

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU:
Katedros vedėjas
Z. Ramonas

PJEZOELEKTRINIŲ VIBROVARIKLIŲ DINAMIKOS TYRIMAI

Magistro darbas

Darbo vadovas:
prof. dr. R. V. Ulozas

Recenzentas
doc. dr. J. Rimkus

Darbą atliko:
MM4 gr. stud.
Martynas Alijošius

Šiauliai, 2006

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Martynas Alijošius

PJEZOELEKTRINIŲ VIBROVARIKLIŲ DINAMIKOS TYRIMAI

Magistro darbas

Darbo vadovas:
prof. dr. R. V. Ulozas

Šiauliai, 2006

TURINYS

SUMMARY.....	3
IVADAS.....	4
1. VIBROVARIKLIŲ APŽVALGA.....	5
2. VIBROVARIKLIŲ KLASIFIKACIJA.....	13
3. VIBROVARIKLIŲ VEIKIMO PRINCIPAI.....	16
4. SINCHRONINIS PAVAROS UŽDAVINYS.....	17
4.1. Užtikrinimas funkcionalinio greičio priklausomumo nuo koordinacijų.....	17
5. DINAMINIO MODELIO TEORINIS TYRIMAS.....	20
6. ANALIZĖ DINAMINIŲ PROCESŲ, VYKSTANČIŲ SISTEMOJE „JUOSTA – RITINĖLIS“ RTM, NEBANDANT PAVEIKTI VIBRACINIŲ SUŽADINIMU.....	22
7. ANALIZĖ DINAMINIŲ PROCESŲ, VYKSTANČIŲ SISTEMOJE „JUOSTA – RITINĖLIS“ RTM, VEIKIANT VIBRACINIŲ SUŽADINIMU.....	26
8. TIKSLŪS MECHANIZMAI.....	32
8.1. Peristaltiniai siurbiai.....	32
8.2. Mikromanipuliatorių konstrukcijos.....	34
IŠVADOS.....	38
LITERATŪRA.....	39
PRIEDAI.....	40

SUMMARY

Dynamics of wave type piezoelectric vibromotors is analyzed in the article. The vibromotors are mechanisms transforming high frequency oscillations into directional movement. The constructions of the vibromotors are described and mathematical models are developed. The formulas to describe the velocity of rotor movement and the acceleration are presented. The major dynamical parameters of piezoelectric vibromotors are analytically defined. The present monograph is devoted to the problems of the technical design, the investigation and the application a new type of vibromotors based on the conversion of high – frequency mechanical oscillations into a continuous motion. The vibromotors developed have very high sensitivity and low time constant. The value of non-synchronicity of rotation of rotors mostly grows in elementary vibromotor with two rotors, least – in rolamite vibromotor, in which the converter of longitudinal fluctuations rotates both rotors.

ĮVADAS

Mes gyvename tokiais laikais, kai technologija žengia dideliais žingsniais į priekį. Tad kartais kas buvo nauja visai neseniai, gali pasirodyti greitu metu visai kitaip. Šiuolaikinėje technikoje naudojami mechaniniai, elektros ir kiti techniniai elementai turi atitikti tam tikrus kriterijus: būti labai tikslūs, nebrangūs, lengvai pritaikomi, nedidelių matmenų ir svarbiausia – patikimi. Todėl ir atsirado poreikis kurti tokius dalykus, apie kuriuos galėdavome tik pasvajoti tolimoje ateityje. Ne išimtis yra ir vibrovarikliai. Šiuo metu naudojami elektros varikliai nevisada atitinka jiems keliamus reikalavimus. Elektros varikliuose nėra didelės sukimosi dažnio ribos, įjungimo metu pakinta dinaminės charakteristikos. Tad norint turėti tikslius, patikimus ir įvairaus pritaikymo mechanizmus elektros varikliai nėra išeitis. Buvo ieškota naujų variantų, vienas iš tokių pasitvirtinusių buvo vibrovarikliai. Šio naujo išradimo veikimo principas yra pagrįstas mikrovibracijos panaudojimu.

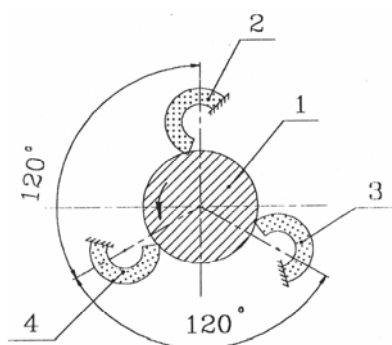
Vibrovariklių sukūrimo istorija – tai mechanizmų gaminimo ir tobulėjimo istorija, keičiančių virpamąjį judesį vienoje grandyje į nenutraukiamą (viduriniajame) judesį kitoje. Taip teisingai, jie išsaugo virpančio judesio šaltinį ir naudoja skirtingus metodus, kad sukurtų nevienareikšmės jėgos pasipriešinimą arba ryšių reakcija, kai judėjimas vyksta virpančiojo keitiklio teigiamoje arba neigiamoje kryptyje.

Šiame darbe apžvelgiami pagrindiniai vibrovariklių variantai – nuo paprasčiausių schemų, kur judesys gaunamas veikiant vykdomosius elementus įžambiu smūgiu, iki vibrovariklių, kurie veikia susidarant „bėgančiai bangai“. Analizuojamas kelių vibrovariklių sinchroninis judėjimas, kai jie dirba paraleliai, aiškinamasi, nuo ko priklauso vibrovariklio greitis. Analizuojamas dinaminio modelio teorinis tyrimas. Nagrinėjami dinaminiai procesai vykstantys sistemoje „Juosta – ritinėlis“, kai veikia ir neveikia vibracinis sužadimas. Aprašomi tikslių mechanizmų galimi variantai.

1. VIBROVARIKLIŲ APŽVALGA

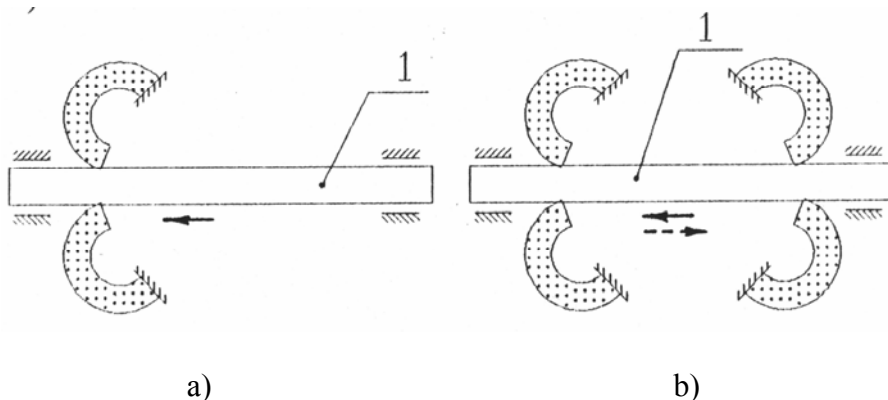
Vibrovarikliais (toliau-VBV) vadinami mechanizmai, kurie didelio dažnio (didesnio nei 20000 Hz) mechaninius svyravimus paverčia į tolygų arba žingsninį judesį. VBV gali turėti tiesiaieigį ir sukamąjį judesį. Jie (VBV) gali būti skirstomi į įvairias klases: pagal linijiniškumą, judėjimo rūšį, judėjimo charakterį, pagal judėjimo greičio reguliavimą, judėjimo sinchroniškumą. Apžvelgsime kai kurias VBV konstrukcijas.

Parodytame 1 pav. vibrovariklyje, judesį ritinėliui 1 suteikia pjezokeraminiai pusšiedžiai 2, 3, 4, kurie, gavę elektrinį impulsą, tiesiasi ir, prispaudę ritinėli 1, pastumia jį apskritimu.



1 pav.

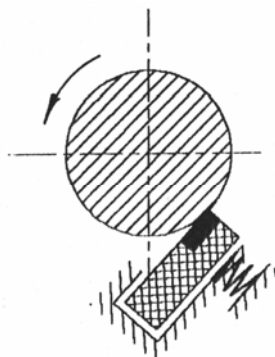
Todėl pjezokeraminiai pusšiedžiai 2, 3 ir 4 „maitinami“ aukštadažniais elektriniais impulsais, tai gauname tolygų sukamąjį ritinėlio 1 judesį. Nutraukus „maitinimą“, pjezokeraminiai pusšiedžiai 2, 3 ir 4 tampa stabdžiu. Šį principą galima pritaikyti tiesialinijiniame vibrovariklyje (2.a ir 2.b pav.).



2 pav.

Vibrovariklyje, pavaizduotame 2.a paveiksle, slankiklis 1 juda tik viena kryptimi. Panaudojus papildomus pjezokeraminius pusšiedžius (žiūr. 2.b pav.), galime gauti slankiklio 1 reversuojamąjį judesį.

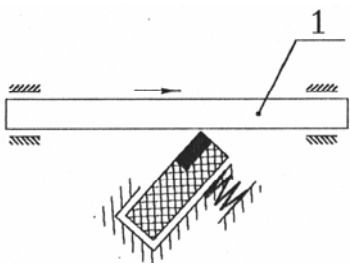
Kita vibrovariklio variantas parodytas 3 pav. Čia ritinėlio sukamasis judesys gaunamas, suteikus aukštadažnius elektrinius impulsus pjezokeraminei plokštei spyruokle, prispausta prie ritinėlio. Pjezokeraminės plokštės galas, besiliečiantis su ritinėliu, juda elipsoidine trajektorija ir, priverčia ritinėlį sukstis.



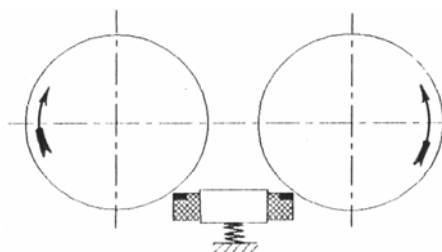
3 pav.

Norint gauti slankiklio tiesialinijinį judesį, galime taikyti schemą, parodytą 4 pav.

Panašiai (žr. 3 pav.) veikia vibrovariklis su dviem ritinėliams (5 pav.). Čia pjezokeraminis elementas sukamąjį judesį suteikia dviems ritinėliams, kurie sukasi priešingomis kryptimis.



4 pav.

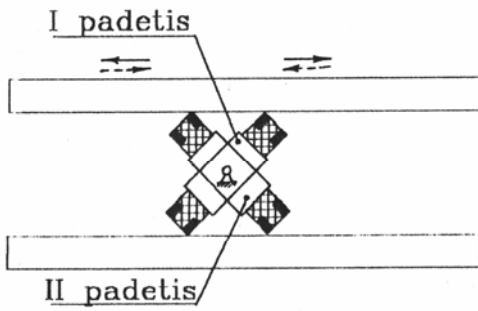


5 pav.

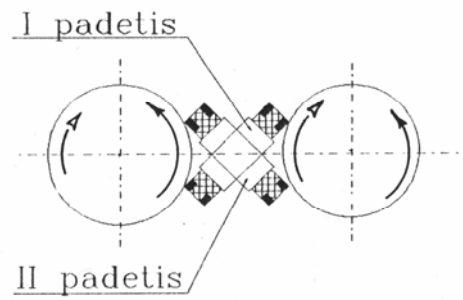
Dviejų slankiklių tiesialinijinį judesį priešingomis kryptimis, gautume, panaudoję mechanizmą, parodytą 6 pav. Perjungę šarnyrinį mechanizmą, kuriame įstatytas pjezoelementas, iš I padėties į II, gauname tų slankiklių grįžtamąjį judesį.

Panašiu principu, kaip ir 3 pav. parodytas vibrovariklis, gali veikti ir mechanizmas, kuriame du ritinėliai sukami į vieną pusę (7 pav.).

Perjungę šarnyrinį mechanizmą su įstatytu jame pjezoelementu, priverčiame ritinėlius sukstis į vieną pusę.

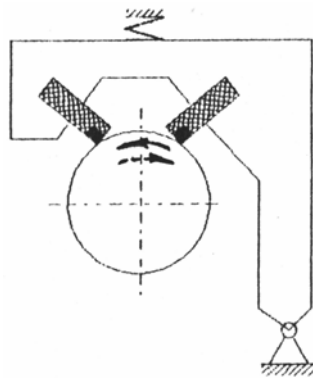


6 pav.



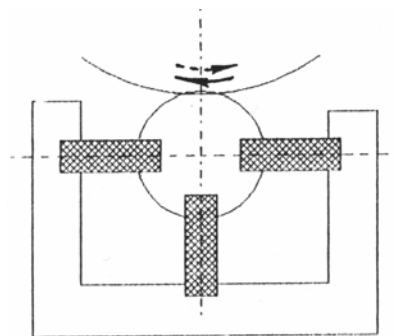
7 pav.

Gali būti ir toks variantas, kai vienas ritinėlis gali būti reversuojamas tame pačiame mechanizme. Tokio variklio pavyzdys gali būti prietaisas, parodytas 8 pav.



8 pav.

Panašus veikimo principas ir konstrukcijos su keliais pjezokeraminiais elementais, kaip parodyta 9 pav.

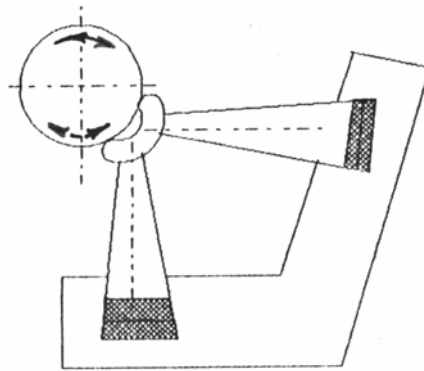


9 pav.

Šiuo atveju ritinėlio sukamasis judesys gaunamas, suteikiant elektrinį impulsą pjezokeraminiam elementui, esančiam statmenai ritinėlio ašiai ir vienam pjezokeraminių elementų, esančių lygiagrečiai šiai ašiai. Ritinėlio sukimosi kryptis šiuo atveju priklauso nuo to, kuriam iš

pastarųjų elementų suteikiami elektriniai impulsai. Šis principas gali būti pritaikytas ir linijiniam vibrovarikliui, tik ritinėlių galėtume pakeisti slankikliu, įstatytu tarp kreipiančiųjų, kaip parodyta ankstesniuose variantuose (2, 4 ir 6 pav.).

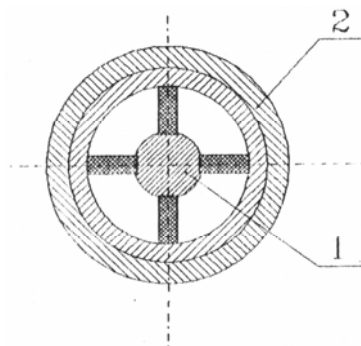
Kitokių vibrovariklių gautume, padarę mechanizmą, panašų į 9 pav. pavaizduotą konstrukciją, tačiau čia panaudoti pjezokeraminiai elementai su bangolaidžiais, padidinančiais virpesių amplitudę. Tai parodyta 10 pav.



10 pav.

Atitinkamai keičiant elektrinių impulsų „padavimą“ pjezokeraminiams elementams, galime padaryti taip, kad kontaktuojančiame paviršiuje kontaktinės trinkelės judesys sudarytų elipsoidinę trajektoriją pageidaujama kryptimi, t.y. ritinėlis sukėtųsi prieš arba pagal laikrodžio rodyklės kryptį.

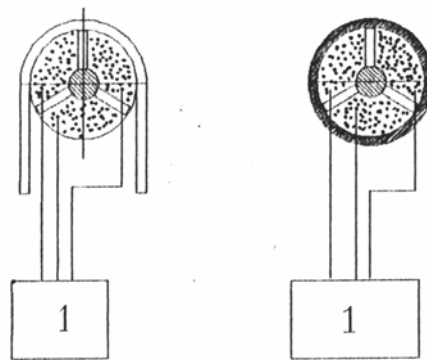
Įdomi vibrovariklio konstrukcija parodyta 11 pav. Čia sukamąjį ritinėlio judesį sukelia keturi pjezokeraminiai elementai, išdėstyti 90° kampu. Atitinkamai „paduodant“ elektrinį impulsą atskiriems pjezoelementams, išgaunamas ritinėlio judesys. Čia vidinė šerdis 1 yra įtvirtinta nejudamai, o sukasi išorinis ritinėlis (žiedas) 2.



11 pav.

O dabar apžvelgsime vibrovariklius, kuriuose naudojami pjezokeraminiai žiedai ar kurių elektrodai sudalinti į segmentus bei apgaubti judamu elementu – lanksčia juosta arba „kietu“ žiedu. Tai pavaizduota 12 pav., kur 1 – fazės perstūmimo schema.

Pjezokeraminiame elemente, kurį gaubia lankstus žiedas, kontaktuojantis su lanksčia juosta ar „kietu žiedu“, sukuriama „bėganti“ banga. Ši banga, perduodama lanksčiam žiedui ir priverčia lanksčią juostą judėti ar „kietą žiedą“ sukėti. Reikia pažymėti, kad VBV, kuriuose pjezokeraminiai žiedai gaubiami „kietu žiedu“ (12 pav. b), pasižymi mažesnėmis energijos sąnaudomis ir didesniu darbo patikimumu, nes išnaudojamas visas pjezokeraminio žiedo „darbinis“ paviršius.

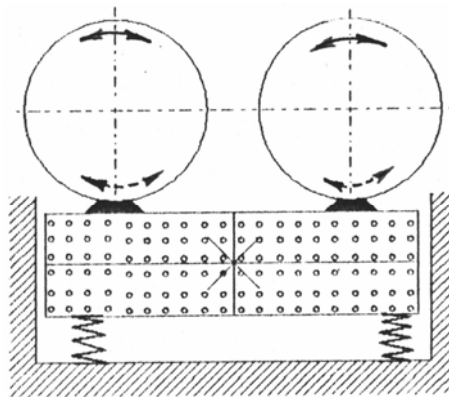


a)

b)

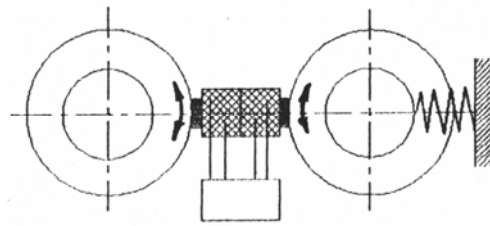
12 pav.

Vibrovarikliuose galima panaudoti pjezokeraminius elementus su sudalintais elektrodais. Tai sukelia galimybę vibrovarikliui dirbti reversiniu režimu (13 pav.).



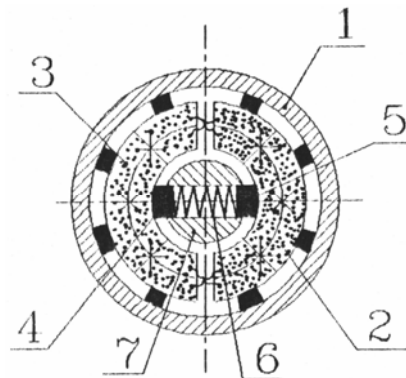
13 pav.

Čia ritinėliai gali būti sukami dviem skirtingomis kryptimis ir galima reversuoti jų sukimosi kryptį. Žymiai geresnis yra kitas variantas (14 pav.). Jame ritinėliai sukasi bet kuria kryptimi arba sinchroniškai viena ar skirtingomis kryptimis. Tai – gana universalus variantas.



14 pav.

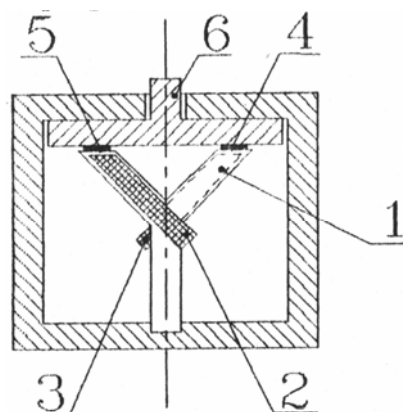
Taip pat galima pritaikyti VBV konstrukciją, parodytą 15 pav.



15 pav.

Šis VBV turi “kietą žiedą” 1, kurio viduje įtaisyti du pjezokeraminiai pusžiedžiai 2 ir 3, kurių elektrodai šachmatiškai sudalinti į segmentus. Pjezokeraminius pusžiedžius prie žiedo prispaudžia laikikliai 4 ir 5, veikiant spyruoklei 6, įstatytai į nejudamą ašį 7.

Įdomus techninis sprendimas pritaikytas vibrovariklio konstrukcijoje, kuri parodyta 16 pav.

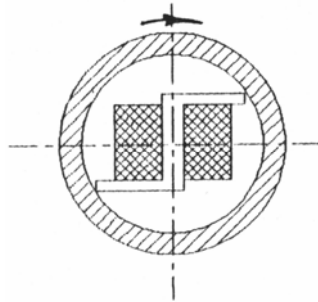


16 pav.

Šis VBV turi Y formos plokštelę 1, prie kurios viršutinių atšakų iš priešingų pusių pritvirtintos pjezokeraminės plokštelės 2 ir 3. “Padavus” aukštadažnių virpesių impulsus pjezokeraminėms plokštelėms, Y formos plokštelė 1 pradeda deformuotis dideliu dažniu, o

kontaktnės trinkelės 4 ir 5, judėdamos sudėtinga trajektorija, suka ritinėlį 6. Vis tik šis VBV yra sąlyginai sudėtingos konstrukcijos.

Panašus, tik paprastesnės konstrukcijos, vibrovariklis parodytas 17 pav. Tik čia vibratoriumi tarnauja Z formos tampri plokštelė, turinti išpjovą, į kurią, kaip parodyta brėžinyje (17 pav.) įstatomas pjezokeraminis elementas (plokštelė).

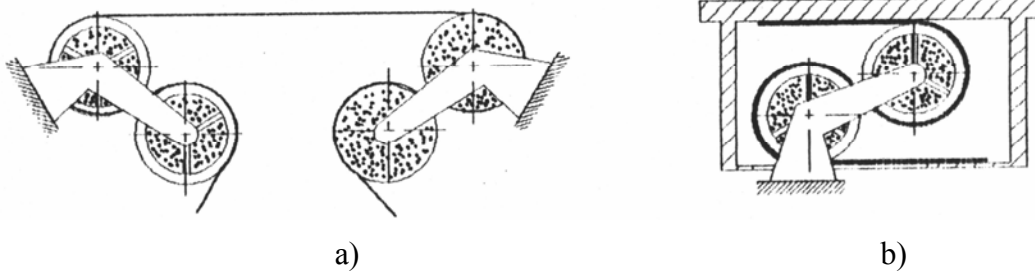


17 pav.

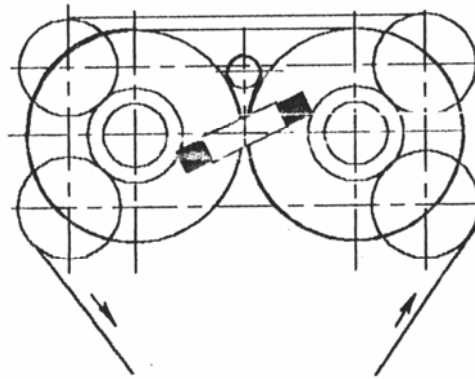
Paskutiniuose vibrovariklių pavyzdžiuose (nuo 7 iki 17 pav.) yra parodyti mechanizmai, kurie gali būti panaudoti tik kaip sukamieji varikliai. Tačiau, kaip yra žinoma, apskritimo lankas – tai sulenkta $2\pi R$ ilgio atkarpa, todėl kai kurias konstrukcijas galima panaudoti tiesialinijiniam judesiui gauti. Tam galime panaudoti D.F.Wilkes sukurtus “rolamaito” tipo mechanizmus. Toks mechanizmų pavadinimas kilęs iš angliškų žodžių “roller” – ritinėlis ir “mite” – įnašas, ir reiškia mokslininko D.F.Wilkes kuklų įnašą į ritininių mechanizmų tyrinėjimą. Galime pritaikyti šių mechanizmų ir sukamųjų vibrovariklių kombinaciją. Pasekoje gausime tiesialinijinius vibrovariklius. Pirmiausia parodysime, kur gali būti panaudoti aukščiau išvardinti sukamojo judesio vibrovarikliai.

Šis vibrovariklis, parodytas 12 pav. gali būti panaudotas juostos persukimo mechanizme (18 pav. a) ir tiesialinijinio perstūmimo atramoje (18 pav. b).

Apskritinį vibrovariklį, parodytą 7 pav. galėtume panaudoti tiesiogiai juostos transportavimui arba sukimui.



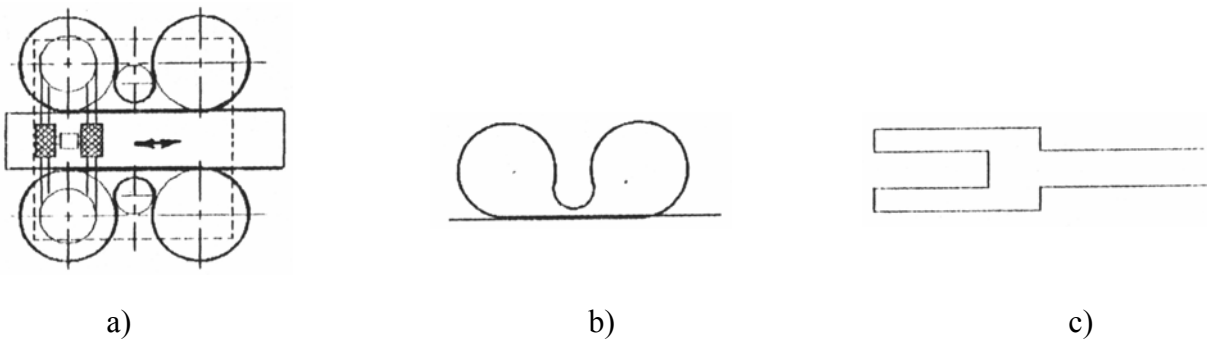
18 pav.



19 pav.

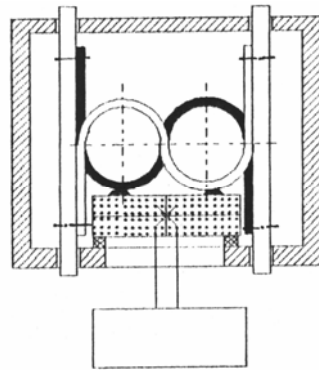
Kaip parodyta 19 pav., toks mechanizmas gali prasukti juosta, kurios ilgis neribojamas, t.y. sukamąjį judesį gali pakeisti į tiesialinį su ilgio apribojimu arba be jo.

Kiek kitoks mechanizmas parodytas 20 pav. Čia sukamasis vibrovariklis veikia pagal 5 pav. parodytą schemą, tačiau tiesialinijinis judesys gaunamas ribotos eigos, ir reikalinga sudėtingesnė juostos, gaubiančios ritinėlius, konfiguracija bei išvedžiojimas tarp ritinėlių. 20 pav. a parodytas visas tiesialinijinis vibrovariklis, b – juostos išvedžiojimas tarp ritinėlių, c – juostos forma.



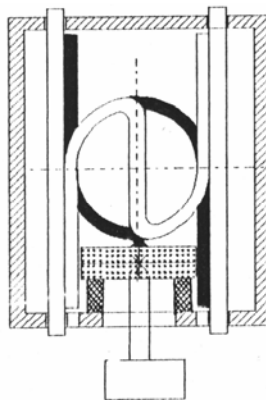
20 pav.

Jei panaudotume vibrovariklio schemą, parodytą 13 pav., tai atitinkamai sujungę juosta ritinėlius, gautume tiesialinijinį vibrovariklį, parodytą 21 pav.



21 pav.

Panaudodami tokį pat vibrovariklį, kaip pastarasis, galime gauti tiesialinijinį VBV, kurio kreipiančiosios judėtų priešingomis kryptimis. Tokia konstrukcija parodyta 22 pav.



22 pav.

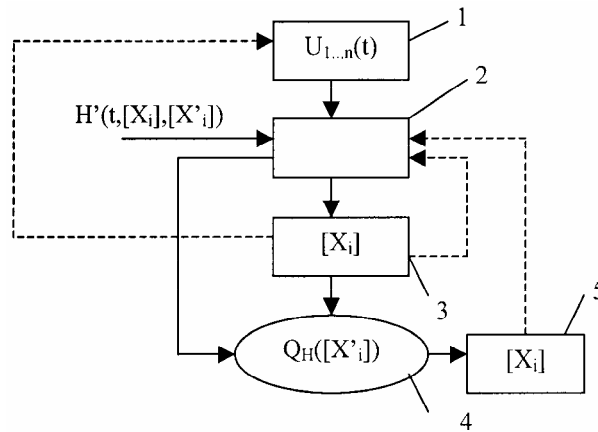
Vibrovariklių įvairumas, toli gražu, neapsiriboja pateiktais pavyzdžiais. Čia yra tik maža jų dalis, nes vibrovariklius galima panaudoti ir kituose mechanizmuose. Tai – įvairūs siurbiai, griebtai, jautrūs pozicionavimo įrenginiai ir kiti.

2. VIBRIVARIKLIŲ KLASIFIKACIJA

Nuo paties elementariausio vibrovariklio atsiradimo praėjo daug laiko, atsirado daug naujų konstrukcijų ir naujų veikimo principų, todėl yra būtina juos sugrupuoti ir išplėsti.

Pamatinė kvalifikacija prasideda nuo pagrindinės vibrovariklio schemos (23 pav.): elektrinių virpesių generatoriaus (1) su keliais išėjimais, besiskiriančiais savo dažniu ir faze yra prijungtas prie

valdančio įrenginio (2), kuris su valdymo signalu $H'(t, X, X')$ sudaro įtampos ateinančios į vibrokeitiklio (3) elektrodus, komutaciją ir moduliaciją. Reguluojamasis signalas H' gali priklausyti ne tik nuo laiko, bet ir nuo koordinatinių ašyse judančio elemento greičio $[X_i] = [X, Y, Z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z]^T$, kur X, Y, Z – koordinatinių ašyse judančio elemento poslinkiai; $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ – pasisukimai tose pačiose koordinatinių ašyse. [1]



23 pav. Bendra struktūrinė vibrovariklio schema

Vibrokeitiklis transformuoja elektrinę srovę į slenkamąjį arba į sukamąjį virpėjimą. Dėl reguliuojamo arba nereguliuojamo nelineiškumo (4) kontakto zonoje vibrokeitiklio virpesiai keičiasi į judančio elemento poslinkį (5). Piešinyje (23 pav.) atgalinis ryšys perduodamas tarp: a) vibrokeitiklio (3) ir generatoriaus (1) – dėl virpėjimo stabilizacijos, kai veikia įvairūs trukdžiai: senėjimas, išsidėvėjimas, temperatūriniai pokyčiai ir t.t.; b) vibrokeitiklio (3) ir reguliuojamo bloko (2) – dėl greičio stabilizacijos nustatant poziciją, dėl optimalių judėjimo įstatymų.

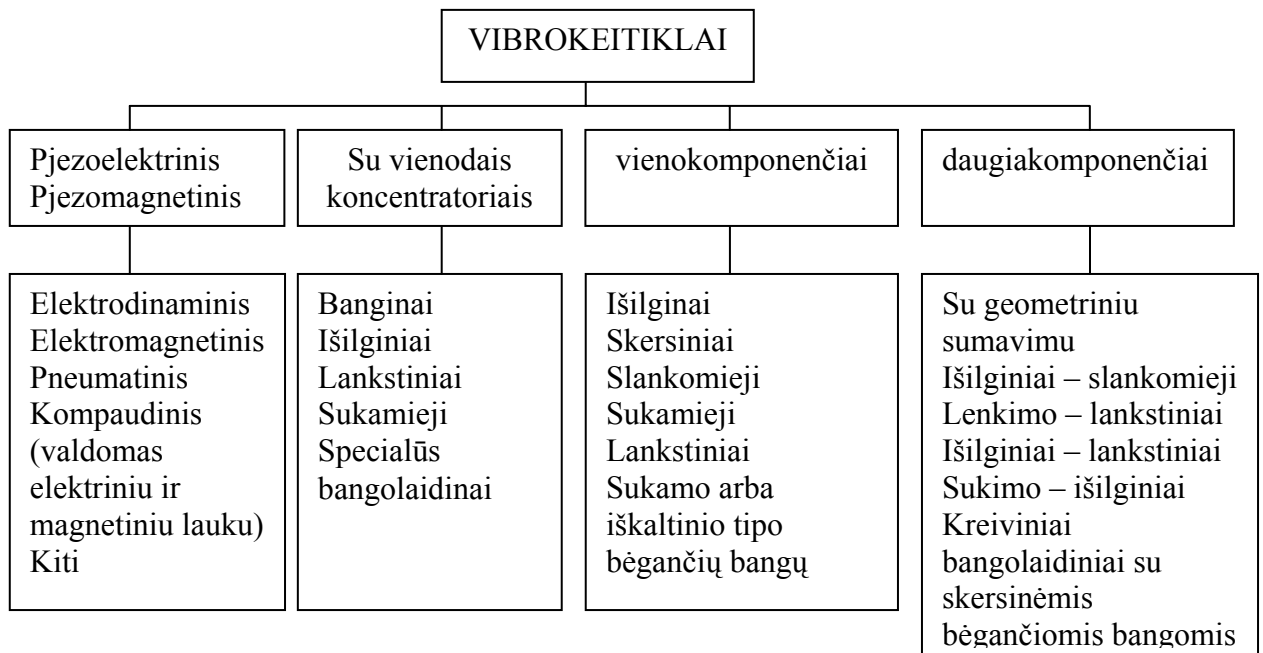
Galima suskirstyti vibrovariklius į grupes:

1. Pagal nelineinį judėjimą (priskiriamas vienatipiui dinaminiam modeliui):
 - a) vibrovarikliai su krepiamuoju mušimu;
 - b) su frikciniu kontaktu (anizotropiniu);
 - c) banginiai;
 - d) su asinchroniniais virpėjimo ciklais;
 - e) su reguliuojamu ryšiu kontakte;
 - f) mechanizmai su išoriniu momentu.
2. Pagal judėjimą:
 - a) sukamojo;
 - b) slenkamojo;
 - c) sudėtinio.

3. Pagal judėjimo režimus:
 - a) neatitrūkstamas, kada keitiklis su judančiu elementu yra visada susilietę;
 - b) kontaktas atsilietinėja (nebūna susilietę), (įjungiant smūginį režimą, kada pasikartojantys smūgiai gali būti $n \geq 1$;
 - c) režimas spaudžiant orine pagalve, smarkiai sumažina momentą arba slinkimo jėgą.
4. Pagal judėjimo charakterį:
 - a) nenutrūkstamas arba vibruojantis judančio elemento judėjimas;
 - b) žingsninis, su žingsniniu periodu ir jo dydžio reguliavimu;
 - c) start-stopinis.
5. Pagal judančio elemento greičio reguliavimo būdą:
 - a) su amplitudine vibracine moduliacija;
 - b) su dažnine vibracine moduliacija;
 - c) su fazine vibracine moduliacija;
 - d) keičiant parametrus nelinejiniame valdyme.
6. Pagal keičiantį sukimo kryptį:
 - a) nereversinis;
 - b) reversinis, reversas prasideda pakeitus dažnį, amplitudę arba šaltinio maitinimo fazes;
 - c) reversinis, kada reversas prasideda pakeitus tamprumo jėgą kontakte.
7. Pagal sinchroninį judėjimą:
 - a) asinchroninis – nesuteikiantis didelės reikšmės judančio elemento padėčiai arba jo greičiui nuo maitinimo šaltinio;
 - b) sinchroniniai, dažnai prie jų dar būna sinchronizuojantys ryšiai, pvz. magnetiniai.
8. Pagal laisvės laipsnį judėjime:
 - a) vieno laisvės laipsnio judėjimo;
 - b) nuo 2-ųjų iki 5-ųjų laisvės laipsnių judėjime;
 - c) su 6-iais laisvės laipsniais (pasiekama pasitelkus reologija reguliuojamas medžiagas);
 - d) su nenustatytu laisvės laipsniu judėjime (su elastingu vibrokeitikliu).
9. Pagal turimus atgalinius ryšius:
 - a) atviras;
 - b) neatviras, su atgaliniu ryšiu pagal padėtį, greitį arba jėgą veikiančiame kontakte.

10. Pagal vibrokeitiklio tipą (24 pav.):

- a) pjezoelektrinis;
- b) pjezomagnetinis;
- c) elektrodinaminis;
- d) elektromagnetinis;
- e) pneumatinis.



24 pav. Keitiklių klasifikacija

3. VIBROVARIKLIŲ VEIKIMO PRINCIPAS

Vibrovariklių veikimo principas artimas bendrai mechanizmų klasei – virpėjimas pakeičiamas į judėjimą. Šiai klasei priskiriami reketo, laisvo judėjimo ir t.t. mechanizmai. Jie dirba prie žemų dažnių ir neperžiangia 1000Hz. Vibrovarikliais vadinsime mechanizmus, kurie keičia aukšto dažnio (pradedant 20000Hz.) mechaninius virpesius į nenutrūkstamą arba į žingsninį judėjimą. Tokiu atveju, pagrindinis parametras yra virpėjimo dažnio skirtumas, kuris atskiria vibrovariklį nuo žinomų mechanizmų, kurių virpesius paverčia į judėjimą. Aukšto dažnio virpesiai keičia įtaisy parametrus ir tuomet pasireiškia nauji reiškiniai, kurių nėra mažo dažnio mechanizmuose. [1]

Daugelio vibrovariklių virpėjimo amplitudės keitimo dydis yra mažas – nuo $0.1 \cdot 10^{-3}$ iki $10 \cdot 10^{-3}$ mm. maksimalią reikšmę sudaro amplitudė, kuri yra 0.1 – 0.2 mm. Ji reikalinga greito judesio įrengimuose.

Vibrovarikliai, virpesius paverčia judėjimu – tai gali būti sukimo, slinkimo ir t.t. todėl vibrovariklius galima suskirstysime į keletą grupių:

- 1) didelio dažnio su įstrižu smūgiu;
- 2) su frikciniu anizotropiniu kontaktu;
- 3) banginiai vibrovarikliai;
- 4) su cikliniu asimetriniu judesiu;
- 5) su reguliuojamu lietimosi judesiu;
- 6) su išoriniu momentu.

4. SINCHRONINĖS PAVAROS UŽDAVINYS

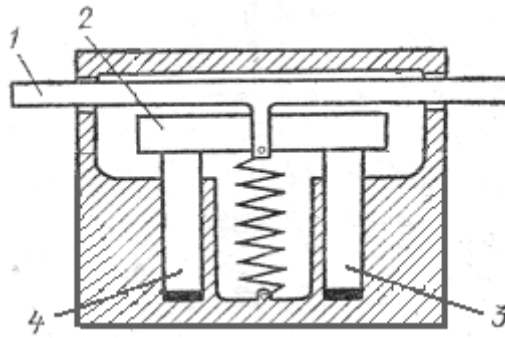
Viena išskirtinių savybių bet kokio tipo vibrovariklyje – buvimas vienareikšmės priklausomybės tarp transformatoriaus periodo virpesių skaičiaus ir padėties, judančios grandies vibrovariklyje. Remiantis transformatoriaus frikciniu veikimo principu ir judamos grandies pagrindu, vibrovariklis yra nesinchroninis prietaisas. Be atvirkštinio ryšio daviklių, judamos grandies padėtis negali būti užduota tėkmėje pakankamoje tęstiniam laikui. [1]

Prietaisų konstravimo ir eilėje kitų uždavinių technikos srityje yra pakankamai dažnos užduotys darnaus pajungimo kelių velenų arba perkeliamų objektų. Pajungimo sistema turi užtikrinti kairiuos nesuderinamus judesius atskiruose laiko tarpuose, pavyzdžiui žingsninio režimo darbe. [1]

4.1. UŽTIKRINIMAS FUNKCIONALINIO GREIČIO PRIKLAUSOMUMO NUO KOORDINAČIŲ

Įpratuose vibrovariklių schemose judamos grandies padėtis nėra susijusi su jos greičiu. Bet judamosios grandies greitis vibrovariklyje priklauso nuo transformatoriaus virpesių amplitudės. Turint omenyje, jog transformatoriuose išilginių, išlenktų, slenkamųjų arba sukamųjų bangų virpesių amplitudės susietos su koordinate, išsiaiškinsim greičio ryšį su judamos grandies padėtimi. Tai leis galimybę sinchronizuoti su bet kurio s_v (sinchroninio koeficiento laipsniu) keletą paraleliai dirbančių vibrovariklių. [1]

Išnagrinėsime vibrovariklio schemą su dviem aktyviais elementais kontakto zonoje (25 pav.), tik vietoj radialinių transformatoriaus virpesių sužadinsim išlenktus į transformatoriaus paviršių.



25 pav. Linijinio vibrovariklio su dviem aktyviais elementais kontakto zonoje schema: 1 – šliaužiklis; 2, 3, 4 – transformatoriai

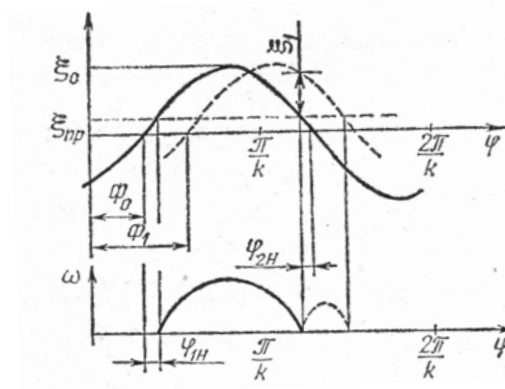
Užsirašom išraišką radialiniam komponentui sekančia forma:

$$\xi(\varphi, t) = \xi_0 k \sin k(\varphi - \Phi) \cos pt, \quad (4.1)$$

Čia φ – kampinė koordinatė, k – koeficientas, apibrėžiantis išlenktų virpesių formą. Dydis Φ – geometrinė virpesių fazė – apibrėžia mazgų dažnį virpesiuose ir gali būti reguliuojama ribuose:

$$-2\pi/k \leq \Phi \leq 2\pi/k; \quad (4.2)$$

Tada koordinatės φ ryšys su greičiu w judamos grandies aiškus: jeigu žiediniame transformatoriuje sužadunami išlenktų virpesių formos su faze Φ_0 , tai greitis judamos grandies pateikiamas ištisine kreive (26 pav.).



26 pav. Schema, aiškinanti vibrovariklių sinchroniškumą

Čia φ_{1H} ir φ_{2H} – priekinė ir paskutinė nejautrumo zonos, nustatomos ribinėmis amplitudėmis ξ_{np} radialiniais žiedo virpesiais. Tokiu būdu, sukimasis vyks iki $\varphi = \varphi(\Phi_0)$ reikšmės, atitinkamos Φ_0 fazės

$$\varphi(\Phi_0) = \frac{\pi}{k} + \Phi_0 - \varphi_{2H}; \quad (4.3)$$

kurioje

$$\frac{d\varphi(\Phi_0)}{dt} = 0; \quad (4.4)$$

Jei pakeisim fazę Φ iki Φ_1 reikšmės, tai gausim greitį parodytą brūkšnine kreive, o koordinatė $\varphi(\Phi_1)$ bus lygi

$$\Phi(\Phi_1) = \varphi(\Phi_0) + \Phi_1 - \Phi_0; \quad (4.5)$$

tai yra padėtis judamosios grandies yra susijusi su geometrine Φ faze.

Greičių kreivės paveiksle duotos prie fiksuotų Φ_0 ir Φ_1 . Jei $\frac{d\Phi}{dt} \neq 0$, o greitis prie maksimalių amplitudžių radialinių virpesių žymiai didesnis nei $\frac{d\Phi}{dt}$, tai

$$w|_{\xi=\xi_0} \geq \frac{d\Phi(t)}{dt}, \quad (4.6)$$

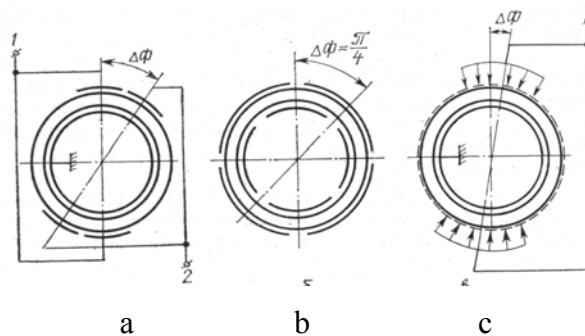
tai nesunku parodyti, kad

$$w = \frac{d\Phi(t)}{dt}; \quad (4.7)$$

tai yra, vyksta seka palei $\Phi(t)$ fazę.

Reguliuojant fazę Φ , galima įvykdyti sinchronizaciją kelių vibrovariklių padėties ir greičio atžvilgiu. Pirmame atvejyje reikalinga informacija apie grandies greitį. Taip kaip w priklauso nuo ξ , greičio davikliams gali tarnauti transformatorius 2 (25 pav.), kuriame panaudoti papildomi elektrodai; nuimama nuo jų įtampa turi priklausyti tik nuo normalinio sudedamojo smūgio.

Diskretinė Φ fazės reikšmė užduodama komutuojamais transformatoriaus elektrodais. Pavyzdžiui, geometrinė fazė išlenktų virpesių žiedinio transformatoriaus, kai $k=2$, keičiasi į $\Delta\Phi$ su generatoriaus perjungimu nuo elektrodo 1 į elektrodą 2 (27a pav.). [1]



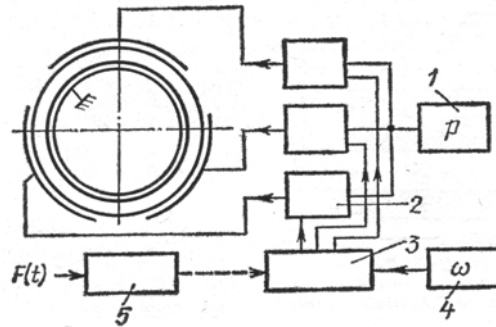
27 pav. Diskretinis valdymas geometrinės fazės išlenktų virpesių ($k=2$) pjezoelektrinio žiedo su radialine poliarizacija

Naudojant žingsninį režimą, fazės pakeitimas $\Delta\Phi = \pi/2k$ pasiekiamas simetrijų transformatorių pagalba (27b pav.). Shemoje yra atvejis, kai $k=2$, t.y. ižeminimas vidinių elektrodų ir prijungimas paporiui sujungtų elektrodų į simetrijų generatoriaus išėjimą elektrinių virpesių

duoda $\Phi=0$. Kai įžeminami išoriniai elektrodai ir prijungiami vidiniai prie generatoriaus, aprūpinama $\Phi_1=\pm\pi/4$ (ženklas priklauso nuo elektrodų sujungimo tvarkos).

Kai yra mažos $\Delta\Phi$ reikšmės, naudojami linijiniai elektrodai (27b pav.), sujungiami į grupes priklausomai nuo k ir kt .

Schemas su analoginiu arba laikiniu Φ valdymu – sudėtingesnės.



28 pav. Schema, aprūpinanti Φ pasikeitimą laike

Paveikslėlyje (28 pav.) sujungta schema realizuojamos geometrinės fazės, besikeičiančios pagal linijinę taisyklę

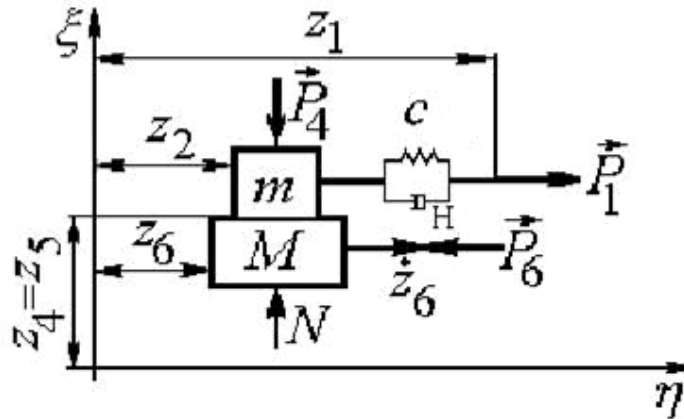
$$\Phi = \omega t \quad (4.8);$$

kai $\omega \ll p$. Įtampa iš generatoriaus 1 dažniu p , lygi rezonanso išlenktų virpesių dažniui, kai $k=2$, veikia per fazojautrius modulatorius 2 į radialiai poliarizuotų pjezokeraminių žiedų elektrodus (jų skaičius n). Transformatorius fazę 3 transformuoja į vienafazį generatoriaus signalą 4 dažniu ω į n – fazinius signalus, patenkančius į vieną iš modulatoriaus išėjimų 2. Kiekvienas modulatorius pakeičia fazės įtampą p į 0 arba π , priklausomai nuo generatoriaus įtampos ženklo 4. Permoduluota signalu, kurio dažnis ω , įtampa patenka į transformatoriaus elektrodus.

Kaip parodyta paveikslėlyje (28 pav.), duotoji schema gali būti panaudota daug bendresniai užduočiai – bet kurios funkcijos $\Phi(t)$ realizacijai, užduota įtampa $F(t)$. Nuo anksčiau aprašytos schemas skiriasi tik amplitudinio – dažninio transformatoriaus 5 įvedimas. [1]

5. DINAMINIO MODELIO TEORINIS TYRIMAS

Ritinėliai rolomaitinio tipo mechanizmuose (RTM) yra apgaubiami lanksčia juosta dideliu kampu. RTM vibruojančiais elementais gali būti tiek ritinėlis, tiek juosta. Todėl reikia nustatyti įtaką vibracinio sužadavimo praslydimo procesuose tarp lanksčios juostos ir ritinėlio. Rolomaito tipo mechanizmų dinaminiai modeliai yra sudėtingi, todėl teorinis jų tyrimas yra sudėtingas. Dėl to sudarysim supaprastintą dinaminį modelį „juosta – ritinėlis“ RTM, duodantį galimybę išanalizuoti ir atitinkamai įvertinti vibracijos poveikį praslydimo procesui. [2]



29 pav. RTM sistemos „juosta – ritinėlis“ dinaminis modelis: m – juostos masė; M – ritinėlio masė; N – normalinė jėga; P_1 – juostos traukimo jėga; P_4 – juostos prispaudimo prie ritinėlio jėga; P_6 – pasipriešinimo judesiui jėga; c – tamprusis elementas; H – slopinimo elementas

Sudarome dinaminį modelį „juosta – ritinėlis“. Juosta įvertinama sukoncentruotu parametru. Kontakto zonos viduryje tarp juostos ir ritinėlio yra sutelkta juostos masė m , likusi dalis kuri yra išilgine kryptimi pakeista tampriu c ir disipatyviu H elementais. Kitos priimtoms reikšmės: z_i ($i=1, \dots, 6$) – elementų perėjimas (normaline ir tangentine kryptimi). \vec{P}_1 – judėjimo jėga; \vec{P}_6 – pasipriešinimo judesiui jėga; \vec{P}_4 – juostos (m) prispaudimo prie ritinėlio (M) jėga, kuri iššaukia normalinio pasipriešinimo jėgą N . Šiuo atveju kontaktas tarp juostos ir ritinėlio yra nedeformuojamas, o elementai c ir H nusako reologines juostos savybes. Šiai sistemai parašytos judėjimo diferencialinės lygtys. Jų sudarymas pagrįstas antruoju Niutono dėsniumi.

Jėgų sumą taške A aprašo lygtis (5.1)

$$H(z_1 - z_2) + c(z_1 - z_2) = P_1 \quad (5.1)$$

Antrasis Niutono dėsnis kūnui, kurio masė m , užrašomas lygtimi (5.2):

$$mz_2 - H(z_1 - z_2) - c(z_1 - z_2) + Nf_0 \operatorname{sign}(z_2 - z_6) + f(z_2 - z_6) = 0 \quad (5.2)$$

Antrasis Niutono dėsnis kūnui, kurio masė M , užrašomas lygtimi (5.3):

$$Mz_6 - Nf_0 \operatorname{sign}(z_2 - z_6) - f(z_2 - z_6) = P_6 \quad (5.3)$$

O jėgų, veikiančių sistemą ξ ašies atžvilgiu, suma turės (5.4) lygties išraišką:

$$mz_5 + P_4 = N \quad (5.4)$$

Įvertinus naujus kintamuosius, diferencialinės judesio lygtys įgaus išraišką (5.5)

$$\begin{aligned} 2h(x_1' - x_2') + (x_1 - x_2) &= F_1, \\ x_2'' - 2h_{12}(x_1' - x_2') - (x_1 - x_2) + N'f_0 \operatorname{sign}(x_2' - x_6') + f(x_2' - x_6') &= 0, \\ \mu x_6 - N'f_0 \operatorname{sign}(x_2' - x_6') - f(x_2' - x_6') &= -F_6, \\ x_5'' + F_4 &= N'. \end{aligned} \quad (5.5)$$

Išorinis sužadinimas bedimensinėje išraiškoje:

$$\begin{aligned} F_1 &= a_1 + b_1 x_1' + d_1 \sin(\nu\tau + \alpha_1), \\ F_4 &= a_4 + b_4 x_4' + d_4 \sin(\nu\tau + \alpha_4), \\ F_6 &= a_6 + b_6 x_6' + d_6 \sin(\nu\tau + \alpha_6), \\ x_5 &= d_5 \sin(\nu\tau + \alpha_5). \end{aligned} \quad (5.6)$$

Naudingo veikimo koeficientai:

$$\begin{aligned} \underline{A}_n &= \int F_6 x_6' d\tau \\ A_j &= \int F_1 x_1' d\tau \end{aligned} \quad (5.7)$$

Judėjimo greičio netolygumas:

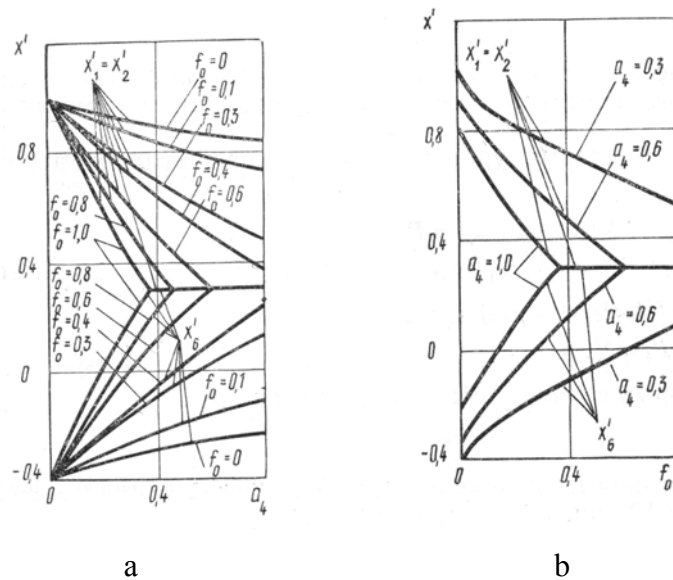
$$\begin{aligned} \Delta x_s' &= \frac{x_{s\max}' - x_{s\min}'}{x_s'}; \\ \checkmark \text{cia} & \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$x_s' = \frac{x_{s\max}' - x_{s\min}'}{2}$$

6. ANALIZĖ DINAMINIŲ PROCESŲ, VYKSTANČIŲ SISTEMOJE „JUOSTA-RITINĖLIS“ RTM, NEBANDANT PAVEIKTI VIBRACINIŲ SUŽADINIMU

Kad galėčiau palyginti vykstančius dinامينius procesus tiriamoje sistemoje, pasirinkau analizuoti sistemą „juosta – ritinėlis“ neveikiant ir veikiant vibracijai. Šiame skyriuje analizuosiu sistemos „juosta – ritinėlis“ darbą RTM nesant vibraciniam sužadinimui. Analizuojama nepraslydimo zona priklausys nuo sistemos parametru. [2]

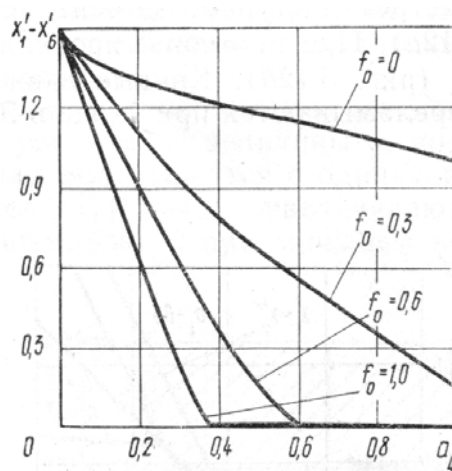
Analizuojamame atvejuje $d_1 = d_4 = d_5 = d_6 = 0$.



30 pav. Grafikai, parodantys kūnų greičius sistemoje nustatytuose judėjimo režimuose nuo judėjimo parametru kai $a_1=0,5$; $b_1=b_6=-0,5$; $2h_{12}=0,2$; $\mu=1,0$; $f_1=0,1$

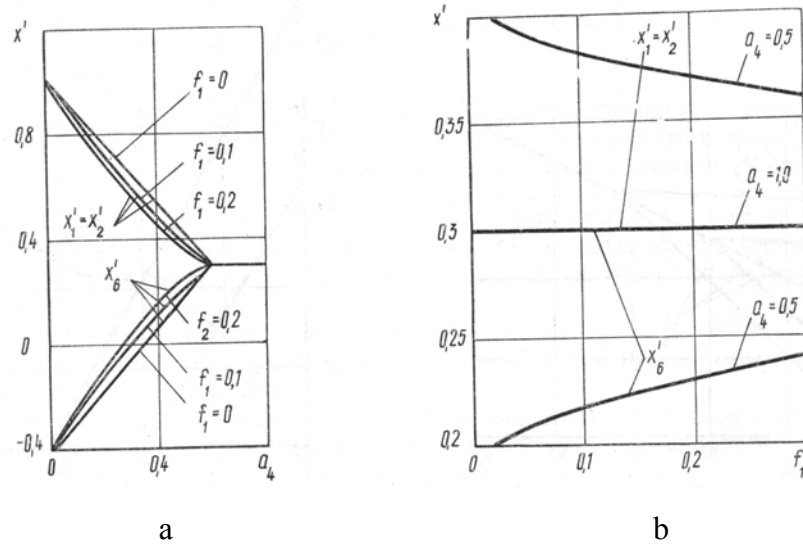
30a pav. a_4 užduotoje reikšmėje greičiai x'_1 , x'_2 ir x'_6 analizuojamuose kūnuose yra vienodi, t.y. kūnai nepraslysta tarp savęs esant pakankamam f_0 sausos trinties koeficientui praslystant. Reikia pabrėžti tai, kad kuo didesnis dydis a_4 esant $f_0=\text{const}$, tuo greičiau susidaro kūnų nepraslydimo zona (KNZ). Tai sritis, kurioje, manoma, vyksta bendras kūnų judėjimas analizuojamoje sistemoje be praslydimo atsižvelgiant vienas į kitą. [2]

Be to esant atitinkamai f_0 reikšmei, a_4 didinimas turi prasmę tik iki KNZ. Po to, kai yra pasiekama KNZ, tolesnis didinimas yra beprasmis, todėl kūnai ima sukstis tuo pačiu greičiu (30 ir 31 pav.).



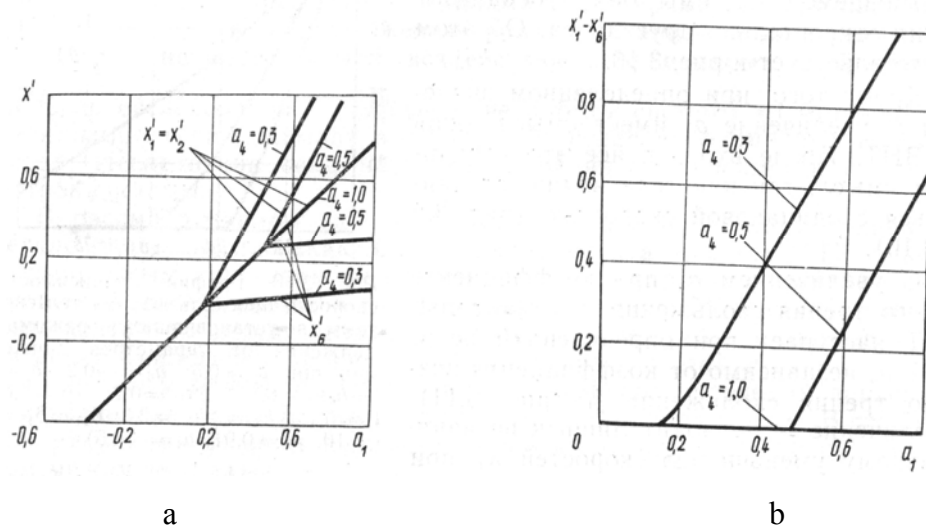
31 pav. Grafikas, parodantis kūnų praslydimo greičius sistemoje nustatytaime judėjimo režime kai $a_1=0,5$; $b_1=b_6=-0,5$; $2h_{12}=0,2$; $\mu=1,0$; $f_1=0,1$

Padidėjus a_4 , esant sausos trinties praslydimio koeficientui $f_0 = \text{const}$ KNZ atsiranda esant tam tikrai a_4 dydžiui nepriklausomai nuo tamprios trinties praslydimio koeficiento f_1 (32 pav.). f_1 didinimas įtakoja tik nežymiai mažindamas x'_1 greitį užduotoje a_4 reikšmėje, tačiau KNZ esant duotai f_0 reikšmei atsiranda tam tikroje a_4 reikšmėje, greičiai x'_1 , x'_2 ir x'_6 tampa vienodi.



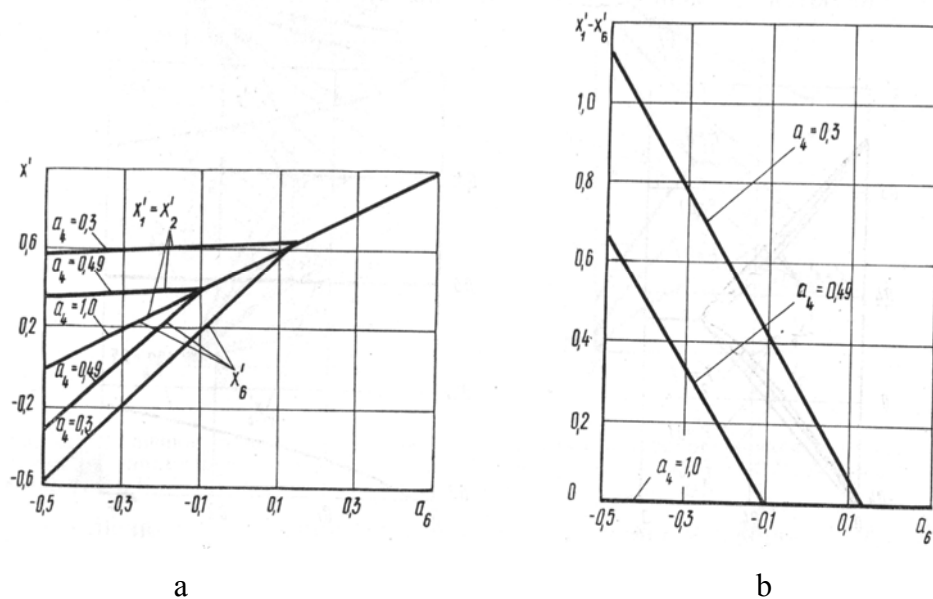
32 pav. Grafikai, parodantys sistemos greičius nustatytuose judėjimo režimuose priklausomai nuo judėjimo parametru kai $a_1 = 0,5$; $b_1 = b_6 = -0,5$; $2h_{12} = 0,2$; $\mu = 1,0$; $f_1 = 0,1$

Esant tam tikrai a_4 reikšmei, greičiai x'_1 , x'_2 , x'_6 analizuojamuose kūnuose išsilygina sumažindami dydį a_1 , tai yra kuo mažesnis a_1 , tuo greičiau atsiranda nepraslydimio momentas tarp kūnų (33a pav.). Kai $a_1 = \text{const}$ kūnų praslydimas sumažėja didėjant dydžiui a_4 (33 b pav.). Reikšmių kreivės, parodytos 33 pav., žymiai pasikeičia atsiradus KNZ. [2]



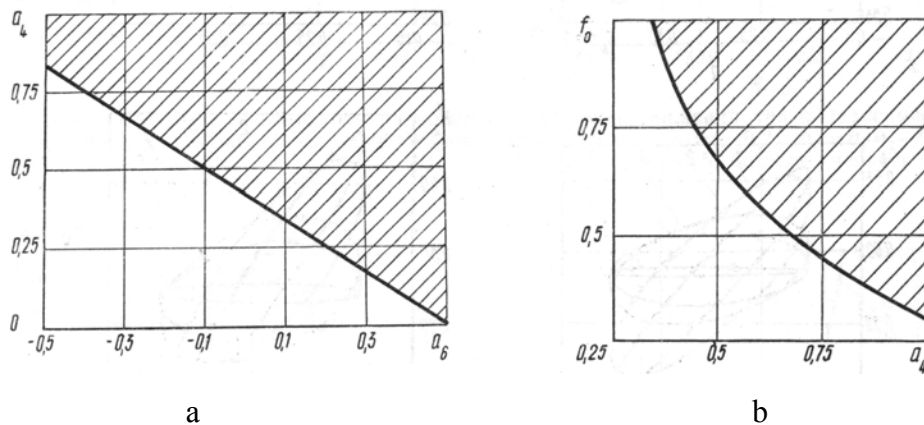
33 pav. Grafikai, parodantys sistemos greičius nustatytuose judėjimo režimuose priklausomai nuo judėjimo parametru kai $b_1 = b_6 = -0,5$; $2h_{12} = 0,2$; $\mu = 1,0$; $f_1 = 0,1$; $a_6 = -0,2$

Esant $a_6 = \text{const}$ kuo didesnis dydis a_4 , tuo greičiau atsiranda KNZ. Jei $a_4 = \text{const}$, kūnų nepraslydimas atsiranda didėjant a_6 iki tam tikros ribos (34a, b pav.).



34 pav. Grafikai, parodantys sistemos greičius nustatytuose judėjimo režimuose priklausomai nuo judėjimo parametrų kai $b_1 = b_6 = -0,5$; $2h_{12} = 0,2$; $f_0 = 0,6$; $f_1 = 0,1$

Pagal 35 pav., didinant a_4 ir a_6 atsiranda kūnų nepraslydimas. Kai užduota a_6 reikšmė, a_4 didinimas yra beprasmis. Kūnai yra KNZ, todėl kad jie juda vienodu greičiu. Didėjant a_6 , greičiai $x'_1 = x'_2 = x'_6$ didėja, tačiau KNZ užtikrinimas yra įmanomas ir prie mažesnių a_4 reikšmių (35a pav.).

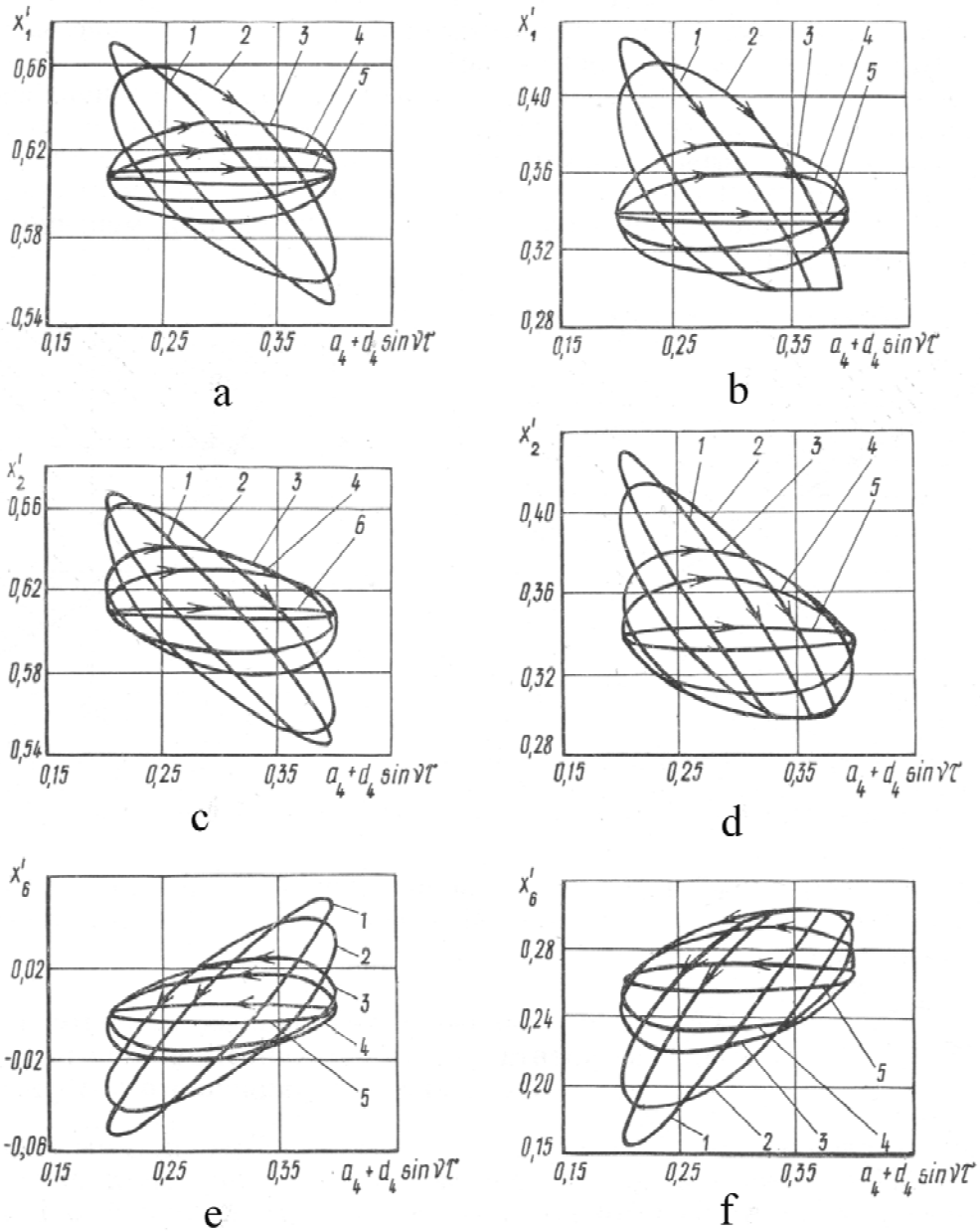


35 pav. Sritys, kuriuose egzistuoja nustatyti kūnų judėjimo režimai sistemoje priklausomai nuo parametrų kai $a_1 = 0,5$; $b_1 = b_6 = -0,5$; $2h_{12} = 0,2$; $f_1 = 0,1$

Esant $a_4 = \text{const}$ KNZ atsiranda didėjant f_0 ir atvirkščiai, esant $f_0 = \text{const}$, didinant a_4 pasiekiamas KNZ (35b pav.).

7. ANALIZĖ DINAMINIŲ PROCESŲ, VYKSTANČIŲ SISTEMOJE „JUOSTA – RITINĖLIS“ RTM, VEIKIANT VIBRACINIŲ SUŽADINIMU

Išanalizuosim atvejį, kai sistemoje „juosta – ritinėlis“ RTM su nedeformuojamu kontaktu tarp kūnų veikia vibracija, tai yra $d_1, d_4, d_5, d_6 \neq 0$.

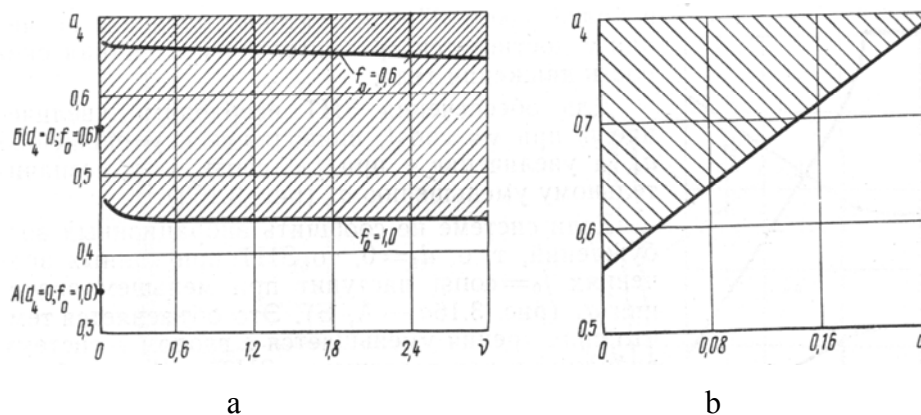


36 pav. Fazinės kūnų greičių greičių diagramos sistemos „juosta – ritinėlis“ priklausančios nuo vibracinio sujaudinimo parametru, kai $a_4=0,3$; $d_4=0,1$; $\alpha_4=0^0$; $v/2\pi$ lygus: 1 – 0,03; 2 – 0,08; 3 – 0,2; 4 – 0,3; 5 – 1,5; 6 – 5,0

Išanalizuosime priklausomybę fazinių diagramų nuo kūno judėjimo greičio, kai veikia vibracija (36 pav.). Iš diagramų galima nustatyti dinامينius reiškinius nagrinėjamoje sistemoje. Atitinkamai iš 36 pav., didinant kūno amplitudę a_4 priklausomai nuo koeficiento f_0 sausos trinties bus ar nebus praslydimas. Kai $f_0=0,6$ kūno greičiai x'_1 , x'_2 , x'_6 skirtingi (36a, b, c pav.), o kai $f_0=1,0$ tuose pačiuose darbo sąlygose kūnai įeina į nepraslydimo zoną (KNZ) ir jų greičiai išsilygina prie atitinkamų v dažnio santykių. [2]

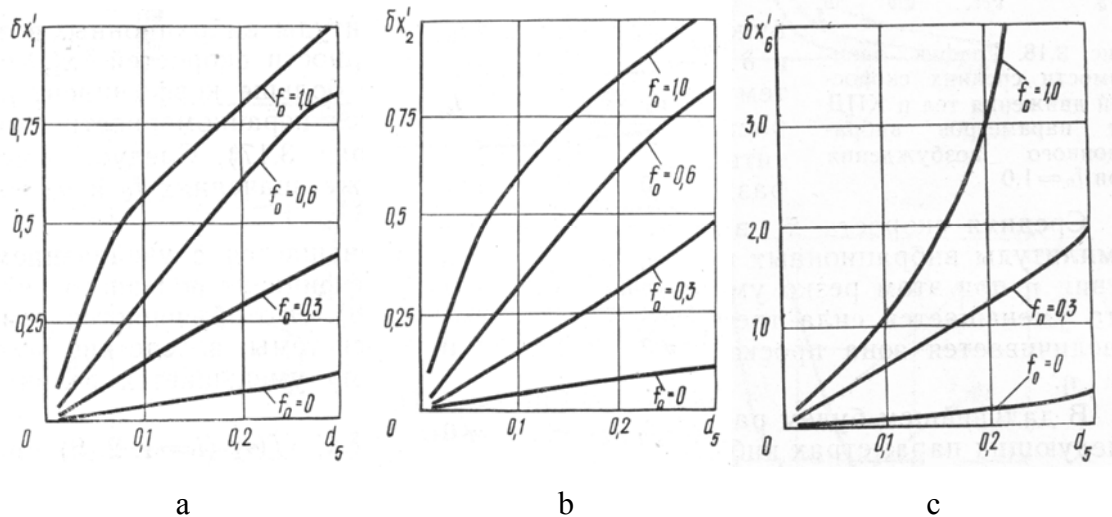
Reikia pabrėžti, kad į KNZ įeina kūnai prie palyginti mažų v (36b, d, f pav.). Prie didelių v reikšmių KNZ neįvyksta. Priklausomai nuo vibracijos parametru kūno judėjimo greičiai virpa plačiame diapazone prie mažiausių v reikšmių, kai didinamas v – labiau ribotas. Kai yra pakankamai didelės v reikšmės pasiekiamas išlyginamai pastovus kūno judėjimo greitis.

Norint užtikrinti KNZ, reikia padidinti f_0 kai $v=\text{const}$, tuomet sumažėja a_4 , o jei padidinsim v , o $f_0=\text{const}$, tuomet nežymiai sumažės a_4 (37a pav.).



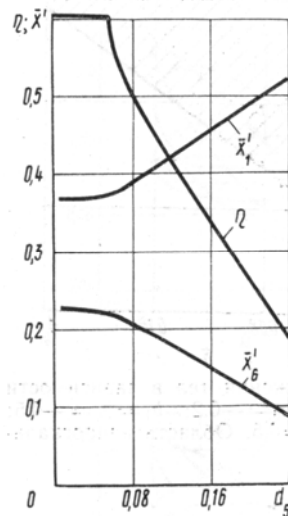
37 pav. Sritis, kuriuose yra įvairūs kūnų judėjimo režimai priklausomai nuo vibracinio sujaudinimo parametru, kai $a_1=0,5$; $a_6=-0,2$; $b_1=b_6=-0,5$; $f_1=0,1$; $x'_1=x'_2=x'_6=0,3$; a – $d_4=0,1$; b – $f_0=0,6$; $v/2\pi=0,5$. Kūnų nepraslydimo vieta užbrūkšniuota

Jei sistemoje neįvyks vibracinis sujaudinimas, tai yra $d_4=0$, tai KNZ prie duotų $f_0=\text{const}$ reikšmių įvyks esant mažiausiai a_4 reikšmei (37a – pav. A, B). Tai aiškinama tuo, kad trinties jėga sumažėja įvedus į sistemą vibraciją ir norint pasiekti KNZ reikalinga didelė a_4 reikšmė (37 pav.). Kuo didesnė vibracinio sujaudinimo amplitudė d_4 , tuo didesnė a_4 reikšmė, norint užtikrinti KNZ (37b pav.). [2]



38 pav. Grafikai, parodantys kūnų judėjimo greičių skirtumus priklausančius nuo vibracinio sujudinimo parametru, kai $v/2\pi=0,1$

Didinant vibracinio sujudinimo amplitudę d_5 , greičių skirtumas $\delta x_1'$, $\delta x_2'$ ir $\delta x_6'$ išauga. Kuo didesnis koeficientas f_0 , tuo didesni tampa kūno judėjimo greičio skirtumai (38 pav.). Reikia pabrėžti, kad $\delta x_6'$ prie tų pačių reikšmių f_0 ir d_5 daug aukštesni nei $\delta x_1'$ ir $\delta x_2'$.



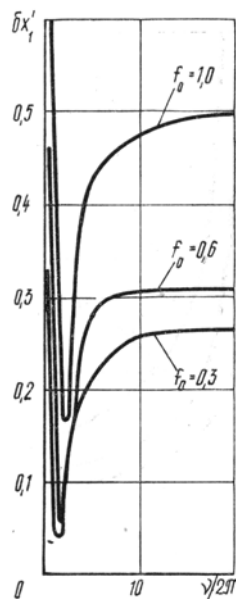
39 pav. Grafike pateikta priklausomybė kūnų vidutinio judėjimo greičio ir naudingumo koeficiento nuo vibracinio sujudinimo parametru, kai $f_0=1,0$

Vidutinis \bar{x}'_1 greitis išauga, o \bar{x}'_6 sumažėja, kai padidėja vibracinio sujudinimo amplitudė d_5 . Naudingumo koeficientas η , esant tokiai sąlygai, žymiai sumažėja (39 pav.). Tai aiškinama tuo, kad sumažėja trinties jėga tarp sistemoje veikiančių kūnų, ko pasekoje padidėja praslydimo zona, todėl sumažėja dydis η . [2]

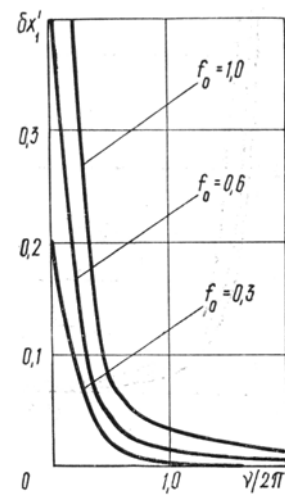
Toliau išnagrinėsime atvejį kai $\delta x'_i = f(v)$ ($i=1, 2, 6$) esant tokiems vibracinio sujudinimo parametrams:

Vibracinio sužadavimo atvejai

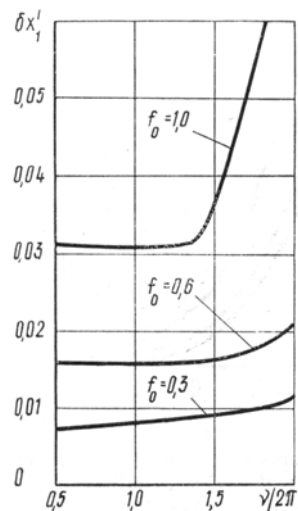
Atvejis	Parametrai			
	d_1	d_4	d_5	d_6
1	$\neq 0$	0	0	0
2	0	$\neq 0$	0	0
3	0	0	$\neq 0$	0
4	0	0	0	$\neq 0$



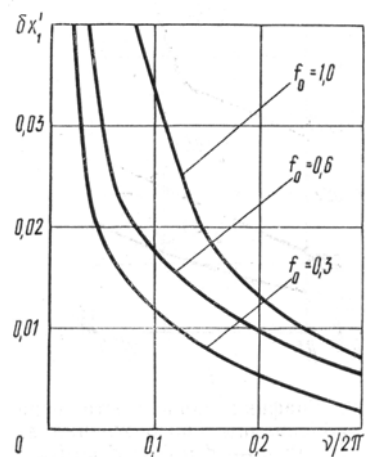
a



b



c



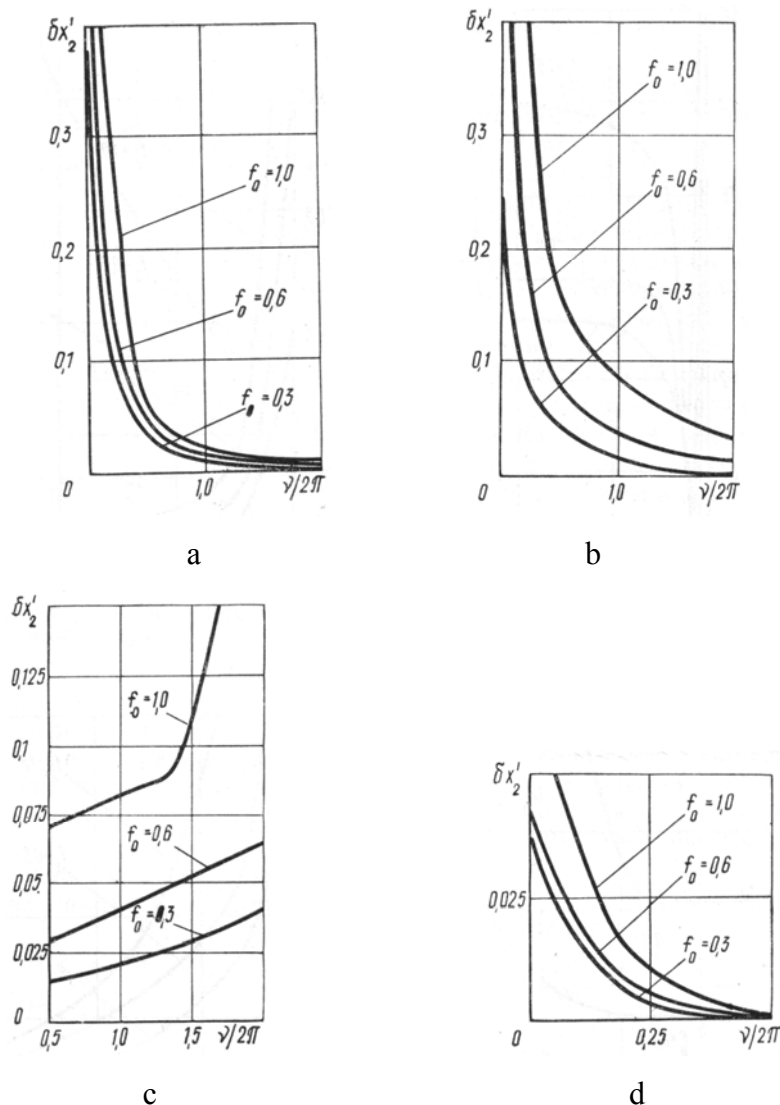
d

40 pav. Grafiukuose pateiktos įvairios judėjimo greičio $\delta x_1'$ priklausomybės nuo vibracinio sužadavimo parametru, kai a – $d_1=0,1$; $d_4=d_5=d_6=0$; b – $d_4=0,1$; $d_1=d_5=d_6=0$; c – $d_5=0,1$; $d_1=d_4=d_6=0$; d – $d_6=0,1$; $d_1=d_4=d_5=0$;

Iš 40 pav. galima daryti išvadą, kad netolygus $\delta x_1'$ greitis yra didesnis atvejais, kai $v = \text{const}$ ir didesniai f_0 . Užduotoje $d_1 \neq 0 = \text{const}$ reikšmėje (40a pav.) dydis $\delta x_1'$ su didinamu v iš pradžių žymiai sumažėja (nereikšmingame v intervale), vėliau padidėja ir galų gale tampa pastoviu su nežymiu padidėjimu.

Užduotoje reikšmėje $d_4 \neq 0 = \text{const}$ (40b pav.) netolygumas greičio $\delta x_1'$ su padidėjimu v sumažėja. Tas pats vyksta ir prie $d_6 \neq 0 = \text{const}$ užduotų sąlygų (40d pav.), tačiau greičio $\delta x_1'$ netolygumas esantis grafiko apačioje pasiekiamas minimalus, palyginus nedideliu v intervalo reikšmėje (40d pav.). [2]

Kai yra duota $d_5 \neq 0 = \text{const}$ (40c pav.), greičio $\delta x_1'$ netolygumas išauga didėjant v . Reikia pabrėžti, kad atvejuose kai $f_0 = 1,0$, žymiai padidėja $\delta x_1'$ esant tam tikrai v reikšmei. Tai yra paaškinam sistemos nelineiškumu.

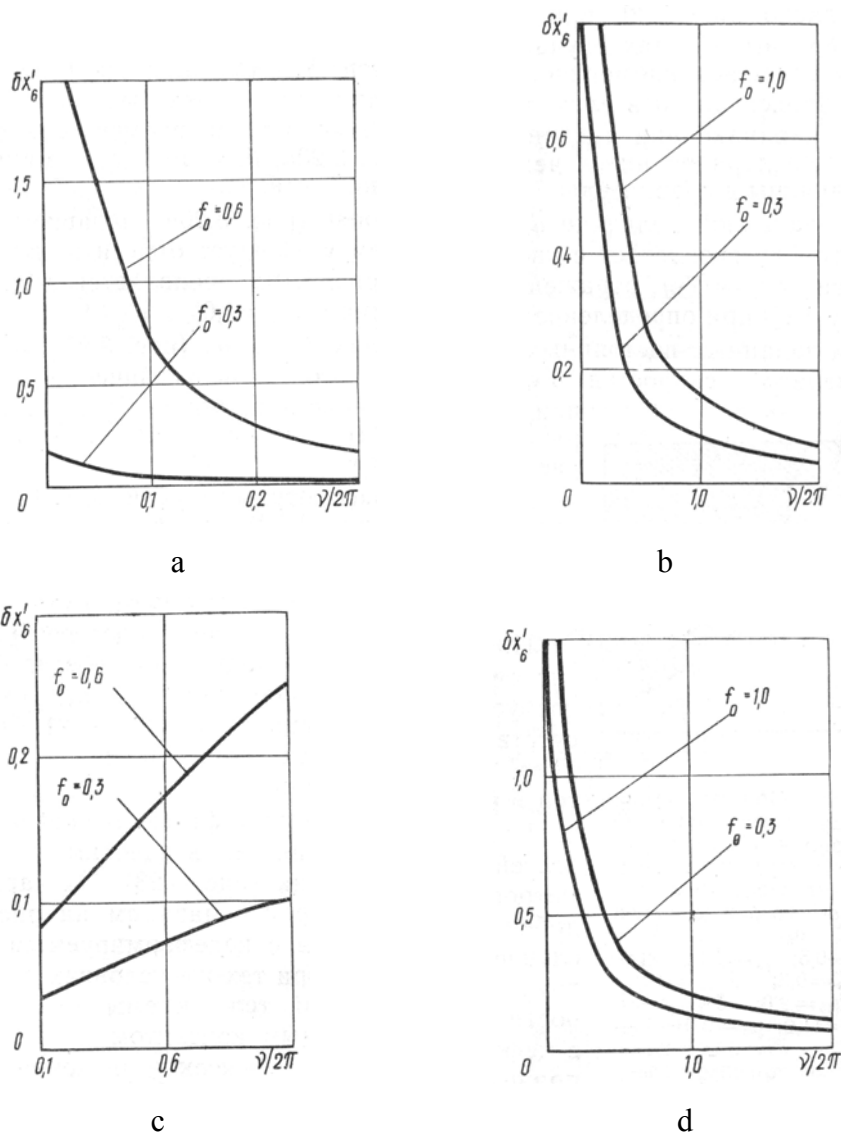


41 pav. Grafikuose pateiktos įvairios judėjimo greičio $\delta x_2'$ priklausomybės nuo vibracinio sujudinimo parametru, kai a – $d_1 = 0,1; d_4 = d_5 = d_6 = 0$; b – $d_4 = 0,1; d_1 = d_5 = d_6 = 0$; c – $d_5 = 0,1;$

$d_1 = d_4 = d_6 = 0$; d – $d_6 = 0,1; d_1 = d_4 = d_5 = 0$;

Iš 41 pav. matome, kuomet yra užduotos $v=\text{const}$ reikšmės – netolygumas greičio $\delta x_2'$ yra aukštesnis tuose atvejuose, kai f_0 yra didesnis. Su padidėjimu v , kai $d_1 \neq 0 = \text{const}$ netolygumas greičio $\delta x_2'$ – sumažėja (41a pav.). Tas pats vyksta ir su užduotais pastoviais d_4 ir d_6 (41b, d pav.), tačiau kai yra užduota $d_6 \neq 0 = \text{const}$, netolygumas $\delta x_2'$ greičio išsidėstys kitaip nei parodyta 41a, b pav. ir pasieks minimalų dydį palyginus nedideliame v intervale. [2]

Kai užduotas dydis $d_5 \neq 0 = \text{const}$ (41c pav.) netolygumas greičio $\delta x_2'$ išauga, didėjant dydžiui v . Reikia pabrėžti, kad ir atvejuje, kai $\delta x_1' = f(v)$, kuris pavaizduotas 40c pav., pasireiškia žymiai padidėjęs $\delta x_2'$ esant atitinkamoms v reikšmėms ($f_0=1,0$).



42 pav. Grafikuose pateiktos įvairios judėjimo greičio $\delta x_6'$ priklausomybės nuo vibracinio sujudinimo parametro, kai a – $d_1=0,1$; $d_4=d_5=d_6=0$; b – $d_4=0,1$; $d_1=d_5=d_6=0$; c – $d_5=0,1$; $d_1=d_4=d_6=0$; d – $d_6=0,1$; $d_1=d_4=d_5=0$;

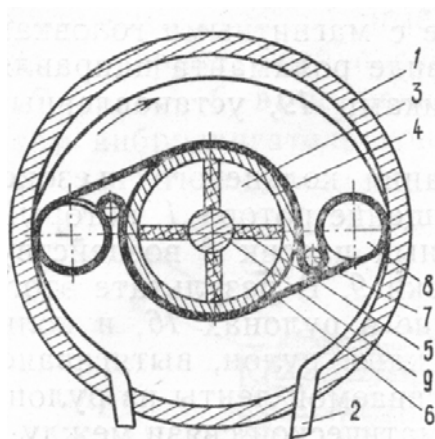
Prie užduotų pastovių dydžių d_1, d_4, d_6 (42a, b, d pav.) greičių $\delta x_6'$ netolygumas sumažėja, kai padidėja v . Tik prie užduotos pastovios d_5 reikšmės (42c pav.), greičio $\delta x_6'$ netolygumas padidėja, kai sumažėja v .

8. TIKSLŪS MECHANIZMAI

RTM konstrukcijos paprastumas, aukštas kinematinis tikslumas, žemas trinties koeficientas – savybės, kurios yra aptinkamos beveik visuose tokio tipo mechanizmuose. Skirtingų pagrindinių elementų derinimas, RTM leidžia juos plačiai naudoti įvairiuose darbo šakuose. Vibracijos panaudojimas RTM leido išplėsti jų panaudojimo akiratį. Tapo įmanoma reguliuoti trinties jėgą, pagerinti „start – stop“ režimo darbą. Todėl ir atsirado tokia sąvoka: „Tikslūs mechanizmai“. Šiuolaikiniame darbe reikalingas aukštas tikslumas. „Tikslūs mechanizmai“ tapo vienu iš sprendimo būdų. Jie yra plačiai naudojami medicinoje, chemijos ir maisto gamybos sferuose, kenksminguose žmogui sąlygose, kosmose.

8.1. PERISTALTINIAI SIURBLIAI

Peristaltiniai siurbliai yra plačiai naudojami medicinoje, prietaisų gamyboje, chemijos ir maisto gamybos šakuose. Ten, kur ypač reikalingas tikslus skysčių dozavimas ar perkėlimas iš vienos vietos į kitą, nepamainomas dalykas yra peristaltiniai siurbliai. Tam, kad tai būtų įmanoma įgyvendinti yra panaudoti RTM. Peristaltiniai siurbliai pasižymi ypatingomis savybėmis: ilgą laiką gali dirbti sausai, savaime užsipildantys su išpūdingomis išsiurbimo savybėmis, vienintelė susidėvinti dalis - žarna. [9]



43 pav. Peristaltinio siurblio schema, kurioje panaudotas RTM

43 pav. pateiktas peristaltinis siurblys, kuriame yra panaudotas RTM. Korpuse 1, cilindro formos praplėtime pritvirtinta elastinga žarna 2. Korpuso centre yra įtvirtintas vibrovariklis, kurio

šerdis 9 yra įtvirtinta nejudamai, aplink šerdį yra išdėstyti keturi 90° pjezokeraminiai elektrodai 5, aplink kuriuos sukasi žiedas 4. Vibrovariklis yra apgaubtas lanksčia uždara juosta 6, kartu yra apgaubti 7 ir 8 ritinėlių poros, kurių diametrų suma yra didesnė nei dydis esantis nuo išorinės korpuso 1 sienelės iki išorinės žiedo 4 dalies. Taip pat apgaubimo kampas apie ritinėlius 7 ir 8 lanksčia uždara juosta 6 turi būti ribuose $240^\circ - 300^\circ$. Ritinėliai 8 yra tvirtinami taip, kad pradinėje padėtyje suspaustų elastingą siurblio žarną 2. [2]

Padavus elektros srovę į pjezokeraminius elektrodus 5, jie ima vibruoti, sukeldami žiede 4 bėgančios bangos tipo rotoriaus sukamą banginę deformaciją. Uždara, lanksti juosta 6, gaubianti vibrovariklio žiedą 4, ima sukintis, priversdama judėti 7 ir 8 ritinėlių poras. Ritinėliai 8 perriedėdami uždara lanksčią juostą 2, suspaudžia ją taip priversdami pumpuoti skystį. Keičiant amplitudę ir fazę duodamos srovės, galima reguliuoti skysčio pumpavimą.

Žemiau esančiuose paveikslėliuose pateikiami peristaltinių siurblių pavyzdžiai.



44 pav. 410 modelio peristaltinis siurblys

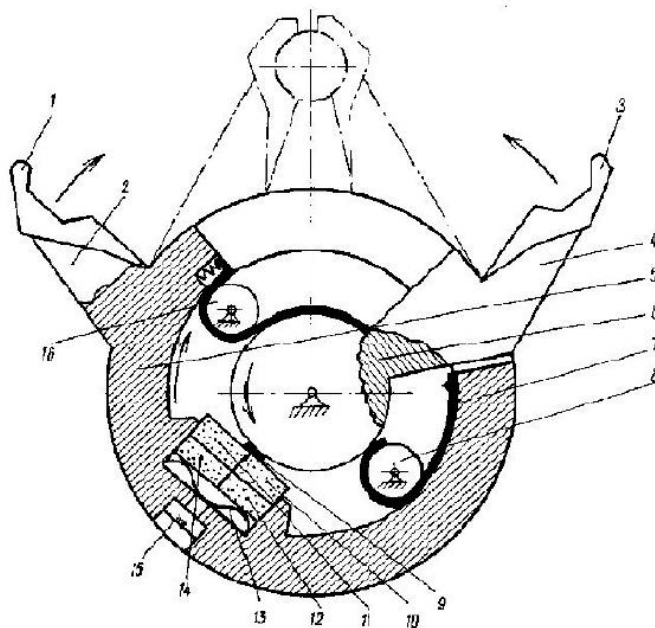


45 pav. ЛАБ-НП-1-20M modelio peristaltinis siurblys

8.3. MIKROMANIPULIATORIŲ KONSTRUKCIJOS

Viena iš daugelio juostinių - ritininių rolamaito tipo mechanizmų (RTM) pritaikymo sričių yra rolamaitiniai mikromanipuliatorių griebtuvai (RMG), pasižymintys konstrukcijų paprastumu, įvairove, be to, jiems nebūdingas tepimas. Vienas RMG privalumų yra didelis žiaunų suspaudimo ir išskėtimo tolygumas, o virpančių elementų panaudojimas leidžia jos lengvai valdyti. RMG pagal konstrukcines savybes gali būti klasifikuojami:

1. Pagal ritinėlių skaičių:
 - vieno ritinėlio;
 - dviejų ritinėlių arba daugiaritininiai;
2. Pagal žiaunų skaičių:
 - dviejų žiaunų;
 - daugiažiauniai;
3. Pagal virpesių panaudojimą:
 - nenaudojant virpesių;
 - naudojant virpesius.



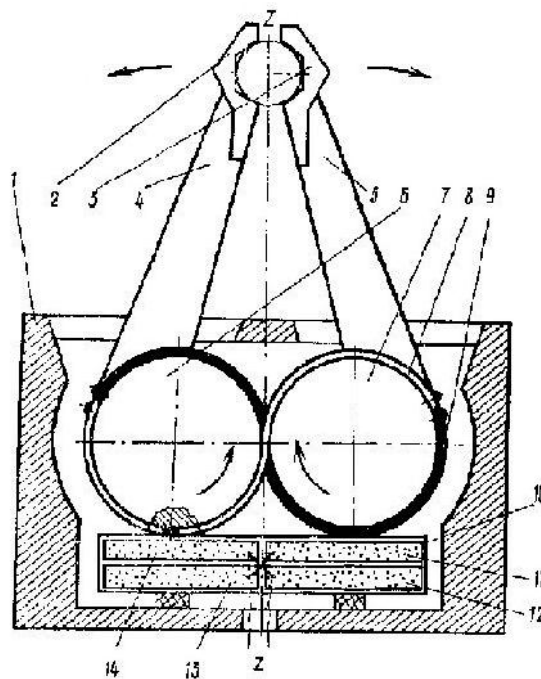
46 pav. Rolamaitinis mikromanipulioriaus griebtas

Mikromaniulioriaus griebtas (64 pav.) sudarytas iš dviejų žiaunų 1 ir 3, pritvirtintų prie svirčių galų 2 ir 4 vienu galu, kurių kiti, varomieji, galai 5 ir 6 išdėstyti ant vienos geometrinės ašies ir įeina vienas į kitą. Tai yra svirties 2 galo 5 viduje įtaisytas svirties 4 galas 6. Lanksti juosta 7 savo galais pritvirtinta prie vidinės svirties 2 varomojo galo 5 dalies. Vienas juostos galas 7 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 sudalyti į keturias dalis 10,11,12, ir 14. Elektrodai per komutatorių prijungti prie valdymo bloko. Pjezokeraminė plokštelė įstatyta svirties 2 varomajame gale 5, o jos prispaudimą spyruoklės 13 pagalba galima reguliuoti reguliavimo sraigtu 15. [2]

Mikromanipulatoriaus griebtas veikia taip. Prijungtą nuo valdymo bloko per komutatorių aukštadažnė įtampa prie elektrodų 10 ir 14 poros ir elektrodo kitoje plokštelės pusėje sukelia pjezokeraminėje plokštelėje virpesius. Šie virpesiai virpina elipsoidine trajektorija kontaktinę trinkelę 9, besiliečiančią su svirties 4 varomuoju galu 6 ir priverčia ją sukstis. Perjungus komutatorių, įtampa prijungiama prie elektrodų 11, 12 ir elektrodo kitoje plokštelės pusėje, pasikeičia kontaktinės trinkelės virpesių kryptis ir svirties 4 varomasis galas 6 sukamas į kitą pusę. Kadangi lanksti juosta glaudžiai apgaubia svirties 4 varomąjį galą 6, pagalbinius ritinėlius 8, 16 ir savo galais pritvirtinta prie svirties 2 varomojo galo 5, tai svirties 4 varomojo galo 6 sukimasis verčia sukstis ir svirties 2 varomąjį galą 5 tik į priešingą pusę. Tokiu būdu gaunamas sinchroninis svirčių 2 ir 4 judesys, ir žiaunos 1 ir 3 suspaudžiamos ar išskėčiamos. Jo trūkumas – negalima pernešti didesnių gabaritų detales. Pjezokeraminės plokštelės kontaktinė trinkelė suka tik centrinį ritinėlį, be to juosta apgaubia tik iš vienos pusės. Tai sukelia geometrinį slydimą ir neužtikrina žiaunų darbo sinchroniškumo. [2]

Panagrinėkime kitą mikromanipulatoriaus griebto konstrukciją.

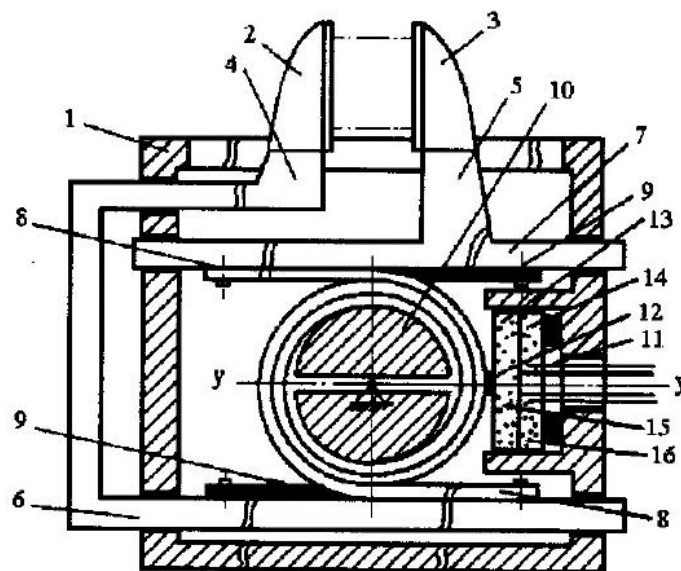


47 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas

Mikromanipulatoriaus griebtas (65 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 lanksčiomis juostomis 8 ir 9, savo galais pritvirtintomis prie tų galų (6,7). Svirčių galai 6 ir 7 saveikauja su pjezokeramine plokštele 10, kurios elektrodas vienoje pusėje padalintas į keturias simetriškas dalis 11,12,13 ir 14. Manipulatoriaus griebtą veikia taip: “padavus” nuo valdymo bloko aukštadažnių virpesių impulsus pjezokeraminės plokštelės 10 elektrodams 12 ir 14 bei elektrodui kitoje plokštelės pusėje, pjezokeraminė plokštelė ima virpėti, o kai kuriuose jos taškuose atsiranda virpesiai elipsoidine trajektorija su skirtingomis tų taškų judėjimo kryptimis. Perjungus komutatorių, t.y. “padavus” virpesių impulsus elektrodams 11 ir 13 bei elektrodui kitoje plokštelės pusėje, plokštelės virpesių kryptis pasikeičia į priešingą. Tai leidžia reversuoti svirtis. Pjezokeraminė plokštelė 10 liečiasi su svirčių galais 6 ir 7 tose vietose, kur atsiranda virpesiai elipsoidine trajektorija, bet judėjimo kryptys priešingos. Todėl žiaunos 2 ir 3 juda į priešingas viena kitos atžvilgiu puses. Kadangi kiekviena juosta 8 ir 9 savo galais pritvirtinta prie svirčių 4 ir 5 galų 6 ir 7 ir juostos gaubia tuos galus kryžmai, tai vienos svirties galo sukimasis priverčia sukis kitos svirties galą. Tai užtikrina sinchroniškumą suspaudžiant ir išskėčiant žiaunas. [2]

Dviejų juostų panaudojimas panaikina geometrinį slydimą, be to pjezokeraminė plokštelė sukelia sukimo virpesius iš karto abiem cilindriniam svirčių galams, kas užtikrina visišką sinchroniškumą suspaudžiant ir išskėčiant žiaunas.

66-ame paveiksle parodytas RMG veikimo principas yra analogiškas aukščiau aprašytiems.



48 pav. Rolamaitinis mikromanipulatoriaus griebtas

Aukštadažnė įtampa “paduodama” pjezokeraminės plokštelės 11 kryžmai sudalintiems elektrodams 13, 16 ir elektrodui kitoje plokštelės pusėje. Plokštelės 11 aukštadažniai virpesiai sukelia kontaktinės trinkelės 12 sukimasį elipsine trajektorija ir taip priverčia sukis su trinkele 12

besiliečiantį ritinėlį 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, praskėčia arba suglaudžia žiaunas 2 ir 3, pritvirtintas prie jų svirčių galų. [2]

Šiame mechanizme yra tik vienas ritinėlis, apgaubtas juostomis iš abiejų pusių, kas leidžia dirbti RMG patikimai ir sinchroniškai. Žiaunų judėjimas linijine trajektorija leidžia žymiai praplėsti RMG panaudojimo sritis.

IŠVADOS

Magistrantūros studijų metu atliktas darbas yra aprašomas šiame darbe. Darbo metu buvo nustatyta, kad:

1. Judamosios grandies greitis vibrovariklyje priklauso nuo transformatoriaus virpesių amplitudės. Keičiant amplitudės parametrus, kinta vibrovariklio greitis.
2. Reguluojant fazę Φ galima įvykdyti kelių vibrovariklių padėties ir greičio sinchronizaciją.
3. Paveikus sistemą virpesiais, nepraslydimo zona nutolsta. Tai reiškia, kad realioje sistemoje virpesiais būtų galima valdyti praslydimą tarp RTM elementų, t.y. valdyti pasipriešinimo judesiui jėgų momentą, kas ypač svarbu kuriant naujas RTM konstrukcijas su kokybiškesnėmis dinaminėmis charakteristikomis.
4. Trinties jėga sumažėja į sistemą įvedus virpesius, todėl norint, kad susidarytų KNZ reikia didinti a reikšmę.
5. Kuo didesnė virpesių amplitudė d , tuo didesnė turi būti a reikšmė, kad susidarytų KNZ.

LITERATŪRA

1. Бансявичюс Р. Ю., Рагульскис, К. М., 1981, *Вибродвигатели*. Вильнюс: Москва. С. 193.
2. Бараускас Р. А., Кульветис Г. П., Рагульскис К. М., 1984, *Расчет и проектирование вибродвигателей*. Ленинград. С. 101.
3. Рагульскис К., Улозас Р. В., Бакай Н., Палявичюс А. 1990, *Механизмы типа роламайт*.-Вильнюс, Мокслас. С. 200.
4. Рагульскис К. М., Улозас Р. В., Бакай Н. 1982, *Lietuvos staklininkystė*. 14d. Vilnius „Mokslas“
5. Godfrey D. 1967, *Vibration Reduces Metal to Metal Contact and Causes an Apparent Reduction in Friction*.-ASLE Transactions, v.10, p. 89-96.
6. Kazuhiro Saitou, Dung-An Wang, and Soungjin J. Wou 2000 September, *Externally Resonated Linear Microvibromotor for Microassembly*, 11 psl.
7. Yasunori Maeda¹, Shinji Nishiwaki, Kazuhiro Izui, Masataka Yoshimura, Kazumi Matsui and Kenjiro Terada, 2005 June, *An Optimum Design Method for Vibrating Mechanical Structures Based on Topology Optimization Techniques*, 8 psl.
8. <http://www.ktu.lt>
9. <http://www.techpro.lt>
10. <http://www.harmony.lt>
11. <http://www.loip.ru>

TIKSLIŲ MECHANIZMŲ VYKDOMŲJŲ ORGANŲ - VIBROVARIKLIŲ KŪRIMAS IR JŲ DINAMIKOS TYRIMAI

Martynas Alijošius

Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

1. Įvadas

Mes gyvename tokiais laikais, kai technologija žengia dideliais žingsniais į priekį. Tad kartais kas buvo nauja visai neseniai, gali pasirodyti greitu metu visai kitaip. Šiuolaikinėje technikoje naudojami mechaniniai, elektros ir kiti techniniai elementai turi atitikti tam tikrus kriterijus: būti labai tikslūs, nebrangūs, lengvai pritaikomi, nedidelių matmenų ir svarbiausia – patikimi. Todėl ir atsirado poreikis kurti tokius dalykus, apie kurios galėdavome tik pasvajoti tolimoje ateityje. Ne išimtis yra ir vibrovarikliai. Šiuo metu naudojami elektros varikliai nevisada atitinka jiems keliamus reikalavimus. Elektros varikliuose nėra didelės sukimosi dažnio ribos, įjungimo metu pakinta dinaminės charakteristikos. Tad norint turėti tikslus, patikimus ir įvairaus pritaikymo mechanizmus elektros varikliai nėra išeitis. Buvo ieškota naujų variantų, vienas iš tokių pasitvirtinusių buvo vibrovarikliai. Šio naujo išradimo veikimo principas yra pagrįstas mikrovibracijos panaudojimu.

Vibrovariklių sukūrimo istorija – tai mechanizmų gaminimo ir tobulėjimo istorija, keičiančių virpamąjį judesį vienoje grandyje į nenutraukiamą (viduriniajame) judesį kitoje. Taip teisingai, jie išsaugo virpančio judesio šaltinį ir naudoja skirtingus metodus, kad sukurtų nevienareikšmės jėgos pasipriešinimą arba ryšių reakciją kai judėjimas vyksta virpančiojo keitiklio teigiamoje arba neigiamoje kryptyje.

Darbo tikslas – išanalizuoti kelių vibrovariklių sinchroninį judėjimą, kai jie dirba paraleliai, išsiaiškinti nuo ko priklauso vibrovariklio greitis. Kaip padaryti, jog vibrovarikliai veiktų sinchroniškai. Išsiaiškinti vibrovariklių vystymosi aplinkybes.

2. Sincroninės pavaros uždavinys

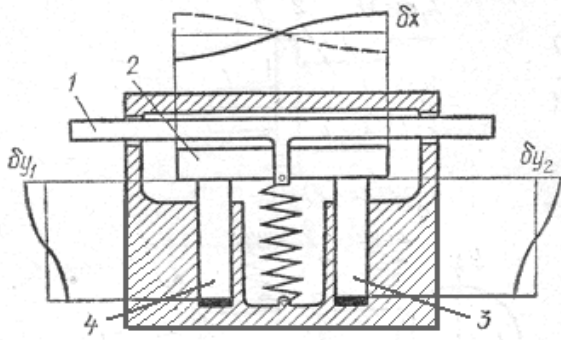
Viena išskirtinių savybių bet kokio tipo vibrovariklyje – buvimas vienareikšmės priklausomybės tarp transformatoriaus periodo virpesių skaičiaus ir padėties, judančios grandies vibrovariklyje. Remiantis transformatoriaus frikciniu veikimo principu ir judamos grandies pagrindu, vibrovariklis yra nesinchroninis prietaisas. Be atvirkštinio ryšio daviklių, judamos grandies padėtis negali būti užduota tėkmėje pakankamoje tęstiniam laikui.

Prietaisų konstravimo ir eilėje kitų uždavinių technikos srityje yra pakankamai dažnos užduotys darnaus pajungimo kelių velenų arba perkeliamų objektų. Pajungimo sistema turi užtikrinti kaikuriuos nesuderinamus judesius atskiruose laiko tarpuose, pavyzdžiui žingsninio režimo darbe.

3. Užtikrinimas funkcionalinio greičio priklausomumo nuo koordinatų

Įpratuose vibrovariklių schemose judamos grandies padėtis nėra susijusi su jos greičiu. Bet judamosios grandies greitis vibrovariklyje priklauso nuo transformatoriaus virpesių amplitudės. Turint omenyje, jog transformatoriuose išilginių, išlenktų, slenkamųjų arba sukamųjų bangų virpesių amplitudės susietos su koordinate, išsiaiškinsim greičio ryšį su judamos grandies padėtimi. Tai leis galimybę sinchronizuoti su bet kurio s_v (sinchroninio koeficiento laipsniu) keletą paraleliai dirbančių vibrovariklių.

Išnagrinėsime vibrovariklio schemą su dviem aktyviais elementais kontakto zonoje (1 pav.), tik vietoj radialinių transformatoriaus virpesių 1 sužadinsim išlenktus į transformatoriaus paviršių.



1 pav. Linijinio vibrovariklio su dviem aktyviais elementais kontakto zonoje schema: 1 – šliaužiklis; 2, 3, 4 – transformatoriai

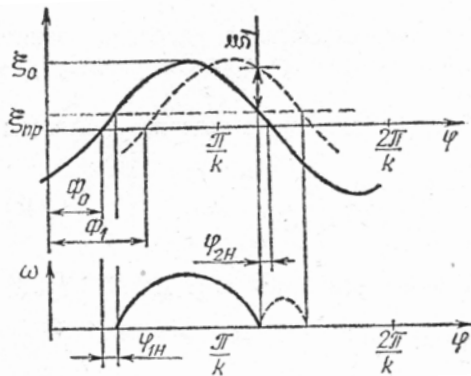
Užsirašom išraišką radialiniam komponentui sekančia forma:

$$\xi(\varphi, t) = \xi_0 k \sin k(\varphi - \Phi) \cos pt, (1)$$

Čia φ – kampinė koordinatė, k – koeficientas, apibrėžiantis išlenktų virpesių formą. Dydis Φ – geometrinė virpesių fazė – apibrėžia mazgų dažnį virpesiuose ir gali būti reguliuojama ribuose:

$$-2\pi/k \leq \Phi \leq 2\pi/k (2)$$

Tada koordinatės φ ryšys su greičiu w judamos grandies aiškus: jeigu žiediniame transformatoriuje sužadunami išlenktų virpesių formos su faze Φ_0 , tai greitis judamos grandies pateikiamas ištisine kreive (2 pav.).



2 pav. Schema, aiškinanti vibrovariklių sinchroniškumą

Čia φ_{1H} ir φ_{2H} – priekinė ir paskutinė nejautrumo zonos, nustatomos ribinėmis amplitudėmis ξ_{np} radialiniais žiedo virpesiais. Tokiu būdu, sukimasis vyks iki $\varphi = \varphi(\Phi_0)$ reikšmės, atitinkamos Φ_0 fazės

$$\varphi(\Phi_0) = \frac{\pi}{k} + \Phi_0 - \varphi_{2H}, (3)$$

kurioje

$$\frac{d\varphi(\Phi_0)}{dt} = 0. (4)$$

Jei pakeisim fazę Φ iki Φ_1 reikšmės, tai gausim greitį parodytą brūkšnine kreive, o koordinatė φ (Φ_1) bus lygi

$$\Phi(\Phi_1) = \varphi(\Phi_0) + \Phi_1 - \Phi_0, (5)$$

tai yra padėtis judamosios grandies yra susijusi su geometrine Φ faze.

Greičių kreivės paveiksle duotos prie fiksuotų Φ_0 ir Φ_1 . Jei $\frac{d\Phi}{dt} \neq 0$, o greitis prie maksimalių amplitudžių radialinių virpesių žymiai didesnis nei $\frac{d\Phi}{dt}$, tai

$$w|_{\xi=\xi_0} \geq \frac{d\Phi(t)}{dt}, (6)$$

tai nesunku parodyti, kad

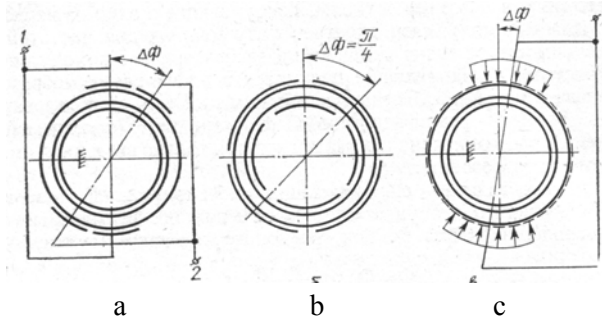
$$w = \frac{d\Phi(t)}{dt}, (7)$$

tai yra, vyksta seka palei $\Phi(t)$ fazę.

Reguliuojant fazę Φ , galima įvykdyti sinchronizaciją kelių vibrovariklių padėties ir greičio atžvilgiu. Pirmame atvejuje reikalinga informacija apie grandies greitį. Taip kaip w priklauso nuo ξ , greičio davikliams gali tarnauti transformatorius 2 (1 pav.), kuriame panaudoti papildomi elektrodai; nuimama nuo jų įtampa turi priklausyti tik nuo normalinio sudedamojo smūgio.

Išanalizuosime, kaip vykdomas reguliavimas Φ faze, išnagrinėsime atskirus diskretaus ir analoginio pasikeitimo atvejus.

Diskretinė Φ fazės reikšmė užduodama komutuojamais transformatoriaus elektrodais. Pavyzdžiui, geometrinė fazė išlenktų virpesių žiedinio transformatoriaus, kai $k=2$, keičiasi į $\Delta\Phi$ su generatoriaus perjungimu nuo elektrodo 1 į elektrodą 2 (3a pav.).

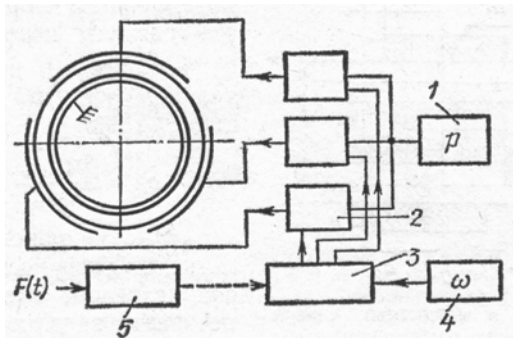


3 pav. Diskretinis valdymas geometrinės fazės išlenktų virpesių ($k=2$) pjezoelektrinio žiedo su radialine poliarizacija

Naudojant žingsninį režimą, fazės pakeitimas $\Delta\Phi=\pi/2k$ pasiekiamas simetrinių transformatorių pagalba (3b pav.). Shemoje yra atvejis, kai $k=2$, t.y. įžeminimas vidinių elektrodų ir prijungimas paporiui sujungtų elektrodų į simetrinį generatoriaus išėjimą elektrinių virpesių duoda $\Phi=0$. Kai įžeminami išoriniai elektrodai ir prijungiami vidiniai prie generatoriaus, aprūpinama $\Phi_1=\pm\pi/4$ (ženklas priklauso nuo elektrodų sujungimo tvarkos).

Kai yra mažos $\Delta\Phi$ reikšmės naudojami linijiniai elektrodai (3b pav.), sujungiami į grupes priklausomai nuo k ir kt.

Schemas su analoginiu arba laikiniu Φ valdymu sudėtingesnės.



4 pav. Schema, aprūpinanti Φ pasikeitimą laike

Paveikslėlyje (4 pav.) sujungta schema realizuojamos geometrinės fazės, besikeičiančios pagal linijinę taisyklę

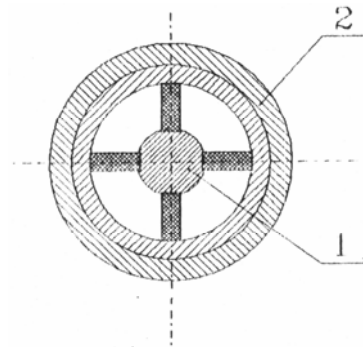
$$\Phi = \omega t, \quad (26)$$

kai $\omega \ll p$. Įtampa iš generatoriaus 1 dažniu p , lygi rezonanso išlenktų virpesių dažniui kai $k=2$, veikia per fazojautrius modulatorius 2 į radialiai poliarizuotų pjezokeraminių žiedų elektrodus (jų skaičius n). Transformatorius fazę 3 transformuoja į vienafazį generatoriaus signalą 4 dažniu ω į n – fazinius signalus, patenkančius į vieną iš modulatoriaus išėjimų 2. Kiekvienas modulatorius pakeičia fazės įtampą p į 0 arba π , priklausomai nuo generatoriaus įtampos ženklo 4. Permoduluota signalu, kurio dažnis ω , įtampa patenka į transformatoriaus elektrodus.

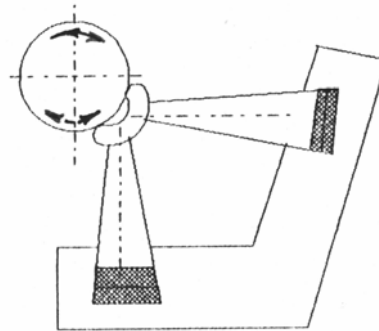
Kaip parodyta paveikslėlyje (4 pav.), duotoji schema gali būti panaudota daug bendresniai užduočiai – bet kurios funkcijos $\Phi(t)$ realizacijai, užduota įtampa $F(t)$. Nuo anksčiau aprašytos schemas skiriasi tik amplitudinio – dažninio transformatoriaus 5 įvedimas.

4. Vibrovariklių vystymasis

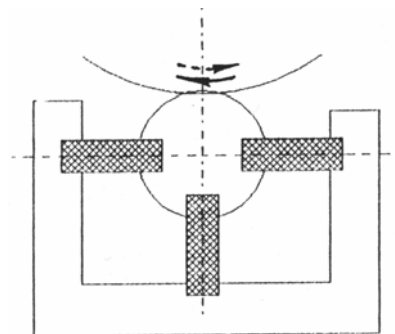
Vystantis technikai, didelę reikšmę turėjo naujų pjezoelektrinių medžiagų atsiradimas, kuris leido labai supaprastinti vibrovariklių konstrukcijas.



5 pav. Vibrovariklis kuriame sukamąjį ritinėlį judesį sukelia keturi pjezokeraminiai elementai, išdėstyti 90° kampu.



6 pav. Vibrovariklis kuriame panaudoti pjezokeraminiai elementai su bangolaidžiais, padidinančiais virpesių amplitudę.



7 pav. Vibrovariklis su keliais pjezokeraminiais elementais.

O kas yra pjezomechanika? Pjezomechanika yra mechatronikos posistemė, atspindinti naują projektavimo bei konstravimo aspektą, kurio rezultatas – tobulesni, daugiau galimybių turintys įrenginiai. Pjezomechanikoje naudojamos aktyvios medžiagos gali sužadinti mechanizmų judesius ir

tuo pačiu teikti duomenų apie darbinę aplinką. Tuo pagrindu galima sukurti adaptyvius technologinius procesus bei įrenginius (sistemas, įtaisus, mechanizmus), keičiančius savo struktūrą ar parametrus pagal aplinkos ar sužadavimo poveikius. Pavyzdžiui, aukšto dažnio įtampos veikiama medžiaga savo virpesiais tiksliai ir greitai valdo fotoaparatus objektyvų fokusavimo mechanizmą. Mobilųjų telefonų aparatai – taip pat konkretus pjezomechanikos tyrimų praktinio pritaikymo rezultatas. Šie mokslo atradimai ateityje bus vis reikšmingesni, nes jau sukurti principai, kurie iš pagrindų pakeis kai kurias ne tik pramonės, bet ir medicinos technologijas, o tuo pačiu netgi gydymo metodus.

Išvados

1. Remiantis transformatoriaus frikciniu veikimo principu ir judamosios grandies pagrindu, vibrovariklis yra nesinchroninis prietaisas.
2. Judamosios grandies greitis vibrovariklyje priklauso nuo transformatoriaus virpesių amplitudės.

3. Judamosios grandies padėtis yra susijusi su geometrine Φ faze.
4. Reguluojant fazę Φ galima įvykdyti kelių vibrovariklių padėties ir greičio sinchronizaciją.
5. Didelę reikšmę vibrovariklių vystymuisi turėjo pjezoelektrinių medžiagų atsiradimas.

Literatūra

1. Бансявичюс Р. Ю., Рагульскис, К. М., 1981, *Вибродвигатели*. Вильнюс: Москва. С. 193.
2. Бараускас Р. А., Кульветис Г. П., Рагульскис К. М., 1984, *Расчет и проектирование вибродвигателей*. Ленинград. С. 101.
3. Bogušis G., Stravinskas V., Ulozas R. V. 2004, *Rolomaitinių vibrovariklių dinamikos tyrimai, Jaunųjų mokslininkų darbai*. Šiauliai, VšĮ Šiaulių universiteto leidykla. Psl. 54.
4. Рагульскис К., Улозас Р. В., Бакай Н., Палявичюс А. 1990, *Механизмы типа роламайт*.-Вильнюс, Мокслас. С. 200.
5. <http://www.ktu.lt>

SUMMARY

The present monograph is devoted to the problems of the technical design, the investigation and the application a new type of vibromotors based on the conversion of high – frequency mechanical oscillations into a continuous motion. The vibromotors developed have very high sensitivity and low time constant. The value of non-synchronicity of rotation of rotors mostly grows in elementary vibromotor with two rotors, least – in rolamite vibromotor, in which the converter of longitudinal fluctuations rotates both rotors.

