

ALGIMANTAS ČEPULKAUSKAS

RADIOELEKTRONIKOS PRAKTIKUMAS

1 dalis

Mokymo - metodinė priemonė

Vilnius, 1998

UDK 621.396.6(075.8)
Če212

Recenzentai:

prof.,hab.dr. A.Audzijonis
doc.,dr. S.Šalavėjus

Algimantas Čepulkauskas
RADIOELEKTRONIKOS PRAKTIKUMAS. 1 dalis.
Mokymo - metodinė priemonė. - Vilnius.
Spausdino ir išleido VPU leidykla, 1998.

© Algimantas Čepulkauskas, 1998

PRATARMĖ

Radioelektroninės priemonės vis plačiau naudojamos įvairiose mokslo, pramonės ir kultūros srityse. Su įvairiais radioelektroniniais prietaisais ir įrenginiais nuolat susiduria daugelio profesijų ir specialybių žmonės.

Fizikos ir technologijos mokytojai savo tiesioginiame darbe pritaiko ir naudoja įvairius demonstracinius, kontrolės, matavimo ir kt. elektroninius prietaisus. Todėl jiems reikalingi konstravimo ir praktinio darbo su elektroninėmis schemomis bei prietaisais įgūdžiai. Be to, mokytojas turėtų mokėti paaiškinti moksleiviams radioelektroninių schemų veikimo, montavimo ir derinimo principus ir, esant galimybei, suorganizuoti bei vadovauti radiotechninio arba elektroninio pobūdžio techninės kūrybos būreliui. Juk teisingai naudotis radijo imtuvu, televizoriumi arba magnetofonu nesunkiai išmoksta netgi ikimokyklinio amžiaus vaikai. Tačiau visai kas kita - išmokyti moksleivius pasigaminti juos sudominusį radioelektroninį įrenginį arba nustatyti ir pašalinti gedimus buitinėje aparatūroje.

Mokymo-metodinė priemonė "Radioelektronikos praktikumas" skirta Vilniaus pedagoginio universiteto Fizikos ir technologijos fakulteto studentams bakalaurams, dirbantiems pagal programą RTP-212 "Radijo praktikumas". Ji susideda iš dviejų dalių. Pirmoje dalyje supažindinama su radiotechninių matavimų principais, radioelektroninės aparatūros elementais, puslaidininkiniais prietaisais ir integralinėmis schemomis, elektronikos principinių schemų braižymų taisyklėmis ir žymenimis, radiomontažo darbų atlikimo metodika ir saugaus darbo reikalavimais.

Antroje dalyje aprašoma darbo eiga ir studentų atsiskaitymo tvarka radioelektronikos praktikumo laboratorijoje. Pateikiamos tipinės radioelektroninės schemas, jų režimų skaičiavimo ir derinimo metodika. Jas studentai išnagrinėja, sumontuoja ir suderina praktikos darbų metu. Studentų konstruojamos radioelektroninės schemas sumodeliuojamos, jų parametrai ir darbo režimai patikrinami naudojant mokomąsias taikomąsias elektronikos kompiuterines programas "Crocodile Clips" arba "Electronic Workbench" (vers.5).

Šia mokymo-metodine priemone taip pat galėtų naudotis pedagogai, pravedantys su elektronika susietus darbus vidurinės mokyklose ir gimnazijose bei vyresniųjų klasių mokiniai, norintys savarankiškai susipažinti su radiotechninių matavimų principais, radijo aparatūros detalėmis, schemų braižymo taisyklėmis bei nesudėtingų radiomontažo darbų technologija.

I. RADIOTECHNINIAI MATAVIMAI

Konstruojant ir montuojant radioelektroninę aparatūrą, tenka atlikti įvairius radiotechninius matavimus. Jais kiekybiškai įvertinami įvairūs aparatūros parametrai. Radiotechniniai matavimai svarbūs eksploatuojant bei remontuojant įvairius elektroninius prietaisus, naudojamus vidurinėse mokyklose fizikos bei darbų technologijų pamokose - generatorius, stiprintuvus, lygintuvus ir kt.

Montuojant radioelektroninius įrenginius pagal gausioje populiarioje radiotechninėje literatūroje pateiktas schemas bei jų aprašymus, taip pat reikia mokėti patikrinti radijo detalių parametrus, darbo režimus, jungtis ir montažo kokybę.

1.1. Radiotechninių matavimų metodai

Radiotechniniais matavimais vadinami įvairių elektrinių dydžių matavimai, atliekami plačiame dažnių intervale.

Dauguma rodyklinių matavimo prietaisų, dirbančių nuolatine arba kintamąja 50 Hz dažnio srove, radijo matavimams nebetinka. Pavyzdžiui, elektromagnetinės ir ferodinaminės sistemų prietaisai, esant aukštiems dažniams, matavimams nenaudojami. Jų induktyviosios įėjimo varžos ir sūkurinių srovių sukeliama nuostoliai, didėjant dažniui, sparčiai didėja. Radiotechniniams matavimams dažniausiai naudojami termoelektrinės, elektroninės arba lygintuvinės sistemos rodykliniai prietaisai.

Aukštų dažnių diapazone matavimams didelę įtaką turi parazitinės talpos ir induktyvumai. Jų varža labai priklauso nuo signalo dažnio. Todėl ir daugelio elektrinių dydžių matavimo rezultatų tikslumas taip pat nuo jo priklauso. Kita radiotechninių matavimų ypatybė yra sunkumai, išskylantys matuojant sroves bei įtampas plačiame dažnių intervale, kadangi matavimo prietaiso įėjimo varža keičiasi kintant signalo dažniui.

Radiotechniniams matavimams naudojami trys pagrindiniai metodai:

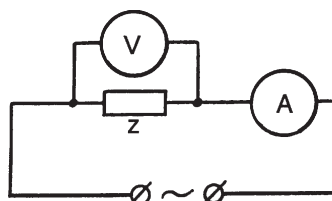
1. **Tiesioginės atskaitos metodas.** Matuojamasis dydis atskaitomas pagal matavimo prietaiso, sugraduoto matuojamojo dydžio vienetais, parodymus. Dažniausiai matuojamasis dydis atskaitomas tiesiog matavimo prietaiso skalėje. Šis metodas paprastas ir nereikalauja specialių žinių.

2. **Netiesioginio matavimo metodas.** Šiuo atveju ieškomasis dydis apskaičiuojamas iš tiesioginės atskaitos metodais išmatuotų kitų dydžių. Šie dydžiai su ieškumu dydžiu yra susiję tam tikra funkcinė priklausomybe.

Paprasčiausias netiesioginio matavimo metodo pavyzdys yra varžos matavimas voltmetro-ampermetro pagalba, kai pagal išmatuotas srovės ir įtampas reikšmes apskaičiuojama varža. Šio matavimo esmė - Omo dėsnio taikymas grandinės elementui (1 pav.):

$$Z = \frac{U}{I}. \quad (1.01)$$

Šis metodas gali būti panaudotas ne tik aktyviajai varžai, bet ir talpai bei induktyvumui matuoti. Matavimo metu ampermetras rodydidesnę srovę, negu tą, kuri iš tikrųjų teka pro varžą Z . Šia schema matuojama su paklaida, kuri priklauso nuo voltmetro varžos, šuntuojančios matuojamą varžą. Kuo didesnė Z ir kuo mažesnė voltmetro varža, tuo didesnė bus matavimo paklaida.



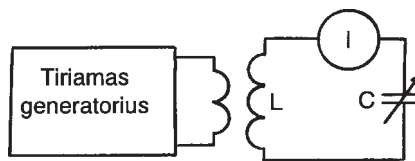
1 pav. Netiesioginis varžos matavimas.

Matuojant ampermetro-voltmetro metodu, paklaidos atsiranda ne tik dėl šuntuojančio voltmetro poveikio grandinės elektriniam režimui, bet ir dėl to, kad paprastai naudojami pigūs žemos tikslumo klasės voltmetrai ir ampermetrai.

Kitas netiesioginio matavimo metodo pavyzdys - rezonansinis matavimo būdas. Čia panaudojamos rezonansinės virpesių kontūro savybės. Rezonansinis dažnis ir kontūro parametrai susieti priklausomybe:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (1.02)$$

Remiantis šia priklausomybe, galima matuoti dažnį (f), talpą (C), arba induktyvumą (L), žinant kitus du dydžius, įeinančius į šią formulę. Rezonansinis dažnomatis - tai virpesių kontūras su rezonanso indikatoriumi I (2 pav.).



2 pav. Rezonansinio dažnomačio schema.

Kontūro kintamos talpos kondensatoriaus skalė graduojama dažnio reikšmėmis. Kad vienas dažnomatis padengtų platesnį dažnių diapazoną, paprastai naudojama keletas perjungiamų ričių.

3. Palyginimo metodas. Bandomojo elektroninio įrenginio parametrai palyginami su pavyzdinio įrenginio parametrais. Palyginimo metodo grupei priklauso signalų plakimūsi matavimas, dažnio matavimas oscilografu (panaudojant Lisažū figūras) ir kt.

Panagrinėkime plakimūsi matavimo būdą. Plakimaisi yra sudėtingi virpesiai, gaunami sumaišius du skirtingo dažnio harmoninius virpesius f_1 ir f_2 (3 pav.).

Plakimūsi virpesiams būdinga tai, kad jų amplitudė kinta dažniu F , kuris lygus sumaišytų virpesių dažnių skirtumui. Tai paaiškinama taip, kad maišant skirtingus dažnius f_1 ir f_2 , fazinis kampas tarp virpesių periodiškai kinta. Jei virpesių fazės sutampa, plakimūsi amplitudė didėja, jei jos priešingos - mažėja.

Jei dažniai vienodi, atstojamasis virpesys bus pastovios amplitudės, priklausančios nuo fazinio kampo, o plakimūsi reiškinio nebus.

Priklausomai nuo amplitudės kitimo dažnio, plakimaisi gali būti nuliniai, garsiniai ir aukšto dažnio. Nuliniais vadinami plakimaisi, kurių amplitudė kinta dažniu, žemesniu už (15÷-20) Hz (t.y. žmogaus ausiai negirdimu dažniu). Jei plakimūsi amplitudė kinta garsiniu dažniu, jie vadinasi garsiniais, jei aukštu - aukšto dažnio.

Radiotechniniuose matavimuose plačiausiai naudojami nuliniai plakimaisi. Tuomet, panaudojant išskiriantį skirtuminį dažnį keitiklį, galima labai tiksliai sulygtinti du dažnius.

1.2. Matavimų paklaidos

Absoliučiai tiksliai negalima išmatuoti jokio dydžio. Net matuojant didžiausio tikslumo prietaisais, gausime ne tikrąją, bet apytikslę matuojamojo dydžio vertę.

Visi matavimai atliekami tam tikru tikslumu. Tai priklauso nuo naudojamos aparatūros, metodikos, išorinių sąlygų ir kt. faktorių. Radiotechninių, kaip ir elektrinių, matavimų tikslumo laipsnis apibūdinamas matavimo paklaida. Visas paklaidas, su kuriomis susiduriama matavimų technikoje, galima suskirstyti į dvi grupes - pagrindines paklaidas ir papildomas paklaidas.

Pagrindinės paklaidos - tai paklaidos, kurios atsiranda esant normalioms darbo sąlygoms (tam tikrai aplinkos temperatūrai, signalų dažniui, maitinimo įtampai ir t.t.). Jos įvertinamos matuojamojo dydžio vienetais (absoliutinės paklaidos) arba procentais (santykinės paklaidos).

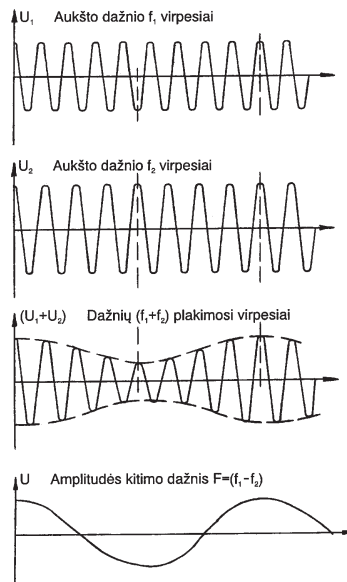
Papildomos paklaidos - tai paklaidos, kurios atsiranda nukrypęs nuo normalių darbo sąlygų (aplinkos temperatūros, maitinimo įtampos dydžio ir t.t.). Jos skirstomos į sisteminės ir atsitiktinės papildomas paklaidas.

Absoliutinė matavimo paklaida ΔA išreiškiama prietaiso parodymo A ir tikrosios matuojamo dydžio reikšmės A_t skirtumu. A_t reikšmė gaunama matuojant etaloniniu labai tikslu prietaisu

$$\Delta A = A - A_t \quad (1.03)$$

Absoliutinė paklaida su priešingu ženklu vadinama pataisa C

$$C = -\Delta A \quad (1.04)$$



3 pav. Harmoninių virpesių dažnio matavimas palyginimo metodu.

Reikia pažymėti, kad apskaičiuoti tikrąją dydžio reikšmę A_t bendru atveju negalima, nes nežinoma absoliutinė paklaida ΔA .

Praktikoje nepatogu naudotis absoliutine paklaida ΔA , nes prietaisai paprastai turi kelias skales su skirtingais matavimo intervalais, kuriuose absoliutinė paklaida yra skirtinga. Žymiai patogiau prietaiso matavimo tikslumą išreikšti santykinėmis paklaidomis.

Tikroji santykinė paklaida δ_t išreiškiama procentais. Ji lygi absoliutinės paklaidos santykiui su tikrąja matuojamo dydžio reikšme A_t :

$$\delta_t = \frac{\Delta A}{A_t} \cdot 100\% . \quad (1.05)$$

Vardinė santykinė paklaida yra absoliutinės paklaidos santykis su prietaiso parodymu A :

$$\delta_v = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\% . \quad (1.06)$$

Redukuota santykinė paklaida yra absoliutinės paklaidos santykis su didžiausia prietaiso skalės reikšme $A_{pr. \max}$:

$$\delta_r = \frac{\Delta A}{A_{pr. \max}} \cdot 100\% . \quad (1.07)$$

Redukuota santykinė paklaida nusako elektrinio matavimo prietaiso tikslumo klasę. Populiariausios devynios tikslumo klasės: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Naudojant prietaisus su keliais matavimo intervalais (skalėmis) reikia parinkti tokį intervalą, kuriame rodyklė atsilenkia maksimaliai. Tada tikroji paklaida bus artima vardinei paklaidai.

Jeigu matavimo intervalas parinktas taip, kad matavimo metu rodyklė atsilenkia nedaug, labai išauga vardinė santykinė paklaida. Tai iliustruoja šis pavyzdys.

Pavyzdys. Reikia nustatyti vardines santykinės paklaidas, kurios gaunamos matuojant 150 mA, 50 mA ir 10 mA srovės 2,5 klasės tikslumo miliampermetru (0÷200) mA skalėje.

Maksimalią absoliutinę paklaidą nustatome pagal formulę (1.07):

$$\Delta I = \frac{\delta_r \cdot A_{pr. \max}}{100\%} = \frac{\pm 2,5\% \cdot 200mA}{100\%} = \pm 5mA .$$

Matuojant 150 mA srovę vardinė santykinė paklaida:

$$\delta_{v_1} = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\% = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% = \frac{\pm 5mA}{150mA} \cdot 100\% = \pm 3,3\% .$$

Matuojant 50 mA srovę:

$$\delta_{v_2} = \frac{\pm 5mA}{50mA} \cdot 100\% = \pm 10\% .$$

Matuojant 10 mA srovę:

$$\delta_{v_3} = \frac{\pm 5mA}{10mA} \cdot 100\% = \pm 50\% .$$

Matome, kad matuojant sroves, kurios nedaug atlenkia prietaiso rodyklę, gaunama didelė matavimo paklaida.

1.3. Srovių ir įtampų matavimas

Srovė ir įtampa - tai pagrindiniai parametrai, apibūdinantys elektrinės grandinės darbo režimą. Šių dydžių matavimo metodai ir prietaisai yra labai įvairūs ir priklauso nuo srovės rūšies (kintama ji ar nuolatinė), matuojamo dydžio intervalo, matavimo tikslumo bei signalų dažnio.

Nuolatinė srovė ir įtampa paprastai matuojama magnetoelektriniais prietaisais, kurių veikimo principas paremtas pastovaus magnetinio lauko ir ritės, kuria teka srovė, tarpusavio sąveika. Ampermetras arba voltmetras, įjungti į tiriamąją grandinę, pakeičia matuojamąjį dydį. Todėl išmatuotas dydis skiriasi nuo matuojamojo dydžio reikšmės, kuri buvo prieš įjungiant matavimo prietaisus. Taip yra todėl, kad ampermetro varža nelygi nuliui, o voltmetro varža nelygi begalybei.

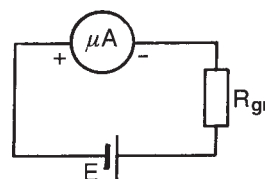
Ampermetro varža nuolatinei srovei, kuri vadinama prietaiso vidaus varža R_i , turi būti žymiai (apie 10 kartų) mažesnė už matuojamos grandinės varžą R_{gr} .

Matuojant nedidelę nuolatinę srovę magnetoelektriniais prietaisais, visa srovė teka prietaiso rite. Matuojant stipresnes sroves, naudojami šuntai (papildomos lygiagrečios varžos), pro kuriuos prateka didesnioji srovės dalis, o mažesnioji srovės dalis prateka pro matavimo prietaisą.

Pavyzdys 1. Miliampermetru $M24$, kurio srovės matavimo riba $I_{max}=100\mu A$ ir vidaus varža $R_i=670\Omega$, reikia išmatuoti 1 mA srovę. Tuo atveju per miliampermetrą turi tekėti $100\mu A$ srovė, o per šuntą $900\mu A$ srovė. Todėl šunto varža R_s turi būti 9 kartus mažesnė už prietaiso vidaus varžą:

$$R_s = \frac{R_i}{9} = \frac{670}{9} \cong 74,5\Omega .$$

Matuojant įtampą voltmetras jungiamas lygiagrečiai tai grandinės daliai, kurios įtampą matuojame (lygiagrečiai rezistoriui, maitinimo blokui ir pan.). Rodykliniuose voltmetruose indikatoriais panaudojami miliampermetrai. Tam, kad padidintume voltmetro vidaus varžą R_i , nuosekliai miliampermetrui jungiama didelė varža, kuri vadinama priešvarže R_{pr} (5 pav.).



4 pav. Nuolatinės srovės matavimo schema.

Pavyzdys 2. Panaudokime miliampermetrą M24 įtampos matavimui. Miliampermetro pilno rodyklės atsilenkimo srovė $I_{max}=100\mu A$, vidaus varža $R_i=670\Omega$. Lygiagrečiai prijungus miliampermetrą prie matuojamos grandinės, galėsime išmatuoti tik nedidelę įtampą

$$U_1=100 \cdot 10^{-6} A \cdot 670 \Omega = 0,067 V = 67 mV.$$

Apskaičiuokime, kokią priešvaržę R_{pr} reikia prijungti nuosekliai miliampermetrui, kad galėtume išmatuoti maksimalią įtampą $U_2=1 V$.

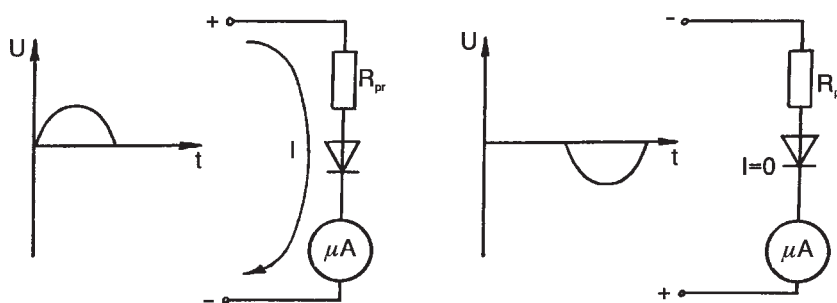
$$U_2 = I_{max} \cdot (R_i + R_{pr}); \quad (1.08)$$

$$R_{pr} = \frac{U_2}{I_{max}} - R_i = \frac{1}{100 \cdot 10^{-6}} - 670;$$

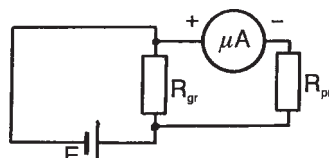
$$R_{pr} = 10.000 - 670 = 9330 \Omega = 9,33 k\Omega.$$

Panaudojant ne vieną, bet kelias priešvaržes, gaunami kelių matavimo ribų voltmetrai.

Žemo dažnio kintamai srovei ir įtampai matuoti naudojami nesudėtingi lygintuvinės sistemos prietaisai. Juose kintamoji srovė išlyginama puslaidininkiniu diodu, o po to matuojama išlygintos srovės nuolatinė dedamoji magnetoelektrinės sistemos prietaisu. 6 pav. pavaizduotas lygintuvinės sistemos voltmetro veikimo principas. Kadangi diodas praleidžia srovę tik viena kryptimi, srovė per mikroampermetrą tekės teigiamų pusperiodžių metu. Tada rodyklė atsilenkia į dešinę. Jos atsilenkimo kampas proporcingas pratekančiai srovei, o tuo pačiu ir įtampai. Neigiamo pusperiodžio metu srovė neprateka, todėl rodyklė pradės grįžti atgal. Dėl matavimo mechanizmo inertiškumo rodyklė nepasieks maksimalaus atsilenkimo padėties, tačiau ir negrįš į nulinę padėtį. Ji užims tarpinę padėtį, proporcingą matuojamos kintamos srovės nuolatininei dedamajai.



6 pav. Žemo dažnio kintamos įtampos matavimo principas.



5 pav. Nuolatinės įtampos matavimo schema

Aukšto dažnio kintamai įtampai matuoti naudojami sudėtingi termoelektrinės ir elektrosstatinės sistemos voltmetrai.

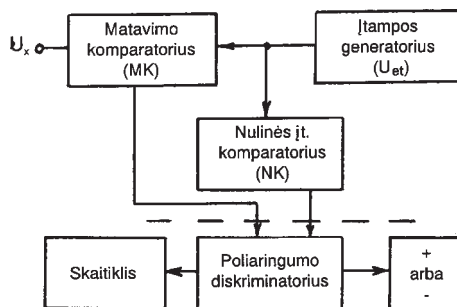
Šiuo metu plačiai naudojami skaitmeniniai voltmetrai, kurie sudaro atskirą elektroninių voltmetrų grupę. Skaitmeniniai voltmetrai yra tiksliausi, juose matavimo rezultatai pateikiami skaitmenine forma. Šių prietaisų didelis matavimo greitis, matuojant išvengiama subjektyvių paklaidų.

Paplitę keli skaitmeninio įtampos matavimo metodai, iš kurių paprasčiausias yra impulsinis - laiko metodas. Jį naudojant įtampos reikšmė pakeičiama laiko intervalu, matuojamu impulsų skaičiavimo principu.

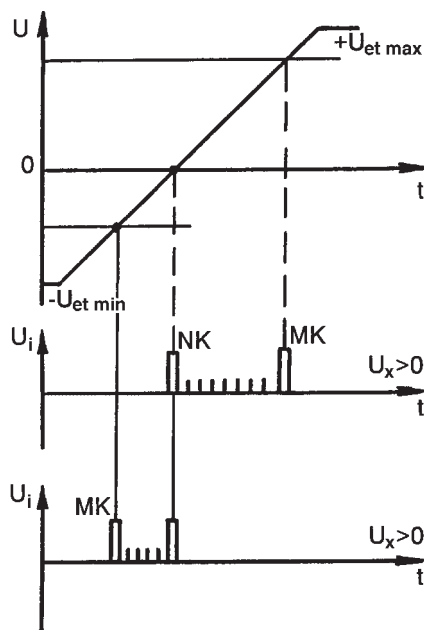
Struktūrinė skaitmeninio voltmetro schema pavaizduota 7 pav. Pagrindinė prietaiso dalis yra analoginis-skaitmeninis keitiklis, vadinamas keitikliu įtampa - laikas. Šį keitiklį sudaro matavimo komparatorius. Jis sulygina matuojamą įtampą U_x su tiesiškai augančia etalonine įtampa U_{et} , kurią sukuria specialus įtampos generatorius.

Įtampų U_x ir U_{et} susilyginimo metu matavimo komparatoriaus (MK) išėjime suformuojamas sulyginimo impulsas MK. Nulinio komparatoriaus išėjime impulsas NK suformuojamas tuo metu, kai įtampa U_x pereina per nulinį lygį (8 pav.). Laiko intervalas tarp šių abiejų impulsų yra įtampos U_x matas, o impulsų pasirodymo eiga nusako matuojamos įtampos ženklą (poliaringumą).

Laiko intervalas tarp impulsų MK ir NK matuojamas specialiais siaurais per ventilius praleidžiamais etaloninio generatoriaus impulsais. Pagal jų skaičių (indikuojamą voltmetro skaitmeniniame indikatoryje) tiksliai nustatomas matuojamos įtampos dydis.



7 pav. Skaitmeninio voltmetro struktūrinė schema.



8 pav. Skaitmeninio voltmetro veikimo principas.

Nuolatinę bei kintamąją įtampą ir srovę radioelektroninės aparatūros grandinėse patogiu matuoti universaliais matavimo prietaisais - testeriais. Jais galima plačiose ribose išmatuoti nuolatinę bei kintamą įtampą, nuolatinę srovę ir aktyviają varžą. Pavyzdžiui, tokio tipo prietaisai yra testeris TL-4M ir multimetras VR-11.

Testeriu TL-4M galima matuoti nuolatinę srovę (diapazonuose nuo 0,1 iki 3000 mA), kintamą srovę (nuo 3 iki 3000 mA), pastovią įtampą (nuo 0,1 iki 1000 V), kintamą įtampą (nuo 1 iki 1000 V) ir varžą (nuo 0,3 kΩ iki 3 MΩ). Kintamos sinusinės formos srovės dažniai - 50 Hz arba 40-15000 Hz. Be to, šiuo prietaisu galima matuoti kai kuriuos mažos galios tranzistorių parametrus.

Skaitmeniu multimetru VR-11 galima matuoti nuolatinę ir kintamą įtampą, nuolatinę ir kintamą srovę, varžą pastoviai srovei ir kintamos srovės dažnį.

Šiais matavimo prietaisais tikrinama įtampa, srovė, rezistorių varža, transformatorių ir induktyvinių ričių apvijų būklė, kondensatorių nuotėkio srovės, o taip pat elektroninių schemų sujungimai.

Naudojant rodyklinius universalius testerus reikia atsiminti, kad kiekviename diapazone skalės padalos vertės skiriasi, be to kintamos ir nuolatinės srovės matavimo skalės skirtingos. Ypač atidžiai reikia nustatyti perjungėją, komutuojantį darbo režimą (kintamai arba nuolatinėi srovei). Neteisingai nustačius šį perjungėją, prietaisas dažniausiai sugadinamas.

1.4. Varžos, talpos ir induktyvumo matavimo prietaisai

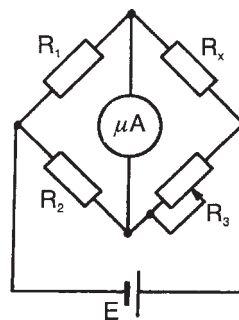
Elektrinės grandinės varža matuojama tiesioginės atskaitos ir netiesioginio matavimo tiltelio metodu.

Tiesioginės atskaitos metodui būdinga nesudėtinga atskaita ir plačios matavimo ribos. Prietaiso skalė graduojama atitinkamais matavimo vienetais. Tokie varžos matavimo prietaisai paprastai įeina į universalius matavimo prietaisus.

Tiltelio metodu varžos išmatuojamos tiksliau. Principinė matavimo tiltelio schema pateikta 9 pav. Ją sudaro trys žinomų varžų rezistoriai R_1 , R_2 , R_3 ir matuojamoji varža R_x . Prie vienos tiltelio įstrižainės prijungiamas pastovios srovės maitinimo šaltinis E , o į kitą įjungiamas mikroampermetras.

Keičiant rezistorių R_1 , R_2 , R_3 varžas, galima subalansuoti tiltelį ir tada mikroampermetru srovė neteka. Tiltelis subalansuotas, kai $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_x$. Matuojamoji varža apskaičiuojama:

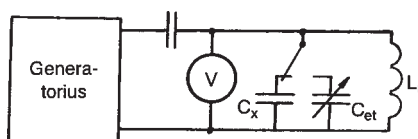
$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} \quad (1.09)$$



9 pav. Varžų matavimo tiltelio schema.

Pavyzdžiui, tiltelio metodas panaudotas prietaise E7-8. Juo galima matuoti varžas diapazone ($0,001 \Omega \div 10 M\Omega$), talpą ($0,01 pF \div 100 \mu F$), induktyvumą ($0,1 \mu H \div 1000 H$) ir kitus dydžius. Matuojamojo dydžio atskaita - skaitmeninė. Šiame matavimo prietaise matuojant talpą arba induktyvumą vietoje varžų R_1, R_2, R_3 jungiamos talpos arba induktyvumai, o vietoje maitinimo šaltinio E - kintamos įtampos generatorius.

Talpai matuoti taip pat naudojamas rezonansinis metodas (10 pav.). Matuojamoji talpa C_x prijungiama prie schemos taip, kad susidarytų kontūras $L_0 C_x$. Keičiant generatoriaus dažnį, pasiekama, kad jis būtų lygus kontūro rezonansiniam dažniui. Rezonanso metu voltmetro rodo didžiausią reikšmę.



10 pav. Rezonansinis talpos matavimo principas.

Po to vietoje matuojamosios talpos prijungiamas etaloninis kondensatorius, kurio talpa C_{et} . Nekeičiant generatoriaus dažnio, tik keičiant talpą C_{et} , kontūras $L_0 C_x$ suderinamas rezonansui. Kadangi rezonansiniai dažniai lygūs, kondensatorių C_x ir C_{et} talpos taip pat bus lygios. Kondensatorius C_{et} turi graduotą skalę ir jo talpa atskaitoma tiesiog skalėje.

1.5. Matavimo generatoriai

Radioelektroninių schemų ir įrenginių derinimui ir reguliavimui naudojami matavimo generatoriai.

Pagal generuojamų signalų dažnį matavimo generatoriai skirstomi į žemo (garsinio) ir aukšto dažnio generatorius. Pagal generuojamų virpesių formą šie prietaisai skirstomi į harmoninių virpesių, impulsų, specialios formos signalų generatorius. Trumpai aptarsime harmoninių virpesių generatorius.

Žemo dažnio generatoriai yra bandomųjų signalų šaltiniai. Jie naudojami tiriant amplitudines ir dažnines charakteristikas, charakteristikų netiesiškumą ir kt. parametrus. Ypač patogu naudoti šiuos generatorius derinant ir reguliuojant stiprintuvus.

Nesudėtingiems matavimams mokomosiose laboratorijose naudojami paprastos konstrukcijos žemo dažnio generatoriai, pavyzdžiui, generatorius GRN-1. Šio generatoriaus generuojamų dažnių diapazonas nuo $20 Hz$ iki $200 kHz$, dažnio nustatymo tikslumas $\pm 3\%$, maksimali išėjimo įtampa $0,5 V$.

Aukšto dažnio generatoriai yra aukšto dažnio kintamos įtampos šaltiniai, kurių išėjimo įtampa ir jos kitimo dažnis reguliuojami plačiose ribose. Pavyzdžiui, generatorius G4-102 generuoja sinusinės formos įtampą, kurios dažnis nuo $100 kHz$ iki $50 MHz$, dažnio nustatymo tikslumas $\pm 1\%$. Kalibruota įtampa - nuo $0,5 \mu V$ iki $0,5 V$, nekalibruotos įtampos amplitudė - $1 V$. Šis generatorius taip pat generuoja

amplitude moduluotus virpesius (vidinės ir išorinės moduliacijos režime), keičiant moduliacijos koeficientą nuo 0 iki 90%.

Aukšto dažnio generatoriai, kurių išėjimo signalų parametrus galima dideliu tikslumu reguliuoti plačiame diapazone, vadinami standartinių signalų generatoriais. Tokiuose generatoriuose tiksliai kalibruoti išėjimo signalo dažnis, įtampa ir amplitudinės bei dažninės moduliacijos koeficientai. Dažnių diapazonas nuo 100 kHz iki (25÷30) MHz, išėjimo varža - (10÷50) Ω.

1.6. Elektroniniai oscilografai

Periodiniams ir impulsiniams signalams stebėti ir tirti radioelektroninių schemų derinimo bei remonto metu naudojami elektroniniai oscilografai. Jie yra universalūs radijo matavimų prietaisai, kuriais galima matuoti elektrinių signalų formą, įtampą, dažnį ir fazę.

Oscilografai apibūdinami šiais svarbiausiais techniniais rodikliais: kanalų jautrumu, maksimalia tiriamojo signalo įtampa, praleidžiamųjų dažnių juosta, įėjimo varža bei talpa ir skleistinės pobūdžiu.

Pagal paskirtį ir veikimo principą oscilografai skirstomi į universaliuosius, su atmintimi, greitaeigius, o pagal stebimų signalų kiekį - į vieno, dviejų ir daugiau spindulių oscilografus.

Šiuo metu gaminami ir matavimams naudojami labai įvairūs oscilografai, bet jų struktūrinės schemos iš esmės vienodos. Bet kokį oscilografą sudaro elektroninis vamzdis su elektrostatiniu spindulių kreipimu, du elektriniai kanalai ("X" ir "Y"), prie kurių prijungiama įtampa horizontaliam ir vertikaliai spindulio kreipimui, matavimo blokai ir maitinimo šaltinis. Dviejų spindulių oscilografuose kiekvienas spindulys turi atskirą vertikalaus kreipimo kanalą ir vieną bendrą horizontalaus kreipimo kanalą.

Pavyzdžiui, nesudėtingiems radioelektroninės aparatūros derinimo darbams skirtas oscilografas SAGA. Įėjimo signalų amplitudžių diapazonas - nuo 5 mV iki 100 V, skleistinių diapazonas - nuo 0,2 μs iki 0,5 s. Praleidžiamųjų dažnių juosta (0÷7) MHz. Ekranu matmenys 40×60 mm. Įėjimo varža - 1 mΩ, įėjimo talpa - 30 pF.

1.7. Matavimo prietaiso parinkimas ir saugumo technika

Radijo matavimo prietaisais matuojami parametrai, apibūdinantys radioelektroninės aparatūros darbą. Norint teisingai juos išmatuoti, būtina žinoti matavimo prietaiso veikimo principą ir savitumus. Prieš pradėdant matuoti iš prietaiso vartojimo instrukcijos arba specialaus žinyno susipažįstama su matavimo prietaiso konstrukcija, matuojamojo dydžio atskaitos būdais. Matuojamų dydžių diapazonas turi būti pakankamai platus ir apimti visas praktiškai galimas matuojamojo dydžio reikšmes.

Nesudėtinguose darbuose dažniausiai pakanka matavimo prietaisų, kurie daro $(5 \div 10)\%$ paklaidas. Jie yra paprastesnės konstrukcijos ir pigesni.

Prijungti matavimo prietaisai neturi pakeisti radioelektroninės schemos darbo režimo, neturi jos išderinti. Norint įvertinti prijungiamo prietaiso įtaką tikrinamosios grandinės darbo režimui, palyginama matavimo prietaiso vidinė varža su tiriamos schemos varža tarp taškų, prie kurių bus prijungiamas prietaisas. Tai daroma tam, kad per daug nepakistų schemos būseną, kai nuosekliai įjungiamie į grandinę matavimo prietaisą. Matavimo prietaiso vidinė varža turi būti žymiai (apie 10 kartų) mažesnė. Prijungus lygiagrečiai ji turi būti žymiai didesnė už radioelektroninės grandinės varžą tarp prietaiso prijungimo taškų. Jei matavimo prietaisas įjungiamas vietoj kokios nors įrenginio dalies, tai matavimo prietaiso išėjimo varža turi būti lygi tos įrenginio dalies įėjimo varžai (pavyzdžiui, prijungiant matavimo generatorių prie tiriamo stiprintuvo, generatoriaus išėjimo varža turi būti lygi stiprintuvo įėjimo varžai).

Matavimo prietaisų skalėms naudojama speciali žymėjimo sistema. Skalėje nurodoma: 1) matavimo rūšis (A - srovė, V- įtampa, Ω - varža, W - galia, Hz - dažnis, Φ - fazė); 2) matavimo prietaiso sistemos tipas; 3) tikslumo klasė; 4) elektrinis atsparumas aukštai įtampai; 5) prietaiso padėtis matavimo metu; 6) dažnių diapazonas; 7) matuojamosios srovės rūšis; 8) išleidimo data; 9) gamyklos ženklas; 10) prietaiso arba serijos numeris. Svarbiausieji žymėjimo ženklai pateikti 1 lentelėje.

Atliekant matavimus, reikia laikytis visų reikalavimų asmenims, dirbantiems su elektros prietaisais. Matavimo prietaisas, maitinamas iš kintamos srovės tinklo, turi tenkinti radiotechnikos įrenginiams keliamus saugumo technikos reikalavimus.














Prietaisų saugikliai, maitinimo ir prijungimo laidai, gaubtai turi būti tvarkingi. Įžeminimo reikalaujantys prietaisai įžeminami ne plonesniais kaip 1 mm skersmens laidais.

Matavimai aukštesnėse kaip 200 V įtampos grandinėse atliekami dalyvaujant antram asmeniui, naudojant guminį kilimėlį (arba gumines pirštines). Vienas liestukas prijungiamas prie korpuso, o antru liestuku paeiliui liečiami reikalingi grandinės taškai (matuojant tik viena ranka, antra ranka paliekama laisva).

2. PASYVINIAI RADIOELEKTRONINĖS APARATŪROS ELEMENTAI

Bet kurį radioelektroninį įrenginį sudaro tam tikra tvarka sujungti atskiri elementai. Šie elementai vadinami radijo detalėmis. Radijo detalės, priklausomai nuo jų atliekamų funkcijų, skirstomos į sekančias grupes: rezistorius, kondensatorius, induktyvumo rites, droselius, transformatorius, perjungėjus ir kt.

1 lentelė

1	Magnetoelektrinės sistemos prietaisas (su paslankiu rėmeliu)	
2	Magnetoelektrinės sistemos prietaisas (su lygintuvu)	
3	Magnetoelektrinės sistemos prietaisas (su izoliuotu termokeitikliu)	
4	Elektromagnetinės sistemos prietaisas	
5	Prietaiso nuolatinėi srovei tikslumo klasė 1,5	1,5
6	Prietaiso kintamajai srovei tikslumo klasė 2,0	2,0
7	Prietaisas skirtas matavimui nuolatinės srovės grandinėse	—
8	Prietaisas skirtas matavimui kintamos srovės grandinėse	
9	Prietaisu galima atlikti matavimus nuolatinės ir kintamos srovės grandinėse	
10	Prietaiso matavimo grandinė išlaiko 500V įtampą (korpuso atžvilgiu)	
11	Prietaiso matavimo grandinė išlaiko 2 kV įtampą	
12	Prietaiso matavimo grandinėse panaudoti elektroniniai elementai arba schemas	
13	Dažnio intervalas (45÷60) Hz. Galima matuoti su papildomomis paklaidomis iki 400 Hz	$\frac{45 - 60 -}{400\text{Hz}}$
14	Dėmesio! Naudojantis šiuo prietaisu naudotis nurodymais prietaiso pase arba aprašyme	
15	Prietaiso padėtis matavimo metu horizontali	
16	Prietaiso padėtis matavimo metu vertikali	
17	Universalaus matavimo prietaiso bendrasis gnybtas	
18	Poliaringumo ženklai šalia prietaisų gnybtų (jungiant prie nuolatinės srovės grandinių)	+ -

2.1. Rezistorių klasifikacija

Rezistoriai sudaro nuo 20 iki 50% visų naudojamų radioelektroninėje aparaturoje detalių. Jų konstrukcija bei elektriniai parametrai labai įvairūs, todėl pirmiausia panagrinėkime rezistorių klasifikaciją (11 pav.).

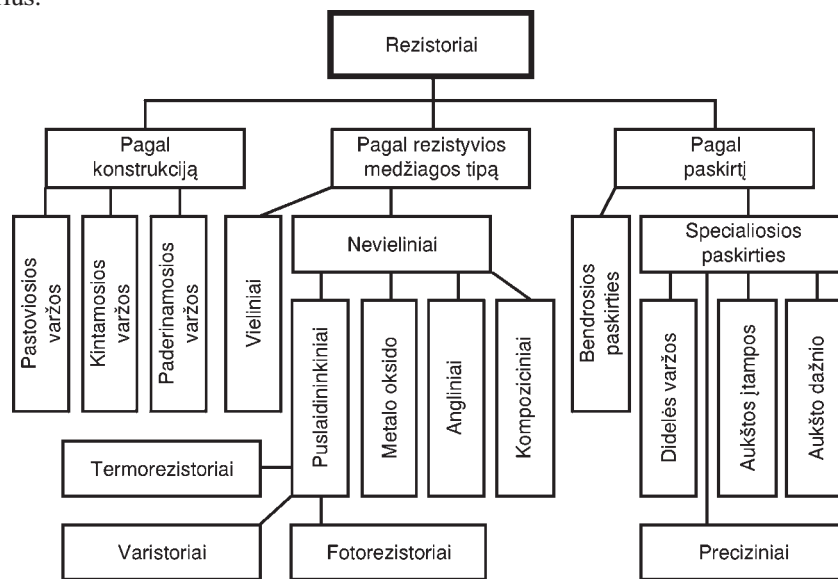
Pagal rezistyvinės medžiagos tipą rezistoriai skirstomi į vielinius ir nevielinius rezistorius. Vielinių rezistorių laidusis elementas vnyojamas iš didelės varžos laido.

Nevieliniai rezistoriai skirstomi į anglinius (kurių laidusis elementas - anglies plėvelė), metalo plėvelių ir metalo oksidų (laidusis elementas - metalo lydinio arba oksido plėvelė), kompozicinius (laidusis elementas - grafito lydinys su rišikliu), puslaidininkinius (laidusis elementas pagamintas iš puslaidininkio).

Pagal konstrukciją ir paskirtį rezistoriai skirstomi į pastovios, kintamosios ir paderinamosios varžos rezistorius.

Pastovios varžos rezistoriai naudojami plačiausiai - įtampos dalikliuose, maitinimo šaltinių filtrų grandinėse, stiprinimo laipsnių apkrovos grandinėse ir pan. Pagal paskirtį jie skirstomi į dvi grupes: bendrosios ir specialiosios paskirties rezistorius.

Specialiosios paskirties rezistoriai turi specialias savybes ir parametrus. Jie skirstomi į didelės varžos, aukštosios įtampos, aukšto dažnio ir precizinius rezistorius.



11 pav. Rezistorių klasifikacija.

Didelės varžos rezistorių varža siekia $10^{13} \Omega$, todėl dažniausiai jie naudojami įrenginiuose silpnoms srovėms matuoti.

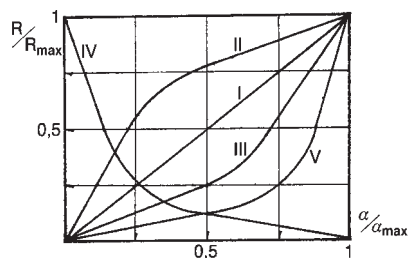
Aukštosios įtampos rezistorių darbo įtampa siekia $(10 \div 35) kV$. Jie naudojami aukštos įtampos grandinėse.

Aukštojo dažnio rezistoriai skirti aukštesnio kaip $100 MHz$ dažnio schemoms. Jų savoji talpa ir induktyvumas labai maži.

Preciziniai rezistoriai vartojami tiksluose matavimo įtaisuose. Jiems būdingi stabilūs parametrai ir didelis gamybos tikslumas.

Kintamosios varžos rezistorių varžą galima keisti nuo nulio iki jos vardinio dydžio. Jie naudojami tada, kai, aparatui dirbant, reikia tolygiai keisti jo elektrinius parametrus, pavyzdžiui, reguliuoti stiprintuvo stiprinimo koeficientą, dažninę charakteristiką ir pan. Labiausiai paplitę kintamieji rezistoriai sudaryti iš izoliacinio pagrindo, rezistyvinio elemento, slankiojo kontakto ir judamosios sistemos su ašimi.

Kintamųjų rezistorių funkcinės charakteristikos (varžos kitimo priklausomybė nuo slankiojo kontakto pasukimo kampo) yra nevienodos: I grupės rezistorių - tiesinė, II - logaritminė, III - eksponentinė, IV ir V grupių - atvirkščiai simetriška (varžos kitimo nuo slankiojo kontakto pasukimo kampo priklausomybė staigiau kinta ašies sukimosi pradžioje arba pabaigoje) (12 pav.).



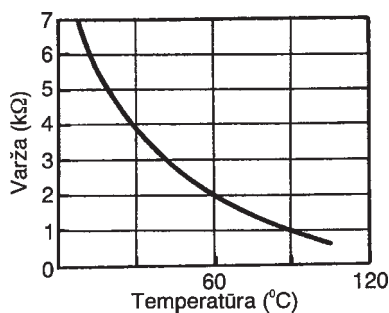
12 pav. Kintamųjų rezistorių funkcinės charakteristikos.

Paderinamosios varžos rezistorių

konstrukcija skiriasi nuo kintamosios varžos rezistorių konstrukcijos tuo, kad jų judamosios sistemos ašis trumpa (todėl varža keičiama atsuktuvu). Šie rezistoriai dažniausiai naudojami radioelektroninės schemos elementų varžų nuokrypiams kompensuoti. Jų varža keičiama derinant ir reguliuojant schemą, o eksploataavimo metu lieka pastovi.

Atskirą rezistorių grupę sudaro puslaidininkiniai rezistoriai - termorezistoriai, varistoriai ir fotorezistoriai.

Termorezistoriai - tai puslaidininkiniai šilumai jautrūs elementai su neigiamu temperatūriniu varžos koeficientu. Jų varža priklauso nuo temperatūros - kylant temperatūrai termorezistorių varža mažėja (13 pav.). Termorezistoriai naudojami au-



13 pav. Termorezistoriaus varžos priklausomybė nuo temperatūros.

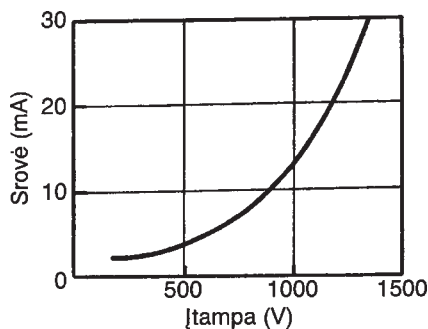
tomatikos grandinėse temperatūrai matuoti ir reguliuoti, o taip pat elektrinių grandinių elementų termokompensacijai.

Rezistoriai, kurių varža mažėja didėjant įtampai, vadinami varistoriais. Tai puslaidininkiniai rezistoriai, kurių voltamperinės charakteristikos netiesinės (14 pav.).

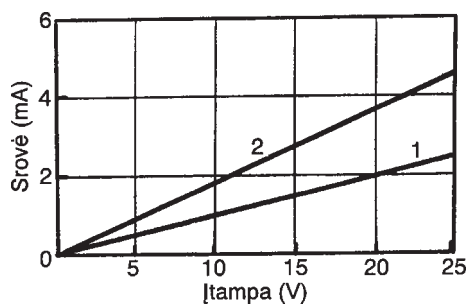
Varistoriai naudojami televizorių aukštos įtampos šaltinių stabilizavimo schemose, kineskopų išmagnetinimo sistemose ir kt.

Fotorezistorių elektrinė varža kinta veikiami infraraudonųjų, matomos šviesos arba ultravioletinių bangų diapazono spindulių. Fotorezistoriai gaminami iš cheminių medžiagų - kadmio sulfido, švino selenido ir kt. 15 pav. pavaizduota fotorezistoriaus voltamperinė charakteristika jį neapšvietus (1) ir apšvietus šviesos srautu F (2).

Fotorezistoriai naudojami elektriniams signalams, kurie atsiranda paveikus šviesai, formuoti, o taip pat šviesos šaltiniams aptikti bei registruoti.



14 pav. Varistoriaus voltamperinė charakteristika.



15 pav. Fotorezistoriaus voltamperinė charakteristika.

2.2. Rezistorių parametrai

Pagrindiniai rezistorių parametrai yra šie:

- 1) vardinė varža;
- 2) leistinas vardinės varžos nuokrypis (tikslumas);
- 3) vardinė galia (P_v);
- 4) ribinė leistinoji darbo įtampa (U_{max});
- 5) rezistoriaus temperatūrinis varžos koeficientas (TK_R).

Trumpai juos panagrinėkime.

1) **Vardinė varža** išreiškiama omais (Ω), kiloomais ($1 k\Omega = 10^3 \Omega$), megomais ($1 M\Omega = 10^6 \Omega$). Kintamojo rezistoriaus vardinė varža - tai didžiausia jo varža. Vardinė rezistoriaus varžos reikšmė nurodoma ant jo korpuso ir yra standartizuota, todėl rezistoriai gaminami pagal vieningą vardinių varžų reikšmių skalę (2 lentelė).

2) Tikrasis rezistoriaus varžos dydis gali skirtis nuo vardinės varžos reikšmės. Tai įvertinama **leistinu nuokrypiu** (tikslumu). Plačiausiai naudojami $\pm 20\%$, $\pm 10\%$ ir $\pm 5\%$ leistino nuokrypio rezistoriai. Pavyzdžiui, 2 lentelėje pavaizduotoje varžų reikšmių skalėje eilė E6 nurodo kokių skaitinių reikšmių rezistorius, kurių leistinas nuokrypis $\pm 20\%$, gamina pramonė. Eilė E12 nurodo $\pm 10\%$ leistino nuokrypio rezistorių skaitines reikšmes, o eilė E24 nurodo $\pm 5\%$ leistino nuokrypio rezistorių skaitines reikšmes.

2 lentelė

E6($\pm 20\%$)	E12($\pm 10\%$)	E24($\pm 5\%$)
1,0	1,0 1,2	1 1,1 1,2 1,3
1,5	1,5 1,8	1,5 1,6 1,8 2,0
2,2	2,2 2,7	2,2 2,4 2,7 3
3,3	3,3 3,9	3,3 3,6 3,9 4,3
4,7	4,7 5,6	4,7 5,1 5,6 6,2
6,8	6,8 8,2	6,8 7,5 8,2 9,1

3) **Vardinė galia** P_v vadinama maksimali nuolatinės ar kintamosios efektinės srovės galia, kuri gali ilgą laiką išsiskirti rezistoriuje, nepakeisdama jo varžos dydžio. Plačiausiai buitinėje radioelektroninėje aparatūroje naudojamų rezistorių galia P_v yra 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 ir 2 vatai (W).

Realiai išsiskiriančią rezistoriuje galią galima apskaičiuoti

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2(V)}{R(\Omega)} \quad (W) \quad (2.01)$$

Jeigu rezistoriuje išsiskirianti galia yra didesnė už jo vardinę galią, rezistoriaus temperatūra labai pakyla ir jis gali "perdegti". Schemose rezistorių vardinė galia nurodoma sutartiniu ženklu rezistoriaus žymens viduje (žr. priedą knygelės gale).

4) **Ribinė leistinoji darbo įtampa** (U_{max}) - tai maksimali leistina įtampa tarp rezistoriaus išvadų, prie kurios jis gali normaliai dirbti.

5) **Rezistoriaus temperatūrinis varžos koeficientas** (TK_R) nusako varžos pokytį, pakitus temperatūrai $1^\circ C$. Jei, padidėjus temperatūrai, rezistoriaus varža padidėja, o sumažėjus temperatūrai - sumažėja, tai TK_R teigiamas, o jei atvirkščiai, tai TK_R neigiamas.

2.3. Rezistorių ženklimas

Rezistorių elektrinių parametrų ženklimas (markiravimas) gali būti atliekamas dviem būdais: 1) skaičiais ir raidėmis; 2) spalviniu kodu.

Ženklint **skaičiais ir raidėmis** omų vienetai koduojami raide E, kiloomai - K, megomai - M. Ši raidė taip pat pažymi kabelio vietą dešimtainiame skaičiuje, nusakančiame rezistoriaus varžos dydį (pagal sistemą "British Standart 1852" rezistoriai vietoje raidės E ženklunami raide R).

Jei vardinė rezistoriaus varžos reikšmė išreiškiama sveiku skaičiumi, tai raidinis žymėjimas atliekamas po skaičiaus (47E=47 Ω; 47M=47 MΩ ir t.t.). Jei rezistoriaus varža išreiškiama dešimtaine trupmena, tai raidė rašoma vietoje kablelio (E47=0,47Ω; K47=470Ω=0,47 kΩ), o jei vienu skaičiumi, tai papildomai rašomas nulis (E 10=0,1 Ω; K10=0,1 kΩ; 1KO=1 kΩ; M10=0,1 MΩ ir t.t.).

Antroji ženklimo raidė nusako leistiną nuokrypį nuo rezistoriaus vardinės varžos dydžio (3 lentelė).

Pavyzdžiui, ženklimas: 4R7K reiškia 4,7 Ω±10%; 330 RG reiškia 330 Ω±2%.

Kai kurios Europos šalių firmos rezistorius ženklina kitokiu skaitmeniniu kodu. Jame pirmieji du skaičiai nurodo vardinę varžą omais, o trečiasis - nulių skaičių.

Pavyzdžiui, ženklimas 150 reiškia 15Ω, 181 reikia 180Ω, 132 - 1,3 KΩ, 113 - 11 KΩ.

Ženklimo **spalviniu kodu** sistema plačiai naudojama anglinių, vielinių ir kt. rezistorių elektriniams parametrų pažymėti.

Paprastai ženklinama keturiomis spalvinėmis juostomis, kurios išdėstomos arčiau vieno iš rezistorių išvadų (gali būti ženklinama spalvotais taškais). Kiekvienai spalvai atitinka tam tikra skaitinė reikšmė (kartais pirmosios spalvotos juostos plotis daromas dvigubai platesnis).

Spalvomis užkoduoti du skaičiai ir daugiklis nusako rezistoriaus varžos vardinę reikšmę. Ketvirtoji spalvinė juosta nusako rezistoriaus tikslumo klasę. 4 lentelėje pateikti rezistorių spalviniai kodai.

3 lentelė

Antroji ženklimo raidė	Leistinas nuokrypis nuo rezistoriaus vardinės varžos dydžio, %
G	±2
J	±5
K	±10
M	±20
N	±30

4 lentelė

Ženklo spalva	Vardinė varžos reikšmė			
	Pirmasis skaitmuo	Antrasis skaitmuo	Daugiklis	Nuokrypis (%)
Bespalvė	-	-	-	±20
Sidabrinė	-	-	10^{-2}	±10
Auksinė	-	-	10^{-1}	±5
Juoda	-	0	1	-
Ruda	1	1	10	±1
Raudona	2	2	10^2	±2
Oranžinė	3	3	10^3	-
Geltona	4	4	10^4	±0,5
Žalia	5	5	10^5	-
Mėlyna	6	6	10^6	±0,25
Violetinė	7	7	10^7	±0,1
Pilka	8	8	10^8	±0,05
Balta	9	9	10^9	-

16 pav. pavaizduotas $560 \text{ k}\Omega \pm 20\%$ rezistoriaus žymėjimo 1 pavyzdys (ketvirta juosta - bespalvė).

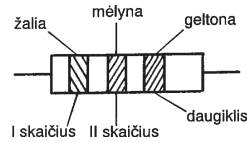
Tikslūs rezistoriai kartais ženklinami penkiomis spalvotomis juostomis. Pirmosios trys juostos nusako varžos dydį omais, ketvirta - daugiklį, o penkta - tikslumą.

2 pavyzdys. Rezistorius paženklintas keturiomis spalvotomis juostomis tokia eile: mėlyna, pilka, oranžinė, sidabrinė. Kokia jo vardinė varža ir tikslumas?

Pirmas skaičius: mėlyna juosta - 6; antras skaičius: pilka juosta - 8; daugiklis: oranžinė juosta ($\times 1000$); taigi, vardinė varža: $68 \times 1000 = 68 \text{ k}\Omega$; tikslumas: sidabrinė juosta, t.y. $\pm 10\%$.

3 pavyzdys. Rezistoriaus paženklintas penkiomis spalvotomis juostomis tokia eile: raudona, geltona, juoda, juoda, raudona. Kokia vardinė varža ir tikslumas?

Pirmas skaičius: raudona juosta - 2; antras skaičius: geltona juosta - 4; trečias skaičius: juoda juosta - 0; daugiklis: juoda juosta ($\times 1$); taigi, vardinė varža $240 \times 1 = 240 \Omega$; tikslumas: raudona juosta, t.y. $\pm 2\%$.



16 pav. Rezistoriaus ženklavimo spalviniu kodu 1 pavyzdys

2.4. Kondensatorių klasifikacija

Elektrinis kondensatorius - tai dviejų ar daugiau metalinių elektrodų, atskirtų dielektriku, sistema, sudaranti talpą. Kondensatoriaus talpa - gebėjimas kaupti ir išlaikyti elektroduose elektros krūvį. Jeigu, prijungus prie kondensatoriaus įtampą U (voltais), jo elektroduose susikaupia krūvis Q (kulonais), tai jo talpa

$$C = \frac{Q}{U} \text{ (faradų, } F) \quad (2.02)$$

Kadangi faradas labai stambus vienetas, tai kondensatorių talpai įvertinti vartojami išvestiniai vienetai: mikrofaradai ($\mu F = 10^{-6} F$), nanofaradai ($nF = 10^{-9} F$), pikofaradai ($pF = 10^{-12} F$).

Iš dviejų lygiagrečių plokštelių sudaryto kondensatoriaus talpa

$$C = 0,0885 \cdot \varepsilon \cdot \frac{s}{d}, \quad (2.03)$$

čia: C - talpa, pF ; ε - tarp plokštelių esančios medžiagos dielektrinė skvarba; s - plokštelių persidengimo plotas, m^2 ; d - atstumas tarp plokštelių, m .

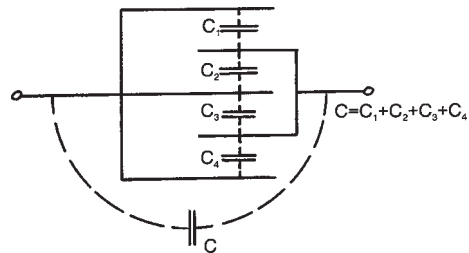
Kad būtų didesnė talpa, kondensatoriai surenkami iš didelio skaičiaus plokštelių, sujungtų į dvi grupes (17 pav.). Esant bendram plokštelių skaičiui n , bendrą talpą sudaro $(n-1)$ talpų suma.

Radioelektroninėje aparatūroje naudojami įvairiausi kondensatoriai. Pagal konstrukciją jie skirstomi į pastoviosios, paderinamosios ir kintamosios talpos kondensatorius (18 pav.).

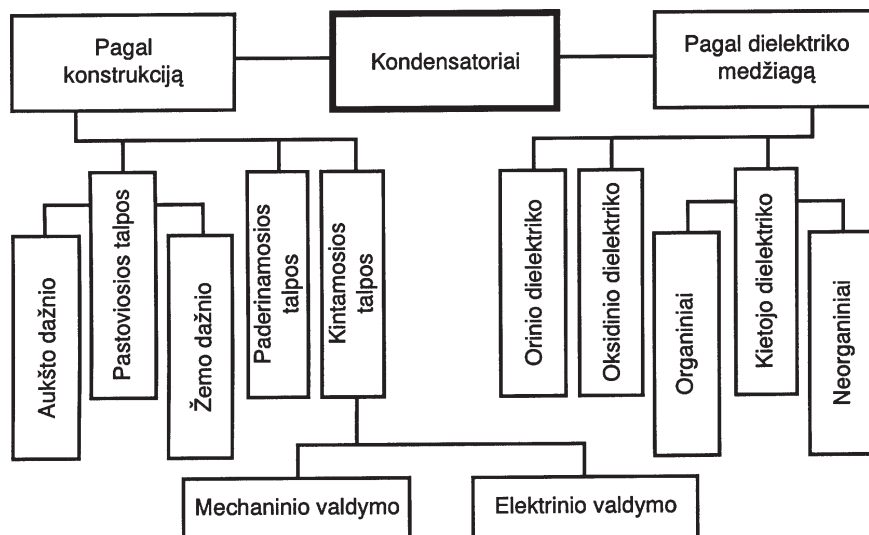
Pastoviosios talpos kondensatorių konstrukcija tokia, kad talpos dydžio keisti negalima. Jie naudojami kaip fiksuoto dažnio virpesių kontūrų, ryšio, skiriamieji ir blokavimo elementai. Pastovios talpos kondensatoriai skirstomi į aukšto ir žemo dažnio kondensatorius.

Paderinamosios talpos kondensatorių talpa atsuktuvu keičiama derinant radioelektroninę schemą, o aparatūros eksploataavimo metu šių kondensatorių talpa yra pastovi. Dažniausiai jie naudojami kitų schemos elementų nuokrypiams kompensuoti.

Kintamosios talpos kondensatoriai naudojami tada, kai talpą reikia tolygiai keisti aparatūros darbo metu - virpamuosiuose radijo imtuvų ir televizorių kontūruose, matavimo prietaisuose ir kt. Plačiausiai naudojami kondensatoriai, kurių talpa kei-



17 pav. Kondensatoriaus plokštelių išdėstymo principas.



18 pav. Kondensatorių klasifikacija.

čiama, keičiant plokštelių tarpusavio persidengimo plotą S . Paprastai kintamosios talpos kondensatoriuose viena plokštelių grupė (statorius) yra nejudama, o kita (rotorius) judama. Talpa keičiasi keičiantis rotoriaus ir statoriaus plokštelių persidengimo plotui, o talpos kitimo nuo pasisukimo kampo dėsnis priklauso nuo plokštelių konfigūracijos.

Kintamosios talpos puslaidininkinių kondensatorių talpa keičiama ne mechaniniu (plokštelių persidengimo ploto keitimo), bet elektriniu būdu. Tokie kondensatoriai gaunami panaudojant p - n perėjimą, kuris susidaro tarp dviejų skirtingo laidumo puslaidininkio sluoksnių. Jie vadinami varikapais (žr. 3.2 poskyrį).

Radioelektroninėje aparatūroje taip pat naudojami kondensatoriai, kurių talpa priklauso nuo prijungtos įtampos dydžio todėl, kad įtampa keičia dielektriko dielektrinę skvarbą. Šie kondensatoriai gaminami iš segnetoelektrikų (segnetokeramikos) ir vadinami varikondais.

Pagal dielektriko tipą kondensatoriai skirstomi į orinio, kietojo ir oksidinio dielektriko kondensatorius.

Orinis dielektrikas dažniausiai naudojamas kintamosios talpos kondensatoriuose. Kondensatoriai su kietuoju dielektriku skirstomi į kondensatorius su neorganiniu dielektriku (žėrutiniai, keraminiai, stikliniai) ir kondensatorius su organiniu dielektriku (popieriniai, polistiroliniai, fluoroplastiniai). Kondensatoriai su organiniu dielektriku gaminami didelės talpos (iki kelių mikrofaradų), tačiau jų parametų stabilumas yra nedidelis. Kondensatoriai su neorganiniu dielektriku pasižymi tuo,

kad jų parametrai labai stabilūs, tačiau talpą riboja dideli gabaritai (todėl jie gaminami tikrai iki keleto tūkstančių pikofaradų vardinės talpos dydžio).

Atskirą grupę sudaro oksidinio dielektriko kondensatoriai, kurie vadinami elektrolitiniiais kondensatoriais. Juose vietoje dielektriko naudojamas plonas oksido plėvelės sluoksnis, kuriuo padengiama aliuminio (arba titano) plokštelė, sudaranti vieną kondensatoriaus elektrodą. Kitas kondensatoriaus elektrodas yra elektrolitas. Elektrolitiniai kondensatoriai pasižymi didele talpa ir mažais gabaritais, tačiau jų talpos stabilumas itin mažas. Elektrolitiniai kondensatoriai gali dirbti tikrai esant tam tikro poliaringumo nuolatinei pulsuojančiai įtampai, t.y. jų teigiamas elektrodas (+) visuomet turi turėti teigiamą potencialą neigiamo elektrodo atžvilgiu (priešingu atveju kondensatorius paprastai pramušamas).

2.5. Kondensatorių parametrai

Pagrindiniai kondensatorių parametrai yra:

- 1) vardinė talpa;
- 2) leistinas vardinės talpos nuokrypis (tikslumas);
- 3) elektrinis atsparumas;
- 4) temperatūrinis talpos koeficientas;
- 5) izoliacijos varža.

Panagrinėkime šiuos parametrus.

1) **Vardinė kondensatorių talpa** yra normalizuota ir atitinka specialią skalę, kuri sutampa su rezistorių skale (2 lentelė). Šis talpos dydis pažymėtas ant kondensatoriaus korpuso skaitmeniniu-raidiniu arba spalviniu kodu.

2) **Leistinas talpos nuokrypis** - faktinės kondensatoriaus talpos nuokrypis procentais nuo vardinės talpos dydžio. Plačiausiai naudojami $\pm 20\%$, $\pm 10\%$ ir $\pm 5\%$ tikslumo kondensatoriai, kurie gaminami pagal skales E6, E12 ir E24 (2 lentelė).

3) **Elektrinis atsparumas** įvertinamas pramušimo, bandomąja ir vardine darbo įtampomis.

Pramušimo įtampa - tai įtampos reikšmė, kurią pasiekus pramušamas kondensatoriaus dielektrikas.

Bandomąja įtampa vadinama maksimali įtampa, kurią kondensatorius išlaiko trumpą laiką (paprastai 10 s). Ši įtampa apibūdina kondensatoriaus darbą esant trumpalaikėms perkrovoms. Prijungus vardinę darbo įtampą, kondensatorius turi patikimai veikti nustatytą ilgą garantinį laiką ir jo parametrai turi išlikti nepakitę.

4) **Temperatūrinis talpos koeficientas** apibūdina santykinį kondensatoriaus talpos pokytį pakitus temperatūrai 1°C :

$$TK_c = \frac{\Delta C}{C \cdot \Delta t}, \quad (2.04)$$

čia ΔC - talpos pokytis, pakitus temperatūrai $\Delta t(^{\circ}C)$; C - talpa esant normaliai temperatūrai.

Temperatūrinis talpos koeficientas gali būti teigiamas ir neigiamas.

5) **Izoliacijos varža** priklauso nuo kondensatoriaus dielektriko kokybės ir jo matmenų. Kai izoliacijos varža maža, teka žymi nuotėkio srovė, kuri gali net sutrikdyti schemos darbą. Izoliacijos varža mažėja didėjant aplinkos drėgmei ir temperatūrai.

2.6. Kondensatorių ženklavimas

Radioelektronikos schemose naudojamų kondensatorių elektriniai parametrai ženklunami: 1) skaičiais ir raidėmis; 2) spalviniu kodu.

Ženklinant **skaičiais ir raidėmis**, pažymimi kondensatoriaus temperatūrinis talpos koeficientas (TK_C), vardinės talpos dydis, leistinas vardinės talpos nuokrypis ir darbo įtampa.

Temperatūrinis talpos koeficientas koduojamas raide ir rašomas pirmoje eilutėje (pvz.: raidė G reiškia $TK_C=+60 \cdot 10^{-6} \cdot ^{\circ}C^{-1}$; raidė M reiškia $TK_C=-47 \cdot 10^{-6} \cdot ^{\circ}C^{-1}$; raidė B reiškia $TK_C=10\%$ ir pan). Kartais temperatūrinis talpos koeficientas koduojamas korpuso spalva arba dviem spalviniais ženklais, kuriuos skaitant rekomenduotina pasinaudoti radioelektronikos žinynu.

Antroje eilutėje koduotai žymima kondensatoriaus vardinė talpa. Talpa iki 100 pF išreiškiama pikofaradais ir ženklinama raide p, talpa nuo 100 pF iki $0,1 \mu F$ išreiškiama nanofaradais ir ženklinama raide n, talpa nuo $0,1 \mu F$ ir didesnė - mikrofaradais ir ženklinama raide M. Šios raidės vartojamos vietoje kablelio dešimtainėje trupmenoje, kuri išreiškia talpos reikšmę (pvz., 9p1 reiškia 9,1 pF). Jei talpos reikšmė išreiškiama sveiku skaičiumi, tai šios raidės rašomos po skaičiaus (pvz., 22p reiškia 22 pF). Jei talpos reikšmė išreiškiama trupmena, mažesne už vienetą, tai pirmas nulis ir kablelis nerašomi, o raidė žymima prieš skaičių, reiškiantį talpos dydį (pvz., M15 reiškia $0,15 \mu F$).

Trečioje eilutėje rašoma pirma raidė reiškia kondensatoriaus leistiną vardinės talpos nuokrypį (atitinka rezistorių nuokrypių 3 lentelę) ir vardinę darbo įtampą (5 lentelė).

Pavyzdžiui, kondensatorius paženklintas skaičiais ir raidėmis, kurie išdėstyti trijose eilutėse:

B
4n7
MG

Šis žymėjimas reiškia: 1) kondensatoriaus temperatūrinis talpos koeficientas $TK_C=\pm 10\%$ (ženklinimas B); 2) vardinė talpa 4700 pF (4n7); 3) leistinas talpos nuokrypis $\pm 20\%$ (M); 4) darbo įtampa 25 V (G).

5 lentelė

Darbo įtampa, V	Žymėjimas	Darbo įtampa, V	Žymėjimas
1,0	I	32	H
1,6	R	40	S
2,5	M	50	I
3,2	A	63	K
4,0	C	80	L
6,3	B	100	N
10	D	125	P
16	E	160	Q
20	F	200	Z
25	G	250	W

Kai kurios Europos šalių firmos gamina kondensatorius, kurių parametrai ženklunami kodu, sudaromu iš trijų skaičių. Trečias skaičius rodo, kiek nulių reikia rašyti prie pirmų dviejų skaičių, kad gautume šio kondensatoriaus vardinę talpą, išreikštą pikofaradais.

Pavyzdžiui, nustatykime, ką reiškia kodas 103. Jis reiškia, kad prie skaičiaus 10 reikia prirašyti tris nulius ir tada gausime 10000 pF.

Kondensatorių **spalvinio ženklavimo** sistema analogiška anksčiau pateiktai rezistorių spalvinio ženklavimo sistemai (4 lentelė), tik paskutinė (ketvirtoji) spalvinė juostelė reiškia kondensatoriaus vardinę darbo įtampą.

Keraminių kondensatorių temperatūrinis talpos koeficientas TK_C ženklinamas raidėmis arba spalvomis. Ženklinant spalvomis kondensatoriaus korpuso spalva rodo TK_C ženklą (+ arba -), o taško spalva - TK_C reikšmę.

Reikia pažymėti, kad daugumoje užsienio šalių nėra bendros kondensatorių ženklavimo sistemos ir kondensatorius gaminančios firmos savarankiškai pasirenka originalias žymėjimo sistemas [8].

2.7. Induktyvumo ritės

Radioelektroninėje aparatūroje naudojamos įvairios paskirties ir konstrukcijos induktyvumo ritės. Plačiausiai jos naudojamos virpesių kontūruose, signalų filtruose, o taip pat ryšiams tarp elektroninių grandinių sudaryti.

Pagal konstrukciją ritės būna vienasluoksnės, daugiasluoksnės, cilindrinės, spiralinės, su šerdimi ir be jos, ekranuotos ir neekranuotos, pastovaus arba kintamo induktyvumo ir kt.

Induktyvumo ritės, atskiriančios nuolatinę srovę nuo kintamosios arba dvi skir-

tingo dažnio sroves, vadinamos droseliais. Pagrindinė droselio paskirtis - sudaryti didelę varžą kintamajai srovei ir tuo pat metu - mažą varžą nuolatinei srovei.

Ritės induktyvioji varža priklauso nuo elektrinio signalo dažnio ir išreiškiama formule:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L, (\Omega), \quad (2.05)$$

čia: f - dažnis (Hz), L - induktyvumas (H).

Todėl tos pačios ritės varža skirtinga tekant įvairaus dažnio srovei. Aišku, kad bet kokios ritės varža nuolatinei srovei labai maža.

Induktyvumo rities apibūdina šie pagrindiniai parametrai:

- 1) induktyvumas,
- 2) kokybė,
- 3) savoji talpa,
- 4) temperatūrinis induktyvumo koeficientas.

Aptarkime šiuos parametrus.

1) **Ritės induktyvumas** priklauso nuo jos matmenų, formos ir vijų skaičiaus. Būtina atsiminti, kad induktyvumą pakeičia įdėta į ritę šerdis, o taip pat uždėtas ant ritės ekranas.

Induktyvumas išreiškiamas henriais (H), milihenriais ($1 \text{ mH} = 10^{-3} \text{ H}$), mikrohenriais ($1 \mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H}$), nanohenriais ($1 \text{ nH} = 10^{-9} \text{ H}$).

2) **Ritės kokybe** vadinamas ritės induktyviosios ir aktyviosios varžų santykis:

$$Q_L = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{R}, \quad (2.06)$$

čia: R - ritės aktyvioji varža (Ω), f - dažnis (Hz), L - induktyvumas (H).

Plačiausiai naudojamos vidutinės kokybės induktyvumo ritės ($Q_L = 40 \div 100$). Aukštesnės kokybės induktyvumo ritės naudojamos imtuvų kontūruose ir filtruose su siaura rezonansine kreive.

3) **Ritės savoji talpa** susidaro todėl, kad ritės apvijų vijos ir atskiri sluoksniai turi tarpusavyje elektrinę talpą. Ją galima laikyti tolygia kondensatoriui, kuris prijungtas lygiagrečiai ritei. Ši talpa pablogina ritės parametrus, todėl ją stengiamasi įvairiais būdais mažinti.

Mažiausią savąją talpą turi vienasluoksnės žingsniu suvyniotos ritės. Daugiasluoksnė ričių talpa sumažinama, padalinant ritės apviją į specialiai vinyjamas sekcijas.

4) **Temperatūrinis induktyvumo koeficientas** (TK_L) nusako santykinę induktyvumo pokytį, pakitus temperatūrai 1°C . TK_L įtakai sumažinti virpesių kontūruose dažniausiai įjungiamas termokompensacinis kondensatorius, turintis neigiamą temperatūrinį talpos koeficientą.

Vienasluoksnė ričių, kurių apvijos ilgio santykis su skersmeniu didesnis už 5, parametrai apskaičiuojami pagal formules:

$$L = \frac{0,2 \cdot N^2 \cdot d^2}{20l + 9d}, N = \frac{2,24}{d} \sqrt{L(20l + 9d)}; \quad (2.07)$$

čia: L - induktyvumas, μH ; N - vijų skaičius; d - ritės skersmuo, cm; l - apvijos ilgis, cm.

Daugiasluoksnių ričių, kurių apvijos ilgio santykis su skersmeniu artimas arba lygus 1, parametrai nustatomi pagal formules:

$$L = \frac{N^2 \cdot d \cdot m^2}{100d}, N = \frac{10}{d_m} \sqrt{L \cdot d}; \quad (2.08)$$

čia: L - induktyvumas, μH ; N - vijų skaičius; d_m - vidutinis apvijos skersmuo, cm; d - apvijos ilgis, cm.

Feritinė šerdelė, įstatyta į vienasluoksnę arba daugiasluoksnę ritę, padidina jos induktyvumą (1,5÷5) kartus. Žalvarinė šerdelė, įstatyta vietoje feritinės šerdelės, sumažina induktyvumą (60÷90)% palyginus su induktyvumu be šerdelės. Induktyvumas dažniausiai keičiamas stumdant arba įsukant šerdelę ritės viduje elektroninės schemos derinimo metu.

Aukštojo dažnio ričių šerdelės gaminamos iš karbonilinės geležies. Žemojo dažnio droselių šerdelės gaminamos iš lakštinio elektrotechninio plieno.

Pavyzdys. Induktyvumo ritė (be magnetinės šerdelės) turi skersmenį 0,8 cm ir ilgį 5 cm. Jos induktyvumas 40 H. Nustatykite ritės vijų skaičių.

Ritės ilgio ir skersmens santykis $5:0,8 > 5$, todėl

$$N = \frac{2,24}{d} \sqrt{L(20l + 9d)} = \frac{2,24}{0,8} \sqrt{40(20 \cdot 5 + 9 \cdot 0,8)} = 131 \text{ vija.}$$

Tam, kad sumažėtų vijų skaičius ir būtų gaunamas tas pats induktyvumas, galima panaudoti feritinę šerdelę.

Reikia atsiminti, kad kuo mažesnis ritės laido skersmuo, tuo daugiau vijų galima sutalpinti ritėje, tačiau tuo didesnė ir ritės laido aktyvioji varža ir, tuo pačiu, išsiskirianti šiluma. Ritės srovė neturėtų viršyti 100 mA, kai laido skersmuo 0,2 mm, 750 mA - kai 0,5 mm ir 4 A - kai 1 mm.

Norint sumažinti ritės elektromagnetinio lauko įtaką gretimoms radijo detalėms ir atvirksčiai - išorinių laukų įtaką ritei, ji apgaubiam metaliniu ekranu. Aukštojo dažnio ričių ekranai gaminami iš vario arba aliuminio. Ekranas žymiai sumažina ritės induktyvumą bei kokybę ir padidina jos savąją talpą, todėl, jei tai aktualu, ekrano skersmuo ir aukštis gaminami apie du kartus didesni už ritės skersmenį bei apvijos ilgį.

2.8. Transformatoriai

Radioelektroninėje aparatūroje naudojami įtampos ir jėgos transformatoriai. Žemo dažnio įtampos transformatoriai naudojami, pvz., kaip ryšio elementai tarp

signalo šaltinio ir stiprintuvo įėjimo, tarp dviejų stiprintuvų arba tarp stiprintuvo ir garsiakalbio. Pagal tai, kokioje schemos vietoje transformatoriai panaudojami, jie skirstomi į įėjimo, tarplaispinius ir išėjimo transformatorius.

Jėgos (tinklo) transformatoriai naudojami radioelektroninės aparatūros maitinimo grandinėse. Jų pirminė apvija įjungiama į kintamosios srovės tinklą. Antrinių apvijų gali būti keletas.

Transformatorių apvijose sukuriama elektrovaros jėgos, proporcingos jų vijų skaičiui. Pirminės ir antrinės apvijų vijų skaičiaus santykis vadinamas transformacijos koeficientu

$$n = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}, \quad (2.09)$$

čia: ω_1, ω_2 - pirminės ir antrinės apvijų vijų skaičius; E_1 ir E_2 - apvijose sukuriamos evj; U_1, U_2 - apvijų įtampos; I_1, I_2 - apvijomis tekančios srovės.

Kai antrinėje apvijoje yra daugiau vijų negu pirminėje ($n < 1$), toks transformatorius vadinamas įtampos aukštinimo transformatoriumi, o kai antrinėje apvijoje vijų mažiau negu pirminėje ($n > 1$), - įtampos žeminimo transformatoriumi.

Kai į antrinę apviją įjungta varža R_a , transformatorius drauge su apkrova sudaro signalo šaltiniui ekvivalentinę varžą R_{ekv} . Ekvivalentinės varžos dydis nustatomas pagal formulę

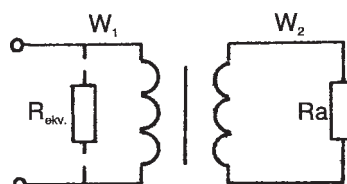
$$R_{ekv} = n^2 \cdot R_a. \quad (2.10)$$

Tokiu būdu, panaudojant transformatorių galima suderinti mažą garsiakalbio ritės varžą su didele galios stiprintuvo išėjimo laipsnio tranzistoriaus vidine varža.

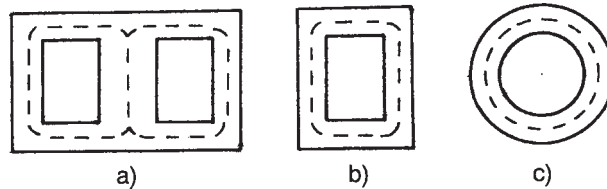
Radioelektroniniuose įrenginiuose taip pat panaudojami autotransformatoriai, turintys tik vieną apviją su keliomis atšakomis. Juos galima jungti kintamos įtampos žeminimui arba aukštinimui. Pavyzdžiui, jeigu kintamos įtampos šaltinis jungiamas prie kraštutinių atšakų, tai įtampa tarp tarpinių atšakų bus mažesnė už šaltinio įtampą, t.y. gausime įtampos žeminimą. Ir atvirkščiai, prijungus įtampos šaltinį tarp tarpinių atšakų, tarp kraštutinių atšakų gausime paaukštinimą.

Žemo dažnio įtampos transformatorių ir mažos galios tinklo transformatorių konstrukcija panaši. Jų šerdys dažniausiai surenkamos iš elektrotechninio plieno šampuotų plokštelių. Labiausiai paplitę trys šerdžių tipai: gaubtinis, strypinis ir žiedinis (20 pav.).

Gaubtinės šerdies centrinis strypas platesnis už kraštinius. Ant jo uždeda-



19 pav. Dviejų apvijų transformatoriaus schema.



20 pav. Transformatorių šerdžių skerspjūviai: a - gaubtinis; b - strypinis; c - žiedinis.

ma ritė. Strypinė šerdis turi dvi rites, po vieną ant kiekvieno vienodos formos strypo.

Transformatoriaus konstrukciją lemia jo paskirtis ir grandinė, į kurią jis įjungtas, o taip pat kintamosios srovės dažnis. Pasirenkant transformatorių, rekomenduotina naudotis radioelektronikos žinynu, kuriame pateiktos apvijų išdėstymo ir sujungimų schemos, apvijų vardinės srovės, įtampos bei transformatoriaus vardinė galia. Buitinės aparatūros maitinimo transformatoriaus tipo žymėjime nurodytas skaičius rodo šio transformatoriaus galią vatais (pavyzdžiui, TCX-100 reiškia, kad transformatoriaus galia yra 100 W).

3. PUSLAIDININKINIAI PRIETAISAI IR INTEGRALINĖS SCHEMOS

3.1. Puslaidininkinių prietaisų klasifikacija

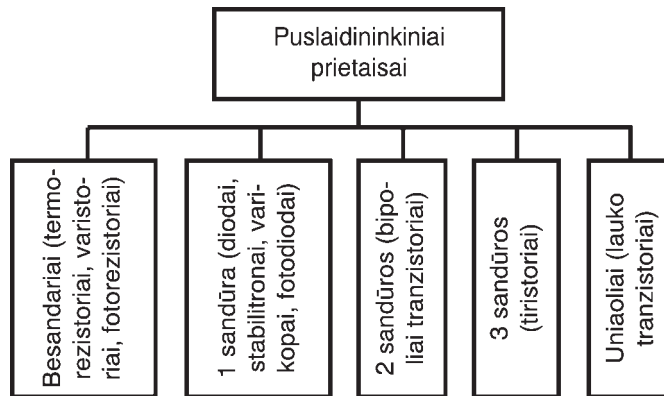
Puslaidininkiniai prietaisai - tai diskretiniai elektroniniai prietaisai, kurių veikimas pagrįstas puslaidininkinių savybėmis. Juos sudaro sandariai korpusuose įtaisyti puslaidininkiniai kristalai, kurie su išore sujungti laidininkais.

Puslaidininkiniai prietaisai sudaryti iš vienos ar kelių pn sandūrų, todėl dažniausiai jie klasifikuojami pagal pn sandūrų skaičių. Puslaidininkinių prietaisų klasifikacija pateikta 21 pav.

3.2. Puslaidininkiniai diodai

Puslaidininkinį diodą sudaro puslaidininkyje suformuota pn sandūra su metaliniais išvadais. Diodai hermetizuojami metaliniuose, stikliniuose, plastmasiniuose arba keraminiuose korpusuose..

Elektroninėse schemose naudojami įvairios paskirties puslaidininkiniai diodai. Plačiausiai naudojamų diodų sutartiniai grafiniai žymenys pateikti priede knygelės gale (trikampis atitinka p sritį ir vadinamas anodu, brūkšnelis atitinka n sritį ir vadinamas katodu).



21 pav. Puslaidininkinių prietaisų klasifikacija.

Pagal paskirtį puslaidininkiniai diodai skirstomi į lygintuvinius diodus, stabilitronus, varikapus, tiristorius, fotodiodus, šviesos diodus ir kt.

Lygintuviniai diodai skirti žemo dažnio kintamajai srovei lyginti, t.y. paversti nuolatine srove. Jų veikimas pagrįstas pn sandūros ventiline savybe - sandūra gerai praleidžia srovę tik viena kryptimi. Todėl diodas sudaro mažą varžą srovei, tekančiai tiesiogine kryptimi ir didelę varžą srovei, tekančiai atgaline kryptimi.

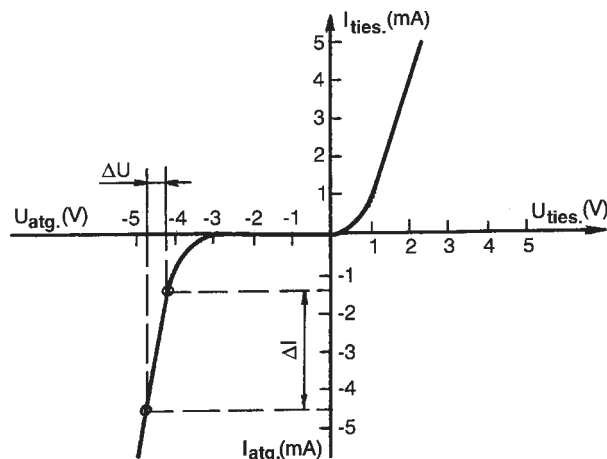
Svarbiausi lygintuvinio diodo parametrai yra maksimali leistinoji atgalinė įtampa ir maksimali leistinoji tiesioginė srovė. Kad būtų didesnė leistinoji tiesioginė srovė, lygintuviniai diodai gaminami su didelio ploto pn sandūra. Kuo didesnis pn sandūros plotas (o tuo pačiu paprastai didesni ir paties diodo gabaritai), tuo didesnė leistina tiesioginė srovė gali pro diodą pratekėti jo nesugadindama.

Stabilitronai naudojami elektrinių grandinių įtampai stabilizuoti. Stabilitronuose panaudojama pn sandūros atgalinės voltamperinės šakos savybė palaikyti praktiškai pastovią įtampą srovei kintant plačiose ribose (22 pav.). Elektroninėse schemose stabilitronai visuomet jungiami atgaline kryptimi (prijungtos įtampos atžvilgiu), o nuosekliai jiems jungiamas papildomas rezistorius.

Varikapai naudojami automatinėse virpamųjų kontūrų dažnio derinimo grandinėse televizoriuose bei radijo imtuvuose. Varikapai - tai kondensatoriai, kurių talpa keičiasi keičiant prie jų pridėtą įtampą. Varikapų veikimas pagrįstas pn sandūros talpos kitimu kintant atgalinei įtampai (23 pav.).

Varikapų talpa būna kelios dešimtys, rečiau - keli šimtai pikofaradų. Jie apibūdinami perdengimo koeficientu K_{perd} . Perdengimo koeficientas - tai maksimalios ir minimalios talpų santykis, kintant varikapo įtampai leistinose ribose. Paprastai $K_{perd}=3\div 5$.

Tiristoriai - tai keturių sluoksnių pnpn struktūros puslaidininkiniai prietaisai,



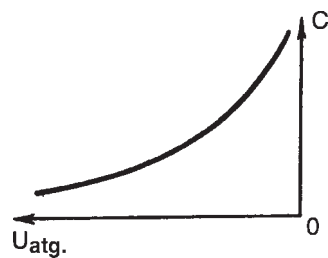
22 pav. Stabilitrone voltamperinė charakteristika.

kuriuose yra trys pn sandūros (24 pav.). Nevaldomi diodiniai tiristoriai (dinistoriai) turi du išorinius išvadus, prijungtus prie kraštinių struktūros p ir n laidumo sričių - anodą (A) ir katodą (K). Valdomi triodiniai tiristoriai (trinistoriai) turi papildomą valdymo elektrodo išvadą nuo trečiojo sluoksnio - valdymo elektrodą (VE).

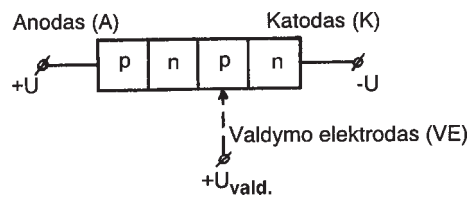
Išorinis įtampos šaltinis jungiamas teigiamuoju poliumi prie p laidumo srities (anodo A), o neigiamuoju - prie n laidumo srities (katodo K).

Tiristoriai naudojami kintamosios ir nuolatinės srovės galios reguliatoriuose. Jie labai greitai persijungia iš srovei nelaidžios būklės į srovei laidžią būklę ir tada jų varža tampa labai maža. Trinistoriuose valdymo elektrodo įtampa U_{vald} keičia anodinę įtampą, kuriai esant trinistorius persijungia iš nelaidžios būklės į laidžią būklę, dydį.

Fotodiodo veikimo principas pagrįstas fotoefektu. Tai puslaidininkinis elementas, turintis vieną pn sandūrą. Šviesos srautas, nukreiptas į atvirą pn sandūrą, padidina elektronų ir skylių koncentraciją p ir n srityse. Todėl sumažėja pn sandūros potencialinis barjeras ir padidėja ja tekanti srovė.

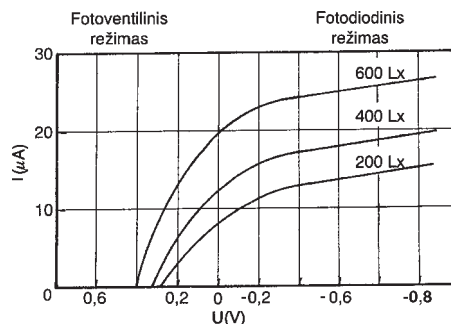


23 pav. Varikapo talpos kitimas kintant atgalinei įtampai.



24 pav. Tiristoriaus struktūra.

Fotodiodai gali dirbti dviem režimais: be išorinio įtampos šaltinio (fotoventiliniu) arba su išoriniu įtampos šaltiniu (fotodiodiniu). Pirmuoju atveju fotodiodas dirba kaip fotogeneratorius, transformuodamas šviesos energiją į elektrinę energiją. Fotodiodinis režimas sudaromas prijungus prie fotodiodo įtampos šaltinį atgaline kryptimi. Jei išorinio šviesos srauto nėra, teka nestipri “tamsos srovė” ir fotodiodas nesiskiria nuo paprasto puslaidininkinio diodo. Apšvietus fotodiodą, teka fotosrovė, tiesiškai priklausanti nuo šviesos srauto dydžio (25 pav.).



25 pav. Fotodiodo voltamperinių charakteristikų šeima.

Puslaidininkinių šviesos diodų pn sandūra spinduliuoja šviesą, kai ja teka tiesioginė srovė. Šviesos diodai gali spinduliuoti regimąją šviesą arba infraraudonuosius spindulius. Jie plačiai naudojami radioelektroninėje aparatūroje darbo režimų indikacijai, kadangi jų srovė (nuo 5 mA iki 20 mA) žymiai mažesnė už kaitinimo lempučių srovę. Nuosekliai su šviesos diodu jungiamas rezistorius, kuris riboja pro šviesos diodą pratekančią srovę.

3.3. Tranzistoriai

Tranzistoriais vadinami puslaidininkiniai prietaisai, skirti srovei bei galiai stiprinti ir turintys tris išvadus. Žodis “tranzistorius” sudarytas iš dviejų žodžių: “transfer” ir “resistor”, o tai reiškia - “perdavimo rezistorius”. Šio pavadinimo prasmė tokia - tranzistoriuje įėjimo grandine tekančia srove valdoma išėjimo grandine tekanči srovė. Kadangi tranzistorius turi tris išvadus, vienas iš išvadų yra bendras abejoms grandinėms.

Priklausomai nuo veikimo principo, tranzistoriai skirstomi į dvipolius (bipolius) ir vienpolius (unipolius) tranzistorius. Vienpoliai tranzistoriai dar vadinami lauko tranzistoriais.

Pagrindinis dvipolio tranzistoriaus elementas yra puslaidininkio kristalas, kuriame, panaudojant specialias priemaišas, sudarytos trys skirtingo puslaidininkinio laidumo zonos, turinčios dvi p-n sandūras. Krūvininkai (krūvio nešėjai) dvipoliuose tranzistoriuose yra ir elektronai, ir skylutės. Pagal zonų išsidėstymą tranzistoriai skirstomi į p-n-p ir n-p-n tipo tranzistorius. Vidurinė zona 1 vadinama baze, kraštinė zona 2, kuri injektuoja krūvio nešėjus, vadinama emiteriu. Kita kraštinė zona 3, kuri surenka injektuotus krūvio nešėjus, vadinama kolektoriumi (26 pav.). Prie kiekvienos šių kristalų sričių prilituoti išoriniai išvadai.

Kad tranzistorius veiktų, prie jo išvadų reikia prijungti maitinimo šaltinių nuolatines įtampas ir keitimui skirtą signalą. Signalo stiprinimas vykdomas maitinimo šaltinių sąskaita.

Tranzistorius apibūdinamas maksimaliomis kolektoriaus srove I_K ir bazės srove I_B , maksimalia įtampa tarp kolektoriaus ir emiterio U_{KE} ir maksimalia kolektoriaus grandinėje išskleidoma galia P_K .

Tranzistoriai jungiami pagal tris pagrindines schemas: bendros bazės (BB), bendro emiterio (BE) ir bendro kolektoriaus (BK) (27 pav.).

Radioelektronikos žinynuose paprastai nurodomi įvairių tipų tranzistorių bendros bazės jungimo schemų srovės stiprinimo koeficientai $\alpha = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E}$ ($\alpha=0,97\dots0,995$).

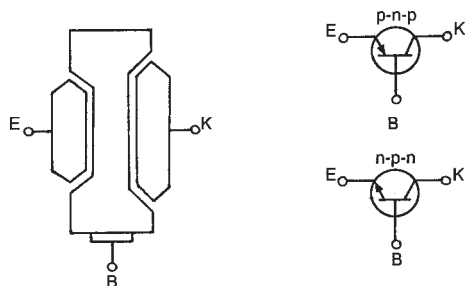
Bendro emiterio jungimo schemų srovės perdavimo koeficientai $\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$ apskaičiuojami pagal formulę:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}. \quad (3.01)$$

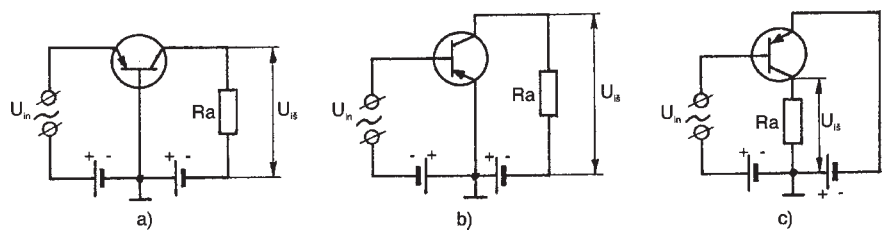
Šiose jungimo schemose kolektoriaus srovė žymiai didesnė už bazės srovę.

Pagal panaudojimo sritį tranzistoriai skirstomi į žemo dažnio tranzistorius (skirtus darbui su signalais iki 100 kHz dažnio), aukšto dažnio (su aukštesnio už 100 kHz dažnio signalais), didelės galios tranzistorius (naudojamus žemo dažnio stiprintuvų galinėse pakopose), perjungimo tranzistorius (darbui impulsinėse schemose), mažo triukšmo tranzistorius (silpnų signalų stiprintuvų įėjimo grandinėse) ir aukštos įtampos tranzistorius (skirtus darbui aukštos įtampos grandinėse).

Vienpoliuose (lauko) tranzistoriuose srovę sudaro vienos rūšies pagrindiniai puslaidininkio krūvininkai - arba elektronai, arba skylutės. Veikimo principas pa-



26 pav. Dvipolio tranzistoriaus struktūra ir sutartiniai grafiniai žymenys.



27 pav. Dvipolių tranzistorių jungimo schemas: a - BB; b - BE; c - BK.

grįstas puslaidininkinės medžiagos varžos kitimu. Lauko tranzistoriaus laidumo kanalas - tai dažniausiai n tipo puslaidininkio strypelis (28 pav.). Išilgai strypelio iš dviejų priešingų pusių suformuojamos p puslaidininkio plokštelės, kurios sudaro užtūros (U) elektrodą. Elektrodas, nuo kurio pradeda judėti pagrindiniai krūvininkai, vadinamas ištaka (I). Elektrodas, kurio link juda krūvininkai, vadinamas santaka (S). Šie elektrodai išdėstomi priešinguose puslaidininkinio strypelio galuose. Prie užtūros prijungiama p-n sandūrą uždaranti įtampa U_{IN} . Ją didinant, siaurėja lauko tranzistoriaus kanalo tarp ištakos ir santakos skerspjūvis, tuo pačiu didėja jo varža, mažėja tranzistoriumi tekanti srovė I_S . Įtampa, kuriai esant $I_S=0$, vadinama lauko tranzistoriaus uždarymo įtampa $U_{ūzd}$.

Labiausiai paplitę lauko tranzistoriai dviejų tipų: 1) su valdoma pn sandūra; 2) su izoliuota užtūra.

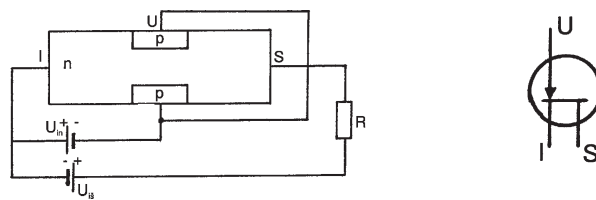
Lauko tranzistoriai su izoliuota užtūra yra metalo-dielektriko-puslaidininkio (MDP) arba metalo-oksido-puslaidininkio (MOP) struktūros ir turi vieną arba kelias elektriškai izoliuotas nuo laidumo kanalo užtūras.

Lauko tranzistoriai su valdoma pn sandūra turi labai didelę įėjimo varžą, todėl jiems reikalinga maža valdymo galia ($R_{IN}=10^8 \div 10^9 \Omega$). MOP tranzistoriuose užtūros elektrodas atskirtas nuo laidumo kanalo oksido sluoksniu, o MDP tranzistoriuose - dielektriko sluoksniu. MOP ir MDP tranzistorių įėjimo varža dar didesnė - ($R_{IN}=10^{12} \div 10^{14} \Omega$).

Kiti svarbiausi lauko tranzistoriaus parametrai yra maksimali santakos srovė $I_{S\ max}$, maksimali įtampa ištaka - santaka $U_{IS\ max}$, maksimali įtampa užtvara - ištaka $U_{UI\ max}$, maksimali tranzistoriuje isiskirianti galia P_{max} ir lauko tranzistoriaus statinės charakteristikos statumas $S = \frac{\Delta I_S}{\Delta U_g} \left(\frac{mA}{V} \right)$.

Statinės charakteristikos statumas S parodo, kiek pakinta santakos grandinės srovė, pakeitus 1 voltu užtūros įtampą U_{IU} (kai $U_{IS}=const$). Paprastai $S=0,5 \div 5 mA/V$.

Reikia atkreipti dėmesį, kad MOP ir MDP tranzistoriai labai neatsparūs elektri-



28 pav. Lauko tranzistoriaus su valdoma pn sandūra struktūra.

niam krūviui, kuris susikaupia užtūros elektroduose. Gamybos metu jų išvadai trumpai sujungiami metaline folija. Įlituojant tranzistorius į schemą, būtina reikia naudoti įžemintą lituoklį, o visi tranzistorių išvadai turi būti patikimai užtrumpinti. Foliją galima nuimti tikrai įlitavus visus tranzistoriaus išvadus į montuojamą schemą.

3.4. Puslaidininkinių prietaisų žymėjimo sistemos

Įvairios šalys ir net atskiros puslaidininkinius prietaisus gaminančios firmos naudoja skirtingas puslaidininkinių prietaisų žymėjimo sistemas. Trumpai kai kurias jų panagrinėsime.

Europoje (Lenkijoje, Vokietijoje, Vengrijoje, Italijoje, Prancūzijoje) plačiausiai naudojama tarptautinės organizacijos AIPE (Association International Pro Electron) pasiūlyta sistema. Plataus vartojimo buitiniai puslaidininkiniai prietaisai žymimi dviem raidėmis ir trimis skaitmenimis nuo 100 iki 999, rodančiais puslaidininkinio prietaiso eilės numerį. Sistemoje AIPE pirmoji raidė rodo puslaidininkio medžiagą:

- A - germanis;
- B - silicis;
- C - galio arsenidas;
- R - kitos medžiagos.

Antroji raidė rodo puslaidininkinio prietaiso funkcinę paskirtį:

- A - detektorinis diodas;
- B - diodas su kintamąja talpa (varikapas);
- C - žemojo dažnio nedidelės galios tranzistorius;
- D - žemojo dažnio didelės galios tranzistorius;
- E - tunelinis diodas;
- F - aukštojo dažnio nedidelės galios tranzistorius;
- G - kombinuotieji puslaidininkiniai prietaisai;
- L - aukštojo dažnio didelės galios tranzistorius;
- P - šviesai jautrūs prietaisai (pvz., fotodiodai);
- Q - šviesą spinduliuojantys prietaisai (pvz., šviesos diodai);
- T - tiristorius;
- S - impulsinis mažos galios tranzistorius;
- U - impulsinis didelės galios tranzistorius;
- Z - stabilitronas.

Jungtinėse Amerikos Valstijose plačiausiai naudojama JEDEC žymėjimo sistema. Pirmasis elementas rodo pn sandūrų skaičių: 1 - diodas, 2 - tranzistorius. 3 - tiristorius. Po N raidės seka serijinis numeris, rodantis šio prietaiso registracijos numerį elektroninės pramonės įmonių asociacijoje. Po šio numerio seka viena ar keletas raidžių, rodančių įvairius elektrinius puslaidininkinio prietaiso parametrus.

Japonijoje gaminamų puslaidininkinių prietaisų žymėjimo sistema standartizuota standartu JIS-C-7012. Žymėjimas sudarytas iš penkių elementų.

Pirmasis elementas žymi puslaidininkinio prietaiso tipą:

- 0 - fotodiodas, fototranzistorius;
- 1 - diodas;
- 2 - tranzistorius;
- 3 - tiristorius.

Antrasis elementas - raidė S (semiconductor) rodo, kad šis prietaisas yra puslaidininkinis.

Trečiasis elementas rodo puslaidininkinio prietaiso struktūrą:

- A - pnp aukštojo dažnio tranzistorius;
- B - pnp žemojo dažnio tranzistorius;
- C - npn aukštojo dažnio tranzistorius;
- D - npn žemojo dažnio tranzistorius;
- E - tiristorius (su npnp struktūra);
- G - tiristorius (su npnp struktūra);
- H - vienos sandūros tranzistorius;
- I - lauko tranzistorius su p kanalu;
- K - lauko tranzistorius su n kanalu;
- M - simetrinis tranzistorius.

Fototranzistoriai ir fotodiodai trečiuoju elementu nežymimi.

Ketvirtasis elementas - registracijos numeris. Po šio numerio seka raidė, rodanti puslaidininkinio prietaiso gamybos variantą (A - pirmasis variantas, B - patobulintas ir t.t.). Pavyzdžiui, žymėjimas 2SC1416A reiškia, kad tai npn aukštojo dažnio tranzistorius, registracijos numeris 1416, pirmasis variantas.

Puslaidininkinių prietaisų gamintojai dažnai vartoja savas žymėjimo sistemas. Pavyzdžiui, Japonijos NEC firma puslaidininkinius prietaisus žymi taip:

- Fototranzistoriai - PH;
- Fotoimtuvai - PS;
- Stabilitronai - RD;
- Detektoriniai diodai - SD;
- Varistoriai - VD.

Rusijoje gaminamų puslaidininkinių prietaisų žymėjimo sistema standartizuota valstybiniu standartu. Pirmasis elementas rodo, iš kokios puslaidininkinės medžiagos pagamintas puslaidininkinis prietaisas:

- Г arba 1 - germanis ir jo junginiai,
- K arba 2 - silicis ir jo junginiai,
- A arba 3 - galio junginiai.

Antrasis elementas - raidė, rodanti puslaidininkinio prietaiso klasę:

- T - dvipoliai tranzistoriai;
- П - lauko tranzistoriai;
- Д - diodai;
- Ц - lygintuviniai stulpeliai ir blokai;
- С - stabilitronai;
- В - varikapai;
- И - tuneliniai diodai;
- Н - diodiniai tiristoriai;
- У - triodiniai tiristoriai;
- Л - šviesos diodai.

Trečiasis elementas - triženklis skaičius, rodantis puslaidininkinio prietaiso dažnines savybes ir galią (nustatoma pagal 6 lentelę).

Ketvirtasis elementas - raidė, nurodanti puslaidininkinio prietaiso priskyrimą tam tikrai grupei (pagal elektrinius parametrus).

3.5. Integralinės schemos

Integralinės schemos - tai mikroelektronikos prietaisai, pagaminti sujungus paprastus aktyvinius ir pasyvinius elementus bei jungiamuosius laidininkus į vieną mazgą. Integralinės elektronikos pagrindas - sudėtinga šiuolaikinė planarinė technologija, kurioje panaudojamos puslaidininkinės struktūros, plonos metalų ir dielektrikų plėvelės bei fizikiniai procesai kietuose kūnuose.

Integralinės schemos klasifikuojamos pagal konstrukcinę ir technologinę atlikimą, pagal funkcinę paskirtį ir pagal integravimo laipsnį. Pagal konstrukcinę ir technologinę atlikimą integralinės schemos skirstomos į puslaidininkines, plėvelines ir hibridines.

Puslaidininkinėse integralinėse schemose visi elementai ir jų sujungimai suformuoti puslaidininkio tūryje arba jo paviršiuje. Pastaruoju metu labiausiai paplitusios puslaidininkinės integralinės schemos, kurių viename kristale yra daugiau kaip 1000 elementų.

6 lentelė

Tranzistorių darbo dažniai (MHz)	Trečiasis tranzistorių žymėjimo elementas, kai kolektoriaus sklaidomoji galia (W)		
	maža (iki 0,3)	vidutinė (nuo 0,3 iki 1,5)	didelė (didesnė už 1,5)
Žemieji (iki 3)	101 - 199	401 - 499	701 - 799
Vidutiniai (nuo 3 iki 30)	201 - 299	501 - 599	801 - 899
Aukštieji (nuo 30 iki 300)	301 - 399	601 - 699	901 - 999

Plėvelinėse integralinėse schemose visi elementai ir jų sujungimai sudaryti tik iš plėvelių. Jos skirstomos į plonasluoksnes ir storasluoksnes integralines schemas.

Hibridinės integralinės schemas sudarytos iš diskretinių aktyvinių elementų (pvz., mikrotranzistorių, mikrodiodų) ir plėvelinių pasyvinių elementų (pvz., rezistorių, kondensatorių) bei jų sujungimų.

Pagal funkcinę paskirtį integralinės schemas skirstomos į dvi grupes: analogines ir skaitmenines (logines) integralines schemas.

Analoginės integralinės schemas naudojamos tolydinės funkcijos dėsnio kintančių signalų stiprinimui, generavimui ir keitimui plačiame dažnių ir galių diapazone (pvz., žemo ir aukšto dažnio stiprintuvuose, maišikliuose, detektoriuose, generatoriuose).

Skaitmeninės integralinės schemas naudojamos keisti ir apdoroti skaitmeninius kodus (pvz., spalvotuose televizoriuose, skaičiavimo mašinose, diskretinio informacijos apdorojimo ir automatikos aparatuose).

Integralinės schemas integracijos laipsnis priklauso nuo elementų ir komponentų, įeinančių į jos sudėtį, skaičiaus. Yra 6 integracijos laipsniai: 1) iki 10 elementų; 2) nuo 10 iki 100; 3) nuo 100 iki 1000; 4) nuo 1000 iki 10000; 5) nuo 10000 iki 100000; 6) nuo 100000 iki 1000000.

Analoginės ir skaitmeninės integralinės schemas išleidžiamos serijomis. Vienai serijai priklauso integralinės schemas, kurios atlieka skirtingas funkcijas, bet pasižymi vienodu konstrukciniu-technologiniu išpildymu ir todėl gali būti naudojamos aparatuose kartu.

Europinė integralinių schemų žymėjimo sistema susideda iš trijų raidžių, po kurių seka trys ar keturi skaičiai ir raidė, nusakanti korpuso tipą.

Pirma raidė nusako integralinės schemas klasę: S - skaitmeninė schema; T - analoginė schema; U - analoginė-skaitmeninė schema.

Antra raidė nusako seriją.

Trečia raidė - darbo temperatūrų diapazoną:

A - diapazonas nenustatytas.

B - nuo 0° iki $+70^{\circ}$ C.

C - nuo -55° iki $+125^{\circ}$ C.

D - nuo -25° iki $+70^{\circ}$ C.

F - nuo -40° iki $+85^{\circ}$ C ir t.t

Paskutinė raidė nusako korpuso tipą:

B - DIL tipo korpusas (29 pav.);

C - cilindrinis korpusas;

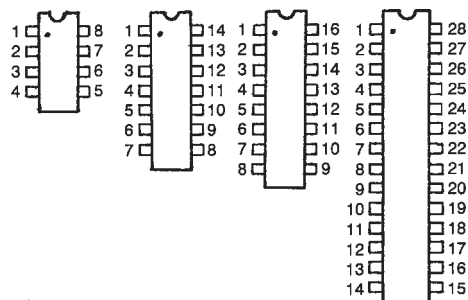
F - plokščias korpusas;

P - DIP tipo korpusas (plastmasinis DIL);

Q - QIL (keturių linijų korpusas)

U - bekorpusinė mikroschema.
 Pavyzdžiui, SAF2039P - tai skaitmeninė integralinė schema plastmasiniame DIL korpuse. Darbo temperatūrų diapazonas - nuo -40° iki $+85^{\circ}$ C.

Rusijoje gaminamos integralinės schemas pagal valstybinį standartą žymimos simboliais, nurodančiais jų gamybos technologiją, projektavimo seriją, paskirtį ir priklausomybę atitinkamai grupei serijos viduje, pasižyminčiai konkrečiais techniniais parametrais. Integralinės schemas žymuo sudarytas iš keturių elementų:



29 pav. Integralinių schemų DIL tipo korpusai.

1. Vienaženklis skaičius, nurodantis gamybos technologiją:
 1, 5, 7 žymi puslaidininkines integralines schemas,
 2, 4, 8 - hibridines integralines schemas,
 3 - plėvelines ir kt. technologijų pagrindu pagamintas mikroschemas.
2. Antrasis simbolis - dviženklis skaičius, rodantis serijos numerį. Integralinės schemas serija - tai grupė integralinių schemų, pasižyminti konstrukcijos, maitinimo įtampų ir signalų lygių bendrumu. Toje pačioje serijoje yra įvairios paskirties integralinių schemų. Konstruojant radioelektroninius įrenginius, patogu ir tikslinga panaudoti galimai daugiau vienos serijos integralinių schemų.
3. Trečiasis simbolis - dvi raidės, rodančios integralinės schemas paskirtį. Pirmą raidę nusako vykdomą funkciją (generatorius, stiprintuvas, detektorius ir t.t.), antra raidė konkretizuoja generuojamo arba apdorojamo signalo tipą. 7 lentelėje pateiktos dažniau sutinkamos trečiojo simbolio reikšmės.
4. Ketvirtasis simbolis - skaičius, rodantis konkrečios paskirties integralinės schemas modifikacijos numerį. Šios modifikacijos skiriasi techniniais parametrais.

Analoginės integralinės schemas, pasižyminčios parametru įvairumu, gali turėti dar penktą žymėjimo simbolį - raidę. Ji nurodo kai kurių specialių parametru reikšmes, pvz., stiprinimo koeficiento, triukšmų lygio ir t.t

Raidė K, esanti žymėjimo pradžioje, nurodo, kad integralinė schema skirta naudojimui buitinėje plataus vartojimo aparaturoje.

Pavyzdžiui, panagrinėkime integralinės schemas žymėjimą K155ЛA3: K reiškia, kad integralinė schema skirta masiniam vartojimui; 1 - pagaminta puslaidininkinės technologijos pagrindu; 55 - serijos numeris; ЛA - loginis elementas "IR-

7 lentelė

Vykdoma funkcija	Trečias simbolis	Vykdoma funkcija	Trečias simbolis
GENERATORIAI harmoninių signalų stačiakampių impulsų triukšmo signalo	ГС ГГ ГМ	FILTRAI žemų dažnių aukštų dažnių juostiniai	ФН ФВ ФЕ
DETEKTORIAI amplitudiniai dažniniai faziniai	ДА ДС ДФ	FORMUOTUVAI stačiakampių impulsų specialios formos impulsų	АГ АФ
KOMUTATORIAI IR RAKTAI srovės įtampos	КТ КН	LOGINIAI ELEMENTAI “IR” “IR-NE” “ARBA”	ЛИ ЛА ЛЛ
MODULIATORIAI amplitudiniai dažniniai faziniai impulsiniai	МА МС МФ МИ	TRIGERIAI D-tipo IK-tipo RS-tipo	ТМ ТВ ТР
KEITIKLIAI dažnio įtampos galios kodas-analogas analogas-kodas	ПС ПН ПМ ПА ПВ	ARITMETINIAI IR DISKRETINIAI ĮRENGINIAI registrai skaitliukai dešifраторiai sumatoriai	ИР ИЕ ИД ИМ
STIPRINTUVAI žemo dažnio aukšto dažnio operaciniai kartotuvai	УН УВ УД УЕ	DAUGIAFUNKCINĖS SCHEMOS analoginės skaitmeninės kombinuotos	ХА ХЛ ХК
		ELEMENTŲ RINKINIAI diodų rezistorių tranzistorių	НД НР НТ

NE”; 3 - loginio elemento “IR-NE” variantas 4×2 “IR-NE” (vienne korpuse keturios IR-NE schemos, turinčios po du įėjimus).

4. RADIOELEKTRONINIŲ GAMINIŲ SCHEMOS.

4.1. Elektrinių schemų tipai

Radioelektroniniams gaminiams atvaizduoti sudaromos elektrinės schemos. Montuojant, remontuojant ir eksploatuojant aparatūrą, reikia skirti elektrinių schemų tipus, mokėti jas skaityti, žinoti raidinius ženklus ir grafinius sutartinius žymenis.

Elektrinės schemos - tai brėžiniai, kuriuose sudėtinės gaminio dalys ir sujungimai tarp jų pavaizduoti sutartiniais žymenimis.

Tam, kad elektrinės schemos būtų skaitomos teisingai ir vienareikšmiškai, sutartiniai žymenys standartizuojami pagal įvairių tarptautinių organizacijų (Tarptautinės elektrotechninės komisijos, Tarptautinės standartizavimo organizacijos ir kt.) reikalavimus. Plačiausiai naudojami šeši elektrinių schemų tipai: 1) struktūrinė schema; 2) funkcinė schema; 3) principinė schema; 4) sujungimų (montažinė) schema; 5) bendroji schema; 6) išdėstymo schema.

Struktūrinėje schemoje parodytos pagrindinės funkcinės gaminio dalys, jų paskirtis ir tarpusavio ryšiai. Šiomis schemomis naudojama susipažįstant su aparatūros sudėtimi. Pagal standartą funkcinės dalys vaizduojamos stačiakampiais, o į stačiakampius įrašomi dalių pavadinimai.

Funkcinė schema padeda suprasti procesus, vykstančius gaminio funkcinėse dalyse arba visame gaminyje. Šių schemų reikia, studijuojant gaminio veikimo principą, o taip pat derinant, reguliuojant ir remontuojant sudėtingus radioelektroninius gaminius. Funkcinės gaminio dalys vaizduojamos stačiakampiais, parodomi sujungimai laidais bei kabeliais. Schemoje pateikiami pavadinimai, lentelės, laikinės diagramos, charakteringų taškų parametrai (pvz., srovių, įtampų dydžiai, impulsų formos).

Principinėje schemoje sutartiniais žymenimis vaizduojami visi gaminio elementai bei visi jų ryšiai.

Sujungimų (montažinė) schema vaizduoja gaminio atskirų dalių sujungimus ir jiems reikalingus laidus, kabelius, pynes, gnybtus, kontaktus ir jų prijungimo vietas. Išardomieji arba neišardomieji sujungimai (kontaktai) žymimi sutartiniais žymenimis, šalia kurių sudaromos lentelės. Jose nurodomi kontaktų numeriai ir atitinkamos grandinės paskirtis.

Bendroji schema vaizduoja radioelektroninį gaminį kartu su pagalbiniais įrenginiais (kitais prietaisais, valdymo pultais) ir elementais (transformatoriais, varik-

liais ir t.t.) eksploatacijos vietoje. Be to, parodomi ir tarpusavio sujungimai (kabeliai, laidai, pynės ir t.t.).

Išdėstymo schema parodo mazgų bei elementų tarpusavio išsidėstymą, proporcingai sumažinus jų gabaritais. Pagal standartą išdėstymo schemoje vaizduojamos gaminio dalys, jų sujungimai arba konstrukcija bei patalpa, kurioje tos dalys išdėstytos.

4.2. Principinė schema

Principinė schema yra išsamiausia radioelektroninio gaminio schema. Joje parodyti visi radijo ir elektronikos elementai bei įtaisai, kurie būtini schemai realizuoti.

Radijo ir elektronikos elementai braižomi sutartiniais žymenimis, laikantis tarptautinių standartų reikalavimų (žr. priedą knygelės gale). Jei reikia, gali būti naudojami nestandartiniai sutartiniai žymenys, kurie schemoje turi būti paaiškinti. Grafinius ženklus leidžiama pasukti kartotinai 90^0 kampu.

Principinėje schemoje šalia kiekvieno elemento užrašomas elemento ženklas. Šį ženklą sudaro viena arba dvi raidės (8 lentelė) ir skaičius. Raidė apibrėžia elemento tipą (pvz., C - kondensatorius, DA - analoginė integralinė schema, VT - tranzistorius ir pan.), o skaičius - jo eilės numerį schemoje (pvz., C1, C2, DA1, DA2 ir t.t.). To paties tipo elemento eilės numeriai rašomi pagal jų išsidėstymą iš viršaus į apačią ir iš kairės į dešinę.

Elementų ženklai rašomi sutartinių grafinių žymenų dešinėje pusėje arba virš jų. Šalia elemento ženklo paprastai pateikiamas jo vardinis dydis pagal žemiau pateiktas taisykles.

Rezistoriams:

- a) nuo 0 iki 999Ω nenurodomi matavimo vienetai, pvz., 200;
- b) nuo $1 \cdot 10^3$ iki $999 \cdot 10^3\Omega$ nurodomas vardinis dydis kiloomais ir rašoma raidė k, pvz., 120 k;
- c) nuo $1 \cdot 10^6$ iki $999 \cdot 10^6\Omega$ nurodomas vardinis dydis megaomais ir rašoma raidė M, pvz., 10 M.

Kondensatoriams:

- a) nuo 0 iki $9999 \cdot 10^{-12}F$ nurodomas vardinis dydis pikofaradais ir nerašomi matavimo vienetai, pvz., 50,0;
- b) nuo $1 \cdot 10^{-8}$ iki $9999 \cdot 10^{-6}F$ nurodomas vardinis dydis mikrofaradais ir rašoma raidė μ , pvz., 30,0 μ .

Jei elementai parenkami derinimo metu, tai prie elemento ženklo rašoma žvaigždutė (pvz., R8*).

Elektronikos principinėje schemoje elektrinės jungtys (takeliai, laidai, kabeliai ir kt.) vaizduojamos vertikaliomis ir horizontaliomis linijomis, kurios turi turėti

8 lentelė

Pirmoji ženklų raidė	Elementų grupė	Elementų tipai	Dviejų raidžių ženklas
A	Įrenginiai (bendras žymėjimas)	Stiprintuvai, valdymo prietaisai ir kt.	
B	Keitikliai. Neelektrinių dydžių keitimo į elektrinius keitikliai ir atvirkščiai. Matavimo keitikliai.	Garsiakalbis Telefonas Šiluminis keitiklis Fotoelementas Mikrofonas Slėgio keitiklis Pjezoelementas Tachogeneratorius Patefono adapteris Greičio keitiklis	BA BF BK BL BM BP BQ BR BS BV
C	Kondensatoriai		
D	Integralinės schemas	Analoginė integralinė schema Skaitmeninė integralinė schema Informacijos saugojimo įrenginys Vėlinimo įrenginys	DA DD DS DT
E	Apšvietimo ir kaitinimo įrenginiai	Kaitinimo įrenginys Apšvietimo įrenginys	EK EL
F	Saugikliai, saugos įrenginiai	Srovės momentinės saugos elementas Srovės inercinės saugos įrenginys Saugiklis (lydusis)	FA FP FU
G	Generatoriai, maitinimo šaltiniai	Baterija	GB
K	Relės	Srovės relė Šiluminė relė Laiko relė Įtampos relė	KA KK KT KV
L	Induktyvumo ritės, droseliai		
P	Matavimo prietaisai	Ampermetras Impulsų skaitiklis Dažnomatis Ommetras Registruojantis prietaisas Laiko matuoklis Voltmetras Vatmetras	PA PC PF PR PS PT PV PW

8 lentelė (tęsinys)

Pirmoji ženklo raidė	Elementų grupė	Elementų tipai	Dviejų raidžių ženklas
R	Rezistoriai	Termorezistorius Potenciometras Matavimo šuntas Varistorius	RK RP RS RU
S	Komutavimo įrenginiai (valdymo, signalizacijos ir matavimo grandinėse)	Perjungiklis, įjungiklis Mygtukinis jungiklis Įjungikliai, veikiantys nuo įvairių poveikių: lygio slėgio kelio sukimosi greičio temperatūros	SA SB SL SP SQ SR SK
T	Transformatoriai, autotransformatoriai	Srovės transformatorius Elektromagnetinis stabilizatorius Įtampos transformatorius	TA TS TV
U	Ryšio prietaisai	Moduliatorius Demoduliatorius Diskriminatorius Dažnio keitiklis	UB UR UI UZ
V	Elektrovakuuminiai ir puslaidininkiniai prietaisai	Diodas, stabilitronas Elektrovakuuminis prietaisas Tranzistorius Tiristorius	VD VL VT VS
W	Antenos ir linijos	Antena Šakotuvas Atenuatorius	WA WE WU
X	Kontaktinė jungtis	Kištukas Lizdas Išardomoji jungtis Aukšto dažnio jungtis	XP XS XT XW
Z	Filtrai, galiniai įrenginiai	Ribotuvas Kvarcinis filtras	ZL ZQ

minimalų lūžių bei susikirtimų kiekį. Linijų storis 0,2...0,5 mm. Atstumas tarp linijų turi būti ne mažesnis kaip 3 mm.

Atskirų linijų grupės gali būti sujungtos į bendras linijas, kurios brėžiamos dvigubai storesnės. Jos turi numeruotą vienodais skaičiais pradžią ir pabaigą.

Laidininkų išardomasis sujungimas (pvz., varžtu, gnybtu) vaizduojamas nedideliu skritulėliu, o neišardomasis - tašku (30 pav.).



30 pav. Laidininkų sujungimai: a - išardomasis, b - neišardomasis.

5. RADIOMONTAŽO DARBAI

5.1. Spausdintųjų plokščių gamybos technologija

Radioelektroninė aparatūra paprastai surenkama naudojant du montažo būdus - erdvinį montažą (pavyzdžiui, panaudojant montažinius laidus ir plokštes su įpre-suotomis smeigėmis) arba spausdintąsias plokštes.

Spausdintąją plokštę sudaro "spausdinti" laidininkai, kurie įvairiais būdais su-formuojami ant izoliacinio pagrindo. Spausdintųjų laidininkų konfigūracija užtik-rina reikalingą atskirų schemos elementų tarpusavio sujungimą, atitinkantį elek-tronikos principinę schemą. Dėl savo privalumų radioelektroninės aparatūros mon-tažas panaudojant spausdintines plokštes yra labai paplitęs.

Spausdintinio montažo privalumai yra šie: 1) sumažėja aparatūros masė ir ga-baritai; 2) supaprastėja ir pagreitėja radioelektroninės aparatūros gamybos procesas (ypač gaminant daug vienodų mazgų); 3) padidėja aparatūros mechaninis pa-tvarumas; 4) remontuojant aparatūrą patogiau pakeisti plokštę su sugedusiu elemen-tu.

Spausdintinio montažo plokštės laboratorijoje gaminamos šiais etapais: 1) su-daromas spausdintinės plokštės takelių piešinys, 2) gaminama spausdintinio mon-tažo plokštė, 3) montuojamos radijo detalės (prieš tai jas patikrinus).

Konstruojant spausdintinės plokštės takelių ir detalių išdėstymo piešinį tikslinga naudotis koordinatiniu tinkleliu, kurio žingsnis (2,5÷5) mm. Kontaktų aikštelių vietos, kuriose bus lituojami radijo detalių išvadai, išdėstomos tinklelio linijų susi-kirtimų taškuose (jų diametras 3 mm). Radijo detalės turi būti išdėstomos taip kad: a) jų simetrijos linijos būtų lygiagrečios plokštės kraštams; b) vienodas detales reikia stengtis išdėstyti eilėmis; c) minimalus atstumas tarp detalių korpusų būtų ne mažiau 1 mm. Takelių linijų plotis turi būti apie 1 mm, atstumas tarp gretimų takelio linijų - ne mažiau 1 mm.

Patogu naudoti supaprastintą takelių piešinio sudarymo būdą - parenkant radi-

jo detalių išdėstymą ant uždengto milimetriniu popieriumi penoplasto. Takelių linijų kontūrai per kopijavimo kalkę nuo sudaryto piešinio perkeliama ant folguoto getinakso arba stiklotekstolito. Piešiama iš spausdintųjų laidininkų pusės. Plonu (0,5÷1) mm gražtu gręžiama tiesiog per brėžinyje numatytas kiaurymes. Išgręžus kiaurymes, plokštės paviršius nuvalomas smulkiu švitrinu popieriumi, pašalinami riebalai ir oksidai (reikia neužmiršti, jog folijos sluoksnis labai plonas ir neatsargiai šveičiant galima jį sugadinti). Riebalai nuo plokštės nuvalomi etilo spiritu arba acetonu.

Kita operacija - laidžių takelių piešinio formavimas. Takeliai gaunami ęsdinant ploną metalo sluoksnį. Tos metalinės folgos vietos, kurios turi po ęsdinimo išlikti, padengiamos atspariomis ęsdinimo skysčiui medžiagomis - nitrolakais arba greit džiūstančiomis emalėmis. Takeliams bręžti galima panaudoti mokyklinę plunksną, tušinuko šerdelę arba braižybos stiklinius vamzdelius. Braižant kontaktinių aikštelių sujungimus, geriausia naudotis permatoma liniuote.

Kontaktinių aikštelių vienodą apskritiminių piešinių patogu sudaryti yla, kurios antgalis telpa į išgręžtas kontaktinių aikštelių kiaurymes. Yla mirkoma į nitrolaką ir statoma ant kontaktinių aikštelių.

Uždžiūvus padengimui, takeliai koreguojami skalpeliu - palyginami takelių kraštai, pašalinami takelių ir aikštelių susilieėjimai, nuvalomi nutekėjimai.

Nereikalingos vario folijos ęsdinimui naudojami specialūs skysčiai, kurie nenkenkia plokštės dielektrikui bei takelių formavimui naudojamoms apsauginėms medžiagoms. Šiems skysčiams paruošti naudojami įvairūs receptai:

1. Į 200 cm³ tūrio stiklinę dedama 150 g geležies chlorido ir ištirpinama vandenyje. ęsdinimo laikas priklauso nuo aplinkos temperatūros ir ęsdinimo skysčio koncentracijos. Laikas apie (15÷60) min.
2. 500 ml vandens ištirpinami keturi šaukštai natrio chlorido (valgomosios druskos) ir du šaukštai vario sulfato. Šiuo kiekiu galima išęsdinti 200 cm² folijos. ęsdinama maždaug 8 val.
3. 350 g chromo anhidrido išmaišomi 1 litre karšto vandens. Po to į tirpalą įdedama 50 g natrio chlorido. Ataušusiu skysčiu galima ęsdinti. ęsdinama (20÷60) min.

Geležies chloridą galima paruošti 9% koncentracijos druskos rūgštyje ištirpinant smulkių geležies drožlių. 25 tūriams druskos rūgšties pilamas 1 tūris geležies drožlių. Supiltos į rūgštį drožlės laikomos keletą dienų.

Patogiausia ęsdinti plastmasiniame inde, naudojamame foto popieriui ryškinti, skystį pamaišant ir kontroliuojant ęsdinimo eigą. Baigus ęsdinimą, plokštę plaunama, pašalinami lako likučiai, džiovinama. Po to nuo jos nuvalomi riebalai, plokštę dengiama fliusu ir balinama.

Detales, kurios bus montuojamos, prieš lituojant į plokštę reikia patikrinti (ap-

žiūrint, jeigu įskaitomi užrašai, arba su matavimo prietaisais). Radijo detalės talpinamos iš tos plokštės pusės, kurioje nėra takelių, praleidžiant jų išvadus pro kontaktinių aikštelių skylutes ir prilituojant. Radijo detales pageidautina išdėlioti ir tvirtinti taip, kad gerai matytųsi ant jų užrašyti ženkliniai.

5.2. Litavimo darbų technologija

Radioelektroninės aparatūros surinkimo darbuose sujungimai skirstomi į išardomus ir neišardomus. Išardomi sujungimai yra tokie, kuriuos išardžius detalės nesugadinamos. Tai sujungimai varžtais, veržlėmis, smeigėmis. Neišardomi sujungimai yra tokie, kuriuos išardžius sugadinamos sujungtos detalės arba medžiagos. Tai sujungimai kniedėmis, įvairūs suvirinimo būdai, suklijavimas, įpresavimas.

Litavimu vadinamas detalių ar laidų sujungimas panaudojant metalų lydinius, vadinamus lydmetaliais. Lituojami dažniausiai išardomieji sujungimai. Išardymo galimybė priklauso nuo detalių tipo bei jų paruošimo.

Lydmetaliais panaudojami įvairūs spalvotieji metalai ir jų lydiniai. Pagal lydymosi temperatūrą lydmetaliai skirstomi į minkštuosius ir kietuosius. Minkštųjų lydmetalių lydymosi temperatūra būna iki 400°C, kietųjų lydmetalių - aukštesnė kaip 600°C. Kietieji lydmetaliai (vario, vario-cinko, sidabro) naudojami aparatūros korpusų konstrukcijoms lituoti. Sujungimai pasižymi dideliu mechaniniu stiprumu.

Minkštieji lydmetaliai naudojami tuomet, kai nereikalingas didelis mechaninis stiprumas. Minkštiesiems lydmetaliams priklauso lydiniai su alavo-švino, kadmio, cinko pagrindu.

Dažniausiai naudojamų lydmetalių sudėtis, lydymosi temperatūra ir savybės pateiktos 9 lentelėje.

9 lentelė

Lydmetalo tipas	Cheminė sudėtis, %	Lydymosi temperatūra	Atsparumas tempimui KG/mm ²	Pastabos
POS-61	alavas - (59÷61) stibis - 0,8	190	4,1	Naudojamas litavimui atsakinguose taškuose, puslaidininkinių prietaisų litavimui
POS-40	alavas - (39÷41) stibis - (1,5÷20)	235	3,2	Naudojamas litavimui mažiau atsakingose vietose, kur leidžiama didesnė įkaitinimo temperatūra
POS-10	alavas - (39 ÷ 41) švinas - likęs	285	2,9	Naudojamas detalių balinimui prieš litavimą

Minkštieji lydmetaliai gaminami strypelių, vielos ar vamzdelių formos (vamzdelių vidus pripildomas fliuo).

Litavimą sudaro šios pagrindinės operacijos:

1. Lituojamų detalių paviršiaus paruošimas,
2. Paviršių apsaugojimas nuo oksidavimosi,
3. Balinimas,
4. Litavimas elektriniu lituokliu.

1. Lituojamų detalių paviršiaus paruošimas. Prieš atliekant litavimą, lituojami paviršiai arba laidai turi būti nuvalyti nuo oksidų, riebalų, nešvarumų, izoliacijos, lakų. Paviršių nuvalymui naudojamos dildės ir švitrinis popierius. Paruošiant apvijų laidus litavimui galima jų izoliaciją nudeginti.

2. Paviršių apsaugojimas nuo oksidavimosi. Daugumos metalų nuvalytas paviršius greitai oksiduojasi, t.y. pasidengia plona oksido plėvele. Ypač greitai metalai oksiduojasi esant aukštesnei aplinkos temperatūrai, o tai visuomet būna litavimo metu. Oksido plėvelės atsiradimas trukdo tvirtam ir patikimam lituojamų detalių sujungimui. Paviršių apsaugojimui nuo oksidavimosi naudojami fliusai. Fliusai ištirpina oksido plėvelę ir tuo būdu apsaugo metalo paviršių nuo oksidavimosi litavimo metu. Fliusai yra skirstomi į aktyvinius (rūgštinius) ir nerūgštinius.

Iš aktyvinių fliusų dažniausiai naudojamas cinko chloridas. Jis radielektroninių schemų montažui nenaudojamas, nes sugadina plonus montažinius laidus (praėjus neilgam laikui po litavimo). Šie fliusai naudojami tik tai lituojant plieninius arba varinius korpusus, detales, ekranus. Po litavimo detalės turi būti kruopščiai nuplaunamos vandeniu su šarmu.

Iš nerūgštinių fliusų naudojama spirite arba terpentine ištirpinta kanifolija. Spiritas gerai nuvalo riebalus nuo lituojamo paviršiaus, o kanifolija apsaugo nuo oksidavimosi. Nerūgštiniai fliusai plačiausiai panaudojami radioelektroninės aparatūros schemų montažui.

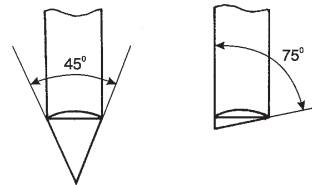
3. Balinimas. Litavimo proceso pagreitinimui ir litavimo kokybės pagerinimui naudojamas balinimas - detalių ir laidų padengimas plonu lydmetaliu sluoksniu. Lituojamų paviršių balinimas atliekamas lituokliu.

4. Litavimas. Naudojant minkštuosius lydmetalius, lituojama lituokliu su variniu antgaliu, kuris įkaitinamas iki reikiamos temperatūros. Tinkamiausi 60 W, 40 W ir 24 W galios lituokliai. Mažiausios galios lituokliais paprastai lituojami puslaidininkiniai prietaisai, integralinės schemos bei kitos šilumai jautrios radiodetalės.

Lituoklių darbo įtampa 220 V, 36 V ir 12 V. Žemos įtampos lituokliai mokomosiose laboratorijose naudotini darbo saugos sumetimais.

Lituoklio antgalio temperatūra turi būti $(15\pm 20)^{\circ}\text{C}$ aukštesnė už lydmetaliu lydymosi temperatūrą. Prieš litavimą lituoklį reikia paruošti darbui. Geriausiam šilumos perdavimui rekomenduojama tinkamai užgalšti lituoklio antgalį (31 pav.).

Įkaitinto lituoklio antgalis panardinimas į fliusą ir jo darbinis galas padengiamas fliusu. Po to įkaitinto lituoklio darbinis galas prispaudžiamas prie lydmetalio, kuris išsilydo ir prilimpa prie lituoklio. Litavimo vieta patepama fliusu ir kaitinama lituokliu tol, kol išsilydęs lydmetalys difunduoja į jungiamų detalių tarpus ir aušdamas stipriai jas sujungia. Litavimo proceso metu lituoklio antgalio darbinį galą reikia periodiškai valyti nuo degėsių ir nešvarumų. Lydmetalio ir fliuso kiekis turi būti minimalus, o litavimo laikas neviršyti 5 sekundžių.



31 pav. Lituoklio antgalio formos.

Lydmetalio kiekis nustatomas bandymo keliu - sulitavus turi matytis sulituotų detalių ar laidų konfigūracija. Silpnai įkaitęs lituoklis nepajėgia išlydyti lydmetalio ir litavimo vieta bus neatšpari, gaunasi taip vadinamas “šaltas” litavimas. Litavimo kokybė pablogės perkaitinus lituoklį, kadangi lydmetalys oksiduosis ir blogai prilips prie lituoklio, o fliuose esanti kanifolija nesilydo, bet išdega. Tinkamai sulitavus litavimo vieta yra be plyšių, aštrumų, lygi ir švaraus matinio blizgesio.

Sulitavus litavimo vieta nuvaloma nuo fliuso liekanų ir degėsių medvilniniu skudurėliu arba spirite pavilgytu teptuku.

5.3. Puslaidininkinių prietaisų ir integralinių schemų montavimo ypatumai

Daugumoje atvejų puslaidininkiniai prietaisai į schemą lituojami. Juos montuojant būtina laikytis tam tikrų taisyklių.

Lankstūs tranzistorių išvadai gali būti užlenkiami ne arčiau kaip 10 mm nuo išvado izoliatoriaus. Didelės galios tranzistorių standžių išvadų lankstyti negalima. Tvirtinimui reikia panaudoti tranzistoriaus korpusą. Lituojant puslaidininkinius prietaisus ir integralines schemas, būtina vengti jų perkaitinimo. Išvadų litavimo vieta turi būti ne arčiau kaip 10 mm nuo tranzistoriaus korpuso. Naudojami mažesnės galios lituokliai (40 W), žemesnės lydymosi temperatūros lydmetaliai 200⁰(C), litavimo trukmė turi būti ne didesnė kaip 3 s. Lituojant tranzistorius, rekomenduojama pirmuoju prijungti ir paskutiniuuoju atjungti bazės išvadą.

Pincetu prilaikomos lituojamos detalės, o kartu juo pašalinama perteklinė šiluma.

Konstruojant ir gaminant aparatūrą su integralinėmis schemomis, didelis išvadų kiekis ir maži atstumai tarp jų (dažniausiai 2,5 mm arba 1,25 mm) kelia ypatingus reikalavimus spausdintųjų plokščių gamybai. Dažniausiai integralinės schemos lituojamos į spausdintojo montažo plokštes patikimai įžemintu lituokliu. Baigus

montažą, integralinės schemos ir plokštės padengiamos specialia danga, apsaugančia nuo aplinkos įtakos.

Schemos su mažos galios tranzistoriais, diodais ir integralinėmis schemomis negalima tikrinti didelės srovės ommetrais ir kitais prietaisais, galinčiais juos perkrauti ir sugadinti.

Tranzistoriams tikrinti geriau naudoti specialius diodų ir tranzistorių parametrų matuoklius (pvz., L2 - 23). Jų pagalba galima patogiai ir tiksliai nustatyti srovės perdavimo koeficientą α , varžas tarp išvadų ir kt. parametrus.

Integralinės schemos radioelektroniniuose įrenginiuose paprastai tikrinamos išmatuojant jų išvadų nuolatinės bei impulsinės įtampas. Jeigu jos skiriasi nuo principinėje schemoje nurodytų įtampų dydžių, nustatomos to priežastys. Tai gali būti pačių integralinių schemų arba prie jų išvadų prijungtų radiodetalių defektai.

5.4. Saugaus darbo reikalavimai

Atliekant radijo montažo darbus, pavojų sudaro elektros srovė ir tinklo įtampa, įkaitę įrankiai, greitai besisukantys įrenginiai ir agresyvios cheminės medžiagos, su kuriais reikia elgtis atsargiai ir kruopščiai, naudotis tik tvarkingais įrankiais ir įrengimais.

Labiausiai pavojingas yra srovės smūgis. (50÷100) mA srovė yra pavojinga gyvybei, o virš 100 mA - mirtina (žmogaus kūno varža $500\Omega \div 0,5M\Omega$). Aukštesnio dažnio srovės (virš 50 kHz) neiššaukia srovės smūgio, tačiau stipriai nudegina.

Mokomosiose laboratorijose turi būti naudojama pažeminta įtampa ir apsauginis įžeminimas, lituokliai maitinami iš 36 V įtampos. Periodiškai reikia tikrinti ar nėra trumpo sujungimo tarp lituoklio antgalio ir jo kaitinimo apvijos. Jokiu būdu negalima atlikinėti litavimų ir montavimų įjungtoje radioelektroninėje aparatūroje.

Dirbant su gręžimo staklėmis, grąžtas turi būti gerai įtvirtintas laikiklyje, pragręžiamos medžiagos (ypač plonasis plokštės) turi būti patikimai prilaikomos.

Dirbant su agresyviomis cheminėmis medžiagomis, reikia griežtai laikytis jų maišymo, tirpdinimo ir temperatūrinio režimo taisyklių.

Įvykus nelaimingam atsitikimui, rekomenduojamos šios priemonės. Lituokliu arba lydmetaliu nudeginta vieta sudrėkinama sodos tirpalu ir patepama vazelinu. Rūgštimis nudeginta kūno vieta iš pradžių nuplaunama tekančiu vandeniu, o po to sudrėkinama sodos tirpalu. Šarmais nudegintos vietos plaunamos acto arba boro rūgšties tirpalu. Įvairūs įpjovimai tepami jodo tirpalu ir užklijuojami pleistru.

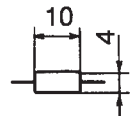
Pajutus elektros smūgį, reikia tuoj pat darbą nutraukti iki normalios savijautos atsistatymo. Stipriai paveikus elektros srovei, nukentėjęs paprastai pats negali atsitraukti nuo laido. Tuo atveju arčiausiai esantiems reikia kuo greičiau, patiems laikantis asmeninio saugumo taisyklių, išjungti srovę (bendru kirtikliu) arba atitraukti laidą srovei nelaidžiu daiktu. Nukentėjusiam reikia duoti pauostyti amoniako (arba apšlakstyti veidą šaltu vandeniu), atlikti dirbtinį kvėpavimą ir skubiai iškviesti gydytoją.

LITERATŪRA

1. Eidimtas N., Dumbrava V. Radiomontažo darbai.-K.: Technologija, 1994. -D.2 - 63p.
2. Fizikos ir technologijos fakulteto bakalauro studijų dalykų anotacijos (sud. K.Sadauskas). -V.:VPU leidykla, 1996. - 102 p.
3. Frolovas V. Radijo schemų kalba. -K.: Šviesa, 1990. - 136 p.
4. Lašas A. Pramoninė elektronika. - V.: Mokslas, 1991. -D.1 - 250 p.
5. Žilinskas P. Techninė grafika. - V.: VU leidykla, 1996. - 67 p.
6. Flind A. More electronic projects in the home. - London: Butterworths and Co., 1981. - 80 p.
7. Tooley M. Everyday electronic data book. - London: PC Publishing, 1990. - 180 p.
8. Аксенов А.И. и др. Условное обозначение и маркировка конденсаторов постоянной емкости производства зарубежных фирм. - Зарубежная радиоэлектроника. -1992, №4-5. - с.57-80.
9. Волонцевич Г.А. Бытовую радиоэлектронику ремонтируем сами. - Минск.:Полымя, 1991. - 173 с.
10. Данов Б.А. Электронные приборы для автомобилей.-М.: Транспорт,1992.-78с.
11. Зеленский В.А. Бытовые электронные автоматы.-М.:Радио и связь, 1988.-72с.
12. Иванов Б.С. Энциклопедия начинающего радиолюбителя: Описания практических конструкций. - М.: Патриот, 1992. - 416 с.
13. Мотков А.А. Обучение техническому творчеству в педвузе. - Киев: Вища школа, 1981. - 112 с.
14. Справочная книга радиолюбителя-конструктора.-М.:Радио и связь, 1990.- 623 с.
15. Усатенко С.Т. и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД:Справочник.-М.: Издательство стандартов, 1992. - 316 с.

54 **PRIEDAS. Radijo ir elektronikos elementų sutartiniai žymenys.**

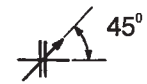
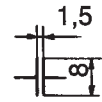
Rezistoriai



Reguliuojami rezistoriai

- | | | | |
|--|---------|--|--|
| | 0,05 W | | bendras žymuo |
| | 0,125 W | | du mechaniškai sujungti reguliuojami rezistoriai |
| | 0,25 W | | termorezistorius |
| | 0,5 W | | varistorius |
| | 1 W | | derinimo rezistorius |
| | 2 W | | |
| | 5 W | | |

Kondensatoriai



- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Bendras žymuo | | Kintamos talpos kondensatorius (rotorius vaizduojamas lanku) |
| | Varikondas | | Derinimo kondensatorius |
| | Polarizuotas oksidinis kondensatorius su nurodytu įtampos prijungimo poliarumu | | Du kintamieji mechaniškai susieti kondensatoriai |
| | Nepolarizuotas oksidinis kondensatorius | | |

Induktyvumo ritės ir droseliai

R 1,5...4

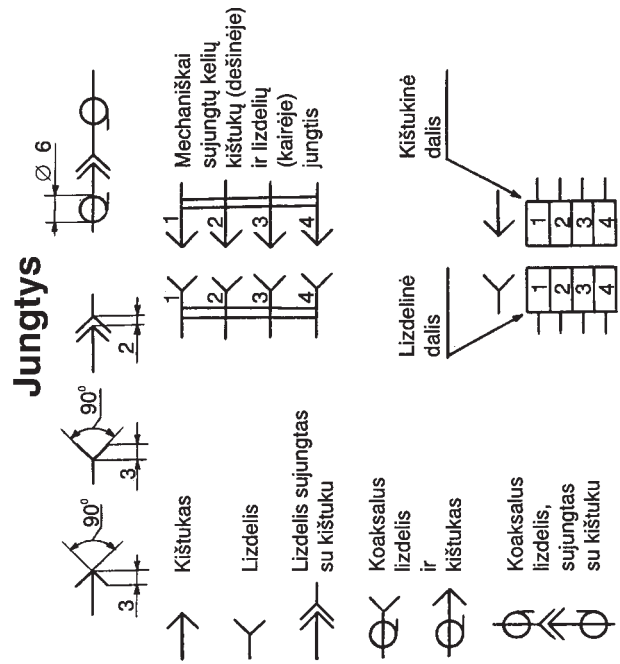
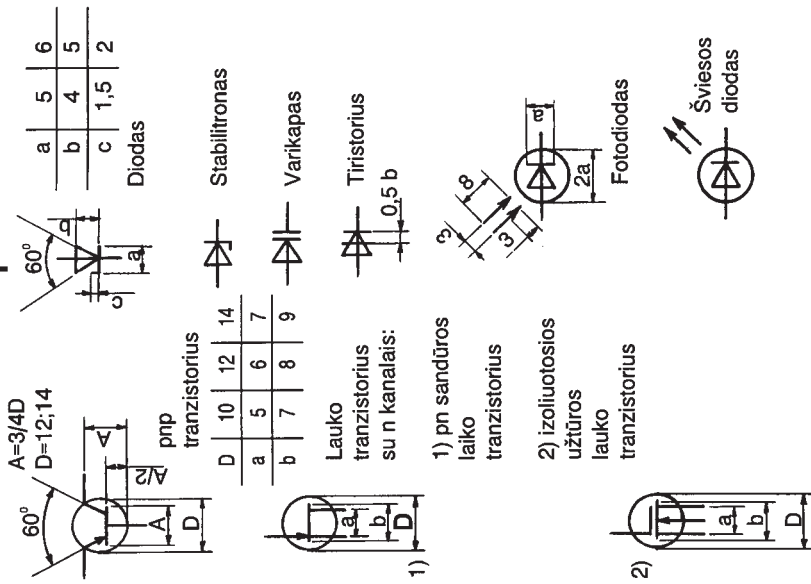


	Bendras žymuo		Ritė su atšakomis
	Ritė su šerdimi		Ritė su reguliuojama atšaka
	Ritė su feromagnetine šerdimi		Ritė, kurios induktyvumas reguliuojamas keičiant magnetolaidžio padėtį
	Ritė su feromagnetine šerdimi ir oro tarpu		

Transformatoriai

	Radžio dažnių transformatorius su nurodyta apvijų pradžia (·)		3 4 5 6 7 Pramoninio arba garsinio dažnio transformatorius su numeruotais išvadais
	Radžio dažnių transformatorius su magnetolaidžiu		

Puslaidininkiniai prietaisai



Jungikliai ir perjungikliai



Sujungiantysis
jungiklis



Išjungiantieji
jungikliai



Nesifikuojantis
jungiklis



Du jungikliai
sujungti
mechaniniu
ryšiu



Daugelio
padėčių
perjungiklis



TURINYS

PRATARMĖ	3
I. RADIOTECHNINIAI MATAVIMAI	5
1.1. Radiotechninių matavimų metodai	5
1.2. Matavimų paklaidos	7
1.3. Srovių ir įtampų matavimas	9
1.4. Varžos, talpos ir induktyvumo matavimo prietaisai	12
1.5. Matavimo generatoriai	13
1.6. Elektroniniai oscilografai	14
1.7. Matavimo prietaiso parinkimas ir saugumo technika	14
2. PASYVINIAI RADIOELEKTRONINĖS APARATŪROS ELEMENTAI ..	15
2.1. Rezistorių klasifikacija	17
2.2. Rezistorių parametrai	19
2.3. Rezistorių ženklavimas	21
2.4. Kondensatorių klasifikacija	23
2.5. Kondensatorių parametrai	25
2.6. Kondensatorių ženklavimas	26
2.7. Induktyvumo ritės	27
2.8. Transformatoriai	29
3. PUSLAIDININKINIAI PRIETAISAI IR INTEGRALINĖS SCHEMOS	31
3.1. Puslaidininkinių prietaisų klasifikacija	31
3.2. Puslaidininkiniai diodai	31
3.3. Tranzistoriai	34
3.4. Puslaidininkinių prietaisų žymėjimo sistemos	37
3.5. Integralinės schemos	39
4. RADIOELEKTRONINIŲ GAMINIŲ SCHEMOS.	43
4.1. Elektrinių schemų tipai	43
4.2. Principinė schema	44
5. RADIOMONTAŽO DARBAI	47
5.1. Spausdintųjų plokščių gamybos technologija	47
5.2. Litavimo darbų technologija	49
5.3. Puslaidininkinių prietaisų ir integralinių schemų montavimo ypatumai	51
5.4. Saugaus darbo reikalavimai	52
LITERATŪRA	53
PRIEDAS. Radijo ir elektronikos elementų sutartiniai žymenys.	54

ALGIMANTAS ČEPULKAUSKAS
RADIOELEKTRONIKOS PRAKTIKUMAS

I dalis

Mokymo - metodinė priemonė

SL 605. Tir. 170 egz. Sp. l. 3,75. Užsak. Nr. 63
Maketavo, spausdino ir išleido VPU leidykla
Kaina sutartinė