

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

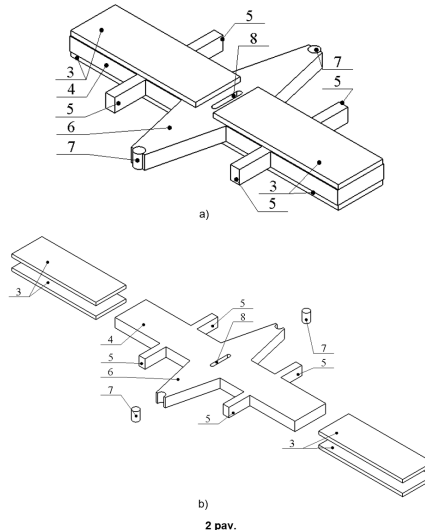
(21) Paraiškos numeris: **2024 015**
(22) Paraiškos padavimo data: **2024-05-22**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2024-11-11**
(45) Patento paskelbimo data: **2024-12-10**

(73) Patento savininkas:
**Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT
Vytauto Didžiojo universitetas, K. Donelaičio g. 58,
LT-44248 Kaunas, LT**
(72) Išradėjas:
**Piotr VASILJEV, LT
Dalius MAŽEIKA, LT
Andrius ČEPONIS, LT
Sergejus BORODINAS, LT
Regimantas BAREIKIS, LT
Arūnas STRUCKAS, LT**

(54) Pavadinimas:
Pjezoelektrinis keitiklis didelės galios slenkamojo judesio pavaroms

(57) Referatas:

Išradimas skirtas sukurti didelės galios pjezoelektrinį keitiklį, leidžiantį pasiekti didelę slenkamojo judesio jėgą, greitį bei veikimo stabilumą esant didelėms apkrovoms. Pjezoelektrinis keitiklis susideda iš tampraus stačiakampio formos strypo (4), kurio centre sumontuotas dvipusis trapecinis dantis (6), o jo vertikaloje simetrijos ašyje suformuota įpjova (8). Ant tampraus stačiakampio formos strypo (4) viršutinės ir apatinės plokštumų sumontuotos pjezoelektrinės plokštelės (3). Prie dvipusio trapecinio danties (6) viršūnių, paspyruokliuotai, per standžius frikcinis elementus (7) prispausti standūs slankikliai (2), kurių slenkamasis judesys gaunamas paveikiant pjezoelektrines plokšteles (3) neharmoniniu elektriniu signalu, kurio dažnis lygus arba artimas tampraus stačiakampio strypo (4) antros išilginių virpesių modos rezonansiniam dažniui. Siekiant gauti priešingos krypties standžių slankiklių (2) slenkamąjį judesį, elektrinio signalo fazė keičiama į priešingą.



2 pav.

IŠRADIMO SRITIS

Išradimas priskiriamas elektro-mechaninių, mechatroninių sistemų ir robototeknikos sritims. Keitiklio konstrukcija, jos sudarymo ir veikimo principas gali būti taikomi kuriant aukšto tikslumo ir didelės galios slenkamojo judesio pavaras, taikomas giroskopinėse, erdvinio ar plokštuminio pozicionavimo sistemose, skirtas valdyti objektų poziciją erdvėje ar plokštumoje. Giroskopinės ar kitos pozicionavimo sistemos, sukurtos naudojant šį keitiklį, taikytinos mažųjų žemės palydovų ar kitų objektų erdvinės ar plokštuminės pozicijos nustatymui ir valdymui dideliu tikslumu.

TECHNIKOS LYGIS

Mažieji žemės palydovai vis plačiau taikomi komunikacijos, ryšių ir kitų tyrimų srityse, todėl iškyla poreikis ypač tiksliai valdyti, derinti ir palaikyti palydovų ar juose montuojamų įrenginių erdvinę ar plokštuminę pozicijas. Šiam tikslui pasiekti naudojamos aukšto patikimumo, tikslumo ir didelės galios pavaros bei keitikliai, kuriems, atsižvelgiant į jų taikymo sritį, keliami griežti masės ir užimamo tūrio reikalavimai. Siekiant įvykdyti keliamus reikalavimus, vis plačiau naudojamos pjezoelektrinės pavaros ir keitikliai. Šiuo metu yra žinomi keli techniniai sprendimai ir patentai, kuriuose siūlomos ir sprendžiamos šios techninės problemos.

Patente CN216290731U aprašoma pjezoelektrinė slenkamojo judesio pavara, sudaryta iš dviejų Lanževeno tipo pjezoelektrinių keitiklių, per vientisą tvirtinimo plokštelę sujungtų į V formos konstrukciją. Tvirtinimo plokštelė sumontuojama taip, kad sutaptų su Lanževeno keitiklių išilginės virpesių modos mazginėmis zonomis ir atskirtų pjezoelektrinių elementų grupes, o laisvieji plokštelės galai būtų įtvirtinami nejudamai į pavaros korpusą. Lanževeno keitiklių viršūnės sujungtos ir suformuoja kontakto zoną. Slankiklis paspyruokliuotai prispaudžiamas prie kontakto zonos, o jo linijinis poslinkis gaunamas, kai pjezoelektrinių elementų grupės žadinamos keturiais nepriklausomais elektriniais signalais. Taip sužadinamos kontakto zonos elipsinės trajektorijos, kurios užtikrina galimybę valdyti kontakto zonos tangentinį poslinkį ko pasėkoje gali būti didinama arba mažinama pavaros sukuriama slenkamojo judesio jėga.

Patente KR100965433B1 aprašoma pjezoelektrinė dvikryptė slenkamojo judesio pavara, kurią sudaro Lanževeno tipo keitiklis, sudarytas iš dviejų žiedo formos pjezoelektrinių elementų, kūginio formos poslinkių koncentratoriaus, atsvaro ir

įvirtinimo žiedo, tarpusavyje sujungtų įvirtinimo varžtu. Kūginiame poslinkių koncentratoriuje suformuotos įpjovos, kurių dėka padidinamos kontakto zonos poslinkių amplitudės. Pjezoelektrinių žiedo formos elementų elektrodai padalinti į keturias lygias dalis tam, kad žadinant rezonansinius keitiklio lenkimo virpesius, galima būtų sukurti įvairiakrypčius kontakto zonos virpesius, reikalingus slankiklio dvikrypčio judesio gavimui. Keitiklis per tvirtinimo žiedą paspyruokliuotai prispaudžiamas prie slankiklio ir taip suformuojama slenkamojo judesio dvikryptė pavara. Siekiant gauti slenkamąjį judesį, viena iš krypčių, Landževeno keitiklio elektrodų poros, esančios viena prieš kitą, paveikiamos dvejais harmoniniais elektriniais signalais, kurių dažnis lygus keitiklio antros lenkimo virpesių modos rezonansiniam dažniui, o fazių skirtumas yra $\pi/2$. Taip sukuriamą elipsinę kontakto zonos virpesių trajektoriją, kuri užtikrina galimybę sužadinti slankiklio linijinį judesį. Slankiklio judesio kryptis valdoma komutuojant elektrinius signalus tarp pjezoelektrinių elementų elektrodų.

Patente CN102025286B aprašoma pjezoelektrinė slenkamojo judesio pavara, sudaryta iš dviejų kvadrato formos skerspjuvio Lanževeno tipo keitiklių, strypo ir aktyviai valdomos kontakto zonos. Lanževeno tipo keitiklius sudaro kvadrato formos atsvarai, dvi pjezoelektrinės plokštelės ir tvirtinimo sistemos elementas, patalpintas tarp pjezoelektrinių plokštelių. Atsvarai, pjezoelektriniai elementai ir įvirtinimo sistemos elementas, per varžtus, įvirtinami kvadrato formos strypo galuose, taip prispaudžiant paketą prie strypo ir suformuojant pavaros statorių. Kvadrato formos strypo centre, ant vienos iš plokštumų, patalpinamas pjezoelektrinis elementas, ant kurio patalpinama kontakto zona, kuri standžiai prispaudžiama prie slankiklio, o įvirtinimo sistemos laisvieji galai standžiai įvirtinami. Taip suformuojama slenkamojo judesio pavara. Siekiant gauti slenkamąjį slankiklio judesį, keitikliai esantys kvadratinio strypo galuose, paveikiami harmoniniais elektriniais signalais kurių fazių skirtumas yra $-\pi/2$ ir $\pi/2$ taip sukuriant išilginį harmoninį visos konstrukcijos poslinkį, o elektrinis harmoninis signalas su faze π paduodamas į aktyvią kontakto zoną. Taip užtikrinami išilginiai kontakto zonos poslinkiai, kurių kryptis statmena viso statoriaus poslinkiams. Sinchronizuojant kontakto zonos ir visos pavaros konstrukcijos virpesius gaunama elipsės formos kontakto zonos judesio trajektorija kuri užtikrina slankiklio slenkamąjį judesį.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo esmė ir tikslas yra padidinti pjezoelektrinio keitiklio skirto sukurti

slenkamąjį judesį jėgą, greitį, veikimo stabilumą ir patikimumą.

Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad pjezoelektriniame keitiklyje, kurį sudaro tamprus stačiakampio formos strypas ir ant jo viršutinio ir apatinio paviršiaus pritvirtintos pjezokeraminės plokštelės, strypo centre simetriškai iš abiejų strypo pusių, neišardomai patalpinami trapeciniai dantys taip suformuojant dvipusį trapecijos formos dantį. Pjezoelektrinių plokštelių poliarizacijų kryptys nukreiptos storio kryptimi ir yra priešingos lyginant su kaimyninėmis plokštelėmis, esančiomis toje pačioje plokštumoje arba žemiau po ją. Pjezoelektrinis keitiklis įtvirtinamas gembiskai vietose, sutampančiose su tampraus stačiakampio strypo antros išilginės virpesių modos mazginėmis zonomis.

Pjezoelektrinio keitiklio sukuriamą mechaninę jėgą padidinama, kai tampriame stačiakampiame strype sužadinauj išilginių rezonansinių virpesių dažnis sutampa su trapecinio danties pirmos lenkimo modos dažniu, o dantų viršūnėse suformuojamos kontaktinės zonos, kuriose neišardomai patalpinami frikciniai elementai, pagaminti iš trinčiai atsparios didelio standumo medžiagos, pavyzdžiui Al_2O_3 .

Kontaktinės zonos poslinkio greitis didinamas dėl įpjovos, kuri suformuojama dvipusiam trapeciniame dantyje. Įpjovos ilgis parenkamas taip, kad būtų ne didesnis negu $2/3$ tampraus stačiakampio strypo pločio dėl ko padidinamos dvipusio trapecinio danties viršūnių virpesių amplitudės bei sumažinamas bendras dvipusio danties aukštis. Keitiklio veikimo stabilumas ir patikimumas didinamas naudojant dvipusį trapecijos formos dantį, kurio platesnis pagrindas neišardomai patalpinamas ant tampraus stačiakampio strypo ko pasėkoje sumažinamas danties klupdymas esant didelėms skersinėms keitiklio apkrovoms.

BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Čia ir toliau pjezoelektrinis keitiklis aprašomas su nuorodomis į brėžinius, tačiau techninis keitiklio įgyvendinimas nėra ribojamas pateiktu būdu. Galimos įvairios įgyvendinimo būdo modifikacijos ir tobulinimai.

Pav. 1 Pjezoelektrinio keitiklio su slankikliais principinė schema;

Pav. 2 a, b Pjezoelektrinio keitiklio principinė schema:

(a) – izometrinis pjezoelektrinio keitiklio vaizdas;

(b) – išskleistinis pjezoelektrinio keitiklio vaizdas;

Pav. 3 a, b Pjezoelektrinio keitiklio žadinimo schema;

(a) – vaizdas iš viršaus;

(b) – vaizdas iš apačios;

Pav. 4 Pjezoelektrinio keitiklio virpesių moda.

BRĖŽINIAI – pažymėtų objektų aprašymas

1 – pjezoelektrinis keitiklis;

2 – standūs slankikliai;

3 – pjezoelektrinės plokštelės;

4 – tamprus stačiakampio formos strypas;

5 – įtvirtinimo gembės;

6 – dvipusis trapecinis dantis;

7 – standus frikcinis elementas;

8 – įpjova;

9 – signalų generatorius;

10 – poliarizacijos kryptys;

DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Čia ir toliau pjezoelektrinis keitiklis aprašomas su nuorodomis į brėžinius, tačiau techninis keitiklio įgyvendinimas nėra ribojamas pateiktais būdais. Galimos įvairios įgyvendinimo būdų modifikacijos ir tobulinimai.

Detalus aprašymas. Pjezoelektrinis keitiklis (1) sudarytas iš tampraus stačiakampio formos strypo (4), kurio antros išilginės virpesių modos centriniame virpesių pūpsnyje neišardomai, patalpintas dvipusis trapecinis dantis (6), kurio aukštis parenkamas taip, kad būtų lygus dvipusio trapecinio danties (6) pirmos lenkimo virpesių modos bangos ilgiui, o dvipusio trapecinio danties (6) viršūnėse neišardomai patalpinamas standūs frikciniai elementai (7). Keitiklio įtvirtinimo gembės (5)

neišardomai patalpinamos taip, kad jų išilginės ašinės simetrijos linijos sutaptų su tampraus stačiakampio formos strypo (4) antros išilginės virpesių modos mazginėmis zonomis. Kitas gembės galas įtvirtinamas standžiai keitiklio korpuse. Taikant tokį tvirtinimą sumažinamas pjezoelektrinio keitiklio (1) virpesių slopinimas ir didinama keitiklio galia. Keitiklyje suformuojama įpjova (8), kurios ilgis ne didesnis nei $2/3$ tampraus stačiakampio formos strypo (4) pločio, suformuojama taip, kad jos išilginė simetrijos ašis sutaptų su tampraus stačiakampio formos strypo (4) antros išilginės virpesių modos pūpsnio zona ir taip užtikrinamas mažiausias galimas standumas. Pjezoelektrinės plokštelės (3), neišardomai, patalpinamos ant viršutinio ir apatinio tampraus stačiakampio formos strypo (4) paviršių, o šių plokštelių poliarizacijos kryptys (10) yra nukreiptos storio kryptimi ir suderintos taip, kad plokštelių poliarizacijos kryptys būtų priešingos viena kitai. Pjezoelektrinis keitiklis (1) paspyruokliuotai prispaudžiamas prie standžių frikcinių elementų (7) ir dėl trinties jėgos, atsiradusios tarp standžių slankiklių (2) ir standžių frikcinių elementų (7), slankiklis varomas pirmyn arba atgal.

Pavaros veikimo aprašymas: Siekiant gauti standžių slankiklių (2) slenkamąjį judesį, pjezoelektrinės plokštelės (3) per signalų generatorių (9) paveikiamos neharmoniniu pjūklo ar nesimetriniu stačiakampio formos elektriniu signalu, kurio dažnis lygus arba artimas tampraus stačiakampio formos strypo (4) antros išilginės virpesių modos dažniui, ko pasekoje tampriame stačiakampio formos strype (4) sužadinami nesimetriniai išilginiai antros išilginės modos virpesiai. Žadinant tokiu būdu generuojami dvipusio trapecinio danties (6) nesimetriniai lenkimo virpesiai bei sukuriamos kreivalinijinės standžių frikcinių elementų (7) judesio trajektorijos, ko pasekoje standūs frikciniai elementai (7) juda skirtingais greičiais pirmyn ir atgal taip sukuriant skirtingo dydžio trinties jėgas tarp standžių frikcinių elementų (7) bei standžių slankiklių (2). Taip gaunama inerciniu principu veikianti sistema, kuri užtikrina slenkamąjį standžių slankiklių (2) judesį. Siekiant gauti priešingos krypties standžių slankiklių (2) judesį, žadinimo signalo fazė keičiama 180 laipsnių.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Pjezoelektrinis keitiklis, apimantis tamprų stačiakampio formos strypą (4), ant kurio neišardomai sumontuotas dvipusis trapecinis dantis (6), kurio viršūnėse sumontuoti standūs frikciniai elementai (7), pjezoelektrinės plokštelės (3) ir standžius slankiklius (2) b e s i s k i r i a n t i tuo kad, pjezoelektrinės plokštelės (3) neišardomai sumontuojamos ant tampraus strypo viršutinio ir apatinio paviršiaus, o jų poliarizacijų kryptys (10) parenkamos taip, kad būtų priešingos ir nukreiptos storio kryptimi.

2. Keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dvipusio trapecinio danties (6) padėtis ant tampraus stačiakampio formos strypo (4) yra parenkama taip, kad ji sutaptų su išilginės virpesių modos centriniu pūpsniu.

3. Keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad tampraus stačiakampio strypo (4) ilgis parenkamas taip, kad sutaptų strypo (4) antros išilginės virpesių modos savasis dažnis ir dvipusio trapecinio danties pirmos lenkimo modos dažnis.

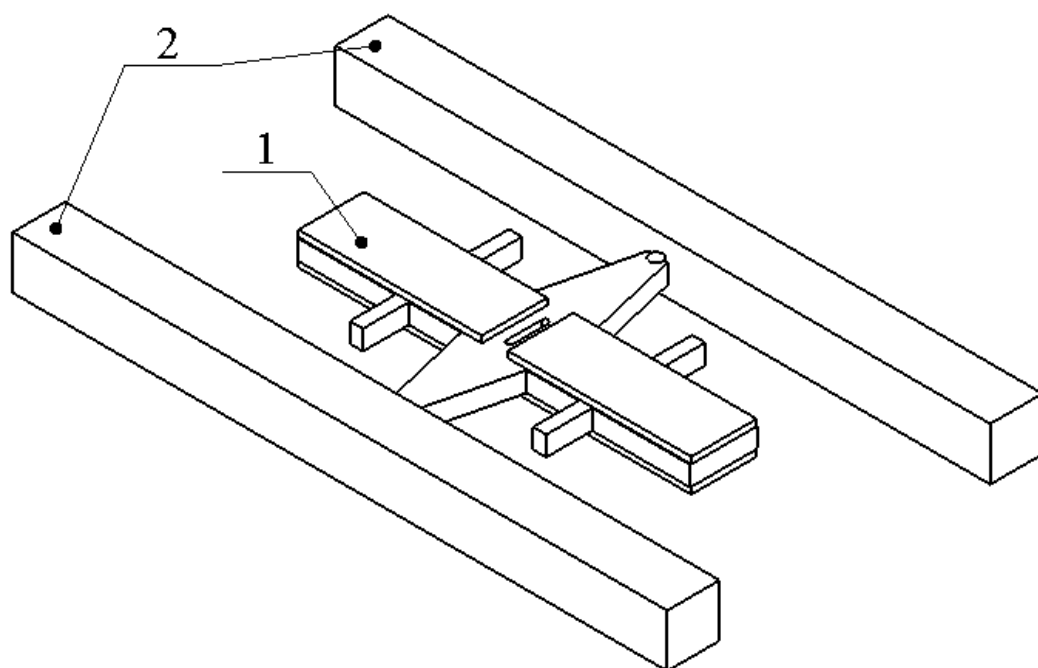
4. Keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad tampriam stačiakampiame strype (4) yra įpjova (8), kurios išilginė simetrijos ašis sutampa su tampraus stačiakampio strypo (4) antros išilginės virpesių modos centrinio pūpsnio centru.

5. Keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo keitiklio tvirtinimui naudojamos įtvirtinimo gembės (5), kurios neišardomai prijungtos prie tampraus stačiakampio formos strypo (4) antros išilginės virpesių modos mazginėse zonose.

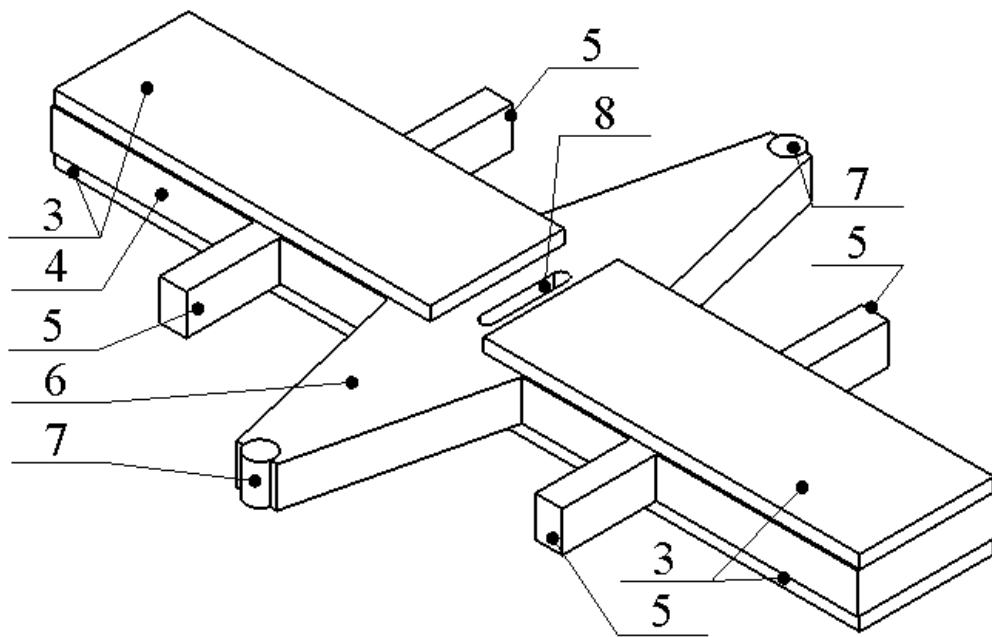
6. Keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad slenkamasis slankiklio judesys kuriamas žadinant pjezoelektrinės plokštelės (3) vienu neharmoniniu

elektriniu signalu, kurio dažnis artimas ar lygus tampraus stačiakampio strypo (4) antros išilginių virpesių modos rezonansiniam dažniui.

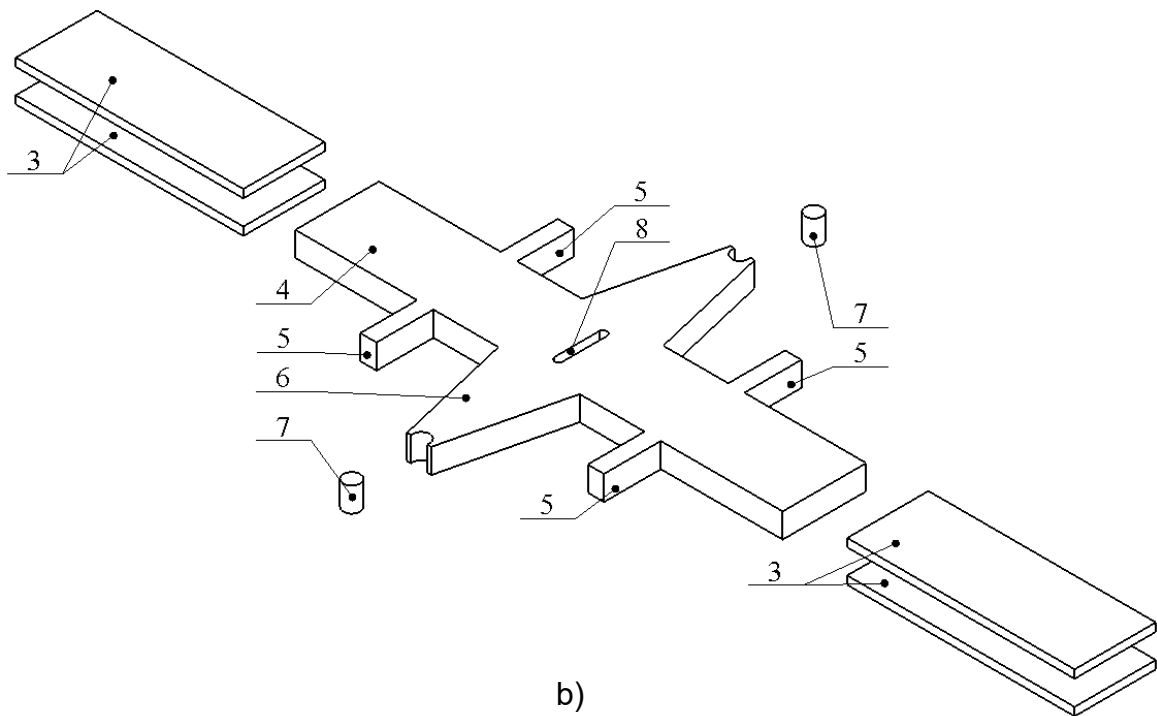
BRĖŽINIAI



1 pav.

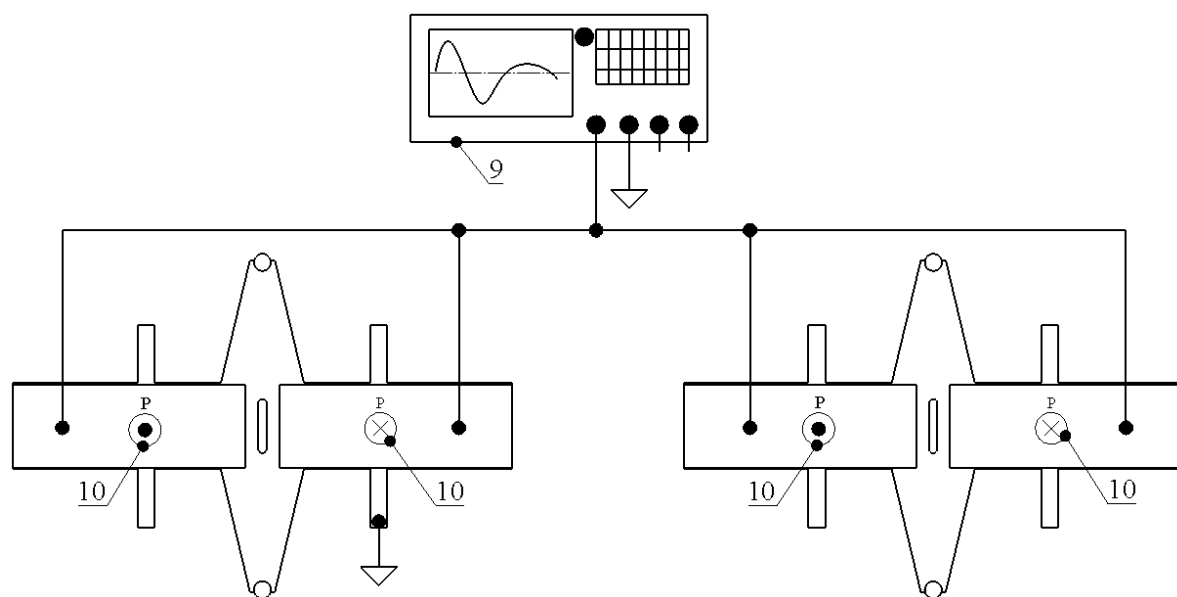


a)

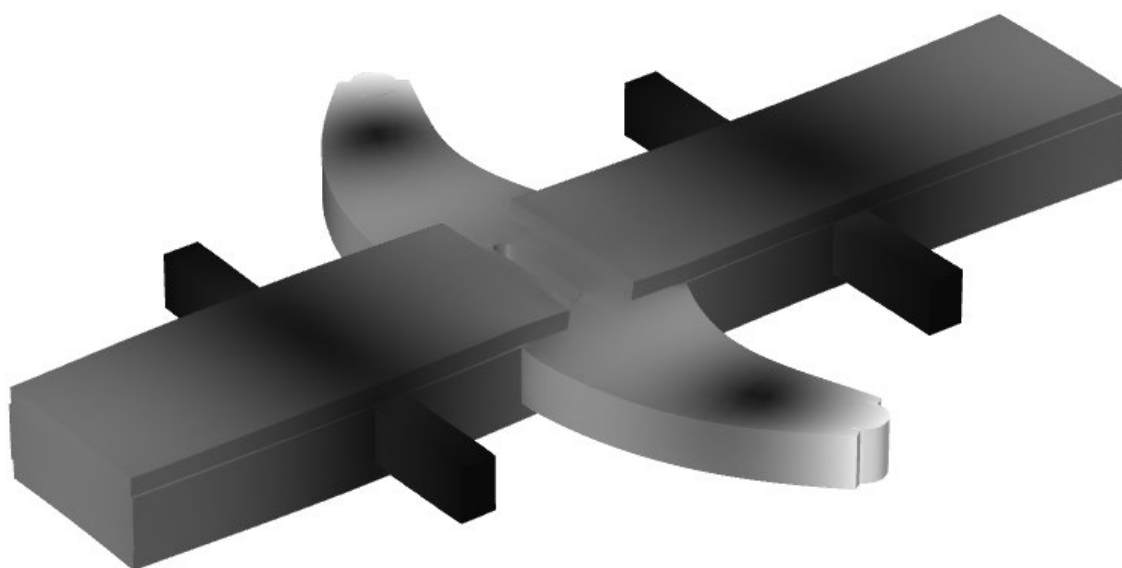


b)

2 pav.



3 pav.



4 pav.