

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

TEHNISKĀ FAKULTĀTE

Lauksaimniecības enerģētikas institūts

Automātikas elementi un ierīces

*Mācību – metodiskais līdzeklis
automātikas pamatos*

Jelgava 2006

Sastādīja: prof. A. Šnīders, asoc. prof. P. Leščevics, asoc. prof. A. Galiņš.

Automātikas elementi un ierīces: mācību – metodiskais līdzeklis laboratorijas darbu sagatavošanai, izpildei un aizstāvēšanai priekšmetā “Automātikas pamati”/ 2. papildinātais izdevums; A. Šnīders, P. Leščevics, A. Galiņš. – LLU, Jelgava, 2006. - 64 lpp.

Izklāstīta laboratorijas darbu sagatavošanas un izpildes metodika, galvenais darba mērķis un uzdevumi priekšmetā “Automātikas pamati”. Katram laboratorijas darba aprakstam dots darba teorētiskais pamatojums, kuru var izmantot darba sagatavošanai, noformēšanai un aizstāvēšanai. Laboratorijas darbu aprakstu beigās doti kontroles jautājumi un literatūras avoti, kas palīdzēs padziļināt un nostiprināt zināšanas par automātikas elementiem un ierīcēm.

Norādīta laboratorijas darbu izpildes kārtība un darba drošības tehnikas prasības automātikas laboratorijā, kā arī rīcība nelaimes gadījumos, nonākot saskarē ar veselībai un dzīvībai bīstamu elektrisko spriegumu.

Mācību metodiskais līdzeklis paredzēts lauksaimniecības enerģētikas, datorvadības un datorzinātnes, autotransporta, lauksaimniecības mehanizācijas, kokapstrādes tehnoloģijas, mežizstrādes inženieru un pārtikas tehnoloģijas specialitāšu bakalauru studiju studentiem.

Tab.: 4, att.: 33, bibliogrāf. : 13

Recenzenti: RTU Industriālās elektronikas un elektrotehikas institūta profesors

J. Greivulis


TF Lauksaimniecības enerģētikas institūta asoc.prof. I. Ž. Klegeris

Mācību metodiskais līdzeklis apstiprināts TF Lauksaimniecības enerģētikas institūta sēdē 2006. gada 31. janvārī


DROŠĪBAS TEHNIKAS INSTRUKCIJA

Lauksaimniecības enerģētikas institūta laboratorijās strādājošiem studentiem.

Lai varētu sākt strādāt laboratorijas darbus, studentiem jāiepazīstas ar darbu izpildes kārtību automātikas laboratorijā.



Pirms laboratorijas darbu strādāšanas studentiem jāiepazīstas ar drošības tehnikas noteikumiem un stingri tie jāievēro. Par drošības tehnikas instruktāžas saņemšanu studenti parakstās žurnālā.



Mācību laboratorijās pievadītais **darba spriegums ir 220/380 V, kas ir bīstams cilvēka veselībai un dzīvībai**. Jāatceras, ka nelabvēlīgos apstākļos cilvēka ķermeņa pretestība var samazināties pat līdz dažiem simtiem omu, kā rezultātā pat 36 V spriegums var būt bīstams cilvēka dzīvībai. **Tādēļ, lai izvairītos no nelaimes gadījumiem, strādājot laboratorijā, jābūt sevišķi uzmanīgiem.**

Laboratorijā jāievēro sekojošas drošības tehnikas prasības:

1. Uz darba galdiem nedrīkst novietot portfeļus, somas, liekus vadus, aparātus un citus nevajadzīgus priekšmetus. Laboratorijā ierasties bez mēteļiem un cepurēm.
2. Sākot saslēgt shēmu, studentiem personiski jāpārliedz, vai darba vietā visi slēdži (automāti) ir atslēgti un aparāti nav pieslēgti spriegumam.
3. Neieslēgt slēdži (automātu), pirms pasniedzējs, kas vada nodarbību, vai laborants nav pārbaudījis shēmu un **devis atļauju ieslēgt**.
4. Shēmas saslēgšanai drīkst izmantot tikai vadus ar ne bojātu izolāciju un uzgaļiem, nodrošinot labu un drošu kontaktu zem aparātu vai iekārtas spailēm.
5. Pirms jebkuras izmaiņas shēmā, mēraparāta vai automātikas ierīces nomaiņas obligāti jāatslēdz barošanas spriegums, **shēmu drīkst pieslēgt spriegumam atkārtoti tikai pēc pasniedzēja vai laboranta atļaujas**.

6. Elektromērinstrumenti un barošanas avoti jāizvēlas tā, lai tie atbilstu pētamo ierīču parametriem.
7. Studentiem aizliegts ieslēgt vai atslēgt elektriskos slēdžus un aiztikt mēraparātus un iekārtas, ja tie nav vajadzīgi darbā.
8. Pieslēdzot shēmu spriegumam, pārējos brigādes locekļus nepieciešams skaļi brīdināt: ***“Ieslēdzu spriegumu”***.
9. Pēc tam, kad spriegums shēmai pieslēgts, studentiem **kategoriski aizliegts:**
 - a) pieskarties pie shēmas mēraparātu vai iekārtu neizolētām, strāvu vadošām daļām;
 - b) pieskarties siltumapgādes radiātoriem un ūdensvada caurulēm;
 - c) izdarīt shēmā izmaiņas vai aparātu nomaiņu;
 - d) atstāt darba vietu bez uzraudzības.
10. Aizliegts staigāt no vienas darba vietas uz otru, traucēt citus ar sarunām, iejaukties citu brigāžu darbā.
11. Pirms elektrisko mašīnu palaišanas izdarīt elektrodzinēja un palaišanas iekārtas ārējo apskati. Raudzīties, lai savienojšie vadi netiktu ierauti mašīnas rotējošās daļās.
12. Aizliegts pieskarties ieslēgta elektrodzinēja rotējošām daļām, līdz tās pilnīgi apstājas.
13. Ievērojiet pietiekošu attālumu no rotējošām mašīnas daļām, it sevišķi, ja ir gari mati vai ap kaklu šalle, jo pat pilnīgi gluda vārpsta ir spējīga “aptīt” apģērbu.
14. Sprieguma “pazušanas” gadījumā, nekavējoties izslēgt galveno darba vietas slēdzi un ziņot par to pasniedzējam vai laborantam.
15. Avārijas gadījumā, nekavējoties darīt visu iespējamo, lai pārtrauktu elektroenerģijas padevi – izslēgt slēdžus darba vietā, bet ja tas nav iespējams, tad izslēgt galveno laboratorijas sadales skapja slēdzi.
16. Darbu beidzot, pirms shēmas izjaukšanas, pārlicināties, vai barojošais tīkls ir atslēgts.
17. Par visiem aparātu vai iekārtas bojājumiem, kas notikuši darba laikā, jāziņo pasniedzējam.
18. Pēc darba nostrādāšanas sakārtot darba vietu, to atstāt drīkst tikai ar pasniedzēja atļauju.

19. Ja notiek nelaimes gadījums un cietušais nokļūst zem sprieguma, vai arī to aizķer mašīnas rotējošās daļas, **nekavējoties** ar jebkuriem līdzekļiem, neapdraudot sevi un citus, **jāatslēdz spriegums**.

Kamēr cietušais atrodas zem sprieguma, pārējiem jāizvairās



no saskares ar to, taču sprieguma izslēgšanas brīdī jāsargā cietušais no iespējamā kritiena. Pēc cietušā atbrīvošanas no sprieguma, tam jāsniedz palīdzība vai jāizsauc neatliekamā medicīniskā palīdzība.

Par jebkuru, arī vismazāko nelaimes gadījumu nekavējoties jāziņo pasniedzējam.

Piezīmēm

Metāla termopāri

Darba mērķis.

Iepazīties ar termopāru konstrukciju, izgatavošanas metodiku un izmantošanu dažādās automātikas sistēmās.

Darba uzdevums.

1. Iepazīties ar rūpniecisko termopāru konstrukciju un parametriem.
2. Izvēlēties divus atšķirīga metāla vai metālu sakausējuma vadus termopāra izgatavošanai, iepazīties ar metināšanas metodiku un izgatavot termopāri (1.1.att.).
3. Saslēgt termopāra graduēšanas shēmu (1.2.att.).
4. Uzņemt termopāra statisko raksturlīkni $E_T = f(T_d - T_b)$ (1.3.att.).
5. Izmantojot eksperimenta datus, noteikt termopāra jutības koeficientu k pie dažādām temperatūrām. Aprēķināt k vidējo vērtību un izkliedi.
6. Secinājumos salīdzināt eksperimenta datus ar attiecīgās markas termopāra tehniskajiem datiem un novērtēt termopāra jutību un praktiskās pielietojšanas iespējas.

Termopāru raksturojums.

Ja izveido elektrisko ķēdi no diviem dažādiem vadītājiem vai pusvadītājiem, turklāt vienus galus sametina, bet brīvajiem galiem pieslēdz jutīgu galvanometru vai milivoltmetru, tad uzturot temperatūru starpību starp sametinātajiem un brīvajiem galiem, mērinstruments uzrāda elektrodzinējspēku. Šo elektrodzinējspēku sauc par termoelektrodzinējspēku (TEDS), bet ierīci, ar kuru to iegūst, - par termopāri. Termopāris ir ģeneratora tipa pārveidotājs. Termopāra sametināto galu, kuru iegremdē kontrolējamā vidē, sauc par darba jeb "karsto" galu, pārējos divus – sauc par brīvajiem jeb "aukstajiem" galiem. Termopāra TEDS ir tieši proporcionāls darba gala un brīvo galu temperatūras starpībai. Varam izvirzīt divus galvenos TEDS rašanās nosacījumus:

- termopāri jāizgatavo no divām metāla vai metālu sakausējuma stieplēm ar atšķirīgu elektrovadītspēju;
- jāpastāv temperatūru starpībai starp termopāra darba galu un brīvajiem galiem.

Jebkurus divus atšķirīgus metālus vai to sakausējumus var izmantot par termopāra termoelektrodiem. Taču ne katrs termopāris būs derīgs praktiskai lietošanai. Galvenās prasības termoelektrodu materiāliem ir sekojošas:

- TEDS nemainīgums laikā pie vienas un tās pašas temperatūru starpības;
- zems pretestības temperatūras koeficients;
- termoelektrodu materiāla homogenitāte, kas nodrošina termopāru savstarpēju apmaināmību.

Konstruējot termopārus cenšas izmantot termoelektrodus, no kuriem viens dod negatīvu termoelektrisko potenciālu attiecībā pret platīnu, bet otrs – pozitīvu. Jo lielāki šie potenciāli, jo augstāka termopāra jutība. Izgatavojot termopāri, jāņem vērā arī lietojamo termoelektrodu derīgums dotajiem apstākļiem (mērāmo temperatūru diapazons, vides īpašības, u.tml.).

Termopāru termoelektrodu izplatītākie materiāli ir varš - konstantāns, hromels - kopels, hromels - alumels. Augstu temperatūru mērīšanai izmanto platīna - platīnrodija termopārus. Izplatītāko termopāru tehniskie dati sakopoti 1.1.tabulā.

Termopāru izgatavošana.

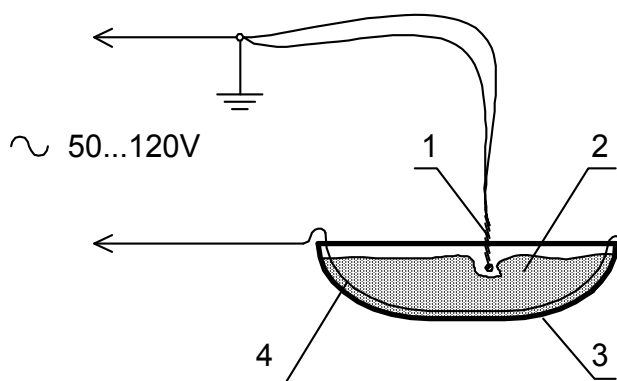
Ja praksē pieejamāki ir termoelektrodu materiāli nevis rūpnieciski izgatavoti termopāri, tad tos izgatavo uz vietas ražošanas objektā, lietojot vienkāršus paņēmienus un ierīces. Taču jāievēro, ka termopāra izgatavošanas kvalitāte var ievērojami ietekmēt tā jutību un raksturlīkņu stabilitāti. Mērot temperatūru objektos ar lielu temperatūras gradientu, svarīga nozīme ir termoelektrodu savienojuma kvalitātei, kam izvirza sekojošas prasības:

- savienojuma vietas mehāniskā izturība nedrīkst būt zemāka par termoelektrodu mehānisko izturību;
- agresīvās vidēs savienojuma vieta nedrīkst korodēt ātrāk par termoelektrodiem;
- tai jābūt ar zemu omisko pretestību;
- tā nedrīkst saturēt dažādus piemaisījumus (oksīdus, oglekļa savienojumus, u.c.).

Termopāru izgatavošanai lieto vairākus paņēmienus: lodēšanu, gāzes metināšanu, elektrometināšanu un plazmas loku. Termopāru lodēšanai ar darba temperatūru līdz 150⁰C lieto alvas – svina lodmetālu, bet darba temperatūrai līdz 700⁰C – vara – sudraba – cinka

lodmetālu. Lai iegūtu kvalitatīvu lodējumu, lieto speciālus kušņus. Taču jāatzīmē, ka daži termoelektrodu materiāli slikti lodējas (alumēls, konstantāns), speciālie lodmetāli un kušņi ne vienmēr ir pieejami. Tāpēc lētākais, vienkāršākais un vispieejamākais termopāru izgatavošanas paņēmiens ir elektrometināšana. Izšķir vairākus elektrometināšanas veidus:

- loka metināšana ar grafīta elektrodiem;
- metināšana vannā ar šķidru elektrolītu;
- ar kondensatoru baterijas impulsveida izlādi caur metināšanas transformatora primāro tinumu;
- metināšana vannā ar grafīta vai ogles pulveri (1.1. att.).



1.1. att. Termopāra sametināšana vannā ar grafīta pulveri:

1 - porcelāna vanna; 2 - grafīta pulveris; 3 - vara elektrods

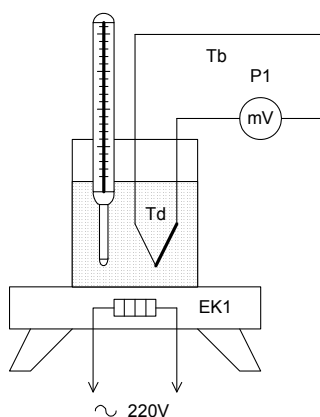
Termopāru graduēšana

Lai izgatavoto termopāri varētu izmantot temperatūras mērīšanai, tas jāgraduē. Šajā nolūkā tā brīvos galus pieslēdz jutīgam galvanometram vai milivoltmetram, bet darba galus ievieto termostatā. Termopāra darba gala temperatūras T_d izmaiņu pie noteiktas nemainīgas brīvo galu temperatūras T_b (piemēram 20°C) kontrolē ar precīzu dzīvsudraba termometru (1.2.att.). Jāievēro, ka termometra termobalonam un termopāra darba galam jāatrodas vienādos siltumapmaiņas apstākļos un vienādās temperatūrās. Temperatūra termostatā jāmaina pietiekami lēni, lai mērījumu precizitāti neietekmētu termopāra un termometra silšanas inerces atšķirības. Jāatceras, ka termopāra TEDS ir proporcionāls termopāra darba

gala un brīvo galu temperatūru starpībai, tādēļ graduēšanas laikā brīvo galu temperatūra jāuztur nemainīga.

$$E_T = k (T_d - T_b),$$

kur E_T - termoelektrodzinējspēks, mV,
 k - termopāra jutības koeficients, mV/ °C,
 T_d – darba gala temperatūra, °C ,
 T_b – brīvo galu temperatūra, °C .



1.2. att. Termopāra graduēšanas eksperimentālās iekārtas shēma:

1 – termometrs; 2 – vārglāze ar ūdeni; 3 – elektriskā plītiņa.

Iegūto graduēšanas raksturlīkni, kas lielākai daļai termopāru noteiktos temperatūras diapazonos ir lineāra, var lietot temperatūras kontrolei un mērīšanai dažādos objektos (elektrodzinēju tinumos, krāsnīs, autoklāvos, žāvēšanas kamerās u.c.).

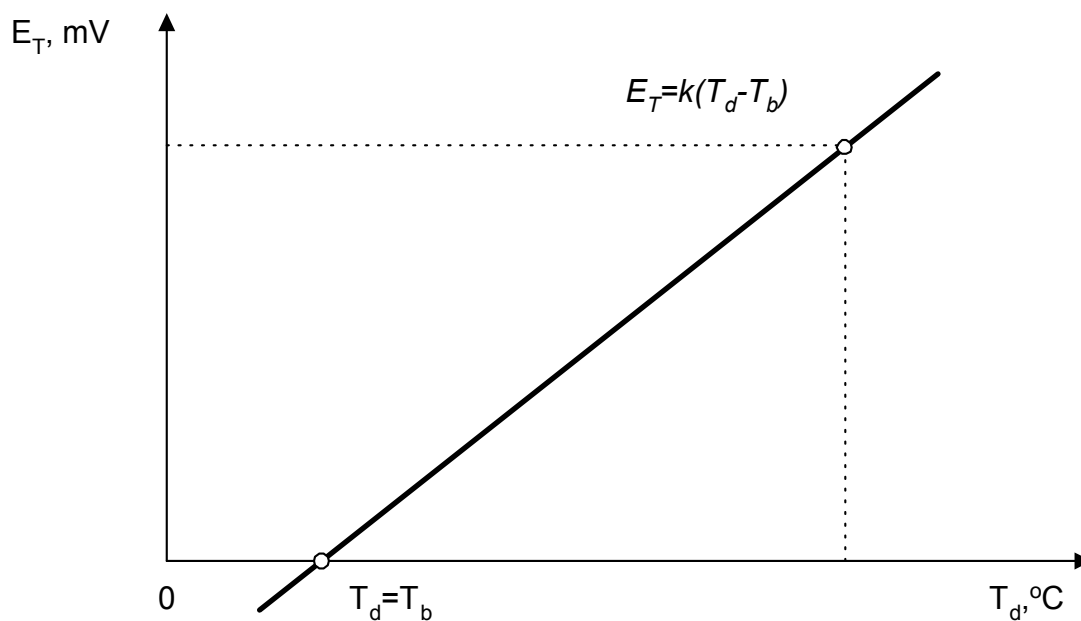
Jāievēro, ka uzņemtā graduēšanas raksturlīkne ir derīga dotajam termopārim komplektā ar dotās markas galvanometru vai milivoltmetru. Pieslēdzot termopāri citas markas mēraparātam ar atšķirīgu jutību un iekšējo pretestību, radīsies lielas mērīšanas kļūdas.

Termopāris kopā ar graduēto mēraparātu veido temperatūras mērierīci. Lai iegūtu maksimālu temperatūras mērierīces jutību, termopāra ķēdes pretestība jāsamazina ar mēraparāta iekšējo pretestību.

1.1. tabula

Termopāru tehniskie parametri

Termopāra nosaukums un markas apzīmējums	Pieslēgšanas vadu marka pozitīvajam (+) un negatīvajam (-) termoelektrodiem		Robežtemperatūra		Termo EDS mV pie $T_b = 100^\circ \text{C}$, $T_d = 0^\circ \text{C}$
	(+)	(-)	Ilgstoša	Īslaicīga	
Platīnrodījs (+) – platīns (-)	varš	Vara-niķeļa sakausējums (99,4 % Cu + 0,6 % Ni)	1300	1600	0,64
Hromels (+) – alumels (-)	varš	konstantāns	1000	1250	4,10
Hromels (+) – kopels (-)	hromels	kopels	600	800	6,95
Dzelzs (+) – kopels (-)	dzelzs	kopels	600	800	5,57
Varš (+) – kopels (-)	varš	kopels	150	300	4,76
Varš (+) konstantāns (-)	varš	konstantāns	350	500	4,10



1.3. att. Termopāra statistiskā raksturlīkne.

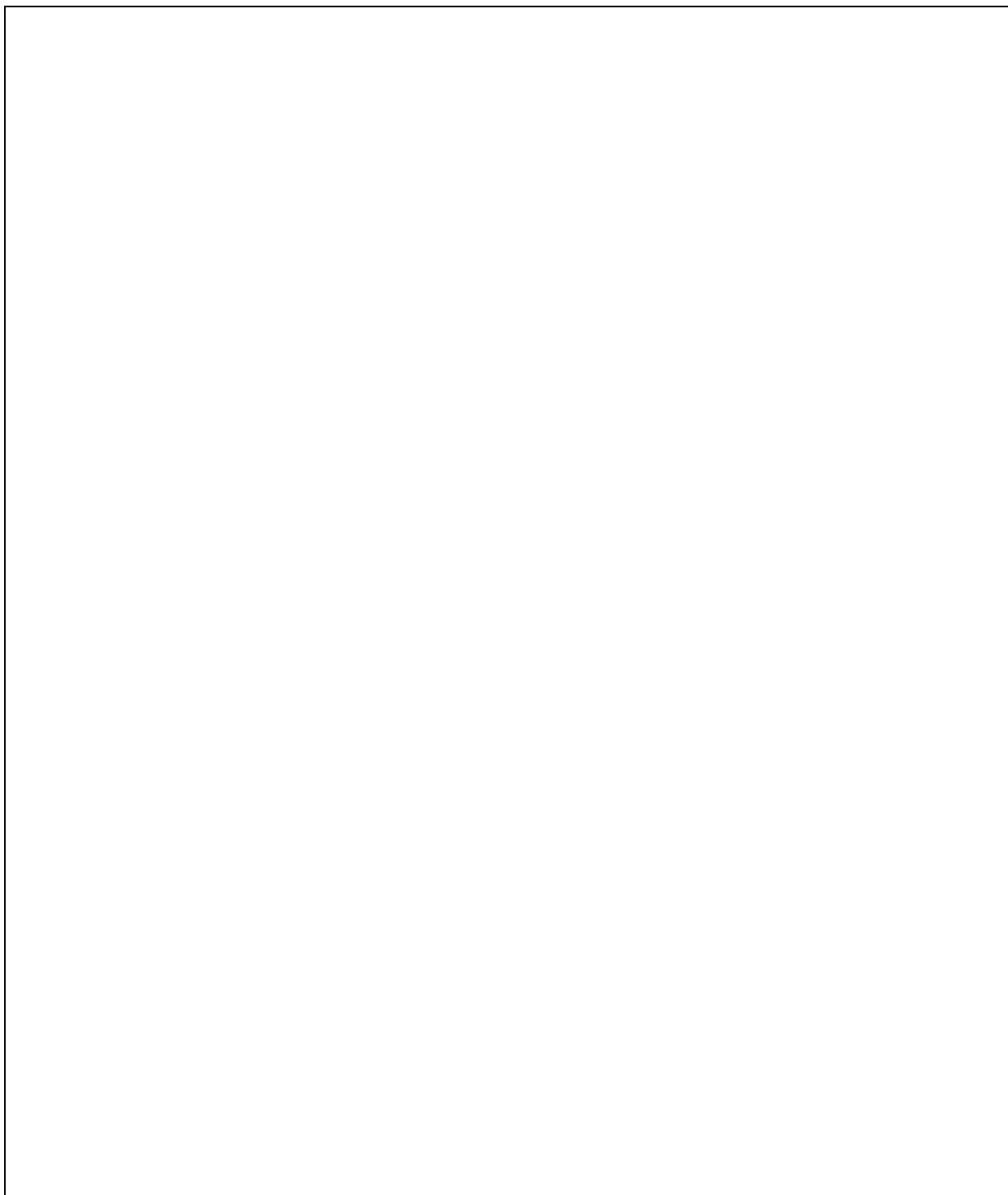
Kontroles jautājumi

1. No kā sastāv termopāris ?
2. Ar ko atšķiras termopāra termoelektrodi ?
3. Pie kāda nosacījuma termopāris ģenerē termoelektrodzinējspēku ?
4. Kādi ir izplatītākie termoelektrodu materiāli ?
5. Kādu tehnoloģisko parametru mērīšanai pielieto termopāri ?
6. Kāds ir apgrieztais termoelektriskais efekts un kur to pielieto ?
7. Kādi ārējie apstākļi iespaido termopāra darbības precizitāti ?
8. Kā izgatavo termopāri ?
9. Kā graduē termopāri ?
10. Kas jāievēro izvēloties termopāra un mēraparāta savienojošos vadus ?
11. Ar kādiem paņēmieniem novērš apkārtējās vides temperatūras iespaidu uz termoelektriskā termometra precizitāti ?
12. Kādas ir galvenās metāla termopāru un pusvadītāju termopāru priekšrocības un trūkumi?

Literatūra

1. Šnīders A. Kokapstrādes automatizācija, - R.: Avots, 1989. - 158 lpp.
2. Terebkovs A., Gasparjans A. Greivulis J. Automātikas elementi tehniskajā diagnostikā. –Rīga. RTU, 2007. – 48 lpp.

Piezīmēm



Metāla un pusvadītāju termorezistori

Darba mērķis.

Iepazīties ar metāla un pusvadītāju termorezistoru uzbūvi, tehniskajiem parametriem, darbības principu un raksturlīknēm.

Darba uzdevums.

1. Iepazīties ar doto metāla un pusvadītāju termorezistoru uzbūvi un tehniskajiem datiem, izmantojot rokasgrāmatas.
2. Izveidot termorezistoru parametru pētīšanai nepieciešamo iekārtu, kuras shēma dota 2.1. attēlā.
3. Uzņemt doto metāla un pusvadītāju termorezistoru statiskās raksturlīknes $R_T = f(T)$ (2.2.att., 2.3.att), izmantojot 2.1. attēla shēmu.
4. Izmantojot eksperimenta datus, aprēķināt termorezistoru pretestības temperatūras koeficientu α , jutības koeficientu k , pretestības termisko koeficientu TKR ($\%/^{\circ}C$).
5. Pēc pasniedzēja norādījuma uzņemt termorezistora dinamiskās raksturlīknes $R_T = f(t)$ pie lēcienvēida temperatūras izmaiņas $\Delta T = \text{const}$.
6. Secinājumos raksturot apskatīto termorezistoru priekšrocības un trūkumus norādot to pielietošanas iespējas tehnoloģisko procesu automatizācijā.

Metāla termorezistori.

Temperatūras mērīšanai, reģistrēšanai un automātiskai regulēšanai kā jutīgos elementus plaši lieto metāla termorezistorus, kurus izgatavo no tīriem metāliem – vara, platīna, niķeļa.

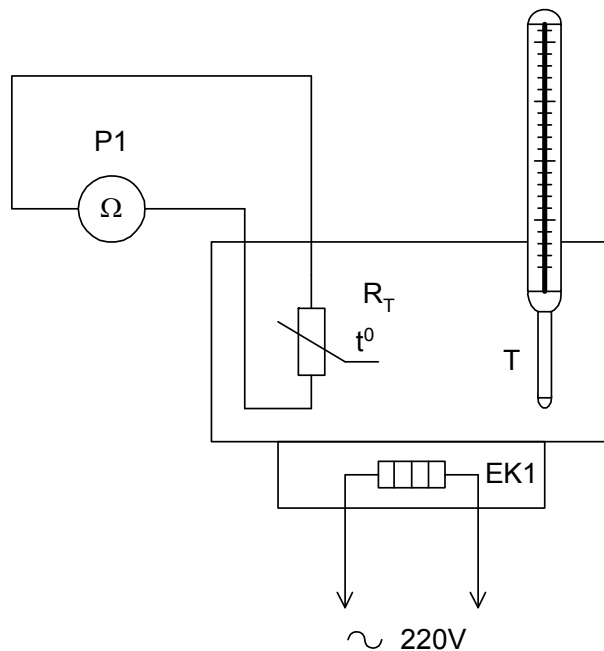
Metāla termorezistors sastāv no 0,05 ÷ 0,07 mm stieples, kas bifilāriuztīta uz izolācijas materiāla stienīša vai plāksnītes. Bifilātais uztīšanas veids novērš maiņstrāvas komponentes inducētā parazitiskā EDS iespaidu uz temperatūras mērījuma precizitāti. Ir zināms, ka, pieaugot temperatūrai, palielinās brīvo elektronu haotiskās kustības vidējais ātrums. Līdz ar to palielinās vadītāja elektriskā pretestība. Lielākajai daļai tīru metālu ir lineāra statiskā raksturlīkne $R_T = f(T)$. Tā, piemēram, vara stieples pretestības izmaiņu temperatūru diapazonā $-50 \dots 180^{\circ}C$ izsaka sakarība:

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T) \quad (2.1)$$

kur R_0 – pretestība pie 0°C ;

α – pretestības temperatūras koeficients (varam $\alpha = 4.26 \cdot 10^{-3} \cdot 1/^\circ\text{C}$);

T – temperatūra, $^\circ\text{C}$.



2.1. att. Termoreistoru graduēšanas iekārtas shēma: P1 – ommetrs vai universālais elektroniskais voltmetrs; R_T – termorezistors; T – termometrs; EK1 – elektriskā žāvēšanas skapja sildelements

Ja vara termorezistora sākuma temperatūra lielāka par nulli $T_1 > 0$, tā pretestību pie temperatūras T_2 aprēķina pēc formulas:

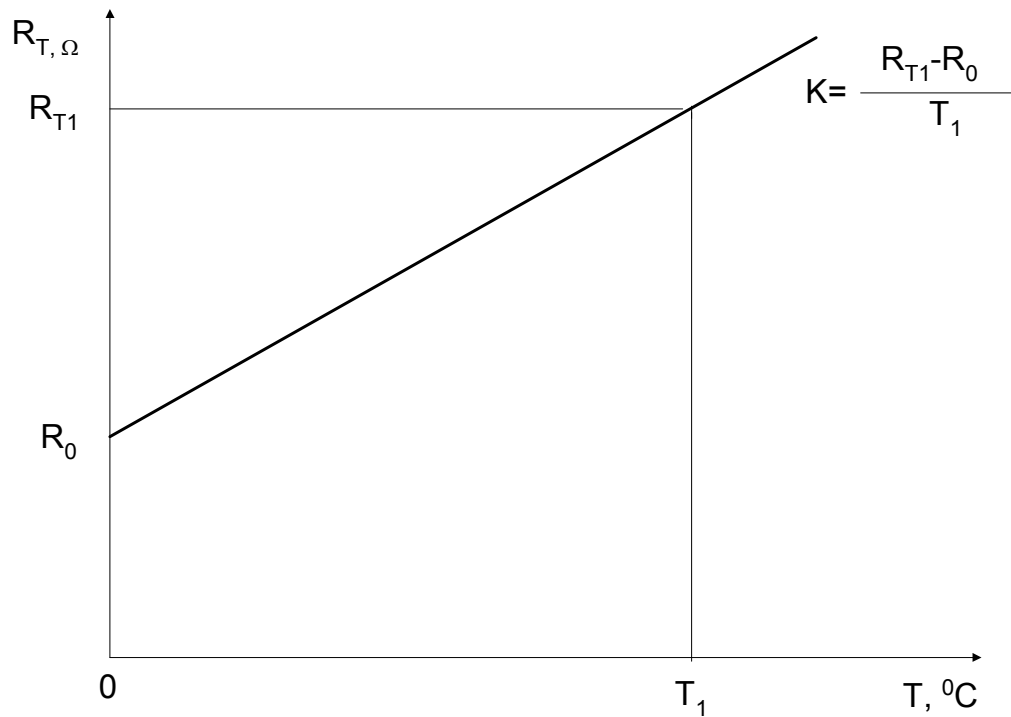
$$R_{T_2} = R_{T_1} \cdot (1 + \alpha T_2) / (1 + \alpha T_1) \quad (2.2)$$

jeb pēc aptuvenas izteiksmes:

$$R_{T_2} \approx R_{T_1} \cdot [1 + \alpha \cdot (T_2 - T_1)] \quad (2.3)$$

Svarīgs termorezistora statisko īpašību rādītājs ir jutības koeficients $k = dR_T/dT$. Izmantojot izteiksmi (2.1), iegūstam, ka $k = R_0 \cdot \alpha$, bet no izteiksmes (2.2) atrodam, ka $k = R_{T1} \cdot \alpha / (1 + \alpha \cdot T_1)$. Pēdējo izteiksmi lieto, ja nav zināma termorezistora pretestība R_0 pie 0°C temperatūras.

Grafoanalītiski jutības koeficientu k aprēķina sekojoši: $k = (R_{T1} - R_0) / T_1$ (2.2. att.)



2.2. att. Vara termorezistora statistiskā raksturlīkne.

Termorezistoru jutības salīdzināšanai lieto pretestības termisko koeficientu TKR , kas parāda pretestības procentuālo izmaiņu attiecībā pret tās nominālo vērtību uz katru temperatūras grādu,

$$TKR = R_0 \cdot \alpha_v \cdot 100\% / R_{20}, \quad (2.4)$$

kur R_{20} – termorezistora pretestība 20°C temperatūrā. Vara termorezistoriem $TKR=0.4\%/^{\circ}\text{C}$.

Termistori.

Termistori ir pusvadītāju termorezistori ar augstu negatīvu pretestības termisko koeficientu TKR , kurš 10. . 20 reizi pārsniedz metāla termorezistoru TKR . Termistoru īpašības izskaidrojamas ar pusvadītāju struktūru. Normālos apstākļos pusvadītājos ir mazs brīvo lādiņnesēju daudzums. Pieaugot temperatūrai, to skaits strauji palielinās, kas izsauc pretestības samazināšanos.

Termistoru jutīgos elementus izgatavo no metālu oksīdiem, piemēram, vara-mangāna (MMT, CT2), kobalta-mangāna (KMT, CT1), vara-kobalta-mangāna (CT3, MKMT), niķeļa-kobalta-mangāna (CT4) oksīda pusvadītājiem.

Statisko sakarību starp termistora pretestību R_T un temperatūru T izsaka eksponenciāla sakarība:

$$R_T = A \cdot e^{B/T}, \quad (2.5)$$

kur A un B – koeficienti, kas raksturo pusvadītāja materiāla īpašības un termistora konstruktīvo izveidojumu;

T - temperatūra, izteikta Kelvina grādos ($T = T_{\circ C} + 273$)

Termistora statiskā raksturlīkne $R_T = f(T)$ parādīta 2.3. attēlā. Atšķirībā no metāla termorezistoriem termistoru statiskās raksturlīknes ir izteikti nelineāras. Ja eksperimentāli uzņemti termistora statiskās raksturlīknes divi punkti – R_{T1} pie T_1 un R_{T2} pie T_2 , pārējos punktus var aprēķināt, izmantojot izteiksmi (2.5). Vispirms aprēķina koeficientus A un B

$$A = R_{T_1} / e^{B/T_1} \quad \text{vai} \quad A = R_{T_2} / e^{B/T_2}, \quad (2.6)$$

kur

$$B = [T_1 \cdot T_2 / (T_2 - T_1)] \ln(R_{T_1} / R_{T_2}).$$

Koeficients A vienāds ar dotā termistora pretestību ja $T \rightarrow \infty$ un raksturo materiāla elektriskās īpašības. No izteiksmes (2.5) iegūst $B = T \cdot \ln R_T / A$. Varam secināt, ka pie $A = \text{const}$, $T = \text{const}$ B vērtību nosaka termistora pretestība R_T temperatūrā T .

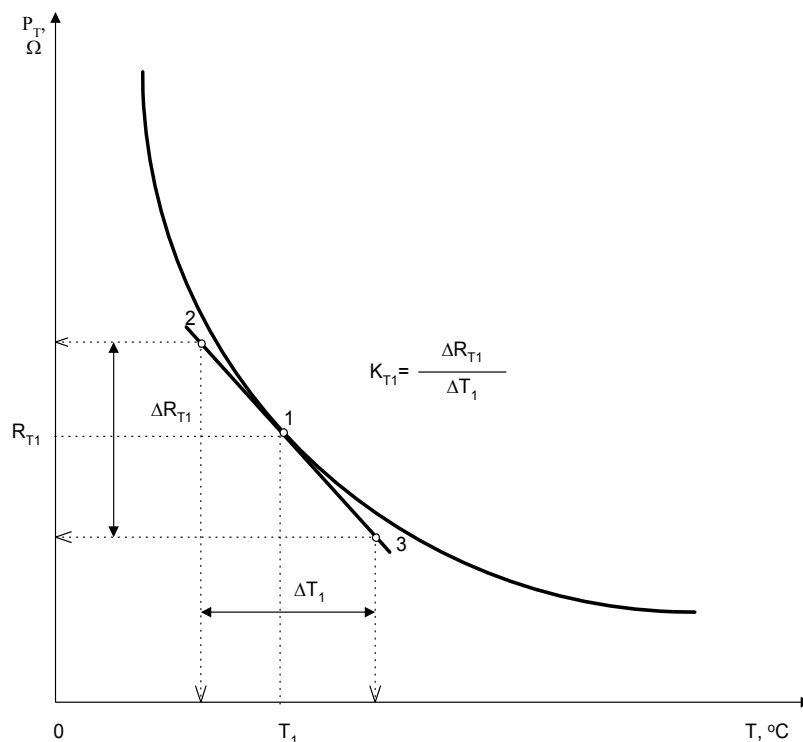
Atvasinot izteiksmi (2.5) pēc temperatūras, iegūstam termistora statisko jutības koeficientu:

$$k = -B \cdot R_T / T^2 = \alpha \cdot R_T, \quad (2.7)$$

kur $\alpha = -B/T^2$ – termistora pretestības temperatūras koeficients 1/K.

Mīnusa zīme izteiksmē (2.7) norāda, ka paaugstinoties temperatūrai termistora pretestība samazinās. Redzam, ka koeficients k nav konstants lielums, bet mainās atkarībā no temperatūras. Paaugstinoties temperatūrai, termistora jutības koeficients samazinās.

Jutības koeficientu izvēlētajā raksturīgnes punktā var noteikt grafoanalītiski (2.3. att.). Šai nolūkā dotajā punktā 1 velk pieskari, uz kuras atliek divus brīvi izvēlētos punktus 2, 3. Pie tam atrod šo punktu projekcijas uz abscisas T un ordinātas R_T asīm un nosaka temperatūras izmaiņu ΔT_1 kā arī tai atbilstošo pretestības izmaiņu ΔR_{T1} . Tad jutības koeficients ierobežotā apgabalā ap punktu 1 ir $k_{T1} = \Delta R_{T1} / \Delta T_1$.



2.3.att. Termistora statiskā raksturīgkne.

Termorezistoru tehniskie dati

Metāla termorezistora tips	R_0 ,	Grad. grupa	Mēramo temperatūru diapazons	$\alpha \cdot 10^3$, 1/°C	K, Ω/°C	TKR, %/°C
TCM (vara)	53	23	-50...+180	4.26	0.226	0.4
TCM (vara)	100	24	-50...+180	4.26	0.426	0.4
TCII (platīna)	10	20	0...650	3.95	0.0393	0.365
TCII (platīna)	46	21	-200...+500	3.95	0.181	0.365
Pt 100 (platīna)	100	-	-50...+400	4.00	0.38	0.36

Termistoru tehniskie dati

Parametri	MMT-I	MMT-4	KMT-6	KMT-I	KMT-10
R_{\min} - R_{\max} , kΩ	1-220	1-220	10-100	22-1000	100-3300
Pielaide, %	20	20	20	20	20
TKR%/°C _{+20°C}	-2.4...-3.4	-2.4...-3.4	-2.4...-3.4	-4.5...-6	-4.2...-6
Koeficients B, °K	2060...2920	2060...2920	1040...2920	3860...5150	3900... 4300
Laika konstante τ , s	85	115	35	85	10
P_{\min} , mW	1.3	2	0.3	1	—
P_{\max} , W	0.6	0.5	0.05	1	0.25
Darba temperatūru diapazons °C	-60...+125	-60...+125	-60...+120	-60...+180	0...+120

Kontroles jautājumi

1. No kādiem materiāliem izgatavo metāla termorezistorus?
2. Kāda ir metāla termorezistora uzbūve?

3. Ar kādu konstruktīvu paņēmieni novērš metāla termorezistora parazitisko induktīvo pretestību?
4. Kāds rādītājs raksturo termorezistora jutību, kā to aprēķina?
5. Kādi parametri nosaka termorezistora jutību un silšanas inerci?
6. Kādas ir metāla termorezistora priekšrocības un trūkumi?
7. Kāpēc metāla termorezistora jutība nemainās atkarībā no temperatūras?
8. Kāpēc metāla termorezistoru pievieno mēraparātiem vai temperatūras regulatoriem ar trīsvalu sistēmu?
9. Kas ir savstarpējā apmaināmība? Kuri temperatūras mērpārveidotāji ir savstarpēji apmaināmi?
10. Kādas ir pusvadītāju termistoru īpašības?
11. Kādas ir termistoru priekšrocības salīdzinājumā ar metāla termorezistoriem?
12. Kādi ir termistoru būtiskie trūkumi?
13. Kādi parametri iespaido termistoru jutību? Kā izmainās termistoru jutības koeficients, palielinoties temperatūrai?
14. Kā var grafoanalītiski noteikt termistora jutības koeficientu?

Literatūra

3. Šnīders A. Kokapstrādes automatizācija, - Rīga: Avots, 1989. – 158 lpp.

Piezīmēm

Fotorezistori, fotodiodes un fotoreleji

Darba mērķis.

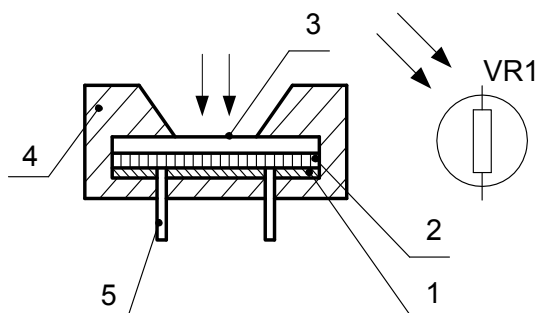
Iepazīties ar gaismas jutīgo elementu - fotorezistoru un fotodiožu tehniskajiem parametriem, darbības principu un pielietojumu fotorelejos.

Darba uzdevums.

1. Iepazīties ar fotorezistoru uzbūvi un kataloga datiem.
2. Uzzīmēt un saslēgt shēmu fotorezistora voltampēru raksturlīknes $I = f(U)_{E=\text{const}}$ uzņemšanai pie diviem dažādiem apgaismojumiem.
3. Uzzīmēt un saslēgt shēmu fotorezistora apgaismojuma raksturlīknes $I = f(E)_{U=\text{const}}$ uzņemšanai pie diviem dažādiem spriegumiem .
4. Uzņemt sakarību $R_f = f(E)$. Aprēķināt fotorezistora tumsas pretestību R_t un R_{nom} pie nomināla apgaismojuma (200 lx).
5. Aprēķināt fotorezistora integrālo jutību un īpatnējo integrālo jutību (pie dotā sprieguma).
6. Uzzīmēt un saslēgt fotoreleja shēmu un izpētīt tā darbību.
7. Secinājumos analizēt fotorezistora īpašības, fotoreleja darbību un pielietojanas iespējas tehnoloģisko procesu automatizācijā.

Fotorezistori un fotoreleji.

Apgaismojuma kontrolei izmanto fotoelektriskas ierīces. Visplašāk lauksaimniecībā un rūpniecībā lieto fotoelektriskās ierīces ar iekšējo fotoefektu, kuras bieži sauc par pusvadītāju fotoelementiem. Šajās ierīcēs gaismas iedarbības rezultātā mainās to vadītspēja. Automātikas shēmās izmanto fotorezistorus, fotodiodes un fototranzistorus. Fotorezistora uzbūve un shematiskais apzīmējums parādīts 3.1.attēlā. Uz stikla jeb kvarca pamatnes 1 uzklāts gaismas jutīgs pusvadītāja slānis 2 ar kontaktizvadiem 5. Visa šī konstrukcija ievietota plastmasas vai metāla apvalkā 4 kurā izveidota gaismas sprauga 3.



3.1.att. Fotorezistora uzbūve un shematiskais apzīmējums.

Praksē ir izplatīti kadmija sulfīda (CdS) fotorezistori, kuriem ir augsta jutība redzamās gaismas diapazonā. Svina sulfīda fotorezistori (PbS) un kadmija selenīda fotorezistori (CdSe) izmantojami spektra infrasarkanajā daļā. Raksturīgākie atsevišķu fotorezistoru parametri sakopoti 3.1. tabulā. Sakarība starp fotorezistora foto strāvu I_f un gaismas plūsmu Φ ir nelineāra :

$$I_f = aU\Phi^n, \quad (3.1)$$

kur a un n – eksperimentāli iegūti skaitliski koeficienti; U – spriegums, V;
 Φ - gaismas plūsma, lm.

3.1.tabula

Fotorezistoru parametri.

Fotorezistora tips	Pieļaujamā izkliedes jauda, W	Darba spriegums, V	Tumsas pretestība, MΩ	Tumsas strāva I_t , μA	Nominālā fotostrāva I_f , mA
ΦCK-1	0.125	50	3.3	5	2
ΦCK-2	0.125	50	3.3	5	2
ΦCK-5	0.05	50	10	1	1
ΦCK-6	0.20	50	3.3	5	2
CΦ2-1	0.01	15	15	0.5	1
CΦ2-2	0.05	2	2	0.2-0.5	1.5
CΦ3-2	0.1	5	5	0.5	2

* nominālā foto strāva tiek noteikta pie nominālā apgaismojuma 200 lx.

Gaismas plūsmas vietā ērtāk ir lietot apgaismojumu E , kuru var izmērīt ar luksmetru:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad \Phi = E \cdot S, \quad (3.2)$$

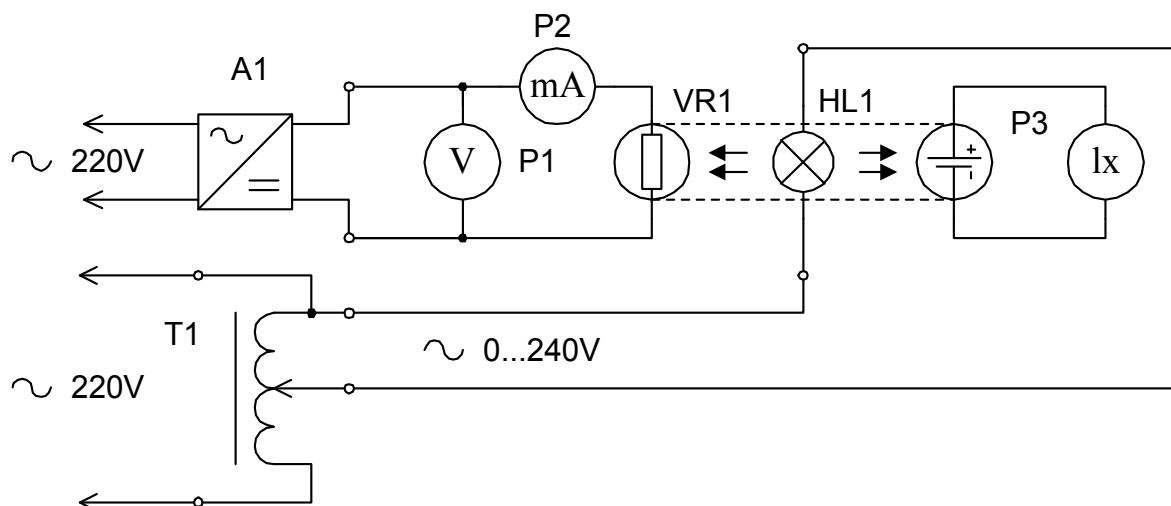
kur S - fotorezistora gaismas jutīgās virsmas laukums, m^2
 Φ - gaismas plūsma, lm
 E - apgaismojums, lx.

Fotorezistora fotostrāvu aprēķina izmantojot sekojošu izteiksmi:

$$I_f = I_g - I_t = U \left(\frac{1}{R_g} - \frac{1}{R_t} \right), \quad (3.3)$$

kur I_g - apgaismota fotorezistora strāva, mA;
 I_t - neapgaismota fotorezistora strāva, mA;
 R_t - neapgaismota fotorezistora pretestība, k Ω ;
 R_g - apgaismota fotorezistora pretestība, k Ω .

Fotorezistora apgaismojuma raksturlīknes $I = f(E)_{U=const}$ un voltampēru raksturlīknes $I = f(U)_{E=const}$ uzņemšanai var izmantot 3.2. attēlā parādīto shēmu.



3.2. att. Fotorezistora pētīšanai nepieciešamās iekārtas shēma.

Tā kā foto rezistora tumsas strāva ir ļoti maza ($I_t \ll I_g$), tad pieņem, ka $I_f \approx I_g = I$, kur I – caur fotorezistoru plūstoša strāva pie dotās gaismas plūsmas Φ un barošanas sprieguma U .

Fotorezistora voltampēru raksturlīkņu $I = f(U)_{E=const}$ iegūšanai iestata konstantu apgaismojumu $E_1 = const$ vai $E_2 = const$. Pēc tam, mainot spriegumu U , uzņem raksturlīknes (3.3. att.):

$$I = f(U)_{E_1=const} \quad \text{un} \quad I = f(U)_{E_2=const}$$

Fotorezistora apgaismojuma raksturlīkņu iegūšanai iestata konstantu spriegumu $U_1 = const$ vai $U_2 = const$. Pēc tam uzņem raksturlīknes (3.4. att.):

$$I = f(E)_{U_1=const} \quad \text{un} \quad I = f(E)_{U_2=const}.$$

Fotorezistoru jutību pie dažādiem spriegumiem izsaka ar integrālās jutības koeficientu:

$$k = \frac{\Delta I}{\Delta \Phi} = \frac{\Delta I}{\Delta E \cdot S} \quad (3.4)$$

Integrālā jutība ir atkarīga no sprieguma. Jo augstāks spriegums, jo lielāks koeficients k . Fotorezistora gaismas jutīgā materiāla īpašības raksturo īpatnējā integrālā jutība:

$$\sigma = \frac{K}{U} = \frac{\Delta I}{\Delta \Phi \cdot U} = \frac{\Delta I}{\Delta E \cdot S \cdot U}, \quad (3.5)$$

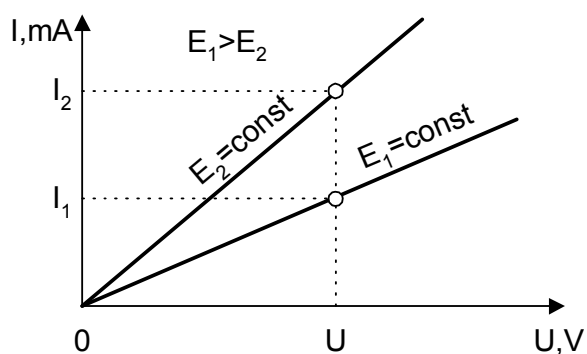
kur - $\Delta \Phi$ - gaismas plūsmas izmaiņa, lm;

- ΔI - atbilstošā fotostrāvas izmaiņa, mA;

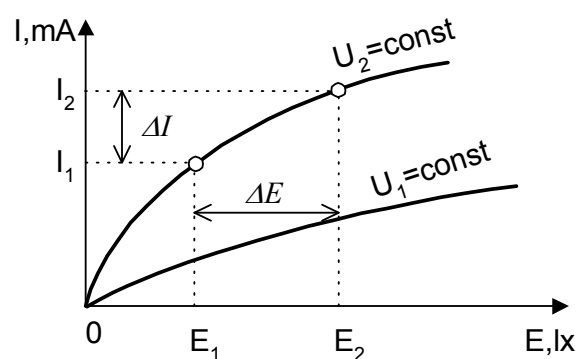
- ΔE - apgaismojuma izmaiņa, lx;

- S - fotorezistora gaismas jutīgās virsmas laukums, m².

Integrālā jutība k ir atkarīga no barošanas sprieguma, turpretī īpatnējā integrālā jutība σ dotajam fotorezistoram ir konstants lielums un raksturo gaismas jutīgā pusvadītāju materiāla fotoelektriskās īpašības. Fotorezistora jutības rādītājus k un σ aprēķina no apgaismojuma raksturlīknēm (3.4. att.).

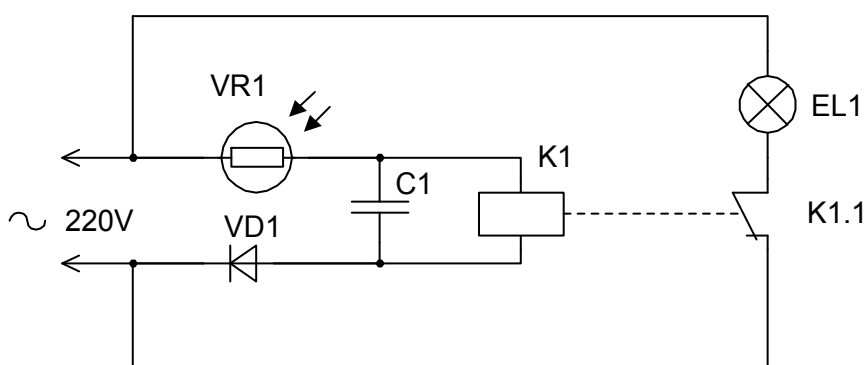


3.3. att. V-A raksturlīkne.



3.4. att. Apgaismojuma raksturlīkne.

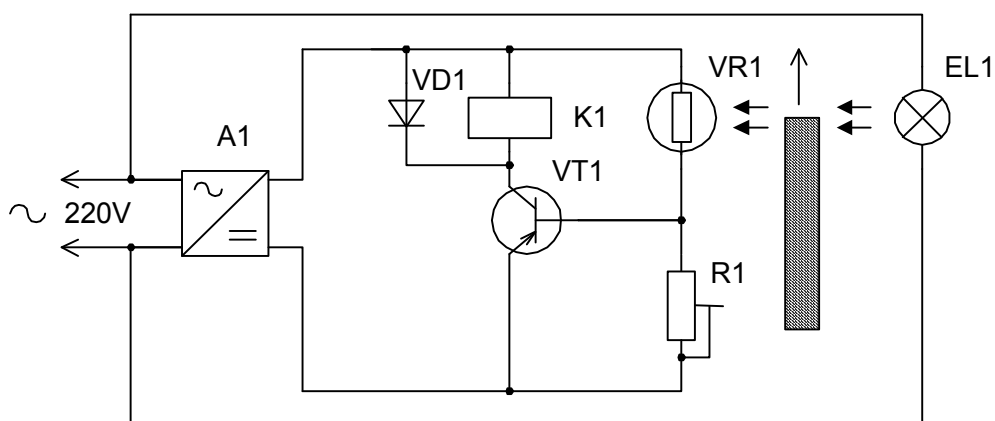
Fotorezistorus var izmantot dažādās apgaismojuma automātiskās kontroles un regulēšanas sistēmās, izmantojot fotorelejus. Vienkāršākais fotorelejs sastāv no fotorezistora VR1 un augstomīga līdzstrāvas elektromagnētiskā releja K1 (3.5.att.). Lai šādu releju varētu barot no maiņstrāvas tīkla, virknē ar releja spoli K1 slēdz taisngrieža diodi VD1, bet paralēli spolei pievieno filtra kondensātoru C1.



3.5.att. Vienkāršākā fotoreleja shēma mākslīgā apgaismojuma automātiskai ieslēgšanai un izslēgšanai.

Kad fotorezistoru VR1 apgaismo, tā pretestība samazinās, releja K1 ķēdē strāva pieaug un tas ieslēdzas, ar saviem kontaktiem pārslēdzot attiecīgo izpildiekārtu vadības ķēdes. Ja apgaismojums samazinās, tad arī releja K1 spoles ķēdē strāva samazinās un tā enkurs atlaižas.

Lai paaugstinātu fotoreleja jutību, fotorezistora signālu pastiprina ar tranzistoru (3.6.att.). Fotorezistors VR1 un potenciometrs R1 veido sprieguma dalītāju tranzistora VT1 bāzes ķēdē. Ar potenciometru R1 iestata fotoreleja nostrādes sliekšni. Ja potenciometra slīdkontakts ir augšējā stāvoklī fotoreleja jutība ir minimāla, bet apakšējā stāvoklī – maksimāla. Ja fotorezistora apgaismojums ir lielāks par iestatīto, relejs K1 ir ieslēgtā stāvoklī. Ievietojot necaurspīdīgu ekrānu starp gaismas avotu EL1 un fotorezistoru VR1, tā pretestība ievērojami palielinās, tranzistors VT1 aizveras un relejs K1 izslēdzas. Šādu fotoreleju var izmantot mehānismu pozicionēšanai un automātiskai izslēgšanai.



3.6. att. Fotorelejs ar pastiprinātāju mehānisma pozicionēšanai.

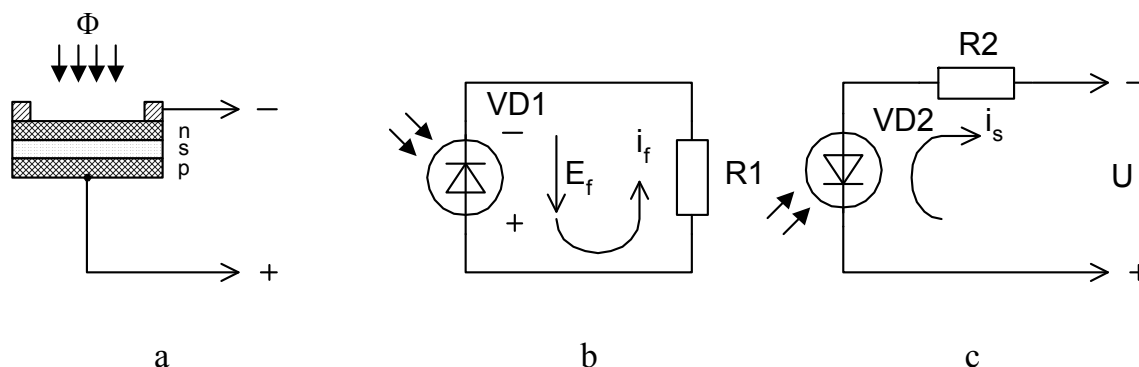
Fotodiodes struktūra un darbības princips.

Daudz jutīgākas shēmas iespējams izveidot, pielietojot fotodiodes un fototranzistorus. Gaismas ietekmē uz fotodiodes pārejas veidojas fotoģenerācijas EDS. Fotodiodes izmanto fotoģenerācijas vai vadāmas diodes režīmā.

Fotodiode sastāv no silīcija vai germānija n un p tipa pusvadītājiem, starp kuriem veidojas sprostsplānis (3.7.a. att.). Fotodiodes darbības pamatā ir iekšējais fotoefekts. Apstarojot n tipa pusvadītāju slāni ar gaismas plūsmu Φ , gaismas fotoni ierosina elektronus,

kas injicējas sprostslnānī kā brīvie lādiņnesēji un palielina sprostslnāņa elektrovadītspēju. Vienlaicīgi uz p un n tipa pusvadītāju pārejas rodas potenciālu starpība, kas rada foto EDS ($E_f = \varphi_p - \varphi_n$). Atkarībā no fotodiodes tipa un jutības maksimālais foto EDS ir robežās no 0,5V līdz 0,8V. Fotodiodes pozitīvo elektrodu (anodu) veido p -tipa pusvadītāja slānis, bet negatīvo elektrodu (katodu) n -tipa pusvadītāja slānis.

Fotodiodei var izmantot ģenerācijas un diodes režīmos. Ģenerācijas režīmā tiek izmantots fotodiodes ģenerētais foto EDS E_f , kas slodzes pretestībā R_1 rada strāvu i_f (3.7.b. att.). Aptumšotai fotodiodei $E_f = 0$, $i_f \approx 0$. Palielinot fotodiodes apgaismojumu, pieaug E_f un i_f . Tas notiek līdz zināmai robežai, kad iestājas piesātinājums. Tātad ģenerācijas režīmā fotodiode darbojas bez ārēja enerģijas avota.

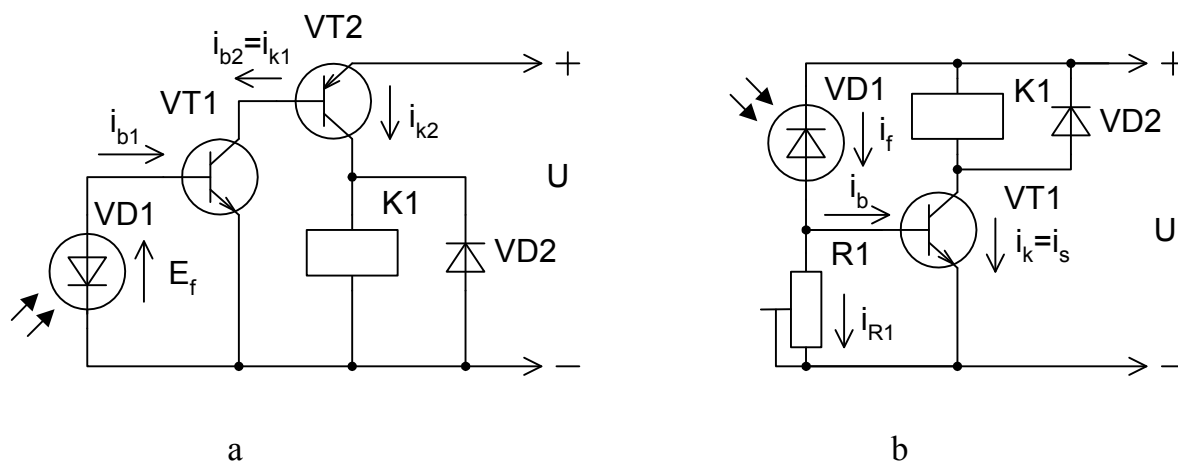


3.7. att. Fotodiode: a – uzbūve; b – ģenerācijas režīms; c – vadāmas diodes režīms.

Diodes režīmā fotodiode darbojas ar ārēju barošanas avotu U (3.7.c. att.). Fotodiode VD2 slēgta virknē ar slodzes pretestību R_2 sprostvirzienā attiecībā pret barošanas līdzspriegumu U . Aptumšotai fotodiodei sprostslnāņa elektriskā pretestība ir ļoti augsta (vairāki megaomi), līdz ar to sprostrāva i_s ir ļoti maza. Palielinot fotodiodes apgaismojumu, sprostslnānī injicētie elektroni samazina tā pretestību, kā rezultātā pieaug sprostrāva i_s . Tātad šajā režīmā fotodiode darbojas kā vadāma diode, kuras sprostslnāņa pretestība samazinās, pieaugot apgaismojumam.

Fotoreleji ar fotodiodi.

Jutīgos fotorelejos fotodiodi izmanto kā ģenerācijas, tā diodes režīmos (3.8.att.). Tā kā fotodiodes ģenerētais foto EDS parasti nepārsniedz 0,5V, tad jutīga fotoreleja izveidošanai nepieciešams vairākpakāpju pastiprinātājs. Fotodiodi slēdz pastiprinātāja ieejas tranzistora VT1 bāzes ķēdē (3.8.a. att.). Pastiprinātāja otru pakāpi veido tranzistors VT2. Ja fotodiode VD1 ir aptumšota, tās ģenerētais foto EDS $E_f=0$. Tranzistoru VT1 un VT2 bāzes strāvas $i_{b1} \approx 0$ un $i_{b2} \approx 0$. Līdz ar to abi tranzistori ir aizvērti un relejs K1 ir izslēgtā stāvoklī. Apgaismojot fotodiodi VD1, ģenerējas foto EDS $E_f \approx 0,5V$ kas rada strāvu i_{b1} tranzistora VT1 bāzes ķēdē. VT1 atveras, kā rezultātā ievērojami pieaug tranzistora VT2 bāzes strāva i_{b2} , kas vienāda ar tranzistora VT1 kolektora strāvu ($i_{b2} = i_{k1}$). Līdz ar to atveras tranzistors VT2. Tā kolektora strāva i_{k2} , plūst caur releja spoli K1 un izraisa tā ieslēgšanos.



3.8. att. Fotoreleji ar fotodiodi: a – ģenerācijas režīmā; b – vadāmas diodes režīmā.

Fotodiodes jutība ģenerācijas režīmā ir zemāka nekā diodes režīmā. Tādēļ jutīgos un ātrdarbīgos fotorelejos biežāk izmanto diodes režīmu. Šādā fotorelejā (3.8.b. att.) fotodiode darbojas kā vadāma diode, kurai gaismas plūsmas iespaidā samazinās sprostsliņņa pretestība, kas izraisa fotostrāvas i_f pieaugumu. Ja fotodiode VD1 ir aptumšota, $i_b \approx 0$, tranzistors VT1 ir aizvērts un relejs K1 izslēgts. Apgaismojot VD1, pieaug i_f un i_b , kā rezultātā atveras tranzistors VT1 un ieslēdzas relejs K1. Fotoreleja nostrādes sliksni var pārstātīt ar potenciometru R1. Abās fotoreleju shēmās diode VD2 aizsargā izejas tranzistoru pret

pašindukcijas EDS radītu pārspriegumu un novērš tranzistora iespējamu caursišanu tā straujas atvēršanās vai aizvēršanās momentos.

Kontroles jautājumi

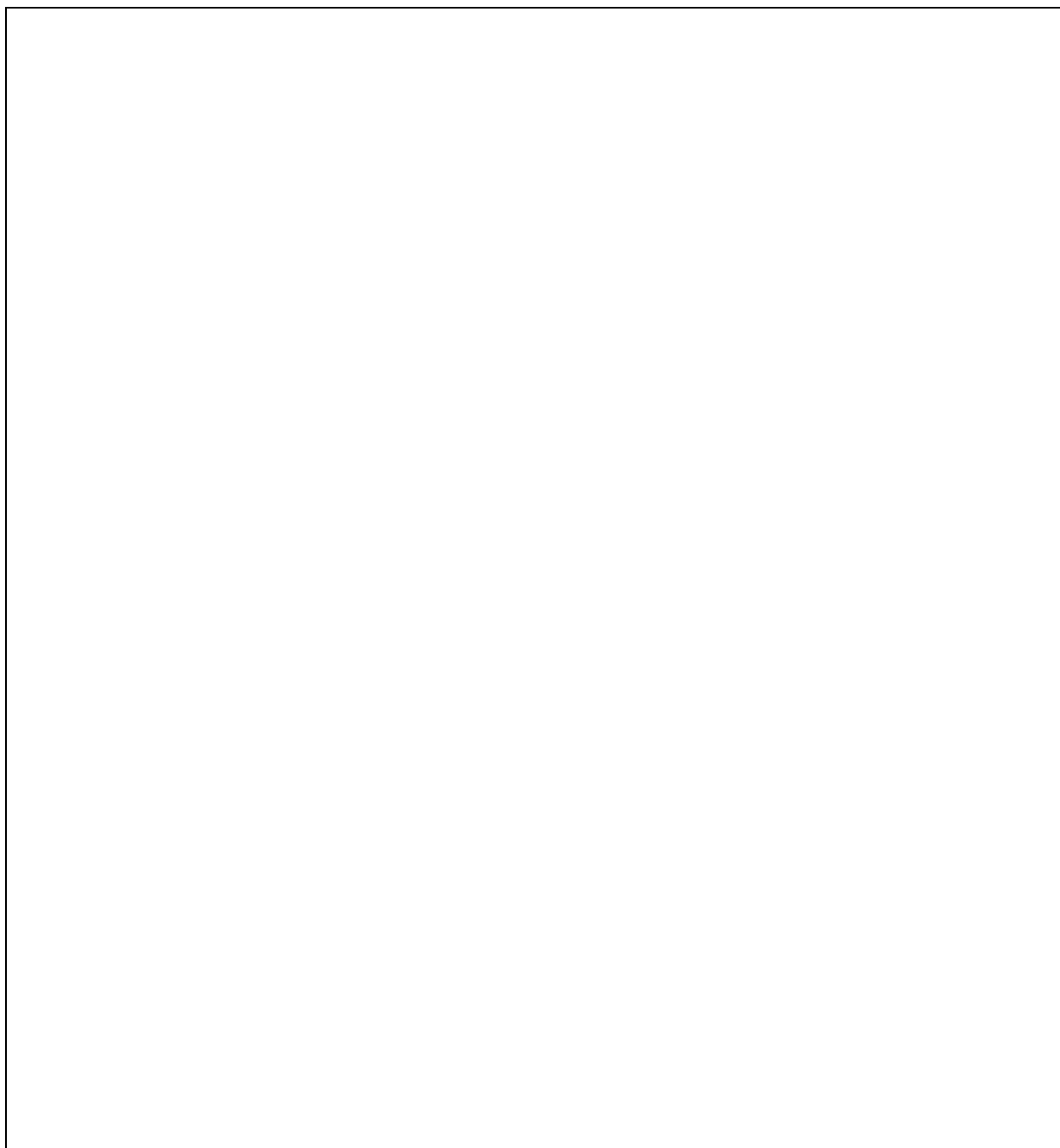
1. Kāpēc izmainās fotorezistora elektrovadītspēja gaismas plūsmas iespaidā?
2. Kas ir fotorezistora tumsas strāva un fotostrāva?
3. Kā izmainās fotorezistora elektriskā pretestība, palielinot tā apgaismojumu?
4. Kā aprēķina fotorezistora integrālo jutību un īpatnējo integrālo jutību, izmantojot eksperimenta datus?
5. Kā tiek eksperimentāli uzņemtas fotorezistoru V-A raksturlīknes un apgaismojuma raksturlīknes?
6. No kā sastāv vienkāršākais fotorelejs ar fotorezistoru un kā tas darbojas?
7. Kā izveidots un kā darbojas fotorelejs ar pārstatāmu nostrādes sliekšni?
8. Nosauciet vismaz trīs fotoreleju praktiskās pielietošanas piemērus.
9. Pastāstiet fotodiodes uzbūves un darbības principu, kas ir iekšējais fotoefekts un kā tas izpaužas fotodiodes darbībā?
10. Kā izpaužas fotodiodes darbība ģenerācijas režīmā un diodes režīmā? Ar ko šie režīmi atšķiras?
11. Izstāstiet fotoreleja shēmas uzbūvi un darbību, izmantojot fotodiode ģenerācijas režīmā.
12. Izstāstiet fotoreleja shēmas uzbūvi un darbību, izmantojot fotodiode vadāmas diodes režīmā.
13. Nosauciet fotodiožu praktiskās pielietošanas piemērus elektronikas un automātikas ierīcēs.
14. Kādas ir fotodiožu galvenās priekšrocības salīdzinājumā ar fotorezistoriem?

Literatūra

4. K.Tomariņš, E.Zablovskis. Radioelektronika. – Rīga: Zvaigzne, 1985.- 245 lpp.
5. Бородин И.Ф., Кирилин Н.И. Практикум по основам автоматики и автоматизации производственных процессов.- М.: Колос, 1974 – 255с.

6. Литван В.И. Фотореле в системах автоматики.- М.: Энергия, 1979.- 104с.
7. Зайцев Ю.Б. и др. Полупроводниковые резисторы в электротехнике.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 136с.
8. Полупроводниковые фотоприемники: Ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра / Под ред. В.И.Степанова.- М.: Радио и связь, 1984.- 216с.

Piezīmēm



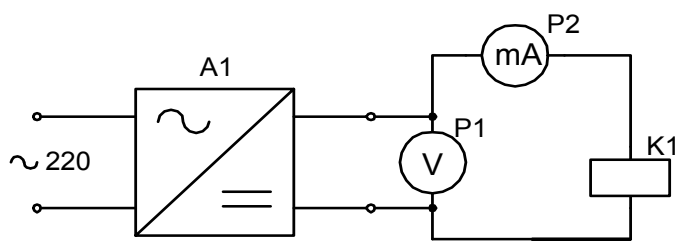
Elektromagnētiskie līdzstrāvas un maiņstrāvas releji

Darba mērķis.

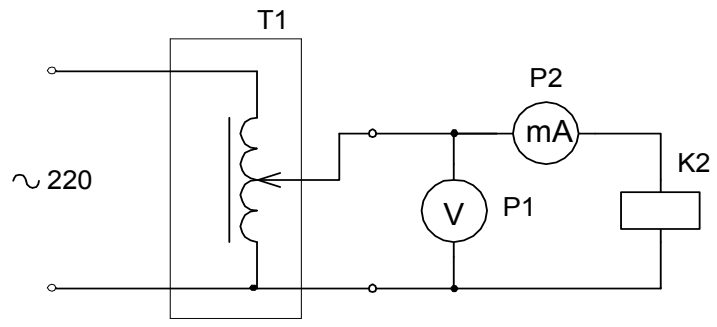
Iepazīties ar elektromagnētisko releju uzbūvi, darbību un aprēķinu metodiku.

Darba uzdevums.

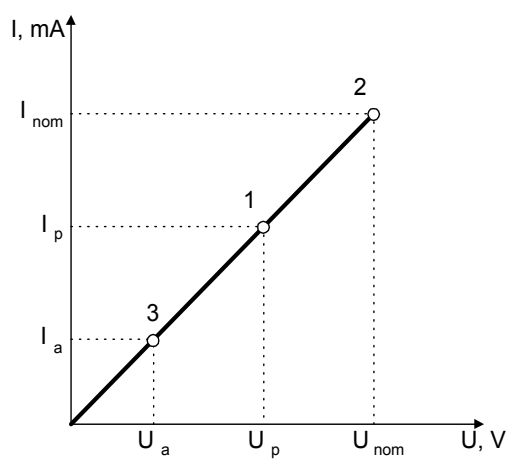
1. Izvēlēties optimālo mērīšanas shēmas variantu voltampēru (V-A) raksturlīknes $I=f(U)$ uzņemšanai līdzstrāvas relejam, zinot izvēlēto mērinstrumentu iekšējās pretestības un releja parametrus.
2. Saslēgt elektrisko ķēdi (4.1. att.). Un uzņemt līdzstrāvas releja V-A raksturlīkni. Sevišķu uzmanību pievērst releja enkura pievilksnās un atlaišanās momentiem.
3. Uzzīmēt līdzstrāvas releja V-A raksturlīkni, atzīmējot uz tās pievilksnās, atlaišanās un nominālā režīma parametrus (4.3. att.).
4. Aprēķināt līdzstrāvas releja drošuma koeficientu K_d , atgriešanās koeficientu K_a un pastiprinājuma koeficientu K_p .
5. Saslēgt elektrisko ķēdi (4.2.att.) maiņstrāvas releja V-A raksturlīknes uzņemšanai, izvēloties atbilstošus mērinstrumentus maksimālo un minimālo strāvu un spriegumu mērīšanai. Sevišķu uzmanību pievērst strāvas lēcienveida izmaiņai enkura pievilksnās un atlaišanās momentos.
6. Izmērīt maiņstrāvas releja spoles aktīvo pretestību R .
7. Uzzīmēt maiņstrāvas releja V-A raksturlīkni, parādot pievilksnās un atlaišanās strāvas un spriegumus, kā arī maksimālo pievilksnās strāvu un nominālo darba strāvu (4.4. att.).
8. Izmantojot ekperimenta datus un Oma likumu maiņstrāvas ķēdei, izskaitļot releja spoles induktīvo pretestību X_L . Īpašu uzmanību pievērst X_L izmaiņai releja pievilksnās un atlaišanās momentos.
9. Veikt elektromagnētisko releju aprēķinu (pēc pasniedzēja norādījumiem).
10. Dot līdzstrāvas un maiņstāvas releju V-A raksturlīkņu salīdzinošo analīzi. Izdarīt secinājumus par līdzstrāvas un maiņstrāvas releju priekšrocībām un trūkumiem.



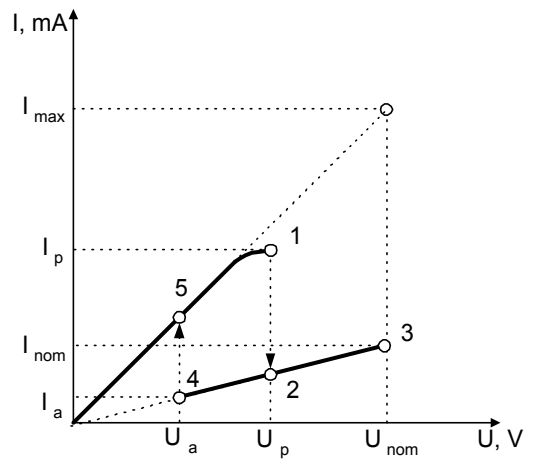
4.1.att. Līdzstrāvas releja K1 pētīšanas shēma.



4.2.att. Maiņstrāvas releja K2 pētīšanas shēma.



4.3.att. Līdzstrāvas releja V-A raksturlīkne.



4.4.att. Maiņstrāvas releja V-A raksturlīkne.

Elektromagnētisko releju aprēķins.

Par elektromagnētisko releju sauc elektromagnētisku ierīci, kurā enkura pievilkšanas spēku rada spoles strāvas magnētiskais lauks. Mainoties ieejas spriegumam vienmērīgi, izejas spriegums mainās lēcienveidā.

Galvenie elektromagnētisko releju parametri:

1. Enkura pievilksnās spriegums U_p (pievilksnās strāva I_p) - minimālais spoles spriegums (strāva spolē), kas nodrošina enkura pievilksanos (releja kontaktu pārslēgšanos).
2. Nominālais spriegums U_{nom} (nominālā strāva I_{nom}), kas nodrošina releja stabilu darbību ($U_{nom} > U_p$; $I_{nom} > I_p$).
3. Atlaišanās spriegums U_a (atlaišanās strāva I_a), pie kura releja enkurs atlaižas un kontakti ieņem sākuma stāvokli.
4. Drošuma koeficients:

$$K_d = \frac{U_{nom}}{U_p} = \frac{I_{nom}}{I_p}, \quad (4.1)$$

kur $K_d > 1$ ($K_d = 1, 2 \dots 2, 0$).

Drošuma koeficients raksturo releja nominālā sprieguma rezervi attiecībā pret pievilksnās spriegumu.

5. Atgriešanas koeficients.

$$K_a = \frac{U_a}{U_p} = \frac{I_a}{I_p}, \quad (4.2)$$

kur $K_a < 1$ ($K_a = 0, 2 \dots 0, 9$).

Atgriešanas koeficients raksturo releja jutību. Mazjutīgiem relejiem $k = 0, 2 \div 0, 3$, augstas jutības relejiem $k = 0, 8 \div 0, 9$.

6. Pastiprinājuma koeficients.

$$K_p = \frac{P_{Knom}}{P_{Snom}}, \quad (4.3)$$

kur P_{Knom} – kontaktu nominālā komutācijas jauda,

P_{Snom} - releja spoles nominālā jauda.

Līdzstrāvas releja V-A raksturlīkne $I=f(U)$ ir lineāra (4.3.att.). To apraksta Oma likums līdzstrāvas ķēdei:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (4.4)$$

kur R - releja spoles aktīvā pretestība;

I un U – releja spoles strāva un spriegums.

Mainstrāvas releja V-A raksturlīkne ir izteikti nelineāra (4.4.att.). To apraksta Oma likums mainstrāvas ķēdei:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}, \quad (4.5)$$

kur Z - mainstrāvas releja spoles pilnā pretestība;

X_L – spoles induktīvā pretestība.

Induktīvā pretestība X_L ir mainīgs lielums, kas atkarīgs no enkura stāvokļa:

$$X_L = 2\pi fL, \quad (4.6)$$

kur f – mainstrāvas frekvence, Hz (s^{-1});

L – spoles induktivitāte, H.

Pievelkoties enkuram, induktīvā pretestība X_L palielinās, jo pieaug releja spoles induktivitāte L .

Spoles induktivitāti aprēķina:

$$L = \frac{w^2 \mu_0 \mu S}{l + \mu \delta}, \quad (4.7)$$

kur w - releja spoles vijumu skaits;

S - serdeņa šķērsriezuma laukums, m^2 ;

l - magnētiskās ķēdes garums pa viduslīniju, m;

δ - gaisa spraugas platums, m;

μ - serdeņa materiāla relatīvā magnētiskā caurlaidība;

μ_0 - magnētiskā konstante, vienāda ar $4\pi \cdot 10^{-7} H/m$.

Izmantojot eksperimenta datus un dotās formulas, var aprēķināt releja serdeņa relatīvās magnētiskās caurlaidības izmaiņu atkarībā no enkura stāvokļa un spoles strāvas.

Līdzstrāvas releja ar vienu gaisa spraugu starp serdeni un enkuru elektromagnētisko vilces spēku F_e aprēķina pēc formulām:

$$F_e = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S}; \quad F_e = \frac{B^2 \cdot S}{2\mu_0}; \quad F_e = \frac{(I \cdot w)^2 \cdot \mu_0 \cdot S}{2 \cdot \delta^2}, \quad (4.8)$$

kur F_e – līdzstrāvas elektromagnēta vilces spēks, N;
 Φ - spoles strāvas radītā magnētiskā plūsma, Wb;
 B - magnētiskā lauka indukcija, T;
 w – spoles vijumu skaits;
 I - spoles strāva, A.

Maiņstrāvas releja ar vienu gaisa spraugu elektromagnētisko vilces spēku $F_{e\approx}$ aprēķina pēc formulas:

$$F_{e\approx} = \frac{\Phi^2}{3\mu_0 S} \left(1,5 - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 2\omega t\right);$$

$$F_{e\approx} = \frac{B^2 S}{3\mu_0} \left(1,5 - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 2\omega t\right); \quad (4.9)$$

$$F_{e\approx} = \frac{(I \cdot w)^2 \mu_0 S}{3 \cdot \delta^2} \left(1,5 - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 2\omega t\right)$$

kur Φ - spoles strāvas radītās magnētiskās plūsmas efektīvā vērtība, Wb;
 B - magnētiskā lauka indukcijas efektīvā vērtība, T;
 I - spoles strāvas efektīvā vērtība, A;
 $\omega = 2\pi f$ - maiņstrāvas leņķiskā frekvence, s^{-1} ;
 $F_{e\approx}$ – maiņstrāvas elektromagnēta vilces spēks, N.

Līdzstrāvas relejam, ja spoles strāva $I = const$, F_e mainās tikai atkarībā no gaisa spraugas platuma δ , apgriezti proporcionāli tās kvadrātam.

Maiņstrāvas relejam $F_{e\approx}$ ir svārstīgs un periodiski mainās no $F_{e\min\approx}$ līdz $F_{e\max\approx}$ ar divkārtu maiņstrāvas frekvenci.

Ja $2\omega t = \pi/2$, tad

$$F_{e\approx} = F_{e\min\approx} \approx 0,21 \frac{(I \cdot w)^2 \mu_0 \cdot S}{\delta^2} \quad (4.10)$$

Ja $2\omega t = \pi$, tad

$$F_{e\approx} = F_{e\max\approx} \approx 0,79 \frac{(I \cdot w)^2 \mu_0 \cdot S}{\delta^2}.$$

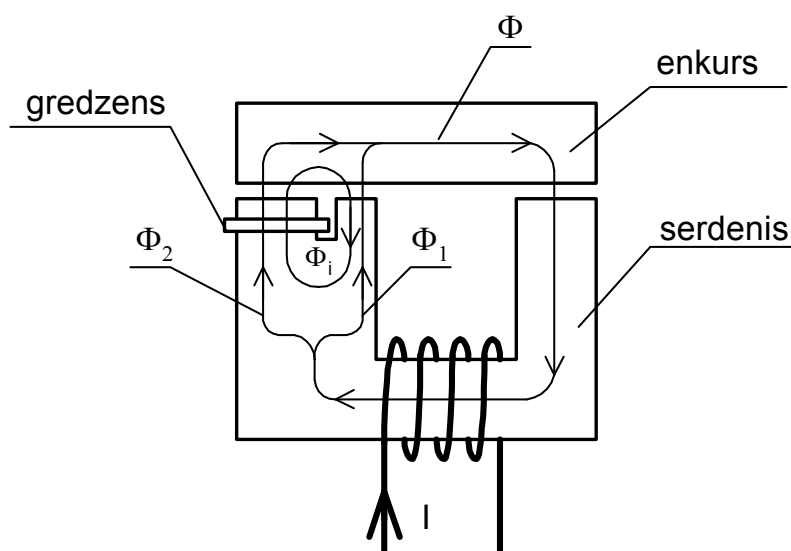
Salīdzinot maiņstrāvas relejus ar ekvivalentu līdzstrāvas releju, iegūstam

$$F_{ekv} = \frac{(I \cdot w)^2 \mu_0 \cdot S}{2\delta^2}, \quad (4.11)$$

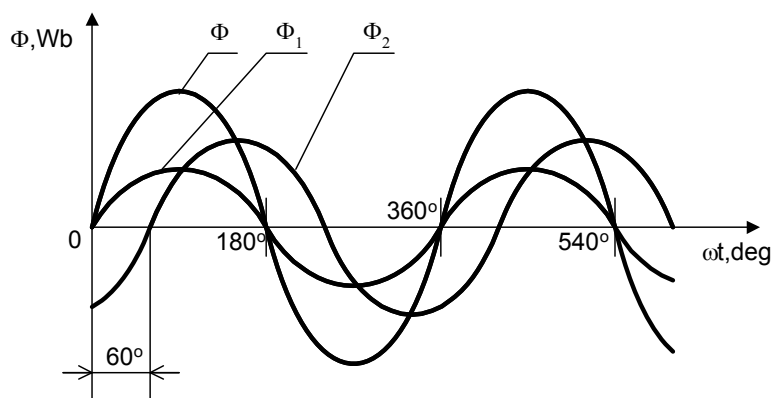
no kurienes $F_{emin} \approx 0,42F_{ekv}$; $F_{emax} \approx 1,58F_{ekv}$;

kur F_{ekv} - ekvivalentā līdzstrāvas releja enkura vilces spēks, N.

Lai novērstu maiņstrāvas releja enkura vibrācijas, kas rodas sinusoidālajai spoles strāvai ($I = I_{max} \cdot \sin \omega t$) ejot caur nulles punktu, uz releja serdes gala uzmontē vara vai alumīnija gredzenu, kas aptver 2/3 no serdes gala laukuma (4.5. att.). Līdz ar to releja spoles radītā magnētiskā plūsma Φ šajā vietā sadalās divās komponentēs Φ_1 un Φ_2 (4.6. att.). Plūsmas komponente Φ_1 apiet gredzenu un sakrīt fāzē ar pamatplūsmu Φ . Plūsmas komponente Φ_2 iet caur gredzenu un inducē tajā strāvu I_i , kuras radītā magnetiskā plūsma Φ_i , atbilstoši Lenca likumam, darbojas pretī plūsmas Φ_2 izmaiņai un nobīda to fāzē pret komponenti Φ_1 par 60 grādiem. Līdz ar to notiek abu komponentu pārklāšanās, kas nodrošina stabilu enkura pievilksnās spēku F_e , kurš vienmēr lielāks par atsperu mehānisko pretdarbošanās spēku F_m .



4.5.att. Elektromagnētiskais maiņstrāvas relejs ar īsi slēgtu vijumu.



4.6. att. Magnētiskās plūsmas maiņstrāvas releja serdenī.

Kā līdzstrāvas tā maiņstrāvas elektromagnētiem ar divām gaisa spraugām pie tā paša magnetodzinējspēka $M=I \cdot w$ ir divreiz mazāks vilces spēks.

$$F_e = \frac{(I \cdot w)^2}{4} \cdot \frac{\mu_0 \cdot S}{\delta^2} \quad ;$$

$$F_e = \frac{(I \cdot w)^2}{6\delta^2} \cdot \frac{\mu_0 \delta}{\delta^2} \left(1,5 - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 2\omega t\right). \quad (4.12)$$

Herkonu releji.

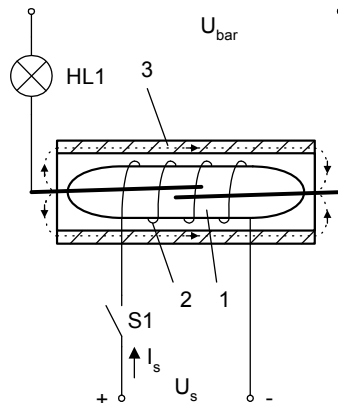
Herkonu releji ir komutācijas ierīces, kas sastāv no magnētiski vadāmu, hermetizētu kontaktu elementa – herkona 1, kurš ievietots spolē ar lielu vijumu skaitu 2. Lai pastiprinātu magnētisko plūsmu Φ , mazgabarīta herkonu releju spoles aptver ar magnētisko ķēdi 3. Herkons 1 sastāv no stikla balona, kurā iekausēti magnētiski mīksta materiāla elastīgi kontakti. Dzirksteļošanas samazināšanai starp kontaktiem, herkona balonā iepildīta inertā gāze (argons).

Ieslēdzot slēdzi S1 (4.7.att.) releja spolē 2 plūst strāva I_s . Tās radītā magnētiskā plūsma Φ iet caur herkonu 1 un magnetizē tā kontaktus. Magnētiskā pievilkšanās spēka iespaidā kontakti saslēdzas un ieslēdz slodzi, signālspludzīti HL1. Izslēdzot slēdzi S, magnētiskā plūsma izzūd, kontakti atmagnetizējas un pārtrauc slodzes ķēdi.

Herkonu releju galvenās priekšrocības:

- vienkārša uzbūve (nav mehāniskās daļas);
- var darboties ugunsnedrošās un sprādzienbīstamās vidēs;
- liels komutācijas ciklu skaits (līdz 10^7);

- lielāka komutējamā jauda salīdzinājumā ar ekvivalenta gabarīta elektromagnētiskajiem relejiem.



4.7.att. Herkonu relis: 1- herkons; 2- spole; 3- magnētiskā ķēde.

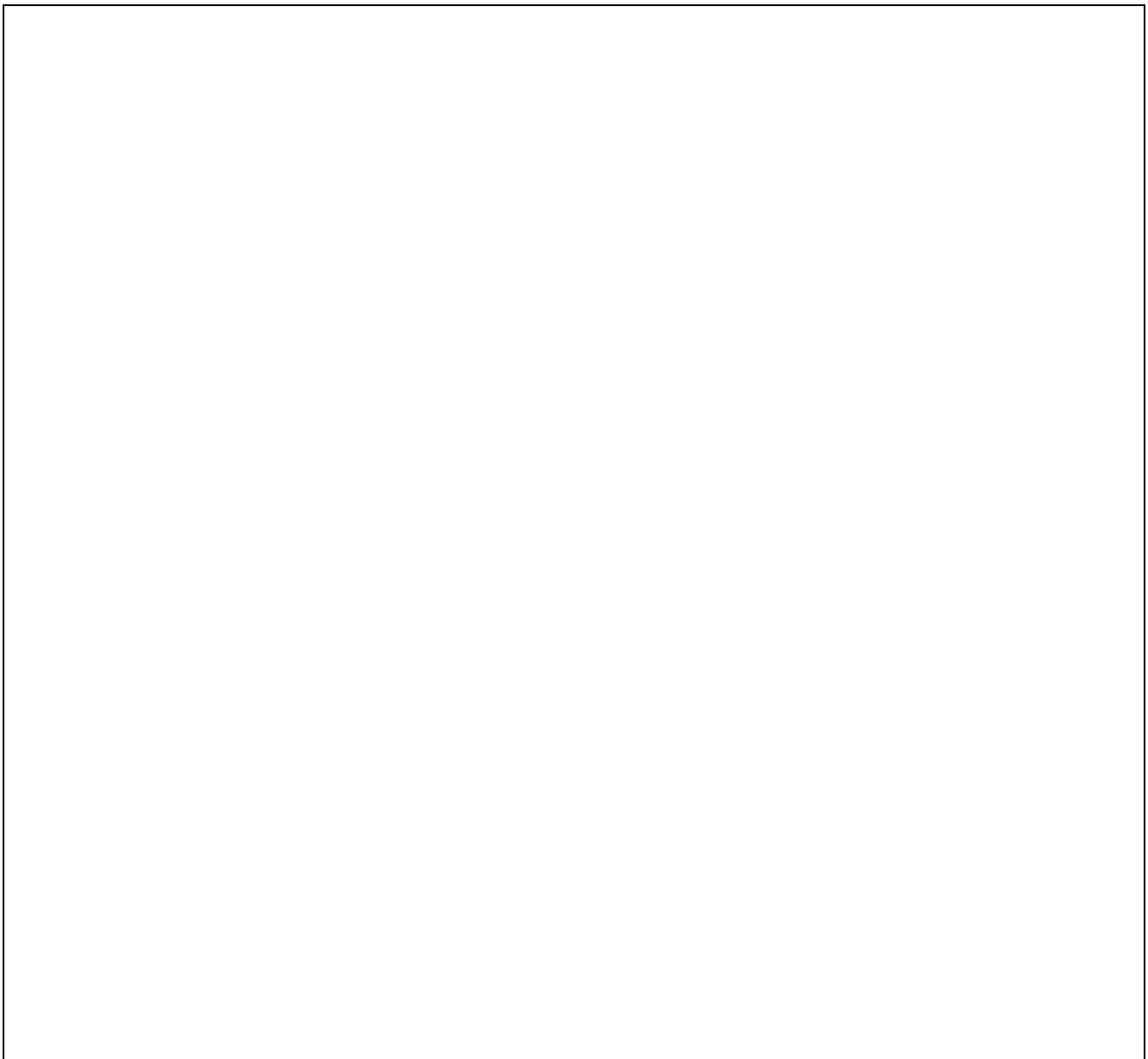
Kontroles jautājumi.

1. No kādiem elementiem sastāv elektromagnētiskā releja magnētiskā ķēde?
2. Kādi elementi tiek slēgti elektromagnētiskā releja ieejas ķēdē un kādi - izejas ķēdē?
3. Ar ko atšķiras neitrālais relis no polarizētā releja?
4. Kas ir atgriešanas koeficients? Kādu releja īpašību tas raksturo un kā to aprēķina?
5. Kādam nolūkam izmanto mazjutīgus relejus?
6. Kādam nolūkam izmanto relejus ar augstu jutību?
7. Kas ir releja rezerves jeb drošuma koeficients? Kā tas raksturo releja darbību un kā to aprēķina?
8. Kā izvēlas elektromagnētisko releju? Kādi slodzes parametri jāzina, lai izvēlētos atbilstošu komutācijas releju?
9. Kā var samazināt kontaktu dzirksteļošanu?
10. No kā atkarīgs elektromagnētiskā releja enkura vilces spēks?
11. Kāpēc maiņstrāvas relejam ieslēgšanās un izslēgšanās momentos rodas strāvas lēcienveida izmaiņa spolē?
12. Kādiem relejiem ir augstāks ekspluatācijas drošums? Ar ko tas izskaidrojams?
13. Kas ir herkonu releji? Kā tie darbojas?
14. Kāpēc herkonu relejus var izmantot agresīvās un sprādzienbīstamās vidēs?

Literatūra.

1. A. Baltiņš, A. Kanbergs, S. Miesniece. Zemsprieguma elektriskie aparāti. Mācību līdzeklis. – R.: Jumava, 2003. –331 lpp.
2. Миловзоров В.П. Электромагнитные устройства автоматики. - Москва: Высшая школа, 1983. - 408 с.
3. Игловский И.Г., Владимиров Г.В. Справочник по слаботочным электрическим реле. –Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 584 с.
4. Чунихин А.А. Электрические аппараты. - Москва: Энергоатомиздат, 1988. - 720 с.

Piezīmēm.



Elektromagnētiskie laika releji un impulsu ģeneratori

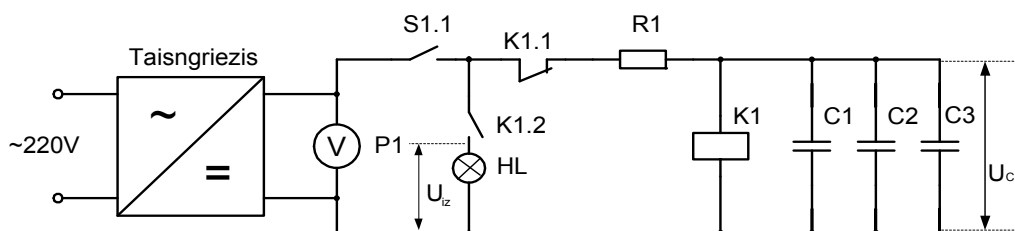
Darba mērķis.

Iepazīties ar līdzstrāvas elektromagnētisko releju darbības kavējumu metodēm un to pielietošanu impulsu ģeneratoros.

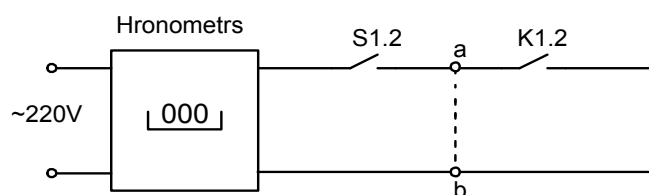
Darba uzdevums.

1. Saslēgt impulsu ģeneratora shēmu (5.1.att.) un elektroniskā hronometra shēmu (5.2.att.) impulsu ilguma t_i un to sekošanas perioda T uzņemšanai.
2. Uz pretestību magazīnas (atbilstoši pasniedzēja norādījumam) iestatīt uzdoto pretestību R1, ieslēgt slēdzi S1 un ieregulēt minimālo barošanas spriegumu, pie kura sākas impulsu ģeneratora darbība. Pēc tam slēdzi S1 izslēgt un hronometru atgriezt "0" stāvoklī.
3. Ieslēdzot slēdzi S1, saskaitīt vairākus impulsus ($n = 5 \dots 10$). Sākoties pēdējam impulsam, slēdzi S1 izslēgt. Elektroniskais hronometrs parāda n impulsu kopējo laiku t_n .
4. Šuntējot kontaktu K1.2, uzņemt n impulsu kopējo periodu T_n .
5. Uzņemt sekojošas raksturlīknes (pēc pasniedzēja norādījuma):
 - a) $t_i = f(C)$, kur $t_i = t_n / n$ – impulsa ilgums, C – releja spolei pieslēgtā kondensatora kapacitāte, $U = const$, $R1 = const$;
 - b) $T = f(C)$, kur $T = T_n / n$ – impulsu ģeneratora svārstību periods; $U = const$, $R1 = const$;
 - c) $T = f(R1)$, kur R1 kondensatora uzlādes ķēdes pretestība; $U = const$, $C = const$;
 - d) $t_p = f(R1)$, $t_p = T - t_i$ – pauzes ilgums; $U = const$, $C = const$;
 - e) $T = f(U)$, $R1 = const$, $C = const$;
 - f) $t_p = f(U)$, $R1 = const$, $C = const$.
6. Izmērīt releja K1 pievilkšanās spriegumu U_p un atgriešanās spriegumu U_a . Konstruēt impulsu diagrammas $U_c = f(t)$, $U_{iz} = f(t)$, kur U_c – spriegums uz releja spoles; U_{iz} – spriegums uz ģeneratora slodzes (5.3.att.).

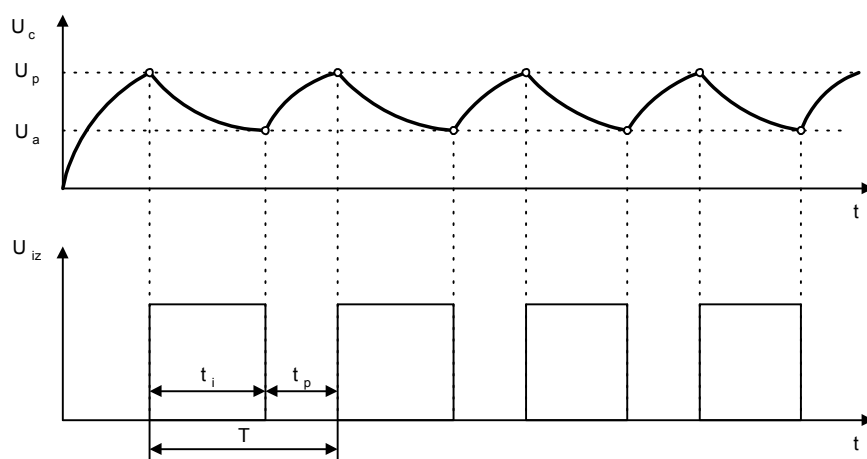
7. Izmantojot eksperimenta datus, teorētiski aprēķināt impulsa un pauzes ilgumu ($t_{i\text{ apr}}$, $t_{p\text{ apr}}$).
8. Uzzīmēt un saslēgt shēmas sekojošu ierīču impulsveida vadīšanai:
 - a) avārijas signalizācijas;
 - b) izpildmehānisma.
9. Secinājumos salīdzināt teorētiskos aprēķinus ar eksperimentu datiem, analizēt elektromagnētisko līdzstrāvas releju darbības kavējuma metodes un to pielietošanu impulsu ģeneratoros. Aprakstīt izpētītā impulsu ģeneratora praktiskās pielietošanas variantus.



5.1.att. Impulsu ģeneratora shēma



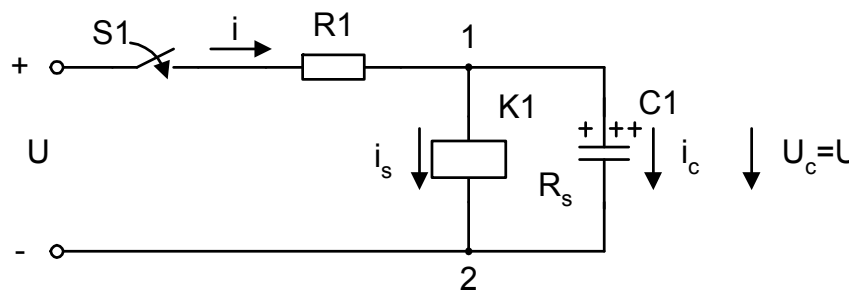
5.2.att. Elektroniskā hronometra shēma



5.3.att. Impulsa diagrammas: U_c – kondensatora un releja spoles spriegums; U_{iz} – ģenerators izejas (slodzes) spriegums

Elektromagnētiskais laika relejs.

Vienkāršākais elektromagnētiskais laika relejs sastāv no līdzstrāvas elektromagnētiskā releja, kura spoļei paralēli pieslēgts kondensators (5.4.att.). Ieslēdzot slēdzi S1, caur uzlādes rezistoru R1 plūst strāva i , kas mezglu punktā 1 sadalās spoles strāvā i_s un kondensatora uzlādes strāvā i_c . Releja spoles K1 pretestība R_s rada noplūdi kondensatoram C1 un samazina tā kapacitāti. Tādēļ, lai iegūtu lielākus laika kavējumus,



5.4. att. Laika releja shēma

jāizvēlas augstomīgs relejs ($R_s \geq 10\text{k}\Omega$). Slēdža ieslēgšanas momentā ($t = 0$), $i_s = 0$, bet $i_c = i_{cmax} = U/R1$, $U_c = 0$. Saskaņā ar otro komutācijas likumu, spriegums uz kondensatora nevar mainīties lēcienveidīgi. Tas pieaug pakāpeniski, atkarībā no kondensatora kapacitātes C1. Kad kondensatora spriegums kļūst vienāds ar releja pievilksnās spriegumu $U_c = U_p$, relejs K1 ieslēdzas. No slēdža S1 ieslēgšanas momenta līdz releja K1 nostrādei pāiet laika sprīdis t_p , ko sauc par releja pievilksnās kavējumu. Pēc tam kondensators turpina uzlādēties līdz spriegumam U_{cmax} (5.5. att.).

Izslēdzot slēdzi S1, notiek kondensatora C1 izlāde caur releja spoļi K1. Kondensatora izlādes strāva notur releju K1 ieslēgtā stāvoklī zināmu laika sprīdi pēc tam, kad tiek atslēgts barošanas spriegums U. Šo laika sprīdi sauc par releja atslēgšanās laika kavējumu t_a .

Lai analītiski aprēķinātu laika releja parametrus, sastāda tā elektriskās ķēdes strāvu un spriegumu bilances vienādojumus izmantojot Kirhofa likumus:

$$\begin{cases} i = i_s + i_c & (1) \\ U = U_{R1} + U_C & (2) \end{cases}, \quad (5.1)$$

kur $i = U_{R1}/R1$; $i_s = U_c/R_s$; $i_c = C \frac{dU_c}{dt}$.

Ievietojot strāvu izteiksmes vienādojumā (1), bet no vienādojuma (2) izsakot spriegumu U_{R1} , iegūstam elektriskās ķēdes diferenciālvienādojumu:

$$\frac{U - U_c}{R_1} = \frac{U_c}{R_s} + C \frac{dU_c}{dt} \quad (5.2)$$

Pēc attiecīgiem pārveidojumiem iegūstam homogēnu 1.kārtas diferenciālvienādojumu ar konstantiem koeficientiem

$$C \cdot \frac{R_s \cdot R_1}{R_s + R_1} + \frac{dU_c}{dt} + U_c = \frac{R_s}{R_s + R_1} \cdot U, \quad (5.3)$$

kur - $C \cdot \frac{R_s \cdot R_1}{R_s + R_1} = \tau_p$ - releja pievilksnās laika konstante, s;

$\frac{R_s}{R_s + R_1} \cdot U = U_{c \max}$ - kondensatora maksimālais uzlādes spriegums, V;

Laika konstante τ_p raksturo releja pievilksnās inerci, ko izsaka sekundēs.

$$[\tau_p] = F \cdot \frac{\Omega \cdot \Omega}{\Omega} = F \cdot \Omega = s. \quad \text{Ja } R_1 = 0, \text{ tad } \tau_p = 0 \text{ un } U_{c \max} = U.$$

Laika intervālā, kas vienāds ar laika konstanti τ_p , kondensators uzlādējas līdz spriegumam $U_c = 0,63 U_{c \max}$. Ja kondensatora uzlādes raksturlīkne uzņemta eksperimentāli, tad τ_p var noteikt grafiski kā parādīts 5.5. attēlā.

Diferenciālvienādojuma (5.3) atrisinājums ir eksponentfunkcija:

$$U_c = U_{c \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_p}} \right). \quad (5.4)$$

Ievietojam šajā izteiksmē $U_c = U_p$ un $t = t_p$. Tad pārveidojam to un logaritmējam iegūtās izteiksmes abas puses

$$\ln e^{\frac{t_p}{\tau_p}} = \ln \frac{U_{c \max}}{U_{c \max} - U_p},$$

no kurienes releja pievilksnās laika kavējums

$$t_p = \tau_p \cdot \ln \frac{U_{c \max}}{U_{c \max} - U_p} \quad (5.5)$$

Laika sprīdī t_p kondensators uzlādējas līdz releja pievilksnās spriegumam U_p . Izslēdzot slēdzi S1, relejs tiek atslēgts no barošanas avota. Līdz ar to izmainās strāvu un spriegumu bilances vienādojums, jo $i = 0$; $U = 0$; $U_{RI} = 0$. Tad

$$\begin{cases} i_s + i_c = 0 \\ U_c = U_s \end{cases}, \quad (5.6)$$

kur $U_s = i_s \cdot R_s$; $i_s = -i_c = -C \cdot \frac{dU_c}{dt}$;

$$U_c = U_s = i_s \cdot R_s = -C \cdot R_s \frac{dU_c}{dt},$$

no kurienes iegūst diferenciālvienādojumu, kas apraksta kondensatora izlādes procesu:

$$C \cdot R_s \cdot \frac{dU_c}{dt} + U_c = 0. \quad (5.7)$$

Pārdalot mainīgos, iegūstam:

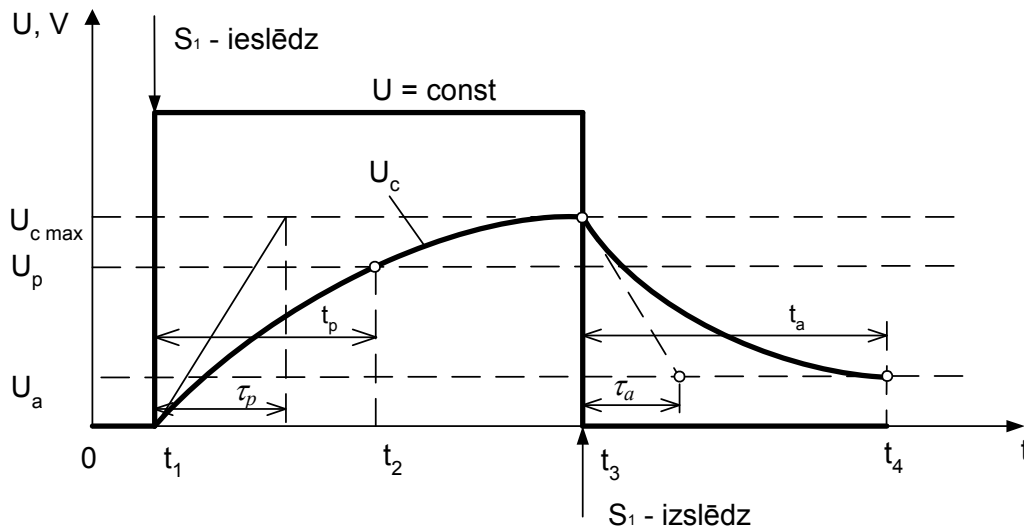
$$\frac{dU_c}{U_c} = -\frac{dt}{C \cdot R_s}. \quad (5.8)$$

Releja atlaišanās kavējuma laikā t_a notiek kondensatora izlāde no $U_{c \max}$ līdz releja atlaišanās spriegumam U_a . Šos robežnosacījumus ņemam vērā integrējot iegūto vienādojumu.

$$\int_{U_{c \max}}^{U_a} \frac{dU_c}{U_c} = -\int_0^{t_a} \frac{dt}{C \cdot R_s}; \quad \ln U_a - \ln U_{c \max} = -\frac{t_a}{C \cdot R_s};$$

$$t_a = \tau_a \cdot \ln \frac{U_{c \max}}{U_a} \quad (5.9)$$

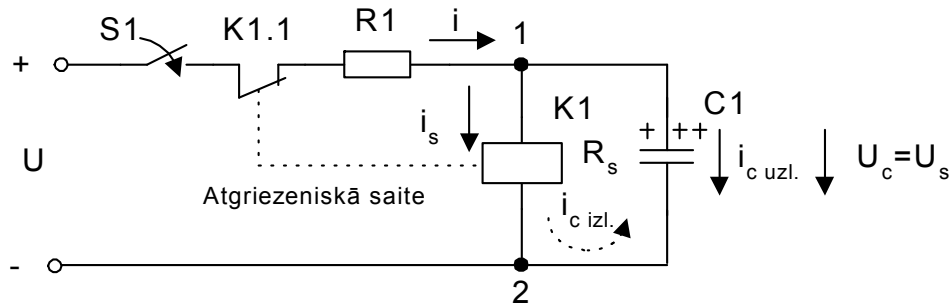
kur $\tau_a = C \cdot R_s$ – releja atlaišanās laika konstante, s. Laika konstanti τ_a var noteikt grafoanalītiski kā parādīts 5.5. attēlā.



5.5. att. Laika releja sprieguma raksturlīknes.

Elektromagnētiskais impulsu ģenerators.

Lai elektromagnētiskais laika rels darbotos impulsu ģenerators režīmā, veido atgriezenisko saiti no shēmas izejas uz ieeju ar releja atslēdzošo kontaktu K1.1 (5.6.att.).



5.6. att. Impulsu ģenerators shēma.

Ieslēdzot slēdzi S1, pakāpeniski uzlādējas kondensators C1. Kad kondensatora spriegums pieaug līdz releja pievilkšanās spriegumam ($U_c = U_p$), tas ieslēdzas un pārtrauc kontaktu K1.1. Līdz ar to tiek pārtraukta barošanas ķēde un sākas kondensatora C1 izlāde caur releja K1 spoli. Izlādes strāva notur releju ieslēgtā stāvoklī, kamēr kondensatora spriegums samazinās līdz atlaišanās spriegumam ($U_c = U_a$). Tad relejs izslēdzas, saslēdzas tā kontakts K1.1 un sākas atkal kondensatora uzlāde.

Impulsu ģeneratora darbību apraksta tie paši vienādojumi, kas apraksta atbilstošā laika releja darbību. Atšķiras tikai sākuma un beigu nosacījumi. Laika relejam kondensatora spriegums mainās robežās $0 \leq U_c \leq U_{c\max}$, bet impulsu ģeneratoram- $U_a \leq U_c \leq U_p$.

Ņemot to vērā, iegūstam sekojošas impulsa t_i un pauzes t_p ilguma aprēķina izteiksmes:

$$t_i = \tau_a \cdot \ln \frac{U_p}{U_a}, \quad \tau_a = C_1 \cdot R_s \quad (5.10)$$

$$t_p = \tau_p \cdot \ln \frac{U_{c\max} - U_a}{U_{c\max} - U_p}, \quad \tau_p = C \frac{R_1 \cdot R_s}{R_1 + R_s}, \quad U_{c\max} = U \frac{R_s}{R_s + R_1}$$

Salīdzinot eksperimentāli iegūtos datus ar teorētiski aprēķinātajiem, jāņem vērā elektrolītisko kondensatoru parametru lielā izkliede.

Kontroles jautājumi.

1. Kādas ir līdzstrāvas releju darbības kavējuma metodes?
2. Kur pielieto laika relejus ar nostrādes kavējumu līdz dažām sekundēm?
3. Kas ir laika releja pievilkšanās laika konstante, kādi parametri nosaka tās lielumu?
4. Kas ir laika releja atlaišanās laika konstante, kādi parametri nosaka tās lielumu?
5. Kādi releja parametri iespaido tā darbības kavējumu uz ieslēgšanos un uz atslēgšanos?
6. Kā un kāpēc releja darbības kavējumu iespaido tā spolei pieslēgtā kondensatora kapacitāte?

7. Kā panāk elektromagnētiskā laika releja impulsveida darbību?
8. No kādiem parametriem atkarīgs impulsa laiks t_i un pauzes laiks t_p ?
9. Kā darbojas elektromagnētiskais impulsu ģenerators?
10. Nosaukt elektromagnētiskā impulsu ģenerators pielietošanas piemērus.
11. Kādi ir elektromagnētisko impulsu ģeneratoru trūkumi?

Literatūra.

1. J. Greivulis, J. Raņķis. "Iekārtu vadības elektroniskie elementi un mezgli." – Rīga: Avots, 1997. – 288 lpp.
2. V.Lazdiņš. Automobiļu tehnisko apkopju un remonta automatizācijas pamati. – Rīga: Zvaigzne, 1969. – 292 lpp.

Piezīmēm.

Elektroniskie laika releji un taimeru

Darba mērķis.

Iepazīties ar nostrādes laika aiztures ierīcēm, kurās izmanto elektroniskos pastiprinātājus un speciālas ierīces “taimeru”, un izprast to priekšrocības salīdzinājumā ar cita veida laika aiztures ierīcēm.

Darba uzdevums.

1. Iepazīties ar elektroniskā laika releja uzbūvi un noskaidrot darbības principu.
2. Saslēgt laika releja un elektroniskā hronometra shēmas (6.1. un 6.2. att.) sakarību $t_p = f(R, C)$ pētīšanai.
3. Veikt nostrādes kavējuma laika t_p mērījumus atbilstoši pasniedzēja norādījumiem.
4. Izmērīt spriegumus U_{MAX} un U_{MIN} un analītiski aprēķināt kavējuma laikus t_p uzdotiem RC ķēdes parametriem.
5. Veikt atkārtotus mērījumus pie nemainīgiem laika releja parametriem un noteikt ierīces darbības kavējuma laika t_p vidējo vērtību un kļūdu procentos.
6. Izmantojot iegūtās vidējās t_p vērtības aprēķināt :
 - a) kondensatora C1, C2, C3 kapacitāti;
 - b) rezistoru R3 + R4; R2 + R3 + R4; R1 + R2 + R3 + R4 pretestību.
7. Secinājumos dot eksperimentāli iegūto un aprēķināto rezultātu salīdzinošu analīzi, kā arī novērtēt elektroniskā laika releja priekšrocības un trūkumus.

Elektroniskais laika relejs

Viena no izplatītākajām automātikas ierīcēm ir elektroniskais laika relejs. Ar šīs ierīces palīdzību iespējama izpildiekārtu automātiska atslēgšana vai ieslēgšana pēc iestatītā laika intervāla. Lai iegūtu noteiktus aiztures laika intervālus izmanto RC-ķēdes, kuras var darboties kondensatora izlādes vai uzlādes režīmos. Lai iegūtu lielus aiztures laikus, izmanto kondensatorus ar lielu kapacitāti un augstomīgus rezistorus, kas samazina uzlādes un izlādes strāvu.

Laika relejos ar lielu aiztures laika intervālu priekšrocība ir shēmām, kurās izmanto kondensatora izlādes režīmu. Kondensatoriem ar lielu kapacitāti pie augstām sprieguma

vērtībām palielinās noplūdes strāvas. Tādēļ uzlādes režīmā, kad uzlādes strāvas vērtība kļūst salīdzināma ar noplūdes strāvu, samazinās aiztures laiks un releja nostrādes precizitāte.

Kondensatoram izlādējoties, vienlaicīgi samazinās tā spriegums un noplūdes strāva. Līdz ar to iegūst lielāku aiztures laiku un nostrādes precizitāti.

Elektroniskā laika releja principiālā shēma parādīta 6.1. attēlā. Šajā shēmā lauktranzistors VT1 kalpo kā elektroniskais pastiprinātājs ar ļoti lielu ieejas pretestību, bet bipolārie tranzistori VT2 un VT3 veido sliekšņa elementu – nesimetrisku Šmita trigeri, kura izejā ieslēgts elektromagnētiskais relejs K1. Virknē slēgtie rezistori R1...R4 un kondensatori C1...C3 veido RC ķēdi, kuras parametrus var mainīt ar slēdžu S1...S6 palīdzību. RC shēmas viduspunkts pieslēgts lauktranzistora VT1 aizvaram.

Pieslēdzot shēmu līdzstrāvas barošanas avotam, tā ir gatava darbam, jo caur rezistoriem R1 . . . R4 uz lauktranzistora VT1 aizvaru pievadītais potenciāls nodrošina tā pārejas aizvars-kanāls sprosts-lāņa izzušanu un kanāla atvēršanu. Tā kā tranzistora VT1 un rezistora R5 kopējā pretestība ir daudzkārt mazāka par jebkura no rezistoriem R1...R4 pretestību, tad uz spailēm Y1 Y2 spriegums ir gandrīz vienāds ar barošanas spriegumu U. Caur tranzistoru VT1 plūstošā strāva nonāk uz tranzistora VT2 bāzi un arī tas atveras. Bet tā kā tranzistors VT2 ir vaļā, uz tā kolektora ir zems sprieguma līmenis. Līdz ar to tranzistors VT3 ir aizvērts, jo uz tā bāzes arī ir zems sprieguma līmenis. Rezultātā caur elektromagnētisko releju K1 neplūst strāva un tas paliek izslēgts. Vienlaicīgi notiek ieslēgto kondensatoru ātra uzlāde pa ķēdi: [+ , R5, VT1, (+), (-), K1, -] līdz spriegumam $U_{uzl} = U - U_{VT1\text{aizv-iztece}} - i_{VT1} * R5$. Tā kā kondensatoru C1...C3 viens kopējais izvads savienots ar VT3 kolektoru, bet slēdžu S4...S6 kopējas vads caur tranzistoru VT1 (aizvars – iztece) un rezistoru R5 savienots ar barošanas pozitīvo polu, tad ieslēgtais kondensators (kondensatori) uzlādējas, pie kam pozitīvs potenciāls ir izvada Y2 pusē, bet negatīvs uz VT3 kolektora.

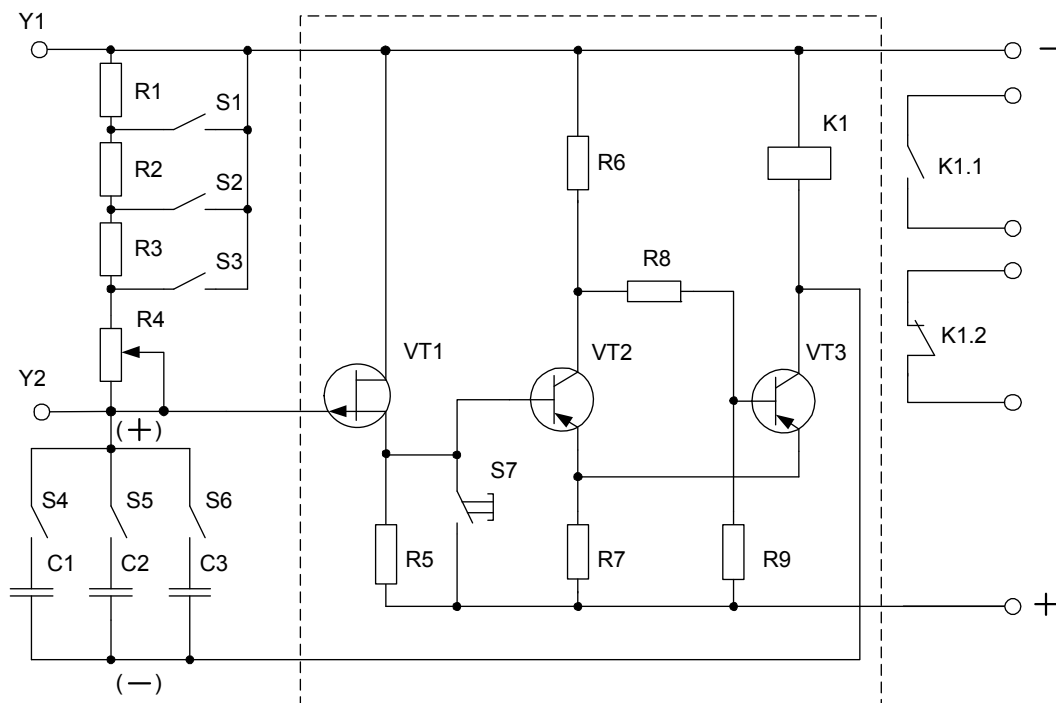
Nepieciešamo nostrādes kavējuma laika intervālu iestata izvēloties noteikta lieluma pretestību (ar slēdžu S1...S3 palīdzību) un kapacitāti (ar slēdžu S4...S6 palīdzību). Laika aiztures atskaite sākas no tā brīža, kad nospiež slēdzi (pogu) S7. Ar šo brīdi tiek pārtraukta strāva tranzistora VT2 bāzē un tas aizveras. Aizveroties tranzistoram VT2 uz tā kolektora vienlaicīgi pieaug spriegums un palielinās strāva caur tranzistora VT3 bāzi, tas atveras un nostrādā relejs K1. Tā kā sprieguma kritums uz atvērtā tranzistora VT3 un arī uz rezistora R7 ir ļoti mazs, tad uz releja K1 spoles spailēm ir gandrīz viss barošanas spriegums. Bez

tam atveroties tranzistoram VT3 uzlādēto kondensatoru apakšējais izvads ir saslēgts virknē ar barošanas avota pozitīvo spaili. Līdz ar to izveidojas slēgums, kurā barošanas avots ir savienots virknē ar uzlādēto kondensatoru un ieslēgtajiem rezistoriem R1...R4. Tātad šiem rezistoriem pievadītais spriegums ir vienāds ar:

$$U_{\max} \approx U + U_{\text{uzl}}$$

Bez tam uz spaiļes Y2, kas savienota ar tranzistora VT1 aizvaru, pievadīts spriegums U_{uzl} , bet uz izteces ir barošanas avota spriegums U . Tātad kondensatora spriegums U_{uzl} nodrošina pārejas aizvars-iztece un kanāla (iztece-notece) aizvēršanu un tādēļ atlaižot slēdzi S7 tranzistors paliek aizvērts.

Kondensatora izlāde notiek caur barošanas avotu, kura iekšējā pretestība ir maza, un rezistoriem R1...R4 pa ķēdi [(+), Y1, -, +, R7, VT3, (-)]. Slēdža S7 ieslēgšanas brīdī uz rezistoriem R1...R4 (spaiļes Y1, Y2) ir maksimālā sprieguma vērtība - U_{\max} , kas notur tranzistoru aizvērtā stāvoklī. Izlādējoties kondensatoram spriegums U_{uzl} pakāpeniski samazinās. Tai brīdī, kad kondensatora spriegums samazinās līdz vērtībai $U_{\min} \approx U$, tranzistors VT1 atveras, kā rezultātā pārslēdzas Šmita trigeris (VT2 atveras, VT3 aizveras) un relejs K1 atlaižas.



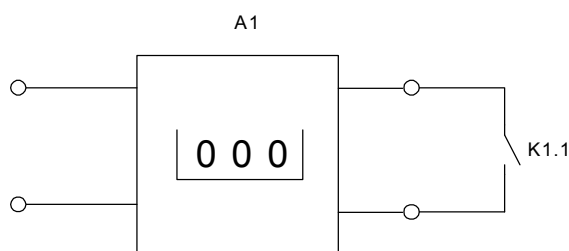
6.1. att. Elektroniskais laika relejs

Ja releja K1 kontaktus pievieno elektroniskā hronometra ieejas spailēm kā attēlots 6.2. attēlā, tad var precīzi fiksēt laiku no slēdža S7 nospiešanas brīža līdz releja atlaišanās momentam. Spriegumus U_{\max} un U_{\min} mēra starp spailēm Y1, Y2. Atbilstoša sprieguma diagramma dota 6.3. attēlā.

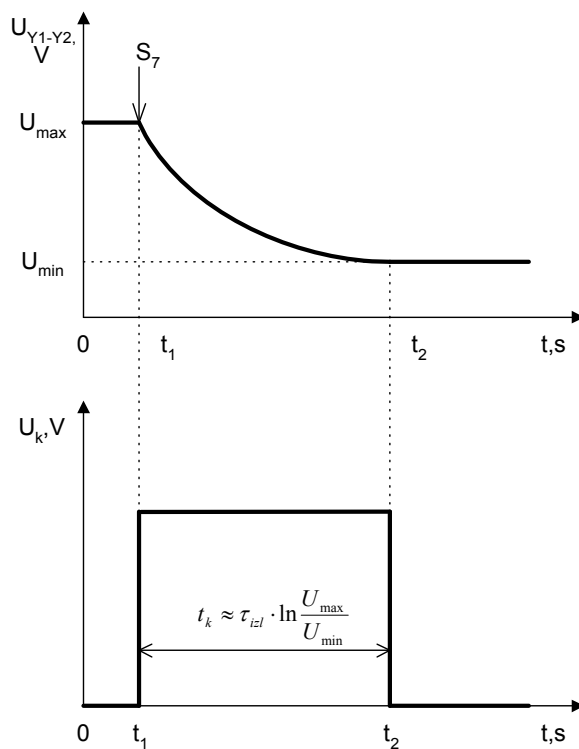
Kavējuma laiku var noteikt pēc vienādojuma:

$$t_k = \tau_{izl} \ln \frac{U_{MAX}}{U_{MIN}},$$

kur τ_{izl} – kondensatora izlādes laika konstante ($\tau_{izl} = R \cdot C$).



6.2. att. Elektroniskā hronometra pieslēguma shēma aiztures laika mērīšanai



6.3. att. Elektroniskā laika releja spriegumu diagramma

Taimeri

Taimeri ir impulsu formētāji ar maināmu impulsa ilgumu. Tos veido no dažādiem diskrētās elektronikas elementiem – komparatoriem, trigeriem, skaitītājiem u.c. ierīcēm. Taimeru darbības precizitāti nosaka galvenokārt komparatori, tādēļ tos pieskaita analogshēmām. Visus taimerus iedala divās grupās: vientakts un daudztaktu (ar iebūvētu skaitītāju).

Vientakts taimera principiālā shēma parādīta 6.4. attēlā. Ar vientakts taimeriem iespējams iegūt aiztures ar laika intervālu no 1 μ s līdz 1 stundai. Aiztures laika intervālu nosaka ārējie laika aiztures elementi R_t un C_t . Sākuma stāvoklī nosacītais slēdzis A2.1, ko veido RS trigera atgriezeniskā saite, ir ieslēgts un taimera izejā spriegums $U_{iz} \approx 0,1$ V (zems līmenis).

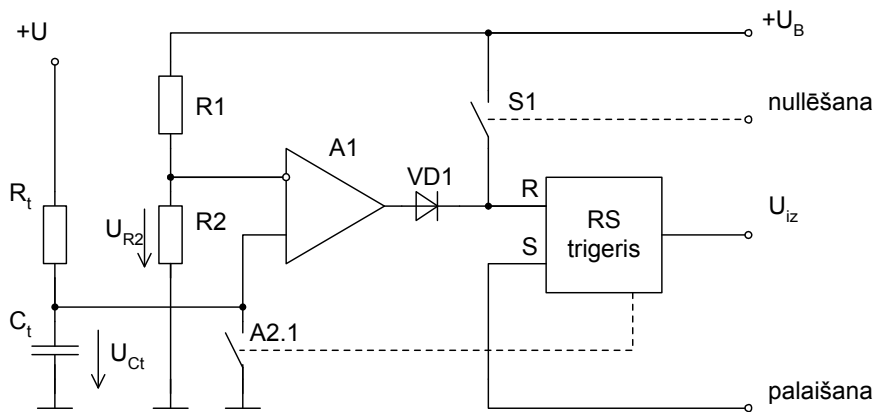
Ja padod impulsu uz trigera iestatīšanas ieeju (Set), tad slēdzis A2.1 tiek atvienots un trigera izejā parādās augsta līmeņa spriegums ($U_{iz} = 5 \div 10$ V). Slēdzis A2.1 vairs nešuntē kondensatoru C_t un sākas tā uzlāde caur rezistoru R_t .

Tā kā komparatora A1 ieejas pretestība daudzkārt pārsniedz rezistora R_t pretestību, notiek kondensatora C_t uzlāde ar laika konstanti $\tau = R_t \cdot C_t$. Tikko spriegums uz kondensatora C_t sasniedz komparatora A1 pārslēgšanās līmeni, ($U_{Ct} \geq U_{R2}$) RS trigera atgriešanas ieejā (Reset) parādās augsta līmeņa spriegums. Tā rezultātā notiek trigera pārslēgšanās un taimera izejā parādīsies zema līmeņa spriegums ($U_{iz} \approx 0,1$ V). Nosacītais slēdzis A2.1 saslēdzas un šuntē kondensatoru C_t , kā rezultātā notiek tā strauja izlāde un taimeris atgriežas sākuma stāvoklī. Komparatora pārslēgšanās spriegumu nosaka taimera iekšējais sprieguma dalītājs (rezistori R1,R2). Taimera formētā impulsa platumu var mainīt, izmainot parametrus C_t , R_t vai R2. Ja komparatora ieejas pretestība $R_{ie} \gg R_t$, tad impulsa platumu var aprēķināt pēc formulas:

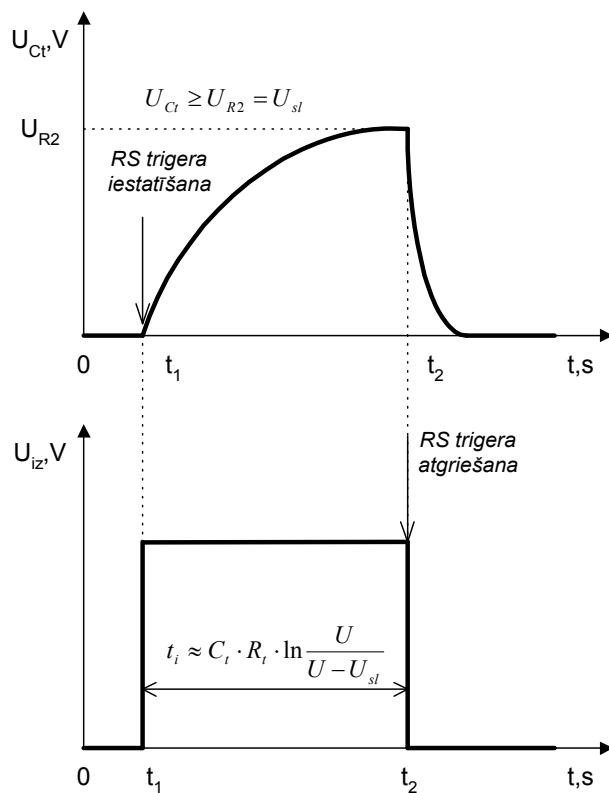
$$t_i \approx C_t \cdot R_t \ln \frac{U}{U - U_{sl}},$$

kur U_{sl} - komparatora nostrādes sliekšņa spriegums.

Taimera darbības pārtraukšanai izmanto slēdzi S1, kuru ieslēdzot taimera izejā parādās zema līmeņa spriegums un kondensators C_t izlādējas.



6.4. att. Vientakts taimera principiālā shēma



6.5. att. Sprieguma impulsa formēšanas diagrammas

Kontroles jautājumi.

1. Ar ko atšķiras vientakts taimeris no elektroniskā laika releja?
2. Kur pielieto laika relejus ar lieliem nostrādes laika kavējumiem?
3. Kas ir laika releja atlaišanās laika konstante, kādi parametri nosaka tās lielumu?
4. Kā iegūst laika aiztures lielākas par vienu stundu?

5. Kādi laika releja parametri iespaido tā darbības kavējumu uz ieslēgšanos un uz atslēgšanos?
6. Kā un kāpēc darbības kavējumu iespaido pieslēgtā kondensatora kapacitāte?
7. No kā atkarīga aiztures laika precizitāte elektroniskajos laika relejos?
8. Kā darbojas vientakts taimeris?
9. Nosaukt taimeru pielietošanas piemērus.
10. Kādas ir elektronisko laika releju un taimeru priekšrocības un trūkumi?

Literatūra.

1. J. Greivulis, J. Raņķis. "Iekārtu vadības elektroniskie elementi un mezgli." – Rīga: Avots, 1997. – 288 lpp.
2. V. Putniņš. Energosistēmu automātisko iekārtu elementi. – Rīga: RTU, 1997. -182 lpp.

Piezīmēm

Pneimoautomātikas elementi un ierīces

Darba mērķis.

Iepazīties ar pneimoautomātikas elementiem, to darbību un pielietošanas iespējām dažādās automātikas sistēmās.

Darba uzdevums.

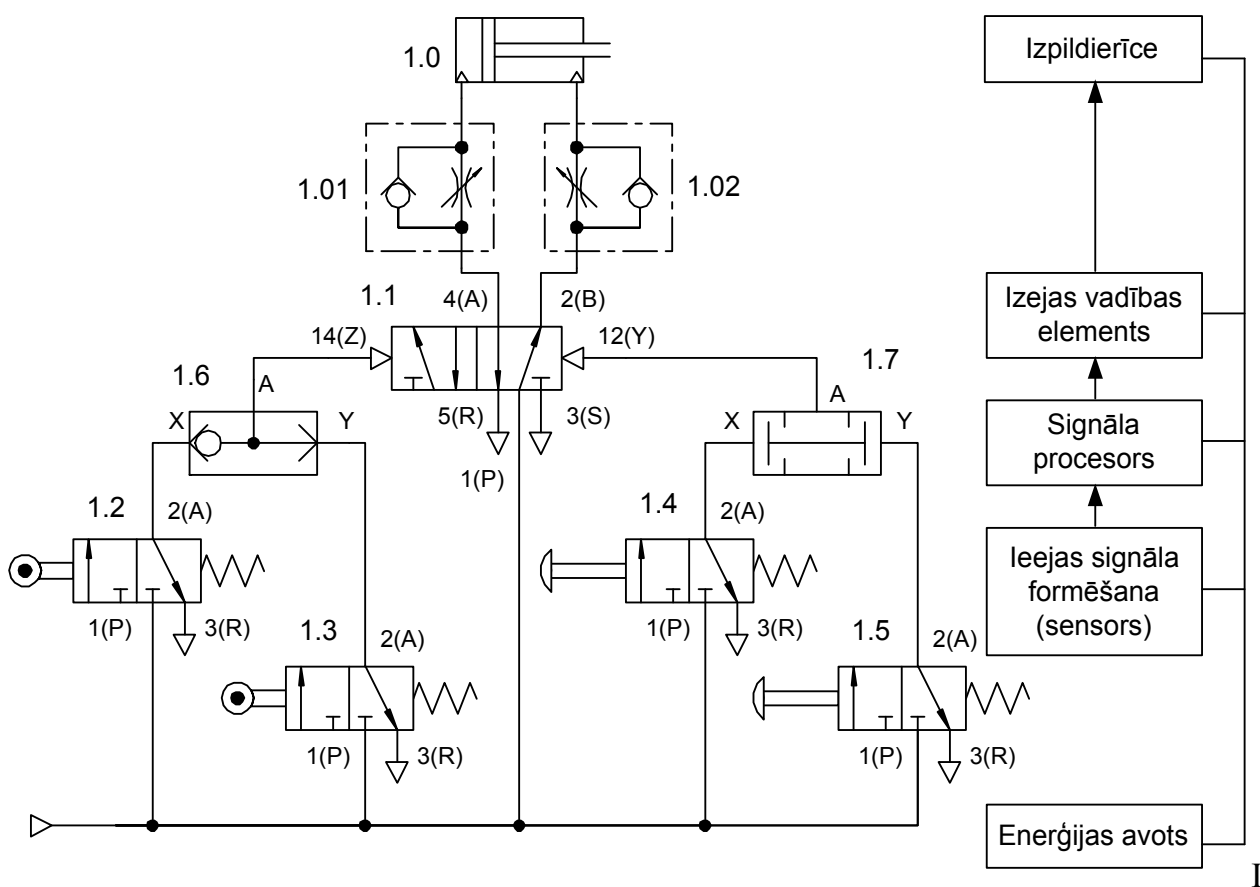
11. Iepazīties ar pneimoautomātikas elementiem, to tehniskajiem parametriem, elementu pieslēgšanas noteikumiem, un grafiskajiem apzīmējumiem.
12. Saslēgt pneimatisko shēmu ar dažādiem elementiem (7.1. att.). Iepazīties ar shēmas darbību un to aprakstīt. Sevišķu uzmanību pievērst shēmas darbības pārejas procesiem.
13. Izpētīt plūsmdaļu, loģisko elementu “UN”;”VAI”, spiediena vadības vārstu, gala slēdžu un pneimopogu darbību.
14. Izskaidrot pneimoautomātikas elementu darbību.
15. Uzzīmēt pneimoelementu darbības laika diagrammas.
16. Uzzīmēt shēmas darbības laika diagrammu, uzrādot pārslēgšanās momentus.
17. Iepazīties ar saspiesta gaisa sagatavošanas iekārtu. Pārliecināties, kā shēmas darbību iespaido pievadītā gaisa spiediena izmaiņa.

Pneimoautomātikas elementi.

Pneimoautomātiku izmanto dažādu tehnoloģisko iekārtu piedziņai un vadībai. Plašu pielietojumu tā ir ieguvusi kokapstrādes, būvmateriālu ražošanas, pārtikas rūpniecības, tekstilrūpniecības, pakošanas iekārtu, autotransporta, dzelzsceļa un citās nozarēs. Pielietojot pneimoautomātiku, var izveidot drošu vadības un spēka piedziņas shēmu, kas darba orgānam vienkārši nodrošina jebkura veida kustību, tai skaitā arī rotācijas. Gaiss ir saspiežams, tāpēc pneimopiedziņa, salīdzinot ar mehānisko un hidraulisko ir daudz elastīgāka un drošāka pret pārslodzēm. Pneimoiekārtas ir vienkāršas, ātrdarbīgas, relatīvi lētas un videi draudzīgas.

Pneimoautomātikas elementus atkarībā no izpildāmās funkcijas un pneimosistēmas vadības struktūras, var iedalīt piecās grupās:

- enerģijas avots – saspīestā gaisa sagatavošanas iekārta, kas ietver kompresoru, resīveri, spiediena reduktoru, gaisa filtru, gaisa eļļotāju;
- ieejas signāla elementi (ievadelementi sensori) – galaslēdži (vārsti), ceļa slēdži (vārsti), pneimopogas, pneimatiskie temperatūras vai spiediena mērpārveidotāji;
- pārvades elementi – signāla apstrādes elementi, procesori (plūsmdaļi, vārsti, loģiskie elementi, spiediena vadības vārsti, kontrolleri);
- izejas vadības elementi – spēka vadības ierīces (plūsmdaļi);
- izpildierīces – izpildmehanismi (pneimocilindri, pneimomotori, indikatori).

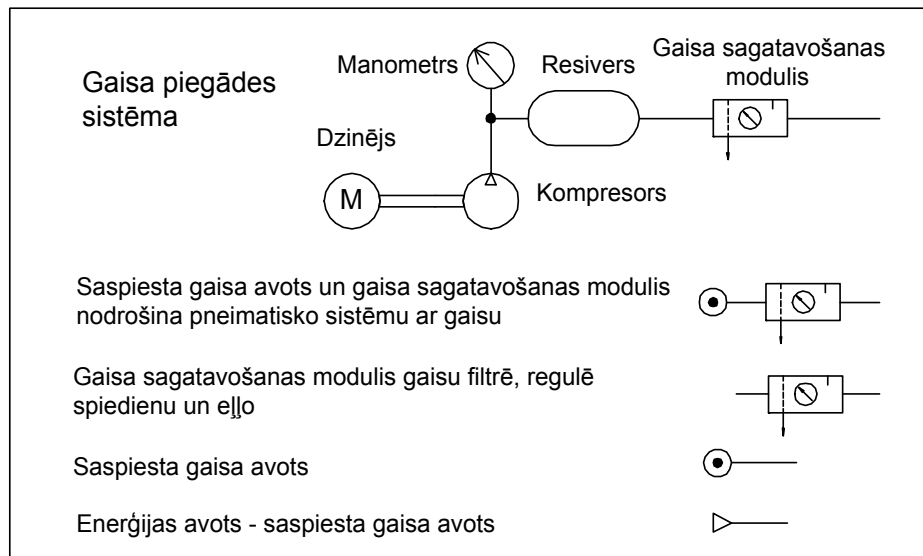


7.1.att. Pneimatiskā vadības shēma ar loģiskajiem elementiem.

Saspīestā gaisa sagatavošanas iekārta.

Gaiss tiek saspīests aptuveni 1/7 no sākotnējā tilpuma un speciāli sagatavots – filtrēts, sausināts un, ja nepieciešams, eļļots. Iekārtas projektē maksimālajam gaisa spiedienam 8 –

10 bāri, bet rekomendē izmantot ekonomiskāku spiedienu 5 – 6 bāri. Lai kompensētu spiediena kritumu sadales sistēmā, kompresoram jānodrošina spiedienu 6,5 – 7 bāri.



7.2. att. Saspiesta gaisa sagatavošanas iekārtas sastāvdaļas un apzīmējumi.

Resīvers ir balons, kas nodrošina saspiestā gaisa uzkrāšanu un izlīdzina spiediena svārstības, kuras rada neviendabīgs gaisa patēriņš. Resīvers samazina kompresora ieslēgšanās ciklu skaitu un darbojas kā gaisa rezerves avots.

Vārsti.

Atkarībā no novietojuma pneimosistēmā plūsmdaļis var būt gan sensors, gan procesors, gan izpildierīce.

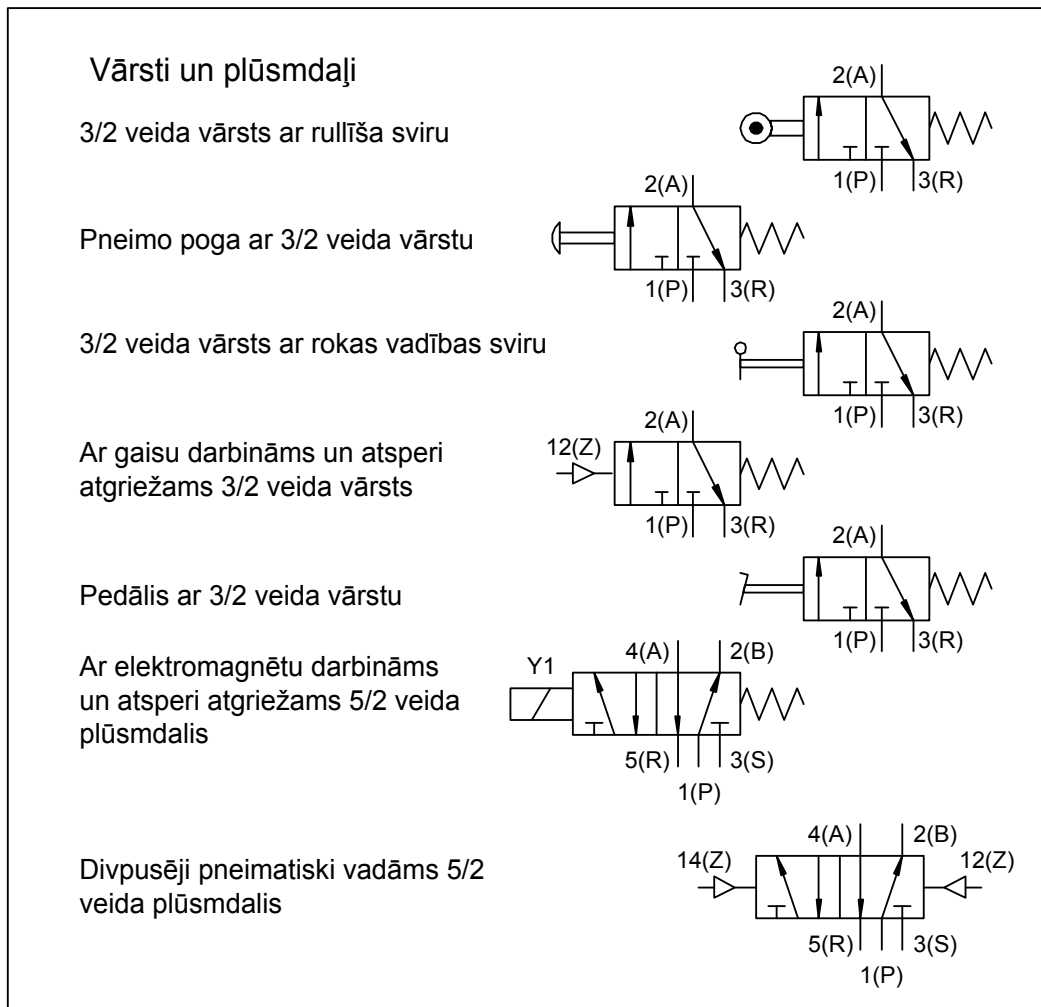
Vārstus klasificē:

- pēc izpildāmās funkcijas – virziena vadības vārsti (plūsmdaļi), vienvirziena vārsti (pretvārsti, sprostvārsti), spiediena regulēšanas vārsti (drošības vārsti, redukcijas vārsti), kombinētie vārsti (loģisko funkciju “UN”, “VAI” vārsti);
- pēc darbināšanas veida – rokas vadība, gaisa vadība, spiediena starpības vadība, elektromagnēta vadība uc;
- pēc konstrukcijas – atsevišķi elementi, iebūvēti blokā, kombinēti ar integrētu vadības elektroniku utt.

Vārstu apzīmēšanai izmanto sekojošus raksturojošos lielumus:

- pievadu skaits (2, 3, 4, 5);

- pozīciju skaits (2 pozīcijas, 3 pozīcijas);
- vārsta vadības (piedziņas) veids (mehaniskais, rokas, gaisa, elektromagnēta);
- izslēgšanas (atgriešana sākuma sāvoklī) veids (ar atsperi, ar gaisu).



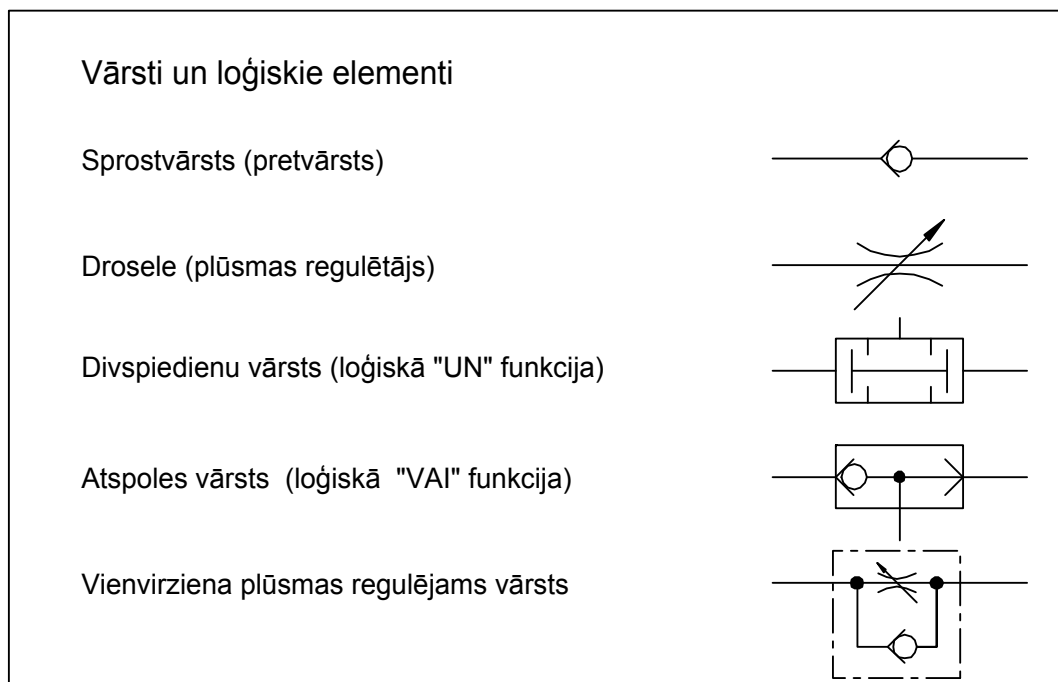
7.3. Virziena vadības vārsti – plūsmdaļi gaisa plūsmas pārslēgšanai līnijās.

Plūsmdaļa apzīmējums 3/2 nozīmē, ka šim plūsmdalim ir 3 pievadi un 2 pozīcijas. Pēc ISO 5599, vārstu pievadiem lieto šādus apzīmējumus: 1(P) - spiediena pievads; 3(R), 3(S), 5(R) – izplūdes pievadi; 2(A), 2(B), 4(A) – izejas pievadi; 12(Z), 12(Y) – atver plūsmu 1-2; 14(Z) – atver plūsmu 1-4; 10(Z), 10(Y) – plūsmas aizvēršana.

Sprostvārsts (pretvārsts) ir viens no pneimatikas pamatelementiem un funkcionāli tas darbojas līdzīgi diodei līdzstrāvas ķēdēs. Sprostvārsts ir neatgriezeniskas darbības vārsts un tas laiž gaisa plūsmu tikai vienā virzienā.

Drosele ir regulējams caurplūdes vārsts. Ar šī vārsta palīdzību var iestatīt nepieciešamo gaisa padeves daudzumu pneimatiskajai sistēmai, tādā veidā nodrošinot sistēmas darbības ātrumu.

Vienvirziena plūsmas regulējamais vārsts ir pielietojams gaisa plūsmas ierobežošanai vienā virzienā, pretējā virzienā caurplūde notiek ar minimālu pretestību. Šo vārstu izmanto pneimocilindra kustības ātruma ierobežošanai.



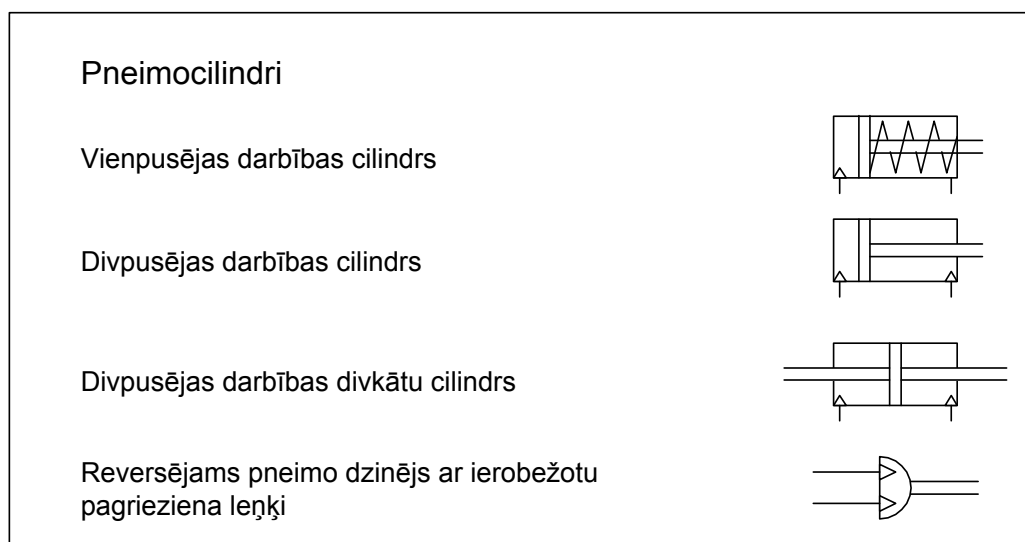
Kā signāla apstrādes elementus pneimoautomātikas sistēmās izmanto sprostvārstus, loģiskos elementus "UN" un "VAI". Signāla apstrādei izmanto arī pneimatiskos laika relejus, spiediena salīdzināšanas vārstus un citas ierīces.

Divspiedienu vārsts izpilda loģisko funkciju "UN", tas nozīmē, ka caur šo elementu gaiss plūst tikai tad, ja uz abām ieejām ir padots vienāds spiediens. Ja spiedienu padod tikai uz vienu no ieejām, no izejas gaiss neplūst.

Atspoles vārsts izpilda loģisko funkciju "VAI". Gaiss iet caur šo vārstu ja padod spiedienu uz jebkuru no ieejām. Plūsma notiek tikai no ieejas uz izeju. Ceļš gaisam no vienas ieejas uz otru ir slēgts.

Izpildierīces - pneimocilindri.

Pneimo automātikas izpildierīces var nodrošināt lineāru, svārstveida un rotējošu kustību. Izpildierīces var nodrošināt detaļu vai materiālu iespīlēšanu, pārvietošanu, pozicionēšanu un orientēšanu. Tās pielieto dažādās automatizētajās iekārtās: iesaiņošanā, materiālu iekraušanā, detaļu padevē, virpošanā, šķirošanā, detaļu orientēšanā, štancēšanā, presēšanā un citos tehnoloģiskajos procesos.



Vienpusējas darbības cilindri ar gaisa radīto spēku pārvietojas tikai vienā virzienā, virzuļa atgriešanai sākuma stāvoklī izmanto atsperes spēku. Divpusējas darbības cilindra virzulis pie viena un tā paša gaisa spiediena un plūsmas pretējos virzienos pārvietojas ar dažādiem ātrumiem un spēku. No iepriekš minētā trūkuma ir atbrīvots divpusējas darbības divkātu pneimocilindrs.

Reversējamos pneimodzinējus izmanto darba mašīnas, vai manipulatora grozīšanai pa aploci ar noteiktu pagriezienu leņķi.

Kā izpildierīces var būt pneimodzinēji ar nepārtrauktu kustību. Gaisa dzinēji parasti ir ar lielu rotācijas frekvenci un tos izmanto dažādu darba orgānu piedziņai, piemēram, slīpēšanai, urbšanai, frēzēšanai.

Kā izejas darba orgāns var būt arī piesūcekņi. Tos izmanto detaļu pozicionēšanai. Šai gadījumā darbojas nevis saspīests gaiss, bet vakuums. Pneimoautomātikas sistēmās vakuumu bieži vien iegūst no saspīesta gaisa ar inžektoru vai mikroturbīnu-vakuumsūkni. Vakuuma sagatavošanai var izmantot speciālu iekārtu.

Kontroles jautājumi.

1. No kādiem elementiem sastāv saspiesta gaisa sagatavošanas aparātūra?
2. Kas raksturo saspiesta gaisa sagatavošanas kvalitāti?
3. Kā darbojas divspiedienu vārsts, kādu loģisko funkciju tas realizē?
4. Kas ir drosele, kādās pneimomātikas ierīcēs to izmanto?
5. Kādi ir pneimocilindru veidi, un kur tos izmanto izmanto?
6. Kā uzbūvēts atspoles vārsts, kādu loģisko funkciju tas realizē?
7. Kā darbojas sprostvārsts, kādam nolūkam to izmanto?
8. Kādi ir plūsmdaļu veidi, kur tos izmanto?
9. Kā darbojas pneimatiskais ceļa slēdzis (gala slēdzis)?
10. Kā saspiestā gaisa spiediens iespaido automātikas sistēmas darbību?
11. Kādu gaisa spiedienu izmanto pneimo automātikas sistēmās?
12. Kādas ir galvenās pneimo automātikas elementu grupas.

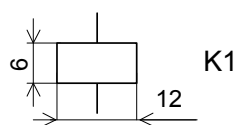
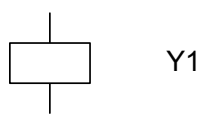
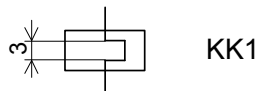
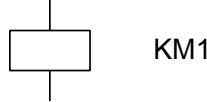
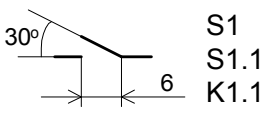
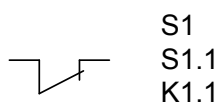
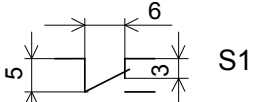
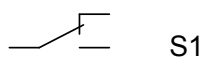
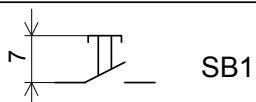
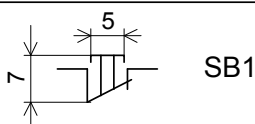
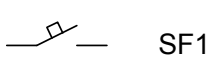
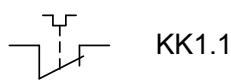
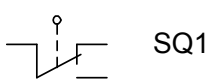
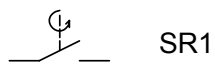
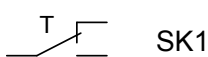
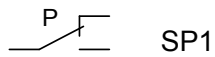
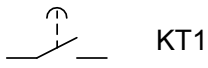
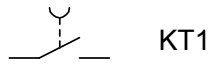
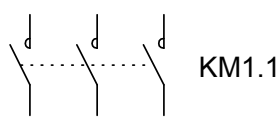
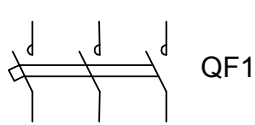
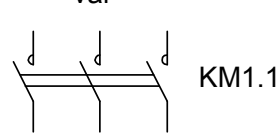
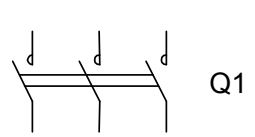

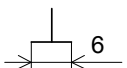
Literatūra.

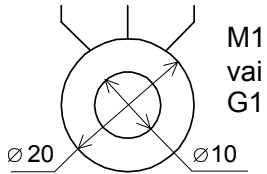
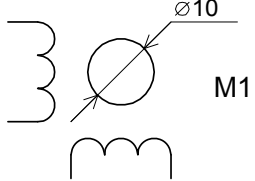
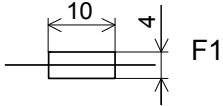
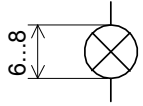
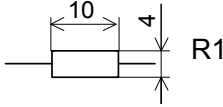
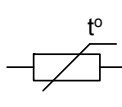
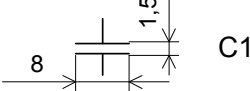

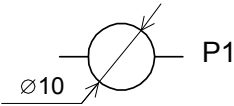
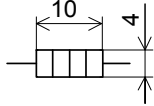
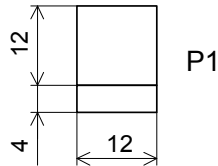
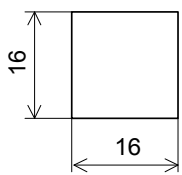
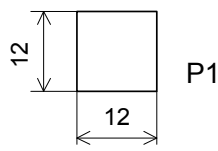
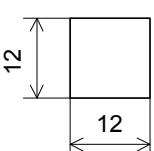
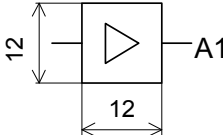
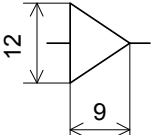
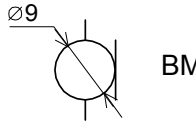
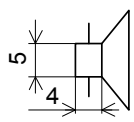
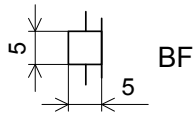
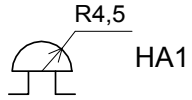
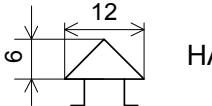
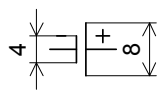
1. Croser P. Pneimatika. Pamatlīmenis TP101. Mācību grāmata. -Rīga.: Festo SIA, 2000. - 219 lpp.

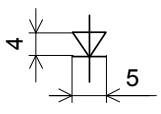






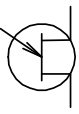
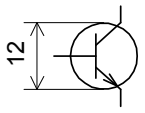
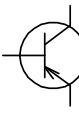
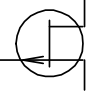
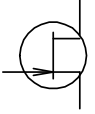
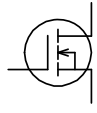
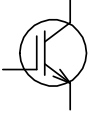
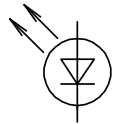
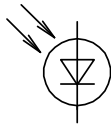
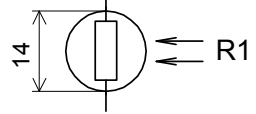
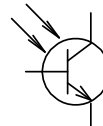
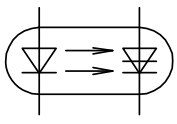
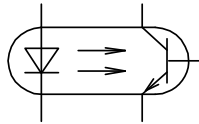
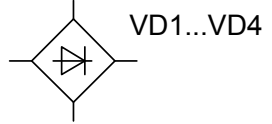
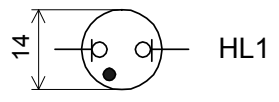
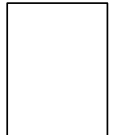
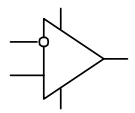
Piezīmēm



Elektrotehnikas un elektronikas elementu apzīmējumi

Nosaukums	Apzīmējums	Nosaukums	Apzīmējums
Relejs	 K1	Elektromagnētiskā vārsta solenoids	 Y1
Siltumrelejs	 KK1	Magnētiskais palaidējs, kontaktors	 KM1
Slēdzis, saslēdzošie kontakti	 S1 S1.1 K1.1	Slēdzis, atslēdzošie kontakti	 S1 S1.1 K1.1
Pārslēdzošie kontakti	 S1	Pārslēdzošie kontakti	 S1
Spiedpoga	 SB1	Spiedpoga	 SB1
Automātiskais atslēdzējs	 SF1	Siltumreleja kontakti	 KK1.1
Ceļa slēdzis	 SQ1	Rotācijas slēdzis	 SR1
Temperatūras slēdzis	 SK1	Spiediena slēdzis	 SP1
Laika relejs, ieslēdz ar kavējumu	 KT1	Laika relejs, atslēdz ar kavējumu	 KT1
3 polu magnētiskā palaidēja, kontaktora spēka kontakti	 KM1.1	3 polu automātiskais atslēdzējs	 QF1
	 KM1.1	3 polu spēka slēdzis, svirslēdzis, paketslēdzis	 Q1
Zemējums		Korpuss	

Nosaukums	Apzīmējums	Nosaukums	Apzīmējums
Elektriskā mašīna, elektromotors, ģenerators	 M1 vai G1	Vienfāzu asinhronais motors	 M1
Kūstošais drošinātājs	 F1	Signālspuldze, kvēlspuldze	 HL1 EL1
Rezistors	 R1	Termorezistors	 RK1
Kondensators	 C1	Elektrolītiskais kondensators	 C1
Elektriskais mērinstruments	 P1	Elektriskais sildelements	 EK1
Integrējošs mērinstruments, aktīvās, reaktīvās enerģijas skaitītājs	 P1	Elektriskais sildītājs	 EK1
Reģistrējošais elektriskais mērinstruments	 P1	Aparāts, funkcionāla ierīce	 A1
Pastiprinātājs	 A1	Pastiprinātājs	 A1
Mikrofons	 BM1	Skajrunis	 BA1
Telefons	 BF1	Zvans	 HA1
Sirēna	 HA1	Baterija, galveniskais elements	 G1

Nosaukums	Apzīmējums	Nosaukums	Apzīmējums
Diode	 VD1	Tiristors, dinistors	 VS1
Stabilitrons, Zenera diode	 VD1	Tiristors, trinistors	 VS1
Simetriskais stabilitrons	 VD1	Simetrisks tiristors, simistors, triaks	 VS1
Varikaps	 VD1	Vienpārejas tranzistors	 VT1
Tranzistors ar npn pāreju	 VT1	Tranzistors ar pnp pāreju	 VT1
Lauktranzistors ar p kanālu	 VT1	Lauktranzistors ar n kanālu	 VT1
MOP lauk- tranzistors	 VT1	IGBT tranzistors ar npn pāreju	 VT1
Gaismas diode	 HL1	Foto diode	 VD1
Foto rezistors	 R1	Foto tranzistors	 VT1
Tiristora optrons	 A1	Tranzistora optrons	 A1
Tilta taisngriezis	 VD1...VD4	Neona lampiņa	 HL1
Ciparu mikroshēma analogā mikroshēma	 DD1 DA1	Operacionālais pastiprinātājs	 DA1

Saturs

1. Drošības tehnikas instrukcija	3
2. Metāla termopāri	6
3. Metāla un pusvadītāju termorezistori	13
4. Fotorezistori, fotodiodes un fotoreleji	20
5. Elektromagnētiskie līdzstrāvas un maiņstrāvas releji	30
6. Elektromagnētiskie laika releji un impulsu ģeneratori	39
7. Elektroniskie laika releji un taimeru	47
8. Pneumoautomātikas elementi un ierīces	54
9. Pielikums. Elektrotehnikas un elektronikas elementu apzīmējumi	61