

## (12) PATENTO APRAŠYMAS

(21) Paraiškos numeris: 2024 014

(22) Paraiškos padavimo  
data: 2024-05-22

(41) Paraiškos  
paskelbimo data: 2024-11-11

(45) Patento paskelbimo  
data: 2024-12-10

(73) Patento savininkas:

VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT

(72) Išradėjas:

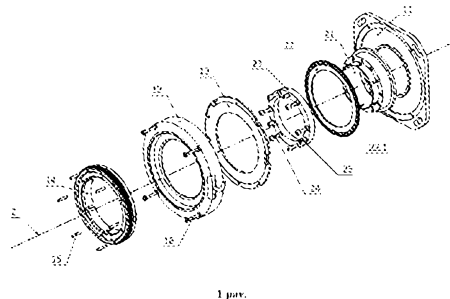
Donatas GURAUSKIS, LT  
Dalius MAŽEIKA, LT  
Aivaras ALSYS, LT

(54) Pavadinimas:

Modulinis optinis kampo keitiklis

(57) Referatas:

Išradimas priklauso precizinių kampų matavimo įrenginių sričiai. Pristatomas modulinis optinis kampo keitiklis, kaip ir visi atviro tipo keitikliai, susideda iš dviejų pagrindinių dalių: statoriaus (10) ir rotoriaus (20). Statorius, kartu su jame įtvirtinta spausdintine elektronikos plokšte (13), kurioje integruoti keletas optinių moduliuotos šviesos jutiklių (13.1), stacionariai tvirtinami ant įrenginio, kurio besisukančios ašies posūkis yra matuojamas, korpuso. Savo ruožtu rotorius, kurio sudėtyje yra stiklinis limbas (22) su rastrine skalės struktūra (22.1), kuris naudojamas kaip kampo matas, yra montuojamas ant matuojamosios įrenginio ašies ir technologinio proceso metu sukasi kartu su ja. Į statoriaus korpusą (12) įsukamas specializuotos formos pozicionuojantis kreipiklis (14), kuriame suformuoto plonasienio žiedo (14.3) išorinis parabolės formos paviršius (14.4) kontaktuoja su kūgio formos atraminiu statoriaus korpuso paviršiumi (12.2). Montavimo metu, pozicionuojančio kreipiklio spyruokliuojantys segmentai (14.7) tolygiai elastiškai deformuojasi, tokiu būdu centruodami ir fiksuodami koncentrišką rotoriaus padėtį statoriaus atžvilgiu. Tai leidžia užtikrinti tikslią kampo mato ir optinių sensorių tarpusavio padėtį ir užtikrinti matavimo tikslumą. Tokia paprasta montavimo procedūra nereikalauja papildomų įrankių ar specializuotos įrangos panaudojimo.



## TECHNIKOS SRITIS

Išradimas yra susijęs su preciziniais kampų matavimo įrenginiais. Jis gali būti taikomas besisukančių velenų posūkio kampo ir (arba) absoliučiosios kampinės padėties matavimui įvairios paskirties technologiniuose ir metrologiniuose įrenginiuose.

## TECHNIKOS LYGIS

Optiniai kampo keitikliai (ang. optical rotary / angle encoders) yra prietaisai skirti kampinio poslinkio (posūkio) ar absoliučios kampo padėties matavimui. Jie naudojami įvairiose pramonės bei mokslo sričių įrenginiuose, kur reikalingas tikslus kampo matavimas. Šie keitikliai yra svarbi daugelio aplikacijų dalis. Jie integruojami į robotines sistemas, skaitmeninio kompiuterinio valdymo CNC stakles, medicinos įrangą, aviacijos ir kosmoso pramonės įrenginius ir pan.

Moduliniai, atviro tipo, kampo keitikliai neturi ašies ir guolių sistemos todėl pasižymi mažais matmenimis ir mase, neturi besidėvinčių komponentų, todėl yra atsparesni mechaniniam bei temperatūriniam stresui ar vibracijoms. Tokie keitikliai susideda iš dviejų pagrindinių dalių: statoriaus ir rotoriaus. Rotorius montuojamas tiesiai ant matuojamosios objekto ašies ir kartu su ja sukasi įrenginio veikimo metu. Priklausomai nuo kampinio keitiklio veikimo principo (optinio, magnetinio, indukcinio, t.t.), rotorius sudaro metalinė įvorė su ant jos koncentriškai pritvirtintu kampinę padėtį nusakančiu matu, kaip apskritas stiklinis limbas su rastrinė struktūra ar atitinkamai įmagnetinta precizine skale. Tuo tarpu statorius yra montuojamas ant įrenginio korpuso ir jo darbo metu išlieka stacionarioje pozicijoje. Savo ruožtu jis yra sudarytas iš savame korpuse įtvirtintos arba atskirai montuojamos spausdintinės elektronikos plokštės (ang. Printed Circuit Board), ant kurios sumontuotas puslaidininkinis jutiklis. Kalbant apie optinius keitikius, toks jutiklis aptinka šviestuvo generuojamą ir besisukančios rastrinės struktūros moduliuojamą šviesos srautą ir sugeneruoja jam proporcingus periodinius elektrinius signalus. Žinomos įvairios statoriaus formos ir jo montavimo būdai. Patente US 6,960,758 B2 keitiklio statoriumi esanti spausdintinė elektronikos plokštė, kaip atskiras komponentas, yra stacionariai pozicionuojama stiklinio limbo atžvilgiu. Patenete US 11,316,418 B2 pristatytas keitiklis turi apskritą elektrinę plokštę su kiauryme jos viduryje per kurią koncentriškai matuojamajai ašiai įtvirtinama į

stacionarų korpusą.

Kadangi moduliniai optiniai kampo keitikliai neturi savo guolių sistemos, kurios pagalba išlaikoma atitinkama padėtis tarp kampo mato ir jutiklio (kaip tai užtikrinama uždaro tipo kampiniuose keitikliuose), todėl mechaninis šių komponentų pozicionavimas montavimo metu ir šios pozicijos išlaikymas įrenginiui veikiant yra didžiausias jų trūkumas. Netinkama tarpusavio padėtis paveikia formuojamų elektrinių signalų kokybę ir turi tiesioginės įtakos kampo matavimo tikslumui ar net viso įrenginio veikimui. Optimalus rotoriaus ir statoriaus išstatymas reikalauja didelių laiko sąnaudų, griežtų įrenginio, kurio kampinė pozicija matuojama, bazavimo paviršių tolerancijų ar specialių įrankių. Neretai prireikia ir papildomos įrangos kurios pagalba stebima elektrinių keitiklio signalų kokybė ir pagal ją atliekamas statoriaus pozicionavimas. Siekiant eliminuoti šiuos trūkumus pradėta projektuoti modulinis keitiklis turinčius uždaro tipo statorių, o atitinkamą rotoriaus poziciją užtikrinti papildomais centravimo ir prilaikymo elementais.

Patente US 8,181,353 B2 aprašomas induktyvinis modulinis keitiklis, kuriame rotorius yra bazuojamas uždareme statoriaus korpuse. Montavimo metu prietaisas užmaunamas ant matuojamosios ašies (vidinės rotorius skylės atžvilgiu) ir jos paviršiumi stumiamas, kol statoriaus korpuso bazavimo paviršius liečiasi su įrenginio korpusu. Tokioje statinėje padėtyje rotorius yra fiksuojamas atitinkamai užveržiant jo įvorę ant ašies. Tuomet statoriaus korpusas yra pasukamas rotoriaus atžvilgiu, kol ant jo bazavimo paviršiaus esantys suformuoti elementai susilygiuoja su atitinkamomis ertmėmis padarytomis įrenginio korpuse. Statorius švelniai įspaudžiamas, kol galutinai pozicionuojasi ant įrenginio ir yra priveržiamas fiksavimo varžtais. Toks ašinis keitiklio statoriaus poslinkio dydis yra tiksliai apibrėžtas jo bazavimo paviršiaus elementų aukščiu. Galutinėje savo pozicijoje tokio pat dydžio nominalus tarpas atsiranda (ir taip yra užtikrinamas) tarp keitiklio kampo mato ir jutiklio. Tačiau, toks keitiklio montavimo būdas neužtikrina radialaus statoriaus pozicionavimo, todėl reikalauja atitinkamo įrenginio korpuso paruošimo, jame suformuojant statoriaus centravimo ir apibrėžto aukščio elementų įgilinimus.

Patente US 8,360,554 B2 aprašomas modulinis kampinis keitiklis turintis specialios konfigūracijos rotoriaus įvorę su vidinės jos skylės skersmeniui koncentrišku grioveliu ir statoriaus korpusą su montavimo žiedu atitinkamai suformotu ties jo vidinės skylės skersmeniu. Montavimo metu rotoriaus įvorė įspaudžiama į korpusą

taip, jog montavimo žiedas atsidurtų rotoriaus griovelyje. To palengvinimui išilgai rotoriaus įvorės padarytos atitinkamo dydžio įpjovos, dėl kurių ji gali elastiškai susispausti ir būti įsprausta į statorių. Griovelio ir montavimo žiedo matmenys parinkti taip, jog užtikrintų reikiamas tarpusavio padėties tolerancijas. Nors tokia konstrukcija ir užtikrina reikiamą statoriaus ir rotoriaus poziciją, tačiau keitiklio darbo metu montavimo žiedas slysta griovelio paviršiumi. Toks kontaktas sukelia trintį, kuri ilgainiui gali turėti įtakos prietaiso ilgaamžiškumui, bei reikalauja atitinkamų frikcinių savybių medžiagų panaudojimo.

### **IŠRADIMO ESMĖ**

Išradimo tikslas – sukurti modulinį optinį kampo keitiklį, kurio montavimo būdas užtikrintų atitinkamą kampo mato ir optinio jutiklio tarpusavio padėtį taip pasiekiant aukštą matavimo tikslumą.

Siekiant užtikrinti patikimą ir efektyvią optinio modulinio keitiklio montavimo procedūrą, pristatomas statoriaus ir rotoriaus tarpusavio padėties pozicionavimo būdas, leidžiantis užtikrinti tinkamą keitiklio kampo mato ir jutiklio tarpusavio padėtį matuojamosios ašies atžvilgiu. Sukurtas modulinis optinis kampo keitiklis, susideda iš uždaro tipo statoriaus, jo viduje esančio rotoriaus ir specialios formos lankstaus kreipiklio skirto rotoriaus ašiniui ir radialiajam pozicionavimui statoriaus atžvilgiu. Specializuota pozicionuojančio kreipiklio forma turi išorinį sriegį, jam koncentriškai suformuotą plonasienį žiedą su išoriniu parabolės formos, bei vidiniu cilindro formos paviršiais. Plonasienis žiedas išilgine kryptimi turi keletą atitinkamo dydžio įpjovų, kurios suformuoja kelis spyruokliuojančius segmentus. Įsukant kreipiklį į atitinkamą statoriaus korpuso srieginį paviršių, išorinis parabolės formos plonasienio žiedo paviršius susiliečia su atraminiu kūginiu korpuso paviršiumi. Toliau sukant kreipiklį, dėl atsiradusios ašinės jėgos išorinis plonasienio žiedo paviršius ima slysti nuožulniu atraminiu paviršiumi, tokiu būdu elastiškai deformuojant spyruokliuojančius kreipiklio segmentus. Susispaudžiantys segmentai vidiniu plonasienio žiedo paviršiumi ima liesti cilindrinį rotoriaus įvorės paviršių, taip centruodami ir užfiksuodami koncentrišką rotoriaus poziciją statoriaus atžvilgiu. Šio proceso metu ašinė rotoriaus padėtis užtikrinama sulygiuojant įvorės apatinį ir bazuojamąjį statoriaus paviršius ant kieto plokščio pagrindo.

Pristatomo optinio modulinio kampo keitiklio montavimo būdas yra paprastas, greitai atliekamas ir nereikalauja papildomų įrankių ar specializuotos įrangos. Preciziškas komponentų tarpusavio pozicionavimas užtikrina matavimo tikslumą, nes jutiklis išstatomas veikimo tolerancijų ribose kampo mato atžvilgiu. Reikalavimai įrenginio, kuriame montuojamas keitiklis, paruošimui yra minimalūs. Papildomas bazuojančių įrenginio korpuso paviršių apdirbimas ar laiptelio ant ašies ištekinimas nėra reikalingi, todėl tokio keitiklio integravimas į daugelį technologinių įrenginių yra lengvai realizuojamas. Pateiktas modulinio optinio kampo keitiklio pavyzdys neturėtų būti laikomas ribojančiu atsižvelgiant į modulinį keitiklių veikimo principą, sudarančių detalių dizainą, santykinį tarpusavio dydį ir t.t., o būti tik kaip galimu išradimo įgyvendinimo pavyzdžiu.

### **BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS**

- Pav. 1 Išskleistinis izometrinis optinio modulinio kampo keitiklio vaizdas;
- Pav. 2 Izometrinis optinio modulinio kampo keitiklio skerspjūvio vaizdas;
- Pav. 3 (a) – padidinta detalaus vaizdo projekcija A iš Pav. 2 ;  
(b) – padidintas detalus vaizdas B
- Pav. 4 Izometrinis lankstaus pozicionuojančio kreipiklio skerspjūvio vaizdas;

### **Brėžiniai – Pažymėtų objektų aprašymas**

- 10 – statorius;
- 11 – statoriaus flanšas;
- 11.1 – bazavimo paviršius;
- 11.2 – montavimo ertmės;
- 12 – statoriaus korpusas;
- 12.1 – vidinis srieginis paviršius;
- 12.2 – nuožulas atraminis paviršius;
- 13 – spausdinta elektronikos plokštė;

13.1 – optiniai jutikliai;

14 – pozicionuojantis kreipiklis;

14.1 – rievėtas paviršius;

14.2 – srieginis paviršius;

14.3 – plonasienis žiedas;

14.4 – išorinis parabolės formos paviršius;

14.5 – vidinis cilindrinis paviršius;

14.6 – plonasienio žiedo įpjovos;

14.7 – spyruokliuojantys segmentai;

15 – kreipiklio fiksavimo varžtai;

20 – rotorius;

21 – rotoriaus įvorė;

21.1 – įvorės lygiavimo paviršius;

21.2 – išorinis cilindrinis įvorės paviršius;

21.3 – vidinis cilindrinis įvorės paviršius;

21.4 – išorinis kūginis įvorės paviršius;

22 – stiklinis limbas;

22.1 – rastrinė skalės struktūra;

23 – įvorės užspaudimo žiedas;

24 – įvorės užveržimo varžtai;

25 – įvorės atleidimo varžtai;

Z – centrinė ašis;

S – nominalus ašinis tarpas (tarp optinio jutiklio ir stiklinio disko);

O – kontakto vieta (tarp pozicionuojančio kreipiklio ir statoriaus korpuso);

X – radialusis poslinkis (brėžinyje nurodyta kryptimi);

Y – ašinis poslinkis (brėžinyje nurodyta kryptimi);

H – pradinis nominalus tarpas (tarp pozicionuojančio kreipiklio ir rotoriaus įvorės).

## DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Modulinio optinio kampo keitiklio aprašymas.

Pristatomas modulinis optinis kampo keitiklis susideda iš dviejų elementų grupių: statorius (10), kurį sudarantys komponentai fiksuojami stacionarioje pozicijoje ant įrenginio, bei rotorius (20), kuris montuojamas ant matuojamosios ašies ir sukasi kartu su ja. Sumontuoto keitiklio veikimo metu, rotorius (20) ir statorius (10) yra išdėstyti taip, jog vienas kito atžvilgiu galėtų laisvai sukis apie ašį (Z).

Keitiklio statorių (10) sudaro: flanšas (11), korpusas (12), kuriame stacionariai įmontuota spausdintinė elektronikos plokštė (13) su ant jos esančiais keliais puslaidininkiniais optiniais sensoriais (13.1), bei pozicionuojantis kreipiklis (14) su keletu fiksavimo varžtų (15). Korpusas (12) tvirtinamas prie flanšo (11) varžtais (16).

Rotorių (20) sudaro: įvorė (21) su ant jos užkliuotu stikliniu limbu (22), ant kurio paviršiaus fotolitografijos būdu suformuota rastrinė skalės struktūra (22.1), kuris naudojamas kaip tikslus kampo matas, bei įvorės (21) užspaudimo žiedas (23) su užveržimo (24) ir atleidimo (25) varžtais.

Matavimo metu, optiniuose jutikliuose (13.1) integruotų šviesos diodų išspinduliuotas šviesos srautas atitinkamu kampu krinta ant stiklinio disko (22) rastrinės skalės struktūros (22.1). Nuo jos paviršiaus atspindėjęs moduluotas šviesos srautas grįžta į jutiklius (13.1), kuriuose paverčiamas į atitinkamus elektrinius signalus, nusakančius absoliučiąją kampo poziciją. Jog keitiklis tinkamai veikėtų ir nenukentėtų matavimo tikslumas, optiniai jutikliai (13.1) turi būti nominalioje pozicijoje rastrinės skalės (22.1) atžvilgiu. Todėl montavimo metu būtina atlikti statoriaus (10) ir rotoriaus (20) centravimo ir ašinio išstatymo procedūras.

Detalus keitiklio montavimo būdo aprašymas.

Surinktame keitiklyje rotorius (20) yra vidinėje statoriaus (10) dalyje (t.y. jį gaubia korpusas (12) bei flanšas (11)) ir gali laisvai judėti. Nominalus ašinis tarpas (S) tarp optinių jutiklių (13.1) ir stiklinio limbo (22) yra užtikrinamas sulygiuojant įvorės lygiavimo (21.1) ir flanšo bazavimo (11.1) paviršius. Lygiavimas atliekamas prispaudžiant minėtus paviršius prie plokščio ir kieto pagrindo (P). Tuomet

pozicionuojančio kreipiklio (14) pagalba rotorius (20) centruojamas. Rievėtu paviršiumi (14.1) sukančiam kreipikliui, jo srieginis paviršius (14.2) įsiskaido į srieginį korpuso paviršių (12.1). Ant pozicionuojančio kreipiklio (14) suformuotas kocietriškas plonasienis žiedas (14.3) turintis išorinį parabolės formos (14.4), bei vidinį cilindrinį (14.5) paviršių. Plonasienis žiedas (14.3) išilgine kryptimi turi keletą atitinkamo dydžio įpjovų (14.6), kurios suformuoja kelis spyruokliuojančius segmentus (14.7). Veikiamas sukimo metu atsirandančios ašinės jėgos (F), parabolės formos paviršius (14.4) ima slysti kūginiu atraminiu korpuso paviršiumi (12.2), o spyruokliuojantys segmentai (14.7) elastiškai deformuojami. Deformacijos metu spyruokliuojantys segmentai susispaudžia, o slystanti nuožulniu atraminiu paviršiumi detalių tarpusavio kontakto vieta (O) pasislenka radialine (X) ir ašine (Y) kryptimis (kaip parodyta 3 (b) pav.). Tokiu būdu, pradinis nominalus tarpas (H) tarp cilindrinio vidinio plonasienio žiedo (14.5) ir išorinio rotoriaus įvorės paviršių (21.2) ima tolygiai mažėti, kol pilnai sucentruoja ir užspaudžia įvorę (21).

Šitaip pozicionavus ir įtvirtinus rotorius (20) statoriaus (10) atžvilgiu, pradedamas keitiklio montavimas ant įrenginio. Vidiniu rotoriaus įvorės cilindrinio paviršiumi (21.3) keitiklis maunamas ant matuojamosios įrenginio ašies, kol statoriaus flanšo bazavimo paviršius (11.1) paliečia įrenginio korpusą. Statoriaus flanšas (11) per tvirtinimo ertmės (11.2) prisukamas prie įrenginio korpuso. Prisukant užveržimo varžtus (24), užspaudimo žiedas (23) slenka kūginiu rotoriaus įvorės paviršiumi (21.4) taip užverždamas įvorę (21) ant įrenginio ašies. Pozicionuojantis kreipiklis (14) atsukamas ir atlaisvinamas išorinis įvorės paviršius (21.2), jog rotorius (20) galėtų laisvai sukis. Atveržto pozicionuojančio kreipiklio padėtis įtvirtinama fiksavimo varžtais (15).



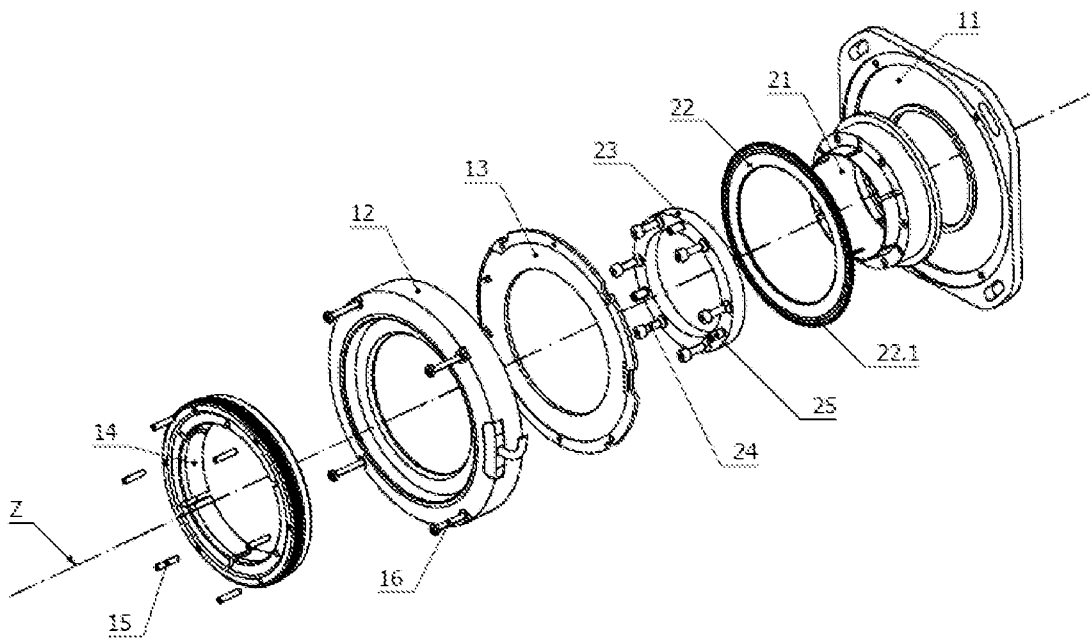
## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Modulinis optinis kampo keitiklis, sudarytas iš statoriaus (10) su integruota spausdintine elektronikos plokšte (13) ir keliais optiniais jutikliais; bei rotorius (20) susidedančio iš įvorės (21) su stikliniu limbu (22), ant kurio paviršiaus suformuota rastrinė skalės struktūra (22.1), kuris naudojamas kaip precizinis kampo matas b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad statoriaus korpuse (12) padarytas kūginis atraminis paviršius (12.2) ir suformuotas vidinis srieginis paviršius (12.1), į kurį išoriniu srieginiu paviršiumi (14.2) įsukamas pozicionuojantis kreipiklis (14), turintis srieginiam paviršiui koncentrišką plonasienį žiedą (14.3) su išoriniu parabolės formos paviršiumi (14.4) ir vidiniu cilindrinio paviršiumi (14.5), bei keletu išilginių įpjovų (14.6), suformuojančių mažiausiai tris spyruokliuojančius segmentus (14.7).

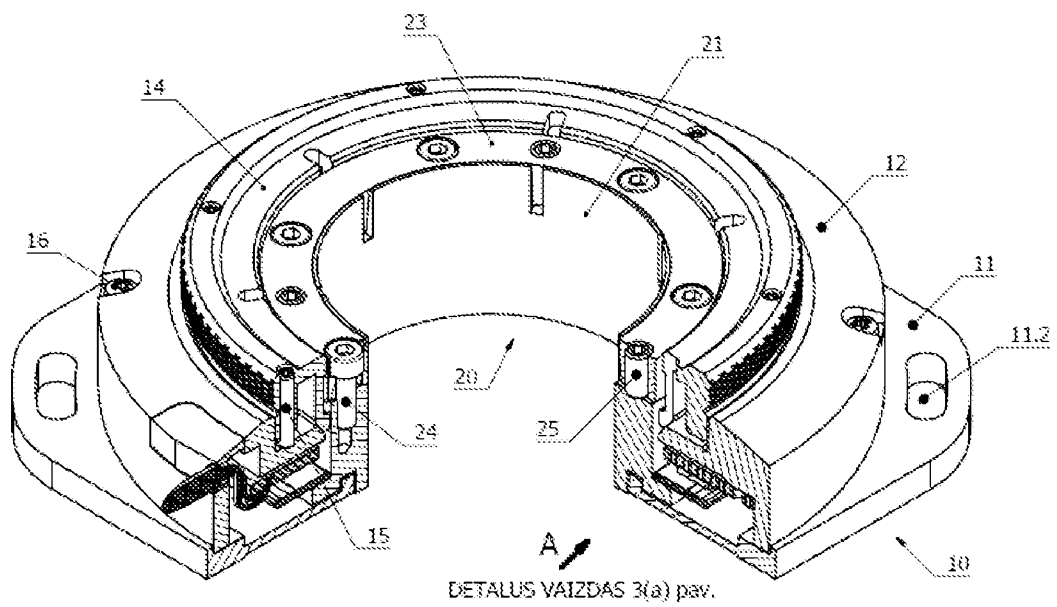
2. Modulinis kampo keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pozicionuojančiame kreipiklyje (14) suformuoto plonasienio žiedo (14.3) išorinis paviršius (14.4) turi paraboloido segmento formą.

3. Modulinis kampo keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pozicionuojančiame kreipiklyje (14) suformuoto plonasienio žiedo (14.3) geometriniai matmenys, bei išilginių jo įpjovų (14.6) gylis ir skaičius parenkami taip, jog būtų suformuoti atitinkamos formos spyruokliuojantys segmentai (14.7).

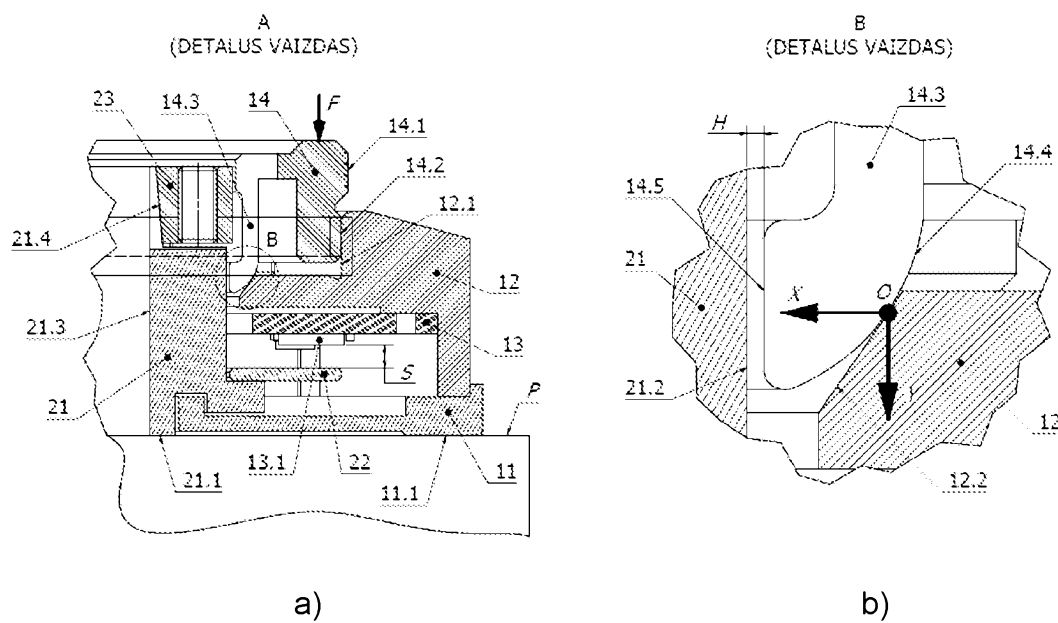
## BRĖŽINIAI



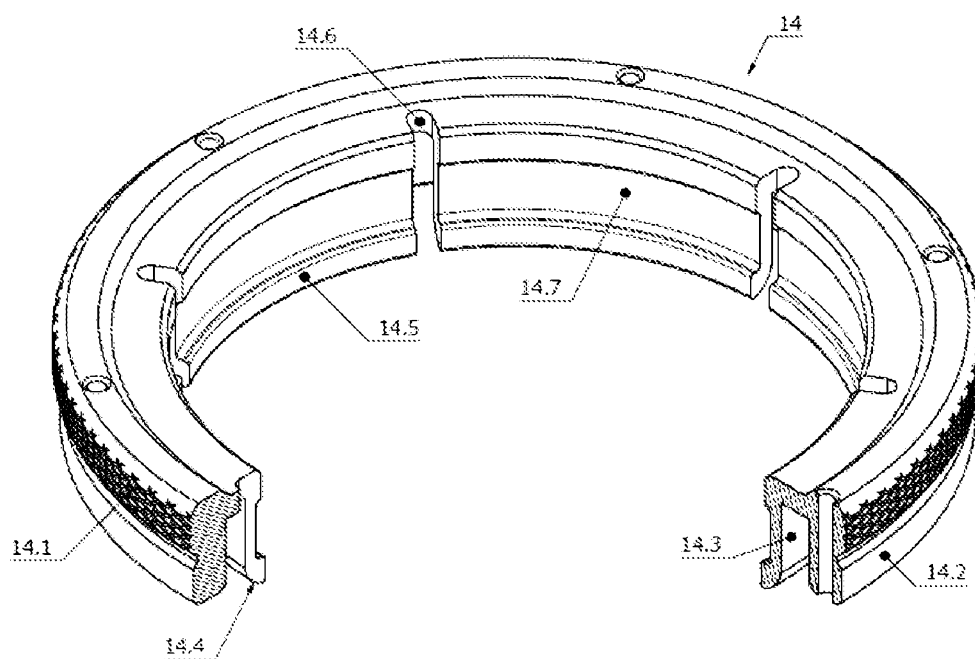
1 pav.



2 pav.



3 pav.



4 pav.