

**STANISLOVAS PLESKAS**

## **MECHATRONIKOS ĮTAISAI**

Praktiniai darbai

Vilnius  
2010

UDK 681.5 (076.1)  
P1-52

S. Pleskas  
Mechatronikos įtaisai  
Praktiniai darbai  
ISBN 978-609-408-494-2

Knygoje aprašoma mechatronikos įtaisų praktinių darbų metodika. Paaškinama praktinių darbų stendų sandara ir sujungimai. Išvardijami reikalavimai darbų ataskaitai.

Leidiny s skirtas neuniversitetinių aukštųjų mokyklų elektros inžinerijos specialybių studentams.

© Stanislovas Pleskas

## TURINYS

1. Jutikliai .....	4
2. Elektromagnetinių relių parametrų matavimas .....	10
3. Relinės schemos .....	13
4. Elektroninių relių tyrimas.....	17
5. Vykdymo mechanizmo tyrimas .....	23
6. Žingsninio variklio tyrimas .....	27
7. Elektros pavara su dažnio keitikliu .....	31
8. Pneumatikos komponentai .....	35
9. Elektropneumatikos schemos .....	40
10. Darbas su FluidSim-P programa .....	45
11. Informacijos šaltiniai.....	48
12. Priedas Nr. 1. Užduotys.....	49

# 1. JUTIKLIAI

## DARBO TIKSLAS:

- ◆ išnagrinėti įvairių jutiklių konstrukciją bei veikimą;
- ◆ gebėti greitai patikrinti ar jutiklis nesugedęs;
- ◆ gebėti internete surasti pagrindinius jutiklių parametrus.

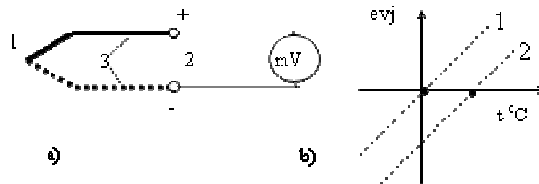
Darbo objektas: įvairūs mechatronikos sistemų jutikliai: **termopora, varžinis termometras, gyvsidabrinis kontaktinis jutiklis, bimetalinis temperatūros jutiklis, induktyvinis jutiklis, fotorezistorius, termistorius**. Priartėjimo jutikliai: **talpinis, induktyvinis ir optinis**. Darbo priemonės: jutikliai, multimetras, reguliuojamas maitinimo šaltinis  $0 \div 30V$ , šildytuvas (iki  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), dujinis lituoklis, termometras, trys objektai (metalinis, plastikinis juodas ir plastikinis raudonas), 24 V lemputė.

## TEORINĖ DALIS

Mechatronikos sistemose dažnai tenka greitai nustatyti ar jutiklis veikiantis, ar neveikiantis. Dažniausiai tam nenaudojama speciali laboratorinė įranga, o pakanka tik multimetrom. Reikia pagal gedimo požymius nustatyti, kas jutiklyje galėjo sugesti. Tam būtina žinoti jutiklio konstrukciją ir veikimą. Atlikus nesudėtingą matavimą multimetru galima sužinoti, ar jutiklis gerai veikia.

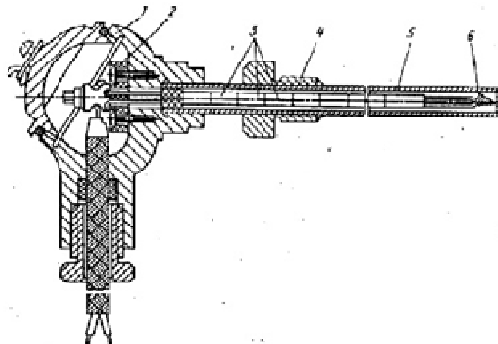
### Termopora

Termopora (dar vadinama termoelektriniu termometru) keičia dviejų taškų temperatūros skirtumą į evj. Ją sudaro dvi skirtingų metalų vielos – termoelektrodai. Vienas jų galas suvirintas arba sulituotas. Jis vadinamas darbinium arba karštu. Kiti du vielų galai yra išvadai. Prie jų prijungiamas milivoltmetras (1.1 pav., a). Vienas termoporos galas (1) yra kaitinamas, o kitas (šaltas galas) – laikomas pastovioje temperatūroje. Jei tarp jų (taškų 1 ir 2) atsiranda temperatūrų skirtumas, tai išėjime 2 sukuriama evj. Jos dydis gali būti iki  $5\text{mV}/100^{\circ}\text{C}$ .



1.1 pav. Termopora: a) konstrukcija, b) charakteristika

1-a charakteristika gaunama, kai šaltas termoporos galas laikomas  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūroje, o 2-a charakteristika –  $t\text{ }^{\circ}\text{C}$  (pvz.,  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



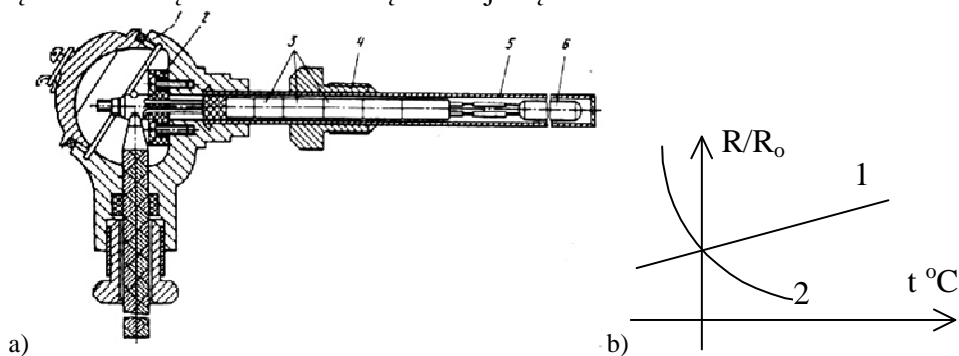
1.2 pav. Termoporos konstrukcija.

Termoporos konstrukcija pavaizduota 1.2 pav. Pagrindiniai komponentai: termoelektrodai 6, išvadai 2. Pagalbiniai komponentai: apsauginis korpusas 5, keraminiai izoliatoriai 3, dangtelis 1, tvirtinimo veržlė 4.

Plačiausiai naudojamos termoporos: XA (chromelis – aliumelis) arba K tipo (iki  $1300^{\circ}\text{C}$ ), XK (chromelis – kopelis) arba E tipo (iki  $800^{\circ}\text{C}$ ) ir ПП (platina – platinos ir rodžio lydiny) arba U tipo (iki  $1600^{\circ}\text{C}$ ). Dar yra J, N, T,  $V_x$ , EX, JX, KX, NX, NC, KCB, RCA tipo termoporų. Termoporos gedimo pagrindinė priežastis – termoelektrodų kontakto praradimas suvirinimo arba išvadų prijungimo vietoje. Termopora greitai patikrinama matuojant jos varžą. Ji turi būti apie  $0\ \Omega$ .

### Varžinis termometras

Varžinis termometras keičia temperatūros pokytį į varžos pokytį. Jo konstrukcija parodyta 1.3 pav., a. Termometro pagrindas – tai vario, nikelio arba platinos vielos ritė 6, užvyniota ant žėručio arba keraminio karkaso, kuris po to įdedamas į metalinį korpusą 5, apsaugantį termometrą nuo mechaninių sužalojimų.



1.3 pav. Varžinis termometras: a) konstrukcija. Pagrindiniai komponentai: ritė 6 ir išvadai. Papildomi komponentai: dangtelis 1, keraminiai izoliatoriai 3, tvirtinimo veržlė 4, apsauginis korpusas 5, b) charakteristikos: varžinio termometro 1, termistoriaus 2

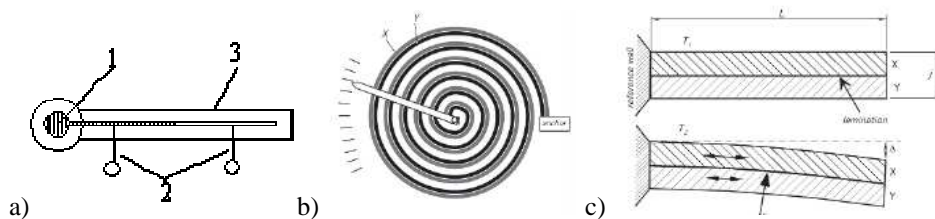
Variniais varžiniais termometrais nustatomos temperatūros nuo  $-50^{\circ}\text{C}$  iki  $+180^{\circ}\text{C}$ . Varžiniai termometrai žymimi raidėmis TCM, PT – 100, TCI, Ni – 100. Jie būna šių gradavimo charakteristikų: rp.20 ( $R_0 = 10\ \Omega$ ), rp.21 ( $R_0 = 46\ \Omega$ ), rp.22 ( $R_0 = 100\ \Omega$ ), rp.23 ( $R_0 = 53\ \Omega$ ), rp.24 ( $R_0 = 100\ \Omega$ ).

Platiniais varžiniais termometrais matuojamos temperatūros nuo  $-200^{\circ}\text{C}$  iki  $+650^{\circ}\text{C}$ .

Varžinio termometro gedimo pagrindinė priežastis – nutrūkusi arba užsitrūpinusi ritė. Varžinis termometras greitai patikrinamas matuojant jo varžą. Ji priklauso nuo termometro tipo ir aplinkos temperatūros. Varžos dydis dažniausiai būna apie  $50\ \Omega$  arba  $100\ \Omega$ .

### Gyvsidabrinis kontaktinis jutiklis

Jis priklauso grupei elektrokontaktinių jutiklių, kurie formuoja elektrinį signalą, kai temperatūra pasiekia užduotą reikšmę.



1.4 pav. a) gyvsidabrinis elektrokontaktinis termometras: 1-gyvsidabris, 2-laidininkai, 3-stiklinė kolba, b) bimetalinė spiralė, c) bimetalinė juostelė

Gyvsidabrinis elektrokontaktinis jutiklis pavaizduotas 1.4 pav., a. Jo konstrukcija yra

panaši į gyvsidabrinio termometro konstrukciją. Jame yra dvi vielutės 2 (kontaktai). Gyvsidabrio stulpelis 1 prie tam tikros temperatūros sujungia kontaktus. Gyvsidabrinis kontaktas gali perjungti tik labai mažas sroves bei įtampas. Dažniausiai jis įjungiamas į elektroninės relės įėjimo grandinę.

Gedimo priežastis – viduje nuo didelės srovės susidaręs dujų burbuliuokas, kuris perskiria gyvsidabrio stulpelį. Tai galima matyti vizualiai arba matuojant varžą prie užduotos temperatūros (dažniausiai ji užrašyta ant jutiklio). Gerai veikiančio jutiklio varža yra apie  $0 \Omega$ .

### Bimetalinis jutiklis

Bimetalinio jutiklio pagrindas – bimetalinė juostelė (1.4 pav., c). Ją sudaro dvi skirtingų metalų (pvz., vario ir invaro) juostelės X, Y, kurių skirtingi temperatūriniai plėtimosi koeficientai  $\alpha$ . Juostelės tarpusavyje sutvirtintos.

Didėjant temperatūrai viena juostelė (viršutinė) plečiasi daugiau, o kita (apatinė) – mažiau. Todėl bimetalinė juostelė linksta žemyn. Prie jos galų tvirtinami kontaktai. Bimetalinė juostelė gali būti susukta į spiralę (1.4 pav., b). Taip padidinamas jutiklio jautrumas.

Tokie jutikliai plačiai naudojami kavos aparatuose, elektriniuose lygintuvuose, mikrobangų krosnelėse ir pan. (1.5 pav.). Šių jutiklių kontaktas temperatūrai pasiekus užduotą reikšmę atsijungia ir nutraukia elektros srovę.



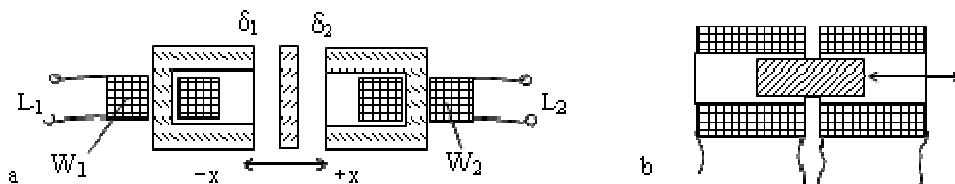
1.5 pav. Bimetalinis mikrobangų krosnelės jutiklis (KI-31 Water Dispenser Bimetal Thermal Protection Switch)

Tokių jutiklių gedimo priežastis dažniausiai būna sugedęs arba susivirinęs kontaktas. Šalto jutiklio varža yra apie  $0 \Omega$ . Jei varža nepasikeičia pakaitinus jutiklį (pvz., dujiniu lituokliu) iki užduotos temperatūros, vadinasi jutiklis yra sugedęs.

### Induktyviniai jutikliai

Induktyviniai jutikliai keičia poslinkį  $x$  į ritės induktyvumo  $L$  kitimą (1.6 pav.). Jie labai paplitę staklių, automatinių linijų ir kitų technologinių įrengimų automatinio valdymo sistemose. Jų privalumas – patikimai dirba užterštoje aplinkoje. Jais matuojami poslinkiai ir deformacijos, kontroliuojami detalių metmenys. Šių jutiklių veikimas pagrįstas ritės, suvyniotos ant feromagnetinės šerdies, induktyvumo kitimu, pasislenkant jutiklio inkarui.

Induktyviniai jutikliai su kintamu oro tarpu  $\delta$  naudojami poslinkiams iki 1mm matuoti. 1.6 pav., a parodytas mažo poslinkio reversinis induktyvinis jutiklis.



1.6 pav. Reversiniai induktyviniai jutikliai: a) mažo poslinkio, b) solenoidinis

Reversinis jutiklis yra sudarytas iš dviejų nereversinių jutiklių su bendru inkaru. Jėga, veikianti inkarą, lygi šerdžių traukos jėgų skirtumui. Kai inkaras yra vidurinėje padėtyje, atstojamoji jėga lygi nuliui. Reversiniai jutikliai jungiami pagal diferencialinę arba pagal

tiltelio schemą.

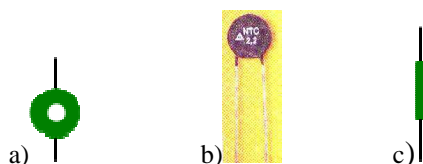
1.6 pav., b parodytas didelio poslinkio (1 – 2 cm) reversinis induktyvinis jutiklis (solenoidinis). Jį sudaro dvi ritės (solenoidai), turinčios bendrą šerdį. Abiejų ričių induktyvumas vienodas, kai šerdis yra vidurinėje padėtyje. Šerdžiai slenkant vienos ritės induktyvumas didėja, o kitos – mažėja.

Dažniausiai pasitaikantis jutiklio gedimas – nutrūkusi ritės apviją. Jutiklį greitai patikrinti galima matuojant ritės varžą. Jei multimetras rodo 1, ritė yra nutrūkusi.

### Termistorius

Termistorius – tai puslaidininkinis termorezistorius. Termistoriai naudojami matuoti temperatūroms iki 180 °C. Termistoriai pasižymi dideliu temperatūriniu varžos koeficientu ( $\alpha=3 \cdot 10^{-2} \div 4 \cdot 10^{-2} 1/^{\circ}\text{C}$ .), didele specifine varža, mažais gabaritais. Kadangi termistorių varža didelė, tai jungimo laidų varžos įtaka matavimo rezultatams nežymi. Priklausomybė tarp termistoriaus varžos  $R$  ir absoliutinės temperatūros  $t$  °C yra netiesinė (1.3 pav., b). Termistoriaus jautrumas yra apie 10 kartų didesnis nei varžinio termometro. Varža mažėja pagal eksponentę, kai temperatūra didėja. Termistoriai žymimi raidėmis MMT, KMT, CT2-1. Jų konstrukcija gali būti diskinė (1.7 pav., b), strypelio formos (1.7 pav., c), žiedinė (1.7 pav., a), taškinė.

Į termistorių panašus yra pozistorius. Jo varža didėja kylant temperatūrai.

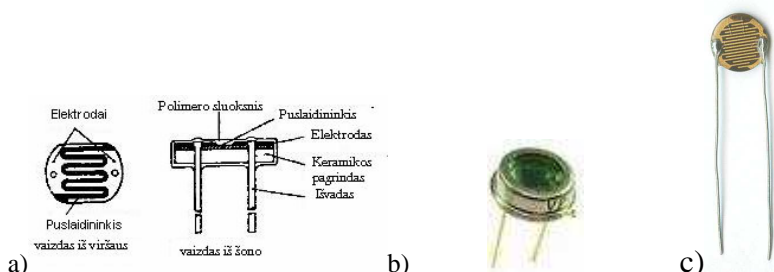


1.7 pav. Termistorių pavyzdžiai: a) žiedinis, b) diskinis, c) strypelio formos

Termistorius gali perdegti nuo pernelyg aukštos temperatūros ar per didelės srovės. Jis tikrinamas matuojant varžą. Jei multimetras rodo keletą kΩ ir parodymai keičiasi šildant termistorių (pvz., tarp pirštų), vadinasi, termistorius gerai veikia.

### Fotorezistorius

Fotorezistorius – tai jutiklis, kuris keičia apšvietimo pokytį į varžos pokytį. Jutiklį sudaro puslaidininkio juostelė (1.8 pav., a) ir du kontaktai (elektrodai). Apšvietus fotorezistorių jo varža mažėja.

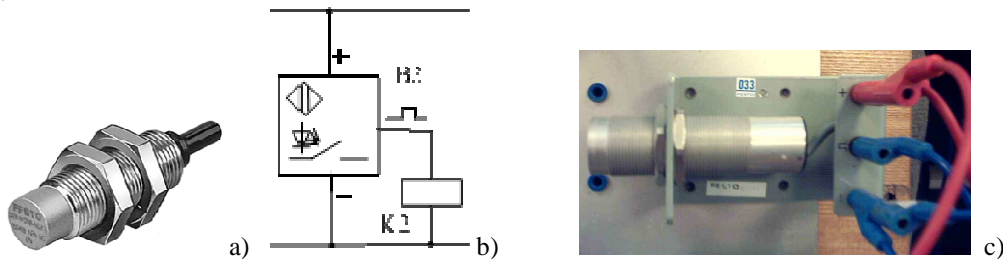


1.8 pav. Fotorezistoriai: a) sandara, b) ir c) pavyzdžiai

Fotorezistorius gali perdegti per jį tekant didelei srovei. Jis tikrinamas matuojant varžą. Jei užtamsinus fotorezistorių multimetras rodo apie 10 kΩ ir daugiau, o apšvietus jį varža pastebimai sumažėja, fotorezistorius veikia gerai.

## Priartėjimo jutikliai

Priartėjimo jutikliai (1.9 pav.) išėjime formuoja signalą (dažniausiai +24 V įtampą), kai prie jų priartėja tiriamas objektas. Jutikliai turi mažiausiai tris išvadas: du maitinimo ( $\pm 24$  V) ir signalinį išvadą (juodą). Plačiausiai naudojami induktyviniai, talpiniai ir optiniai jutikliai.



1.9 pav. Priartėjimo jutikliai: a) talpinis, b) optinio jutiklio įjungimo schema, c) jutiklio stendas

**Optiniai** jutikliai kontroliuoja objektus optinėmis ir elektroninėmis priemonėmis. Šiam tikslui naudojama raudona arba infraraudona šviesa. Optiniai jutikliai reaguoja į objekto spalvą.

**Talpiniai** jutikliai reaguoja į objekto medžiagą. Talpiniai jutikliai yra jautrūs aplinkos poveikiui. Tai jų trūkumas.

**Induktyviniai** jutikliai reaguoja į metalą. Induktyviniai jutikliai nejautrūs aplinkos poveikiui. Jie gali dirbti nešvarioje aplinkoje ir tepalo vonioje, todėl plačiai naudojami automobiliuose.

Optinis, talpinis ir induktyvinis priartėjimo jutikliai tikrinami prijungus maitinimą (1.9 pav., b). Signaliniame išėjime vietoje relės galima prijungti 24 V lemputę. Jei priartinus objektą jutiklio indikatoriaus šviesa pasikeičia, jutiklis veikia gerai.

### PASIRUOŠIMAS DARBUI (namuose)

Internete surandamas kiekvieno išvardyto jutiklio pavyzdys ir užrašomi pagrindiniai parametrai: markiruotė, į ką jis reaguoja, maitinimo įtampa, darbo zona, kaina.

### EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Pasirenkamas jutiklis. Išsiaiškinama jo konstrukcija ir kas jame gali sugęsti.
2. Patikrinama, ar jutiklis nesugedęs. Tam atliekamas matavimas. Užrašoma išvada.
3. Prie priartėjimo jutiklių prijungiama maitinimo įtampa ir lemputė. Priartinami tiriami objektai (metalinis, plastikinis juodas ir plastikinis raudonas) ir stebima, į ką jutiklis reaguoja, kokia jo darbo zona.

### ATASKAITA

- ◆ Kiekvienam tirtam jutikliui pateikiamas apibūdinimas (forma, spalva, užrašai ir pan.) ir pagrindiniai parametrai.
- ◆ Paaiškinama, kaip patikrinti, ar jutiklis yra veikiantis.
- ◆ Pateikiamas bent vienas jutiklio panaudojimo pavyzdys.
- ◆ Nubraižoma ir paaiškinama vieno priartėjimo jutiklio sandaros schema.
- ◆ Su FluidSim-P programa nubraižoma kiekvieno priartėjimo jutiklio įjungimo elektros schema.
- ◆ Konkrečiai nurodoma, kur galima nusipirkti analogišką jutiklį ir kiek jis kainuoja.



EKSPERIMENTŲ DUOMENYS, PASTABOS

## 2. ELEKTROMAGNETINIŲ RELIŲ PARAMETRŲ MATAVIMAS

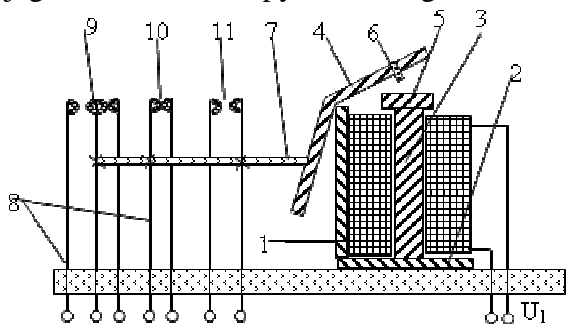
### DARBO TIKSLAS:

- ◆ susipažinti su vožtuvinio tipo relių konstrukcija ir nustatyti elektromagnetinių relių parametrus;
- ◆ išmokti prijungti laiko reles ir nustatyti vėlavimo laiką;
- ◆ gebėti sujungti nesudėtingą relinę schemą.

Darbo priemonės: relių rinkinys, universalus reguliuojamas maitinimo šaltinis, multimetras, mygtukų ir lempučių standas.

### TEORINĖ DALIS

Vožtuvinio tipo (su pasukamu inkaru) relės konstrukcija parodyta 2.1 pav. Elektromagnetinės relės veikimo principas grindžiamas ritės magnetinio lauko sąveika su judančiu feromagnetiniu inkaru 4. Prie relės apvijos 1 prijungiama įtampa  $U_1$ . Sukuriama elektromagnetinė traukos jėga, kurios veikiamas inkaras pritraukiamas prie šerdies 3. Kitas inkaro galas per dielektrinį strypą perjungia kontaktus. Atjungus įtampą, pradingsta traukos jėga ir kontaktinės spyruoklės 8 gražina inkarą atgal. Kontaktais perjungiami į pradinę padėtį.



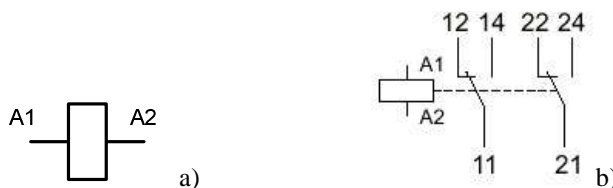
2.1 pav. Vožtuvinio tipo relės konstrukcija

1	Ritė
2	Magnetolaidis
3	Šerdis
4	Inkaras
5	Šerdies antgalis
6	Kaištis
7	Dielektrinis strypas
8	Kontaktinės spyruoklės
9	Perjungiantis kontaktas
10	Uždaras(atjungiantis) kontaktas
11	Atviras(sujungiantis) kontaktas
12	Gražinimo spyruoklė

Relių pagrindiniai parametrai yra: suveikimo įtampa arba srovė, darbo įtampa arba srovė, apvijos varža, kontaktų tipas ir kiekis, maksimali kontaktų perjungiamą galia arba srovė, suveikimo ir atleidimo laikai. Relės suveikimo įtampa surandama taip: didinama įtampa, prijungta prie relės apvijos ir fiksuojamas momentas, kai kontaktai persijungia. Persijungimo metu tekanti srovė ir įtampa ir yra suveikimo įtampa ir srovė. Po to mažinama įtampa ir fiksuojamas momentas, kai kontaktai grįžta į pradinę padėtį. Tuo momentu apvija tekanti srovė ir yra atleidimo srovė. Kontaktų persijungimo momentas dažniausiai fiksuojamas pasinaudojant multimetru (matuojant uždaro kontakto varžą) arba retkarčiais vizualiai.

Kai prie relės apvijos prijungta darbo įtampa, per apviją teka darbo srovė. Darbo įtampa gaunama padidinus suveikimo įtampą iki artimiausios standartinės reikšmės: 5 V, 9 V, 12 V, 24 V, 36 V.

Relės apvijos ir kontaktų žymėjimai elektros schemose parodyti 2.2 pav. ir 2.3 pav.



2.2 pav. a) relės apvija, b) relės schema

Ant relės korpuso prie išvadų dažnai būna užrašyti skaičiai. Pvz., 21 – pirmas skaičius

reiškia kontakto numerį, o antras rodo bendrą perjungiančio kontakto išvadą. 22 – tai antro perjungiančio kontakto uždaras išvadas, 24 – antro perjungiančio kontakto atviras išvadas. Relės apvija žymima A1, A2.



2.3 pav. Relių kontaktai: b) atviras, c) uždaras, c) perjungiantis

Jei atviras kontaktas relei suveikus nesusijungia arba uždaras kontaktas neatsijungia, vadinasi, kontaktas yra sugedęs.

Dažniausiai relės korpusas būna nepermatomas, o prie išvadų kartais nėra užrašų. Relės apvijos išvadai randami matuojant varžą tarp išvadų. Ten, kur multimetras rodo varžą, yra relės apvijos išvadai. Uždaro kontakto išvadai yra ten, kur multimetras rodo apie  $0 \Omega$ .

Relės kontaktų kiekį apytiksliai galima nustatyti pagal išvadų skaičių. Perjungiantis kontaktas turi tris išvadas, o uždaras ar atviras – po du.

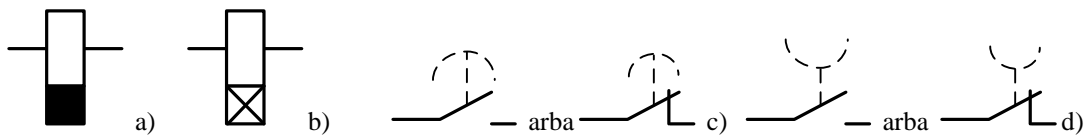
### Laiko relės

Relės, kuriose kontaktai perjungiami po užduoto laiko nuo įtampos prijungimo ar išjungimo, vadinamos laiko relėmis. Jos gali būti vėluojančios suveikti ir vėluojančios atleisti.

Matuojant relės suveikimo vėlavimo laiką, prie apvijos prijungiama darbo įtampa ir paleidžiamas laikmatis. Po tam tikro laiko persijungia kontaktai (atsijungia uždaras kontaktas) ir laikmatis stabdomas. Atjungus įtampą, kontaktai tuoj pat (nevėluodami) grįžta į pradinę padėtį.

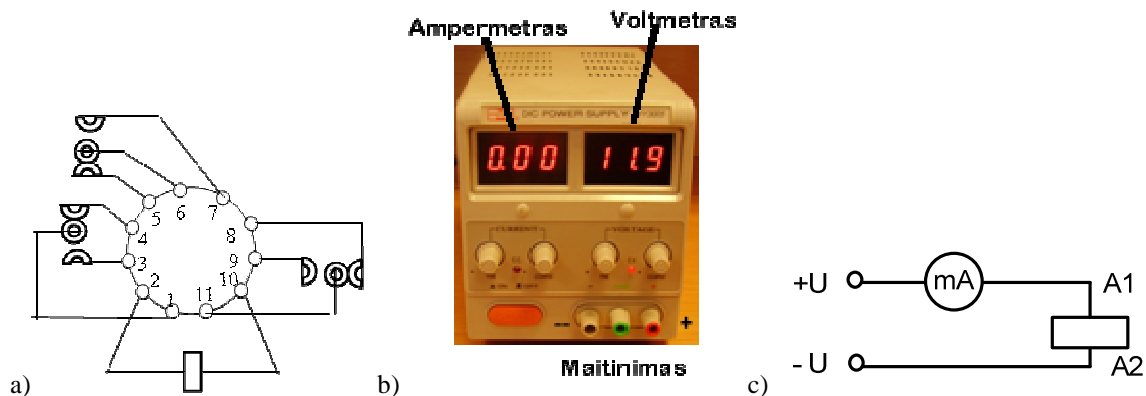
Matuojant relės atleidimo vėlavimo laiką, pirmiausia prijungiama darbo įtampa. Po to prie kontakto prijungiamas multimetras. Įtampa atjungiama ir paleidžiamas laikmatis. Po tam tikro laiko persijungia kontaktas ir laikmatis stabdomas.

Laiko relių ir kontaktų žymėjimas schemose parodytas 2.4 pav.



2.4 pav. Laiko relės apvijos: a) vėluojančios atleisti, b) vėluojančios suveikti. Laiko relės kontaktai: c) vėluojantys susijungti, d) vėluojantys atsijungti

### EKSPERIMENTINĖ DALIS



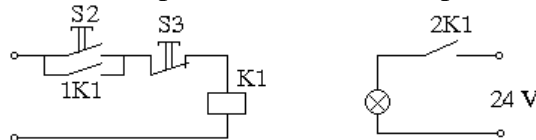
2.5 pav. a) relės TEC išvadų numeracija, b) maitinimo šaltinis, c) relės prijungimo schema

1. Išnagrinėjama duotos relės konstrukcija ir nustatomas kontaktų tipas ir kiekis. Išsiaiškinama, koks oro tarpo dydis tarp inkaro ir šerdies (jei relė atvira).
2. Nustatoma, kurie relės išvadai yra relės apvija, o kurie – uždaras kontaktas.
3. Prie maitinimo šaltinio per miliampermetrą prijungiama relės apvija (2.5 pav., c). Prie uždaro kontakto prijungiamas multimetras, paruoštas varžos matavimui.
4. Išmatuojama relės suveikimo įtampa  $U_s$  ir srovė  $I_s$  bei atleidimo įtampa  $U_a$  ir srovė  $I_a$ .
5. Randama darbo įtampa  $U_d$  ir srovė  $I_d$ .
6. Apskaičiuojama relės apvijos varža  $R$ .
7. Relių parametrai surašomi į lentelę Nr.2.1.

2.1 lentelė. Relių parametrai

Relės tipas	Kontaktų kiekis ir tipas	$\Delta$ mm	$I_s$ mA	$U_s$ V	$I_a$ mA	$U_a$ V	$U_d$	$I_d$	$R$ $\Omega$

8. Išmatuojamas ir užrašomas laiko relių maksimalus vėlavimo laikas.
9. Sujungiama relinė schema (2.6 pav.), išbandomas ir aprašomas jos veikimas.



2.6 pav. Relinė schema

### ATASKAITA

- ◆ Aprašoma eksperimentinės dalies eiga.
- ◆ Aprašomas 2.6 pav. parodytos schemos veikimas. Su FluidSim-P programa sumodeliuojama schema ir pateikiama ataskaitoje.
- ◆ Sumodeliuota schema pakeičiama taip, kad lemputę būtų galima įjungti/išjungti iš dviejų vietų. Pateikiama schema.
- ◆ Pateikiami internete rasti analogiškų relių pavyzdžiai. Nurodoma relių kaina ir kur galima jų nusipirkti.

### EKSPERIMENTŲ DUOMENYS, PASTABOS

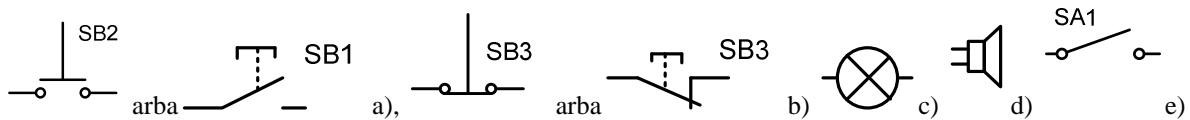
### 3. RELINĖS SCHEMOS

#### DARBO TIKSLAS:

- ◆ gebėti jungti relines schemas;
- ◆ simuliuoti relinių schemų darbą kompiuteryje.

Darbo priemonės: relių stendas, mygtukų stendas, lempučių stendas, zumeris, +24 V maitinimo šaltinis, jungiamieji laidai, kompiuteris su FluidSIM-P programa.

#### TEORINĖ DALIS



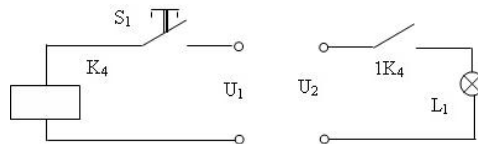
3.1 pav. Žymėjimai schemose: a) įjungimo mygtukas, b) išjungimo mygtukas, c) lemputė, d) zumeris, e) jungiklis

Pagrindinės relinės schemas yra šios:

- be užsiblokavimo (3.2 pav.);
- su užsiblokavimu (3.3 pav.);
- su tarpusavio blokavimu – reversinė (3.4 pav.).

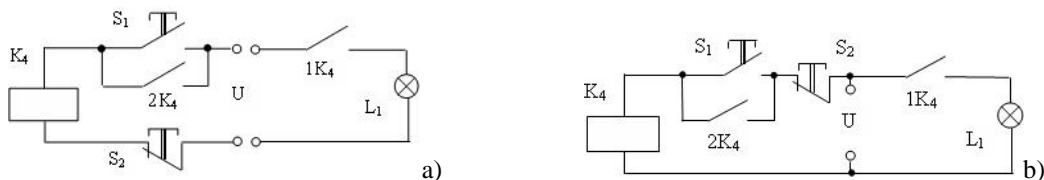
Schema be užsiblokavimo naudojama retai. Ji stiprina galią. Schema naudojama tada, kai mažos galios mygtuku (jungikliu) reikia valdyti didelės galios įtaisą. Į šią schemą galima žiūrėti kaip į srovės stiprintuvą. Dažniausiai vietoje mygtuko būna valdymo (tarpinės) relės kontaktas.

*Pastaba. Elektros schemose valdomą įtaisą žymėsime kaip lemputę (L).*



3.2 pav. Relinė schema be užsiblokavimo

3.2 pav. pavaizduotos schemas veikimas. Spustelėjus mygtuką  $S_1$ , per relės apviją  $K_4$  teka 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, tada abi schemas galima sujungti. Šioje schemoje srovė teka per apkrovą, kol laikomas nuspauštas valdymo mygtukas.



3.3 pav. Relinė schema su užsiblokavimu: a) su dviem skirtingom įtampom, b) su viena įtampa

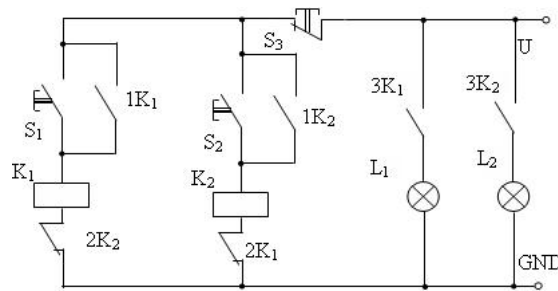
3.3 pav., a parodyta relinė schema su užsiblokavimu. Tai dažniausiai naudojama relinė schema. Ji įjungia/išjungia elektros įrengimų maitinimą. Schemoje yra du valdymo mygtukai:  $S_1$  – įjungimo ir  $S_2$  – išjungimo. Kontaktas  $2K_4$  (antras relės  $K_4$  kontaktas) vadinamas užsiblokavimo kontaktu. Kol laikome mygtuką  $S_1$  nuspauštą, relė suveikia ir jos kontaktas

$2K_4$  susijungia ir užtrumpina mygtuką  $S_1$ . Dabar mygtuką galima atleisti. Relė liks suveikusi. Kitas relės kontaktas  $1K_4$  įjungia srovę per apkrovą  $L_1$ . Atjungiant apkrovą, reikia nuspausti išjungimo mygtuką  $S_2$ . Relės apviyoje nutraukiama srovė, relė atleidžia ir atjungia kontaktus. Kai atsijungia blokuojantis kontaktas  $2K_4$ , galima atleisti išjungimo mygtuką  $S_2$ .

*Pastaba.* 3.3 pav., b schemoje apkrovos ir relės apvijos įtampos vienodos, todėl naudojama viena maitinimo įtampa  $U$ .

Schemoje, kuri parodyta 3.3 pav., b, išjungimo mygtukas perkeltas šalia įjungimo mygtuko. Schemos veikimas nesikeičia, tačiau ją montuojant sutaupomas vienas laidas.

3.4 pav. parodyta relinė schema su tarpusavio blokavimu. Ji dar vadinama reversine schema. 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 – aukščiau minėtos schemas su užsiblokavimu. Jos turi bendrą išjungimo mygtuką  $S_3$ . Kai suveikia relė  $K_1$ , tai jos kontaktas  $2K_1$  atsijungia ir neleidžia įjungti antros relės  $K_2$ . Norint įjungti relę  $K_2$ , reikia mygtuku  $S_3$  išjungti suveikusią relę  $K_1$  ir po to įjungimo mygtuku  $S_2$  įjungti  $K_2$  relę.



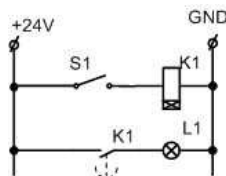
3.4 pav. Relinė schema su tarpusavio blokavimu (reversinė)

Laiko relė perjungia savo kontaktus po įtampos prijungimo ar išjungimo praėjus užduotam laiko tarpui. Dažniausiai laiko relė – tai elektronikos įtaisai. Elektroninės laiko relės naudojamos, kai vėlavimo laikas nedidelis (kelios min) ir nereikalaujama didelio tikslumo. Laiko relės žymėjimas parodytas 3.5 pav.



3.5 pav. Laiko relės žymėjimas schemose: a) relės apviya, b) vėluojantis susijungti, c) vėluojantis atsijungti, d) vėluojantis susijungti ir atsijungti

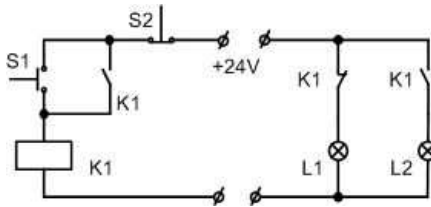
3.6 pav. parodyta relinė schema su laiko rele. Schemoje įjungus jungiklį  $S_1$ , laiko relė gauna maitinimą. Praėjus užduotam laikui, jos kontaktas  $K_1$  susijungia ir lemputė pradeda šviesti.



3.6 pav. Relinė schema su laiko rele

## EKSPERIMENTINĖ DALIS

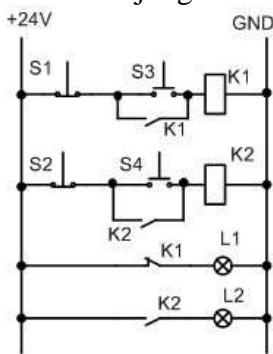
1. Sujungiama ir išbandoma 3.7 pav. parodyta schema. Užrašomos pastabos.



3.7 pav. Relinė schema su dviem lemputėm

Modernizuota schema

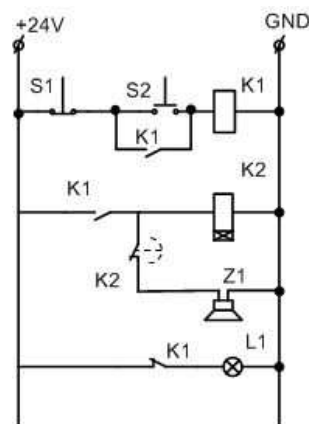
2. Schema 3.7 pav. modernizuojama taip, kad lemputės persijungtų, vienu metu spustelėjus du mygtukus S1 ir S3. Schema nubraižoma, sujungiama ir išbandoma, spaudžiant įvairias mygtukų kombinacijas. Užrašomos pastabos.
3. Schema toliau modernizuojama taip, kad lemputės persijungtų, vienu metu spustelėjus du mygtukus S2 ir S4. Schema nubraižoma, sujungiama ir išbandoma, spaudžiant įvairias mygtukų kombinacijas. Užrašomos pastabos.
4. Sujungiama ir išbandoma 3.8 pav., a parodyta schema. Užrašomos pastabos.



3.8 pav. Relinė schema

Modernizuota schema

5. Schema 3.8 pav. modernizuojama taip, kad, spustelėjus vienu metu abu mygtukus S3 ir S4 ir juos atleidus, šviestų abi lemputės. Schema nubraižoma, sujungiama ir išbandoma, spaudžiant įvairias mygtukų kombinacijas. Užrašomos pastabos.
6. Schema toliau modernizuojama taip, kad būtų tik vienas išjungimo mygtukas. Schema nubraižoma, sujungiama ir išbandoma, spaudžiant įvairias mygtukų kombinacijas. Užrašomos pastabos.
7. Imama laiko relė, užrašomi jos parametrai ir sujungiama schema (3.6 pav.). Išmatuojami mažiausias ir didžiausias vėlavimo laikai.
8. Sujungiama ir išbandoma schema, parodyta 3.9 pav. Nustatomas zumerio skambėjimo laikas (pvz., apie 1 s). Užrašomos pastabos.



3.9 pav. Relinė schema su laiko rele ir zumeriu

### ATASKAITA

- ◆ Aprašoma eksperimentinės dalies eiga.
- ◆ Programa FluidSim-P simuliuojamas visų tirtų schemų darbas. Užrašomos išvados.
- ◆ Pateikiamos simuliuotos modernizuotos relinės schemos (programa FluidSim-P).
- ◆ Trumpai aprašomas jų veikimas.
- ◆ Nubraižoma relinė konvejerio valdymo schema. Konvejeris įjungiamas vienoje vietoje, o išjungiamas – keturiose. Galima pasirinkti bet kurį konvejerio variklio tipą.

### EKSPERIMENTŲ REZULTATAI, PASTABOS



## 4. ELEKTRONINIŲ RELIŲ TYRIMAS

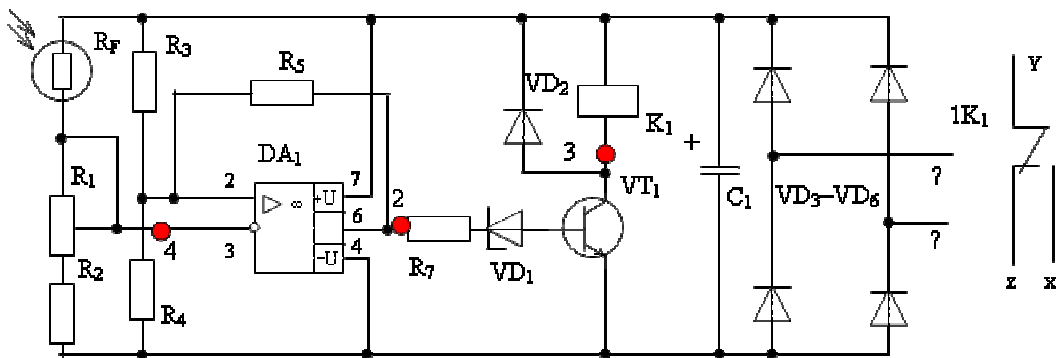
### DARBO TIKSLAS:

- ◆ gebėti analizuoti elektronikos schemas;
- ◆ gebėti atlikti matavimus elektronikos schemose;
- ◆ išmokti surasti gedimą elektronikos schemose.

Darbo priemonės: laboratorinis maketas, multimetras.

### TEORINĖ DALIS

Šiame darbe bus tiriamos trys elektroninės relės: foto relė, termo relė ir garso relė. Reikės surasti kiekvienos relės pagrindinius mazgus, paaiškinti jų veikimą, sudaryti sandaros schemą, išmatuoti įtampas kontroliniuose taškuose, analizuoti šių įtampų dydžius, esant gedimams schemoje.

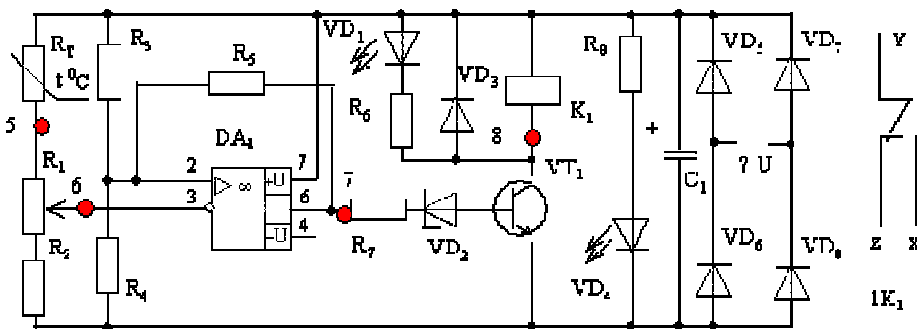


4.1 pav. Foto relė

4.1 pav. parodyta elektroninės relės schema. Šioje schemoje:  $R_F$  – jutiklis (fotorezistorius), įėjimo mazgas – tiltelio schema ( $R_1 \div R_4$ ), stiprintuvas –  $DA_1$ , elektroninės relės mazgas –  $VD_1, VD_2, VT_1, K_1$ , maitinimo mazgas –  $VD_3 \div VD_6, C_1$ .

Kintant apšvietimui, keičiasi fotorezistoriaus varža ir įtampa ant potenciometro  $R_1$  šliaužiklio ir tuo pačiu integrinio grandyno  $DA_1$  įėjime 3. Įtampa įėjime 2 yra pastovi ir lygi pusei maitinimo įtampos. Kai šios įtampos susilygina, integrinio grandyno 6-ame išvade padidėja įtampa. Pramušamas stabilitronas  $VD_1$  ir per tranzistoriaus  $VT_1$  bazę pradeda tekėti srovė. Tranzistorius atsidaro. Jo kolektoriaus srovė teka per relės  $K_1$  apviją. Relė suveikia ir perjungia kontaktus  $1K_1$ .

Diodas  $VD_2$  apsaugo tranzistorių nuo pramušimo jam užsidarant. Diodas užtrumpina relės apvijoje atsiradusią saviindukcijos evj. Schemos maitinimas universalus, tinka kintama ir nuolatinė įtampa.  $C_1$  sumažina maitinimo įtampos pulsacijas.



4.2 pav. Termo relės elektros principinė schema

4.2 pav. pavaizduota Termo relės elektros principinė schema. Šioje schemoje:  $R_F$  – jutiklis (termistorius), įėjimo mazgas – tiltelio schema ( $R_1 \div R_4$ ), stiprintuvas –  $DA_1$ , elektroninės relės mazgas –  $VD_3, VD_2, VT_1, K_1$ , maitinimo mazgas –  $VD_5 \div VD_8, C_1$  ir indikacija –  $VD_1, R_6, VD_4, R_8$ .

Šviesos diodas  $VD_4$  pradeda šviesti prijungus maitinimą. Kintant temperatūrai, keičiasi termistoriaus varža ir įtampa ant potenciometro  $R_1$  šliaužiklio ir tuo pačiu integrinio grandyno  $DA_1$  įėjime 3. Įtampa įėjime 2 yra pastovi. Kai šios įtampos susilygina, integrinio grandyno 6-ame išvade padidėja įtampa. Stabilitronas  $VD_2$  pramušamas ir per tranzistoriaus  $VT_1$  bazę pradeda tekėti srovė, tada tranzistorius atsidaro. Jo kolektoriaus srovė teka per relės  $K_1$  apviją ir relė suveikia. Tuo pat metu pradeda šviesti šviesos diodas  $VD_1$ .

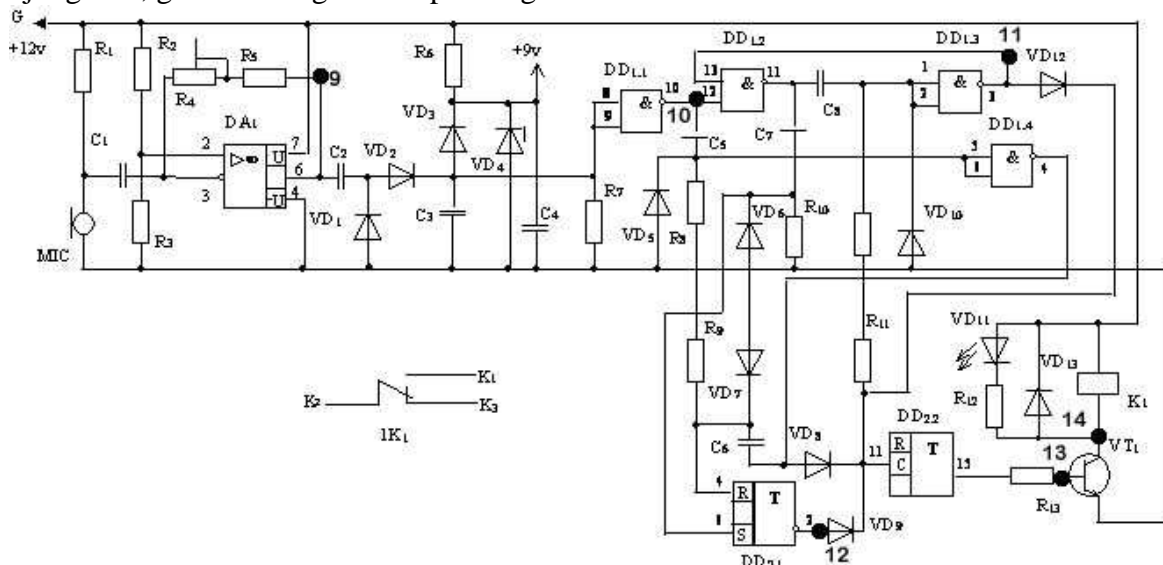
Šiose schemose panaudotas stabilitronas elektroninėje relėje padidina schemos darbo stabilumą. Stabilitronas sumažina klaidingo suveikimo galimybę. Diodas  $VD_3$  apsaugo tranzistorių  $VT_1$  nuo pramušimo. Kai tranzistorius užsidaro, relės apvijoje indukuojasi saviindukcijos evj, kuri sumuojasi su maitinimo įtampa ir kartu veikia uždarytą tranzistorių. Evj dydis priklauso nuo relės apvijos vijų kiekio ir gali būti net kelis kartus didesnis už maitinimo įtampą. Diodas užtrumpina šią evj ir ji neviršija 2 V (tiesioginio įtampos kritimo diode).



4.3 pav. Elektroninės termo relės sandaros schema

4.3 pav. parodyta elektroninės Termo relės sandaros schema. Joje  $R_T$  – jutiklis,  $R_1$  – jautrumo reguliatorius,  $R_2, R_3, R_4$  – įėjimo grandinės ir t. t.

4.4 pav. pavaizduota elektroninės garso relės elektros principinė schema. Ją sudaro jutiklis – MIC, stiprintuvas –  $DA_1$ , lygintuvas –  $VD_1, VD_2, C_3$ , atminties mazgas –  $DD_{2,2}$ , elektroninė relė –  $VT_1, K_1, VD_{13}$ , indikacija –  $VD_{11}$ , impulso formuotuvus –  $DD_1$ . Jame elementai  $DD_{1,2}$  ir  $DD_{1,3}$  sudaro monovibratorių, kuris neleidžia įvykti pakartotiniams trigerių perjungimui, garsiniam signalui nepasibaigus.



4.4 pav. Garso relės elektros principinė schema

Prijungus maitinimą schema yra laukimo būsenoje. Elemento  $DD_1$  išvaduose yra šie signalai: 10-ame išvade – loginis 1, 11-ame – loginis 0, 3-ame – loginis 1, 4-ame – loginis 1.

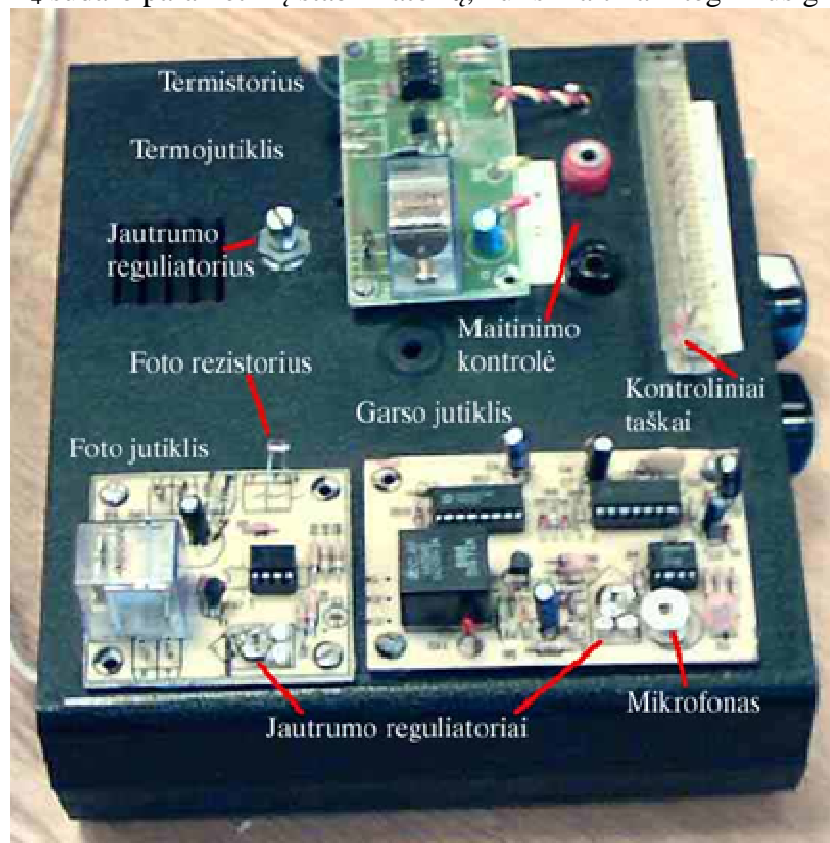
Trigeris  $DD_{2.1}$  yra vienetinėje būsenoje, o  $DD_{2.2}$  – neapibrėžtoje. Trigerio  $DD_{2.2}$  11-ame išvade yra loginis 1.

Schemoje panaudotas elektretinis mikrofonas. Jis maitinamas per rezistorių  $R_1$ . Mikrofonas pakeičia garsinį signalą į kintamą įtampą. Šis signalas per kondensatorių  $C_1$  patenka į operacinį stiprintuvą  $DA_1$ . 6-ame išvade gauname sustiprintą kintamos įtampos signalą, kuris per kondensatorių  $C_2$  patenka į lygintuvą su įtampos dvigubiniu. Išlyginta įtampa įkrauna kondensatorių  $C_3$ . Kai įtampa jame pasiekia loginio 1 įtampą (ne mažiau 7,2 V), elemento  $DD_{1.1}$  10-ame išvade atsiranda loginis 0. 11-ame išvade atsiranda loginis 1. Jis per kondensatorių  $C_7$  patenka į trigerio 4-ą išvadą ir perveda trigerį į vienetinę būseną. Persijungdamas trigeris perjungia  $DD_{2.2}$  į vienetinę būseną. Tranzistorius  $VT_1$  atidaromas ir suveikia relė  $K_1$ . Tuo pat metu įsijungia šviesos diodas  $VD_{11}$  ir relės kontaktai persijungia.

Kol įkraunamas kondensatorius  $C_8$ ,  $DD_{1.3}$  3-ame išvade yra loginis 0. Jis  $DD_{1.2}$  11-ame išvade palaiko loginį 1. Trigeris  $DD_{2.2}$  dirba skaitiniame režime. Trigeris keičia būseną, kai jo 11-ame įėjime signalas pakinta iš loginio 1 į loginį 0. Į šį įėjimą signalas patenka trimis keliais: per diodus  $VD_{12}$ ,  $VD_8$ ,  $VD_9$ . Trigeris pakeičia būseną, kai visi trys diodai uždaryti. Galimi du garsinio signalo variantai: trumpas ir ilgas signalas. Kai signalo trukmė trumpesnė už monovibratoriaus impulso trukmę, diodas  $VD_{12}$  uždarytas loginiu 0, patenkančiu iš elemento  $DD_{1.3}$  3-io išvado. Signalas iš trigerio  $DD_{2.1}$  2-o išvado uždaro diodą  $VD_9$ . Diodą  $VD_8$  uždaro garsinio signalo galinis frontas per  $DD_{1.4}$ . Jei garsinis signalas ilgesnis už monovibratoriaus impulso trukmę, diodas  $VD_{12}$  atsidaro dar garsui nepasibaigus ir trigeris  $DD_{2.2}$  negali persijungti.

Kai garsinis signalas pasibaigia, kondensatorius  $C_3$  išsikrauna ir  $DD_{1.1}$  10-ame išvade nusistovi loginis 1.

$R_6$  ir  $VD_4$  sudaro parametrinį stabilizatorių, kuris maitina integridinius grandynus.



4.5 pav. Elektroninių relių stendas

4.5 pav. parodyto laboratorinio stendo priekyje yra maitinimo įjungimo mygtukas ir dvi rankenėlės. Darbo pradžioje jos pasukamos į kairę iki galo. Pirmoji iš kairės rankenėlė darbo metu nejungiamas. Antra iš kairės rankenėlė įjungiamas elektroninių relių maitinimas.

Vienu metu maitinimą gauna tik viena relė. Termo relės schemoje maitinimo prijungimą rodo šviesos diodas. Foto relėje užtamsinamas fotorezistorius ir girdimas relės veikimo garsas. Garso relėje mirkteli raudonas spinduolis.

Stendo viršuje yra du lizdai, skirti stendo maitinimo įtampos kontrolei. Įtampų matavimui kontroliniuose taškuose skirta jungtis. Joje sunumeruoti kontrolinių taškų išvadai. Matavimas atliekamas tarp minusinio maitinimo lizdo ir atitinkamo kontrolinio taško.

### Elektroninių relių derinimas

Foto relės derinimas apima tik jautrumo nustatymą potenciometru  $R_1$ . Potenciometru nustatomas apšvietimo lygis, prie kurio suveikia relė.

*Pastaba. Derinimas praktinio darbo metu neatliekamas.*

Termo relės jautrumą reguliuoja potenciometras  $R_1$ . Jo rankenėlė yra stendo viršuje. Prieš pradėdant darbą, sukama rankenėlė ir surandama padėtis, kai užsidega/gęsta šviesos diodas  $VD_1$ .

Garso relei prijungiamas maitinimas. Pliaukštelėjus delnais, relė turi suveikti. Šviesos diodas  $VD_{11}$  pradės šviesti. Jei to neįvyksta, potenciometras  $R_4$  (jautrumo reguliatorius) reguliuojamas, kol nuo garso relė pradeda suveikti. Reikia atsižvelgti į tai, kad relė suveikia tik nuo trumpų garsinių impulsų.

*Pastaba. Derinimas praktinio darbo metu neatliekamas.*

### PASIRUOŠIMAS DARBUI (namuose)

- ◆ Prisimenamas termistoriaus ir fotorezistoriaus veikimas.
- ◆ Nubraižomos elektroninių relių pagrindinių mazgų (įėjimo, stiprintuvo, elektroninės relės, indikacijos) schemos ir aprašomas jų veikimas.
- ◆ Aprašoma, kur yra kiekvienos elektroninės relės įėjimas ir išėjimas. Kokie juose signalai?
- ◆ Aprašoma, kaip matuojama įtampa 8-ame kontroliniame taške ir kokia ji turi būti, kai relė yra suveikusi arba nesuveikusi.
- ◆ Aprašoma, kaip schemoje (4.1 pav.) patikrinama, ar fotorezistorius nesugedęs.

### EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Išsiaiškinama, kaip stendo plokštėse išdėstyti elektronikos komponentai.
2. Prijungiamas stendo maitinimas ir išmatuojama stendo maitinimo įtampa.
3. Perjungikliai nustatomi į pradinę (kaire) padėtį.
4. Prijungiamas termo relės maitinimas. Potenciometru jautrumas nustatomas taip, kad geltonas šviesos diodas būtų ant persijungimo ribos, bet šviestų.
5. Patikrinama, ar termo relė veikia. Termistorius pašildomas pirštais, kol geltonas spinduolis persijungia. Atitraukus pirštus nuo termistoriaus, relė po kurio laiko grįžta į pradinę padėtį. Geltonas spinduolis persijungia.
6. Išsiaiškinama, kada relė yra suveikusi: ar kai šviesos diodas šviečia, ar kai nešviečia.
7. Užsirašomos įtampų reikšmės kontroliniuose taškuose 5, 6, 7, 8, kai relė yra pradinėje padėtyje ir kai ji persijungia.
8. Prijungiamas maitinimas foto relei, patikrinama, ar ji veikia, ir išmatuojamos įtampos kontroliniuose taškuose 2, 3, 4.
9. Prijungiamas maitinimas garso relei, patikrinama, ar ji veikia, ir išmatuojamos įtampos kontroliniuose taškuose 9, 10, 11, 12, 13, 14.

*Pastaba. Kai kuriuose kontroliniuose taškuose įtampos būna trumpą laiką (garso metu).*

10. Dėstytojas įveda gedimą. Nustatoma, kuri elektroninė relė veikia blogai. Kontroliniuose taškuose atliekami matavimai. Aprašoma gedimo paieškos eiga: matavimų seka, rezultatų analizė.

### EKSPERIMENTŲ DUOMENYS, PASTABOS

Maitinimo įtampa .....V.

Dešinysis perjungiklis makete perjungiamas į padėtį, kurioje atitinkamai relei prijungiamas maitinimas. Užrašomi matavimų duomenys.

4.1 lentelė. Termo relės duomenys

Taško Nr.	5	6	7	8		2	3	4	
Relė atleido									
Relė suveikė									

4.2 lentelė. Foto relės duomenys

4.3 lentelė. Garso relės duomenys

Taško Nr.	9	10	11	12	13	14
Relė atleido						
Relė suveikė						

4.4 lentelė. Duomenys esant gedimui

Taško Nr.						
Relė atleido						
Relė suveikė						

Aprašomi relės gedimo požymiai, matavimų seka ieškant gedimo, matavimo rezultatų analizė ir išvados.

*Pvz., kontroliniame taške  $x$  matuojama įtampa. Ji yra užrašoma. Palyginus su ankstesnių matavimų rezultatais matoma, kad įtampa yra mažesnė. Tada matuojama taške  $y$ . Čia įtampa tokia pat kaip anksčiau. Tai reiškia, kad blogai veikia kažkuris mazgas (jis nurodomas). Tikriausiai sugedo elementas (nurodomas konkretus elementas).*

## ATASKAITA

- ◆ Apibūdinamas tyrimo objektas.
- ◆ Aprašoma, kaip atliekami matavimai elektronikos schemose (tarp kurių taškų jungiamas multimetras).
- ◆ Paaškinama, kokie signalai turi būti kontroliniuose taškuose ir ar matavimų rezultatai atitinka teorinėms reikšmėms.
- ◆ Nubraižomos elektroninių relių sandaros schemos ir trumpai aprašomas jų veikimas: ką kiekvienas mazgas daro, kokie signalai patenka į mazgą ir kokie gaunami mazgo išėjime.
- ◆ Aprašomi schemose panaudoti lustai.
- ◆ Sudaromas gedimo paieškos algoritmas.
- ◆ Paaškinamas bent vienas tiriamų relių pritaikymas.
- ◆ Pateikiama informacija apie bent vieną analogišką pramoninę elektroninę relę.
- ◆ Užrašomi atsakymai į žemiau pateiktus klausimus:
  - a) kaip nustatoma, ar relė suveikusi ar atleidusi;
  - b) kas atsitiko su tranzistoriumi foto relėje, jei 3-ame kontroliniame taške įtampa visą laiką yra apie 0 V;
  - c) kaip išmatuoti fotorezistoriaus varžą;
  - d) kokia elemento  $VD_2$  paskirtis termo relėje;
  - e) kam termo relės schemoje reikalingi keturi diodai  $VD_5 \div VD_8$ ;
  - f) kur yra elektroninių relių įėjimas ir išėjimas. Kokie juose signalai ir kaip jie keičiasi;
  - g) koks signalas 9-ame kontroliniame taške ir kaip jį išmatuoti;
  - h) diodo  $VD_2$  paskirtis foto relėje;
  - i) rezistoriaus  $R_{12}$  paskirtis garso relėje;
  - j)  $R_5$  rezistoriaus paskirtis. Kas bus jį sumažinus?

## 5. VYKDYMO MECHANIZMO TYRIMAS

### DARBO TIKSLAS:

- ♦ susipažinti su vykdymo mechanizmo su varikliu konstrukcija ir veikimo principu;
- ♦ gebėti jungti variklio valdymo schemas.

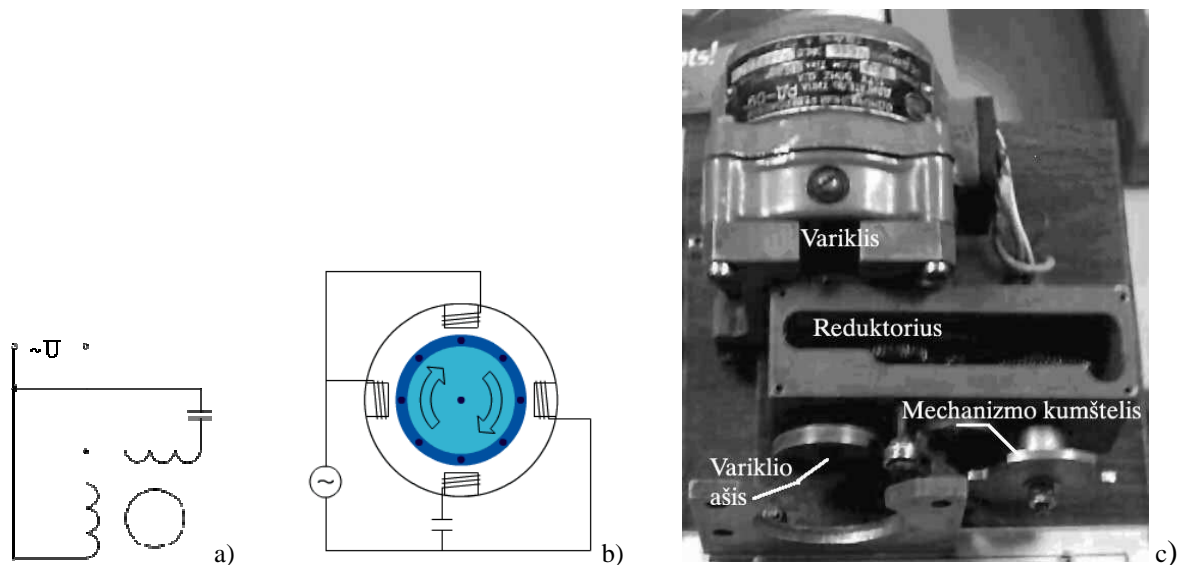
Darbo priemonės: laboratorinis stendas ir dviejų tipų laidai. Vieni laidai – variklio schemai, kiti (raudoni ir mėlyni) – valdymo schemai.

### TEORINĖ DALIS

Vykdymo mechanizmas (vykdiklis) keičia elektros valdymo signalą į mechaninį signalą. Vykdymo mechanizmai gali būti su elektromagnetais ir su elektros varikliais. Praktinio darbo makete panaudotas vykdymo mechanizmas su dvifaziu asinchroniniu varikliu. Toks variklis dar vadinamas kondensatoriniu.

Dvifazis asinchroninis variklis statoriuje turi dvi apvijas, perstumtas erdvėje  $90^\circ$ . Viena apvija yra darbinė, o kita – valdymo (5.1 pav., a). Darbinė apvija skirta kintamai maitinimo įtampai, o kita – valdymo signalui. Rotorius turi užtrumpintą apviją. Prie apvijų prijungiamos kintamos įtampos, kurių fazių skirtumas  $90^\circ$ . Jos sukuria besisukantį magnetinį lauką.

Tokie varikliai dažnai naudojami automatikos sistemose ir vadinami vykdymo varikliais. Darbo metu jie keičia sūkių dažnį ir kryptį.



5.1 pav. a), b) kondensatorinio variklio įjungimo schema, c) vykdymo mechanizmas

Šie varikliai dažniausiai maitinami vienfaze kintama įtampa. Su viena apvija (valdymo) nuosekliai įjungiamas kondensatorius (5.1 pav., a), kuris sudaro fazių poslinkį. Apvijos gali būti vienodos arba nevienodos. Darbo apvijos laidas storesnis, o valdymo apvijos – plonesnis. Kondensatoriaus talpa priklauso nuo variklio galios. Įjungimo metu reikia didesnės talpos kondensatoriaus, o darbo metu – mažesnės.

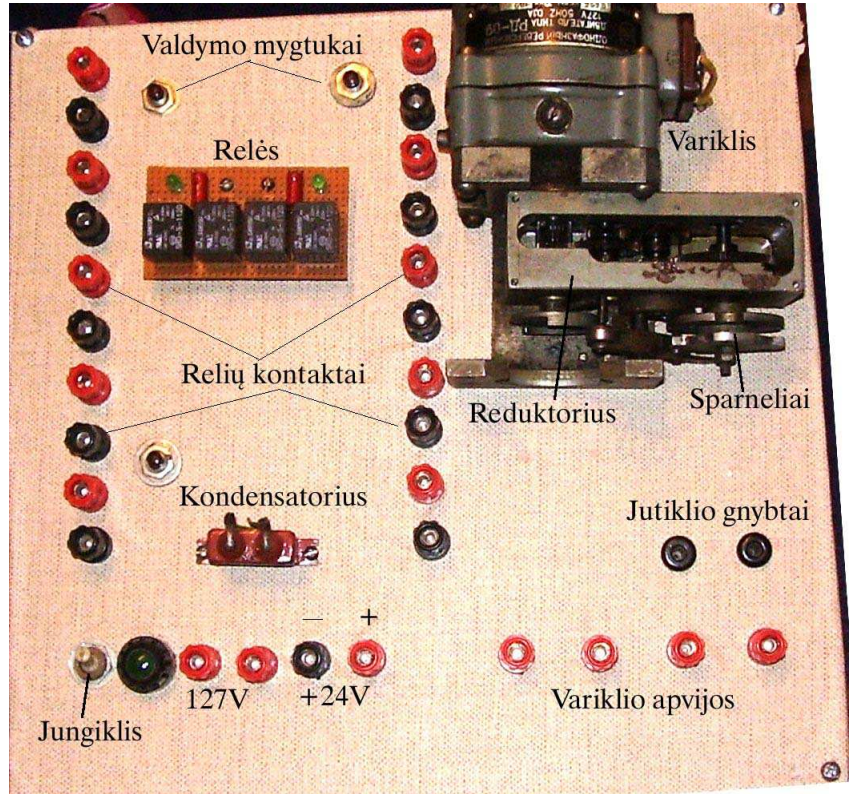
Tiriamą vykdymo mechanizmą (5.1 pav., c) sudaro variklis, prie kurio ašies pritvirtintas mechaninis įtaisas – reduktorius. Jis keičia sūkių dažnį ir jėgą. Ant reduktoriaus išėjimo ašies pritvirtintas diskas su keturiais kumšteliais.

Laboratoriniame stende (5.2 pav.) mechanizmas tvirtinamas ant plastikinio pagrindo. Stende yra relės, kurių kontaktai sujungti su gnybtais. Kairėje eilėje yra gnybtai, prie kurių



prijungti dviejų relių (kairėje) kontaktų išvadai. Kitoje eilėje – dešinių dviejų relių kontaktų išvadai. Taip pat yra trys valdymo mygtukai – du įjungimo ir vienas išjungimo. Variklio apvijos ir kondensatoriaus išvadai taip pat prijungti prie gnybtų.

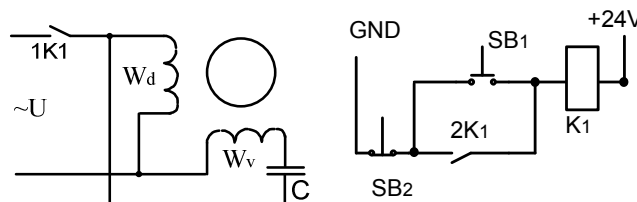
Stende yra maitinimo šaltinis, kuris formuoja dvi įtampas. Viena įtampa ( $\sim 127\text{ V}$ ) skirta varikliui, o kita įtampa ( $+24\text{ V}$ ) skirta relių maitinimui. Tinklo įtampa įjungama jungikliu.



5.2 pav. Praktinio darbo stendas

### Variklio valdymo schemas

Schema su užsiblokavimu (5.3 pav.) – tai dažniausiai naudojama schema. Joje yra du valdymo mygtukai:  $SB_1$  – įjungimo ir  $SB_2$  – išjungimo. Kontaktas  $2K_1$  (antras relės  $K_1$  kontaktas) vadinamas užsiblokavimo kontaktu. Kol mygtukas  $SB_1$  laikomas nuspauštas, relė suveikia ir jos kontaktas  $2K_1$  užtrumpina mygtuką.



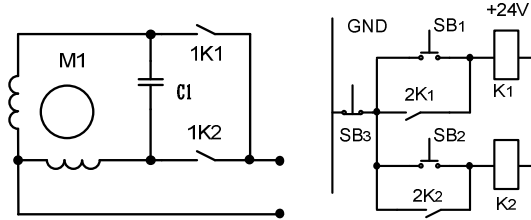
5.3 pav. Schema su užsiblokavimu

Kitas relės kontaktas  $1K_1$  įjungia įtampą varikliui. Atleidus mygtuką  $SB_1$ , relė lieka suveikusi. Jei nuspaudžiamas išjungimo mygtukas  $SB_2$ , relės apvijoje dingsta srovė. Relė atleidžia ir atjungia kontaktus.

Elektros varikliams, keičiantiems sukimosi kryptį, valdyti naudojama reversinė schema (5.4 pav.). Schemą sudaro dvi vienodos dalys – aukščiau minėtos schemas su



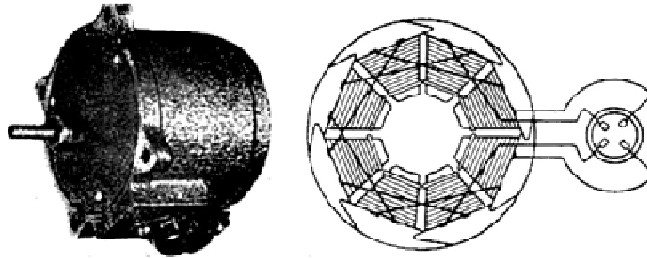
užsiblokavimu. Jos turi bendrą atjungimo mygtuką SB<sub>3</sub>. Jei suveikia relė K<sub>1</sub>, tai jos kontaktas 1K1 įjungia variklį.



5.4 pav. Reversinė schema

Kitas kontaktas blokuoja įjungimo mygtuką. Analogiškai veikia ir K<sub>2</sub> relė. Jos kontaktas 1K2 įjungia variklį, kuris sukasi į kitą pusę.

Gali būti du atjungimo mygtukai, kurie atjungs kiekvieną relę atskirai. Schemos trūkumas – nėra apsaugos nuo abiejų įjungimo mygtukų paspaudimo vienu metu.



5.5 pav. Variklio apvijų schema

## EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Užrašomi variklio parametrai:

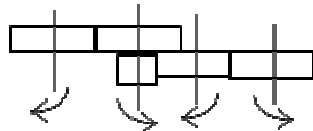
Maitinimo įtampa	Sūkių dažnis	Sūčio momentas
------------------	--------------	----------------

2. Išardomas analogiškas variklis ir aprašoma jo konstrukcija. Apvijų schema parodyta 5.5 pav.

3. Pažymima, kiek polių turi variklis.

4	6	8
---	---	---

4. Ištiriamas reduktorius, užrašomas krumpliaračių kiekis ir perdavimo koeficientas (pvz.,  $k=1:12$ ). Nubraižoma reduktoriaus kinematinė schema.



5.6 pav. Reduktoriaus kinematinės schemos pavyzdys

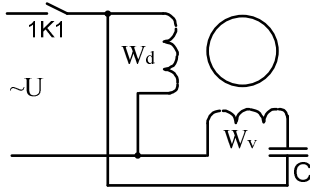
Tiriama kinematinė schema

5. Sujungiama ir išbandoma variklio schema (5.1 pav., a).

6. Pakeičiama variklio sukimosi kryptis. Pažymima, ką reikia padaryti:

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
|  | Pakeisti įtampos poliariškumą     |
|  | Sukeisti valdymo apvijos galus    |
|  | Sukeisti darbo apvijos galus      |
|  | Sukeisti bet kurios apvijos galus |

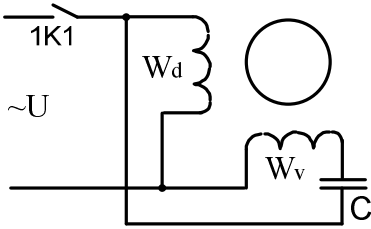
7. Sujungta schema modernizuojama taip, kad variklis sukūsi tik nuspaudus ir laikant įjungimo mygtuką SB1. Pradžioje nubraižoma valdymo dalis, o po to schema sujungiama ir išbandoma.



5.7 pav. Mygtuku valdomo variklio schema

Valdymo dalis (nubraižyti)

8. Sujungta schema modernizuojama taip, kad nereikėtų laikyti nuspaustą mygtuką. Nubraižoma valdymo dalis, o po to schema sujungiama ir išbandoma.



5.8 pav. Dviem mygtukais valdomo variklio schema

Valdymo dalis

9. Schema papildoma išjungimo mygtuku. Vienu mygtuku variklis įjungiamas, o kitu – išjungiamas. Nubraižoma valdymo schema ir po to schema sujungiama ir išbandoma.
10. Nubraižoma schema, kurioje variklis keičia sukimosi kryptį. Vienu mygtuku variklis įjungiamas ir sukasi dešinėn, kitu mygtuku – stabdomas, o trečiu mygtuku įjungiamas ir sukasi kairėn. Nubraižoma schema, po to sujungiama ir išbandoma.

#### ATASKAITA

- ◆ Apibūdinamas tiriamas objektas.
- ◆ Aprašoma tiriamo variklio konstrukcija.
- ◆ Pateikiamas analogiško variklio naudojimo pavyzdys.
- ◆ Nubraižoma reversinė variklio valdymo schema su apsauga. Vienu metu nuspaudus abu įjungimo mygtukus, variklis visada sukasi į tą pačią pusę.
- ◆ Internetu surandamas vykdymo mechanizmo taikymo pavyzdys.
- ◆ Pateikiamos išvados.

## 6. ŽINGSNINIO VARIKLIO TYRIMAS

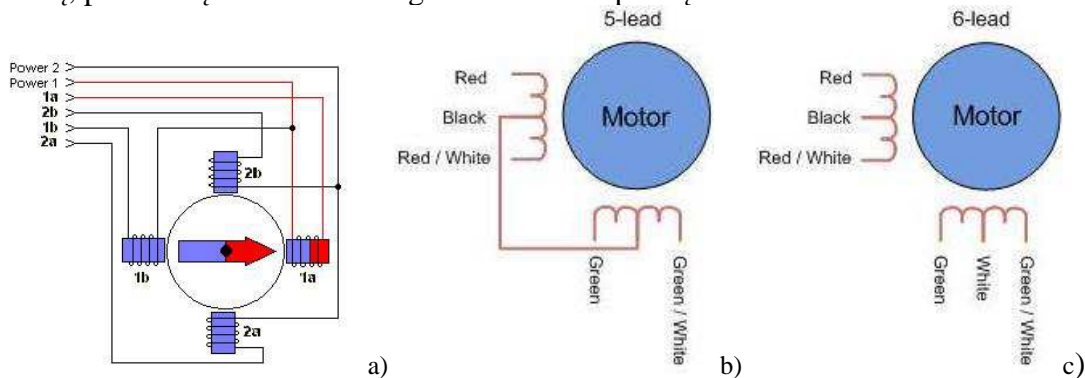
### DARBO TIKSLAS:

- ◆ išnagrinėti elektros pavarą su žingsniniu varikliu;
- ◆ ištirti žingsninį variklį;
- ◆ prijungti variklį ir išbandyti jo veikimą.

Darbo priemonės: praktinio darbo stendas, žingsniniai varikliai: keturfazis ir dvifazis, impulsų formavimo įtaisas, multimetras, jungiamieji laidai.

### TEORINĖ DALIS

Žingsninis variklis (*Stepping motor*) – tai daugiafazis sinchroninis elektros variklis su išreikštais poliais. Jis keičia elektromagnetinius impulsus į diskretinius kampinius arba linijinius poslinkius. Žingsninių variklių statoriuje yra ne mažiau kaip dvi apvijos, maitinamos nuolatine srove iš elektrinio komutatoriaus, o rotorius yra ryškiapolės konstrukcijos ir, įjungus maitinimą, pasisuka į mažiausios magnetinės varžos padėtį.



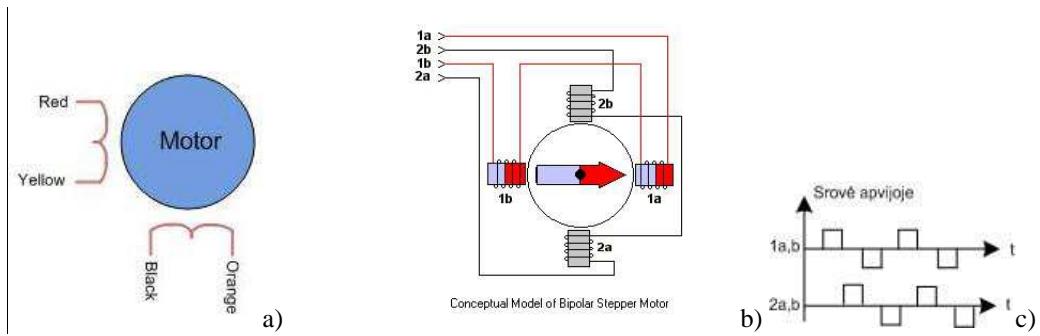
6.1 pav. Keturfazio žingsninio variklio išvadai: a) apvijų sujungimo schema, b) 5 išvadai, c) 6 išvadai

Keturfazis žingsninis variklis (*unipolar*) su aktyviu rotoriumi turi dvi apvijas su centrinėmis atšakomis. Variklis gali turėti 6 išvadus (6.1 pav., c) arba 5 išvadus (6.1 pav., b). Antru atveju vidurinės atšakos yra sujungiamos į vieną bendrą išvadą. Dažniausiai vidurinės atšakos jungiamos prie maitinimo šaltinio pliuso.

6.1 lentelė. Keturfazio žingsninio variklio valdymo 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

Darbo metu apvijos užduota seka sujungiamos su maitinimo šaltinio minusu. Paprasčiausia impulsų seka parodyta 6.1 lentelėje. Srovė per apvijas teka viena kryptimi.



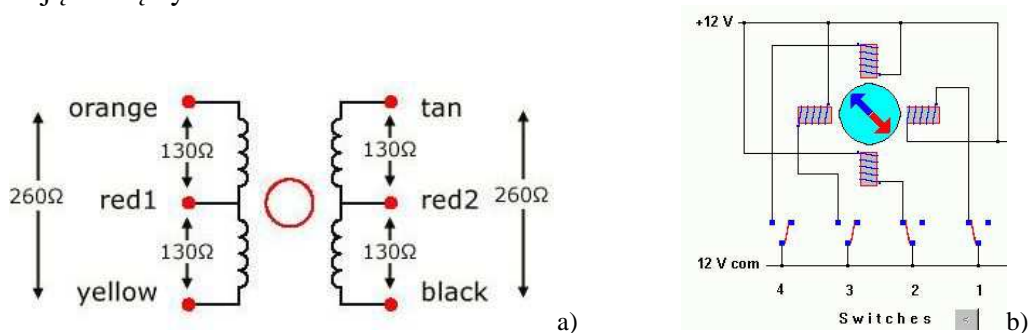
6.2 pav. Dvifazis žingsninis variklis: a) apvijos, b) apvijų sujungimas, c) impulsų diagrama

Dvifazis variklis (*bipolar*) turi dvi apvijas (6.2 pav.). Valdymo impulsų seka parodyta 6.2 lentelėje. Srovė apvijose keičia kryptį.

6.2 lentelė. Dvifazio 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

Atrenkant variklio išvadas, reikia matuoti varžų dydį tarp jų. Pagal varžos dydį galima sudaryti variklio apvijų schemą. 6.3 pav., a parodytos vieno iš keturfazio žingsninio variklio apvijos ir jų varžų dydis.

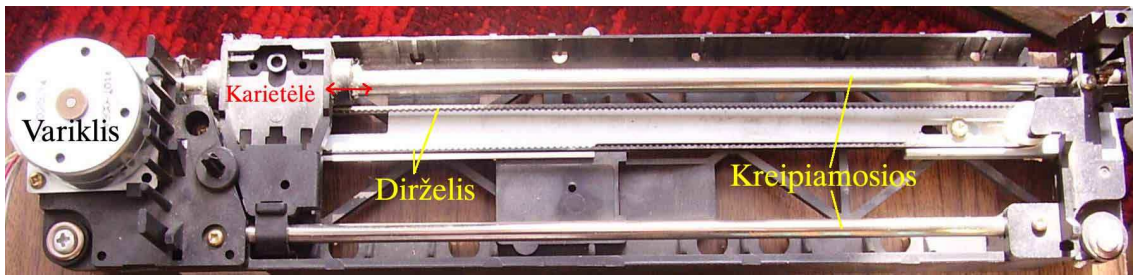


6.3 pav. Keturfazis žingsninis variklis: a) apvijų varžos, b) bandymo schema

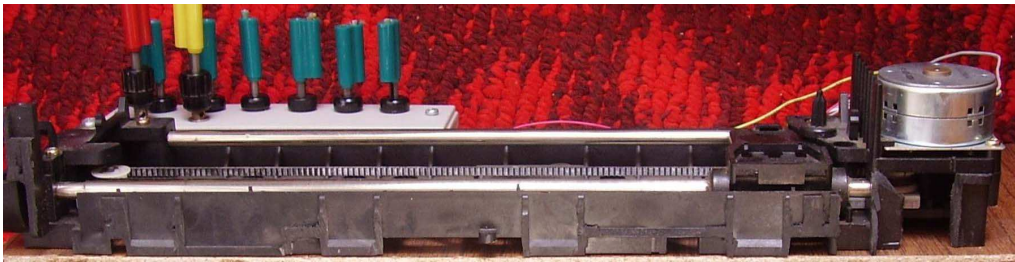
Suradus apvijų galus, sujungiama schema (6.3 pav., b) ir atitinkama tvarka po vieną sujungiami jungikliai. Kiekvieną kartą sujungus jungiklį, variklio rotorius turi pasisukti per žingsnį į tą pačią pusę. Jei sujungiamas ne tas jungiklis, rotorius pasisuka atgal. Taip surandama reikiama valdymo impulsų seka. Po to variklis jungiamas prie impulsų formavimo įtaiso.

### PRAKTINIO DARBO STENDAS

Stendą sudaro dvi dalys. Viena dalis – tai variklio mazgas (6.4 pav.). Jame yra spausdintuvo mechanizmas, pritvirtintas prie pagrindo. Prie pagrindo taip pat tvirtinama plokštelė, kurioje yra kištukiniai lizdai (6.5 pav.). Prie jų prijungti žingsninio variklio apvijų išvadai. Taip pat yra du 12 V maitinimo įtampos lizdai, pažymėti + ir -. Prie jų prijungtas maitinimo laidas, kuris jungiamas prie elektroninio bloko maitinimo šaltinio.

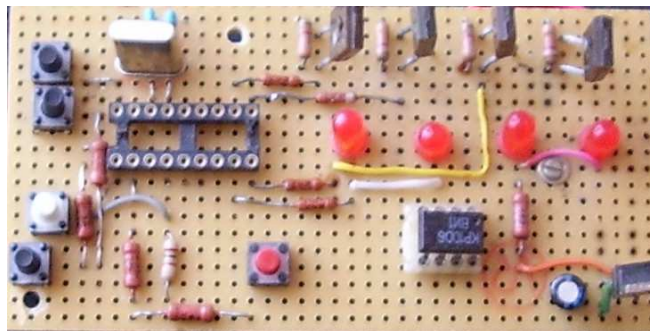


6.4 pav. Spausdintuvo mechanizmas



6.5 pav. Stendo mechanizmas su kištukais

Kita stendo dalis – elektroninis blokas. Jame yra maitinimo šaltinis. Darbo pradžioje nustatoma + 12 V įtampa. Taip pat yra impulsų formavimo mazgas. Elektroninis blokas su pirmąja stendo dalimi sujungiamas kištukiniais laidais. Bloko gale yra perjungiklis, kurį sukant kiekvienas kištukinis laidas užduota seka sujungiamas su maitinimo šaltinio minusu. Taip galima rankiniu būdu patikrinti, ar tinkama tvarka sukišti kištukai. Sukant rankenėlę, spausdintuvo karietėlė turi judėti viena kryptimi be trūkčiojimų.



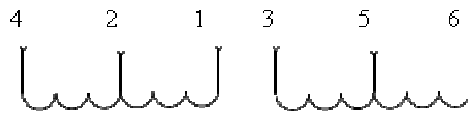
6.6 pav. Elektroninio mazgo plokštė

Elektroninio mazgo viršuje yra valdymo plokštė (6.6 pav.). Maitinimas jai įjungiamas atskiru jungikliu. Plokštėje yra mygtukai: kairėn, dešinėn, stop, reset, lėtai. Juos spustelėjus, parenkama karietėlės judėjimo kryptis arba ji stabdoma. Spustelėjus mygtuką, lėtai formuojamų impulsų dažnis sumažėja ir karietėlė juda lėtai.

### EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Sudaroma žingsninio variklio elektros principinė schema. Maitinimas neįjungtas. Multimetas paruošiamas varžos (iki  $100\Omega$ ) matavimui. Varža matuojama tarp kištukinių lizdų 1 ÷ 6. Pradedama nuo pirmo lizdo. Variklio apvijų galai yra ten, kur multimetas rodo varžą. Taip surandamos dvi apvijų grupės (pvz., 1, 2, 4 ir 3, 5, 6). Nubraižomos apvijos (6.7 pav.). Po to surandamas apvijos vidurinis taškas. Tarp jo ir kitų dviejų lizdų yra vienoda varža. Žemiau pavaizduotame pavyzdyje varžos yra vienodos tarp 2 – 1, 2 –

4, 5 – 6, 5 – 3 išvadų. Tarp 1 – 4 ir 3 – 6 yra dvigubo dydžio varža. Išvadų numeriai bus ne paeiliui. Prie skaičių surašomos raidės, nurodytos prie kištukinių lizdų.



6.7 pav. Žingsninio variklio elektros principinės schemos pavyzdys

Ijungiamas elektroninio bloko maitinimas ir išėjime nustatoma 12 V įtampa. Prie elektroninio mazgo prijungiamas stendo maitinimo laidas.

2. Surandama impulsų seka, prie kurios variklis sukasi. Tam sujungiami apvijų viduriniai taškai su maitinimo šaltinio pliusiniu išvadu. Vienas papildomo laido galas prijungiamas prie stendo minusinio kištukinio lizdo. Kitas laido galas kaišiojamas į lizdus, prie kurių prijungti variklio apvijų galai. Taip surandama seka, prie kurios, kiekvieną kartą įkišus laidą, variklio rotorius pasisuka vienu žingsniu į tą pačią pusę (pajuda kariatėlė). Seka užrašoma, pvz., 3614.

Išbandoma priešinga seka, pvz., 4163. Variklis turi sukstis į kitą pusę. Viduriniai apvijų taškai paliekami sujungti. Elektroninio bloko kištukai prijungiami prie kištukinių lizdų. Kištukai turi numerius: 1 reiškia pirmą impulsą, 3 – trečią impulsą ir t.t.

3. Išbandomas variklio veikimas rankiniu režimu. Gale elektroninio bloko esanti rankenėlė sukama ir stebimas kariatėlės judesys. Jei judama tik į vieną pusę, sujungimas tinkamas. Rankenėlė paliekama neutralioje padėtyje.

*Pastaba. Kitame stende vietoje rankenėlės gali būti keturi mygtukai: pirmas impulsas, antras ir t.t. Paeiliui spaudžiant mygtukus, variklis sukasi.*

4. Išbandomas variklio veikimas automatinio režimu. Jungiamas elektroninės plokštės maitinimas. Spustelėjus valdymo mygtuką „dešinėn“ arba „kairėn“, variklis pradeda sukstis. Norint sustabdyti variklį, spaudžiamas mygtukas „stop“ arba „reset“. Galima variklį įjungti mygtuku „lėtai“.
5. Išbandomas keturfazis variklis su penkiais išvadais. Atjungiamas spausdintuvo mechanizmas. Sudaroma variklio schema (žr.1-ą punktą). Bandomas variklis prijungiamas prie elektroninio bloko ir išbandomas automatinio režimu. Sukeičiami dviejų apvijų išvadai. Užrašomos pastabos.
6. Išbandomas dvifazis žingsninis variklis. Sudaroma apvijų schema. Variklis su impulsus formuojančiu įtaisu sujungiamas kištukiniais laidais. Viena apvija jungiama prie dviejų gretimų kairių gnybtų, o kita – prie dešinių. Variklis išbandomas automatinio režimu: lėtai ir greitai. Sukeičiami apvijų išvadai. Užrašomos pastabos.

## ATASKAITA

- ◆ Apibūdinamas tiriamas objektas.
- ◆ Nubraižomos variklių apvijų schemos ir užrašomos varžų reikšmės (6.3 pav., a).
- ◆ Aprašoma laboratorinio darbo eiga ir užrašomos pastabos.
- ◆ Internetu surandami dvifazio ir keturfazio variklių valdymo lustai ir nubraižoma, kaip prie jų prijungiami varikliai.
- ◆ Atsakoma į klausimus:
  - a) kaip gaunamas žingsninio variklio pusinis žingsnis;
  - b) kaip teka srovė žingsninio variklio apvijose;
  - c) koks pagrindinis žingsninių variklių trūkumas;
  - d) kaip randamas variklio apvijų vidurinis taškas.

## 7. ELEKTROS PAVARA SU DAŽNIO KEITIKLIU

### DARBO TIKSLAS:

- ◆ susipažinti su dažnio keitiklio veikimo principu;
- ◆ prijungti elektros variklį prie dažnio keitiklio;
- ◆ išbandyti variklio valdymo būdus;
- ◆ išmokti matuoti sūkių dažnį.

Darbo priemonės: laboratorinis stendas su dažnio keitikliu NXL00062C1N1 ir trifaziu varikliu (iki 100 W), lazerinis arba kito tipo sūkių dažnio matuoklis.

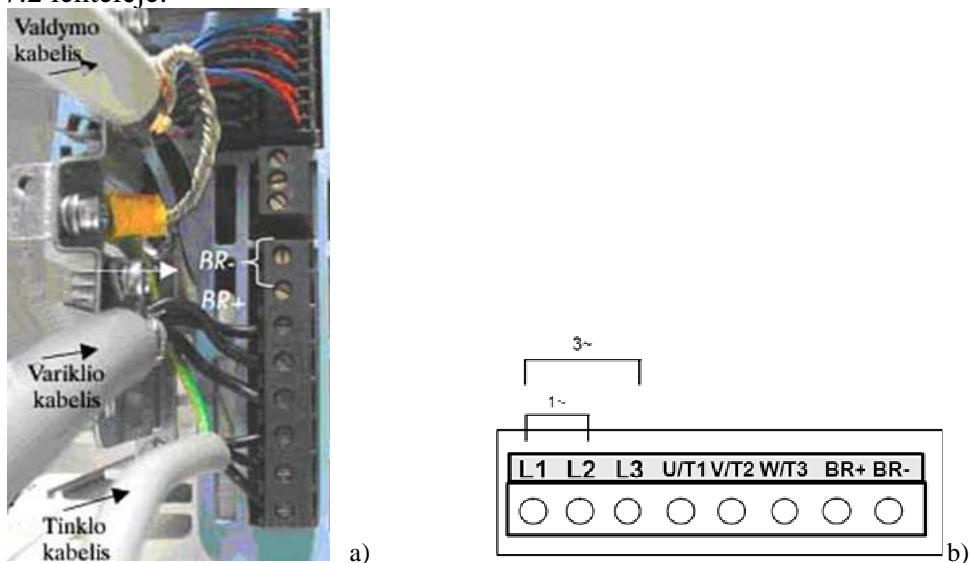
### TEORINĖ DALIS



7.1 pav. „Vacon“ dažnio keitiklių šeima

Praktinio darbo metu naudojamas „Vacon“ firmos dažnio keitiklis NXL00062C1N1. Prie jo jungiamas mažos galios trifazis variklis. Keitiklio parametrai: galia  $P = 1,1 \text{ kW}$ , nominali srovė  $I_H = 4,8 \text{ A}$ . Keitiklis maitinamas iš vienfazio elektros tinklo  $\sim 230\text{V} \pm 10\%$ , 60Hz. Išėjime gaunama trifazė įtampa, kurios dažnis keičiasi nuo 0 iki 60 Hz.

Dažnio keitiklis turi dvi jungtis (7.2 pav., a). Viena iš jų – signalinė (viršuje). Prie jos jungiamas valdymo kabelis (mygtukai, sūkių dažnio reguliatorius). Jungties kontaktų paskirtis parodyta 7.2 lentelėje.



7.2 pav. Dažnio keitiklio jungtis: a) bendras vaizdas, b) maitinimo/išėjimo jungtis

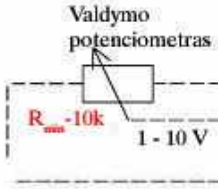


Antra jungtis – maitinimo/išėjimo jungtis. Prie jos jungiami elektros tinklo kabelis ir trifazis variklis (7.2 pav., b). Jei prisijungiama prie trifazio elektros tinklo, panaudojami L1, L2, L3 gnybtai. Jei tinklas vienfazis, L3 gnybtas lieka laisvas. Variklis jungiamas prie U, V, W gnybtų.

7.1 lentelėje parodyta dažnio keitiklio jungties gnybtų paskirtis. Iš jos matyti, kad išėjimo įtampų dažnis gali būti keičiamas, keičiant įtampą 2-ame gnybte. Tai analoginis įėjimas, kuriame nuolatinė valdymo įtampa keičiama nuo 0 V (variklis nesisuka) iki 10 V (variklis sukasi maksimaliu greičiu). Įtampai keisti reikalingas potenciometras, kuris maitinamas iš keitiklio vidinio 10 V maitinimo šaltinio. Potenciometro varža ne mažesnė nei 10 kΩ.

Variklis įjungiamas, sujungus 8-o įėjimo mygtuką. Per jį į 8-ą įėjimą patenka +24V įtampos signalas iš vidinio maitinimo šaltinio. Prie 18-o ir 19-o gnybto prijungto miliampermetro skalė sugraduota Hz ir rodo išėjimo įtampos dažnį.

7.1 lentelė. Jungties gnybtų paskirtis



Gnybtas	Signalas	Paaškinimas	
1	+10V	Atraminė įtampa	
2	AI1+	Analoginis įėjimas 0 - 10 V nuolat. įtampa	
3	AI1-	Valdymo grandinių įžeminimas	
4	AI2+	Analoginis įėjimas	
5	AI2-/GND	įtampa 0 - 10 V arba srovė 0/4 -20mA	
6	+24V	Pagalbinis maitinimo šaltinis	
7	GND	Valdymo grandinių įžeminimas	
8	DIN1	Variklio įjungimas	
9	DIN2	Reversas. Galima programuoti	
10	DIN3	1 fiksuoto greičio parinkimas Galima programuoti	
11	GND	Valdymo grandinių įžeminimas	
18	AO1+	Dažnio matuoklis	
19	AO1-	Analoginis išėjimas	
A	RS 485	Nuosekli magistralė	
B	RS 485	Nuosekli magistralė	
30	+24V	Papildomas maitinimo šaltinis	
21	RO1	1 relinis išėjimas GEDIMAS	Programuojamas
22	RO1		
23	RO1		

Praktiniame darbe naudojamo dažnio keitiklio sandaros schema parodyta 7.3 pav. Keitiklis jungiamas prie vienfazio elektros tinklo (L1 ir L2 gnybtai). Įėjime gali būti trikdžių filtras –įėjimo mazgas. Tinklo įtampa išlyginama ir gaunama nuolatinė apie 330 V įtampa. Ji patenka į inverterį, kuris iš nuolatinės įtampos suformuoja sinusinės formos trifazę įtampą. Ši įtampa patenka į variklį, kuris jungiamas prie gnybtų U, V, W. Vidinis maitinimo šaltinis formuoja 10 V ir 24 V pagalbinės nuolatinės įtampas. Jos skirtos valdymo grandinių bei jutiklių maitinimui.

Matavimų mazgas kontroliuoja išlygintą įtampą. Jei ji padidėja, mazgo signalas impulsų generatorių per valdymo mazgą 1 paveikia taip, kad jo formuojamų valdymo impulsų trukmė mažėtų ir išėjimo įtampų amplitudė nesikeistų. Valdymo mazgas 1 valdo impulsų

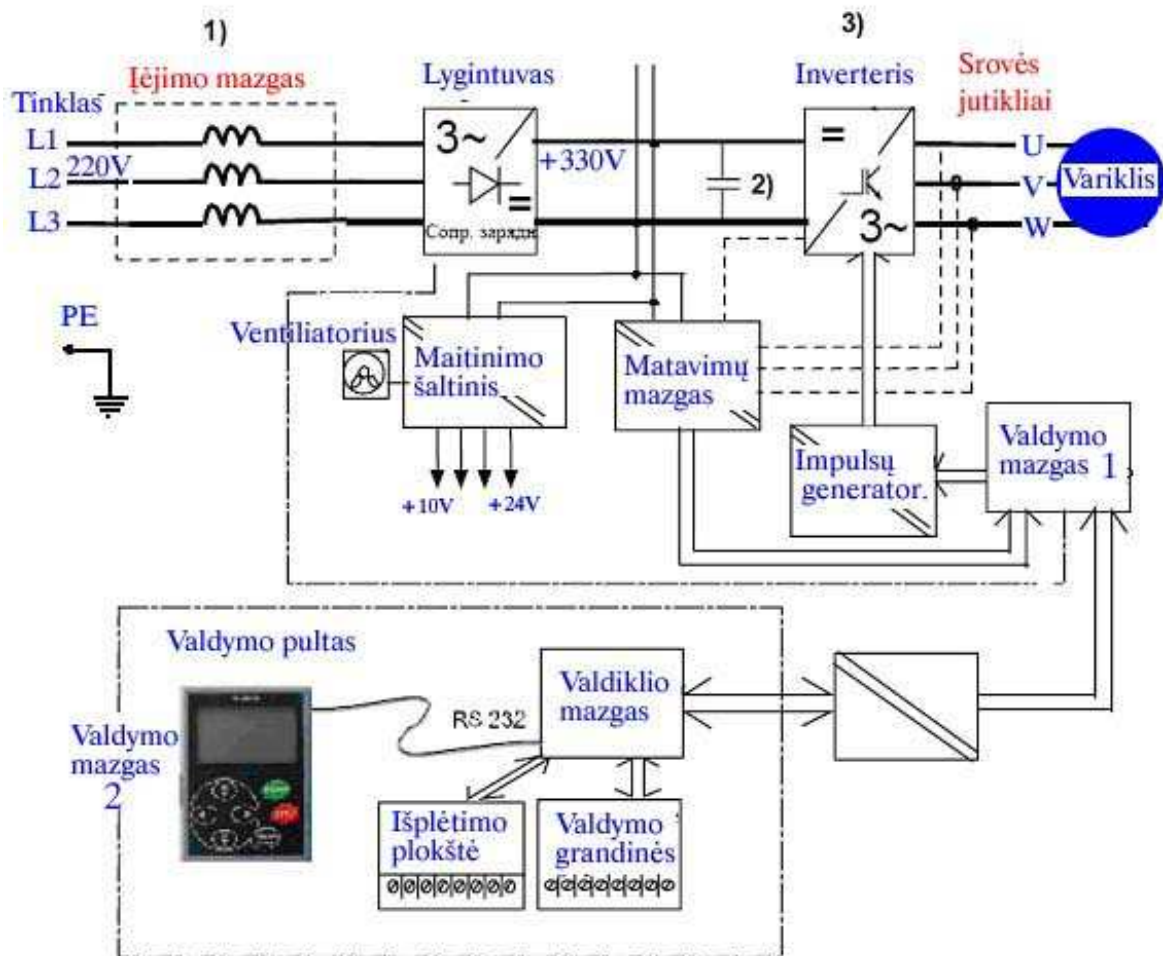


generatorių. Į jį patenka signalai iš valdymo grandinių, esančių valdymo mazge 2. Jame yra valdymo pultas, valdiklio mazgas ir valdymo grandinių prijungimo jungtys.

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 ekrane galima matyti įvairią informaciją, pvz., sūkių dažnį, išėjimo įtampos dažnį, keitiklio temperatūrą ir t.t.

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.

Stendo viršuje yra trys valdymo mygtukai: įjungimas, reversas, greitis ir sūkių dažnio reguliatorius.



7.3 pav. NXL00062C1N1 dažnio keitiklio sandaros schema

## PASIRUOŠIMAS DARBUI

- ◆ Išnagrinėjama dažnio keitiklio sandara bei veikimo principas ir jo vykdomos funkcijos.
- ◆ Paaškinama dažnio keitiklio jungčių gnybtų paskirtis.
- ◆ Paaškinama, kaip pultelio valdymo klavišais programuojamas dažnio keitiklis.

## EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Prie dažnio keitiklio stendo prijungiama vienfazė  $\sim 230V \pm 10\%$ , 60Hz maitinimo įtampa.
2. Sujungta schema išbandoma ir išsiaiškinama valdymo elementų įtaka.
3. Išbandomas sūkių dažnio reguliatorius. Stebimi valdymo pultelio parodymai.

4. Lazeriniu matuokliu nekontaktiniu būdu išmatuojamas sūkių dažnis ir palyginamas su valdymo pultelio parodymais.
5. Sūkių dažnis išmatuojamas kontaktiniu būdu ir rezultatas palyginamas su ankstesniais matavimais. Užrašomos išvados.

7.2 lentelė. Sūkių dažnis

Pultelio parodymai aps/min	200	700	1000	1250
Matuoklio parodymai (nekontaktiniai) aps/min				
Matuoklio parodymai (kontaktiniai) aps/min				

#### ATASKAITA

- ◆ Apibūdinamas tiriamas objektas.
- ◆ Aprašoma laboratorinio darbo eiga ir užrašomos pastabos.
- ◆ Aprašomas lazerinio sūkių dažnio matuoklio paruošimas darbui ir matavimo rezultatai.
- ◆ Internete surandamas analogiškas dažnio keitiklis. Užrašomi jo parametrai. Išsiaiškinama, kur jį galima įsigyti ir kokia jo kaina.
- ◆ Aprašomas dažnio keitiklio panaudojimas.
- ◆ Parašomos išvados.

## 8. PNEUMATIKOS KOMPONENTAI

### DARBO TIKSLAS:

- ♦ įgyti pradinius darbu su pneumatikos komponentais įgūdžius;
- ♦ gebėti sujungti pneumatikos schemas;
- ♦ išnagrinėti pneumatikos komponentų konstrukciją ir išsiaiškinti jų veikimą.

Darbo priemonės: pneumatikos stendas, pneumatikos komponentai, sujungimų šlangeliai.

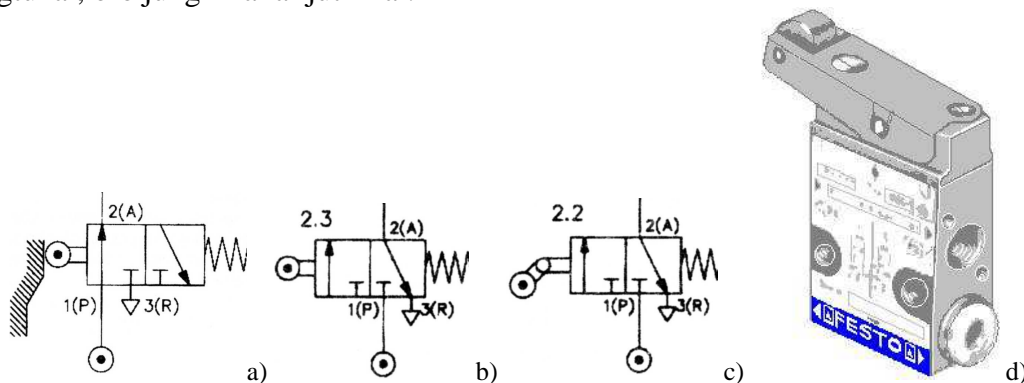
### TEORINĖ DALIS

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.

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 arba detalizuotas.

Pagrindiniai pneumatikos komponentai yra pneumatiniai cilindrai, skirstytuvai, mygtukai, jutikliai ir loginiai elementai.

Skirstytuvai, gavę valdymo signalą, persijungia ir nukreipia orą iš oro tiekimo mazgo į atitinkamą išėjimo angą (A arba B) arba iš cilindro į atitinkamą oro išmetimo angą (R arba S). Jie gali būti valdomi mechaniniu, pneumatiniu arba elektriniu būdu. Skirstytuvai naudojami kaip mygtukai, oro jungikliai ar jutikliai.



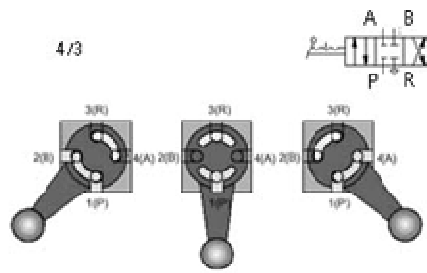
8.1 pav. Jutikliai: a) aktyvus, b) pasyvus, c) pasyvus, suveikiantis tik judant viena kryptim, d) bendras vaizdas

Skirstytuvas jutiklis pradinėje būsenoje gali būti suveikęs, t. y. aktyvus (8.1 pav., a) arba nesuveikęs (8.1 pav., b ir c). Yra jutiklių, kurie suveikia cilindro kotui judant tik viena kryptim. 8.1 pav., c parodytas jutiklis suveikia cilindro kotui judant iš kairės į dešinę.

Skirstytuvai gali būti monostabilūs ir bistabilūs. Pirmieji, dingus valdymo signalui, persijungia į pradinę padėtį, o antrieji lieka esamoje padėtyje.

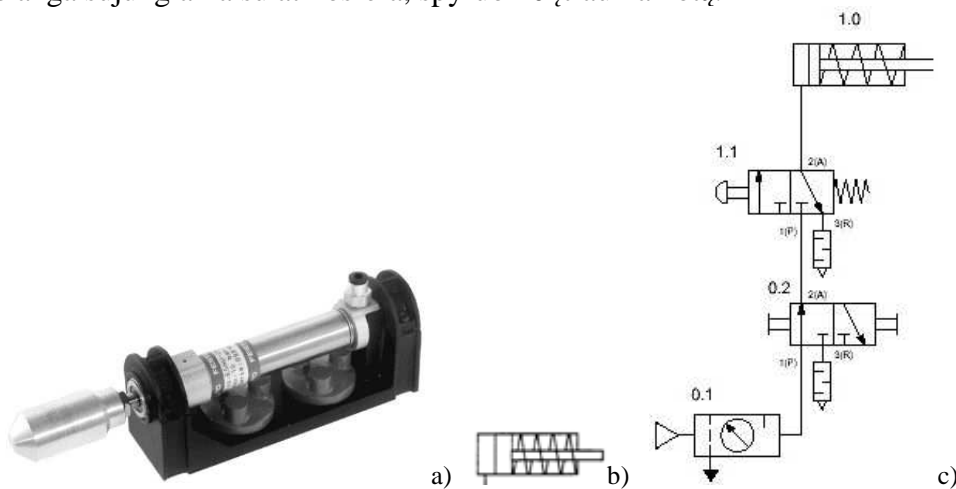
Skirstytuvai gali turėti nuo dviejų iki septynių angų. Jos žymimos skaičiais arba raidėmis: P arba 1 – oro tiekimo anga, A, B arba 4, 2 – išėjimai, R, S arba 5, 3 – oro išmetimo angos, Y, Z arba 12, 14 – valdymo angos.

Skirstytuvai dažniausiai turi dvi, o rečiau – tris padėtis (8.2 pav.). Vidurinėje padėtyje išėjimuose oro nėra. Perjungus skirstytuvą į vieną pusę, atsidaro angos A ir R. Perjungus į kitą pusę – angos B ir R.



8.2 pav. Trijų padėčių skirstytuvas su rankiniu valdymu

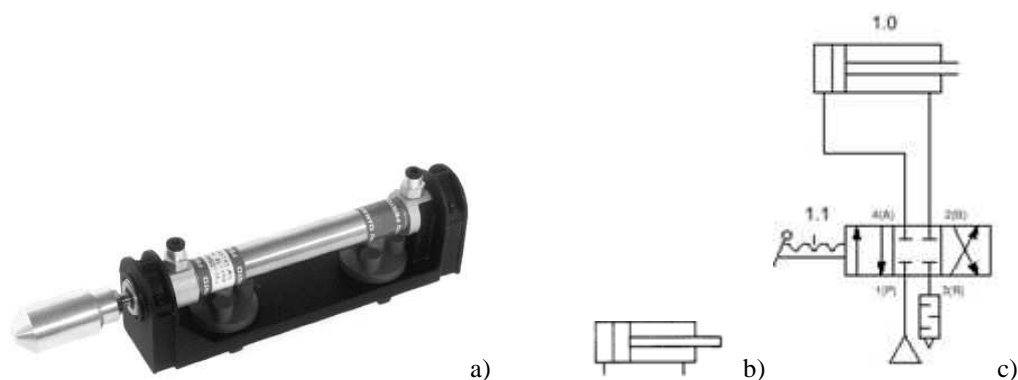
Cilindrai pakeičia suspausto oro energiją į mechaninę energiją. Cilindrai yra vienkrypčiai ir dvikrypčiai. Pirmieji (8.3 pav., a) turi vieną angą ir vidinę spyruoklę. Kai į angą pučiamas suspaustas oras, cilindro kotas išstumiamas, o spyruoklė suspaudžiama. Kai cilindro anga sujungiama su atmosfera, spyruoklė įtraukia kotą.



8.3 pav. Vienkryptis cilindras: a) bendras vaizdas, b) žymėjimas, c) cilindro valdymo schema

8.3 pav., c parodyta vienkrypčio cilindro valdymo schema. Joje 1.0 – cilindras, 1.1 – mygtukas, 0.2 – oro jungiklis, 0.1 – oro paruošimo mazgas. Rankinio valdymo jungikliu įjungiamas oras. Nuspaudus mygtuką skirstytuvas persijungia, oras per išėjimą 2 (A) patenka į cilindrą ir kotas išstumiamas. Atleidus mygtuką, spyruoklė perjungia skirstytuvą atgal. Oras iš cilindro per angą 3 (R) išstumiamas į atmosferą. Spyruoklė įtraukia cilindro kotą.

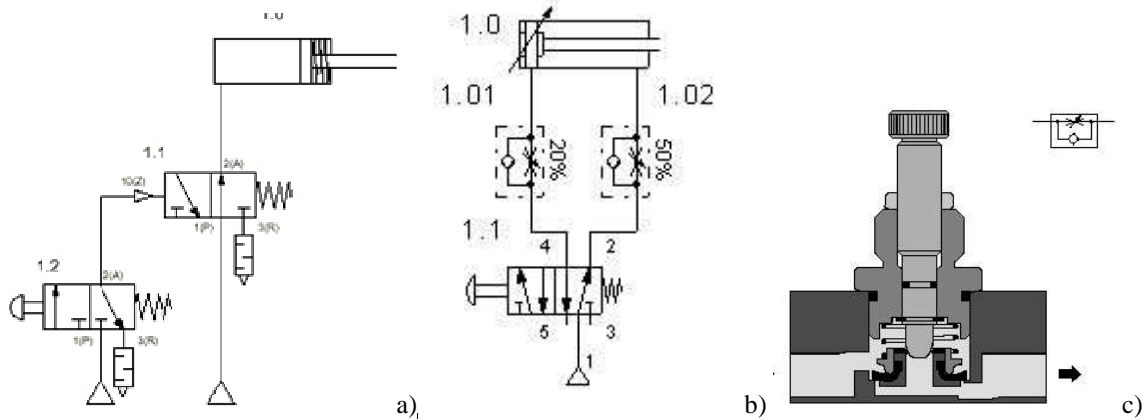
Dvikryptis cilindras (8.4 pav., a) turi dvi angas. Pučiant orą į vieną angą, cilindro kotas išstumiamas, pučiant į kitą – įtraukiamas.



8.4 pav. Dvikryptis cilindras: a) bendras vaizdas, b) žymėjimas, c) valdymo schema

8.4 pav., c parodyta dvikrypčio cilindro valdymo schema. Joje panaudotas trijų padėčių skirstytuvas (8.2 pav.) su rankiniu valdymu. Cilindro kotas stovi vietoje, kai rankenėlė yra vidurinėje padėtyje. Rankenėlę pasukus į vieną pusę kotas išstumiamas, o į kitą

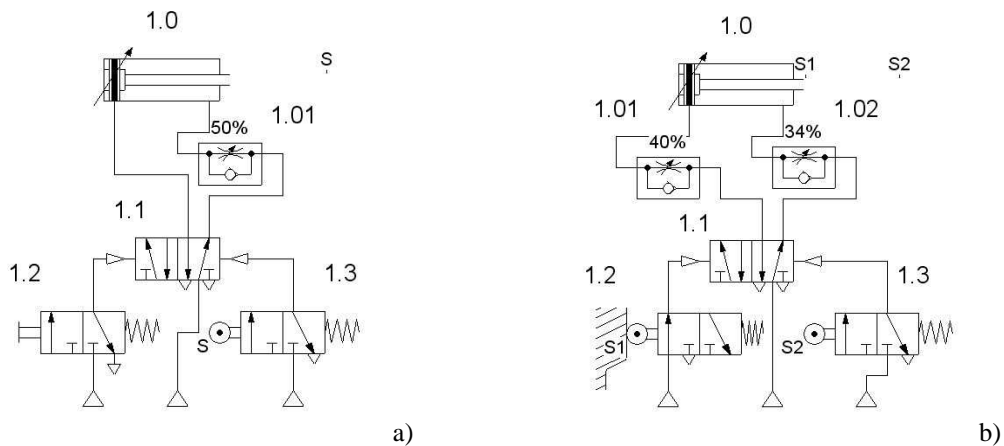
– įtraukiamas.



8.5 pav. Cilindrų valdymo schemas: a) pneumatinis valdymas, b) mechaninis valdymas, c) droselis

8.5 pav., a parodytoje schemoje normaliai atviras skirstytuvas 1.1 yra su pneumatiniu valdymu ir grąžinimo spyruokle. Nuspaudus mygtuką 1.2, oras per angą 2 (A) patenka į skirstytuvo valdymo įėjimą 12 (Z). Skirstytuvas persijungia, jo anga 2 (A) sujungiama su atmosfera ir spyruoklė įtraukia kotą.

8.5 pav., b parodyta dvikrypčio cilindro valdymo schema su mygtuku. Joje yra du droseliai 1.01 ir 1.02. Jie keičia cilindro koto judesio greitį. Kai mygtukas 1.1 nenuspaustas, oras pro angą 2 (B) patenka į cilindrą, o per angą 4 (A) išmetamas į atmosferą. Kotas įtraukiamas. Kai mygtukas paspaudžiamas, oras per išėjimą 4 (A) patenka į cilindrą, o per išėjimą 2 (B) – išmetamas į atmosferą. Cilindro kotas išstumiamas. Kotą išstumiant veikia 1.02 droselis, o kotą įtraukiant – 1.01.



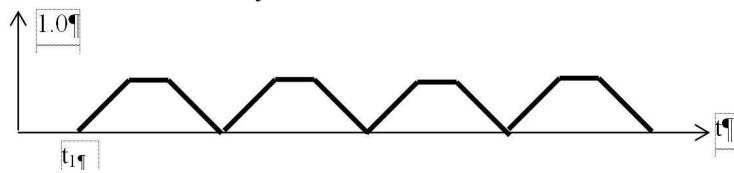
8.6 pav. Schemas su jutikliais: a) pusiau automatinė, b) automatinė

8.6 pav., a parodyta pusiau automatinė schema. Joje panaudotas jutiklis 1.3 (S). Trumpai spustelėjus mygtuką 1.2, skirstytuvas 1.1 persijungia ir cilindro 1.0 kotas lėtai išstumiamas. Judėjimo greitis priklauso nuo droselio atidarymo laipsnio. Kai kotas išstumtas, suveikia jutiklis S ir skirstytuvas persijungia atgal. Kotas greitai automatiškai įtraukiamas.

8.6 pav., b parodyta automatinė schema. Joje yra du jutikliai: 1.2 ir 1.3. Jutiklis 1.2 patalpintas cilindro pradžioje (S1), kitas jutiklis 1.3 – cilindro gale (S2). Prijungus orą per suveikusį jutiklį S1, oras patenka į skirstytuvą 1.1 ir jį perjungia. Cilindro kotas išstumiamas. Kai kotas išstumtas, suveikia jutiklis S2. Skirstytuvas persijungia atgal ir cilindro kotas įtraukiamas. Kai kotas įtrauktas, vėl suveikia jutiklis S1 ir t.t.

Darbo diagrama rodo kaip juda cilindro kotas. Y ašyje rašomas komponento pavadinimas, X ašis – laiko ašis (t). Jei cilindro koto greitis normalus, diagramos linija brėžiama  $45^{\circ}$  kampu. Jei greitis sulėtintas, linijos kampas mažesnis.

Horizontali viršūnė reiškia, kad kotas išstumtas ir nejuda. 8.7 pav. parodyta schema su laiko rele darbo diagrama. Laiko momentu  $t_1$  prijungus orą, kotas išstumiamas ir laukia, kol suveiks laiko relė. Jai suveikus, kotas įtraukiamas ir vėl išstumiamas.



8.7 pav. Cilindro darbo diagrama

### PASIRUOŠIMAS DARBUI (namuose)

- ◆ Išsiaiškinamas aukščiau parodytų schemų elementų veikimas.
- ◆ Su FluidSim-P programa sumodeliuojamos aukščiau parodytos schemas, išbandomas jų veikimas ir schemas atspausdinamos darbo įžanginėje dalyje.

### EKSPERIMENTINĖ DALIS

*Pastaba. Sujungę pneumatikos schemą ir prieš įjungdami orą, atsitraukite nuo stendo. Netvirtai įkišta šlangelė gali išsprūsti ir sužeisti.*

1. Išsiaiškinama oro tiekimo sistema, šlangelių prijungimo būdas bei oro įjungimas.
2. Surandamas pirmas komponentas – mygtukas, prijungiamas oras ir komponentas išbandomas. Jei veikia gerai, jis paliekamas stende, jei ne – atidedamas į šalį. Užrašomos pastabos.
3. Išbandomas jutiklis (su ratuku). Užrašomos pastabos.
4. Išbandomas vienkryptis cilindras (8.3 pav., a). Užrašomos pastabos.
5. Sujungiama ir išbandoma schema, parodyta 8.3 pav., c. Oro tiekimo mazgas 0.1 ir oro jungiklis 0.2 yra stende. Užrašomos pastabos.
6. Išbandomas trijų padėčių rankinio valdymo skirstytuvas (8.2 pav.). Užrašomos pastabos.
7. Prie skirstytuvo prijungiamas dvikryptis cilindras (8.4 pav., c) ir schema išbandoma. Užrašomos pastabos.
8. Sujungiama ir išbandoma schema (8.5 pav., a). Užrašomos pastabos.
9. Sujungiama ir išbandoma schema parodyta 8.5 pav., b. Jei nerandamas 1.1 komponentas, jį reikės sumontuoti iš dviejų komponentų: mygtuko 3/2 ir oru valdomo skirstytuvo 5/2. Keičiamas droselių atidarymo laipsnis ir stebimas koto judesys. Užrašomos pastabos. Nubraižoma darbo diagrama.
10. Sujungiama ir išbandoma schema (8.6 pav., a). Keičiamas cilindro koto judėjimo greitis. Užrašomos pastabos. Nubraižoma darbo diagrama.
11. Sujungiama ir išbandoma schema, parodyta 8.6 pav., b. Užrašomos pastabos. Nubraižoma darbo diagrama.
12. 8.6 pav., b parodyta schema modifikuojama pagal 8.7 pav. parodytą darbo diagramą. Panaudojama laiko relė. Schemas su laiko rele pavyzdys randamas knygoje „Mechatronikos komponentai“ 103 p.

### ATASKAITA

- ◆ Pateikiamos FluidSim-P programa sumodeliuotos schemas ir jų darbo diagramos.
- ◆ Aprašoma praktinio darbo eiga ir užrašomos pastabos.
- ◆ Paaiškinama, ką reiškia užrašai ant komponentų: 2 (A), 14 (Z), 1 (P), 3 (R), 12 (Y), 2 (B), 3 (S).
- ◆ Paaiškinama oro paruošimo mazgo sandara.

- ◆ Išvardijami ir tarpusavyje palyginami slėgio matavimo vienetai.
- ◆ Parašomos išvados.

## DARBO REZULTATAI, PASTABOS

## 9. ELEKTROPNEUMATIKOS SCHEMAS

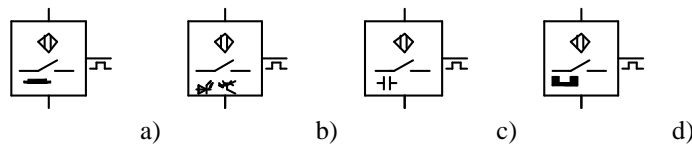
### DARBO TIKSLAS:

- ◆ gebėti jungti relines elektropneumatikos schemas;
- ◆ simuliuoti relinių elektropneumatikos schemų darbą kompiuteryje.

Darbo priemonės: elektropneumatikos stendas, mygtukų, relių, ir lempučių stendas, +24V maitinimo šaltinis, jungiamieji laidai, kompiuteris su FluidSIM-P programa.

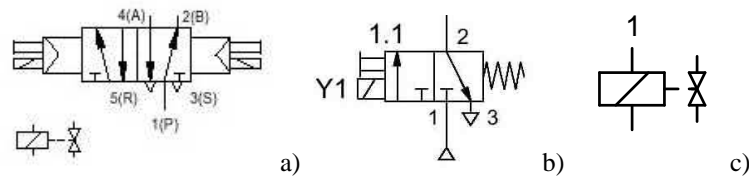
### TEORINĖ DALIS

Elektropneumatikos schemose naudojami komponentų sutartiniai žymėjimai. 9.1 pav. parodyti priartėjimo jutiklių žymėjimai. Čia du išvadai yra +24 V maitinimo įtampos. Trečias išvadas – signalinis. Jame yra 0 V arba +24 V įtampa.



9.1 pav. Priartėjimo jutikliai: a) induktyviniai, b) optiniai, c) talpiniai, d) magnetiniai

9.2 pav., a paveikslėlyje pavaizduotas elektropneumatinis skirstytuvas 5/2. Jis turi atmintį. Skirstytuve yra penki prievadai. 1 (P) – maitinimo prievadas, į kurį paduodamas suspaustas oras. Du prievadai (išėjimai) – 4 (A), 2 (B). Juose (viename arba kitame), veikiant skirstytuvui, atsiranda suspaustas oras. Du oro išmetimo prievadai – 3 (S) ir 5 (R). Per juos oras iš A arba B patenka į atmosferą.

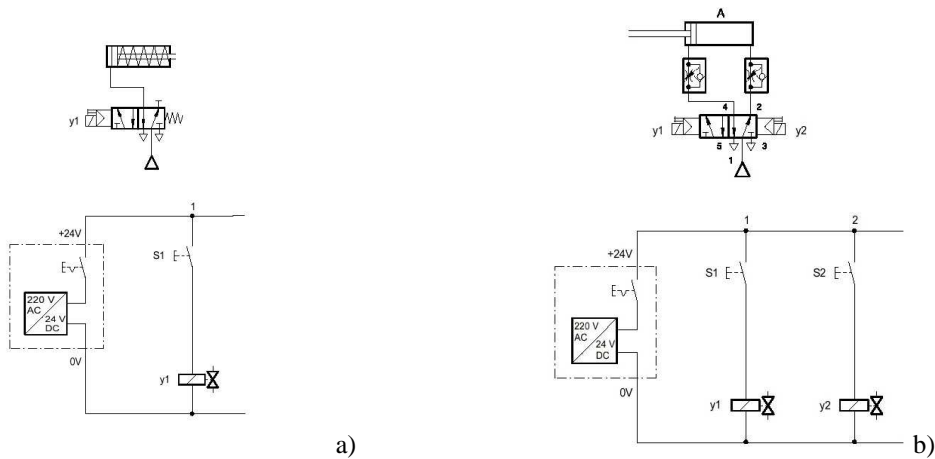


9.2 pav. Elektropneumatinių skirstytuvų žymėjimas: a) skirstytuvas su atmintim 5/2, b) skirstytuvas be atminties (su gražinimo spyruokle) 3/2, c) solenoido žymėjimas elektros schemose

Skirstytuvą valdo du solenoidai. Komponento žymėjime tai rodo perbrauktas stačiakampis skirstytuvo gale ir raidė Y (9.2 pav., b). Skirstytuvas perjungiamas, kai prie atitinkamo solenoido prijungiama įtampa. Pradingus valdymo signalui, skirstytuvo padėtis nesikeičia. Todėl galima skirstytuvą valdyti trumpu impulsu, taip pat galima jį perjungti ir rankiniu būdu. Rankinis valdymas žymimas stačiakampiu.

9.2 pav., b parodytas skirstytuvo be atminties žymėjimas. Šis skirstytuvas skiriasi nuo ankstesnio tuo, kad, pradingus valdymo signalui, grįžta į pradinę padėtį. Čia 2 – signalinis išėjimas, 1 – maitinimas, 3 – išmetimo prievadas, Y1 – elektrinis valdymas (solenoidas). Skirstytuvas yra persijungęs tol, kol yra valdymo signalas.





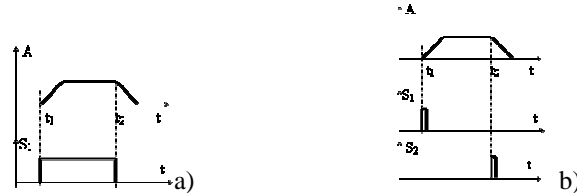
9.3 pav. Cilindrų tiesioginio valdymo elektropneumatikos schemas: a) vienkrypčio, b) dvikrypčio

Cilindrų valdymo schemas gali būti tiesioginio ir netiesioginio valdymo. Pirmu atveju cilindrai valdomi mygtukais, o kitu atveju – per tarpines reles.

### Tiesioginio valdymo schemas

Vienkrypčio cilindro valdymo schemoje (9.3 pav., a) pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas. Skirstytuvo signalinis išėjimas sujungtas su oro išmetimo prievadu. Spustelėjus mygtuką S1, srovė prateka per solenoidą Y1. Skirstytuvas persijungia. Maitinimo prievadas sujungiamas su signaliniu išėjimu ir į cilindrą tiekiamas oras. Cilindro kotas išstumiamas.

Atleidus mygtuką S1, srovė per solenoidą nutrūksta ir spyruoklė grąžina skirstytuvą į pradinę padėtį. Cilindro anga sujungiama su atmosfera ir oras išmetamas. Spyruoklė įtraukia cilindro kotą. Darbo diagrama parodyta 9.4 pav., a.



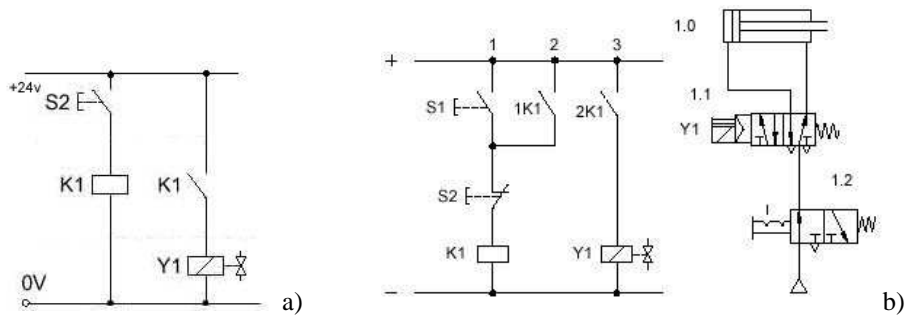
9.4 pav. Darbo diagramos: a) be atminties, b) su atmintim

Dvikrypčio cilindro valdymo schemoje (9.3 pav., b) pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas. Spustelėjus mygtuką S1, srovė prateka per solenoidą Y1. Skirstytuvas persijungia. Dabar mygtuką galima atleisti. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 4. Į cilindrą tiekiamas oras ir cilindro kotas įtraukiamas.

Spustelėjus mygtuką S2, per solenoidą Y2 prateka srovė. Skirstytuvas persijungia atgal. Dabar mygtuką galima atleisti. Maitinimo prievadas 1 sujungiamas su signaliniu išėjimu 2 ir cilindro kotas išstumiamas. Cilindro kitas išėjimas per signalinį prievadą 4 ir išmetimo prievadą 5 sujungiamas su atmosfera. Pro juos, judant kotui iš vienos cilindro dalies į kitą, oras išmetamas į atmosferą. Schemas darbo diagrama parodyta 9.4 pav., b.

### Netiesioginio valdymo schemas

Netiesioginio valdymo schemose tarpinės relės kontaktas įjungia srovę per skirstytuvo solenoidą. Schemą sudaro dvi dalys: relinė ir elektropneumatinė. Netiesioginio valdymo schemoje (9.5 pav., a) mygtukas S2 valdo tarpinę relę K1, o jos kontaktas K1 valdo skirstytuvo solenoidą.

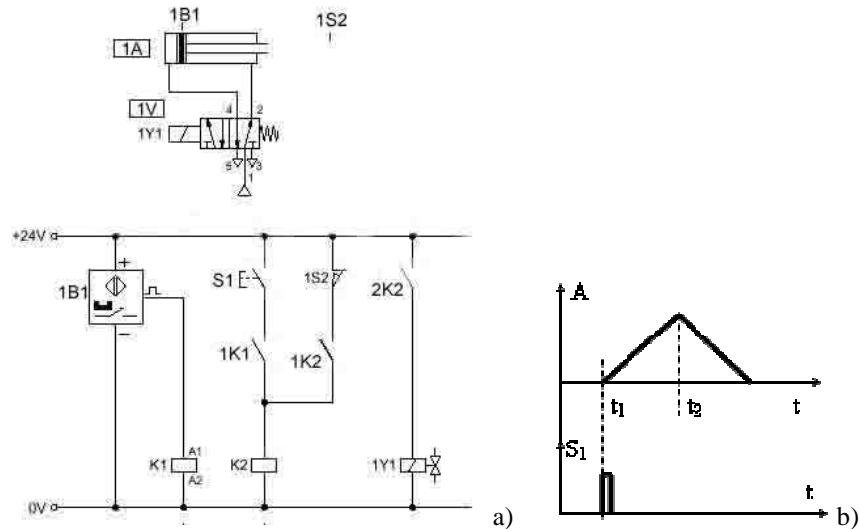


9.5 pav. Netiesioginio valdymo schemas: a) su vienu mygtuku, b) su dviem mygtukais (su atmintim)

9.5 pav., b pavaizduotoje schemoje yra skirstytuvas be atminties. Schema turi du valdymo mygtukus. Rankiniu skirstytuvu 1.2 įjungiamas oras. Spustelėjus mygtuką S1, suveikia relė K1. Jos kontaktas 1K1 blokuoja mygtuką S1, o kitas kontaktas 2K1 – įjungia srovę skirstytuvo 1.1 solenoidui Y1. Skirstytuvas persijungia ir cilindro 1.0 kotas išstumiamas. Spustelėjus mygtuką S2, srovė per relės K1 apviją nutrūksta ir relė atleidžia. Atsijungia jos kontaktai. Kontaktas 2K1 išjungia srovę solenoide ir spyruoklė skirstytuvą grąžina į pradinę padėtį. Cilindro kotas įtraukiamas.

#### Schemas su jutikliais

9.6 pav. parodyta schema su jutikliu. Jutikliai schemoje yra žymimi 1B1 ir 1S2. Pirmasis jutiklis – magnetinis kontaktas, antrasis – paprastas kontaktas. Pradinėje būsenoje cilindro kotas įtrauktas. Magnetinio jutiklio išėjime yra aukšta įtampa (+24 V). Relė K1 suveikusi, jos kontaktas 1K1 sujungtas. Relė K2 nesuveikusi, jutiklio 1S2 kontaktas sujungtas. Per skirstytuvo 1V solenoidą 1Y1 srovė neteka.

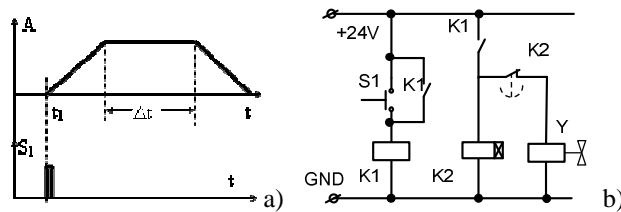


9.6 pav. a) vienkrypčio cilindro valdymo principinė elektropneumatikos schema su jutikliu, b) darbo diagrama

Spustelėjus valdymo mygtuką S1, srovė prateka relės K2 apviją ir relė suveikia. Ji sujungia kontaktus 1K2 ir 2K2. Vienas iš jų blokuoja įjungimo mygtuką, o kitas įjungia solenoidą. Srovė prateka per solenoidą 1Y1 ir skirstytuvą persijungia. Cilindro kotas išstumiamas. Jutiklio 1B1 išėjime pradingsta įtampa ir relė K1 atleidžia. Jos kontaktas 1K1 atsijungia. Kai cilindro kotas išstumiamas iki galo, atsijungia jutiklio 1S2 kontaktas (laiko momentas  $t_2$ ) ir relė K2 atleidžia. Ji atjungia srovę solenoide. Spyruoklė skirstytuvą grąžina į pradinę padėtį. Kai cilindro kotas įtraukiamas, jutiklio 1B1 išėjime vėl atsiranda įtampa ir relė K1 suveikia, paruošdama schemą kitam įjungimui.

## Schemas su laiko rele

Laiko relė naudojama tada, kai pvz., cilindro kotas išstumiamas ir po kurio laiko įtraukiamas. 9.7 pav., b schemoje naudojamas skirstytuvas be atminties. Prijungus maitinimo įtampą ir spustelėjus mygtuką S1, suveikia relė K1. Įjungimo mygtukas užblokuojamas ir įjungiama laiko relė K2 bei skirstytuvas Y. Cilindro kotas išstumiamas (žr. diagramą 9.7 pav., a). Po užduoto laiko suveikia laiko relė ir atjungia kontaktą K2. Skirstytuvas persijungia atgal ir cilindro kotas įtraukiamas. Norint iš naujo išstumti cilindro kotą, reikia trumpam atjungti maitinimo įtampą.



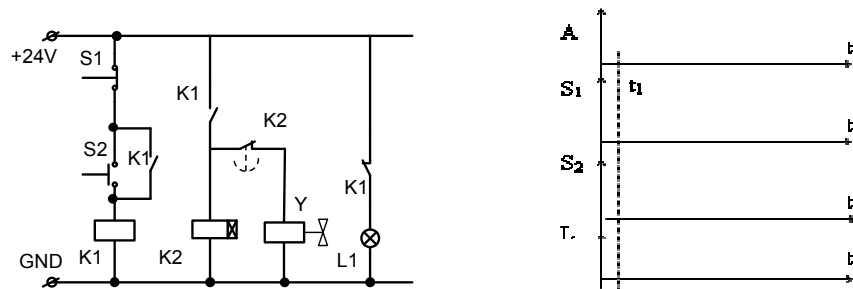
9.7 pav. Schema su laiko rele: a) darbo diagrama, b) elektros schema

## PASIRUOŠIMAS DARBUI (namuose)

- ◆ Su FluidSim-P programa sumodeliuojamos darbe parodytos schemas ir atspausdinamos darbo įžanginėje dalyje.
- ◆ Suprojektuojama elektropneumatikos schema. Ji veikia taip: priartinus prie jutiklio metalinį objektą cilindro kotas lėtai išstumiamas. Atitraukus objektą, cilindro kotas lieka išstumtas. Spustelėjus mygtuką, kotas greitai grįžta atgal. Priartinus plastmasinį objektą, cilindro kotas lieka vietoje.

## EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Sujungiamos ir išbandomos teorinės dalies paveikslėliuose parodytos elektropneumatikos schemas
2. Sujungiama ir išbandoma 9.8 pav. parodyta schema. Pneumatinė dalis parodyta 9.3 pav., a. Joje yra elektropneumatinis skirstytuvas be atminties ir vienkryptis cilindras. Nubraižoma darbo diagrama.



9.8 pav. Schema su laiko rele

3. Sujungiama ir išbandoma namuose suprojektuota schema.

## ATASKAITA

- ◆ Pateikiamos su FluidSim-P programa sumodeliuotos schemas.
- ◆ Aprašomas eksperimentinis darbas.
- ◆ Užrašomos išvados.

EKSPERIMENTO RREZULTATAI, PASTABOS, NAUDOJAMŲ KOMPONENTŲ  
PARAMETRAI

## 10. DARBAS SU FLUIDSIM-P PROGRAMA

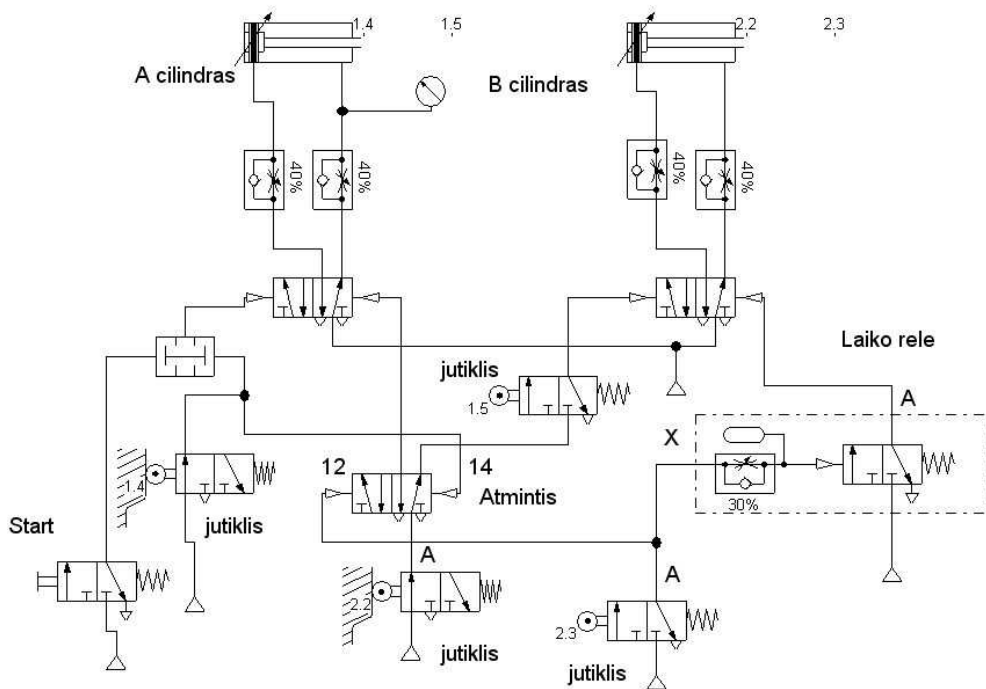
### DARBO TIKSLAS:

- ◆ gebėti projektuoti pneumatikos schemas su FluidSim-P programa;
- ◆ gebėti simuluoti pneumatikos schemų darbą kompiuteryje.

Darbo priemonės: kompiuteris, programa FluidSim-P (V 1.0 arba V 3.6).


### PASIRUOŠIMAS DARBUI (namuose)

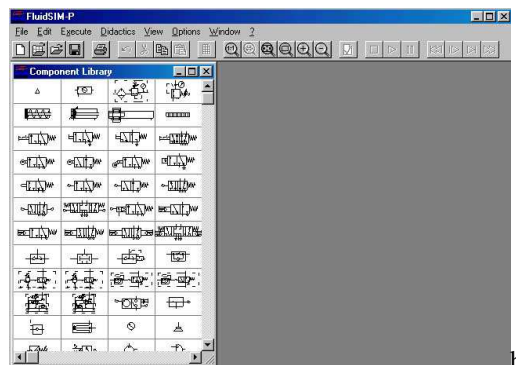
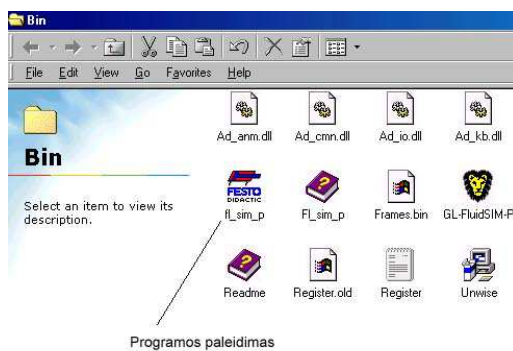
- ◆ Išnagrinėjama pneumatinės laiko relės sandara ir veikimas.
- ◆ Aprašomas 10.1 pav. parodytos schemas darbas ir nubraižomos darbo diagramos.



10.1 pav. Pneumatikos schema su laiko rele

### EKSPERIMENTINĖ DALIS

1. Paleidžiama programa. Surandama direktorija FluidSim-P, Bin ir spaudžiama  (10.2 pav., a). Atsidaro pagrindinis langas (10.2 pav., b).



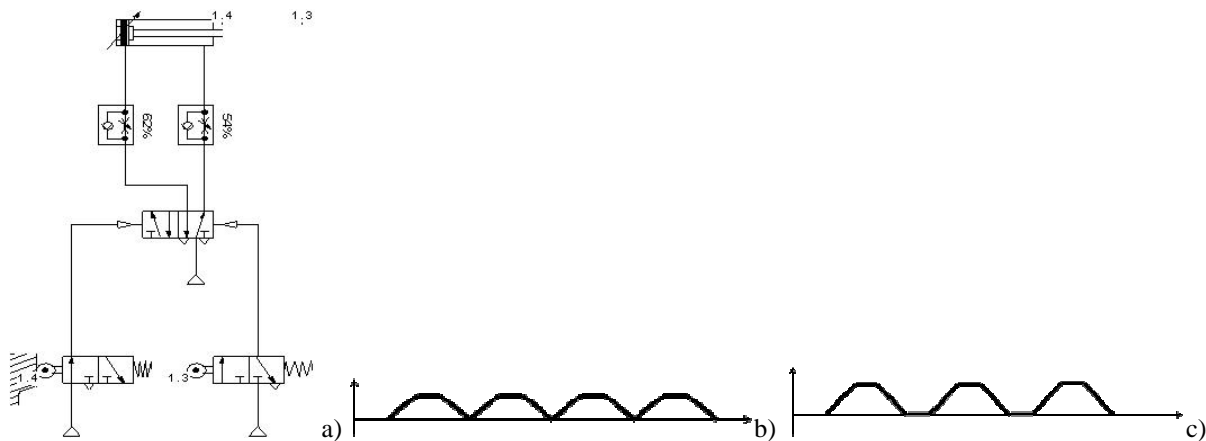
10.2 pav. a) programos paleidimas, b) programos pagrindinis langas

2. Bibliotekoje (skyriuje *TP201*) surandama ir atidaroma schema *EP\_G\_02.CT*.

3. Pasižiūrima schemos darbo simuliacija. Užrašomos pastabos.
  
4. Surandamas cilindro ir skirstytuvų aprašymas, nuotrauka ir pjūvis. Pasižiūrima komponento darbo animacija. Užrašomos pastabos.
  
5. Panaikinami ir atstatomi sujungimai tarp komponentų.
6. Į schemą įterpiami užrašai: cilindras, skirstytuvas ir kt. Užrašomos pastabos.
  
7. Pakeičiama cilindro koto eiga. Nustatoma 100. Užrašomos pastabos.
  
8. Uždaroma tiriama schema ir atidaroma nauja schema (skyrius TP101) *P\_G\_05*.
9. Simuliuojamas schemos darbas ir nubraižoma cilindro darbo diagrama. Užrašomos pastabos.
  
10. Keičiamas droselio atidarymo lygis ir braižomos darbo diagramos. Jos palyginamos. Užrašomos pastabos.
  
11. Išnagrinėjamas droselio, loginio elemento ir išmetimo vožtuvo darbas.
12. Uždaroma tiriama schema ir atidaroma nauja schema (skyrius TP101) *P\_G\_06*.
13. Simuliuojamas schemos darbas:
  - a) nuspaudžiami valdymo mygtukai ir cilindro kotas išstumiamas ir įtraukiamas. Braižoma darbo diagrama. Užrašomos pastabos apie koto judėjimą pirmyn ir atgal.
  
  - b) vienu metu nuspaudžiamas klavišas *Shift* ir pele paspaudžiamas 3-as mygtukas. Jis turi užsifiksuoti. Tada spaudžiamas 1-as mygtukas. Užrašomos pastabos.
  
14. Paaiškinama loginių elementų paskirtis.

15. Iš schemos pašalinami: 3-as mygtukas, jutiklis ir loginis elementas. Po to jutiklis atstatomas. Simuliuojamas darbas, braižoma darbo diagrama ir užrašomos pastabos.

16. Pakeičiama jutiklio padėtis. Simuliuojamas darbas, braižoma darbo diagrama ir užrašomos pastabos.



10.3 pav. a) pneumatikos schema, b) ir c) darbo diagramos

17. Suprojektuojama schema (10.3 pav., a). Simuliuojamas jos darbas ir braižoma darbo diagrama, keičiamas koto judėjimo greitis.

18. Schema modifikuojama pagal 10.3 pav., b parodytą darbo diagramą. Panaudojama laiko relė. Simuliuojamas schemas darbas. Užrašomos pastabos.

## ATASKAITA

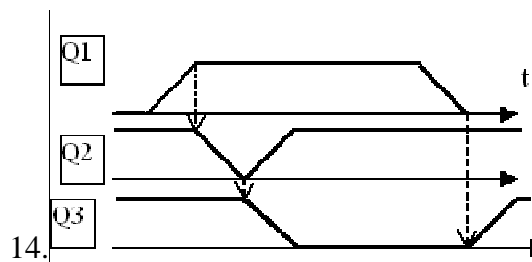
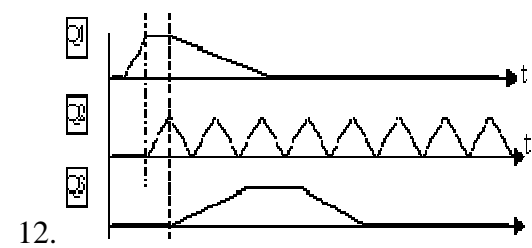
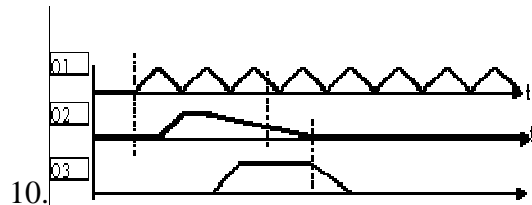
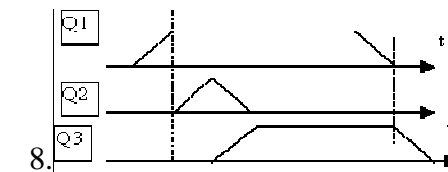
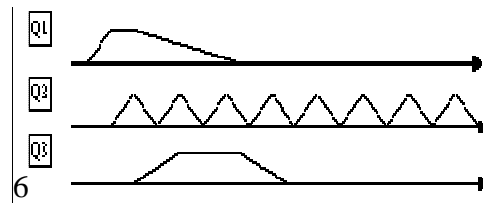
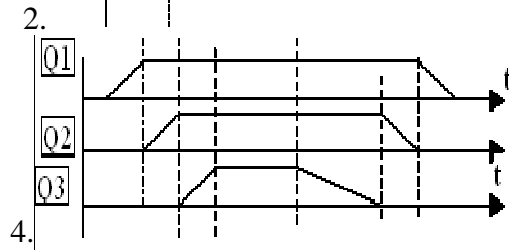
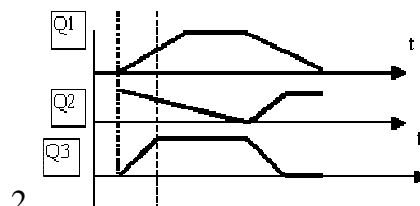
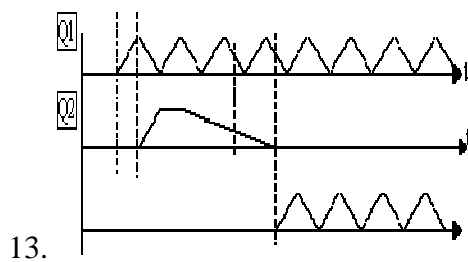
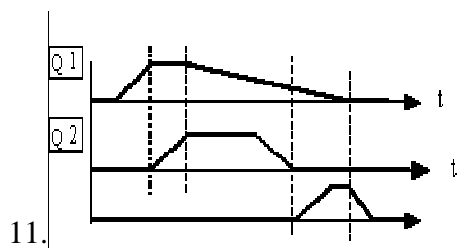
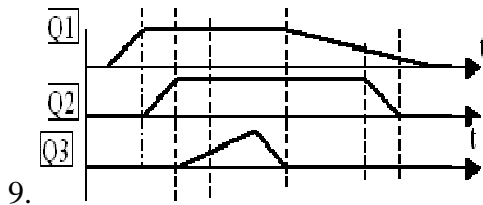
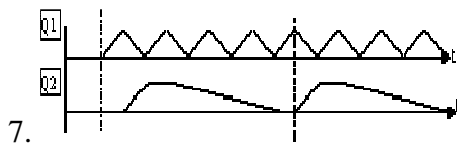
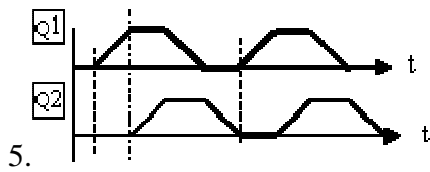
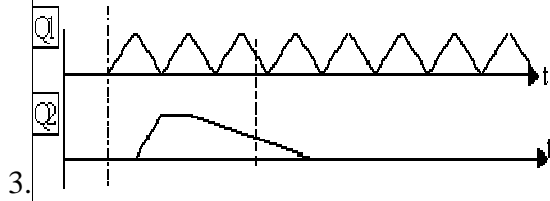
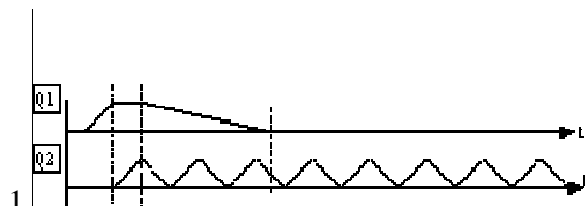
- ◆ Pateikiamos pastabos apie tirtų elementų bei schemų darbą.
- ◆ Pateikiamos darbo diagramos.
- ◆ 1-ame priede pasirenkama (pagal žurnalo Nr. ) darbo diagrama ir suprojektuojama pneumatikos schema. Pateikiamas schemas failas *xx.ct*. ir lape atspausdinta pneumatikos schema bei darbo diagrama.

## 11. INFORMACIJOS ŠALTINIAI

- ◆ PLESKAS, Stanislovas. *Mechatronikos komponentai*: mokojoji knyga. Vilnius, 2010. 141 p. ISBN 978-609-408-057-9.
- ◆ CROSER, P. *Pneumatika*. Kaunas: Festo Didactic, 1995.
- ◆ SMILGEVIČIUS, Algirdas. *Automatikos mikromašinos*. Vilnius: Technika, 2005. 344 p. ISBN 9986-05-846-5.



## 12. PRIEDAS Nr. 1. UŽDUOTYS



Stanislovas Pleskas

**Mechatronikos įtaisai**  
Praktiniai darbai

2010-07-05. 3,19 sp. 1. Tiražas 100 egz.  
Spausdino UAB "Artika", Vaižganto g. 9, LT-28214 Utena