

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

25413

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B23Q 1/01 (2006.01)
B23Q 1/26 (2006.01)
B25J 17/02 (2006.01)
B23Q 15/00 (2006.01)
F16F 15/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2012 - 26577**
(22) Přihlášeno: **22.08.2012**
(47) Zapsáno: **23.05.2013**

(73) Majitel:

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Praha, CZ

(72) Původce:

Valášek Michael Prof. Ing. DrSc., Praha, CZ
Švéda Jiří Ing., Kladno, CZ

(74) Zástupce:

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

(54) Název užitého vzoru:

Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu ze dvou vzájemně silově na sebe působících částí

CZ 25413 U1

Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu ze dvou vzájemně silově na sebe působících částí

Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení pro snížení přenosu sil do rámu ze dvou vzájemně silově na sebe působících částí, první části a druhé části, zejména nástroje a obrobku při obrábění na obráběcí

5 stroj, pohyblivě připojených ke společnému rámu prostřednictvím paralelních kinematických struktur tvořených platformami a soustavou vzpěr, které spojují první část a druhou část s rámem skrze vozíky a/nebo pohony, přičemž první část obsahuje první platformu a druhá část obsahuje druhou platformu.

Dosavadní stav techniky

10 K dosažení vysokých rychlostí a zrychlení výrobních, zejména obráběcích strojů jsou minimalizovány pohyblivé hmoty strojů, vyvíjeny nové typy pohonů a navrhovány nové struktury strojů založené na paralelních kinematických strukturách.

Běžně používaná řešení vyvozují pohyby pohyblivých částí strojů vyvozením pohonových sil posuvných nebo pohonových momentů rotačních mezi nepohyblivou částí stroje a pohyblivými

15 nosnými částmi nástroje nebo obrobku. Tyto síly nebo momenty vytvářejí v nepohyblivých částech stroje reakce zrychlujících sil a rozechvívají nosné části, lože a základy stroje.

Přitom vzniká rozpor mezi dostatečnou tuhostí nosných konstrukcí pohyblivých částí stroje, které pak nejsou náchylné na rozechvění reakcemi pohonů, a malou hmotností těchto částí pro dosažení velkých zrychlení a rychlostí.

20 Pro odstranění tohoto rozporu, ale i pro odstranění rozechvívání nepohyblivého rámu stroje jsou navrhována řešení užitím nových struktur strojů založené na paralelních kinematických strukturách. Tato řešení snižují hmotnosti pohyblivých částí strojů a zvyšují první vlastní frekvenci nosných částí strojů, která jsou tak méně rozechvívány. To je dáno tím, že buzení pohonů strojů je větší v nižších frekvencích než ve vyšších frekvencích. Nicméně základní shora uvedený problém, že jednak reakce zrychlujících sil rozechvívají nosné části, lože a základy stroje a že jednak jsou akčními silami pohonů urychlovány pohyblivé části strojů a reakčními silami urychlovány základy stroje spolu s hmotou Země, což vede k výsledku menšího relativního zrychlení mezi nástrojem a obrobkem. To je dáno tím, že toto relativní zrychlení je určeno poměrem síly pohonu a hmotnosti pohyblivé části stroje. Jiné a větší relativní zrychlení je dosaženo užitím

25 plovoucího principu konstrukce obráběcího stroje.

Jiné řešení je založeno na tzv. plovoucím principu konstrukce obráběcího stroje podle patentu (298615, PV 2002-347, UV 012114). To spočívá v tom, že vřeteník s obráběcí nástrojem a stůl s obrobkem obráběcího stroje jsou pohyblivé vůči rámu stroje a navzájem. Síla pro vzájemný pohyb obráběcího nástroje a obrobku působí na obě tělesa vřeteníku i stůl s obrobkem a ne pouze

30 bud' na vřeteník a rám obráběcího stroje nebo na stůl s obrobkem a rám obráběcího stroje. Tím se jednak dosahuje stejnou silou většího zrychlení a jednak dynamické síly ve směru pohybu vřeteníku a/nebo stolu s obrobkem se nepřenáší na rám obráběcího stroje. To je velmi výhodné.

Jeden problém je, že toto řešení podle patentu je použitelné jen na jeden stupeň volnosti tvořený obvykle pohybovou osou posuvného pohybu vřeteníku a/nebo stolu s obrobkem. Tato pohybová

40 osa se nazývá plovoucí pohybová osa a tento princip řešení se nazývá plovoucí princip. Použití na další stupeň volnosti tvořený dalšími pohybovými osami je značně problematické, protože vyžaduje vyvažování pohybujících se hmot druhé pohybové osy vůči první pohybové ose, což je dáno obvyklým sekvenčním uspořádáním pohybových os obráběcího stroje.

Druhý problém je, že toto řešení podle patentu nepřenáší dynamické síly na rám obráběcího stroje ve směru pohybu plovoucí pohybové osy. Toto řešení však přenáší reakční síly na rám

45 obráběcího stroje ve směru kosém (šikmém) vůči směru pohybu. Tyto síly mohou dále rozechvět rám obráběcího stroje.

Cílem tohoto technického řešení je umožnit řešení výše uvedených problémů a jeho použití u plovoucího principu obecně pro všech šest stupňů volnosti a všechny pohybové osy obráběcího stroje a pro odstranění všech dynamických sil působících na rám obráběcího stroje jak ve směru pohybu, tak ve směrech kosých (šikmých) vůči směrům pohybu obráběcího stroje.

5 Podstata technického řešení

Podstata zařízení pro snížení přenosu sil do rámu ze dvou vzájemně silově na sebe působících částí, první části a druhé části, zejména nástroje a obrobku při obrábění na obráběcím stroji, pohyblivě přepojených ke společnému rámu prostřednictvím paralelních kinematických struktur tvořených platformami a soustavou vzpěr, které spojují první část a druhou část s rámem skrze vozíky a/nebo pohony, přičemž první část obsahuje první platformu a druhá část obsahuje druhou platformu, spočívá v tom, že obě části jsou připojené k rámu prostřednictvím posuvných a/nebo rotačních pohonů působících mezi oběma částmi a rámem pro ustavování vzájemné polohy platform, a/nebo mezi oběma částmi jsou uspořádány posuvné a/nebo rotační pohony pro ustavování vzájemné polohy platform, přičemž každý z těchto pohonů je spojen jak s první částí, tak s druhou částí.

Každá platforma je pohyblivě spojena s rámem prostřednictvím pevných vzpěr a suvných vzpěr, které jsou k rámu posuvně připojeny prostřednictvím vozíků nebo pohonů s posuvnými pohony, nebo prostřednictvím rotačních vzpěr, které jsou k rámu rotačně připojeny prostřednictvím rotačních pohonů, přičemž vždy jeden posuvný nebo rotační pohon první části tvoří dvojici s posuvným nebo rotačním pohonem druhé části a osy těchto dvojic pohonů jsou rovnoběžné nebo souosé.

Mezi platformami jsou uspořádány pevné a suvné vzpěry a vozíky nebo pohony opatřené posuvnými pohony působícími mezi platformami a/nebo rotační vzpěry opatřené rotačním pohonem působícím mezi platformami.

Platformy mohou být přidavně připevněny k rámu přidavnými vzpěrami s pohony a/nebo bez pohonů. Počet pohonů pro pevné vzpěry je případně větší než počet stupňů volnosti jednotlivých částí. Posuvné pohony jedné dvojice vozíků mohou být tvořeny společným pohybovým šroubem, přičemž tato dvojice je opatřena absolutizačním posuvným pohonem. Alternativně je na vozíku první části nebo druhé části uspořádán vozík druhé části nebo první části, přičemž jeden vozík z dvojice pohonů je opatřen absolutizačním pohonem. V případě, že rotační pohon přímo působí mezi rotačními vzpěrami jedné z částí a druhé z částí, přičemž tato dvojice rotačních vzpěr je uspořádána na rámu, je opatřena absolutizačním rotačním pohonem, obrobek je vůči platformě a/nebo nástroj je vůči platformě uspořádán případně pohyblivě s pohonem.

U dalších provedení alespoň jedna část s obrobkem tvoří vůči sobě se navzájem pohybující dvojici jak s částí nesoucí nástroj, tak s alespoň jednou další částí nesoucí další nástroj.

Alespoň jeden nástroj může tvořit opěru proti deformaci obrobku při obrábění alespoň jedním nástrojem.

Možná provedení vzpěr zařízení typu „motor na motoru“ jsou charakterizována znaky uvedenými v nárocích 13 až 20.

Výhodou zařízení podle tohoto technického řešení je možnost uplatnění výhod plovoucího principu ve všech stupních volnosti bez omezení a bez složitých konstrukčních řešení u obráběcích strojů, přičemž takovéto obráběcí stroje vykazují minimální dynamické silové účinky do rámu stroje jak ve směru pohybu pohonů, tak šikmo na ně. S výhodou je pak využito vzpěr typu „motor na motoru“, které filtrují sílu z vysoké frekvence na nízkou frekvenci. Rám stroje pak není namáhán reakčními účinky. Výhodou je, že pohyblivost, např. orientace představovaná natočením platform, paralelních kinematických struktur obou částí se sčítá. Výhodou je možnost spolupráce více částí s plovoucím principem, například více nástrojů na tomtéž obrobku ve všech požadovaných stupních volnosti bez omezení.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených obrázcích je znázorněno zařízení pro snížení reakčních účinků podle technického řešení, kde znázorňují:

- | | | |
|----|---------------|---|
| | obr. 1 až 4 | jednotlivá alternativní provedení, |
| 5 | obr. 5 | schematická alternativní provedení propojení dvou vzájemně silově na sebe působících částí s rámem, |
| | obr. 6 | schematická alternativní propojení dvou vzájemně silově na sebe působících částí mezi sebou, |
| | obr. 7 a 8 | další alternativní provedení, |
| 10 | obr. 9 a 10 | spojení dvojice prostorových paralelních kinematických struktur zařízení, |
| | obr. 11 až 16 | další alternativní provedení, |
| | obr. 17 | alternativní provedení spojení dvojice prostorových paralelních kinematických struktur zařízení, |
| | obr. 18 až 22 | další alternativní provedení, |
| 15 | obr. 23 až 27 | alternativní provedení určitého typu suvných vzpěr zařízení typu „motor na motoru“, |
| | obr. 28 | provedení určitého typu rotační vzpěry zařízení typu „motor na motoru“. |

Příklady provedení technického řešení

Na obr. 1 je schematicky znázorněno základní uspořádání zařízení pro snížení reakčních účinků do rámu dvou vzájemně silově na sebe působících částí 21, 22, které jsou spojeny s rámem 5. Jedná se např. o dvě části 21, 22 obráběcího stroje, pro snížení jejich reakčních účinků do rámu 5 během obráběcího procesu, kdy na sebe vzájemně silově působí nástroj 4 a obrobek 2. V dalším popisu budou jednotlivé části 21 a 22 uváděny v souvislosti s obráběcím strojem.

Část 21 obráběcího stroje nesoucí obrobek 2 je tvořena paralelní kinematickou strukturou skládající se z platformy 1 nesoucí obrobek 2 a ze vzpěr 6. Platforma 1 je zavěšena přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na pevných vzpěrách 6, které jsou připevněny přes rotační a/nebo sférické klouby 10 k posuvným vozíkům 12 s přitahovacím pohonem, posouvajících se po vedení na rámu 5. Část 22 obráběcího stroje nesoucí nástroj 4 a je tvořena paralelní kinematickou strukturou skládající se z platformy 3 nesoucí nástroj 4 a ze vzpěr 6. Platforma 3 je zavěšena přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na pevných vzpěrách 6, které jsou připevněny přes rotační a/nebo sférické klouby 10 rovněž k posuvným vozíkům 12 s přitahovacím pohonem, posouvajících se po vedení na rámu 5. Každý posuvný vozík 12 s přitahovacím pohonem od části 21 obráběcího stroje tvoří vždy dvojici s příslušným posuvným vozíkem 12 s přitahovacím pohonem od části 22 obráběcího stroje, a tyto dvojice jsou spojeny společným pohybovým šroubem 16. Osy posuvu posuvných vozíků 12 s přitahovacím pohonem jsou v těchto dvojicích shodné (souosé), tvořené osou společného pohybového šroubu 16. Proto síly pohonů potřebné pro pohyb části 21 obráběcího stroje a části 22 obráběcího stroje se vzájemně kompenzují a nepřenášejí se na rám 5. Současně dochází ke zvýšení zrychlení vzájemného pohybu obrobku 2 a nástroje 4 oproti tradičnímu uspořádání. Pohon posuvným vozíkem 12 s přitahovacím pohonem je realizován například rotačním elektrickým motorem otáčejícím pohybovým šroubem v pevné matici nebo rotačním elektrickým motorem pohánějícím přes řemen otočnou matici na pevném pohybovém šroubu. Pokud všechny pohony jsou mezi částmi 21 a 22 a žádný pohon nevyvozuje sílu vůči rámu 5, pak je potřeba obě části 21 a 22 vůči rámu absolutně polohovat. To se uskutečňuje v daném uspořádání absolutizačním posuvným pohonem 18, který je například realizován elektrickým lineárním motorem, ale může být realizován i pohybovým šroubem. Schematické znázornění na obr. 1 představuje jednak rovinné uspořádání obráběcích strojů, kdy nastává pohyb ve 2 nebo 3 stupních volnosti v rovině, a jednak průmět prostorového uspořádání například HexaSlidu s 6 posuvnými pohony nebo OctaSlidu s 8 posuvnými pohony, kdy nastává pohyb v 6 stupních volnosti v prostoru. Možné prostorové uspořádání užitím HexaSlidů s 6 pohony je patrné z obr. 4. Paralelní

kinematická struktura obráběcích strojů může mít shodný počet pohonů jako stupňů volnosti nebo může mít více pohonů než stupňů volnosti.

Na obr. 2 je alternativní provedení k provedení na obr. 1. Místo pohonu posuvným vozíkem 12 s
 5 přitahovacím pohonem jsou užity posuvné vozíky 11 s posuvným pohonem, které opět tvoří
 dvojice. Osy posuvu posuvných vozíků 11 s posuvným pohonem jsou v těchto dvojicích shodné
 (souosé), tvořené osou společného posuvného vedení vždy dvojice vozíků 11 na rámu 5. Síly
 pohonů potřebné pro pohyb části 21 obráběcího stroje nesoucího obrobek 2 a části 22 obráběcího
 stroje nesoucího nástroj 4 sice vstupují do rámu 5, ale současně se v něm vzájemně kompenzují.
 10 Pohon posuvného vozíku 11 s posuvným pohonem je například realizován lineárním elektrickým
 motorem. Protože vozíky 11 s posuvnými pohony vyvozují přímo sílu vůči rámu 5, a tak abso-
 lutně polohují části 21 a 22, nejsou v daném uspořádání absolutizační pohony třeba.

Na obr. 3 je jiné alternativní provedení k provedení na obr. 1. Místo pohonu posuvným vozíkem
 s přitahovacím pohonem jsou užity posuvné vozíky 11 a 11a s posuvným pohonem, které tvoří
 15 dvojici vozíků se vzájemným pohonem. Síly pohonů potřebné pro pohyb části 21 obráběcího
 stroje nesoucího obrobek 2 a části 22 obráběcího stroje nesoucího nástroj 4 zde také nevstupují
 do rámu 5, ale vzájemně se kompenzují. To je u tohoto provedení dosaženo tak, že posuvný vo-
 zík 11a s posuvným pohonem pojíždí po druhém posuvném vozíku 11 s posuvným pohonem téže
 dvojice vozíků. Osy posuvu posuvných vozíků 11 a 11a s posuvným pohonem jsou opět ve dvoji-
 cích shodné (souosé), tvořené osou společného posuvného vedení vždy dvojice vozíků 11 a 11a.
 20 Pohon posuvným vozíkem 11 s posuvným pohonem je například realizován lineárním elektric-
 kým motorem. V tomto uspořádání působí posuvné vozíky 11 a 11a jen mezi sebou, a tak je třeba
 použít absolutizační posuvný pohon 18 pro ustavení polohy obou částí 21 a 22 vůči rámu 5.

Na obr. 4 je příklad provedení podle provedení na obr. 2 s HexaSlidy v prostoru. HexaSlide je
 paralelní kinematická struktura s platformou zavěšenou na 6 pevných vzpěrách 6 připojených na
 25 6 vozíků 11 s posuvným pohonem a/nebo vozíků 12 s přitahovacím pohonem umístěných na
 rámu 5. Zde jsou užity vozíky 11 s posuvným pohonem. Protože vozíky 11 s posuvnými pohony
 vyvozují přímo sílu vůči rámu 5, a tak absolutně polohují části 21 a 22, nejsou v daném uspořá-
 dání absolutizační pohony třeba.

Pevné vzpěry 6 jsou zde představovány dvěma suvnými vzpěrami 43, 44 s vloženým pohonem
 30 „motor na motoru“ podle technického řešení pro snížení sil v konstrukci a do rámu 5 paralelních
 kinematických struktur HexaSlide představovaných částmi 21 a 22. Společná osa 32 motorů 25 a
26, jak je patrné na obr. 23-26, prochází středy rotačních kloubů 10 HexaSlide, kterými jsou zde
 sférické klouby. To zajistí správnou funkci vzpěry tak, aby přenášela jen osově síly tah - tlak a
 aby normálové a třecí síly v lineárních vedeních 24, jak je opět patrné na obr. 23-24, nebo ob-
 35 dobných kluzných vedeních byly minimální.

Na obr. 5 jsou další možná provedení s řadou různých variant vzpěr a pohonů, kdy části 21, 22
 jsou připojeny k rámu 5 prostřednictvím posuvných a/nebo rotačních pohonů působících mezi
 částmi 21, 22 a rámem 5, představující zařízení pro snížení, resp. kompenzaci účinků vzájemně
 na sebe působících částí 21 a 22 přes rám 5. Pohony, které tvoří dvojice, jsou označeny vztaho-
 40 vými značkami 13a až 13f. Vždy jeden pohon 13a spojený s platformou 1 tvoří dvojici s poho-
 nem 13a platformy 3, pohon 13b spojený s platformou 1 tvoří dvojici s pohonem 13b spojeným s
 platformou 3, až po dvojici pohonů 13f pro platformy 1 a 3.

Platforma 1, 3 je zavěšena přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na pevných vzpěrách 6, které
 jsou připevněny přes rotační a/nebo sférické klouby 10 k různým typům vozíků a pohonů. Vedle
 45 toho je platforma 1, 3 také zavěšena přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na suvných vzpěrách
7 spojených s přitahovacími pohony 13a připevněnými přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na
 rám 5. Zde je znázorněno, že přitahovací pohony 13a nemají osy pohonů rovnoběžné a i spojnice
 středů rotačních a/nebo sférických kloubů 10, kterými jsou připojeny k rámu je kosá a nesymet-
 rická vůči ostatním pohonům. Tato spojnice (na obrázku označená jako o) určuje směr, ve kte-
 50 rém jsou síly z přitahovacích pohonů 13a vzájemně kompenzovány, a naopak ve směru kolmém
 na spojnicí o síly z přitahovacích pohonů 13a kompenzovány nejsou. U řešení s přitahovacími

pohony 13a je patrné, že pomocí řešení podle technického řešení lze tedy silové účinky působící na části 21 a 22 kompenzovat v různé míře. Nekompenzované složky silových účinků jsou složky reakční do rámu 5. Je žádoucí, aby osy jednotlivých dvojic pohonů byly rovnoběžné a nejlépe souosé, ale osy těchto dvojic pohonů mohou vůči sobě svírat libovolný úhel. Síly ve směru os těchto dvojic jsou kompenzovány, síly kolmo na tyto osy nejsou kompenzovány plovoucím principem, ale mohou být kompenzovány vzpěrami typu „motor na motoru“ podle obr. 23-28. Výhodné ale je, když jsou osy všech dvojic pohonů rovnoběžné.

Dále jako pohony jsou zde znázorněny přitahovací pohony 13b pevně uchycené na rámu 5, vozíky s přitahovacími pohony 12c a 12d, které ale tvoří dvojici s vozíkem 11a a 11d s posuvným pohonem. Ve dvojicích pohonů mohou být užity různé druhy pohonů. Jsou užity rotační pohony 15e přes rotační vzpěry 9 spojené přes rotační a/nebo sférické klouby 10 k pevným vzpěrám 6.

Dále je znázorněno několik variant pohonu prostřednictvím vozíků 14 bez pohonu. Vozík bez pohonu znamená, že do vozíku není vestavěn nějaký pohon (lineární elektrický pohon, pohybový šroub nebo matice). Vozík 14 bez pohonu však může být spojen s další vzpěrou, která je pak připojena k pohonu. Na obr. 5 jsou vozíky 14 bez pohonu spojeny prostřednictvím pevných vzpěr 6 s rotačními vzpěrami 9, které jsou spojeny s rotačními pohony 15f na rámu 5. Jiné vozíky 14 bez pohonu jsou spojeny prostřednictvím suvných vzpěr 7 s přitahovacími pohony 13g, které jsou spojeny přes rotační a/nebo sférické klouby 10 připojeny k rámu 5. Také zde je kompenzace sil pohonů 13g jen částečná jako u pohonů 13a.

Vedle toho je na obr. 5 znázorněno, že platforma 1, 3 může být připojena k rámu jen vozíky 14 bez pohonu. Podobně je znázorněno, že platforma 1, 3 může být připojena k rámu jen pevnými vzpěrami 6 bez pohonu přes rotační a/nebo sférické klouby 10. Zatímco je důležité, aby v případě připojení k rámu 5 prostřednictvím pohonů tyto zda pohony tvořily dvojice, při připojení k rámu bez pohonu mohou být tato připojení může být v potřebném libovolném počtu a ne ve dvojicích. Většina pohonů 13a-13f je znázorněna s rovnoběžnými osami. Je potřebné, aby pohony byly ve dvojicích rovnoběžné a nejlépe souosé, ale osy dvojic pohonů mohou být vzájemně nerovnoběžné. Například osa pohonů 13b může být kosá k osám pohonů 12c-11c a/nebo k osám pohonů 11d-12d. Pohony u vozíků 11 s posuvným pohonem, u vozíků 12 s přitahovacím pohonem a u přitahovacích pohonů 13 mohou být například lineární elektrické pohony a/nebo pohybové šrouby s různým náhonem. Rotační pohony 15 mohou být například elektrické rotační motory nebo prstencové motory. Znázorněné provedení paralelních kinematických struktur na obr. 5 může představovat jak rovinnou variantu, kdy počet pohonů je vyšší než počet stupňů volnosti a jde o redundantní pohony, tak průmět prostorové varianty bez redundantních pohonů.

Na obr. 6 jsou další možná provedení s řadou různých variant vzpěr a pohonů, kdy části 21, 22 nejsou připojeny k rámu 5 prostřednictvím posuvných a/nebo rotačních pohonů, ale posuvné a/nebo rotační pohony jsou uspořádány mezi oběma částmi 21, 22, přičemž každý z těchto pohonů je spojen jak s částí 21, tak s částí 22. Druhé, absolutizační pohony 18, 19 ze dvojice pohonů nejsou na tomto obrázku znázorněny.

Tato provedení uvedená na obr. 6 představují zařízení pro snížení, resp. kompenzaci účinků vzájemně na sebe působících částí 21 a 22 přímo propojeními mezi sebou, jejichž příklady znázorněné na tomto obrázku jsou dále popsány.

Platforma 1, 3 je zavěšena přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na pevných vzpěrách 6 a dále přes vozíky 14 bez pohonu nebo přes další pevné vzpěry 6 a rotační a/nebo sférické klouby 10 k rámu 5. Vzájemný pohyb platform 1, 3 je realizován pohony působícími mezi oběma částmi 21, 22. Tyto pohony lze rozdělit na pohony, které jsou uspořádány na platformě 1 a/nebo 3, a na pohony, které jsou uspořádány mimo platformu 1 nebo 3 buď na pevné vzpěře 6 nebo na vozíku 14 bez pohonu. Vozík 11 s posuvným pohonem je uspořádán na jedné z platform 1, 3 a je pevnou vzpěrou 6 přes rotační a/nebo sférické klouby 10 připojen ke druhé z platform 1, 3. Vozík 12 s přitahovacím pohonem je uspořádán na jedné z platform 1, 3 a je pevnou vzpěrou 6 a/nebo suvnou vzpěrou 7 přes rotační a/nebo sférické klouby 10 připojen ke druhé z platform 1, 3. Přitahovací pohon 13 je připevněn k jedné z platform pevně nebo přes rotační a/nebo sférické

klouby 10 a suvnou vzpěrou 7 nebo suvnou vzpěrou 7 a pevnou vzpěrou 6 je přes rotační a/nebo sférické klouby 10 připojen ke druhé z platform 1, 3.

V jiné variantě mohou být vozíky 11 s posuvným pohonem jsou uspořádány na obou platformách 1, 3 a vzájemně propojeny pevnou vzpěrou 6 přes rotační a/nebo sférické klouby 10. Bylo by možné takto užít i vozíky 12 s přitahovacím pohonem. Mezi platformami 1, 3 je také možné přes rotační vzpěru 9 a pevnou vzpěru 6 použít uspořádaný rotační pohon 15.

U další varianty jsou pohony uspořádány mezi vozíky 14 bez pohonů u části 21 a části 22 užitím přitahovacího pohonu 13.

Další varianta uvádí užití dvou přitahovacích pohonů 13 spojených společným pohybovým šroubem 16. Jeden přitahovací pohon 13 je spojen přes těleso tvořené třemi pevnými vzpěrami 6 a uspořádané mezi platformou 1 a vozíkem 14 bez pohonu a druhý pohon 13 je spojen s platformou 3. Ta je uspořádána mezi připojení vozíku 14 bez pohonu třemi pevnými vzpěrami 6 tvořícími těleso a platformu 3. Osy vozíků 14 bez pohonu, kterými jsou části 21, 22 připojeny k rámu 5, a osy rotačních kloubů 10, kterými jsou přes pevné vzpěry 6 části 21, 22 připojeny k rámu 5, mohou vzájemně svírat libovolný úhel. Reakční síly v těchto připojeních k rámu 5 mohou být kompenzovány vzpěrami typu „motor na motoru“ podle obr. 23-28. Možné realizace pohonů jsou obdobné jako na obr. 5.

Znázorněné provedení paralelních kinematických struktur na obr. 6 může opět představovat jak rovinnou variantu, kdy počet pohonů je vyšší než počet stupňů volnosti a jde o redundantní pohony, tak průmět prostorové varianty bez redundantních pohonů.

Obě provedení pohonů vzájemného pohybu platform 1, 3 podle obr. 5 a 6 je možné kombinovat. Je možné mít dvojici pohonů uspořádaných mezi částmi 21, 22 a rámem 5, jak je uvedeno na obr. 5 a současně pohon uspořádaný mezi částmi 21, 22, jak je uvedeno na obr. 6.

Na obr. 7 je provedení s přídatnou vzpěrou 17 u jedné z částí 21, 22 obráběcího stroje a spojení dvou různých paralelních kinematických struktur na rozdíl od předchozích provedení, kde byly vždy dvě shodné paralelní kinematické struktury. Část 21 je tvořena platformou 1 nesoucí obrobek 2, která je zavěšena přes rotační a/nebo sférické klouby 10 na pevných vzpěrách 6, které jsou připevněny přes rotační a/nebo sférické klouby 10 k posuvným vozíkům 12 s přitahovacím pohonem spojených společným pohybovým šroubem 16 a posouvajících se po vedení na rámu 5 na jedné straně a k posuvným vozíkům 11 s posuvným pohonem posouvajících se po vedení na rámu 5. Tyto pohony jsou vždy uspořádány po dvojicích. Vedle těchto vzpěr připevněných k rámu 5 prostřednictvím vozíků 11 a 12 s pohony je platforma 3 části 22 ještě zavěšena na pevné přídatné vzpěře 17 bez pohonu a přes rotační a/nebo sférický kloub 10a k rámu 5. Síly v přídatné vzpěře 17 nejsou plovoucím principem kompenzovány. Jsou však buď zanedbatelné nebo jsou kompenzovány užitím vzpěry s pohonem, jak je patrné na podle obr. 23-27. Může jít o rovinné struktury nebo o průmět prostorových struktur, kde část 21 obráběcího stroje je tvořena paralelní kinematickou strukturou HexaSlide se 6 stupni volnosti a část 22 obráběcího stroje je tvořena paralelní kinematickou strukturou HexaSphere se 3 stupni volnosti, z nichž se využívají 2 stupně volnosti. Tato prostorová varianta je schematicky znázorněna na obr. 8. Paralelní kinematická struktura HexaSphere je popsána např. ve spisů CZ 302911.

Na obr. 8 je prostorově znázorněno provedení spojení prostorových paralelních kinematických struktur HexaSlide pro část 21 a HexaSphere pro část 22, obdobně, jako na obr. 7. Jako pohony jsou užity jen posuvné vozíky 11 s posuvným pohonem posouvající se po vedení na rámu 5. V každém vedení je vždy vedena dvojice posuvných vozíků 11, jeden vozík náležející k části 21 a jeden vozík náležející k části 22. Všechny klouby 10 jsou sférické klouby.

Na obr. 9 je schematicky znázorněno spojení dvojice prostorových paralelních kinematických struktur shodného typu SlidingDelta každá se 3 stupni volnosti tvořené posuvy ve směru kartézských os x, y, z, realizujících část 21 obráběcího stroje s obrobkem 2 a část 22 obráběcího stroje s nástrojem 4. Paralelní kinematická struktura SlidingDelta se skládá z platformy 1 pro část 21, která je přes sférické klouby 10 zavěšena na třech dvojicích pevných vzpěr 6 uspořádaných do

třech paralelogramů připevněných přes sférické klouby 10 k posuvným vozíkům 11 s posuvnými pohony. Osy posuvu posuvných vozíků 11 jsou rovnoběžné. Tak je zajištěno, že platforma 1 vykonává jen posuvný pohyb a nemění vůči posuvným vozíkům 11 během pohybu svoji orientaci. Obdobně je uspořádána paralelní kinematická struktura SlidingDelta s platformou 3 pro část 22. Každý posuvný vozík 11 s posuvným pohonem části 21 tvoří dvojici s nějakým posuvným vozíkem 11 s posuvným pohonem části 22 tak, že je s ním uspořádán souose. V daném případě jsou posuvné pohony posuvných vozíků 11 tvořeny elektrickými lineárními pohony, které mají po dvojicích shodné osy pevných vedení elektrických lineárních motorů. Posuvné pohony posuvných vozíků 11 ale také mohou být tvořeny pohonem s kuličkovým šroubem, pak by souosost byla realizována shodnou osou těchto pohybových šroubů. Tři souosé dvojice vozíků 11 s posuvnými pohony pak realizují posuvný pohyb platform 1 a 3 ve třech stupních volnosti tak, že je prováděn potřebný vzájemný posuvný pohyb nástroje 4 a obrobku 2. Místo posuvných vozíků 11 s posuvnými pohony lze alternativně užít posuvné vozíky 12 s přitahovacím pohonem a společnými pohybovými šrouby 16, v tom případě by bylo nutné užít absolutizační pohon 18.

Na obr. 10 je schematicky znázorněno spojení prostorových paralelních kinematických struktur shodného typu redundantní SlidingDelta se 3 stupni volnosti tvořené posuvy ve směru kartézských os x , y , z , ovládajících realizujících část 21 obráběcího stroje s obrobkem 2 a část 22 obráběcího stroje s nástrojem 4. Jde o obdobu provedení na obr. 8, ale s užitím redundantních pohonů, kterých je 4 pro 3 stupně volnosti. Užití redundantních pohonů významně zvýší dexteritu, tuhost a dynamiku struktur. Paralelní kinematická struktura redundantní SlidingDelta se skládá z platformy 1 pro část 21, která je přes sférické klouby 10 zavěšena na čtyřech dvojicích pevných vzpěr 6 uspořádaných do čtyř paralelogramů připevněných přes sférické klouby 10 k posuvným vozíkům 11 s posuvnými pohony. Osy posuvu posuvných vozíků 11 jsou rovnoběžné, což zajistí jen posuvný pohyb platformy 1 vůči vozíkům bez změny orientace. Obdobně je uspořádána paralelní kinematická struktura SlidingDelta s platformou 3 pro část 22. Opět každý posuvný vozík 11 s posuvným pohonem části 21 tvoří dvojici s nějakým posuvným vozíkem 11 s posuvným pohonem části 22 tak, že je s ním uspořádán souose. I v tomto případě jsou posuvné pohony posuvných vozíků 11 tvořeny elektrickými lineárními pohony, které mají po dvojicích shodné osy pevných vedení elektrických lineárních motorů. Čtyři souosé dvojice vozíků 11 s posuvnými pohony pak realizují posuvný pohyb platform 1 a 3 ve třech stupních volnosti tak, že je prováděn potřebný vzájemný posuvný pohyb nástroje 4 a obrobku 2, jen řízení redundantních pohonů vyžaduje složitější řízení.

Na obr. 11 je schematicky znázorněno spojení prostorových paralelních kinematických struktur shodného typu Delta se 3 stupni volnosti, tvořené posuvy ve směru kartézských os x , y , z , realizujících část 21 obráběcího stroje s obrobkem 2 a část 22 obráběcího stroje s nástrojem 4. Paralelní kinematická struktura Delta se skládá z platformy 1 pro část 21, která je přes sférické klouby 10 zavěšena na třech dvojicích pevných vzpěr 6 uspořádaných do třech paralelogramů připevněných přes sférické klouby 10 k rotačním vzpěrám 9, jejichž dvojice jsou poháněny vůči sobě třemi rotačními pohony 15. Tyto rotační pohony 15 se mohou volně otáčet v rotačních kloubech 10 vůči rámu 5, obdobně jako u provedení na obr. 1, kde se vozíky 12 volně posouvaly po rámu 5. Proto je třeba polohu rotačních vzpěr 9 vůči rámu 5 polohovat absolutně. To je provedeno absolutizačním rotačním pohonem 19.

Na obr. 12 je schematicky znázorněno alternativní provedení k provedení na obr. 11. Místo jednoho rotačního pohonu 15 působícího mezi rotačními vzpěrmi 9 je užito na každém rotačním kloubu 10 vůči rámu 5 vždy dvojice rotačních pohonů 15. Tyto rotační pohony 15 působí momentem přímo na rám 5, jsou souosé a jejich momenty se vzájemně kompenzují, ale na rámu 5. Proto není třeba absolutizačních pohonů.

Na obr. 13 je schematicky znázorněno alternativní provedení k obr. 2, kde dvojice posuvných pohonů jsou rovnoběžné, ale nemají shodnou osu, tedy nejsou souosé. Síly F a $-F$ z posuvného pohonu 11a a 11 se kompenzují, ale jejich dvojice sil vytvoří moment Fd . Tento moment není kompenzován a musí být rámem 5 zachycen. Kompenzace hlavních sil F je provedena a při malé nesouososti, zde velikosti d , nepůjde o velké namáhání rámu. Toto provedení také odpovídá

reálnému provedení, kdy výrobní nepřesnosti vždy způsobí nějakou, byť malou velikost $\underline{d}$ posunutí os pohonů 11.

Na obr. 14 je schematicky znázorněno alternativní provedení k obr. 12, kde dvojice rotačních pohonů jsou rovnoběžné, ale nemají shodnou osu, tedy nejsou souosé. Momenty $\underline{M}$ a $-\underline{M}$ z rotačních pohonů 15a a 15b se plně kompenzují, ale musejí nejdříve vstoupit do rámu 5 a rámem 5 se šířit mezi osami 15a a 15b. Tím může být rám 5 buzen rázem z momentů. Pokud vzdálenost os 15a a 15b je malá, nepůjde o velké namáhání rámu 5. Jde o obdobu provedení na obr. 13 pro rotační pohony 15.

Na obr. 15 je schematicky znázorněno alternativní provedení k provedení podle obr. 14, kde rotační pohony 15 jsou provedeny jako otočné vzpěry typu „motor 45 na motoru 46“, jak je dále uvedeno na obr. 28. Řešení na obr. 15 vede ke snížení sil v konstrukci paralelních kinematických struktur Delta z částí 21 a 22 a do rámu 5.

Na obr. 16 je schematicky rovinným průmětem znázorněno alternativní provedení k obr. 7, kde jsou použity téměř shodné prostorové paralelní kinematické struktury HexaSphere, ale liší se tím, že pevná přídavná vzpěra 17 bez pohonu je v horní struktuře, u části 22, nahrazena pevnou přídavnou vzpěrou 17a spojenou přes sférický kloub 10a se suvnou vzpěrou 7 ovládanou přitahovacím pohonem 13 a dvěma posuvnými pohony 11, z nichž v průmětu je znázorněn jen jeden (vyznačeno šipkou). Dolní struktura, příslušející části 21, provádí natáčení obrobku 2 a horní struktura, příslušející části 22, vedle natáčení provádí i posuv ve 3 stupních volnosti tvořeném posuvy ve směru kartézských os x , y , z , a realizovaném posuvem suvné vzpěry 7 přitahovacím pohonem 13 a dvěma posuvnými vozíky 11 s posuvnými pohony, z nichž je na obr. 16 jen průmět jednoho posuvného vozíku 11 s posuvným pohonem. Posuvné pohony 11 a 13 nemají dvojici a jejich síly nejsou kompenzovány. Jestliže posuvy jsou pomalé, není buzení rámu 5 velké. Jde o hybridní paralelní kinematické struktury tvořené kombinací vzpěr s pohony a vzpěr bez pohonů. Přitahovací pohon 13 může být realizován například teleskopickým pohybovým šroubem a posuvné pohony 11 mohou být realizovány například pohybovými šrouby.

Na obr. 17 je schematicky znázorněno alternativní provedení k obr. 9 a 10. Je užito spojení prostorové paralelní kinematické struktury Sliding Delta u části 22 a prostorové paralelní kinematické struktury redundantní Sliding Delta u části 21. Sliding Delta má 3 pohony, redundantní Sliding Delta má 4 pohony. Buď 3 pohony z obou prostorových paralelních kinematických struktur jsou uspořádány ve dvojicích souose jako v předchozích provedeních (na obr. 17 by to byly pohony na vozíkách 11 připevněných na pevných vzpěrách 6) a čtvrtý pohon je s ostatními jen rovnoběžný (na obr. 17 by to byl pohon na vozíku 11 připevněných na přídavných vzpěrách 17) nebo všechny pohony mají osy jen rovnoběžné, ale ne souosé (na obr. 17 by to byly všechny pohony na vozíkách 11 bez rozlišení). Redundantní pohony rozkládají pohyb mezi více pohony, než je minimální nutný počet daný počtem stupňů volnosti. Síly ve směru pohonů jsou tedy celkově v součtu kompenzovány, ale vznikají z dvojic sil momenty, které kompenzovány nejsou. Tyto nekompenzované momenty ale nejsou při malých vzdálenostech mezi osami velké. Tento příklad ukazuje možnost kombinovat různé paralelní kinematické struktury s různým počtem pohonů. Tato možnost by se mohla uplatnit pro alternativní provedení k provedení na obr. 7 a 8, kde by místo paralelní kinematické struktury HexaSlide s 6 pohony byla užita redundantní paralelní kinematické struktury OctaSlide s 8 pohony, která má lepší dexteritu a další mechanické vlastnosti pro realizaci posuvných pohybů obrobku 2. OctaSlide je paralelní kinematická struktura s platformou zavěšenou na 8 pevných vzpěrách 6 připojených na 8 vozíků 11 s posuvným pohonem a/nebo vozíků 12 s přitahovacím pohonem umístěných na rámu 5. Jde o redundantně poháněnou paralelní kinematickou strukturu, která má více pohonů (8 pohonů) než stupňů volnosti (6 stupňů volnosti).

Na obr. 18 je schematicky znázorněno jiné provedení spojení dvou paralelních kinematických struktur. Část 21 obráběcího stroje nesoucí obrobek 2 je redundantní paralelní kinematická struktura SlidingStar a část 22 obráběcího stroje nesoucí nástroj 4 je rovněž hybridní redundantní paralelní kinematická struktura na bázi SlidingStar.

Rovinná redundantní paralelní kinematická struktura SlidingStar části 21 obráběcího stroje je tvořena platformou 1 nesoucí obrobek 2, která je přes rotační klouby 10 zavěšena na pevných vzpěrách 6 připevněných přes další rotační klouby 10 na posuvných vozíkách 11a až 11d s posuvnými pohony pohybujícími se rovnoběžně po rámu 5. Paralelní kinematická struktura SlidingStar má 3 stupně volnosti, 4 posuvné pohony, ale využívá jen 2 stupně volnosti posuvných pohybů v rovině, protože natočení platformy podle obr. 18 poskytuje zvýšenou tuhost. Obdobně je uspořádána část 22 obráběcího stroje, kde na platformě 3 je umístěna pinole 4 nesoucí nástroj tvořená vozíkem s přitahovacím pohonem 13. Čtyři pohony pro posun ve směru dvou os jsou uspořádány po dvojicích posuvných vozíků 11a, 11b, 11c, 11d. Jejich síly jsou plně kompenzovány, ale tyto síly obvykle nejsou souosé, a tak momenty jejich silových dvojic musejí být zachyceny rámem 5. Síla přitahovacího pohonu 13 vozíku v pinole 4 není kompenzována plovoucím principem, ale jen vzpěrou „motor na motoru“. Je to příklad, kdy základní pohyby posuvu jsou plně kompenzovány plovoucím principem, ale pohyby přísuvu a případně natočení nástroje nejsou plovoucím principem kompenzovány. Posuvné pohony vozíků 11a-11d jsou například tvořeny lineárními elektrickými pohony a přitahovací pohon 13 teleskopickým pohybovým šroubem.

Na obr. 19 je schematicky znázorněno provedení spolupráce jedné části 21 obráběcího stroje s obrobkem 2 na platformě 1 se dvěma částmi 22a a 22b obráběcího stroje s nástroji 4a a 4b na platformách 3a a 3b, vycházející z provedení na obr. 2. Posuvné vozíky 11 s posuvnými pohony jsou na rámu 5 uspořádány souose, a tak jsou veškeré jejich síly a momenty plně kompenzovány. Může jít o rovinné paralelní kinematické struktury nebo o průmět prostorových paralelních kinematických struktur například HexaSlide. Je tak možná spolupráce mnoha strojů s plovoucím principem.

Na obr. 20 je schematicky znázorněno jiné provedení spolupráce jedné části 21 obráběcího stroje nesoucí obrobek 2 se dvěma částmi 22a a 22b obráběcího stroje, kde část 22a nese nástroj 4a a část 22b nese nástroj 4b. Je to odlišné provedení od provedení z obr. 19, vycházející z provedení na obr. 1. Jako pohony jsou užity vozíky 12 s přitahovacími pohony spojených společným pohybovým šroubem 16. Proto musí být užit absolutizační posuvný pohon 18. Opět může jít o rovinné paralelní kinematické struktury nebo o průmět prostorových paralelních kinematických struktur například HexaSlide. Je tak možná spolupráce mnoha strojů s plovoucím principem.

Na obr. 21 je schematicky znázorněno jiné provedení spolupráce mnoha strojů s plovoucím principem. Jedna část 21 obráběcího stroje nesoucí obrobek 2, který se při obrábění obráběcími silami deformuje, se dvěma částmi 22a a 22b obráběcího stroje, kde část 22a nese nástroj 4a pro obrábění a část 22b nese nástroj 4b pro opěru obrobku 2 při obrábění. Tato opěra 4b vždy zaujímá polohu proti síle od obráběcího nástroje 4a, a tak kompenzuje deformaci obrobku 2 při obrábění. Je to provedení vycházející z provedení na obr. 20. Jako pohony jsou užity vozíky 12 s přitahovacími pohony spojených společným pohybovým šroubem 16. Proto musí být užit absolutizační posuvný pohon 18. Opět může jít o rovinné paralelní kinematické struktury nebo o průmět prostorových paralelních kinematických struktur například HexaSlide.

Na obr. 22 je schematicky znázorněno alternativní provedení k provedení na obr. 21. Nástroj 4b pro opěru obrobku 2 při obrábění je zde opatřen pohonem 20 pro zvýšení tuhosti obráběného obrobku 2. Tento pohon působí lokálně na polohu opěry 4b a snižuje deformace obráběného obrobku 2.

Obr. 23 znázorňuje možné řešení vzpěry pevné 6 a/nebo vzpěry suvné 7 a/nebo přídavné vzpěry 17 (vzpěra pevná 6 je uvedena u provedení podle obr. 4), kdy statický díl 43 vzpěry je opatřen primárním dílem 30 transformačního lineárního elektrického motoru 26 vytvářejícího sílu F1 (obr. 26), mezihmota 27 je válcová a je opatřena sekundárním dílem 29 hlavního lineárního elektrického motoru 25 a sekundárním dílem 31 transformačního lineárního elektrického motoru 26, a pohyblivý díl 44 vzpěry je opatřen primárním dílem 28 hlavního lineárního elektrického motoru 25 vytvářejícího sílu F2 (obr. 26). Oba motory 25 a 26 mají společnou osu 32 a jsou tedy souosé. Toto souosé uspořádání odstraňuje vznik klopného momentu ve vzpěře. Vedení mezi-

hmoty 27 ve statickém díle 43 vzpěry a v pohyblivém díle 44 vzpěry je provedeno lineárními vedeními 24. Vedení pohyblivého dílu 44 ve statickém díle 43 vzpěry je také provedeno lineárními vedeními 24. Díky souslosti obou motorů 25 a 26 jsou normálové síly ve vedeních nulové nebo minimální, je tedy možné užít řešení bez lineárního vedení. Vedení je pak zajištěno kluzným stykem ploch s případným mazivem mezi mezhmotou 27 a statickým dílem 43, mezi mezhmotou 27 a pohyblivým dílem 44 a mezi statickým dílem 43 a pohyblivým dílem 44 vzpěry. Jde o provedení vzpěry typu „motor na motoru“, protože vzpěra je vybavena dvěma na sobě umístěnými lineárními elektrickými motory 25 a 26.

Obr. 24 znázorňuje další možné řešení vzpěry pevné 6 a/nebo vzpěry suvné 7 a/nebo přídavné vzpěry 17. Je to varianta řešení z obr. 23, kde mezhmota 27 je na tomto obrázku tvořena společným sekundárním dílem motoru 25 a motoru 26. To je například možné dosáhnout tak, že mezhmota 27 podle obr. 23 je zde přímo tvořena permanentními magnety. Takové řešení je velmi kompaktní a zmenšuje zástavbový prostor.

Na obr. 25 je znázorněn řez možným řešením osově symetrického uspořádání vzpěry pevné 6 a/nebo vzpěry suvné 7 a/nebo přídavné vzpěry 17. Cívky 33 primárního dílu 28 lineárního tubulárního elektrického motoru 25 a jádro 34 sekundárního dílu 29 lineárního tubulárního elektrického motoru 25 jsou uspořádány osově symetricky kolem společné osy 32. Jádro 34 sekundárního dílu 29 lineárního tubulárního elektrického motoru 25 je integrováno s mezhmotou 27 a sekundárním dílem 31 lineárního tubulárního elektrického motoru 26. Osově symetricky kolem této společné osy 32 je také uspořádán statický díl 43 a pohyblivý díl 44 vzpěry. Toto osově symetrické uspořádání značně snižuje pasivní odpory ve vzájemném pohybu motorů ve vzpěře a zmenšuje potřebný zástavbový prostor celé konstrukce.

Obr. 26 znázorňuje jiné možné řešení osově symetrického uspořádání vzpěry pevné 6 a/nebo vzpěry suvné 7 a/nebo přídavné vzpěry 17 využívající lineárního elektrického motoru bez železa. Jeho výhodou je nulová přitažlivá síla umožňující jednoduchou osově symetrickou konstrukci. Statický díl vzpěry 43 je opět opatřen primárním dílem 30 transformačního lineárního elektrického motoru 26 vytvářejícího sílu F1, mezhmota 27 je tvaru U a je tvořena společným sekundárním dílem 29 hlavního lineárního elektrického motoru 25 vytvářejícího sílu F2 a sekundárním dílem 31 transformačního lineárního elektrického motoru 26 vytvářejícího sílu F1 a nesoucím permanentní magnety 38, a pohyblivý díl vzpěry 44 je opatřen primárním dílem 28 hlavního lineárního elektrického motoru 25 vytvářejícího sílu F2. Oba motory 25 a 26 jsou tvořeny vinutími primárních dílů 35 a nemagnetickým materiálem 36 a síly vytvářejí působením na permanentní magnety 38 přes vzduchovou mezeru 37. Oba motory 25 a 26 mají společnou osu 32 ležící ve společné rovině symetrie 47 a jsou tedy sousé. Toto sousé uspořádání odstraňuje vznik klopného momentu ve vzpěře. Pro plné uplatnění této výhody je však třeba, aby statický díl 43 a pohyblivý díl 44 byly na spojovanou konstrukci nebo zařízení připevněny tak, že společná osa 32 prochází středy přepojovacích kloubů, např. sférických kloubů 10.

Obr. 27 znázorňuje jiné možné řešení rovinně symetrického uspořádání vzpěry pevné 6 a/nebo vzpěry suvné 7 a/nebo přídavné vzpěry 17 využívající lineárního elektrického motoru bez železa. Jeho výhodou je nulová přitažlivá síla umožňující jednoduchou rovinně symetrickou konstrukci. Je to varianta řešení z obr. 26, kde hlavní lineární elektrický motor 25 vytvářejícího sílu F2 a transformační lineární elektrický motor 26 vytvářejícího sílu F1 jsou symetricky uspořádány kolem mezhmoty 27 tvaru U vůči její rovině symetrie 47. Toto rovinně symetrické uspořádání sice úplně neodstraňuje vznik klopného momentu ve vzpěře, ale je konstrukčně a montážně jednoduché zvláště s ohledem na dodržení souslosti připevnění vzpěry na spojované konstrukce nebo zařízení. Opět je celé řešení kompaktní a zmenšuje zástavbový prostor.

Obr. 28 znázorňuje možné řešení vzpěry rotační 9 (vzpěra rotační 9 je uvedena u provedení podle obr. 15), kdy stator 46 vzpěry je opatřen primárním dílem 30 transformačního lineárního elektrického motoru 26, mezhmota 27 je trubkovitá a je tvořena sekundárním dílem 29 hlavního lineárního elektrického motoru 25 a sekundárním dílem 31 motoru 26 a rotor 45 vzpěry je opat-

řen primárním dílem 28 motoru 25. Oba motory 25 a 26 mají společnou osu 32 a jsou tedy souosé. Jde o provedení rotační vzpěry typu „motor na motoru“.

S výhodou jsou užity paralelní kinematické struktury s více pohony, než mají stupňů volnosti. Ve všech popisovaných provedeních může jít místo o rovnoběžné osy jen o podstatně rovnoběžné osy a/nebo místo o souosé osy jen o podstatně souosé osy. Takové odchylky mohou vzniknout v
5 důsledku odchylek při výrobě. Řízení pohybu obráběcích strojů je provedeno počítačem.

N Á R O K Y N A O C H R A N U

1. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu (5) ze dvou vzájemně silově na sebe působících částí (21, 22), první části (21) a druhé části (22), zejména nástroje a obrobku při obrábění na
10 obráběcím stroji, pohyblivě připojených ke společnému rámu (5) prostřednictvím paralelních kinematických struktur tvořených platformami (1, 3) a soustavou vzpěr (6, 7, 9, 17), které spojují první část (21) s rámem (5) a druhou část (22) s rámem (5) skrze vozíky (11, 12, 14) a/nebo pohony (13, 15, 16), přičemž první část (21) obsahuje první platformu (1) a druhá část (22) obsahuje druhou platformu (3), **v y z n a ě n é t í m**, že obě části (21, 22) jsou připojené k rámu
15 (5) prostřednictvím posuvných a/nebo rotačních pohonů působících mezi částmi (21, 22) a rámem (5) pro ustavování vzájemné polohy platformy (1) a (3), a/nebo mezi oběma částmi (21, 22) jsou uspořádány posuvné a/nebo rotační pohony pro ustavování vzájemné polohy platformy (1) a (3), přičemž každý z těchto pohonů je spojen jak s částí (21), tak s částí (22).

2. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle nároku 1, **v y z n a ě n é t í m**, že každá
20 platforma (1, 3) je pohyblivě spojena s rámem (5) prostřednictvím pevných vzpěr (6) a suvných vzpěr (7), které jsou k rámu (5) posuvně připojeny prostřednictvím vozíků (11, 12, 14) nebo pohonů (13, 16) s posuvnými pohony, nebo prostřednictvím rotačních vzpěr (9), které jsou k rámu (5) rotačně připojeny prostřednictvím rotačních pohonů (15), přičemž vždy jeden posuvný nebo rotační pohon první části (21) tvoří dvojici s posuvným nebo rotačním pohonem druhé části (22)
25 a osy těchto dvojic pohonů jsou rovnoběžné nebo souosé.

3. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že mezi platformami (1, 3) jsou uspořádány pevné a suvné vzpěry (6, 7) a vozíky (11, 12, 14) nebo pohony (13, 16) opatřené posuvnými pohony působícími mezi platformami (1, 3) a/nebo rotační vzpěry (9) opatřené rotačním pohonem (15) působícím mezi platformami (1, 3).

4. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že platformy (1, 3) jsou přidavně připevněny k rámu (5) přidavními vzpěrami (17) s pohony a/nebo bez pohonů.
30

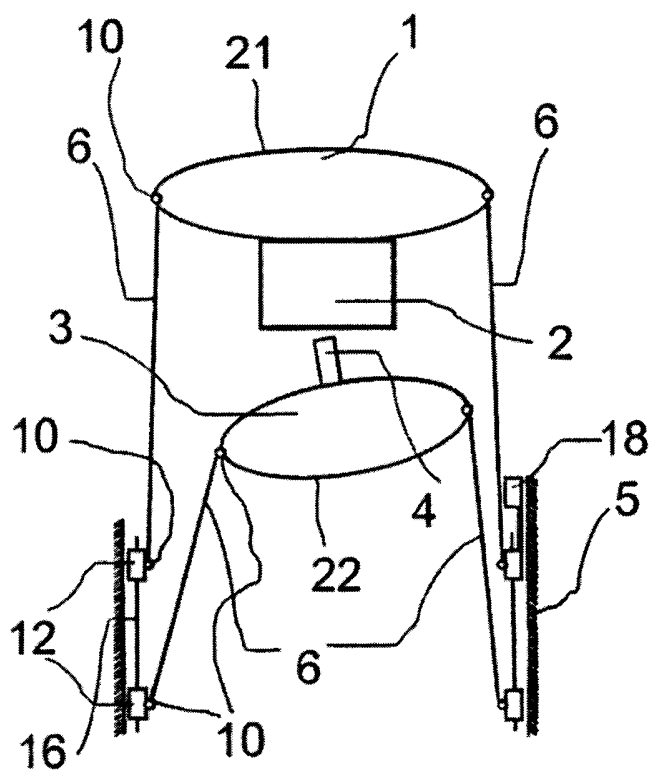
5. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že počet pohonů pro pevné vzpěry (6) je větší než počet stupňů volnosti částí (21, 22).
35

6. Zařízení pro snížení reakčních účinků dvou vzájemně silově na sebe působících částí podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že posuvné pohony jedné dvojice vozíků jsou tvořeny společným pohybovým šroubem (16), přičemž tato dvojice je opatřena absolutizačním posuvným pohonem (18).

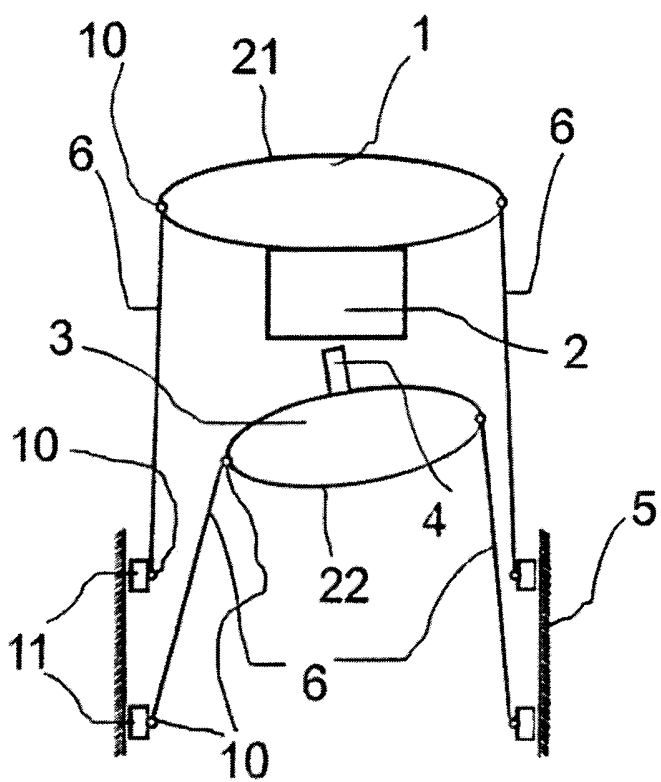
7. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že na vozíku (11) první části (21) nebo druhé části (22) je uspořádán vozík (11a) druhé části (22) nebo první části (21).
40

8. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle nároku 7, **v y z n a ě n é t í m**, že vozík (11) je opatřen absolutizačním posuvným pohonem (18).
9. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že rotační pohon (15) přímo působí mezi rotačními vzpěrami (9) jedné z částí (21, 22) a druhé z částí (21, 22), přičemž tato dvojice rotačních vzpěr je uspořádána na rámu (5) a je opatřena absolutizačním rotačním pohonem (19).
10. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že obrobek (2) je vůči platformě (1) a/nebo nástroj (4) je vůči platformě (3) uspořádán pohyblivě s pohonem.
11. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že alespoň jedna první část (21) s obrobkem (2) tvoří vůči sobě se navzájem pohybující dvojici jak s jednou druhou částí (22a) nesoucí nástroj (4a), tak s alespoň jednou další druhou částí (22b) nesoucí nástroj (4b).
12. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle nároku 11, **v y z n a ě n é t í m**, že alespoň jeden nástroj (4b) tvoří opěru proti deformaci obrobku (2) při obrábění alespoň jedním nástrojem (4a).
13. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků, **v y z n a ě n é t í m**, že pevné vzpěry (6) a/nebo suvné vzpěry (7) a/nebo přídavné vzpěry (17) a/nebo rotační vzpěry (9) paralelních kinematických struktur jsou tvořeny pohyblivým dílem (44) vzpěry a statickým dílem (43) vzpěry, přičemž mezi pohyblivým dílem (44) vzpěry a statickým dílem (43) vzpěry je uspořádána mezipřímota (27) nesoucí jeden díl transformačního lineárního elektrického motoru (26), jehož druhý díl je uspořádán na statickém díle (43) vzpěry a jeden díl hlavního lineárního elektrického motoru (25), jehož druhý díl je uspořádán na pohyblivém díle (44) vzpěry a jednotlivé díly jsou uspořádány souose nebo osově symetricky nebo souměrně vůči společné ose (32) obou motorů.
14. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle nároku 13, **v y z n a ě n é t í m**, že primární díl (28) hlavního lineárního elektrického motoru (25), primární díl (30) transformačního lineárního elektrického motoru (26) a integrující mezipřímota (27) nesoucí sekundární díl (29) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a sekundární díl (31) transformačního elektrického motoru (26) jsou souosé nebo souměrné podle jedné roviny.
15. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle nároku 13 a/nebo 14 s pevnou vzpěrou (6) a/nebo suvnou vzpěrou (7) a/nebo přídavnou vzpěrou (17), **v y z n a ě n é t í m**, že integrující mezipřímota (27) je suvně uložena uvnitř statického dílu (43) vzpěry a uvnitř pohyblivého dílu (44) vzpěry, přičemž primární díl (28) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a primární díl (30) transformačního lineárního elektrického motoru (26) obklopují integrující mezipřímotu (27) a jsou uspořádány za sebou.
16. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle nároku 13 a/nebo 14 s rotační vzpěrou (9), **v y z n a ě n é t í m**, že integrující mezipřímota (27) je otočně uložena uvnitř statoru (46) vzpěry (9) a vně rotoru (45) vzpěry, přičemž primární díl (28) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a primární díl (30) transformačního lineárního elektrického motoru (26) obklopují integrující mezipřímotu (27) a jsou uspořádány soustředně.
17. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků 13 až 16, **v y z n a ě n é t í m**, že integrující mezipřímota (27) je válcová a prochází válcovými díly primárního dílu (28) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a primárního dílu (30) transformačního lineárního elektrického motoru (26).

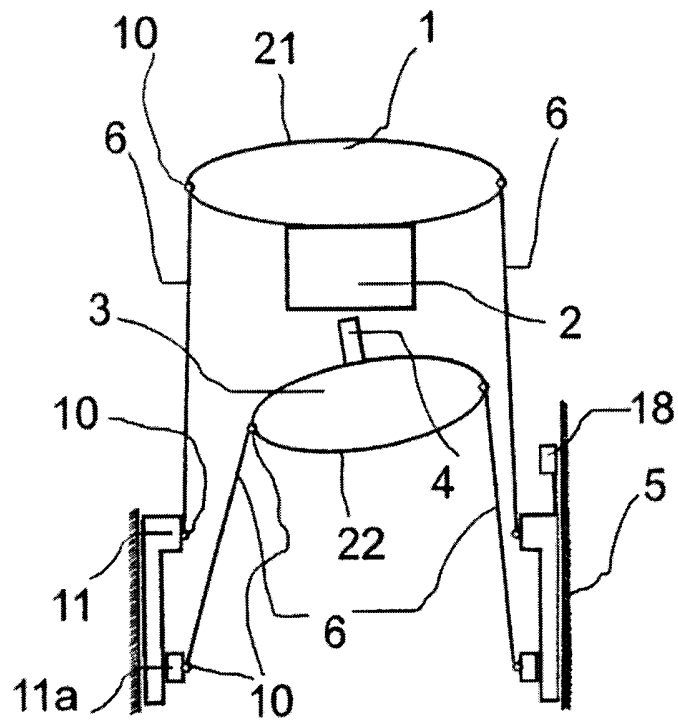
18. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků 13 až 17 s pevnou vzpěrou (6) a/nebo suvnou vzpěrou (7) a/nebo přídavnou vzpěrou (17), **v y z n a ě n é t í m**, že integrující mezipřímota (27) je tvaru písmene „U“, přičemž prochází uzavřenými profily primárního dílu (28) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a primárního dílu (30) transformačního lineárního elektrického motoru (26).
19. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků 13 až 18, **v y z n a ě n é t í m**, že integrující mezipřímota (27) je trubkovitá, přičemž na její vnitřní ploše je uspořádán sekundární díl (29) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a na její vnější ploše sekundární díl (31) transformačního lineárního elektrického motoru (26).
20. Zařízení pro snížení přenosu sil do rámu podle některého z předešlých nároků 13 až 19, **v y z n a ě n é t í m**, že společná osa (32) hlavního lineárního elektrického motoru (25) a transformačního lineárního elektrického motoru (26) prochází středy rotačních kloubů (10) spojovacích dílů zařízení.



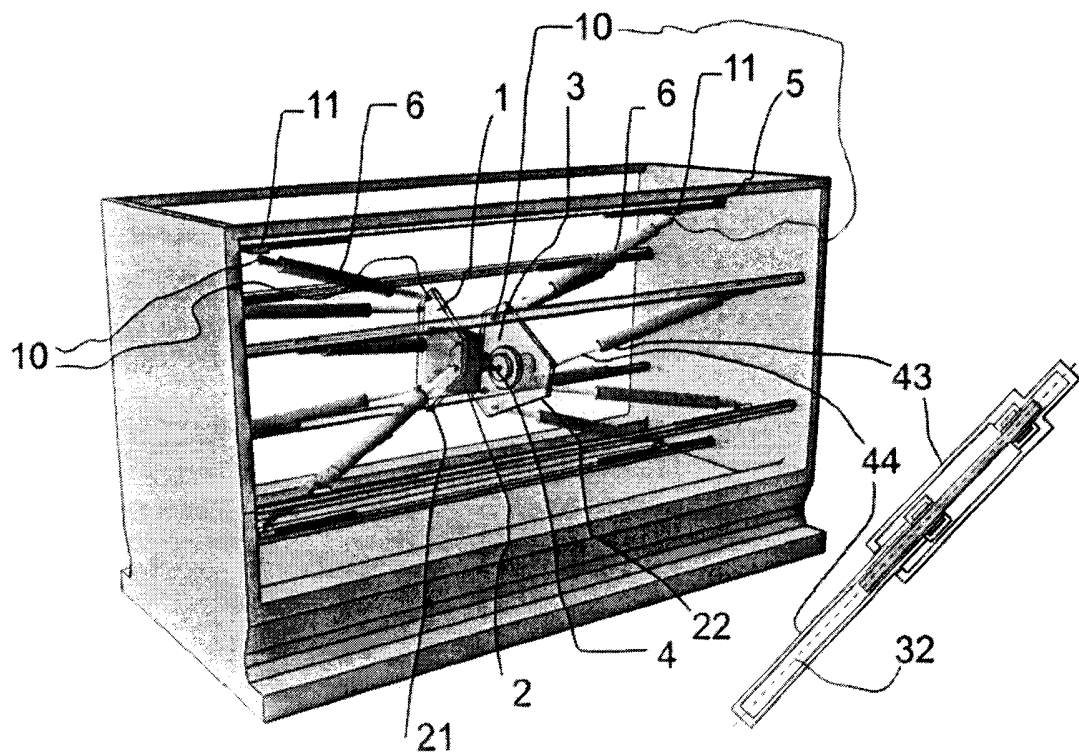
Obr. 1



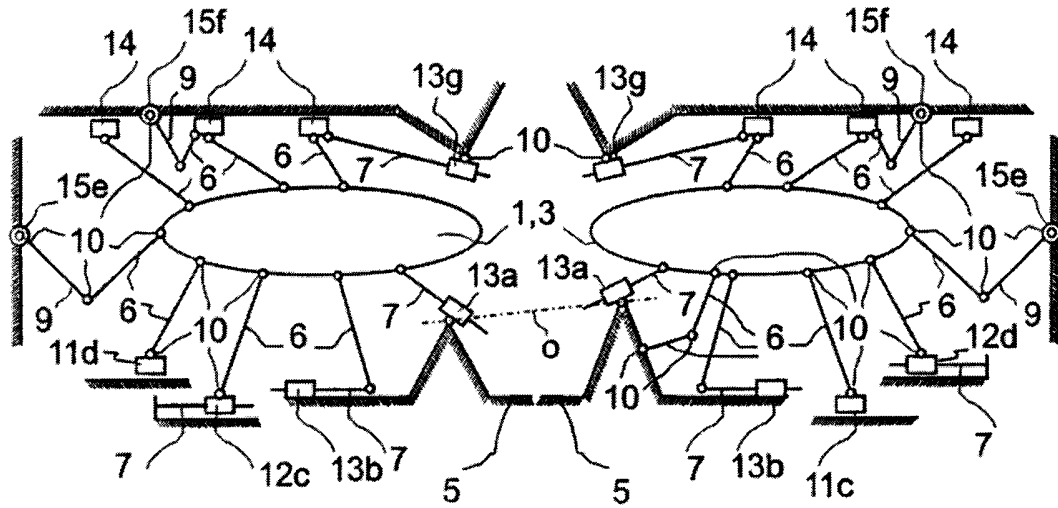
Obr. 2



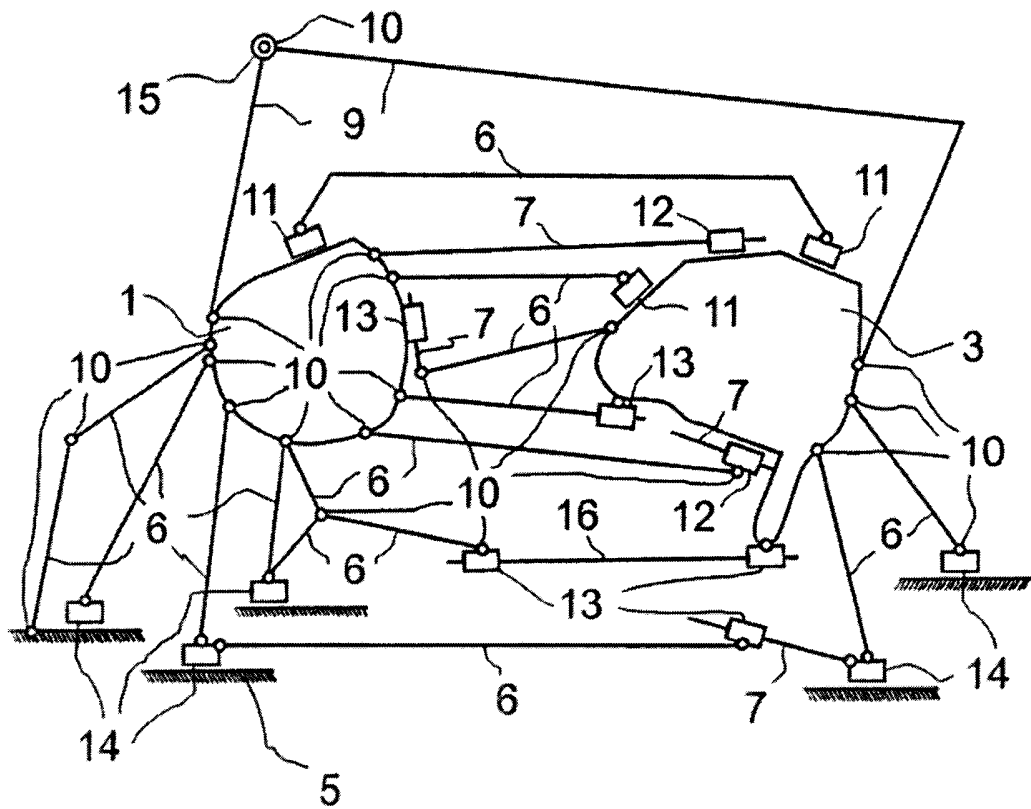
Obr. 3



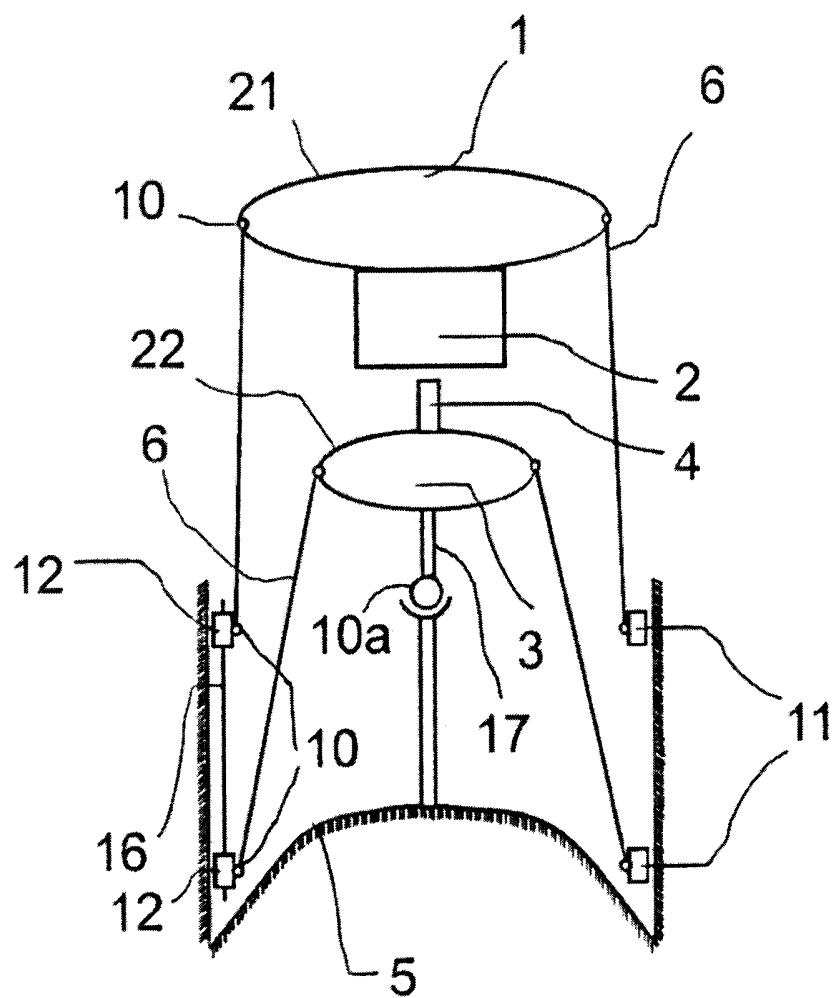
Obr. 4



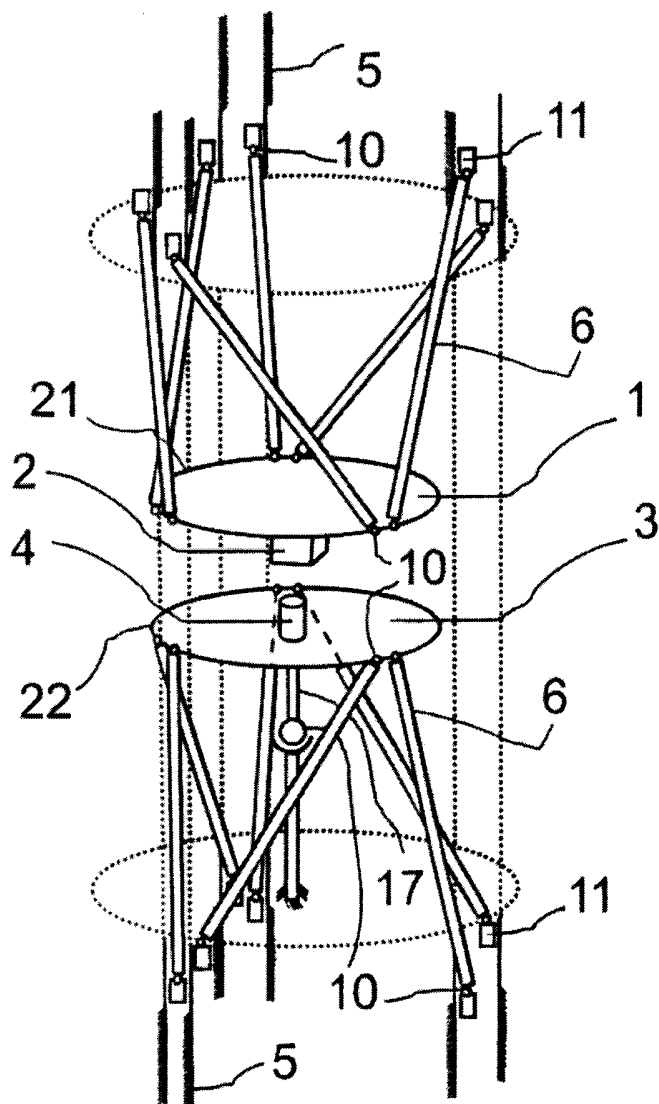
Obr. 5



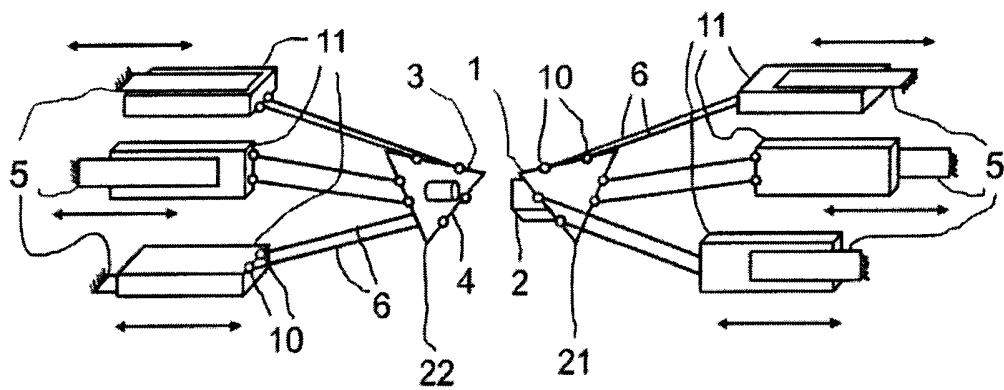
Obr. 6



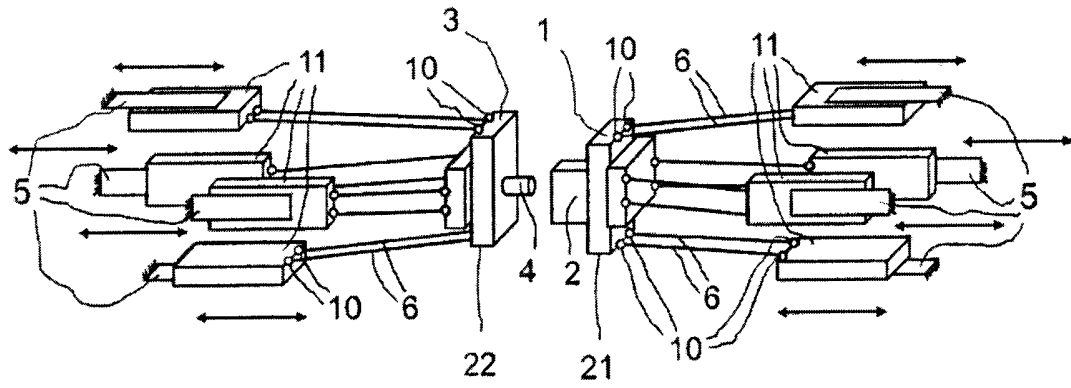
Obr. 7



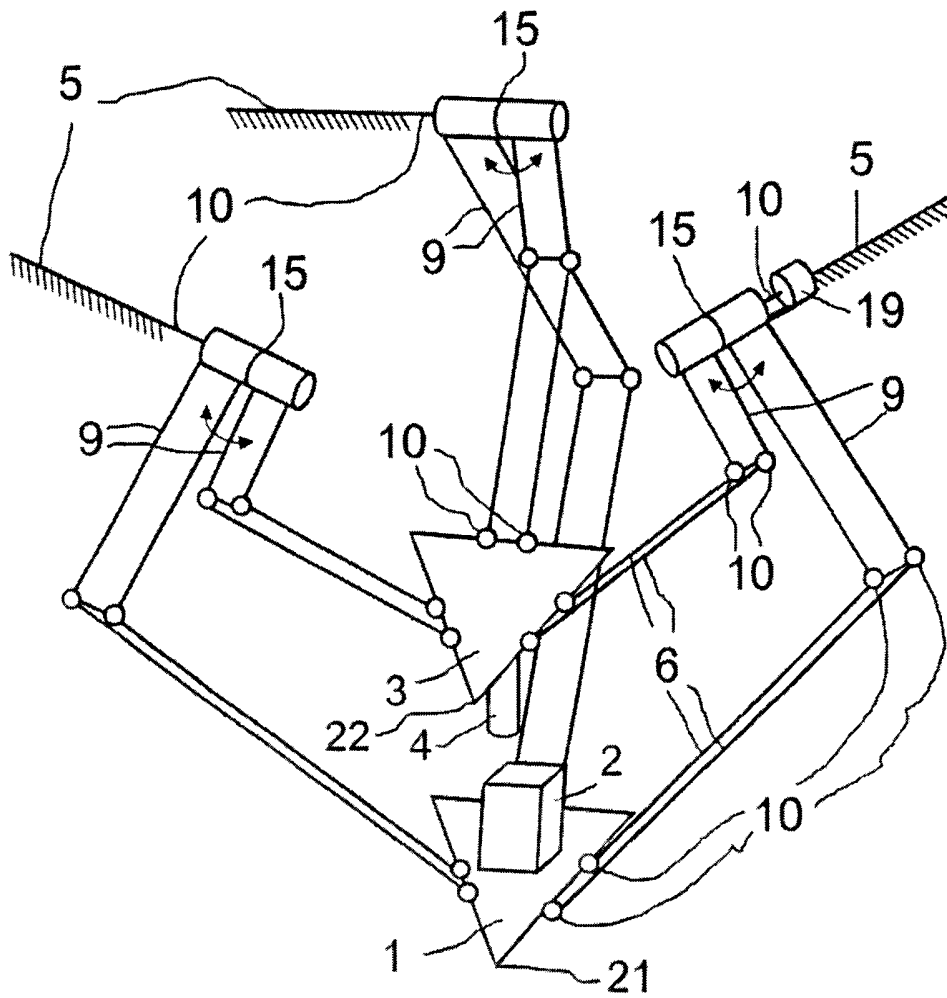
Obr. 8



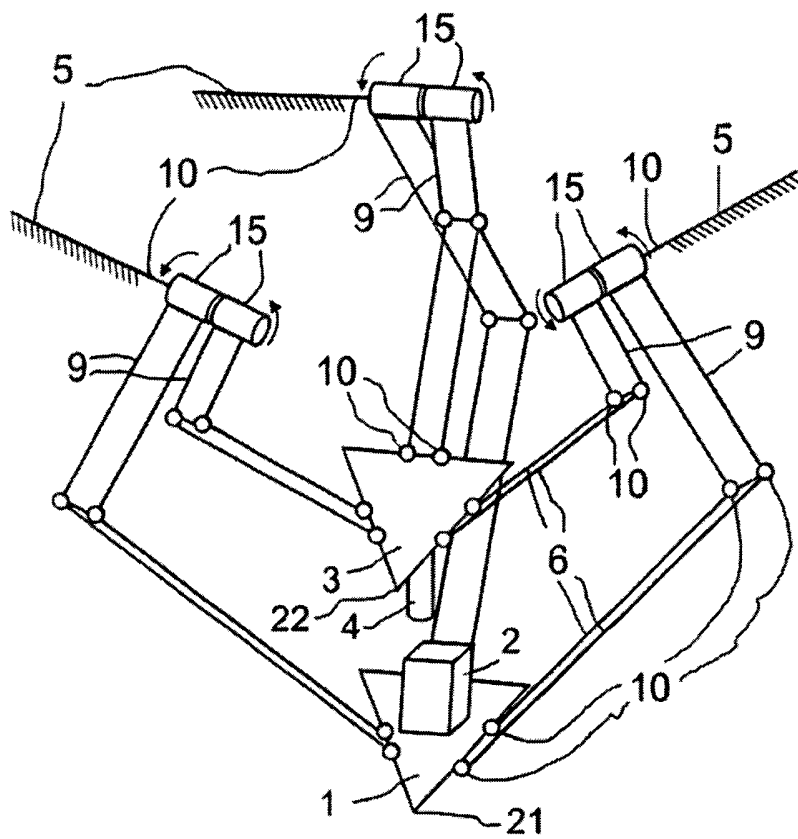
Obr. 9



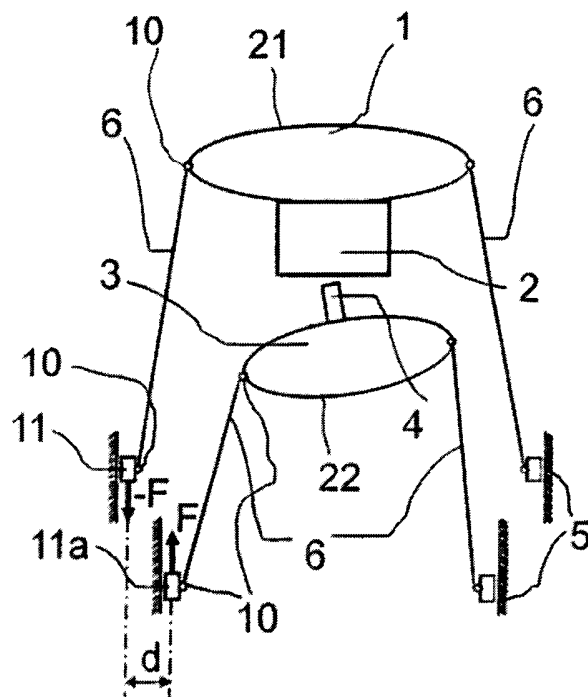
Obr. 10



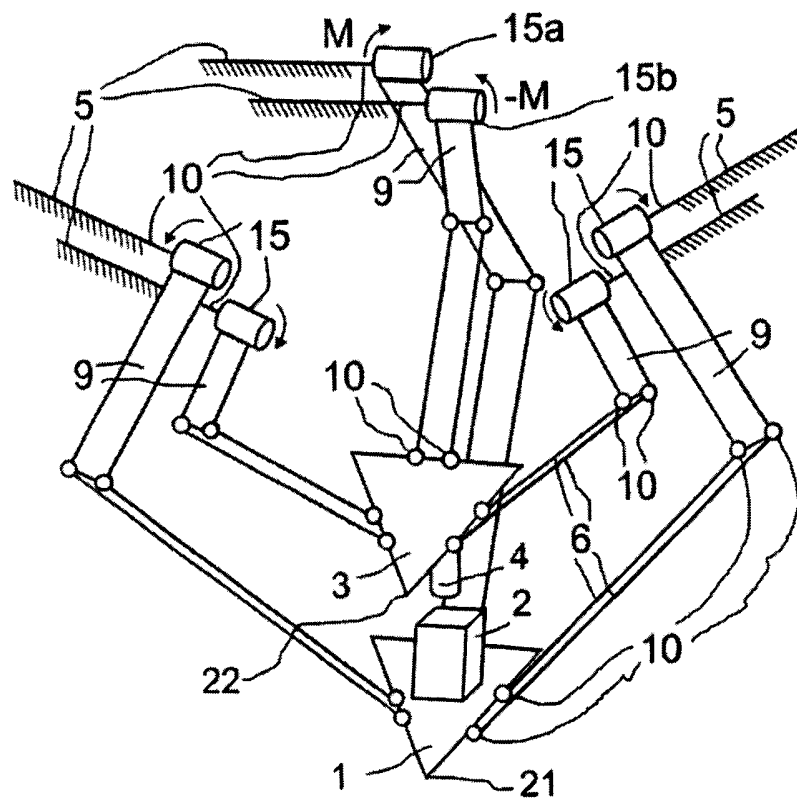
Obr. 11



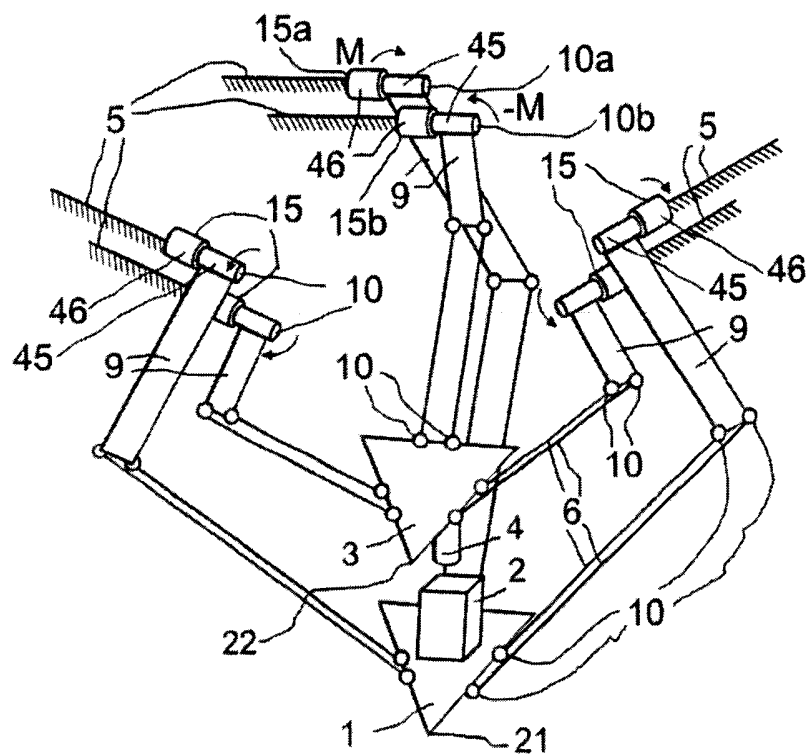
Obr. 12



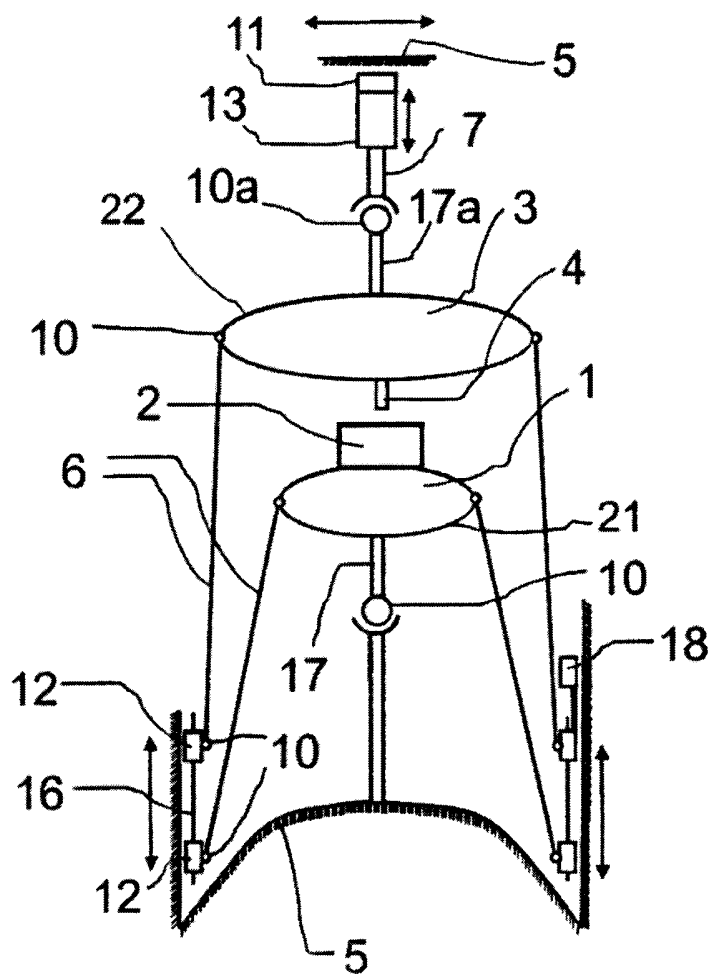
Obr. 13



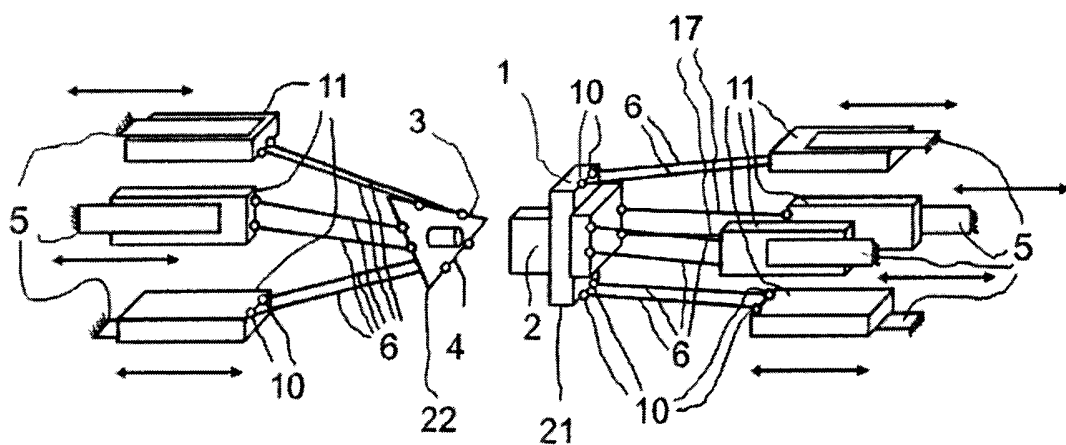
Obr. 14



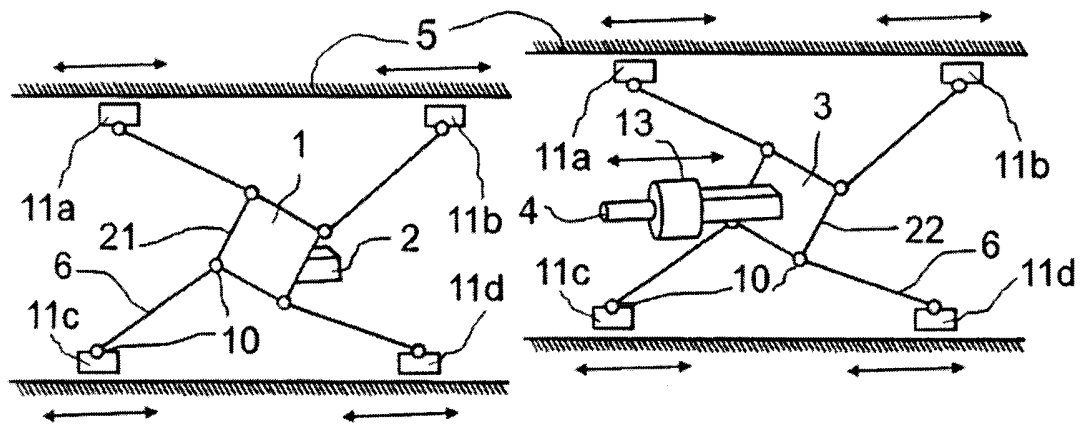
Obr. 15



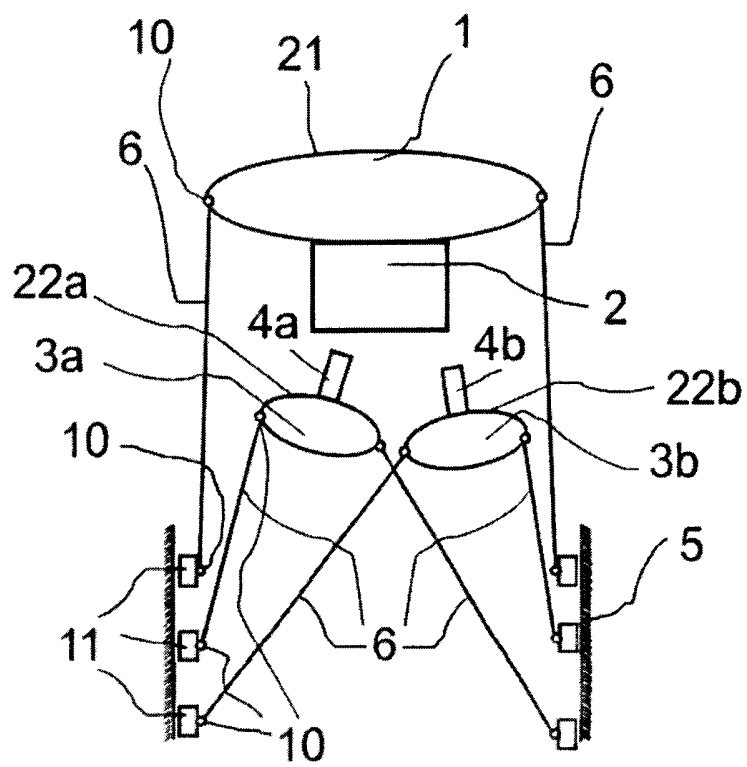
Obr. 16



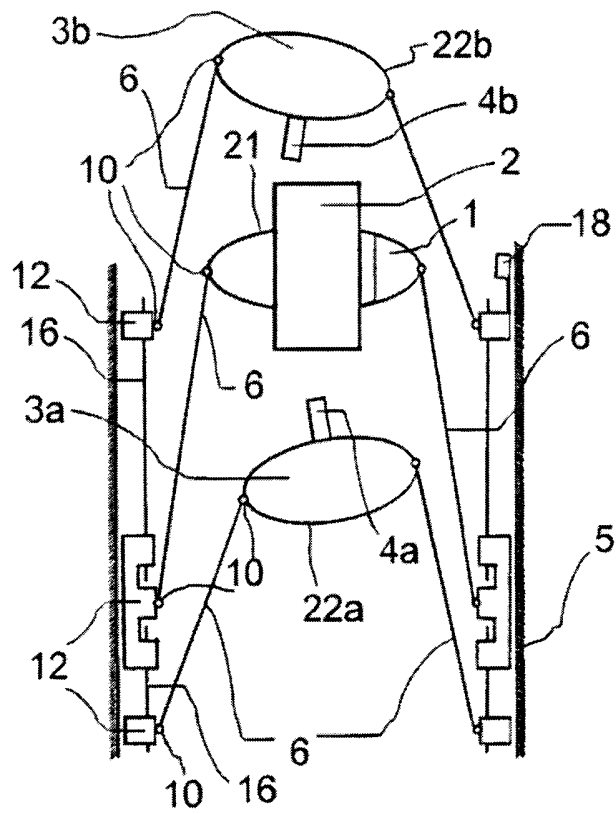
Obr. 17



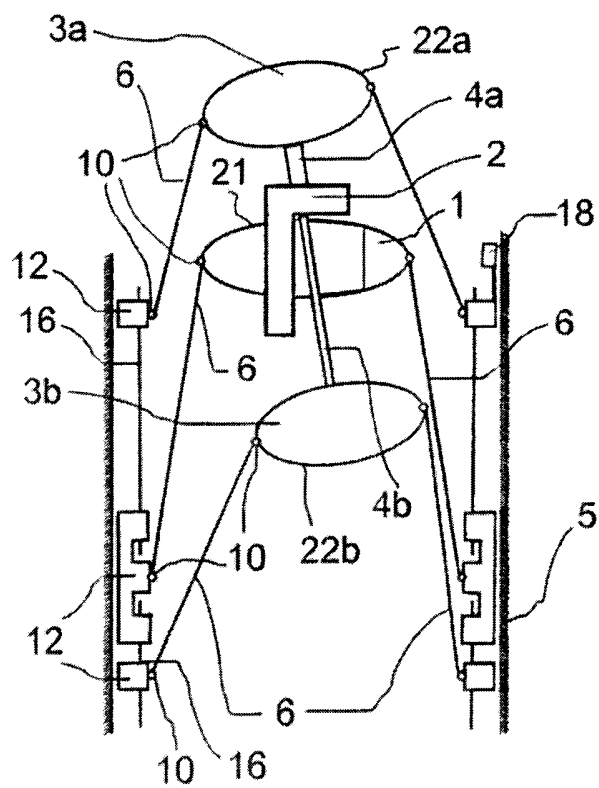
Obr. 18



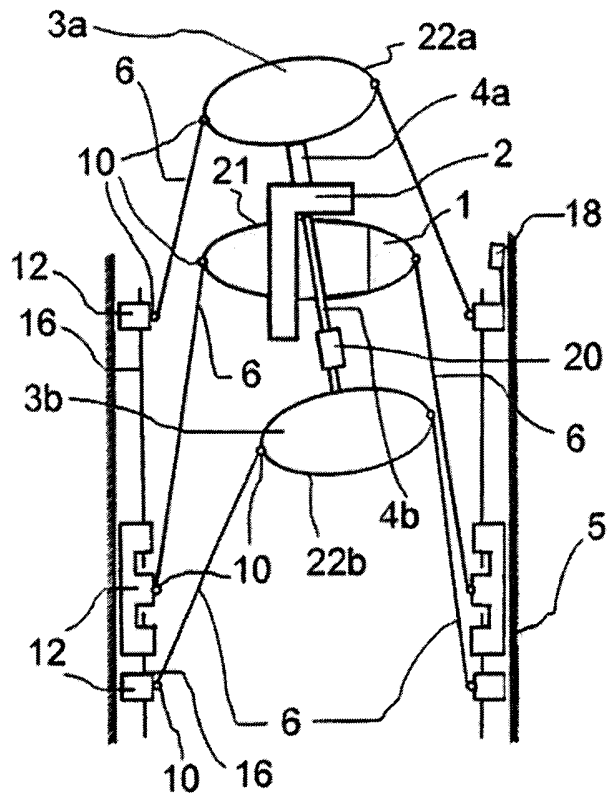
Obr. 19



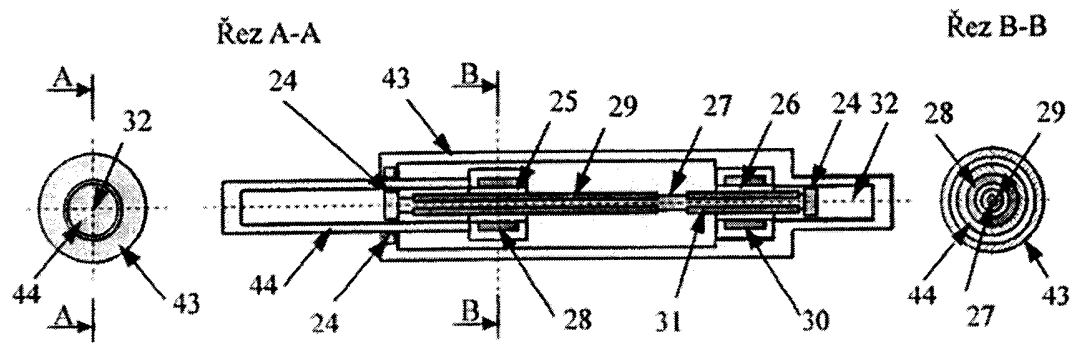
Obr. 20



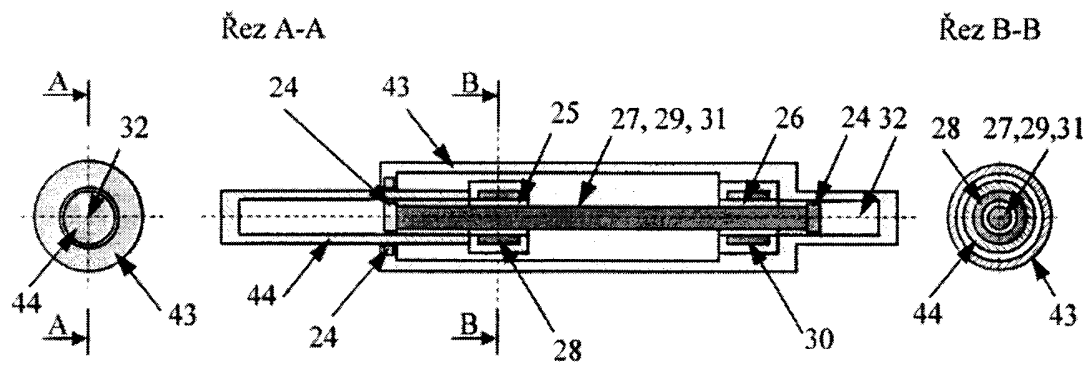
Obr. 21



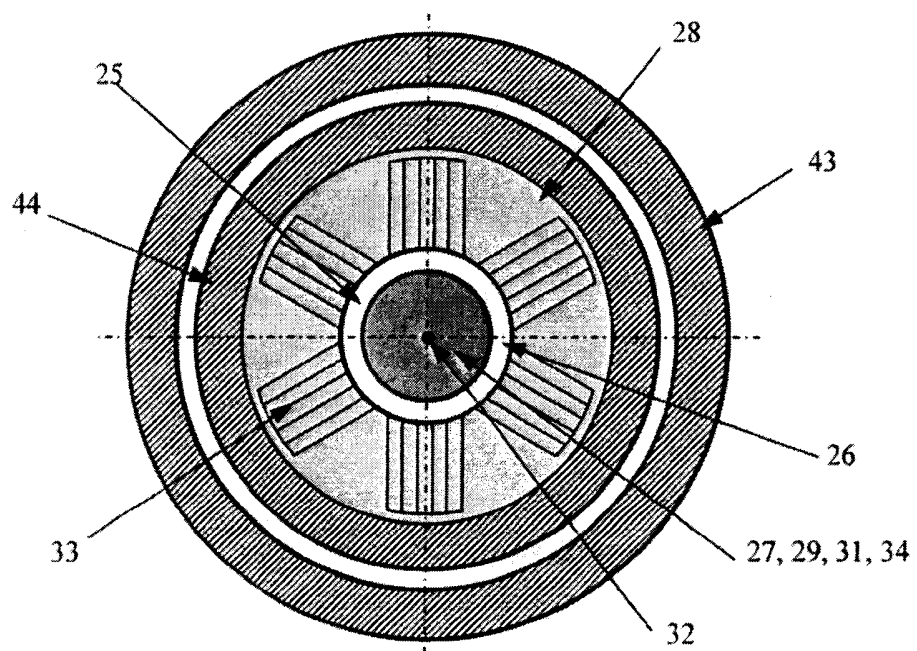
Obr. 22



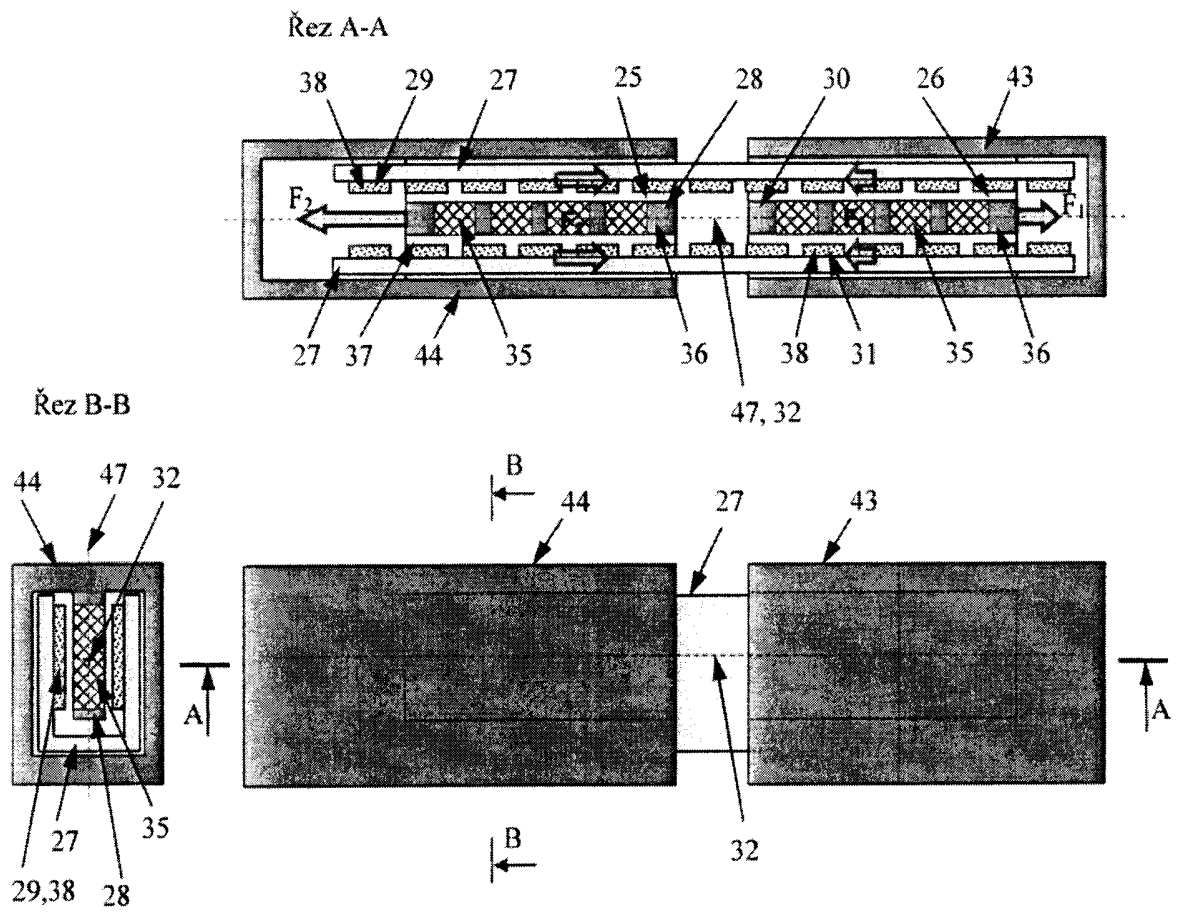
Obr. 23



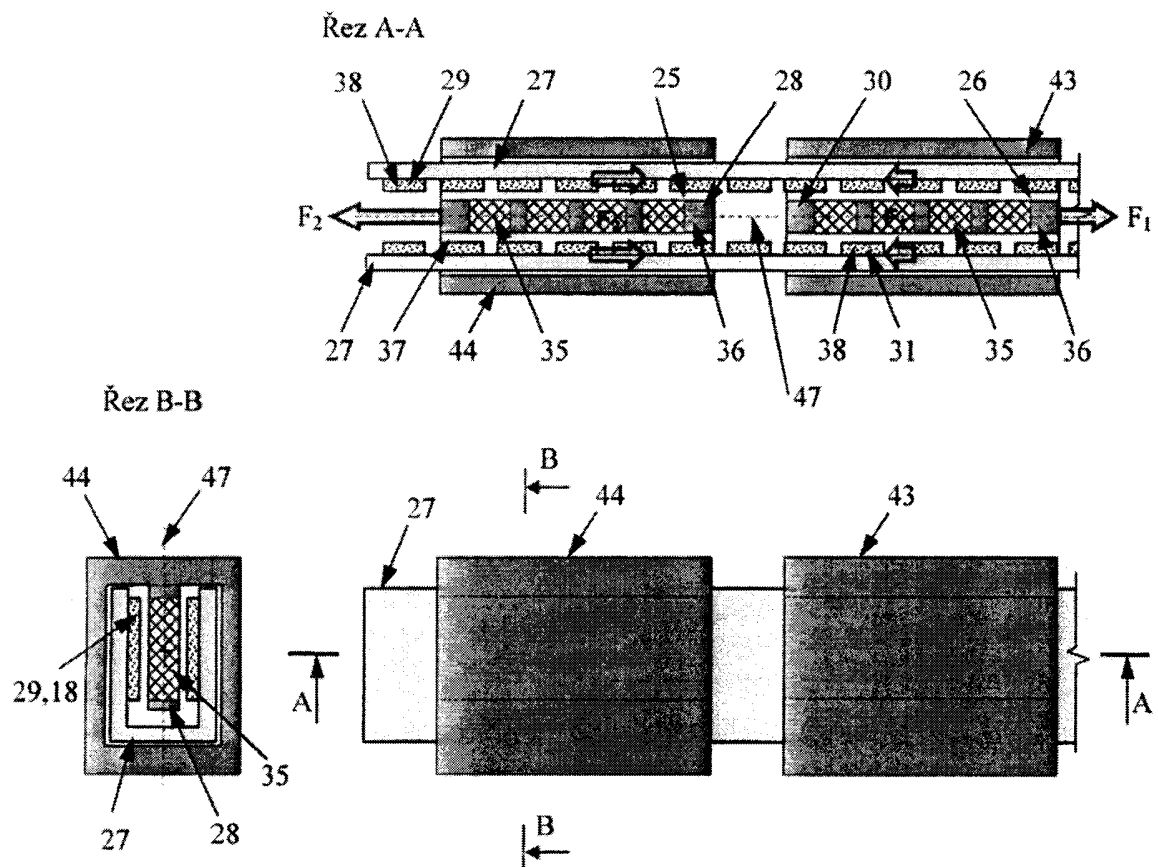
Obr. 24



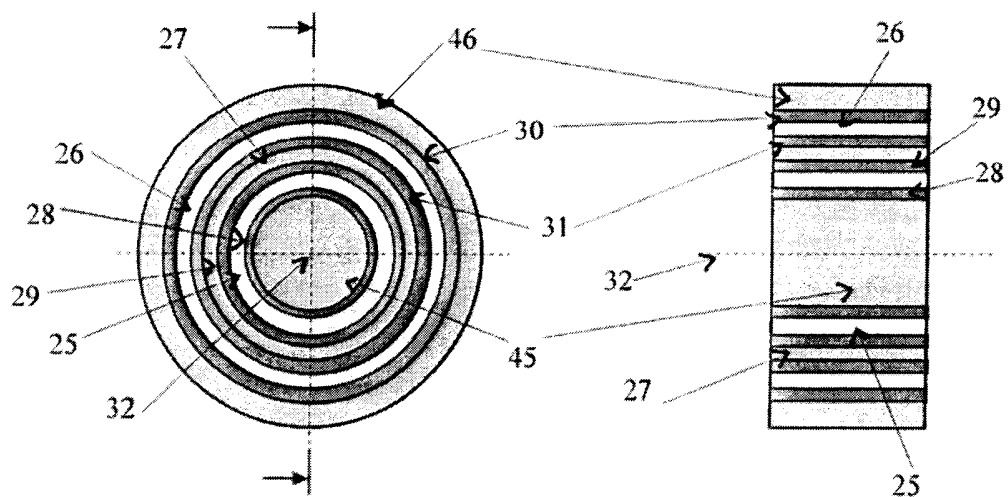
Obr. 25



Obr. 26



Obr. 27



Obr. 28

Konec dokumentu