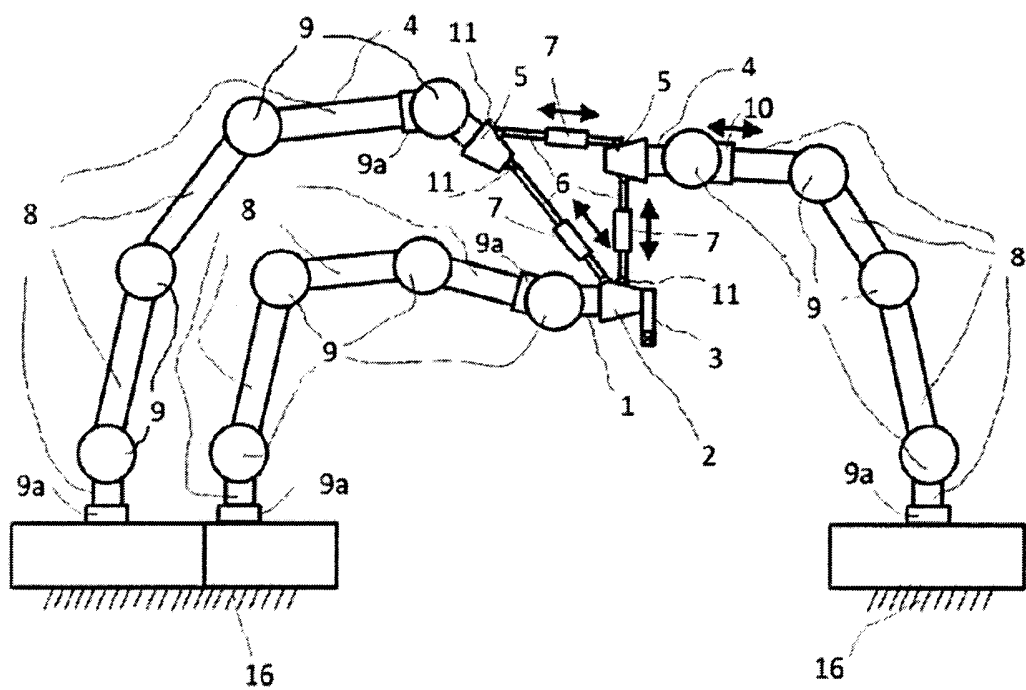
Obr. 7



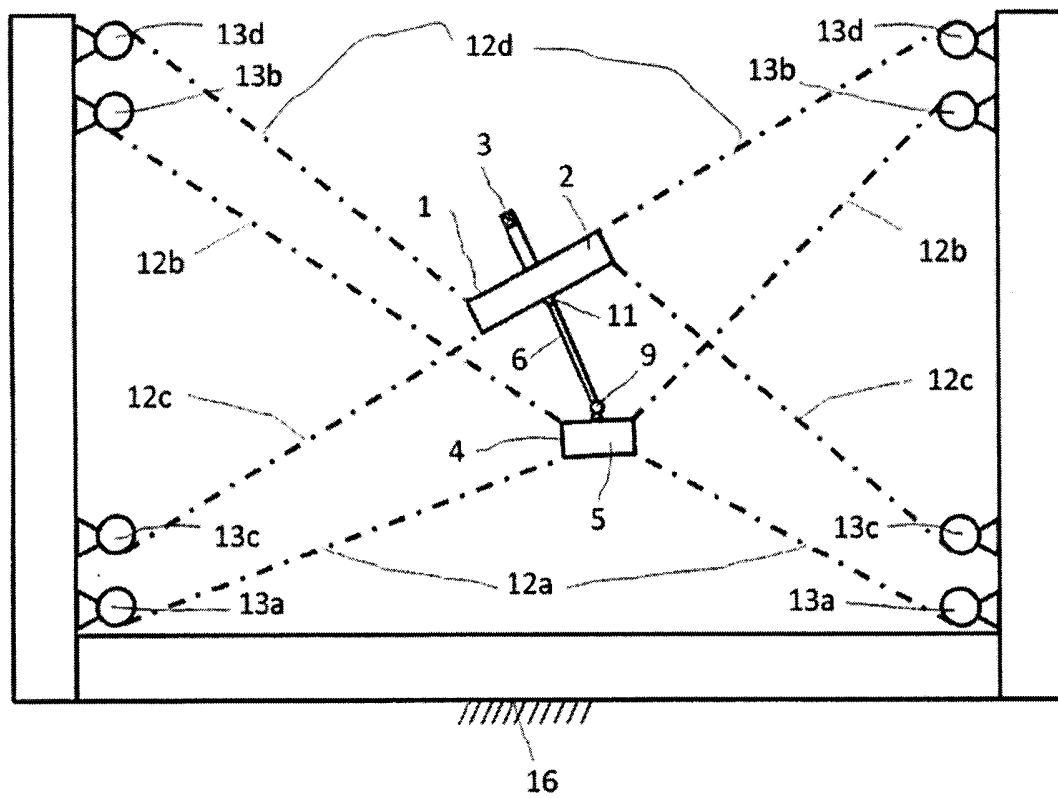
Obr. 8



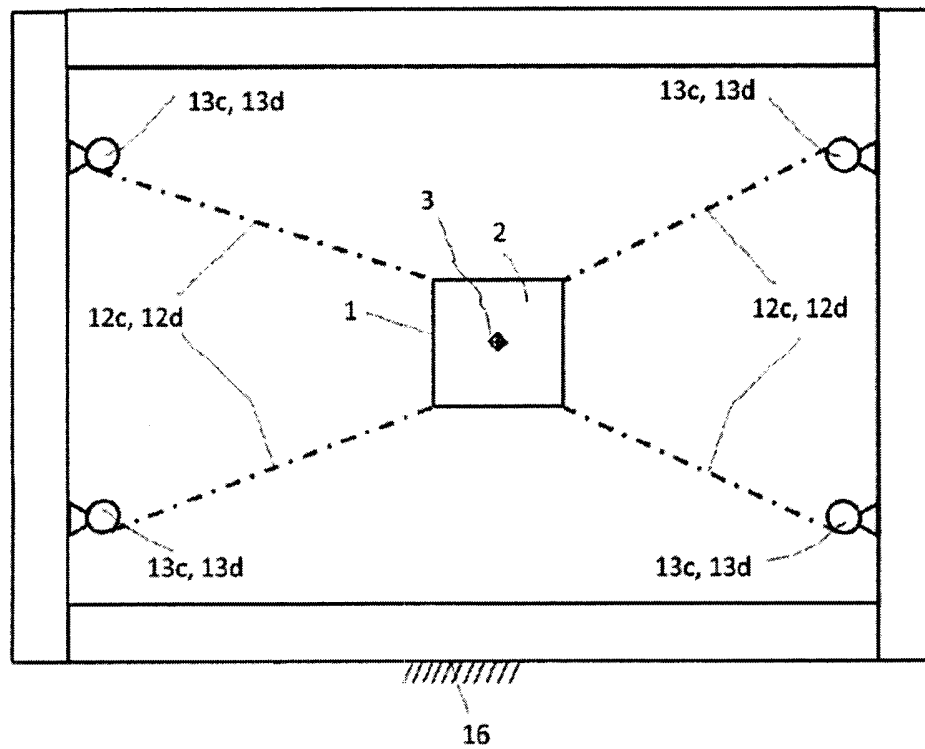
Obr. 9



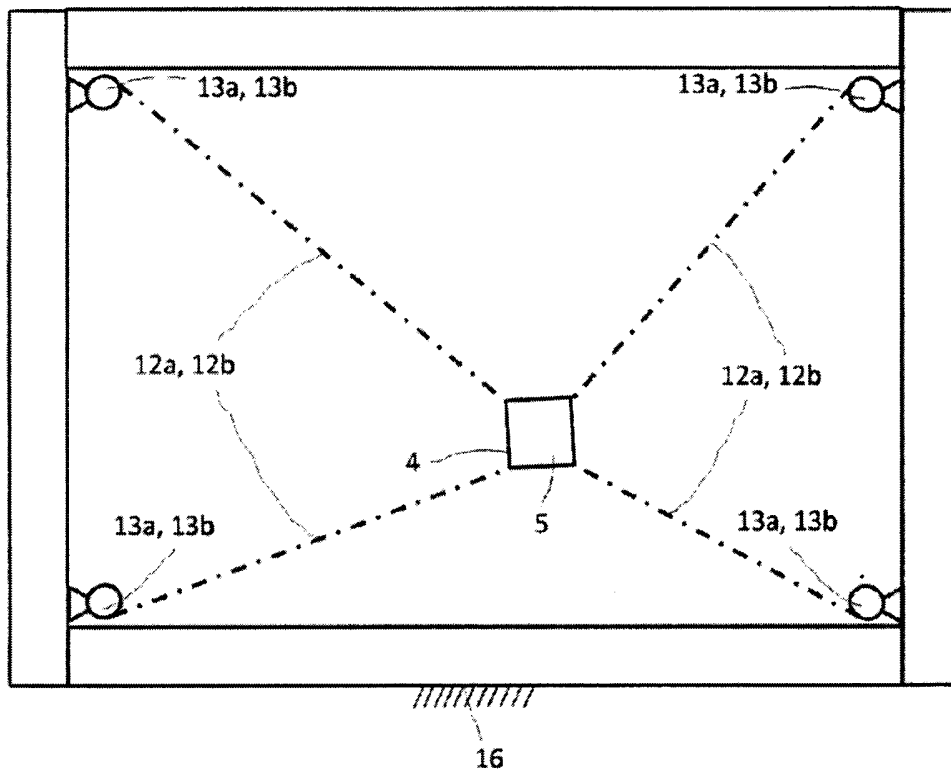
Obr. 10



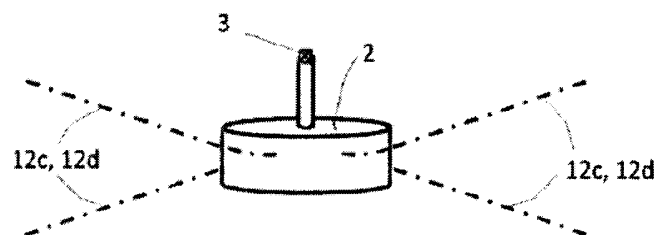
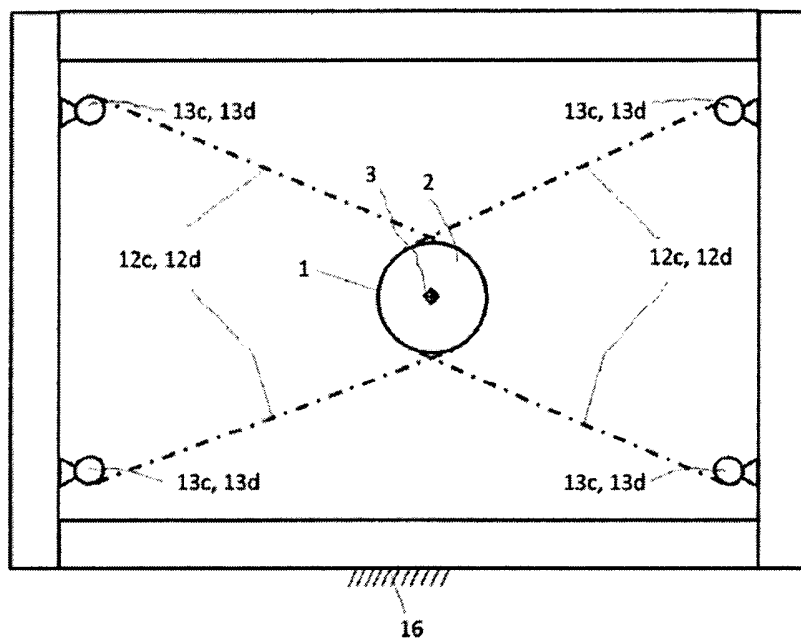
Obr. 11



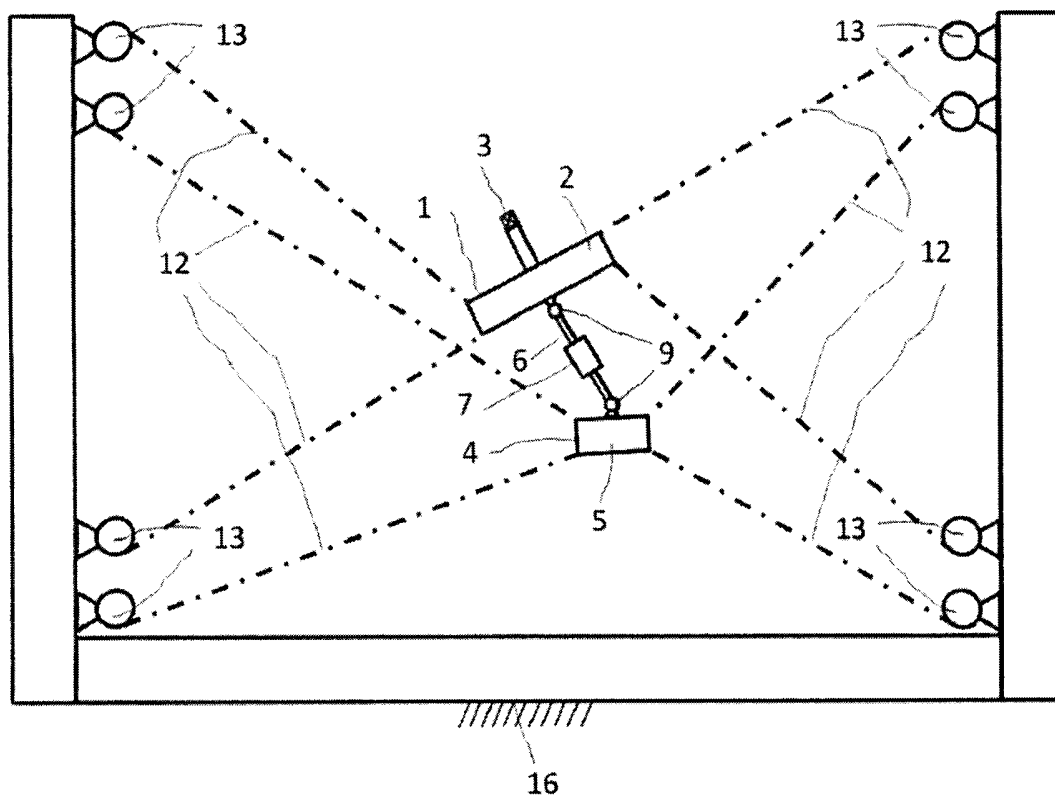
Obr. 12



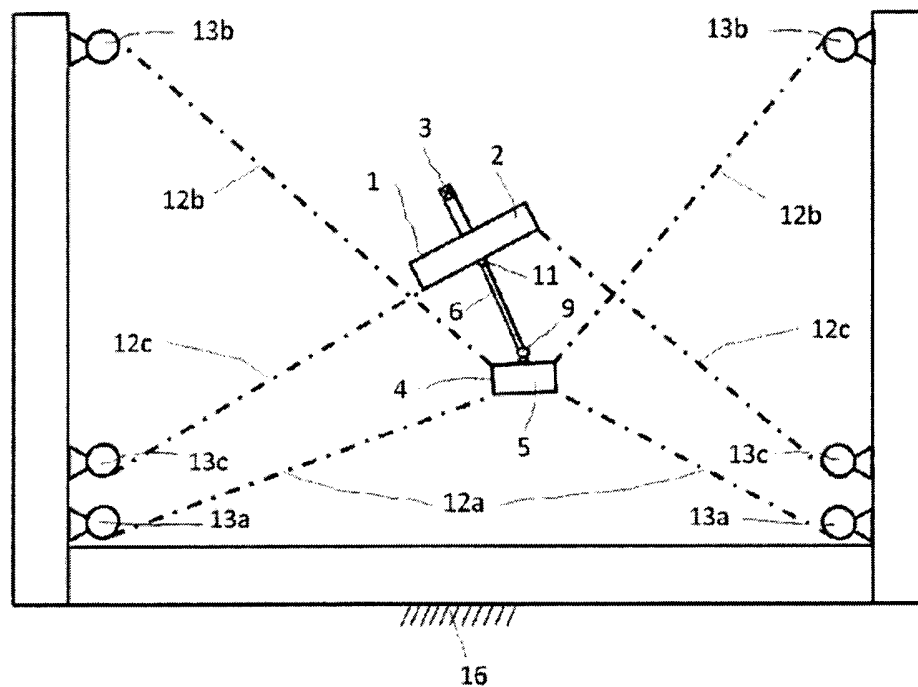
Obr. 13



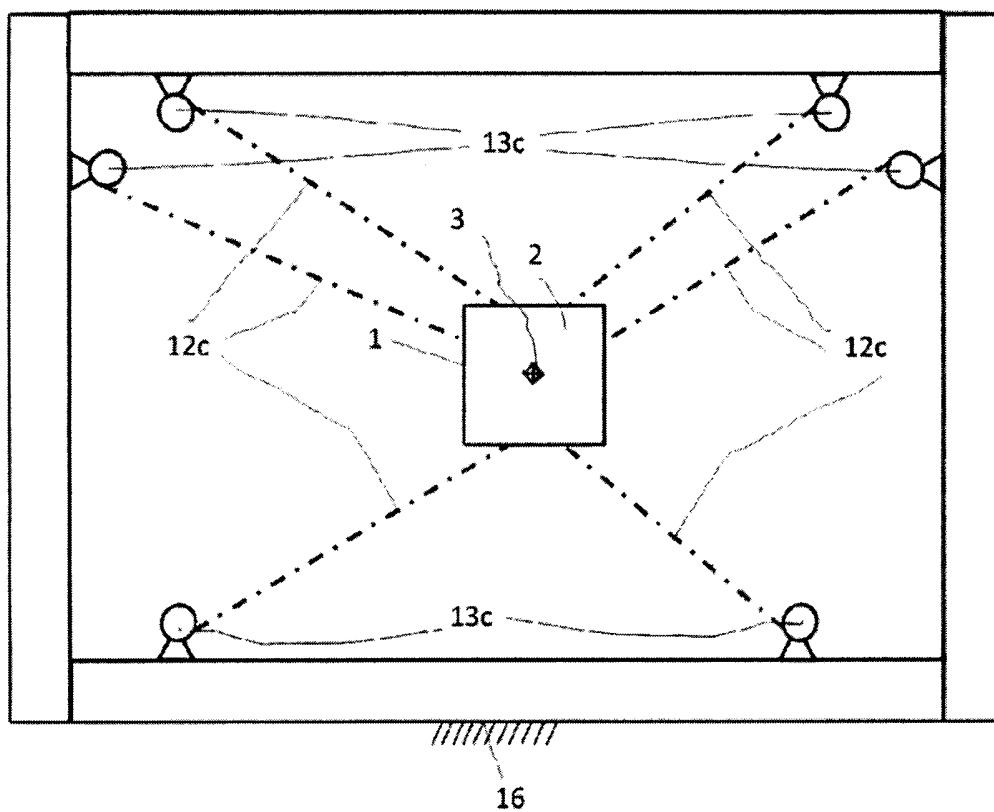
Obr. 14



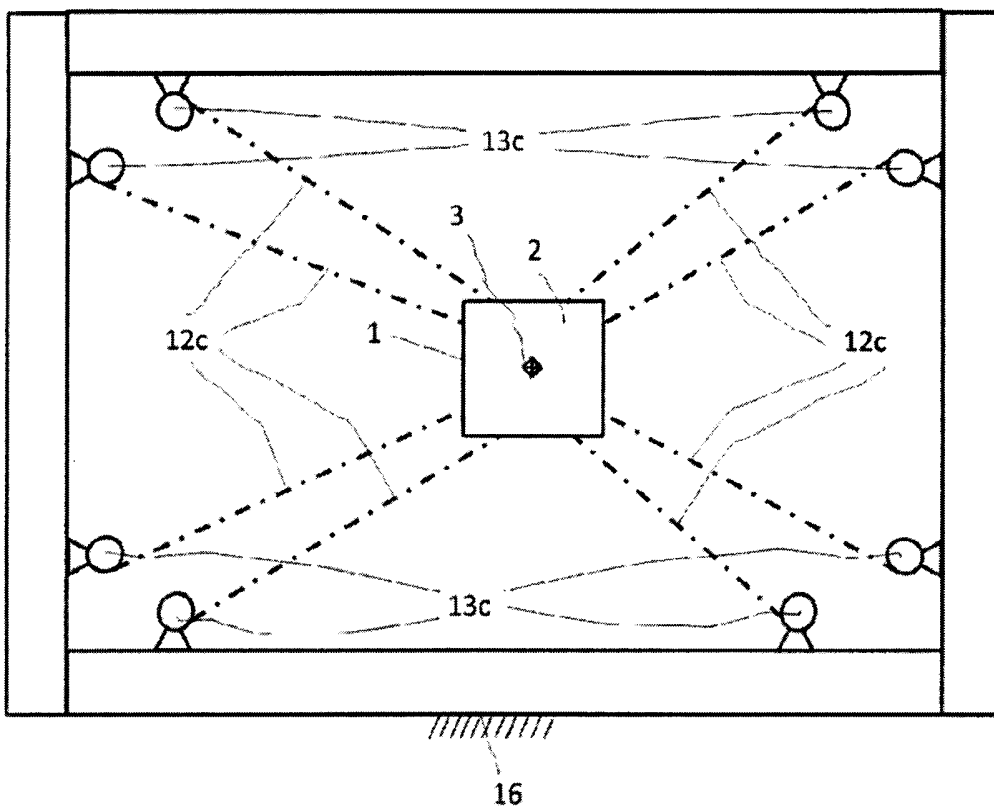
Obr. 15



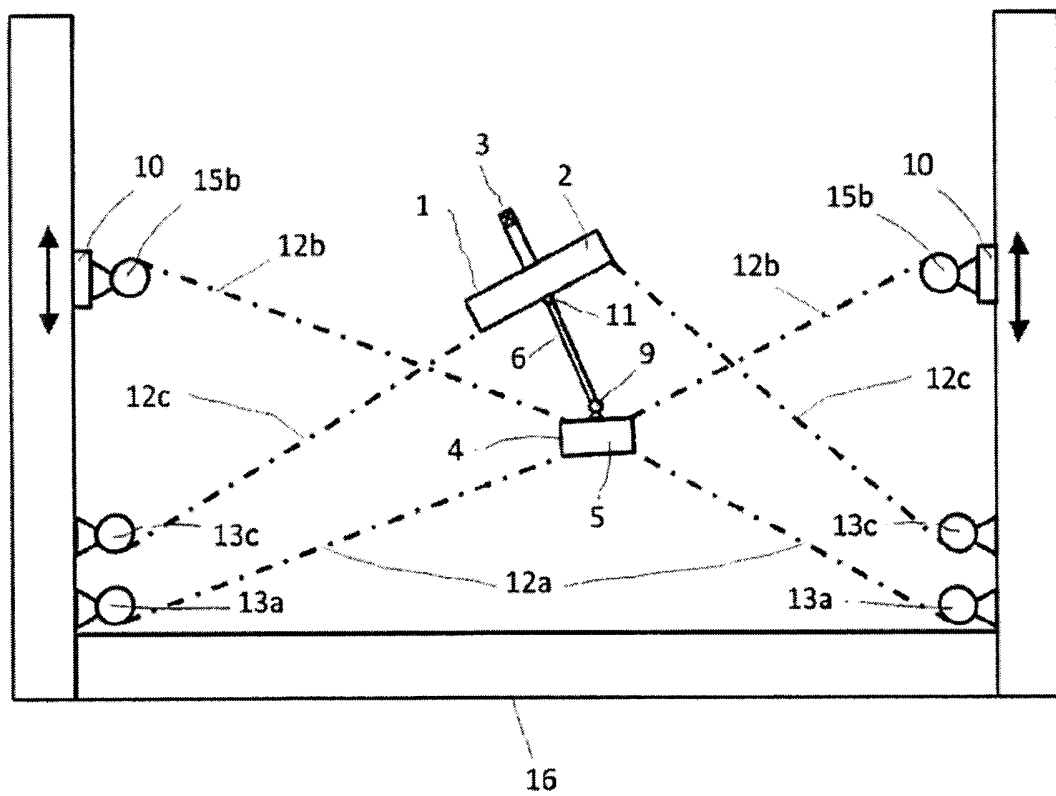
Obr. 16



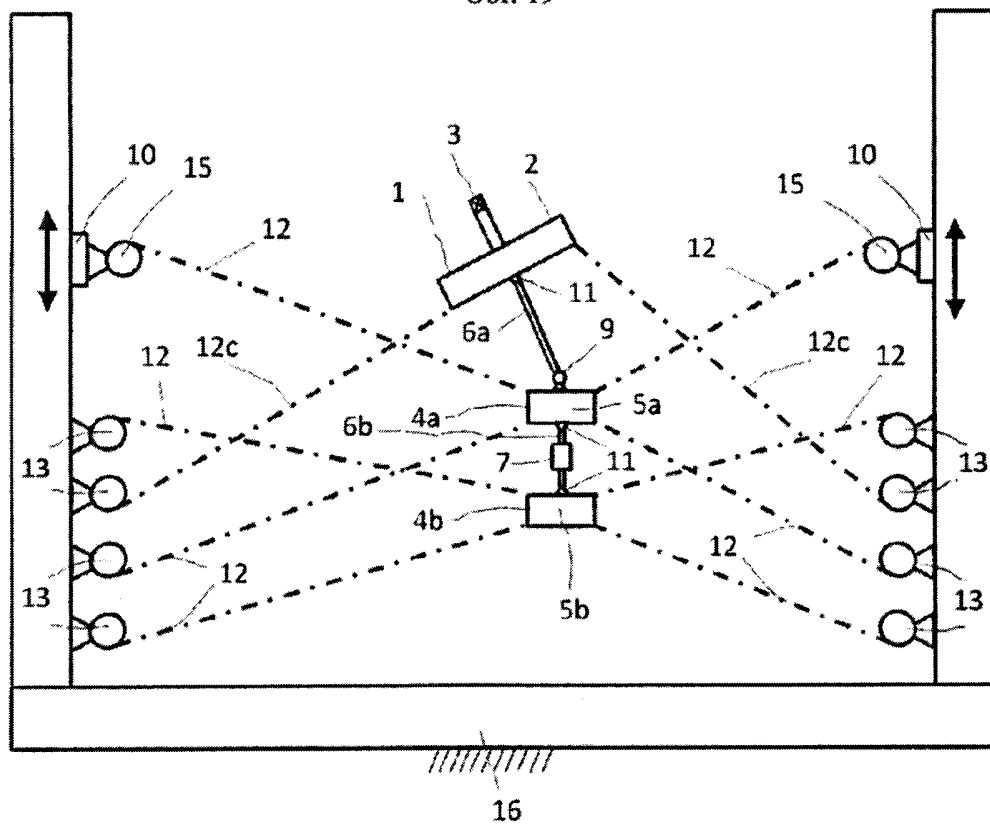
Obr. 17



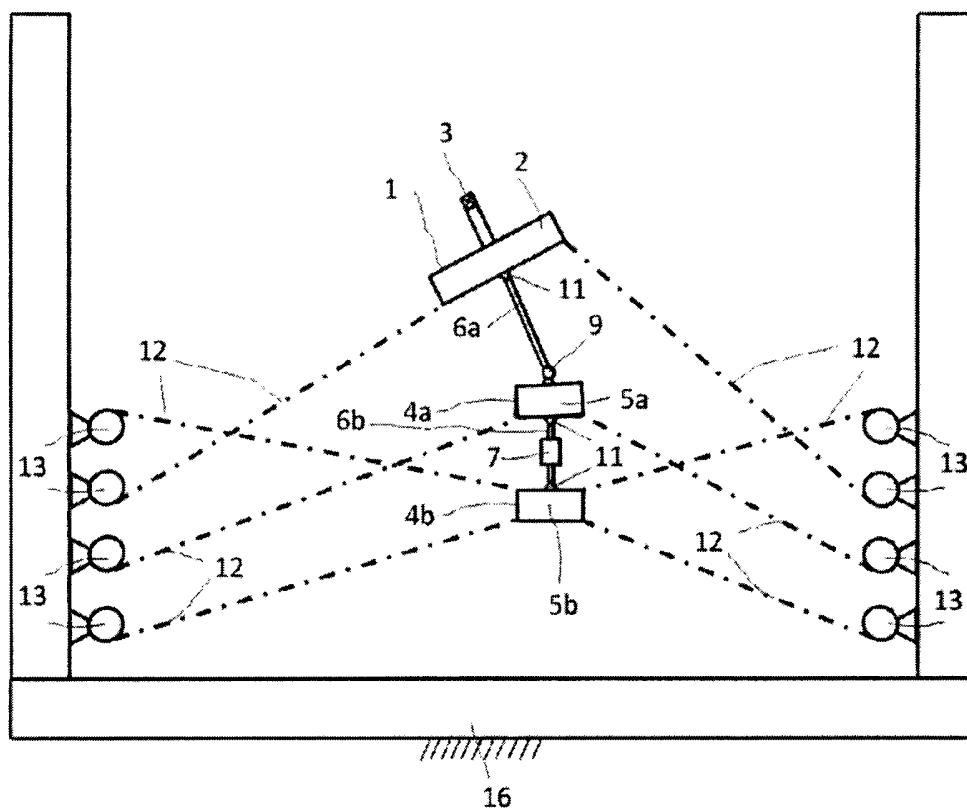
Obr. 18



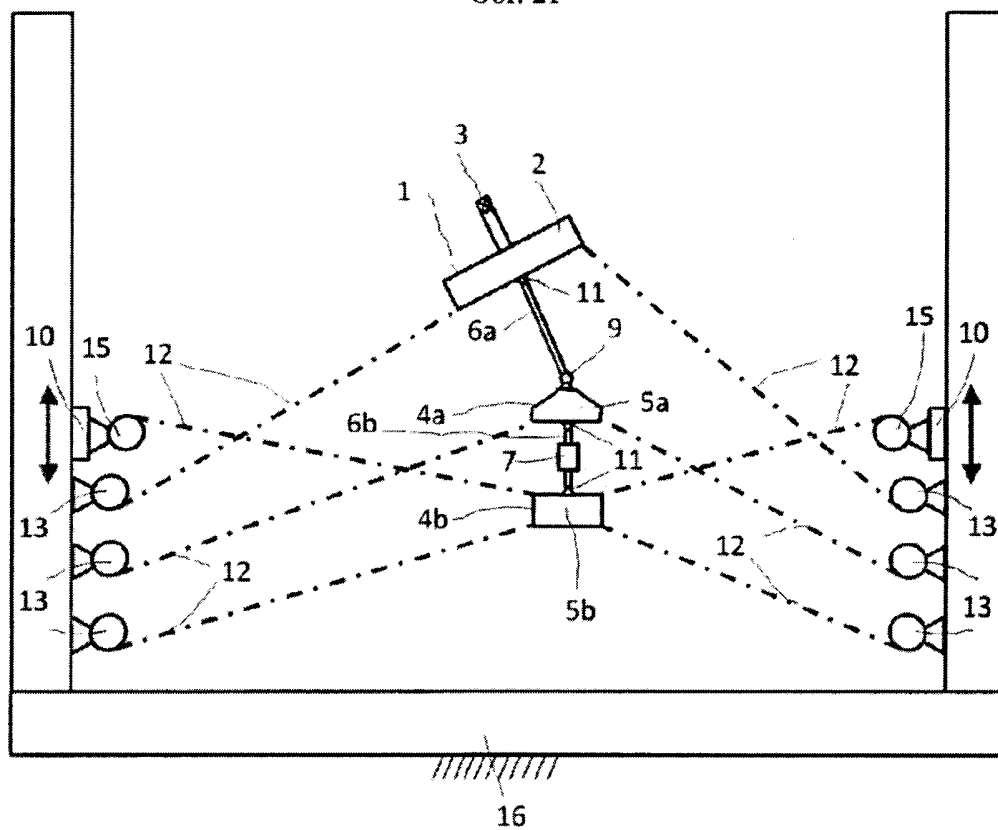
Obr. 19



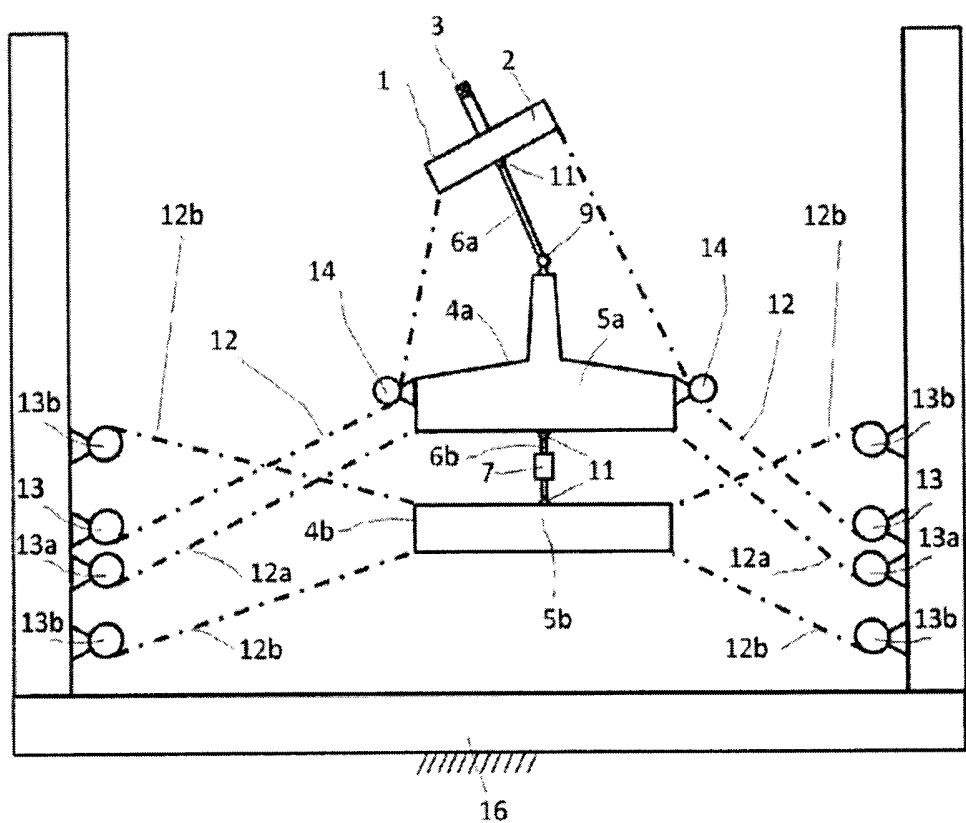
Obr. 20



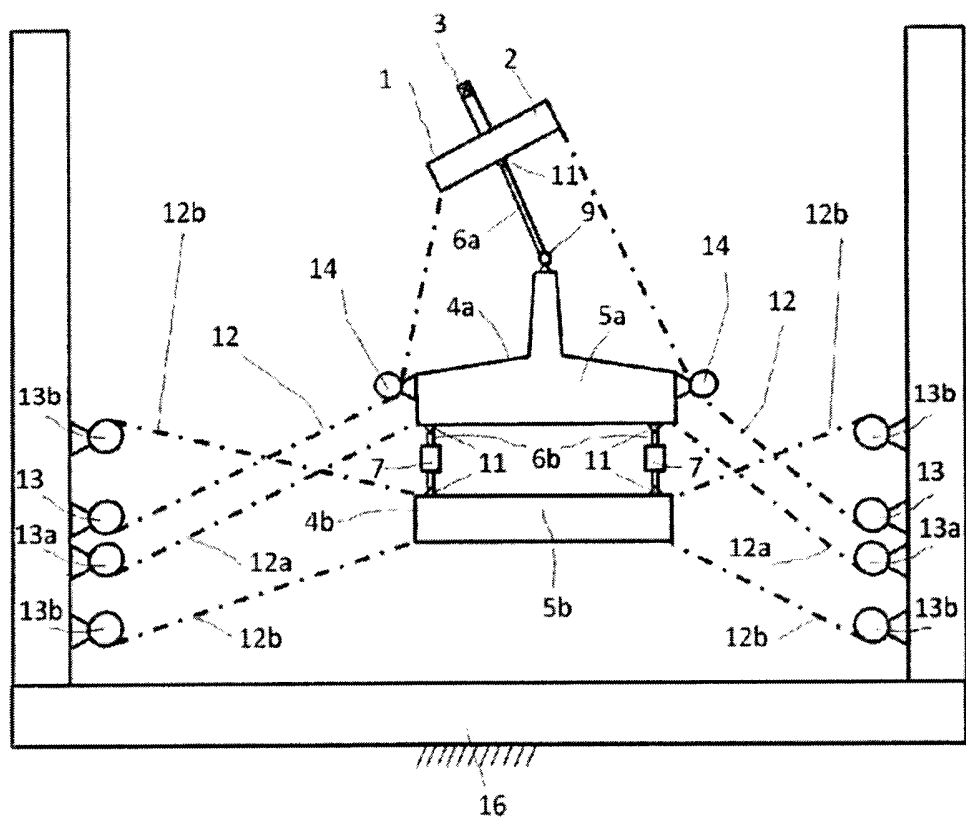
Obr. 21



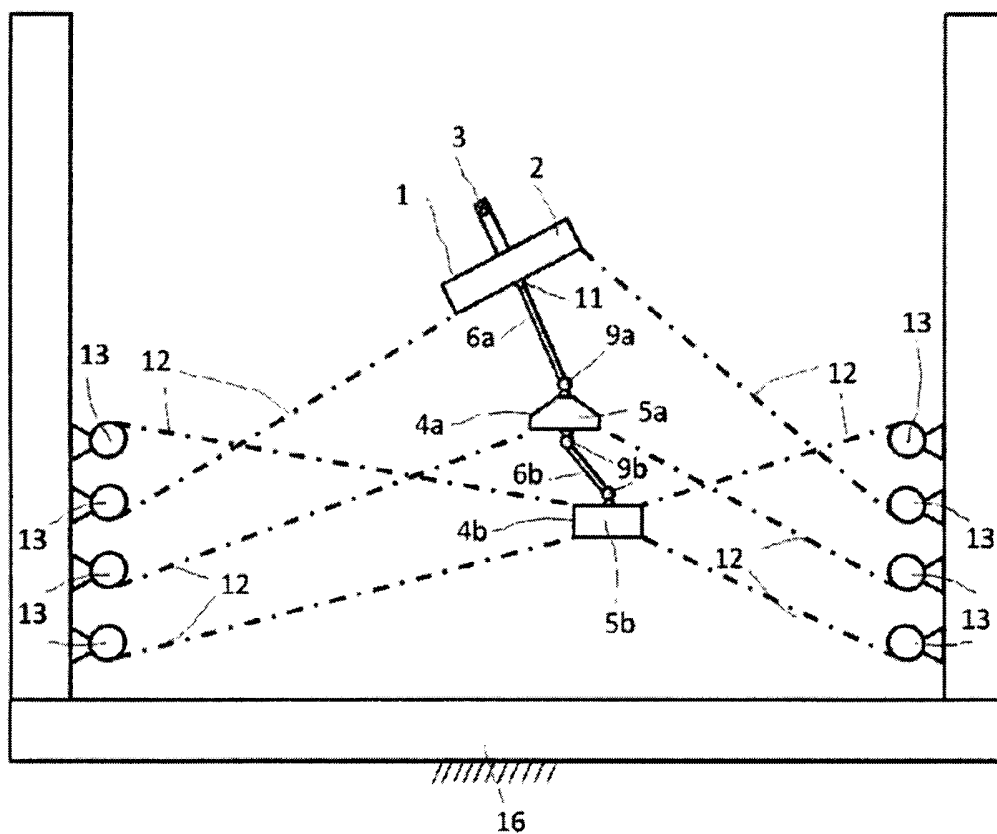
Obr. 22



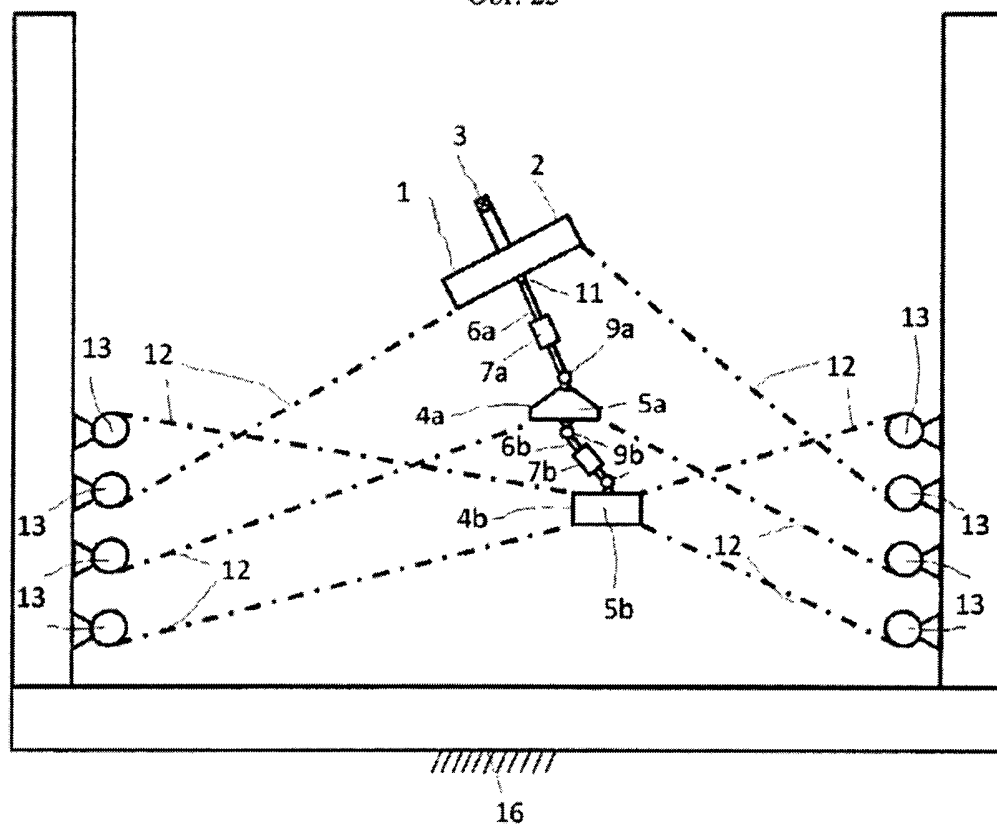
Obr. 23



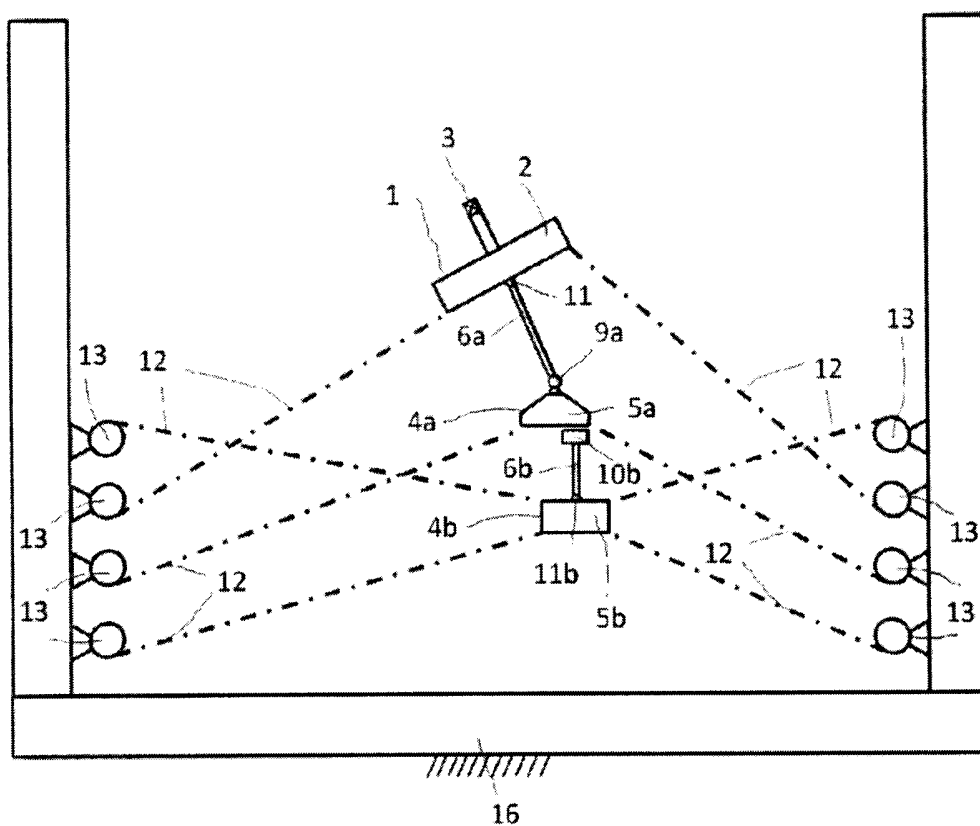
Obr. 24



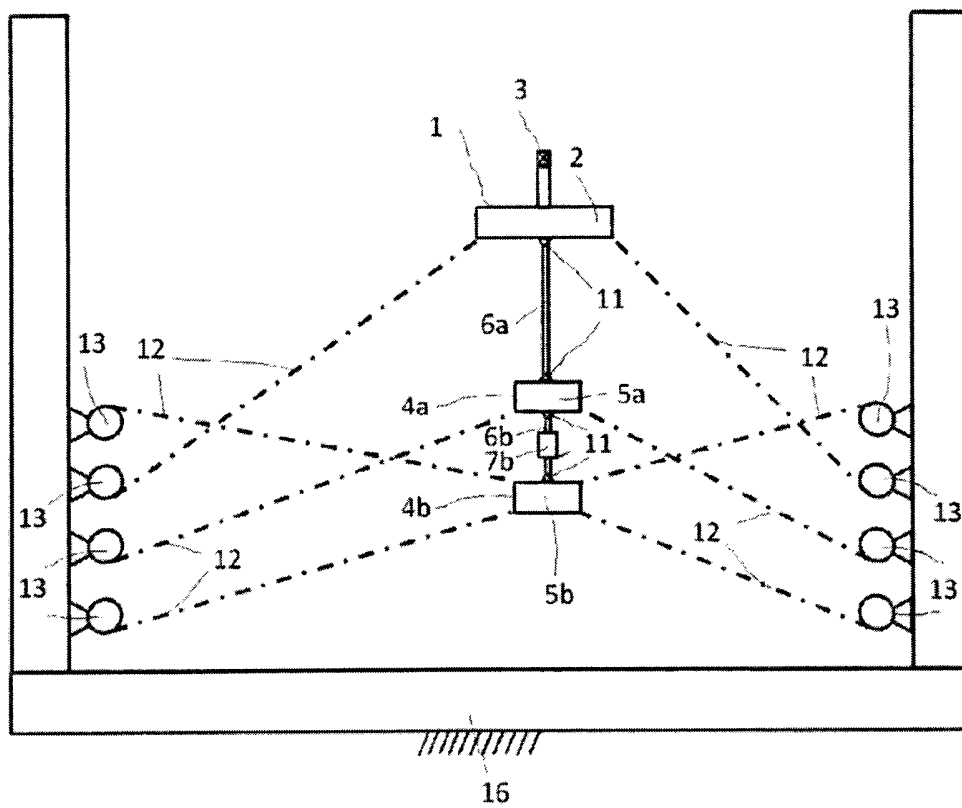
Obr. 25



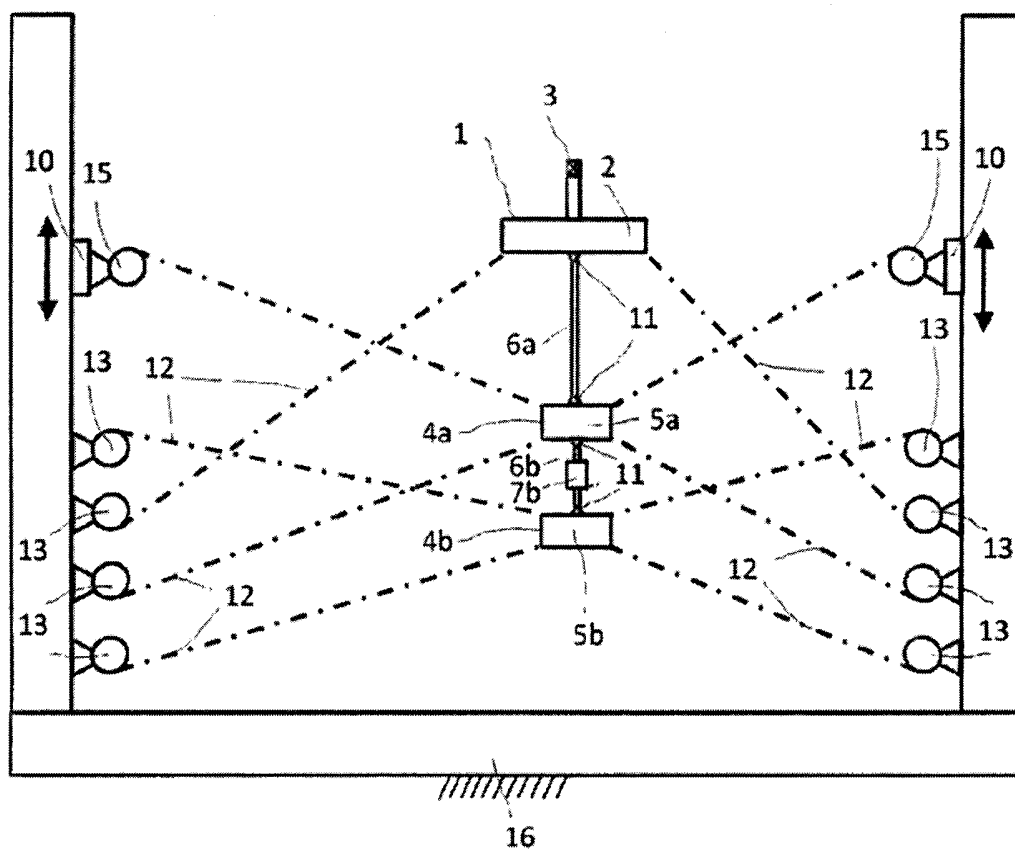
Obr. 26



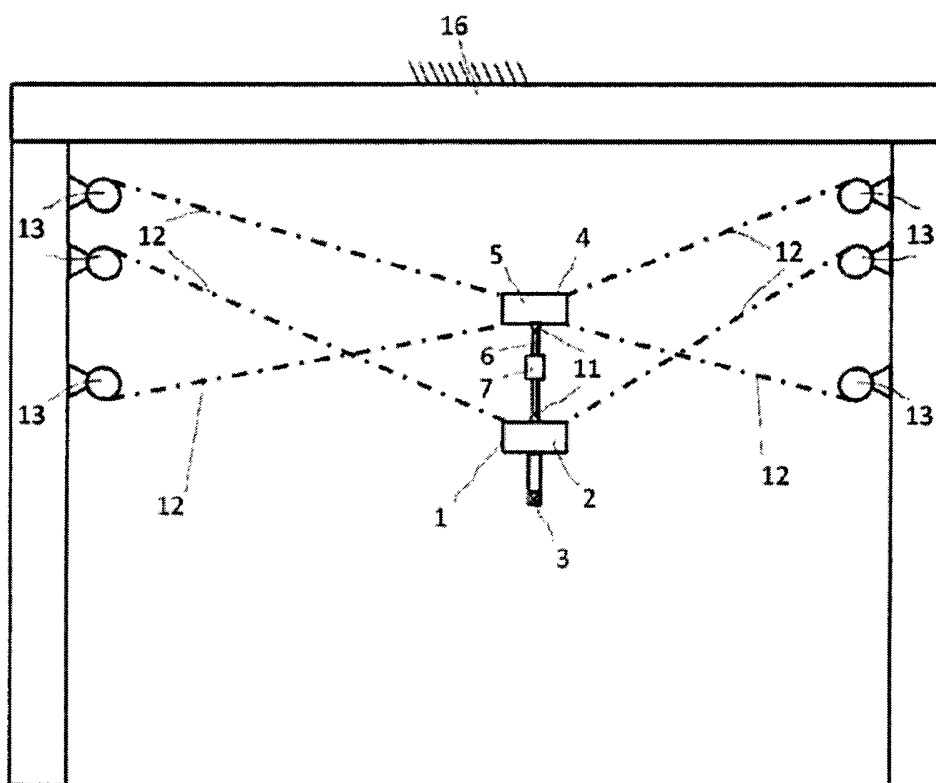
Obr. 27



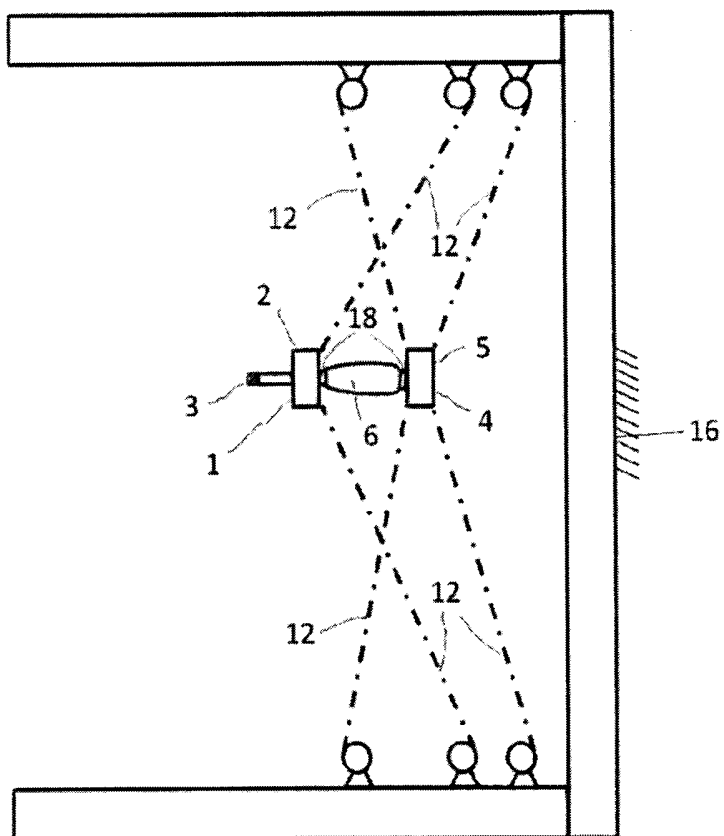
Obr. 28



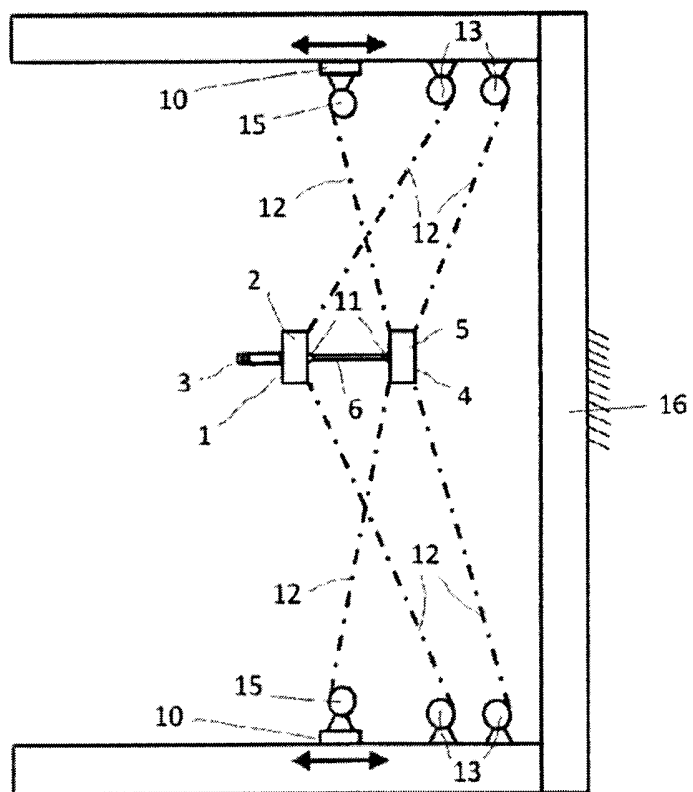
Obr. 29



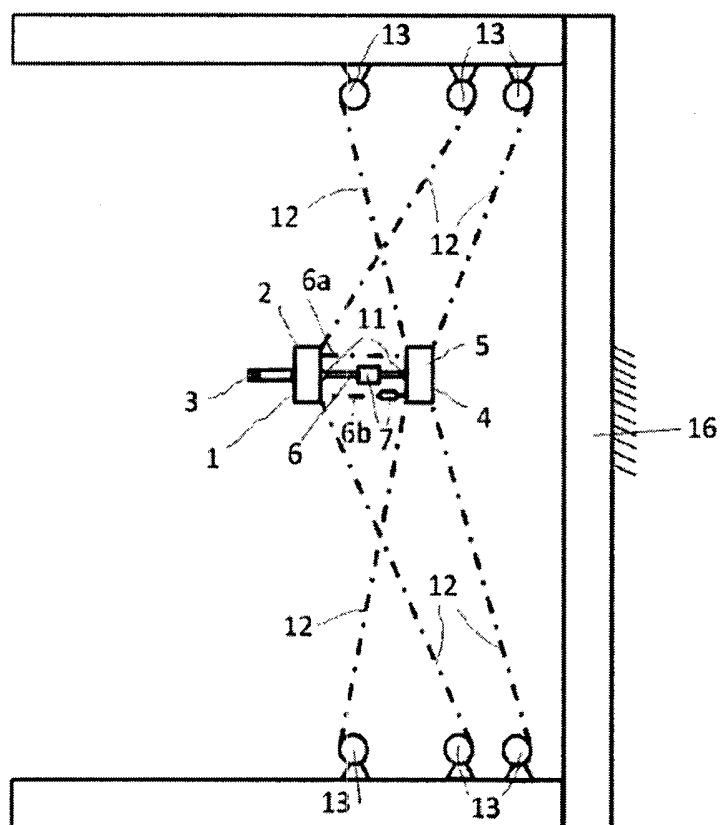
Obr. 30



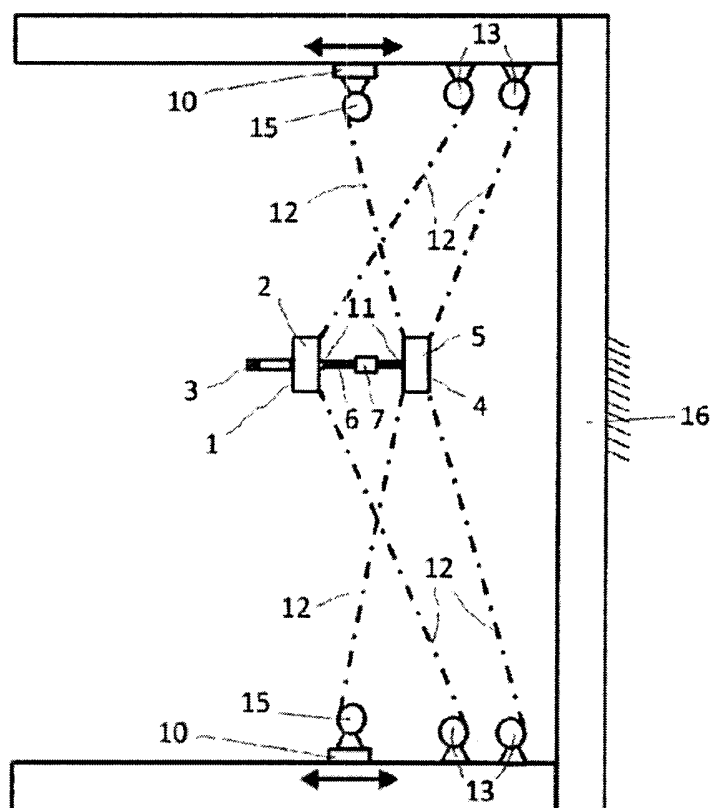
Obr. 31



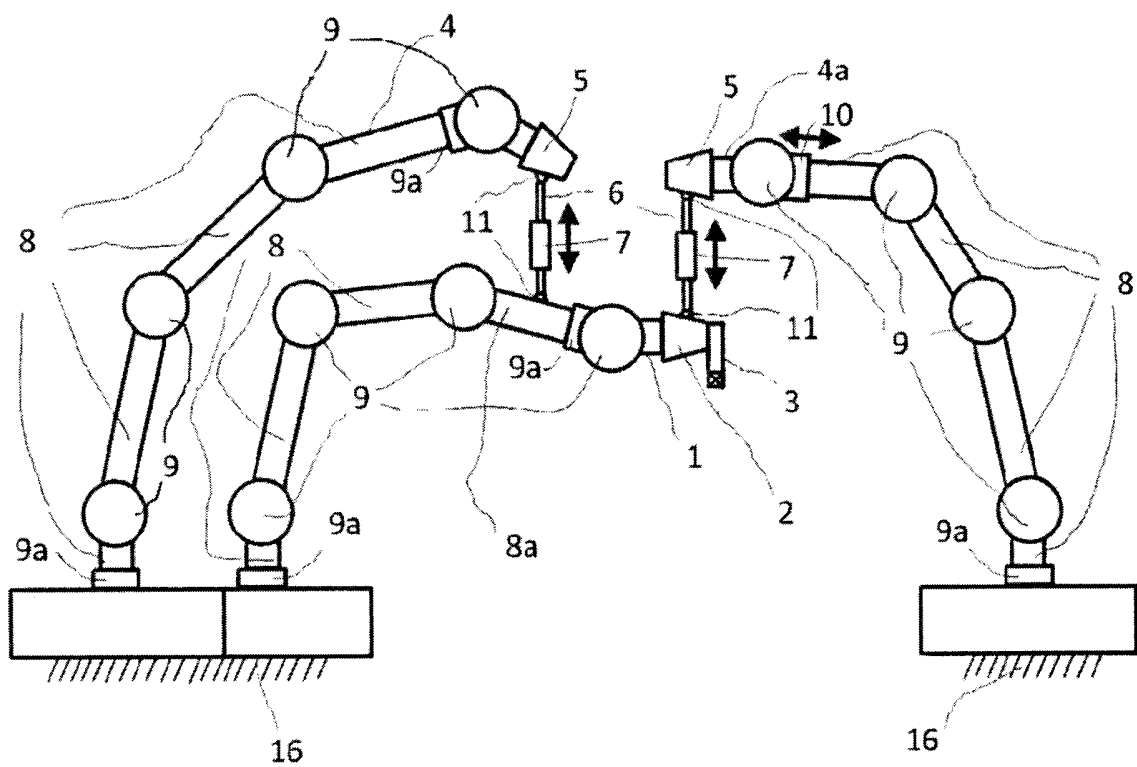
Obr. 32



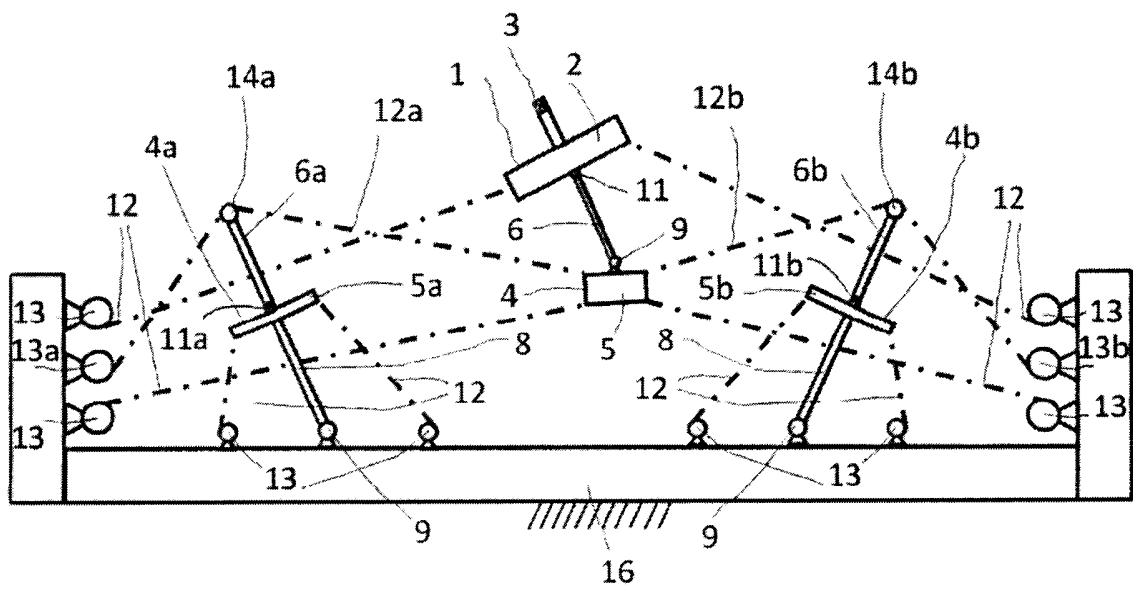
Obr. 33



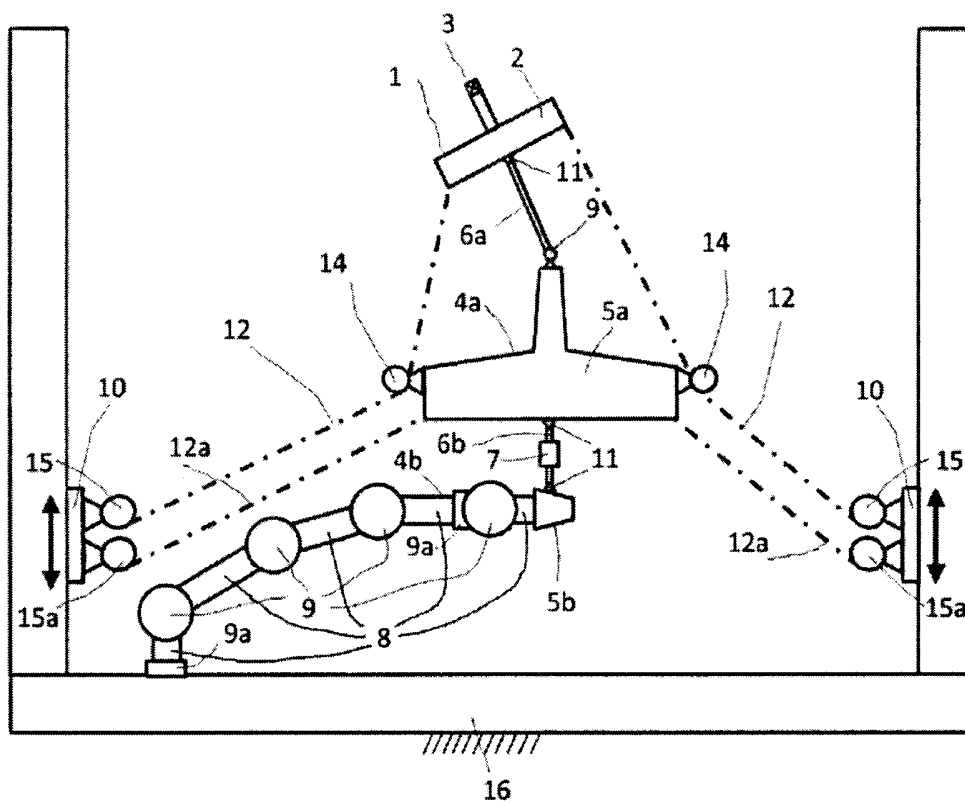
Obr. 34



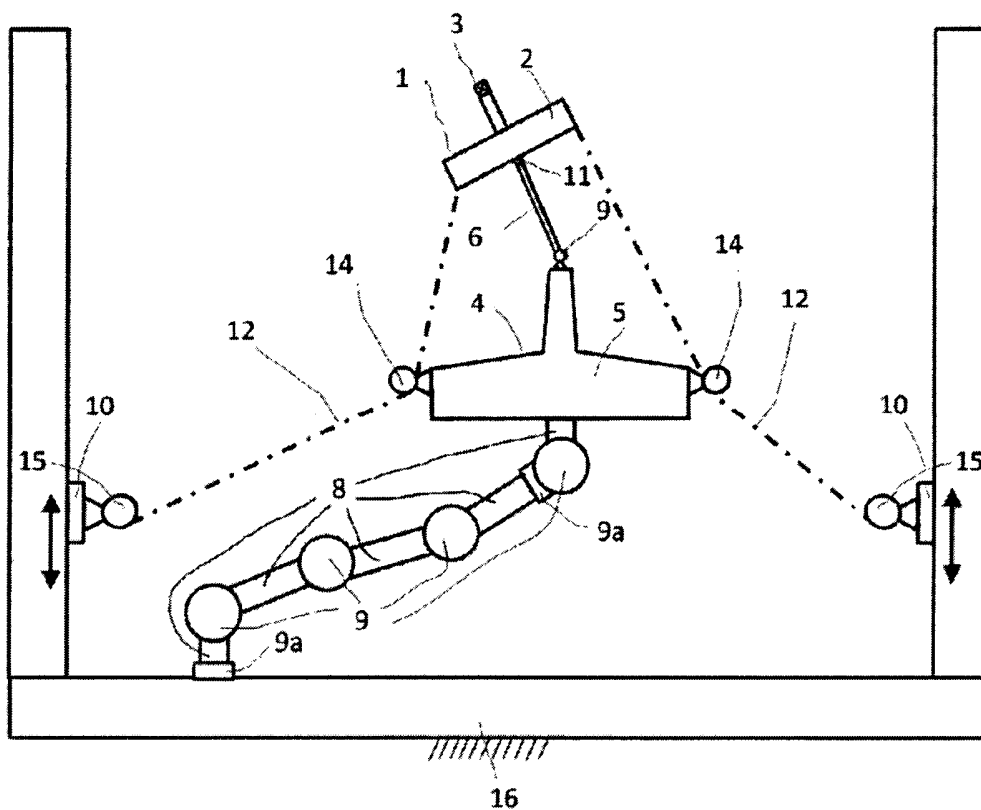
Obr. 35



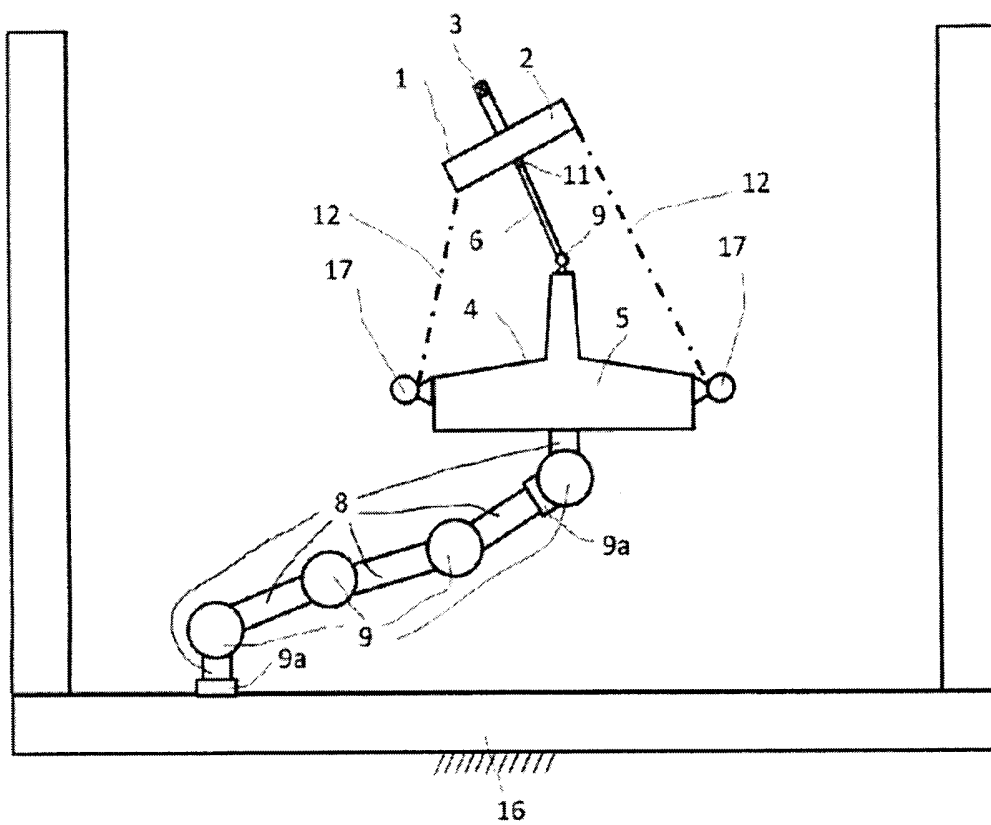
Obr. 36



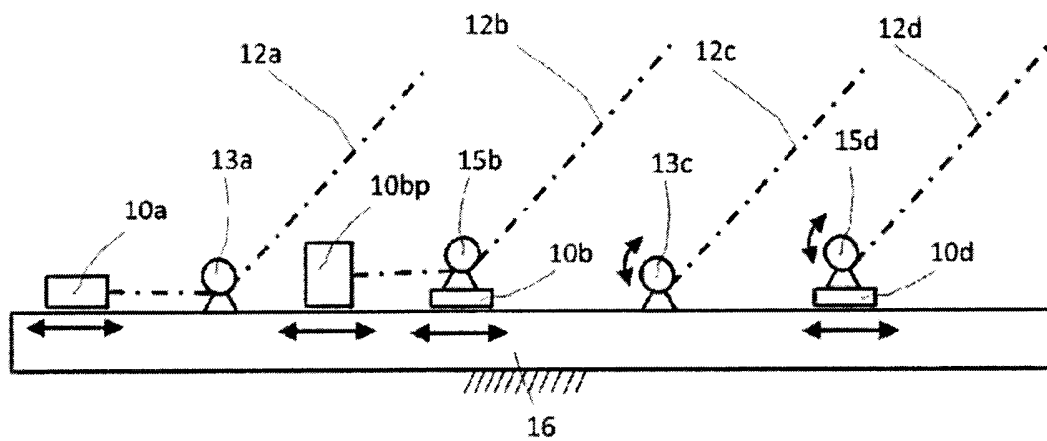
Obr. 37



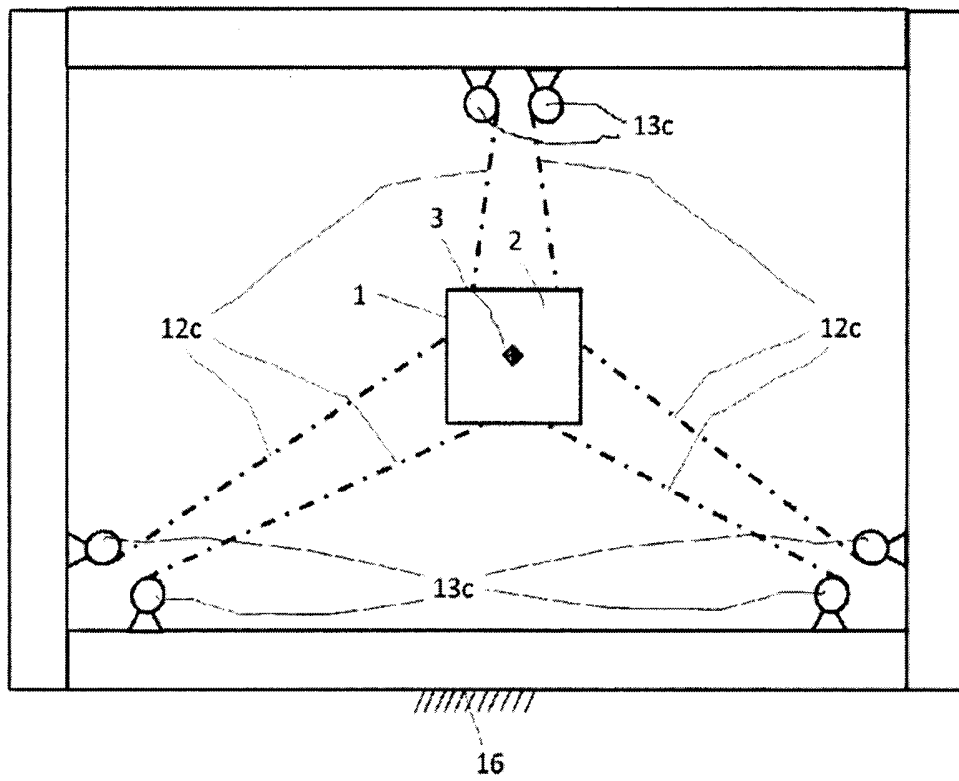
Obr. 38



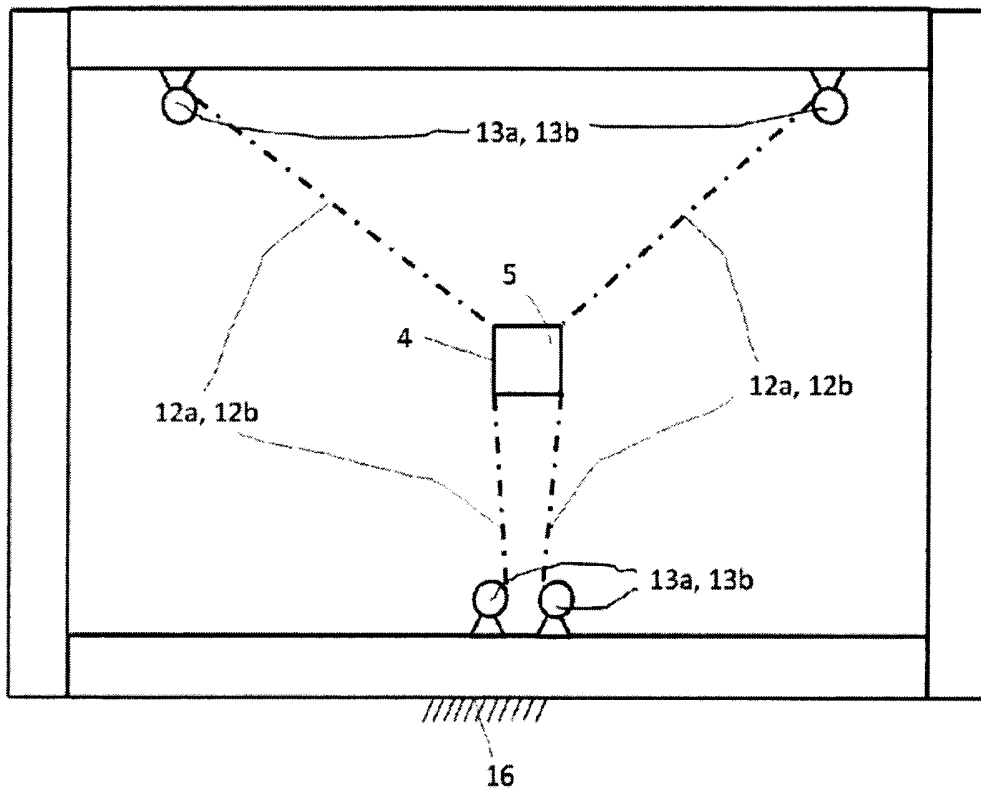
Obr. 39



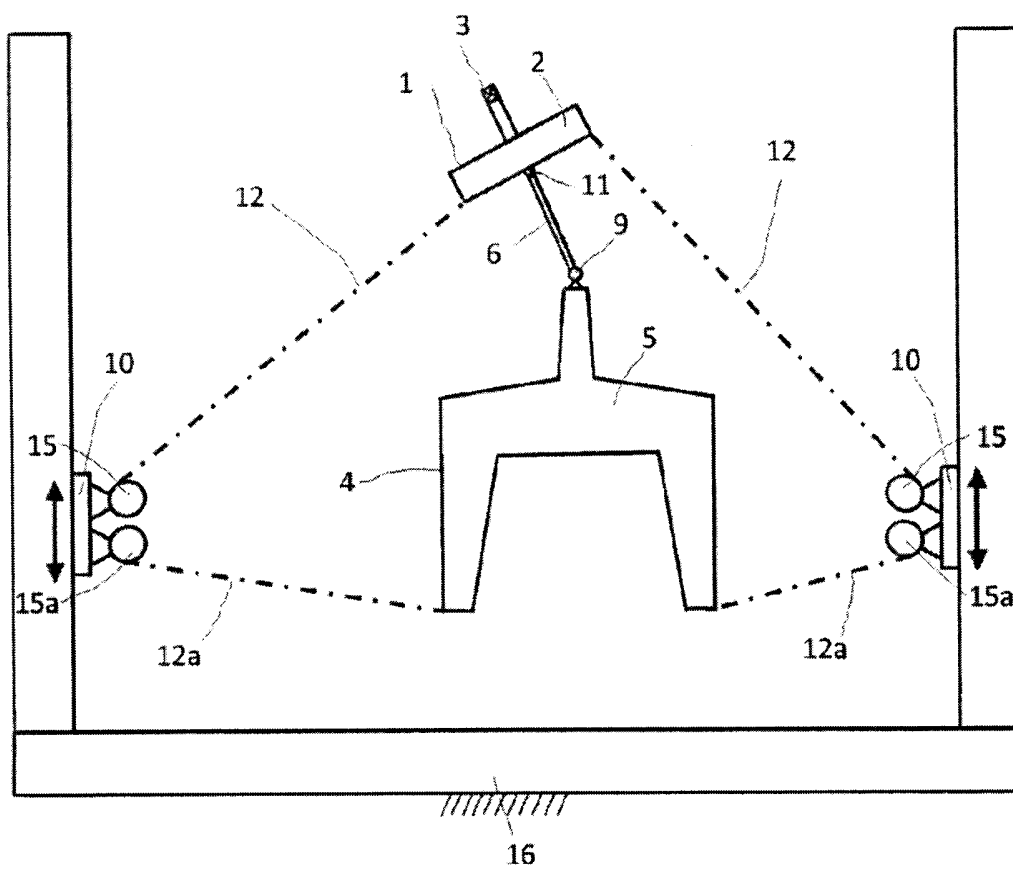
Obr. 40



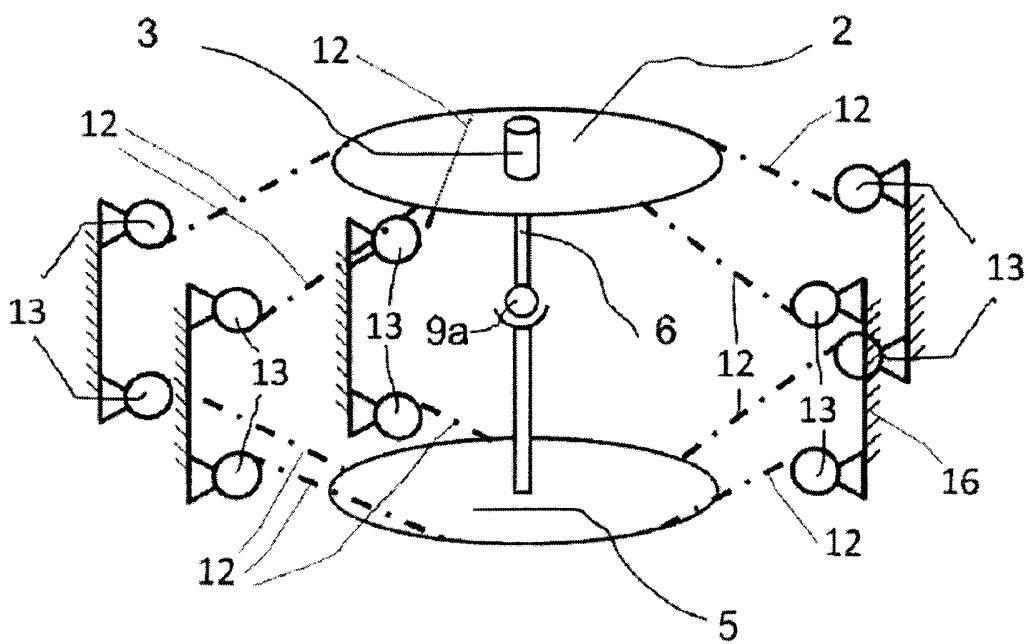
Obr. 41



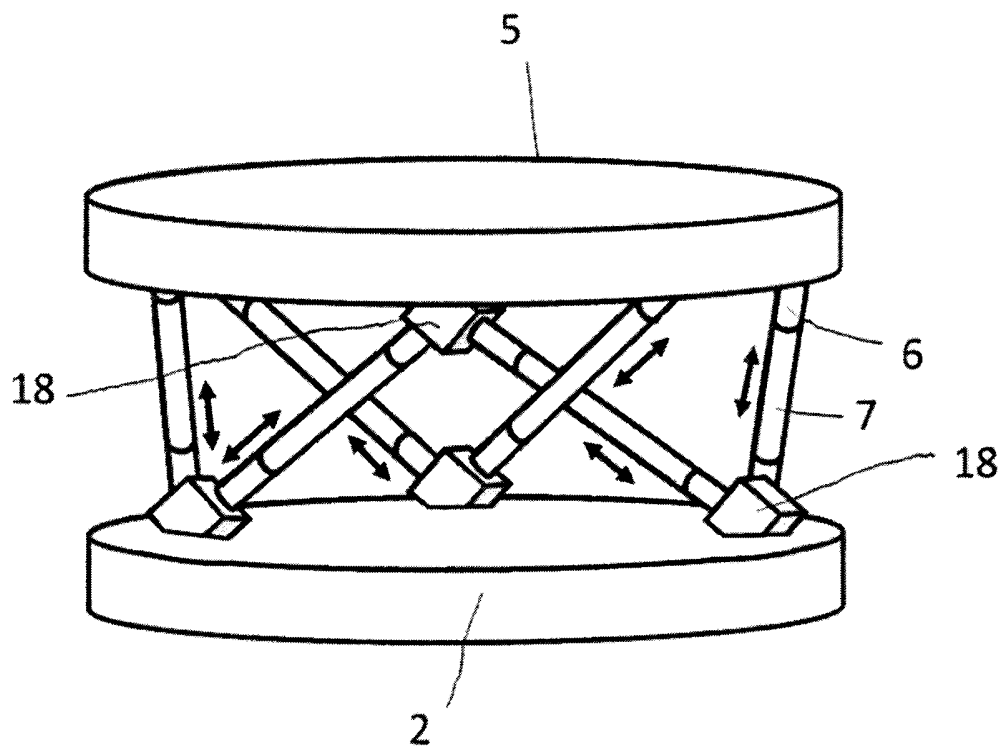
Obr. 42



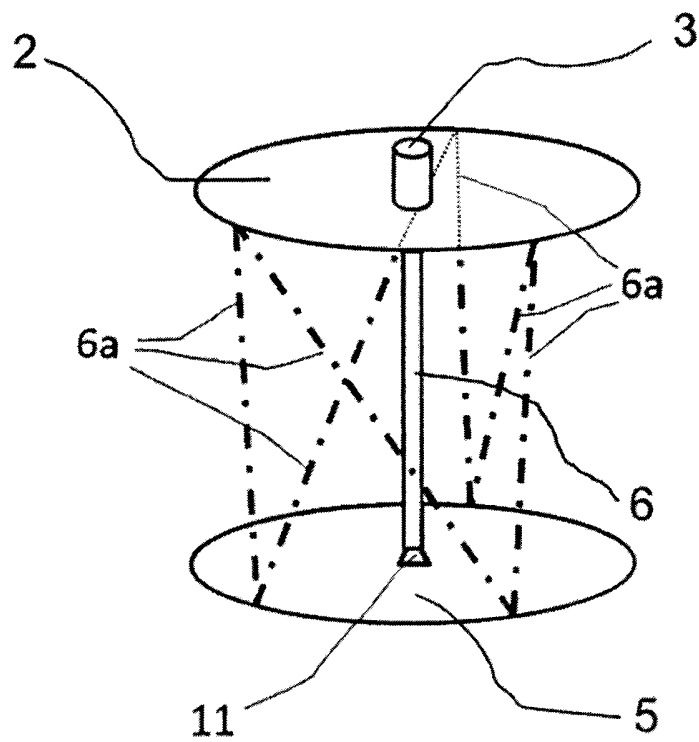
Obr. 43



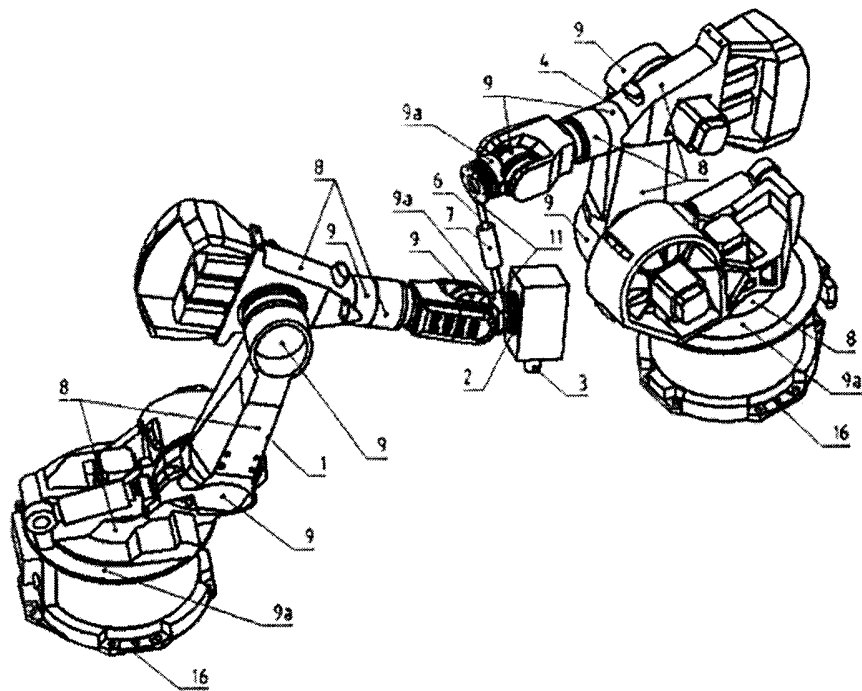
Obr. 44



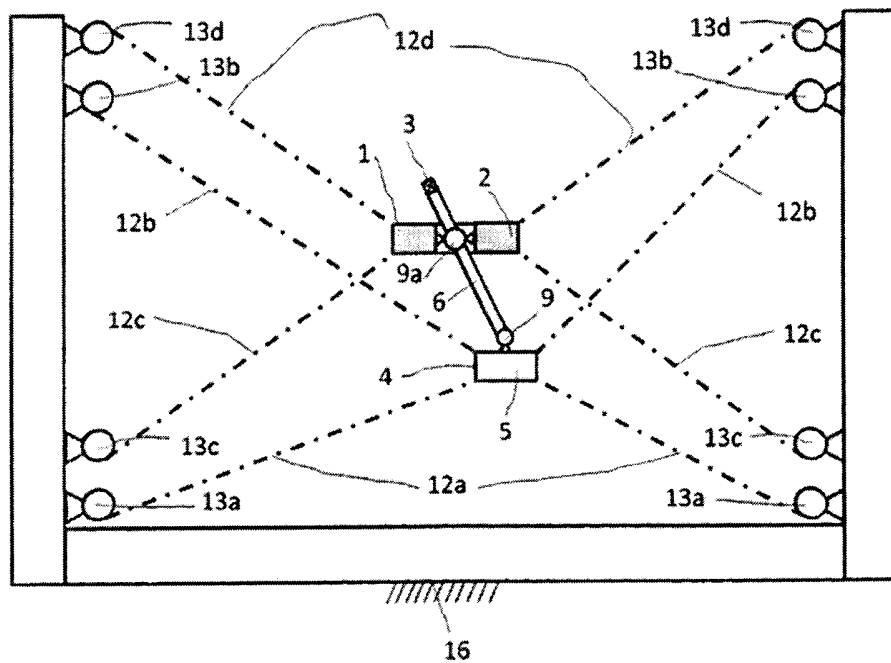
Obr. 45



Obr. 46



Obr. 47



Obr. 48

Konec dokumentu