

(12) PATENTO APRAŠYMAS

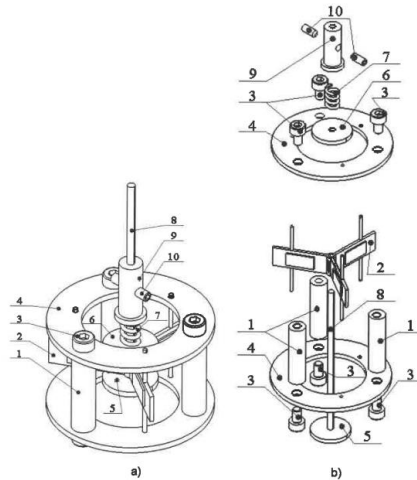
(21) Paraiškos numeris: 2024 005
(22) Paraiškos padavimo data: 2024-01-29
(41) Paraiškos paskelbimo data: 2024-08-12
(45) Patento paskelbimo data: 2024-09-25

(73) Patento savininkas:
VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT
(72) Išradėjas:
Dalius MAŽEIKAS, LT
Andrius ČEPONIS, LT
Sergejus BORODINAS, LT
Laurynas ŠIŠOVAS, LT

(54) Pavadinimas:
Pjezoelektrinis sukamojo judesio variklis

(57) Referatas:

Išradimas skirtas sukurti pjezoelektrinį sukamojo judesio variklį, kuris didina sukamojo judesio greitį, sukimo momentą, judesio tikslumą ir išplečia variklio galimybes. Variklis sudarytas iš statoriaus (2), sudaryto iš pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14), sujungtų su cilindro formos vamzdeliu (15). Statoriaus atramos (11) neišardomai pritvirtintos prie įtvirtinimo plokštelių (4), kol frikciniai kontaktai (16) patalpinami ant statoriaus (2) viršutinės ir apatinės plokštumų. Prie frikcinių kontaktų (16) prispausti disko formos rotorai (5, 6), sujungti ašimi (8). Sukamasis judesys gaunamas žadinant pjezoelektrines bimorfines plokšteles (14) neharmoniniu pjūklo formos signalu taip sukuriant tolygų sukamąjį judesį. Cilindro formos vamzdelio (15) įpjovos (17) užtikrina mažiausią galimą statoriaus (2) standumą, o atramų (11) geometrinės savybės parenkamos taip, kad būtų suderinti pjezoelektrinės bimorfines plokštelės (14) ir atramų (11) lenkimo ir sukimo virpesių dažniai. Variklio judesio tikslumui ir galimybės gerinti, neharmoninis signalas keičiamas į tolygiai kylantį arba besileidžiantį, dėl ko rotorai (5, 6) ir ašis (8) juda proporcingai pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) poslinkiams.



1 pav.

IŠRADIMO SRITIS

Šis išradimas priskiriamas elektro-mechaninių, mechatroninių sistemų ir robototeknikos sritims. Pjezoelektrinio variklio koncepcija, konstrukcija, sudarymo ir veikimo principai gali būti taikomi kuriant mažo tūrio, aukšto tikslumo sukamojo judesio pavaras skirtas valdyti optinių įrenginius tokių kaip lęšiai, veidrodžiai ar optiniai filtrų kampinę padėtį. Pozicionavimo ar kitos aukšto tikslumo judesio pavaros, sukurtos naudojant šį pjezoelektrinį variklį, taikytinos lazerio spindulio, tiriamo bandinio pozicionavimui ar kitų objektų kampinės pozicijos valdymui, nustatymui ir derinimui nenutrūkstamame cikle.

TECHNIKOS LYGIS

Aukšto tikslumo lazerinių ir kitų optinių sistemų naudojimas įvairiose pramonės, medicinos ar mokslinių tyrimų srityse leidžia pagerinti šių veiklos sričių rezultatus, didinti įrenginių tikslumą, kokybę bei skatina tvarų vystymąsi. Tačiau sparčiai besivystant šioms sritims didėja poreikis ypač tiksliai valdyti ir derinti optinių sistemų, lęšių, veidrodžių, tiriamųjų bandinių ar kitų objektų kampinę poziciją. Siekiant patenkinti šį poreikį, naudojamos pjezoelektrinės pavaros, varikliai ir vykdikliai, kurie gali užtikrinti tinkamą objekto pozicionavimo tikslumą ir jo atkartojimą. Šiuo metu yra žinomi keli techniniai sprendimai ir patentai, kurie siūlo šių techninių problemų sprendimus.

Patente CN109861582A aprašomas inercinis, sukamojo judesio pjezoelektrinis variklis, sudarytas iš stačiakampio pagrindo su cilindrine ertme. Į ertmę, per trinties jėgą, įmontuojama variklio ašis ant kurios sumontuojamas netaisyklingos formos stačiakampis rotorius, kuris paspyruokliuotai prispaustas prie ašies. Prie rotoriaus pritvirtinamos viena arba kelios bimorfinės pjezoelektrinės plokštelės, kurių laisvuose galuose sumontuojami svarsčiai. Žadinant bimorfines pjezoelektrines plokšteles pjūklo formos signalu, kurio dažnis yra lygus arba artimas plokštelių pirmos lenkimo deformacijų modos dažniui, gaunamas rotoriaus sukamasis judesys. Sukimosi greitis ir momentas padidinamas naudojant rotoriaus asimetriškumą ir svarsčius, kurie užtikrina smūginį – inercinį variklio veikimo principą. Keičiant svarsčių masę, rotoriaus asimetriškumą ar plokštelių skaičių, gali būti kečiamas maksimalus variklio sukimosi greitis ir momentas.

Patente CN203491927U aprašomas inercinis, sukamojo judesio variklis, sudarytas iš keturių bimorfinių pjezoelektrinių plokštelių, pritvirtintų prie variklio statoriaus, o laisvuose plokštelių galuose pritvirtinti svarsčiai. Variklio statorius įtvirtintas prie variklio pagrindo taikant Z formos įtvirtinimo konstrukcijas, o disko formos rotorius patalpinamas ant viršutinės statoriaus dalies. Rotorius, statoriaus atžvilgiu, centruojamas pasitelkiant laiptuotą veleną, kuris per trinties jėgą įtvirtinamas statoriuje, o su rotoriumi sujungiamas per riedėjimo guolį. Sukamasis disko formos rotoriaus judesys gaunamas inerciniu – smūginio principu žadinant pjezoelektrines bimorfines plokšteles harmoniniu signalu, kurio dažnis yra lygus arba artimas pirmai plokštelių lenkimo deformacijų modai. Inercinis – smūginis variklio veikimo principas gaunamas dėl pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių montavimo vertikalios variklio ašies atžvilgiu t.y. plokštelės montuojamos pasvirusios šios ašies atžvilgiu ko pasėkoje virpesių metu užtikrinamas tangentinis smūgis į statorių, kurio jėgos amplitudė sustiprinama svarsčiais, sumontuotais šių plokštelių laisvuose galuose kol inerciniai virpesiai gaunami dėl nesimetrinio šių plokštelių įtvirtinimo statoriuje. Variklio greitis ir sukimo momentas gali būti reguliuojami keičiant trinties jėgą tarp statoriaus ir rotoriaus, didinant arba mažinant žadinimo signalo amplitudes ir keičiant svarsčių mases.

Patente CN112953297A aprašyta pjezoelektrinio inercinis sukamojo judesio variklio konstrukcija, kurią sudaro dvi aktyvios T formos bimorfines pjezoelektrinės plokštelės ir dvi pasyvios T formos plokštelės, pagamintos iš tamprios medžiagos. Pasyvios ir aktyvios plokštelės sujungiamos tarpusavyje taikant jungiamąjį cilindą paskirstant šias plokšteles tolygiai aplinkui vertikalią šio cilindro ašį sujungiant jas neišardomai su išoriniu cilindro paviršiumi. Prie viršutinių ir apatinių plokštelių galų, neišardomai, sumontuojami svarsčiai taip suformuojant variklio statorių. Statorius patalpinamas ant disko formos rotoriaus, o sukamasis rotoriaus judesys gaunamas žadinant bimorfines pjezoelektrines plokšteles neharmoniniu pjūklo formos signalu, kurio dažnis lygus arba artimas pirmai plokštelių virpesių modai. Žadinant variklį pjūklo formos elektriniu signalu, plokštelės deformuojasi nevienodu greičiu t.y. kai žadinimo įtampos signalas tolygiai didėja, statinė trinties jėga tarp statoriaus ir rotoriaus yra didesnė negu rotoriaus inercijos jėga, todėl rotorius juda kartu su statoriumi kol žadinimo signalas pasiekia savo maksimalią reikšmę. Tuomet signalo reikšmė staigiai krenta iki minimalios reikšmės ko pasėkoje plokštelių deformacijos kryptis ir greitis pasikeičia į priešingą ir plokštelių sukuriamą jėgą viršija statinę trinties jėgą tarp

statoriaus bei rotorius ir taip sukuria praslydimą tarp jų. Kartojant aprašytą procesą gaunamas rotorius sukamasis judesys. Siekiant padidinti rotorius sukimosi greitį ir momentą gali būti didinamas bimorfinių pjezoelektrinių plokštelių skaičius arba žadinimo signalo amplitudė.

IŠRADIMO ESMĖ

Išradimo esmė ir tikslas yra padidinti pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio sukimosi greitį, sukimo momentą, kampinio judesio tikslumą bei išplėsti funkcines galimybes.

Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad sukamojo judesio pjezoelektrinis varikis sudarytas iš statoriaus, kurį sudaro trys pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės tolygiai išdėstytos aplink tampraus cilindro formos vamzdelio vertikalią ašį, o cilindro formos vamzdyje suformuojamos trys įpjovos, kurios patalpinamos tarp pjezoelektrinių plokštelių taip suformuojant statorių. Frikciniai kontaktai patalpinami ant viršutinės ir apatinės kiekvienos pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės plokštumų. Du disko formos rotoriai paspyruokliuotai prispaudžiami prie šių kontaktų. Vienas rotorius prispaudžiamas prie kontaktų, esančių bimorfinės plokštelės viršutiniame paviršiuje, kitas rotorius – prie apatinio paviršiaus. Rotorių prispaudimo jėga keičiama nustatant spyruoklės, kuri sumontuota ant viršutinio disko formos rotorius, suspaudimą. Statorius tvirtinamas korpuse naudojant cilindrinės įtvirtinimo atramas, kurios sumontuojamos bimorfinių plokštelių viršutinėje ir apatinėje plokštumose.

Variklio sukimosi greitis ir sukimo momentas didinami, kai nesimetriniu periodiniu elektriniu signalu, kurio dažnis lygus arba artimas pirmam pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių lenkimo virpesių rezonansiniam dažniui, žadinamos plokštelių lenkimo deformacijos, kurių amplitudės didinamos pasitelkiant įpjovas, kurios suformuotos cilindro formos vamzdyje. Įpjovų geometrinės savybės parenkamos taip, kad užtikrintų mažiausią galimą viso statoriaus standumą. Variklio sukimosi greitis taip pat didinamas, kai frikciniai kontaktai patalpinami ant viršutinių ir apatinių pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių plokštumų taip, kad jų tvirtinimo vietos sutaptų su bimorfinės plokštelės lenkimo virpesių maksimalių poslinkių zona, o statoriaus cilindrinės atramų pozicijos parenkamos taip kad jų vertikalios ašys sutaptų su pirmos pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių virpesių modos mazginėmis zonomis, o jų ilgis ir

skersmuo būtų tokie, kad atramų sukimo virpesių pirmosios modos rezonansinis dažnis sutaptų su pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių lenkimo virpesių pirmos modos rezonansiniu dažniu.

Variklio kampinio judesio tikslumas pagerinamas kai žadinimui naudojamas tolygiai kintantis arba nuolatinės srovės elektrinis signalas, kuris sukuria pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių virpesius, kurie per frikcinius kontaktus, perduodami į disko formos rotorius ir taip sukuriamas didelio tikslumo rotoriaus sukamasis judesys.

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 Pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio principinė schema:

(a) – izometrinis pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio vaizdas;

(b) – išskleistinis pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio vaizdas;

Pav. 2 a,b Pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio statoriaus principinė schema:

(a) – izometrinis pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio statoriaus vaizdas;

(b) – išskleistinis pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio statoriaus vaizdas;

Pav. 3 Pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio žadinimo schema;

Pav. 4 Pjezoelektrinio sukamojo judesio variklio virpesių moda.

Brėžiniuose pavaizduotų elementų žymėjimas:

1 – standumo atrama;

2 – variklio statorius;

3 – įtvirtinimo varžtas;

4 – įtvirtinimo plokštelė;

5 – apatinis disko formos rotorius;

6 – viršutinis disko formos rotorius;

- 7 – prispaudimo spyruoklė;
- 8 – ašis;
- 9 – spyruoklės fiksatorius;
- 10 – fiksatoriaus įtvirtinimo varžtas;
- 11 – statoriaus atramos;
- 12 – pjezoelektrinė plokštelė;
- 13 – tampri plokštelė;
- 14 – pjezoelektrinė bimorfinė plokštelė;
- 15 – tamprus cilindro formos vamzdelis;
- 16 – frikcinis kontaktas;
- 17 – įpjova;
- 18 – signalų generatorius;
- 19 – pjezoelektrinės plokštelės poliarizacijos kryptis.

DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Čia ir toliau pavaros aprašomos su nuorodomis į brėžinius, tačiau techninis variklio įgyvendinimas nėra ribojamas pateiktais būdais. Galimos įvairios įgyvendinimo būdų modifikacijos ir tobulinimai.

Detalus aprašymas: Pjezoelektrinį sukamojo judesio variklį sudaro variklio statorius (2), sudarytas iš trijų pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14), kurias sudaro pjezoelektrinės plokštelės (12), poliarizuotos storio kryptimi ir neišardomai pritvirtintos ant tamprių plokštelių (13). Pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės (14) sujungiamos tarpusavyje pasitelkiant tamprų cilindro formos vamzdelį (15) užtikrinant vienodą pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) radialinį išdėstymą cilindro formos vamzdelio (15) vertikalios ašies atžvilgiu, o pačiame cilindro formos vamzdyje formuojamos įpjovos (17). Laisvuose pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) galuose neišardomai patalpinamos statoriaus atramos (11), kurių pozicija parenkama taip, kad sutaptų su pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) pirmos lenkimo virpesių modos mazginėmis zonomis. Ant viršutinės ir apatinės statoriaus (2) plokštumos neišardomai patalpinami

frikciniai kontaktai (16), kurių pozicijos parenkamos taip, kad jų vertikalios ašys sutaptų su pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) pirmos lenkimo virpesių modos pūpsniais. Variklio statorius (2) įtvirtinamas naudojant statoriaus atramas (11), kurių laisvi galai neišardomai sujungiami su variklio statoriaus įtvirtinimo plokštelėmis (4). Siekiant padidinti visos konstrukcijos standumą, atramos (1) išardomai įtvirtinamos tarp statoriaus įtvirtinimo plokštelių (4) naudojant įtvirtinimo varžtus (3). Disko formos rotoriai (5, 6) patalpinami ant viršutinių ir apatinių frikcinių kontaktų (16) ir tarpusavyje sujungiami ašimi (8), kuri patalpinama per centrinę variklio statoriaus (2) ertmę taip centruojant disko formos rotorius (5,6) frikcinių kontaktų (16) atžvilgiu. Apatinis disko formos rotorius (5) sujungiamas su ašimi (8) neišardomai, o viršutinis disko formos rotorius (6) su ašimi (8) sujungiamas per trinties jėgą. Prispaudimo spyruoklė (7) patalpinama ant viršutinio disko formos rotoriaus (6), o spyruoklės fiksatorius (9) užmaunamas ant ašies (8) fiksuojant jo vertikalią poziciją fiksatoriaus įtvirtinimo varžtais (10) taip užtikrinant reikiamą prispaudimo jėgą tarp disko formos rotorių (5, 6) ir frikcinių kontaktų (16).

Pjezoelektrinio variklio veikimo aprašymas: Rotorių (5, 6) sukamasis judesys sužadinamas kai iš signalų generatoriaus (18) į pjezoelektrines bimorfines plokšteles (14) paduodamas neharmoninis asimetrinis pjūklo formos elektrinis signalas, kurio dažnis lygus arba artimas pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) pirmos lenkimo virpesių modos rezonansiniam dažniui. Tolygiai didėjant įtampos reikšmei pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės (14) tolygiai deformuojasi ir tuo pačiu sugeneruoja frikcinių kontaktų poslinkį, kurie dėl statinės trinties jėgos tarp frikcinių kontaktų (16) ir disko formos rotorių (5, 6) sukuria kampinį disko formos rotorių (5, 6) ir ašies (8) poslinkį. Įtampai pasiekus maksimalią reikšmę, ji pradeda staigiai mažėti, kol pasiekia minimalią reikšmę ir tuo pačiu pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės (14) deformuojasi priešinga kryptimi, tačiau didesniu greičiu, todėl trinties jėga tarp disko formos rotorių (5, 6) ir frikcinių kontaktų (16) sumažėja ir frikciniai kontaktai (16) praslysta rotorių (5,6) paviršiais ir sukamasis rotorių (5, 6) ir ašies (8) judesys nesukuriamas. Kartojant ankščiau aprašytus veiksmus sukuriamas tolygus rotorių (5,6) ir ašies (8) sukamasis judesys. Priešingos krypties sukamasis judesys gaunamas kai elektrinio neharmoninio pjūklo formos signalo fazė pakeičiama 180 laipsnių. Kai iš signalų generatoriaus (18) į pjezoelektrines bimorfines plokšteles (14) į tolygiai kylantį arba besileidžiantį elektrinį signalą, pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės (14) lenkiasi

pjezoelektrinių plokštelių (12) poliarizacijos kryptimi (19). Poslinkių amplitudė yra tiesiogiai proporcinga signalo amplitudei, o sukuriamą pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) jėgą neviršija statinės trinties jėgos tarp disko formos rotorių (5, 6) ir frikcinių kontaktų (16) to pasėkoje kampinis disko formos rotorių (5, 6) ir ašies (8) poslinkis yra tiesiogiai proporcingas pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) frikcinių kontaktų (16) poslinkiui. Siekiant gauti priešingos krypties disko formos rotorių (5, 6) ir ašies (8) kampinį poslinkį, elektrinio signalo fazė keičiama į priešingą.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

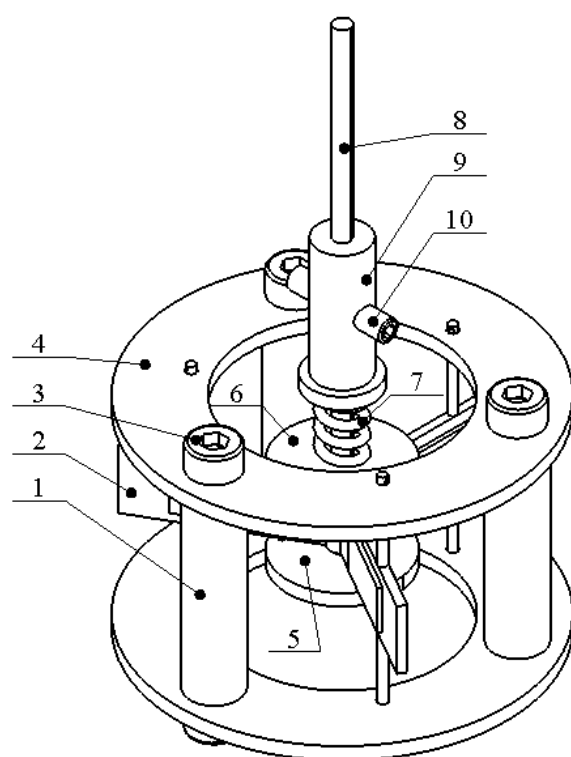
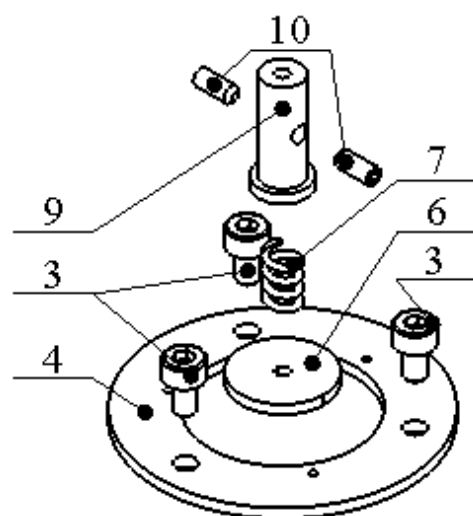
1. Pjezoelektrinis sukamojo judesio variklis, apimantis statorių (2) sudarytą iš pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14), sujungtų tarpusavyje cilindro formos vamzdeliu (15), frikcinių kontaktų (16), sumontuotų ant viršutinės ir apatinės statoriaus (2) plokštumos, statoriaus atramų (11) ir disko formos rotorių (5, 6) bei ašies (8) b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad cilindro formos vamzdelyje (15) suformuojamos įpjovos (17), o jų skaičius vamzdelyje parenkamas taip, kad būtų lygus pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) skaičiui.

2. Variklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad įpjovos (17) geometrinės charakteristikos parenkamos taip, kad užtikrintų statoriaus (2) mažiausią galimą struktūrinį standumą, bet neįtakotų tamprių plokštelių (13) storio.

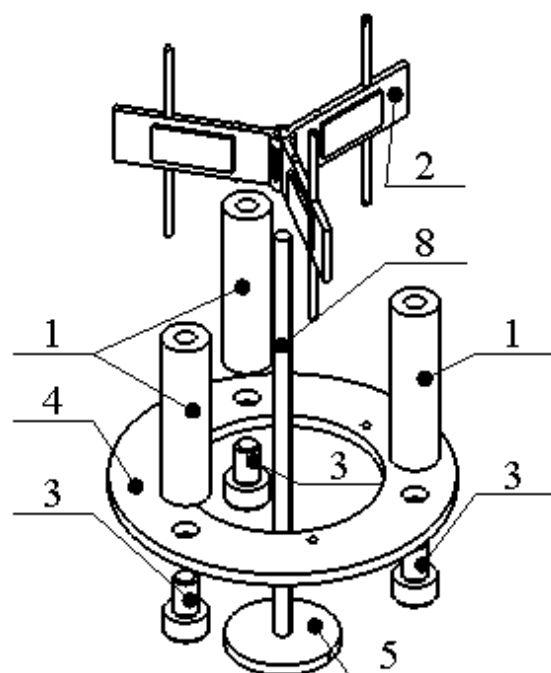
3. Variklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad statoriaus atramų (11) ilgis ir storis parenkamas taip, kad jų sukimo virpesių pirmos modos dažnis sutaptų su pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės (14) lenkimo virpesių pirmos modos rezonansiniu dažniu.

4. Variklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad statoriaus atramų (11) tvirtinimo vieta ant pjezoelektrinės bimorfinės plokštelės (14) viršutinės ir apatinės plokštumos parenkama taip, kad sutaptų su jos lenkimo virpesių pirmos modos mazgine zona.

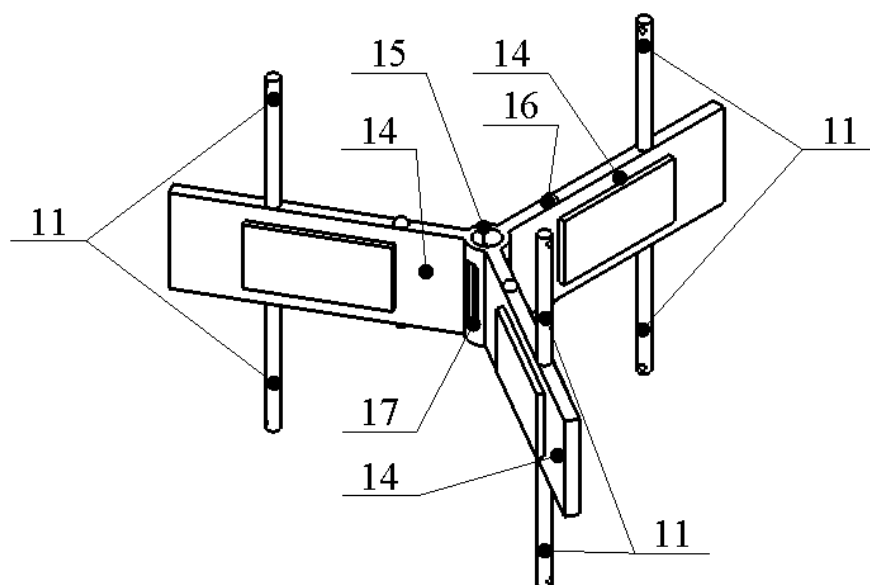
5. Variklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad frikcinių kontaktų (16) vieta ant pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) parenkama taip, kad sutaptų su pjezoelektrinių bimorfinių plokštelių (14) pirmos lenkimo virpesių modos pūpsniu.



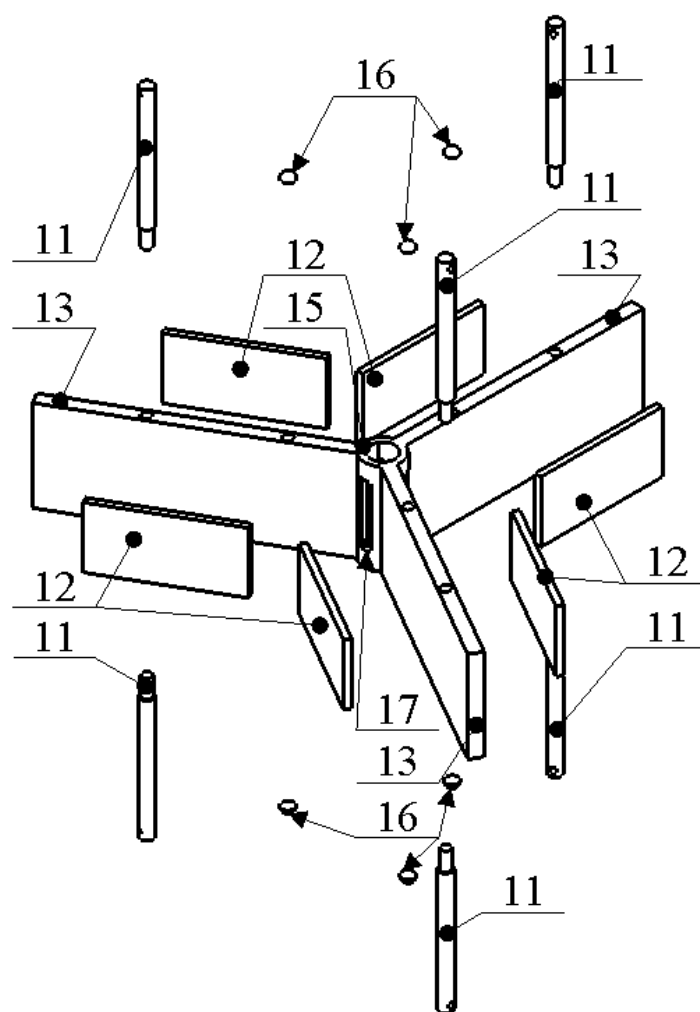
a)



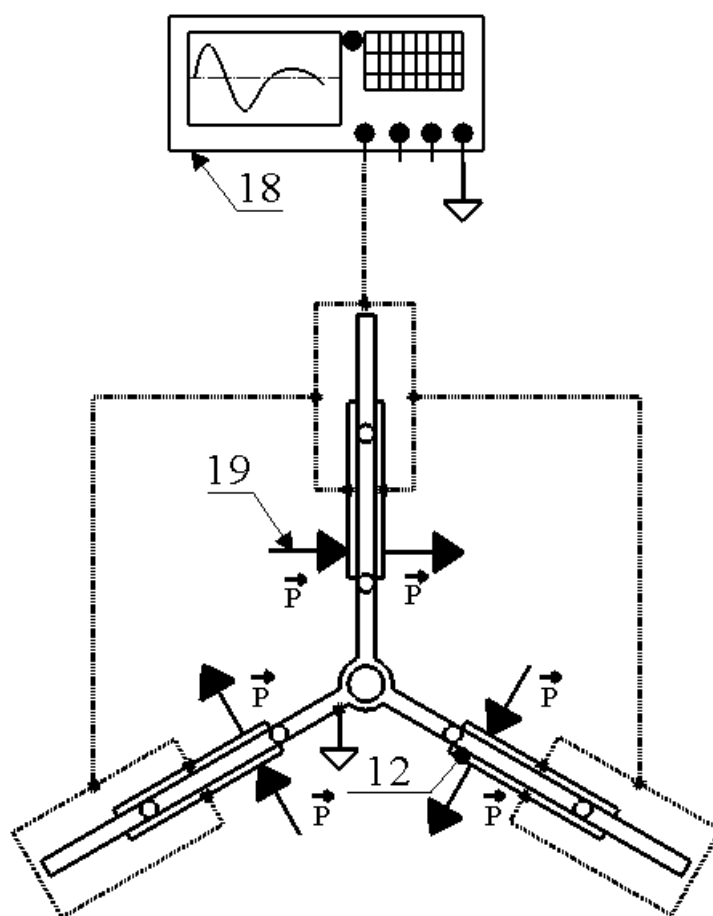
b)



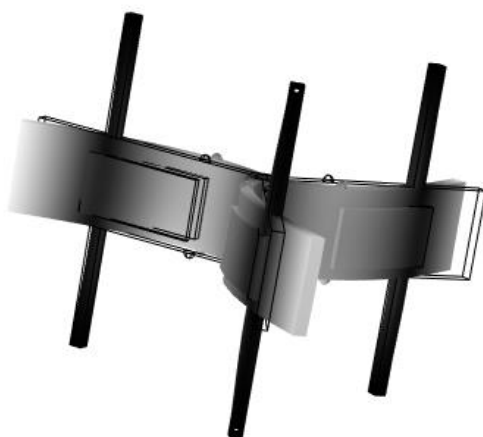
a)



b)



3 pav.



4 pav.