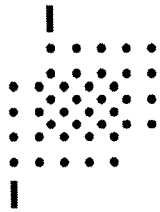


(19)



Lietuvos  
Respublikos  
valstybinis  
patentų biuras

(10) **LT 2018 531 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2018 531**

(51) Int. Cl. (2019.01): **G01C 19/00  
H02N 2/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2018-06-19**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2019-12-27**

(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: —

(71) Pareiškėjas:

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS, K. Donelaičio g. 73, 44249  
Kaunas, LT**

(72) Išradėjas:

**Gražvydas KAZOKAITIS, LT  
Vytautas JÜRĖNAS, LT  
Darius EIDUKYNAS, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

**Reda ŽABOLIENĖ, Advokatų profesinė bendrija „Žabolienė ir partneriai  
METIDA”, Verslo centras VERTAS, Gynėjų g. 16, LT-01109 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

**Magneto pjezoelektrinės pavaros įrenginys**

(57) Referatas:

Šiuo aprašymu pateikiamas techninis sprendimas skirtas mažų kosminių erdvėlaivių orientavimui, pasukimui, nukreipimui erdvėje. Pateikiamas įrenginys, kurio veikimas pagrįstas pjezoelektriniu efektu. Įrenginį sudaro mechaninė dalis ir elektrinė dalis. Įrenginio veikimo principo esmę sudaro nustatytų elektros signalų veikiamų pjezoelementų kuriami virpesiai, kurie generuoja ir perduoda judesį rutulio formos magnetui (rotoriui), turinčiam vieną porą (šiaurės ir pietų) polių. Parinkta pjezoelektrinių keitiklių forma ir padėtis rotoriaus atžvilgiu leidžia reikiama kryptimi pasukti rotorių apie jo centrą. Įrenginys pasižymi itin didele precizinio pozicionavimo skyra ir greitaveika, efektyviai vartojama elektros energija, nesudėtinga konstrukcija, nėra guolinių mazgų (dėl ko padidėja veikimo patikimumas). Įrenginys užima nedaug vietos, todėl nesudėtingai pritaikomas mažų ir nano-erdvėlaivių nukreipimui. Įrenginio laikinės, korpuso konstrukcijos paprastai integruojamos į erdvėlaivio konstrukciją. Įrenginys negeneruoja elektromagnetinio triukšmo.

# MAGNETO PJEZOELEKTRINĖS PAVAROS ĮRENGINYS

## TECHNIKOS SRITIS

**Išradimas priskiriamas** pjezoelektrinių pavarų sričiai, o konkrečiai, pjezoelektrinio elemento panaudojimas magnetinio rotoriaus pasukimui. Aprašomas įrenginys gali būti naudojamas mažų objektų orientavimui erdvėje, mažų, nano- tipo palydovų orientavimo ir pozicionavimo sistemose, kai palydovas yra kosmose ir panašiai.

## TECHNIKOS LYGIS

Yra žinomas įrenginys, kuriame nuolatinis magnetas yra sumontuotas šarnyrinėje sistemoje su elektromechanine pavara, leidžiančioje keisti magneto kampinę padėtį erdvėje. Norint pakeisti nanopalydovo orientaciją ar pozicijuoti jį erdvėje, sukami elektros varikliai, kurie atitinkamai pasuka nuolatinį magnetą. Tokiu būdu, palydovas veikiamas Žemės magnetinio lauko ir tinkamos nuolatinio magneto orientacijos, yra pakreipiamas norima kryptimi (Rex A. Bair. *Gimbaled Permanent Magnet-Based Attitude Control for Pico/Nano Satellites*, The University of Arkansas, USA, 2011). Tokia sistema užima daug vietos. Lyginant su nuolatinio magneto, elektros varikliai, ašys, pasukimo mechanizmai, jutikliai ir korpusas užima didžiausią dalį viso įrenginio tūrio. Atitinkamai, didėjant įrenginio gabaritams, didėja ir jo masė, o tai blogina tokios palydovų orientavimo ir pozicionavimo sistemos efektyvumą.

Dokumente US5476018 (publikuotas 1995 gruodžio mėn. 19d.) pateikiamas įrenginys su elektromagnetine pavara, kuriame varomąjį judesį atlieka magnetiniai laukai, sukantys sferinį rotorių. Sistemos veikimas pagrįstas tuo, kad sferinis rotorius yra įtaisytas į rėmą, o aplink jį išstatyti elektromagnetai. Kuriamas valdomas magnetinis laukas suka rotorių norima kryptimi. Taip kuriamas mechaninis, giroskopo principu veikiantis, momentas. Nurodytame įrenginyje rotorius yra išstatomas naudojant sferinius hidrostatinis guolius. Veikiant tokiam įrenginiui, reikia daug energijos bei kyla nemažai elektromagnetinio triukšmo. Tokias pavaras yra sudėtinga integruoti mažuose tūriuose, todėl jas dėl vietos ir energetinių resursų komplikuoja naudoti mažuosiuose palydovuose.

Apibendrinus aukščiau pateiktus technikos lygio dokumentus, galima išskirti tokius trūkumus:

- įrenginiui veikti naudojama daug elektros energijos, įrenginys nėra energiška efektyvus,
- įrenginys generuoja daug elektromagnetinio triukšmo,
- įrenginį sudėtinga, beveik neįmanoma pritaikyti mažuose įrenginiuose, pvz., nanopalydovuose,
- sudėtinga, iš daugelio komponentų sudaryta sistema, dėl ko mažėja efektyvumas, patikimumas.

Šiame aprašyme pateikiamas techninis sprendimas neturi aukščiau išvardintų trūkumų.

### IŠRADIMO ESMĖ

Šiuo aprašymu pateikiamas techninis sprendimas skirtas mažų kosminių erdvėlaivių orientavimui, pasukimui, nukreipimui erdvėje. Pateikiamas įrenginys, kurio veikimas pagrįstas pjezoelektriniu efektu. Įrenginį sudaro mechaninė dalis ir elektrinė dalis. Įrenginio veikimo principo esmę sudaro nustatytų elektros signalų veikiamų pjezoelementų kuriami virpesiai, kurie generuoja ir perduoda judesį rutulio formos magnetui (rotoriui), turinčiam vieną porą (šiaurės ir pietų) polių. Parinkta pjezoelektrinių keitiklių forma ir padėtis rotoriaus atžvilgiu leidžia reikiama kryptimi pasukti rotorį apie jo centrą.

Įrenginys pasižymi itin didele precizinio pozicionavimo skyra ir greitaveika, efektyviai vartojama elektros energija, nesudėtinga konstrukcija, nėra guolinių mazgų (dėl ko padidėja veikimo patikimumas). Įrenginys užima nedaug vietos, todėl nesudėtingai pritaikomas mažų ir nano- erdvėlaivių nukreipimui. Įrenginio laikančios, korpuso konstrukcijos nesudėtingai integruojamos į erdvėlaivio konstrukciją. Įrenginys negeneruoja elektromagnetinio triukšmo.

### TRUMPAS BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

1 pav. vaizduoja pjezoelektrinio įrenginio principinę sandaros schemą.

2 pav. vaizduoja pjezokeitiklį su elastiniais tarpikliais ir atraminiais elementais bei jo valdymo schemą.

Skaičiais paveiksluose pažymėta:

1 – elastinis tarpiklis; 2 – pjezoelektrinis keitiklis (pjezokeitiklis); 3 - rotorius; 4 – atraminis elementas; 5 – jungė; 6 – pjezokeitiklio nepadalintas elektrodas; 7 - pjezokeitiklio į 3 lygius segmentus kas 120° padalintas elektrodas; 8 – varžtas .9 – elektrodo padalinimo vietos; 10 – signalų generatorius; 11 – valdymo blokas.

### TINKAMIAUSI ĮGYVENDINIMO VARIANTAI

Išradimo tikslas – sukurti nuolatinio magneto sukimo erdvėje pavarą, kurios pagalba būtų galima pozicionuoti ir orientuoti nano- tipo palydovą kosmose. Taip pat ši sistema turi neskleisti elektromagnetinio triukšmo. Tokios pavaros privalumai: aukšta skyra ir greitaveika, paprasta konstrukcija.

Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad pjezoelektriniame įrenginyje, susidedančiame iš mechaninės ir elektrinės dalies, rutulio formos nuolatinio magneto rotorius yra patalpintas tarp dviejų pjezoelektrinių žiedų, suteikiančių rotoriumi sukamąjį judesį ir leidžiančių keisti jo kampinę padėtį erdvėje.

Mechaninę įrenginio dalį sudaro:

- rotorius (3) - magnetinis rutulys turintis vieną porą (šiaurės ir pietų) polių,
  - statorius, kurį sudaro du žiedo formos pjezoelektriniai keitikliai (2), tarp kurių talpinamas rotorius (3), keitikliai (2) išdėstyti priešingose rotoriaus (3) pusėse,
  - korpusas, kurį sudaro jungė (5) ir varžtai (8),
- ir kitos sudedamosios dalys.

Kaip minėta, statorių sudaro du pjezoelektriniai keitikliai (2), savo forma primenantys žiedą. Pjezoelektrinis keitiklis (2) turi du priešingose jo pusėse išdėstytus elektrodus (6) ir (7), iš kurių vienas yra ištisinis (6), o kitas (7), kas  $120^\circ$ , padalintas į 3 lygius segmentus. Kiekvieno iš trijų minėtų segmentų viduryje yra pritvirtintas atraminis elementas (4). Atraminis elementas (4) gaminamas iš trinciai atsparios medžiagos. Šiais atraminiais elementais (4) pjezoelektrinis keitiklis remiasi į rotorį (3). Kiekvieno atraminio elemento (4) kitoje nei rotorius (3) pusėje yra pritvirtintas elastinis tarpiklis (1). Visi elastiniai tarpikliai (1) ant pjezoelektrinio keitiklio (2) išdėstyti kas  $120^\circ$ , elektrodo (7) padalinimo vietose (9).

Įrenginio korpusą sudaro dvi jungės (5), prie kurių per elastinius tarpikius (1) tvirtinami pjezoelektriniai keitikliai (2). Jungės (5) su pritvirtintais pjezokeitikliais (2) ir tarp jų patalpintu rotoriumi (3) yra sujungti varžtais (8), kurie užtikrina tinkamą įvaržą ir abiejų pjezokeitiklių (2) atraminių elementų (4) kontaktą su rotoriumi (3). Pjezokeitikliai (2) vienas kito atžvilgiu yra išdėstyti priešingose rotoriaus (3) pusėse ir pozicionuojami koncentriškai, o jų atraminių elementų (4) kontakto su rotoriaus (3) paviršiumi taškai yra tiesėje, einančioje per rotoriaus (3) centrą, t.y. prieš kiekvieną vieno pjezokeitiklio (2) atraminį elementą (4) priešingoje rotoriaus (3) pusėje yra kito pjezokeitiklio (2) vienas iš atraminių elementų (4). Pjezokeitiklių (2) valdymo elektrodai yra sujungti taip: nesudalinti pjezokeitiklių elektrodai (6) sujungiami tarpusavyje ir prijungiami prie valdymo bloko (11) nulinio kanalo 0, o diametraliai priešingose, rotoriaus (3) atžvilgiu, pusėse esantys pjezokeitiklių padalinti elektrodai (7) sujungiami tarpusavyje ir kiekviena pora padalintų elektrodų (7) prijungiama prie valdymo bloko (11) trijų fazinių kanalų A, B ir C (2 pav.).

Elektrinę prietaiso dalį sudaro harmoninio signalo generatorius (10) ir valdymo blokas (11), kurie yra elektriškai sujungti su pjezokeitiklių elektrodais (6) ir (7).

Įrenginio rotorius (3) - nuolatinis rutulio formą primenantis magnetas, turintis vieną porą (šiaurės ir pietų) polių - įtvirtintas tarp dviejų žiedo formos pjezoelektrinių keitiklių (2), kurie išdėstyti priešingose rotoriaus pusėse ir kontaktuoja su rotoriumi (3) per atraminius elementus (4). Kiekvienas pjezoelektrinis keitiklis (2) turi du priešingose jo pusėse išdėstytus elektrodus, iš kurių vienas yra ištisinis (6), o kitas (7) - kas  $120^\circ$ , padalintas į 3 lygius segmentus (padalinimo vietos (9)). Kiekvieno iš minėtų trijų segmentų viduryje yra pritvirtintas atraminis elementas (4)

(pagamintas iš trinčiai atsparios medžiagos). Pjezoelektrinio keitiklio (2) kitoje nei rotorius (3) pusėje, kurioje yra nepadalintas elektrodas (6), yra pritvirtinti 3 elastiniai tarpikliai (1), kurie išdėstyti kas  $120^\circ$ , elektrodo (7) padalinimo vietose (9).

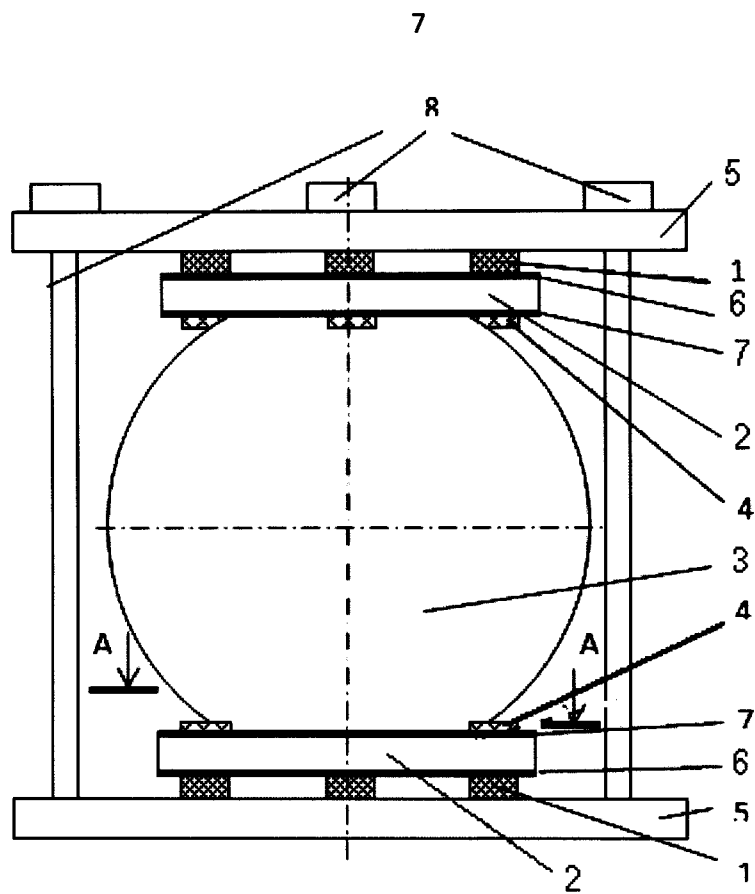
Tam tikros amplitudės ir dažnio elektrinis signalas yra paduodamas iš harmoninio signalo generatoriaus (10) į valdymo bloką (11), kuris šį signalą perduoda vienam iš trijų padalintų elektrodų (7), taip sužadinant pjezokeitikliuose (2) aukšto dažnio erdvinius trimačius virpesius. Šie virpesiai priverčia du priešingose rotorius (3) pusėse esančius atraminius elementus (4) judėti elipsinėmis trajektorijomis. Judantys atraminiai elementai (4) dėl trinties perduoda ir generuoja rotorius (3) sukamąjį judesį aplink savo centrą. Atraminiai elementai (4) su rotoriumi (3) sudaro kinematinę porą, kurioje atraminių elementų (4) generuojami elipsiniai judesiai yra transformuojami į kryptingą rotorius (3) sukimosi judesį. Į valdymo bloką (11) padavus elektrinį signalą kitai padalintų pjezokeitiklių elektrodų (7) porai, sužadinami kitų atraminių elementų (4) virpesiai ir rotorius (3) keičia sukimosi kryptį. Jei valdymo bloko (11) faziniuose kanaluose (A, B ir C) vienu metu paduodamas tam tikro dažnio trifazis elektros signalas ( $U_{\sin}(\omega t)$ ,  $U_{\sin}(\omega t + 120^\circ)$  ir  $U_{\cos}(\omega t + 240^\circ)$ ), pjezokeitikliuose bus sužadinami bėgančios bangos virpesiai, kurie sugeneruos rotorius (3) kryptingą sukimąsi apie vertikalią ašį. Norint pakeisti rotorius (3) sukimosi kryptį (pjezoelektriniame keitiklyje (2) bėgančios bangos sklidimo kryptį), į du pjezoelektrinio keitiklio (2) elektrodus patenkantys skirtingų fazių elektriniai signalai sukeičiami vietomis, pvz., į  $U_{\sin}(\omega t)$  fazės įtampai numatytą elektrodą tiekama  $U_{\sin}(\omega t + 120^\circ)$  fazės įtampa ir atvirkščiai – į  $U_{\sin}(\omega t + 120^\circ)$  fazės įtampai numatytą elektrodą tiekama  $U_{\sin}(\omega t)$  fazės įtampa.

Siekiant iliustruoti ir aprašyti šį išradimą, aukščiau pateiktas tinkamiausių įgyvendinimo variantų aprašymas. Tai nėra išsamus arba ribojantis aprašymas, siekiantis nustatyti tikslią formą arba įgyvendinimo variantą. Į aukščiau pateiktą aprašymą reikia žiūrėti daugiau kaip į iliustraciją, o ne kaip į apribojimą. Akivaizdu, kad tos srities specialistams gali būti akivaizdžios daugybė modifikacijų ir variacijų. Įgyvendinimo variantas yra parinktas ir aprašytas tam, kad tos srities specialistai geriausiai išaiškintų šio išradimo principus ir jų geriausią praktinį pritaikymą, skirtą skirtingiems įgyvendinimo variantams su skirtingomis modifikacijomis, tinkančiomis konkrečiam panaudojimui arba įgyvendinimo pritaikymui. Numatyta, kad išradimo apimtis apibrėžiama prie jo pridėta apibrėžtimi ir jos ekvivalentais, kuriuose visi minėti terminai turi prasmę plačiausiose ribose, nebent nurodyta kitaip.

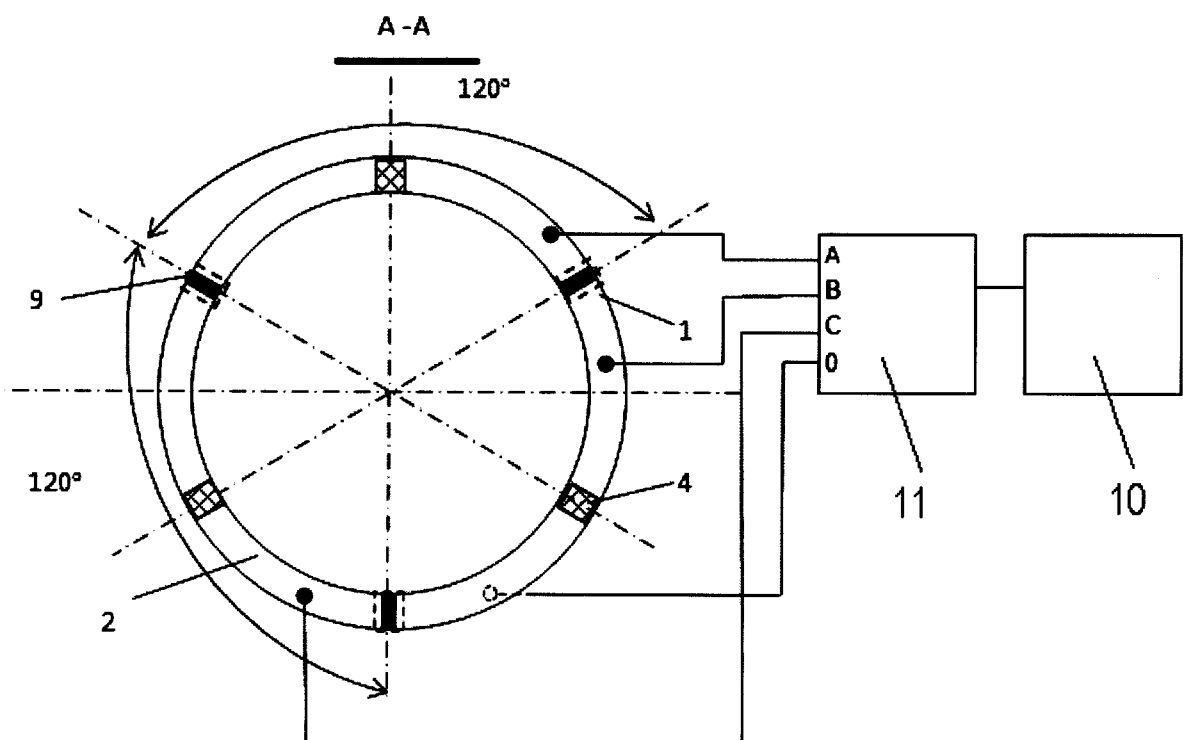
Įgyvendinimo variantuose, aprašytuose tos srities specialistų, gali būti sukurti pakeitimai, nenukrypstantys nuo šio išradimo apimties, kaip tai nurodyta toliau pateiktoje apibrėžtyje.

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Magneto pjezopavaros įrenginys, kurį sudaro magnetinis rotorius ir statorius, prijungtas prie daugiafazio harmoninių signalų generatoriaus (10), *besiskiriantis* tuo, kad magnetinis rotorius (3), turintis vieną porą (šiaurės ir pietų) polių, įtvirtintas tarp dviejų žiedo formos pjezoelektrinių keitiklių (2), kurie išdėstyti priešingose rotoriaus (3) pusėse ir kontaktuoja su rotoriumi (3) per atraminius elementus (4).
2. Magneto pjezopavaros įrenginys pagal 1 punktą *besiskiriantis* tuo, kad atraminiai elementai (4) su rotoriumi (3) sudaro kinematinę porą, kurioje atraminių elementų (4) generuojami elipsiniai judesiai yra transformuojami į kryptingą rotoriaus (3) sukimosi judesį.
3. Magneto pjezopavaros įrenginys pagal 1 punktą *besiskiriantis* tuo, kad įrenginyje rotoriaus (3) pozicionavimui nenaudojamos guolinės atramos, kas ženkliai supaprastina visos sistemos konstrukciją ir eliminuoja galimas pozicionavimo tikslumo paklaidas.
4. Magneto pjezopavaros įrenginys pagal 1 punktą *besiskiriantis* tuo, kad įrenginio statorių sudaro du žiedo formos pjezokeitikliai (2), kiekvienas turintys pritvirtintus po 3 atraminius elementus (4) ir vienas kito atžvilgiu yra išdėstyti priešingose rotoriaus 3 pusėse koncentriškai, o jų atraminių elementų (4) kontakto su rotoriaus (3) paviršiumi taškai yra tiesėje, einančioje per rotoriaus (3) centrą, t.y. prieš kiekvieną vieno pjezokeitiklio atraminį elementą (4) priešingoje rotoriaus pusėje yra kito pjezokeitiklio vienas iš atraminių elementų (4).
5. Magneto pjezopavaros įrenginys pagal ankstesnius punktus naudojamas mažų, nano- tipo erdvėlaivių orientavimui, pasukimui, nukreipimui erdvėje.



1 Pav.



2 Pav.