STANISLOVAS PLESKAS

MECHATRONIKOS KOMPONENTAI

Mokomoji knyga

Vilnius 2010

UDK 681.5 (075.8)
P1-52

S.Pleskas
Mechatronikos komponentai
Mokomoji knyga
ISBN 978-609-408-057-9

Knygoje paaiškinama mechatronikos sistemos samprata bei struktūra. Apžvelgiami technologinių procesų parametrų matavimo principai. Paaiškinama pagrindinių mechatronikos sistemų komponentų: pneumatikos, elektromechanikos, elektronikos ir mechanikos konstrukcija, elektros principinės schemos bei jų veikimo principas. Apžvelgiami pneumatikos, relių ir elektros pavarų schemų sudarymo principai. Nagrinėjamos jutiklių bei elektros variklių įjungimo elektros schemos.

Knygoje yra šie skyriai: technologinių procesų parametrų matavimas, jutikliai, elektros relės, elektros varikliai, pneumatika bei mechanizmai.

Leidinys skirtas neuniversitetinių aukštųjų mokyklų elektros inžinerijos specialybių studentams.

© Stanislovas Pleskas

TURINYS

1. ĮVADAS. MECHATRONIKOS SISTEMOS SAMPRATA 5
1.1. Mechatroninės sistemos struktūra 7
2. MECHATRONIKOS SISTEMŲ PARAMETRŲ MATAVIMO PRINCIPAI 8
2.1. Matavimo technikos pagrindai 8
2.2. Technologinių procesų parametrų matavimas 9
2.2.1. Temperatūros matavimas 9
2.2.2. Slėgio matavimas 14
2.2.3. Skysčio lygio matavimas 17
2.2.4. Sūkių dažnio matavimas 20
2.2.5. Pagreičio matavimas 23
2.2.6. Jėgos matavimas 24
3. JUTIKLIAI 25
3.1. Jutiklio sąvoka 25
3.2. Jutiklių klasifikacija 26
3.3. Jutiklių konstrukcija ir veikimo principas 28
3.3.1. Elektrokontaktiniai jutikliai 28
3.3.2. Reostatiniai ir potenciometriniai jutikliai 30
3.3.3. Tenzometriniai jutikliai 31
3.3.4. Varžiniai termometrai 33
3.3.5. Termistoriai ir fotorezistoriai 34
3.3.6. Lytėjimo (taktiliniai) jutikliai 35
3.3.7. Dujų jutikliai 36
3.3.8. Induktyviniai jutikliai 37
3.3.9. Talpiniai jutikliai 38
3.3.10. Optiniai jutikliai 41
3.3.11. Holo jutiklis 43
3.3.12. Viegando jutiklis 44
3.3.13. Transformatoriniai jutikliai 44
3.3.14. Indukciniai jutikliai 46
3.3.15. Pjezoelektriniai jutikliai 47
3.3.16. Piroelektrinis jutiklis 48
3.3.17. Termoelektriniai jutikliai 49
3.4. Jutikliai. Kontroliniai klausimai 50
4. ELEKTROS RELĖS 51
4.1. Elektromagnetinės relės 52
4.1.1. Relė su pasukamu inkaru 52
4.1.2. Relė su įtraukiamu inkaru 53
4.1.3. Beinkarinės relės 54
4.1.4. Poliarizuota relė 55
4.1.5. Kintamos srovės relė 56
4.2. Relinės schemos 57
4.2.1. Relinė schema be užsiblokavimo 57
4.2.2. Schema su užsiblokavimu 57
4.2.3. Schema su tarpusavio blokavimu 57
4.2.4. Trifazio variklio valdymo relinės schemos 58
4.3. Elektroninės relės 60
4.3.1. Elektroninė foto relė 60
4.3.2. Elektroninė termo relė 61
4.3.3. Elektroninė laiko relė 62
4.3.4. Puslaidininkinės relės 63
4.4. Relės. Kontroliniai klausimai 64

5. ELEKTROS VARIKLIAI 65
5.1. Nuolatinės srovės varikliai 66
5.1.1. Nuolatinės srovės vykdymo varikliai 68
5.1.2. Mažos inercijos nuolatinės srovės varikliai 68
5.2. Kintamos srovės varikliai 69
5.2.1. Asinchroninis variklis 69
5.2.2. Dvifazis asinchroninis variklis 70
5.2.3. Vienfazis asinchroninis variklis 71
5.2.4. Sinchroninis variklis 72
5.3.1. Variklis su padėties jutikliais 75
5.3.2. Žingsniniai varikliai 78
5.4. Elektros variklių valdymo schemos 82
5.4.1. Kintamos srovės variklių valdymo schemos 82
5.4.2. Nuolatinės srovės variklių valdymo schemos 83
5.4.3. Žingsninių variklių valdymo schemos 87
5.5. Servo mechanizmai 91
5.6. Dažnio keitikliai 93
5.6. Varikliai. Kontroliniai klausimai 96
6. PNEUMATIKOS PAGRINDAI 97
6.1. Pneumatinės sistemos sandara 97
6.2. Pneumatinių schemų komponentai 99
6.2.1.Vožtuvai 99
6.2.2. Loginiai elementai 104
6.2.3. Vykdymo įtaisai 104
6.3. Cilindrų valdymo schemos 107
6.3.1.Vienkrypčio cilindro valdymas 107
6.3.2. Dvikrypčio cilindro valdymas 108
6.4. Elektropneumatika 110
6.4.1. Elektropneumatikos skirstytuvai 110
6.4.2. Elektropneumatinės relės 111
6.4.3. Valdymo elementai 112
6.4.4. Elektropneumatikos schemos 112
6.4.5. Relinės schemos 114
6.4.6. Jutiklių panaudojimas elektropneumatikos schemose 114
6.4.7. Sandėlio bokšto valdymo schema 117
6.4.8. Programuojamų loginių valdiklių taikymas elektropneumatikos sistemose 118
6.4.9. Oro paruošimo mazgas 119
6.5. Elektropneumatikos sistemų gedimų diagnostika 120
6.6. Kontroliniai klausimai 123
8. MECHANIZMAI 124
8.2. Pagrindiniai mechanizmai 127
8.2.1. Svirtiniai mechanizmai 128
8.2.2. Krumpliniai mechanizmai 129
8.2.3. Diržinė perdava 133
8.2.4. Grandininė perdava 135
8.2.5. Kumšteliniai mechanizmai 136
8.2.6. Maltos kryžiaus mechanizmai 137
8.2.7. Reketo mechanizmas 138
8.2.8. Sraigtiniai mechanizmai 139
LITERATŪRA 140

1. ĮVADAS. MECHATRONIKOS SISTEMOS SAMPRATA

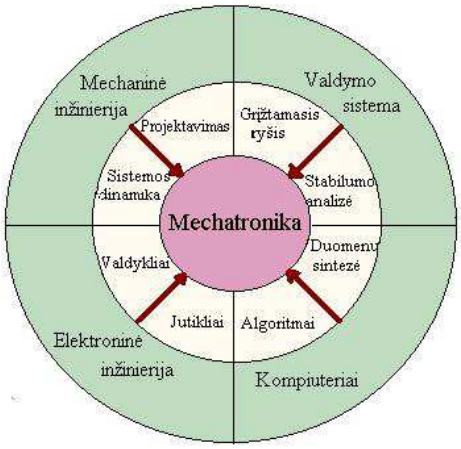
Tikslai:

- suprasti mechatroninės sistemos sąvoką;
- žinoti technologijų raidos etapus;
- paaiškinti mechatroninės sistemos pagrindinių funkcinių mazgų paskirtį.

Mechatronika – tai trijų technologijų: mechanikos, elektronikos ir kompiuterinės technikos integracija. Mechatroninių sistemų reglamentuotas apibrėžimas dar nesuformuluotas, bet galima vadovautis dviem apibūdinimais. Vienas iš jų mechatroniką apibūdina kaip mechaninių procesų valdymo, pasitelkus elektronines energijos keitimo ir informacines duomenų apdorojimo technologijas, visumą. Šiame apibūdinime technologijas integruojančiąja funkcija yra pati proceso valdymo ideologija.

Antrasis mechatroniką apibūdina kaip minėtų technologijų integraciją konkrečiame įtaise ar įrenginyje, kur šios technologijos persipina tarpusavyje tiek energijos generavimo ir keitimo, tiek jos valdymo lygmenyje. Čia integruojančiąja funkcija tampa įtaiso mechaninė platforma, sąlygojanti jo funkciškumą, gabaritus ir kitas vartotojiškąsias savybes.

Abiem atvejais mechatronika reiškia tradicinių (mechanikos, elektronikos, elektrotechnikos, informatikos, valdymo) technologijų sinerginę integraciją, kai viena technologija papildo kitą, padidindama galimybes gauti rezultatus, nepasiekiamus vienos kurios nors technologijos rėmuose. Mechatronika nėra nauja technologija, tai – sisteminio mąstymo projektuojant gaminius ir kuriant naujas technologijas rezultatas. Mechatroninių sistemų inžinieriui nepakanka turėti žinių iš tradicinių – mechanikos, elektrotechnikos, elektronikos, informatikos ir kt. techninių disciplinų, bet reikia gebėti jas susieti tarpusavyje, veikiant daugialypėje šiuolaikinių techninių sistemų aplinkoje. Jis turi būti gerai įvaldęs tarpdisciplininio sisteminio mąstymo ir komandinio darbo metodus. Toks specialistas, turėdamas vadybos, darbo organizavimo ir rinkodaros įgūdžių, gali sėkmingai organizuoti moderniomis technologijomis grįstą gamybą.



1.1 pav. Mechatronika - mechanikos, elektronikos ir kompiuterinės technikos integracija

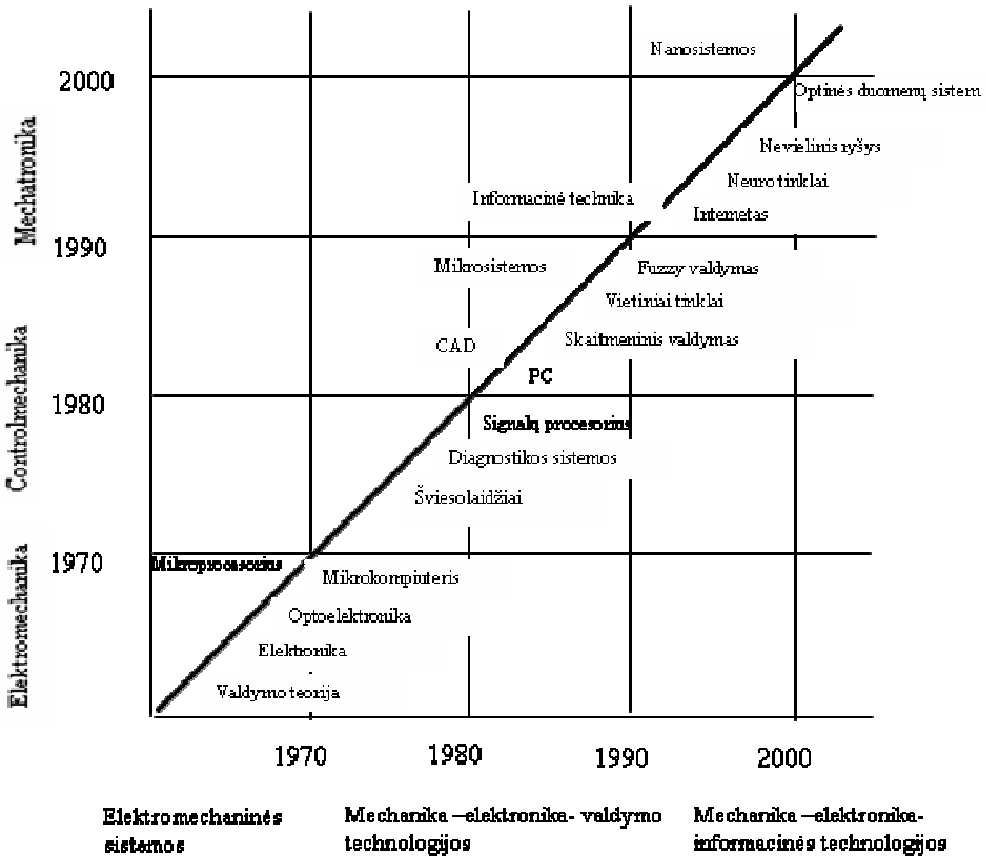
Mechatronikos sistema – tai valdomo technologinio objekto ir technologinių procesų automatizuotos valdymo sistemos visuma. Anksčiau ji buvo vadinama lanksčia automatizuota gamyba (LAG) arba lanksčia gamybine sistema (LGS). Mechatronikos sistemą sudaro eilė modulių arba stočių, kuriuos jungia duomenų perdavimo sistema.

Mechatronikos sąvoka pradėta vartoti 1969 metais Japonijos kompanijoje Yaskava Electric Corporation. Sąvokos autorius yra p. Tetsuro Mori. Mechatronikos atsiradimą lėmė sparti elektronikos ir elektroninių valdymo priemonių plėtra (elektroniniai įtaisai, elektroniniai automatikos elementai, elektroniniai energijos keitikliai ir t. t.), įgalinusi sparčiai

tobulinti elektromechanines mechanizmų valdymo sistemas. Elektromagnetines reles automatikos sistemose keitė elektroniniai loginiai elementai, elektromašininius energijos keitiklius – elektroniniai galios keitikliai, taigi mechanizmų valdymo sistemos darėsi vis labiau elektroninėmis. Terminas elektromechanika jau nebeatspindėjo dalykų esmės ir buvo pasiūlytas naujas terminas mechatronika, daug tiksliau atspindintis naujas mechanizmų valdymo priemonių plėtros tendencijas. Mechatronika tuo metu reiškė elektroninių valdymo priemonių taikymą mechanizmams ir mašinoms valdyti.

Europoje mechatronikos terminas prigijo gerokai vėliau. Tam prireikė maždaug dvidešimties metų. Vietoj termino elektromechanika kurį laiką buvo naudojamas terminas controlmechanika, apjungiantis mechanizmus, jų elektronines valdymo priemones ir automatinio valdymo metodus. Tik po 1990 m., kai mašinoms ir mechanizmams valdyti imta plačiai naudoti informacines technologijas ir intelektinius valdymo metodus, Europoje pradėta plačiau naudoti terminą mechatronika. 1.2 pav. pateiktas prof. F.E. Wagner sudarytas technologijų raidos grafikas vaizdžiai iliustruoja mechatronikos kaip mokslo ir technikos šakos genezę ir jos turinį.

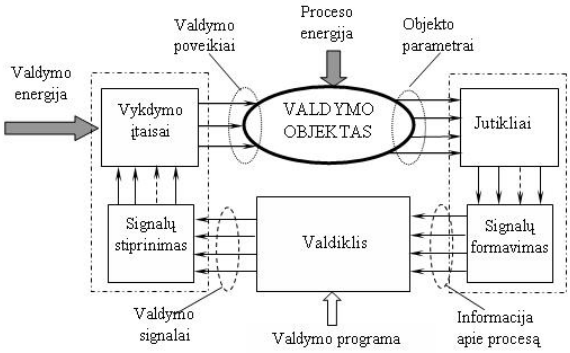
Mechatronika kaip mokslo ir technikos kryptis formavosi palaipsniui. Iki 1970-ųjų metų buvo paplitę elektromechaninės sistemos. 1970–1990 m. jos transformavosi į mechanizmų elektroninio valdymo sistemas. Nuo 1990 metų ima vis labiau įsigalėti kompiuterinio mechanizmų valdymo metodai ir priemonės. Laikui bėgant keitėsi ne tiek pats valdymo uždavinys ir būdai, kiek jo įgyvendinimo metodai ir technika. Mechanizmų valdymo sistemose vis daugiau funkcijų atiteko elektroniniams energijos keitimo, valdymo, informacijos formavimo ir apdorojimo įtaisams, sistemos darėsi vis labiau mechatroninėmis, mechaninei sistemos daliai paliekant tik konstrukcines jėgos perdavimo ir judesių palaikymo funkcijas.



1.2 pav. Technologijų raidos grafikas

1.1. MECHATRONINĖS SISTEMOS STRUKTŪRA

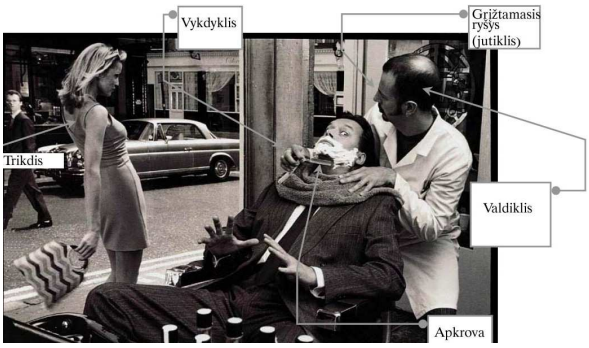
Kaip minėjau, mechatroninės sistemos automatiškai valdo technologinius objektus (mechanizmus) bei technologinius procesus. Sistema formuoja fizinius poveikius objekto agregatams ir įrenginiams. Tai atlieka įvairūs vykdymo įtaisai – vykdikliai. Jais gali būti elektros pavaros, pneumatikos ar hidraulikos įtaisai. Jie gauna iš maitinimo šaltinio valdymo energiją, kurią valdo į vykdiklį ateinantys valdymo signalai. Vykdiklis suformuoja mechaninius valdymo poveikius. Jie valdo proceso energiją taip, kad objektas atliktų numatytą darbą. Valdymo energija – tai dažniausiai elektros energija, o vykdiklio išėjime gaunama mechaninė energija. Tuo būdu vyksta energijos keitimas iš elektros į mechaninę. Proceso energija gali būti elektros, pneumatinė ir hidraulinė.



1.3 pav. Mechatroninės sistemos struktūra

Tuo pat metu yra kontroliuojama proceso eiga – matuojami pagrindiniai objekto parametrai. Pirminiai parametrai yra temperatūra, jėga, greitis, skysčio lygis, objekto padėtis ir kt. Dažniausiai tai neelektriniai dydžiai. Juos matuoja matavimo įtaisai – jutikliai. Tai specialūs prietaisai, ne tik fiksuojantys matuojamųjų parametrų reikšmes, bet ir transformuojantys matuojamuosius parametrus į analoginius ar diskretinius, elektrinius ar pneumatinius signalus, patogius apdoroti valdymo sistemoje.

Suformuoti signalai patenka į valdiklį. Šiuolaikinės sistemos kuriamos pasitelkiant specializuotus valdiklius ar pramoninius kompiuterius, galinčius realizuoti sudėtingus valdymo dėsnius ir programas, surenkančias duomenis iš proceso jutiklių, formuojančias optimalius valdymo poveikius ar adaptyvius valdymo algoritmus, vizualizuojančias technologinius procesus ar kaupiančias vartotojui reikalingą informaciją. Valdiklis apdoroja gautus signalus (informaciją apie procesą) ir pagal įrašytą programą suformuoja valdymo signalus. Signalai sustiprinami (jei reikia) ir patenka į vykdymo įtaisą. Reikia pažymėti, kad be naudingų signalų sistema yra veikiama ir išorinių trikdžių, kurie gali sutrikdyti normalią proceso eigą.



1.4 pav. „Mechatroninė sistema“

2. MECHATRONIKOS SISTEMŲ PARAMETRŲ MATAVIMO PRINCIPAI

Tikslai:

- ♦ žinoti pagrindinius procesų parametrus;
- ♦ paaiškinti technologinio proceso pagrindinių parametrų matavimo principus.

Šiame skyriuje paaiškinami dažniausiai sutinkamų technologinių procesų parametrų matavimo principai. Nagrinėjama dažniausiai naudojamų prietaisų konstrukcija. Paaiškinami jų veikimo principai bei juose vykstantys procesai. Apžvelgiami neelektrinių dydžių keitikliai į elektrinius dydžius.

Skyriaus įsisavinimui prireiks 2 val. teorijai.

Literatūra

- ♦ ALEKSA, Vytautas; DAILIDĖ, Sigitas; STANIŠKIS, Jurgis. *Automatika ir technologinių procesų automatizavimas*. Vilnius: Mokslas, 1981.
- ♦ FRADEN, Jacob. *Handbook of modern sensors*: physics, designs, and applications. New York: Springer-Verlag, 2004. ISBN 0-387-00750-4.

2.1. MATAVIMO TECHNIKOS PAGRINDAI

Matavimai būna tiesioginiai, netiesioginiai ir išvestiniai. Tiesioginio matavimo atveju matuojamo dydžio vertė palyginama su matavimo vienetu arba nuskaitoma matavimo prietaiso skalėje, sugraduotoje matavimo vienetais. Tiesioginių matavimų pagrindiniai metodai yra:

- ♦ tiesioginio atskaitymo metodas (vertę rodo prietaiso rodyklė);
- ♦ kompensacinis metodas (nežinomas dydis sulyginamas su žinomu ir lygybė fiksuojama nulio indikatoriumi);
- ♦ diferencialinis metodas (matuojamas skirtumas tarp nežinomo ir žinomo dydžių).

Netiesioginio matavimo atveju tiesiogiai matuojamas kitas dydis, susijęs su nežinomu dydžiu vienareikšme priklausomybe.

Išvestinio matavimo atveju nežinomo dydžio vertė apskaičiuojama sprendžiant lygčių sistemą. Lygtyse esantieji dydžiai išmatuojami tiesiogiai.

Matavimo metu gaunamos paklaidos. Jos yra pagrindinės, kai matuojama įprastinėse sąlygose ir papildomos, atsirandančios dėl aplinkos poveikio.

Skirtumas tarp tikrosios matuojamo dydžio vertės X_t ir vertės X_p , kurią rodo matavimo prietaisas, vadinamas absoliutine matavimo prietaiso paklaida α.

$$\alpha = X_p - X_t ; \qquad (2.1)$$

Absoliutinės paklaidos santykis su matuojamu dydžiu vadinamas santykine paklaida.

$$\beta = \frac{\alpha}{X_t}; \text{ arba } \beta = \frac{\alpha}{X_t} \times 100\,\%; \qquad (2.2)$$

Galima vietoje X_t formulėje 2.2 naudoti X_p . Dydis α su neigiamu ženklu vadinamas pataisa. Pagal leidžiamą pagrindinę paklaidą matavimo prietaisai skirstomi į tikslumo klases. Yra šios prietaisų klasės: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4,0; 6.

Matavimo prietaisai skirstomi į etaloninius ir darbo, o pastarieji – į laboratorinius ir techninius.

Matavimo prietaisai gali būti skirstomi pagal matuojamą parametrą. Pvz.: temperatūros, slėgio, skysčio lygio, greičio, jėgos ir kiti matuokliai.

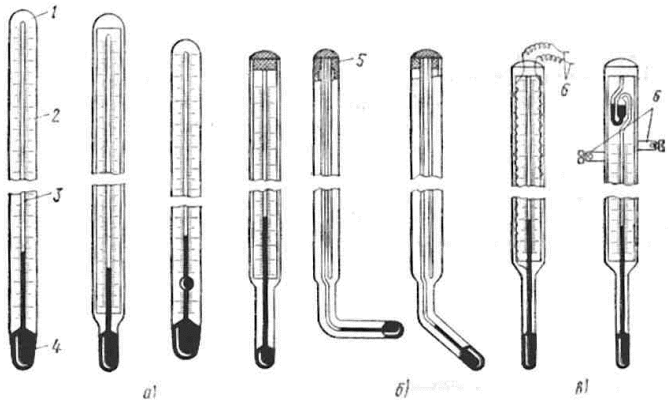
2.2. TECHNOLOGINIŲ PROCESŲ PARAMETRŲ MATAVIMAS

Technologinio proceso eigą apibūdina daugybė parametrų. Dažniausiai matuojami yra temperatūra, skysčio lygis, slėgis. Svarbiausi mechatroninės sistemos parametrai yra mechanizmų dalių greičiai, pagreičiai ir veikianti jėga.

2.2.1. Temperatūros matavimas

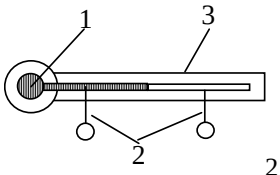
Yra naudojamos dvi temperatūrų skalės: termodinaminė (Kelvino) ir tarptautinė praktinė (Celsijaus). Jas sieja formulė: t (^oC) = T (K) – 273,16; kur t (^oC) – Celsijaus skalė, T (K) – Kelvino skalė.

Seniausias temperatūros kontrolės prietaisas yra visiems gerai žinomas termometras. Termometrai gali būti: plėtimosi, manometriniai, elektriniai varžiniai ir termoelektriniai. Gyvsidabrinio termometro pavyzdžiai parodyti 2.1 pav.



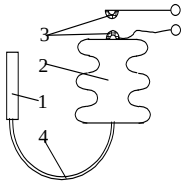
2.1 pav. Gyvsidabriniai termometrai

Paprastą termometrą panaudoti automatikoje yra gana sunku. Todėl yra naudojami gyvsidabriniai kontaktiniai termometrai (1 ir 2 iš dešinės). Jų veikimas labai paprastas – gyvsidabris kildamas užtrumpina įlydytus kontaktus 2, kai temperatūra pasiekia tam tikrą reikšmę (2.2 pav.). Gaunamas elektros signalas – varžos pokytis nuo ∞ iki 0 Ω.



2.2 pav. Kontaktinio gyvsidabrinio termometro sandara

Gamyboje plačiai naudojami elektropneumatiniai temperatūros kontrolės prietaisai. Juos sudaro uždara sistema: termobalonas 1, silfonas 2, kontaktas 3, kapiliarinis vamzdelis 4 (2.3 pav.). Ši sistema pripildyta specialių dujų.



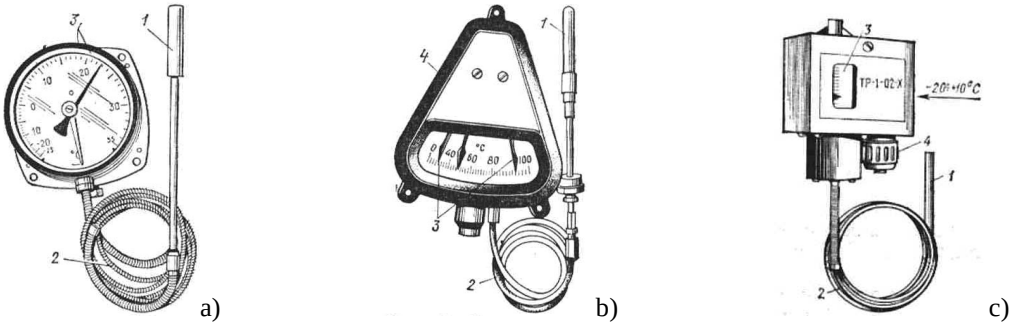
2.3 pav. Elektropneumatinio kontaktinio termometro sandara

Temperatūrai kylant plečiasi dujos, membrana išlinksta ir pastumia rodyklę arba perjungia kontaktą. Tarp dujų slėgio uždaroje sistemoje ir dujų temperatūros yra vienareikšmė priklausomybė.

$$p_t = p_0\left[1+\beta(t-t_0)\right]; \qquad (2.3)$$

čia p_t ir p_0 – slėgiai sistemoje prie temperatūrų t ir t_0 , β = 1/273,16 1/laipsn. – tūrinis temperatūrinis dujų plėtimosi koeficientas.

Pramoniniai temperatūros kontrolės prietaisai pavaizduoti 2.4 pav., a. Jie nenaudoja papildomos energijos. Tokių prietaisų trūkumas – didelė inercija.



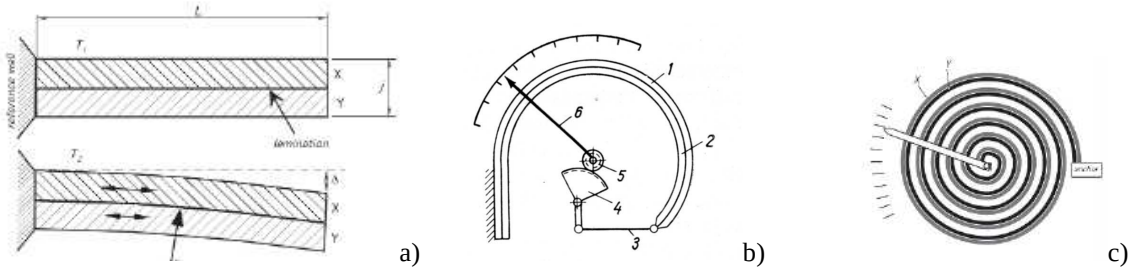
a) b) c)

2.4 pav. Elektropneumatiniai temperatūros kontrolės prietaisai: a) ТПГ-СК, b) ТС-100, c) ТР-1-02

Dažniausiai matuojama temperatūra nuo – 50^0C iki +100^0C. Maksimali matuojama temperatūra siekia + 600^0C.

TP-1-02 yra temperatūros reguliatorius. Jame prie nustatytos temperatūros persijungia kontaktas. Persijungimo temperatūra keičiama reguliatoriumi 4.

Kitų termometrų veikimo principas grindžiamas kietųjų medžiagų skirtingais temperatūriniais plėtimosi koeficientais. Tai bimetaliniai ir dilatometriniai termometrai. Jais matuojamos temperatūros nuo – 150 iki + 700 ^{0}C. Matavimo tikslumas yra 1 – 1,5 %.



a) b) c)

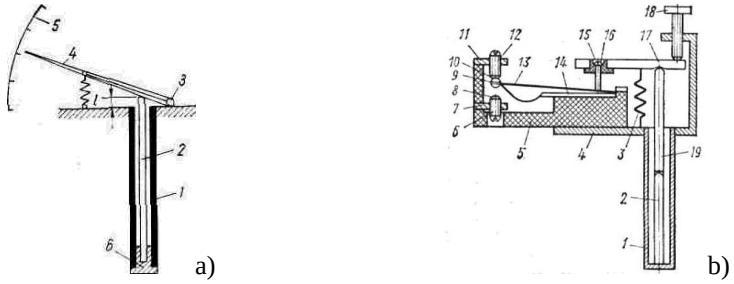
2.5 pav. Bimetalinis termometras: a) bimetalinė juostelė, b) vienagijis termometras, c) daugiagijis termometras

Bimetalinio termometro pagrindas – bimetalinė juostelė (2.5 pav., a). Ją sudaro dvi skirtingų metalų (pvz., vario ir invaro), kurių skirtingi temperatūriniai plėtimosi koeficientai α, juostelės X ir Y. Jos tarpusavyje sutvirtintos.

$$l_2 = l_1\left[1+\alpha\left(T_2 - T_1\right)\right]; \qquad (2.4)$$

čia l_1 – pradinis ilgis prie temperatūros T_1, l_2 – ilgis prie padidėjusios temperatūros T_2, α-medžiagos linijinio plėtimosi koeficientas.

Bimetalinė juostelė gali būti susukta į spiralę (2.5 pav., c). Vienas spiralės galas įtvirtintas atramoje. Keičiantis temperatūrai ji daugiau ar mažiau susisuka ir pasuka rodyklę. Prie rodyklės gali būti pritvirtintas kontaktas, kuris prie tam tikros temperatūros persijungia.



a) b)

2.6 pav. a) dilatometrinis termometras, b) dilatometrinis temperatūros reguliatorius

2.6 pav., a pateikta dilatometrinio termometro sandara. Termometrą sudaro vamzdis 1, pagamintas iš medžiagos (vario, žalvario, plieno, aliuminio), kurios didelis temperatūrinis plėtimosi koeficientas. Vamzdžio viduje įtaisytas strypas 2 (iš kvarco ar invaro), kurio temperatūrinis plėtimosi koeficientas mažas. Strypas remiasi į kamštį 6, nejudamai sujungiantį strypą su vamzdžiu. Viršutine dalimi strypas remiasi į atskaitymo sistemos rodyklę, kurios vienas galas šarnyru pritvirtintas prie matuoklio korpuso 3. Keičiantis temperatūrai, vamzdžio 1 ilgis kinta žymiai daugiau negu strypo, todėl keičiasi atstumas. Atskaitymo sistemos rodyklė 4 atsilenkia ir parodo skalėje 5 temperatūrą. Vietoje rodyklės gali būti pritvirtintas kontaktas, kuris prie tam tikros temperatūros persijungia (2.6 pav.,b). Temperatūra reguliuojama varžtu 18.

Automatikoje plačiai naudojami elektriniai varžiniai termometrai (resistance thermometer). Temperatūros matavimas varžiniais termometrais pagrįstas laidininkų ir puslaidininkių vienareikšmiška varžos priklausomybe nuo temperatūros. Taigi temperatūra nustatoma matuojant aktyvinę laidininko ar puslaidininkio varžą.

Priklausomybė tarp varžos ir temperatūros sudėtinga ir tik kai kurioms medžiagoms ją galima aprašyti matematiškai, todėl varžinių termometrų gamybai tinka nedaug metalų ir puslaidininkių. Tinkamiausi metalai – platina ir varis. Juos palyginti nesunkiai galima pagaminti chemiškai grynus. Kai temperatūros intervalas yra 0 – 650^{0}C, platinos varžos priklausomybė nuo temperatūros aprašoma lygtimi:

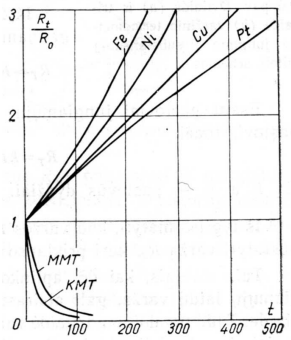
$$R_T = R_0(1+\alpha_1 t + \alpha_2 t^2); \qquad (2.5)$$

čia R_T ir R_0 – platinos varža, esant temperatūrai t ir 0 ^{0}C; α_1, α_2 – konstantos: $\alpha_1 = 3.968\times10^{-3}$ ^{o}C^{-1} ; $\alpha_2 = -5{,}847\times10^{-7}$ ^{o}C^{-1}

Vario varžos priklausomybė nuo temperatūros intervale nuo –50 iki +200^{0}C aprašoma lygtimi:

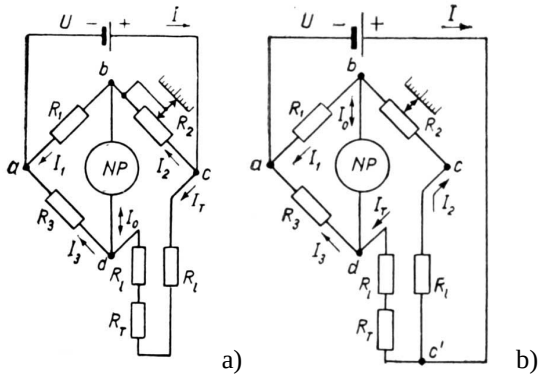
$$R_T = R_0(1+\alpha_1 t); \qquad (2.6)$$

čia R_T ir R_0 – vario varža, esant temperatūrai t ir 0 ^{0}C; $\alpha_1 = 4.26\times10^{-3}$ ^{o}C^{-1}



2.7 pav. Laidininkų ir puslaidininkių elektrinės varžos priklausomybė nuo temperatūros

Varžiniai termometrai jungiami prie matavimo prietaisų, kurie matuoja varžos pokytį. Tokie prietaisai vadinami subalansuotais ir nesubalansuotais tilteliais (2.10 pav.) ir logometrais (2.11 pav.). Jų skalė sugraduojama laipsniais.



a) b)

2.10 pav. Tiltelio principinė elektros schema: a) dvilaidė, b) trilaidė

Tiltelis sudarytas iš dviejų pastovių žinomų varžų rezistorių R_1, R_3, kalibruotos pagal ilgį varžos R_2 (reochordo) ir varžinio termometro varžos R_T. Termometras prijungtas laidu, kurio varža $2R_l$. Į vieną tiltelio diagonalę *(ac)* įjungtas nuolatinės įtampos šaltinis *U*, į kitą — nulio indikatorius *NP*. Tiltelio balanso metu taškų *d* ir *b* potencialai lygūs ir $I_0 = 0$. Esant tokiam režimui, galioja lygčių sistema:

$$\begin{cases} R_1 I_1 = R_3 I_3; \\ R_2 I_2 = (R_T + 2R_l) I_T; \\ I_1 = I_2; \\ I_3 = I_T. \end{cases} \qquad (2.7)$$

Subalansuotam tilteliui iš 2.7 lygčių sistemos gaunama :

$$R_T = R_2 \frac{R_3}{R_1} - 2R_l = kR_2 - 2R_l ; \qquad (2.8)$$

Esant pastoviai jungiamųjų laidų temperatūrai, varža R_l pastovi, todėl

$$R_T = kR_2 - k_1 ; \qquad (2.9)$$

čia *k* ir k_1 — pastovūs dydžiai.

Matyti, kad varžos R_T kitimą vienareikšmiškai galima nustatyti varža R_2, kuri priklauso nuo šliaužiklio padėties. Kai dėl aplinkos temperatūros kitimo kinta jungiamųjų laidų varža, gali atsirasti neleistinai didelė matavimo paklaida. Tada naudojama *trilaidė* varžinio termometro jungimo schema, kurioje jungiamieji laidai prijungti prie skirtingų pečių (2.10 pav., b*)*.

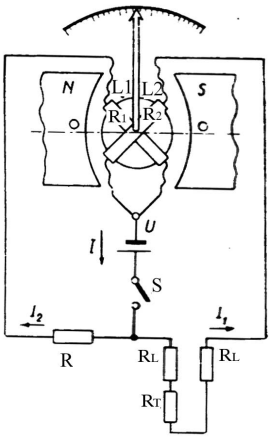
Tiltelio balanso metu galioja lygybė:

$$R_T = (R_2 + R_l)\frac{R_3}{R_1} - R_l ; \qquad (2.10)$$

Jei tiltelis simetriškas ($R_1 = R_3$), gaunama:

$$R_T = R_2; \qquad (2.11)$$

Matyti, kad jungiamųjų laidų varžos kitimas įtakos matavimo rezultatams neturi.



2.11 pav. Logometro principinė schema

Logometrai yra magnetoelektrinės sistemos prietaisai. Judanti logometro sistema sudaryta iš dviejų sukryžiuotų standžiai tarpusavyje sujungtų ričių L1 ir L2, esančių nevienalyčiame magnetiniame lauke 2.11 pav. Tokios sistemos posūkio kampas α proporcingas elektros srovių I_1 ir I_2, tekančių ritėmis, santykiui:

$$\alpha = f(I_1/I_2); \qquad (2.12)$$

Logometro magnetų poliai *(N* ir *S)* sudaro specialios formos magnetinį lauką. Dėl ritėmis tekančių srovių sąveikos su magnetiniu lauku atsiranda sūkio momentas, kuris rites veikia priešingomis kryptimis. Ritės sukasi tol, kol momentai susilygina.

$$\alpha = f\left(\frac{R_T + 2R_L + R_L}{R + R_2}\right); \qquad (2.13)$$

Kadangi visos varžos pastovios, todėl:

$$\alpha = f_1(R_T); \qquad (2.14)$$

Logometro parodymai nepriklauso nuo maitinimo įtampos.

Metaliniai varžiniai termometrai nėra jautrūs. Puslaidininkiniai varžiniai termometrai (termistoriai) yra žymiai jautresni. Termistorius – tai puslaidininkinis termorezistorius. Matavimams naudojami NTC tipo termistoriai. Jų pagrindas – puslaidininkis, sudarytas iš sukepintų metalų oksidų (pvz., mangano ir nikelio). Didėjant temperatūrai, jų varža mažėja. Termistoriai naudojami matuoti iki +180°C temperatūroms. Jie pasižymi dideliu temperatūriniu varžos koeficientu α ($3\times10^{-2} \div 4\times10^{-2}$ 1/laipsnis), didele specifine varža, mažais gabaritais. Kadangi termistorių varža didelė, tai jungimo laidų varžos įtaka matavimo rezultatams nežymi. Priklausomybė tarp jų varžos R ir absoliutinės temperatūros t yra netiesinė. Jų jautrumas apie 10 kartų didesnis nei platininio varžinio termometro. Kai temperatūra didėja, varža mažėja eksponentiniu dėsniu:

$$R = A\exp\frac{B}{T}; \qquad (2.15)$$

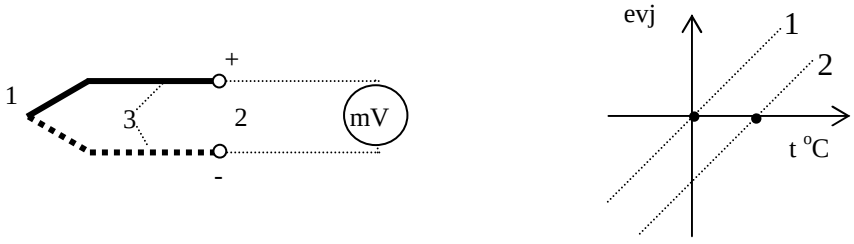
čia A ir B – pastovūs koeficientai. Jie priklauso nuo puslaidininkio medžiagos fizikinių parametrų.

Anksčiau termistoriai buvo žymimi raidėmis ST2 – 1, MMT, KMT, kurios rodo puslaidininkio tipą. Termistorių konstrukcija (2.12 pav.) gali būti diskinė, strypelio formos, žiedinė, taškinė ir pan. Iš esmės – tai du kontaktai, tarp kurių patalpintas puslaidininkis. Termistoriai jungiami į tiltelio schemą.

2.12 pav. NTC termistorių formos

Atskira termistorių rūšis yra PTC termistoriai (pozistoriai). Jų varža didėja kylant temperatūrai. Jie naudojami automatinei temperatūrinei apsaugai.

Temperatūros matavimui taip pat plačiai naudojami termoelektriniai termometrai. Paprasčiausią termoelektrinį termometrą sudaro termopora ir milivoltmetras (2.13 pav.). Termoporą sudaro dvi skirtingų metalų vielos. Tai – termoelektrodai 3. Jų galas 1 (vadinamas darbiniu arba karštu) yra suvirintas arba sulituotas. Prie kito galo 2 (laisvo arba šalto) prijungiamas milivoltmetras. Jei tarp taškų 1 ir 2 atsiranda temperatūrų skirtumas, tai išėjime 2 generuojama nuolatinė evj. Jos dydis gali būti iki 5mV/100 ^{o}C.

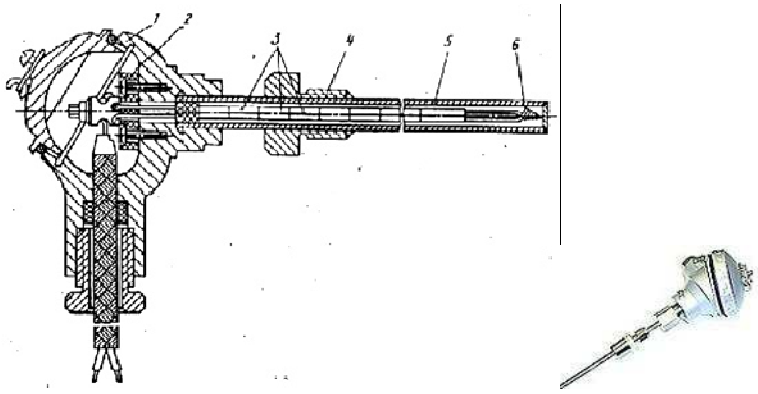


2.13 pav. Termoelektrinio termometro sandara ir charakteristika

Pastaba. Termopora matuoja ne absoliutinę temperatūrą, o dviejų taškų temperatūrų skirtumą.

Termoelektrodai daromi iš platinos, platinos – rodžio lydinio, chromelio, kopelio,

aliumelio, konstantano, geležies.



2.14 pav. Termoporos sandara
Pagrindiniai komponentai: 6-termoelektrodai (darbinis galas), 2-laisvas galas(išvadai). Papildomi komponentai: 1-dangtelis , 3-izoliatoriai , 4-tvirtinimo veržlė, 5-metalinis apsauginis korpusas

2.2.2. Slėgio matavimas

Slėgis yra vienas iš dažniausiai kontroliuojamų technologinio proceso parametrų. Tarptautinėje vienetų sistemoje (SI) slėgio matavimo vienetas yra paskalis. Tai slėgis, kurį sukelia 1 N (Niutono) jėga, veikdama vertikaliai 1 m^2 paviršiaus plotą. Praktikoje dar vartojami ir kiti vienetai. 100 kPa yra lygu 14,5 psi *(pounds per square inch*)svarų į kvadratinį colį).

2.1 lentelė. Slėgio vienetų palyginimas

Pa =N/m^2	kgf/cm^2	atmosfera	bar	mmHg	cmH_2O
98,100	1	0,98692	0,981	736	1000
101,330	1,033	1	1,0133	760	1033
10^5	1,02	0,987	1	750	1020
1	1,02x10-5	$9,87x10^{-6}$	10^{-5}	$75x10^{-4}$	$1,02x10^{-2}$
133,332	$1,36x10^{-3}$	$1,32x10^{-3}$	$1,33x10^{-3}$	1	1,36
98,1	10^{-3}	$9,68x10^{-4}$	$9,81x10^{-4}$	0,736	1

Čia mm H2O – 1cm vandens stulpo hidrostatinis slėgis, mm Hg – 1 mm gyvsidabrio stulpelio hidrostatinis slėgis.

Skiriami tokie slėgiai: barometrinis (atmosferinis) slėgis p_b **,** absoliutinis slėgis p_a ir viršslėgis p_m. Barometrinį slėgį sudaro žemės atmosferos oro stulpo svorio jėga. Jis nėra pastovus ir keičiasi kintant atmosferos sąlygoms bei priklauso nuo geografinės padėties. Barometrinį slėgį viršijantis slėgis vadinamas manometriniu slėgiu arba viršslėgiu. Absoliutinis slėgis lygus barometrinio slėgio ir viršslėgio sumai:

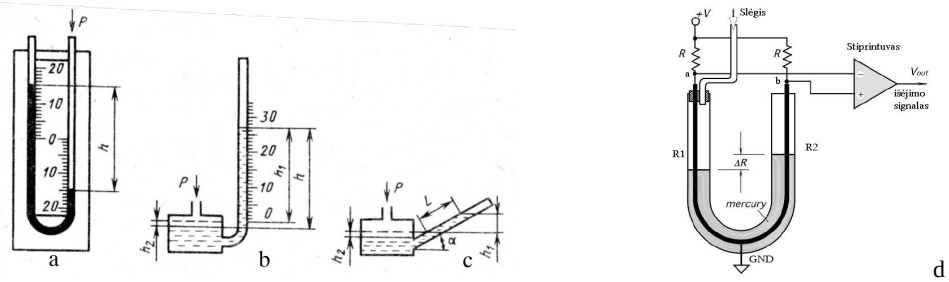
$$p_a = p_b + p_m; \qquad (2.16)$$

Vakuumu yra vadinamas slėgis, mažesnis už barometrinį.

Pagal veikimo principą slėgio matavimo prietaisai skirstomi į 4 grupes: skystiniai, stūmokliniai, deformaciniai, elektriniai.

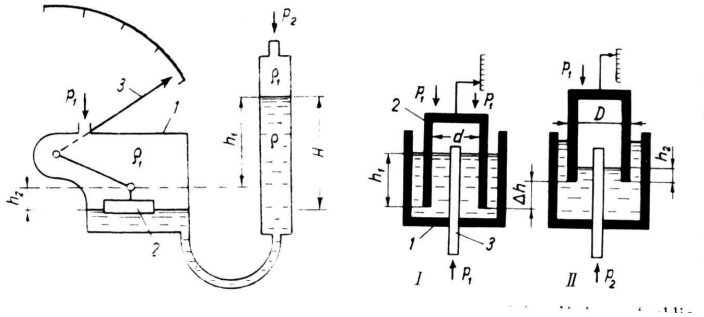
Skystiniai slėgio matuokliai naudojami viršslėgiui ir vakuumui matuoti. Prietaisai nesudėtingos konstrukcijos, palyginti pigūs, pasižymi aukštu matavimo tikslumu. Juose matuojamas absoliutinis slėgis p_a atsveriamas atmosferiniu slėgiu p_b ir hidrostatiniu skysčio stulpo slėgiu. 2.15 pav., d parodytas *U* formos matuoklis, kuriame patalpintas rezistorius. Rezistorius padalytas į dvi dalis *R1* ir *R2* . Jos įjungtos į tiltelio schemą. Vamzdelis užpildytas specialiu skysčiu, kuris mažina rezistorių varžą. Kai slėgio nėra, skystis vienodai apsemia rezistorius *R1* ir *R2*. Jų varžos vienodos. Tiltelio schema subalansuota ir *ab* išėjime įtampos nėra. Atsiradus slėgiui, kairėje pusėje skysčio lygis mažėja, o dešinėje didėja. Rezistoriaus *R1* varža didėja, o *R2* – mažėja. Tiltelis išsibalansuoja ir jo išėjime *ab* atsiranda

signalas, kurį sustiprina stiprintuvas.



2.15 pav. Skystinių laboratorinių manometrų schemos: a) U formos, b) vienavamzdžio, c) mikromanometro su pasvirusiu vamzdžiu, d) U formos matuoklis su konduktometriniu keitikliu

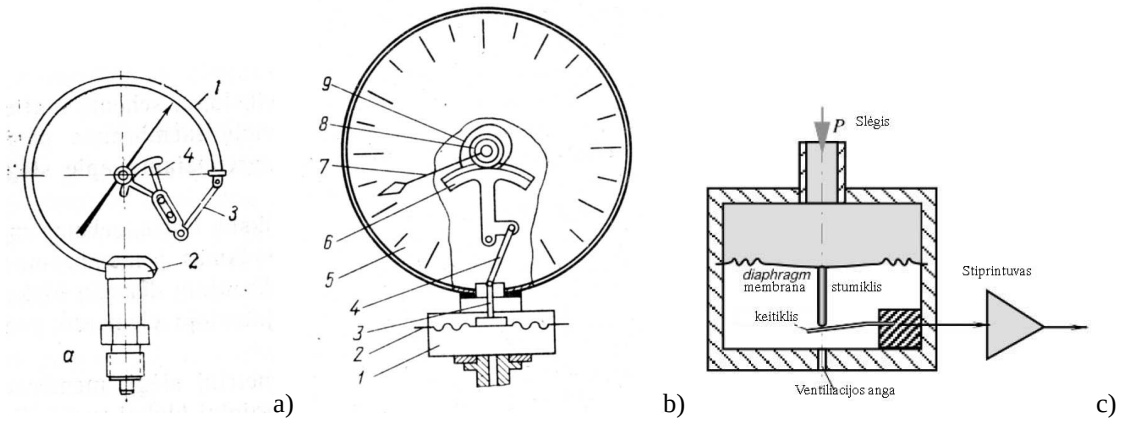
Laboratoriniai skystiniai prietaisai turi visa eilę trūkumų: jie nepakankamai mechaniškai atsparūs, siauras matavimo diapazonas, parodymų negalima perduoti ir registruoti. Todėl pramonėje naudojami plūdiniai, varpiniai (2.16 pav.) ir žiediniai skystiniai slėgio matuokliai.



2.16 pav. Plūdinio ir varpinio slėgio matuoklių schemos

Stūmokliniuose manometruose matuojamas slėgis kompensuojamas svareliais. Šie manometrai yra laboratoriniai prietaisai.

Deformaciniuose prietaisuose matuojamas slėgis kompensuojamas jėga, kurią išvysto prietaiso konstrukcijos tamprieji elementai. Matuojamojo slėgio sukurta jėga sukelia tampraus elemento deformaciją. Ją perdavimo mechanizmas keičia atskaitymo sistemos rodyklės kampiniu arba linijiniu poslinkiu. Deformaciniai prietaisai matavimams naudojami plačiausiai. Jie paprastos konstrukcijos, patikimi, portatyvūs, universalūs, jų platus matavimo diapazonas.



2.17 pav. Deformacinių slėgio matavimo prietaisų sandara: a) su vienagija vamzdine spyruokle, b) su membrana, c) su membrana ir keitikliu

Deformaciniai prietaisai pagal jautriojo elemento konstrukciją yra skirstomi šitaip:

- vamzdiniai spyruokliniai (su vamzdinės spyruoklės pavidalo jautriuoju elementu);

- membraniniai (su membranos, membraninės aneroidinės dėžutės ar membraninių dėžučių bloko pavidalo jautriaisiais elementais);
- silfoniniai (su silfono tipo jautriaisiais elementais);

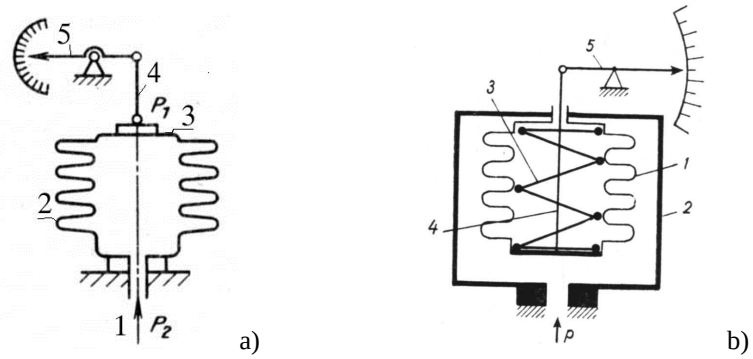
spyruokliniai membraniniai ir spyruokliniai silfoniniai (jų jautrieji elementai yra lanksti minkšta membrana su spyruokle ar silfonas su spyruokle viduje).

Vienagijis vamzdinis prietaisas (2.17 pav., a) sudarytas iš ovalinio arba elipsinio skerspjūvio vamzdinės spyruoklės *1*, vienu galu įtvirtintos laikiklyje *2*. Per laikiklį į vamzdinę spyruoklę patenka matuojamasis slėgis. Prie antrojo vamzdinės spyruoklės galo pritvirtinta traukė *3*, perduodanti slėgio jėgos deformuojamos spyruoklės galo padėties pokytį krumpliaratiniam sektoriui *4*. Sektorius *4* sujungtas su dantračiu, prie kurio ašies pritvirtinta atskaitymo sistemos rodyklė. Vienagijais vamzdiniais manometrais matuojami labai skirtingi slėgiai. Prietaisais galima išmatuoti vakuumą ir viršslėgį iki 1568 MPa (1600 kG/cm^2).

Daugiagijis vamzdinis manometras skiriasi nuo vienagijo spyruoklės forma. Jis turi cilindrinę sraigtinę spyruoklę. Sraigtinės spyruoklės eiga yra žymiai didesnė negu vienagijės spyruoklės, todėl ji naudojama registravimo bei netiesioginio atskaitymo prietaisuose.

Membraniniai prietaisai skirti nedideliam slėgiui, vakuumui arba slėgių skirtumui matuoti. Matuojamasis slėgis įvertinamas membranos įlinkiu. Membraninį prietaisą (2.17 pav., b) sudaro korpusas 1, membrana 2, pakėliklis 3, traukė 4, skalė 5, krumpliaratinis sektorius 6, rodyklė 7, krumpliaratis 8, spyruoklė 9. Didėjant slėgiui, membrana pakyla ir pasuka rodyklę.

2.17 pav., c parodytoje konstrukcijoje didėjant slėgiui membrana per stūmiklį spaudžia žemyn keitiklį (pjezoelektrinį), kurio išėjime formuojamas elektrinis signalas. Signalą sustiprina stiprintuvas.



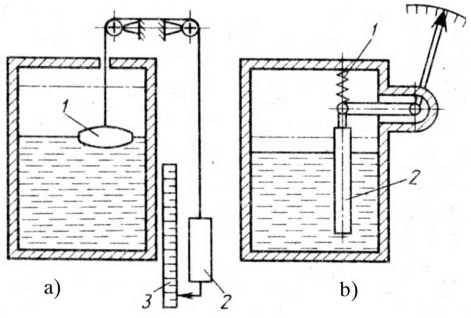
2.18 pav. Silfoniniai slėgio matavimo prietaisai

Silfoninių prietaisų jautrusis elementas yra plonasienis gofruotas cilindrinis indas 2, vadinamas silfonu (2.18 pav., a). Jis daromas iš bronzos arba plieno. Slėgio jėgai veikiant ašine kryptimi, kinta silfono ilgis. Matuojamas slėgis P_2 kapiliaru 1 patenka į silfoną. Veikiamas slėgio silfono viršus 3 kyla, pakėliklis 4 perduoda judesį atskaitymo sistemos rodyklei 5. Silfono ilgio pokyčio priklausomybė nuo slėgio jėgos gana plačiame jėgos stiprio intervale beveik tiesinė.

2.18 pav., b silfonas įtaisytas korpuse 2. Slėgis P patenka į korpusą ir kelia silfono dugną. Vidinė spyruoklė padidina pasipriešinimo jėgą, todėl galima matuoti didesnį slėgį.

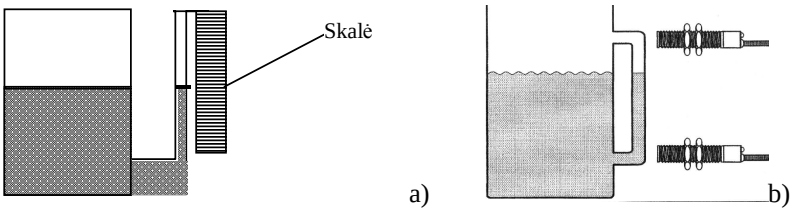
2.2.3. Skysčio lygio matavimas

Skysčio lygis vienaip ar kitaip buvo matuojamas nuo gilios senovės. Yra šie skysčio lygio matavimo prietaisų tipai: plūdiniai, hidrostatiniai, ultragarsiniai, terminiai, radioaktyviniai, elektriniai.



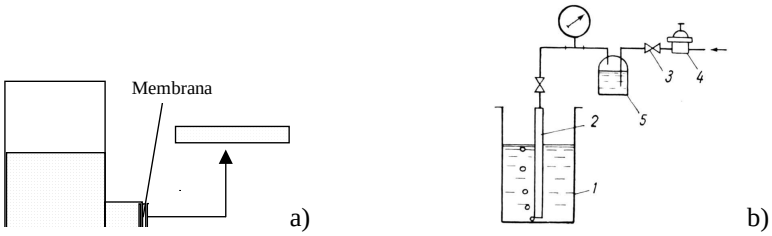
2.19 pav. Plūdinis skysčio lygio matavimo būdas. a) paprasta plūdė: 1-plūdė, 2-svarstis, 3-skalė; b) cilindrinė plūdė: 1-spyruoklė, 2-cilindrinė plūdė

Pats paprasčiausias ir seniausiai naudojamas matavimo būdas – plūdinis (2.19 pav.). Tokiuose prietaisuose matuojamo skysčio paviršių seka plūdė, kurios padėtis fiksuojama atskaitymo prietaisu. Plūdė gali būti cilindrinės formos. Tai sumažina plūdės eigą. Daugėjant skysčio, mažėja plūdės svoris ir spyruoklė ją pakelia aukščiau.



2.20 pav. Skysčio lygio matavimas susisiekiančiais indais: a) tiesioginio nuskaitymo, b) su talpiniais jutikliais

Kitas matavimo būdas – susisiekiantys indai. Juo patogu naudotis, kai skystis yra spalvotas. Toks būdas tinkamas agresyvių skysčių kontrolei. 2.20 pav., b pavaizduotame kontrolės įtaise panaudoti talpiniai arba optiniai jutikliai. Kai skystis pasiekia jutiklį, jo išėjime suformuojamas elektros signalas.



2.21 pav. Hidrostatiniai skysčio lygio matavimo prietaisai: a) membraninis, b) pneumatinis

Hidrostatiniuose matuokliuose skysčio lygis nustatomas pagal hidrostatinio skysčio stulpo slėgį. Matuokliai būna membraniniai, pneumatiniai, svoriniai.

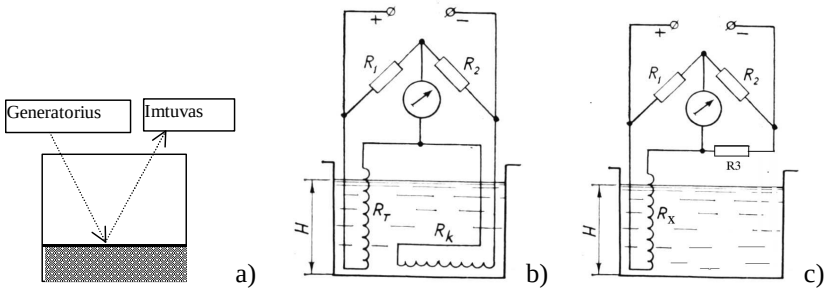
Membraniniai skysčio lygio matuokliai (2.21 pav., a) naudojami klampių ir užterštų skysčių lygiui nustatyti. Rezervuaro dugne ar specialioje į matuojamąjį skystį panardintoje kameroje įmontuojama lanksti membrana arba silfonas. Veikiant hidrostatiniam skysčio stulpo slėgiui, membrana deformuojasi. Kuo daugiau skysčio, tuo daugiau išsigaubia membrana. Su jos viduriu sujungta rodyklė skalėje parodo skysčio lygį. Toks būdas labai tinkamas įvairiems skystiems teršalams kontroliuoti.

Pneumatiniuose prietaisuose (2.21 pav., b) skysčio lygis nustatomas pagal slėgį pneumometriniame vamzdelyje *2* rezervuaro 1 dugne. Pneumometrinis vamzdelis įstatomas

vertikaliai į rezervuarą ir pro jį leidžiamas oras. Tiekiamo oro slėgis ir kiekis nustatomi ventiliu *3* ir reduktoriumi *4*. Oro judėjimas kontroliuojamas, įjungiant oro linijoje kontrolinę stiklinę *5*. Oras išstumia iš pneumometrinio vamzdelio skystį, todėl oro slėgis atitinka hidrostatinį skysčio stulpo slėgį ties vamzdelio galu.

Svoriniuose skysčio lygio matuokliuose lygis nustatomas, sveriant visą rezervuarą su skysčiu.

Skysčio lygiui kontroliuoti vis plačiau naudojami elektriniai matavimo prietaisai. Elektriniuose lygio matuokliuose panaudojamas jautriųjų elementų elektrinių parametrų kitimas, kintant lygiui. Prie šios grupės priskiriami: ultragarsiniai, terminiai, konduktometriniai, talpuminiai ir endovibraciniai lygio matuokliai.



2.22 pav. Elektriniai skysčio lygio matuokliai: a) ultragarsinis, b) terminis, c) konduktometrinis

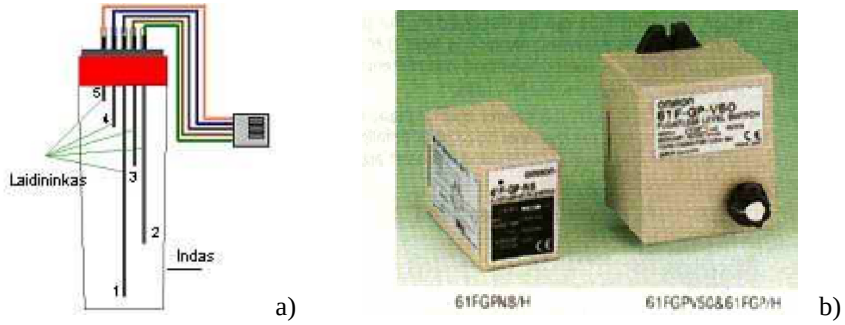
Ultragarsiniuose skysčio lygio matuokliuose (2.22 pav., a) naudojamas lokacijos principas. Virš indo su skysčiu įtaisomas ultragarso generatorius ir imtuvas. Generatorius išspinduliuoja ultragarsinį impulsą. Jis atsispindi nuo skysčio paviršiaus ir grįžta į imtuvą. Matuojama trukmė nuo ultragarsinio impulso išspinduliavimo momento iki atsispindėjusio nuo skysčio paviršiaus impulso grįžimo į generatorių momento. Pagal trukmę sprendžiama apie skysčio lygį. Priklausomybė tarp trukmės ir lygio tiesinė:

$$H = \frac{a}{2}\tau; \qquad (2.17)$$

čia H – matuojamasis atstumas (lygis), a – ultragarso sklidimo greitis, τ – ultragarso sklidimo trukmė.

Ultragarsinis matavimo būdas tinka bet kokiam skysčiui kontroliuoti. Tačiau naudojama įranga yra palygint brangi.

Terminio lygio matuoklio konstrukcija atvaizduota 2.22 pav., b. R_T – vertikalus vielinis rezistorius, pasižymintis dideliu temperatūriniu koeficientu. Jis izoliuotas nuo skysčio. Rezistoriaus ilgis lygus indo aukščiui. Kintant lygiui, kinta panardintos į skystį rezistoriaus dalies atiduodama į aplinką šiluma, keičiasi laidininko temperatūra ir jo varža. Rezistorius R_k kompensuoja skysčio temperatūros įtaką prietaiso parodymams. Šie rezistoriai jungiami į tiltelio schemą.



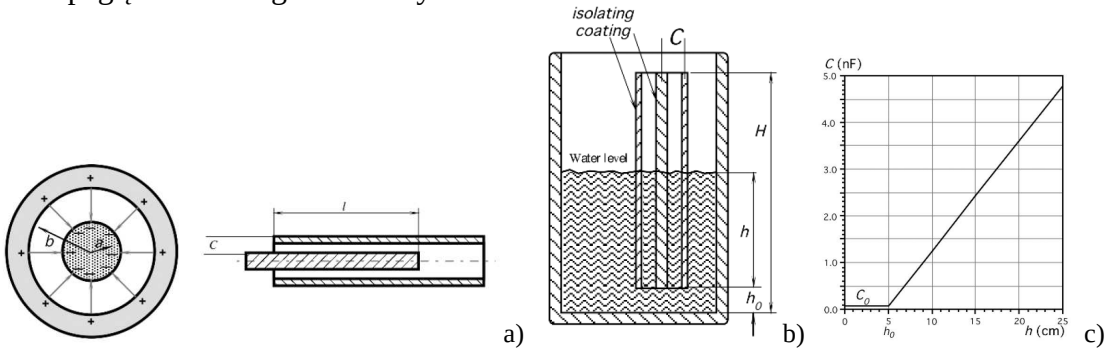
2.23 pav. Konduktometrinis skysčio lygio matuoklis: a) jutiklis, b) prietaisas

Konduktometriniuose lygio matuokliuose (2.22 pav., *c*) panaudojamas rezistoriaus elektrinio laidumo kitimas, kintant elektrai laidaus skysčio lygiui. Rezervuare vertikaliai

pastatomas vielinis rezistorius R_x. Kintant skysčio lygiui, kinta panardintos į jį rezistoriaus dalies ilgis, keičiasi (mažėja) jo varža. Čia rezistoriaus varža yra skysčio lygio matas. Rezistorius jungiamas į tiltelio schemą. Keičiantis rezistoriaus varžai atitinkamai atsilenkia matuoklio rodyklė,

2.23 pav., a rezistorių pakeičia keli laidininkai. Kylant skysčio lygiui, laidininkas 1 per skystį sujungiamas paeiliui su laidininkais 2, 3 ir t.t.. Toks matuoklis fiksuoja keturias skysčio lygio reikšmes.

Talpuminiai lygio matuokliai taikomi elektrai nelaidžių skysčių lygiui matuoti. Jų veikimas pagrįstas skirtinga oro ir skysčio dielektrine skverbtimi.



2.24 pav. Talpinis lygio matavimo būdas: a) cilindrinis kondensatorius, b) indas su keitikliu, c) diagrama

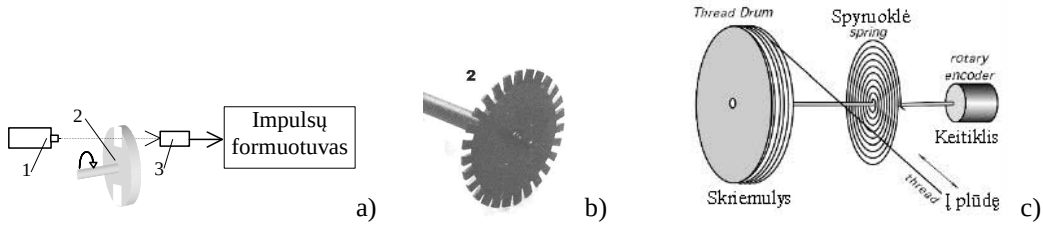
Naudojant talpinį skysčio lygio matavimo būdą į indą su skysčiu patalpinami du izoliuoti elektrodai (2.24 pav., b). Vienas yra cilindro formos, o kitas – strypo formos. Jie sudaro vamzdinį kondensatorių. Kai skysčio tarp elektrodų nėra, kondensatoriaus pradinė talpa C_0. Ji priklauso nuo oro dielektrinės skverbties. Kuo daugiau tarpas užpildomas skysčiu, tuo didesnėje kondensatoriaus dalyje oro dielektrinė skverbtis pakeičiama skysčio dielektrine skverbtimi, todėl didėja talpumas (2.24 pav., c).

$$C_h = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(b/a)}\left[H - h(1-k)\right]; \qquad (2.18)$$

čia a –vidinio elektrodo spindulys, b – cilindro vidinio paviršiaus spindulys, H – jutiklio bendras ilgis, ε_0 – oro dielektrinė skverbtis, k – skysčio dielektrinė konstanta (vandeniui k =78,5 prie 25^0C temperatūros) , H – cilindrinio kondensatoriaus ilgis, h – skysčio lygis.

Šį būdą patogu taikyti judančiuose objektuose, pvz., lėktuvų kuro bakuose. Tačiau tam reikalinga sudėtinga elektroninė įranga.

Endovibraciniame lygio matuoklyje panaudojamas aukšto dažnio generatoriaus dažnio kitimas, kintant skysčio lygiui. Tam tikslui į virpamąjį kontūrą, kurio parametrai lemia generatoriaus dažnį, įjungiamas indas su matuojamuoju skysčiu. Keičiantis lygiui, keičiasi indo elektrinis talpumas, tuo pačiu kinta virpamojo kontūro parametrai bei generuojamo elektrinio signalo dažnis ω. Prietaisas, matuojantis dažnį, graduojamas lygio vienetais.



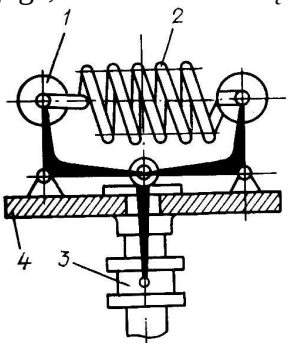
2.25 pav. a) impulsinis skysčio lygio keitiklis: 1-šviesos šaltinis (lemputė,spinduolis, lazeris), 2-diskas su skaidriais ploteliais, 3-fotoimtuvas (fotoelementas, fotorezistorius, fotodiodas); b) diskas su skaidriais ploteliais; c) prietaiso konstrukcija

Skysčio lygio kontrolei galima panaudoti skaitmeninius prietaisus. Tam tiks plūdinis kontrolės metodas, bet tik įtaisius papildomą antrinį impulsinį keitiklį (*encoder*). Labai patogu

panaudoti optoelektroninį jutiklį. Plūdė sujungiama su ašimi. Judant plūdei ašis sukasi. Prie ašies pritaisomas diskas su išpjovomis. Abipus disko įtaisoma optopora: vienoje pusėje yra šviesos šaltinis, o kitoje – fotoimtuvas. Kai tarp šviesos šaltinio ir fotoimtuvo atsiranda išpjova, impulsų formuotuvas generuoja impulsą. Impulsų kiekis priklauso nuo išpjovų kiekio ir nuo ašies pasisukimo kampo. Suskaičiavus impulsus galima spręsti apie skysčio lygį. 2.25 pav., c parodyta tokio prietaiso konstrukcija. Spyruoklė laiko įtemptą troselį plūdei kylant.

2.2.4. Sūkių dažnio matavimas

Dažniausiai mechatroninėse sistemose yra matuojamas sūkių dažnis. Sūkių dažnio matuokliai (dar vadinami tachometrais) yra tolydiniai ir impulsiniai. Tolydiniai matuokliai gali būti mechaniniai ir elektromašininiai. Mechaniniuose matuokliuose sūkių dažnio matavimui panaudojama išcentrinė jėga, veikianti sukamą apie ašį kūną (2.26 pav.).



2.26 pav. Mechaninis sūkių dažnio matuoklis

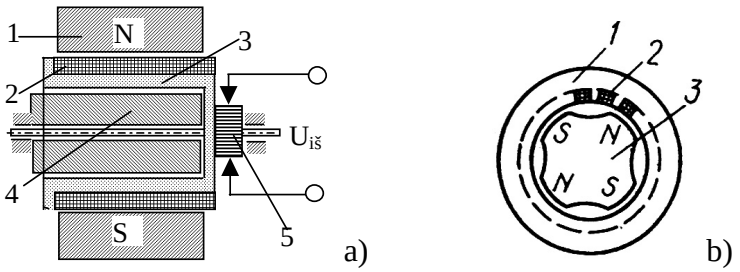
Matuoklį sudaro besisukantys kūnai 1, pritvirtinti prie traversos 4. Ši traversa sujungiama su mašinos velenu, kurio sūkių dažnį reikia matuoti. Išcentrinių jėgų veikiami kūnai tolsta vienas nuo kito ir mova 3 kyla aukštyn. Tachometro išėjimo signalas – movos poslinkis yra perduodamas atskaitymo sistemai.

Elektromašininiai sūkių dažnio matuokliai vadinami tachogeneratoriais. Mechaninį sukimąsi jie keičia elektriniu signalu. Tachogeneratoriuose naudojamas elektromagnetinės indukcijos principas. Matuojama elektrovaros jėga, indukuota laidininke, kuris juda magnetiniame lauke.

$$e = Blv\sin\theta; \qquad (2.19)$$

čia B – magnetinio lauko indukcija, l – laidininko ilgis, v – laidininko judėjimo greitis, θ – laidininko judėjimo krypties kampas magnetinio lauko linijų atžvilgiu.

Tachogeneratoriai būna nuolatinės ir kintamosios srovės. Nuolatinės srovės tachogeneratoriai pagal konstrukciją yra nuolatinės srovės mašinos, sudarytos iš dviejų pagrindinių dalių: statoriaus ir rotoriaus (2.27 pav., a).



2.27 pav. Tachogeneratorius: a) nuolatinės srovės su pastoviais magnetais, b) kintamos srovės sinchroninis

Magnetinį srautą Q sukuria nuolatinis magnetas 1. Rotoriaus apvija 2 užvyniota ant tuščiavidurio plastmasinio cilindro 3. Magnetinę varžą sumažina šerdis 4, dažniausiai tai būna masyvus cilindras, pagamintas iš lakštinio elektrotechninio plieno.

Tachogeneratoriaus rotoriui sukantis kampiniu greičiu ω (rad/s), jo apvijoje indukuojama evj, kuri apskaičiuojama pagal formulę:

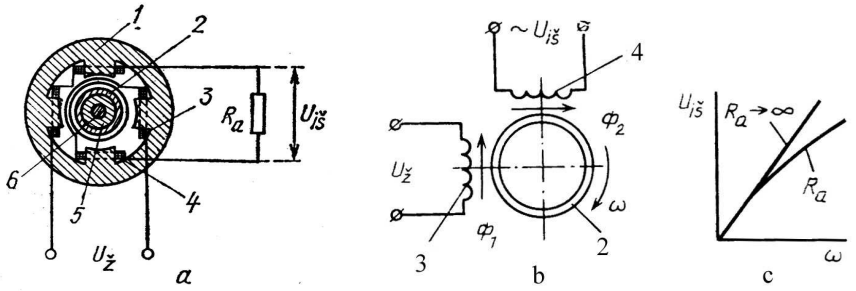
$$E= k\Phi\omega ; \qquad (2.20)$$

čia k – proporcingumo koeficientas, Φ – magnetinis srautas (Wb), ω – rotoriaus kampinis greitis. Signalas per šepetėlius 5 patenka į išėjimą.

Magnetinė sistema gaminama iš specialiai sendintų pastovių magnetų, pasižyminčių magnetinių charakteristikų stabilumu.

Kintamos srovės tachogeneratoriai gali būti sinchroniniai ir asinchroniniai.

Sinchroninį tachogeneratorių (2.27 pav., b) sudaro statorius 1, kurio grioveliuose yra apvija 2 ir rotorius 3 (nuolatinis magnetas su keliais poliais). Sukantis rotoriui, statoriaus apvijoje indukuojama sinusinė evj, kurios amplitudė ir dažnis proporcingas rotoriaus sūkių dažniui. Sinchroniniai tachogeneratoriai nejautrūs sūkių krypties pasikeitimui. Tarp išėjimo signalo ir sūkių dažnio yra netiesinė priklausomybė. Dėl šių trūkumų praktikoje jie naudojami retai.

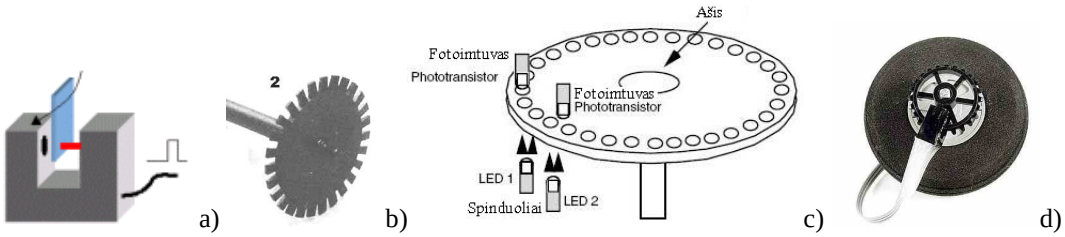


2.28 pav. Asinchroninis tachogeneratorius: a) konstrukcija, b) elektros schema, c) statinė charakteristika

Asinchroninis tachogeneratorius neturi minėtų trūkumų. Jo konstrukcija panaši į dvifazio asinchroninio variklio su plonasieniu rotoriumi konstrukciją (2.28 pav.). Statoriuje 1 suvyniotos dvi apvijos 3 ir 4, perstumtos viena kitos atžvilgiu 90°. Viena apvija (žadinimo apvija 3) jungiama į kintamosios įtampos tinklą, o kita yra išėjimo apvija 4. Tachogeneratoriaus rotorius 2 – tai tuščiaviduris cilindras, pagamintas iš nemagnetinės medžiagos (pvz., aliuminio). Jis pritvirtintas prie veleno 6. Magnetinę varžą sumažina šerdis 5. Prie žadinimo apvijos prijungus kintamą įtampą, tachogeneratoriuje atsiranda pulsuojantis magnetinis žadinimo srautas Φ_1, kuris statmenas išėjimo apvijos ašiai. Kai rotorius nesisuka, išėjimo apvijoje neindukuojama evj, nes šiuo atveju apvijų 3 ir 4 ašys yra tarpusavyje statmenos. Besisukančiame rotoriuje atsiranda sūkių evj, nes rotorius kerta žadinimo srauto Φ_1 magnetines linijas. Ši evj sukuria rotoriuje srovę, sukeliančią kintamąjį magnetinį srautą Φ_2, sutampantį su išėjimo apvijos ašimi. Magnetinis srautas Φ_2 išėjimo apvijoje indukuoja evj, proporcingą rotoriaus sūkių dažniui n.

$$E_{iš}=kU_ž n; \qquad (2.21)$$

čia k – proporcingumo koeficientas, $U_ž$ –maitinimo įtampa.



2.29 pav. Poslinkio impulsų formuotuvai

Išėjimo evj dažnis lygus maitinimo įtampos dažniui. Jos fazė pasikeičia 180°, pakitus rotoriaus sūkių krypčiai. Dirbančio be apkrovos R_a, asinchroninio tachogeneratoriaus charakteristika yra tiesinė (2.28 pav., c). Asinchroninių tachogeneratorių jautrumas 2-5 mV vienam apsisukimui per minutę.

Impulsinių sūkių dažnio matuoklių veikimo principas grindžiamas kontroliuojamo objekto poslinkio per fiksuotą laiko tarpą *t* periodišku matavimu. Objekto judesį į žingsnelius suskaido specialūs įtaisai (enkoderiai), kurių pagrindą sudaro besisukantis diskas su išpjovomis. Plačiausiai paplitę fotoelektriniai įtaisai. Pats paprasčiausias įtaisas parodytas 2.29 pav., a.

Įtaiso vienoje pusėje yra spinduolis, kitoje – fotoimtuvas. Jei tarp jų atsiranda neskaidrus objektas, spindulys nepasiekia imtuvo ir formuojamas signalas. Šis formuotuvas per vieną apsisukimą formuoja tik vieną impulsą. Todėl įtaiso rezoliucija 360 laipsnių. Rezoliucijai padidinti naudojamas diskas su išpjovomis (2.29 pav., b) arba skylutėmis (2.29 pav., c). Didinant skylučių kiekį, didėja rezoliucija. Diskui sukantis, periodiškai besikeičiantys skaidrūs ir neskaidrūs disko segmentai moduliuoja į fotoimtuvą krintantį šviesos srautą. Fotoimtuvo išėjime generuojamas periodinis stačiakampės formos elektrinis signalas.

2.29 pav., c naudojami du fotoelementai, vienas kito atžvilgiu perstumti per ¼ atstumo tarp disko skylučių. Tuomet generuojamos dvi signalų serijos, pastumtos viena kitos atžvilgiu per ¼ periodo.

2.29 pav., d parodytas enkoderis, kuris kontroliuoja rato sūkių dažnį.

Pagrindiniai enkoderių parametrai yra rezoliucija, paklaida, gabaritai, masė, patikimumas.

Mechaninių enkoderių rezoliucija siekia 5 – 7 skiltis, induktyvinių 7 – 14, fotoelektrinių 14 – 18 skilčių. Konstruojant enkoderius siekiama didelio tikslumo ir mažų gabaritų. Tačiau kuo didesnis tikslumas, tuo didesnis enkoderis. Labiausiai paplitę enkoderiai yra 27 – 57 mm skersmens. Maksimalus jų sūkių dažnis 1000 aps./min, ilgis 16 – 36mm.

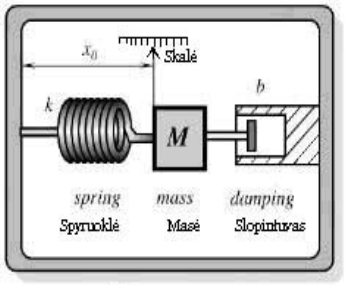
a) b) c)

2.30 pav. Enkoderių pavyzdžiai

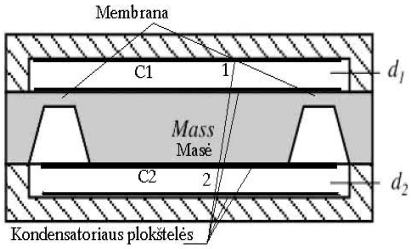
2.2.5. Pagreičio matavimas

Pagreitis apibūdina mechanizmų dinamines apkrovas. Pagreitį galima matuoti netiesiogiai ir tiesiogiai. Pirmu atveju pagreitis apskaičiuojamas išmatavus greitį per laiko intervalą. Pagreitį matuojantys prietaisai vadinami akselerometrais.

Tiesioginių pagreičio matuoklių pagrindą sudaro judanti masė ir tamprus elementas (2.31 pav., a). Pagreičio veikiama masė pasislenka, įtempia spyruoklę ir paslenka rodyklę.



a)

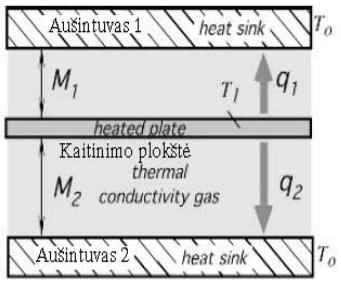


b)

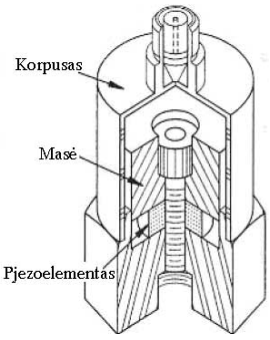
2.31 pav. Pagreičio matuoklio schema: a) mechaninio, b) talpinio

Matuokliuose vietoje skalės gali būti keitiklis, kuris poslinkį pakeistų elektriniu dydžiu. Pagal keitiklį akselerometrai gali būti: talpiniai, induktyviniai, pjezorezistoriniai, pjezoelektriniai, terminiai.

Talpiniame akselerometre masė pritvirtinta prie membranos. Ji su membrana sudaro vieną kondensatoriaus plokštelę. Kitos dvi plokštelės pritvirtintos prie korpuso. Kai pagreičio nėra, atstumai tarp kondensatoriaus plokštelių d1 ir d2 vienodi ir talpumai C1, C2 taip pat vienodi. Veikiant pagreičiui masė pasislenka ir vienas atstumas tarp plokštelių didėja, o kitas – mažėja. Atitinkamai keičiasi ir talpumai C1 ,C2.



a)



b)

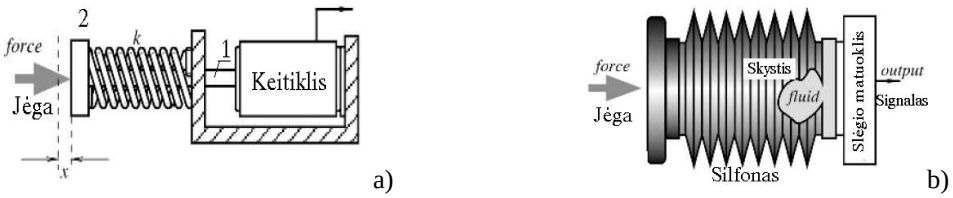
2.32 pav. Pagreičio matuoklio schema: a) terminio, d) pjezoelektrinio

Terminį akseleratorių (2.32 pav., a) sudaro du aušintuvai, tarp kurių yra kaitinimo plokštė, sujungta su mase. Sistema užpildyta šilumai laidžiomis dujomis. Kai pagreičio nėra, atstumai M_1 ir M_2 tarp kaitinimo plokštės ir aušintuvų vienodi ir jie įkaista vienodai. Aušintuvų paviršiuje yra keitikliai, kurie šilumą keičia elektros signalu. Kai pagreičio nėra, elektros signalai vienodi. Veikiant pagreičiui kaitinimo plokštė pasislenka ir aušintuvai įkaista skirtingai. Gaunami skirtingi elektros signalai. Tokie akseleratoriai mažiau jautrūs, inertiški, tačiau jie sukelia mažiau trikdžių.

Pjezoelektriniuose akseleratoriuose (2.32 pav., b) masė spaudžia pjezoelementą, kuris generuoja įtampą, proporcingą slėgiui. Panašiai veikia ir pjezorezistoriniai akseleratoriai. Juose pjezoelementas, veikiamas slėgio, generuoja ne įtampą, o keičia savo varžą.

2.2.6. Jėgos matavimas

Jėgą galima matuoti tiesiogiai ir netiesiogiai. Pirmu atveju nežinoma jėga per svirčių sistemą išsveriama žinomos masės kūnu (svarstyklės). Vietoje masės galima naudoti žinomą jėgą, kurią sukuria spyruoklė arba elektros srovė tekėdama rite, patalpinta magnetiniame lauke.

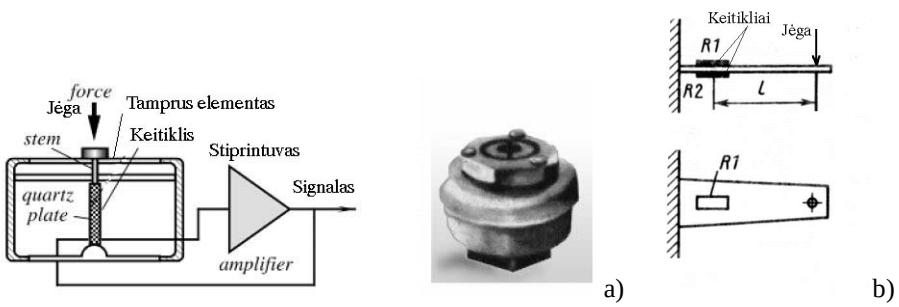


2.33 pav. Jėgos matavimo būdai: a) spyruoklinis, b) silfoninis

2.33 pav., a jėgai matuoti panaudota spyruoklė ir keitiklis. Veikiant jėgai spyruoklė susispaudžia (x) ir pastumia kotą 1. Koto poslinkį keitiklis pakeičia elektriniu signalu.

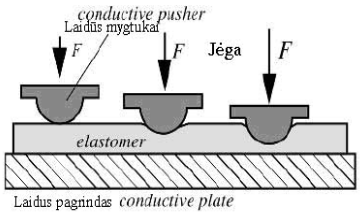
Jėga gali būti pakeičiama skysčio slėgiu ir jis matuojamas. 2.33 pav., b pavaizduota kaip jėga pakeičiama skysčio slėgiu silfone.

Netiesioginio matavimo atveju dažniausiai matuojamos jėgos sukeliamos kieto kūno elastinės deformacijos. Tada galioja *Huko* dėsnis, susiejantis išorinę jėgą su santykinėmis kūno deformacijomis. Išmatavus deformaciją ir žinant deformuojamojo kūno matmenis, galima nustatyti jėgą, veikiančią šį kūną. Deformacijai matuoti naudojami įvairūs keitikliai, kurie pakeičia deformaciją į elektrinį signalą. Jie vadinami tenzometriniais keitikliais. 2.34 pav., b jėga veikia plokštelę, kuri deformuojasi. Prie jos pritvirtinti du tenzometriniai keitikliai. Veikiant jėgai vieno varža didėja, o kito (apatinio) – mažėja.



2.34 pav. Jėgos matavimo būdai: a) su pjezoelementu, b) su tenzometru

Jėgai matuoti plačiai naudojami pjezoelementai. 2.34 pav., a jėga veikia keitiklį, kuriame panaudotas pjezoelektrinis elementas. Jį spaudžiant gaunama įtampa, proporcinga spaudimo jėgai. Įtampa sustiprinama stiprintuve.



2.35 pav. Jėgos matavimo įtaisas su elastomeru

Robotų griebtuvuose suspaudimo jėgai kontroliuoti naudojami keitikliai, kurių pagrindą sudaro speciali medžiaga – elastomeras. Jis spaudžiamas keičia (mažina) savo varžą. Spaudžiant mygtuką, mažėja varža tarp mygtuko ir pagrindo.

3. JUTIKLIAI

Tikslai:

- gebėti parinkti tinkamą jutiklį;
- paaiškinti jutiklių konstrukciją ir veikimo principą;
- nubraižyti jutiklių įjungimo schemas ir paaiškinti jų veikimą.

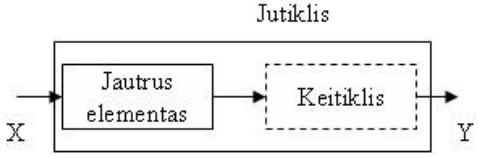
Šiame skyriuje paaiškinama jutiklių klasifikacija. Nagrinėjama dažniausiai naudojamų jutiklių konstrukcija. Paaiškinami veikimo principai bei juose vykstantys procesai. Pateikiami pramoninių jutiklių pavyzdžiai. Paaiškinamos jutiklių įjungimo schemos.
Skyriaus įsisavinimui prireiks 4 val. teorijai ir 2 val. laboratoriniam darbui.

Literatūra

- ALEKSA, Vytautas; DAILIDĖ, Sigitas; STANIŠKIS, Jurgis. *Automatika ir technologinių procesų automatizavimas*. Vilnius: Mokslas, 1981.
- EBEL, Frank; NESTEL, Siegfried. *Jutikliai valdymo ir gamybos technologijose*. Vilnius: Biznio mašinų kompanija, 2000. ISBN 9955430281.
- FRADEN, Jacob. *Handbook of modern sensors*: physics, designs, and applications. New York: Springer-Verlag, 2004. ISBN 0-387-00750-4.
- ВИГЛЕБ, Г. *Датчики*. Москва: Мир, 1989. ISBN 5-03-000634-6.

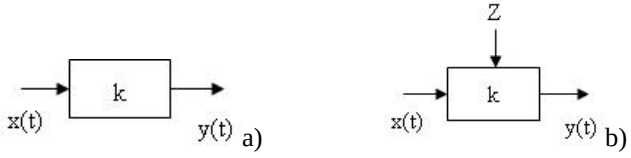
3.1. JUTIKLIO SĄVOKA

Automatinių įtaisų ir sistemų sąveika su aplinka vyksta per jautriuosius elementus, kurių būvis kinta, kintant aplinkos parametrams. Jautriuoju elementu, gali būti pavyzdžiui metalinis strypas, kurio ilgis kinta, kintant aplinkos temperatūrai, arba fotorezistorius, kurio varža kinta, veikiant šviesos srautui ir t. t. Jautrieji elementai yra įtaisai, kurie tiesioginį objekto fizikinių ar cheminių parametrų poveikį pakeičia kitu, patogiu tolimesniam panaudojimui automatinėse sistemose. Dažną jautraus elemento išėjimo signalą reikia papildomai apdoroti. Tai atlieka keitiklis. Komponentas, kurį sudaro jautrus elementas ir keitiklis (3.1 pav.), vadinamas jutikliu.



3.1 pav. Jutiklio sandara

Jutiklis (informacijos keitiklis) – įrenginys, keičiantis įėjime esantį kontroliuojamąjį fizinį kintamąjį X kitais kintamaisiais, kurie lengviau įvertinami ir apdorojami. Dauguma jutiklių neelektrinius fizinius dydžius (greitį, slėgį, linijinius ir kampinius poslinkius, temperatūrą, šviesos srautą ir kt.) keičia elektriniais dydžiais (varža, įtampa, srove, induktyvumu). Jutikliai šnekamojoje kalboje dar vadinami koderiais, efektoriais, detektoriais, davikliais, sensoriais. Jutikliai nebūtinai turi formuoti elektrinį signalą.



3.2 pav. Jutikliai: a) pasyvūs , b) aktyvūs

Jutikliai gali būti aktyvieji ir pasyvieji. Kiekvieną jutiklį galima traktuoti kaip energijos keitiklį, į kurį patenka signalas x(t). Išėjime gauname signalą y(t). Pasyviuose jutikliuose (3.2 pav., a) išėjimo y(t) energija gaunama iš įėjimo signalo x(t) energijos.

Aktyvūs jutikliai (3.2 pav., b) turi papildomą energijos šaltinį Z. Įėjimo signalas tik valdo energijos perdavimą į išėjimą.

Gautoji informacija turi būti pateikiama jos vartotojams priimtina forma. Jei valdymo sistema loginė, jutiklis turi formuoti binarinį (Taip/Ne; Įjungta/Išjungta) signalą. Kai jutiklis vykdo apsauginę funkciją, jam suveikus, procesas turi būti stabdomas. Tam geriau naudoti išjungiantįjį (uždarą) jutiklį. Jei jutiklis vykdo informacinę funkciją (signalas formuojamas įvykdžius nustatytą operaciją), geriau tinka sujungiantysis (atviras) jutiklis.

Jutikliai skirstomi į grupes: A, B, C, D ir E.

A grupės jutikliai formuoja loginį išėjimo signalą (binarinį). Šie jutikliai gali būti jungiami tiesiai prie programuojamų loginių valdiklių įėjimų.

B grupės jutikliai formuoja impulsinį signalą. Tai vadinamieji inkrementiniai jutikliai, generuojantys vienetinius impulsus. Jų kiekis serijoje informuoja apie matuojamojo parametro, pavyzdžiui, poslinkio vertę, o impulsų dažnis – apie parametro kitimo greitį (judėjimo greitį). Jutiklių suderinimui su programuojamaisiais loginiais valdikliais reikalingos atitinkamos sąsajos.

C grupės jutikliai yra įvairių neelektrinių dydžių (jėgos, temperatūros ir pan.) pirminiai keitikliai į analoginį elektrinį signalą. Jie neturi stiprintuvų. Paprastai šių jutiklių signalai yra silpni (milivoltų eilės) ir negali būti tiesiogiai panaudojami. Jie turi būti sustiprinami, t.y. reikalauja papildomų stiprintuvų.

D grupės jutikliai turi stiprintuvus ir formuoja standartinį analoginį įtampos ar srovės signalą. Standartiniai signalai yra tokie:

Itampa: $0 \div 10$ V; -5 V $\div +5$ V; $1 \div 5$ V

Srovė: $0 \div 20$ mA; -10 mA $\div +10$ mA ; $4 \div 20$ mA.

E grupės jutikliai ir jutiklių sistemos yra su standartiniais išėjimo signalais (pvz., RS-232-C, RS-422-A, RS-485) arba su duomenų perdavimo sąsajomis (pvz., profibus, ASI ir kt.).

3.2. JUTIKLIŲ KLASIFIKACIJA

Jutikliai gali būti parametriniai ir generatoriniai. Parametrinio jutiklio išėjimo signalas yra elektros grandinės parametro (varžos, induktyvumo, talpumo) pokytis. Generatorinio jutiklio išėjimo signalas – įtampos, elektrovaros jėgos, srovės pokytis.

3.1 lentelė. Parametriniai jutikliai

Aktyvios varžos	Induktyviniai	Talpiniai
elektrokontaktiniai reostatiniai potenciometriniai tenzometriniai varžiniai termometrai termistoriai fotorezistoriai magnetorezistoriai lytėjimo (taktiliniai)	su kintamu oro tarpu solenoidiniai impulsiniai reversiniai	su kintamu oro tarpu su kintamu plotu su kintama santykine dielektrine skverbtimi

Aktyvios varžos jutikliai keičia kontroliuojamo dydžio pokytį į aktyvios varžos pokytį.

Induktyviniai jutikliai keičia kontroliuojamo dydžio pokytį į ritės, suvyniotos ant feromagnetinės šerdies, induktyvumo pokytį.

Talpiniai jutikliai keičia kontroliuojamo dydžio pokytį į kondensatoriaus talpos pokytį.

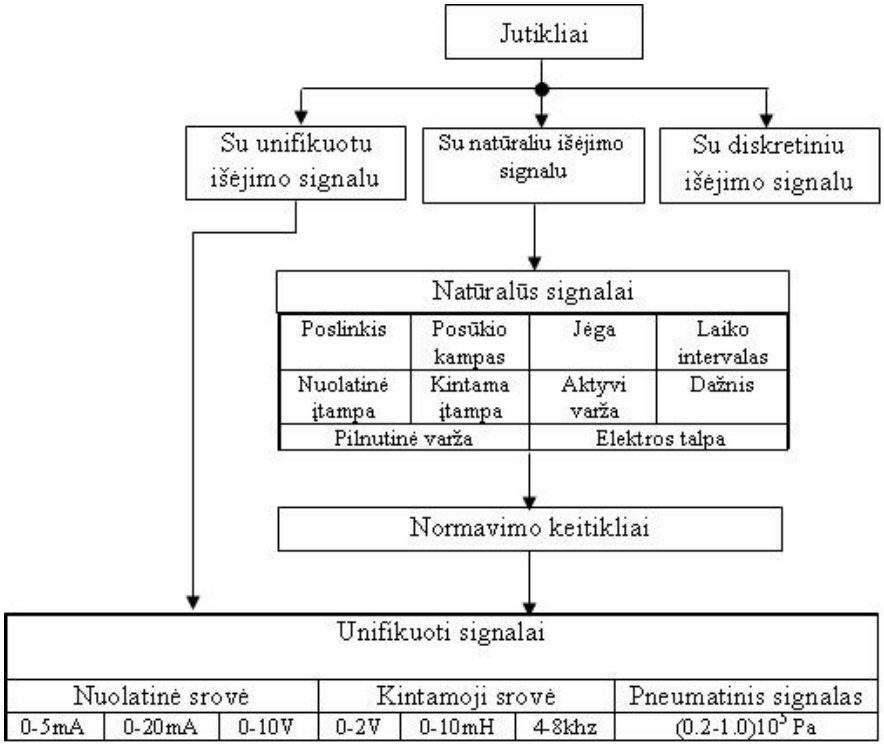
3.2 lentelė. Generatoriniai jutikliai

transformatoriniai indukciniai tachometriniai termoelektriniai (termopora)	pjezoelektriniai optiniai piroelektriniai Holo Vygando(Wiegand)

Generatoriniai jutikliai keičia kontroliuojamo dydžio pokytį į elektrovaros jėgos, įtampos arba srovės pokytį.

3.3 lentelė. Jutiklių klasifikacija pagal paskirtį

kelio ir padėties jėgos ir slėgio greičio ir posūkio kampo skysčio lygio	temperatūros dujų sudėties šiluminiai medžiagos kiekio(debito)

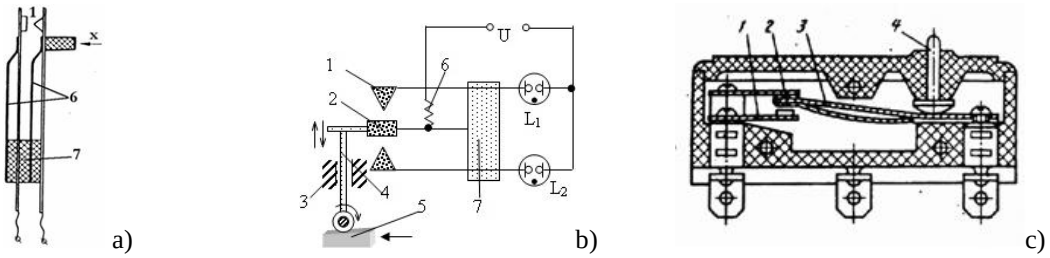


3.3 pav. Jutiklių klasifikacija pagal signalus

3.3. JUTIKLIŲ KONSTRUKCIJA IR VEIKIMO PRINCIPAS

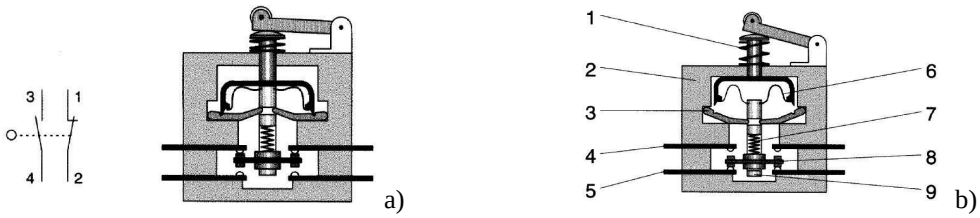
3.3.1. Elektrokontaktiniai jutikliai

Elektrokontaktinis jutiklis yra pats paprasčiausias jutiklis. Jo išėjimo signalas (varžos pokytis) turi dvi reikšmes: nulį ir ∞ (Ω). Jutiklis turi nejudantį 1 ir judantį 2 kontaktus, įtaisytus ant kontaktinių spyruoklių. Įėjimo dydis – poslinkis *x.* Prie tam tikros *x* reikšmės kontaktai susijungia. Dvipozicinio jutiklio įjungimo schema parodyta 3.3 pav., b. Yra trys jo būsenos: normalu, daugiau (šviečia L_1), mažiau (šviečia L_2).



3.3 pav. Elektrokontaktinis jutiklis: a) vienpozicinis, b) dvipozicinis: 1,2-kontaktai, 3-kreipiamosios, 4-matavimo strypas, 5-objektas, 6-spyruoklė, 7-dielektrikas; c) mikrojungiklis

Elektrokontaktiniai jutikliai dažnai vadinami galiniais išjungikliais arba mikrojungikliais. Jutiklio tikslumas priklauso nuo perjungiamos galios. Kuo ji mažesnė, tuo jutiklis tikslesnis. Todėl dažnai jutiklis jungiamas į elektroninę schemą. Tiksliausi yra preciziniai jutikliai, jų mažiausias kontroliuojamas poslinkis 1 – 2 μm. Dar pramonėje naudojami galingi elektrokontaktiniai jutikliai – galiniai išjungikliai (3.4 pav.).

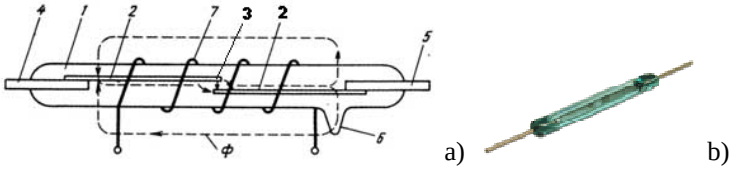


3.4 pav. Galinis išjungiklis: a) nesuveikęs, b) suveikęs
1-spyruoklė, 2-korpusas, 3-laikančioji konsolė, 4-normaliai atviras kontaktas, 5-normaliai uždaras kontaktas, 6-spyruoklė, 7-kontakto prispaudimo spyruoklė, 8-kontaktinė plokštelė, 9-laikantysis varžtas

Elektrokontaktinių jutiklių trūkumai: kibirkščiavimas, mažas patikimumas, tik dvi išėjimo signalo reikšmės.

Privalumai: jie pigūs, atsparūs išoriniams trikdžiams.

Viena iš elektrokontaktinių jutiklių rūšių yra gyvsidabriniai kontaktiniai termometrai (2.2 pav.), kurie naudojami temperatūros reguliavimui. Jų maža perjungiama galia, todėl jie visada jungiami per elektroninį stiprintuvą.

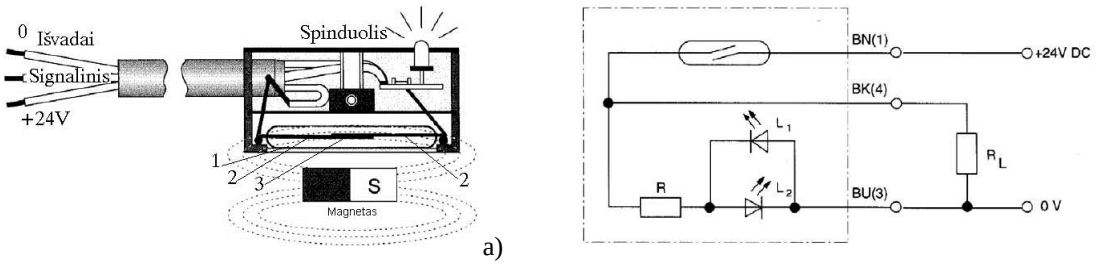


3.5 pav. Magnetinis kontaktas (herkonas): 1-stiklinė kolba su dujomis, 2-feromagnetinės spyruoklės, 3-paauksuoti kontaktai, 7-ritė (gali būti magnetas)

Automatikoje ir signalizacijoje plačiai naudojami magnetiniai kontaktai dar vadinami herkonais, kontaktronais ir pan.

Magnetiniai (herkoniniai) jutikliai reaguoja į pastovių magnetų arba elektromagnetų sukurtą magnetinį lauką. Jei magnetinis laukas priartėja prie herkoninio jutiklio, magnetinių jėgų veikiami kontaktai sujungiami ir atsiranda elektrinis kontaktas. Pradingus magnetiniam laukui spyruoklės atjungia kontaktą.

Herkonas sudarytas iš feromagnetinių spyruoklių (Fe – Ni lydinio, kur Fe – geležis, Ni – nikelis) su kontaktais, sandariai uždarytų nedidelėje dujų kapsulėje.



3.6 pav. Herkoninis jutiklis: a)sandara, b) elektros principinė schema. Čia R_L – apkrova, L1 ir L2 –indikacija

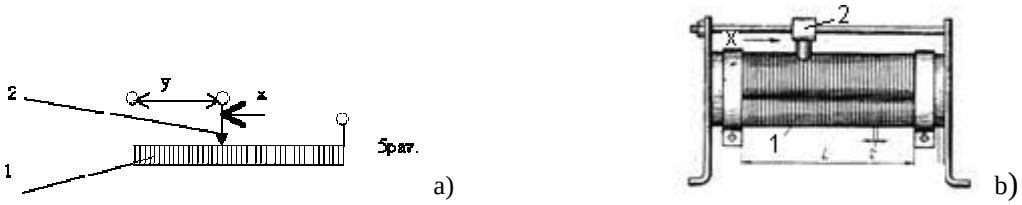
Herkoniniai jutikliai dažniausiai būna aprūpinami spinduoliais, indikuojančiais jutiklio būseną (suveikęs/nesuveikęs). Naudojant herkoninius jutiklius, labai svarbu užtikrinti, kad arti nebūtų pašalinių magnetinių laukų, kurių stiprumas viršytų 0,16 mT. Kai jie yra, jutikliai turi būti atitinkamai ekranuoti.

3.4 lentelė. Herkoninių jutiklių techninės charakteristikos

Perjungimo įtampa	12 V ÷ 27 V nuolatinė ar kintamoji įtampa
Persijungimo tikslumas	± 0,1 mm
Maksimali sujungiamoji galia	40 W
Maksimali magnetinė tarpusavio indukcija	0,16 mT
Maksimali perjungimo srovė	2 A
Maksimalus perjungimų dažnis	500 Hz
Persijungimo laikas	≤ 2 ms
Varža	0,1 Ω
Kontakto ilgaamžiškumas (su apsaugine grandine)	5 x 10^6 persijungimo ciklų
Apsaugos klasė pagal IEC 529, DIN 40 050	IP66
Darbo aplinkos temperatūra	-20^{0}C ÷ 60^{0}C

3.3.2. Reostatiniai ir potenciometriniai jutikliai

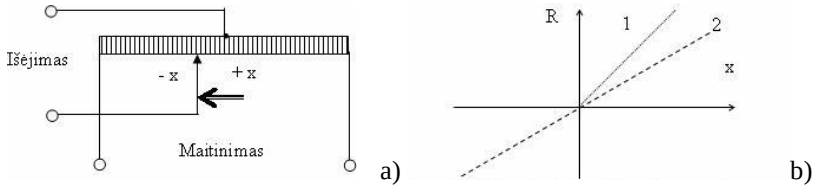
Reostatinis jutiklis linijinį poslinkį keičia į elektros grandinės aktyviosios varžos pokytį. Jo privalumas – daug išėjimo dydžio reikšmių. Reostatinį jutiklį (3.7 pav.) sudaro ant karkaso 1 užvyniota didelės varžos viela (konstantano, manganino, nichromo) ir šliaužiklis 2.



3.7 pav. Reostatinis jutiklis

Keičiantis šliaužiklio poslinkiui *x*, keičiasi išėjimo *y* varža. Varžos priklausomybė nuo poslinkio 1 parodyta 3.8 pav., b.

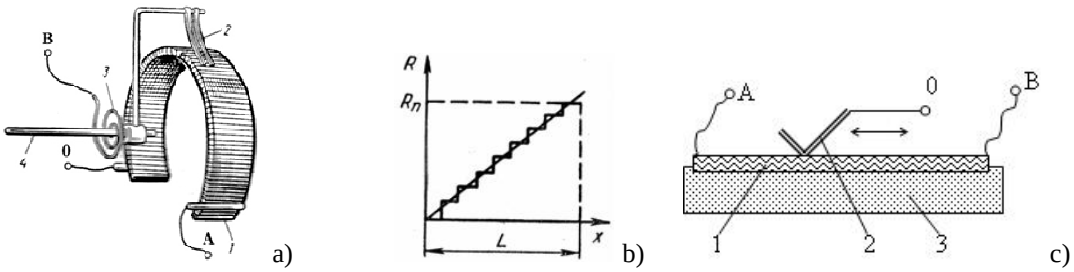
Reversinis (dvitaktis) reostatinis jutiklis turi papildomą išvadą nuo vidurinio taško (3.8 pav., a). Toks jutiklis reaguoja į šliaužiklio stūmimo kryptį. Statinė charakteristika 2 parodyta 3.8 pav., b.



3.8 pav. a) reversinis reostatinis jutiklis , b) charakteristikos: 1-nereversinė, 2-reversinė

Potenciometrinis jutiklis kampinį poslinkį keičia elektros grandinės aktyviosios varžos pokyčiu. Jo konstrukcija analogiška reostatinio jutiklio konstrukcijai (3.9 pav., a).

Pagalvokite, kaip keisis 3.8 pav., b parodyta jutiklio charakteristika 2 maitinant jutiklį kintama įtampa. Pabandykite nubraižyti grafiką.



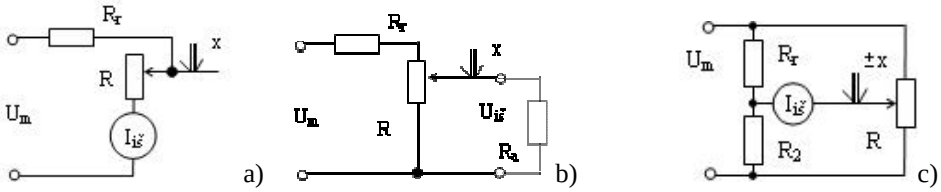
3.9 pav. a) potenciometrinis jutiklis, b) jutiklio charakteristika, c) reochordinis jutiklis

Potenciometriniai jutikliai yra paprastos konstrukcijos. Juos galima maitinti nuolatine ir kintamąja srove, nesudėtinga reguliuoti. Tačiau jie turi ir trūkumų – dėl judančio kontakto nepatikimai dirba. Esant didesniam greičiui šliaužiklio kontaktas tampa nepatikimu ir dėl to generuojami aukšto dažnio triukšmai. Šie jutikliai yra mažo jautrumo, daro matavimo paklaidas dėl laiptuotos charakteristikos (3.9 pav., b). Potenciometrinių vielinių jutiklių varža kinta nedideliais šuoliais, nes šliaužiklis peršoka nuo vienos apvijos vijos ant kitos.

Potenciometriniais jutikliais matuojami įvairių mechanizmų ir prietaisų posūkio kampai bei ašių pasislinkimas. Šiuose jutikliuose nuolatinė ir kintamoji įtampa, matuojama tarp gnybtų, yra proporcinga potenciometro šliaužiklio pasislinkimui arba posūkio kampui. Kartais technikoje naudojami potenciometriniai jutikliai, kurių išėjimo įtampa kinta pagal

sinusinį, logaritminį arba kitokį dėsnį. Jie vadinami funkciniais potenciometriniais jutikliais.

Reochordinis reostatinis jutiklis pavaizduotas 3.9 pav., c. Judant šliaužikliui varža išėjime 0 A arba 0 B kinta tolygiai, be šuolių. Reochordinį jutiklį sudaro didelės varžos viela arba puslaidininkinio juostelė 1, šliaužiklis 2, dielektriko pagrindas 3. Reochordiniai jutikliai naudojami automatinėse pozicionavimo sistemose. Jose cilindro kotas sujungiamas su reochordo šliaužikliu.

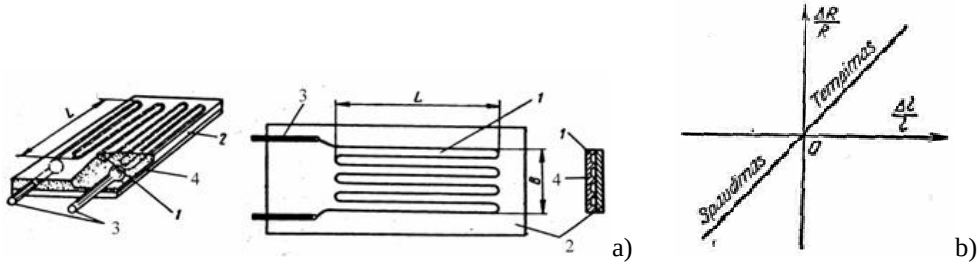


3.10 pav. Potenciometrinio jutiklio įjungimo schemos: a) nuosekli, b) įtampos dalijimo, c) tiltelio

3.10 pav. pavaizduotos reostatinio jutiklio įjungimo schemos. Čia R_r – ribojantis rezistorius, R_a – apkrova, x – kontroliuojamas poslinkis, U_m – maitinimo įtampa.

3.3.3. Tenzometriniai jutikliai

Tenzometriniai jutikliai tampriojo kūno deformacijas keičia aktyviosios varžos pokyčiu. Jautriojo elemento deformacijos yra kontroliuojamojo poveikio matas. Matuojant jėgą kaip jautrieji elementai naudojami strypai, vamzdžiai, žiedai, plokščiosios spyruoklės, membranos. Sūkio momentui matuoti naudojami vientisiniai arba tuščiaviduriai velenai, spiralinės spyruoklės. Jautriųjų elementų deformacija priklauso nuo elemento matmenų, tamprumo (šlyties) modulio ir veikiančios jėgos (momento). Tenzojutiklių veikimas pagrįstas medžiagų savybe veikiant jėgai keisti elektrinę varžą. Tenzojutikliai būna vieliniai, foliniai ir puslaidininkiniai.



3.11 pav. a) vielinis tenzometrinis jutiklis, b) charakteristika

Vielinį tenzojutiklį (3.11 pav., a) sudaro 0,02 – 0,05 mm skersmens zigzagu sulenkta vielelė 1, iš abiejų pusių apklijuota popieriumi arba aplieta lako plėvele 2. Tenzojutiklį jungiant į schemą, prie vielos galų prilituojami variniai laidai 3. Tenzojutiklis tvirtai priklijuojamas prie bandomosios detalės 4. Bandymų metu vielelė 1 deformuojasi kartu su detale. Viela daroma iš vario, konstantano, nichromo, platinos.

Ištempiant arba suspaudžiant detalę išilgai, ištempiama arba suspaudžiama viela, dėl to pasikeičia jos ilgis l ir skerspjūvio plotas S. Pavyzdžiui, jeigu iki tempimo vielos elektrinė varža buvo $R = \rho \times l/S$, tai ištempus ji pasidarė $R + \Delta R$. Čia ρ- medžiagos specifinė varža. Paprastai vielinių tenzojutiklių gamybai naudojama konstantano arba nichromo viela, turinti didelę specifinę varžą ρ ir nedidelį temperatūrinį varžos koeficientą. Todėl vielos varža nedaug priklauso nuo temperatūros. Pagrindinės vielinių tenzojutiklių charakteristikos yra šios: vardinė varža R, tinklelio (bazės) ilgis l_b ir tenzojautrumo koeficientas K*t*. Pastarąjį galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$K_t = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l}; \qquad (3.1)$$

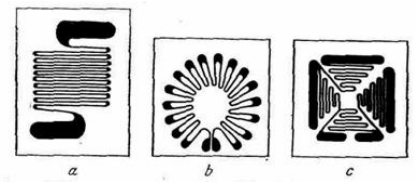
čia Δl – absoliutinis laido ilgio pokytis, Δl/l – santykinis laido ilgio pokytis, ΔR/R –

santykinis tenzojutiklio varžos pokytis.

Vielinio tenzojutiklio tenzojautrumas paprastai lygus 1,8 – 2,5 ir daugiausia priklauso nuo jutiklio gamybos technologijos ir jo vielos medžiagos.

Vielinio tenzojutiklio varža paprastai būna nuo 50 iki 400 Ω (tipinė 100 Ω). Vardinė darbo srovė, kurią galima leisti tokiu jutikliu, lygi 30 mA.

Vieliniai tenzojutikliai yra mažų gabaritų (tinklelio ilgis 15 – 45 mm, plotis 7 – 10 mm) ir mažos masės, todėl juos galima įtaisyti sunkiausiai prieinamose detalės vietose.
Pagrindiniai vielinių tenzojutiklių privalumai: jie beveik nedaro įtakos detalės deformacijai, jų charakteristika tiesinė, yra pigūs.



3.12 pav. Folinių tenzojutiklių tinklelių pavyzdžiai

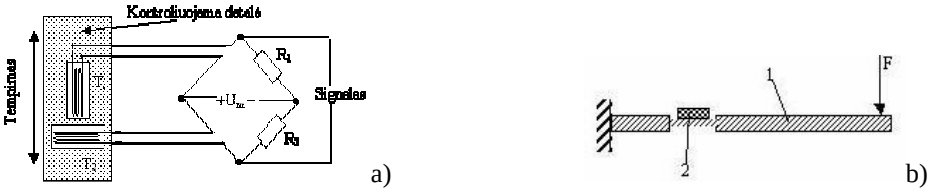
Foliniai tenzojutikliai (3.12 pav.) – tai patobulinti vieliniai tenzojutikliai. Juose vietoj vielos tinklelio naudojamas plonų metalinės folijos juostelių (kelių mikrometrų storio) tinklelis, kuris priklijuojamas prie plėvelės pagrindo. Folinių tenzojutiklių tinklelių konfigūracija gali būti labai įvairi. Praktiškai galima pagaminti bet kokio piešinio tinklelį.

Technikoje dažniausiai naudojami tokių konstrukcijų tinkleliai: tiesinės konstrukcijos – linijinėms deformacijoms matuoti (3.12 pav., a); roželės tipo – apvalių velenų sūkio momentams matuoti (3.12 pav., b); membraninė – membranas veikiantiems įtempimams matuoti (3.12 pav., c).

Folinis tenzojutiklis su detale liečiasi didesniu paviršiumi negu vielinis, vadinasi, jis atiduoda daugiau šilumos, todėl galima sustiprinti tekančią foliniu tenzojutikliu srovę iki 0,2 A. Folinio tenzojutiklio varža 50 – 200 Ω, tenzojautrumo koeficientas toks pat kaip vielinių tenzojutiklių (K_t=1,8 – 2,5).

Puslaidininkiniai tenzojutikliai technikoje naudojami palyginti neseniai. Palyginus su vieliniais ir foliniais tenzojutikliais, jie pasižymi šiais privalumais: tenzojautrumo koeficientas 60 kartų didesnis, maži matmenys (tinklelio ilgis nuo 3 iki 10 mm), stiprus išėjimo signalas. Tačiau jų charakteristika netiesinė (kai deformacija didesnė nei 0,1%), jie jautrūs temperatūros pokyčiams, trapūs, parametrai nestabilūs, be to, vieno tipo jutiklių charakteristikos nevienodos.

Puslaidininkiniai tenzojutikliai gaminami iš germanio, silicio, galio arsenido ir kitų medžiagų, bet dažniausiai naudojamas germanis ir silicis.



3.13 pav. Tenzometrinis jutiklis: a) įjungimo schema, b) jutiklio patalpinimas

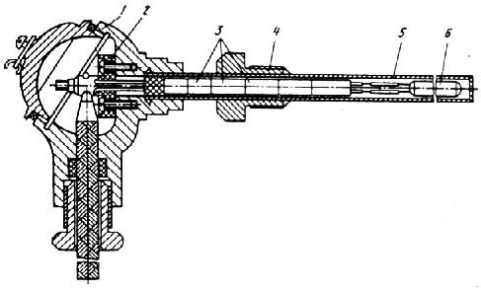
Puslaidininkinį tenzojutiklį sudaro priklijuota prie pagrindo germanio arba silicio plokštelė su dviem metaliniais išvadais, kuriais jutiklis jungiamas į schemą. Vardinė jutiklio varža paprastai būna 40 – 1000 Ω. Jutiklio temperatūrinis darbo diapazonas yra nuo – 160°C iki +300°C. Varža kinta tiesiškai, kai santykinės deformacijos siekia iki ± 0,1%. Dažniausiai tenzojutikliai jungiami į tiltelio schemą (3.13 pav.). Vienas iš jų yra darbinis (T_1), o kitas (T2) yra kompensacinis. Jis kompensuoja aplinkos temperatūros įtaką. Tempimo metu jo varža

nekinta, nes laidininkas nedeformuojamas. Didėjant aplinkos temperatūrai, abiejų jutiklių varža didėja vienodai ir neturi įtakos signalui.

3.13 pav., b pavaizduotame jėgos matuoklio konstrukcijoje yra metalinė juostelė su susiaurėjimu 1 ir tenzojutiklis 2. Veikiant jėgai F, juostelė lenkiasi susiaurėjimo vietoje ir tempia jutiklį. Dažniausiai kitas jutiklis dar tvirtinamas apačioje. Jo varža keičiasi priešingai nei viršutinio. Tokiame jutiklyje matavimo jautrumas padidėja.

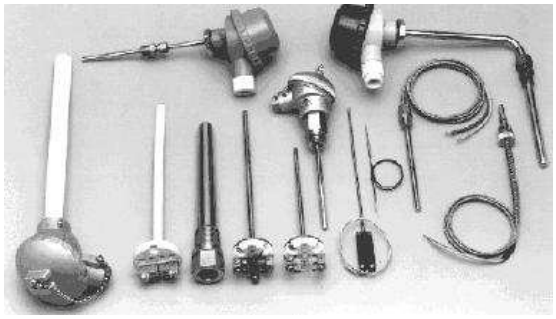
3.3.4. Varžiniai termometrai

Jie keičia temperatūros pokytį į varžos pokytį. Varžinio termometro (resistance thermometer) sandara parodyta 3.14 pav. Jo pagrindas – tai platinos vielos ritė 6, užvyniota ant žėručio arba keraminio karkaso, kuris po to įdedamas į metalinį korpusą 5.



3.14 pav. Varžinio termometro sandara
Pagrindinis komponentas 6-ritė. Papildomi komponentai: 1-dangtelis, 2-išvadai, 3-keraminiai izoliatoriai, 4-tvirtinimo veržlė, 5-metalinis apsauginis korpusas

Korpusas termometrą apsaugo nuo mechaninių pažeidimų. Pasikeitus aplinkos temperatūrai, pasikeičia ritės varža. Didėjant temperatūrai varža didėja. Senesniuose įrenginiuose buvo plačiai naudojami variniai varžiniai termometrai. Jais temperatūros matuojamos nuo – 60°C iki +180°C.



3.15 pav. Varžinių termometrų įvairovė

Varžiniai termometrai žymimi raidėmis. ТСМ, ТСП – tai senesnės gamybos varžiniai termometrai. Pirmasis iš jų varinis, antrasis – platininis. Jie skirstomi į grupes pagal varžos R_0 dydį prie 0 ^{0}C. Šios grupės vadinamos graduotėmis. Variniams termometrams jos yra tokios: гр.20 (R_0 =10 Ω), гр.21 (R_0 =46 Ω), гр.23 (R_0 =53 Ω), o platininiams termometrams: гр.22 (R_0 =100 Ω), гр.24 (R_0 =100 Ω).

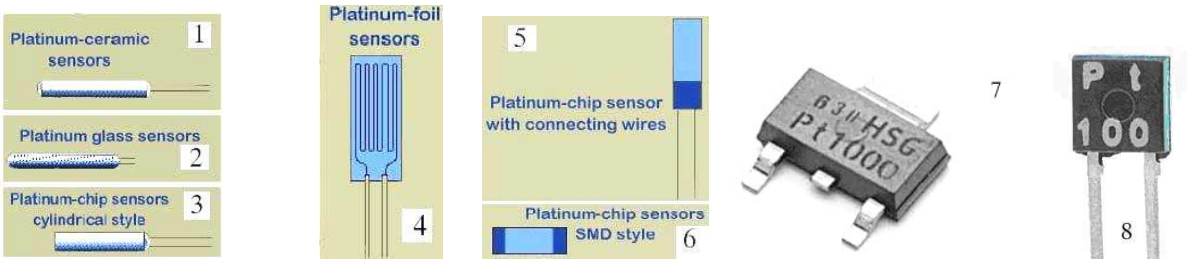
2.1 lentelė. Varžinio termometro PT-100 gradavimo lentelė

-100°C	0°C	50°C	100°C	200°C	300°C	500°C	850°C
60.26	100	119.40	138.51	175.86	212.05	280.98	390.48

Šiuolaikinių varžinių termometrų graduotės žymimos PT – 100 (100 Ω), PT – 200 (200 Ω), PT – 500 (500 Ω), PT – 1000 (1000 Ω)). Kiekvieną graduotę atitinka atskira gradavimo lentelė. Varžiniai termometrai matuoja temperatūras nuo – 200 ^{o}C iki 650 ^{o}C. Yra dvi tikslumo klasės – A (– 200 ^{0}C iki 650 ^{0}C) ir B (– 200 ^{0}C iki 850 ^{0}C).
A klasės leistina paklaida ± 0,15 ^{0}C ir ±0,06 Ω, B klasės - ± 0,30 ^{0}C ir ± 0,12 Ω.

Šiuo metu nestandartiniams termometrams, be platinos, naudojamas varis, nikelis ir geležis. Jų pritaikymas yra ribotas dėl oksidacijos eksploatacijos metu ir sudėtingos priklausomybės tarp varžos ir temperatūros. Tačiau jie yra pigesni ir dažnai naudojami matuojant žemas temperatūras (nuo – 60°C iki + 180°C). Nestandartinio termometro pavyzdys – MRH tipo termometras žymimas PT – 2000 (2000 Ω).

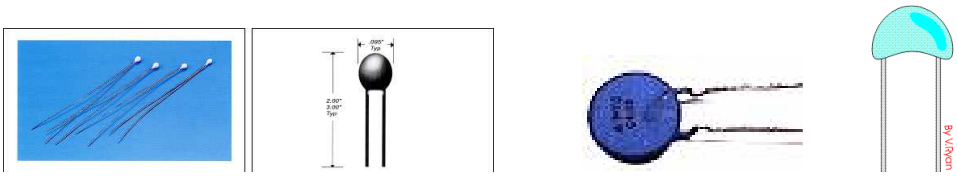
Platininiai varžiniai termometrai (3.16 pav.)yra įvairių konstrukcijų: keramikiniai 1, stikliniai 2, cilindriniai 3, plėveliniai 4, lustiniai 5, 7, 8, SMD – 6.



3.16 pav. Platininių varžinių termometrų tipai

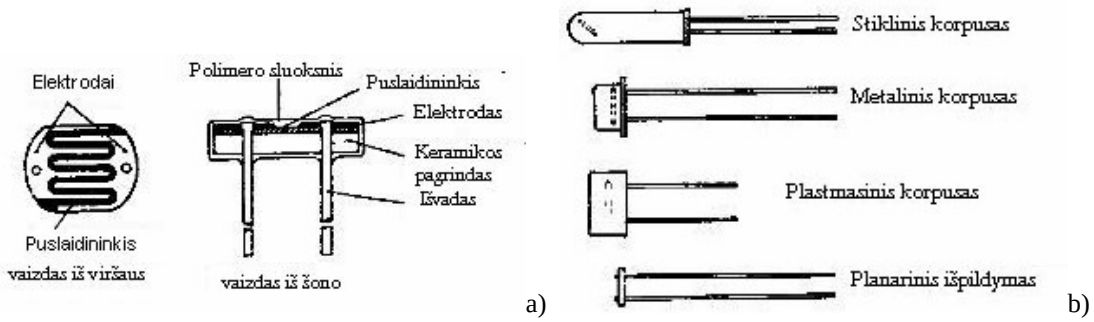
Varžinių termometrų trūkumai: jie brangūs, jų mažas jautrumas.

3.3.5. Termistoriai ir fotorezistoriai



3.17 pav. NTC termistorių pavyzdžiai

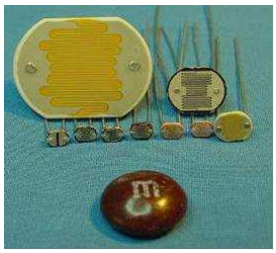
Termistorius keičia temperatūros pokytį į varžą, o fotorezistorius – apšvietimo pokytį į varžą. Tačiau žinoma, kad šiluma – tai infraraudonųjų spindulių šviesa. Abiejų jutiklių konstrukcija iš principo panaši: puslaidininkis su dviem elektrodais/kontaktais. Puslaidininkis gali būti įmontuotas į korpusą, gali būti ir be jo.



3.18 pav. Fotorezistoriaus konstrukcija

Jutiklių veikimo principas analogiškas. Apšvietus jutiklį, daugiau išsilaisvina elektronų, puslaidininkyje padaugėja krūvininkų ir varža mažėja. Skirtumas tame, kad fotorezistorius apšviečiamas, o termistorius šildomas.

Fotorezistorių puslaidininkis dažniausiai yra kadmio sulfidas. Jo varžos kitimo ribos nuo 100 Ω šviesoje iki 10 MΩ tamsoje. Fotorezistoriai gali būti žymimi SF2 – 1, FSK – 5, o termistoriai – MMT – 1, ST – 1 – 17 .


a)

b)

c)

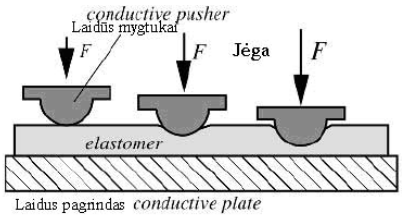
3.19 pav. Fotorezistorių pavyzdžiai

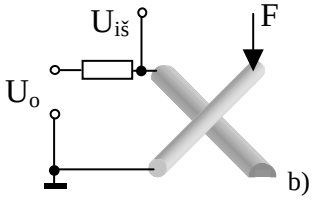
3.3.6. Lytėjimo (taktiliniai) jutikliai

Taktiliniai jutikliai naudojami mechatroninių sistemų robotuose. Adaptyvieji robotai turi sensorines (jutimines) sistemas. Tokių sistemų jutikliai teikia informaciją apie aplinką, kurioje dirba robotas, t.y. nustato manipuliavimo objektų ir robotą supančių daiktų geometrines charakteristikas, jų padėtį, formą. Automatizuojant kai kuriuos technologinius procesus reikia žinoti roboto griebtuvą arba įrankį veikiančių jėgų ir momentų modulį ir kryptį bei detalės suspaudimo jėgas. Sensorinės sistemos būna kontaktinės ir nekontaktinės.

Kontaktinėse sistemose naudojami taktiliniai – lytėjimo jutikliai. Jie kontroliuoja kontaktinį spaudimą, nustato objekto mechanines savybes bei slydimo kryptį. Pagal tai jie skirstomi į tris grupes: sąlyčio, kontaktinio slėgio, slydimo. Sąlyčio ir kontaktinio slėgio jutikliai matuoja veikiančią jėgą. Sąlyčio jutikliai yra relinio tipo, jie turi suveikimo slenkstį. Šie jutikliai suderinti tam tikrai matuojamojo parametro reikšmei. Sąlyčio ir slėgio jutikliai gali turėti vieną taktilinį elementą arba daug elementų, sudarančių taktilinę matricą. Pirmojo tipo jutikliai įtaisomi ant išorinių roboto griebtuvo paviršių, antrojo – ant griebtuvo žiaunų vidinių paviršių.

Slydimo taktiliniams jutikliams gali būti naudojami pjezoelektriniai keitikliai. Perspektyvūs taktiliniai jutikliai ir matricos sudarytos iš pjezokeraminių transformatorių. Kontaktiniai taktiliniai jutikliai, pavyzdžiui, mikrojungiklių tipo, yra paprasti, tiksliai suveikia, nesudėtinga jų signalo apdorojimo schema.



a)


b)

3.20 pav.Taktiliniai jutikliai iš elastomero

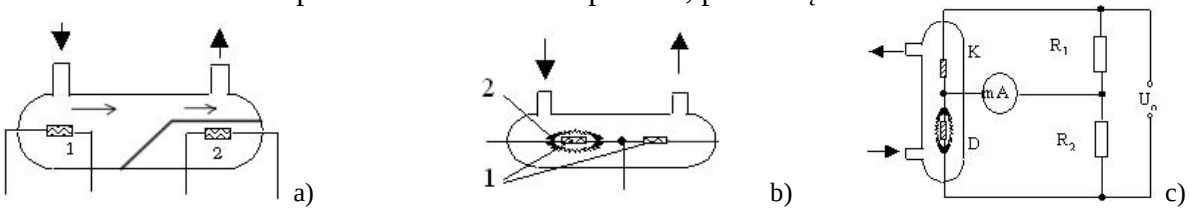
Pastaraisiais metais pradėti naudoti slėgio taktiliniai jutikliai iš elastomero (silikoninio kaučiuko, sumaišyto su įvairiais metalais, pa**v**yzdžiui**,** variu) ir kompozicinių medžiagų su grafito pluoštu. Kontaktinį taktilinį jutiklį su elastomeru (3.20 pav., a) sudaro elektrai laidus pagrindas ir laidūs mygtukai. Tarp šių dalių yra elastomeras. Spaudžiant mygtuką, didėja lietimosi plotas ir varža mažėja. Kitą jutiklį iš elastomero (3.20 pav., b) sudaro du elektrodai, išdėstyti taip, kad veikiant jutiklį jėga, elektrodai prisispaustų vienas prie kito. Vienas arba abu elektrodai būna pagaminti iš elektrai laidaus silikoninio kaučiuko. Kai jėga jutiklio neveikia, elektrodų kontakto plotas yra minimalus, o kontaktinė varža didelė. Jėgos veikiami elektrodai deformuojasi ir kontaktinė varža labai sumažėja. Jutiklio išėjimo signalas $U_{iš}$ artimas eksponentei.

3.3.7. Dujų jutikliai

Jie naudojami, kai reikia žinoti, ar objekte yra tam tikrų dujų (pvz., CO_2 , CO, O_2, ir kt.). Dažnai naudojami jutikliai:

- termokonduktoriniai (H_2, CO_2, SO_2, SF_6 dujoms);
- termocheminiai (CO, degios ir sprogstančios dujos);
- puslaidininkiniai (spiritai, H_2S, angliavandeniai).

Termokonduktorinio jutiklio veikimo principas grindžiamas dujų šiluminio laidumo skirtumu. Jutiklis – tai platininė arba nikelio spiralė 1, per kurią teka elektros srovė.

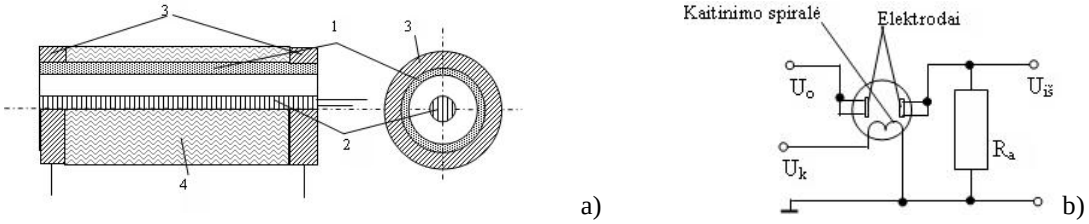


3.21 pav. Dujų jutikliai: a) termokonduktorinis, b) termocheminis, c) jutiklio įjungimo schema

Tekant elektros srovei spiralė įkaista ir jos temperatūra apie 40 laipsnių viršija aplinkos temperatūrą. Keičiantis dujų koncentracijai, keičiasi šiluminis laidumas ir keičiasi spiralės varža. Jutiklyje yra dvi spiralės. Antroji kompensuoja kontroliuojamų dujų temperatūros pokyčio įtaką.

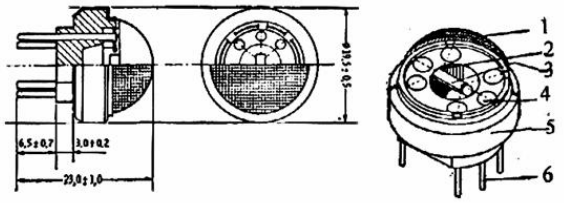
Termocheminio jutiklio veikimo principo pagrindas – tai šilumos išsiskyrimas jutiklio paviršiuje veikiant katalizatoriui (3.21 pav., b). Jutiklį sudaro dvi platininės spiralės 1. Vienos iš jų paviršius padengtas katalizatoriumi 2. Jo poveikyje dujos oksiduojasi. Išskiriama šiluma kaitina spiralę ir jos varža didėja. Kitos spiralės (kompensacinės) varža lieka pastovi ir priklauso tik nuo dujų bei aplinkos temperatūros. Šis jutiklis naudojamas automobilių išmetamų dujų kontrolei. Abu jutikliai jungiami į tiltelio schemą (3.21 pav., c). Čia D – jutiklis, K – kompensacinis jutiklis, mA – išėjimas, U_o – maitinimo įtampa.

Pastaba. Termokonduktoriniame jutiklyje spiralės temperatūra keičiasi dėl dujų šiluminio laidumo, o termocheminiame jutiklyje – dėl cheminės reakcijos spiralės paviršiuje.



3.22 pav. Puslaidininkinis dujų jutiklis: a) konstrukcija, b) įjungimo schema

Puslaidininkinio dujų jutiklio veikimo principo pagrindas – puslaidininkio varžos kitimas vykstant dujų adsorbcijai.Jutiklį (3.22 pav., a) sudaro keramikinis vamzdelis 1 su kaitinimo spirale 2 viduje. Vamzdelio paviršiuje yra du žiediniai elektrodai 3. Tarp jų yra puslaidininkis 4 (dažniausiai SnO_2 – alavo dioksidas) su priemaišomis. Vamzdelis įkaitinamas iki 100 – 500 ^oC. Tokio tipo jutiklius gamina japonų firma Figaro Inc.



3.23 pav. Dujų jutiklio TGS konstrukcija: 1-tinklelis, 2-elektrodai, 3-vamzdelis, 4-kaitinimo spiralė, 5-keraminis korpusas, 6-išvadai

3.23 pav. pavaizduota puslaidininkinio dujų jutiklio TGS 813C konstrukcija. Jutiklio

įjungimo schema parodyta 3.22 pav., b. Čia U_k – kaitinimo įtampa, U_o – maitinimo įtampa, $U_{iš}$ – išėjimo įtampa. Jį galima naudoti alkoholio kiekiui kraujyje nustatyti.

3.3.8. Induktyviniai jutikliai

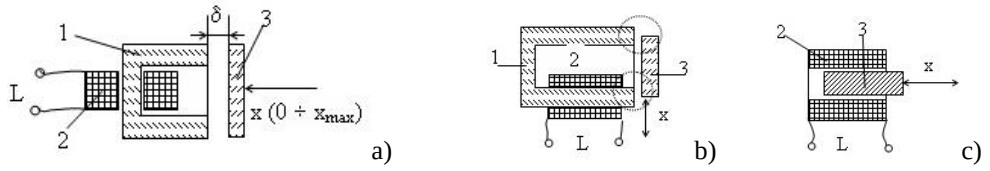
Jie keičia poslinkį x į ritės induktyvumo L kitimą. Induktyviniai jutikliai labai paplitę staklių, automatinių linijų ir kitų technologinių įrengimų automatinio valdymo sistemose. Jų privalumas yra tas, kad jie nebijo taršalų, yra patikimi. Jais matuojami poslinkiai ir deformacijos, kontroliuojami detalių metmenys. Šių jutiklių veikimas pagrįstas ritės, suvyniotos ant feromagnetinės šerdies, induktyvumo kitimu, pasislenkant jutiklio inkarui.

Induktyviniai jutikliai gali būti :

- su kintamu oro tarpu (poslinkis 0,001÷1mm);
- su kintamu oro tarpo plotu;
- solenoidiniai (poslinkis 10÷60mm);
- diskretiniai.

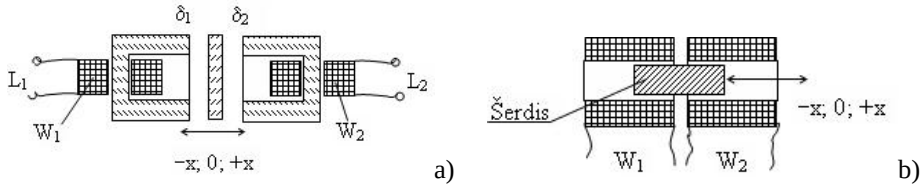
Be to, induktyviniai jutikliai gali būti nereversiniai ir reversiniai. Pirmuose įėjimo dydis kinta nuo nulio iki + maksimalios reikšmės. Antruose jis kinta nuo nulio iki ± maksimalios reikšmės.

Nereversinį induktyvinį jutiklį sudaro magnetolaidis 1, ritė 2 ir inkaras 3. Ritės induktyvumas priklauso nuo magnetinės grandinės varžos, o ši – nuo oro tarpo dydžio δ arba oro tarpo tarp inkaro ir magnetolaidžio ploto. Jutiklių konstrukcija pavaizduota 3.24 pav. Punktyras rodo kintančio ploto vietą.



3.24 pav. Nereversiniai induktyviniai jutikliai: a) su kintamu oro tarpu, b) kintamu plotu, c) solenoidinis

Induktyviniai jutikliai su kintamu oro tarpu δ naudojami mažiems (iki 1 mm) poslinkiams matuoti. Jutikliais su kintamu oro tarpo plotu galima matuoti didesnius poslinkius. Solenoidiniai jutikliai kontroliuoja didelius pasislinkimus (virš 10 mm). Nereversiniuose jutikliuose tarp šerdies ir inkaro atsiranda iki kelių kilogramų jėga, kuri gali veikti kontroliuojamą objektą ir iššaukti paklaidas. Šio trūkumo neturi reversiniai jutikliai **(**3.25 pav., a ir b).



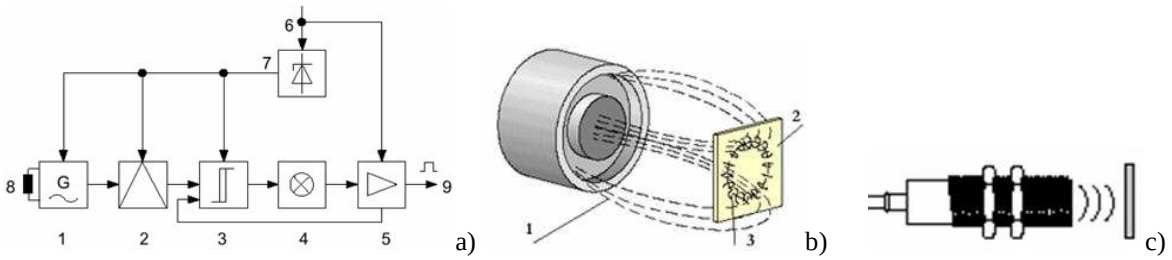
3.25 pav. Reversiniai induktyviniai jutikliai: a) su kintamu oro tarpu, b) solenoidinis

Jie yra du kartus jautresni už nereversinius jutiklius. Reversiniai jutikliai yra sudaryti iš dviejų nereversinių jutiklių su bendru inkaru. Jėga, veikianti inkarą, lygi šerdies traukos jėgų skirtumui. Kai inkaras yra vidurinėje padėtyje, jį veikianti jėga lygi nuliui. Reversiniai jutikliai jungiami pagal diferencialinę arba pagal tiltelio schemą.

Ritės induktyvumas apytikriai apskaičiuojamas pagal formulę:

$$L = \frac{2\pi w^2 S 10^{-7}}{\delta}; \qquad (3.2)$$

čia δ – oro tarpas (m), S – oro tarpe sklindančio magnetinio srauto skerspjūvio plotas (m^2), w – ritės vijų skaičius, L – ritės induktyvumas (H).



3.26 pav. Diskretinis induktyvinis jutiklis: 1-aukšto dažnio generatorius, 2-demoduliatorius, 3-komparatorius, 4-šviesos indikatorius, 5-galios stiprintuvas su apsauga, 6-išorinis maitinimo šaltinis 24V, 7-vidinis maitinimo šaltinis, 8 -jautrus elementas, 9 -išėjimo signalas

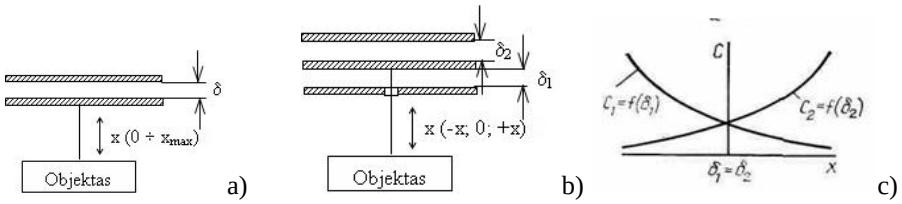
Diskretinio induktyvinio jutiklio sandaros schema pavaizduota 3.26 pav. Jautrus elementas (3.26 pav., b) įjungtas į aukšto dažnio generatoriaus kontūrą, kur 1 – elektromagnetinis laukas, 2 – metalo plokštelė, t. y. objektas, 3 – sukūrinės srovės. Iš generatoriaus aukšto dažnio signalas (300 – 800 kHz) patenka į demoduliatorių, suderintą taip, kad jo išėjime signalo nėra. Todėl nėra signalų ir po demoduliatoriaus. Jei prie jautraus elemento 8 priartėja objektas, turintis feromagnetinių savybių, objekte atsiranda sukūrinės srovės. Jos slopina generatorių. Pakinta generatoriaus signalo amplitudė ir tai pajaučia demoduliatorius. Demoduliatoriaus išėjime atsiradęs signalas pakeičia komparatoriaus išėjimo signalą. Pradeda šviesti indikatorius. Per jį signalas patenka į galios stiprintuvą ir atsiranda jutiklio išėjime.

3.3.9. Talpiniai jutikliai

Talpinis jutiklis – tai kondensatorius, kurio talpa kinta, priklausomai nuo kontroliuojamo dydžio. Kondensatoriaus talpa C apskaičiuojama pagal formulę:

$$C = \frac{k\varepsilon S}{\delta} \; ; \qquad (3.3)$$

čia k – proporcingumo koeficientas, ε – aplinkos dielektrinė skvarba, S – kondensatoriaus plokštelių aktyvusis plotas, δ – atstumas tarp plokštelių.



3.27 pav. Talpinis jutiklis: a) nereversinis, b) reversinis (diferencialinis), c) jutiklio talpumo kitimo grafikas

Remiantis formule 3.3 galima sukurti talpinius jutiklius, kuriuose kondensatoriaus talpa kinta, keičiant δ, S arba ε. Talpiniai jutikliai gali būti:

- su kintamu atstumu tarp plokštelių;
- su kintamu aktyviuoju plotu;
- su kintama dielektrine skvarba.

Paprastą nereversinį talpinį jutiklį sudaro plokščias kondensatorius, kurio plokštelė matavimo strypu sujungta su objektu. Kintant matuojamajam dydžiui, kinta atstumas δ tarp plokštelių. Kondensatoriaus talpumo *C* priklausomybė nuo tarpelio δ yra netiesinė (3.27 pav., c). Tokie jutikliai naudojami mažiems (iki 1 mm) poslinkiams matuoti, nes tada jutiklis dirba nedidelėje netiesinės charakteristikos dalyje.

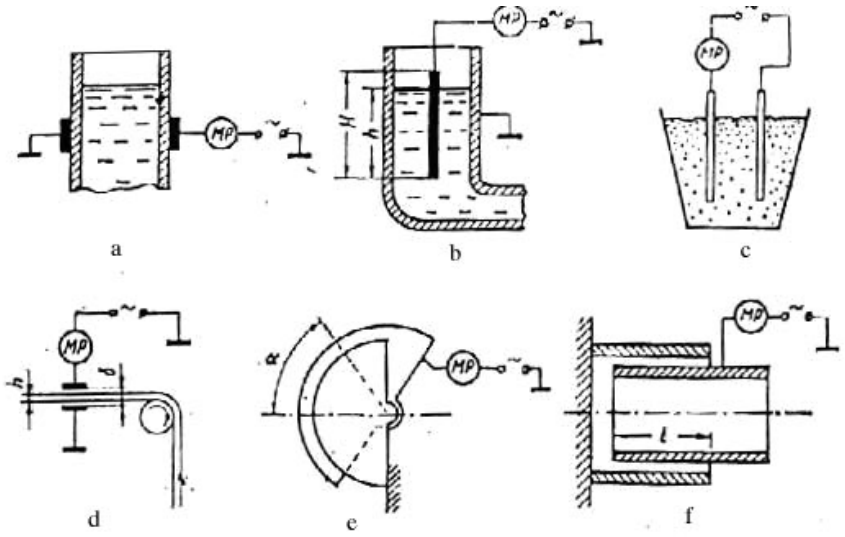
Diferencialinį talpinį jutiklį (3.27 pav., b) sudaro viena judanti ir dvi nejudančios plokštelės. Kai judančioji plokštelė yra viduryje (δ1 = δ2), abiejų jutiklio dalių talpumas yra vienodas. Judančiajai plokštelei pasislinkus iš vidurinės padėties, vienos jutiklio dalies talpumas padidėja, kitos – sumažėja.

Talpinių jutiklių išėjimo signalas yra talpumo pokytis. Jis gali būti išmatuotas įjungus

jutiklius į tiltelio arba rezonansinę (3.29 pav.) matavimo schemas. Schemos maitinamos padidinto dažnio įtampa (100kHz ir daugiau).

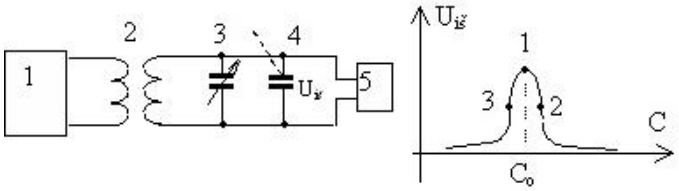
Talpiniais jutikliais, kuriuose keičiasi dielektrinė skvarba ε, o tuo pačiu ir talpa, gali būti matuojamas nelaidžių elektros srovei skysčių lygis, izoliacinių medžiagų storis, birių medžiagų drėgnumas. Skysčio lygiui matuoti naudojamas jutiklis, sudarytas iš vamzdinio kondensatoriaus (2.24 pav., a). Vienas kondensatoriaus elektrodas yra išorinis vamzdis, o antras – vidinis strypas. Abu elektrodus nuo skysčio skiria izoliacinis sluoksnis. Kadangi skysčio dielektrinė skvarba daug didesnė už oro, tai maži skysčio lygio pokyčiai labai pakeičia jutiklio talpą. 3.28 a paveikslėlyje pavaizduota, kaip talpiniu jutikliu matuojama tirpalo koncentracija. Technologinio proceso metu keičiantis koncentracijai, keičiasi talpinio jutiklio dielektrinė skverbtis ir kartu talpumas, kurį rodo matavimo prietaisas MP.

Dielektrinės skverbties kitimu pagrįstas birių medžiagų drėgnumo matavimas (3.28 pav., c), skysčių lygio h (3.28 pav., b), bei izoliacinės juostos storio h matavimas (3.28 pav., d). Matuojant posūkio kampą α (3.28 pav., e) bei linijinį poslinkį l (3.28 pav., f), keičiasi talpinių jutiklių elektrodų plotas S ir kartu talpumas.



3.28 pav. Talpinių jutiklių panaudojimo pavyzdžiai: a) tirpalo koncentracijos matavimo schema, b) skysčių aukščio matavimo schema, c) medžiagų drėgnumo matavimo schema, d) izoliacinės juostos storio matavimo schema, e) posūkio kampo matavimo schema, f) tiesinio poslinkio matavimo schema

Talpinio jutiklio su kintamu aktyviuoju plotu (3.28 pav., e) judanti plokštelė pasisuka nejudančiosios atžvilgiu. Dėl to pakinta aktyvusis plokštelių plotas, o kartu ir jutiklio talpa. Didinant jų jautrumą, tokie jutikliai daromi su daug plokštelių. Talpiniais jutikliais su kintamu aktyviuoju plotu matuojami linijiniai ir kampiniai poslinkiai. Talpiniai jutikliai dažnai jungiami į rezonansinę schemą (3.29 pav.).

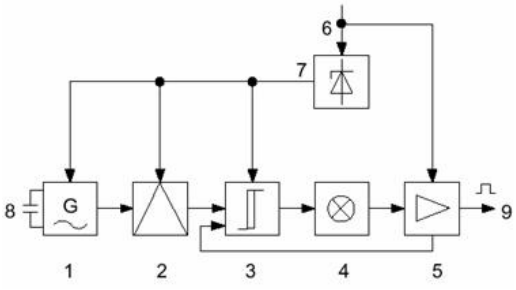


3.29 pav. Rezonansinė schema

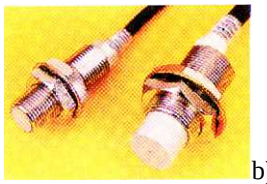
Šioje schemoje talpinis jutiklis 4 jungiamas lygiagrečiai su rite ir sudaro rezonansinį kontūrą. Schema maitinama iš aukšto dažnio generatoriaus 1. Išėjime prijungiamas elektroninis voltmetras 5. Pradinėje būsenoje kontūras pagalbiniu kondensatoriumi 3 suderintas rezonansui. Išėjime gaunama aukšta įtampa (taškas 1). Keičiantis jutiklio talpai, kontūras išsiderina ir išėjime įtampa mažėja (taškai 2 ir 3). Pirmame taške dažniausiai

suderinamos signalizacijos sistemos. Pasikeitus jutiklio talpai, išėjimo įtampa mažėja. Trečiame taške suderinamos matavimo sistemos. Didėjant talpumui didėja išėjimo įtampa, o jam mažėjant – išėjimo įtampa mažėja.

Diskretinio talpinio jutiklio sandara parodyta 3.29 pav. Čia, kaip ir induktyviniame diskretiniame jutiklyje, jautrus elementas įjungiamas į aukšto dažnio generatoriaus virpamąjį kontūrą.



a)



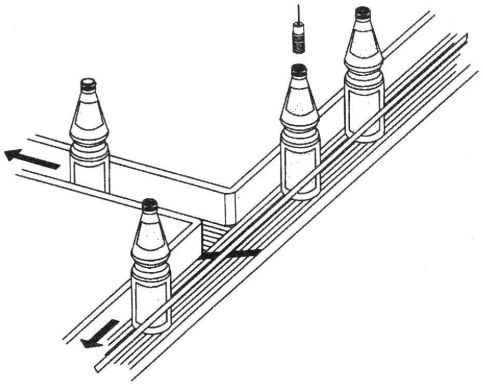
b)

3.29 pav. a) talpinio jutiklio sandaros schema: 1-aukšto dažnio generatorius, 2-demoduliatorius, 3-komparatorius, 4-šviesos indikatorius, 5-galios stiprintuvas su apsauga, 8- jautrus elementas, 9 -išėjimo signalas, b) bendras vaizdas

Keičiantis jautraus elemento 8 talpumui, keičiasi generatoriaus signalo dažnis. Pasikeitus dažniui, demoduliatoriaus 2 išėjime gaunamas signalas, kuris sustiprintas patenka į išėjimą 9.

Pagrindiniai talpinių jutiklių privalumai yra didelis jautrumas ir maži matmenys bei masė. Be to, jie neturi judančių besitrinančių detalių. Šie jutikliai yra neinertiški, todėl jais galima matuoti greitai besikeičiančius dydžius (vibracijas, pagreičius ir kt.). Esminis šių jutiklių trūkumas – nedidelė talpa (10 – 100 pF). Dėl to talpinė varža yra artima izoliacijos varžai, o jutiklio išėjimo galia maža. Jutiklio talpinei varžai sumažinti ir galiai padidinti reikalingi aukšto dažnio įtampos maitinimo generatoriai. Jutiklio tikslumui didelę įtaką daro jungiamųjų laidų ir atskaitymo prietaiso parazitinės talpos. Joms sumažinti laidai ekranuojami ir didinamas atstumas tarp laidų.

Parenkant jutiklio konstrukciją, reikia nustatyti minimalų atstumą tarp kondensatoriaus plokštelių, kad oro tarpo nepramuštų įtampa. Minimalus atstumas tarp plokštelių yra apie 0,03 mm. Talpinių jutiklių privalumai: jie pigūs, jautrūs, neinertiški, patikimi.



3.29a pav. Talpinio jutiklio taikymas

3.29a pav. talpinis jutiklis kontroliuoja ar butelis uždarytas dangteliu. Jei dangtelio nėra, jutiklis nesuveikia ir butelis brokuojamas.

3.3.10. Optiniai jutikliai

Optiniai jutikliai kontroliuoja objektus optinėmis ir elektroninėmis priemonėmis. Juose naudojama raudona arba infraraudona šviesa.

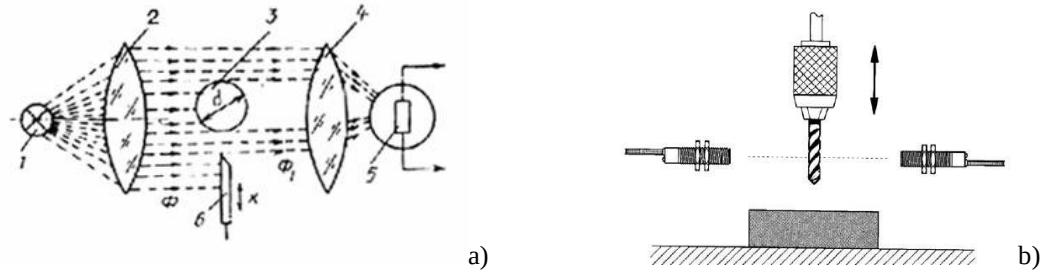
Jutiklį sudaro:

- šviesai jautrus komponentas (fotoimtuvas);
- šviesos šaltinis;
- optinė sistema.

Jutiklio veikimo principas grindžiamas tuo, kad kontroliuojamo objekto mechaninis poslinkis keičia šviesos srautą jutiklio optinėje sistemoje. Fotoimtuvas šviesos srauto energiją paverčia elektriniu signalu. Optiniai jutikliai gali būti suskirstyti pagal šviesos srauto, apšviečiančio fotoelementą, kitimo pobūdį :

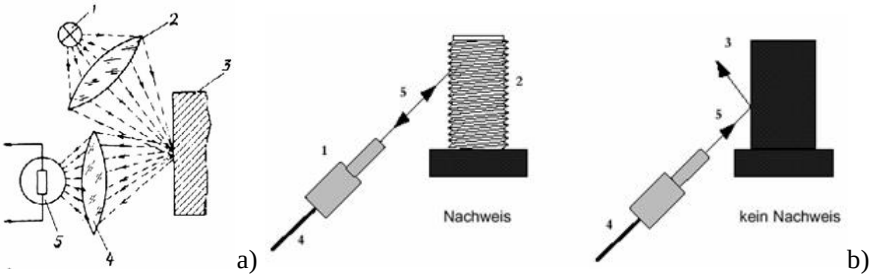
- jutikliai, kuriuose šviesos srautą keičia objekto poslinkis (diafragmuojantys arba šviesos barjero);
- jutikliai, kuriuose šviesos srautas atsispindi nuo objekto (difuziniai);
- jutikliai, kuriuose šviesos srautą sukuria objektas.

Diafragmuojančiuose jutikliuose fotoelementą apšviečiantį šviesos srautą keičia matuojamojo kūno poslinkis arba jo matmens pokytis (3.30 pav., a). Šviesos šaltinis 1 ir optinė sistema (kondensorius) 2 formuoja lygiagretų ir tolygų šviesos srautą Φ. Šiame sraute patalpinama arba detalė, kurios matmenis reikia kontroliuoti, arba užtvara 6 sujungta su valdomuoju objektu. Kintant detalės matmeniui d arba užtvaros poslinkiui x, kinta šviesos srautas, krintantis į fotoelementą 5. Šviesos srautas, priklausantis nuo kontroliuojamo objekto matmens arba poslinkio, surenkamas linze 4 ir fokusuojamas ant šviesai jautraus fotoimtuvo paviršiaus. Dėl to padidėja jutiklio jautrumas. Tokio jutiklio taikymas parodytas 3.30 pav., b. Čia parodyta, kaip jutiklis kontroliuoja, ar nenulūžo grąžtas.



3.30 pav. a) diafragmuojantis foto jutiklis, b) jutiklio taikymas

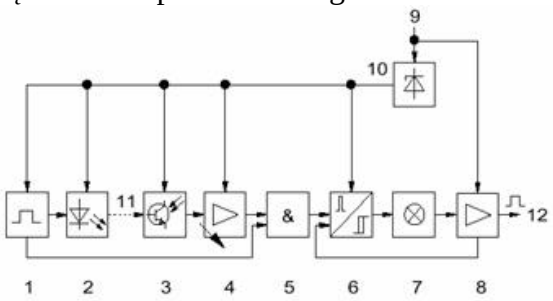
Difuziniuose jutikliuose į fotoelementą krinta šviesos srautas, atsispindintis nuo kontroliuojamo objekto **(**3.31 pav., a). Šviesos šaltinis 1 ir optinė sistema 2 formuoja siaurą šviesos spindulį, kuris atsispindi nuo objekto 3. Spindulys linze 4 fokusuojamas ant fotoelemento 5.



3.31 pav. a) difuzinis jutiklis, b) jutiklio taikymas varžtų kontrolei

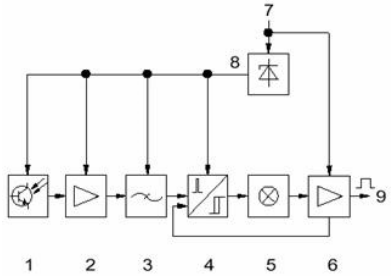
Atsispindėjusios šviesos srautas priklauso nuo objekto paviršiaus kokybės. Tokie fotoelektriniai jutikliai naudojami skaitymo automatuose, teksto ir grafinės informacijos skaitymui ir kodavimui, paviršiaus šiurkštumo matavimui, fotoelektriniuose reflektometruose.

3.31pav., b parodytas fotojutiklio su šviesos atspindžiu panaudojimas kontroliuojant varžtų kokybę. Čia 1 – fotojautri galvutė su šviesolaidžiais. Joje greta įmontuoti šviesos ir foto diodai. Jei varžtas turi sriegį, tada šviesos spindulys 5, kurį suformuoja šviesos diodas, atsispindi nuo sriegio 2 ir patenka į fotodiodą. Taip gaunamas signalas. Jei sriegio nėra, spindulys 3 nukrypsta į šalį ir nėra atspindžio bei signalo.



3.32 pav. Diskretinio optinio šviesos barjero jutiklio sandaros schema

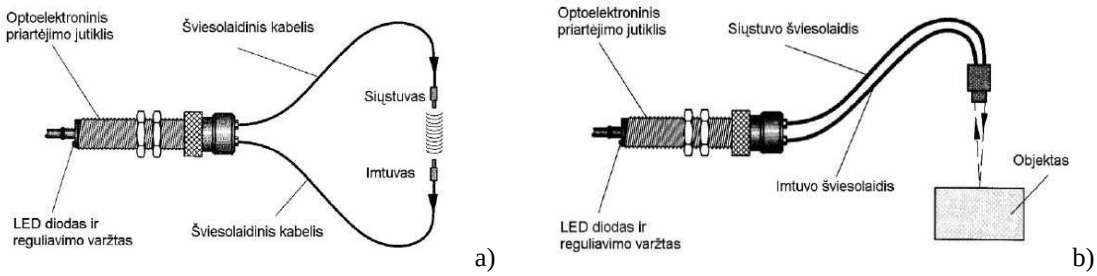
Diskretinio optinio jutiklio sandaros schema parodyta 3.32 pav. Jutiklis dirba impulsiniame režime. Tai sumažina naudojamos energijos kiekį. Kai impulsų generatorius 1 suformuoja impulsą, pradeda šviesti šviesos diodas 2. Šviesos srautas patenka į fototranzistorių 3, kurio išėjime gaunamas elektrinis signalas. Jis sustiprinamas stiprintuve 4 ir patenka į elektroninį raktą 5. Ten pat patenka ir signalas iš generatoriaus. Elektroninio rakto išėjime signalo nėra. Jei šviesos srautas nutraukiamas, impulsų formuotuvo 6 įėjime signalas atsiranda. Elektroninio rakto išėjime gaunamas impulsas, kuris per šviesos indikatorių 7 ir galios stiprintuvą 8 patenka į jutiklio išėjimą 12. Jutiklis turi vidinį įtampos stabilizatorių 10.



3.33 pav. Optinis diskretinis jutiklis su kintančia objekto šviesa

3.33 pav. pavaizduotame jutiklyje šviesos srautą sukuria pats kontroliuojamasis objektas. Tokie optiniai jutikliai naudojami temperatūros matavimui, elektroninės apsaugos sistemose, spindulinės energijos dozatoriuose, emisinės spektrinės analizės prietaisuose.

Jutiklį sudaro fototranzistorius 1, pirminis stiprintuvas 2, filtras 3, impulsų formuotuvas 4, šviesos indikatorius 5, galios stiprintuvas su apsauga 6. Kai šviesos srautas patenka į fototranzistorių, išėjime 9 suformuojamas nuolatinės įtampos signalas. Filtras 3 sumažina trikdžių įtaką.

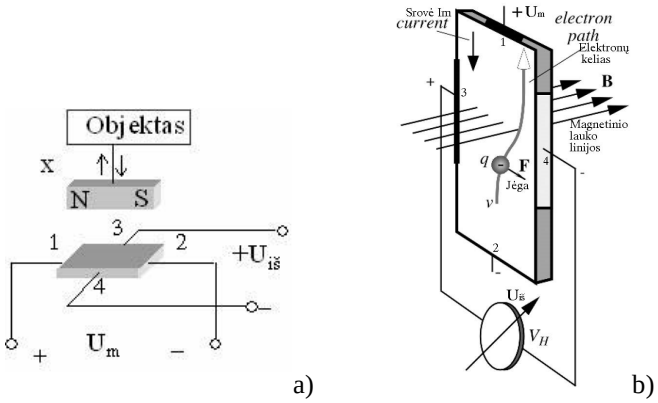


3.34 pav. Optiniai jutikliai su šviesolaidžiais: a) šviesos barjero, b) difuzinis

Optiniuose jutikliuose dažnai naudojami šviesolaidžiai. Jutikliai su šviesolaidžiais naudojami tada, kai įprasti jutikliai užima per daug vietos. Kita šviesolaidinės optikos taikymo sritis – aplinka, pasižyminti sprogimo rizika. Naudojant šviesolaidinę optiką, mažų objektų padėtis gali būti nustatoma labai tiksliai.

3.3.11. Holo jutiklis

Holo jutiklis (Hall sensor) keičia magnetinio lauko pokytį į evj pokytį. Jo veikimo principas grindžiamas tuo, kad judant elektronui magnetiniame lauke, jį veikia Lorenco jėga F (3.35 pav., b), kuri stumia elektroną į šoną (Holo efektas). Jutiklį sudaro pastovus magnetas ir stačiakampės formos 0,5-1mm storio puslaidininkio plokštelė. Jos metalizuoti šonai yra elektrodai.



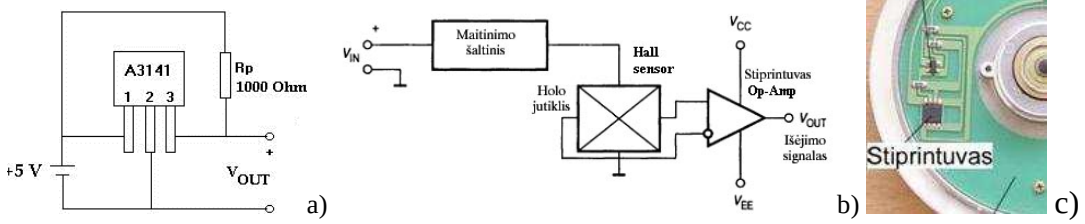
a) b)

3.35 pav. Holo jutiklio veikimo principas.

Nuolatinė įtampa U_m prijungiama prie elektrodų 1, 2 (3.35 pav., a). Pradeda tekėti srovė $I_{m.}$ Jei nėra magnetinio lauko, elektronai juda tiesiai ir elektroduose 3, 4 išėjimo įtampos $U_{iš}$ nėra. Jei yra magnetinis laukas, elektronų kelias išsikreipia, jie susikaupia prie elektrodo 4 ir sudaro neigiamą krūvį. Gaunama išėjimo įtampa, kurios dydis priklauso nuo magnetinio lauko stiprio.

$$U_{iš} = \frac{IB}{qnd}; \qquad (3.4)$$

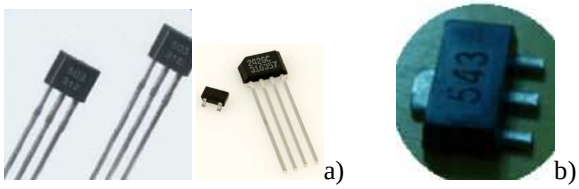
čia I – srovė, B – magnetinio lauko indukcija, q – elementarus krūvininko krūvis, lygus 1,602 x 10^{-19} kulono, n – tūrinis krūvininkų tankis, d – Holo jutiklio storis.



a) b) c)

3.36 pav. a) ir b) Holo jutiklio įjungimo schemos, c) jutiklis variklyje

Holo jutiklis jungiamas prie operacinio stiprintuvo įėjimo (3.36 pav.,b).



a) b)

3.37 pav. Holo jutikliai

Jutiklyje naudojamos šios medžiagos: silicis, InAs, InSb. Jutiklis gali būti žymimas raidėmis KSY (pvz. KSY 10). Tipinio jutiklio darbo srovė I_m = 3 mA, vidinė varža R_i = 2,2 kΩ , diferencialinė išėjimo varža R_0 = 4,4 kΩ. Jutiklio privalumai: nėra kibirkščiavimo,

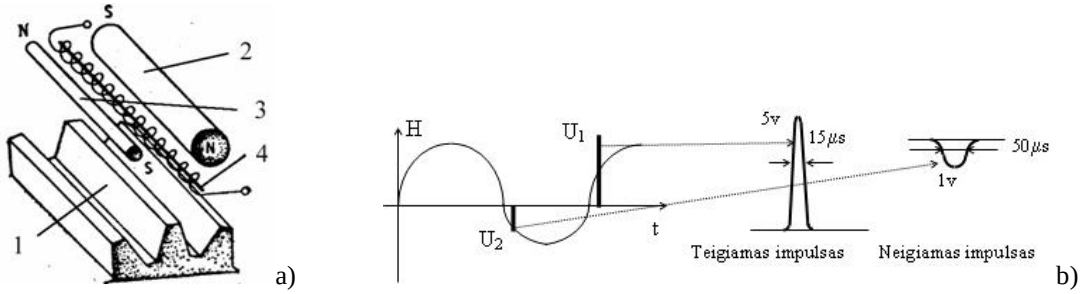
įtampa tiesiai proporcinga pasislinkimui x, nėra slenkančio kontakto.

3.37 pav., a ir b parodyti Holo jutiklių pavyzdžiai. Dažniausiai jutikliai turi 4 išvadus: du maitinimo ir du signalinius. Tačiau du išvadai (minusiniai) gali būti sujungti tarpusavyje.

3.36 pav., c parodytas variklio su padėties jutikliu fragmentas. Variklio konstrukcijoje matyti holo jutiklis, kuris formuoja signalą, kai variklio rotorius pasisuka nustatytu kampu (žr. 5.3.1. skyrių). Tokie varikliai plačiai naudojami kompiuterinėje technikoje.

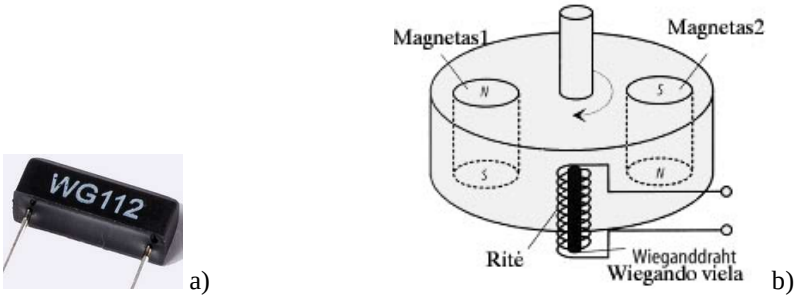
3.3.12. Viegando jutiklis

Viegando (Wiegand) jutiklis keičia magnetinio lauko pokytį į trumpą įtampos impulsą. Jo pagrindą sudaro apie 15mm ilgio Viegando viela 4, pagaminta iš Vikalojaus lydinio, į kurį įeina geležis, kobaltas ir vanadis (10% V, 52% Co, 38% Fe). Viela apdirbama pagal specialią technologiją. Ji patalpinta ritėje, turinčioje apie 1300 vijų. Šalia yra įmagnetinta šerdis 3. Prie ritės artinamas išorinis magnetas 2. Išoriniam magnetiniam laukui pasiekus tam tikrą lygį, šios vielos įmagnetėjimo kryptis spontaniškai kinta. Persimagnetinimo metu gali būti indukuojamas iki 5 V įtampos impulsas U_1. Jo trukmė apie 15 μs .



3.38 pav. a) Viegando jutiklis, b) signalai

Kai magnetinis laukas silpnėja, jutiklis grįžta į pirminę būseną. Tada indukuojamas neigiamas impulsas. Šio jutiklio privalumai: nėra kibirkščiavimo, nereikia maitinimo šaltinio, didelė signalo amplitudė, platus temperatūrų diapazonas (nuo -196^{0}C iki +175^{0}C), impulso amplitudė ir trukmė nepriklauso nuo magnetinio lauko kitimo greičio. 3.37pav., b pavaizduoti jutiklio impulsai, kai magnetinio lauko stiprumas keičiasi sinusiniu dėsniu.



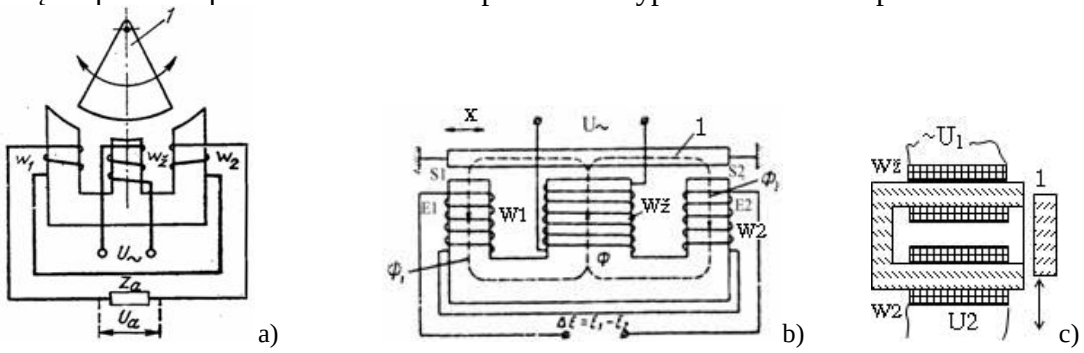
3.39 pav. a) Wiegando jutiklis, b) jutiklio taikymas sūkių dažnio kontrolei

Viegando jutiklis gali kontroliuoti sūkių dažnį. Tam ant veleno reikia įtaisyti pastovius magnetus (3.39 pav.,b). Vienas magnetas formuoja teigiamą impulsą, o kitas neigiamą.

3.3.13. Transformatoriniai jutikliai

Transformatoriniai jutikliai keičia kampinį ar linijinį poslinkį į evj. Jų veikimo principas pagrįstas tarpusavio induktyvumo surištojo srauto ir evj jutiklio apvijose pakitimu, pasikeitus feromagnetinės šerdies padėčiai. Jutiklį, kuris keičia kampinį poslinkį, sudaro nejudanti dalis su feromagnetine šerdimi ir apvijomis ir judanti dalis – inkaras 1 , pagamintas iš feromagnetinės medžiagos (3.40 pav., a). Prie žadinimo apvijos $W_ž$, užvyniotos ant

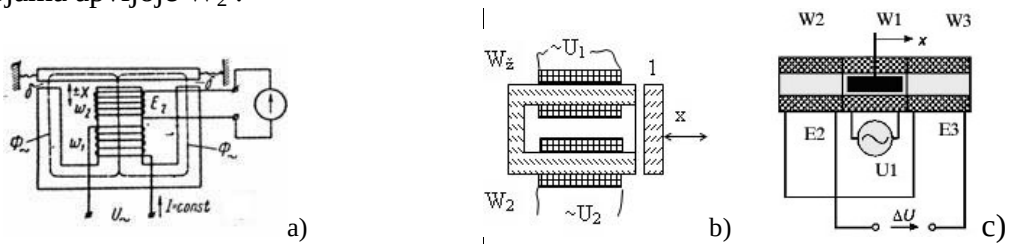
vidurinio strypo (3.40 pav., a), prijungiama maitinimo įtampa U~. Apvijos W_1 ir W_2 užvyniotos ant kraštinių strypų ir sujungtos tarpusavyje taip, kad jose indukuotos evj būtų priešingų fazių. Apvijų evj skirtumas yra apkrovos įtampa U_a (išėjimo įtampa). Kai inkaras 1 vidurinėje padėtyje, apvijų W_1 ir W_2 evj vienodos. Šiuo atveju įtampa $U_a = 0$. Inkarui pasislinkus iš vidurinės padėties, pasikeičia magnetolaidžio plotas. Dėl to pasikeičia magnetinių srautų dydžiai ir apvijose susidaro skirtingų reikšmių evj ir įtampa U_a pasikeičia. Išėjimo įtampos fazė priklauso nuo inkaro poslinkio krypties iš vidurinės padėties.



3.40 pav. Transformatorinis jutiklis: a) su pasukamu inkaru, b) su pasislenkančiu inkaru, c) nereversinis

Jutiklis su pasislenkančiu inkaru (3.40 pav., b) skiriasi nuo ankstesniojo tik tuo, kad keičia tiesialinijinį poslinkį. Jo inkaras juda horizontaliai ir keičiasi magnetolaidžio plotas. Abu aprašyti jutikliai yra reversiniai. Nereversinis transformatorinis jutiklis su kintančiu plotu parodytas 3.40 pav., c paveikslėlyje.

Transformatoriniai jutikliai su kintančiu oro tarpu parodyti 3.41 pav.a, b. Artėjant inkarui 1 prie šerdies, mažėja magnetinės grandinės varža, didėja magnetinis srautas ir evj, indukuojama apvijoje W_2 .



3.41 pav. Transformatorinis jutiklis su kintančiu oro tarpu: a) su gaubtine šerdimi, b) su stačiakampės formos šerdimi, c) solenoidinio reversinio transformatorinio jutiklio jungimas

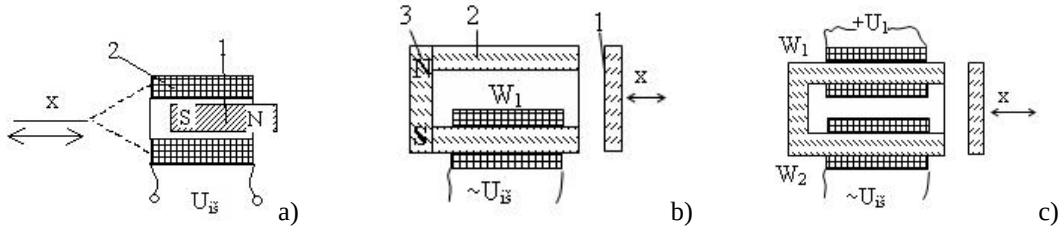
Transformatoriniame jutiklyje inkaro poslinkiai būna nedideli. Jo apkrovos grandinė elektriškai atskirta nuo maitinimo grandinės, t. y. tarp jų yra tik magnetinis ryšys.

Dideliems poslinkiams kontroliuoti naudojami solenoidiniai transformatoriniai jutikliai (3.41 pav.,c). Jutiklį sudaro trys ritės. Į vidurinę patenka kintama maitinimo įtampa U1. Jei šerdis vidurinėje padėtyje, indukuojamos evj E_2 ir E_3 yra vienodos. Ritės sujungtos priešpriešiais, todėl evj kompensuojasi ir išėjimo įtampa $\Delta = E2 - E3$ lygi nuliui. Pasislinkus šerdžiai dešinėn, evj E_3 padidėja, o E_2 – sumažėja. Išėjime gaunama kintama įtampa, kurios dydis priklauso nuo poslinkio dydžio, o fazė – nuo šerdies poslinkio iš vidurinės padėties krypties.

Transformatorinių jutiklių maitinimui dažniausiai naudojama 50Hz dažnio įtampa. Tačiau būna jutiklių, maitinamų 3000 – 5000 Hz dažnio įtampa. Prie aukštesnių dažnių jie naudojami retai, nes tuomet gerokai išauga permagnetinimo nuostoliai feromagnetinėje medžiagoje ir padidėja reaktyvinė apvijų varža.

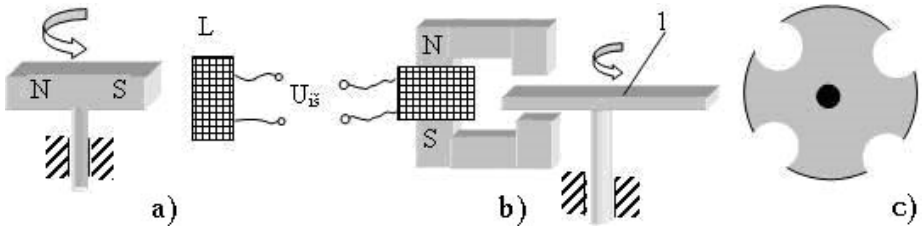
3.3.14. Indukciniai jutikliai

Jie keičia judesio greitį į evj. Paprasčiausią indukcinį jutiklį sudaro pastovus magnetas 1 ir ritė 2, sujungta su kontroliuojamu objektu (3.42 pav., a), kuris juda x kryptimi. Judesio metu ritė kerta magnetinio lauko linijas ir joje indukuojama evj, kurios dydis proporcingas judesio greičiui. Ritė gali nejudėti, o su objektu sujungiamas inkaras 1 (3.42 pav., b). Pastovus magnetas 3 sukuria magnetinį srautą, kuris teka per magnetolaidį 2, oro tarpą ir inkarą 1. Magnetinis srautas kerta ritės W_1 apvijas. Judant objektui, keičiasi oro tarpo dydis, magnetinės grandinės varža ir magnetinio srauto dydis. Ritėje indukuojama evj. Vietoje pastovaus magneto gali būti naudojamas elektromagnetas (3.42 pav., c). Šiuo atveju magnetinį srautą kuria apvija W_1, prie kurios prijungta nuolatinė įtampa. Tokios konstrukcijos jutiklis naudojamas triukšmo bei vibracijų kontrolei.



3.42 pav. Indukciniai jutikliai: a) su judančia rite, b) su pastoviu magnetu, c) su elektromagnetu

3.43 pav. paveikslėlyje parodyti indukciniai jutikliai, kurie keičia sūkių dažnį į evj impulsus. Paprasčiausią jutiklį sudaro ant besisukančio veleno įtaisytas magnetas ir šalia patalpinta ritė (3.43 pav., a). Kai kontroliuojamas objektas sukasi, sukasi ir magnetas. Magneto magnetinis laukas kertą ritę ir joje indukuoja evj. Ritė ir magnetas gali būti nejudantys (3.43 pav., b). Inkaras 1 pagamintas iš feromagnetinės medžiagos ir sukasi kartu su objektu. Kai inkaras patenka į magnetolaidžio išpjovą, sumažėja magnetinės grandinės varža ir padidėja magnetinis srautas, kurį sukuria pastovus magnetas. Kintantis magnetinis srautas indukuoja ritėje evj. Toks jutiklis yra jautresnis, nes turi uždarą magnetolaidį. Inkaras gali būti apvalus su išpjovomis (3.43 pav., c). Nuo išpjovų skaičiaus priklauso impulsų skaičius. Tokie įtaisai dar vadinami enkoderiais (2.29 pav. ir 2.30 pav.).

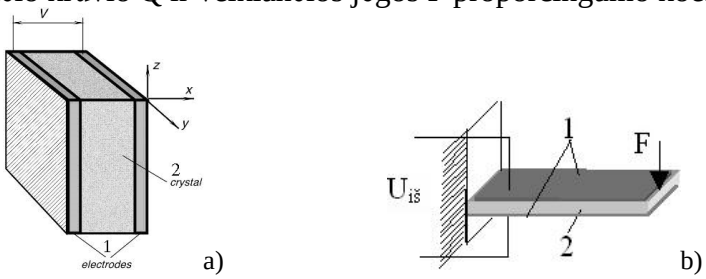


3.43 pav. Indukciniai impulsiniai apsisukimų skaičiaus jutikliai: a) su besisukančiu magnetu, b) su besisukančiu inkaru, c) su besisukančiu disku

3.3.15. Pjezoelektriniai jutikliai

Pjezoelektriniai jutikliai mechaninį poveikį keičia elektros krūviu. Pjezoelektrinių jutiklių veikimas pagrįstas pjezoelektriniu efektu. Pjezoelektrinis efektas būna tiesioginis ir atvirkštinis. Tiesioginiu pjezoefektu vadinamas reiškinys, kai veikiant mechaninėms apkrovoms medžiagų paviršiuje susidaro elektriniai krūviai.

Atvirkštiniu pjezoefektu vadinamas reiškinys, kai medžiaga elektriniame lauke mechaniškai deformuojasi. Pjezoefektas kiekybiškai vertinamas pjezoelektriniu moduliu d, kuris yra atsirandančio krūvio Q ir veikiančios jėgos P proporcingumo koeficientas (Q = dP).



3.44 pav. Pjezoelektrinis jutiklis: a) konstrukcija, b) jėgos matavimas

Jutiklį (3.44 pav., a) sudaro plokštelė 2, kuri gali būti išpjauta iš kvarco kristalo. Jos šonai padengti metalu, tai – elektrodai 1. Veikiant jėgai F, atsiranda išėjimo įtampa $U_{iš}$. Svarbiausios gamtinės medžiagos, pasižyminčios pjezoelektriniu efektu, yra kvarcas, segneto druska ir turmalinas. Jutikliai dažniausiai gaminami iš kvarco, nes jo geros pjezoelektrinės ir izoliacinės savybės. Kvarco didelė varža, menkai priklausanti nuo temperatūros. Iš kvarco monokristalo išpjaunami skridiniai, diskai arba plokštelės. Naudojant pjezoelektrinius jutiklius paprastai matuojamas ne krūvis, o kondensatoriaus, kurį sudaro skridiniai, diskai arba plokštelės, įtampa.

$$U=nq_{\Sigma}/(C+C_0); \qquad (3.5)$$

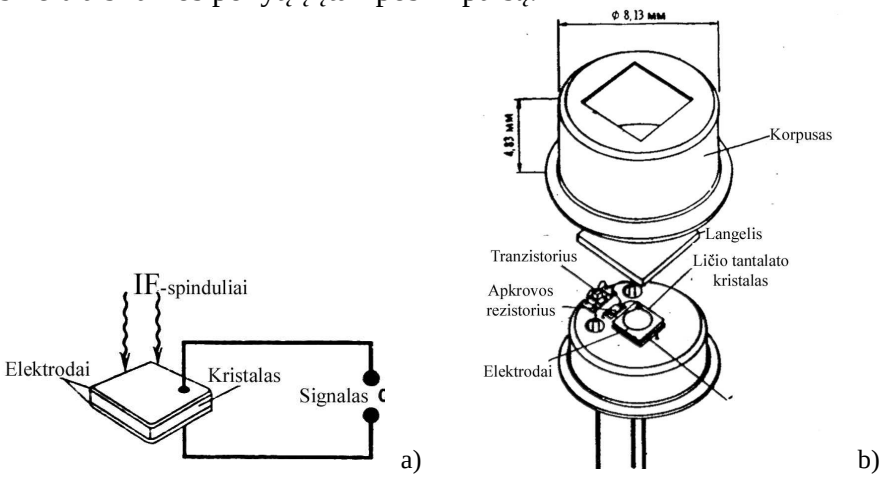
čia U – įtampa, C – jutiklio talpa, C_o – matavimo grandinės talpa, $q_{\Sigma} = nq$ – atstojamasis krūvis, n – pjezoelementų, sujungtų nuosekliai kiekis, q – viename elemente atsirandantis krūvis.

Pjezoelektriniai jutikliai naudojami greitaveikiams dinaminiams procesams kontroliuoti. Jie gali būti naudojami tiek statinėms, tiek dinaminėms kūną veikiančioms jėgoms matuoti. Pjezoelektriniai jėgos jutikliai gaminami iš natūralių gamtinių medžiagų – kvarco, turmalino arba iš sintetinių medžiagų – bario titanato, švino cirkonato titanato (PZT). Sintetiniai pjezoelektrikai gaminami sukepinant suspaustus smulkius medžiagos kristalus ir po to juos poliarizuojant stipriu elektriniu lauku. Jėga arba elektriniu lauku veikiant pjezoelektriką poliarizacijos ašies kryptimi ir išryškėja pjezoefektas.

Šiuolaikinės technologijos leidžia pasigaminti įvairaus dydžio ir įvairių formų pjezoelementus, galinčius matuoti jėgas nuo 1 kN iki 200 kN.

3.3.16. Piroelektrinis jutiklis

Piroelektrinis jutiklis – tai šilumos (infraraudonųjų spindulių) pokyčiams jautrus elementas. Jis keičia šilumos pokytį į įtampos impulsą.



3.45 pav. a) piroelektrinis elementas, b) piroelektrinio jutiklio konstrukcija

Jo pagrindas yra piroelektrinis elementas. Tai piroelektriko kristalas, kurio paviršiuje yra du elektrodai. Infraraudonieji (IR) spinduliai fokusuojami kristalo paviršiuje viename taške. Piroelektrikas sugeria IR spindulių energiją ir ji virsta šiluma. Kristalo paviršius toje vietoje įkaista. Temperatūros pokytis sukelia elektrinį signalą. Elektroduose atsiranda įtampa, kuri po tam tikro laiko pradingsta. Šildant kitą kristalo tašką, vėl atsiranda įtampa. Todėl, keičiant šildomo taško vietą, gaunami impulsai. Piroelektrikais gali būti segnetoelektrikai (ličio tantalatas, stoncio – bario – niobatas), keramika (švino cirkonatas ir titanato keramika) ir polimerinės medžiagos (polivinilfluoridas ir polinimibidenfluoridas).

Piroelektrinio jutiklio konstrukcija pavaizduota 3.45 pav., b. Korpuse yra langelis, pro kurį patenka IR spinduliai. Spindulių fokusavimui reikalinga optika. Ant pagrindo sumontuotas kristalas bei elektroninis stiprintuvas.

Šis jutiklis dar vadinamas judesio jutikliu. Jis plačiai naudojamas elektroniniuose apsaugos įtaisuose, apšvietimo įjungimo automatiniuose įtaisuose.

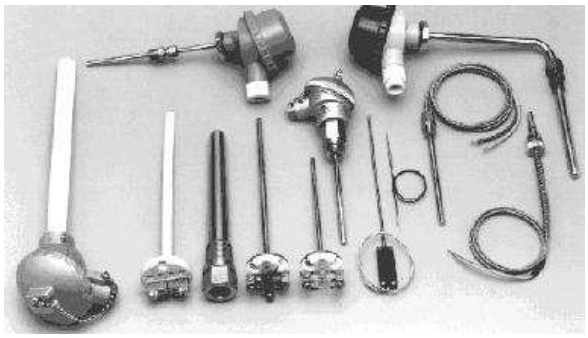
3.46 pav. Piroelektriniai judesio jutikliai

3.3.17. Termoelektriniai jutikliai

Termoelektriniai jutikliai (termoporos) keičia temperatūrų skirtumą į nuolatinę evj (2.13 pav., 2.14 pav.). Plačiausiai naudojamos šios termoporos:

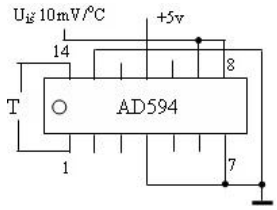
- XA arba K tipo, kuri sudaryta iš chromelio ir aliumelio. Ja matuojamos temperatūros nuo – 50°C iki +1200 °C (trumpalaikiams matavimams iki +1300°C). Jautrumas – 41 $\mu V/^0C$. Tai populiariausia termopora.
- XK arba E tipo – sudaryta iš chromelio ir kopelio ir naudojama iki + 800 °C. Jautrumas – 68 $\mu V/^0C$.
- ПП arba B tipo. Ji sudaryta iš platinos ir platinos – rodžio lydinio ir skirta matuoti temperatūroms nuo – 20°C iki +1300 °C. Jautrumas – 10 $\mu V/^0C$.
- J tipo (geležis ir konstantanas). Matuojamos temperatūros nuo – 40°C iki +750°C. Jautrumas – 52 $\mu V/^0C$.

Dar yra N, T, V_x tipo termoporų (EX, JX, KX, NX, NC, KCB, RCA). Kiekvienai termoporai yra sudarytos termoporų gradavimo lentelės. Jose nurodoma kokia termoporos išėjimo evj yra prie atitinkamo temperatūrų skirtumo.



3.47 pav. Termoporų pavyzdžiai

Termopora gali būti prijungiama prie specialaus lusto, pvz., AD594 (Analog Devices firma). Prijungimo schema pavaizduota 3.48 pav. Čia T – termopora, sudaryta iš konstantano ir geležies. Išėjime gaunamas įtampos pokytis 10 mV vienam laipsniui.



3.48 pav. Termoporos prijungimas

Tačiau dažniausiai termoporos jungiamos prie milivoltmetro, kurio skalė sugraduota laipsniais, arba prie automatinio potenciometro. Jo skalė taip pat sugraduojama laipsniais.

3.4. JUTIKLIAI. KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Jutiklio vieta mechatronikos sistemoje.
2. Jutiklių klasifikacija. Pirminiai ir antriniai jutikliai.
3. Išvardinkite jutiklių standartinių signalų reikšmes.
4. Kontaktiniai jutikliai. Jų panaudojimas detalių rūšiavimui.
5. Reostatiniai jutikliai. Jungimo schema su voltmetru ir ampermetru.
6. Tenzometriniai jutikliai, konstrukcija, jų panaudojimas.
7. Varžinio termometro graduotė. Jungimo schema.
8. Jutiklių įjungimas į tiltelinę schemą.
9. Paaiškinkite skirtumą tarp termokonduktorinio ir termocheminio dujų jutiklio.
10. Termistorius, fotorezistorius: konstrukcija, veikimas, žymėjimas, charakteristikos, panaudojimas.
11. Induktyvinis jutiklis: mažo pasislinkimo, solenoidinis(plunžerinis), reversyvinis, diferencialinis. Konstrukcija ir veikimas, įjungimas.
12. Talpinis jutiklis: su kintamu atstumu, plotu, dielektrine skverbtimi. Konstrukcija ir veikimas, įjungimas. Rezonansinė įjungimo schema.
13. Kelio ir padėties jutiklių (talpinio, induktyvinio, optinio) sandaros schema.
14. Transformatorinis jutiklis. Konstrukcija ir veikimas, įjungimas.
15. Indukcinis jutiklis. Konstrukcija ir veikimas, įjungimas.
16. Pjezoelektrinis jutiklis. Konstrukcija ir veikimas, jungimas.
17. Termopora. Konstrukcija ir veikimas, jungimas. Termoporų gradavimo lentelės.
18. Holo jutiklis, įjungimas, pritaikymas.
19. Viegando jutiklis. Konstrukcija ir veikimas, įjungimas.
20. Ultragarsinis jutiklis.

UŽDUOTYS

1. Nubraižykite paprasčiausius jutiklius: induktyvinį, indukcinį su pastoviu magnetu, indukcinį su elektromagnetu, transformatorinį.
2. Nubraižykite termoporos charakteristikas, kai šaltas termoporos galas yra $+20^{o}$C ir $+40^{o}$C temperatūroje.
3. Nubraižykite termokonduktorinio dujų jutiklio įjungimo schemą.
4. Paaiškinkite temperatūros matuoklio su silfoniniu mechanizmu veikimo principą.
5. Paaiškinkite elektrinio slėgio matuoklio veikimo principą.
6. Pateikite A ir C grupių jutiklių pavyzdžius. Internete suraskite tokio tipo pramoninį gaminį.
7. Nubraižykite įtaiso, kuris rūšiuoja rutuliukus pagal skersmenį, eskizą.

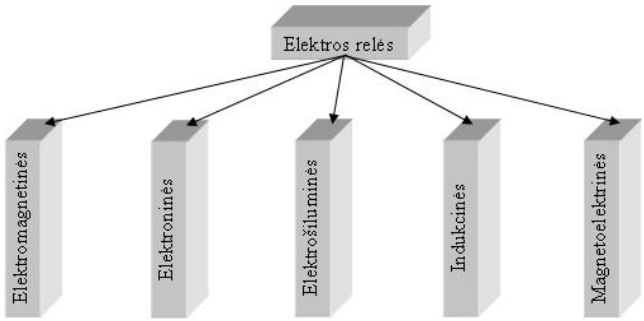
4. ELEKTROS RELĖS

Tikslai:

- paaiškinti elektromagnetinių relių konstrukciją ir veikimo principą;
- gebėti parinkti tinkamą relę;
- sudaryti ir paaiškinti relines schemas.

Šiame skyriuje paaiškinama elektromagnetinių relių klasifikacija. Nagrinėjama dažniausiai naudojamų relių konstrukcija bei paaiškinami jų veikimo principai. Pateikiami pramoninių relių pavyzdžiai. Paaiškinami relinių schemų sudarymo principai.

Relė – tai automatikos komponentas, kurio įėjimo dydis kinta tolygiai. Jam pasiekus nustatytą reikšmę, išėjimo dydis pakinta šuoliu. Relės gali būti elektros, mechaninės, šiluminės, pneumatinės ir t.t.



4.1 pav. Elektros relių klasifikacija

4.1 pav. parodyta elektros relių įvairovė. Jos gali būti nuolatinės ir kintamos srovės.

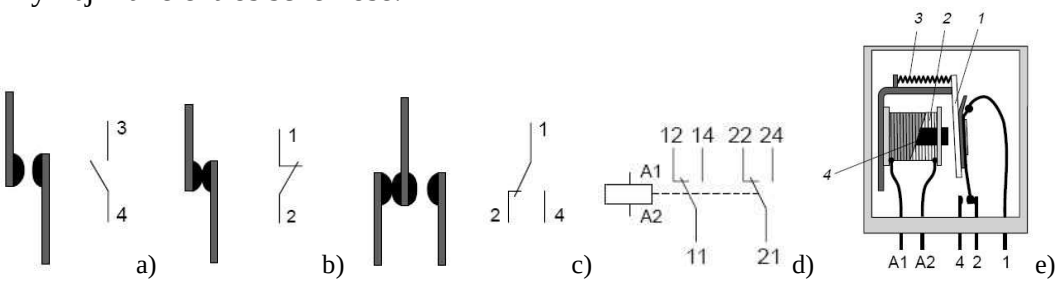
Elektromagnetinės relės pagal jų konstrukciją būna:

- su pasukamu inkaru (vožtuvinės);
- su įtraukiamu inkaru (solenoidinės);
- beinkarinės (liežuvėlinės, herkonai, feridai);
- poliarizuotos.

Elektroninės relės, atsižvelgiant į valdymo signalo pobūdį, skirstomos į foto, termo, garso, laiko ir t.t. Jos gali būti kontaktinės ir nekontaktinės.

Relių pagrindiniai parametrai: darbo įtampa arba srovė, apvijos aktyvi varža, kontaktų tipas ir kiekis, maksimali kontaktų perjungiama galia arba srovė, suveikimo ir atleidimo laikai.

Žymėjimai elektros schemose:

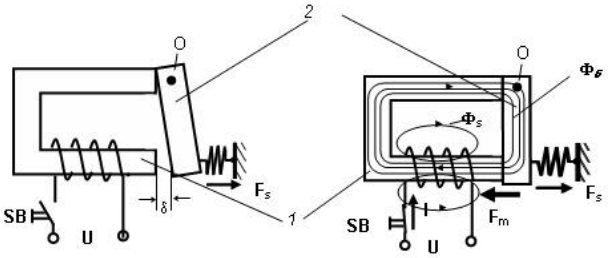


4.2 pav. a) atviras kontaktas (SPST), b) uždaras kontaktas, c) perjungiantis kontaktas (SPDT), d) relės apvija ir perjungiantis kontaktas, e) relės sandara: 1-inkaras, 2-apvija, 3-grąžinimo spyruoklė, 4-šerdis

Atskirais atvejais kontaktai gali būti žymimi taip: atviras , o uždaras .

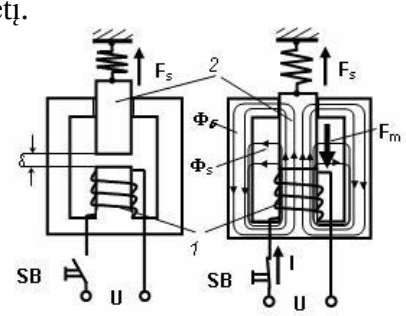
4.1. ELEKTROMAGNETINĖS RELĖS

Elektromagnetinės relės veikimo principas grindžiamas ritės magnetinio lauko ir judančio feromagnetinio inkaro sąveika. Tokios relės pagrindą sudaro elektromagnetas. Yra dviejų tipų elektromagnetai – tiesiniai ir pasukamieji. Elektromagneto su pasukama šerdimi konstrukcija pavaizduota 4.2 pav. Įjungus ritėje srovę, magnetolaidyje 1 sukuriamas užsidarantis magnetinis srautas Φ_δ. Atsiradusi elektromagnetinė jėga pasuka inkarą 2 apie ašį O, panaikindama šioje grandinėje oro tarpą δ. Nutraukus srovę, spyruoklė grąžina inkarą atgal.



4.2 pav. Pasukamas elektromagnetas

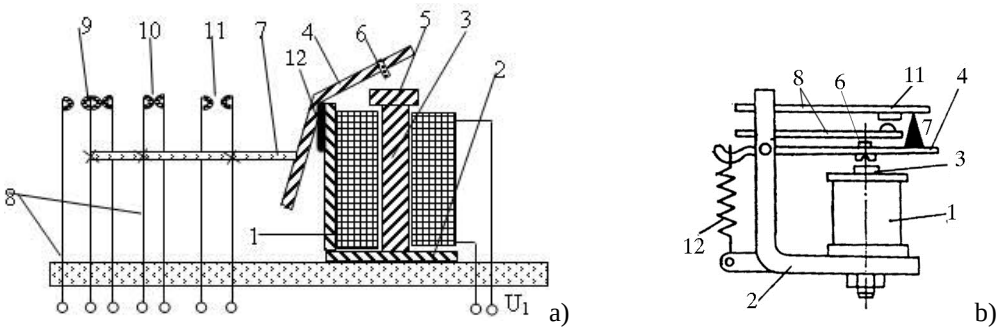
Tiesinis elektromagnetas pavaizduotas 4.3 pav. Jis sudarytas iš feromagnetinės medžiagos korpuso, ant kurio užvyniota įmagnetinimo ritė 1, ir feromagnetinės judamosios dalies (inkaro) 2. Kai jungiklis *SB* atjungtas ir rite neteka elektros srovė, tuomet spyruoklė atitraukia inkarą į pradinę padėtį.



4.3 pav. Tiesinis elektromagnetas

Magnetinėje įtaiso grandinėje yra oro tarpas δ. Paspaudus mygtuką, rite ima tekėti srovė. Jos kuriamas srautas Φ_δ ,užsidarydamas per korpuso ir inkaro magnetolaidį, traukia inkarą jėga F_m, viršijančia spyruoklės pasipriešinimo jėgą F_s . Inkaras pasislenka, įveikdamas oro tarpą δ. Išnykus srovei, spyruoklė grąžina inkarą į pradinę padėtį.

4.1.1. Relė su pasukamu inkaru



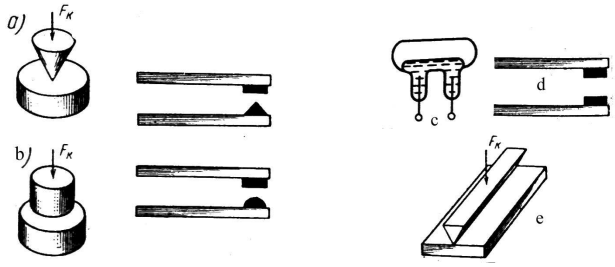
4.4 pav. Elektromagnetinės relės su pasukamu inkaru konstrukcija

Šios relės (dar vadinamos vožtuvinio tipo) pagrindas – pasukamasis elektromagnetas.

Relę sudaro ritė 1, magnetolaidis 2, šerdis 3, inkaras 4, šerdies antgalis 5, kaištis 6, dielektrinis strypas 7, kontaktinės spyruoklės 8, perjungiantis kontaktas 9, uždaras (atjungiantis) kontaktas 10, atviras (sujungiantis) kontaktas 11, grąžinimo spyruoklė 12.

Prie apvijos prijungiama įtampa ir apvija prateka srovė. Sukuriamas magnetinis srautas. Jis teka šerdimi, magnetolaidžiu, inkaru ir oro tarpu. Tarp inkaro ir šerdies sukuriama elektromagnetinė traukos jėga. Inkaras pritraukiamas prie šerdies. Judėdamas jis perjungia kontaktus. Kaištis sudaro pradinį oro tarpą ir neleidžia inkarui prilipti prie šerdies dėl liekamojo šerdies įmagnetinimo. Pradingus srovei spyruoklės grąžina inkarą atgal ir perjungia kontaktus.

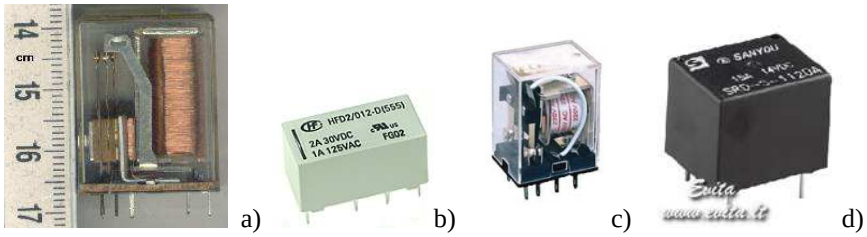
Relės kontaktų konstrukcija gali būti įvairi. Jie būna taškiniai (4.5 pav., a, b), plokštieji (4.5 pav., d), linijiniai (4.5 pav., e), gyvsidabriniai (4.5 pav., c).



4.5 pav. Kontaktų konstrukcija

Taškiniai kontaktai liečiasi vienu tašku. Jie yra mažos galios. Plokštieji kontaktai liečiasi plokštuma. Linijiniai kontaktai liečiasi linija. Jie naudojami, kai reikia perjungti dideles sroves.

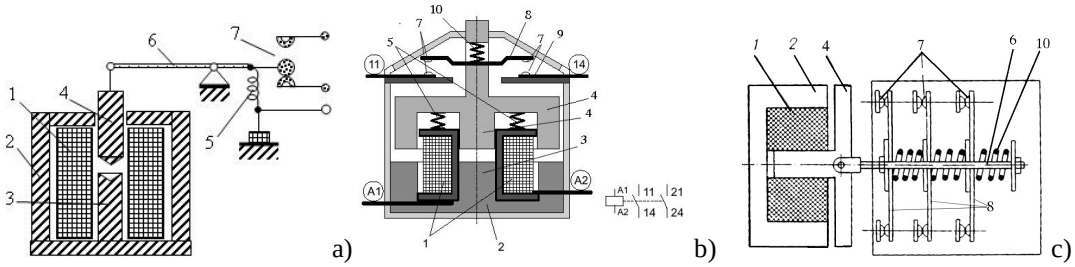
Gyvsidabrinį kontaktą sudaro dvi vielelės stiklinėje kolboje ir gyvsidabrio lašas. Kontaktui pasvirus, gyvsidabris subėga į vieną kolbos dalį ir kontaktas atsijungia. Toks kontaktas perjungia dideles sroves (10 – 30 A).



4.6 pav. Elektromagnetinės relės su pasukamu inkaru

4.1.2. Relė su įtraukiamu inkaru

Relės su įtraukiamu inkaru (dar vadinamos solenoidine rele) pagrindą sudaro tiesinis elektromagnetas (4,7 pav., a). Relė turi ritę 1, gaubtinį magnetolaidį 2, šerdį 3, įtraukiamą inkarą 4, grąžinimo spyruoklę 5, izoliacinį strypą 6, kontaktus 7, judančią jungiamąją plokštelę 8, nejudančias plokšteles 9, kontaktų prispaudimo spyruoklę 10.



4.7 pav. Solenoidinių relių konstrukcija

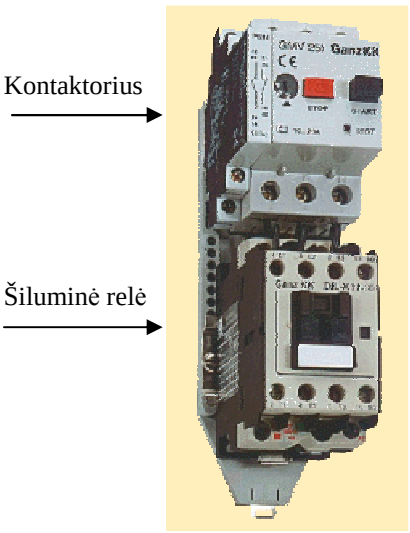
Kai srovė teka ritėje, sukuriama elektromagnetinė jėga, kuri įtraukia inkarą 4. Jis su

izoliaciniu strypu 6 patraukia sujungimo plokštelę 8 ir per ją kontaktai 7 susijungia. Kai srovė atjungiama, grąžinimo spyruoklės 5 sugrąžina inkarą į pradinę padėtį ir kontaktai atsijungia. Relė naudojama, kai reikia perjungti stiprias sroves bei aukštas įtampas. Dažniausiai ji elektros įtaisams įjungia trifazę maitinimo įtampą. Tada ji vadinama kontaktoriumi. Dažniausiai kontaktorius turi tris galingus ir vieną ar du silpnesnius valdymo kontaktus.

a)

b)

4.8 pav. Kontaktorius

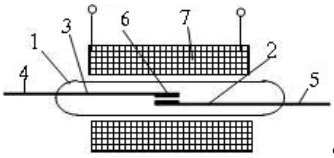


4.9 pav. Magnetinis įjungiklis

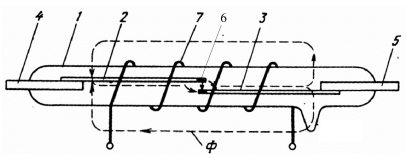
Galingos solenoidinės relės, turinčios apsaugą nuo perkrovų, vadinamos magnetiniais įjungikliais. Įjungiklis turi valdymo mygtukus įjungta/išjungta.

4.1.3. Beinkarinės relės

Viena iš beinkarinių relių yra liežuvėlinė relė. Ji dar vadinama herkonu, magnetiniu kontaktu, kontaktronu (4.10 pav.). Relę sudaro stiklinė kolba 1, feromagnetinės spyruoklės 2, 3, paauksuoti kontaktai 6, ritė 7 (vietoje ritės gali būti magnetas), išvadai 4, 5.



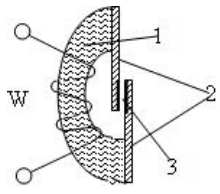
a)



b)

4.10 pav.Herkonas: a) konstrukcija, b) bendras vaizdas

Jei rite teka srovė, sukuriamas magnetinis srautas Φ, spyruoklės įsimagnetina ir sujungia kontaktus. Kai srovės nėra, spyruoklės atjungia kontaktus.



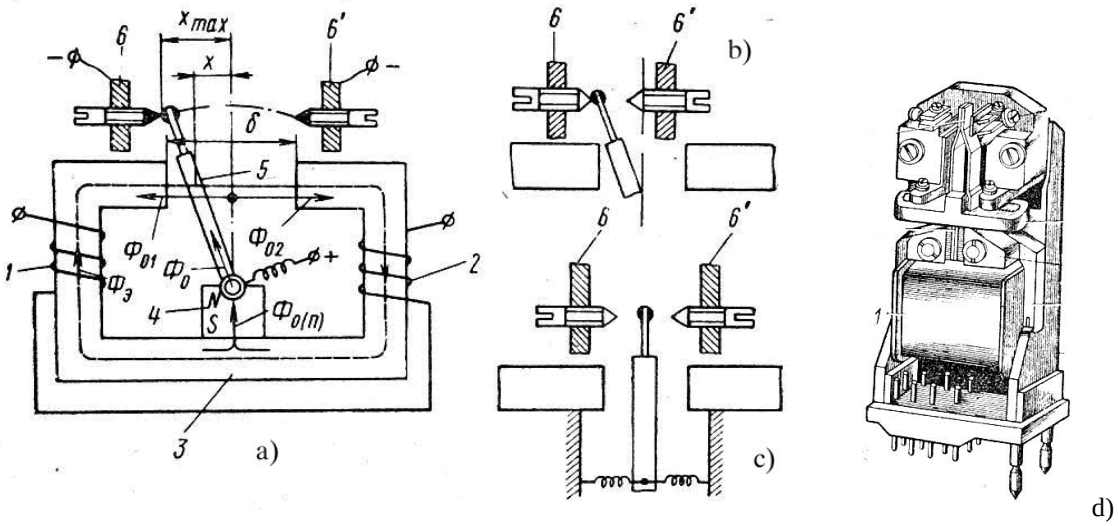
4.11 pav. Ferido konstrukcija

Kita beinkarinė relė yra feridas (4.11 pav.). Jį sudaro ferito šerdis 1, kontaktų spyruoklės 2, kontaktai 3. Kai apvija prateka trumpas srovės impulsas, šerdis įsimagnetina. Magnetinis srautas teka per spyruokles, atsiranda elektromagnetinė jėga ir kontaktai sujungiami. Kai srovė atjungiama, kontaktai lieka sujungti. Kontaktai atsijungs, jei per apviją pratekės kitos krypties srovės impulsas. Jis išmagnetins feritinę šerdį ir pradings elektromagnetinė jėga, o spyruoklės atjungs kontaktus. Srovė turi būti tinkamo dydžio. Jei ji per didelė, šerdis bus permagnetinta ir kontaktai liks sujungti.

4.1.4. Poliarizuota relė

Tai relė, kuri suveikia nuo srovės, tekančios tam tikra kryptimi. Šios relės magnetinėje grandinėje turi būti pastovus magnetas (NS). Dažniausiai relė turi tik vieną kontaktą. Pagal kontakto tipą poliarizuotos relės *(polarized relay)* skirstomos į reles:

- su neutraliu kontaktu;
- su pirmaujančiu kontaktu;
- su trijų padėčių kontaktu.



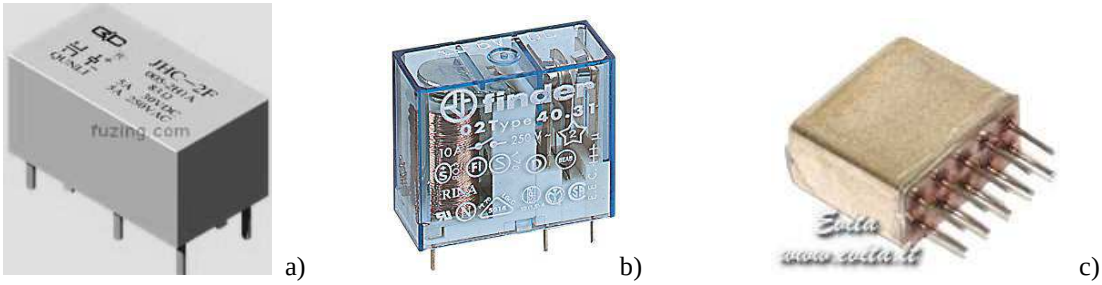
4.12 pav. Poliarizuotos relės konstrukcija: a) su neutraliu kontaktu, b) su pirmaujančiu kontaktu, c) su trijų padėčių kontaktu, d) bendras vaizdas. 1,2-ritės, 3-magnetolaidis, 4-pastovus magnetas, 5-inkaras, 6 ir 6ʹ - kontaktai

Atjungus ritėje srovę (4.12 pav., a), kontaktas lieka toje padėtyje, kurioje buvo esant srovei. Relėje su pirmaujančiu kontaktu (4.12 pav., b) atjungus srovę, kontaktas persijungia į pradinę padėtį. Trijų padėčių kontaktas (4.12 pav.,c) prie vienos krypties srovės persijungia į vieną padėtį, o prie kitos krypties – į kitą. Atjungus srovę kontaktas atsijungia ir užima neutralią padėtį. 4.12 pav., a pavaizduota poliarizuota relė turi reguliavimo varžtus (6 ir 6ʹ), kuriais galima keisti kontakto tipą iš neutralaus į pirmaujantį ir atvirkščiai.

Poliarizuotos relės veikimą rodo 4.12 pav., a. Pastovus magnetas sukuria magnetinį srautą, kuris dalijasi į dvi dalis Φ_{01} ir Φ_{02}. Ritė, tekant srovei, sukuria magnetinį srautą $\Phi_3 = \Phi_{01}$. Magnetiniai srautai Φ_{01} ir Φ_3 yra priešingi ir vienas kitą panaikina. Magnetiniai srautai Φ_{02} ir Φ_3 sumuojasi. Kairėje elektromagnetinė jėga pradingsta, o dešinėje padidėja ir inkaras pertraukiamas į dešinę.

Jei būtų prijungta kitos krypties srovė, tai magnetinis srautas Φ_3 pakeistų kryptį. Tada dešinėje pusėje magnetiniai srautai Φ_{02} ir Φ_3 būtų priešingi ir pasinaikintų, o kairėje Φ_{01} ir Φ_3 sumuotųsi. Elektromagnetinė jėga trauktų inkarą į kairę ir jis liktų vietoje.

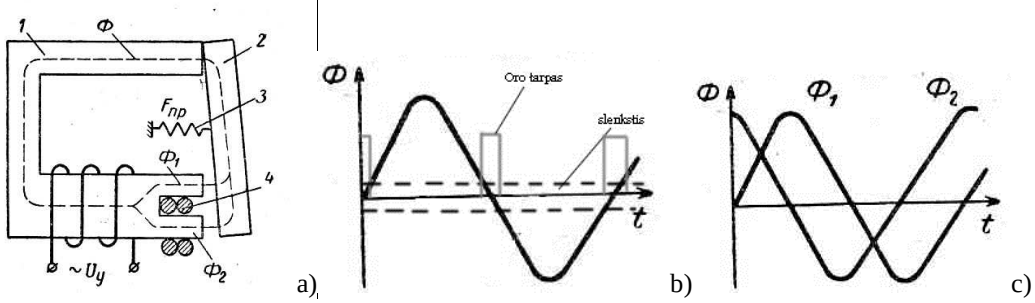
Poliarizuota relė yra jautresnė už vožtuvinio tipo relę. Jos kontaktas yra mažos galios ir jungiamas tik į valdymo grandines.



4.13 pav. Poliarizuotų relių pavyzdžiai

4.1.5. Kintamos srovės relė

Jei prie nuolatinės srovės relės prijungiama kintama įtampa, jos magnetinėje grandinėje teka kintamas magnetinis srautas, kuris kinta sinusiniu dėsniu. Todėl tais momentais, kai magnetinio srauto dydis artėja prie nulio, labai sumažėja elektromagnetinė jėga, traukianti inkarą. Inkaras atšoka ir kontaktai persijungia. Per vieną įtampos periodą inkaras atšoks du kartus (4.13 pav., b). Kontaktai vibruos, kibirkščiuos. Todėl kintamos relės konstrukcija skiriasi nuo nuolatinės srovės relės. Jos šerdies galas padalytas į dvi dalis ir turi užtrumpintą apviją 4 (4.13 pav., a). Dažniausiai tai varinė plokštelė (4.14 pav., a). Antras skirtumas, kad kintamos relės magnetolaidis ir inkaras daromi iš plokštelių. Ritės sukuriamas sinusinis magnetinis srautas Φ dalijasi į dvi dalis Φ_1 ir Φ_2 (4.13 pav., a). Antrasis magnetinis srautas atsilieka nuo pirmojo dėl užtrumpintos apvijos (4.13 pav., c). Dėl fazių skirtumo oro tarpe visą laiką veikia traukos jėga ir laiko inkarą pritrauktą.



4.13 pav. Kintamos srovės relė: a) konstrukcija, b,c) magnetinių srautų grafikai

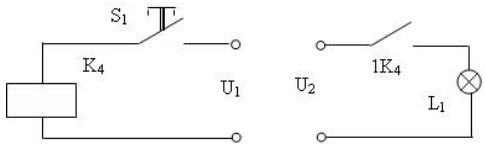
Dėl magnetinio srauto pasidalijimo kintamos srovės relės yra mažiau jautrios nei nuolatinės srovės. Kintamos srovės relės dažniausiai turi galingus kontaktus ir naudojamos elektros įtaisų maitinimo įjungimui.

4.14 pav. Kintamos srovės relės: a) relės elektromagnetas su užtrumpinta apvija, b) Schneider firmos relė, c)Omron firmos relė

4.2. RELINĖS SCHEMOS

4.2.1. Relinė schema be užsiblokavimo

Ši schema naudojama retai, kai mažos galios mygtuku (jungikliu) reikia valdyti didelės galios įtaisą. Į šią schemą galima žiūrėti kaip į srovės stiprintuvą.



4.15 pav. Relinė schema be užsiblokavimo

Pastaba: šiose schemose valdomas įtaisas žymimas kaip lemputė (L).

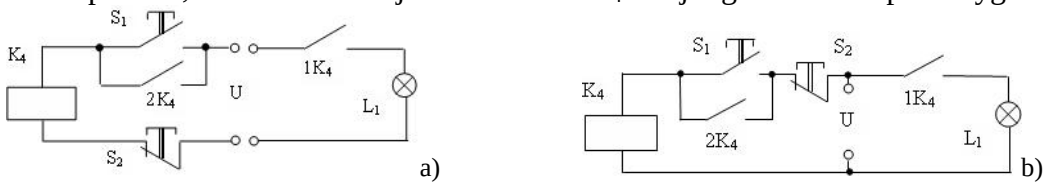
Nuspaudus mygtuką S_1, per relės apviją K_4 prateka srovė ir relė suveikia. Jos kontaktas $1K_4$ susijungia ir įjungia srovę per apkrovą L_1. Atjungus mygtuką, srovė per relės apviją nutrūksta ir relė atleidžia. Jos kontaktas $1K_4$ atsijungia ir srovė apkrovoje neteka.

Įtampos U_1 ir U_2 dažniausiai yra skirtingo dydžio. Viena iš jų gali būti nuolatinė, o kita – kintama. Jei relės apvija ir apkrova (L_1) maitinamos vienoda įtampa, tai abi schemos dalis galima sujungti ir maitinti viena įtampa.

Šioje schemoje srovė teka per apkrovą, kol laikomas nuspaustas valdymo mygtukas.

4.2.2. Schema su užsiblokavimu

Tai dažniausiai naudojama relinė schema. Ji įjungia arba išjungia elektros įrengimų maitinimą. Schemoje yra du valdymo mygtukai: S_1 – įjungimo ir S_2 – išjungimo. Kontaktas $2K_4$ (antras relės K_4 kontaktas) yra vadinamas užsiblokavimo kontaktu. Kol mygtukas S_1 laikomas nuspaustas, relė suveikia ir jos kontaktas $2K_4$ susijungia ir užtrumpina mygtuką S_1.



4.16 pav. Relinė schema su užsiblokavimu

Po to mygtuką galima atleisti ir relė liks suveikusi. Kitas relės kontaktas $1K_4$ įjungia srovę per apkrovą L_1. Norint atjungti apkrovą, reikia nuspausti atjungimo mygtuką S_2. Tada relės apvijoje srovė pradings. Relė atleidžia ir atjungia kontaktus. Kai atsijungia blokuojantis kontaktas $2K_4$, galima atleisti atjungimo mygtuką S_2.

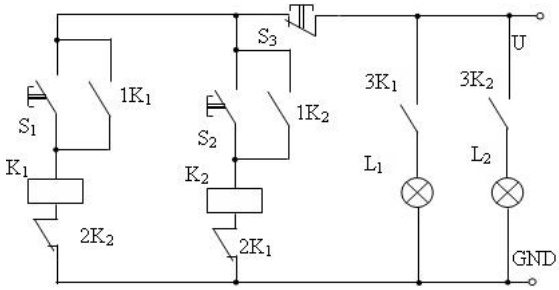
Pastaba. Šioje schemoje apkrovos ir relės apvijos įtampos vienodos, todėl naudojama viena maitinimo įtampa U.

Schemoje, kuri parodyta 4.16 pav., b išjungimo mygtukas perkeltas šalia įjungimo mygtuko. Schemos veikimas nesikeičia, tačiau ją montuojant sutaupomas vienas laidas.

4.2.3. Schema su tarpusavio blokavimu

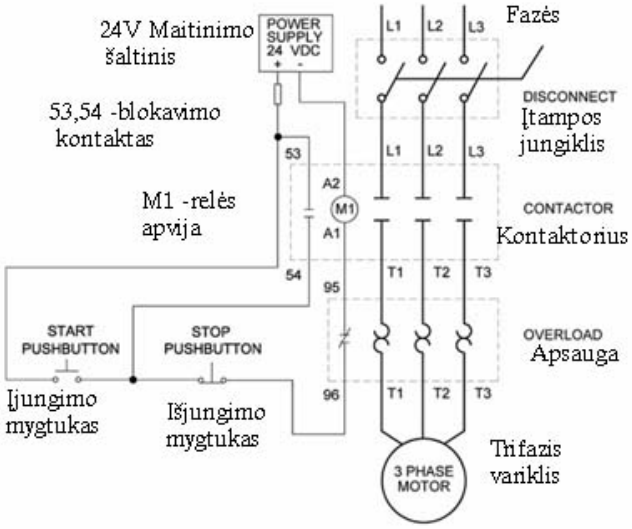
Ji dar vadinama reversine schema (4.17 pav.). Tokia schema naudojama elektros varikliams valdyti. Jos ypatumas – jei suveikė viena relė, tai kita negali suveikti. Kontaktai $2K_1$ ir $2K_2$ vadinami tarpusavio blokavimo kontaktais. Schemą sudaro dvi vienodos dalys. Tai dvi 4.16 pav. parodytos schemos su užsiblokavimu. Jos turi bendrą atjungimo mygtuką S_3. Jei suveikia relė K_1, tai jos kontaktas $2K_1$ atsijungia ir neleidžia įjungti antros relės K_2. Norint įjungti K_2 relę, reikia mygtuku S_3 išjungti įjungtą K_1 relę ir po to atitinkamu įjungimo mygtuku S_2 įjungti K_2 relę. Gali būti ir du atjungimo mygtukai, kurie atjungs kiekvieną relę

atskirai.



4.17 pav. Relinė schema su tarpusavio blokavimu (reversinė)

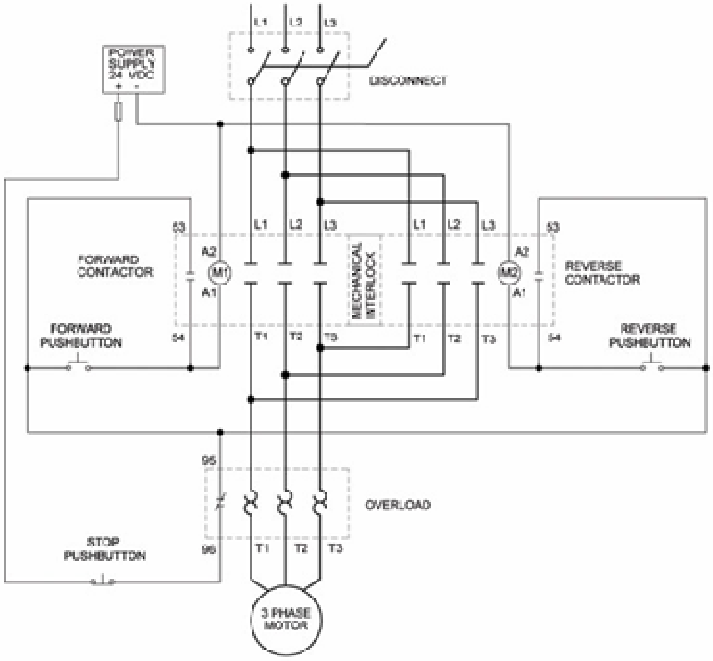
4.2.4. Trifazio variklio valdymo relinės schemos



4.18 pav. Trifazio variklio nereversinė valdymo schema

Nereversinė variklio valdymo schema parodyta 4.18 pav. Joje valdymo grandinė maitinama 24 V įtampa. Fazinė įtampa įjungiama įtampos jungikliu. Nuspaudus įjungimo mygtuką, srovė prateka per relės arba kontaktoriaus (4.8 pav.) apviją M 1. Relė suveikia, susijungia jos užsiblokavimo kontaktas 53, 54 ir blokuoja įjungimo mygtuką. Jį dabar galima atleisti. Kiti kontaktai T 1, T 2, T 3 per apsaugos relę prijungia trifazę įtampą prie variklio apvijų. Variklis pradeda suktis. Kai nuspaudžiamas išjungimo mygtukas, per relės apviją M1 nutrūksta srovė. Relė atleidžia ir atsijungia blokavimo kontaktas 53, 54. Dabar galima atleisti išjungimo mygtuką. Kontaktai T 1, T 2, T 3 atjungia įtampą nuo variklio apvijų. Jei variklis per daug apkraunamas arba pradingsta viena įtampos fazė, apsaugos relė atjungia savo kontaktą 95, 96. Kontaktas veikia taip pat kaip išjungimo mygtukas.

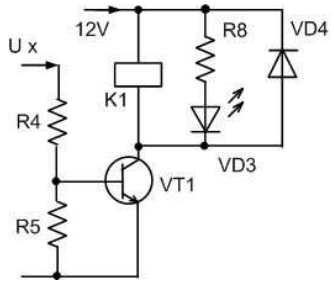
4.19 pav. parodyta reversinė trifazio variklio valdymo schema. Joje yra dvi relės ir du įjungimo mygtukai: pirmyn ir atgal. Variklį išjungia išjungimo mygtukas. Šios schemos veikimas analogiškas nereversinei schemai. Jos trūkumas – nėra tarpusavio blokavimo kontaktų. Vienu metu nuspaudus abu įjungimo mygtukus arba, sukantis varikliui nuspaudus kitos krypties įjungimo mygtuką, įvyks trumpas sujungimas.



4.19 pav. Reversinė trifazio variklio valdymo schema

4.3. ELEKTRONINĖS RELĖS

Elektroninė relė – tai elektroninis stiprintuvas, kurio išėjime įjungta elektromagnetinė relė. Ji valdoma nuolatinės įtampos signalu. Elektroninės relės privalumas – didelis jautrumas, kurį galima lengvai keisti, keičiant stiprintuvo stiprinimo koeficientą. Relės schema parodyta 4.20 pav.



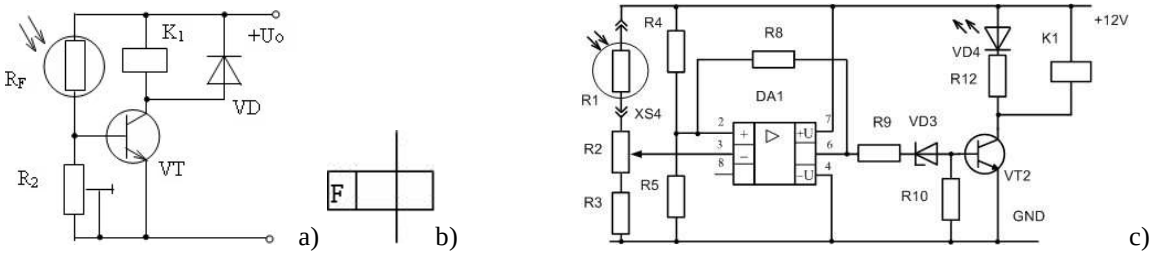
4.20 pav. Elektroninės relė schema

Rezistoriai R4, R5 parinkti taip, kad tranzistorius būtų uždarytas ir relė nesuveikusi, kai nėra valdymo signalo U_x. Atsiradus signalui + U_x, srovė prateka per rezistorių R4 ir tranzistoriaus VT1 bazę. Tranzistorius atsidaro. Srovė teka per jo kolektorių ir elektromagnetinės relės apviją K1. Relė suveikia. Atjungus valdymo signalą tranzistorius užsidaro, per relės apviją nutrūksta srovė ir relė atleidžia. Diodas VD4 apsaugo tranzistorių nuo pramušimo tuo metu, kai jis užsidaro. Diodas užtrumpina relės apvijoje atsiradusią saviindukcijos evj. Spinduolis VD3 indikuoja relės suveikimą. Kai relė suveikia, jis pradeda šviesti. Rezistorius R5 sumažina aplinkos temperatūros įtaką ir uždaro tranzistorių, kai nėra valdymo signalo.

Jei reikia didesnio jautrumo, vietoje tranzistoriaus naudojamas operacinis stiprintuvas. Į elektroninės relės schemą įjungus jutiklį ar kondensatorių, ji tampa specialios paskirties rele. Dažniausiai naudojamos foto relės, termo relės, laiko relės, garso relės ir kitos elektroninės relės.

4.3.1. Elektroninė foto relė

Tai elektroninė relė, kuri suveikia pasikeitus apšvietimui. Foto relės gali būti tiesioginio veikimo (suveikia apšvietus), atvirkštinio veikimo (suveikia užtamsinus), diferencialinės (suveikia, kai apšvietimas dviejuose taškuose skirtingas). Tiesioginio veikimo fotorelės elektros schema parodyta 4.21 pav., a.



4.21 pav. Tranzistorinė foto relė: a) schema, b) žymėjimas schemose, c) schema su operaciniu stiprintuvu

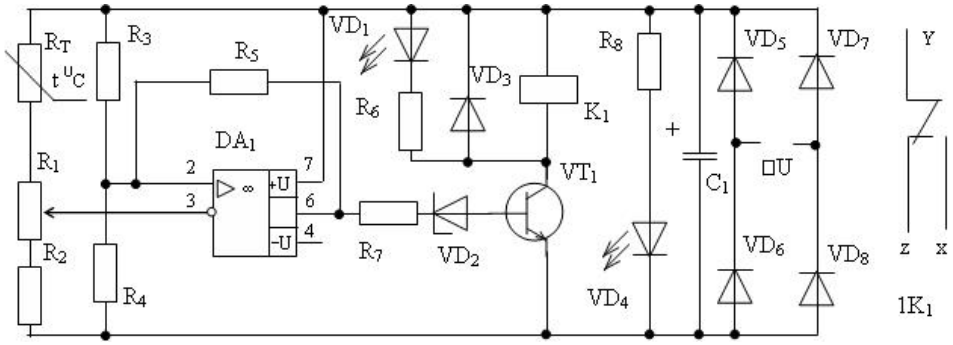
Kai fotorezistorius apšviestas, srovė teka tranzistoriaus baze. Tranzistorius atsidaro. Srovė teka per jo kolektorių ir elektromagnetinės relės apviją K_1 ir relė suveikia. Užtamsinus fotorezistorių jo varža padidėja, bazės srovė sumažėja, tranzistorius užsidaro ir relė atleidžia.

Foto relė su operaciniu stiprintuvu yra jautresnė. Joje fotorezistorius įjungiamas į tiltelio schemą. Čia R_1 – jutiklis (fotorezistorius), $R_2 \div R_5$ – įėjimo mazgas (tiltelio schema), DA_1 – operacinis stiprintuvas, VD_3, VD_4, VT_2, K_1 – elektroninė relė. Keičiantis jutiklio apšvietimui, kinta fotorezistoriaus varža ir įtampa ant potenciometro R_2 šliaužiklio ir tuo

pačiu lusto DA1 įėjime 3. Įtampa įėjime 2 yra pastovi ir jos reikšmė priklauso nuo rezistorių R_4, R_5. Kai šios įtampos susilygina, lusto išvade 6 įtampa padidėja. Pramušamas stabilitronas VD_3 ir per tranzistoriaus VT_2 bazę pradeda tekėti srovė. Tranzistorius atsidaro. Jo kolektoriaus srovė teka per relės K_1 apviją. Relė suveikia ir perjungia kontaktus.

4.3.2. Elektroninė termo relė

Tai elektroninė relė, kurios kontaktai persijungia, kai kontroliuojama temperatūra pasiekia nustatytą reikšmę. Jos elektros principinė schema parodyta 4.22 pav.



4.22 pav. Elektroninės termo relės elektros principinė schema

Šioje schemoje R_T – jutiklis (termistorius), $R_1 \div R_4$ – įėjimo mazgas (tiltelio schema), DA_1 – stiprintuvas, VD_3, VD_2, VT_1, K_1 – elektroninė relė, $VD_5 \div VD_8$, C_1 –maitinimo mazgas, VD_1, VD_4 – indikacija, R_6, R_8 – srovę ribojantys rezistoriai.

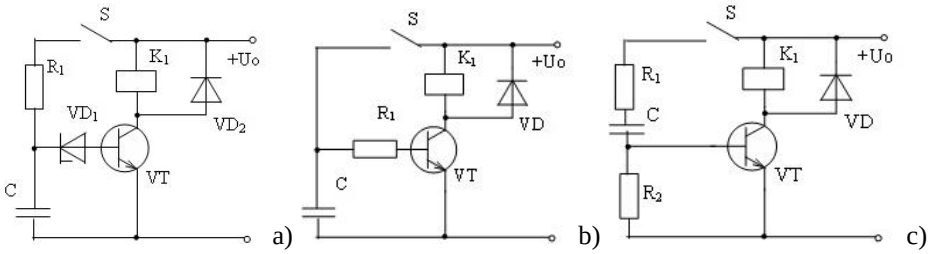
Prijungus maitinimą, pradeda šviesti spinduolis VD_4. Derinimo potenciometru R_1 stiprintuvo DA_1 išvade 3 nustatoma įtampa, žemesnė nei išvade 2. Tada stiprintuvo išvade 6 atsiranda didelė įtampa, kuri pramuša stabilitroną VD_2 ir per tranzistoriaus VT_1 bazę pradeda tekėti srovė. Tranzistorius atsidaro. Jo kolektoriaus srovė teka per relės K_1 apviją. Relė suveikia. Tuo pat metu pradeda šviesti spinduolis VD_1. Didėjant temperatūrai, keičiasi (mažėja) termorezistoriaus varža ir didėja įtampa ant potenciometro R_1 šliaužiklio ir stiprintuvo DA_1 išvade 3. Įtampa išvade 2 yra pastovi. Kai išvado 3 įtampa susilygina su išvado 2 įtampa, sumažėja įtampa stiprintuvo išvade 6. Stabilitronas užsidaro ir uždaro tranzistorių. Relė atleidžia, o spinduolis VD_1 užgęsta.

Šiose schemose panaudotas stabilitronas suteikia relei stabilumą. Jis sumažina klaidingo suveikimo galimybę. Diodas VD_3 apsaugo tranzistorių VT_1 nuo pramušimo. Kai tranzistorius užsidaro, relės apvijoje indukuojasi saviindukcijos evj, kuri sumuojasi su maitinimo įtampa ir kartu veikia uždarytą tranzistorių. Evj dydis priklauso nuo relės apvijos vijų skaičiaus ir gali būti net kelis kartus didesnis už maitinimo įtampą. Diodas užtrumpina šią evj ir ji neviršija 2 V. Tai tiesioginė diodo įtampa.

Maitinimo įtampa prijungiama per tiltelio schemą $VD_5 \div VD_8$. Tai suteikia galimybę nekreipti dėmesio į prijungiamos įtampos poliarumą, bei maitinimui naudoti tiek nuolatinę, tiek kintamą įtampą.

4.3.3. Elektroninė laiko relė

Elektroninės laiko relės kontaktai persijungia praėjus tam tikram laikui po valdymo signalo atsiradimo. Jos gali būti vėluojančios suveikti, vėluojančios atleisti, suveikiančios tam tikram laikui.



4.23 pav. Elektroninės laiko relės: a) vėluojanti suveikti, b) vėluojanti atleisti, c) suveikianti ir po kurio laiko atleidžianti

Vėluojančioje suveikti relėje po kontakto S sujungimo lėtai įkraunamas kondensatorius C. Įtampa jame didėja. Prie tam tikros įtampos pramušamas stabilitronas, atsidaro tranzistorius ir relė suveikia. Vėlavimo laikas priklauso nuo kondensatoriaus įkrovimo laiko.

Vėluojančioje atleisti relėje po kontakto S sujungimo greitai įkraunamas kondensatorius C. Tranzistorius VT atsidaro ir relė suveikia nevėluodama. Atjungus kontaktą S, kondensatorius išsikrauna per rezistorių R_1 ir laiko tranzistorių atidarytą. Laiko pastovioji yra apskaičiuojama pagal formulę $\tau = R_1C$. Kai kondensatorius išsikrauna, tranzistorius užsidaro, relė atleidžia.

4.23 pav., c parodytoje schemoje sujungus kontaktą S per rezistorių R_1 ir tranzistoriaus bazę pradeda įsikrauti kondensatorius C. Įsikrovimo srovė atidaro tranzistorių ir relė suveikia. Kai kondensatorius įsikrauna, srovė per jį sumažėja ir tranzistorius užsidaro. Relė atleidžia. Suveikimo laikas priklauso nuo R_1 ir C dydžio.

Elektroninės laiko relės dažniausiai naudojamos, kai nereikalaujama didelio tikslumo ir vėlavimo laikas nedidelis (iki 1 min.). Keičiantis aplinkos temperatūrai, kinta tranzistoriaus parametrai ir vėlavimo laikas.

Žymėjimai elektros schemose:

laiko relės apvija;

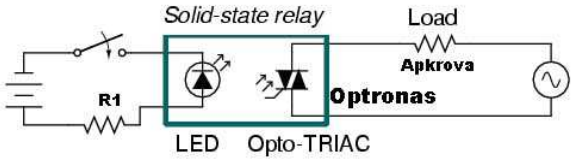
vėluojantis susijungti kontaktas;

vėluojantis atsijungti kontaktas;

vėluojantis susijungti ir atsijungti kontaktas.

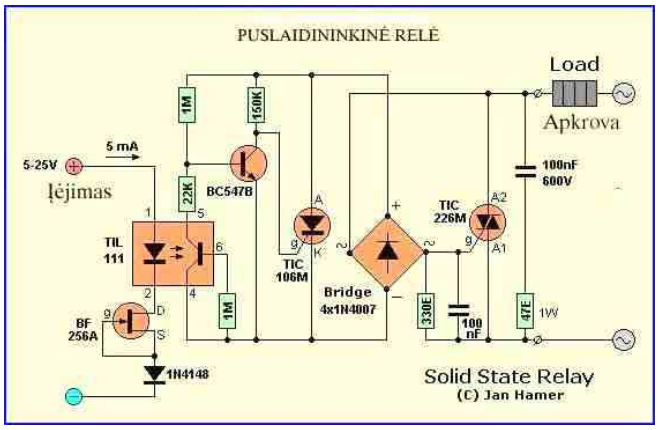
4.3.4. Puslaidininkinės relės

Tai relės, kuriose kontaktus pakeičia tranzistoriai arba simistoriai (triakai). Paprasčiausios relės schema parodyta 4.24 pav. Ją sudaro spinduolis ir opto simistorius. Kai per spinduolį srovė neteka, simistorius taip pat srovės nepraleidžia. Sujungus jungiklį spinduolis pradeda šviesti ir simistorius atsidaro. Per apkrovą teka srovė. Rezistorius R1 riboja srovę per spinduolį. Nuolatinė valdymo įtampa būna nuo 3 V iki 24 V. Relė komutuoja kintamą įtampą nuo 24 V iki 240 V.



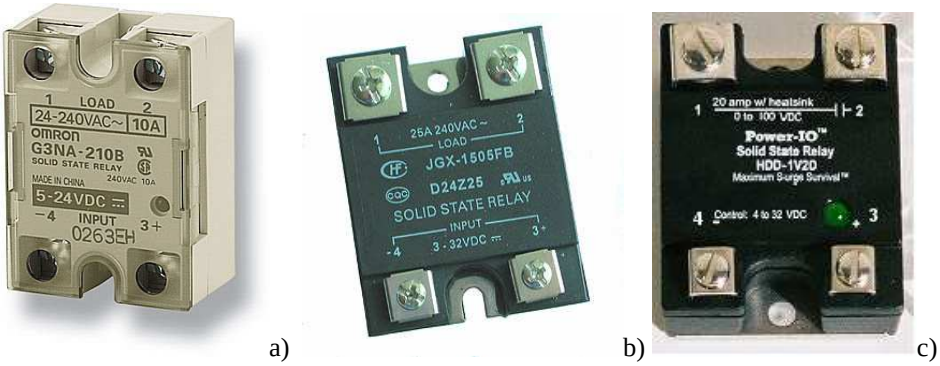
4.24 pav. Puslaidininkinės relės įjungimo schema

Dažniausiai puslaidininkinių relių (*Solid State Relay*) schemos yra gana sudėtingos. 4.25 pav. parodyta vienos iš tokių relių schema. Joje, nepriklausomai nuo įėjimo įtampos, lauko tranzistorius BF256A palaiko pastovią 5 mA srovę per spinduolį. Optrono TIL 111 fototranzistorius formuoja valdymo signalą. Kitas tranzistorius BC547B signalą stiprina ir invertuoja. Sustiprintas signalas valdo tarpinį mažos galios tiristorių. Jam atsidarius, atsidaro galios simistorius TIC226M ir srovė teka per apkrovą.



4.25 pav. Puslaidininkinės relės elektros principinė schema

Puslaidininkinės relės turi 4 išvadus. Prie išvadų 1, 2 jungiama apkrova ir kintamos srovės maitinimo įtampa. Prie valdymo išvadų 3, 4 jungiama nuolatinė įtampa, kurios dydis nurodomas ant relės ir gali būti nuo 3 V iki 32 V. Puslaidininkinės relės parodytos 4.26 pav.



a) b) c)

4.26 pav. Puslaidininkinių relių pavyzdžiai: a ir b) simistorinės, c) tranzistorinė

Puslaidininkinių relių privalumai: didesnė greitaveika, ilgesnis darbo laikas, nes nėra judančių dalių, nekibirkščiuoja, netriukšmingos, mažesnės nei elektromechaninės relės.

4.4. RELĖS. KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Vožtuvinės, solenoidinės, liežuvėlinės, herkono, ferido, beinkarinės relės konstrukcija, veikimas.
2. Poliarizuotos relės konstrukcija, veikimas, rūšys. Kaip jos skirstomos.
3. Relių kontaktai. Poliarizuotų relių kontaktų rūšys.
4. Kokiais signalais valdoma herkoninė ir feridinė relės?
5. Kintamos srovės relė. Trumpai jungtos apvijos paskirtis.
6. Šiluminės relės konstrukcija, veikimas.
7. Elektroninės relės schema, veikimas.
8. Elektroninės laiko relės schema, veikimas.
9. Elektroninės foto relės schema, veikimas.
10. Elektroninės termorelės schema, veikimas.
11. Kokią funkciją atlieka diodai VD5-VD8 4.22 pav. parodytoje schemoje.
12. Kur 4.21 pav. parodytoje schemoje įėjimas ir kur išėjimas?
13. Puslaidininkinės relės sandara.
14. Tipinės relių įjungimo schemos: jungiklio, su užsiblokavimu, valdymo iš dviejų vietų, tarpusavio blokavimo schema (reversinė).
15. Lemputės įjungimas ir išjungimas iš kelių vietų.
16. Trifazio variklio valdymo relinė schema.

UŽDUOTYS

1. Nubraižykite 220 V lemputės valdymo schemą su puslaidininkine rele.
2. Nubraižykite relinę schemą. Sąlyga: laiptus į antrą aukštą apšviečia lemputė, kurią galima įjungti ar išjungti laiptų apačioje ir viršuje.
3. Paaiškinkite, kaip be prietaisų nustatysite elektroninės relės 4.20 pav. gedimą. Ar blogas tranzistorius, ar relės apvija? Kuo skirsis gedimo požymis, jei tranzistorius pramuštas ar sudegęs?
4. Nubraižykite diferencialinės foto relės elektros principinę schemą. Sąlyga: kai du taškai vienodai apšviesti ar užtamsinti, relė nesuveikia. Kai vienas taškas apšviestas, o kitas užtamsintas, suveikia relė ir įjungia lemputę.
5. Paaiškinkite kokią funkciją atlieka diodas VD4 4.22 pav. parodytoje schemoje.
6. Nubraižykite 4.20 pav. parodytoje schemoje trijų srovių kelius.
7. Nubraižykite atvirkštinės foto relės schemą.
8. Nubraižykite relinę schemą. Sąlyga: spustelėjus mygtuką M1 gęsta lemputė L1, spustelėjus mygtuką M2 šviečia lemputė L2, spustelėjus mygtuką M3 šviečia lemputė L3, spustelėjus mygtuką M4 šviečia lemputė L1, spustelėjus mygtuką M5 užgęsta lemputės L2 ir L3 (jei švietė).
9. Nubraižykite relinę schemą. Sąlyga: spustelėjus mygtuką M1 gęsta lemputė L1 ir šviečia L2, spustelėjus mygtuką M2 šviečia lemputė L1 ir gęsta L2. ***Relė turi tik vieną kontaktą***.

5. ELEKTROS VARIKLIAI

Tikslai:

- paaiškinti elektromagnetinių elektros variklių konstrukciją ir veikimo principą;
- sudaryti ir paaiškinti elektros variklių valdymo schemas.

Šiame skyriuje paaiškinama elektros variklių klasifikacija. Nagrinėjama dažniausiai naudojamų elektros variklių konstrukcija bei paaiškinami veikimo principai. Pateikiamos dažniausiai naudojamos elektros variklių valdymo schemos ir paaiškinamas jų veikimas.

Literatūra

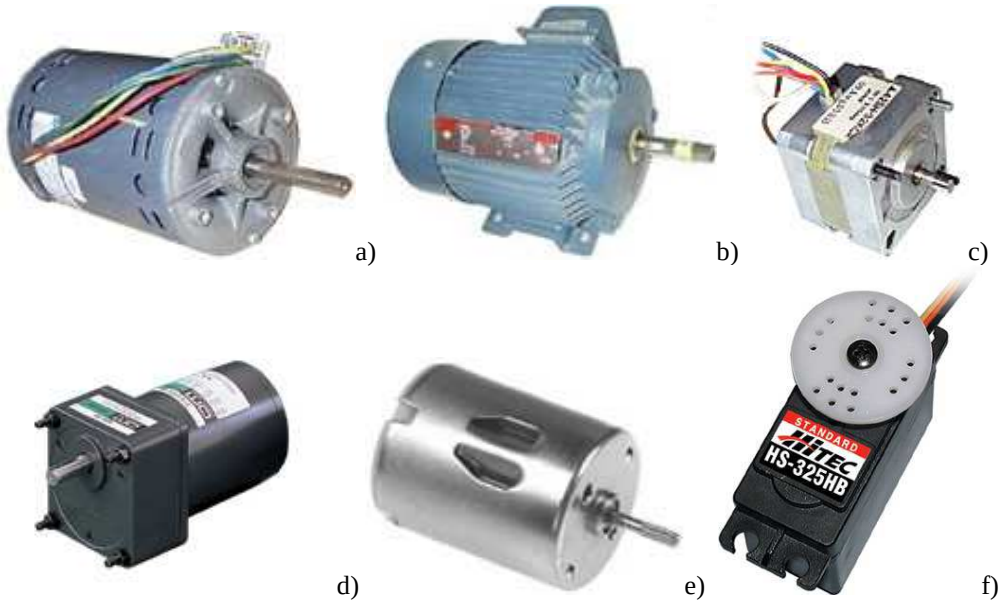
- SMILGEVIČIUS, Algirdas. *Automatikos mikromašinos*. Vilnius: Technika, 2005. 344p. ISBN 9986-05-846-5.
- BAKŠYS, Bronius; MEDEKŠA, Henrikas. *Mašinų gamybos automatizavimas*. Vilnius: Mokslas, 1988. ISBN 5420001500.

Variklis yra vienas iš pagrindinių elektros vykdymo įtaisų (vykdiklių). Šie įtaisai keičia elektros srovės energiją mechanine energija. Į juos patenka valdymo signalas. Variklio išėjime gaunamas linijinis arba kampinis poslinkis, kuris mechaniškai paveikia automatizacijos objektą. Vykdymo įrenginiai su varikliais naudojami, kai reikia didelės galios ir daug tarpinių reguliuojamo objekto padėčių. Dažniausiai vykdymo įrenginį sudaro variklis su reduktoriumi, kuris keičia galią ir judesio greitį.

Nuolatinės srovės elektros variklio veikimas pagrįstas Ampero jėgos panaudojimu. Ši jėga veikia laidininką su srove, esantį magnetiniame lauke. Kintamos srovės elektros variklio veikimas grindžiamas erdvėje besisukančio magnetinio lauko ir rotoriaus laidininkuose indukuotos srovės sąveika. Judančioji elektros variklio dalis vadinama rotoriumi, o nejudančioji – statoriumi.

Automatikoje naudojami:

- nuolatinės srovės varikliai;
- kintamos srovės varikliai;
- varikliai su elektroniniu komutatoriumi.

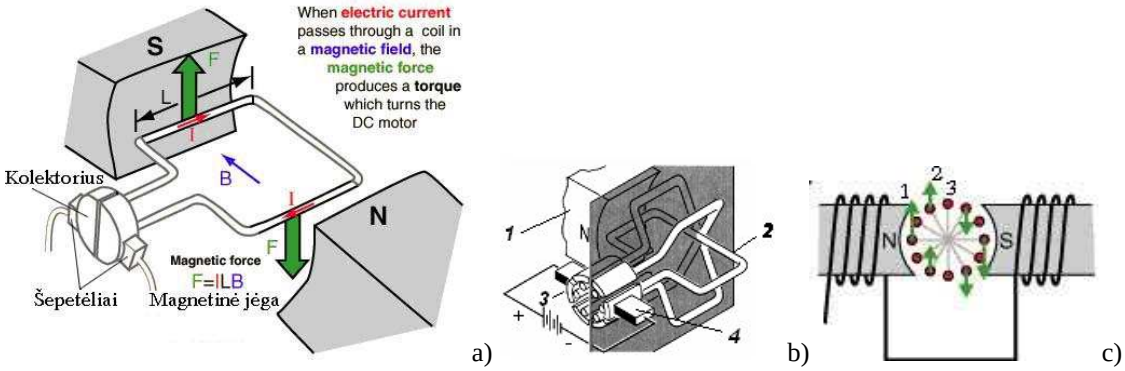


a) b) c) d) e) f)

5.1 pav. Elektros varikliai: a) nuolatinės srovės, b) kintamos srovės asinchroninis, c) žingsninis, d) su padėties jutikliais, reduktorinis, e) nuolatinės srovės su pastoviais magnetais, f) servo mechanizmas

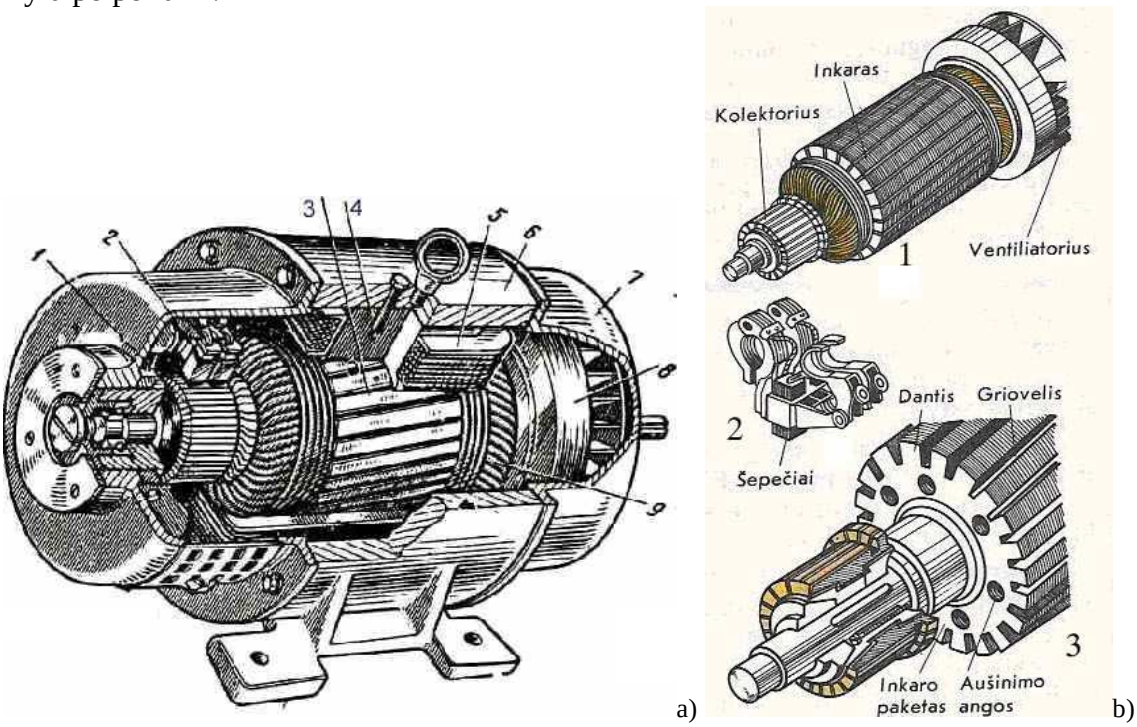
5.1. NUOLATINĖS SROVĖS VARIKLIAI

Šių variklių veikimo principas grindžiamas dėsniu, pagal kurį magnetinis laukas stengiasi išstumti laidininką su srove (5.1 pav., a). Taip atsiranda sūkio momentas. Jėgos kryptis nustatoma pagal kairiosios rankos taisyklę. Jei kairės rankos delną orientuosime taip, kad magnetinių jėgų linijos kirstų delną, o ištiesti pirštai rodytų srovės tekėjimo laidininke kryptį, tai atlenktas nykštys rodys jėgos kryptį.



5.1 pav. Nuolatinės srovės variklio veikimo principas: a) vienas rėmelis, b) keli rėmeliai, c) jėgų kryptys

Ties magneto viduriu jėga yra didžiausia, o rėmeliui pasisukus 90 laipsnių kampu, jėga dingsta. 5.1 pav., c pirmame rėmelyje jėga didžiausia, o trečiame – nulinė. Rėmeliui pasiekus magneto vidurį, rotorius sukasi toliau iš inercijos. Šepetėliai persijungia prie kitų kolektoriaus plokštelių, pasikeičia srovės kryptis rėmelyje ir vėl atsiranda jėga. Jėgos dydžio pulsavimas mažinamas didinant rėmelių kiekį. 5.1 pav., b parodyti trys rėmeliai, kurių galai prijungti prie šešių kolektoriaus plokštelių. Kolektoriaus paskirtis – nukreipti srovę į tą apviją, kuri yra po poliumi.



5.2 pav. Nuolatinės srovės variklio sandara

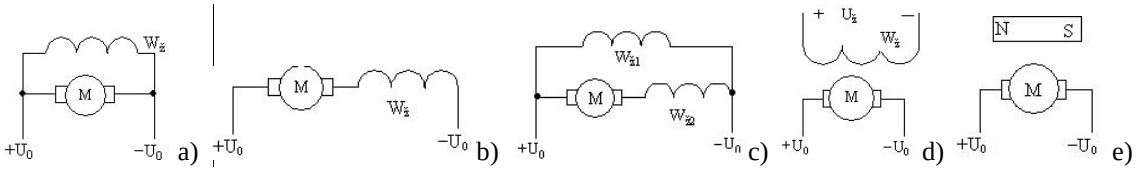
Nuolatinės srovės variklį (5.2 pav., a) sudaro statorius ir rotorius (dalis, kuri sukasi). Statoriuje yra magnetolaidis 6 ir poliai 4. Mažiausias polių kiekis yra du (viena pora). Poliai

gali būti pastovūs magnetai arba elektromagnetai. Polių apvija 5 vadinama žadinimo apvija. Dar variklyje yra pagalbiniai komponentai: ventiliatorius 8 ir gaubtas su guoliais 7.

Rotorių (5.2 pav.,b), kuris dar vadinamas inkaru, sudaro feromagnetinė šerdis su grioveliais. Grioveliuose yra apvijos, kurios vadinamos inkaro apvija. Apvijų galai prijungti prie kolektoriaus. Kolektorių sudaro tarpusavyje izoliuotos varinės plokštelės. Prie kolektoriaus liečiasi šepetėliai 2 . Per juos į rotoriaus apviją patenka srovė.

Pagal inkaro ir žadinimo apvijų sujungimą varikliai skirstomi:

- lygiagretaus žadinimo (5.3 pav., a);
- nuoseklaus žadinimo (5.3 pav., b);
- mišraus žadinimo (5.3 pav., c);
- nepriklausomo žadinimo (5.3 pav., d);
- su pastoviais magnetais (5.3 pav., e).



5.3 pav. Nuolatinės srovės variklių schemos: a) lygiagretaus žadinimo, b) nuoseklaus žadinimo, c) mišraus žadinimo, d) nepriklausomo žadinimo, e) su pastoviu magnetu

Nuolatinės srovės variklio sūkių dažnis n priklauso nuo maitinimo įtampos U_0, inkaro varžos r**,** magnetinio srauto dydžio Φ.

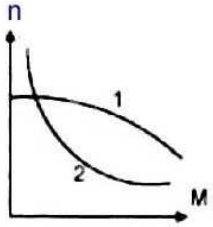
$$n = \frac{U_0 - I_i \times r}{C_e \times \Phi}; \qquad (5.1)$$

čia I_i -inkaro srovė.

$$C_e = \frac{pN}{2\pi a}; \qquad (5.2)$$

čia N – apvijos laidų kiekis, a – inkaro apvijos lygiagrečių šakų kiekis, p – polių porų kiekis.

Variklio mechaninė charakteristika (sūkių dažnio priklausomybė nuo sūkio momento) pavaizduota 5.4 pav. Esant lygiagrečiam žadinimui yra pirma charakteristika, o nuosekliam – antra.



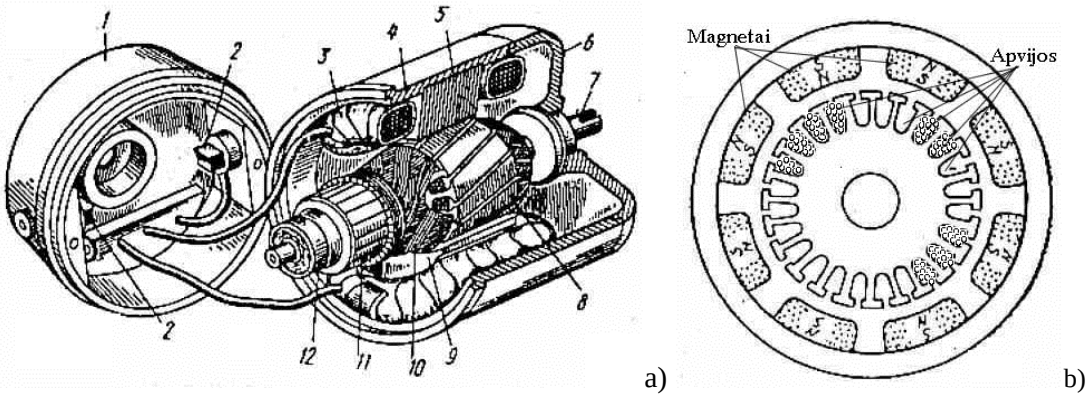
5.4 pav. Mechaninė charakteristika

Įjungimo metu, kol rotorius nesisuka, jo apvijoje teka stipri srovė. Ji gali būti 10 – 20 kartų didesnė už darbinę srovę. Pradėjus rotoriui suktis, jo apvijoje indukuojama evj, kuri kompensuoja dalį prijungtos įtampos. Todėl srovė mažėja. Kuo greičiau sukasi rotorius, tuo mažesnė srovė. Galinguose varikliuose įjungimo metu su inkaro apvija nuosekliai įjungiamas reostatas. Įjungimo metu reostato varža didelė. Didėjant sūkių dažniui varža mažinama iki nulio.

Rotoriaus apvijų galai gali būti pažymėti raidėmis Я1, Я. Lygiagretaus žadinimo apvijų galai – Ш1, Ш2 . Nepriklausomo žadinimo variklio apvijų galai – М1, М2.

5.1.1. Nuolatinės srovės vykdymo varikliai

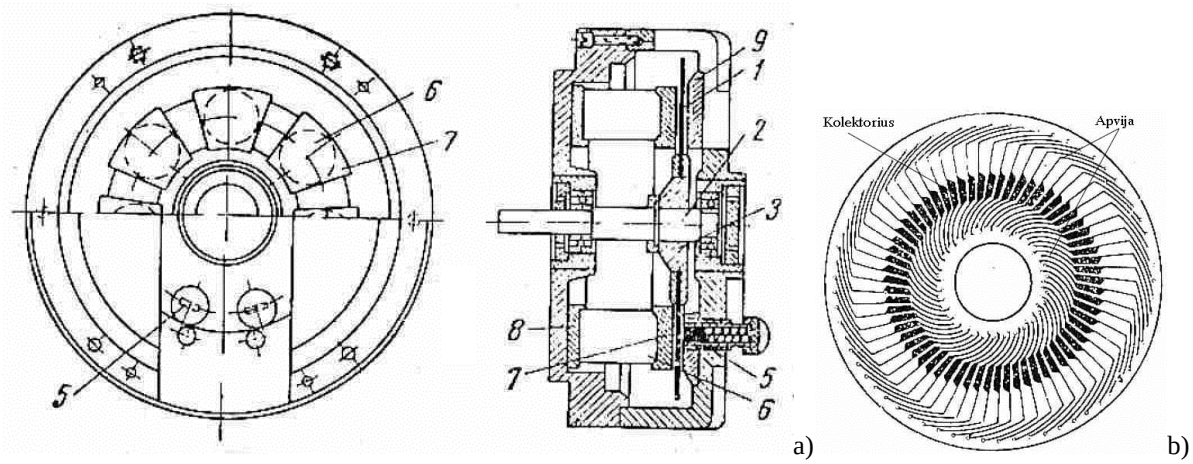
Šie varikliai dirba trumpalaikiu režimu. Darbo metu dažnai keičiama sūkių kryptis bei sūkių dažnis. Vienas iš svarbių variklio parametrų – greitaveika. Variklio konstrukcija pavaizduota 5.5 pav., a. Jį sudaro: korpusas 4, statoriaus magnetolaidis 5, polius 9, poliaus apvija 3, inkaro magnetolaidis 8, inkaro apvija 10, kolektorius 11, šepetėliai 2, velenas 7, priekinis ir galinis dangteliai 1, 6, guoliai 12. Automatikoje plačiai naudojami varikliai su pastoviais magnetais (5.5 pav., b). Pastovūs magnetai įtaisomi statoriuje. Toks variklis turi tik rotoriaus apviją, kolektorių ir šepetėlius.



5.5 pav. Nuolatinės srovės vykdymo variklis

5.1.2. Mažos inercijos nuolatinės srovės varikliai

Pastaruoju metu paplito mažos inercijos varikliai. Jie naudojami videomagnetofonuose, kompiuterinėje technikoje. Galimi du jų tipai: su cilindriniu ir diskiniu rotoriumi. Varikliai su diskiniu rotoriumi dar vadinami plokščiaisiais. Jų rotorius daromas iš dielektriko. Rotoriaus apvija gaminama spausdintiniu būdu. Variklio su diskiniu rotoriumi konstrukcija pavaizduota 5.6 pav. Variklį sudaro diskinis rotorius 1 (tamsesnės vietos – kolektorius), šepetėliai 5, pastovūs magnetai 6, poliai 7, feromagnetiniai diskai 8, 9, velenas 2, įvorė 3.



5.6 pav. Plokščiasis variklis: a) variklio konstrukcija, b) rotorius

5.2. KINTAMOS SROVĖS VARIKLIAI

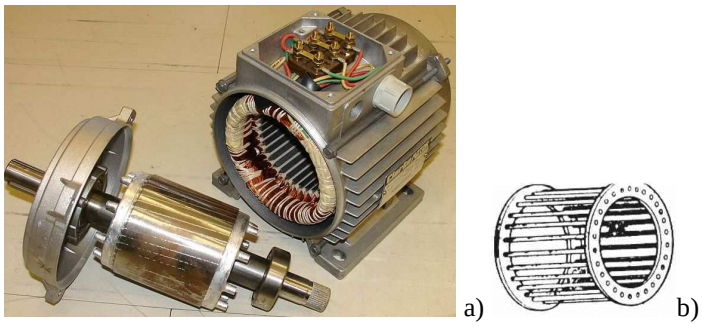
Kintamosios srovės variklių veikimas grindžiamas erdvėje besisukančio magnetinio lauko ir joje patalpinto rotoriaus laidininkuose indukuotos srovės sąveika, verčiančia rotorių suktis lauko kryptimi. Automatikoje naudojami trifaziai ir vienfaziai asinchroniniai ir sinchroniniai elektros varikliai. Trifaziai varikliai naudojami tais atvejais, kai variklis dirba ilgalaikiu režimu ir sūkių dažnis nesikeičia. Kai variklį reikia dažnai įjungti ir išjungti bei keisti sūkių kryptį, naudojami nedidelės galios (iki 100 W) vienfaziai vykdymo varikliai.

5.7 pav. Kintamos srovės varikliai

5.2.1. Asinchroninis variklis

Tai kintamos srovės variklis. Jo sūkio dažnis n_2 priklauso nuo apkrovos ir yra mažesnis už statoriaus magnetinio lauko sūkių dažnį n_1**.** Varikliai gali būti trifaziai, dvifaziai ir vienfaziai. Naudojam dviejų tipų asinchroniniai varikliai: asinchroniniai varikliai su trumpai jungtu rotoriumi ir asinchroniniai varikliai su faziniu rotoriumi. Varikliai su faziniu rotoriumi naudojami retai.

Variklį su trumpai jungtu rotoriumi sudaro statorius su apvija (atitinkamai trifaze, dvifaze arba vienfaze), rotorius iš feromagnetinės medžiagos ir užtrumpinta apvija. Šio variklio konstrukcija yra pati paprasčiausia.



a) b)

5.8 pav. Asinchroninio variklio komponentai: a) statorius su apvija ir rotorius, b) rotoriaus užtrumpinta apvija

Prijungus kintamą maitinimo įtampą, statoriuje sukuriamas besisukantis magnetinis laukas. Magnetinio srauto vektoriaus sūkių greitis paprastai išreiškiamas apsisukimais per minutę ir vadinamas sinchroniniu greičiu n_0. Sinchroninis greitis priklauso nuo maitinimo įtampos dažnio f ir variklio polių porų skaičiaus p_p. Jis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$n_0 = \frac{60\,f}{p_p},\ aps./min.; \qquad (5.3)$$

Kai tinklo dažnis yra 50 *Hz*, o polių porų skaičius $p_p = 1$ (kiekvienos fazės apvija teturi po vieną ritę), sinchroninis sukamojo lauko greitis lygus $n_0 = 3000$ aps./min. Kai $p = 2$, $n_0 = 1500$ aps./min. ir t. t.

Magnetinis laukas kerta rotoriaus apviją ir joje indukuoja evj. Kadangi apvija

užtrumpinta, joje atsiranda srovė. Šios srovės sąveikoje su statoriaus magnetiniu lauku sukuriamas sūkio momentas ir rotorius pradeda suktis. Kuo didesnis rotoriaus sūkių dažnis, tuo mažesnė evj indukuojama apvijoje. Mažėja ir sūkio momentas. Jei, sakykim, rotoriaus sūkių dažnis bus toks pat kaip magnetinio lauko, tai magnetinis laukas nekirs rotoriaus apvijos laidininkų. Rotoriuje nebus indukuojama evj ir nebus sūkio momento. Rotoriaus sūkių dažnis pradės mažėti (pvz., dėl trinties) ir vėl atsiras sūkio momentas. Kuo didesnė apkrova, tuo didesnis turi būti sūkio momentas. Tuo labiau mažės rotoriaus sūkių dažnis. Asinchroninio variklio rotoriaus darbinis sūkių dažnis visada yra mažesnis už magnetinio sukamojo lauko greitį. Tik tokiu atveju variklis kuria mechaninį momentą ir gali priversti judėti pasipriešinimą kuriančias mašinas ar jų dalis. Rotoriaus ir magnetinio lauko sūkių dažnio skirtumas apibūdinamas variklio parametru slydimu. Jis žymimas simboliu *S*.

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}; \qquad (5.4)$$

čia n_1 – magnetinio lauko sūkių dažnis, n_2 – rotoriaus sūkių dažnis. Slydimo reikšmės gali būti nuo 0 (variklio rotorius sukasi sinchroniniu greičiu) iki 1 (variklio rotorius nesisuka).

$$n_2 = \frac{60 f_1 (1 - S)}{p_p}; \qquad (5.5)$$

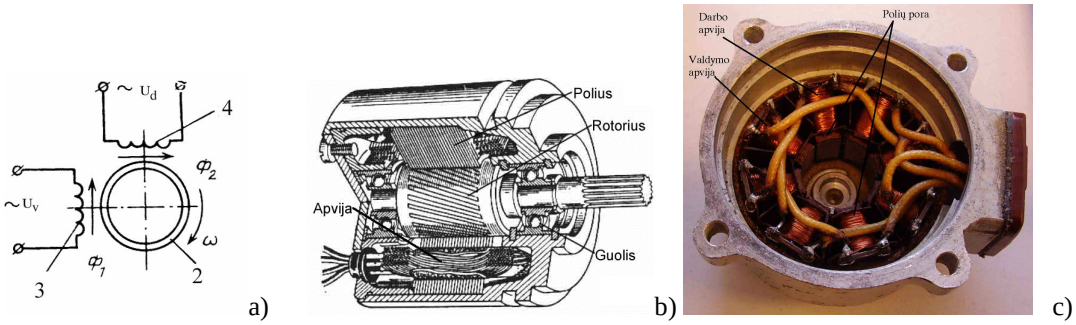
5.9 pav., a pavaizduotame asinchroniniame variklyje, kai tinklo dažnis yra 50 Hz, o polių porų skaičius $p_p = 1$, sūkių dažnis gali būti pvz., $n_2 = 2750$ aps./min.

Variklio mechaninė charakteristika parodyta 5.9 pav., b, čia M – sūkio momentas, S – slydimas.

5.9 pav. Asinchroninis variklis: a) apvijos ir rotorius, b) mechaninė charakteristika

5.2.2. Dvifazis asinchroninis variklis

Tokio variklio statoriuje yra dvi apvijos, perstumtos erdvėje 90°. Viena iš jų darbinė, o kita – valdymo. 5.10 pav., c parodytas keturių polių variklio statorius. Vieną apviją sudaro 4 dalys. Rotorius turi užtrumpintą apviją. Prie apvijų prijungiamos kintamos įtampos: U_d – darbinė, U_v – valdymo. Jų fazių skirtumas 90°. Prie tokio fazių skirtumo sukuriamas besisukantis magnetinis laukas. Atsiranda sūkio momentas. Tokie varikliai dažnai naudojami automatikos sistemose ir vadinami vykdymo varikliais.

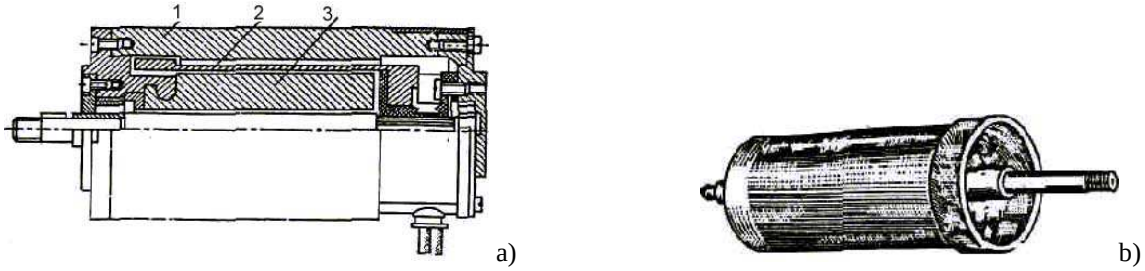


5.10 pav. Dvifazis variklis: a) schema, b) variklio pjūvis, c) variklio statoriaus konstrukcija

Darbo metu varikliai keičia sūkių dažnį ir kryptį. Prie vienos apvijos prijungiama kintama maitinimo įtampa, o prie kitos – valdymo signalas. Sūkių dažnį galima keisti keičiant įtampų dažnį.

Dvifaziai varikliai pasitaiko retai, nes sunku rasti maitinimo įtampas, kurių fazė skirtųsi 90^0. Todėl tokie varikliai dažniausiai maitinami vienfaze kintama įtampa. Kad atsirastų fazių skirtumas, į vieną apviją nuosekliai įjungiamas kondensatorius. Todėl tokie varikliai dar vadinami kondensatoriniais. Realiai fazių skirtumas būna apie 60^0. Todėl magnetinis laukas yra ne apskritas, o elipsinis. Sūkio momento reikšmė truputį pulsuoja. Dėl šios priežasties kondensatorinio variklio galia šiek tiek mažesnė už dvifazio variklio galią. Statoriaus apvijos gali būti vienodos arba skirtingos. Viena iš jų – darbo apvija, o kita – pagalbinė (dažnai jos laidas plonesnis). Kondensatoriaus talpa priklauso nuo variklio galios. Įjungimo metu reikia didesnės talpos kondensatoriaus, o darbo metu – mažesnės.

Labai svarbu vykdymo varikliuose sumažinti rotoriaus inerciją (padidinti greitaveiką). Tam rotorius gali būti daromas tuščiavidurio cilindro formos.

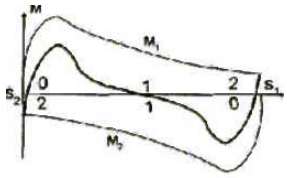


5.11 pav. Variklis su tuščiaviduriu rotoriumi: a) pjūvis, b) rotorius

Variklio konstrukcija pavaizduota 5.11 pav. Galimi du rotorių tipai: rotorius iš feromagnetinės ir rotorius iš ne feromagnetinės medžiagos. Feromagnetinių rotorių paviršius dažnai padengiamas variu. Tai sumažina aktyvią varžą ir padidina galią.

5.2.3. Vienfazis asinchroninis variklis

Jo statoriuje yra viena apvija. Ji sukuria pulsuojantį magnetinį lauką, kurį galima išskaidyti į du priešingomis kryptimis besisukančius magnetinius laukus. Jie sukuria du vienodo dydžio priešingos krypties sūkio momentus M1 ir M2 (5.12 pav.). Rotorius nesisuka. Tai parodo charakteristikos taškas 1.

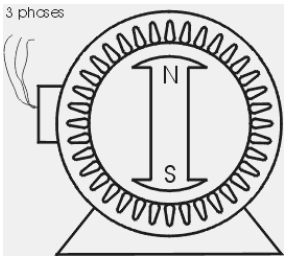


5.12 pav. Vienfazio variklio mechaninė charakteristika

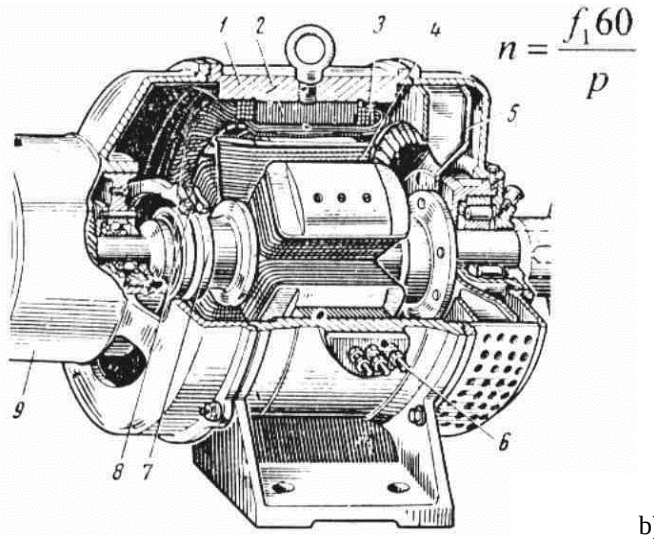
Jei rotorių pasuksime į kurią nors pusę, tai vienas sūkio momentas padidės, o kitas – sumažės ir rotorius pradės suktis. Sūkių kryptis priklauso nuo pradinio posūkio. Į kurią pusę variklio ašis pasukama, ta kryptim variklio rotorius ir sukasi. Kartais tai atliekama ant veleno užvyniojus dirželį. Variklio mechaninė charakteristika pavaizduota 5.12 pav. Dažniausiai varikliai turi antrą apviją – įjungimo, kuri įjungiama 1 – 2 sek. Ją įjungia speciali laiko relė. Įjungimo momentu į įjungimo apviją įtampa patenka per kondensatorių ir variklis veikia kaip dvifazis. Kai rotorius pradeda suktis, ši apvija atjungiama (jei neatjungiama – apvija sudega). Šie varikliai dažniausiai naudojami, kai sūkių dažnis ir apkrova pastovūs: galandimo įtaisuose, šaldytuvų kompresoriuose, elektrinėse trintuvėse ir pan.

5.2.4. Sinchroninis variklis

Tai kintamos srovės variklis, kurio sūkių dažnis priklauso tik nuo variklio konstrukcijos (statoriaus apvijos polių porų kiekio) ir maitinimo įtampos dažnio. Variklio veikimas apibūdinamas taip: besisukantis magnetinis laukas traukia rotoriuje esantį pastovų magnetą (5.13 pav., a). Apkraunant variklį iki leistinos ribos jo greitis nekinta. Sudarius apkrovos momentą, kuris viršija magnetinių sukibimo jėgų kuriamą momentą, variklis sustoja.



a)



b)

5.13 pav. Sinchroninio variklio konstrukcija

Variklį sudaro: korpusas 1, poliaus šerdis 2, statoriaus apvija 3, rotorius 4, ventiliatorius 5, išvadai 6, kontaktiniai žiedai 7, šepetėliai 8, dangtelis 9. Rotorius gali būti su pastoviu magnetu arba elektromagnetu (pastarajame dar yra kontaktiniai žiedai ir šepetėliai).

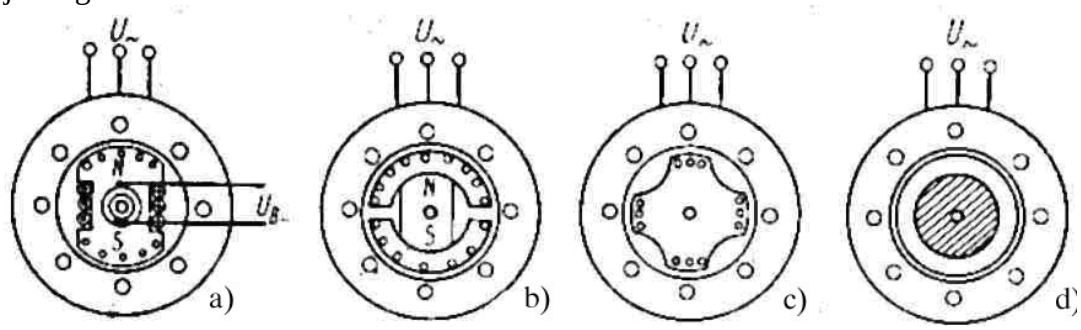
Prijungus kintamą įtampą, statoriuje sukuriamas besisukantis magnetinis laukas. Jo sąveikoje su rotoriaus magnetiniu lauku sukuriamas sūkio momentas. Jo veikiamas rotorius sukasi (magnetinis laukas traukia paskui save rotorių) pastoviu greičiu. Vienas iš variklio trūkumų – nėra pradinio sūkio momento. Jungiant tokį variklį tiesiogiai prie pramoninio 50 Hz dažnio kintamosios įtampos tinklo, statoriaus apvija sukuria besisukantį magnetinį lauką. Jo sūkių dažnis priklauso tik nuo variklio statoriaus polių porų skaičiaus p_p = 1, 2, 3 ir yra lygus 3000/p apsisukimų per minutę (atitinkamai 3000, 1500, 1000 ir t. t. aps/min). Nemaža inercija pasižymintis variklio rotorius negali akimirksniu pasiekti tokio sūkių dažnio, tad statoriaus magnetinis laukas, greitai keičiantis savo kryptį rotoriaus nuolatinio magneto lauko atžvilgiu, kuria sūkio momentą tai į vieną, tai į kitą pusę ir rotorius nepajuda iš vietos – vibruoja. Tai pavojingas režimas – variklis ima iš tinklo didelio stiprio (trumpojo jungimo) srovę.

Sinchroninio variklio rotorių po įjungimo reikia išsukti iki sinchroninio sūkių dažnio. Tam tikslui naudojamas asinchroninis paleidimas. Rotoriuje įtaisoma užtrumpinta apvija iš vario arba aliuminio. Prijungus maitinimo įtampą variklis pradeda veikti asinchroniniu režimu. Kai rotoriaus sūkių dažnis padidėja iki magnetinio lauko sūkių dažnio, variklis pradeda veikti sinchroniniu režimu. Sinchroniniai varikliai naudojami įvairiuose automatikos elektros prietaisuose, laikrodiniuose mechanizmuose, elektromechaninėse laiko relėse, komandiniuose aparatuose, garso ir videoaparatūroje, kino ir fotoaparatūroje.

Pagal rotoriaus konstrukciją sinchroninius variklius galima suskirstyti į variklius su elektromagnetais, su pastoviais magnetais, reaktyvinius, histerezinius, variklius su ekranuotais poliais.

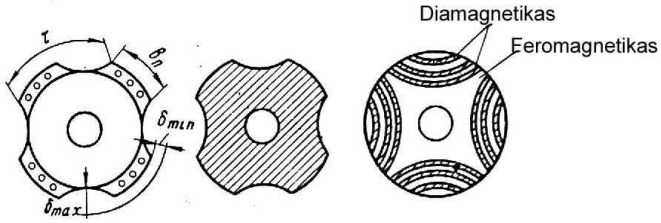
Sinchroniniai varikliai su elektromagnetais turi statoriaus ir rotoriaus apvijas ir kontaktinius žiedus su šepetėliais (5.13 pav., b).

Sinchroniniai varikliai su pastoviais magnetais dažniausiai turi vienfazę žiedinę apviją. Jų magnetolaidis gaminamas štampuojant plieno lakštą. Rotoriuje įtaisomi pastovūs magnetai. Variklis pradeda veikti kaip asinchroninis. Kai rotoriaus sūkių dažnis priartėja prie sinchroninio sūkių dažnio, magnetinis laukas pradeda traukti paskui save rotorių. Dažniausiai su pastoviais magnetais būna plokšti varikliai. Jų nvk nedidelis (apie 3 – 5%), o variklio naudojama galia – iki 4W.



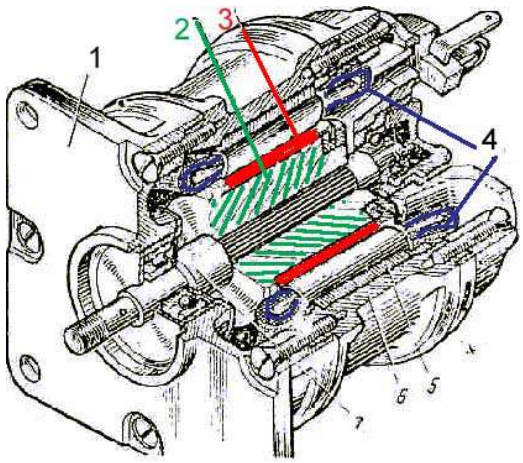
5.14 pav. Sinchroninių variklių tipai: a)su elektromagnetu, b) su pastoviu magnetu, c) reaktyvinis, d) histerezinis

Reaktyviniame sinchroniniame variklyje sūkio momentas atsiranda dėl nevienodos rotoriaus magnetinės varžos. Rotorius būtinai turi turėti polius. Rotorių tipai parodyti 5.15 pav.



5.15 pav.Sinchroninio variklio rotoriai

Reaktyvinio sinchroninio variklio rotorius panašus į asinchroninio variklio su užtrumpinta apvija rotorių, tik jo cilindriniame paviršiuje yra išpjovos. Elektromagnetinės jėgos veikia taip, kad rotoriaus polius užimtų padėtį po statoriaus poliumi. Kadangi statoriaus poliaus vieta keičiasi (magnetinis laukas sukasi), tai rotorius priverstas suktis.



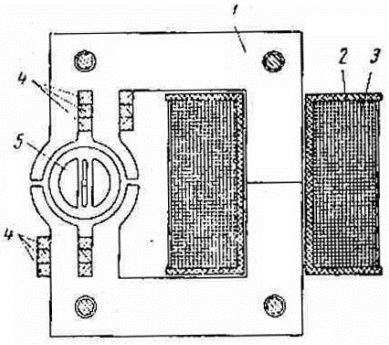
5.16 pav. Histerezinio variklio konstrukcija

Histerezinio variklio rotorius (5.16 pav.) yra iš dviejų dalių: cilindro 3, sudaryto iš medžiagos, turinčios didelį liekamąjį magnetizmą, pvz., vikalojaus ir feromagnetinės šerdies

2. Statoriuje yra apvijos 4, magnetolaidis 5, korpusas 6, velenas 7. Besisukantis magnetinis laukas įmagnetina cilindro paviršių ir traukia paskui save rotorių.

Šio variklio privalumai: paprasta konstrukcija, didelis pradinis sūkio momentas. Pagrindinis trūkumas – brangus, keičiantis apkrovai gali atsirasti švytavimai, mažas cos φ ir nvk (apie 0,5%).

Variklis su ekranuotais poliais (5.17 pav.) turi vieną ritę 3. Jo magnetolaidis 1 padalytas į dvi dalis ir ant vienos iš jų yra užtrumpinta (ekranuojanti) apvija 4 (pvz., varinis žiedas). Magnetinis srautas, tekantis ekranuota magnetolaidžio dalimi, atsilieka nuo kito magnetinio srauto. Todėl sukuriamas besisukantis magnetinis laukas.



5.17 pav. Variklio su ekranuotais poliais konstrukcija

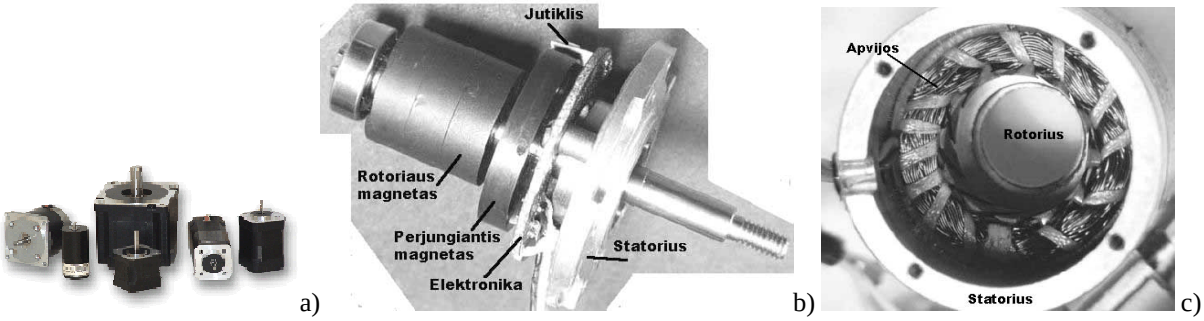
Rotorių 5 sudaro diskai, sumauti ant ašies. Diskai pagaminti iš plieno, turinčio didelį liekamąjį įmagnetinimą. Rotorių veikia trys sūkio momentai: asinchroninis, reaktyvinis ir histerezinis. Jo sukimosi kryptis yra nuo neekranuotos poliaus dalies į ekranuotą. Ašis sujungta su reduktoriumi. Variklio galia ne didesnė nei 14 μW. Šie varikliai naudojami automatikos laikrodinių prietaisų mechanizmuose.

5.3. VARIKLIAI SU ELEKTRONINIU KOMUTATORIUMI

Tai naujo tipo elektros varikliai, kurie pradėti naudoti palyginti neseniai. Jie neturi šepetėlių. Jų rotoriuje yra vienas ar keli pastovūs magnetai. Magnetinį lauką formuoja kelios ritės, esančios statoriuje. Elektros srovę ritėse komutuoja tranzistoriai. Visi jie turi elektroninį komutatorių, kuris formuoja valdymo impulsus. Plačiausiai naudojami yra varikliai su padėties jutikliais (brushless direct-current motor) ir žingsniniai varikliai (step motors).

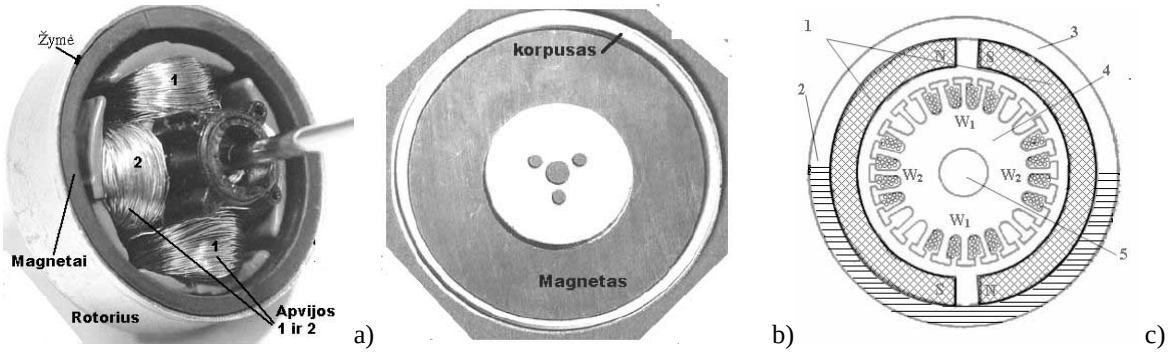
5.3.1. Variklis su padėties jutikliais

Jo statoriuje yra dvi arba trys apvijos, kurių kiekviena padalyta į dvi dalis. Iš viso yra 4 arba 6 apvijų dalys. Taip pat statoriuje yra specialūs jutikliai, kurie formuoja signalą, kai rotorius pasisuka tam tikru kampu. Dažniausiai naudojami Holo jutikliai, rečiau – optiniai. Rotoriuje yra pastovūs magnetai.



5.18 pav. Variklis su padėties jutikliu ir vidiniu rotoriumi: a) variklių pavyzdžiai, b) ir c) konstrukcija

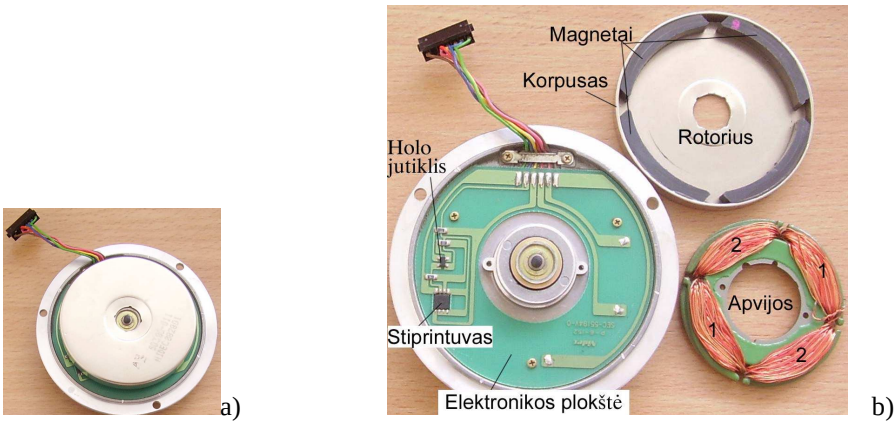
Varikliai su padėties jutikliais gali būti dviejų tipų: su vidiniu rotoriumi ir su išoriniu rotoriumi. Vidiniame rotoriuje yra du magnetai: rotoriaus ir komutacinis, kuris dažniausiai būna didesnis. Statoriuje įtaisyti Holo jutikliai. Kai komutuojantis magnetas pasisuka nustatytu kampu, Holo jutiklis suformuoja signalą. Gavęs jį elektroninis komutatorius perjungia srovę iš vienos apvijos į kitą. Apvija sukuria magnetinį lauką, kuris traukia rotoriaus magnetą ir pasuka rotorių. Kai jis pasisuka nustatytu kampu, kitas Holo jutiklis vėl suformuoja perjungimo signalą.



5.19 pav. Variklis su išoriniu rotoriumi: a) konstrukcija, b) plokščias rotorius, c) pjūvis

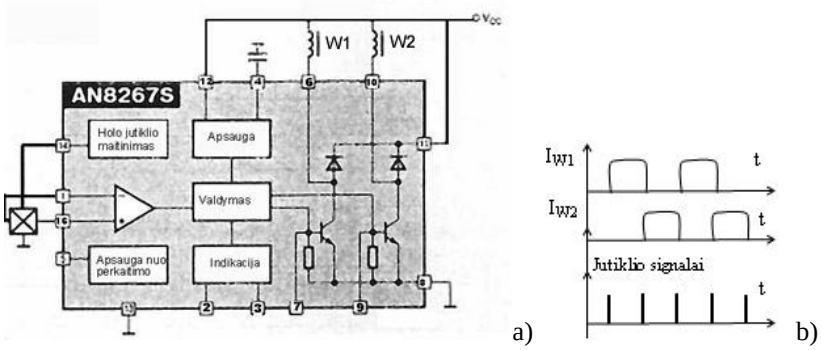
Variklis su išoriniu rotoriumi ir dviem apvijomis parodytas 5.19 pav. ir 5.20 pav. Toks variklis naudojamas kompiuterinėje technikoje (diskasukiuose). Jo rotorių (5.19 pav., c) sudaro korpusas 3, kuriame yra pastovūs magnetai 1. Rotorius gali būti cilindro formos (5.19 pav. a) arba plokščias (5.19 pav. b).

Jei naudojamas optinis jutiklis, pusė korpuso briaunos nudažyta juodai arba yra juoda žymė. Optinis jutiklis sudarytas iš 2 dalių: siųstuvo ir imtuvo. Jei naudojamas Holo jutiklis, rotorius nedažomas. Dažniausiai naudojamas Holo jutiklis, rečiau – optinis jutiklis.



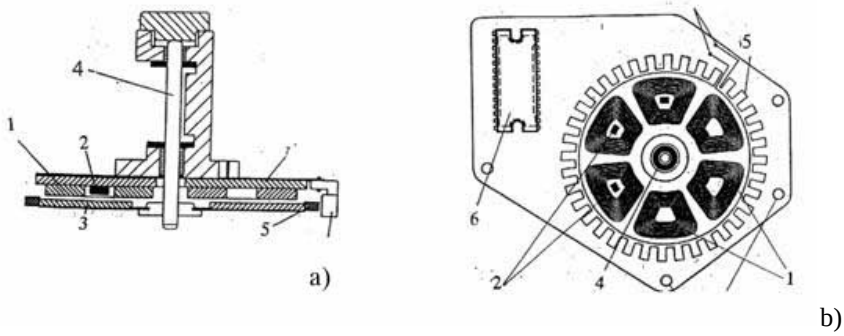
5.20 pav. Dviejų apvijų variklis su išoriniu rotoriumi

Statoriuje yra apvijos W_1, W_2. Jos padalytos į dvi dalis ir perstumtos viena kitos atžvilgiu 90 laipsnių. Statoriuje yra elektronikos plokštė, kurioje sumontuotas stiprintuvas ir Holo jutiklis. Juos uždengia plokščias rotorius.



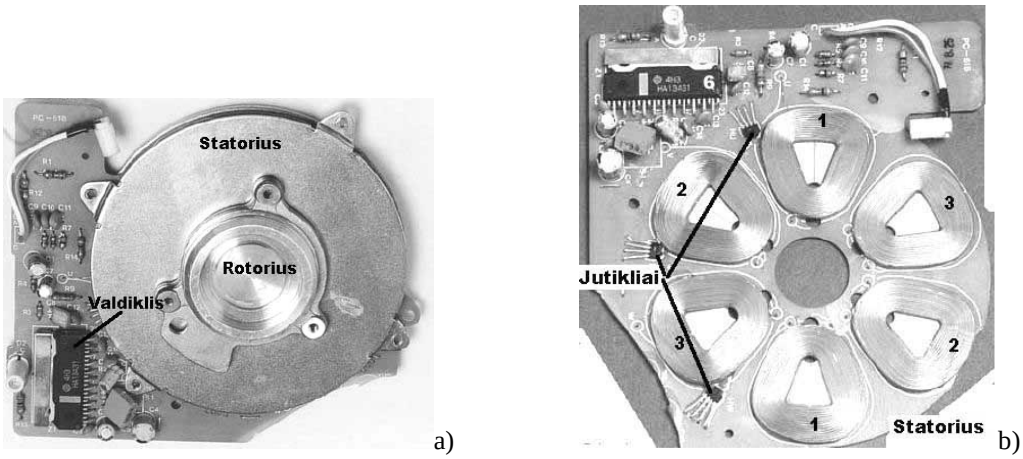
5.21 pav. Dviejų apvijų variklis: a) komutatoriaus schema, b) srovių grafikai

Elektroninis komutatorius prijungiamas per jungtį. Komutatoriaus elektros principinė schema parodyta 5.21 pav., a. Apvijų srovių grafikai parodyti 5.21 pav., b. Kai jutiklis suformuoja signalą, apvijose keičiasi srovės. Apvijos pritraukia magnetus ir pasuka rotorių. Sūkių dažnis priklauso nuo impulsų dažnio.



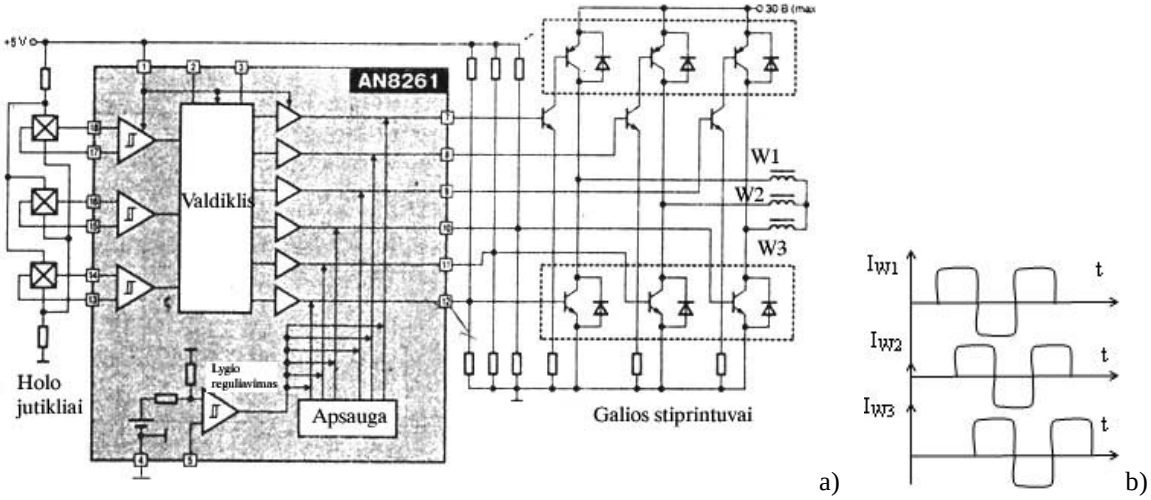
5.22 pav. Trijų apvijų variklis: a) pjūvis, b) išdėstymo schema

Trijų apvijų variklio sandara ir komponentų išdėstymas parodytas 5.22 pav. ir 5.23 pav. Statoriuje yra elektronikos plokštė su valdikliu 6. Rotorius – tai diskas, kuriame yra pastovūs magnetai 3, velenas 4, sūkių dažnio jutiklis 5, valdymo lustas 6. Statoriuje yra trys apvijos 1, 2, 3 ir trys Holo jutikliai 2.



5.23 pav. Trijų apvijų variklis: a) bendras vaizdas, b) statorius

Komutatorius į apvijas paeiliui nukreipia srovę. Apvijos pritraukia magnetus ir pasuka rotorių. Padėties jutikliuose atsiranda signalai, kurie rodo rotoriaus padėtį ir formuoja valdymo signalus. Komutatoriaus schema ir apvijų srovių grafikai parodyti 5.24 pav.



5.24 pav. Trijų apvijų variklis: a) komutatoriaus schema, b) srovių apvijose grafikai

5.3.2. Žingsniniai varikliai

Žingsninis elektros variklis – tai daugiafazis sinchroninis elektros variklis su išreikštais poliais, keičiantis elektromagnetinius impulsus į diskretinius kampinius arba linijinius poslinkius. Įvairūs varikliai skiriasi fazių kiekiu (nuo 2 iki 6) ir rotoriaus konstrukcija. Rotorius gali būti aktyvus, turintis pastovius magnetus (permanent magnet) ir pasyvus – kintamos magnetinės varžos (variable reluctance). Varikliai su aktyviu rotoriumi išvysto didesnę galią, bet turi mažesnį tikslumą nei varikliai su pasyviu rotoriumi. Rotoriaus pasisukimas, kai į variklio apviją patenka vienas valdymo impulsas, vadinamas žingsniu. Variklių su aktyviu rotoriumi žingsnis būna nuo 0,72 iki 90 laipsnių, o variklių su pasyviu rotoriumi žingsnis – nuo 0,72 iki 9 laipsnių. Valdymo impulsus formuoja specialus komutatorius. Žingsninio variklio sūkio momento diapazonas yra nuo mikroniutonmetrų iki dešimčių niutonmetrų. Maksimalus darbinis valdymo impulsų dažnis yra 5kHz.

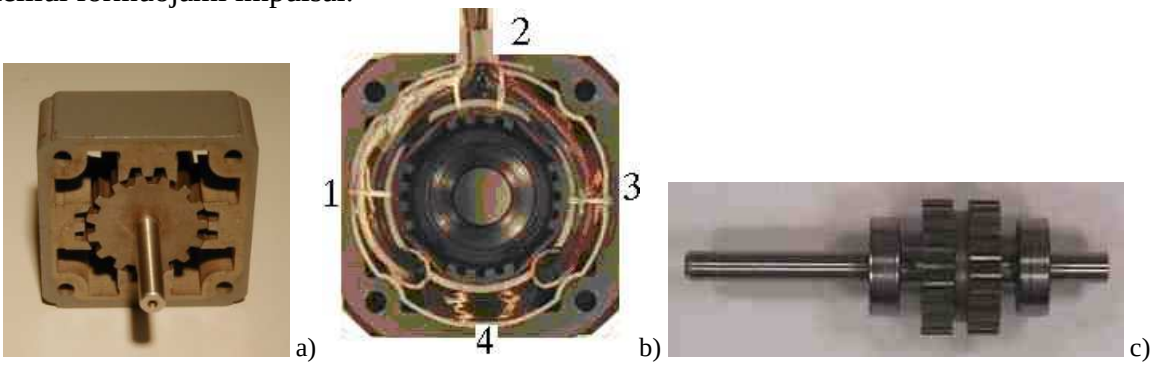
Pagrindiniai žingsninių variklių parametrai:

- apvijos varža;
- įtampa;
- žingsnis α (laipsniai);
- fazių skaičius;
- nominalus momentas;
- maksimalus dažnis.

Žingsninių variklių tipai:

- kintamos magnetinės varžos (hibridiniai);
- vienpoliariai (unipolar);
- dvipoliariai (bipolar);
- daugiafaziai (multiphase).

Kintamos magnetinės varžos žingsniniai varikliai (5.25 pav.) yra paprasčiausi. Šie varikliai dar dažnai vadinami hibridiniais (hybrid motors). Juos valdyti yra lengviausia. Dažniausiai jie turi vieną bendrą laidą C ir kelias apvijas. Valdymo metu kiekviename įėjime paeiliui formuojami impulsai.

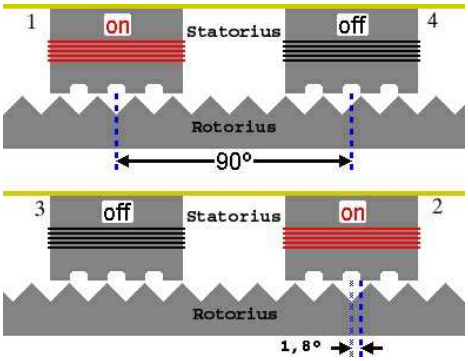


5.25 pav. Kintamos magnetinės varžos žingsninis variklis: a) statorius ir rotorius, b) apvijų išdėstymas, c) rotorius

Sukant šio variklio ašį ranka, nesijaučia žingsnių, rotorius sukasi lengvai, kaip paprasto pastovios srovės variklio rotorius. Variklio rotoriaus konstrukcija pavaizduota 5.25 pav., c. Variklio pjūvis parodytas 5.25 pav., b. Rotorius variklyje įtaisytas statmenai elektromagnetams. Vieno iš variklio modelių rotorius turi dvi sekcijas, kurių kiekviena turi po 50 dantukų. Vienos ir kitos sekcijos dantukai nesutampa tarpusavyje per pusę tarpo tarp dantukų. Statoriuje ant polių yra suvyniotos keturios atskiros apvijos. Poliai turi po 4 dantukus. Per vieną apsisukimą rotorius padaro 200 žingsnių. Vienas žingsnis yra 360/50 = 7,2 laipsnio.

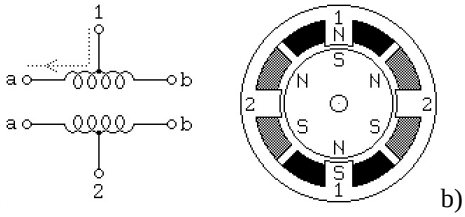
Variklio veikimo principą paaiškina 5.26 pav. Sakykime, kad pradiniu laiko momentu

variklio rotoriaus padėtis tokia, kaip parodyta viršutinėje piešinio dalyje. Pirmasis elektromagnetas įjungtas (apvija 1), statorius laiko pritraukęs rotorių. Rotoriaus dantukai yra statoriaus poliaus dantukų viduryje. Tuo tarpu gretimo statoriaus poliaus dantukai nuo rotoriaus dantukų atsilieka 1,8 laipsnio. Išjungiama pirma 3 ir įjungiama antra 2 apvija. Tai parodyta apatinėje piešinio dalyje. Dabar pirmasis elektromagnetas atleidžia rotoriaus dantukus, o antrasis – pritraukia artimiausius dantukus. Taigi, rotorius pasisuka 1,8 laipsnio. Toliau ciklas tęsiamas ir rotoriaus dantukus pritrauks trečias elektromagnetas, vėliau ketvirtas ir t.t.



5.26 pav. Žingsninio variklio veikimo principas. 1, 2, 3, 4 – statoriaus apvijos

Vienpoliario (unipolar) žingsninio variklio su aktyviu rotoriumi schema ir apvijų išdėstymas parodytas 5.27 pav. Variklį sudaro dvi apvijos su centrinėmis atšakomis. Kiekviena apvija suvyniota priešinguose variklio poliuose. Dažniausiai, jungiant tokį variklį, abi vidurinės atšakos yra sujungiamos į vieną bendrą tašką ir prijungiamos prie maitinimo šaltinio minuso ar pliuso.



5.27 pav. Vienpoliaris žingsninis variklis: a) schema, b) apvijų išdėstymas

Aktyvų variklio rotorių (5.27 pav., b) sudaro šeši poliai, iš kurių trys N ir trys S. Norint gauti mažesnį žingsnį (didesnę rezoliuciją), rotorius turi būti daromas su daugiau polių. Yra gaminami šio tipo žingsniniai varikliai, kurių žingsniai gali būti nuo 30 iki 1,8 laipsnio.

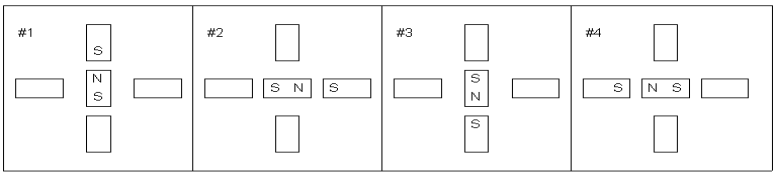
Variklis gali suktis paprastu, pilnu ir pusiniu žingsniu. Tai priklauso nuo valdymo impulsų sekos. Paprasto žingsnio impulsų seka parodyta 5.1 lentelėje

5.1 lentelė. Paprasto žingsnio impulsų seka

Žingsnis	1a	1b	2a	2b
1	1	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	0	0	0	1

5.2 lentelė.Pilno žingsnio impulsų seka

Žingsnis	1a	1b	2a	2b
1	1	0	0	1
2	1	0	1	0
3	0	1	1	0
4	0	1	0	1



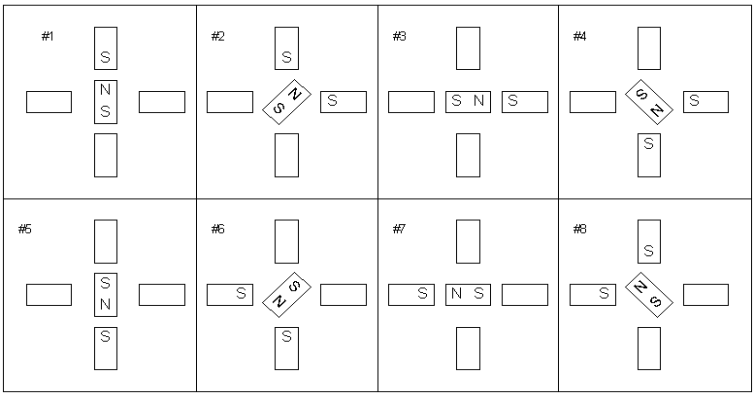
5.28 pav. Vienpoliario žingsninio variklio rotoriaus padėtys jam sukantis paprastais žingsniais

Norint, kad variklis suktųsi galingiau, naudojamas pilnas žingsnis. Variklio sūkio momentas padidėja 1,5 karto. Sunaudojama srovė padvigubėja, nes kiekvienu laiko momentu veikia dvi variklio apvijos. Valdymo impulsų seka pavaizduota 5.2 lentelėje.

Variklyje galima suformuoti ir kitokią impulsų seką, prie kurios variklis sukasi perpus mažesniais žingsniais, t.y. pusiniu žingsniu. Pusinis žingsnis ypatingas tuo, kad jis pasuka variklio rotorių tik puse paprasto jo žingsnio. Tai reiškia, kad padaugėja žingsnių ir padidėja variklio tikslumas, nes rotorius pasisuka mažesniu laipsniu. Valdymo impulsų seka pavaizduota 5.3 lentelėje.

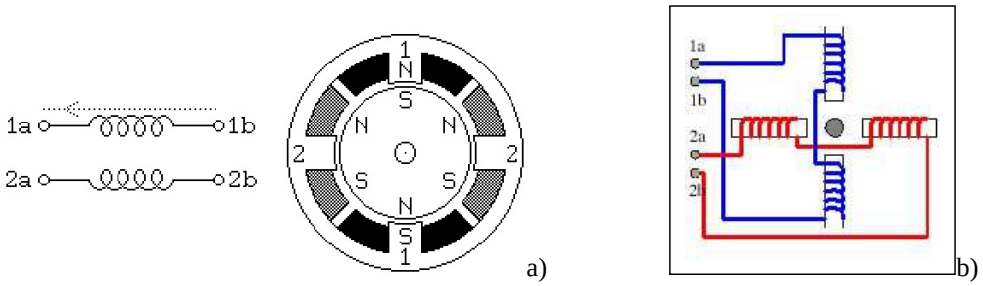
5.3 lentelė. Pusinio žingsnio impulsų seka

Žingsnis	1a	2a	1b	2b
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1



5.29 pav. Vienpoliario žingsninio variklio rotoriaus padėtys varikliui sukantis puse žingsnio

Dvipoliaris žingsninis variklis (Bipolar Stepping Motor) turi dvi apvijas: 1a – 1b ir 2a – 2b. Srovė darbo metu apvijose keičia kryptį. Šie varikliai reikalauja sudėtingesnės valdymo schemos. Tačiau jie pasižymi gerokai didesniu sūkio momentu. 5.30 pav. pavaizduota paprasčiausio dvipoliario žingsninio variklio schema ir sandara.



a) b)

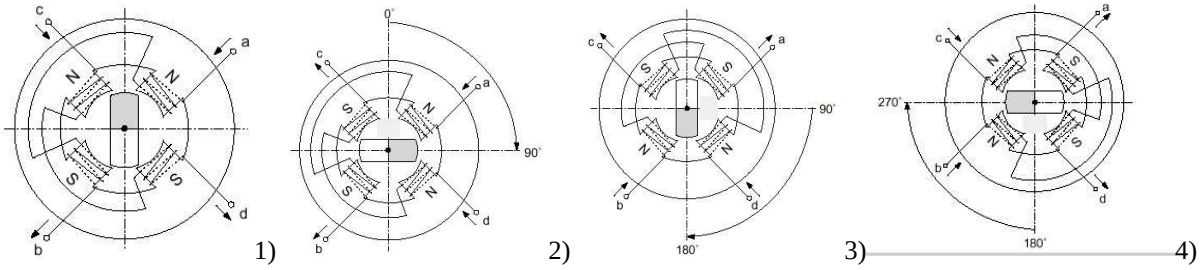
5.30 pav. Dvipoliaris žingsninis variklis: a) sandara, b) elektros schema

Tokie žingsniniai varikliai naudojami spausdintuvuose bei 3½ colio diskelių nuskaitymo įrenginiuose. 5.4 lentelėje parodyta valdymo impulsų seka.

5.4 lentelė. Dvipoliario žingsninio variklio valdymo impulsų seka

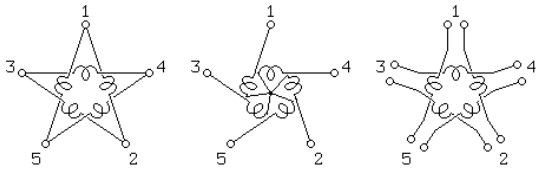
Žingsnis	1a	1b	2a(c)	2b(d)
1	+U	0	+U	0
2	+U	0	0	+U
3	-	+U	0	+U
4	0	+U	+U	0

Žingsninio variklio veikimą paaiškina 5.31 pav. Pirmu laiko momentu (5.31 pav., 1) apvijų išvaduose *c* ir *a* yra įtampa *+U*. Kitu momentu (5.31 pav., 2) išvade *c* įtampa atjungiama, o išvadui *d* – prijungiama. Rotorius pasisuka, t.y. padaro žingsnį. Trečiu momentu (5.31 pav., 3) išvade *a* įtampa atjungiama, o išvadui *b* – prijungiama. Rotorius pasisuka dar vienu žingsniu. Vėl pasikeitus įtampoms (5.31 pav., 4), rotorius pasisuka dar vienu žingsniu.



5.31 pav. Dvipoliario žingsninio variklio veikimo principas.

Daugiafaziai žingsniniai varikliai dažniausiai būna 3 arba 5 fazių. Jų apvijos sujungiamos į žiedą (5.32 pav.). Šių variklių žingsnis labai mažas – 0,72 laipsnio. Per vieną apsisukimą variklio rotorius padaro 500 žingsnių. Signalų seka tokia: 1, 4, 2 – 4, 2, 5 – 2, 5, 3 – 5, 3, 1 – 3, 1, 4 – 1, 4 ,2.



5.32 pav. Daugiafazio variklio apvijų schemos

5.4. ELEKTROS VARIKLIŲ VALDYMO SCHEMOS

Elektros varikliams valdyti naudojamos relinės ir nekontaktinės schemos. Nekontaktinėse schemose gali būti naudojami tranzistoriai ir tiristoriai. Kintamos srovės varikliams valdyti plačiai naudojami dažnio keitikliai. Specialiems varikliams (su padėties jutikliais ir žingsniniams) naudojami nekontaktiniai elektroniniai komutatoriai, kurie formuoja impulsų seką.

Valdymo schemos skirstomos į dvi grupes: nereversines ir reversines. Reversinės schemos naudojamos tada, kai variklis turi keisti sūkių kryptį.

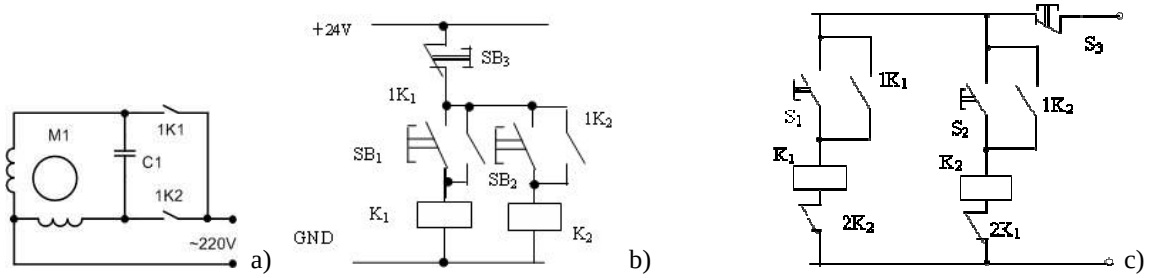
5.4.1. Kintamos srovės variklių valdymo schemos

Šie varikliai dažnai jungiami į relinę schemą. Trifazio variklio įjungimo schema parodyta 4.18 pav. ir 4.19 pav. Vienfazio kondensatorinio variklio nereversinė įjungimo schema parodyta 5.33 pav.

5.33 pav. Kintamos srovės vienfazio variklio nereversinė įjungimo schema

Joje yra du valdymo mygtukai: S_1 – įjungimo ir S_2 – išjungimo. Kontaktas $2K_4$ (antras relės K_4 kontaktas) vadinamas užsiblokavimo kontaktu. Kai S_1 nuspaudžiamas, relė suveikia ir jos kontaktas $2K_4$ šuntuoja mygtuką. Kitas relės kontaktas $1K_1$ įjungia įtampą varikliui. Mygtuką S_1 atleidus, relė lieka suveikusi. Jei nuspaudžiamas mygtukas S_2, per relės apviją nutrūksta srovė. Relė atleidžia ir atjungia kontaktus.

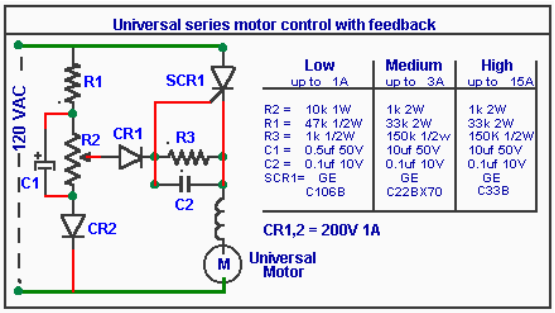
Reversinė schema (5.34 pav.). Schema turi bendrą atjungimo mygtuką SB3. Jei paspaudžiamas mygtukas SB_1, suveikia relė K_1 (5.34 pav., b). Jos kontaktas $1K_1$ įjungia variklį, o $1K_2$ šuntuoja įjungimo mygtuką SB_1. Jei bus nuspaustas ne SB_1, o SB_2 mygtukas, suveiks relė K_2 ir jos kontaktas $1K_2$ įjungs variklį. Schemos trūkumas – jei bus nuspausti iš karto abu mygtukai SB_1 ir SB_2, variklis nesisuks ir sudegs. To išvengiama į schemą įvedus du papildomus tarpusavio blokavimo kontaktus (5.34 pav., c).



5.34 pav. a) kintamos srovės vienfazio variklio reversinė įjungimo schema, b) paprasta relinė reversinė schema, c) relinė reversinė schema su tarpusavio blokavimu

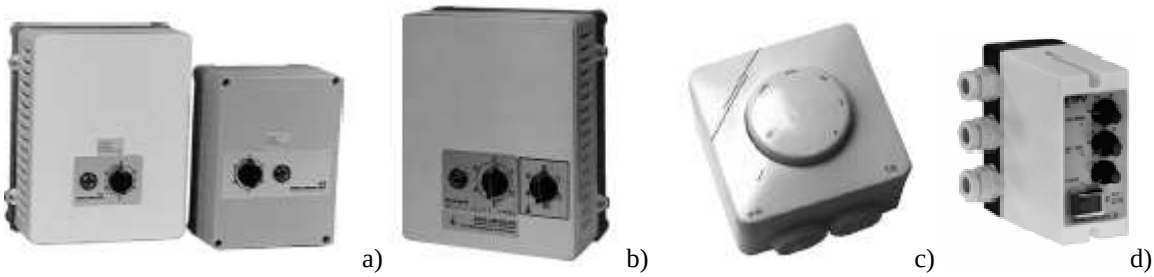
Šios schemos ypatumas – jei suveikė viena relė, tai kita negali suveikti. Jei suveikia relė K_1, tai jos kontaktas $2K_1$ atsijungia ir neleidžia įjungti antros relės. Norint įjungti kitą relę, reikia išjungti suveikusią. Atjungimo mygtukas S_3 bendras, tačiau gali būti du atjungimo mygtukai, kurie atjungs kiekvieną relę atskirai.

Tiristorinė valdymo schema (5.35 pav.). Ji skirta universaliam kolektoriniam varikliui valdyti ir maitinama kintama srove. Potenciometru keičiamas tiristoriaus atsidarymo momentas. Nuo to keičiasi variklio srovė ir sūkių dažnis. Tokia schema naudojama elektros grąžte.



5.35 pav. Tiristorinė valdymo schema

5.36 pav. parodyti pramoniniai trifazio variklio valdymo įtaisai.



a) b) c) d)

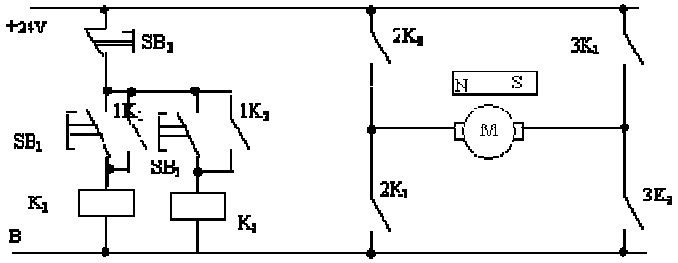
5.36 pav. Trifazio variklio valdymo įtaisai: a) transformatorinis RTRD tipo, b) RTRDU – tipo, c) tiristorinis MTY – AU, d) elektroninis ETFV

5.4.2. Nuolatinės srovės variklių valdymo schemos

Jos yra tokios:

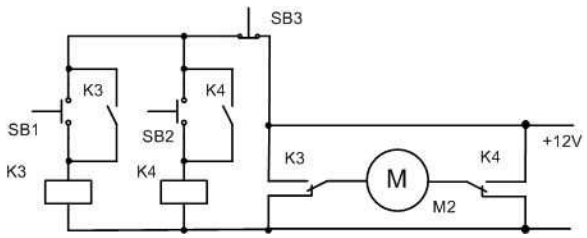
- relinės nereversinės ir reversinės schemos;
- nekontaktinės nereversinės ir reversinės schemos;
- schemos su specializuotais lustais.

Paprasčiausia relinė nuolatinės srovės variklio su pastoviais magnetais reversinė valdymo schema parodyta 5.37 pav.



5.37 pav. Reversinė nuolatinės srovės variklio valdymo schema su atvirais relės kontaktais

Nuspaudus mygtuką SB_1, suveikia relė K_1. Susijungia jos kontaktai $2K_1$ ir $3K_1$. Per rotoriaus apviją teka srovė iš dešinės į kairę. Rotorius sukasi. Kontaktas $1K_1$ užblokuoja mygtuką ir jo nereikia laikyti nuspausto. Jei būtų nuspaustas SB_2, srovė tekėtų iš kairės ir rotorius suktųsi į kitą pusę. Jei būtų nuspausti abu mygtukai, visi kontaktai susijungtų ir įvyktų trumpas jungimas. Todėl tokią schemą nerekomenduojama naudoti. Kitas, geresnis schemos variantas parodytas 5.38 pav.

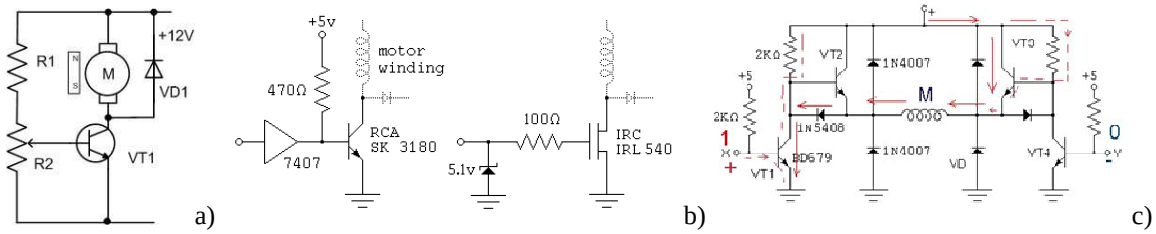


5.38 pav. Reversinė nuolatinės srovės variklio valdymo schema su perjungiančiais relės kontaktais

Šioje schemoje nuspaudus abu mygtukus, trumpo jungimo nebus. Abu kontaktai K3 ir K4 persijungs į viršų ir srovė variklio apvija netekės. Variklis nesisuks.

Rekomenduojama naudoti šią schemą.

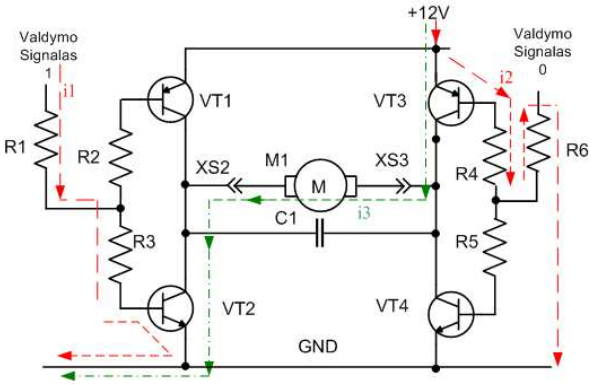
Nekontaktinė nereversinė schema parodyta 5.39 pav., a. Kai potenciometro R2 šliaužiklis apačioje, tranzistorius uždarytas, variklis nesisuka.



5.39 pav. Nekontaktinės tranzistorinės variklio valdymo schemos: a) nereversinė – reguliuojama, b) nereversinė – nereguliuojama, c) tiltelio reversinė

Keliant šliaužiklį aukštyn, tranzistoriaus bazėje didėja srovė. Tranzistorius atsidaro ir srovė ima tekėti variklio apvija. Variklis pradeda suktis. Kuo šliaužiklis aukščiau, tuo variklio sūkių dažnis didesnis. Diodas sumažina variklio apvijoje atsirandančią saviindukcijos evj. Ji atsiranda užsidarant tranzistoriui. 5.39 pav., b parodytos schemos, kuriose sūkių dažnis nereguliuojamas. Jei valdymo signalas silpnas, jo stiprinimui naudojamas operacinis stiprintuvas. Jei per stiprus – jo amplitudę apriboja stabilitronas.

Nekontaktinė reversinė schema (5.39 pav., b).Joje tranzistoriai sujungti į tiltelio schemą. Jie valdomi loginiais signalais X ir Y. Kai X yra 1, o Y yra 0, tranzistoriai VT1 ir VT3 atidaryti. Per variklio rotoriaus apviją M teka srovė ir rotorius sukasi. Sukeitus signalus vietomis variklis suksis į kitą pusę. Jei abu signalai yra vienodi (1 arba 0), variklio rotoriaus apvija srovė netekės ir variklis nesisuks.

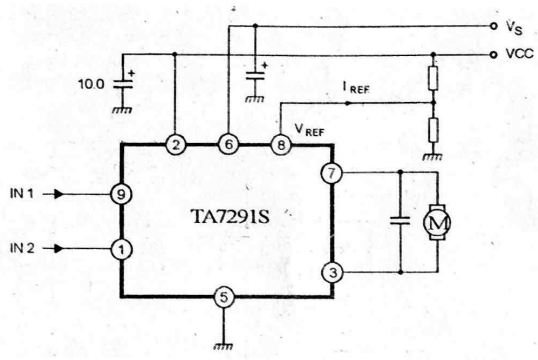


Variklis:	Signalas (kairė)	Signalas (dešinė)
Stovi	0	0
Sukasi dešinėn	0	1
Sukasi kairėn	1	0
Stovi	1	1

5.40 pav. Nuolatinės srovės variklio valdymo tiltelio schema

Nekontaktinė tiltelio schema parodyta 5.40 pav. Schemą valdo du valdymo signalai. Joje, įėjimuose keičiantis signalams, variklis stovi arba sukasi. Paveikslėlyje srovės per tranzistorius pažymėtos i1 ir i2 ir per variklio apviją – i3. Kai yra valdymo signalai 1 ir 0,

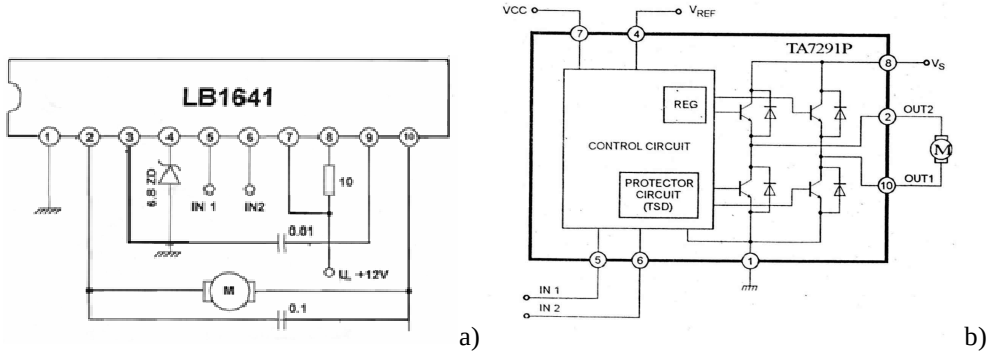
tranzistoriai VT2 ir VT3 atidaryti. Variklis sukasi į vieną pusę. Kai signalai susikeičia (0 ir 1), tada VT2 ir VT3 tranzistoriai uždaryti, o VT1 ir VT4 – atidaryti. Pasikeičia srovės kryptis per variklio apviją. Variklis sukasi į kitą pusę. Kai signalai vienodi, variklis nesisuka.



Valdymo signalai		Mygtuko padėtis	Išėjimo signalai		Darbo režimas
IN1	IN2		OUT1	OUT2	
0	0		0	0	STOP
1	0		1	0	PIRMYN
0	1		0	1	ATGAL
1	1		1	1	STOP

5.41 pav. Nuolatinės srovės variklio valdymo reversinė schema su lustu ir signalų lentelė

Schemos su lustais. Pastaruoju metu vis dažniau variklius valdo specializuoti lustai. 5.41 pav. parodyta vieno nuolatinės srovės variklio reversinė lustinė valdymo schema. Prie lusto jungiamos dvi maitinimo įtampos: variklio V_S (iki +30 V) ir lusto V_{CC} (nuo +5 V iki +12 V). Galima naudoti ir vieną bendrą maitinimo šaltinį, jei variklio ir lusto maitinimo įtampos tokio pat dydžio. Keičiant srovę I_{REF} arba įtampą V_{REF} keičiamas sūkių dažnis.

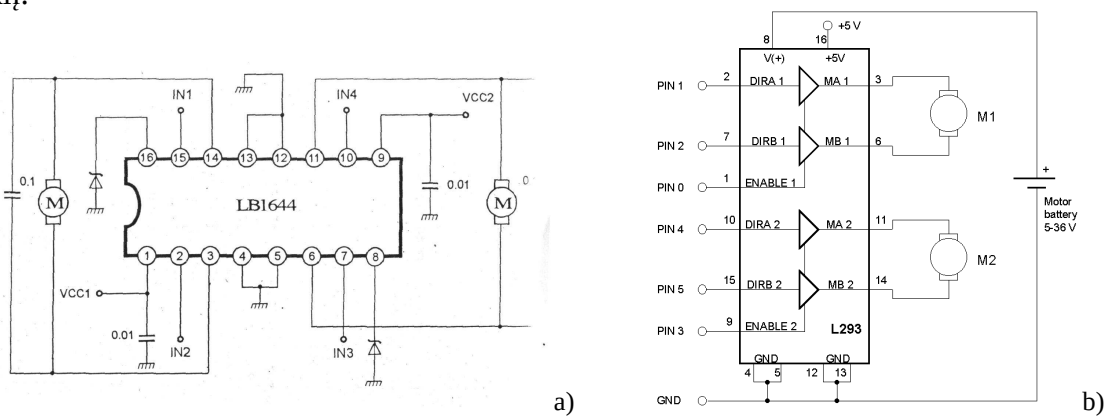


a) b)

5.42 pav. Vieno nuolatinės srovės variklio valdymo lustų pavyzdžiai

Dar dvi schemos su lustais parodytos 5.42 pav. Čia IN 1 ir IN2 – valdymo signalai. Variklis nesisuka, kai abu šie signalai yra aukšto lygio (pvz., 5 V). Prie ketvirto išvado (5.42 pav., a) prijungtas stabilitronas stabilizuoja sūkių dažnį.

Dviem varikliams valdyti plačiai naudojamas lustas L293 arba jo analogai (5.43 pav., b). Valdymo signalai patenka į 2, 7, 10, 15 išvadus. 1 ir 9 išvadų signalai įjungia arba išjungia variklį.



a) b)

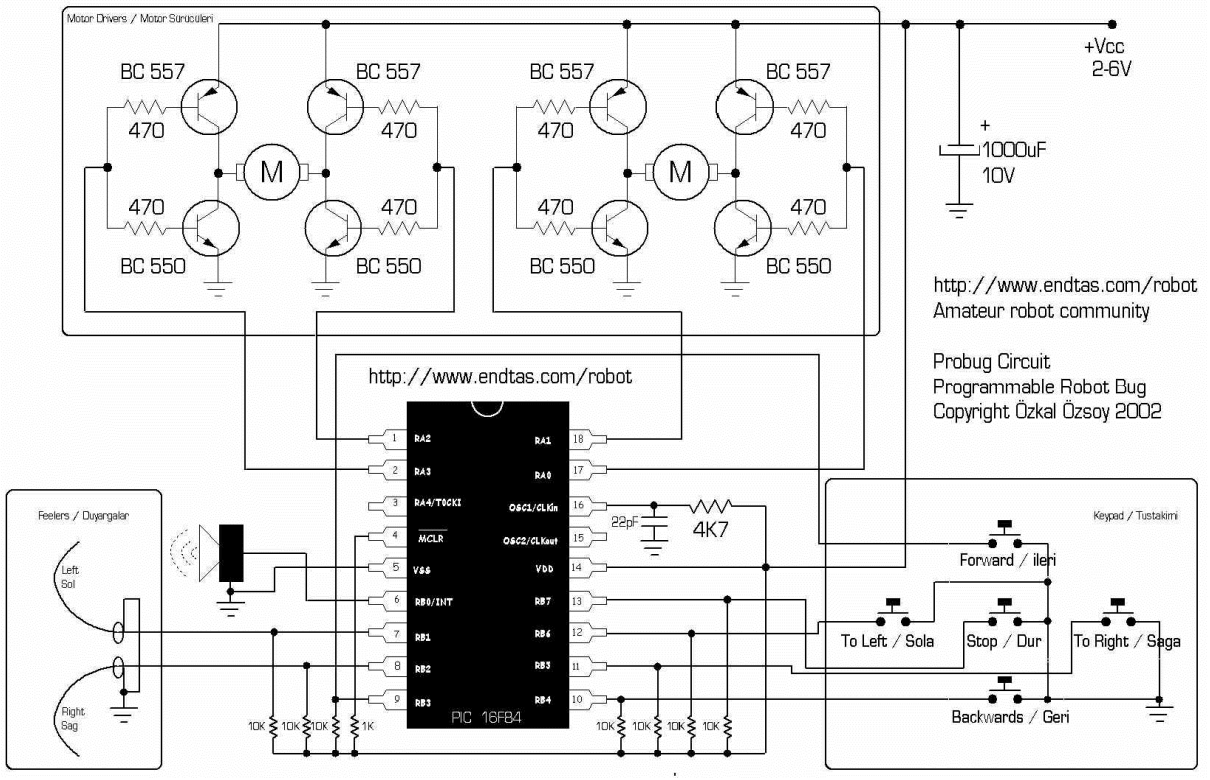
5.43 pav.Dviejų variklių valdymo schemos su lustu: a) LB1644, b) L293

5.44 pav. parodyta roboto schema. Joje yra du varikliai, kurie įjungti į nekontaktinę tranzistorinę tiltelio schemą. Valdymo signalus formuoja mikrovaldiklis. Kiekvieno variklio valdymui skirtos dvi mikrovaldiklio linijos. Jei abiejų linijų signalai vienodi (0 V arba +5 V), variklis nesisuka. Kai signalai skirtingi (0 V ir +5 V), variklis sukasi į vieną pusę. Susikeitus signalams (+5 V ir 0 V), variklis pakeičia sūkių kryptį.

Mikrovaldiklis priima signalus iš jutiklio (7, 8 išvadas) ir iš valdymo mygtukų (9 ÷ 13 išvadai). Pagal įrašytą programą suformuojami valdymo signalai.

Pastaba. Negalima įjungti maitinimo įtampos, jei nėra mikrovaldiklio. Atsidarys visi tranzistoriai ir maitinimo šaltinis bus užtrumpintas.

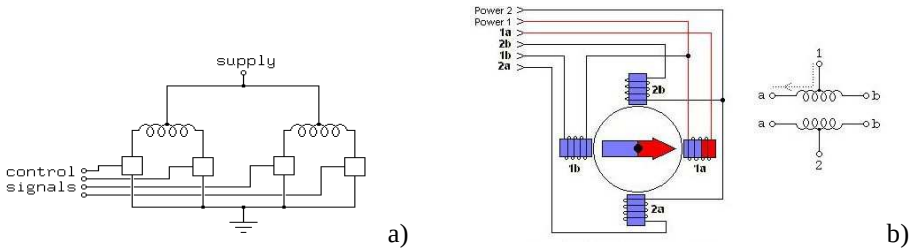
Reikia įvertinti tai, kad varikliui nesisukant, jo srovė gali padidėti kelis kartus. Dėl to gali sudegti tranzistoriai. Maksimalią srovę galima lengvai nustatyti eksperimentuojant. Varikliui prijungiama maitinimo įtampa ir jis trumpam sustabdomas. Išmatuojama rotoriaus apvija tekanti srovė I_{max}. Pagal srovės reikšmę parenkami tranzistoriai, kurie galės praleisti tokią srovę.



5.44 pav. Roboto su dviem nuolatinės srovės varikliais schema

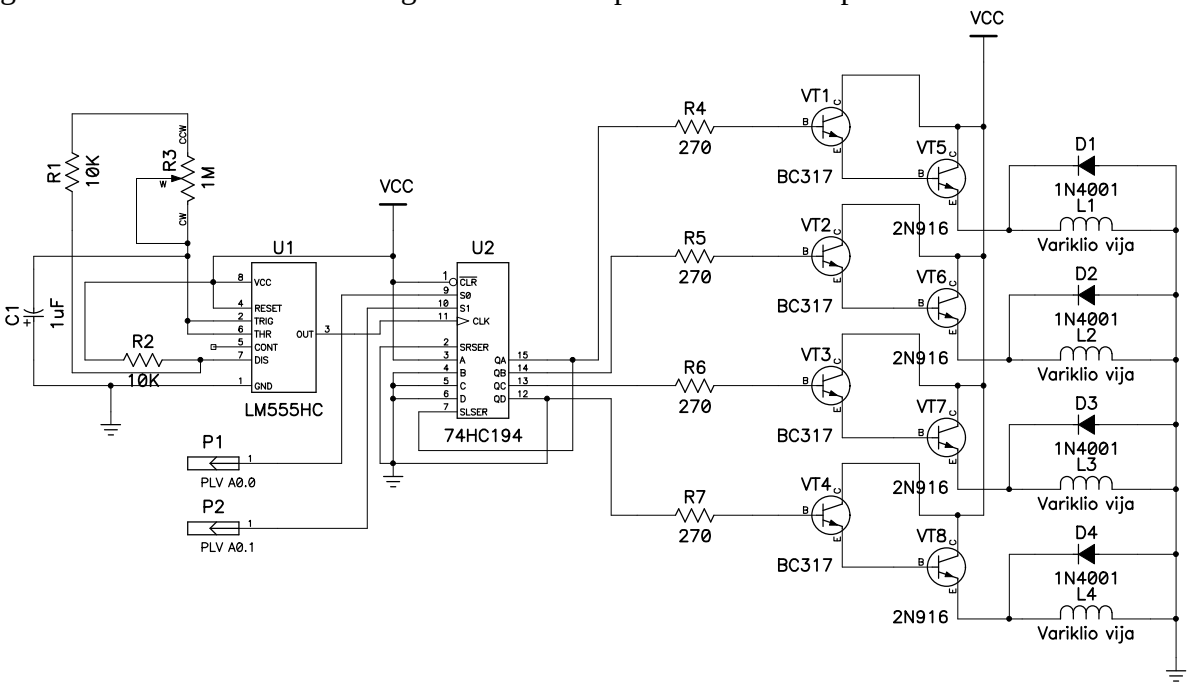
5.4.3. Žingsninių variklių valdymo schemos

Vienpoliario (hibridinio) žingsninio variklio valdymo schema. Variklis turi dvi apvijas su vidurinėmis atšakomis 1, 2 (5.45 pav., b). Atšakos jungiamos prie maitinimo šaltinio +U. Apvijų galai 1a, 1b, 2a, 2b jungiami prie tarpinių stiprintuvų, kurie veikia kaip jungikliai.



5.45 pav. Vienpoliario žingsninio variklio prijungimo schema

Į stiprintuvus padavus atitinkamo dažnio impulsų seką, variklis, priklausomai nuo impulsų sekos, sukasi į vieną ar į kitą pusę. Nesudėtinga valdymo schema, sudaryta iš generatoriaus ir universalaus registro 74HC194 pavaizduota 5.46 pav.

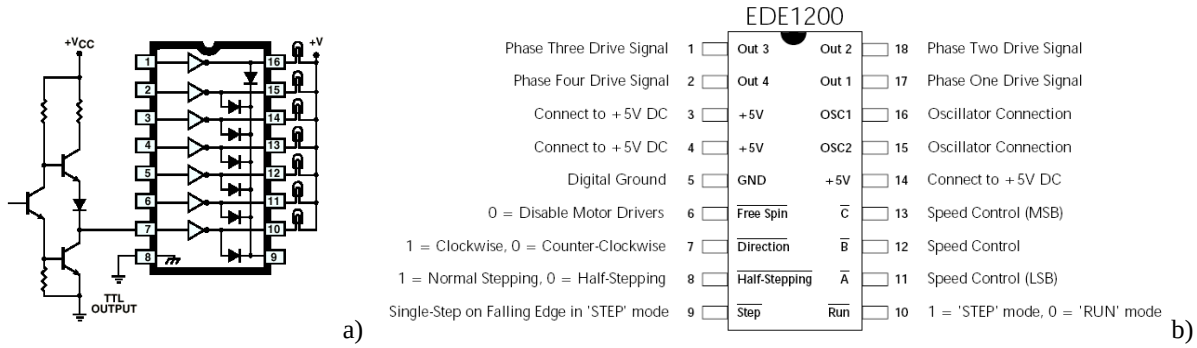


5.46 pav. Vienpoliario žingsninio variklio tranzistorinė valdymo schema

Generatorius sudarytas iš lusto LM555 ir jį papildančių elementų. Jis formuoja impulsus, kurie patenka į universalaus registro 74HC194 įėjimą CLK. Šis registras turi du valdymo įėjimus S0 ir S1. Jei viename iš jų yra loginis 1, o kitame loginis 0, kiekvienas generatoriaus impulsas nuosekliai perstumia registro išėjime esančią informaciją. Schemos įjungimo metu į įėjimą A1 yra įrašomas 1, o į įėjimus B1, C1, D1 įrašomas loginis nulis, nes jie prijungti prie bendro laido. Registro išėjime gaunamas kodas 1000. Jis ir perstumiamas. Gauname seką: 1000, 0100, 0010, 0001, ir t. t. Gauta impulsų seka patenka į tranzistorinius jungiklius (buferius). Tranzistoriai paeiliui atsidarinėdami ir užsidarinėdami praleidžia sroves per atitinkamas žingsninio variklio apvijas. Rotorius sukasi. Sūkių krypties pakeitimui pakanka invertuoti valdymo signalus. Jei abu valdymo signalai 0, variklis sustoja.

Yra gaminami specializuoti vienpoliarinių variklių valdymo lustai. Tai TCA 3727 (Siemens), PLB 3770 (Ericsson), EDE1200. Tarpiniai stiprintuvai gali būti realizuoti kaip lustas ULN2023 (5.47 pav., a). Variklio apvijos jungiamos prie išėjimų 10 ÷ 16. Išvadas 9 jungiamas prie +V. Valdymo signalų seka patenka į 1 ÷ 7 išvadus. Prie šio lusto galima

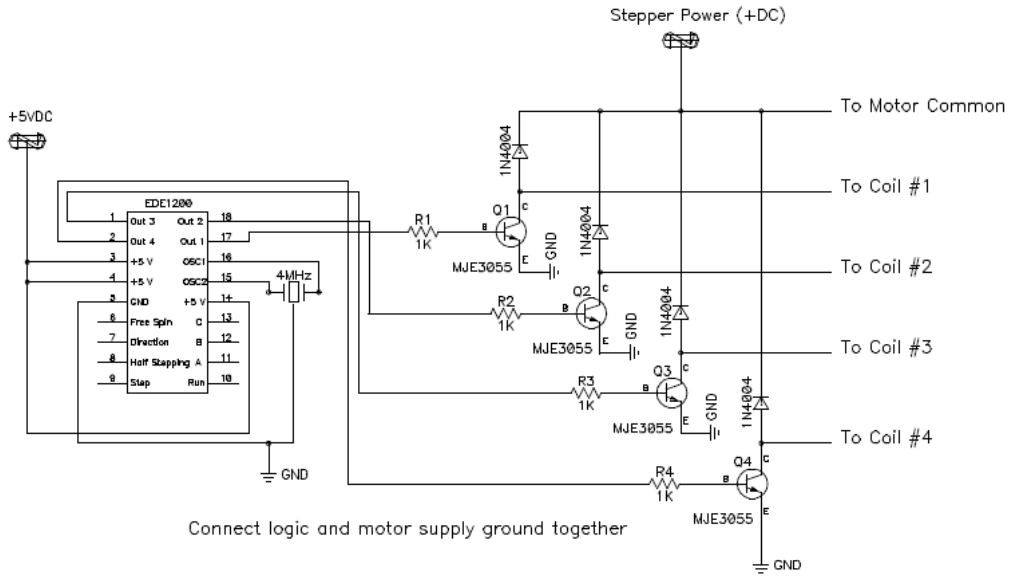
prijungti 7 apvijas.



a) b)

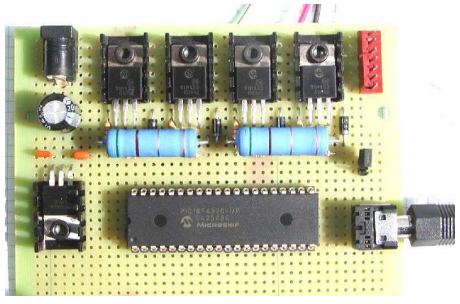
5.47 pav. Specializuoti lustai: a) ULN2023, b) EDE1200

Schema su lustu EDE1200 parodyta 5.48 pav. Valdymo impulsų seka gaunama išvaduose 1, 2, 17, 18. Iš jų impulsai patenka į tranzistorinius stiprintuvus. Variklio apvijos jungiamos tarp maitinimo šaltinio +U ir tranzistorių kolektorių. Impulsų generatorius integruotas luste. Jo dažnį apsprendžia kvarcinis rezonatorius. Schema gali generuoti įvairias signalų sekas: normalaus, pilno ir pusinio žingsnio.



5.48 pav.Vienpoliarinio žingsninio variklio valdymo schema su specializuotu lustu

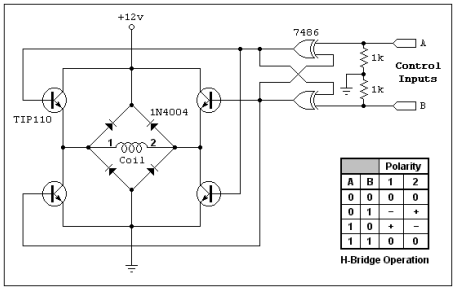
Žingsninį variklį valdyti gali ir mikrovaldiklis (pvz., PIC16F84). Jo prievade PORTA 4-iose linijose formuojama impulsų seka. Linijos prijungiamos prie stiprintuvų. Vietoje atskirų stiprintuvų galima panaudoti lustą ULN2023.



5.49 pav. Vienpoliario žingsninio variklio valdiklis su mikrovaldikliu

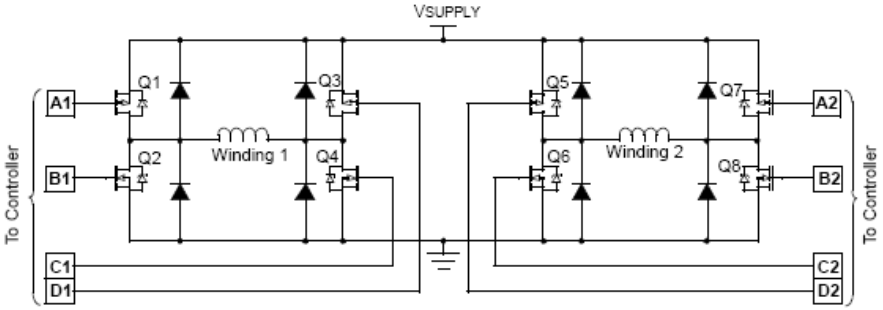
Dvipoliario žingsninio variklio valdymo schema sudėtingesnė. Šis variklis turi dvi apvijas, kuriose, varikliui sukantis, srovė keičia kryptį. Variklio kiekviena apvija jungiama į

atskirą H-tiltelio (H-Bridge) schemą (5.50 pav.).



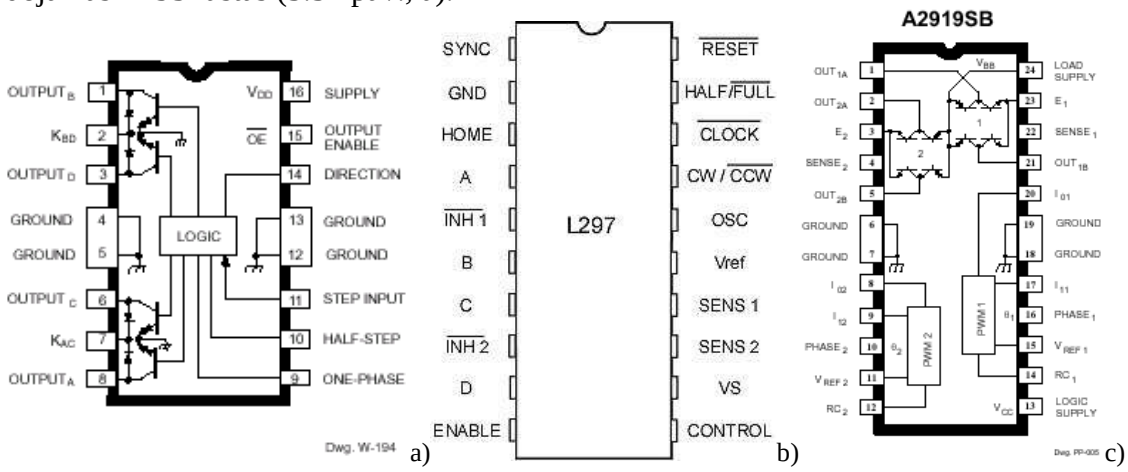
5.50 pav. H-tiltelio schema

4 diodai apsaugo tranzistorius nuo pramušimo (inversinės įtampos). Valdymui reikia dviejų loginių signalų A ir B ir papildomo loginio elemento 7486. Tranzistoriai atsidaro arba užsidaro poromis. Variklio valdymui reikia dviejų tokių schemų (5.51 pav.).



5.51 pav. Dvipoliario žingsninio variklio valdymo schema

Dviejų H-tiltelio schemų valdymui reikia 8 signalų. Juos formuoja specializuoti lustai arba mikrovaldiklis. Dažnai naudojama lustų L297/298 pora (5.54 pav.). Pirmasis lustas generuoja valdymo impulsus, o antrasis valdo variklio apvijų sroves. Taip pat dažnai naudojamas L293 lustas (5.52 pav., a).

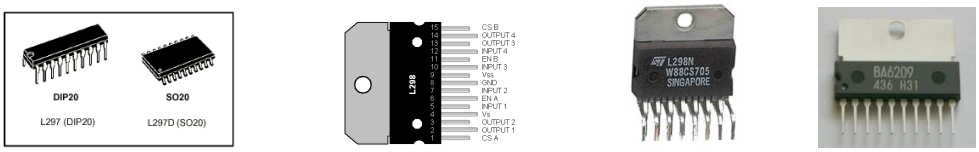


5.52 pav. Dvipoliario žingsninio variklio valdymo lustai: a) L293, b) L297, c) A2919SB

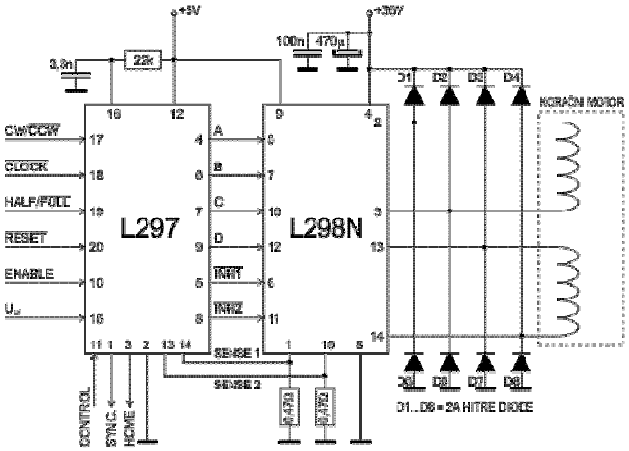
Dažnai lustas turi savyje tik vieną H – tiltelį (BA6209). Tada vieno dvipoliario variklio valdymui prireiks dviejų valdymo lustų. Yra viena problema naudojant H – tiltelio schemą. Prie tam tikros įėjimo signalų kombinacijos (abu signalai 1) atsidaro visi tiltelio tranzistoriai ir užtrumpina variklio maitinimo šaltinį. Tai gali sugadinti maitinimo šaltinį ir/arba tranzistorius. Kad to neatsitiktų, impulsai sekoje turi turėti specialią formą.

H – tiltelio schemos teigiama savybė – ji turi elektrinius “stabdžius”, kurie gali būti

panaudojami variklio sustabdymui. Tai įvyksta, kai abi variklio apvijos sujungiamos tarpusavyje. Jose atsirandanti saviindukcijos evj sukuria stabdymo srovę.

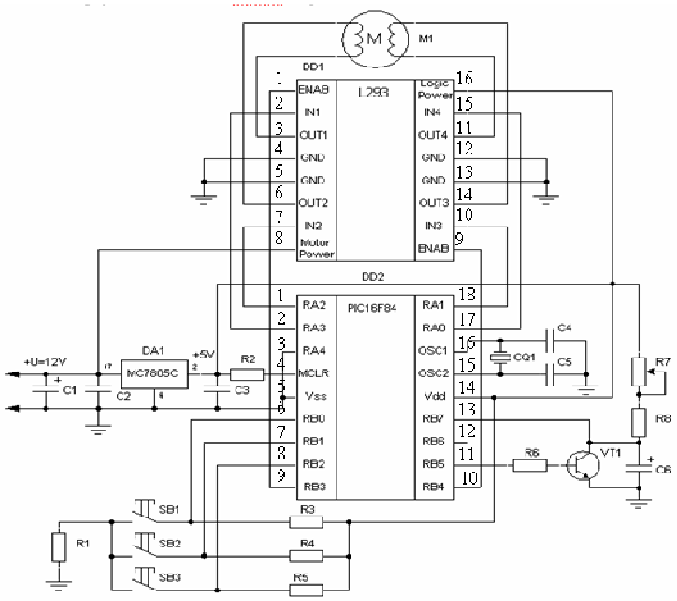


5.53 pav. Dvipoliario žingsninio variklio valdymo lustai



5.54 pav. Žingsninio dvipoliario variklio valdymo schema su 297 ir 298 lustais

Šioje schemoje į 297 lusto išvadą 18 turi patekti taktiniai impulsai. Juos formuoja papildomas impulsų generatorius. Išvado 17 signalas keičia sūkių kryptį, o 19 – keičia darbo režimą (pusinis arba pilnas žingsnis). Išvado 10 signalas įjungia arba išjungia variklį.

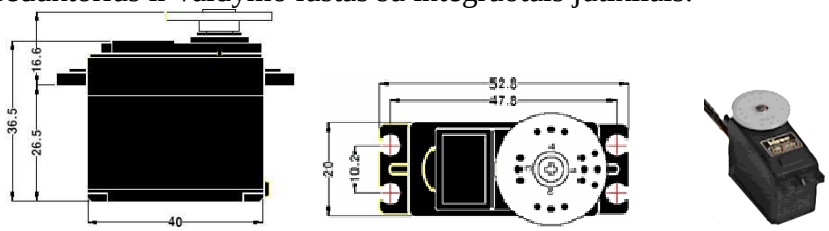


5.55 pav.Žingsninio dvipoliario variklio valdymo schema su mikrovaldikliu

Šioje schemoje lustą L297 pakeitė mikrovaldiklis PIC16F84. Jis generuoja impulsų seką, pagal įrašytą programą. Schemai nereikalingas papildomas impulsų generatorius. Lustas L293 valdo sroves variklio apvijose. Jis analogiškas L298 lustui. Schemoje galima keisti sūkių dažnį potenciometru R7. Variklis valdomas mygtukais: pirmyn, atgal, stop.

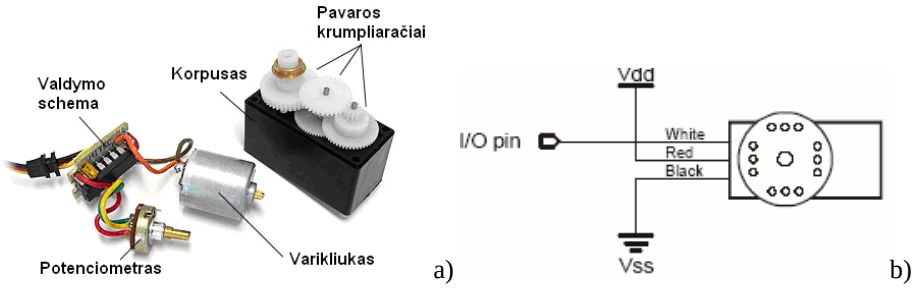
5.5. SERVO MECHANIZMAI

Automatikos įtaisuose (robotuose) plačiai naudojamos specialios elektros pavaros – servo mechanizmai. Juos sudaro nuolatinės srovės variklis su pastoviais magnetais, krumpliaratinis reduktorius ir valdymo lustas su integruotais jutikliais.



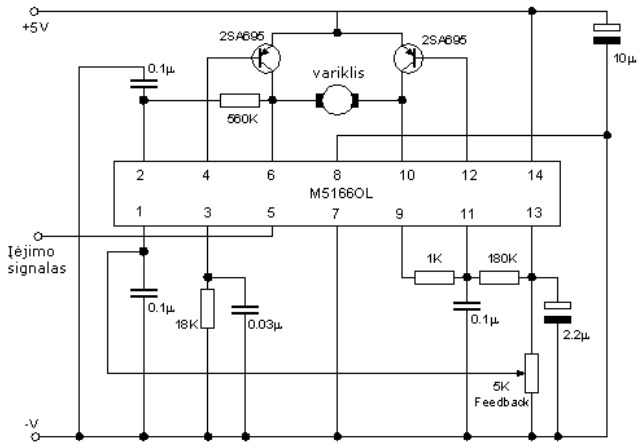
5.56 pav. „HITEC“ firmos HS-325HB tipo servo mechanizmo matmenys

Servo mechanizmo pagrindiniai mazgai parodyti 5.57 pav., a. Potenciometru nustatoma pradinė ašies padėtis. Viename krumpliaratyje yra kaištis, o kitame – atrama. Kai ašis pasisuka 90 laipsnių į vieną ar kitą pusę, kaištis atsiremia į atramą. Tada variklyje padidėja srovė. Tai valdymo luste užfiksuoja srovės jutiklis ir įtampa atjungiama nuo variklio. Servo mechanizmą galima modernizuoti. Galima išardyti mechanizmą ir nupjauti kaištį. Tada ašis suksis visą laiką, kol bus valdymo impulsai.



5.57 pav. Servo mechanizmas: a) dalys, b) prijungimas

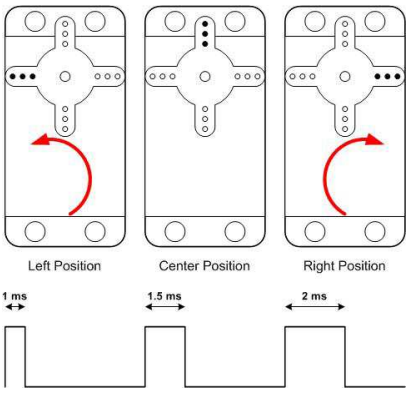
Servo mechanizmas prijungiamas trimis laidais: raudonas – Vdd, juodas – bendras (Vss), baltas laidas signalinis. Per pastarąjį patenka valdymo signalai.



5.58 pav.. Servo mechanizmo elektros principinė schema

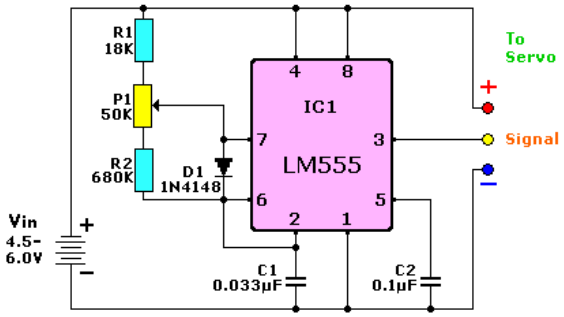
Servo mechanizmo principinė elektros schema parodyta 5.58 pav. Pagrindinis elementas yra nuolatinės srovės variklis. Variklį valdo specializuotas lustas M51660L. Jo signalus sustiprina tranzistoriai. Kai įėjime yra impulsai, lustas fiksuoja jų trukmę ir formuoja valdymo signalus išvaduose 4 ir 12. Šie signalai atidaro vieną ar kitą tranzistorių ir variklis sukasi į vieną ar kitą pusę.

Servo mechanizmas valdomas siunčiant jam pastovaus dažnio ir amplitudės, bet skirtingos trukmės impulsus. Servo mechanizmas pasisuks nuo neutralios padėties į kairę 90^0, kai impulsų trukmė bus 1,0 ms. Pasisuks į padėtį 0^0 , kai impulsai bus 1,5 ms trukmės ir 90^0 į dešinę nuo neutralios padėties, kai impulsai bus 2,0 ms trukmės (5.59 pav.).



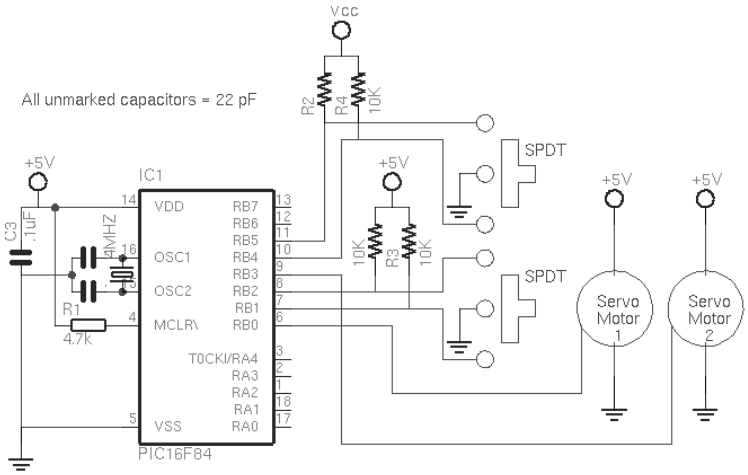
5.59 pav. Impulsų trukmė ir posūkio kampas

Valdymo signalus formuojanti schema parodyta 5.60 pav. Impulsai gaunami lusto išvade 3. Impulsų trukmė keičiama potenciometru P1. Servo mechanizmas sukasi, kol į jį patenka impulsai. Impulsų periodas apie 20 ms (50 Hz).



5.60 pav. Servo mechanizmo bandymo schema

Valdymo impulsus gali formuoti ir mikrovaldiklis. 5.61 pav. parodyta roboto su dviem servo mechanizmais elektros principinė schema. Prie kiekvieno servo mechanizmo yra pritvirtintas roboto ratas. Mikrovaldiklis formuoja valdymo signalus pagal įrašytą programą. Jungikliai SPDT keičia sukimosi kryptį.



5.61 pav. Roboto elektros principinė schema

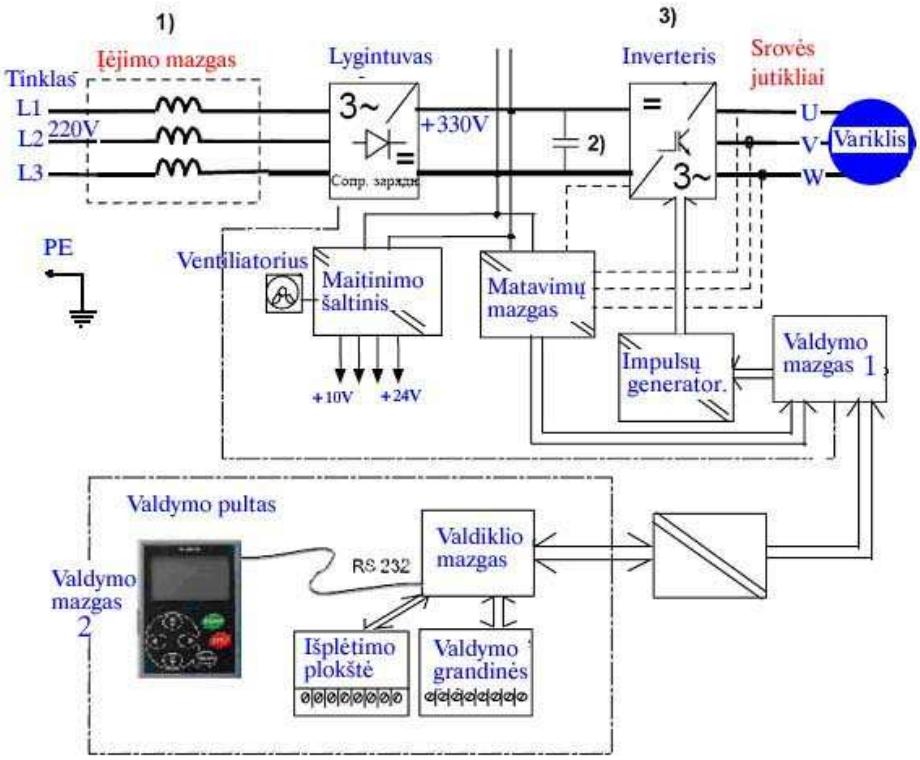
5.6. DAŽNIO KEITIKLIAI

Tai elektronikos įtaisai, vienfazę ar trifazę kintamą įtampą keičiantys į trifazę įtampą, kurios dažnis gali būti keičiamas. Jis keičiamas nuo nulio iki maksimalaus dažnio, kuris gali būti nuo 50 Hz iki 400 Hz. Tai priklauso nuo dažnio keitiklio modelio. Prie dažnio keitiklio prijungiamas trifazis variklis. Jei išėjimo įtampos dažnis mažas, trifazis variklis sukasi lėtai, o jei dažnis nulis – variklis nesisuka. Didinant išėjimo įtampos dažnį variklio sūkių dažnis didėja. Dažnis keičiamas sukant mažos galios potenciometro rankenėlę. Taip pat galima keisti variklio sukimosi kryptį. Tai pats pažangiausias kintamos srovės variklių valdymo būdas.

Panagrinėkime „Vacon“ firmos dažnio keitiklius. Jų šeima parodyta 5.62 pav. Įvairūs modeliai skiriasi galia. Galia gali būti nuo 0,37 kW iki 1,5 kW.

5.62 pav. „Vacon“dažnio keitiklių šeima

Keitiklis NXL0006 2 maitinamas iš vienfazio elektros tinklo ~220 V ±10%, 50 Hz. Išėjime gaunama trifazė įtampa, kurios dažnis keičiasi nuo 0 Hz iki 50 Hz. Dažnio keitiklio sandaros schema parodyta 5.63 pav.

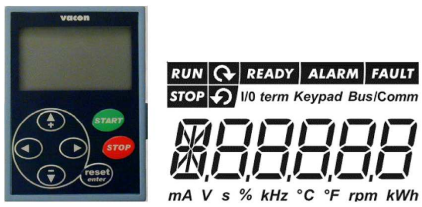


5.63 pav. NXL 0006 2 dažnio keitiklio sandaros schema

Keitiklis gali būti jungiamas prie vienfazio elektros tinklo L1 ir L2 arba prie trifazio tinklo L1, L2, L3. Įėjime gali būti trikdžių filtras – įėjimo mazgas. Tinklo įtampa išlyginama

ir gaunama nuolatinė apie 330V įtampa. Ji patenka į inverterį, kuris iš nuolatinės įtampos suformuoja sinusinės formos trifazę įtampą. Trifazė įtampa per gnybtus U, V, W patenka į trifazį variklį. Vidinis maitinimo šaltinis formuoja 10 V ir 24 V pagalbines nuolatines įtampas. Jos skirtos valdymo grandinių bei jutiklių maitinimui.

Matavimų mazgas kontroliuoja išlygintą įtampą. Jei ji padidėja, jo signalas paveikia per valdymo mazgą 1 impulsų generatorių taip, kad jo formuojamų valdymo impulsų trukmė mažėtų ir išėjimo įtampų amplitudė nesikeistų. Valdymo mazgas 1 valdo impulsų generatorių. Į jį patenka signalai iš valdymo grandinių, esančių valdymo mazge 2. Jame yra valdymo pultas, valdiklio mazgas ir valdymo grandinių prijungimo jungtys. Valdiklio mazgą per sąsają RS232 galima prijungti prie kompiuterio. Valdymo pultu arba kompiuteriu galima užprogramuoti valdiklio mazgą ir išėjimo įtampų dažnį keisti pagal programą. Pulto displėjuje galima matyti įvairią informaciją. Pvz.: sūkių dažnį, išėjimo įtampos dažnį, keitiklio temperatūrą ir t. t.

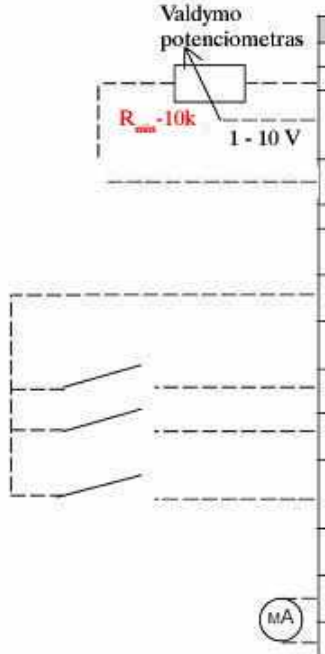


5.64 pav.Valdymo pultelio displėjus

Valdymo grandinių (pvz. valdymo potenciometro) suformuoti signalai patenka į valdiklio mazgą. Jis suformuoja valdymo signalus, kurie per valdymo mazgą 1 veikia impulsų generatorių ir keičia išėjimo įtampų dažnį.

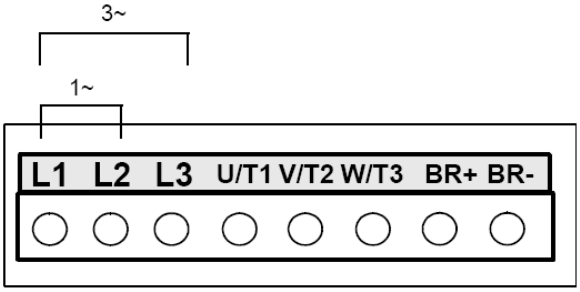
Išoriniai komponentai prijungiami per jungtis. Jungčių kontaktų paskirtis parodyta lentelėje 5.1.

5.1 lentelė. Jungčių kontaktų paskirtis



Gnybtas		Signalas	Paaiškinimas
1	+10V	Atraminė įtampa	Potenciometro maitinimas iki 10mA
2	AI1+	Analoginis įėjimas 0 - 10 V nuolat. įtampa	Įtampos įėjimas, dažnio keitimas. Galima programuoti kaip DIN4
3	AI1-	Valdymo grandinių įžeminimas	Įžeminimo gnybtas
4	AI2+	Analoginis įėjimas įtampa 0 - 10 V arba srovė 0/4 -20mA	Srovės įėjimas, dažnio keitimas
5	AI2-/ GND		
6	+24V	Pagalbinis maitinimo šaltinis	Jungiklių, daviklių maitinimas. Iki 0,1 A
7	GND	Valdymo grandinių įžeminimas	Įžeminimo gnybtas signalams
8	DIN1	Variklio įjungimas	Variklis sukasi, kai kontaktas įjungtas
9	DIN2	Reversas. Galima programuoti	Variklis sukasi atgal kai kontaktas įjungtas
10	DIN3	1 fiksuoto greičio parinkimas Galima programuoti	Kai kontaktas įjungtas fiksuotas greitis
11	GND	Valdymo grandinių įžeminimas	Įžeminimo gnybtas signalams
18	AO1+	Dažnio matuoklis Analoginis išėjimas	Programuojamas Diapazonas 0 -20/ Rmax. 500 omų
19	AO1-		
A	RS 485	Nuosekli magistralė	Diferencialinis imtuvas/siųstuvas
B	RS 485	Nuosekli magistralė	Diferencialinis imtuvas/siųstuvas
30	+24V	Papildomas maitinimo šaltinis	Valdymo grandinių rezervinis maitinimo šaltinis
21	RO1	1 relinis išėjimas GEDIMAS	Programuojamas
22	RO1		
23	RO1		

Išėjimo įtampos dažnis gali būti keičiamas, keičiant įtampą 2-ame gnybte. Tam reikalingas potenciometras, kuris maitinamas iš keitiklio vidinio 10V maitinimo šaltinio. Potenciometro varža ne mažesnė nei 10 kΩ. Variklis įjungiamas sujungus valdymo mygtuką, kuris prijungtas prie gnybto 8. Per jį į valdymo įėjimą patenka +24 V įtampos signalas iš vidinio maitinimo šaltinio. Prie gnybtų 18, 19 prijungto miliampermetro skalė sugraduota Hz ir rodo išėjimo įtampos dažnį.



5.65 pav. Galios jungtis

Jei jungiamas trifazis elektros tinklas, panaudojamos visos L1, L2, L3 jungtys. Jei tinklas vienfazis – L3 lieka laisva. Variklis jungiamas prie U, V, W gnybtų. Prie gnybtų BR jungiamas stabdymo įtaisas.

5.6. VARIKLIAI. KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Vykdymo mechanizmas su elektros varikliais. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
2. Nuolatinės srovės variklis. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
3. Kodėl variklio įjungimo metu ir darbo metu teka skirtinga srovė?
4. Varikliai su pastoviais magnetais.
5. Apibūdinkite plokščiąjį variklį.
6. Nuolatinės srovės variklių įjungimo schemos: nereversinės ir reversinės. Lustų taikymas jose.
7. Kintamos srovės sinchroninis variklis. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
8. Apibūdinkite variklio sūkio momentą.
9. Kintamos srovės asinchroninis variklis. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
10. Apibūdinkite terminą slydimas.
11. Vienfazis (kondensatorinis) variklis. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
12. Universalus kolektorinis variklis. Jo ypatumai.
13. Varikliai su padėties jutikliais: dvifaziai ir trifaziai. Konstrukcija, veikimas.
14. Apibūdinkite variklio su padėties jutikliais valdymo signalus.
15. Variklių valdymo lustai, jų tipai.
16. Apibūdinkite nekontaktinį variklį.
17. Neinercinis variklis. Konstrukcijos ypatumai.
18. Reaktyvinis sinchroninis variklis. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
19. Apibūdinkite reduktorinį variklį.
20. Apibūdinkite pjezoelektrinį variklį.
21. Žingsniniai varikliai: vienpoliaris, dvipoliaris, su kintama magnetine varža. Konstrukcija, veikimas, panaudojimas.
22. Kondensatorinio variklio jungimo schemos.
23. Sūkių dažnio reguliavimo būdai.
24. Žingsninių variklių valdymo schemos. Specializuoti lustai.
25. Apibūdinkite žingsninio variklio valdymo signalus ir nubraižykite grafikus.
26. Žingsninio variklio prijungimas prie lusto.

UŽDUOTYS

1. Kai šviesu, variklis sukasi į vieną pusę, kai tamsu – į kitą. Nubraižykite elektros principinę schemą ir surašykite orientacinius komponentų nominalus.
2. Iš lietaus vandens šulinio vandenį pumpuoja du siurbliai. Kai vandens nėra, abu siurbliai išjungti. Vandeniui pakilus iki tam tikro lygio įjungiamas vienas siurblys. Jei vandens lygis toliau kyla, prie kito lygio įjungiamas ir antras siurblys. Nubraižykite elektros principinę schemą.
3. Spustelėjus mygtuką kondensatorinis variklis pradeda suktis. Po kurio laiko sustoja. Nubraižykite elektros principinę schemą, panaudodami LM555 lustą.

6. PNEUMATIKOS PAGRINDAI

Tikslai:

- paaiškinti pneumatikos ir elektropneumatikos komponentų konstrukciją ir veikimą;
- sudaryti ir paaiškinti pneumatikos ir elektropneumatikos schemas;
- sumontuoti pneumatikos ir elektropneumatikos schemą;
- diagnozuoti pneumatikos ir elektropneumatikos įtaisų gedimus.

Šiame kurso skyriuje paaiškinama pneumatikos komponentų klasifikacija ir pateikiami jų sutartiniai žymėjimai. Nagrinėjama dažniausiai naudojamų pneumatikos ir elektropneumatikos komponentų konstrukcija ir veikimas.

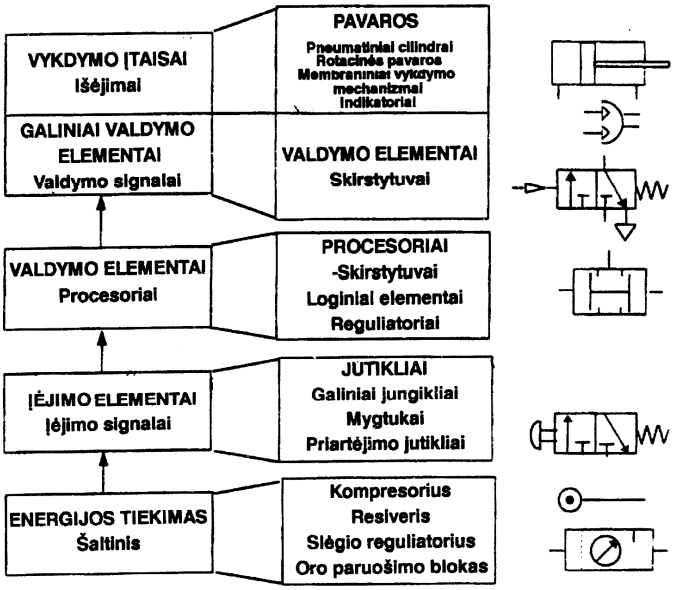
Literatūra

- CROSER, P. *Pneumatika*: bazinis lygis TP101: mokomoji knyga. Kaunas: UAB Festo, 2000. ISBN 995543029X.

6.1. PNEUMATINĖS SISTEMOS SANDARA

Pagal naudojamos energijos rūšį automatikos sistemos skirstomos į elektrines, pneumatines, hidraulines ir kombinuotas. Elektrinėse sistemose naudojamą įtampą ir srovę pneumatinėse sistemose atitinka oro slėgis ir oro srautas. Kombinuotose sistemose, pvz., elektropneumatinėse, valdymo dalis būna elektrinė, o galiniai valdymo elementai ir vykdymo įtaisai – pneumatiniai.

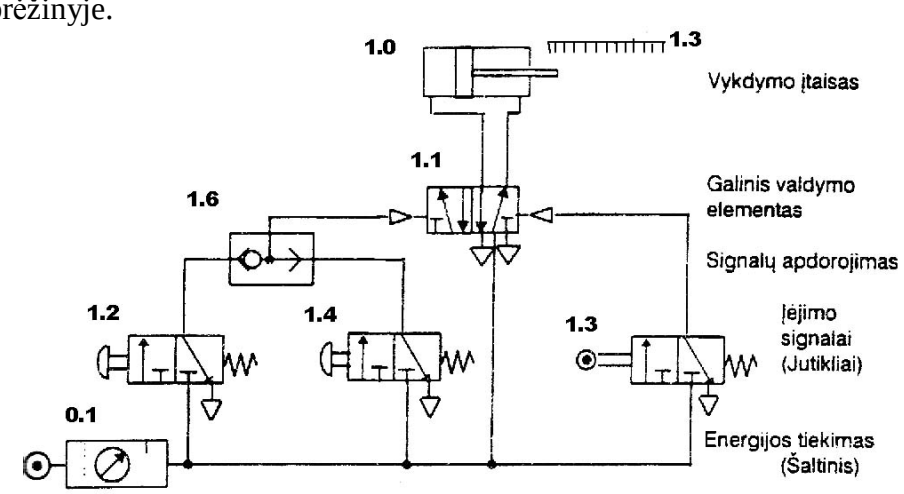
Pneumatine valdymo sistema laikomas tam tikru būdu sujungtų pneumatinių įtaisų rinkinys. Jis formuoja tam tikro dydžio išėjimo signalus priklausomai nuo valdymo objekto būsenos ir išorinių valdymo poveikių. Sistemos sandara pavaizduota 6.1 pav. Pneumatiniai signalai dažniausiai naudojami pneumatinėse technologinių parametrų reguliavimo sistemose sprogioje ar drėgnoje aplinkoje. Jie valdo galinius reguliavimo sistemų elementus, kai kita sistemos dalis yra elektrinė. Pneumatiniai signalai gali būti naudojami didelių vožtuvų ar kitų didelės galios įrengimų valdymui.



6.1 pav. Pneumatinės sistemos sandara

Pneumatinės sistemos elementai (6.2 pav.) vaizduojami simboliais, nurodančiais

elementų funkcijas. Konkrečiai užduočiai spręsti reikalingi elementai ir jų tarpusavio sąveika vaizduojama principinėje schemoje. Elementai principinėje schemoje turi būti išdėstyti taip, kaip valdymo sistemoje sklinda informacijos srautai, t.y. signalas turi būti perduodamas iš schemos apačios į viršų. Į schemą turi būti įjungtas ir energijos šaltinis. Energijos šaltinį vaizduojantys elementai pateikiami schemos apačioje. Energijos šaltinio simbolinis atvaizdas gali būti supaprastintas ar detalizuotas. Didesnėse schemose energijos tiekimo dalį (paruošimo modulį, įjungimo vožtuvą, įvairius paskirstymo prijungimus) galima pavaizduoti atskirame brėžinyje.



6.2 pav. Pneumatinės principinės schemos pavyzdys: 1.0-cilindras, 1.1-skirstytuvas, 1.6-loginis elementas, 1.2 ir 1.4-valdymo mygtukai, 1.3-jutiklis, 0.1-oro paruošimo mazgas

Šioje schemoje, spustelėjus mygtuką 1.2 arba 1.4, perjungiamas skirstytuvas ir cilindro kotas išstumiamas. Kai kotas pasiekia galinę padėtį, suveikia jutiklis 1.3 ir perjungia skirstytuvą atgal. Cilindro kotas įtraukiamas. Kaip matote, schemoje mygtukai ir jutiklis labai panašūs. Bet jutiklio padėtis yra pažymėta jutiklių išdėstymo liniuotėje, kuri yra prie cilindro. Mygtukai liniuotėje nežymimi.

Sudarant pneumatikos sistemas elementus vaizduojantys simboliai privalo atskleisti tokias charakteristikas:

- elemento funkcijas;
- jo įjungimo ir išjungimo metodus;
- prievadų kiekį;
- elemento būsenų kiekį;
- bendrą veikimo principą;
- supaprastintą oro srauto kelią.

Simboliai neatspindi tokių charakteristikų:

- elemento dydžio ir jo matmenų;
- gamintojo, gamybos ypatumų bei kainos;
- prievadų orientacijos;
- fizinių elemento detalių.

Pneumatikoje naudojami simboliai reglamentuojami standartu DIN IS0 12 "Srautinių įtaisų ir sistemų grandinių simboliai".

6.2. PNEUMATINIŲ SCHEMŲ KOMPONENTAI

Komponentai gali būti diskretiniai ir analoginiai. Pagrindiniai diskretiniai pneumatikos elementai yra:

- vožtuvai;
- loginiai elementai;
- vykdymo įtaisai.

Pagrindiniai analoginiai pneumatikos elementai yra šie:

- membraniniai elementai;
- droseliai;
- pneumotalpos;
- pagalbiniai elementai.

6.2.1.Vožtuvai

Vožtuvų paskirtis yra formuoti, keisti, panaikinti pneumatinius signalus. Vožtuvai atlieka jutiklių, loginių ar vykdymo įtaisų funkcijas, nukreipia suspausto oro srautą iš tiekimo linijos vykdymo įtaisams valdyti. Jie grupuojami pagal paskirtį, valdymo signalo pobūdį, veikimo principą, konstrukciją.

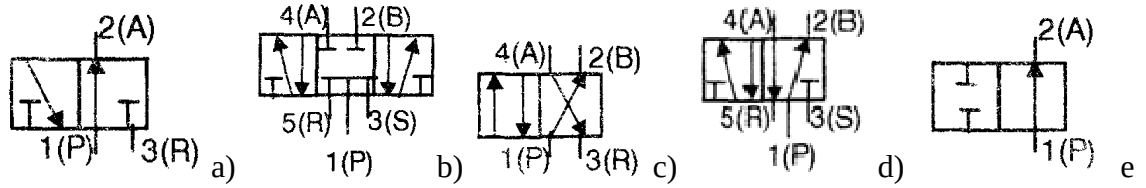
Svarbiausios vožtuvų grupės:

- skirstytuvai;
- valdymo signalų formuotuvai;
- atbuliniai vožtuvai;
- oro srauto reguliatoriai;
- slėgio reguliavimo vožtuvai;
- greito išmetimo vožtuvai;
- slėgio relės;
- pneumatinės laiko relės.

Skirstytuvai panaikina ar nukreipia oro srautą reikiama kryptimi. Jie, veikiami valdymo poveikių (pvz., mechaninės jėgos), formuoja pneumatinius signalus. Skirstytuvai gali būti vožtuviniai arba plunžeriniai. Vožtuviniai tinka nedidelio debito oro srautams valdyti, įėjimo signalams arba tarpiniams valdymo signalams formuoti. Plunžeriniai gali valdyti didesnio debito oro srautus, todėl jie tinka vykdymo įtaisams valdyti ir naudojami galios grandinėse. Jie būna didesnių matmenų, turi didesnių skersmenų angas.

Skirstytuvų parametrai:

- angų skaičius – 2, 3, 4, 5 ir t. t.;
- fiksuotų padėčių skaičius – 2, 3 ir t. t.;
- valdymo būdas – rankinis, pneumatinis, elektrinis;
- grąžinančios jėgos šaltinis – spyruoklė, suslėgtas oras;
- specialios valdymo sąlygos.



6.3 pav. Skirstytuvų tipai: a) 3/2, pradžioje atidarytas, b) 5/3, vidurinėje padėtyje uždarytas, c) 4/2, d) 5/2, e) 2/2, pradžioje atidarytas

Skirstytuvai vaizduojami, nurodant valdomų prijungimų ir galimų padėčių kiekį, pvz., 3/2. Tai reiškia, kad skirstytuvas turi 3 angas (portus) ir dvi padėtis. Kiekviena padėtis

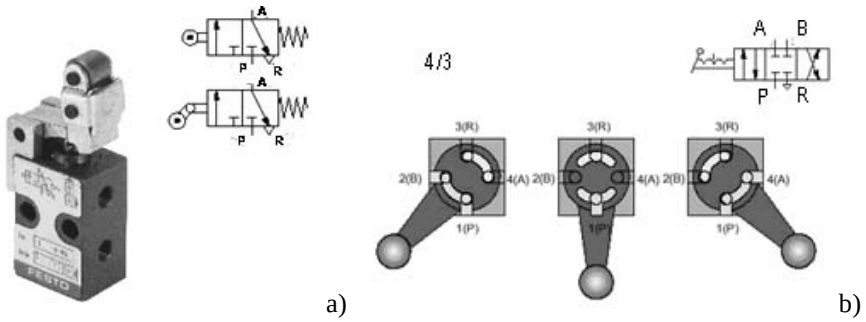
vaizduojama atskiru kvadratu. Nuorodos prie prievadų yra labai svarbios, kai elementus vaizduojantys simboliai ir patys vožtuvai naudojami realiose sistemose.

Skaitmeninis prievadų žymėjimas reglamentuojamas standartu ISO 5999. Anksčiau prievadai buvo žymimi raidėmis. 6.1 lentelėje pateikiamos abi žymėjimo sistemos.

6.1 lentelė. Pneumatikos komponentų prievadų žymėjimas

Prievadas ar prijungimas	*ISO 5599*	*Raidinė simbolių sistema*
Slėgio prievadas	1	P
Išmetimo prievadas	3	R (3/2-tipo vožtuvams)
Išmetimo prievadai	5,3	R, S(5/2-tipo vožtuvams)
Signaliniai išėjimai	2,4	B, A
Valdymo linija, atidaranti 1-2 kanalą	12	Z (vienpusis valdymas) arba Y (5/2-tipo vožtuvas)
Valdymo linija, atidaranti 1-4 kanalą	14	Z (5/2-tipo vožtuvas)
Išjungianti valdymo linija	10	Z, Y
Pagalbinis valdymo kanalas	81.91	Pz

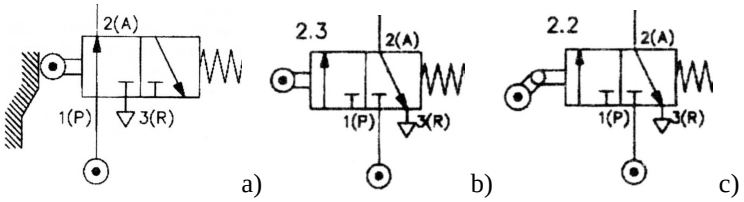
Valdymo signalus formuojantys skirstytuvai gali būti naudojami kaip mygtukai ar pedalai. Taip pat jie gali būti jutikliais, kurie kontroliuoja, pavyzdžiui, pneumatinio cilindro koto eigą. Tokie skirstytuvai yra nedidelių matmenų, nes formuoja mažo debito slėgio impulsus.



6.4 pav. a) valdymo skirstytuvas su ratuku 3/2, pradžioje uždaras, b) trijų padėčių skirstytuvas 4/3

6.4 pav., a pavaizduotas dviejų padėčių skirstytuvas su grąžinimo spyruokle. Jis turi 3 angas, dvi iš jų yra išėjimai: A – signalinis išėjimas, R – išmetimo prievadas. Pro jį išeina oras į atmosferą. P yra maitinimo prievadas. Pradinėje būsenoje skirstytuvo išėjime signalo nėra. Perjungus skirstytuvą signaliniame išėjime A atsiranda pneumatinis signalas. 6.4 pav., b parodytas trijų padėčių skirstytuvas. Jis turi du signalinius išėjimus A ir B. Vidurinėje padėtyje signaliniuose išėjimuose signalo nėra. Perjungus skirstytuvą į vieną pusę, signalas atsiranda viename išėjime, pvz. A, o perjungus į kitą pusę – išėjime B.

Jei skirstytuvas schemoje panaudotas kaip jutiklis, jo padėtis turi būti pažymėta jutiklių liniuotėje, kuri yra prie cilindro (6.2 pav.).

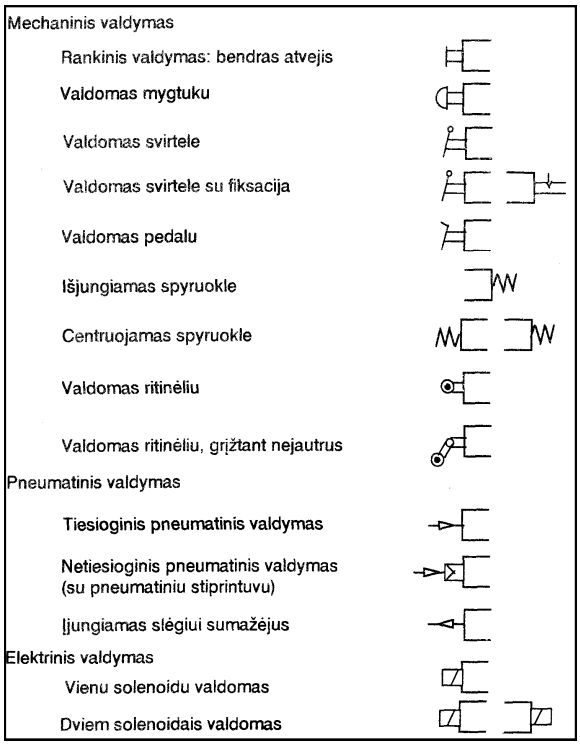


6.5 pav. Jutikliai: a) aktyvus, b) pasyvus, c) pasyvus, suveikiantis tik judant viena kryptim

Jutiklis pradinėje būsenoje gali būti suveikęs, t. y. aktyvus (6.5 pav., a) arba nesuveikęs (6.5 pav., b ir c). Yra kitokių jutiklių, kurie suveikia cilindro kotui judant tik viena kryptim (6.5 pav., c jutiklis suveikia išstumiant cilindro kotą).

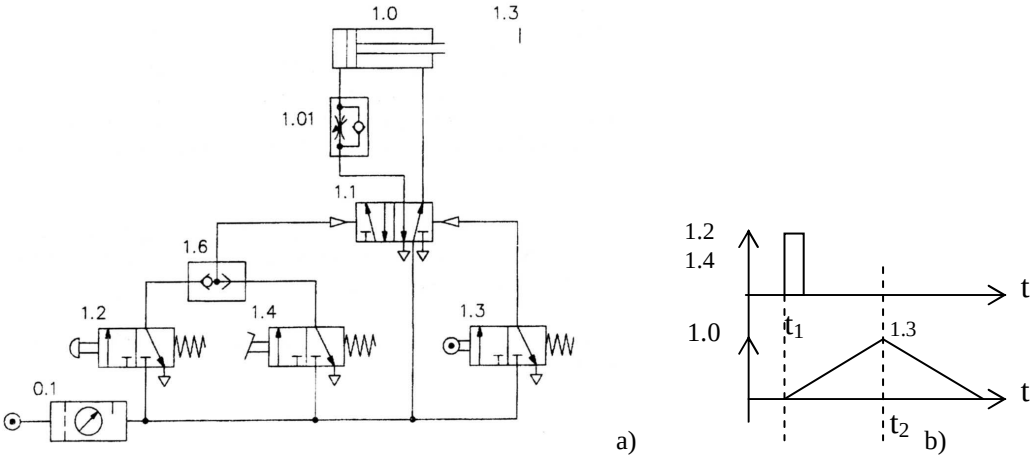
Skirstytuvų valdymo būdas priklauso nuo keliamų reikalavimų. Naudojami įvairūs skirstytuvų valdymo būdai: mechaninis, pneumatinis, elektrinis ir kombinuotas. Valdymo metodo simbolius reglamentuoja standartas IS0 1219.

6.2 lentelė. Skirstytuvų valdymo būdų žymėjimas



6.6 pav. Pneumatinio valdymo skirstytuvai: a) monostabilus arba be atminties, b) bistabilus (su atmintimi)

Skirstytuvai, kurie į pradinę padėtį grąžinami spyruokle, vadinami be atminties arba monostabiliais skirstytuvais (6.6 pav., a). Skirstytuvai, kurie į pradinę padėtį grąžinami atskiru signalu, vadinami su atmintimi arba bistabiliais skirstytuvais.



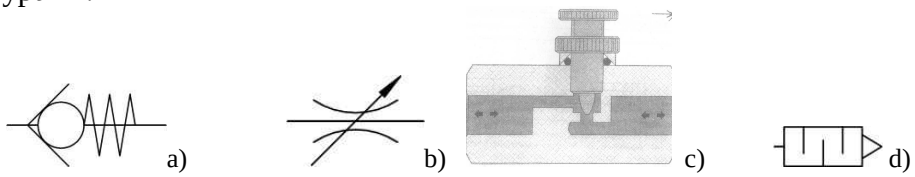
6.7 pav. a) dvikrypčio cilindro valdymo schema, b) darbo diagrama

6.7 pav. parodytoje pneumatikos schemoje 1.2 – skirstytuvas valdomas mygtuku, 1.4

– pedalu, 1.3 – jutiklis, valdomas ritinėliu. Spustelėjus mygtuką 1.2 arba pedalą 1.4, loginio elemento 1.6 išėjime atsiradęs signalas perjungia skirstytuvą 1.1. Jis nukreipia oro srautą į cilindrą ir kotas yra išstumiamas. Kai kotas pasiekia galinę padėtį, suveikia jutiklis 1.3 ir perjungia skirstytuvą atgal. Cilindro kotas įtraukiamas.

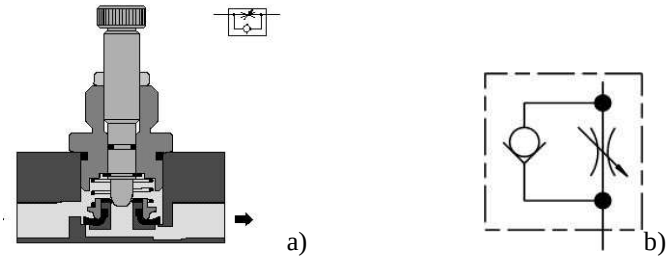
Prie oro išmetimo prievadų R ir S jungiami garso slopintuvai (6.8 pav., d). Schemose jie dažniausiai nežymimi.

Atbuliniai vožtuvai (6.8 pav., a) praleidžia oro srautą viena kryptimi ir blokuoja jį priešinga kryptimi.



6.8 pav. a) atbulinis vožtuvas, b) dvikryptis srauto reguliatorius, c) reguliatoriaus pjūvis, d) garso slopintuvas

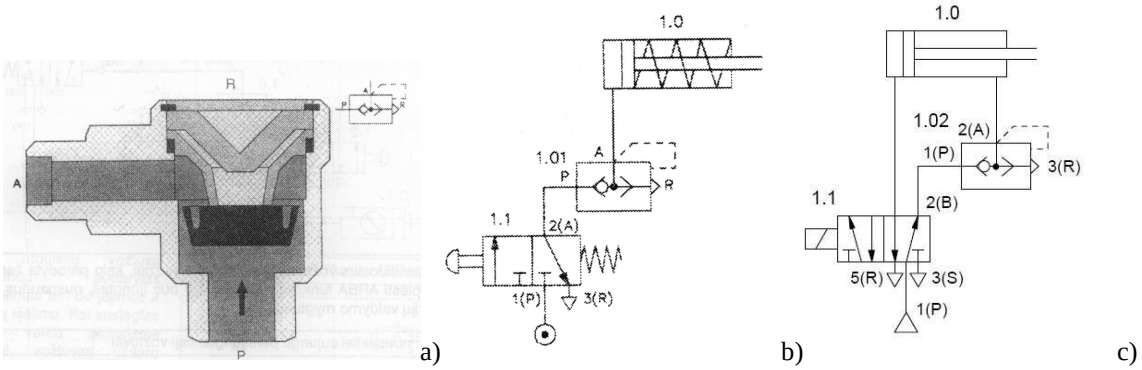
Oro srauto reguliatorius (droselis) apriboja arba prislopina oro tekėjimą tam tikra kryptimi, sumažindamas oro debitą ir taip valdydamas signalo sklidimą. Dvikryptis droselis parodytas 6.8 pav., b, c. Dažniausiai tokie droseliai būna reguliuojami. Sukant varžtą, mažinamas angos skerspjūvis ir mažėja pratekantis oro srautas.



6.9 pav. Vienkryptis droselis: a) pjūvis, b) schema

Dvikryptis oro srauto reguliatorius ir atbulinis vožtuvas sudaro vienkryptį droselį (6.9 pav.). Oras droseliuojamas, kai atbulinis vožtuvas uždaromas. Priešinga kryptim tekantis oras laisvai praeina pro atbulinį vožtuvą. Vienkryptis droselis reguliuoja pneumatinio cilindro koto judėjimo greitį.

Greito išmetimo vožtuvai naudojami cilindro koto įtraukimo greičiui padidinti. Oras iš cilindro neteka pro skirstytuvą, o išmetamas į atmosferą per vožtuvo angą. Vožtuvo pjūvis parodytas 6.10 pav., a. Jis turi maitinimo angą P, signalinio išėjimo angą A ir didelio skersmens angą R.

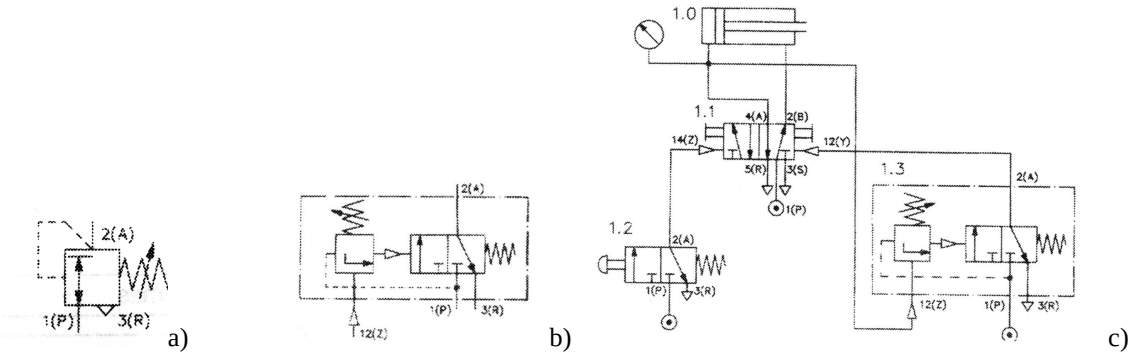


6.10 pav. Greito išmetimo vožtuvas: a) pjūvis, b) vienkrypčio cilindro schemoje, c) dvikrypčio cilindro schemoje

Tiekiant orą iš A prievado pusės, P anga uždaroma, o oras per angą R išmetamas į atmosferą.

Slėgio reguliavimo vožtuvai atlieka tokias funkcijas:

- palaiko reikiamą darbo slėgį kontroliuojamoje linijoje nepriklausomai nuo slėgio svyravimų sistemoje;
- apriboja slėgį resiveryje;
- lygina slėgį kontroliuojamoje linijoje su reikiama jo reikšme ir formuoja poveikio signalą, kai pasiekiamas nustatytas slėgis.



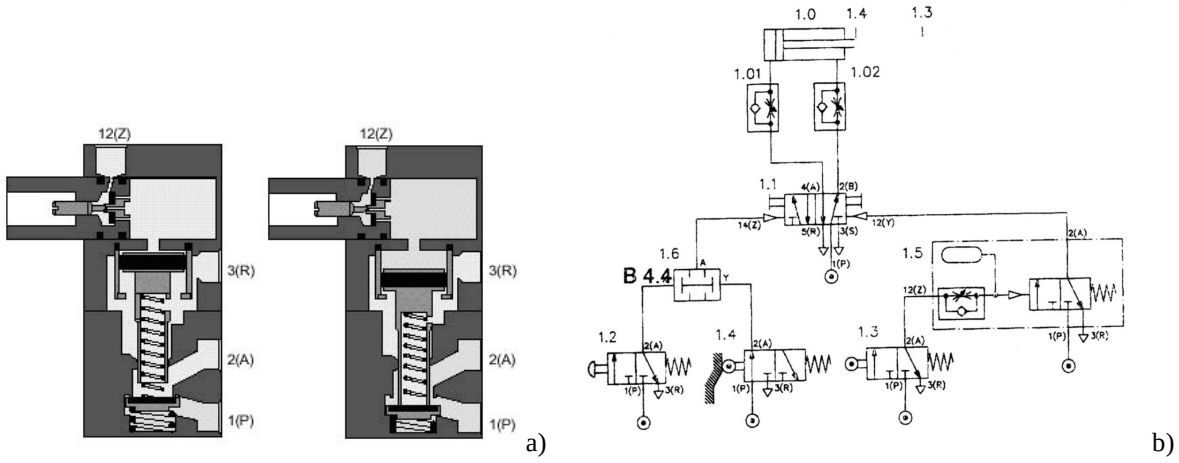
6.11 pav. a) slėgio reguliavimo vožtuvas, b) slėgio relė, c) slėgio relės taikymas

Slėgio reguliatorius (6.11 pav., a) gauna suspaustą orą (prievadas P) iš oro tiekimo mazgo. Jei slėgis išėjime A viršija nustatytą reikšmę, suspaudžiama spyruoklė ir oras išmetamas į atmosferą per prievadą R. Slėgio dydis reguliuojamas keičiant spyruoklės suspaudimą varžtu.

Slėgio relė (6.11 pav., b) suformuoja išėjime signalą, kai slėgis kontroliuojamoje linijoje pasiekia nustatytą dydį. Signaliniame įėjime didėjant slėgiui, vis labiau suspaudžiama spyruoklė. Kai slėgis pasiekia nustatytą reikšmę, persijungia skirstytuvas ir jo išėjime 2 (A) atsiranda signalas. Yra du slėgio relės tipai: uždara ir atvira.

6.11 pav., c parodyta schema su slėgio rele. Kai išstumiamas cilindro kotas, slėgis skirstytuvo išėjime A pradeda didėti. Jis perduodamas į slėgio relės įėjimą Z. Suveikus relei, jos signalas perjungia skirstytuvą atgal ir cilindro kotas įtraukiamas.

Laiko relė – tai įvairių pneumatikos grupių elementai, kurie sukomponuoti bendrame vieno prietaiso korpuse. Tokie prietaisai priskiriami kombinuotų prietaisų grupei ir žymimi prietaisą sudarančių elementų simbolių kombinacija.



6.12 pav. Pneumatinė laiko relė: a) pjūvis, b) laiko relės taikymas

Laiko relė yra 3/2 tipo skirstytuvo, vienkrypčio srauto reguliatoriaus ir oro rezervuaro (resiverio) kombinacija. 3/2 tipo vožtuvas gali būti pradžioje arba atidarytas, arba uždarytas. Abiem atvejais laiko relės uždelsimo trukmė gali būti derinama nuo 0 iki 30 sekundžių. Naudojant papildomus rezervuarus, uždelsimo trukmė gali būti padidinta. Pneumatinė laiko

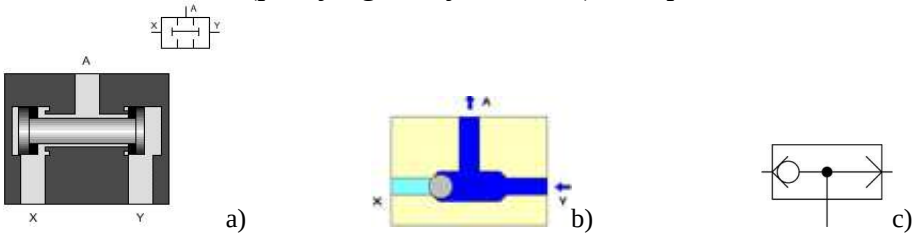
relė (6.12 pav., a) suformuoja išėjime A signalą praėjus nustatytam laikui po to, kai atsiranda signalas relės signaliniame įėjime 12. Atsiradus pastarajam, oras pro droselį lėtai užpildo resiverį, esantį relėje. Kai resiveris užsipildo, slėgis padidėja ir perjungia skirstytuvą. Jo išėjime A atsiranda signalas.

6.12 pav., b parodyta schema su pneumatine laiko rele. Joje, spustelėjus mygtuką 1.2, cilindro kotas išstumiamas. Kai jis pasieks galinę padėtį, suveiks jutiklis 1.3. Per jį suspaustas oras pateks į laiko relės signalinį įėjimą 12. Po nustatyto laiko suveiks laiko relė ir jos išėjime 2 atsiradęs signalas perjungs skirstytuvą 1.1 atgal. Cilindro kotas įtraukiamas.

6.2.2. Loginiai elementai

Loginį pneumatikos elementą sudaro du atbuliniai vožtuvai. Šie vožtuvai turi du įėjimus ir vieną išėjimą. Yra du loginių elementų tipai:

- IR funkcija (dviejų slėgių vožtuvai) 6.13 pav., a;
- ARBA funkcija (persijungiantieji vožtuvai) 6.13 pav., b, c.



6.13 pav. Loginiai elementai: a) IR, b) ARBA, c) ARBA elemento žymėjimas

Kai elementą IR veikia signalas X, tai viduje esantis slankiklis pasislenka į dešinę ir uždaro angą. Išėjime A signalo nėra. Kai veikia abu signalai X ir Y, slankiklis yra viduryje ir angos neuždarytos. Išėjime A yra signalas.

ARBA elemente signalas Y perstumia rutuliuką į kairę ir jis uždaro įėjimo X angą. Išėjime A atsiranda signalas. Analogiškas veikimas ir esant X signalui. Toks elementas naudojamas, kai cilindrą reikia valdyti iš dviejų vietų.

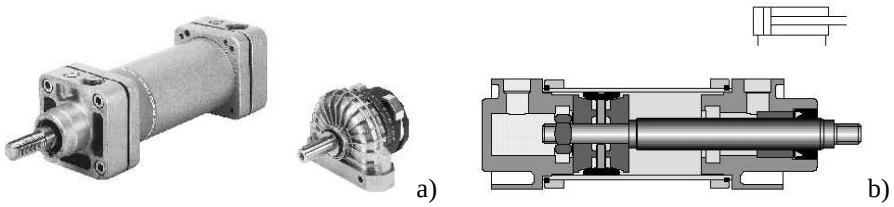
Loginio elemento IR panaudojimas parodytas 6.12 pav., b schemoje. Kai joje yra suveikęs jutiklis 1.4 ir nuspaudžiamas mygtukas 1.2, loginio elemento 1.6 išėjime atsiranda signalas, kuris perjungia skirstytuvą.

6.2.3. Vykdymo įtaisai

Vykdymo įtaisai keičia suspausto oro energiją į mechaninę energiją. Jų įėjime yra pneumatinis signalas, o išėjime – mechaninis poslinkis. Jie komplektuojami su išėjimo valdymo įtaisais (skirstytuvais), kurie perduoda reikiamą oro kiekį pageidaujamam judesiui gauti. Pneumatiniai vykdymo įtaisai skirstomi į tokias grupes:

- tiesiniai vykdymo įtaisai:
  - a) vienkrypčiai cilindrai;
  - b) dvikrypčiai cilindrai.
- sukamieji vykdymo įtaisai:
  - a) tūriniai;
  - b) turbininiai.

Pneumatiniai cilindrai – plačiausiai paplitę pneumatinės energijos keitikliai. Tai stūmoklinės konstrukcijos įtaisai, sudaryti iš cilindro formos korpuso ir joje patalpinto slankaus stūmoklio, dalinančio vidinę cilindro ertmę į dvi kameras. Viena cilindro kamera sujungiama su suslėgto oro tiekimo linija, o kita – su atmosfera. Cilindro kamerų slėgių skirtumas kuria stūmoklį veikiančią jėgą, kuri kotu, juosta ar magnetiniu lauku perduodama valdomai mašinai ar mechanizmui.



a) b)

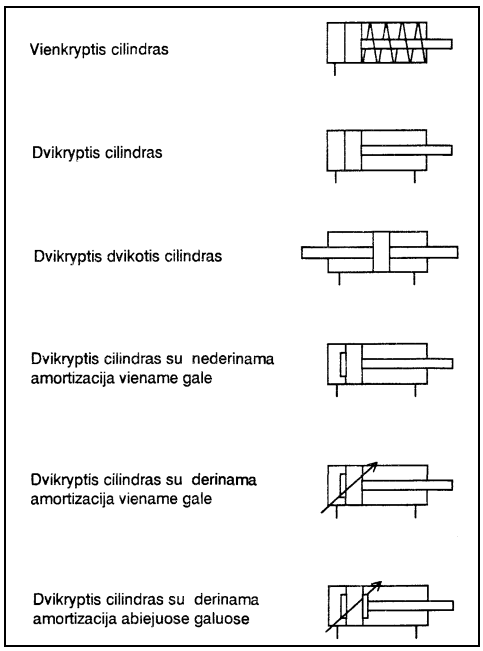
6.14 pav. Vykdymo įtaisai: a) vienkryptis cilindras ir variklis, b) dvikrypčio cilindro pjūvis

Pneumatiniai cilindrai – tai paprastos konstrukcijos, patikimi, lengvai suderinami su darbo mašina įrenginiai. Jie būna įvairių konstrukcijų – vienkrypčiai ir dvikrypčiai (6.14 pav.), cilindriniai ir plokštieji, slankiojamieji ir pasukamieji, vienkočiai, dvikočiai, bekočiai ir t. t. Keleto konstrukcijų cilindrų bendras vaizdas pateiktas 6.17 pav.

Cilindrai gali turėti amortizatorius galinėse padėtyse. Amortizatoriai yra svarbi priemonė, ilginanti cilindrų darbo amžių ir didinanti darbo sklandumą. Jie sumažina stūmoklio smūgius į atramas stabdymo metu. Amortizatoriai gali būti derinamo arba fiksuoto slopinimo. Cilindro žymėjime amortizatorius rodomas ties anga, pro kurią šalinamas oras iš cilindro. Derinamieji amortizatoriai pažymimi rodykle.

Vienkrypčiai cilindrai gali išvystyti jėgą tik viena kryptimi (jie teturi tik vieną prijungimo prie suslėgto oro linijos angą). Cilindro kotą į pradinę padėtį grąžina jo viduje įmontuota spyruoklė arba išorinė jėga (pavyzdžiui, keltuvuose).

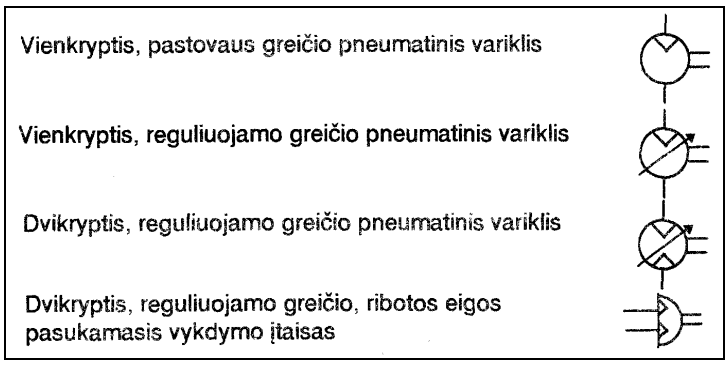
Dvikrypčiai cilindrai turi dvi prijungimo angas ir suslėgtas oras gali būti tiekiamas tiek iš vienos, tiek iš kitos stūmoklio pusės. Taigi, dvikryptis cilindras gali išvystyti jėgą bet kuria kryptimi. Vienkočio dvikrypčio cilindro kuriama jėga koto išstūmimo ir įtraukimo kryptimis yra nevienoda. Taip yra todėl, kad dalį stūmoklio ploto dešinėje užima kotas. Kuo mažesnis stūmoklio plotas, tuo mažesnė jėga. Tokio trūkumo neturi dvikočiai cilindrai, turintys kotus abiejose stūmoklio pusėse.



6.15 pav. Cilindrų žymėjimas

Sukamieji vykdymo įtaisai yra skirstomi į riboto ir neriboto posūkio kampo įtaisus. Pneumatiniai varikliai (turbinos) – tai didelio greičio, neriboto posūkio kampo įtaisai, kurių greitis gali būti pastovus arba reguliuojamas.

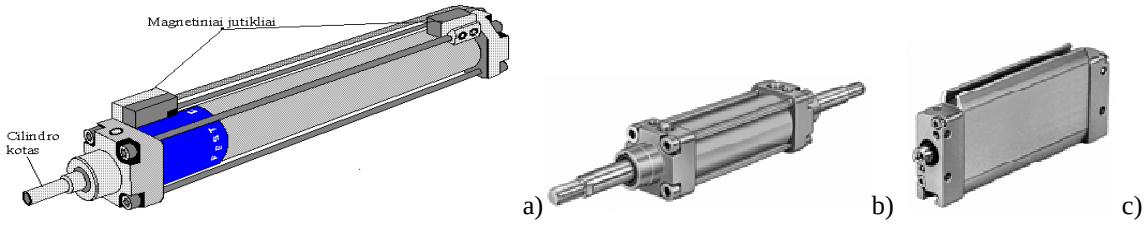
Riboto posūkio kampo įtaisai gali būti pastovios arba reguliuojamos eigos. Atsižvelgiant į greitį ir apkrovos dydį, pasukamuosiuose vykdymo įtaisuose gali būti įrengta amortizacija.



6.16 pav. Pneumatinių variklių žymėjimas

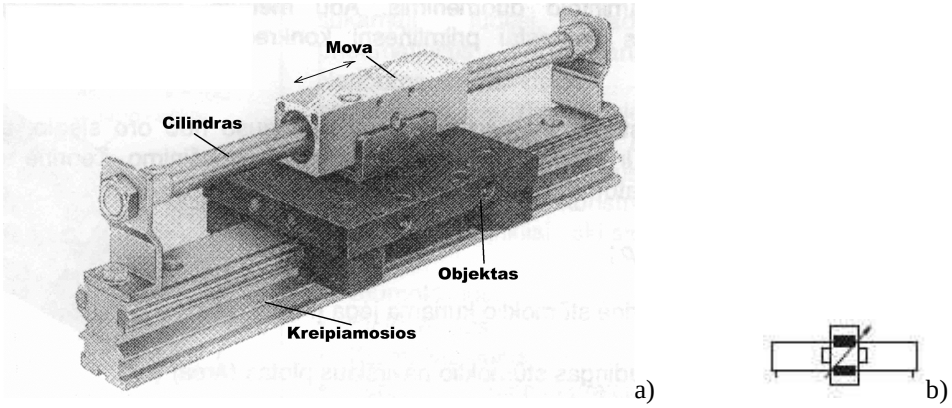
Cilindro stūmoklis turi pastovų magnetą. Todėl cilindro paviršiuje galima tvirtinti magnetinius jutiklius (6.17 pav. ,a), kurie suveikia, kai kotas išstumiamas ar įtraukiamas.

Dvikotis cilindras (6.17 pav., b) turi du kotus. Kai vienas iš jų išstumiamas, kitas įtraukiamas. Koto išstūmimo ir įtraukimo greičiai vienodi.



6.17 pav. Dvikrypčių pneumatinių cilindrų konstrukcijos: a) vienkotis, b) dvikotis, c) plokščiasis

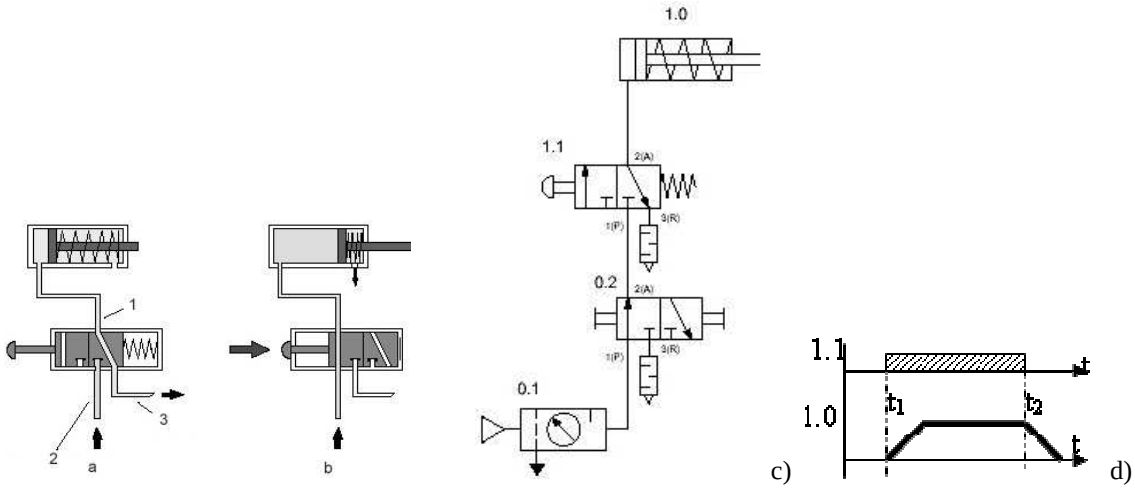
Taip pat yra bekočiai cilindrai (6.18 pav.). Jų paviršiuje yra mova su pastoviu magnetu. Judant stūmokliui, jo magnetas traukia movos magnetą ir mova slenka. Prie movos tvirtinamas objektas.



6.18 pav. Bekotis dvikryptis cilindras: a) bendras vaizdas, b) žymėjimas schemose

6.3. CILINDRŲ VALDYMO SCHEMOS

6.3.1.Vienkrypčio cilindro valdymas



6.19 pav. Vienkrypčio cilindro valdymas: a) kotas įtrauktas, b) kotas išstumtas, c) valdymo schema, d) darbo diagrama

Vienkrypčio cilindro valdymo schema parodyta 6.19 pav., c. Schemoje naudojami elementai:

- vienkryptis cilindras 1.0 , turintis oro padavimo ir pašalinimo angas bei spyruoklę, suteikiančią jėgą, reikalingą kotui sugrąžinti į pradinę padėtį;
- 3/2 tipo skirstytuvas turi 3 angas ir gali užimti 2 fiksuotas padėtis. Paspaudus mygtuką 1.1, jis įjungiamas, atleidus – spyruoklė jį išjungia;
- oro įjungimo skirstytuvas 0.2 – 3/2 tipo, valdomas ranka;
- maitinimo šaltinis – oro paruošimo mazgas 0.1 yra jungiamas prie skirstytuvo angos 1(P);
- skirstytuvas ir cilindras sujungiami oro tiekimo vamzdeliais.

Schemos darbo diagrama parodyta 6.19 pav., d. Laiko momentu t_1 mygtukas 1.1 nuspaudžiamas ir vienkrypčio cilindro 1.0 kotas išstumiamas. Laiko momentu t_2 mygtukas 1.1 atleidžiamas ir kotas, veikiamas spyruoklės, grįžta į pradinę padėtį. Jungikliu 0.2 įjungiamas ar išjungiamas oro tiekimas.

Pradinė padėtis – tai pneumatinės sistemos pradinė būsena (6.15 pav., a), kurioje ji būna, kol skirstytuvo mygtukas yra nenuspaustas. Oro tiekimas 2 yra blokuotas, o cilindro kotas yra spyruoklės įtrauktas. Cilindro maitinimo anga 1 susisiekia su oro išmetimo anga 3.

Mygtukas nuspaustas (6.19 pav., b*).* Laiko momentu t_1 paspaudus skirstytuvo mygtuką 1.1, nugalima spyruoklės pasipriešinimo jėga ir skirstytuvo plunžeris užima kitą padėtį. Suslėgtas oras per skirstytuvo kanalą, sujungiantį jo įėjimo ir signalinio išėjimo angas, patenka į cilindrą. Stūmoklį veikiantis slėgis sukuria jėgą, nugalinčią spyruoklės pasipriešinimą, ir kotas ima judėti į dešinę. Kotui pasiekus kraštinę padėtį, slėgis cilindre pasiekia maksimalią reikšmę.

Atleidus mygtuką, skirstytuvo spyruoklė grąžina plunžerį į pradinę padėtį, oro tiekimas cilindrui nutraukiamas ir kotas grįžta atgal. Jei mygtukas atleidžiamas kotui nepasiekus galinės padėties, cilindro maitinimas nutraukiamas ir kotas gali grįžti.

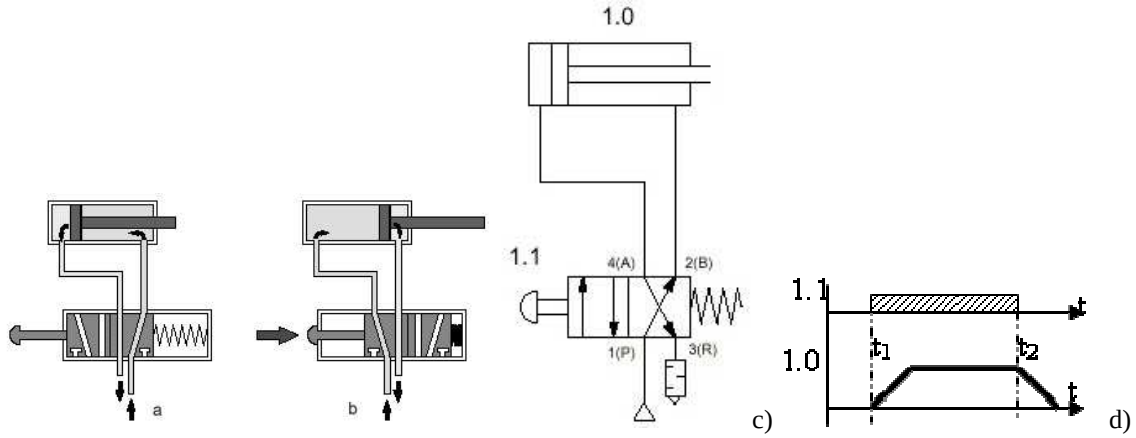
Pastaba.. Koto išstūmimo ir jo įtraukimo greičiai yra skirtingi. Koto judėjimo pirmyn greitį lemia oro debitas, o judant atgal – spyruoklės jėga. Paprastai į priekį kotas juda didesniu greičiu.

6.3.2. Dvikrypčio cilindro valdymas

Dvikryptį cilindrą galima valdyti naudojant skirstytuvą su grąžinimo spyruokle (monostabilų) arba skirstytuvą su atmintimi (bistabilų). Pirmu atveju cilindro kotas yra išstumtas tol, kol skirstytuvo įėjime yra valdymo signalas. Antru atveju cilindras valdomas trumpais signalais.

6.20 pav. parodyta cilindro valdymo schema su monostabiliu skirstytuvu. Joje panaudotas dvikryptis cilindras 1.0 ir 4/2 tipo skirstytuvas 1.1. Dvikryptis cilindras gali atlikti darbą judėdamas abiem kryptimis, nes jis valdomas suslėgtu oru tiek vienu, tiek kitu atveju.

Schemos darbo analizė. 6.20 pav., a parodyta pradinė padėtis. Mygtukas nenuspaustas, cilindro kotas įtrauktas. 6.20 pav., b parodyta antra darbo fazė. Mygtukas nuspaustas ir cilindro kotas išstumtas.



6.20 pav. Dvikrypčio cilindro valdymas: a) kotas įtrauktas, b) kotas išstumtas, c) valdymo schema, d) darbo diagrama

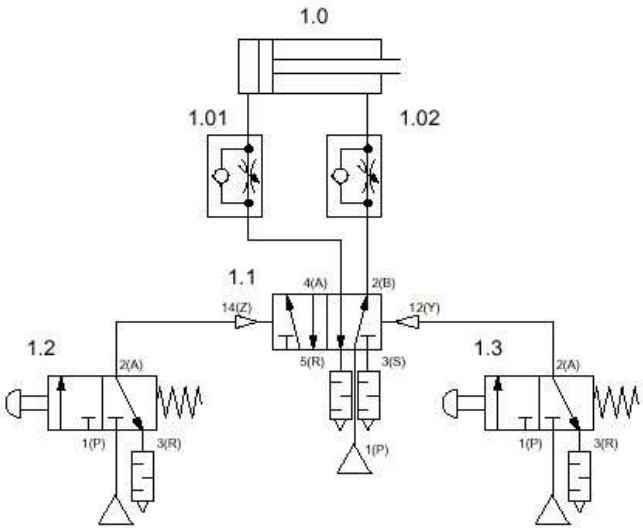
Schema 6.20 pav., c veikia taip: nuspaudus laiko momentu t_1 mygtuką 1.1 nugalima spyruoklės pasipriešinimo jėga ir skirstytuvo plunžeris užima kitą padėtį. Suslėgtas oras per skirstytuvo kanalą, sujungiantį jo maitinimo 1(P) ir signalinio išėjimo 4(A) angas, patenka į cilindrą. Stūmoklį veikiantis slėgis sukuria jėgą, nugalinčią apkrovos pasipriešinimą ir kotas ima judėti į dešinę. Oras iš cilindro per prievadą 2(B) ir 3(R) patenka į atmosferą. Kotui pasiekus kraštinę padėtį, slėgis cilindre pasiekia maksimalią reikšmę.

Laiko momentu t_2 atleidus mygtuką, spyruoklė skirstytuvą perjungia atgal. Suslėgtas oras per skirstytuvo kanalą, sujungiantį jo maitinimo 1(P) ir signalinio išėjimo 2(B) angas, patenka į cilindrą ir kotas grįžta atgal. Oras iš cilindro per prievadą 4(A) ir 3(R) patenka į atmosferą.

Pastaba. Prie oro išmetimo prievado 3(R) prijungtas slopintuvas, kuris sumažina išmetamo į atmosferą oro sukeliamą triukšmą. Schemose jis dažniausiai nežymimas.

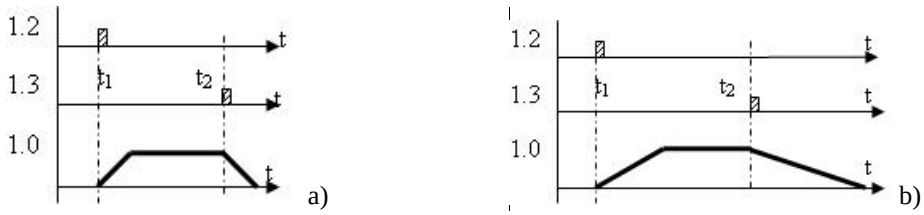
6.21 pav. parodyta cilindro valdymo schema su bistabiliu (su atmintimi) skirstytuvu. Tai dvikrypčio cilindro netiesioginio valdymo schema. Joje cilindrą valdo galingas 5/2 tipo bistabilus skirstytuvas 1.1, kurį valdo du mažos galios monostabilūs skirstytuvai 1.2 ir 1.3. Jie įjungiami mygtuku. Skirstytuvas turi atmintį, todėl cilindro perjungimui pakanka trumpam spustelėti valdymo mygtuką. Schemos darbą vaizduoja darbo diagrama, parodyta 6.21 pav., b. Laiko momentu t_1 spustelėjus mygtuką 1.2, skirstytuvas 1.1 persijungia, oras per prievadą 4(A) ir droselį 1.01 patenka į cilindrą ir kotas išstumiamas. Tuo pat metu oras iš kitos cilindro dalies per prievadus 2(B) ir 3(R) patenka į atmosferą. Spustelėjus laiko momentu t_2 mygtuką 1.3, skirstytuvas 1.1 persijungia atgal ir cilindro kotas įtraukiamas.

Cilindro koto judėjimo greičio reguliavimas atliekamas įjungiant į oro tiekimo linijas droselius (6.11 pav.). Jie sulėtina *oro ištekėjimą* iš cilindro, taip sulėtindami koto judėjimą. Droselis 1.01 lėtina koto įtraukimą, o droselis 1.02 – išstūmimą. Greitis priklauso nuo droselio atidarymo laipsnio, kuris nurodomas procentais (pvz., droselis 1.01 – 40% , o droselis 1.02 – 70 %).



6.21 pav. Dvikrypčio cilindro valdymo schema su greičio reguliavimu ir atmintimi

6.22 pav., a parodyta schemos darbo diagrama esant normaliam greičiui, o 6.22 pav., b – kotui judant sulėtintai. Kotas išstumiamas lėčiau, o įtraukiamas dar lėčiau.



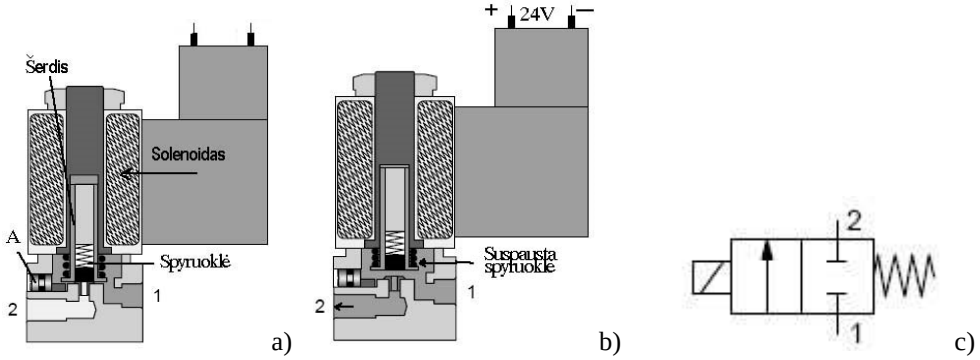
6.22 pav. Darbo diagramos

6.4. ELEKTROPNEUMATIKA

Elektropneumatika apjungia pneumatikos ir elektros komponentus. Jos įtaisuose veikia pneumatiniai ir elektriniai signalai. Elektros komponentai naudojami valdymo grandinėse, o pneumatikos komponentai būna vykdikliai (pneumatiniai cilindrai) arba galios stiprintuvai (skirstytuvai), kurie tiesiogiai valdo cilindrus. Dažniausiai naudojami šie elektros komponentai: įvairūs jutikliai, elektros relės, signaliniai elementai (sirenos ir lemputės) bei valdymo mygtukai. Yra ir kombinuotų komponentų, kurie keičia pneumatinį signalą elektriniu (keitikliai). Prie jų galima priskirti elektropneumatinius skirstytuvus ir slėgio reles.

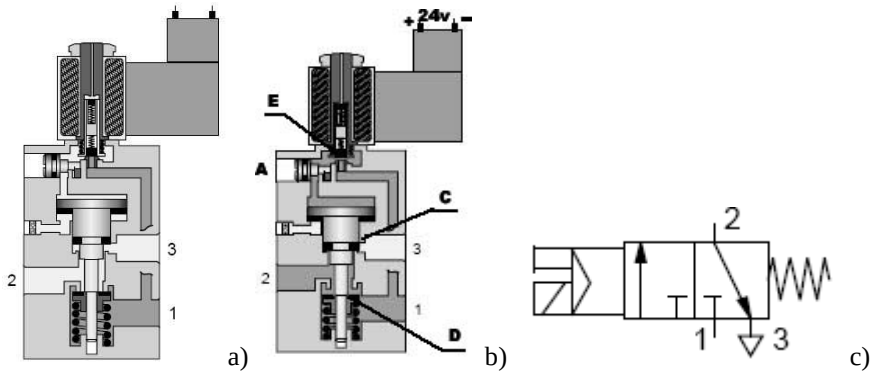
6.4.1. Elektropneumatikos skirstytuvai

Tai kombinuoti komponentai. Jie valdomi elektriniais signalais, o jų išėjimo signalai yra pneumatiniai. Paprasčiausio monostabilaus skirstytuvo konstrukcija parodyta 6.22 pav. Jo konstrukcijoje yra solenoidas, turintis judančią šerdį.



6.22 pav. Elektropneumatinis 2/2 tipo skirstytuvas be atminties (monostabilus): a) pradinė būsena, b) persijungęs, c) žymėjimas schemose

Pradinėje būsenoje (6.22 pav., a) spyruoklė laiko vožtuvą uždarytą ir oras iš angos 1 niekur nepatenka. Prijungus įtampą, rite tekanti elektros srovė sukuria elektromagnetinę jėgą, kuri pakelia šerdį ir atidaro vožtuvą (6.22 pav., b). Oras iš angos 1 patenka į išėjimą 2. Kai dingsta elektros signalas, spyruoklė perjungia skirstytuvą į pradinę padėtį. Skirstytuve gali būti šviesos indikacija, kuri rodo, ar yra signalas. Taip pat skirstytuve yra rankinio valdymo mygtukas A, kuriuo galima perjungti skirstytuvą, kai nėra elektros.

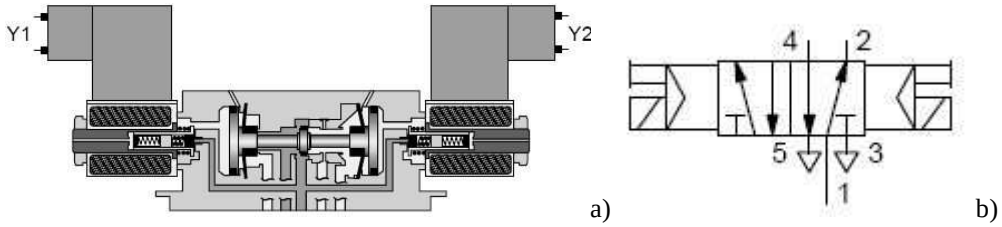


6.23 pav. Elektropneumatinis 3/2 tipo monostabilus skirstytuvas su netiesioginiu elektriniu ir rankiniu valdymu: a) pradinė būsena, b) persijungęs, c) žymėjimas schemose

6.23 pav. parodytas sudėtingesnis skirstytuvas 3/2 su netiesioginiu valdymu. Jame elektromagnetas valdo viduje įmontuotą pneumatinį stiprintuvą. Pradinėje būsenoje maitinimo prievadas 1 uždarytas. Prievadai 2 ir 3 sujungti. Prijungus įtampą atsidaro anga E ir

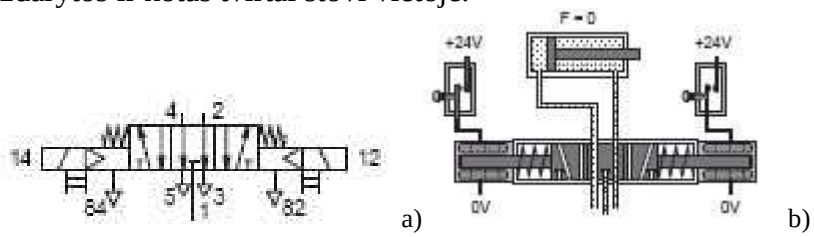
oras pastumia slankiklį, kuris uždaro angą C ir atidaro angą D. Suspaustas oras iš maitinimo 1 patenka į signalinį išėjimą 2, o oro išmetimo prievadas 3 uždaromas. Pradingus įtampai spyruoklė perjungia skirstytuvą atgal. Rankinio valdymo mygtuku A galima perjungti skirstytuvą, kai nėra elektros.

Sudėtingesni yra bistabilūs skirstytuvai 5/2 (6.24 pav.). Jie turi du solenoidus Y_1 ir Y_2. Vienas iš jų perjungia skirstytuvą, o kitas grąžina į pradinę padėtį. Kai nėra signalo, skirstytuvas lieka perjungtoje padėtyje. Jei signalai yra abiejuose solenoiduose, skirstytuvas nepersijungia. Tokio skirstytuvo pjūvis pradinėje būsenoje parodytas 6.24 pav., a.



6.24 pav. Bistabilus elektropneumatinis skirstytuvas 5/2: a) pjūvis, b) žymėjimas schemose

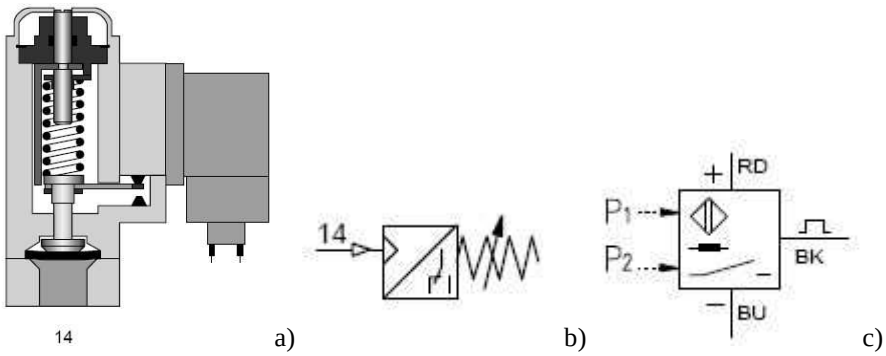
Rečiau naudojami trijų padėčių skirstytuvai (6.25 pav.) Pradinėje būsenoje spyruoklės laiko skirstytuvo slankiklį vidurinėje padėtyje. Cilindro abi pusės sujungtos su atmosfera ir cilindro kotas juda laisvai. Prijungus įtampą vienam solenoidui, kotas stumiamas į vieną pusę. Prijungus įtampą kitam solenoidui – į kitą. Galimi variantai, kai pradinėje būsenoje abi cilindro angos uždarytos ir kotas tvirtai stovi vietoje.



6.25 pav. Elektropneumatinis monostabilus 5/3 tipo skirstytuvas: a) žymėjimas schemose, b) įjungimas

6.4.2. Elektropneumatinės relės

Elektropneumatinė slėgio relė (keitiklis) perjungia kontaktą, kai slėgis pasiekia nustatytą reikšmę. Joje valdymo signalas pneumatinis, o išėjimo signalas elektrinis (varžos pokytis). 6.26 pav., a parodyta suveikusi relė. Kai slėgis prievade 14 sumažėja, spyruoklė perjungia kontaktą žemyn.

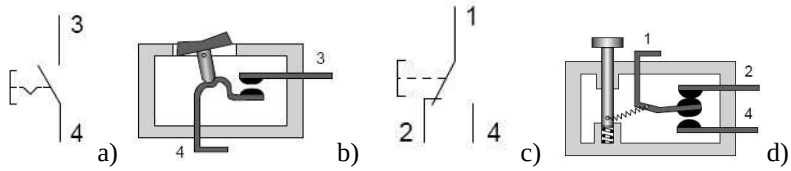


6.26 pav. Elektropneumatinė relė: a) slėgio relės pjūvis, b) žymėjimas, c) diferencialinės slėgio relės žymėjimas

Elektropneumatinė diferencialinė slėgio relė (6.26 pav., c) palygina du slėgius P1, P2 ir pagal jų dydį perjungia kontaktą.

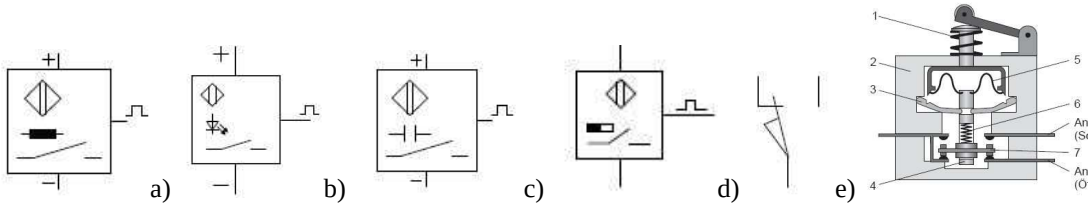
6.4.3. Valdymo elementai

Valdymo signalus elektropneumatikoje formuoja mygtukai, jutikliai, relės ir programuojami loginiai valdikliai. Mygtukai gali būti su fiksacija ir be jos. Mygtukų žymėjimas ir konstrukcija parodytas 6.27 pav.



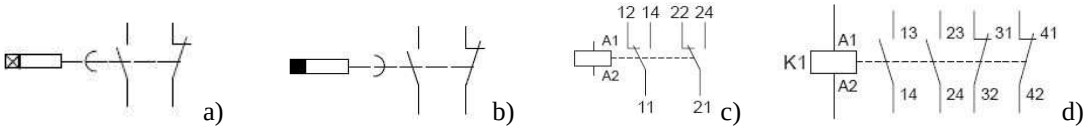
6.27 pav. Mygtukai: a, b) atviras su fiksavimu, c, d) nefiksuojantis perjungiantis

Jutikliai dažniausiai kontroliuoja cilindro koto arba gaminių judėjimą. Tokie jutikliai vadinami priartėjimo jutikliais. Plačiausiai naudojami induktyviniai, optiniai, talpiniai, magnetiniai ir kontaktiniai jutikliai. Jų žymėjimas schemose parodytas 6.28 pav.



6.28 pav. Priartėjimo jutiklių žymėjimas: a) induktyvinis, b) optinis, c) talpinis, d) magnetinis, e) kontaktinio jutiklio perjungiantis kontaktas

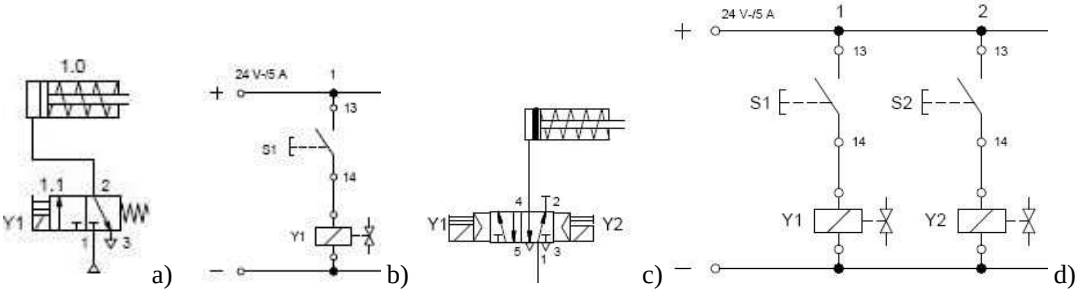
Elektros relės elektropneumatikos schemose atlieka tarpinį vaidmenį. Jos sujungia valdymo mygtukus bei jutiklius su skirstytuvais. Galima teigti, kad jos stiprina elektros signalus. Valdymo grandinėse naudojamos neutralios elektromagnetinės relės ir elektros laiko relės.



6.29 pav. Relių žymėjimas schemose: a) laiko relė vėluojanti suveikiant, b) laiko relė vėluojanti atjungiant, c) relė su perjungiančiais kontaktais, d) relė su atvirais ir uždarais kontaktais

6.4.4. Elektropneumatikos schemos

Pati paprasčiausia vienkrypčio cilindro tiesioginio valdymo schema parodyta 6.30 pav., a ir b. Joje naudojamas monostabilus skirstytuvas 3/2. Šioje schemoje pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas. Skirstytuvo signalinis išėjimas sujungtas su oro išmetimo prievadu.

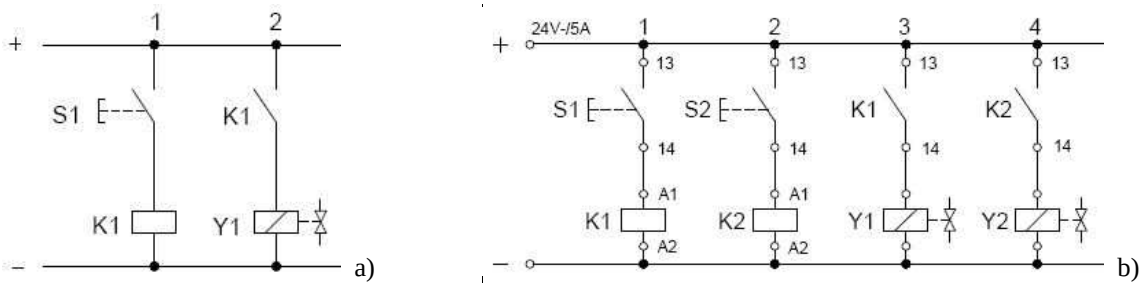


6.30 pav. Vienkrypčio cilindro tiesioginio valdymo schemos: a, c) elektropneumatikos schemos, b, d) elektros principinės schemos

Nuspaudus mygtuką S1, srovė teka per skirstytuvo solenoidą Y1 ir skirstytuvas

persijungia. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 2. Į cilindrą tiekiamas oras. Cilindro kotas išstumiamas. Atleidus mygtuką S1, tekanti per solenoidą srovė nutraukiama ir spyruoklė grąžina skirstytuvą į pradinę padėtį. Cilindro prievadas sujungiamas su skirstytuvo oro išmetimo prievadu 3 ir kotas, veikiamas spyruoklės, įtraukiamas.

Vienkrypčio cilindro tiesioginio valdymo schemoje 6.30 pav., c panaudotas skirstytuvas su atmintim (bistabilus). Jo signalinis išėjimas 2 užkimštas. Elektros valdymo schema parodyta 6.30 pav., d. Trumpai spustelėjus S1 mygtuką, srovė teka per Y1 solenoidą ir skirstytuvas persijungia. Cilindro kotas išstumiamas. Kotas įtraukiamas, kai paspaudžiamas S2 mygtukas.



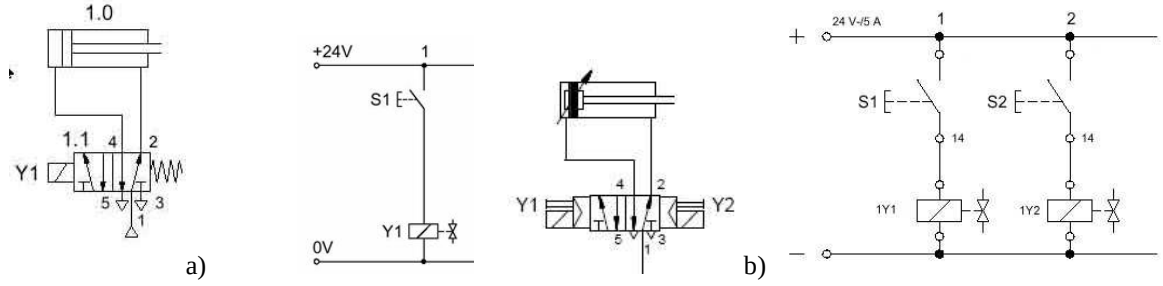
6.31 pav. Netiesioginio valdymo schema: a) su monostabiliu skirstytuvu, b) su bistabiliu skirstytuvu

Vienkrypčio cilindro netiesioginio valdymo schemose mygtukas valdo tarpinę elektromagnetinę relę. Relės kontaktas valdo skirstytuvą. 6.31 pav., a parodytoje netiesioginio valdymo schemoje nuspaudus S1 mygtuką suveikia tarpinė relė K1. Relės kontaktas K1 įjungia elektros srovę per skirstytuvo solenoidą Y1 ir cilindro kotas išstumiamas. Tokia schema naudojama valdant galingus skirstytuvus.

Vienkrypčio cilindro netiesioginio valdymo schema su bistabiliu skirstytuvu parodyta 6.31 pav., b. Joje, trumpai nuspaudus mygtuką S1, suveikia relė K1 ir įjungia skirstytuvo solenoidą Y1, kuris perjungia skirstytuvą. Cilindro (6.30 pav., c) kotas išstumiamas. Nuspaudus S2 mygtuką suveikia K2 relė ir įjungia skirstytuvo solenoidą Y2. Cilindro spyruoklė įtraukia kotą.

Dvikrypčio cilindro tiesioginio valdymo schemoje (6.32 pav., a) panaudotas monostabilus skirstytuvas 5/2 su dviem signaliniais išėjimais. Šioje schemoje pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas. Nuspaudus mygtuką S1, srovė prateka per skirstytuvo solenoidą Y1. Skirstytuvas persijungia. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 4, o oro išmetimo prievadas 3 – su signaliniu išėjimu 2 ir cilindro kotas išstumiamas.

Atleidus mygtuką skirstytuvo solenoide nutrūksta srovė ir spyruoklė perjungia skirstytuvą atgal. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 2, o oro išmetimo prievadas 5 – su signaliniu išėjimu 4 ir cilindro kotas įtraukiamas.



6.32 pav. Dvikrypčio cilindro tiesioginis valdymas: a) monostabiliu skirstytuvu, b) bistabiliu skirstytuvu

To paties cilindro valdymo schema su bistabiliu skirstytuvu parodyta 6.32 pav., b. Trumpai spustelėjus S1 mygtuką, srovė prateka per solenoidą 1Y1. Skirstytuvas persijungia. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 4. Kitas cilindro išėjimas per

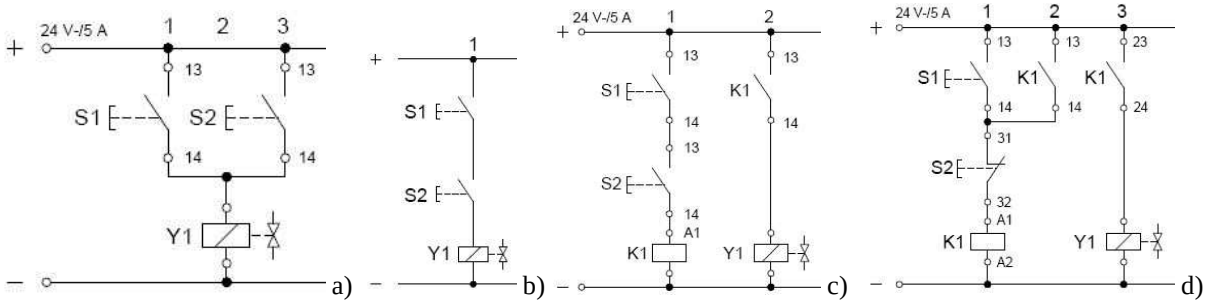
signalinį prievadą 2 ir išmetimo prievadą 3 sujungiamas su atmosfera. Pro jį oras iš cilindro išeina į atmosferą. Cilindro kotas išstumiamas.

Spustelėjus mygtuką S2, srovė prateka per solenoidą 1Y2. Skirstytuvas persijungia atgal. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 2. Kitas cilindro išėjimas per signalinį prievadą 4 ir išmetimo prievadą 5 sujungiamas su atmosfera. Cilindro kotas įtraukiamas.

Dvikrypčio cilindro netiesioginio valdymo schemos analogiškos 6.31 pav. parodytom schemom. Jose valdymo mygtukai valdo ne skirstytuvą, o tarpinę relę.

6.4.5. Relinės schemos

Elektropneumatikoje dažnai naudojamos relinės schemos realizuoja įvairias funkcijas. 6.33 pav., a parodyta, kaip realizuojama loginė funkcija ARBA. Tokia schema naudojama, kai skirstytuvą reikia valdyti iš dviejų vietų. Nuspaudus S1 arba S2 mygtuką srovė teka per skirstytuvo solenoidą Y1 ir skirstytuvas persijungia.



6.33 pav. Relinės valdymo schemos: a) ARBA funkcija, b) tiesioginis valdymas IR funkcija, c) netiesioginis valdymas IR funkcija, d) schema su atmintimi

6.33 pav., b parodyta loginės funkcijos IR realizacija. Tokia schema naudojama tada, kai reikia apsisaugoti nuo atsitiktinio įtaiso įjungimo. Joje srovė per skirstytuvo solenoidą teka tik tada, kai vienu metu nuspaudžiami abu mygtukai S1 ir S2.

6.33 pav., c parodyta, kaip realizuojama IR funkcija esant netiesioginiam valdymui. Mygtukai jungiami į relės grandinę, o srovę per solenoido apviją Y1 jungia relės kontaktas K1.

6.33 pav., d parodyta schema realizuoja atminties funkciją. Ją naudojant nereikia bistabilaus skirstytuvo (6.30 pav., c). Spustelėjus mygtuką S1, relė K1 suveikia ir sujungia savo kontaktus 1K1 ir 2K1. Kontaktas 1K1 blokuoja įjungimo mygtuką S1, o kitas kontaktas K1 įjungia srovę per skirstytuvo solenoidą Y1 ir perjungia skirstytuvą. Atleidus mygtuką S1 niekas nesikeičia, nes relės apvijos srovė teka per blokuojantį kontaktą.

Spustelėjus atjungimo mygtuką S2, srovė per relės apviją nutrūksta ir relė atsijungia. Ji perjungia savo kontaktus į pradinę padėtį. Kontaktas K1 nutraukia srovę per solenoidą ir skirstytuvas, veikiamas spyruoklės, persijungia į pradinę padėtį (žr. 2.30 pav., a).

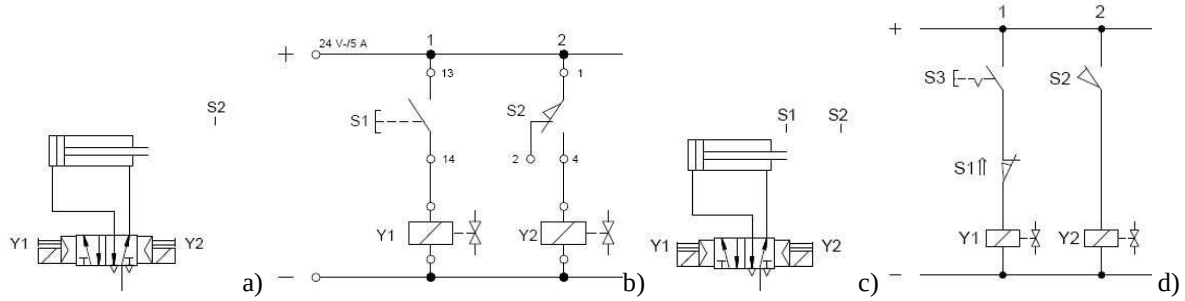
6.4.6. Jutiklių panaudojimas elektropneumatikos schemose

Jutikliai naudojami tam, kad užfiksuotų cilindro koto padėtį: ar jis įtrauktas, ar išstumtas. Jutiklio padėtis rodoma specialioje jutiklių liniuotėje, esančioje prie cilindro. Schemose su jutikliais dažniausiai naudojami bistabilūs skirstytuvai. 6.34 pav. parodytos elektropneumatikos schemos su jutikliais. Jutikliai schemose pažymėti S1 ir S2. Jų kontaktų žymėjimas skiriasi nuo relių kontaktų žymėjimo.

6.34 pav., a parodyta schema su vienu jutikliu S2, kuris suveikia, kai cilindro kotas išstumiamas. Jutiklis turi perjungiantį kontaktą. Pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas. Spustelėjus mygtuką S1 (6.34 pav., b), įjungiama srovė per solenoidą Y1 ir skirstytuvas perjungiamas. Cilindro kotas išstumiamas. Kai jis pasiekia galinę padėtį, suveikia S2 jutiklis.

Jis įjungia srovę per kitą skirstytuvo solenoidą Y2 ir skirstytuvas perjungiamas į pradinę padėtį. Cilindro kotas įtraukiamas. Jei bus laikomas nuspaustas mygtukas S1, tai skirstytuvas nepersijungs.

6.34 pav., c parodyta elektropneumatikos schema su dviem jutikliais. S1 suveikia, kai cilindro kotas įtrauktas, o S2 – išstumtas. Kai S3 mygtukas su fiksacija įjungiamas (6.34 pav., d), srovė teka per jutiklį S1 ir skirstytuvo solenoidą Y1. Skirstytuvas persijungia ir cilindro kotas išstumiamas. Pradėjus judėti kotui, S1 jutiklis atjungia kontaktą ir nutraukia srovę per Y1 solenoidą.

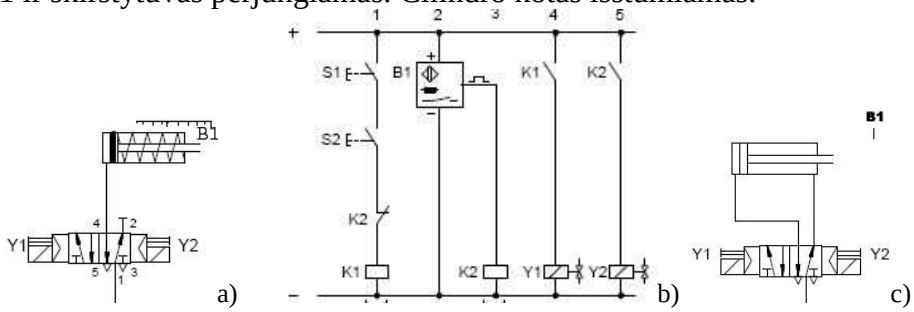


6.34 pav. Dvikrypčio cilindro tiesioginio valdymo schemos su elektrokontaktiniais jutikliais: a) su vienu jutikliu, b,d) elektros principinės schemos, c)su dviem jutikliais

Kotui pasiekus S2 jutiklį, jis suveikia ir įjungia srovę kitam solenoidui Y2. Skirstytuvas perjungiamas į pradinę padėtį ir cilindro kotas įtraukiamas. Kai jis pasiekia pradinę padėtį, vėl suveikia S1 jutiklis ir procesas kartojasi. Cilindro kotas švytuoja pirmyn – atgal. Procesas stabdomas atjungiant mygtuką S3. Cilindro kotas įtraukiamas ir sustoja.

6.35 pav. parodyta schema su vienu elektroniniu jutikliu. Jutiklis turi tris prijungimo laidus: rudą (+24V), mėlyną (- 24V) ir juodą (signalinį).

Pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas (6.35 pav., a). Jutiklis B1 nesuveikęs ir jo išėjime įtampos nėra. Nuspaudus vienu metu valdymo mygtukus S1 ir S2 srovė prateka per relės K1 apviją ir relė suveikia. Ji sujungia kontaktą K1. Srovė prateka per skirstytuvo solenoidą Y1 ir skirstytuvas perjungiamas. Cilindro kotas išstumiamas.



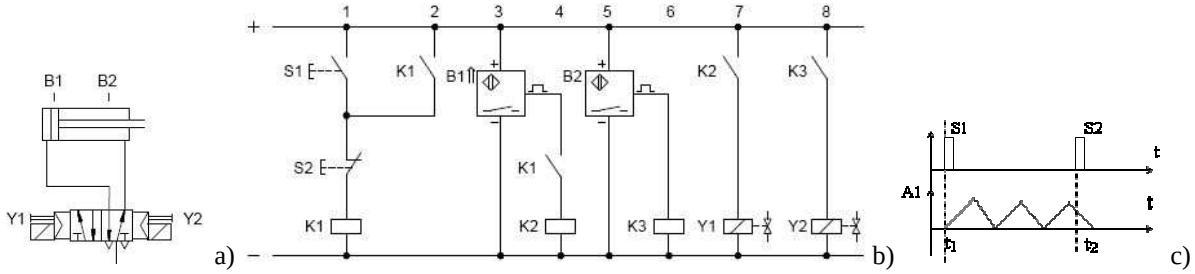
6.35 pav. Cilindrų valdymo schemos su bistabiliu skirstytuvu ir vienu induktyviniu jutikliu: a) vienkrypčio cilindro, b) elektros principinė schema, c) dvikrypčio cilindro

Kai cilindro kotas išstumiamas iki galo, suveikia B1 jutiklis ir po to suveikia relė K2. Srovė prateka per skirstytuvo solenoidą Y2 ir skirstytuvas perjungiamas atgal. Spyruoklė įtraukia cilindro kotą. Oras iš cilindro išeina į atmosferą per prievadą 5. Jutiklio B1 išėjime pradingsta įtampa ir relė K2 atsijungia. Jos vienas kontaktas K2 susijungia, o kitas – atsijungia, taip paruošdami schemą kitam įjungimui. Ta pati schema gali valdyti ir dvikryptį cilindrą (6.35 pav., c).

Schema su dviem jutikliais parodyta 6.36 pav. Jos veikimas analogiškas schemos, kuri parodyta 6.34 pav., d veikimui. Joje jutiklis B1 suveikia, kai cilindro kotas įtrauktas, o jutiklis B2 – kai kotas išstumtas. Pradinėje padėtyje B1 jutiklio išėjime yra įtampa.

Nuspaudus laiko momentu t_1 įjungimo mygtuką S1, suveikia relė K1. Jos vienas kontaktas K1 užblokuoja įjungimo mygtuką, o kitas įjungia srovę per relės K2 apviją. Relė

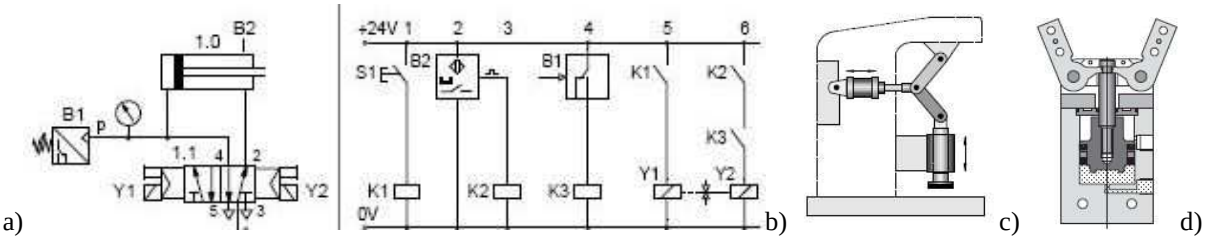
K2 suveikia ir jos kontaktas K2 įjungia srovę skirstytuvo solenoidui Y1. Skirstytuvas perjungiamas ir cilindro kotas pradedamas išstumti. Pajudėjus cilindro kotui, jutiklio B1 išėjime dingsta įtampa ir relė K2 atleidžia.



6.36 pav. Dvikrypčio cilindro netiesioginio valdymo schema su dviem jutikliais: a) cilindro valdymo schema, b) elektros principinė schema, c) darbo diagrama

Kai cilindro kotas pasiekia galinę padėtį, suveikia B2 jutiklis. Nuo įtampos jo išėjime suveikia relė K3. Jos kontaktas K3 įjungia srovę skirstytuvo solenoidui Y2 ir skirstytuvas perjungiamas į pradinę padėtį. Cilindro kotas įtraukiamas. Pajudėjus cilindro kotui, jutiklio B2 išėjime dingsta įtampa ir relė K3 atleidžia, atjungdama skirstytuvo solenoidą Y2. Kai cilindro kotas pasiekia pradinę padėtį, suveikia jutiklis B1 ir procesas kartojamas. Darbo diagrama parodyta 6.36 pav., c.

Procesas stabdomas mygtuku S2. Jį spustelėjus atleidžia relė K1. Jos kontaktai atsijungia ir atblokuoja įjungimo mygtuką S1 bei atjungia relės K2 apviją nuo jutiklio B1. Cilindro kotas pasiekia pradinę padėtį ir sustoja.



6.37 pav. Schema su vienu jutikliu ir slėgio rele: a) elektropneumatikos schema, b) principinė elektros schema, c) pneumatinis spaustuvas, d) roboto griebtuvas

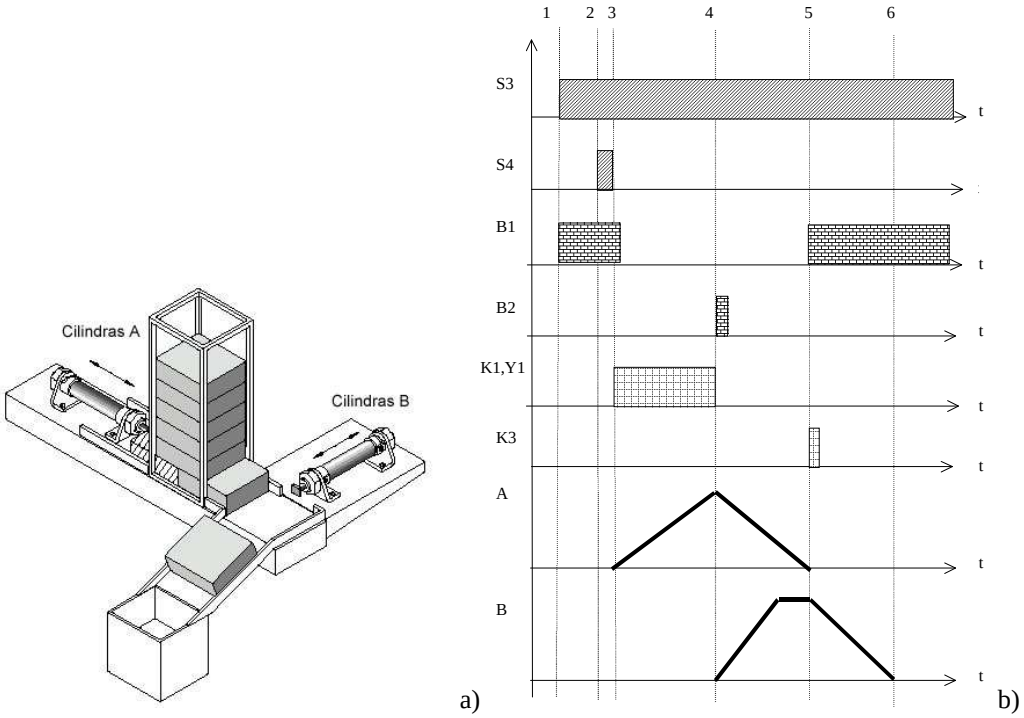
6.37 pav., a parodytoje schemoje panaudotas vienas jutiklis ir slėgio relė, kuri perjungia kontaktą, kai slėgis pasiekia nustatytą reikšmę. Pradinėje padėtyje cilindro kotas įtrauktas, o jutiklis ir slėgio relė nesuveikę.

Spustelėjus įjungimo mygtuką S1 suveikia K1 relė ir jos kontaktas K1 įjungia elektros srovę per skirstytuvo solenoidą Y1. Per skirstytuvo signalinį išėjimą 4 oras patenka į cilindrą ir jo kotas išstumiamas. Per prievadus 2 ir 3 oras iš cilindro patenka į atmosferą. Kai kotas pasiekia galinę padėtį, suveikia jutiklis B2 ir įjungia relę K2. Jos kontaktas K2 paruošia skirstytuvo solenoido Y2 grandinę įjungimui. Slėgis cilindro įėjime didėja ir, kai pasiekia nustatytą reikšmę, slėgio relė perjungia savo kontaktą, kuris įjungia relę K3. Jos kontaktas K3 įjungia elektros srovę per solenoidą Y2 ir skirstytuvas perjungiamas į pradinę padėtį. Cilindro kotas įtraukiamas.

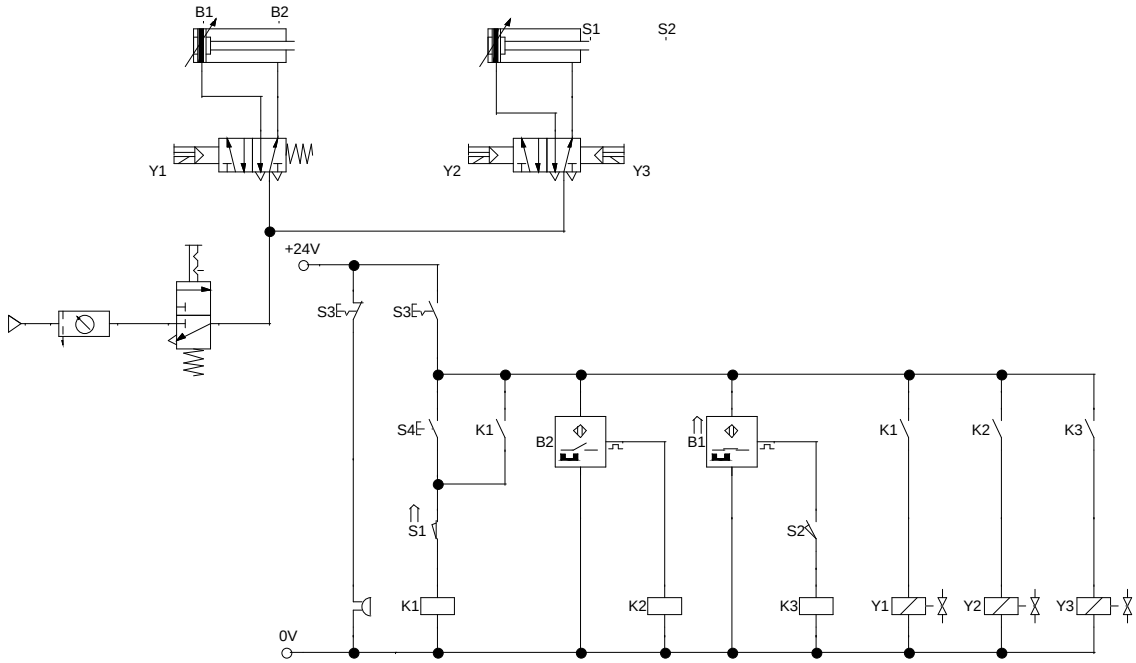
Tokios įjungimo schemos taikymo pavyzdys parodytas 6.37 pav., c. Tai pneumatinis spaustuvas. Kai cilindro kotas išstumiamas, spaustuvas prispaudžia gaminį nustatyto dydžio jėga. 6.37 pav., d parodytas pneumatinis roboto griebtuvas. Judant cilindro kotui griebtuvo pirštai susiglaudžia ir spaudžia paimtą gaminį nustatyto dydžio jėga.

6.4.7. Sandėlio bokšto valdymo schema

Gaminių ruošinių laikymui dažnai naudojami sandėlių bokštai. Gamybos metu gaminiai po vieną išstumiami bokšto apačioje. Vienas cilindras ruošinį išstumia, o kitas jį nustumia tolyn (6.38 pav., a). Darbo diagrama parodyta 6.38 pav., b.



6.38 pav. Sandėlio bokšto valdymas: a) bokšto sandara, b) darbo diagramos



6.39 pav. Sandėlio bokšto valdymo elektros principinė schema

Sandėlio bokšto valdymo elektros principinė schema parodyta 6.39 pav. Schemoje B1 ir B2 – pirmo cilindro magnetiniai jutikliai, S1 ir S2 – antro cilindro kontaktiniai jutikliai, K1, K2, K3 – tarpinės relės, Y1,Y2,Y3 – skirstytuvų solenoidai.

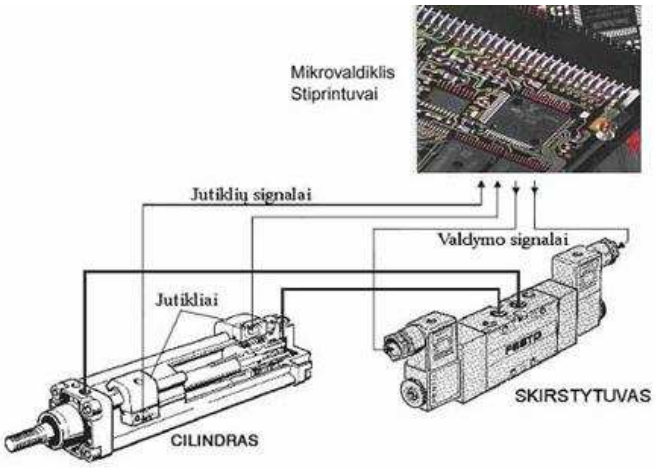
Dvigubu mygtuku S3 įjungiamas maitinimas (1-a padėtis diagramoje). Įjungiamas

signalinis elementas. Tai gali būti zumeris arba lemputė. Kai cilindrų kotai pradinėje būsenoje (2-a padėtis diagramoje), B1 jutiklio išėjime yra įtampa (+24V), o jutiklio S1 kontaktas sujungtas.

Nuspaudus išstūmimo mygtuką S4 (3-a padėtis diagramoje), suveikia relė K1 ir įjungia srovę pirmo skirstytuvo Y1 solenoidui. Tuo pat metu jos kontaktas K1 blokuoja įjungimo mygtuką S4. Po to jį galima atleisti. Skirstytuvas persijungia ir cilindras A išstumia kotą. Jutiklio B1 išėjime pradingsta signalas (+24V). Kai kotas pasiekia galinę padėtį, suveikia jutiklis B2. Jo signalas įjungia relę K2. Relės kontaktas K2 įjungia srovę antro skirstytuvo solenoidui Y2 ir skirstytuvas persijungia. Išstumiamas cilindro B kotas. Tuoj pat atsijungia jutiklio S1 kontaktas ir atjungia K1 relę. Jos kontaktas K1 atjungia srovę pirmo skirstytuvo solenoidui ir skirstytuvas persijungia į pradinę padėtį. A cilindro kotas grįžta atgal. Kai jis sugrįžta į pradinę padėtį, B1 jutiklio išėjime atsiranda +24V įtampa. Ji per jutiklio S2 kontaktą patenka į relę K3. Relė suveikia ir jos kontaktas įjungia srovę antro cilindro solenoidui Y3. Skirstytuvas persijungia atgal ir B cilindro kotas įtraukiamas.

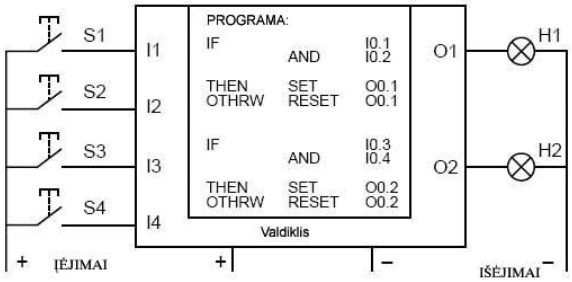
6.4.8. Programuojamų loginių valdiklių taikymas elektropneumatikos sistemose

Šiuolaikinėse automatikos sistemose signalus priima, apdoroja ir nukreipia į vykdymo įtaisus programuojami loginiai valdikliai (PLV). Jie pakeičia relines schemas. Elektropneumatikos sistemos su valdikliu sandara parodyta 6.40 pav. Signalai iš jutiklių patenka į valdiklį. Ten jie apdorojami pagal programą. Valdiklis suformuoja valdymo signalus ir nukreipia juos į elektropneumatinius skirstytuvus. Skirstytuvai valdo oro tiekimą pneumatiniams cilindrams.



6.40 pav. Elektropneumatikos sistema su valdikliu

Prie PLV įėjimų jungiami valdymo mygtukai ir jutikliai, o prie išėjimų – indikaciniai elementai (lemputės), elektromechaniniai vykdymo įtaisai (varikliai, elektropneumatiniai skirstytuvai ir pan.).



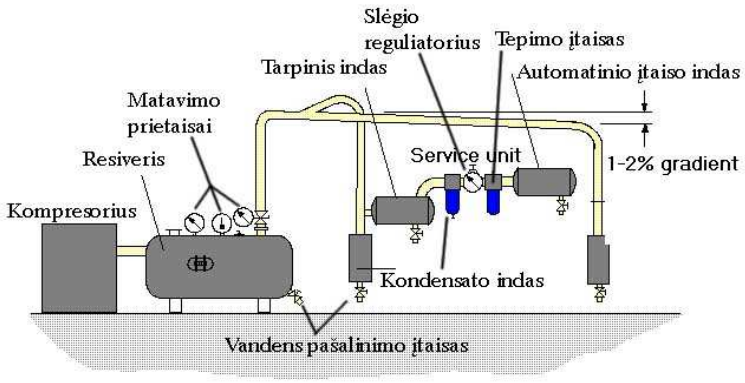
6.41 pav. Komponentų sujungimų schema

6.41 pav. prie įėjimų prijungti mygtukai S1 – S4, o prie išėjimų prijungtos lemputės.

Viduryje matyti programos, kuri įrašyta į PLV, fragmentas. Programa parašyta STL kalba, kuri naudojama programuojant „FESTO“ firmos valdiklius. Fragmente rašoma: jei įėjime I0.1 ir I 0.2 yra signalas, tai įjungiama lemputė, kuri prijungta prie išėjimo O 0.1. Kitu atveju lemputė išjungiama. kitame programos žingsnyje analogiškai apklausiami kiti du mygtukai.

6.4.9. Oro paruošimo mazgas

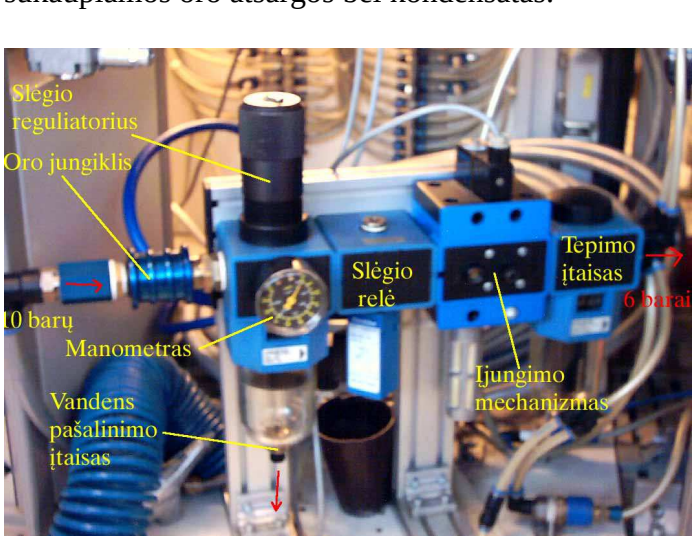
Elektropneumatikos įtaisams maitinti reikalingi dviejų energijų šaltiniai: suspausto oro ir elektros. Oras turi būti suspaustas ir išvalytas. Automatikoje naudojamo oro slėgis yra 4 arba 6 barai. Oro slėgis magistralėje būna iki 10 barų. Oro paruošimo mazgo sandara parodyta 6.42 pav.



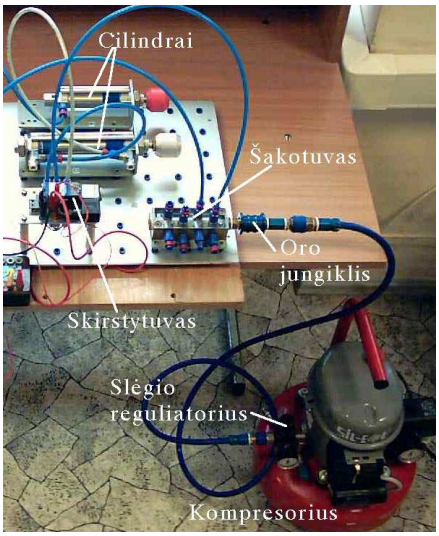
6.42 pav. Oro paruošimo mazgo sandara

Oras per dulkių filtrą patenka į kompresorių, kuris orą suspaudžia. Suspaustas oras kaupiamas resiveryje. Taip sudaroma oro atsarga. Resiveris turi slėgio matavimo prietaisą – manometrą ir apsaugą nuo didelio slėgio – apsauginį vožtuvą. Prie resiverio įtaisyta slėgio relė, kuri atjungia kompresorių, kai slėgis resiveryje pasiekia viršutinę ribą (apie 10 barų).

Suspaudžiant orą, jame esantys vandens garai virsta vandeniu – kondensatu. Resiveryje yra įtaisas, išleidžiantis šį kondensatą. Oras iš resiverio per vamzdžius patenka į automatikos įtaiso oro paruošimo mazgą. Pakeliui gali būti papildomi indai, kuriuose sukaupiamos oro atsargos bei kondensatas.



a)



b)

6.43 pav. Oro paruošimo mazgas: a) stacionarus, b) nešiojamas

Oro paruošimo mazgas (6.43 pav.,a) sudarytas iš pagrindinių mazgų: rankinio valdymo skirstytuvo 2/2 (oro jungiklio), kuris įjungia orą, kondensato surinkimo ir šalinimo indo ir slėgio reguliatoriaus su manometru. Reguliatoriumi nustatomas reikalingas slėgis (4 ar 6 barai). ir oras parenka į slėgio relę, kuri formuoja signalą “oras tiekiamas”. Šis signalas

patenka į valdymo įtaisą ir rodo, kad elektropneumatikos sistema paruošta darbui. Įjungimo mechanizmo paskirtis – įjungimo metu orą į sistemą tiekti ne šuoliu, o palaipsniui didinant slėgį. Tai leidžia cilindrų kotams lėtai užimti pradinę padėtį. Oro paruošimo mazgo gale gali būti tepimo įtaisas. Tačiau jis naudojamas tik didelės galios ir intensyviai naudojamose elektropneumatikos sistemose.

Automatikos įrenginio stacionaraus oro paruošimo mazgo nuotrauka parodyta 6.43 pav., a. Kitame paveikslėlyje parodytas nedidelės galios nešiojamas oro paruošimo mazgas ir įvairūs elektropneumatikos komponentai, sudarantys laboratorinį stendą.

6.5. ELEKTROPNEUMATIKOS SISTEMŲ GEDIMŲ DIAGNOSTIKA

Gedimų diagnostika – tai procesas, prasidedantis nuo to momento, kai sistemai prijungiamas maitinimas. Šis procesas labai svarbus mažinant sistemos paleidimo bei jos prastovų trukmę. Defektų diagnostika – tai tam tikri individualūs identifikavimo etapai. Defektai dažniausiai atsiranda dėl:

- išorinių sistemos elementų gedimų, užsikirtimų;
- vidinių pačios valdymo sistemos sutrikimų.

Patirtis parodė, kad valdymo sistemos sutrikimai, palyginti su išorinių jutiklių ar paties įrenginio gedimais, yra retesni. Sistemai sutrikus, pirmasis priemonių turi imtis paskutinysis jos vartotojas. Veiksmai, kurių privalu imtis, priklauso nuo reikalingų remonto darbų sudėtingumo. Jei gedimas palyginti nesudėtingas, jis turi būti pašalintas nedelsiant. Kai reikia sudėtingesnių remonto darbų, tenka kreiptis į aptarnaujantį personalą.

Išorinius bei daugumą vidinių sistemos sutrikimų, pavyzdžiui, jutiklių ar paties įrenginio elementų gedimus, nustatyti, o dažnai ir pašalinti gali patyręs vartotojas ar įrenginį prižiūrintis inžinierius. Jei sutrikimo greitai pašalinti negalima, reikia užfiksuoti įrenginio charakteristikas ir sistemos būseną gedimo momentu. Naudodamasis šia informacija, įrenginį prižiūrintis inžinierius galės nustatyti gedimo pobūdį ir numatyti veiksmus, kurių reikia imtis. Gedimo diagnostiką reikia atlikti nedelsiant, pačiu sutrikimo momentu. Rezultatams užfiksuoti ir paprastesniems gedimams nustatyti neprireiks daugiau nei keleto minučių. Įrenginio prastovos bus minimalios, jei to imsis specialiai parengtas personalas, turintis diagnostikos aparatūrą.

Pneumatinių valdymo sistemų eksploatacinę dokumentaciją sudaro:

- aiški elementų išdėstymo schema su pažymėtais vožtuvais ir linijomis;
- principinė schema;
- elementų sąrašas;
- elementų techniniai pasai (techniniai parametrai);
- žingsninė poslinkių diagrama;
- eksploatavimo instrukcija;
- įrengimo ir jo techninio aptarnavimo instrukcija;
- atsarginių, greičiausiai gendančių detalių sąrašas.

Dokumentacija pateikiama sumontavus sistemą arba kartu su aparatūra. Modifikuojant sistemą, dokumentacija turi būti papildyta ir privalo atspindėti visus sistemos pakeitimus. Taip bus garantuota, kad būsimasis vartotojas ar aptarnaujantis inžinierius turės informaciją apie tikrąją įrenginio būseną.

Dažniausiai gedimus sistemoje sukelia elementų ir linijų susidėvėjimas, kurį gali paspartinti šios išorinės sąlygos:

- bloga suslėgto oro kokybė;
- elementų klibėjimas;
- netinkamos elementų apkrovos;
- netinkama priežiūra;

- netikslus montažas bei sujungimai (pvz., per ilgos valdymo signalo linijos).

Šios su eksploatavimo aplinka susijusios priežastys gali sąlygoti tokius sistemos sutrikimus ir gedimus:

- elementų užsikirtimą;
- elementų lūžimus;
- padidėjusį oro nuotėkį;
- padidėjusį slėgio kritimą;
- netikslius įsijungimus.

Svarbiausios gedimų prevencijos priemonės:

- tinkamų sistemos elementų ir signalų formuotuvų parinkimas; jie turi būti pritaikyti prie aplinkos sąlygų ir tenkinti sistemos keliamus reikalavimus (pvz., jungimų dažnį, apkrovų dydį);
- elementų apsauga nuo taršos;
- veikiančių mechaninių jėgų slopinimas, panaudojant papildomus smūgių slopintuvus;
- trumpų linijų ir, kur to reikia, stiprintuvų naudojimas.

Netinkamai suprojektuotai ar netiksliai sumontuotai sistemai mažai padės net pati geriausia priežiūra. Dėl projektavimo ir montavimo klaidų sistemoje susidaro elementų susidėvėjimą greitinančios ir gedimus skatinančios sąlygos. Rūpestingai projektuojant, kartais galima gerokai sumažinti sutrikimų dažnį, o tuo pačiu ir prastovų laiką. Naujai suprojektuota, sumontuota ir suderinta pneumatinė sistema dažniausiai kurį laiką veikia be sutrikimų. Įprastinėm sąlygom eksploatuojant susidėvėjimo požymių galima nepastebėti net po keleto metų. Dažnai atskiros pneumatinės sistemos dalys išplėtojamos, bet nepasirūpinama padidinti oro tiekimo sistemos galią. Priklausomai nuo įrenginio tipo ir veikimo ciklišKumo sutrikimai atsiranda nereguliariai, dėl to ypač pasunkėja gedimų paieška.

Galimi sutrikimų požymiai:

- cilindro koto greitis ne visada atitinka nustatytąjį, kadangi papildomų elementų veikimas gali sukelti žymius slėgio svyravimus;
- svyruojant slėgiui, keičiasi cilindro sukuriama jėga ir galia.

Tie patys požymiai pasireiškia ir sumažėjus skerspjūvio plotui, kai vamzdeliai užsiteršia. Vamzdelio skersmeniui sumažėjus 20 proc. slėgio kritimas padvigubėja. Svarbu užtikrinti sujungimų sandarumą. Padidėjus oro nutekėjimui prijungimų vietose taip pat mažėja cilindro sukuriama jėga ir galia.

Ypač svarbu, kad tiekiamas į sistemą suslėgtas oras neturėtų kondensato. Negana to, kad kondensatas, būdamas labai agresyvus, sukelia darbinių paviršių koroziją, atsiranda ir ilgai įjungtų, spyruokle išjungiamų vožtuvų užstrigimo pavojus. Kai ore yra pernelyg daug kondensato, nuo korozijos neapsaugotose eksploatuojamos sistemos linijose gali atsirasti rūdžių dalelių. Naudojant tepalus be priedų, jie su kondensatu gali sudaryti emulsijas, dervas ar paviršines gumuotas plėveles, kurios neigiamai veikia skirstytuvų darbą.

Darbo sutrikimo priežastis gali būti į oro tiekimo sistemą montažo metu patekę teršalai. Oro filtrai dažniausiai montuojami oro tiekimo linijos pradžioje. Tačiau jei prieš jų prijungimą vožtuvų maitinimo linijos neprapučiamos, visos teršalų dalelės, atsiradusios jungiant ar virinant vamzdžius (sandarinimo medžiagų skiautelės, virinimo dzindros, vamzdžių šerpetos, siūlgaliai ir kt.) gali patekti į vožtuvus.

Linijas užteršus gali būti tokie gedimai:

- plunžerinių vožtuvų sandarikliai sulimpa ar užstringa;
- rutuliniai vožtuvai praranda sandarumą;
- srauto reguliatorių angos užsikemša.

Rekomenduojamos šios pneumatinių sistemų reguliarios priežiūros taisyklės:

- nuolat tikrinti filtrus ir oro paruošimo modulius;
- reguliariai išleisti vandenį ir papildyti bei suderinti naudojamus oro tepimo įtaisus;

- išsiaiškinti su operatoriais visus pastebėtus sistemos veikimo pasikeitimus ar neįprastus reiškinius;
- tikrinti, ar nepadidėjęs oro nuotėkis, ar fiziškai nepažeisti elementai ir lanksčiosios linijos dalys;
- tikrinti, ar nesusidėvėję ir neužsiteršę valdymo signalų formuotuvai (mygtukai, kelio jungikliai);
- tikrinti cilindrų tvirtinimo ir atraminius mazgus.

Kasdieniniai darbai:

- jei oras drėgnas ir nenumatyta automatiškai nupilti kondensatą, reikia išpilti kondensatą iš filtrų. Kai rezervuarai dideli, turėtų būti naudojamas vandens separatorius su automatiniu kondensato nupylimu;
- tikrinti tepalo lygį oro tepimo sistemoje;
- tikrinti, ar gerai nustatytas tepalo dozatorius.

Kas savaitę:

- tikrinti, ar neužsiteršę valdymo signalų formuotuvai (mygtukai, kelio jungikliai);
- tikrinti slėgio reguliatorių manometrus;
- tikrinti, ar gerai veikia oro tepimo įtaisai.

Kas tris mėnesius:

- tikrinti prijungimų sandarumą. Jei reikia, juos priveržti;
- pakeisti prie judančiųjų dalių prijungtus vamzdelius;
- tikrinti vožtuvų išmetimo prievadus;
- muiluotu vandeniu (nenaudoti tirpiklių) išplauti filtrų kasetes ir prapūsti jas suslėgtu oru priešinga normaliam oro tekėjimui kryptimi.

Kas šešis mėnesius:

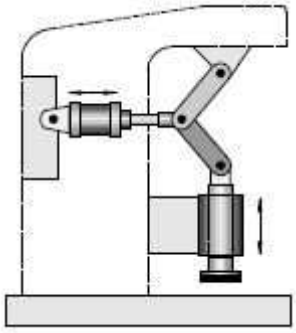
- tikrinti ir jei reikia pakeisti cilindro stūmoklių atramines dalis;
- pakeisti cilindrų sandariklius.

6.6. KONTROLINIAI KLAUSIMAI

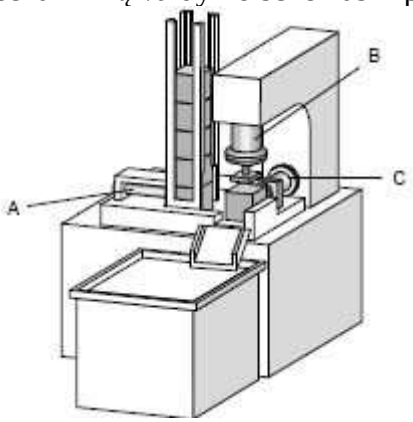
1. Oro paruošimo etapai.
2. Oro parametrai ir matavimo vienetai.
3. Atbulinio vožtuvo taikymas.
4. Loginiai pneumatikos elementai ir jų taikymas.
5. Greito oro išmetimo vožtuvo paskirtis.
6. Bekočio ir dvikočio pneumatikos cilindro konstrukcija ir taikymas.
7. Skirstytuvų prievadų žymėjimas.
8. Pneumatinės slėgio ir laiko relės konstrukcija ir veikimas.
9. Paaiškinti tiesioginį ir netiesioginį skirstytuvo pneumatinį (elektropneumatinį) valdymą.

UŽDUOTYS

1. Suprojektuoti žemiau parodytų mechanizmų valdymo schemas ir paaiškinti veikimą.

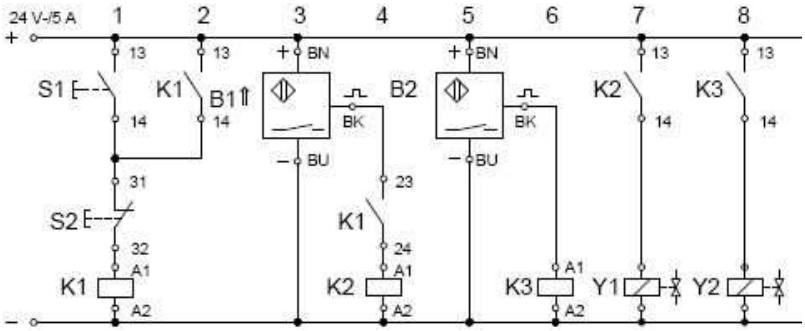


a) presas

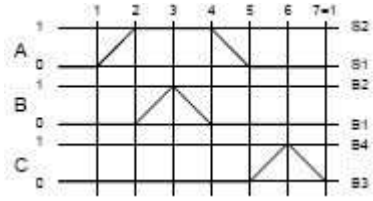


b) A,B,C – cilindrai

2. Nubraižyti žemiau parodytos schemos pneumatinę dalį ir paaiškinti veikimą.



3. Internete suraskite po vieną elektropneumatikos jutiklio pramoninį pavyzdį ir užrašykite pagrindinius parametrus.
4. Pagal darbo diagramas suprojektuokite pneumatikos ir elektropneumatikos schemą.



8. MECHANIZMAI

8.1. BENDROS SĄVOKOS

Mechanizmai – tai kietųjų kūnų junginys, kuris perduoda judesį arba keičia vieną judesį į kitą reikiamą. Judesio perdavimo mechanizmas (krumpliaračiai, velenai, kumšteliai, svirtys ir kt.) valdo vykdymo įrenginio greitį ir judesio pobūdį. Mechanizmą jungiant su varikliu gaunama mašina.

Mechanizmo grandis – tai mechanizmą sudarantys tinkamai sujungti kietieji kūnai. Grandis gali būti viena detalė, bet dažniau – tai kelios tvirtai sujungtos detalės, pavyzdžiui, velenas su krumpliaračiais. Grandys būna standžiosios ir lanksčiosios (diržai, grandinės ir kt.).

Įėjimo grandis – tokia, kuriai judesys suteikiamas iš išorės ir perteikiamas toliau kitoms mechanizmo grandims. Vienas jos galas jungiamas su varikliu, o kitas – su kitomis mechanizmo grandimis.

Įėjimo ir kitos grandys perduoda judesį išėjimo grandžiai ir ši juda tokiu judesiu (dėsniu), kuriam skirtas mechanizmas.

Kiekviename mechanizme yra nejudanti grandis, vadinama stovu. Judančių mašinų (automobilių, lėktuvų) mechanizmų stovu laikoma tvirtai sujungta su mašinos rėmu arba korpusu grandis.

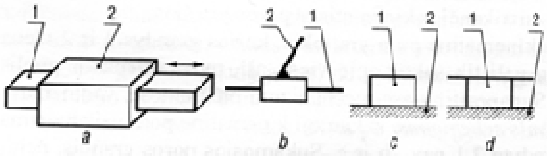
Jungiamosios (tarpinės) grandys yra tos, kurios yra tarp įėjimo ir išėjimo grandžių.

Varančioji grandis – ta, prie kurios pridėtas išorinių jėgų darbas yra teigiamas.

Kinematinė pora – tai dvi sujungtos grandys, galinčios judėti viena kitos atžvilgiu. Grandžių lietimosi vietos vadinamos kinematinės poros elementais. Kai elementai yra kokie nors paviršiai, kinematinė pora vadinama žemesniąja. Kai grandys liečiasi tašku arba linija, jų sudaroma kinematinė pora vadinama aukštesniąja.

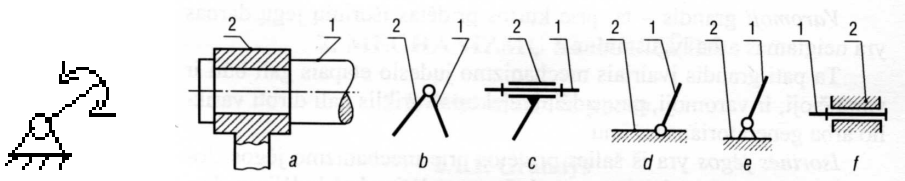
Pagal reliatyviojo judesio pobūdį žemesniosios kinematinės poros skirstomos:

- slenkamoji kinematinė pora;
- sukamoji kinematinė pora;
- slenkamoji-sukamoji (cilindrinė) kinematinė pora;
- sraigtinė kinematinė pora;
- rutulinė (sferinė) kinematinė pora.



8.1 pav. a) slenkamoji kinematinė pora: 1-kulisė, 2-slankiklis, b), c), d) žymėjimas kinematinėse schemose

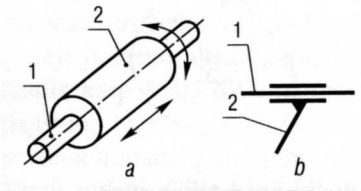
Slenkamosios kinematinės poros (8.1 pav.) grandys viena kitos atžvilgiu gali slankioti išilgai vienos ašies. Nejudanti slenkamosios poros dalis vadinama kreipiamąja (užbrūkšniuota), o judanti grandis – slankikliu. Jei abi grandys juda, grandis su ilgesniuoju elementu vadinama kulise.



8.2 pav. Sukamoji kinematinė pora: 1,2-grandys

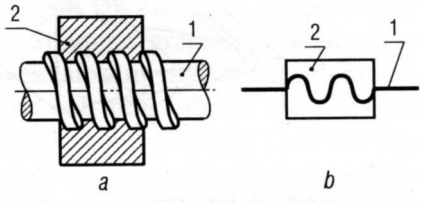
Sukamosios kinematinės poros (8.2 pav.) grandys viena kitos atžvilgiu sukasi apie poros bendrą ašį.

Slenkamosios – sukamosios (cilindrinės) kinematinės poros (8.3 pav.) kinematinės grandys gali slankioti viena kitos atžvilgiu išilgai vienos ašies ir suktis apie ją. Grandžių sukamasis ir slenkamasis judesiai nesusiję vienas su kitu. Sukamoji cilindrinė pora vadinama šarnyru. Šarnyrai taip pat gali būti sukamieji, slenkamieji ir t.t.

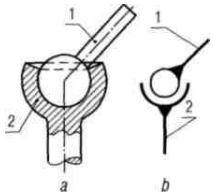


8.3 pav. Slenkamoji – sukamoji (cilindrinė) kinematinė pora

Sraigtinės kinematinės poros (8.4 pav.) grandžių 1 ir 2 reliatyvieji judesiai tokie pat, kaip cilindrinės poros, bet jie susiję vienas su kitu: grandžiai 1 vieną kartą apsisukus, kita grandis 2 pasislenka išilgai sukimosi ašies atstumu, vadinamu sraigtinės poros žingsniu.



8.4 pav. Sraigtinė kinematinė pora



8.5 pav. Rutulinė (sferinė) kinematinė pora

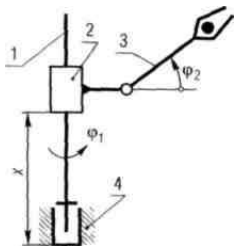
Rutulinės (sferinės) kinematinės poros (8.5 pav.) grandys gali pasisukti viena kitos atžvilgiu apie tris ašis. Šios poros kinematiniai elementai yra rutulio paviršiaus dalys.

Aukštesniosios kinematinės poros labai įvairios, nes jų elementai gali būti plokštumos, rutulio, cilindro, kitokių kreivinių profilių ir kreivinių paviršių linijos arba taškai. Aukštesniųjų kinematinių porų elementai vienas kitu rieda ir slysta, o žemesniųjų porų – tik slysta.

Kinematinės poros laisvės laipsnių kiekis – tai kiekis elementarių nepriklausomų reliatyvių judesių, kuriuos viena grandis gali daryti kitos grandies atžvilgiu. Elementarūs judesiai – tai slinkimas išilgai trijų koordinačių ašių ir sukimasis apie tas ašis. Kol grandys viena su kita nesujungtos ir gali laisvai judėti, jų reliatyvieji judesiai turi šešis laisvės laipsnius. Sujungus grandis judamai, reliatyvieji judesiai apribojami ir laisvės laipsnių kiekis tampa mažesnis nei šeši. Kinematinės poros gali turėti nuo 1 iki 5 laisvės laipsnių. Vieno laisvės laipsnio kinematinių porų (pvz., sukamosios ar slenkamosios poros) grandys gali atlikti tik vieną elementarų reliatyvųjį judesį. Cilindrinė kinematinė pora yra dviejų laisvės laipsnių. Jos grandys gali slinkti išilgai vienos ašies ir suktis apie ją. Abu šie elementarūs judesiai vienas nuo kito nepriklauso. Tiek pat laisvės laipsnių turi ir aukštesnioji kinematinė pora, kurios elementai vienas kitu rieda ir slysta. Sraigtinė kinematinė pora yra vieno laisvės laipsnio, nes jos grandžių slinkimo ir sukimosi judesiai susiję. Trijų laisvės laipsnių yra rutulinė kinematinė pora. Keturių laisvės laipsnių poros pavyzdys gali būti kinematinė pora, sudaryta iš tuščiavidurio cilindro ir rutulio jo viduje, o penkių laisvės laipsnių – plokštė ir rutulys ant jos.

Kinematinėje poroje, turinčioje penkis laisvės laipsnius, yra suvaržytas vienas elementarus reliatyvusis judesys. Turinčioje keturis laisvės laipsnius – suvaržyti du elementarūs reliatyvieji judesiai, turinčioje tris laisvės laipsnius – trys judesiai, du laisvės laipsnius – keturi ir turinčioje vieną laisvės laipsnį – penki judesiai.

Pagal suvaržytų elementarių reliatyviųjų judesių tarp grandžių ryšių kiekį arba pagal kinematinės poros laisvės laipsnių kiekį poros skirstomos į penkias klases. Jeigu pora turi vieną laisvės laipsnį, tai ji laikoma I klasės kinematine pora, jeigu du – II klasės ir t. t. Pavyzdys – roboto manipuliatoriaus mechanizmas (8.6 pav.).



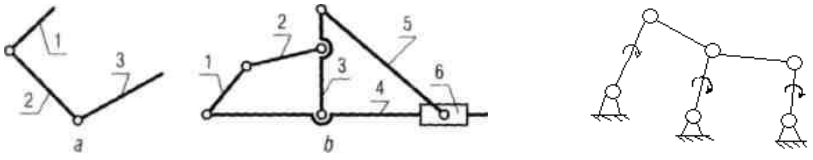
8.6 pav. Roboto manipuliatoriaus mechanizmas

Jis sudarytas iš atviros kinematinės grandinės, turi tris laisvės laipsnius, nes, norint nustatyti išėjimo grandies 3 padėtį, reikia žinoti grandžių 1 ir 3 pasisukimo kampus φ_1, φ_2 bei atstumą x, t. y. tris apibendrintąsias koordinates.

8.1 lentelė. Kinematinės poros

Suvaržytų santykinių judesių sk. ir poros klasė pagal Malyševą ir Artobolevskį	Laisvės laipsnių skaičius ir poros klasė pagal Dobrovolskį	Poros pavadinimas	Schema	Sutartinis žymėjimas pagal Tarptautinės standartų organizacijos rekomendaciją (1981 m.)
5 V	1 I	Slenkamoji		
5 V	1 II	Sukamoji		
5 V	1 I	Sraigtinė		
4 IV	2 II	Cilindrinė		
3 III	3 III	Sferinė		
4 IV	2 II	Sferinė su pirštu		
2 II	4 IV	Rutulys ir cilindras		
3 III	3 III	Plokštuminė		
2 II	4 IV	Cilindras ir plokštuma		
1 I	5 V	Rutulys ir plokštuma		

Kinematinės grandinės – tai į kinematines poras sujungtų grandžių junginys. Kinematinės grandinės būna atviros ir uždaros.



8.7 pav. Kinematinė grandinė: a) atvira, b) uždara

Atvira vadinama tokia kinematinė grandinė, kurioje yra grandžių, susijungiančių tik su viena grandimi (8.7 pav., a). Tokia grandinė yra, pvz., statybininkų naudojamas sulankstomas metras.

Uždarų kinematinių grandinių kiekviena grandis susijungia bent su dviem kitomis grandimis (8.7 pav., b). Uždarosios kinematinės poros dar vadinamos geometrinio sunėrimo, o atvirosios – jėginio sunėrimo poromis. Mechanizmuose daugiausia naudojamos uždaros grandinės.

8.2. PAGRINDINIAI MECHANIZMAI

Mechanizmas gali būti apibrėžtas kaip kinematinė grandinė, kurios viena grandis nejudanti, o kitų grandžių judesiai apibrėžti. Šiuolaikiniuose įrengimuose naudojama gausybė įvairiausių mechanizmų. Juos galima suskirstyti į universalius mechanizmus, naudojamus įvairiausiose mašinose ir prietaisuose (pvz., krumpliaračiai), ir specialius mechanizmus, naudojamus tik kai kurių tipų mašinose (pvz., siuvimo mašinų siūlo įtempimo mechanizmas, kėlimo mašinų stabdžių mechanizmai).

Nejudanti mechanizmo grandis vadinama stovu. Tai grandis, tvirtai sujungta su mašinos pamatu. Paverčiant stovu įvairias grandis, iš vienos kinematinės grandinės galima sudaryti tiek skirtingų mechanizmų, kiek ji turi grandžių.

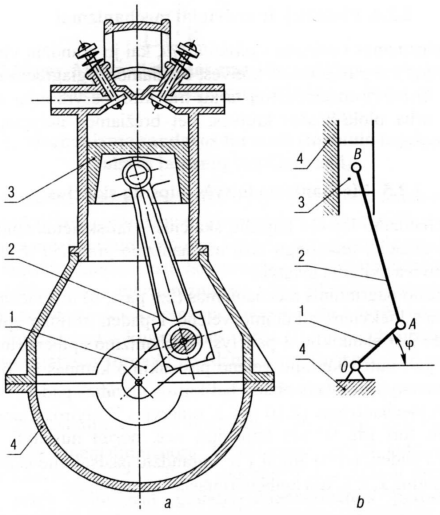
Mechanizmas vadinamas plokščiuoju, kai jo grandžių visų taškų trajektorijos yra plokščiosios kreivės, brėžiamos lygiagrečiose plokštumose.

Erdvinių mechanizmų taškų trajektorijos yra arba erdvinės kreivės, arba plokščiosios kreivės, bet brėžiamos nelygiagrečiose plokštumose.

Mechanizmai skirstomi į:

- svirtinius;
- krumplinius;
- kumštelinius;
- maltos kryžiaus;
- strektės - reketo;
- frikcinius;
- su lanksčiomis grandinėmis.

Mechanizmai nagrinėjami nubraižius jų kinematines schemas, kuriose grandys ir kinematinės poros vaizduojamos supaprastintai. Mechanizmo kinematinėje schemoje kinematinės poros ir grandys braižomos schematiškai. Konstrukcinių grandžių ypatumai, neturintys įtakos jų judesiui, nevaizduojami.



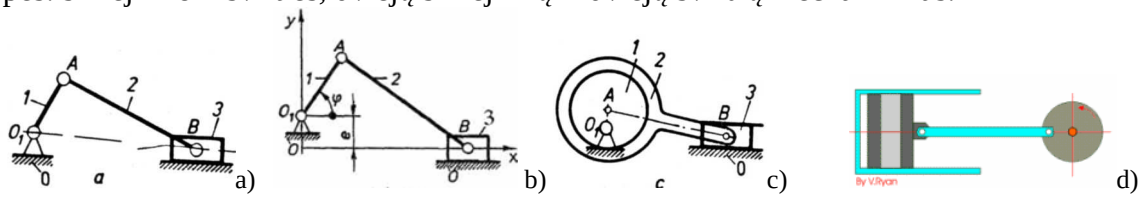
8.8 pav. Vidaus degimo variklis: a) supaprastintas brėžinys, b) pagrindinio mechanizmo kinematinė schema

Vidaus degimo variklio supaprastintas brėžinys pavaizduotas 8.8 pav., a, o 8.8 pav.,b – jo pagrindinio mechanizmo kinematinė schema. Kinematinėje schemoje visas stovas nebraižomas, o pavaizduojami tik užbrūkšniuoti jo elementai.

8.2.1. Svirtiniai mechanizmai

Svirtiniai mechanizmai yra sudaryti tik iš žemesniųjų kinematinių porų. Jų grandys dažniausiai būna svirčių ir strypų pavidalo. Šie mechanizmai naudojami varikliuose, kompresoriuose, kėlimo kranuose, siurbliuose, presuose, žemės ūkio ir kitose mašinose.

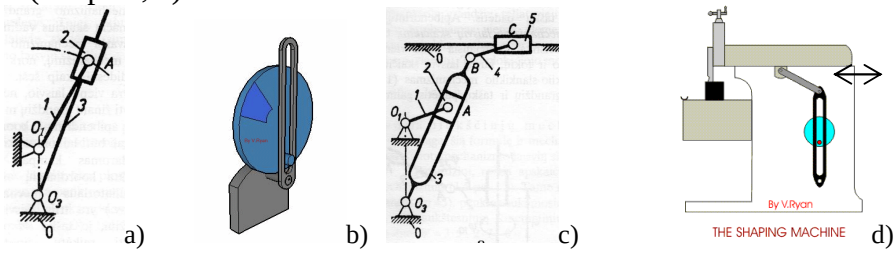
Šarnyriniais vadinamų svirtinių mechanizmų grandys sujungtos tik į cilindrines sukamąsias kinematines poras. Tokie mechanizmai įėjimo grandies sukamąjį judesį pakeičia išėjimo grandies svyruojamuoju arba sukamuoju judesiu ir atvirkščiai. Paprasčiausi šarnyriniai mechanizmai turi keturias grandis. Viena iš jų yra stovas. Šie mechanizmai skirstomi į tris grupes: skriejiklio – svirties, dviejų skriejiklių ir dviejų svirčių mechanizmus.



8.9 pav. Skriejiklio – slankiklio mechanizmas: a) ašinis, b) neašinis, c, d) ekscentriko

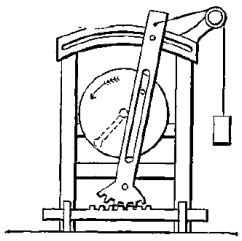
Dažnai naudojamas šarnyrinis mechanizmas yra skriejiklio – slankiklio mechanizmas (8.9 pav.). Jį sudaro keturios grandys, viena iš jų – stovas 0 arba kreipiamosios. Grandis 1, galinti apsisukti apie nejudamą kinematinės poros su stovu ašį, vadinama skriejikliu. Slankiojanti grandis 3 vadinama slankikliu. Su stovu kinematine pora nesujungta grandis 2 yra švaistiklis. Mechanizmas skriejiklio sukimąsi per švaistiklį 2 keičia slankiklio 3 slankiojamuoju judesiu ir atvirkščiai.

Dažniausiai naudojami centriniai arba ašiniai mechanizmai (8.9 pav., a). Jų slankiklio kreipiamųjų ašis eina per skriejiklio sukimosi ašį. Rečiau pasitaiko neašiniai mechanizmai (8.9 pav., b). Jų ašis yra nutolusi atstumu e nuo skriejiklio sukimosi ašies. Pakeitus skriejiklį ekscentriku (skridiniu, kurio centras nesutampa su sukimosi ašimi), gaunamas ekscentriko mechanizmas (8.9 pav., c).



8.10 pav. Kulisinis mechanizmas: a, b) svyruojantis, c) slankiojantis, d) drožimo staklės

Kulisiniais vadinami svirtiniai mechanizmai, kuriuose yra slenkamųjų kinematinių porų su abiem judamomis grandimis. Kulise vadinama ta poros grandis, kurios lietimosi elementas būna ilgesnis. Kulisinių mechanizmų paskirtis – pakeisti įėjimo grandies 1 (skriejiklio) sukimąsi išėjimo grandies 3 (kulisės) svyravimu (8.10 pav., a, b) arba išėjimo grandies 5 (slankiklio) slankiojimu (8.10 pav., c). Tokie keturgrandžiai ir šešiagrandžiai kulisiniai mechanizmai naudojami drožimo staklėse (8.10 pav., d), stūmokliniuose siurbliuose ir kompresoriuose (8.9 pav., d), hidrauliniuose įrengimuose ir prietaisuose.



8.11 pav. Kulisinis mechanizmas

8.2.2. Krumpliniai mechanizmai

Krumpliniuose mechanizmuose kartu su žemesniosiomis kinematinėmis poromis yra ir aukštesniųjų. Krumpliniuose mechanizmuose aukštesniąją porą sudaro du sukibę krumpliaračiai. Nuosekliai sukibdami krumplinių mechanizmų krumpliai perduoda nenutrūkstamą vienos grandies sukamąjį judesį kitai. Šie mechanizmai naudojami daugelyje mašinų ir prietaisų. Iš krumpliaračių ir stovo sudaryti mechanizmai vadinami krumplinėmis perdavomis (pavaromis).

Krumpliaračių krumpliai esti tiesūs, įstriži ir kreivi. Tiesūs krumpliai yra lygiagretūs su krumpliaračio ašimi, įstriži ir kreivi krumpliaračio paviršiuje yra išsidėstę pagal sraigtinę arba kitokios formos liniją. Pagal krumplių profilių formą krumpliaračiai skirstomi į evolventinius, cikloidinius, apskritiminius ir kt.

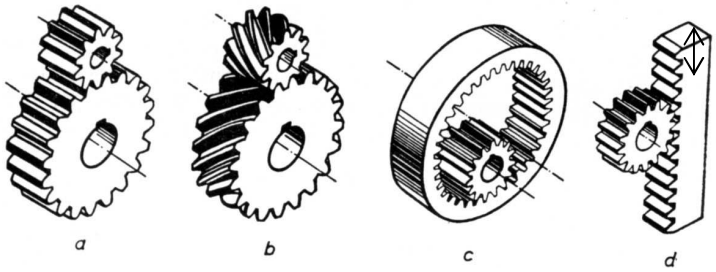
Krumplinės perdavos už kitas mechanines perdavas yra pranašesnės, nes jos:

- naudojamos plačiame greičių, galių ir perdavimo santykių diapazone;
- yra mažesnių matmenų;
- turi didesnį naudingumo koeficientą;
- yra patikimesnės ir jas paprasčiau techniškai prižiūrėti.

Didžiausi krumplinių perdavų trūkumai yra šie:

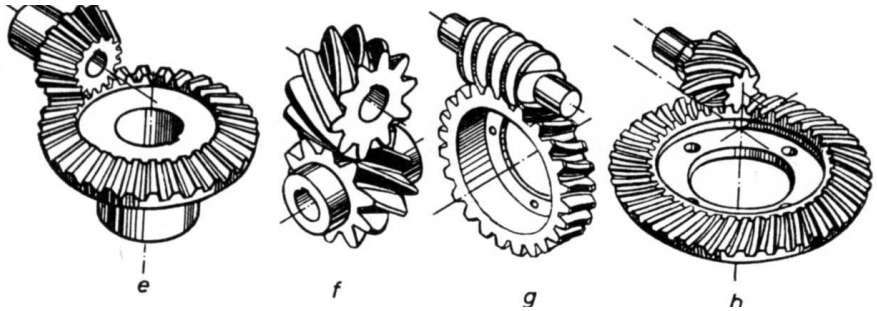
- sudėtinga ir tiksli krumpliaračių gamyba;
- kai krumpliaračiai pagaminti nepakankamai tiksliai, tai, esant dideliems greičiams, perdavoje kyla virpesiai ir triukšmas;
- jos neapsaugo mašinos nuo perkrovų ir blogai slopina dinamines apkrovas.

Krumplinės perdavos būna išorinio sukibimo su tiesiais (8.12 pav., a) arba įstrižais (8.12 pav., b) krumpliais ir vidinio sukibimo (8.12 pav., c). Krumpliaračių su išoriniais krumpliais krumplių viršūnės nukreiptos nuo krumpliaračio sukimosi ašies į išorę, o krumpliaračių su vidiniais krumpliais – į vidų.



8.12 pav. a, b, c) krumplinės perdavos su lygiagrečiomis ašimis, d) krumpliastiebinė perdava

Kai vieno krumpliaračio skersmuo be galo padidėja, jis virsta krumpliastiebiu, t. y. tiesia krumpliuota grandimi. Krumpliastiebinis mechanizmas (8.12 pav., d) sukamąjį judesį keičia slenkamuoju ir atvirkščiai.



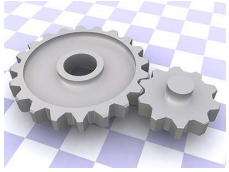
8.13 pav. Krumplinės perdavos su nelygiagrečiomis ašimis: e) kūginė, f) sraigtinė, g) sliekinė, h) hipoidinė

Pagal krumpliaračių sukimosi ašių tarpusavio padėtį krumplinės perdavos būna:

- cilindrinės (8.12 pav., a, b, c), kai velenų ašys lygiagrečios;
- kūginės (8.13 pav., e), kai velenų ašys susikerta;
- sraigtinės (8.13 pav., f);
- sliekinės (8.13 pav., g);
- hipoidinės (8.13 pav., h), kai velenų ašys prasilenkia.

Daugiagrandžiai krumpliniai mechanizmai, skirti sūkių dažniui mažinti, vadinami reduktoriais, o sūkių dažniui didinti – multiplikatoriais.

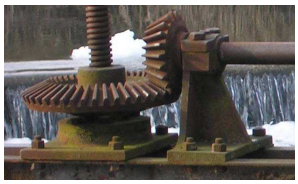
Cilindrinės krumplinės perdavos esti išorinio ir vidinio sukibimo. Pagal krumplio linijos kryptį jų krumpliaračiai būna tiesiakrumpliai, įstrižakrumpliai ir ševroniniai. Tiesiakrumplių (8.14 pav., a) krumpliaračių gamyba yra paprastesnė. Jiems sukimbant, neatsiranda ašinių jėgų, tačiau jų krumpliai sukimba visu ilgiu staiga, todėl perdava dirba triukšmingiau negu kitos dvi perdavos. Įstrižakrumplių (8.14 pav., b) ir ševroninių perdavų krumpliai išdėstyti sraigtinėmis linijomis. Šių perdavų krumpliai sukimba palaipsniui, todėl jos dirba tolygiau, būna mažesnės dinaminės apkrovos ir triukšmas, jos ilgiau tarnauja.

 a)

b)

8.14 pav.Cilindriniai krumpliaračiai: a) tiesiakrumpliai, b) įstrižakrumpliai

Erdvinės krumplinės perdavos krumpliaračių sukimosi ašys yra nelygiagrečios. Kūginės pavaros naudojamos perduoti sukamajam judesiui tarp velenų, kurių ašys susikerta. Susikirtimo kampas dažniausiai būna status (8.15 pav., a). Tokių krumpliaračių krumpliai sudaromi nepjautinių kūgių paviršiuje.

 a)

b)

8.15 pav. Erdvinės krumplinės perdavos: a) kūginė, b) sraigtinė

Kūginės pavaros kokybės rodikliai yra tokie pat kaip ir evolventinės cilindrinės pavaros. Kūginės pavaros darbas labai priklauso nuo jos sumontavimo tikslumo. Jei pavaros abiejų dalijamųjų kūgių viršūnės nesutampa, sukibimas yra netaisyklingas, krumpliaračiai sukasi sunkiai ir jų krumpliai greitai dyla. Kūginėje pavaroje veikia ašinės jėgos, į kurias reikia atsižvelgti projektuojant guolius. Kūginius krumpliaračius gaminti sudėtingiau ir brangiau negu cilindrinius.

Krumplinės pavaros su prasilenkiančiomis krumpliaračių sukimosi ašimis yra trijų rūšių:

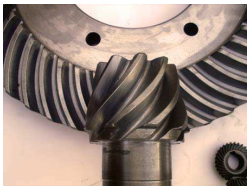
- sraigtinė krumplinė pavara su dviem cilindriniais įstrižakrumpliais krumpliaračiais (8.13 pav., f);
- hipoidinė pavara su dviem kūginiais įstrižakrumpliais krumpliaračiais (8.13 pav., h);
- sliekinė pavara su sraigtu, vadinamu slieku, ir įstrižakrumpliu cilindriniu krumpliaračiu, vadinamu sliekračiu (8.13 pav., g).

Sraigtinės krumplinės perdavos sudarytos iš dviejų evolventinių cilindrinių įstrižakrumplių krumpliaračių, kurių velenų ašys prasilenkia (8.15 pav., b). Esant tokiai velenų padėčiai, pradiniai cilindrai liečiasi tašku. Apskritiminių greičių vektoriai nukrypę ašiniu susikirtimo kampu, dėl to sukibime atsiranda didelis slydimas. Taškinis kontaktas ir didelis slydimas sudaro sąlygas krumpliams greitai dilti ir strigti veikiant net ir nedidelėms apkrovoms, todėl sraigtinės perdavos plačiausiai naudojamos prietaisų kinematinėse

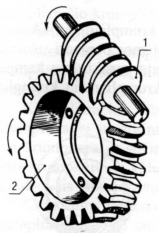
grandinėse.

Hipoidinę krumplinę perdavą sudaro du kūginiai kreivakrumpliai krumpliaračiai (8.16 pav., a). Ašių prasilenkimo kampas dažniausiai būna 90°. Skirtingai nei sraigtinės, hipoidinės perdavos gali turėti linijinį kontaktą. Dėl to jos gali perduoti didesnę galią negu sraigtinės. Krumplių slydimo greičiai žymiai mažesni. Kadangi vienu metu sukimba keletas krumplių porų, hipoidines perdavas galima naudoti tiksliuose mechanizmuose. Pagrindinis šių perdavų trūkumas – galimas strigimas, susijęs su slydimu išilgai kontaktinių linijų. Išvengti Strigimo galima panaudojant specialius tepalus, suteikiant darbiniams paviršiams didesnį kietumą bei apribojant atstumo tarp ašių nuokrypį.

Sliekinė perdava (8.16 pav., b) – tai hiperboloidinė pora, kurios mažesnysis krumpliaratis turi labai mažai krumplių (nuo 1 iki 4). Šis krumpliaratis vadinamas slieku. Jis sukimba su sliekračiu. Sliekratis yra tam tikros formos krumpliaratis su įstrižais krumpliais. Kontaktinių linijų ilgiui padidinti sliekračio krumpliai daromi lanko formos, nes jie iš dalies apgaubia slieką. Slieko ir sliekračio ašių prasilenkimo kampas teoriškai gali būti bet koks, tačiau dažniausiai jis lygus 90°.



a)



b)

8.16 pav. Erdvinė krumplinė perdava: a) hipoidinė, b) sliekinė

Sliekines perdavas išrado Archimedas. Jos naudojamos sūkių dažniui mažinti, todėl sliekas yra varančioji, o sliekratis – varomoji grandis. Sliekinės perdavos dažniausiai būna savistabdės. Jos yra kompaktiškos, dirba sklandžiai ir tyliai, turi didelius perdavimo skaičius. Šių perdavų trūkumai:

- mažas naudingumo koeficientas dėl greito slieko vijų slydimo sliekračio krumpliais;
- didelis šilumos išsiskyrimas sukibimo zonoje;
- būtinybė sliekračių vainikus gaminti iš brangių antifrikcinių medžiagų;
- didelės ašinės jėgos, kylančios perdavoje.

Sliekinės perdavos labiausiai tinka trumpalaikiam darbui. Jos naudojamos staklių valdymo ir dalijimo mechanizmuose, prietaisuose, kėlimo ir transporto mašinose bei automatuose. Priklausomai nuo slieko formos ašiniame pjūvyje, sliekinės perdavos gali būti cilindrinės ir globoidinės.

Cilindrinės sliekinės perdavos slieko pradinis paviršius yra cilindras, o sliekračio – globoidas. Šios perdavos funkciškumas priklauso tik nuo sliekračio ašinės padėties slieko atžvilgiu tikslumo ir nepriklauso nuo slieko ašinės padėties tikslumo sliekračio atžvilgiu. Tai supaprastina pavaros konstrukciją. Be to, cilindrinius sliekus gaminti yra kur kas paprasčiau. Dėl šių pranašumų cilindrinės sliekinės perdavos yra naudojamos plačiausiai.

Cilindrinėse sliekinėse perdavose naudojami archimediniai, konvoliutiniai ir evolventiniai sliekai.

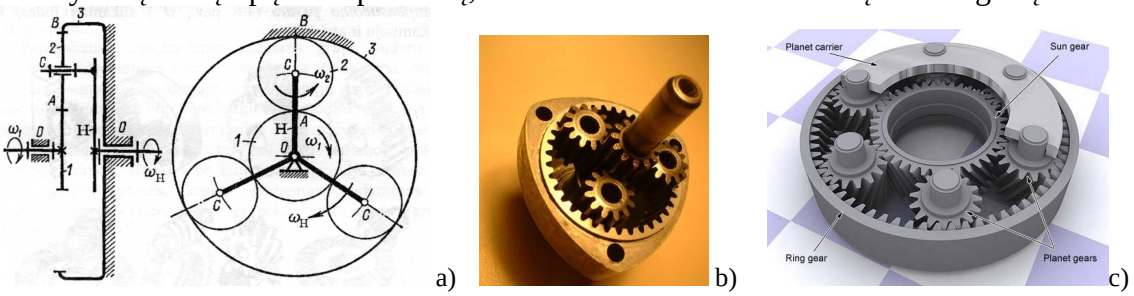
Pagal sraigtinės linijos kryptį sliekai būna dešininiai ir kairiniai, o pagal slieko pradžių skaičių – vienapradžiai ir daugiapradžiai.

Globoidinės sliekinės perdavos slieko ir sliekračio pradiniai paviršiai yra globoidai. Globoidinio slieko visos vijos sukimba su sliekračio krumpliais, todėl kontaktinis įtempis ir trinties pasipriešinimas yra mažesni, o perduodama galia ir naudingumo koeficientas – didesni negu cilindrinės sliekinės perdavos. Tačiau perdavos funkcionalumas priklauso ne tik nuo sliekračio ašinės padėties tikslumo, bet ir nuo slieko ašinės padėties tikslumo sliekračio atžvilgiu. Tai reikalauja sudėtingesnės pavaros konstrukcijos. Be to, gerokai sudėtingesnė ir globoidinių sliekų gamyba. Dėl šių trūkumų globoidinės sliekinės perdavos yra naudojamos

rečiau.

Satelitiniais (epicikliniais) mechanizmais vadinami tie, kurių bent vieno krumpliaračio ašis sukasi. Satelitiniuose mechanizmuose apie nejudančiąsias ašis besisukantys arba nejudantys krumpliaračiai vadinami centriniais krumpliaračiais.

Paprasčiausią planetinę perdavą (8.17 pav., a) sudaro centrinis krumpliaratis 1 su išoriniais krumpliais, satelitiniai krumpliaračiai 2 (satelitai), centrinis krumpliaratis 3 su vidiniais krumpliais (stovas) ir vediklis H. Satelitai, sukdamiesi apie savo ašis, įtvirtintas vediklyje, juda apskritimu apie centrinį krumpliaratį lyg planeta apie saulę. Del tokio satelitų judesio šios perdavos ir yra vadinamos planetinėmis. Kadangi satelitų ašys įtvirtintos vediklyje, tai jos, judėdamos apskritimu, jį suka apie centrinę ašį. Krumpliaračiui 3 nejudant, varančioji grandis gali būti krumpliaratis 1, o varomoji – vediklis H ir atvirkščiai. Kai vediklis nejuda, tai krumpliaračio 1 judesį galima perduoti krumpliaračiui 3 ir atvirkščiai: krumpliaračio 3 – krumpliaračiui 1. Satelitiniuose mechanizmuose dažnai būna daugiau negu vienas satelitas (paprastas arba sudvejintas), o satelitų ašys išdėstytos vediklyje vienodais intervalais. Satelitų skaičius mechanizmo kinematikai įtakos nedaro. Vediklis gali būti įvairaus pavidalo (skriejikas, diskas, rėmas, krumpliaratis). Satelitiniai mechanizmai gali būti sudaryti iš įvairių tipų krumpliaračių, bet dažniausiai – iš cilindrinių arba kūginių.



a) b) c)

8.17 pav. Satelitinis mechanizmas: a, b) su 3 satelitais, c) su 6 satelitais

Kai visos grandys laisvos, tai vienos grandies judesį galima paskirstyti dviem grandim arba dviejų judesius sujungti į vieną. Šiuo atveju planetinė perdava vadinama diferencialu.

Planetiniai mechanizmai turi vieną laisvės laipsnį. Juose vienas centrinis krumpliaratis sustabdytas.

Pagrindinis planetinės perdavos pranašumas yra plačios jos kinematinės galimybės. Ji gali būti naudojama kaip reduktorius su pastoviu perdavimo santykiu. Stabdant atskiras perdavos grandis, perdavimo santykį galima keisti. Tada perdava atlieka greičių dėžės funkcijas. Ji gali būti naudojama kaip diferencialas, kuriame judesiai yra sumuojami arba atimami.

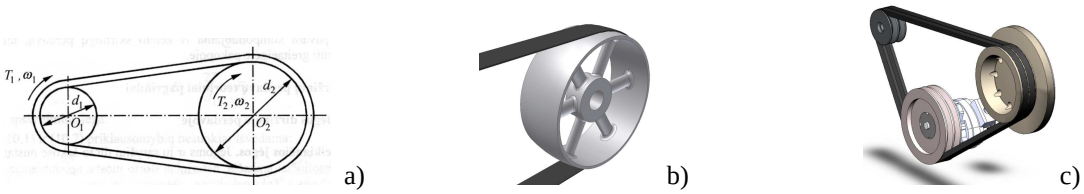
Vidinės apkrovos perdavoje pasiskirsto keliems simetriškai išdėstytiems satelitams, todėl gerokai sumažėja krumplius veikiančios jėgos. Dėl šių savybių planetinė perdava būna mažesnė ir lengvesnė už kitas panašios galios perdavas.

Planetinės perdavos turi didelį perdavimo skaičių, todėl nereikia sudėtingų daugialaipsnių schemų. Jose plačiai naudojamas vidinis sukibimas, kuris yra stipresnis už išorinį. Dėl satelitų išdėstymo simetriškumo dalis perdavoje veikiančių jėgų susibalansuoja, todėl sumažėja apkrovos, veikiančios atramas. Tai sumažina trinties nuostolius jose ir supaprastina konstrukciją.

Planetinės perdavos turi daugiau detalių, jas reikia gaminti ir surinkti tiksliau, nei perdavas su nejudančiomis ašimis. Dėl šių priežasčių planetinės perdavos yra brangesnės.

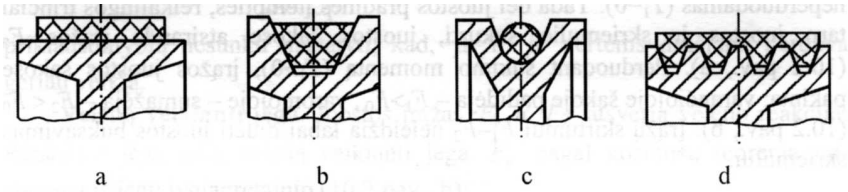
8.2.3. Diržinė perdava

Paprasčiausią diržinę perdavą sudaro varantysis ir varomasis skriemuliai ir juos gaubiantis lankstusis elementas – diržas (8.18 pav., a). Apkrova nuo vieno skriemulio kitam perduodama trinties jėga (išskyrus krumpliuotojo diržo perdavas), kuri atsiranda tarp skriemulio ir diržo, jį įtempus.



8.18 pav. Diržinė perdava: a) perdavos schema, b) plokščio diržo, c) trapecinio

Diržai būna stačiakampio skerspjūvio – plokšti (8.19 pav., a), trapecinio skerspjūvio – trapeciniai (8.19 pav., b), apvalaus skerspjūvio – apvalūs (8.19 pav., c) ir politrapeciniai (8.19 pav., d). Pagal diržo skerspjūvio formą diržinės perdavos skirstomos į plokščiojo (8.18 pav., b), trapecinio (8.18 pav., c), apvaliojo ir politrapecinio diržo perdavas.



8.19 pav. Diržo perdavų diržų forma: a) plokšti, b) trapeciniai, c) apvalūs, d) politrapeciniai

Krumpliuotojo diržo perdavose apkrova perduodama diržui ir skriemuliui sukimbant krumpliais. Tuo jos panašios į grandininės perdavas, tačiau kitomis savybėmis jos artimesnės diržinėms. Labiausiai paplitusios yra plokščiojo ir trapecinio diržo perdavos. Apvaliojo diržo perdavos naudojamos, kai reikia perduoti mažas galias. Pastaruoju metu vis plačiau naudojamos krumpliuotojo diržo perdavos.

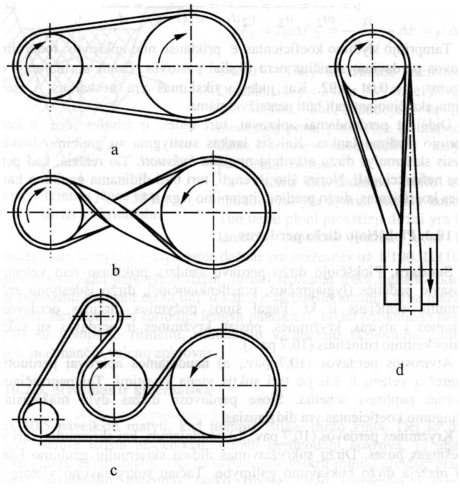
Diržinės perdavos yra vienos iš seniausių mechaninių perdavų. Jos paprastos ir palyginti nebrangios. Jomis sukimo judesį galima perduoti dideliais atstumais (iki 15 m ir daugiau).

Diržinės perdavos veikia sklandžiai ir tyliai, apsaugo mechanizmus nuo smūgių ir perkrovų (perkraunant diržas praslysta), gerai slopina virpesius, gali dirbti dideliais greičiais. Tačiau šios perdavos yra didelių matmenų (perduodant tą pačią galią skriemulių skersmenys esti apie 5 kartus didesni už krumpliaračių) ir turi netikslų perdavimo skaičių. Be to, dėl reikalingos pradinės įvaržos diržas labai apkrauna velenus, maždaug 2 – 3 kartus daugiau nei naudojant krumplines perdavas. Diržinės perdavos jautrios temperatūrai, šilumai, dulkėms ir alyvai. Todėl šios perdavos naudojamos ribotai.

Dažniausiai diržinės perdavos naudojamos, kai velenai yra toli vienas nuo kito, o perdavimo skaičius gali būti netikslus. Perduodama galia neturi viršyti 50 kW. Jei pavara komponuojama iš keleto skirtingų perdavų, tai diržinė perdava turi būti greitaeigėje pakopoje.

Plokščiojo diržo perdavų sandara priklauso nuo velenų ašių tarpusavio padėties diržo išdėstymo erdvėje. Ašys gali būti lygiagrečios ar prasilenkiančios. Taip pat sandara priklauso nuo skriemulių skaičiaus ir kt. Pagal šiuos požymius diržinės perdavos yra skirstomos į atviras, kryžmines, pusiau kryžmines ir perdavas su sukimosi krypties keitimo ritinėliais (8.20 pav.).

Atvirosios perdavos (8.20 pav., a) naudojamos apkrovai perduoti tarp lygiagrečių, besisukančių viena kryptimi velenų. Tai paprasčiausia ir labiausiai paplitusi schema. Šiose perdavose diržas dyla mažiausiai. Jų naudingumo koeficientas yra didžiausias.



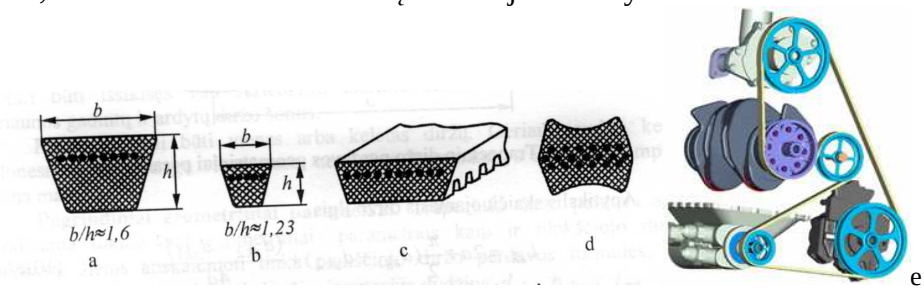
8.20 pav. Plokščiojo diržo perdavų sandara: a) atvira, b) kryžminė, c) su sukimosi krypties keitimu, d) pusiau kryžminė

Kryžminės perdavos (8.20 pav., b) naudojamos, kai skriemuliai turi suktis į priešingas puses. Diržų sukryžiavimas didina skriemulių gaubimo kampus, todėl mažėja diržo praslydimo galimybė. Tačiau sukryžiavimo vietoje diržo šakos trinasi viena į kitą, todėl jis intensyviau dyla.

Perdavos su sukimosi krypties keitimo ritinėliais (8.20 pav., c), kaip ir kryžminės, naudojamos, kai skriemuliai turi suktis į priešingas puses. Abi diržo pusės yra darbinės, nes diržas skriemulius pakaitomis liečia tai viršutine, tai apatine puse.

Pusiau kryžminės perdavos (8.20 pav., d) perduoda apkrovą tarp susikryžiuojančių velenų. Varantįjį skriemulį diržas dažniausiai gaubia didesniu kaip 180° kampu.

Vertindami diržines perdavas, turime pasakyti, kad funkciškesnė ir patikimesnė perdava yra ta, kuri turi mažiau skriemulių ir kurioje diržas yra mažiau lankstomas.



8.21 pav.Trapeciniai diržai: a) normalaus pločio, b) siauras, c) platus gofruotas, d) dvigubas, e) perdava su sukimosi krypties keitimu

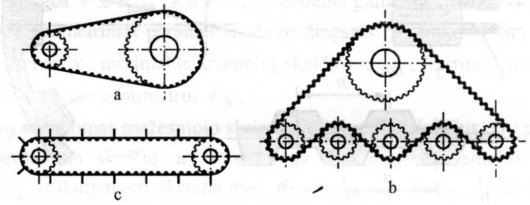
Trapecinio diržo perdavos (8.18 pav., c), palyginus su plokščiojo diržo perdavomis, yra mažesnių matmenų, perduoda didesnes galias, mažiau apkrauna velenus, tyliau dirba. Jų perdavimo skaičiai yra didesni. Dėl šių pranašumų minėtos perdavos yra labiausiai paplitusios.

Diržo skersinis pjūvis yra lygiašonės trapecijos formos (8.21 pav., a), todėl šie diržai yra vadinami trapeciniais. Diržas darbo metu yra įspraudžiamas į tokios pat formos skriemulių griovelius. Skriemulio griovelis būna tokio dydžio, kad tarp griovelio dugno ir diržo vidinio paviršiaus susidarytų tarpelis. Apkrova skriemuliui perduodama diržo šoniniais paviršiais. Tačiau diržas neturi būti išsikišęs virš skriemulio išorinio skersmens, nes griovelio briaunos gadintų ir ardytų diržo šonus.

Pagal skerspjūvio matmenis diržai skirstomi į normalaus pločio, siaurus, plačius gofruotus ir dvigubus. Jie skiriasi pločio ir aukščio santykiu. Dažniausiai naudojami siauri diržai, nes jie yra lanksčiausi. Platūs gofruoti diržai yra naudojami didelėms jėgoms perduoti. Skersiniai gofrai padidina diržo lankstumą. Kai reikia pakeisti varomojo skriemulio kryptį, naudojami dvigubi diržai. Siauri ir normalaus pločio diržai yra standartizuoti. Pagal

tarptautinius standartus siauri diržai žymimi raidėmis: *SPZ, SPA, SPB* ir *SPC*.

Perdavoje gali būti vienas arba keletas diržų. Geriau naudoti kelis plonesnius diržus negu vieną storą, nes juose atsirandantys lenkimo įtempimai būna mažesni.

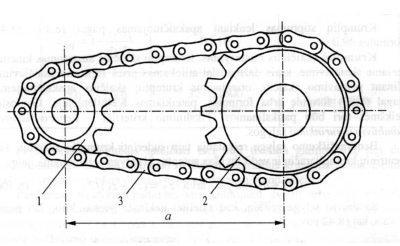


8.22 pav. Krumpliuotojo diržo perdavų schemos: a) paprasta perdava, b) daugelio velenų perdava, c) konvejerinė perdava

Krumpliuotieji diržai – tai plokštieji diržai su krumpliais. Perduodami apkrovą arba judesį, jie sukimba su atitinkamais krumpliuotais skriemuliais. Palyginus su kitomis panašių matmenų ir masės diržinėmis perdavomis, šio tipo perdavos perduoda didesnes galias, mažiau apkrauna velenus ir guolius, diržai neslysta, darbo metu jų nereikia papildomai patempti, tyliau dirba. Dėl šių pranašumų krumpliuotojo diržo perdavos plačiai taikomos tiksliojoje inžinerijoje. Be to, jos naudojamos staklėse, varikliuose ir kt.

8.2.4. Grandininė perdava

Grandininę perdavą (8.23 pav.) sudaro varančioji 1 ir varomoji 2 žvaigždutės bei jas juosianti grandinė 3. Perdavos veikimas yra pagrįstas grandinės sukibimu su žvaigždutėmis. Dėl geresnio sukibimo grandininės perdavos yra daug kuo pranašesnės už diržines. Jomis galima perduoti didesnes apkrovas. Tokios pat galios grandininė perdava, palyginti su diržine, būna mažesnių matmenų. Kadangi grandinė žvaigždute neslysta, perdavimo skaičius būna pastovus. Velenai ir guoliai apkraunami mažiau, nes nereikia pradinio grandinės įtempimo. Grandininės perdavos nejautrios temperatūros pokyčiams, drėgmei, nešvarumams.



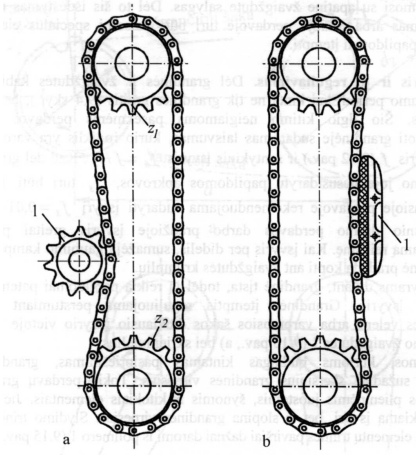
a)

b)

c)

8.23 pav. Grandininė perdava

Tačiau grandininės perdavos yra brangesnės už diržines. Grandinės intensyviau dyla. Jos juda netolygiai, todėl kyla triukšmas ir papildomos dinaminės apkrovos.

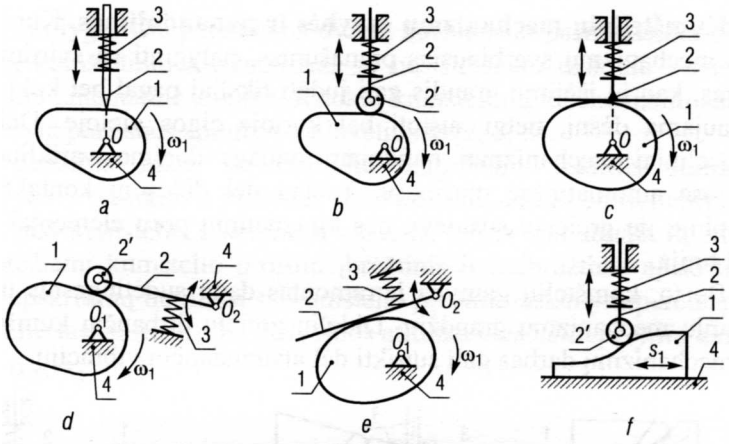


8.24 pav. Grandininės perdavos įtempimas: a) reguliavimo žvaigždute, b) polimerine šyna

Grandininės perdavos naudojamos perduoti apkrovoms ir judesiui tarp lygiagrečių velenų, kai atstumai tarp jų palyginti dideli ir krumplines perdavas naudoti netikslinga, o diržinės yra per mažai patikimos. Šiuo metu jos yra paplitusios žemės ūkio, statybos, chemijos pramonės mašinose, staklėse. Jos ypač plačiai naudojamos kėlimo ir transporto įrenginiuose. Plačiausiai naudojamos ritininės, įvorinės ir krumplinės grandinės.

8.2.5. Kumšteliniai mechanizmai

Kumšteliniai mechanizmai naudojami tada, kai varomosios grandies poslinkis, greitis ir pagreitis turi kisti pagal iš anksto nustatytą dėsnį, pavyzdžiui, kai, varančiajai grandžiai tolygiai judant, varomoji grandis turi laikinai sustoti. Kumšteliniuose mechanizmuose yra bent viena aukštesnioji kinematinė pora. Paprasčiausi kumšteliniai mechanizmai turi tris grandis. Įėjimo grandis – kumštelis 1 sudaro aukštesniąją porą su išėjimo grandimi – sekikliu 2. Trečioji mechanizmo grandis yra stovas 4. Jis su kumšteliu ir sekikliu sudaro žemesniąją kinematinę porą. Sekiklio kinematinio elemento profilis dažniausiai būna paprastas (taškas, tiesė, apskritimas). Išėjimo grandies judėjimo dėsnis priklauso nuo kumštelio kinematinio elemento profilio, kuris gali būti įvairus. Kumštelis dažniausiai sukasi, o sekiklis slankioja arba svyruoja.



8.25 pav. Plokštieji kumšteliniai mechanizmai: 1-kumštelis, 2-sekiklis, 3-spyruoklė, 4-stovas, 2′-ritinėlis

Kumšteliniai mechanizmai būna plokštieji ir erdviniai. Plokščiaisiais vadinami tokie kumšteliniai mechanizmai, kurių kumštelis ir stūmiklis juda vienoje arba lygiagrečiose plokštumose, o erdviniais – tokie, kuriuose jie juda nelygiagrečiose plokštumose.

Dažniausiai pasitaikančių plokščiųjų kumštelinių mechanizmų kinematinės schemos pavaizduotos 8.25 pav. Jose (išskyrus 8.25 pav., f) diskinis kumštelis 1 sukasi, o sekiklis 2 slankioja (8.25 pav., a, b, c) arba svyruoja (8.25, pav., d, e). Paprasčiausias yra mechanizmas su smailu sekikliu (8.25 pav., a). Tokios konstrukcijos elementai intensyviai dyla ir dėl to ji retai kur gali būti naudojama. Paplitę mechanizmai, kurių sekiklio gale ant ašelės įtaisytas ritinėlis 2' (8.25 pav., b, d). Nors tokia konstrukcija sudėtingesnė ir mechanizmas būna didesnių matmenų, bet čia slydimo trintis pakeista riedėjimo trintimi ir kinematinės poros elementai mažiau dyla. Mechanizmai su plokščiu sekikliu (8.25 pav., c, e) naudojami rečiau, nes greičiau dyla.

Mechanizmai su slankiojančiu sekikliu dažniausiai būna ašiniai (8.25 pav., a, c). Jų sekiklio ašis eina per kumštelio sukimosi ašį 0i. Neašinių (necentrinių) mechanizmų sekiklio ašis eina šalia kumštelio sukimosi ašies (8.25 pav., b). Rečiau naudojami plokštieji kumšteliniai mechanizmai su slankiojančiu kumšteliu (8.25 pav., f).

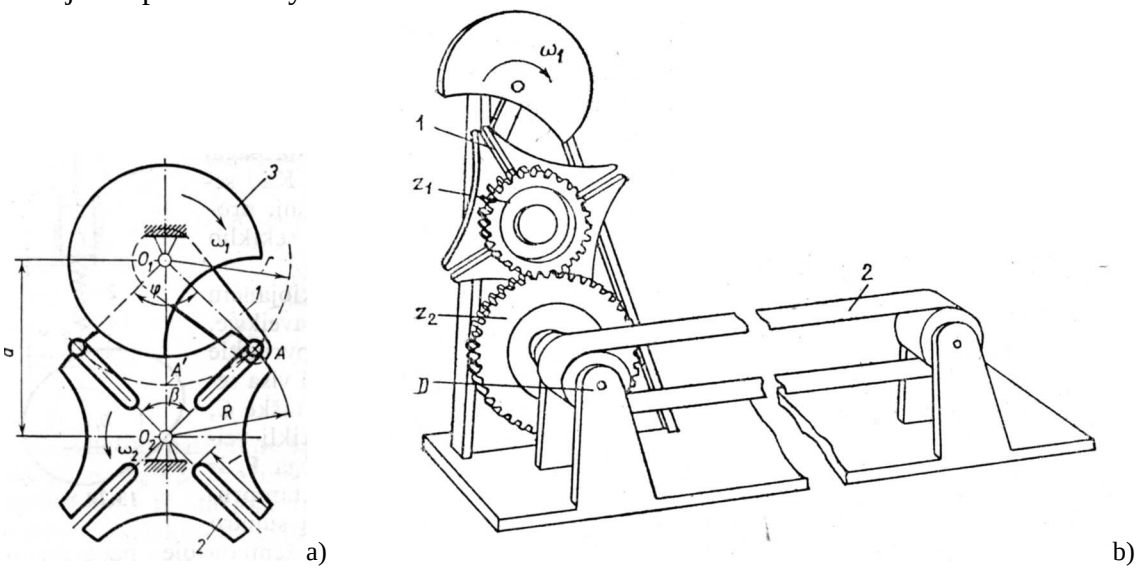
Visi 8.25 pav. pavaizduoti plokštieji kumšteliniai mechanizmai yra su atvira aukštesniąja kinematine pora, todėl jų profilių nuolatiniam kontaktui palaikyti reikalinga jėga. Ją sukuria jėginio sunėrimo mechanizmai. Dažniausiai tam naudojamos spyruoklės 3.

Kumšteliniai mechanizmai pranašesni už svirtinius tuo, kad jų išėjimo grandis gali judėti tiksliai pagal bet kokį dėsnį (teoriškai), sustoti bet kurioje eigos vietoje, lengva suderinti jų ir kitų mašinos mechanizmų judesius. Tačiau jie greičiau dyla dėl didesnių

kontaktinių įtempimų, nes grandžių elementai liečiasi linija arba tašku. Kumštelių gamyba ir remontas daug sudėtingesnis negu svirtinių mechanizmų grandžių. Kumšteliniai mechanizmai ne visada dirba patikimai dideliu greičiu dėl atsirandančių vibracijų.

8.2.6. Maltos kryžiaus mechanizmai

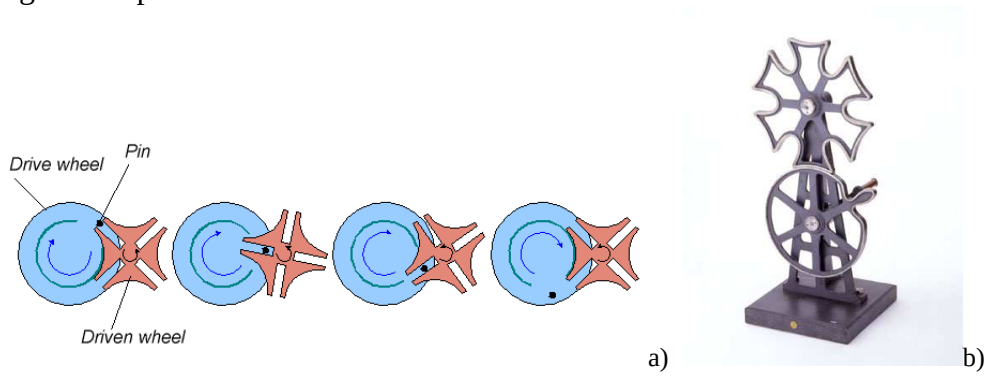
Maltos kryžiaus mechanizmas (*Geneva drive*) tolygų įėjimo grandies 1 sukimąsi keičia periodiniu išėjimo grandies 2 sukamuoju žingsniniu judesiu. Išėjimo grandis – tai diskas su išpjovomis, vadinamas kryžiumi, kuris panašus į Maltos riterių ordino emblemą. Besisukančio skriejiklio 1 pirštas patenka į disko išpjovą ir, ja slysdamas, suka kryžių, kol išeina iš išpjovos. Kryžius sustoja ir nejuda tol, kol pirštas patenka į kitą išpjovą. Išėjimo grandis juda vienos krypties pertrauktiniu judesiu. Aukštesniąją porą *A* mechanizme sudaro skriejiklio pirštas ir kryžius.



a) b)

8.26 pav. a) Maltos mechanizmas, b) transporteris su Maltos mechanizmu

Mechanizmo velenai sukasi į priešingas puses. Kad, pirštui išėjus iš išpjovos, kryžius atsitiktinai nepasisuktų, yra fiksavimo įrenginys – ant veleno 0_1 pritvirtintas skridinys 3 su segmentine išėma. Kryžiaus ruožai tarp radialinių išpjovų yra apskritimo lankai, priderinti prie skridinio *3* skersmens. Skriejiklio pirštui išėjus iš išpjovos, skridinys slysta kryžiaus išėmos paviršiumi ir neleidžia jam pasisukti. Skriejikliui sukantis pastoviu greičiu, kryžiaus sukimosi greitis nepastovus.



a) b)

8.27 pav. Maltos mechanizmas: a) veikimo principas, b) mechanizmo pavyzdys

Kryžiaus kampinis greitis, pirštui pradedant įeiti į išpjovą, turi būti lygus nuliui. Tada mechanizme nebus kietųjų smūgių. Tam išpjovos ašis turi liesti piršto trajektorijos apskritimą, t. y. skriejikas 0_1 A (8.26 pav., a) turi būti statmenas išpjovos ašiai. Tuo momentu kryžiaus kampinis pagreitis nelygus nuliui, todėl vyksta minkštieji smūgiai – tai neigiama mechanizmo savybė.

Jei kryžius turi *z* išpjovų, tai, skriejikui apsisukus vieną kartą, kryžius pasisuka kampu

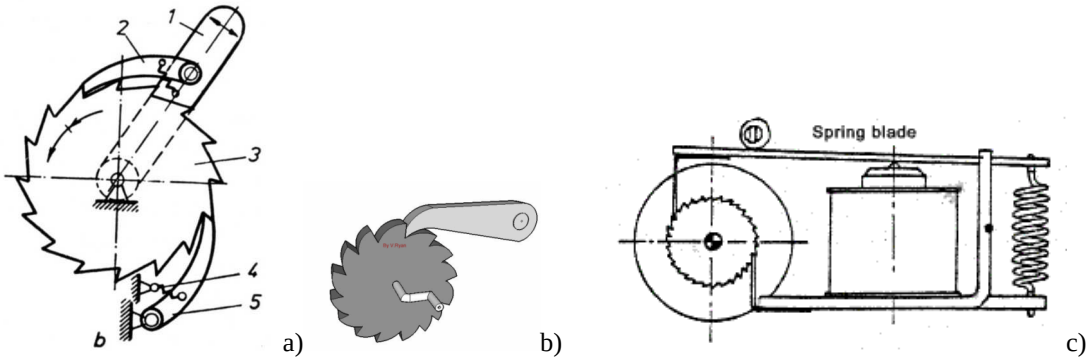
ß = 36O/z laipsnių.

Kryžiaus išpjovų skaičius z negali būti mažesnis kaip trys ir didesnis nei 12. Didėjant z mažėja didžiausias kryžiaus kampinis pagreitis ir silpnėja smūgiai. Maltos mechanizme gali būti ir daugiau kaip vienas pirštas (skriejiklis). Pirštai gali būti išdėstyti nevienodais intervalais.

Maltos mechanizmai naudojami metalo apdirbimo automatuose ir pusautomačiuose, agregatinėse staklėse, presuose, pakavimo automatuose, tekstilės mašinose, kino projektoriuose ir kitur. Juostinio transporterio pavaros su Maltos mechanizmu schema parodyta 8.26 pav., a. Maltos mechanizmas įgalina atlikti darbo operacijas, kol juosta stovi, ir periodiškai perkelia apdirbamus gaminius iš vienos darbo vietos į kitą.

8.2.7. Reketo mechanizmas

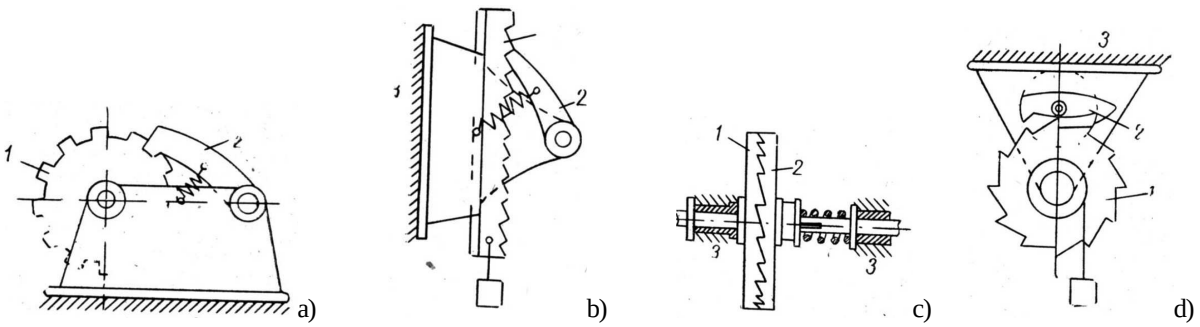
Reketo mechanizmas (*Ratchet and pawl Mechanism* ***)*** keičia svirties 1 ir prie jos prijungtos strektės 2 svyruojamąjį judesį reketo 3 (išėjimo grandies) periodiniu vienos krypties sukamuoju žingsniniu judesiu (8.28 pav., a). Spyruoklės 4 spaudžiama strektė 5 neleidžia reketui suktis atgal.



8.28 pav. Reketo mechanizmas

Reketo mechanizmai skirstomi į dvi pagrindines klases:

- mechanizmai, kurių strektės stabdo reketo judėjimą tik viena kryptimi, o kita kryptimi reketas gali judėti, pakeldamas strektę. Šiai klasei priklauso mechanizmai su įstrižais smailiakrumpliais reketais (8.28 pav., a).
- mechanizmai, kurių reketas stabdomas abiem kryptimis. Šiai klasei priklauso mechanizmai su simetriškais (stačiakampiais) reketo krumpliais (8.29 pav., b*)*. Toks reketas atstoja du reketo mechanizmus, veikiančius priešingomis kryptimis.



8.29 pav. Reketo mechanizmai: a) stačiakampiais krumpliais, b) krumpliastiebinis, c) mova, d) precizinis (laikrodinis)

8.29 pav., b atvaizduotas reketo mechanizmas, sudarytas iš krumpliastiebio ir strektės. Šiuo atveju krumpliastiebis atlieka reketo vaidmenį, t.y. į krumpliastiebį galima žiūrėti kaip į reketą su be galo dideliu spinduliu.

8.29 pav., c atvaizduotas mechanizmas su išjungiama kumšteline mova, kurios nejudanti dalis dirba kaip reketas su galiniais krumpliais, o kita, judanti dalis, dirba kaip disko

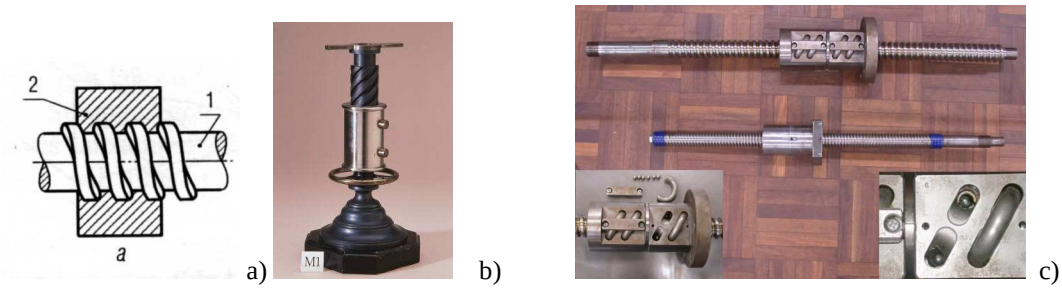
formos strektė su galiniais krumpliais. Šiame mechanizme reketas 1 gali dirbti kaip strektė, o strektė *2* – kaip reketas, ir atvirkščiai.

Prietaisuose (laikrodžiuose, rašomosiose mašinėlėse) plačiai naudojami preciziniai reketo mechanizmai su viena už kitos išdėstytomis strektėmis, atstumas tarp kurių lygus vienam arba keliems žingsniams (8.29 pav., d*)*. Užtenka tokiai strektei truputį pasvirti, kad reketas čia pat sustotų.

Reketo mechanizmai naudojami įvairiose staklėse įrankio ir apdirbamos detalės pastūmai gauti. Be to, jie naudojami kaip atbulinės eigos stabdymo įtaisai. Pavyzdžiui, reketo mechanizmas, įtaisytas krovininiame suktuve, neleidžia nukristi pakeltam kroviniui.

8.2.8. Sraigtiniai mechanizmai

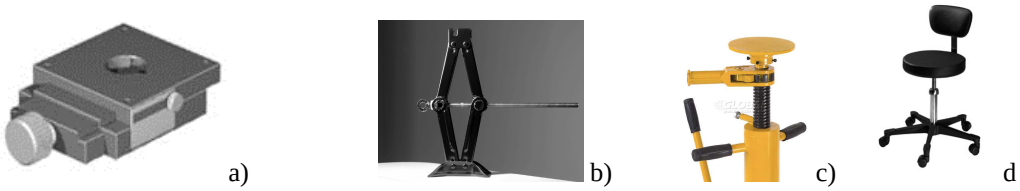
Mechanizmą sudaro sraigtas 1 ir veržlė 2 (8.30 pav., a). Sraigto – veržlės mechanizmo paskirtis – paversti vieno poros elemento sukamąjį judesį kito elemento slenkamuoju judesiu. Ir sraigtas, ir veržlė gali judėti arba tik vienu iš minėtų judesių, arba abiem kartu.



a) b) c)

8.30 pav. Sraigtiniai mechanizmai

Priklausomai nuo paskirties, sraigtinių mechanizmų sraigtai skirstomi į jėgos sraigtus (domkratų, presų, spaustuvų) ir pavaros sraigtus, naudojamus tiksliai perduoti judesį staklėse, matavimo prietaisuose (8.31 pav., a).



a) b) c) d

8.31 pav. Sraigtinio mechanizmo taikymas: a) pavara, b, c) domkratas, d) kėdė

Sraigtinio jėgos mechanizmo pavyzdys – domkratas (8.31 pav., b, c), kėdė (8.31 pav., d). Veržlė įpresuota korpuse. Sraigtas kartu ir sukasi, ir slenka. Rankena, kurią veikia jėga, įstatyta į sraigto galvutės skylę. Prie galvutės pritvirtinta atrama, atremiama į krovinį. Trintis tarp sraigto galvutės ir atramos (taurės) žiedinio paviršiaus sumažinama, mažinant žiedinio paviršiaus spindulį arba pakeičiant slydimo trintį riedėjimo trintimi, įtaisius atraminį rutulinį guolį.

Sraigtinis mechanizmas naudojamas, kai reikia tikslaus poslinkio. 8.31 pav., a parodytas stalas, kurį tiksliai pastumia du sraigtiniai mechanizmai.

Sraigtinių mechanizmų privalumai: gana paprastai gaunamas lėtas slenkamasis judesys, laimima daug jėgos, sklandus, tylus darbas, gali atlaikyti dideles apkrovas, didelis slinkimo tikslumas, paprasta konstrukcija.

Sraigtinių mechanizmų trūkumai: dideli nuostoliai dėl trinties, todėl mažas naudingumo koeficientas.

REKOMENDUOJAMA PROGRAMINĖ ĮRANGA

„Festo“ programa „*FliuidSIM-P*“

Interaktyvi programa „*Mechanisms*“. Focus on design technology

Interaktyvi programa „*Mechanical Toys*“. Focus on design technology

LITERATŪRA

1. ALEKSA, Vytautas; DAILIDĖ, Sigitas; STANIŠKIS, Jurgis. *Automatika ir technologinių procesų automatizavimas*. Vilnius: Mokslas, 1981.
2. AUGUSTAITIS, Vytautas K. *Mechanizmų mechanika*: mokomoji knyga.Vilnius: Technika, 2006. 164 p.
3. BAKŠYS, Bronius; MEDEKŠA, Henrikas. *Mašinų gamybos automatizavimas*. Vilnius: Mokslas, 1988. ISBN 5420001500.
4. CROSER, P. *Pneumatika*: bazinis lygis TP101: mokomoji knyga. Kaunas: UAB Festo, 2000. ISBN 995543029X.
5. EBEL, Frank; NESTEL, Siegfried. *Jutikliai valdymo ir gamybos technologijose*. Vilnius: Biznio mašinų kompanija, 2000. ISBN 9955430281.
6. FRADEN, Jacob. *Handbook of modern sensors*: physics, designs, and applications. New York: Springer-Verlag, 2004. ISBN 0-387-00750-4.
7. GELEŽEVIČIUS, Vilius. *Loginė automatika*: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2001. 133 p. ISBN 9955936614.
8. NAUJOKAITIS, Steponas et al. *Mechanizmų ir mašinų teorija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų 1-kla, 1994. 321p. ISBN 5-420-01255-3.
9. PALIŪNAS, Vytautas. *Teorinė mechanika*. Vilnius: Žuvėdra, 1997. 462 p. ISBN 9986500222.
10. SMILGEVIČIUS, Algirdas. *Automatikos mikromašinos*. Vilnius: Technika, 2005. 344p. ISBN 9986-05-846-5.
11. ŠNEIDERIENĖ, Valda et al. *Mechatronika*: *modulinės gamybos sistemos*. Kaunas: Kauno kolegijos leidybos centras, 2003. 69 p.
12. ВИГЛЕБ, Г. *Датчики*. Москва: Мир, 1989. ISBN 5-03-000634-6.

Stanislovas Pleskas

Mechatronikos komponentai
Mokomoji knyga

2010-02-12. 8,37 sp. l. Tiražas 60 egz.
Spausdino UAB “Artika”, Vaižganto g. 9, LT-28214 Utena