

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU:

katedros vedėjas

doc. dr. Artūras Sabaliauskas

**ROLAMAITINIŲ VYKDOMŲJŲ ĮTAISŲ
DINAMIKOS TYRIMAS**

Magistro darbas

Darbo vadovas:

prof. dr. R. V. Ulozas

Recenzentas:

doc. dr. Artūras Sabaliauskas

Darbą atliko:

MM9 gr.stud. Egidijus Tuzinas

Šiauliai, 2011

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Egidijus Tuzinas

**ROLAMAITINIŲ VYKDOMŲJŲ ĮTAISŲ
DINAMIKOS TYRIMAS**

Magistro darbas

Darbo vadovas:

prof. dr. R. V. Ulozas

Šiauliai, 2011

SANTRAUKA

Tuzinas Egidijus, Rolomaitinių vykdomųjų įtaisų dinamikos tyrimas: Mechanikos inžinerijos magistro tiriamasis darbas/ vadovas prof. dr. R. V. Ulozas; Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Mechanikos inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2011. – 63p., 76 pav., 8 literatūros šaltiniai.

Darbo tikslas buvo išanalizuoti dinamiškai rolamaitinio tipo mechanizmus teoriškai ir praktiškai, pritaikyti šiuolaikinėje gamyboje bei gaminiuose. Tyrimams naudojome rolamaito tipo mechanizmų tyrimo prietaisą (TSRS išradimas Nr. 609074). Nustatyta, kad rolamaito vykdomieji įtaisai (RVĮ) su sukamais virpančiais ritinėliais, palyginti su kitais, pasižymi didesne laikomąja geba ir yra žymiai jautresni. To sekoje mes sukūrėme rolamaitinio vykdomojo įtaiso konstrukciją - seifo užraktą.

SUMMARY

The review of constructions of Rolamite type mechanisms (RTM) and a principle of their action is presented in this article and given their constructional analysis. Rollers of RTM are wrapped by a flexible band or bands with strain and by big angle and are contacting among themselves only through a flexible band. Noted that RTM can be with and without surfaces of directing, i.e. without frames. Also has been noted that changing parameters of RTM structural elements creates and changes elastic characteristics in them. The constructional analysis of executive rolamite devices (ERD) with vibrating elements, i.e. with piezoelectric vibration's converter (PVC) was reviewed. Established that a variety of such ERD constructions is possible. If PVC cooperates with other structural elements of ERD then is possible to operate friction and tractive forces in the mentioned devices. The classification of ERD is made and presented.

The dynamical models of the system "roller-band" of ERD is submitted in two variants, i.e. when the contact between bodies of researched system is deformed and when is not deformed. The dynamical models of a system "roller - band" of the ERD are described by the differential equations and investigated in aspect when excitation by vibrations is not influencing on the system. There are investigated the conditions of non – slipping among the bodies of a system "roller – band" of the ERD, i.e. the conditions, when the bodies come into a non – slipping zone and further move with identical velocities. The curves of theoretical research are shown.

A research of dynamical characteristics of three-type vibrating rollers in ERD was conducted in continuous and start-stop regimes on a specially designed device. The ERD with rotating vibrating rollers, compared with vibrating rollers of another type, have a better bearing capacity and are much more sensitive. Therefore, it is advisable to use them in exceptionally sensitive systems. Changing parameters of vibrations can control slipping process between elements of ERD.

The original design of created executive rolamite device consists of one roller and four bands wrapping this roller by angle of 180° is presented.

TURINYS

Santrauka.....	3
Summary.....	4
Turinys.....	5
Paveikslėlių sąrašas.....	6
Įvadas.....	9
1. Rolamaito tipo mechanizmų be virpančių elementų konstrukcinė analizė.....	10
2. Rolamaitinių vykdomųjų įtaisų su virpančiais elementais konstrukcinė analizė.....	28
3. Rolamaito tipo mechanizmų konstrukcijų klasifikacija.....	41
4. Rolamaitinių vykdomųjų įtaisų sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminiai modeliai.....	43
5. Teoriniai rolamaitinių vykdomųjų įtaisų sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminių procesų tyrimai.....	48
6. Eksperimentiniai rolamaitinių vykdomųjų įtaisų dinaminių procesų tyrimai.....	52
7. Sukurtoji rolamaitinio vykdomojo įtaiso konstrukcija.....	60
Išvados.....	61
Literatūra.....	62
Priedai.....	63

PAVEIKSLĖLIŲ SARAŠAS

- 1 pav. Donaldas F. Uilksas su sukurtais Rolamaito tipo mechanizmais
- 2 pav. Klasikinė Rolamaito tipo mechanizmo schema
- 3 pav. RTM su neįtempta juosta
- 4 pav. RTM – signalizacijos įrenginys (JAV patentas Nr. 3592069)
- 5 pav. RTM – kojos kelio sąnario protezas (JAV patentas Nr. 3592069)
- 6 pav. RTM atrama su dviem porom ritinėlių
- 7 pav. Daugiaritininis RTM
- 8 pav. Rolamaitinio mechanizmo, skirto sunkaus krovinio palaikymui, schema (Didžiosios Britanijos patentas Nr. 1181636)
- 9 pav. RTM su stabdžiais, pritvirtintais prie juostos ar ritinėlių
- 10 pav. RTM su nesimetriniais ritinėliais schema
- 11 pav. RTM su debalansuotu ritinėliu
- 12 pav. RTM debalansuoti ritinėliai
- 13 pav. RTM su juosta, susukta į du ritinėlius (JAV patentas Nr. 3471668)
- 14 pav. RTM su papildoma („stumiančia“) juosta
- 15 pav. RTM su papildoma juosta, susukta į ritinėlį (JAV patentas Nr. 3471668)
- 16 pav. RTM kintamo storio juosta
- 17 pav. RTM juostų su vidinėmis išpjovomis schema
- 18 pav. RTM juostų su išorinėmis išpjovomis schema
- 19 pav. RTM juostos su kombinuotomis išpjovomis schema
- 20 pav. RTM su juosta, pagaminta su užapvalintais standinimo liežuvėliais
- 21 pav. RTM su juosta, pagaminta su vidinėmis išpjovomis ir stačiakampio formos standinimo liežuvėliais
- 22 pav. RTM juosta su pradiniu kreivumo spinduliu
- 23 pav. RTM - termostatas
- 24 pav. RTM - termostatas
- 25 pav. RTM su spyruoklėmis schemas (Didžiosios Britanijos patentas Nr. 1217947)
- 26 pav. RTM su nelygiagrečiomis kreipiančiosiomis
- 27 pav. RTM su nelygiagrečiomis kreipiančiosiomis
- 28 pav. RTM su keičiamu kreipiančiųjų paviršių lygiagretumu (JAV patentas Nr. 3739648)
- 29 pav. RTM – siurblys su gaubiančia abu ritinėlius žarnele
- 30 pav. RTM – siurblys su tvirtinama prie kreipiančiosios plokštumos žarnele
- 31 pav. RTM – siurblys su įstatoma tarp ritinėlių žarnele
- 32 pav. RTM – siurblio stūmoklis (JAV patentas Nr. 3452175)
- 33 pav. RTM – tiesialinijinio judesio atrama
- 34 pav. RTM – guolinė atrama (VFR patentas Nr.1750417)
- 35 pav. RTM – frikcinis perdavimo mechanizmas (Didžiosios Britanijos patentas Nr. 1181636)
- 36 pav. RTM - sukamųjų virpesių sužadintojas (TSRS išradimas Nr 474360)
- 37 pav. RTM – “žingsniuojantis” guolis
- 38 pav. RTM, skirtas judesio perdavimui
- 39 pav. RTM – banginis frikcinis perdavimo mechanizmas (TSRS išradimas Nr. 544791)
- 40 pav. RTM, skirtas judesio perdavimui (JAV patentas Nr. 3691871)
- 41 pav. RTM, kurio elementai atlieka vienalaikį judesį trejomis kryptimis

- 42 pav. Juostos traukimo mechanizmas (JAV patentas Nr.3741564)
- 43 pav. Rolamaitinis JTM (TSRS išradimas Nr. 426239)
- 44 pav. RVĮ ritinėlių su vibroelementais tipai
- 45 pav. RVĮ – tiesiaeigio judesio atrama su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 550498)
- 46 pav. RVĮ – tiesiaeigio judesio atrama su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 621909)
- 47 pav. Rolamaitinis dinaminis virpesių slopintuvas su virpančiais sukamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 806930)
- 48 pav. RVĮ – tiesiaeigio judesio atrama su virpančiais nejudamais ritinėliais – vibrovarikliais (TSRS išradimas Nr. 581336)
- 49 pav. Rolamaitinis JTM su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 570103)
- 50 pav. Rolamaitinis JTM su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 617786)
- 51 pav. Rolamaitinis JTM su virpančiais sukamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 720533)
- 52 pav. Rolamaitinis JTM su ritinėliais - vibrovarikliais (TSRS išradimas Nr. 932557)
- 53 pav. Rolamaitinis peristaltinio tipo siurblys (TSRS išradimas Nr. 1010316)
- 54 pav. RVĮ – tiesiaeigio judesio atrama su PEK, virpinančiais juosta (TSRS išradimas Nr. 623023)
- 55 pav. Rolamaitinis JTM (TSRS išradimas Nr. 570102)
- 56 pav. RVĮ – tiesiaeigio judesio atrama su virpančiais sukamais ritinėliais ir juos sukančiu PEK su sudalintais elektrodais (TSRS išradimas Nr. 863901)
- 57 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas (TSRS išradimas Nr. 1602735)
- 58 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas (TSRS išradimas Nr. 1516348)
- 59 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas (TSRS išradimas Nr. 1703450)
- 60 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas (LR patentas LT 3941 B)
- 61 pav. Rolamaito tipo mechanizmų konstrukcijų klasifikacija
- 62 pav. RVĮ sistemos „ritinėlis – juosta“ dinaminiai modeliai, kai kontaktas tarp sistemos kūnų deformuojasi ir nedeformuojasi
- 63 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai
- 64 pav. Praslydimo tarp sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai
- 65 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai
- 66 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai
- 67 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai
- 68 pav. Sistemos kūnų kintamų nusistovėjusio judesio režimų sričių priklausomybės nuo judesio parametrų grafikai
- 69 pav. RVĮ su virpančiais ritinėliais tyrimo prietaisas
- 70 pav. Tiriamojo RVĮ virpančių ritinėlių ir korpuso poslinkių būdingosios oscilogramos
- 71 pav. RVĮ virpantys ritinėliai
- 72 pav. RVĮ virpančių ritinėlių 1 poslinkių oscilogramos esant startstopiniam darbo režimui

- 73 pav. Priklausomybių kreivės
- 74 pav. RVĮ su ritinėliais Nr.1 priklausomybių kreivės
- 75 pav. RVĮ su ritinėliais Nr.3 priklausomybių kreivės
- 76 pav. Rolamaitinis vykdomasis įtaisas – seifo užraktas

IVADAS

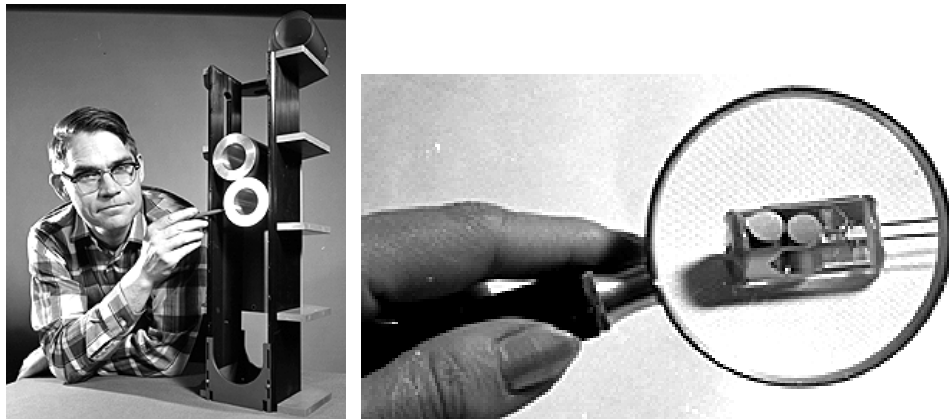
Šis amžius dažnai vadinamas technikos amžiumi. Sparčiai tobulėja naujos technologijos, nauji įtaisai bei prietaisai. Mokslininkai ir inžinieriai išranda vis naujas konstrukcijas bei pritaiko juos įvairiems darbams. Modernūs prietaisai naudoja mažai energijos, pagalbinių medžiagų, nereikalauja sunkaus ir sudėtingo aptarnavimo, taigi, didelis dėmesys atkreipiamas į konstrukcijos bei aptarnavimo ekonomiškumą. Visų šių faktorių visuma yra labai svarbi tiek gamintojams, tiek vartotojams. Vienas iš šias sąlygas atitinkančių įtaisų yra rolamaito tipo mechanizmas (RTM).

RTM pranašumai prieš kitus juostinius – ritininius mechanizmus: paprasta konstrukcija, didelis kinematinis tikslumas, mažas trinties koeficientas (mažiausia gauta trinties koeficiento reikšmė 0,00004), dirba be praslydimo (netgi perduodant didelius sukimo momentus), lengvai miniatiūrizuojamas, panaudojamas daugelyje elektromechaninių prietaisų. Rolamaitiniai mechanizmai turi didelę panaudojimo sritį. Jie gali būti panaudoti robotikoje, koordinatinėse matavimo mašinose, medicinoje (kaip protezinis sąnarys arba siurblys, tiekiantis skystį tiksliais dozėmis), signalizacijos įrenginiuose, termostatuose (rolamaitinis termostatas 4-5 kartus jautresnis už bimetalinį), perdavimo įtaisuose, juostos pritraukimo mechanizmuose. Juos galima naudoti linijinių ar sukimo virpesių generavimui, lanksčios juostos tempimui, judesio tolygumui pasiekti, stabdymui, pertraukimui ar užlaikymui, sustiprinimui, jėgos arba jėgos funkcijos sukūrimui, greičio ir momento reguliavimui, pavaros funkcijai, tempimui ir gniuždymui. Taip pat juos galima panaudoti matuoklio ir skaitiklio funkcijoms, potenciometro funkcijai, slėgio matavimui, valdymui, sukėlimui. Elektriniuose prietaisuose RTM naudojami elektriniam kontaktui sujungti ir nutraukti, kaip įstatomasis elementas, relė ar termostatas. Mechaniškai šis mechanizmas gali atlikti guolio, dempferio, spyruoklės funkcijas, puikiai tinka naudoti pjovimo staklėse pjovimo įrankio ir staklių suporto judėjimui valdyti ir daugelį kitų funkcijų.

Darbo tikslas – išanalizuoti rolamaitinio tipo mechanizmus, jų dinamiką, patikrinti jų galimybes dirbti ir būti valdomiems labai aukštu tikslumu, o taip pat galimybes pritaikyti šiuos prietaisus šiuolaikinėje gamyboje bei gaminiuose.

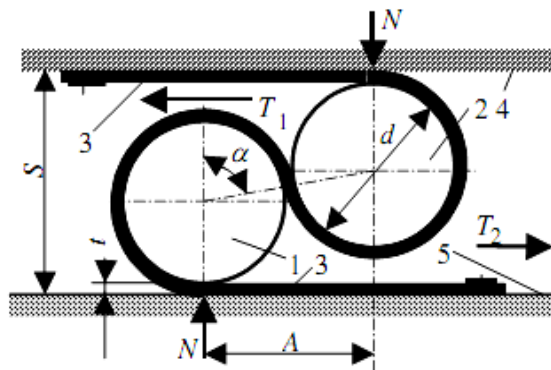
1. ROLAMAITO TIPO MECHANIZMŲ BE VIRPANČIŲ ELEMENTŲ KONSTRUKCINĖ ANALIZĖ

Mokslinio tyrimo centro **Sandia** (JAV) inžinierius **D.F.Wilkes** (Donaldas Uilksas), nuo 1960 m. kurdamas greitaiegi mechanizmą atominės bombos susprogdinimui, 1967 m. darbą baigė, sukūręs labai paprastą juostinį ritinį mechanizmą [1,2]. Jį pavadino **Rolamaito** tipo mechanizmu (RTM). **ROLAMITE** sudarytas iš dviejų anglų klb. žodžių *roller* – ritinėlis + *mite* – kuklus įnašas, matyt taip D.Uilksas norėjo pabrėžti savo įnašą į mechanikos mokslą (1 pav.). RTM sukėlė didžiulį pasaulio mokslininkų susidomėjimą.



1 pav. Donaldas F. Uilksas su sukurtais Rolamaito tipo mechanizmais

Šiuos mechanizmus sukūręs Uilksas nurodė RTM privalumus prieš kitus juostinius ritinius mechanizmus: labai paprastą konstrukciją, didelį kinematinį tikslumą, mažą trinties koeficientą (mažiausia gauta trinties koeficiento reikšmė 0,00004), platų funkcinių pritaikymą, ypač tiksluose prietaisuose, mažagabaritiniuose mechaniniuose ir elektromechaniniuose įrengimuose, robototeknikoje, medicinoje.



2 pav. Klasikinė Rolamaito tipo mechanizmo schema

Klasikinė RTM konstrukcija (2 pav.) sudaryta iš dviejų cilindrinų ritinėlių 1 ir 2, kampu, paprastai $>180^{\circ}$, glaudžiai apgaubiamų raidės S formos kilpose lanksčia juosta 3, savo galais pritvirtinta prie kreipiančiųjų paviršių 4 ir 5. Ritinėliai rieda juosta neslysdami, atlieka tiesialinijinį grįžtamąjį su vienalaikiu sukimusi judesį. Lanksti ir atspari tempimui juosta daroma iš plastiškų metalų, ypač berilio ir vario lydinių, plastikų ir austinių medžiagų. Ritinėliai daromi iš kaprono, politetrafluoretileno su austo stiklo pluošto užpildu, berilinės bronzos, nerūdijančio plieno.

Visos RTM konstrukcijos pagal išpildymo būdą skirstomos į dvi grupes:

- 1) su kreipiančiais paviršiais – *rėminiai RTM*;
- 2) be kreipiančiųjų paviršių – *nerėminiai RTM*.

Ritinėliai rėminiuose RTM atlieka sukamąjį (jei RTM korpusas judamas), vienalaikį žengiamąjį ir sukamąjį arba planetinį (jei RTM korpusas nejudamas) judesį.

Nerėminiuose RTM ritinėliai atlieka tik sukamąjį arba sukamąjį su vienalaikiu žengiamuoju išilgai savo ašies judesį. Nerėminiai RTM panaudojami elektromechaniniuose prietaisuose, juostos traukimo mechanizmuose ir kt.

Rėminiai RTM panaudojami kaip atramos, pritaikomos termostatuose, judesio keitikliuose, guoliuose, siurbliuose, manipuliatorių griebtuose ir kt.

Rėminių RTM grupei priskiriami mechanizmai, panaudojami kaip atramos. Paprasčiausia jų – klasikinė RTM konstrukcija, parodyta 2 pav. Ritinėliai joje atlieka žengiamąjį – grįžtamąjį su vienalaikiu sukimusi judesį.

Šios rolamaitinės atramos statinė pusiausvyra aprašoma lygtimi:

$$TS = NA \quad (1)$$

čia:

T - juostos įtempimo jėga;

S - atstumas tarp kreipiančiųjų plokštumų;

N - normalinė jėga;

A - atstumas tarp ritinėlių centrų pagal horizontalę.

Didžiausią leidžiamą ritinėlių skersmenį (t.y. tam, kad ritinėliai 1 ir 2 „neiškristų“ iš juostos 3 kilpų) apsprendžia atstumas tarp kreipiančiųjų paviršių 4 ir 5:

$$(d_1 + d_2 + 3t) > S; (d_1 + 3t) < S \quad (2)$$

kur:

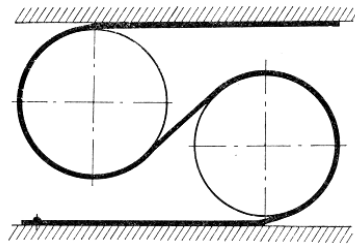
d_1 ir d_2 – ritinėlių skersmenys (d_1 – didesnio skersmens ritinėlis),

t – juostos storis, S – atstumas tarp kreipiančiųjų paviršių.

Rolamaito tipo mechanizmas yra tikslus mechanizmas, kurio elementai, kaip pateikia D.F.Uilksas, juda vienas kito atžvilgiu be praslydimo, tačiau kiti mokslininkai kaip Persivalas ir Norvudas, o taip pat Kedmenas savo darbuose [3,4] nurodo, kad ritinėlių praslydimas egzistuoja prie tam tikrų mechanizmo parametrų, nors teorinio pagrindimo šiam reiškiniui nepateikia. Jie atkreipia dėmesį, kad labai svarbu suprasti praslydimo tarp RTM elementų esmę. Taigi, vienas pagrindinių aspektų, kuriant rolamaitinius mechanizmus, yra praslydimo tarp RTM elementų aspektas.

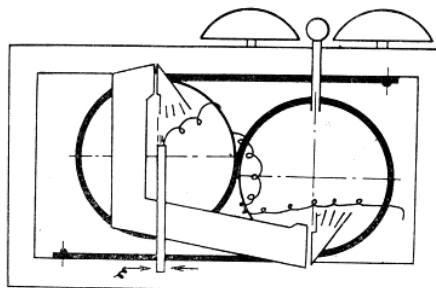
Praslydimui tarp RTM elementų turi įtakos juostos įtempimo jėgos T dydis ir ritinėlių apgaubimo juosta kampo α dydis. Didinant ritinėlių apgaubimo juosta kampą, įtempimai RTM elementų susilietimo paviršiuose paskirstomi lygiau, ir apkrova, veikianti juostą, pasiskirsto vienodžiau.

Rolamaitiniai mechanizmai pasižymi ne tik dideliu funkciniu pritaikomumu, bet ir konstrukcine įvairove. D.F.Uilksas sukūrė RTM su neįtempta juosta (3 pav.). Tokiame mechanizme maža trintis, ritinėliai labai judrūs ir gan nejautrūs užterštam ir šiurkščiam paviršiui, kas labai svarbu kuriant mažagabaritinius įrengimus.



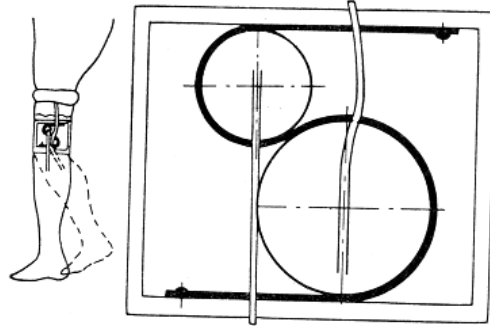
3 pav. RTM su neįtempta juosta

RTM atramas galima pritaikyti ir signalizacijai (4 pav.). Prie RTM ritinėlių prijungti elektromagneto kontaktai. Ritinėliai atlieka žengiamai – sukamąjį judesį, o RTM korpusas nejudamas.



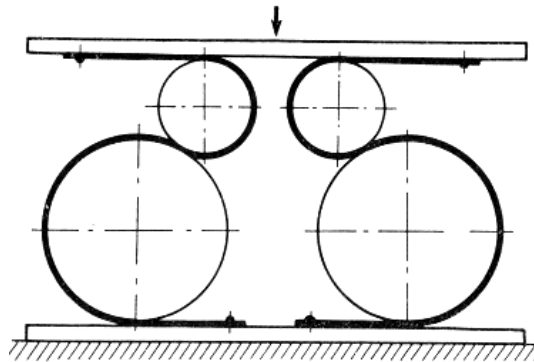
4 pav. RTM – signalizacijos įrenginys (JAV patentas Nr. 3592069)

Sukurtas RTM kaip kojos kelio sąnario protezas (5 pav). Jame panaudojami atitinkamu būdu sujungti su ritinėliais strypai, pritvirtinti prie kojos protezo apatinės ir viršutinės dalių. Šiame RTM korpusas nejudamas, o ritinėliai atlieka žengiamai grįžtamąjį judesį su pasisukimu apie savo ašį.

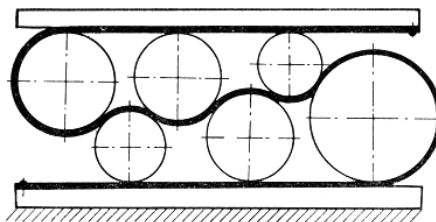


5 pav. RTM – kojos kelio sąnario protezas (JAV patentas Nr. 3592069)

Rolamaitiniai mechanizmai gali būti ne tik su dviem ritinėliais, bet ir su didesniu jų kiekiu, priklausomai nuo funkcinės paskirties. 6-ame paveiksle parodytas RTM su dviem porom ritinėlių, o 7-ame – pavaizduota daugiaritininė RTM konstrukcija.

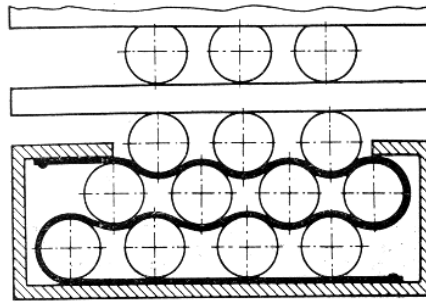


6 pav. RTM atrama su dviem porom ritinėlių



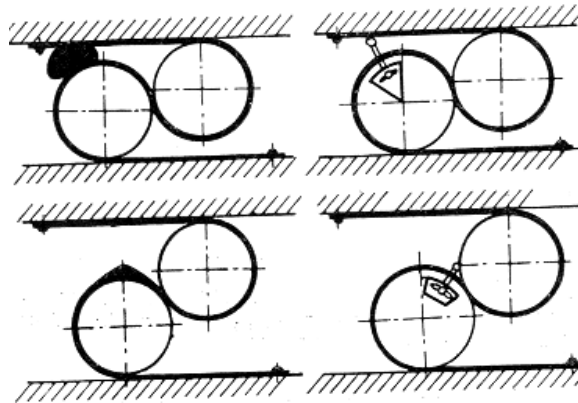
7 pav. Daugiaritininis RTM

RTM sunkaus krovinio palaikymui (8 pav.) susideda iš dviejų rolamaitinių mechanizmų, tarp kurių ritinėlių įstatomas sunkus kroviny. Apatinis RTM turi keliolika porų ritinėlių ir įtemptą lanksčią juostą, galais pritvirtintą prie kreipiančiųjų paviršių, ir palaikomuosius ritinėlius, įstatytus tarp sunkaus krovinio ir lanksčios juostos. Analogiška yra ir viršutinio RTM konstrukcija.



8 pav. Rolamaitinio mechanizmo, skirto sunkaus krovinio palaikymui, schema (Didžiosios Britanijos patentas Nr. 1181636)

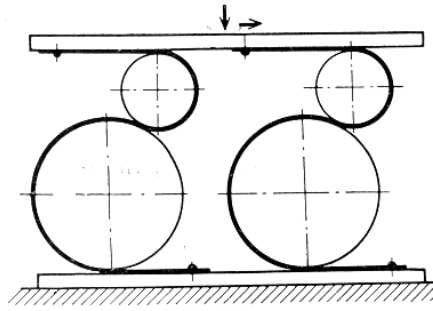
Norint sulaikyti ritinėlius tam tikroje padėtyje yra naudojami stabdžiai, kurie gali būti tvirtinami prie ritinėlių ar juostos (9 pav.).



9 pav. RTM su stabdžiais, pritvirtintais prie juostos ar ritinėlių

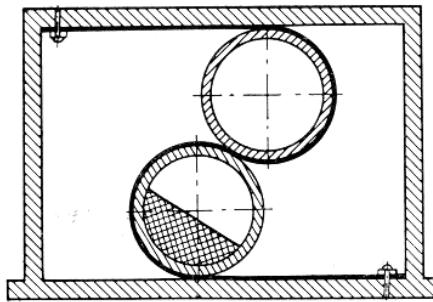
Galima praplėsti RTM funkcines galimybes, įvedus į RTM tamprius elementus ar kitokiu būdu suteikus RTM tampriąsias savybes. Tam tikslui pasiekti yra keletas būdų.

Paprasčiausias būdas – RTM konstrukcijoje panaudoti nevienodo skersmens, t.y. nesimetrinius ritinėlius (10 pav.). Tokiuose RTM susidaro pastovi jėga, nepriklausanti nuo ritinėlių padėties horizontalios ašies atžvilgiu, ir mechanizmas tampa kaip pastovaus veikimo spyruoklė.

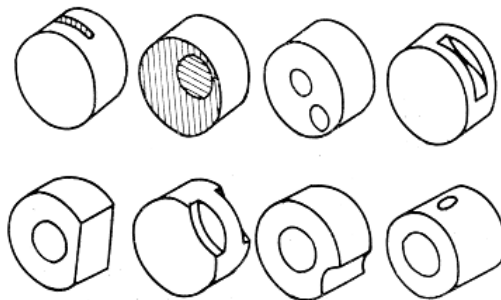


10 pav. RTM su nesimetriniais ritinėliais schema

Kitas būdas gauti tampioms charakteristikoms – RTM konstrukcijoje panaudoti debalansuotus ritinėlius, t.y. ritinėlius su įvairiausiom išpjovom, nuopjovom, skylėmis, kitos medžiagos įterptimis (11, 12 pav.). Tokie ritinėliai mechanizme stengiasi grįžti į pusiausvyros padėtį.

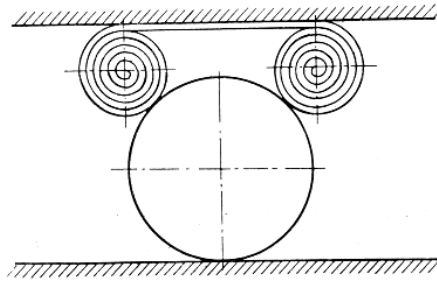


11 pav. RTM su debalansuotu ritinėliu



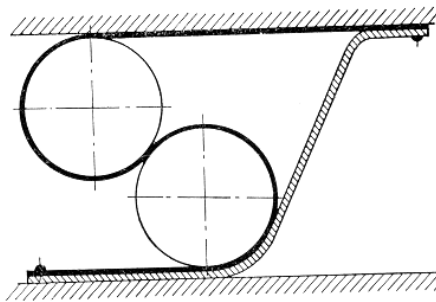
12 pav. RTM debalansuoti ritinėliai

Gan įdomus konstrukcinis sprendimas RTM, kuriame lanksti juosta ne pritvirtinta prie kreipiančiųjų paviršių, o susukta į du ritinėlius, sąveikaujančius su trečiuoju – tikroju ritinėliu (13 pav.).



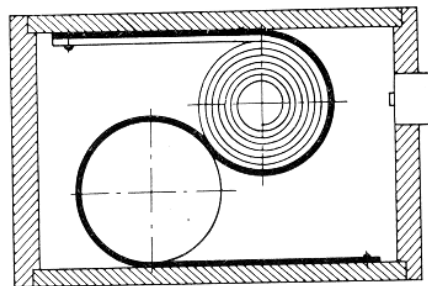
13 pav. RTM su juosta, susukta į du ritinėlius (JAV patentas Nr. 3471668)

Toks mechanizmas iš tikro turi tik vieną juostą ir vieną ritinėlį. Priklausomai nuo to, kurio juostinio ritinėlio skersmuo didesnis, lanksti juosta „stengiasi“ grįžti į pusiausvyros padėtį, t.y. į mažesnio skersmens juostinio ritinėlio pusę iki to momento, kol abiejų juostinių ritinėlių skersmenys tampa vienodi.



14 pav. RTM su papildoma („stumiančia“) juosta

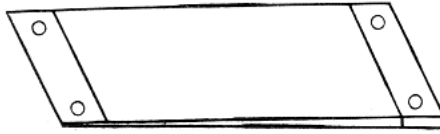
Tampriąsias savybes galima gauti įvedant į RTM konstrukciją papildomą juostą. Tai gali būti „stumianti“ juosta (su užduota tampriąja charakteristika) (14 pav.), arba juosta, susukta į ritinėlį (15 pav.). Pagalbinė juosta „stengiasi“ išsitiesinti, veikia kaip spyruoklė, ir sujungia kontaktą.



15 pav. RTM su papildoma juosta, susukta į ritinėlį (JAV patentas Nr. 3471668)

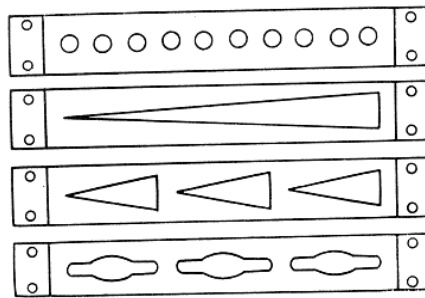
Gan paplītēs būdas gauti tampriems karakteristikoms yra RTM lanksčios juostos skerspūvio keitimas. Galimi du variantai.

Pirmasis – juostos storio keitimas (16 pav.).

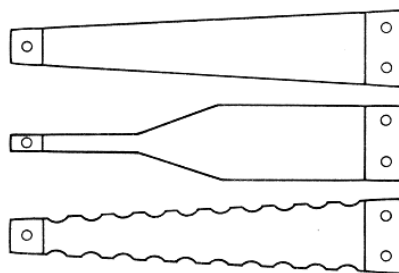


16 pav. RTM kintamo storio juosta

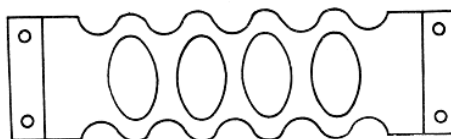
Antrasis variantas – juostos skerspūvio ploto keitimas išpjovomis. Priklausomai nuo išpjovos formos galima gauti pastovaus ar kintamo dydžio jėgas (17, 18, 19 pav.). Išpjovos juostoje gali būti vidinės (17 pav.), išorinės (18 pav.), kombinuotos (19 pav.).



17 pav. RTM juostų su vidinėmis išpjovomis schema

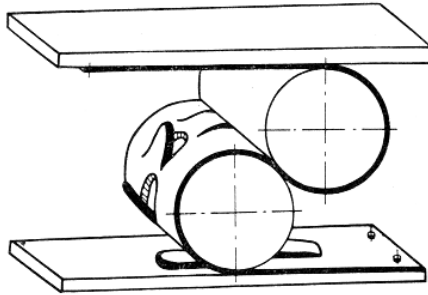


18 pav. RTM juostų su išorinėmis išpjovomis schema

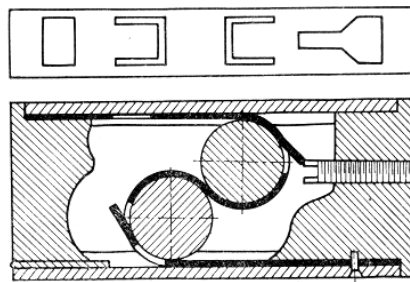


19 pav. RTM juostos su kombinuotomis išpjovomis schema

Žinomi RTM, kuriuose tampriųjų charakteristikų gavimui panaudojami taip vadinami standinimo „liežuvėliai“. 20-ame paveiksle parodyti RTM su užapvalintais standinimo liežuvėliais, o 21-ame paveiksle – RTM su juosta, kuri pagaminta su išpjovomis bei stačiakampiais standinimo liežuvėliais.

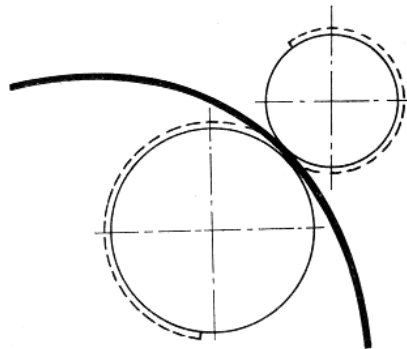


20 pav. RTM su juosta, pagaminta su užapvalintais standinimo liežuvėliais



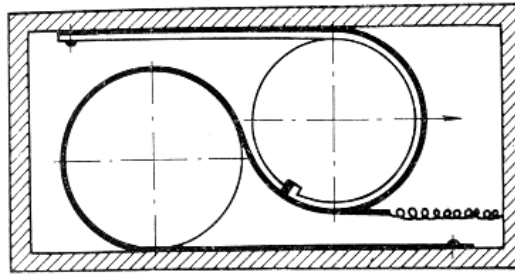
21 pav. RTM su juosta, pagaminta su vidinėmis išpjovomis ir stačiakampio formos standinimo liežuvėliais

Taip pat rolamaito mechanizmuose, norint gauti kintamą tamprią RTM charakteristiką, naudojamos juostos su kintamu (pagal ilgį) pradiniu kreivumo spinduliu (22 pav.).

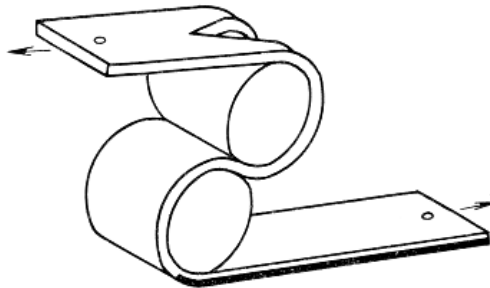


22 pav. RTM juosta su pradiniu kreivumo spinduliu

Jeigu juosta pagaminti bimetaline, tai RTM tamprioji charakteristika priklausys nuo aplinkos temperatūros. Šiuo atveju RTM galės būti panaudotas kaip termostatas (23 ir 24 pav.).



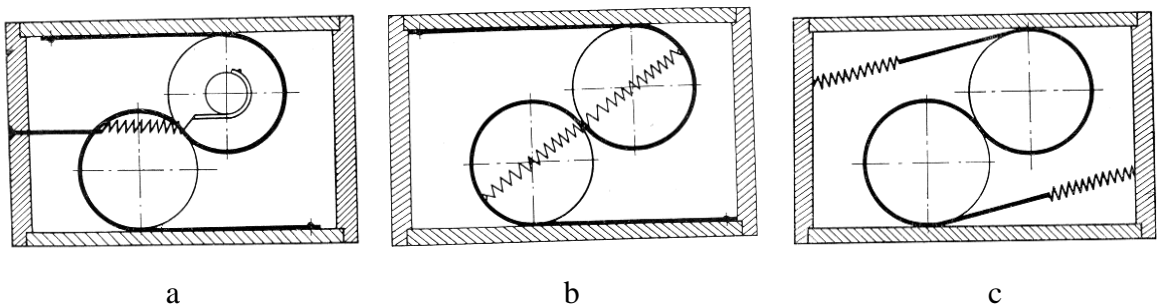
23 pav. RTM - termostatas



24 pav. RTM - termostatas

RTM, pavaizduotame 23 pav., įvesta bimetalinė juosta ir papildoma spyruoklė, pritvirtinta prie pagrindinės juostos, o RTM, pavaizduotame 24 pav., juosta pagaminta iš 2-jų dalių ir su trikampė vidine išpjova. Papildoma spyruoklė ir trikampė išpjova reikalingos gauti atsveriančiai mechanizmo spyruoklinę jėgai gauti. RTM – termostatai 4-5 kartus jautresni už paprastus plokščelinius bimetalinius termostatus.

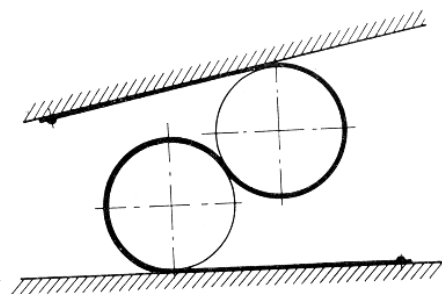
Spyruoklines charakteristikas galima gauti į RTM įvedus spyruokles (25 pav.).



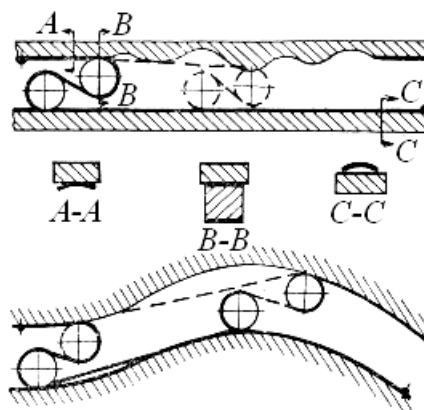
25 pav. RTM su spyruoklėmis schemas (Didžiosios Britanijos patentas Nr. 1217947)

Jeigu rolamaitiniame mechanizme prie ritinėlio pritvirtinsime kumštelį, o prie jo spyruoklę, kitu galu tvirtinamą prie korpuso sienelės, tai priklausomai nuo tvirtinamo kumštelio formos galime gauti skirtingas tamprios jėgos charakteristikas (25 pav., *a*). Spyruoklė gali būti tvirtinama prie ritinėlių (25 pav., *b*) arba prie juostos galų ir korpuso sienelių (25 pav., *c*).

Tampriąsias charakteristikas galime gauti, keičiant kreipiančiųjų paviršių lygiagretumą (26, 27 pav.).



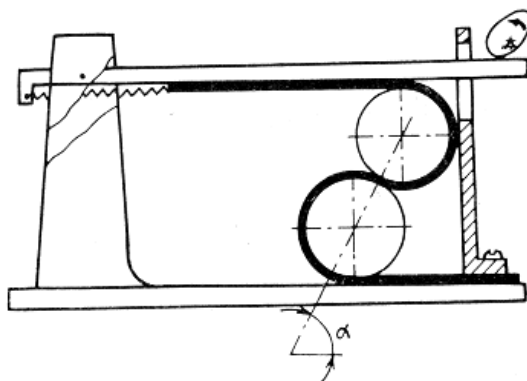
26 pav. RTM su nelygiagrečiomis kreipiančiosiomis



27 pav. RTM su nelygiagrečiomis kreipiančiosiomis

Tokiuose RTM juosta neįtempta, „susilpninta“ ir skerspjuvyje išsiritusi lanku. Kreipiančieji paviršiai RTM gali būti banguoti, su įpjovom, barjeriais ir kt. formų, priklausomai nuo funkcinės paskirties. Bet kuriame tokių RTM ritinėliai „stengiasi“ nuriedėti į mažesnio pasipriešinimo zoną ir toks RTM, priklausomai nuo kreipiančiųjų paviršių tipo, tampa panašus į spyruoklę su pastovia ar kintama tampriąja charakteristika.

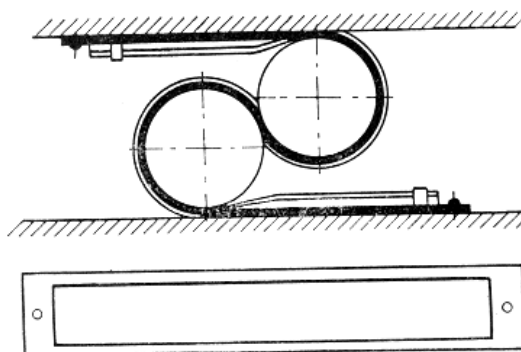
Sukurtas RTM, kuriame vieno iš kreipiančiųjų paviršių lygiagretumas keičiamas kumšteliu, o juostos įtempimą užtikrina spyruoklė (28 pav.).



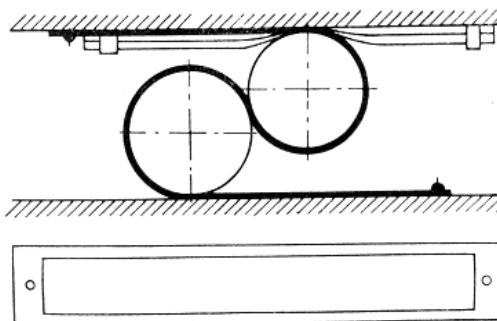
28 pav. RTM su keičiamu kreipiančiųjų paviršių lygiagretumu (JAV patentas Nr. 3739648)

Sukantis kumšteliui, keičiasi vieno iš kreipiančiųjų paviršių lygiagretumas kito atžvilgiu, o spyruoklės įtempta juosta verčia ritinėlius riedėti į tą padėtį, kur atstumas tarp kreipiančiųjų didžiausias. Tokį RTM galima priskirti grupei RTM su valdoma tampriąja charakteristika.

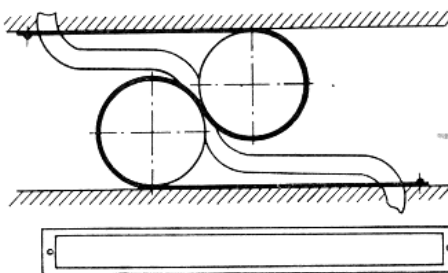
Donaldas F. Uilksas sukūrė rolamaitinius siurblius į RTM įvesdamas papildomą elementą – elastinę perspaudžiamą žarnelę, kuri gali būti pagaminta iš gumos, plastmasės ar metalo. Vienuose RTM - siurbliuose žarnelė, įstatyta į stačiakampės formos juostos išpjovą, gaubia abu ritinėlius (29 pav.), kituose – žarnelė tvirtinama prie kreipiančiosios plokštumos (30 pav.), dar kituose – žarnelė (31 pav.).



29 pav. RTM – siurblys su gaubiančia abu ritinėlius žarnele



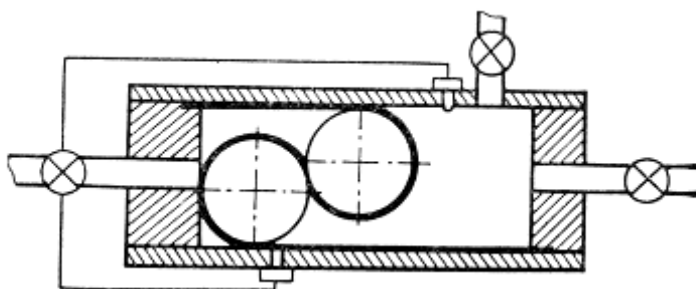
30 pav. RTM – siurblys su tvirtinama prie kreipiančiosios plokštumos žarnele



31 pav. RTM – siurblys su įstatoma tarp ritinėlių žarnele

Visose pateiktose RTM – siurblių konstrukcijose juosta yra gaminama su stačiakampės formos išpjova žarnelei.

RTM gali atlikti ir siurblio stūmoklio funkciją (32 pav.).

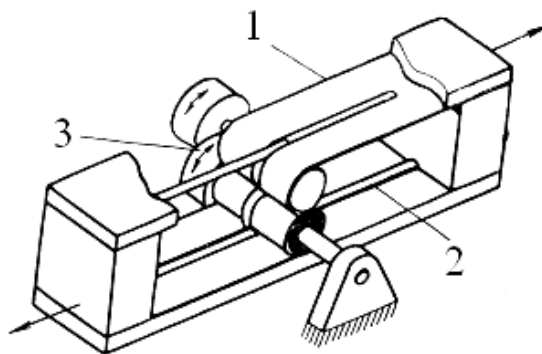


32 pav. RTM – siurblio stūmoklis (JAV patentas Nr. 3452175)

Šiame siurblyje ritinėlių pora patalpinta juostos S formos kilpose tarp kreipiančiųjų sienelių, kurių tarpusavio atstumas mažesnis už ritinėlių skersmenų sumą; lanksti juosta įtempta ir jos galai įtvirtinti korpuse. Ritinėliai su juosta korpuse sudaro dvi atskiras kameras. Mikroįjungėjai yra paveikiami ritinėlių, jiems judant juosta iš vieno korpuso galo į kitą, valdo vožtuvą, įleidžiant darbo skystį į kamerą, o taip pat jo išleidimą į atmosferą. Šio RTM ritinėliai atlieka žengiamai grįžtamąjį judesį.

Visose anksčiau pateiktose RTM konstrukcijose ritinėliai judami, atlieka sukamąjį ir sukamai žengiamąjį judesį, o RTM korpusas lieka nejudamas.

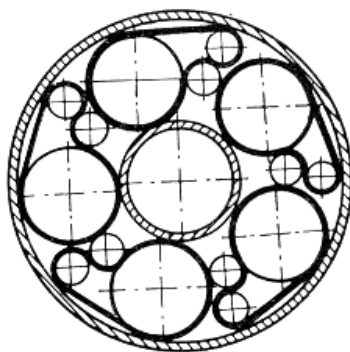
Tam, kad RTM korpusas būtų judamas ir RTM būtų galima panaudoti kaip tiesialinijinę atramą, D.F.Uilksas sukūrė RTM (33 pav.), kuriame ritinėlių ašys nejudamai pritvirtintos prie pagrindo, o ritinėliai atlieka tik sukamąjį judesį, t.y. tik sukasi apie savo ašis, riedėdami juosta ir kabeliu, gaubiančiu ritinėlius iš priešingos nei juosta pusės. Kiekvienas ritinėlis yra gaubiamas juosta ir kabeliu suminiu 360° kampu.



33 pav. RTM – tiesialinijinio judesio atrama: 1 – juosta su išpjova kabeliui; 2 – kabelis; 3 -ritinėlis

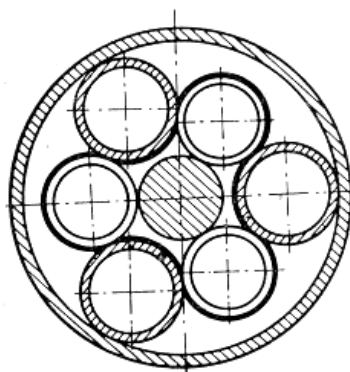
Įdomūs konstrukciniai sprendimai RTM, turintys žiedinę kreipiančiąją. Tokiuose RTM ritinėliai atlieka planetinį judesį. RTM su žiedine kreipiančiąja gali būti naudojami kaip guoliai ar guolinės atramos (34 pav.), frikciniai perdavimo mechanizmai (35 pav.), sukamųjų virpesių sužadintojai (36 pav.).

RTM – guolinė atrama (34 pav.) susideda iš išorinės ir vidinės kreipiančiųjų, su kuriomis kontaktuojasi penkios begalinės juostos; jų vidiniame žiede yra du skirtingo skersmens ritinėliai, o išorinė puse kiekviena iš gretimų juostų kontaktuojasi per ritinėlį, kurio skersmuo parinktas taip, kad juostos nesusiliestų.



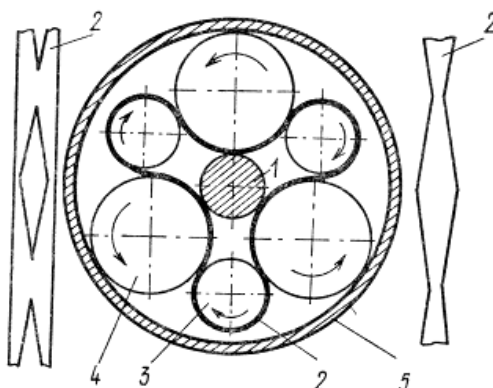
34 pav. RTM – guolinė atrama (VFR patentas Nr.1750417)

RTM – frikcinis perdavimo mechanizmas (35 pav.) susideda iš išorinės ir vidinės sienelių, lanksčios begalinės juostos, kurios vidinėje pusėje yra trys ritinėliai, besikontaktuojantys su vidine sienele – velenu ir besilaikantys dėl juostos įtempimo, o išorinėje juostos pusėje yra trys ritinėliai, besikontaktuojantys su išorine sienele. Šio perdavimo mechanizmo ritinėliai atlieka planetinį judesį. Mechanizmas gali atlikti ir guolio funkciją. Kaip šio mechanizmo trūkumą reikėtų pažymėti žemą kinematinį tikslumą, nes galimi praslydimai tarp ritinėlių ir išorinės sienelės, bei ritinėlių ir vidinės sienelės - veleno dėl kontakto tarp jų mažo ploto.



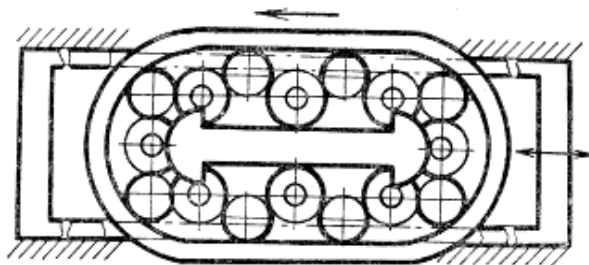
35 pav. RTM – frikcinis perdavimo mechanizmas (Didžiosios Britanijos patentas Nr. 1181636)

Sukamųjų virpesių jutiklių taravimui sukurtas RTM - sukamųjų virpesių sužadintojas (36 pav.). Didesnio skersmens ritinėliai 4 kontaktuoja betarpiškai su cilindrinio korpusu 5 ir per begalinę juostą 2 su velenu 1 ir mažesnio skersmens ritinėliais 3. Begalinė juosta 2 turi tam tikros formos išpjovas ar nuopjovas, charakterizuojančias virpesių formą. Sukant veleną 1, gaunantį judesį nuo tiriamojo mazgo, jėga, reikalinga juostos deformacijai, keičiasi kintant juostos skerspjūviui. Ši kintanti jėga per ritinėlius 3 ir 4 perduodama cilindriniam korpusui 5. RTM ritinėliai atlieka planetinį judesį.



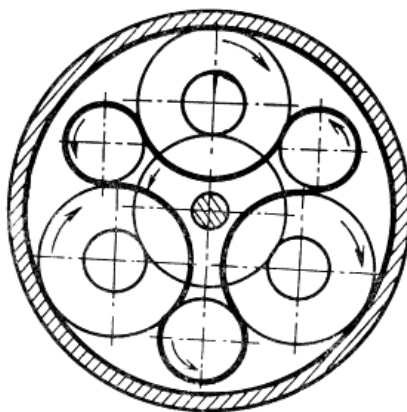
36 pav. RTM - sukamųjų virpesių sužadintojas (TSRS išradimas Nr 474360)

Donaldas F. Uilksas sukūrė konstruktyviniu požiūriu įdomų “žingsniuojantį” guolį (37 pav.). Šis RTM turi rėmelį, kietą vidinę ir lanksčią begalinę išorinę kreipiančiąsias, grupę ritinėlių, besikontaktuojančių tarpusavyje per lanksčią begalinę juostą. Paveikus mechanizmą išorine jėga, vieni ritinėliai per juostą rieda tik kietą vidinę kreipiančiąją, o kiti – tik lanksčia išorine kreipiančiąją. Toks guolinis RTM galėtų būti pritaikytas staklių suporte.



37 pav. RTM – “žingsniuojantis” guolis

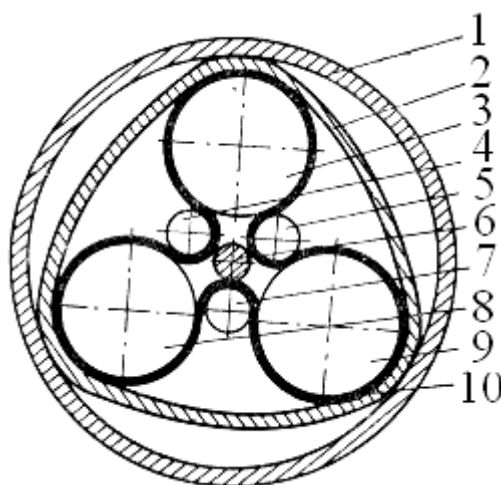
Donaldas F. Uilksas naudoja ir laiptuotus ritinėlius kinematinio tikslumo padidinimui. Pavyzdžiui, jie panaudoti RTM, skirtame judesio perdavimui (38 pav.).



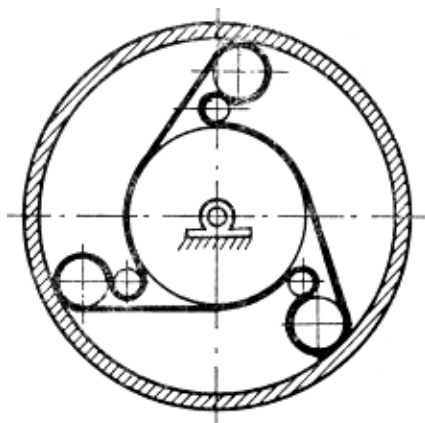
38 pav. RTM, skirtas judesio perdavimui

Šiame RTM begalinė lanksti juosta dideliu kampu gaubia mažesnio skersmens ritinėlius ir liečiasi mažesniu kampu su laiptuotais ritinėliais, kurie savo ruožtu kontaktuojasi ir su centriniu vėlienu. Šio RTM ritinėliai atlieka planetinį judesį. Įtaisą galima naudoti ir kaip guolį.

Sukurtas RTM – banginis frikcinis perdavimo mechanizmas (39 pav.), užtikrinantis perdavimo santykį virš 10000. RTM susideda iš išorinio kieto žiedo 1, lankstaus žiedo 2, didesnio skersmens ritinėlių 3,8,9, mažesnio skersmens ritinėlių 4,5,7 ir ritinėlius gaubiančios lanksčios begalinės juostos 10, besikontaktuojančios su centriniu vėlienu 6. Kadangi judesio perdavimas iš centrinio veleno 6 lanksčiam žiedui 2 vyksta praktiškai be praslydimo tik per juostą 10, kurios kilpose randasi ritinėliai, tai mechanizmui užtikrinamas aukštas kinematinis tikslumas. Ritinėliai atlieka planetinį judesį. Šis mechanizmas atlieka bangų generatoriaus funkciją ir gali būti panaudotas automatinių reguliavimo sistemų reduktoriuose.



39 pav. RTM – banginis frikcinis perdavimo mechanizmas (TSRS išradimas Nr. 544791)

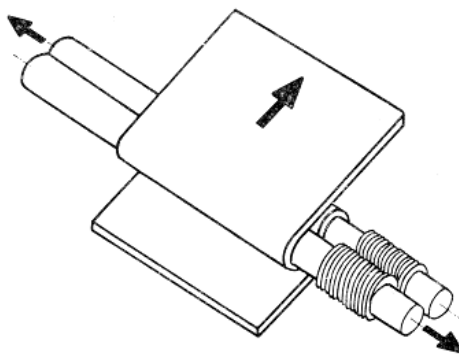


40 pav. RTM, skirtas judesio perdavimui (JAV patentas Nr. 3691871)

Kinematiniai tikslūs yra RTM mechanizmai, kuriuose visi elementai liečiasi tik su begaline juosta (40 pav.). RTM, pavaizduotame 40 paveiksle, ritinėliai gaubiami juosta dideliu kampu. Visi RTM elementai liečiasi tik su juosta, ritinėliai atlieka planetinį judesį, o juosta persislenka, atsiremama į cilindrinį kreipiantįjį paviršių.

Nerėminiai RTM esminiai skiriasi nuo rėminių, t.y. turinčių kreipiančiuosius paviršius. Nerėminių RTM ritinėlių ašys nejudamos, ritinėliai atlieka sukamai – žengiamąjį ar sukamąjį judesį, o juosta daugelyje konstrukcijų yra pratraukiama (tempiama).

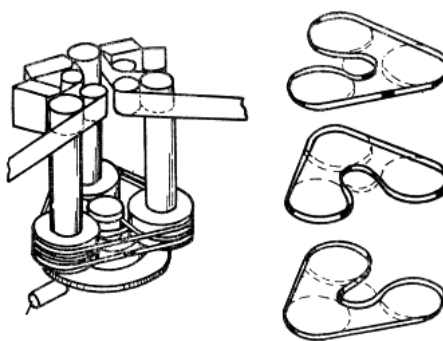
Žinomas elektromechaniniame įrenginyje panaudotas srieginis RTM (41 pav.), kuriame ritinėliai atlieka sukamai – žengiamąjį judesį išilgai savo ašies.



41 pav. RTM, kurio elementai atlieka vienalaikį judesį trejomis kryptimis

Traukiant juostą, ritinėliai pradeda sukstis, o sriegis priverčia juos judėti išilgai ašies priešinga kryptimi. Tokiu būdu šio RTM elementai atlieka vienalaikį judesį trejomis kryptimis.

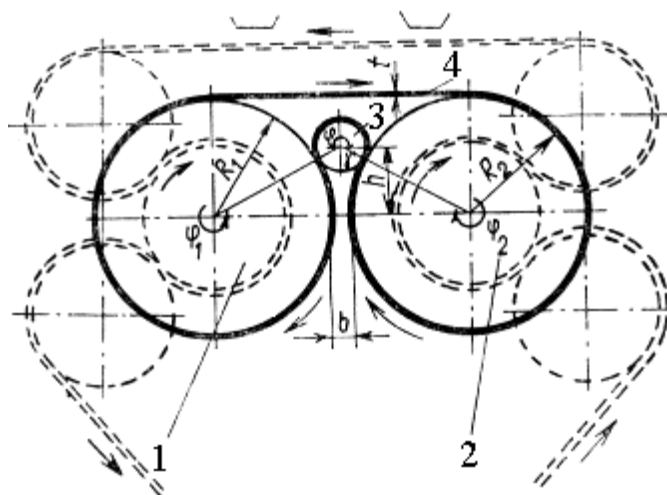
Rolamaitinį darbo principą išvelgiame ir 42-ame paveiksle pavaizduotame juostos traukimo mechanizme (JTM).



42 pav. Juostos traukimo mechanizmas (JAV patentas Nr.3741564)

RTM pavaros mazge yra net trys begaliniai dirželiai, glaudžiai su įtempimu dideliu kampu gaubiantys variklio veleną ir tris traukiančius juosta-informacijos nešėją velenėlius, gaunančius judesį nuo variklio veleno per jį gaubiančius dirželius. Šio JTM privalumas – greitas darbines eigos reversas bei aukštas informacijos nešėjo traukimo tolygumas.

Sukurtas rolamaitinis JTM (43 pav.), kurio pavaros mazgas susideda iš dviejų didesnio skersmens ritinėlių 1,2 ir mažesnio skersmens ritinėlio 3, glaudžiai, su įtempimu gaubiamų begalininiu dirželiu 4. Ritinėlių 1,2 gaubimo dirželiu 4 kampas yra virš 270° , ritinėlio 3 – virš 180° . Dideli ritinėlių gaubimo dirželiu kampai užtikrina didelį ritinėlių sukimosi sinchroniškumą vienas kito atžvilgiu.



43 pav. Rolamaitinis JTM (TSRS išradimas Nr. 426239)

Reikia pastebėti, kad rolamaitiniai JTM, lyginant juos su kitokiais JTM, pasižymi dideliu juostos – informacijos nešėjo traukimo tolygumu, bei pavaros mazgo elementų sukimosi sinchroniškumu, nes išvengiama praslydimo tarp pavaros dirželio ir ritinėlių.

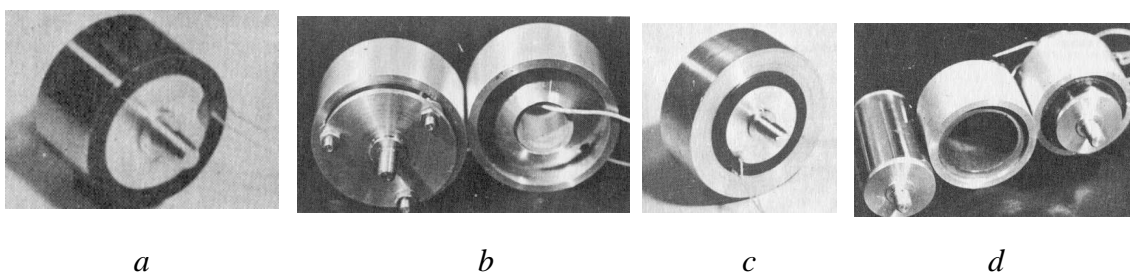
2. ROLAMAITINIŲ VYKDOMŲJŲ ĮTAISŲ SU VIRPANČIAIS ELEMENTAIS KONSTRUKCINĖ ANALIZĖ

Klasikiniuose RTM negalima valdyti tokių parametrų kaip traukimo jėga arba pasipriešinimo judesiui jėgų momentas, išskyrus tik tampriųjų charakteristikų priklausomybę nuo RTM grandžių padėties.

Įtaisius RTM virpančius elementus, t.y. įvedus į RTM konstrukciją virpesių pjezoelektrinius keitiklius (PEK) ir suteikus kryptingus aukštadažnius virpesius kontaktuojantiems kūnams, buvo praplėstos RTM funkcinės galimybės – atsirado galimybė valdyti trintį bei traukimo jėgą rolamaitiniuose vykdomuosiuose įtaisuose (RVĮ), padidinti jų darbo startstopiniu režimu greita-veiką.

Labiausiai paplitusi RVĮ virpančių elementų sudėtinė dalis yra virpesių pjezoelektriniai keitikliai – pjezokeraminiai elementai. Keičiant maitinimo signalo parametrus, galima gauti labai tikslų pozicionavimo režimą, todėl RVĮ su virpančiais elementais ypač tinka naudoti robototeknikoje, judesio atramose, siurbliuose, juostos traukimo mechanizmuose, griebtuose, tikslaus pozicionavimo mechanizmuose.

Daugelyje RVĮ konstrukcijų PEK yra ritinėlių, kurių ašys nejudamai tvirtinamos prie nejudamo pagrindo, sudėtinė dalis (44 pav.). RVĮ korpusas, veikiamas išorinių jėgų ar vidinių jėgų, kylančių kinematinėje ritinėlio ir juostos poroje, atlieka tiesiaeigį judesį. Tokių RVĮ ritinėliai atlieka vibracinių atramų ar vibrovariklių (VBV) funkcijas.



44 pav. RVĮ ritinėlių su vibroelementais tipai: *a* – virpantis nejudamas ritinėlis (Nr.1), *b* – virpantis nejudamas ritinėlis su bangolaidžiu (Nr.2), *c* - sukamas ritinėlis su PEK, sumontuotu ant nejudamos ašies (Nr.3), *d* - sukamas ritinėlis su PEK, įmontuotu į sukamą ritinėlio dalį – išorinį žiedą (Nr.4).

Kitose RVĮ konstrukcijose PEK gali būti panaudoti kaip rolamaitinių rotorinių VBV varančioji grandis.

44-ame *a* paveiksle matome virpančią nejudamą ritinėlį, susidedantį iš pjezokeraminio žiedo, užmauto ant ašies, tvirtinamos prie įrenginio nejudamo pagrindo. Kad išvengti mechaninio pjezokeraminio žiedo išsidėvėjimo, ant jo užmaunamas elastinis frikcinis žiedas.

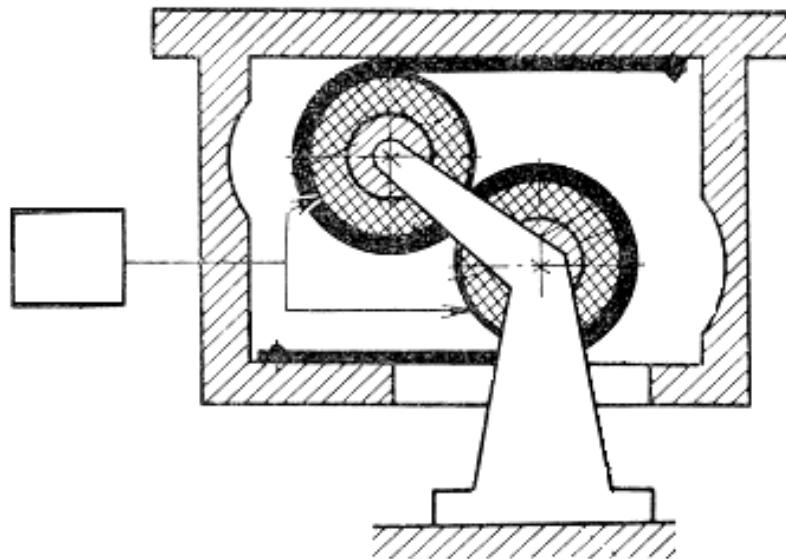
Norint padidinti virpesių amplitudę, ritinėliai gali būti gaminami su bangolaidžiais (44 *b* pav.). Ritinėliai, pavaizduoti 44 *a* ir *b* paveiksluose, yra nejudami ir juosta, gaubianti tokius ritinėlius, yra tempiama ir jais slysta.

Kad ritinėlis riedėtų juosta, ant ritinėlio elastinio frikcinio žiedo ar ritinėlio bangolaidžio užmaunamas kietas žiedas (44 *c* pav.).

Pjezokeraminis žiedas gali būti įmontuotas į ritinėlio sukamą dalį – išorinį žiedą (44 *d* pav.). Vidinėje pjezokeraminio žiedo dalyje įmontuojamas elastinis frikcinis žiedas, kuris kontaktuojasi su nejudama ritinėlio ašimi.

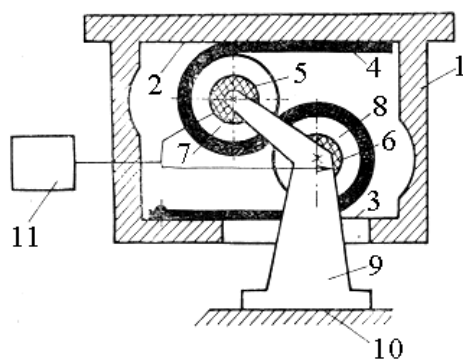
RVĮ korpusas, veikiamas išorinių ar vidinių jėgų, kylančių kinematinėje ritinėlio ir juostos poroje, atlieka tiesiaieгий judesį.

Tokių RVĮ ritinėliai atlieka vibroatramų (45,46,47 pav.), ar vibrovariklių (48 pav.) funkcijas.



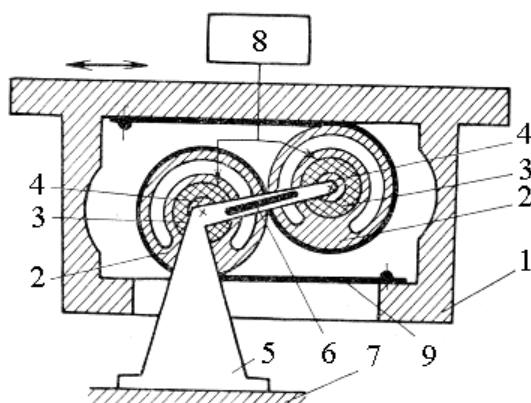
45 pav. RVĮ – tiesiaieгий judesio atrama su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 550498)

46-ame paveiksle pavaizduota tiesiaieгий judesio atrama turi virpančius nejudamus ritinėlius, kuriuose ant žiedinių PEK 5 ir 6 užtvirtinti bangolaidžiai 7 ir 8. Tarp juostos 4 ir bangolaidžių 7 ir 8 sukuriama virpesių plėvelė (VP) su mažesnėmis energijos sąnaudomis nei RVĮ su ritinėliais be bangolaidžių.

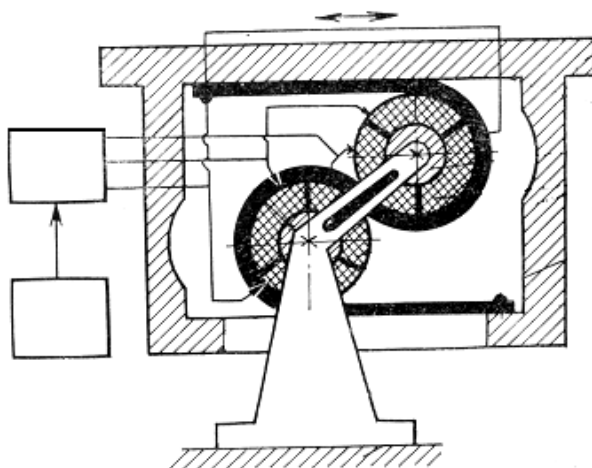


46 pav. RVĮ – tiesiaieigio judesio atrama su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 621909): 1 – korpusas; 2,3 – kreipiančiosios plokštumos; 4 – juosta; 5,6 – žiediniai PEK; 7,8 – bangolaidžiai; 9 – laikiklis; 10 – pagrindas; 11 – aukštadažnės įtampos šaltinis

RVĮ (47 pav.) panaudoti virpantys sukami ritinėliai, kurie susideda iš disbalansuotų žiedų 2, užmautų ant pjezokeraminių elementų 3, kurie užtvirtinti ant nejudamų ašių 4. Pamaitinus PEK elektrodus aukštadažniu elektriniu signalu, susidaro virpesių suspausta dujinė plėvelė (VSDP) tarp PEK ir disbalansuoto žiedo ir ritinėliai gali pasisukti apie savo ašis. Jei RVĮ korpusą perslinksime, pvz., į kairę, tai apatinis ritinėlis pasisuks pagal laikrodžio rodyklę, viršutinis – prieš ją. Veikiant ritinėlių 2 svorio centrui, dėl ritinėlių disbalanso, jie stengsis grįžti į pradinę padėtį ir RVĮ korpusas svyruos apie pusiausvyros padėtį, stengdamasis į ją grįžti. Keičiant maitinimo įtampą ir dažnį galima valdyti sudaromos virpesių plėvelės parametrus, tuo pačiu valdyti linijinius RVĮ korpuso svyravimus.

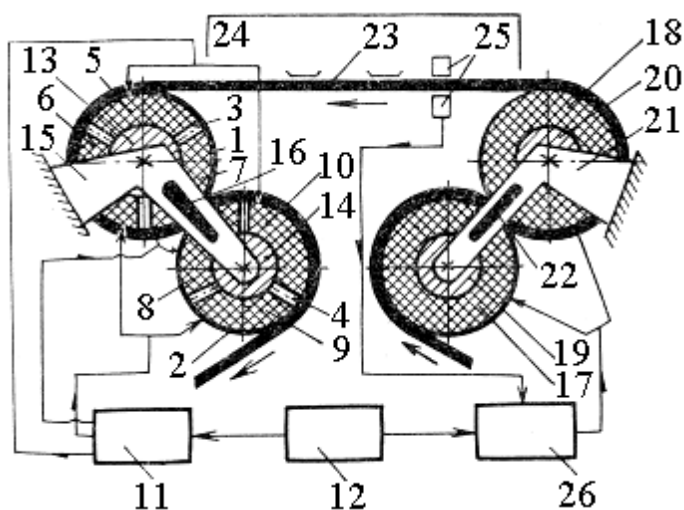


47 pav. Rolamaitinis dinaminis virpesių slopintuvas su virpančiais sukamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 806930): 1 – korpusas; 2 – disbalansuoti žiedai; 3 – PEK; 4 – nejudamos ašys; 5 – laikiklis; 6 – laikiklio išima; 7 – pagrindas; 8 – aukštadažnės įtampos šaltinis; 9 – juosta



48 pav. RVĮ – tiesiaegio judesio atrama su virpančiais nejudamais ritinėliais – vibrovarikliais (TSRS išradimas Nr. 581336)

RVĮ, skirtame informacijos nešėjui – juostai traukti, (49 pav.) panaudoti ritinėliai – vibrovarikliai (vedantysis mazgas) ir nejudami virpantys ritinėliai (vedamasis mazgas).



49 pav. Rolamaitinis JTM su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 570103)

Vedantysis mazgas sudarytas iš dviejų nejudamų ritinėlių, kuriuose elastiniai frikciniai žiedai 1 ir 2 standžiai apgaubia žiedinius PEK 3 ir 4, sudalintus nors į 3-jų simetrinių dalių minimumą ir sudarančius atskirus pjekokeraminius segmentus 5,6,7 ir 8,9,10, kurių elektrodai prijungti prie fazės perstūmimo schemos 11, elektriškai sujungtos su aukštadažnės įtampos šaltiniu 12. Žiediniai PEK 3 ir 4 kietai „užsodinti“ ant šerdelių 13 ir 14, kurios per laikiklį 15 pritvirtintos prie JTM korpuso.

Vedamasis JTM mazgas sudarytas iš dviejų nejudamų ritinėlių – žiedinių PEK 17 ir 18,

standžiai „užsodintų“ ant šerdelių 19 ir 20, kurios per laikiklį 21 pritvirtintos prie korpuso. Lenkimo standumui sumažinti laikiklį 15 ir 21 ploteliai atitinkamai 16 ir 22 pagaminti su išpjova.

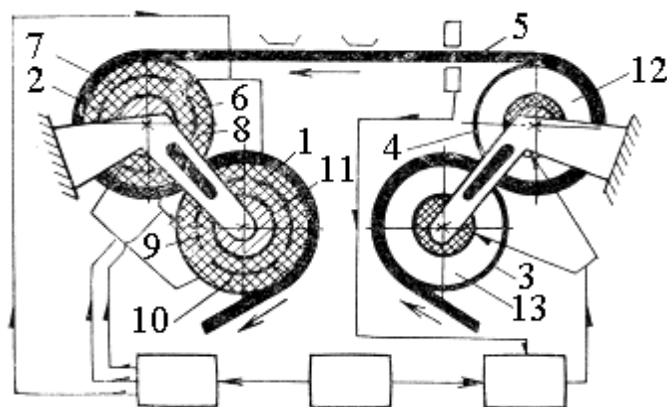
Juosta – informacijos nešėja 23 glaudžiai gaubia vedančiojo mazgo nejudamų ritinėlių-vibrovariklių elastinius frikcinius žiedus 1 ir 2 ir vedamojo mazgo nejudamų ritinėlių PEK 17 ir 18, o zonoje 24 tarp vedančiojo ir vedamojo mazgų – kontaktuojasi su juostos 23 įtempimo jutikliu 25, kuris per atgalinio ryšio bloką 26 sujungtas su aukštadažnės įtampos šaltiniu 12, prie kurio prijungti vedamojo mazgo PEK.

Rolamaitinis JTM veikia taip. „Padavus“ signalą nuo aukštadažnės įtampos šaltinio 12 ant ritinėlių – vibrovariklių žiedinių PEK 3 ir 4, o taip pat 17 ir 18, jie pradeda virpėti vienu metu, užtikrindami juostos 23 paleidimo traukiant greitaeigiškumą. Pajungus įtampą bet kuriam PEK segmentui, jis deformuojasi ir žiedinis PEK įgauna elipsės formą. Kai aukštadažnės įtampos signalai veikia visus PEK segmentų 5,6,7 ir 8,9,10 elektrodus su fazės perstūmimu nuosekliai nuo vieno segmento kitam, tai elastiniuose frikciniuose žieduose 1 ir 2 sukuriama banginis deformacinis procesas, o deformacijos banga sukasi tokiu kampiniu greičiu, kuris lygus aukštadažnės įtampos šaltinio 12 sukuriama kintamos elektros įtampos apskritiminių dažniui. Kadangi juosta 23 glaudžiai susieta su elastiniais frikciniiais žiedais 1 ir 2, tai, panašiai kaip banginėse frikciniuose pavarose, trinties padarinyje vyksta juostos 23 ir elastinių frikcinių žiedų 1 ir 2 sąveika. Keičiant įtampos dažnį ir amplitudę, galima keisti juostos 23 traukimo greitį.

„Padavus“ signalą nuo aukštadažnės įtampos šaltinio 12 ant žiedinių PEK 17 ir 18, jie pradeda virpėti, tarp jų ir juostos 23 susidaro virpesių plėvelė, kuria juosta ir juda. Trinties nuostoliai kinematinėje poroje „PEK 17,18 – juosta“ dėl susidariusios VP praktiškai yra niekiniai. Valdant trinties nuostolius minėtoje kinematinėje poroje, t.y. keičiant įtampos dažnį ir amplitudę, galima keisti VP parametrus, tuo pačiu reguliuojant traukiamos juostos 23 įtempimą zonoje 24 tarp vedančiojo ir vedamojo mazgų. Juostos įtempimo jutiklis 25 paduoda signalą atgalinio ryšio blokui 26, sujungtam su aukštadažnės įtampos šaltiniu 12. Atitinkamai gautam jutiklio 25 signalui, PEK 17 ir 18 elektrodams paduodamas pakoreguotas aukštadažnės įtampos signalas, užtikrinantis reikalingą juostos 23 įtempimą.

Atjungus aukštadažnį elektrinį signalą nuo PEK elektrodų, PEK sudirba kaip stabdžiai, ir juosta 23 momentaliai, su įtampa apgaubia elastinius frikcinius žiedus 1 ir 2 ir PEK 17 ir 18; tuo užtikrinama juostos 23 sustabdymo traukiant greitaveika.

Rolamaitinio JTM vedančiajame mazge ritinėlių - vibrovariklių žiediniai PEK gali būti pagaminti ne sudalinti į segmentus, kaip parodyta 48-ame ir 49-ame paveiksluose, bet pagaminti sudedami, vienas į kitą įeinantys, su sekcijiniais elektrodais, o ant vedamojo mazgo žiedinių PEK gali būti nejudamai užtvirtinti bangolaidžiai (50 pav.).

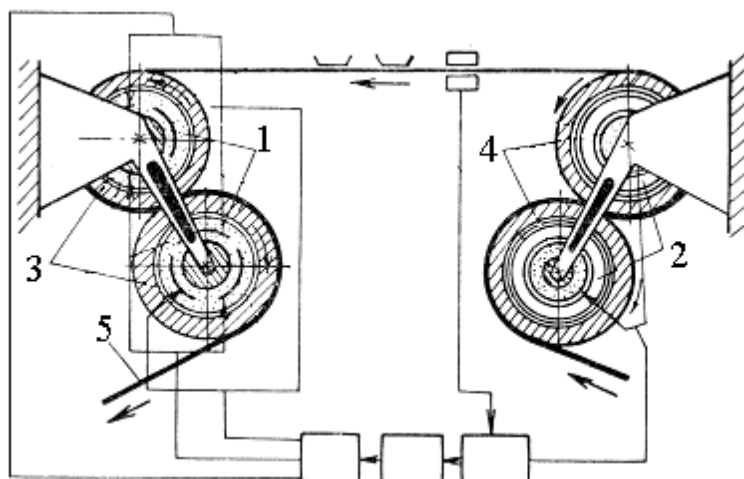


50 pav. Rolamaitinis JTM su virpančiais nejudamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 617786):

1,2 – vedančiojo mazgo ritinėliai – sudedami PEK; 3,4 – vedamojo mazgo ritinėliai; 5 – juosta; 6,7,8,9,10,11 – sekcijiniai elektrodai; 12,13 – bangolaidžiai

Toks ritinėlių išpildymas leidžia žymiai padidinti JTM galingumą bei sumažinti energijos sąnaudas, būtinas traukti juostai, nes banginis deformacinis procesas bei susidaranti VP gaunami su didesne virpesių amplitude ir žymiai greičiau.

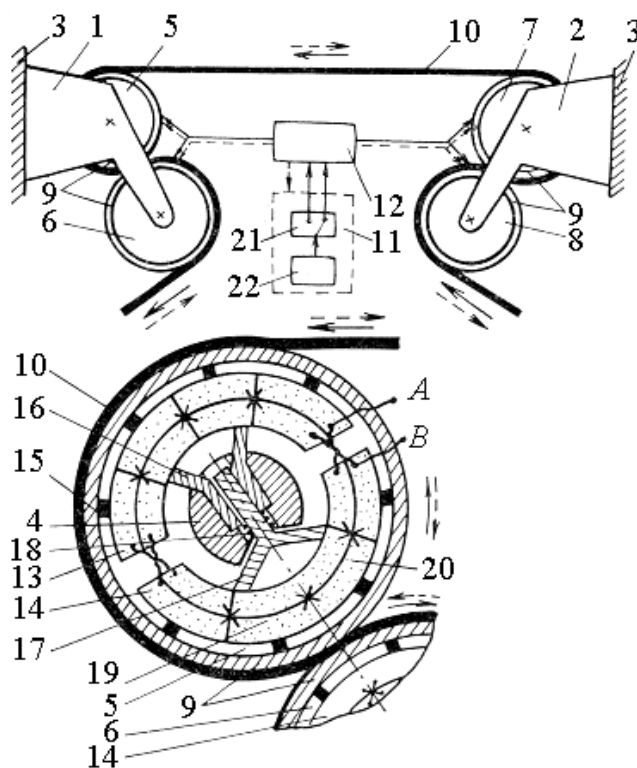
Norint dar labiau padidinti rolamaitinio JTM (50 pav.) galingumą su žemesnėmis energijos sąnaudomis, ant vedančiojo ir vedamojo mazgų ritinėlių 1 ir 2 užmaunami kieti žiedai 3 ir 4 (51 pav.).



51 pav. Rolamaitinis JTM su virpančiais sukamais ritinėliais (TSRS išradimas Nr. 720533): 1 – vedančiojo mazgo ritinėlių - vibrovariklių sudedami PEK; 2 – vedamojo mazgo ritinėlių bangolaidžiai; 3,4 – kieti žiedai; 5 – juosta

Tai leidžia išnaudoti pilnai vedančiojo mazgo žiedinių PEK bei vedamojo mazgo ritinėlių

bangolaidžių visą darbinį paviršių, kas buvo neįmanoma anksčiau nagrinėtose konstrukcijose (48, 49 pav.). PEK darbinis paviršius nepilnai išnaudojamas ir RVĮ – tiesiaeigio judesio atramose (45, 47 pav.).

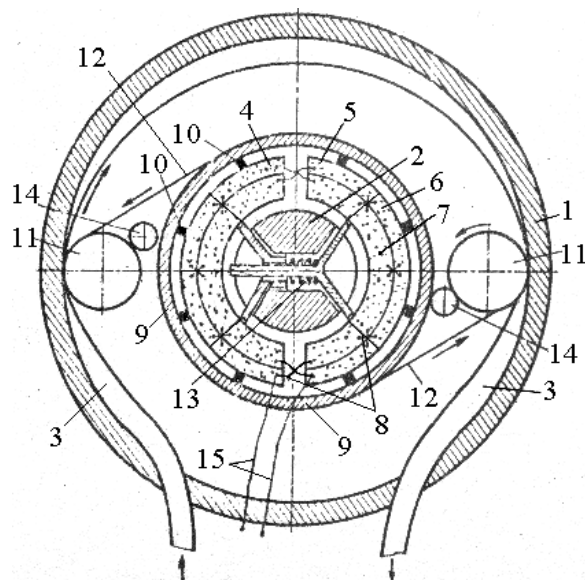


52 pav. Rolamaitinis JTM su ritinėliais - vibrovarikliais (TSRS išradimas Nr. 932557): 1,2 – kronšteinai; 3 – korpusas; 4 – ritinėlių šerdelės; 5,6,7,8 – ritinėliai; 9 – ritinėlių išorinis žiedas, su kuriuo kontaktuojasi juosta 10; 11 – maitinimo blokas; 12 – valdymo blokas; 13,14 – pusžiedžių formos PEK; 15 – kontaktinės kaladėlės; 16,17 – centravimo mechanizmo kojelės-laikikliai; 18 – centravimo mechanizmo spyruoklė; 19,20 – pusžiedžių formos PEK sudalintieji elektrodai; 21 – kintamos įtampos šaltinis; 22 – perjungėjas

Rolamaitinių vykdomųjų įtaisų sukamuose ritinėliuose - vibrovarikliuose gali būti panaudoti pusžiedžių formos PEK su sudalintais elektrodais (52, 53 pav.). Ritinėliuose prie pusžiedžių formos PEK 13 ir 14 mazginiuose virpesių taškuose pritvirtinamos kontaktinės kaladėlės 15, kurios, virpėdamos elipsine trajektorija, suka ritinėlių išorinį žiedą 9 (52 pav.).

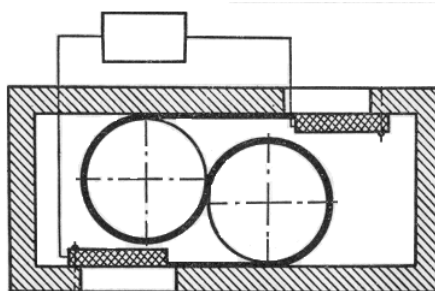
Peristaltinio siurblio centrinis ritinėlis – vibrovariklis sukdamasis tempia begalinę juostą 12, kurios kilpose įstatyti ritinėliai 14 ir perspaudžiantys žarnelę 3 ritinėliai 11 (53 pav.). Jie atlieka planetinį judesį.

Tokie ritinėliai – vibrovarikliai gali būti panaudoti ir tiesiaeigio judesio atramoje (TSRS autorinis liudijimas Nr. 949236).



53 pav. Rolamaitinis peristaltinio tipo siurblys (TSRS išradimas Nr. 1010316): 1 – korpusas; 2 – centravimo mechanizmas; 3 – žarnelė; 4,5 – pusžiedžių formos PEK; 6,7 – pusžiedžių formos PEK sudalintieji elektrodai; 9 – centrinio ritinėlio išorinis žiedas; 10 – kontaktinės kaladėlės; 11 – didesnio skersmens ritinėliai; 12 – begalinė juosta; 13 – centravimo mechanizmo spyruoklė; 14 – mažesnio skersmens ritinėliai; 8,15 – laidai

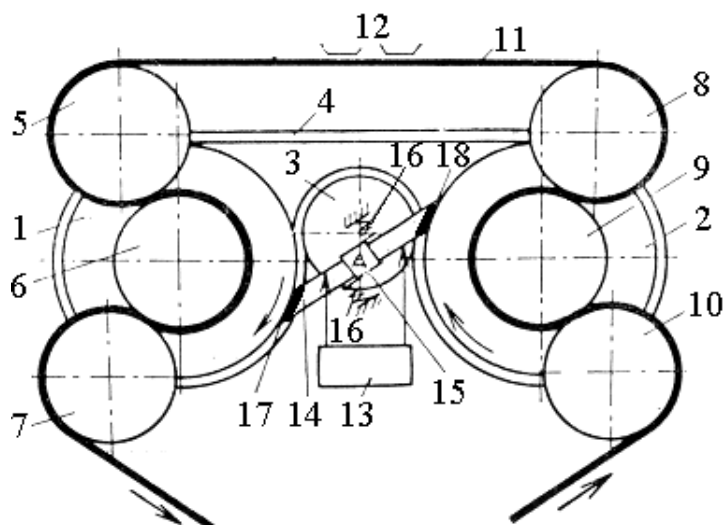
Rolamaitiniuose vykdomuosiuose įtaisuose naudojami PEK gali būti ir stačiakampės plokštelės formos. Jie gali būti pritvirtinti prie juostos (54 pav.), priglauti per kontaktines kaladėles kampu prie ritinėlių ir sukti juos (55 pav.), gali būti naudojami su sudalintais elektrodais (56 pav.).



54 pav. RVĮ – tiesiaiegio judesio atrama su PEK, virpančiais juosta (TSRS išradimas Nr. 623023)

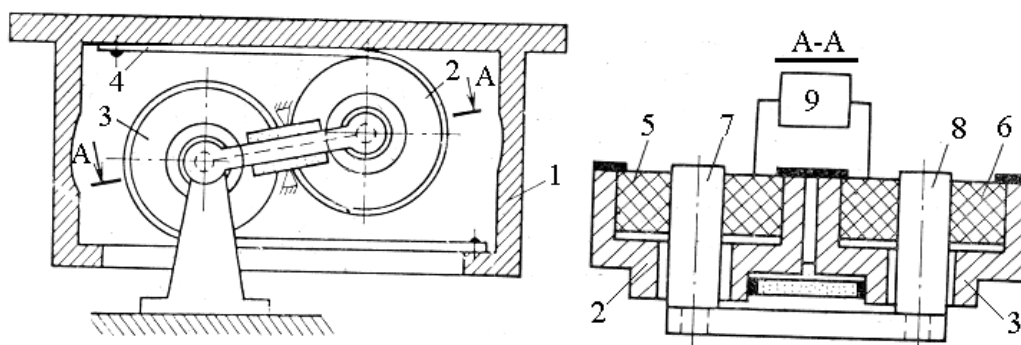
Virpant PEK plokštei, juosta yra virpinama ir tarp jos ir ritinėlių susidaro VP (54 pav.). Kai PEK plokštelė savo galais kontaktuojasi su dviem ritinėliais, gaunamas dviejų rotorių VBV, tačiau tokiam VBV rotorai sukami tik į vieną pusę ir reversas neįmanomas (55 pav.). Tiesiaei-

gio judesio atramoje (56 pav.) pačiuose virpančiuose ritinėliuose susidaro VSDP, o PEK plokštelės elektrodų sudalinimas ir jos sąveika su ritinėliais užtikrina atramos judesio reversavimą.



55 pav. Rolamaitinis JTM (TSRS išradimas Nr. 570102): 1,2,3 – pavaros mazgo ritinėliai; 4 – begalinis diržas; 5-7 – magnetinę juostą 11 „priimančio“ mazgo ritinėliai; 8-10 – magnetinę juostą 11 „paduodančio“ mazgo ritinėliai; 12 – magnetinės galvutės; 13 – aukštadažnės įtampos šaltinis; 14 – PEK plokštelė; 15 – ašis; 16 – spyruoklė; 17,18 – kontaktinės kaladėlės

56-me paveiksle pavaizduota tiesiaiegio judesio atrama, kurioje panaudoti virpantys sukami ritinėliai ir juos sukantis PEK su sudalintais elektrodais. Atrama labai jautri, naudotina orientavimui, tiksliems poslinkiams gauti.

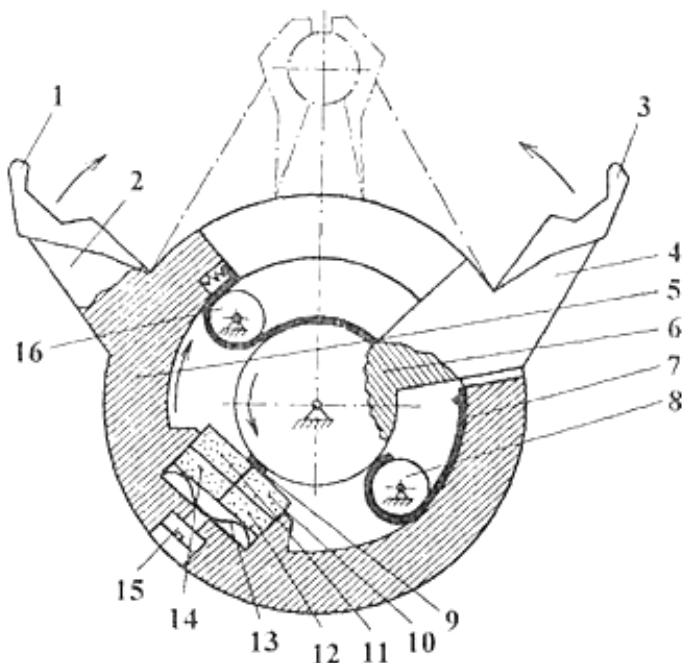


56 pav. RVĮ – tiesiaiegio judesio atrama su virpančiais sukamais ritinėliais ir juos sukančiu PEK su sudalintais elektrodais (TSRS išradimas Nr. 863901): 1 – korpusas; 2,3 – ritinėliai; 4 – lanksti juosta; 5,6 – žiediniai nejudami PEK; 7,8 – nejudamos ritinėlių ašys; 9 – aukštadažnės įtampos šaltinis

Viena iš daugelio juostinių ritinėlių rolamaitinių vykdomųjų įtaisų pritaikymo sričių yra rolamaitiniai mikromanipuliatorių griebtai (RMG), pasižymintys konstrukcijų paprastumu, įvairove, nesudėtinga priežiūra, be to, jiems nebūtinai reikalingas tepimas. Vienas RMG privalumų yra didelis žiaunų suspaudimo ir išskėtimo sinchroniškumas, o virpančių elementų panaudojimas leidžia RMG lengvai valdyti.

Apžvelkime sukurtus RMG konstrukcijas, išsiaiškinkime jų veikimą ir išryškinkime teigiamas bei neigiamas savybes.

Mikromanipulioriaus griebtas su virpesių PEK (57 pav.) susideda iš dviejų žiaunų 1 ir 3, pritvirtintų prie svirties 2 ir 4 vienu galu, o kiti, varomieji galai 5 ir 6 išdėstyti ant vienos geometrinės ašies ir įeina vienas į kitą. Tai yra svirties 2 galo 5 viduje įstatytas svirties 4 galas 6. Lanksti juosta 7 savo galais pritvirtinta prie vidinės svirties 2 varomojo galo 5 dalies. Vienas juostos 7 galas pritvirtintas tvirtai, o kitas – tampriai. Juosta 7 per pagalbinius ritinėlius 8 ir 16 glaudžiai gaubia svirties 4 varomąjį galą 6, su kuriuo per kontaktinę trinkelę 9 liečiasi pjezokeraminė plokštelė, kurios elektrodai vienoje jos pusėje padalyti į keturias dalis 10,11,12,14. Elektrodai per komutatorių prijungti prie valdymo bloko (neparodyta). Pjezokeraminė plokštelė įstatyta svirties 2 varomajame gale 5, o jos prispaudimą spyruoklės 13 pagalba galima reguliuoti reguliavimo sraigtu 15.



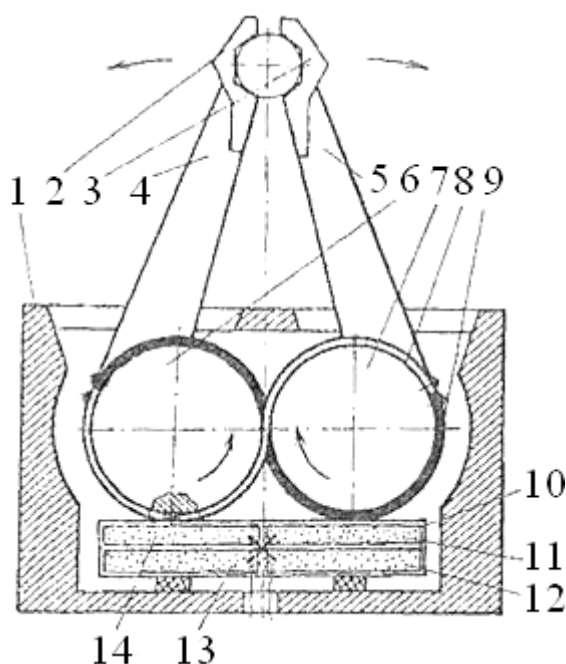
57 pav. Rolamaitinis mikromanipulioriaus griebtas (TSRS išradimas Nr. 1602735): 1,3 – žiaunos; 2,4 – svirtys; 5,6 – varomieji galai; 7 – lanksti juosta; 8,16 – ritinėliai; 9 – kontaktinė trinkelė; 10,11,12,14 – elektrodai; 13 – spyruoklė; 15 – sraigtas

Rolamaitinio mikromanipulatoriaus griebto, pavaizduoto 57 pav., veikimo principas yra toks:

Aukštadažnė įtampa „paduodama“ pjezokeraminės plokštelės elektrodų 10 ir 14 porai ir elektrodai kitoje plokštelės pusėje ir sukelia mechaninius virpesius pjezokeraminėje plokštelėje. Šie virpesiai suka elipsine trajektorija kontaktinę trinkelę 9, besiliečiančią su kreipiančiuoju svirties 4 paviršiumi 6 ir priverčia ją sukintis priešinga laikrodžio rodyklei kryptimi. Kadangi juosta 7 tampriai apgaubia svirties 4 kreipiantįjį paviršių 6, pagalbinis ritinėlius 8 ir 16 ir savo galais yra pritvirtinta prie svirties 2 kreipiančiojo paviršiaus 5, tai svirties 4 kreipiančiojo paviršiaus 6 sukimasis verčia sukintis ir svirties 2 kreipiantįjį paviršių 5, tik į priešingą pusę. Tokiu būdu gaunamas sinchroninis svirčių. 2 ir 4 judesys, ir žiaunos 1 ir 3 užsidaro.

„Padavus“ aukštadažnę įtampą elektrodų 11 ir 12 porai ir elektrodai kitoje pjezokeraminės plokštelės pusėje, kontaktinė trinkelė 9 pakeičia savo sukimosi kryptį į priešingą, dėl ko žiaunos 1 ir 3 atsidaro. Atjungus įtampą, kontaktinė trinkelė 9 fiksuoja svirčių 2 ir 4 padėtį.

Šiame mikromanipulatoriaus griebte pjezokeraminės plokštelės kontaktinė trinkelė suka tik centrinį ritinėlių, be to ritinėlių skersmenys yra skirtingi ir juosta juos apgaubia sąlyginai nedideliu kampu ir tik iš vienos pusės. Būtent tai sukelia neužtikrina žiaunų darbo sinchroniškumo.



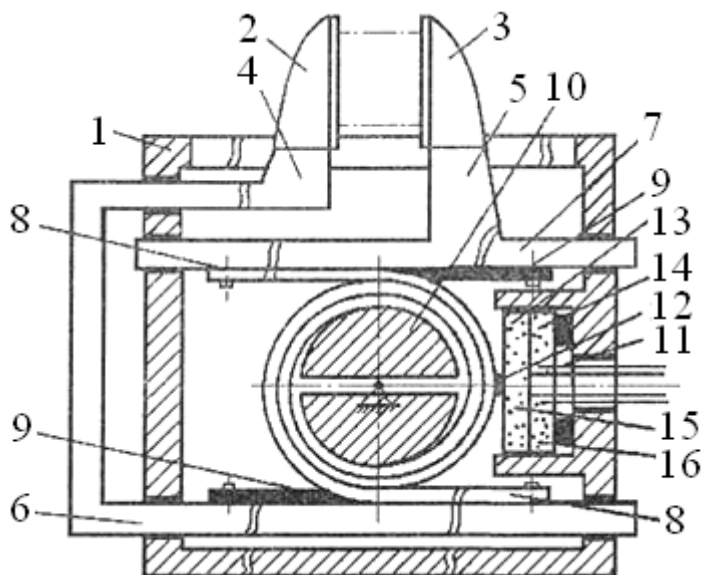
58 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas (TSRS išradimas Nr. 1516348): 1 – korpusas; 2, 3 – žiaunos; 4,5 – svirtys; 6,7 – svirčių galai; 8,9 – lanksčios juostos; 10 – pjezokeraminė plokštelė; 11,12,13,14 – elektrodai

Rolamaitinio tipo mikromanipulatoriaus griebtas (58 pav.) sudarytas iš korpuso 1, žiaunų

2 ir 3, pritvirtintų prie svirčių 4 ir 5 vienu galu. Kiti svirčių galai 6 ir 7 yra cilindro formos ir tampriai apjuosti dviem lanksčiom juostom 8 ir 9, savo galais pritvirtintomis prie tų galų (6, 7). Svirčių galai 6 ir 7 sąveikauja su pjezokeramine plokštele 10, kurios elektrodas vienoje pusėje padalintas į keturias simetriškas dalis 11, 12, 13 ir 14.

Rolamaitinio mikromanipulatoriaus griebto (58 pav.) veikimo principas yra panašus į griebto (57 pav.). „Padavus“ aukštadažnę įtampą pjezokeraminės plokštelės 10 elektrodams 12 ir 14 bei elektrodui kitoje plokštelės pusėje, ji ima virpėti ir jos mazginiuose taškuose atsiranda virpesiai elipsine trajektorija. Plokštelė 10, kontaktuodama su cilindrinėmis svirčių 4 ir 5 galais 6 ir 7, priverčia juos sukis apie savo ašis priešingomis kryptimis. Todėl žiaunos 2 ir 3 juda į priešingas viena kitos atžvilgiu puses. „Padavus“ aukštadažnę įtampą elektrodams 11 ir 13 bei elektrodui kitoje plokštelės pusėje, jos virpesių kryptis pasikeičia į priešingą. Tai leidžia reversuoti svirtis 4 ir 5. Kadangi kiekviena iš juostų 8 ir 9 savo galais yra pritvirtinta prie svirčių 4 ir 5 cilindrinėse galų 6 ir 7 ir gaubia tuos galus kryžmai, tai vienos svirties galo sukimasis priverčia sukis kitos svirties galą.

Dviejų juostų panaudojimas panaikina praslydimą, be to, pjezokeraminė plokštelė sukelia sukimo virpesius iš karto abiem cilindrinėms svirčių galams ir tuo užtikrina visišką sinchroniškumą suspaudžiant ir išskeičiant žiaunas.



59 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas (TSRS išradimas Nr. 1703450): 1 – korpusas; 2,3 – žiaunos; 4,5 – svirtys; 6,7 – vykdomieji elementai; 8,9 – lanksčios juostos; 10 – ritinėlis; 11 – pjezokeraminė plokštelė; 12 – trinkelė; 13,14,15,16 – elektrodai

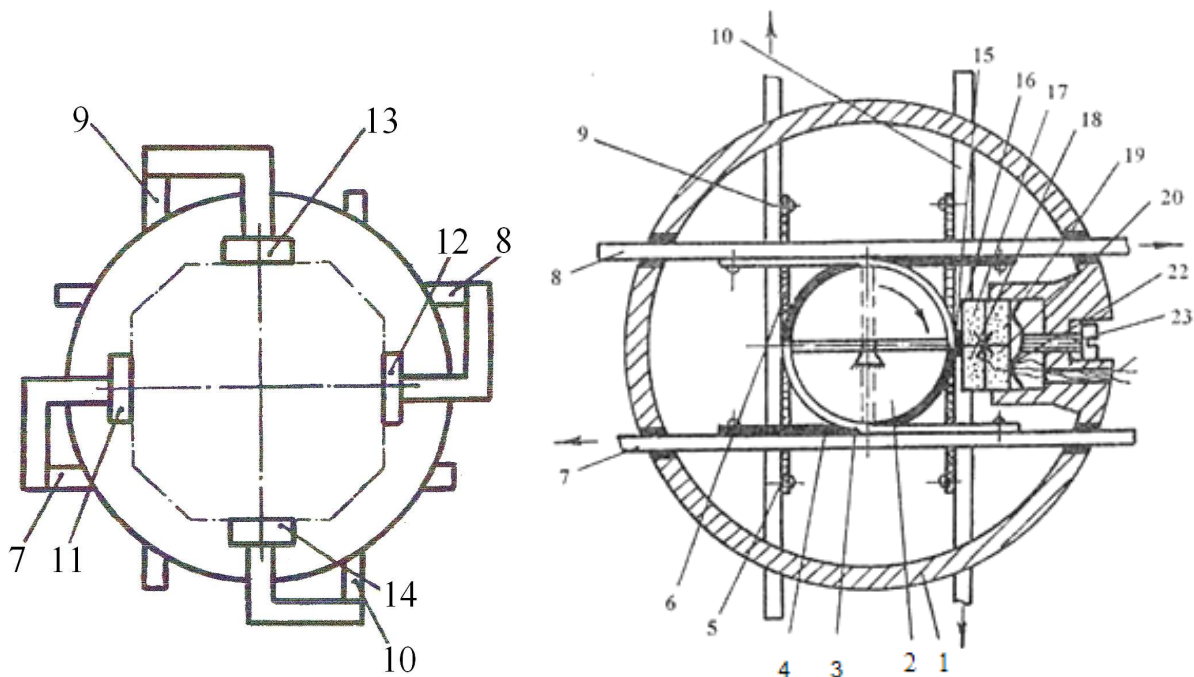
Parodytose mikromanipuliatorių griebtuose(57,58 pav.) svirtys atlieka sukamąjį judesį,

bet yra ir tokių rolamaitinių mikromanipuliatorių griebtų, kuriuose jos atlieka slenkamąjį judesį. Keletas tokių mikromanipuliatorių griebtų pavaizduoti 59 ir 60 paveiksluose.

Griebtas (59 pav.) sudarytas iš korpuso 1, žiaunų 2 ir 3, dviejų juostų 8 ir 9, pritvirtintų savo galais prie vykdomųjų elementų 6 ir 7. Juostos 8 ir 9 savo vidurine dalimi įstatytos į ritinėlyje 10 esančias ašines įpjovas, gaubia jį priešingomis kryptimis ir gali būti susuktos ant jo į ritinėlių, kad būtų galima gauti didesnę svirčių eigą. Ritinėlis 10 per kontaktinę trinkelę 12 liečiasi su pjezokeramine plokštele 11, kurios elektrodai vienoje jos pusėje sudalinti į keturias dalis 13,14,15,16. Elektrodai per komutatorių prijungti prie valdymo bloko (neparodyta).

Rolamaitinio mikromanipuliacijos griebto, parodyto 59 paveiksle, veikimo principas analogiškas anksčiau aprašytiems. Aukštadažnė įtampa „paduodama“ pjezokeraminės plokštelės 11 kryžmai sudalintiems elektrodams 13,16 ir elektrodui kitoje plokštelės pusėje. Plokštelės 11 aukštadažniai virpesiai sukelia kontaktinės trinkelės 12 sukimosi elipsinę trajektoriją ir taip priverčia sukintis su trinkelė 12 besiliečiantį ritinėlių 10. „Padavus“ aukštadažnę įtampą kitiems pjezokeraminės plokštelės 11 kryžmai sudalintiems elektrodams 14,15 ir elektrodui kitoje plokštelės pusėje, trinkelės 12 judesio kryptis pasikeičia į priešingą. Juostos 8 ir 9 juda kartu su ritinėliu 10 ir svirtimis 4 ir 5, praskečia arba suglaudžia žiaunas 2 ir 3, pritvirtintas prie tų svirčių galų.

Šiame mechanizme yra tik vienas ritinėlis, apgaubtas juostomis iš abiejų pusių, o tai leidžia griebtui dirbti patikimai ir sinchroniškai. Žiaunų judėjimas linijine trajektorija leidžia žymiai praplėsti rolamaitinių mikromanipuliatorių griebtų panaudojimo sritis.



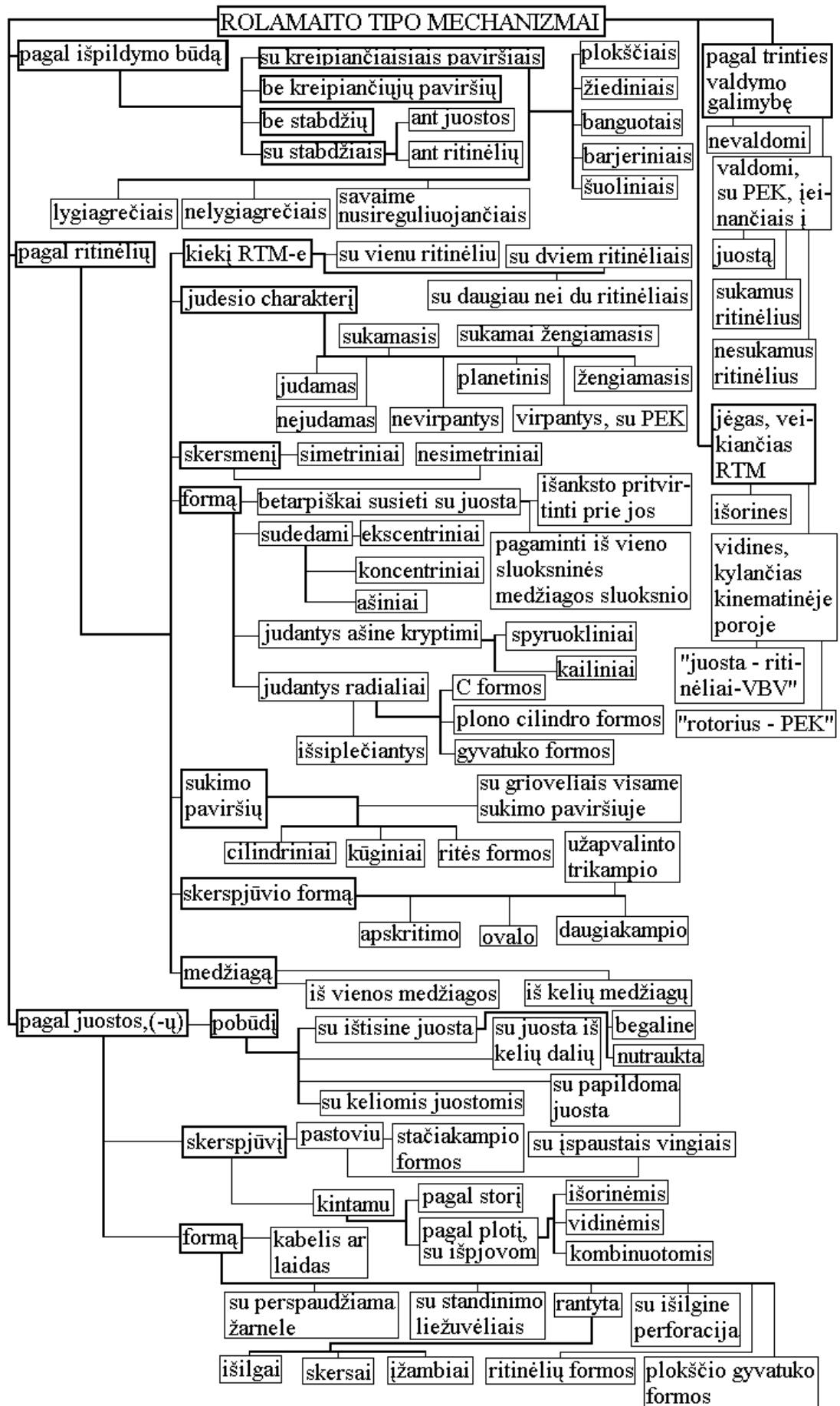
60 pav. Rolamaitinis mikromanipuliacijos griebtas (LR patentas LT 3941 B)

60 paveiksle parodytas rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas, kuris susideda iš korpuso 1, kurio centre yra vientisas ritinėlis 2 su galuose esančiomis statmenomis viena kitai įpjovomis. Kiekvienoje ritinėlio 2 įpjovoje įstatyta po dvi juostas 3,4 ir 5,6. Kiekviena juostų 3 ir 4 gaubia ritinėlių 2 priešingomis viena kitos atžvilgiu kryptimis ir galais su įtempimu pritvirtinta prie dviejų lygiagrečių vykdomųjų elementų (šliaužiklių) 7 ir 8. Juostos 5 ir 6 taip pat gaubia ritinėlių 2 priešingomis viena kitos atžvilgiu kryptimis ir galais su įtempimu pritvirtintos prie dviejų lygiagrečių vykdomųjų elementų 9 ir 10. Prie vykdomųjų elementų 7,8 ir 9,10 galų pritvirtintos žiaunos 11,12,13,14. Ritinėlis 2 per kontaktinę trinkelę 15 liečiasi su pjezokeramine plokštele 16, kurios elektrodas vienoje pusėje sudalintas į keturias simetriškas dalis 17,18,19,20, o elektrodas 21 kitoje jos pusėje (neparodytas) nesudalintas. Pjezokeraminė plokštelė 16 įstatyta į korpusą 1 ir prispausta prie ritinėlio 2 per kontaktinę trinkelę 15 spyruokle 22, kurios prispaudimą galima reguliuoti sraigtu 23.

Rolamaitinio mikromanipulatoriaus griebto (60 pav.) veikimo principas analogiškas prieš tai aprašytam (59 pav.) mechanizmui, tik čia yra ne dvi, o keturios žiaunos, kurių vykdomieji elementai per juostas kontaktuoja su vienu ritinėliu. Visos keturios žiaunos juda sinchroniškai, o tai žymiai pagerina detalės fiksavimą.

3. ROLAMAITO TIPO MECHANIZMŲ KONSTRUKCIJŲ KLASIFIKACIJA

Rolamaito tipo mechanizmai yra tikslūs mechanizmai, pasižymintys žema trintimi. Jie gali būti klasifikuojami pagal įvairius požymius, pirmiausia, su nevaldoma ir valdoma trintimi. PEK įvedimas į RTM konstrukcijas leido valdyti trintį šiuose mechanizmuose bei sukurti traukiančiąsias RTM juostų jėgas. Keisdami PEK elektrodus maitinančio elektrinio signalo aukštą dažnį ir įtampą ir dažnio dydžius, galime keisti VP ar VSDP parametrus, bei rolamaitinio VBV traukiančios jėgos dydį. Žemiau pateikiama rolamaito tipo mechanizmų konstrukcijų klasifikacija (61 pav.).

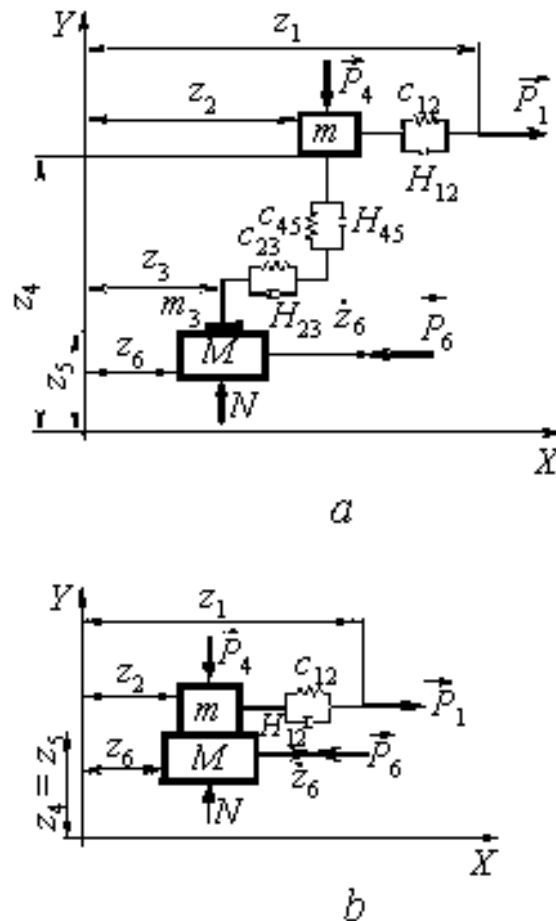


61 pav. Rolamaito tipo mechanizmų konstrukcijų klasifikacija

4. ROLAMAITINIŲ VYKDOMŲJŲ ĮTAISŲ SISTEMOS „RITINĖLIS-JUOSTA“ DINAMINIAI MODELIAI

Rolamaitinių vykdomųjų įtaisų dinaminiai modeliai yra gan sudėtingi. Todėl buvo sudaryti supaprastinti RVĮ sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminiai modeliai ir ištirti teoriškai.

Sudaryti RVĮ sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminiai modeliai, kai kontaktas tarp sistemos elementų deformuojamas ir nedeformuojamas (62 pav.).



62 pav. RVĮ sistemos „ritinėlis – juosta“ dinaminiai modeliai, kai kontaktas tarp sistemos kūnų:
a – deformuojamas; *b* – nedeformuojamas

Lanksti juosta aprašoma sukauptaisiais parametrais. Kontakto tarp lanksčios juostos ir ritinėlio zonos viduryje sukaupta juostos masė m , kita jos dalis išilgine kryptimi pakeista tampriuoju c_{12} ir slopinančiu (disipatyviniu) H_{12} elementais, sujungtais lygiagrečiai. Lanksčios juostos sąveika su ritinėliu įvykdoma mase m , o atitinkamai sujungti tarp savęs tamprūs c_{23} , c_{45} ir slopinantys (disipatyvūs) H_{23} , H_{45} elementai įvertina juostos deformacijas ritinėlio atžvilgiu

tangentine ir normaline kryptimis. Dalis juostos sukaupotosios masės priklauso masei m , dalis – masei m_3 , išsidėsčiusiai betarpiškai prie ritinėlio, priimto kaip kūno su mase M . Deformuojamas kontaktas tarp juostos ir ritinėlio įvertinamas tampriais ir slopinančiais elementais c_{23} , c_{45} , H_{23} , H_{45} , o taip pat mase m_3 (62 pav., *a*).

Čia:

z_i ($i = 1, \dots, 6$) – elementų persislinkimas (tangentine ir normaline kryptimis),

P_1 – traukiančioji jėga,

P_6 – pasipriešinimo judesiui jėga,

P_4 – masės m prispaudimo (iššaukiančio normalinę jėgą N) prie masės M jėga

Diferencialinės judesio lygtys, sutinkamai su dinaminio modeliu, pavaizduotu 62 *a* paveiksle, atrodo taip:

$$\left. \begin{aligned} H_{12}(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + c_{12}(z_1 - z_2) &= P_1 \\ m\ddot{z}_2 - H_{12}(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - c_{12}(z_1 - z_2) + H_{23}(\dot{z}_2 - \dot{z}_3) + \\ + c_{23}(z_2 - z_3) &= 0 \\ m_3\ddot{z}_3 - H_{23}(\dot{z}_2 - \dot{z}_3) - c_{23}(z_2 - z_3) + \\ + [H_{45}(\dot{z}_4 - \dot{z}_5) + c_{45}(z_4 - z_5)] \times \\ \times f_0 \text{sign}(\dot{z}_3 - \dot{z}_6) + f(\dot{z}_3 - \dot{z}_6) &= 0 \\ M\ddot{z}_6 - [H_{45}(\dot{z}_4 - \dot{z}_5) + c_{45}(z_4 - z_5)]f_0 \cdot \\ \cdot \text{sign}(\dot{z}_3 - \dot{z}_6) - f(\dot{z}_3 - \dot{z}_6) &= -P_6 \\ m\ddot{z}_4 + H_{45}(\dot{z}_4 - \dot{z}_5) + c_{45}(z_4 - z_5) &= -P_4 \end{aligned} \right\} (3).$$

Diferencialinės judesio lygtys, sutinkamai su dinaminio modeliu, pavaizduotu 62 *b* paveiksle, atrodo taip:

$$\left. \begin{aligned} H_{12}(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + c_{12}(z_1 - z_2) &= P_1 \\ m\ddot{z}_2 - H_{12}(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) - c_{12}(z_1 - z_2) + \\ + Nf_0 \text{sign}(\dot{z}_2 - \dot{z}_6) + f(\dot{z}_2 - \dot{z}_6) &= 0 \\ M\ddot{z}_6 - Nf_0 \text{sign}(\dot{z}_2 - \dot{z}_6) - f(\dot{z}_2 - \dot{z}_6) &= -P_6 \\ m\ddot{z}_5 + P_4 &= N \end{aligned} \right\} (4),$$

Lygtys (3) ir (4):

H_{12}, H_{23}, H_{45} – klampios trinties koeficientai,

c_{12}, c_{23}, c_{45} – standumo koeficientai,

f_0 – sausos slydimo trinties koeficientas,

f – klampios trinties koeficientas

Kai kuriais atvejais klampios trinties koeficiento f dydis proporcingas normalinės reakcijos dydžiui, t.y.

$$f = f_1 N_{45}, \quad (5)$$

čia:

f_1 – klampios trinties koeficientas

$$N_{45} = H_{45} (\dot{z}_4 - \dot{z}_5) + c_{45} (z_4 - z_5) \quad (6)$$

Išorinis sužadinimas

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= A_1 + B_1 \dot{z}_1 + D_1 \sin(\omega t + \alpha_1), \\ P_4 &= A_4 + B_4 \dot{z}_4 + D_4 \sin(\omega t + \alpha_4), \\ P_6 &= A_6 + B_6 \dot{z}_6 + D_6 \sin(\omega t + \alpha_6), \\ z_5 &= D_5 \sin(\omega t + \alpha_5). \\ &= \frac{d}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

čia:

A_1, A_4, A_6 – jėgos pastoviosios dedamosios,

B_1, B_4, B_6 – pastoviosios, nustatančios linijines priklausomybes tarp jėgų ir atitinkamų greičių,

D_1, D_4, D_6 – jėgos harmoninių komponentų amplitudės,

ω – kampinis dažnis,

$\alpha_1, \alpha_4, \alpha_6, \alpha_5$ fazės.

Sistemos darbo įvertinimui išnagrinėjame pagrindines charakteristikas, kaip pavyzdžiui, darbą ar galingumą, traukiančiąsias ar pasipriešinimo judesiu jėgas ir pan.

Sutinkamai su 62-u paveikslu, traukiančiųjų jėgų darbas

$$A_{tr} = \int_0^{H_z} P_1 dz_1 = \int_0^T P_1 \dot{z}_1 dt \quad (8).$$

Naudingas darbas

$$A_n = \int_0^{H_z} P_6 dz_6 = \int_0^T P_6 \dot{z}_6 dt \quad (9).$$

Naudingo veiksmo koeficientas

$$\eta = \frac{A_n}{A_{tr}} = \frac{\int_0^T P_6 \dot{z}_6 dt}{\int_0^T P_1 \dot{z}_1 dt} \quad (10).$$

Judėjimo greičio netolygumas

$$\vartheta_{\dot{z}} = \frac{\dot{z}_{\max} - \dot{z}_{\min}}{\bar{\dot{z}}} \quad (11),$$

$$\bar{\dot{z}} = \frac{\dot{z}_{\max} + \dot{z}_{\min}}{2} \quad (12).$$

Įvedame naujus kintamuosius

$$\begin{aligned} x_i &= \frac{z_i}{l} \quad (i = 1, \dots, 6); \quad p = \sqrt{\frac{c_{12}}{m}}; \quad \tau = p t; \quad ' = \frac{d}{d\tau}; \quad v = \frac{\omega}{p}; \quad 2h_{rs} = \frac{H_{rs}}{pm} \quad (rs = 12, 23, 45); \\ N' &= \frac{N}{p^2 ml}; \quad \mu = \frac{M}{m}; \quad \mu_3 = \frac{m_3}{m}; \quad F_j = \frac{P_j}{p^2 ml} = \frac{P_j}{c_{12} l} \quad (j = 1, 4, 6); \\ a_j &= \frac{A_j}{c_{12} l}; \quad b_j = \frac{B_j}{pm}; \quad d_j = \frac{D_j}{c_{12} l}; \quad d_5 = \frac{D_5}{l}; \quad \delta_{23} = \frac{c_{23}}{c_{12}}; \quad \delta_{45} = \frac{c_{45}}{c_{12}}. \end{aligned} \quad (13),$$

čia

l – juostos ilgis,

p ir τ – nauji kintamieji

Įvedus naujus kintamuosius (13) lygtys (3) bedimensėje formoje atrodo taip:

$$\left. \begin{aligned} 2h_{12}(x'_1 - x'_2) + (x_1 - x_2) &= F_1 \\ x''_2 - 2h_{12}(x'_1 - x'_2) - (x_1 - x_2) + 2h_{23}(x'_2 - x'_3) + \\ + \delta_{23}(x_2 - x_3) &= 0 \\ \mu_3 x''_3 - 2h_{23}(x'_2 - x'_3) - \delta_{23}(x_2 - x_3) + \\ + [2h_{45}(x'_4 - x'_5) + \delta_{45}(x_4 - x_5)] \times \\ \times [f_0 \text{sign}(x'_3 - x'_6)] + f(x'_3 - x'_6) &= 0 \\ \mu x''_6 - [2h_{45}(x'_4 - x'_5) + \delta_{45}(x_4 - x_5)] f_0 \cdot \\ \cdot \text{sign}(x'_3 - x'_6) - f(x'_3 - x'_6) &= -F_6 \\ x''_4 + 2h_{45}(x'_4 - x'_5) + \delta_{45}(x_4 - x_5) &= -F_4 \end{aligned} \right\} \quad (14),$$

čia:

h_{12}, h_{23}, h_{45} – dempferiavimo koeficientai

Įvedus naujus kintamuosius (13) lygtys (4) bedimensėje formoje atrodo taip:

$$\left. \begin{aligned} 2h_{12}(x'_1 - x'_2) + (x_1 - x_2) &= F_1 \\ x''_2 - 2h_{12}(x'_1 - x'_2) - (x_1 - x_2) + \\ + N'f_0 \text{sign}(x'_2 - x'_6) + f(x'_2 - x'_6) &= 0 \\ \mu x''_6 - N'f_0 \text{sign}(x'_2 - x'_6) - f(x'_2 - x'_6) &= -F_6 \\ x''_5 + F_4 &= N' \end{aligned} \right\} \quad (15),$$

Lygtį (5) konvertuojame į (16)

$$f = f_1 [2h_{45}(x'_4 - x'_5) + \delta_{45}(x_4 - x_5)] \quad (16).$$

Išorinis sužadėjimas (7) bedimensėje formoje

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= a_1 + b_1 x'_1 + d_1 \sin(v\tau + \alpha_1), \\ F_4 &= a_4 + b_4 x'_4 + d_4 \sin(v\tau + \alpha_4), \\ F_6 &= a_6 + b_6 x'_6 + d_6 \sin(v\tau + \alpha_6), \\ x_5 &= d_5 \sin(v\tau + \alpha_5) \end{aligned} \right\} \quad (17),$$

čia:

$$\nu = \omega / p.$$

Naudingo veiksmo koeficientas išreiškiamas lygtimi:

$$\eta = \frac{A_u}{A_m} = \frac{\int_0^T F_6 x'_6 d\tau}{\int_0^T F_1 x'_1 d\tau} \quad (18).$$

Nustatome judesio greičio netolygumą:

$$\delta x'_s = \frac{x'_{s \max} - x'_{s \min}}{\bar{x}'_s} \quad (s = 1, 2, 6) \quad (19),$$

$$\bar{x}'_s = \frac{x'_{s \max} + x'_{s \min}}{2} \quad (20).$$

5. TEORINIAI ROLAMAITINIŲ VYKDOMŲJŲ ĮTAISŲ SISTEMOS „RITINĖLIS-JUOSTA“ DINAMINIŲ PROCESŲ TYRIMAI

Sistema „ritinėlis-juosta“ neveikiama virpesiais. Tuo atveju, kai nagrinėjamos sistemos „ritinėlis-juosta“ kūnai juda vienas kito atžvilgiu sinchroniškai, t.y. be praslydimo, sakoma, kad jie yra nepraslydimo zonoje (NZ), t.y. kai $x'_1 = x'_2 = x'_6$ (63-68 pav.).

Aptariamuoju atveju

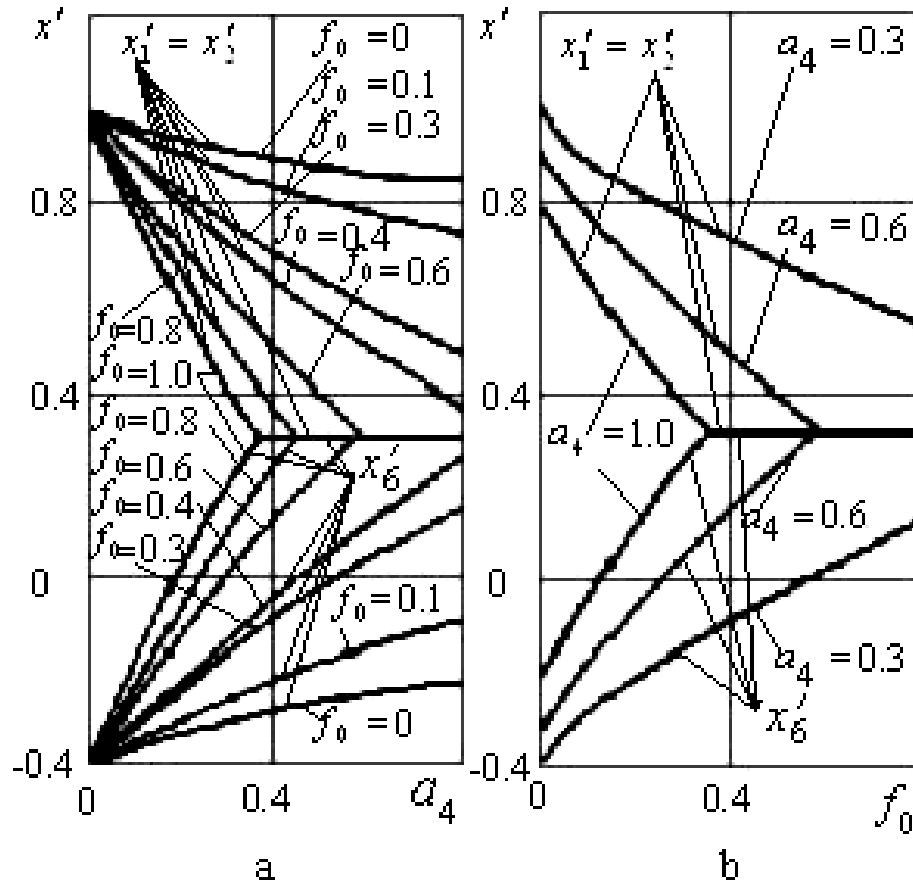
$$d_1 = d_4 = d_5 = d_6 = 0$$

Tiriame dinaminis procesus, vykstančius rolamaitinių vykdomųjų įtaisų sistemoje „ritinėlis-juosta“, kai kontaktas tarp sistemos kūnų nedeformuojamas.

Dinaminių procesų, vykstančių rolamaitinių vykdomųjų įtaisų sistemoje „ritinėlis-juosta“ su deformuojamu kontaktu tarp jos kūnų yra kokybiniai analogiškas procesams, vykstantiems sistemoje su nedeformuojamu kontaktu tarp jos kūnų.

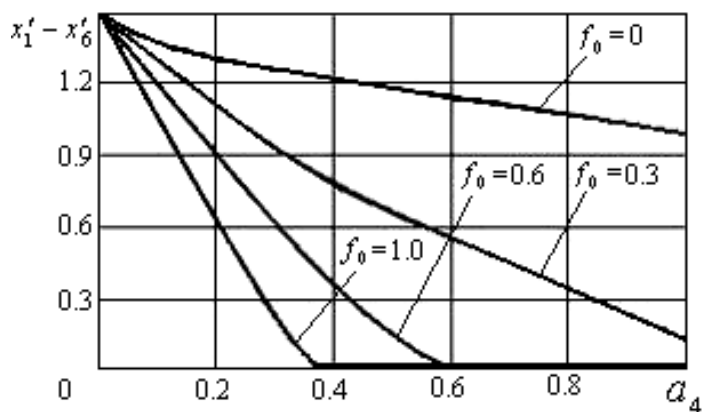
Toliau grafinėmis kreivėmis nustatome judesio nusistovėjusiam režime priklausomybes nuo jo parametru. Skliausteliuose po paveikslais nurodome sistemos su deformuojamu kontaktu tarp jos kūnų parametrus.

Iš 63-o paveikslo matyti, kad esant nustatytai a_4 reikšmei, tiriamųjų kūnų greičiai x'_1 , x'_2 ir x'_6 tampa vienodi, t.y. kūnai tarpusavyje nepraslysta, esant pakankamai dideliai sausos slydimo trinties koeficiento f_0 reikšmei (63 pav., a). Būtina pastebėti, kad kuo didesnė a_4 reikšmė, kai $f_0 = const$, tuo greičiau tarp sistemos kūnų susidaro NZ (63 pav., b). Tai matyti ir iš 64-o paveikslo.



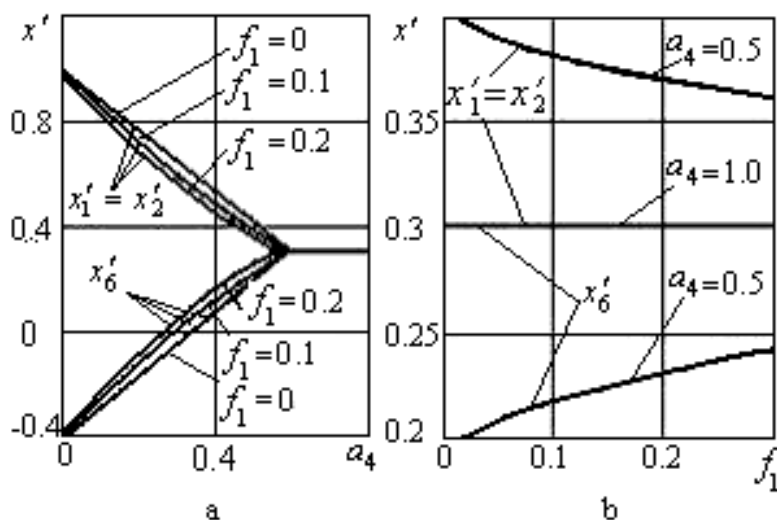
63 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai, kai $a_1 = 0.5$; $a_6 = -0.2$; $b_1 = b_6 = -0.5$; $2h_{12} = 0.2$; $\mu = 1.0$; $f_1 = 0.1$; ($2h_{23} = 2h_{45} = 2.0$; $\delta_{23} = \delta_{45} = 10$; $\mu_3 = 0.01$; $b_4 = -0.5$).

Beje, esant nustatytai f_0 reikšmei, a_4 reikšmės didinimas turi prasmę tik iki įėjimo į NZ, po įėjimo į ją tai jau nebeturi prasmės, nes sistemos kūnai juda vienodu greičiu (63 ir 64 pav.).

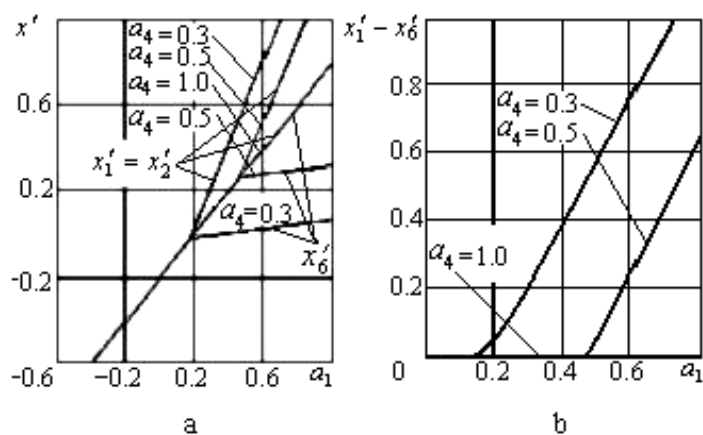


64 pav. Praslydimo tarp sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiam judesio režime grafikai, kai $a_1 = 0.5$; $a_6 = -0.2$; $b_1 = b_6 = -0.5$; $2h_{12} = 0.2$; $\mu = 1.0$; $f_1 = 0.1$; ($2h_{23} = 2h_{45} = 2.0$; $\delta_{23} = \delta_{45} = 10$; $\mu_3 = 0.01$; $b_4 = -0.5$)

Didėjant a_4 reikšmei, kai sausos slydimo trinties koeficientas $f_0 = const$, sistemos kūnai patenka į NZ tik esant tam tikrai a_4 reikšmei, nepriklausomai nuo klampios trinties koeficiento f_1 (65 pav., a). Didinimas f_1 duoda tik nežymų greičių x'_1 mažėjimą, esant duotoms a_4 reikšmėms (priklausomybių kreivės paveiksle yra išgaubtos) (65 pav., b), tačiau į NZ, esant duotai f_0 reikšmei, sistemos kūnai patenka prie tam tikros a_4 reikšmės ir greičiai x'_1 , x'_2 , x'_6 tampa lygūs (65 pav., a,b).

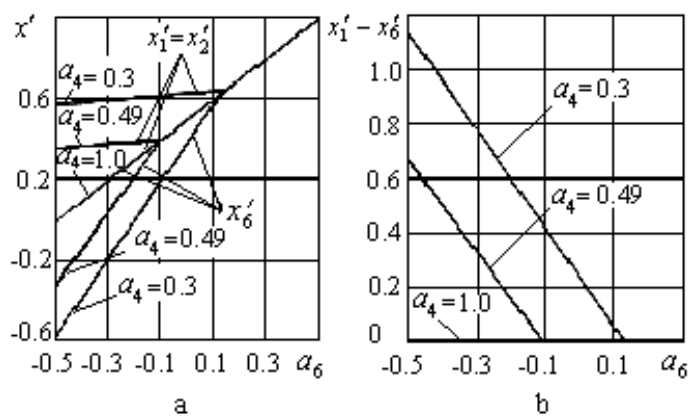


65 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiam judesio režime grafikai, kai $a_1 = 0.5$; $a_6 = -0.2$; $b_1 = b_6 = -0.5$; $2h_{12} = 0.2$; $\mu = 1.0$; $f_0 = 0.6$; ($2h_{23} = 2h_{45} = 2.0$; $\delta_{23} = \delta_{45} = 10$; $\mu_3 = 0.01$; $b_4 = -0.5$)



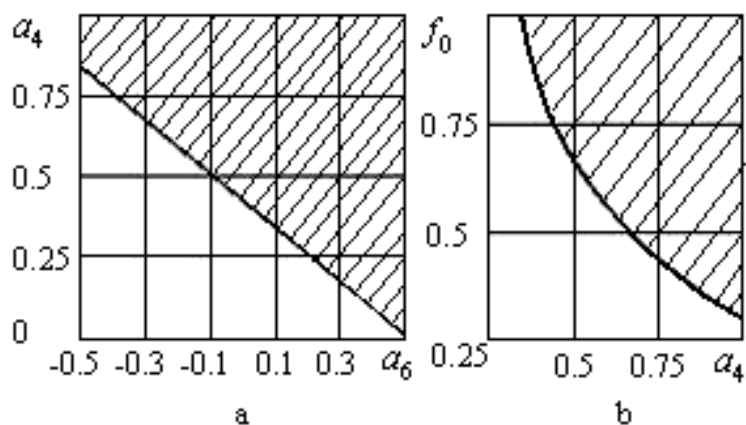
66 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai, kai $b_1 = b_6 = -0.5$; $2h_{12} = 0.2$; $f_0 = 0.6$; $f_1 = 0.1$; $a_6 = -0.2$; $2h_{23} = 2h_{45} = 2.0$; $\delta_{23} = \delta_{45} = 10$; $\mu_3 = 0.01$; $b_4 = -0.5$)

Esant nustatytai a_4 reikšmei, tiriamųjų kūnų greičiai x'_1 , x'_2 , x'_6 išsilygina mažėjant a_1 dydžiui, t.y. kuo mažesnis a_1 , tuo greičiau ateina nepraslydimo tarp sistemos kūnų momentas (66 a pav.). Kai $a_1 = const$, praslydimas tarp sistemos kūnų mažėja didėjant a_4 (66 b pav.). Priklausomybių kreivės, parodytos 66-ame paveiksle, užlūžta, įeinant į NZ.



67 pav. Sistemos kūnų greičių priklausomybės nuo judesio parametrų nusistovėjusiame judesio režime grafikai, kai $b_1 = b_6 = -0.5$; $2h_{12} = 0.2$; $f_0 = 0.6$; $f_1 = 0.1$; ($2h_{23} = 2h_{45} = 2.0$; $\delta_{23} = \delta_{45} = 10$; $\mu_3 = 0.01$; $b_4 = -0.5$; $a_1 = 0.5$)

Jeigu $a_6 = const$ ir a_4 reikšmė auga, NZ pasiekiam greičiau. Jei $a_4 = const$, sistemos kūnai patenka į NZ didėjant a_6 iki tam tikros reikšmės (67 a,b pav.).



68 pav. Sistemos kūnų kintamų nusistovėjusio judesio režimų sričių priklausomybės nuo judesio parametrų grafikai, kai $a_1 = 0.5$; $b_1 = b_6 = -0.5$; $f_1 = 0.1$; $2h_{12} = 0.2$; ($2h_{23} = 2h_{45} = 2.0$; $\delta_{23} = \delta_{45} = 10$; $\mu_3 = 0.01$; $b_4 = -0.5$): a – $f_0 = 0.6$; b – $a_6 = -0.2$

Kaip matyti iš 68-o paveikslo, a_4 ir a_6 didinimas atveda į sistemos kūnų tarpusavio nepraslydimą. Esant nustatytai a_6 reikšmei, a_4 didinimas, kūnams įėjus į NZ, prasmės neturi, nes jie juda vienodu greičiu. Nepraslydimo zona užštrichuota.

Augant a_6 , sistemos kūnų greičiai $x'_1 = x'_2 = x'_6$ didėja (67 a pav.), tačiau patekimas į NZ galimas ir prie mažesnės a_4 reikšmės (68 a pav.).

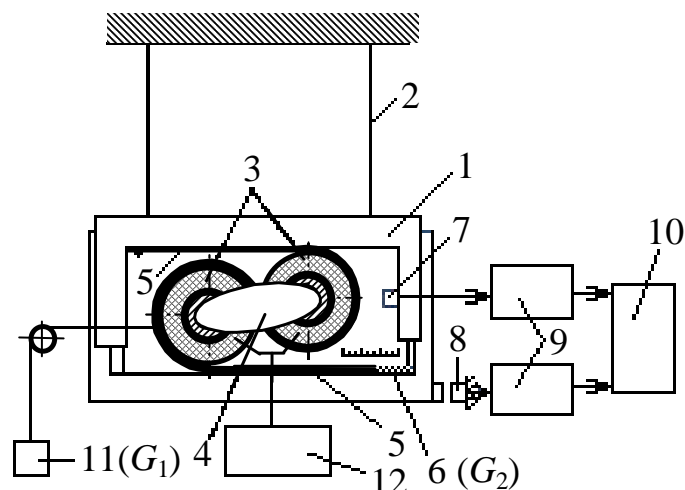
Kai $a_4 = const$, NZ pasiekama didėjant f_0 ir, atvirkščiai, kai $f_0 = const$, NZ pasiekama didinant a_4 (68 pav., b).

Būtina pažymėti, kad $f_0 \cdot a_4 = const$.

6. EKSPERIMENTINIAI ROLAMAITINIŲ VYKDOMŲJŲ ĮTAISŲ DINAMINIŲ PROCESŲ TYRIMAI

Žinoma, kad pridėjus aukštadažnius virpesius mechanizmuose sumažėja trinties jėga juose [5,6]. Nors, žinoma, neaišku kaip keisis trinties jėga RVĮ, turinčiuose virpančius ritinėlius, priklausomai nuo lanksčios juostos įtempimo jėgos keitimo, ritinėlių apgaubimo kampo, nuo ritinėlių vibracijos amplitudės ir t.t.

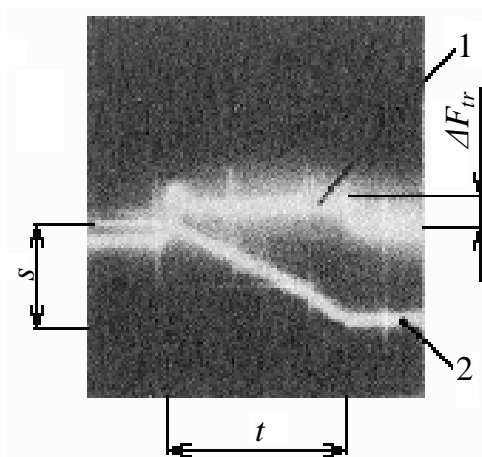
RVĮ su virpančiais elementais tyrimui negalime panaudoti įprastų RTM tyrimų stendų [2,3,7]. Kad iširti RVĮ su virpančiais elementais, buvo sukurtas specialus prietaisas (69 pav.) [8]. Prietaiso veikimas pagrįstas trinties tarp ritinėlių ir juostos koeficiento reguliavimu, keičiant VP parametrus.



69 pav. RVĮ su virpančiais ritinėliais tyrimo prietaisas [8]

Eksperimentinis prietaisas (69 pav.) susideda iš korpuso 1, kurio viršutinė dalis, įeinanti į apatinę, pritvirtinama prie dviejų plokščių spyruoklių 2, kurios savo ruožtu pritvirtinamos prie nejudamo pagrindo. Į korpuso 1 vidų įstatomi tiriamo RTM virpantys ritinėliai 3, kurių ašys nejudamai sujungtos plokštele 4. Kiekvienas ritinėlis dideliu kampu ($180^\circ - 265^\circ$) gaubiamas lanksčia juosta 5, kuri vienu galu įtvirtinama prie viršutinės korpuso 1 dalies, o kitą galą tempia svoris 6 (G_2). Ant korpuso 1 ir nejudamo pagrindo pritvirtinti poslinkio jutikliai 7 ir 8, per signalų stiprintuvus 9 sujungti su registravimo prietaisu 10. Kad ritinėlius 3 veiktų tempimo jėga G_1 , prie plokštelės 4 pritvirtinamas svarmuo 11. Virpančių ritinėlių 3 elektrodai sujungti su aukštadažnės įtampos šaltiniu 12. Korpuso 1 poslinkį, sukeltą deformuojantis plokščioms spyruoklėms 2, jas paveikus svarmeniu 11, fiksuoja poslinkio jutiklis 8. Ritinėlių 3 poslinkį korpuso 1 atžvilgiu fiksuoja poslinkio jutiklis 7. Korpuso 1 viršutinės ir apatinės dalių poslinkiu (padėties pakeitimu) galima pakeisti ritinėlių 3 apgaubimo juosta 5 kampą.

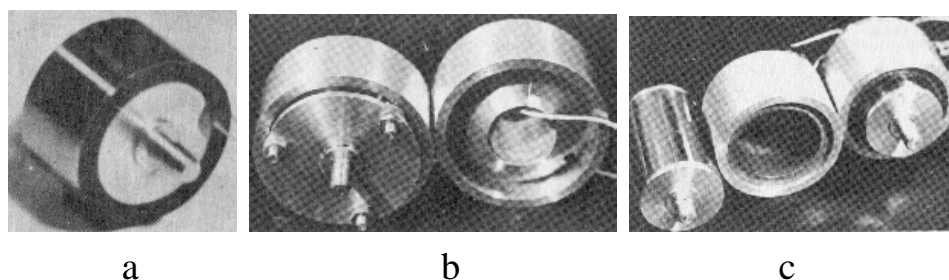
Veikiant ritinėlius 3 tempimo jėga G_1 , trinties jėga F_r veikia spyruoklių 2 deformacijas, korpusas 1 paslenka, ir jo paslinkimą fiksuoja jutiklis 8, o registruoja prietaisas 10. Davus aukštadažnį elektrinį signalą ritinėlių 3 elektrodams, ritinėliai pradeda virpėti, trinties jėga sumažėja dydžiu ΔF_r , atsiranda slydimas tarp juostos 5 ir ritinėlių 3. Sumažėjus trinties jėgai, spyruoklės 2 grįžta pradinės padėties pusėn ir poslinkio jutiklis 8 tai fiksuoja (70 pav.). Išjungus aukštadažnį elektrinį signalą ritinėlių 3 elektrodams, trinties jėga įgauna savo pradinį dydį. Matuojamas rimties trinties jėgos F_0 dydis, kurį viršijus ritinėliai pradeda judėti neteikiant jiems aukštadažnių elektrinių signalų, esant duotiems ritinėlių gaubimo juosta kampams α ir juostos įtempimo jėgos G_2 dydžiams.



70 pav. Tiriomojo RVĮ virpančių ritinėlių ir korpuso poslinkių būdingosios oscilogramos

Iš oscilogramos 1, kuri atitinka tiriomojo RVĮ korpuso poslinkį, galima spręsti apie trinties jėgos F_{tr} sumažėjimą – ΔF_{tr} , o iš oscilogramos 2, atitinkančios virpančių ritinėlių poslinkį, – apie jų nueitą kelią s ir laiką t , per kurį šis kelias nueinamas.

Tiriame RVĮ su trijų tipų ritinėliais (71 pav.). Dviejų tipų ritinėliai yra virpantys nejudami (71 pav., a,b), trečiojo tipo ritinėliai – virpantys sukami (71 c pav.). Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami maitinant ritinėlius aukštadažne įtampa nepertraukiamo ir startstopinio darbo režimais.

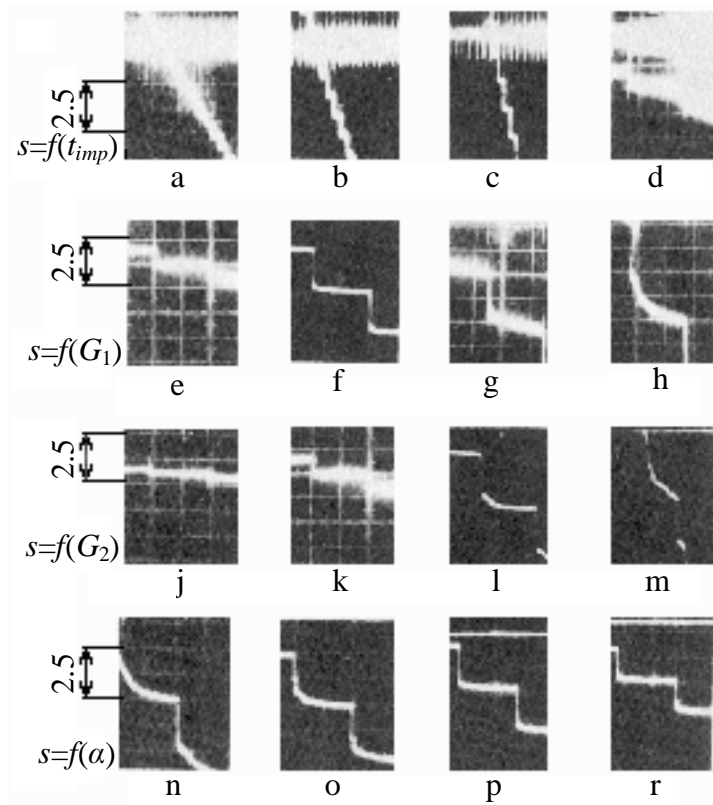


71 pav. RVĮ virpantys ritinėliai: a – nejudamas (Nr.1), žr. 44 a pav.; b – nejudamas (Nr.2) su bangolaidžiu, žr. 44 b pav.; c – sukamas (Nr.3), žr. 44 d pav.

Nepertraukiamo reguliavimo signalo režimo bandymai atlikti, norint nustatyti trinties jėgos priklausomybes nuo virpesių amplitudės ir ritinėlius maitinančių elektrinių impulsų periodo, nuo ritinėlių gaubimo juosta kampo, nuo jėgos, tempiančios ritinėlius, ir nuo juostos įtempimo jėgos.

Startstopinio reguliavimo signalo režimo bandymai atlikti siekiant išsiaiškinti ritinėlio poslinkio s ilgio (kelio, kurį persislinko ritinėlis per vieną reguliavimo impulso periodą) priklausos-

mybes nuo impulso trukmės t_{imp} , – $s = f(t_{imp})$, nuo ritinėlių tempimo jėgos G_1 , – $s = f(G_1)$, nuo juostos įtempimo jėgos G_2 , – $s = f(G_2)$, nuo ritinėlių gaubimo juosta kampo α – $s = f(\alpha)$ (72 pav.).



72 pav. RV1 virpančių ritinėlių 1 poslinkių oscilogramos esant startstopiniam darbo režimui (parodyta poslinkio atkarpa $s = 2.5$ mm)

Tiriame RV1 ritinėlio 1 poslinkius esant startstopiniam darbo režimui ir duotoms reguliavimo impulso trukmės ir sekos dažnių reikšmėms (72 a,b,c,d pav.) šiomis sąlygomis: juostos įtempimo jėga $G_2 = 2.0$ N = const; ritinėlių tempimo jėga $G_1 = 3.0$ N = const; $f_r = 88.5$ kHz; $U = 51$ V; suminis dviejų ritinėlių gaubimo juosta kampas $\alpha = 530^\circ$; impulso sekos dažniai: a, b, c atitinka 50Hz, d – 5 Hz; impulso trukmės: a – 0.5 ms; b – 1.0 ms; c – 1.5 ms; d – 1.0 ms.

Kaip matyti iš pateiktų (72 a,b,c,d pav.) oscilogramų ir grafiko (73 a pav., kreivė 1), kuo didesnė impulso trukmė t_{imp} , tuo ilgesnis kelias s , kurį nueina ritinėliai per vieną reguliavimo impulso periodą.

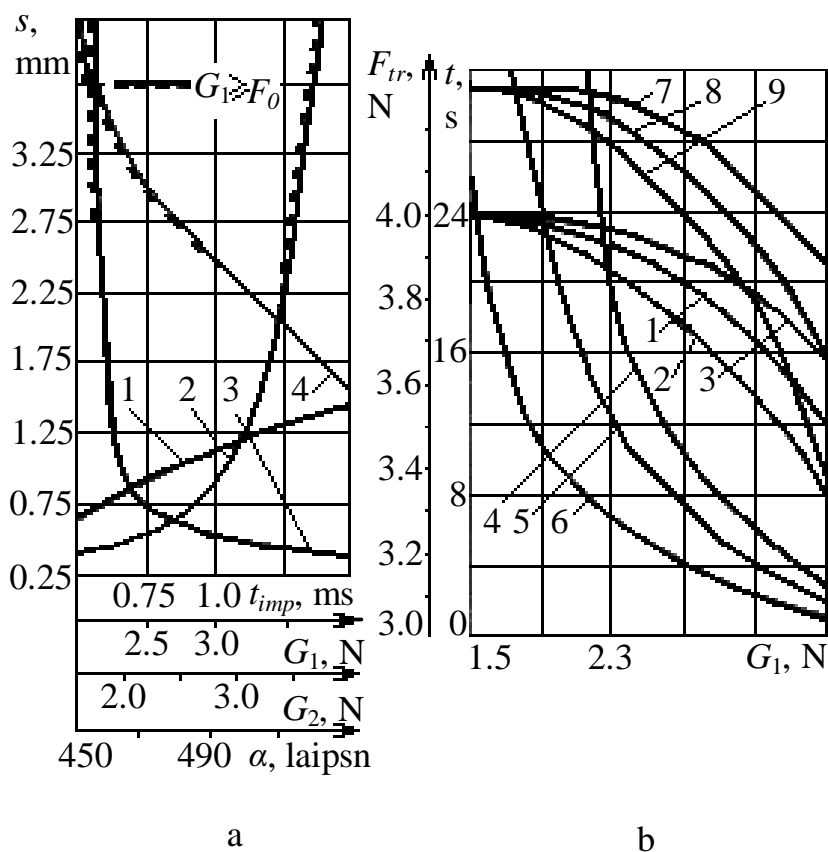
Trinties jėga F_{tr} ir laikas t , per kurį ritinėliai nuslenka reikiamą kelią s , kai juostos įtempimo jėga $G_2 = const$, sumažėja, jei ritinėliams suteikiama didesnė maitinimo įtampos amplitudė

ir jie tempiami didesne jėga G_1 (73 b pav.). Eksperimentą atliekame RVĮ virpančių ritinėlių 1 nepertraukiamo maitinimo režimu, kai $\alpha = 530^\circ$, $G_2 = 2.0\text{ N} = \text{const}$.

Per vieną reguliavimo impulso periodą ritinėlių nueitas kelias s pailgėja, padidinus ritinėlių tempimo jėgą G_1 . Tai matyti iš 72 e,f,g,h pav. pateiktų oscilogramų ir grafiko (73 a pav., kreivė 2). Jei $G_1 > F_0$, kur F_0 – ribinis rimties trinties jėgos dydis, tai jį viršijus ritinėliai pradeda judėti nesuteikiant jiems aukštadažnių elektrinių signalų (72 g,h pav.).

Zona, kurioje $G_1 \geq F_0$, papildomai pažymėta punktyru (73 a pav.).

Eksperimento sąlygos tokios: RVĮ darbo režimas – startstopinis; $G_2 = 2.0\text{ N} = \text{const}$; $\alpha = 530^\circ$; $f_r = 88.5\text{ kHz}$; $U = 51\text{ V}$; $f_{\text{imp.sek.}} = 5\text{ Hz}$; $t_{\text{imp.}} = 1.5\text{ ms}$; e – $G_1 = 3.0\text{ N}$; f – $G_1 = 3.5\text{ N}$; g – $G_1 = 3.6\text{ N}$; h – $G_1 = 3.7\text{ N}$.



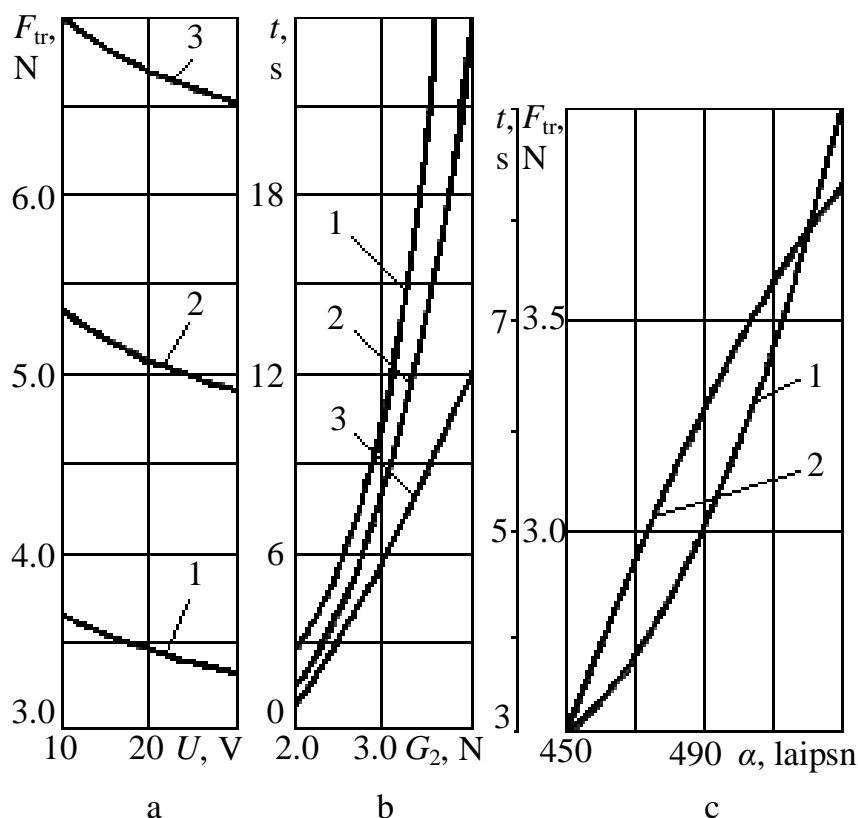
73 pav. Priklausomybių kreivės: a – RVĮ ritinėlio 1 poslinkiai per vieną reguliuojančio impulso periodą: 1 - $s = f(t_{\text{imp}})$; 2 - $s = f(G_1)$; 3 - $s = f(G_2)$; 4 - $s = f(\alpha)$; b – priklausomybės $F_{tr} = f(G_1)$ – 1-3; $t = f(G_1)$ – 4-6 (rolamaitiniams mechanizms su ritinėliais 1); $F_{tr} = f(G_1)$ – 7-9 (RVĮ su nejudamais ritinėliais, turinčiais bangolaidžius). Maitinimo įtampa U lygi: 3, 4, 7 – 10 V; 1, 5, 8 – 20 V; 2, 6, 9 – 30 V

Ritinėlių per vieną reguliavimo impulso periodą nueitas kelias s padidėja, mažinant juostos įtempimo jėgą (ritinėlių tempimo jėga $G_1 = const$). Tai matyti iš 72 j,k,l,m pav. pateiktų oscilogramų ir grafiko (73 a pav., kreivė 3). Kai juostos įtempimo jėga G_2 labai maža, ritinėliai pradeda judėti nesuteikiant jiems aukštadažnių elektrinių signalų (72 pav., l, m). Eksperimento sąlygos šios: RVĮ darbo režimas – startstopinis; $\alpha = 530^\circ$; $f_r = 88.5$ kHz; $U = 51$ V; $G_1 = 3.0\text{ N} = const$; $f_{imp.sek} = 5\text{ Hz}$; $t_{imp} = 1.5$ ms; G_2 : $j - 4.0$ N; $k - 2.0$ N; $l - 1.7$ N; $m - 1.5$ N.

Ritinėlių per vieną reguliavimo impulso periodą nueitas kelias s sutrumpėja, didinant ritinėlių gaubimo juosta kampą. Tai matyti iš 72 n,o,p,r pav. pateiktų oscilogramų ir grafiko (73 a pav., kreivė 4). Kai gaubimo kampas labai mažas, $G_1 \geq F_0$, ritinėliai pradeda judėti ir negaudami aukštadažnių elektrinių signalų (72 n,o pav.). Eksperimento sąlygos šios: RVĮ darbo režimas – startstopinis; α lygūs: $n - 450^\circ$; $o - 480^\circ$; $p - 500^\circ$; $r - 530^\circ$; $G_1 = 3.0$ N; $G_2 = 2.0$ N; $U = 51$ V; $f_{imp.sek} = 5\text{ Hz}$; $t_{imp} = 1.5$ ms.

RVĮ nejudami virpantys ritinėliai su bangolaidžiu Nr.2 (71 b pav.), esant tokioms pat maitinimo ir jų poveikio jėgomis sąlygoms, virpa didesne amplitude nei ritinėliai Nr.1 (be bangolaidžių). Priklausomybės, būdingos ritinėliams su bangolaidžiais (71 b pav.), pagal savo pobūdį analogiškos ritinėlių Nr.1 (71 a pav.) priklausomybėms, pavyzdžiui, $F_r = f(G_1, U)$ (žr. 73 b pav., kreivės 7–9). Trinties jėgos sumažėjimo dydis ΔF_r tomis pačiomis darbo sąlygomis RTM su ritinėliais 1 (be bangolaidžių) yra mažesnis nei RVĮ su ritinėliais, turinčiais bangolaidžius.

Trinties jėga F_r ir laikas t , per kurį ritinėliai nueina žinomą kelią s , kai $G_1 = const$, mažėja, jei ritinėliams suteikiama padidintos amplitudės įtampa ir sumažinama juostos įtempimo jėga G_2 . Tai atsispindi grafikuose (74 a,b pav.). Eksperimentas atliekamas nepertraukiamu virpančių ritinėlių 1 maitinimo režimu, $\alpha = 530^\circ$.



74 pav. RVĮ su ritinėliais Nr.1 priklausomybių kreivės: a – $F_{tr} = f(U)$, kai $G_1 = 3.5 \text{ N} = \text{const}$;

G_2 lygūs: 1 – 2.0 N; 2 – 3.0 N; 3 – 4.0 N; b – $t = f(G_2)$, kai $G_1 = 3.5 \text{ N} = \text{const}$;

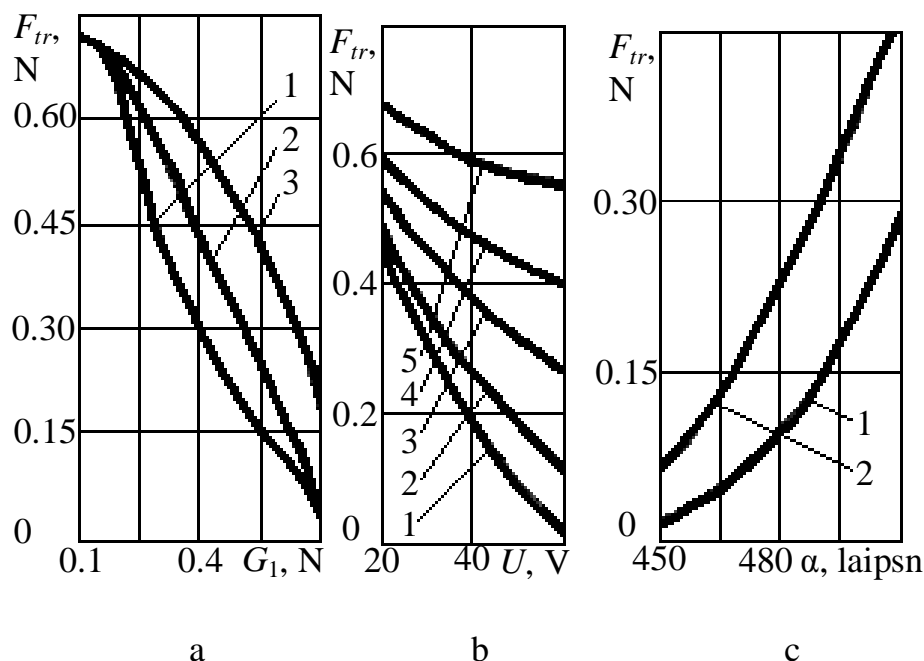
U lygūs: 1 – 10V; 2 – 20 V; 3 – 30 V; c – 1 – $F_{tr} = f(\alpha)$; 2 – $t = f(\alpha)$, kai $U = 40 \text{ V}$;

$G_1 = G_2 = 2.0 \text{ N}$

Trinties jėga F_{tr} ir laikas t , per kurį ritinėliai nueina kelią s , kai $G_1 = G_2 = \text{const}$, didėja didinant ritinėlių gaubimo juosta kampą α (74 c pav.). Eksperimentas atliekamas nepertraukiamu virpančių ritinėlių Nr.1 maitinimo režimu.

Didelį susidomėjimą kelia sukamų ritinėlių Nr.3 (žr. 71 c pav.) panaudojimas RVĮ. Iš eksperimentinių tyrimų rezultatų, pateiktų 75 pav., matyti, kad trinties jėga F_{tr} sumažėja, jeigu:

- ritinėliams suteikiama didesnės amplitudės maitinanti įtampa U ,
- ritinėliai veikiami didesne tempimo jėga G_1 (75 a pav.),
- sumažinama juostos įtempimo jėga G_2 (75 b pav.),
- sumažinamas ritinėlių gaubimo juosta kampas α (75 c pav.).

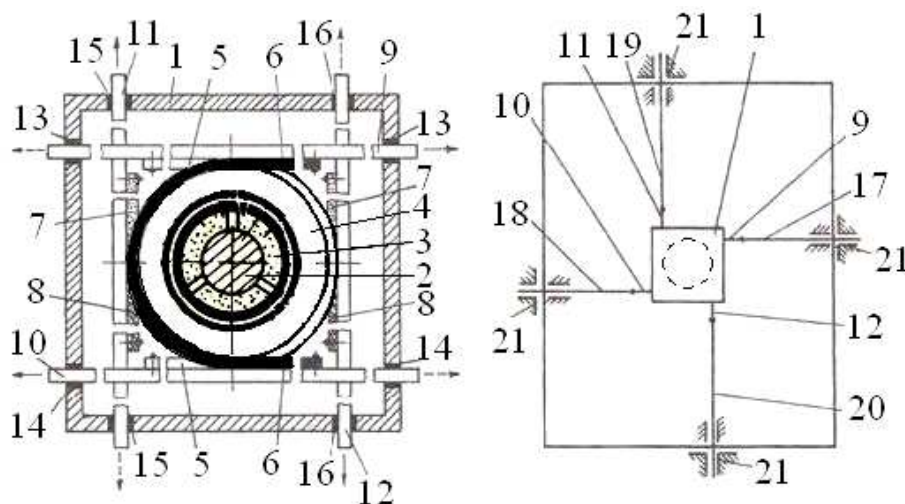


75 pav. RVĮ su ritinėliais Nr. 3 (71 c pav.) priklausomybių kreivės: a – $F_{tr.} = f(G_1)$, kai $\alpha = 500^\circ$; $G_2 = 5.0\text{ N}$; U lygūs: 1 – 50 V; 2 – 35 V; 3 – 20 V; b – $F_{tr.} = f(U)$, kai $G_1 = 0.5\text{ N}$; $\alpha = 500^\circ$; G_2 lygūs: 1 – 4.0 N; 2 – 5.0 N; 3 – 7.0 N; 4 – 8.0 N; 5 – 9.0 N; c – $F_{tr.} = f(\alpha)$; $G_1 = 0.5\text{ N}$; $G_2 = 5.0\text{ N}$; U lygūs: 1 – 50 V; 2 – 30 V

Kaip matyti iš pateiktų eksperimentinių rezultatų, RVĮ su sukamais virpančiais ritinėliais Nr.3, palyginti su kitais, pasižymi didesne laikomąja geba ir yra žymiai jautresni. Juos tikslinga naudoti ypač jautriose sistemose. Ritinėliuose Nr.3 labai greitai susidaro VSDP, nes panaudojamas visas pjezokeraminio žiedo darbinis paviršius, kas yra neįmanoma RVĮ su kitokio tipo virpančiais ritinėliais būtent dėl RVĮ konstrukcijos. Be to, RVĮ su virpančiais nejudamais ritinėliais (71 a,b pav.), gaubiamais lanksčios juostos, susidaryti VP tarp virpančio ritinėlio ir juostos kliudo tai, kad lanksti juosta yra palyginti plona ir deformuojasi.

7. SUKURTOJI ROLAMAITINIO VYKDOMOJO ĮTAISO KONSTRUKCIJA

Sukurta originali rolamaitinio vykdomojo įtaiso konstrukcija (76 pav.), kuri gali būti panaudota kaip seifo užraktas bei prietaisų ir staklių gamyboje.



76 pav. Rolamaitinis vykdomasis įtaisas – seifo užraktas

RVĮ seifo užraktas susideda iš korpuso 1, kurio centre ant nejudamos ašies 2 užtvirtintas žiedinis virpesių pjezoelektrinis keitiklis 3 su sudalintais į segmentus elektrodais. Ant žiedinio PEK 3 užmautas ritinėlis 4. Priklausomai nuo iš valdymo bloko (brėžinyje neparodyta) teikiamo PEK elektrodams maitinančio aukštadažnio elektrinio signalo (be fazių perslinkimo ar su juo), PEK 3 sąveikauja su ritinėliu 4 kaip vibroguolis, tuomet tarp žiedinio PEK ir ritinėlio susidaro virpesių suspausta dujinė plėvelė ir ritinėlis 4 gali pasisukti apie savo ašį. Tuo atveju, kai PEK 3 elektrodams suteikiamas aukštadažnis elektrinis signalas su fazių perslinkimu, juose sudaroma „bėgančioji“ virpesių banga, kuri pradeda sukuti ritinėlį 4 ir sistema „PEK-ritinėlis“ dirba kaip VBV. Ritinėlį 4 glaudžiai, su įtempimu, apgaubia 180° kampų iš priešingų pusių dvi lanksčios juostos 5 ir 6, o statmenai joms (5,6) ritinėlį 4 glaudžiai, su įtempimu, 180° kampų iš priešingų pusių apgaubia dvi lanksčios juostos 7 ir 8. Taigi, ritinėlis 4 gaubiamas lanksčiomis juostomis suminiu 720° kampų. Juostos 5 ir 6 vienais galais tvirtinamos prie šliaužiklio 9, o antraisiais galais – prie šliaužiklio 10. Atitinkamai juostos 7 ir 8 vienais galais tvirtinamos prie šliaužiklio 11, o antraisiais galais – prie šliaužiklio 12. Šliaužikliai 9,10,11,12 įstatyti korpuso 1 kreipiančiose 13,14,15,16 atitinkamai. Jie (9,10,11,12) gali būti kietai sujungti tarpiniais elementais – fiksatoriais 17,18,19 ir 20, įeinančiais į įrenginio (pvz., seifo) fiksavimo lizdus 21.

IŠVADOS

1. Apžvelgtos rolamaito tipo mechanizmų (RTM) konstrukcijos ir atlikta jų konstrukcinė analizė. Nustatyta, kad RTM pagal išpildymo būdą skirstomi į rėminius (su kreipiančiais paviršiais) ir nerėminius (be kreipiančių paviršių). Taip pat nustatyta, kad keičiant RTM struktūrinių elementų parametrus, galima sudaryti ir keisti RTM tampriąsias charakteristikas juose.

2. Atlikta rolamaitinių vykdomųjų įtaisų (RVĮ) su virpančiais elementais konstrukcinė analizė. Nustatyta, kad galima didžiąją RVĮ konstrukcijų įvairovę, kaip, pavyzdžiui, įvestais į RVĮ virpesių pjezoelektriniais keitikliais (PEK) ir jiems sąveikaujant su kitais RVĮ struktūriniais elementais galima valdyti trintį bei traukimo jėgą minėtuose įtaisuose.

3. Sudaryta ir pateikta Rolamaito tipo mechanizmų konstrukcijų klasifikacija.

4. Sudaryti RVĮ sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminiai modeliai, kai kontaktas tarp sistemos elementų deformuojamas ir nedeformuojamas. Atlikti teoriniai rolamaitinių vykdomųjų įtaisų sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminių procesų tyrimai, kai sistema neveikiama virpesiais. Nustatyta, kad sistemos „ritinėlis – juosta“ kūnai, patekę į tarpusavio nepraslydimo zoną, toliau juda vienodu greičiu. Pateiktos teorinių tyrimų kreivės.

5. Atlikti eksperimentiniai rolamaitinių vykdomųjų įtaisų dinaminių procesų tyrimai. Nustatyta, kad virpesiais galima valdyti trintį tarp RVĮ elementų. Taip pat nustatyta, kad RVĮ su sukamais virpančiais ritinėliais, palyginti su kitais, pasižymi didesne laikomąja geba ir yra žymiai jautresni.

6. Sukurta originali rolamaitinio vykdomojo įtaiso konstrukcija, kurioje panaudotas vienas ritinėlis ir suminiu 720° kampu jį gaubiančios keturios lanksčios juostos – glaudžiai, su įtempimu po dvi juostas, kiekviena iš priešingų pusių apgaubiančios ritinėlių 180° kampu, ir statmenai joms dar dvi lanksčios juostos, atitinkamai gaubiančios ritinėlių. Ritinėlis užmautas ant nejudamo žiedinio PEK su sudalintais elektrodais. Ritinėlis, sąveikaujantis su žiediniu PEK, priklausomai nuo PEK elektrodų maitinimo elektriniu signalu būdo, gali atlikti vibroguolio ar vibrovariklio funkcijas.

LITERATŪRA

1. **D.F. Wilkes**, 1967, Rolamite: A New Mechanical Design Concept.-Research Report SC-RR-67-656 A, Sandia Laboratories, December.-223p.
2. **D.F. Wilkes**, 1968, Rolamite: A New Mechanism.-Mechanical Engineering. April, v.90, No 4, p.11-29.
3. **C.M. Percival, F.R. Norwood**, 1969, A Theoretical and Experimental Investigation of the Dynamic Response of Rolamite. -Trans. ASME, Ser.B., v.91, No 1, p. 235-239.
4. **R.V. Cadman**, 1969, Rolamite – Geometry and Force Analysis. Journal of Engineering for Industry. Trans. ASME, Ser.B, Feb., v.91, No 1, p. 185-191.
5. **K. Ragulskis, R. V. Ulozas, N. Bakai, A. Palevičius**, 1990, Mechanisms of rolamite type (in Russian). -Vilnius, Mokslas, 200 p.
6. **R.V. Ulozas**, 2007, Teoretična in eksperimentalna analiza dinamike mehanizmov Rolamite - A Theoretical and Experimental Investigation of the Dynamics of Rolamite-Type Mechanisms. - Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering 53(2007)1, 26-47, ISSN 0039-2480.
7. **Funabashi H., Ogawa k., Katakura H.**, 1978, On an application of the rolamites to non-uniform motion mechanisms. Bull. JSME, 309-316 p.
8. Rolamaito tipo mehanizmo tyrimo prietaisas. TSRS išradimas Nr. 609074.

PRIEDAI