

- (11) Patent numeris: **6842** (51) Int. Cl. (2021.01): **H02N 2/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2021 001**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2021-01-11**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-07-26**
- (45) Patent paskelbimo data: **2021-08-25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Dalius MAŽEIKAS, LT
Andrius ČEPONIS, LT
- (73) Patent savininkas:
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
—

- (54) Pavadinimas:
Pjezoelektrinė sukamojo-slenkamojo judesio pavara
- (57) Referatas:

Išradimas skirtas sukurti mažų gabaritų pjezoelektrinę pavara, sukuriančią varomosios grandies nepriklausomą sukamąjį judesį apie dvi ašis arba slenkamąjį judesį plokštumoje ir tinkamą montuoti spausdintinėje plokštėje. Pjezoelektrinė pavara sudaryta iš trijų tampriųjų plokštelių (1) tarpusavyje tampriai sujungtų žiedu (8) ir išdėstytų taip, kad plokštelių išilginės simetrijos ašys tarpusavyje sudaro 120° kampus, o ant plokštelių viršutinio ir apatinio plokščio paviršiaus priklijuotos pjezoelektrinės plokštelės (2), poliarizuotos storio kryptimi. Ant kiekvienos iš tampių plokštelių (1) patalpintas didelio standumo strypas (3), kurio laisvas viršutinis paviršius kontaktuoja su slystamai prispaustu sferiniu rotoriumi (7) arba plokščiu slankikliu (12). Varomosios grandies sukamasis judesys apie dvi ašis arba slenkamasis judesys plokštumoje gaunamas žadinant pjezoelektrines plokšteles (2) harmoniniu arba nesimetriniu kintamos trukmės elektriniu signalu, kurio dažnis artimas plokštelių lenkimo virpesių rezonansiniam dažniui. Pavaros dinaminės charakteristikos didinamos, kai sujungimo žiedo (8) matmenys parenkami taip, kad tampriųjų plokštelių (1) lenkimo virpesių ir sujungimo žiedo (8) radialinių virpesių rezonansiniai dažniai sutaptų arba būtų artimi, o pavaros tvirtinimo vietos sutampa su sujungimo žiedo (8) radialinių virpesių mazgais.

IŠRADIMO SRITIS

Išradimas priskiriamas mechatroninių sistemų ir robototeknikos sistemų sritims. Tai pavara, tinkama montuoti kartu su elektronikos komponentais vienoje spausdintinėje plokštėje (PCB) ir skirta dideliu tikslumu pasukti arba pastumti plokštumoje pozicionuojamą objektą. Pavaros taikymo sritys yra tikslios kampinio ir linijinio pozicionavimo sistemos tokios kaip optinių lęšių, optinių filtrų, lazerio spindulio nukreipimo ir pozicionavimo sistemos.

TECHNIKOS LYGIS

Mažo tūrio ir didelio tikslumo kelių laisvės laipsnių pozicionavimo sistemos, sukurtos naudojant elektromagnetinius vykdiklius, pasižymi aukštu sudedamųjų komponentų tankiu. Tačiau elektromagnetiniai vykdikliai sukuria elektromagnetinę taršą, kuri įtakoja pozicionavimo sistemų tikslumą, patikimumą, veikimo korektiškumą ir neigiamai veikia kitus pozicionavimo sistemos elektrinius prietaisus. Be to elektromagnetinių vykdiklių taikymas mažose didelio tikslumo pozicionavimo sistemose yra ribotas dėl technologinių ir konstrukcinių ypatumų tokių kaip vykdiklio gabaritų ar nepakankamos elektronikos komponentų ir vykdiklių integravimo galimybės. Pjezoelektriniai vykdikliai leidžia sukurti mažų gabaritų, didelio tikslumo slenkamojo ar sukamojo judesio pavaras. Tokių vykdiklių veikimo principas paremtas vykdiklio tamprių mechaninių virpesių, sužadintų kintama arba nuolatine elektros srove, transformavimu į išėjimo grandies slenkamąjį arba sukamąjį judesį. Valdant mechaninių virpesių amplitudes, galima pasiekti nanometrines eilės išėjimo grandies judesio tikslumą. Be to pjezoelektrinių vykdiklių pagrindu sukurtos pavaros leidžia sumažinti pozicionavimo sistemų gabaritus, didinti komponentų tankį, minimizuoti elektromagnetinę taršą didelio tankio mechatroninėse ar robototeknikos sistemose ir praplėsti jų taikymo galimybes.

Patente TWI404321B (paskelbtame 2012 metais) aprašyta pjezoelektrinė trijų laisvės laipsnių pavara, kurios statorius yra sudarytas iš dviejų metalinių diskų, tarp kurių kas 90 laipsnių patalpinamos pjezoelektrinės plokštelės. Prispaudimo jėga tarp dviejų statoriaus diskų gaunama naudojant keturias spyruokles, kurios išdėstytos radialine disko kryptimi kas 90 laipsnių. Ant viršutinio statoriaus disko nejudamai patalpinamas žiedas, kuris atlieka tarpinės grandies funkciją tarp statoriaus viršutinės dalies ir sferos formos rotorius. Siekiant gauti rotorius sukamąjį judesį apie X arba

Y ašis, žadinamos dvi viena priešais kitą esančios pjezoelektrinės plokštelės dviem harmoniniais elektriniais signalais, kurių fazės skiriasi nuo 60 iki 105 laipsnių. Žadinant keturias pjezoelektrines plokšteles keturiais harmoniniais signalais, tarp kurių fazių yra 90 laipsnių skirtumas, rotorius sukamas apie Z ašį. Keičiant prispaudimo spyruoklių deformacijas ir elektrinių žadinimo signalų amplitudes, gali būti keičiamas maksimalus rotoriaus sukimosi greitis ir minimali posūkio kampo skiriamoji geba. Tačiau pavaros konstrukcija negali užtikrinti stabilios ir lengvai valdomos posūkio kampo skiriamosios gebos ar sukimosi greičio dėl nestabilios akustinės varžos tarp pjezoelektrinių plokštelių ir statoriaus bei parazitinių virpesių, kurie sužadinami pavaroje generuojant rotoriaus sukimąsi apie X arba Y ašis. Tokie parazitiniai virpesiai neigiamai įtakoja užsiduotą rotoriaus sukimosi kryptį, todėl būtina naudoti papildomą pavaros valdymo sistemą su atgaliniu ryšiu. Be to aprašyta pavara neturi galimybės kurti slenkamąjį pozicionuojamo objekto judesį.

Patente CN107612417B (paskelbtame 2018 metais) aprašyta pjezoelektrinė pavara, kuri yra sudaryta iš metalinio žiedo formos statoriaus, prie kurio viršutinio ir apatinio paviršiaus pritvirtinti pjezoelektriniai žiedai, kurių elektrodai padalinti į 12 lygių dalių. Ties žiedo vidiniu skersmeniu suformuotos keturios kontakto zonos, kurios tiesiogiai remiasi į sferos formos rotorių. Rotoriaus sukimasis apie X ir Y ašis sukuriama taikant lenkimo ir išilginių statoriaus virpesių superpoziciją, sužadinant atitinkamas pjezoelektrinių žiedų elektrodų grupes dviem harmoniniais elektriniais signalais, kurių fazės skiriasi 90 laipsnių. Rotoriaus sukimasis apie Z ašį sukuriama žadinant visas elektrodų grupes keturiais harmoniniais signalais, tarp kurių fazių skirtumas yra 90 laipsnių. Atsižvelgiant į pavaros veikimo principą, pavaros matmenų mastelis negali būti keičiamas, todėl pavaros taikymas mažo tūrio pozicionavimo sistemose yra netinkamas. Tai pat, dėl konstrukcijos ir veikimo principo ypatumų, ši pjezoelektrinė pavara pasižymi aukštomis parazitinių virpesių amplitudėmis ir neturi galimybės sukurti pozicionuojamo objekto slenkamąjį judesį.

Patente CN101162877B (paskelbtame 2008 metais) aprašyta trijų laisvės laipsnių pjezoelektrinė pavara, kuri sudaryta iš metalinio žiedo formos statoriaus, ant kurio viršutinio paviršiaus suformuotos trys kontakto zonos, kurios tiesiogiai kontaktuoja su sferos formos rotoriumi, o ant apatinio statoriaus paviršiaus suformuoti trys tvirtinimo taškai. Išorinis žiedo paviršius padengtas šešiomis atskiromis pjezoelektrinėmis plokštelėmis, išdėstytomis kas 60 laipsnių. Siekiant gauti

sferinio rotoriaus sukimašis apie X arba Y ašis, harmoniniu elektriniu signalu žadinamos dvi priešais esančios pjezoelektrinės plokštelės. Siekiant gauti rotoriaus sukimašis apie Z ašį, žadinamos visos trys pjezoelektrinių plokštelių poros trimis harmoniniais elektriniais signalais, kurių fazės tarpusavyje skiriasi 120 laipsnių. Pavaros konstrukcija ir jos veikimo principas neužtikrina kontaktinių zonų virpesių izoliacijos žadinant rotoriaus sukimašis apie X arba Y ašį, todėl žadinant atitinkamą pjezoelektrinių plokštelių porą, tuo pačiu metu virpa ir likusios dvi zonos dėl to neįmanoma gauti tikslaus rotoriaus sukimosi apie norimą ašį. Dėl šios priežasties mažėja pavaros posūkio kampo tikslumas. Tai pat, dėl konstrukcijos ir veikimo principo ypatumų, ši pjezoelektrinė pavara negali sukurti pozicionuojamo objekto slenkamojo judesio.

IŠRADIMO ESMĖ

Išradimo tikslas yra padidinti pjezoelektrinės pavaros našumą, tikslumą, dinamines charakteristikas ir praplėsti funkcinės galimybes.

Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad pjezoelektrinėje pvaroje, susidedančioje iš pjezoelektrinio vykdklio, kurį sudaro trys tamprios plokštelės, išdėstytos taip, kad jų išilginės simetrijos ašys tarpusavyje sudarytų 120 laipsnių kampą ir sujungtos tarpusavyje tampriu žiedu bei elektriniu signalu žadinamos priklijuotomis prie plokščio viršutinio ir apatinio paviršiaus plonomis pjezoelektrinėmis plokštelėmis, ir slystamai prispausto sferinio rotoriaus arba plokščio slankiklio, kurių kontakto zonoje sugeneruoti pjezoelektrinio vykdklio mechaniniai virpesiai frikcinio kontakto metu transformuojami į rotoriaus sukimašis arba slankiklio poslinkį.

Rotoriaus sukimosi ir slankiklio linijinis greitis bei pjezoelektrinės pavaros dinaminės charakteristikos ir našumas padidėja dėl to, kad kontakto zonoje statmenai viršutiniam kiekvienos plokštelės paviršiui patalpinamas didelio standumo strypo arba nupjautos sferos formos elementas, o jo vieta sutampa su plokštelės lenkimo virpesių modos statmenoje plokščiam plokštelės paviršiui plokštumoje pūpsniu arba yra arti jo, todėl didinamos kontakto zonos virpesių amplitudės.

Siekiant padidinti pavaros varomosios grandies - rotoriaus arba slankiklio - sukimosi ir linijinį greitį, pjezoelektrinio vykdklio tamprios plokštelės ir sujungimo žiedas gaminami iš aukštos mechaninės kokybės tamprios medžiagos, o tamprios plokštelės ilgis ir plotis bei sujungimo žiedo skersmuo ir plotis parenkami taip, kad

tamprių plokštelių lenkimo virpesių rezonansinis dažnis statmenoje plokštelės plokščiam paviršiui plokštumoje būtų artimas sujungimo žiedo radialinių virpesių rezonansiniam dažniui tam, kad standžių strypų kontakto zonoje būtų generuojami elipsės formos virpesiai ir žiedo sujungimo su tampriomis plokštelėmis vietos parenkamos taip, kad sutaptų su minėtos lenkimo virpesių modos mazgine linija tam, kad sumažinti kontakto zonos virpesių slopinimą, atsirandantį dėl pavaros standaus tvirtinimo korpuse.

Pjezoelektrinės pavaros tikslumas didinamas pjezoelektrinių plokštelių elektrodus žadinant nesimetriniu elektriniu signalu, kurio dažnis artimas tamprių plokštelių lenkimo virpesių statmenoje plokštumoje modai, todėl gaunamas varomosios grandies sukamasis arba slenkamasis judesys žingsniniu režimu su neribota kampinio arba linijinio poslinkio eiga bei vieno mažiausio sugeneruoto žingsnio skyra.

Pjezoelektrinės pavaros funkcinės galimybės praplečiamos kai atskirai žadinami atskirų tamprių plokštelių lenkimo virpesiai, kurie dėl vykdyklio tvirtinimo yra izolijuojami nuo kitų tamprių plokštelių, kas leidžia gauti valdomą rotoriaus sukimąsi apie dvi statmenas ašis ir slankiklio poslinkius plokštumoje.

BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Brėžinių paveikslai yra pateikti kaip nuoroda į galimą išradimo įgyvendinimą ir neturi riboti išradimo apimtį. Nei vienas iš pateiktų brėžinių ir grafikų neturėtų būti laikomi ribojančiais, o tik kaip galimi išradimo įgyvendinimo pavyzdžiai.

Pav. 1 a,b,c Pjezoelektrinės sukamojo - slenkamojo judesio pavaros principinė schema:

(a) išskaidytasis pjezoelektrinės sukamojo – slenkamojo judesio pavaros vaizdas;

(b) pjezoelektrinės sukamojo - slenkamojo judesio pavaros izometrinis vaizdas su rotoriumi;

(c) pjezoelektrinės sukamojo - slenkamojo judesio pavaros izometrinis vaizdas su slankikliu.

Pav. 2 a,b Pjezoelektrinės pavaros žadinimo schema:

(a) vaizdas iš viršaus;

(b) vaizdas iš apačios.

Pav. 3 Pjezoelektrinio vykdiklio darbinė virpesių moda.

BRĖŽINIAI – pažymėtų objektų aprašymas

- 1 tamprios plokštelės;
- 2 pjezoelektrinės plokštelės, poliarizuotos pagal jų storį;
- 3 didelio standumo strypai (atramos);
- 4 pavaros tvirtinimo plokštė (korpusas);
- 5 pavaros tvirtinimo prie plokštės (korpuso) varžtai;
- 6 pavaros tvirtinimo prie plokštės (korpuso) veržlės;
- 7 sferos formos rotorius;
- 8 tampriųjų plokštelių sujungimo žiedas;
- 9 pavaros įtvirtinimo žiedai;
- 10 kontakto zona tarp didelio standumo strypų (3) ir sferos formos rotoriaus (7);
- 11 pjezoelektrinis vykdiklis;
- 12 slankiklis (stalas);
- 13 pjezoelektrinės plokštelės poliarizacijos kryptis, nukreipta nuo plokštumos;
- 14 trijų kanalų elektrinių signalų generatorius;
- 15 pjezoelektrinės plokštelės poliarizacijos kryptis, nukreipta į plokštumą;
- 16 kontakto zona tarp didelio standumo strypų (3) ir slankiklio (12).

DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Čia ir toliau pjezoelektrinė sukamojo – slenkamojo judesio pavana aprašoma su nuorodomis į brėžinius, tačiau techninis pjezoelektrinės pavaros įgyvendinimas nėra ribojamas pateiktu būdu. Galimos įvairios įgyvendinimo būdo modifikacijos ir tobulinimai.

Detalus pavaros aprašymas. Pjezoelektrinę sukamojo – slenkamojo judesio pavara sudaro pjezoelektrinis vykdiklis (11), sudarytas iš trijų tamprių plokštelių (1), sujungimo žiedu (8) sujungtų tarpusavyje 120° kampu, ir pjezoelektrinių plokštelių

(2), poliarizuotų storio kryptimi ir priklijuotų prie tamprių plokštelių (1) viršutinio ir apatinio plokščio paviršiaus taip, kad viršutiniame ir apatiniame paviršiuose esančių pjezoelektrinių plokštelių (2) poliarizacijos kryptys (13, 15) būtų nukreiptos ta pačia kryptimi. Tampriųjų plokštelių (1) ilgis ir plotis, o sujungimo žiedo (8) skersmuo ir plotis parenkami taip, kad tamprių plokštelių (1) lenkimo virpesių rezonansinis dažnis statmenoje plokštelės plokščiam paviršiui plokštumoje būtų artimas sujungimo žiedo (8) radialinių virpesių rezonansiniam dažniui. Sujungimo žiedo (8) sujungimo su tampriomis plokštelėmis (1) vietos sutampa su minėtos lenkimo virpesių modos mazgine linija. Pjezoelektrinio vykdiklio dalys (1, 8, 9) gaminamos iš vientisos tamprios medžiagos, pavyzdžiui, plieno arba bronzos.

Ant pjezoelektrinio vykdiklio (11) viršutinio paviršiaus patalpinti didelio standumo strypai (3), kurių tvirtinimo vieta sutampa su plokštelės išilgine simetrijos ašimi ir lenkimo virpesių modos statmenoje plokščiam plokštelės paviršiui plokštumoje pūpsniu arba yra arti jo. Ant didelio standumo strypų (3) slystamai prispaudžiamas sferos formos rotorius (7) arba plokščias slankiklis (12), kurių matmenys turi būti didesni nei atstumas tarp didelio standumo strypų (3). Sferos formos rotoriaus (7) ir plokščio slankiklio (12) paviršiai kontaktuoja trimis taškais su standžių strypų kontaktiniais paviršiais (10, 16).

Pjezoelektrinė pavara standžiai tvirtinama korpuse (4) varžtais (5) ir veržlėmis (6) panaudojant pavaros įtvirtinimo žiedus (9), kurie tampriai sujungti su plokštelių sujungimo žiedu (8), o jų vietos parenkamos taip, kad sutaptų su sujungimo žiedo radialinių virpesių mazgais tam, kad būtų sumažintas pjezoelektrinio vykdiklio (11) žadinančių virpesių slopinimas ir minimizuojama pjezoelektrinio vykdiklio tvirtinimo korpuse įtaka pavaros dinaminėms ir elektrinėms charakteristikoms.

Pjezoelektrinės pavaros veikimo aprašymas. Pavaros varomosios grandies (7, 12) sukamasis arba slenkamasis judesys gaunamas kai į pjezoelektrinio vykdiklio (11) pjezoelektrinių plokštelių (2) elektrodus iš generatoriaus (14) paduodamas harmoninis elektrinis signalas, kurio dažnis ω lygus tampriųjų plokštelių (1) vienos iš lenkimo modos statmenoje plokščiam plokštelės paviršiui plokštumoje rezonansiniam dažniui ir sužadinami tamprių plokštelių (1) lenkimo, o sujungimo žiedo (8) radialiniai mechaniniai virpesiai ir suformuojamos didelio standumo strypų (3) laisvų galų, kurie kontaktuoja su varomąja grandimi, elipsinės judesio trajektorijos. Taip judėdami didelio standumo strypai kontaktuoja su varomąja grandimi ir dėl

trinties jėgos tarp varomosios grandies paviršiaus ir didelio standumo strypų (3) kontakto (10, 16) gaunamas rotoriaus (7) sukamasis arba slankiklio (12) slenkamasis judesys. Žadinant pjezoelektrinio vykdiklio atskirų tamprių plokštelių (1) mechaninius virpesius kintamos trukmės elektriniais signalais, gaunamas valdomas rotoriaus (7) sukimas apie dvi statmenas ašis arba slankiklio (12) poslinkis plokštumoje. Siekiant gauti varomosios grandies žingsninį sukamąjį arba slenkamąjį judesį, pjezoelektrinių plokštelių (2) elektrodai žadinami nesimetriniu elektriniu signalu, kurio dažnis ω artimas tamprių plokštelių lenkimo virpesių statmenoje plokščiam plokštelės paviršiui plokštumoje rezonansiniam dažniui.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Pjezoelektrinė sukamojo - slenkamojo judesio pavara, apimanti

- statorių iš trijų tamprųjų plokštelių (1),

- pjezoelektrines plokšteles (2), priklijuotas prie tamprųjų plokštelių (1) plokščios dalies viršutinio ir apatinio paviršiaus,

- sferos formos rotorius (7) ar slankiklį (12),

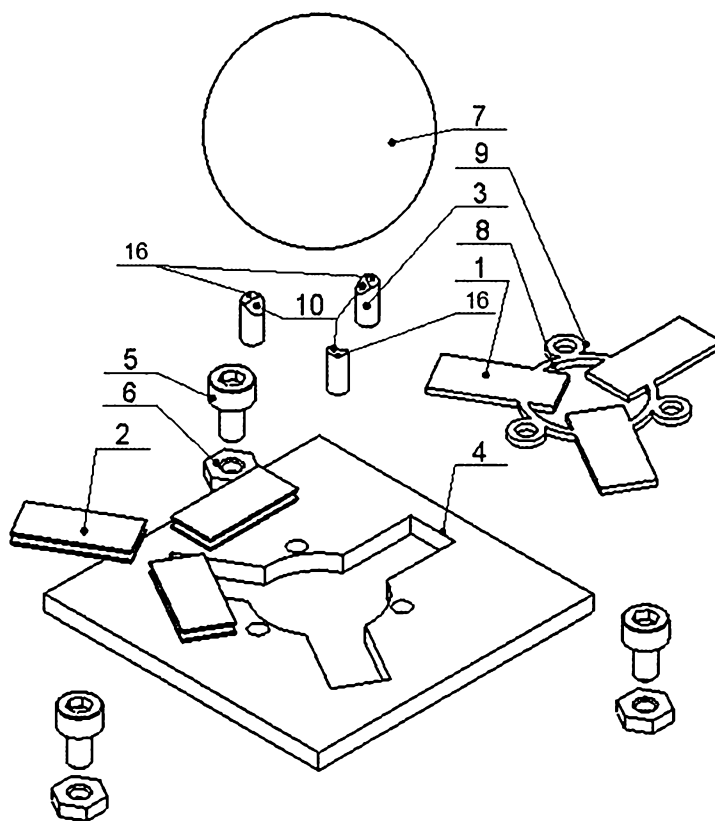
b e s i s k i r i a n t i tuo, kad tamprios plokštelės (1) išdėstomos taip, kad plokštelių išilginės simetrijos ašys tarpusavyje sudarytų 120° kampus ir jos tampriai sujungiamos žiedu (8).

2. Pavara pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad tamprųjų plokštelių (1) ilgis ir plotis, o sujungimo žiedo (8) skersmuo ir plotis parenkami taip, kad tamprųjų plokštelių (1) lenkimo virpesių rezonansinis dažnis statmenoje plokštelės plokščiam paviršiui plokštumoje būtų artimas sujungimo žiedo (8) radialinių virpesių rezonansiniam dažniui.

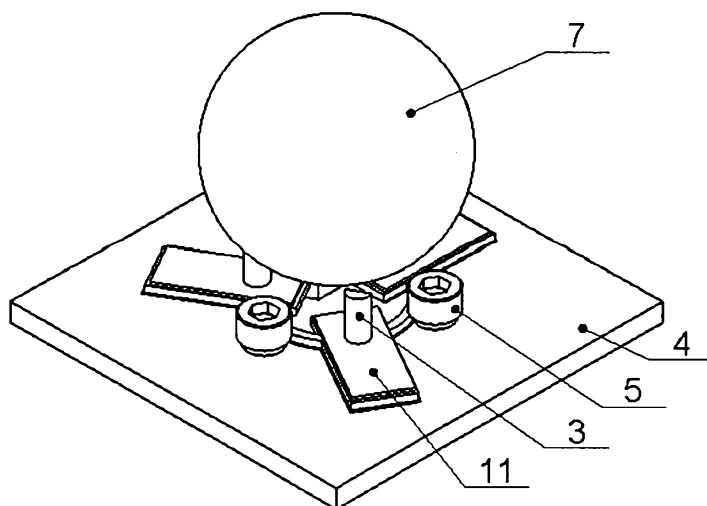
3. Pavara pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad tamprios plokštelės (1) sujungimo žiedu (8) sujungiamos ties tamprųjų plokštelių lenkimo virpesių statmenoje plokščiam plokštelės paviršiui plokštumoje modos mazgine linija.

4. Pavara pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad ant viršutinio pjezoelektrinių plokštelių (2) paviršiaus lenkimo virpesių modos statmenoje plokščiam plokštelės paviršiui plokštumoje pūpsnyje arba arti jo patalpinami didelio standumo strypai (3), ant kurių slystamai prispaudžiamas sferos formos rotorius (7) arba slankiklis (12).

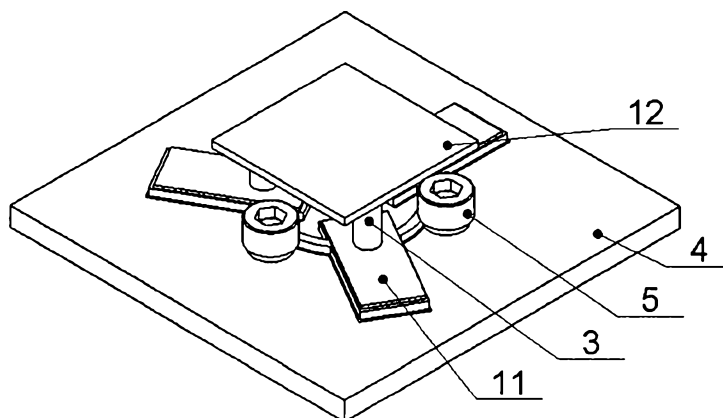
5. Pavara pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad pavaros tvirtinimo žiedų (9) vietos ant sujungimo žiedo (8) parenkamos taip, kad sutaptų su sujungimo žiedo (8) radialinių virpesių mazgais.



a)

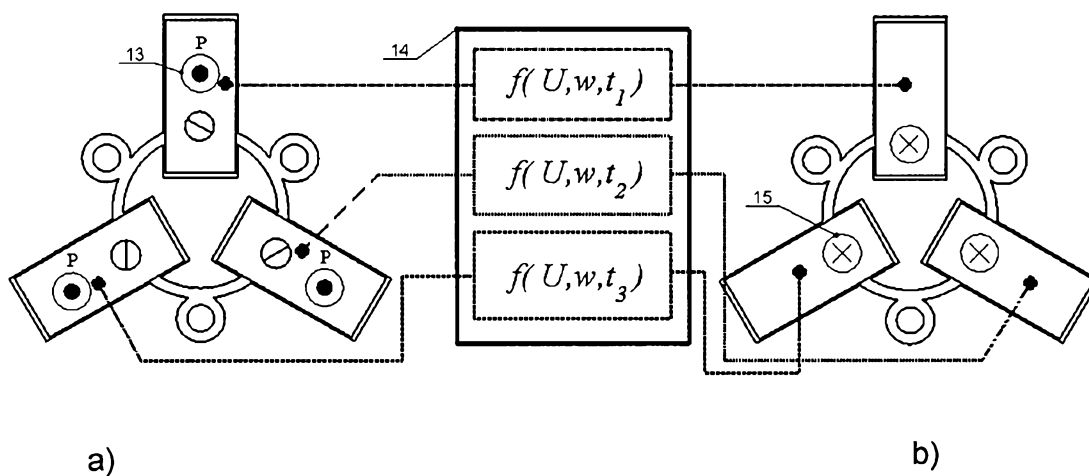


b)



c)

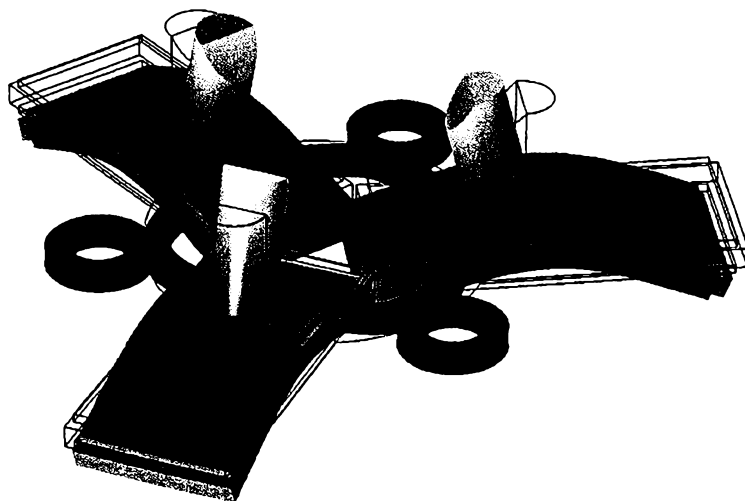
1 pav.



a)

b)

2 pav.



3 pav.