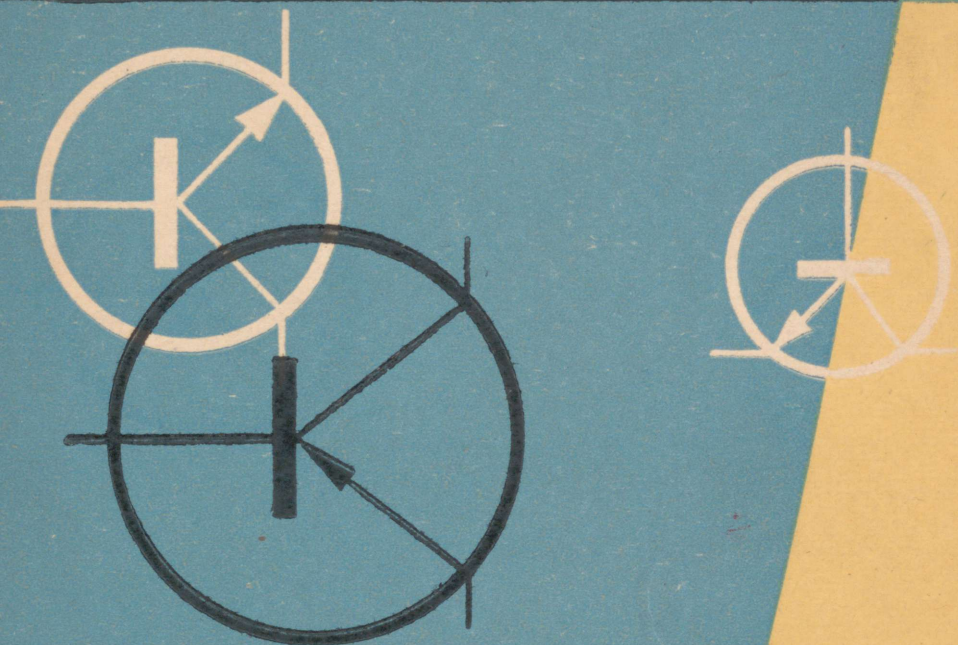


V. HALLIKSOO

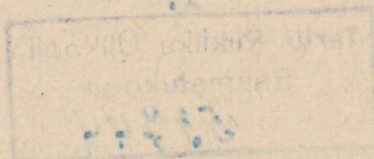


**TRANSISTORIDE
KASUTAMINE
RAADIO-
SEADMETES**

A-24395 III

V. HALLIKSOO

TRANSISTORIDE
KASUTAMINE
RAADIOSEADMETES



Brošüüris selgitatakse pooljuhtdiodide ja transistoride talitluspõhimõtet ja ehitust, kirjeldatakse transistoride korrasoleku kontrollimist ja iseloomustussuuruste määramist, esitatakse transistorvastuvõtja üksikute astmete ja võimendusseadmete konstrueerimise põhimõtteid ja tuuakse mitmesuguse keerukusega ringhäälinguvastuvõtjate, madalsagedusvõimendajate ja toiteseadmete skeemid ning ehituskirjedused. Mõningate arvutuste lihtsustamiseks on raamatus toodud nomogrammid.

Teos on mõeldud raadiohuvilistele, kes soovivad täiendada oma teadmisi pooljuhtseadiste valdkonnas ja ehitada transistoridega töötavaid raadioseadmeid. Teose kirjutamisel on eeldatud, et lugeja on tuttav raadiotehnika põhimõistetega.

2



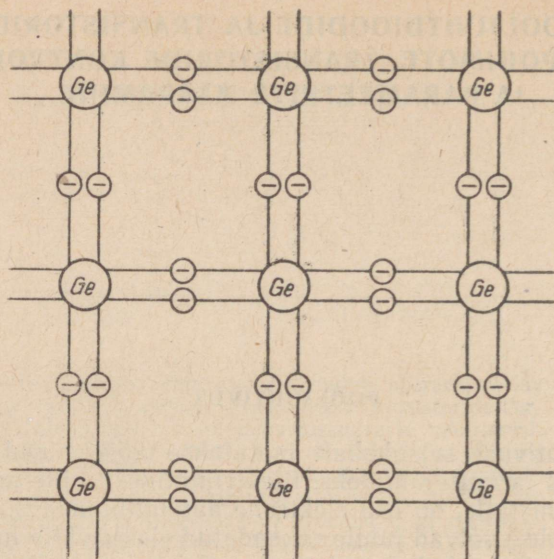
I. POOLJUHTDIOODIDE JA TRANSISTORIDE TALITLUSPÕHIMÕTE. TRANSISTORIDE KONTROLLIMINE JA PARAMEETRITE MÄÄRAMINE

POOLJUHTIVUS

Elektrijuhtivuse seisukohalt jaotatakse kõik ained juhtideks, pooljuhtideks ja mittejuhtideks. Elektrijuhtides, mille hulka kuuluvad enamik metalle, on osa elektrone aatomituumadega väga nõrgalt seotud ning võivad juhile rakendatud elektrivälja mõjul vabalt liikuda aatomite vahel, moodustades elektrivoolu. Metallis esinevaid vabu elektrone nimetatakse juhtivuselektronideks. Mittejuhtides (dielektrikutes), näiteks portselanis, vilgukivis, klaasis jm., on aga kõik elektronid nii tugevasti seotud aatomituumadega, et nendes elektrivälja mõjul voolu peaaegu ei teki.

Pooljuhtide tüüpilisemateks esindajateks on germaanium, räni, seleen ja mõned teised elemendid, samuti enamik metallide oksüüde, karbiide ja sulfiide. Pooljuhtides on elektronid seotud aatomituumadega tugevamini kui juhtides, kuid siiski nõrgemini kui mittejuhtides. Seetõttu osa elektrone eralduvad soojusliku liikumise tõttu aatomitest ja elektrivälja mõjul võivad moodustada elektrivoolu. Mida kõrgem on pooljuhi temperatuur, seda intensiivsem on aatomite soojuslik liikumine ja seda rohkem elektrone eraldub aatomitest. Järelikult pooljuhtide takistus temperatuuri tõustes väheneb, milles seisneb pooljuhtide oluline erinevus metalljuhtidest. Pooljuhtide iseärasuseks on ka see, et kõrvuti elektronjuhtivusega (nagu juhtides) esineb neis ka nn. aukjuhtivus. Pooljuhtides aukjuhtivuse tekkimist saab seletada järgmiselt.

Pooljuhid, nagu enamik teisi tahkeid aineid, on kristallstruktuuriga, s. t. aatomid on paigutatud kindla korra kohaselt, moodustades kristallvõre. Aatomid on omavahel seotud elektronpaaridega. Näiteks puhta germaaniumi kristallvõres (joon. 1) on iga aatom seotud elektronpaaride abil nelja naaberelektroniga. Soojusliikumise mõjul üksikud sidemed aatomite vahel purustatakse ja tekivad vabad elektronid, mis liiguvad kristallvõres. Kohale, kust elektron lahkus, jääb nn. auk ehk defektelektron. Kuna vahemaa aatomite vahel on väike, siis võib naaberaatomi elektron täita tekkinud augu, jättes järele omakorda augu. Kui



Joon. 1. Puhta germaaniumi kristallstruktuur.

rakendada pooljuhile elektriväli, siis liiguvad soojusliikumise mõjul vabanenud elektronid vooluallika positiivse pooluse poole, augud aga vastupidises suunas — negatiivse pooluse poole. Seega kannavad augud elektronidega võrdselt, kuid positiivset laengut.

Elektronide liikumisest tingitud juhtivust nimetatakse elektronjuhtivuseks ehk n -juhtivuseks (n — negatiivne), aukude liikumisest tingitud juhtivust aga aukjuhtivuseks ehk p -juhtivuseks (p — positiivne). Lisanditeta pooljuhis esinevat juhtivust nimetatakse omajuhtivuseks.

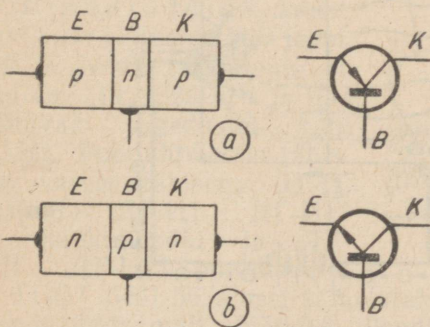
Kõikides pooljuhtivates ainetes leidub vähemal või suuremal määral mitmesuguseid lisandeid. Lisanditest sõltub juhtivuse iseloom: ühtede lisandite puhul on ülekaalus elektronjuhtivus, teiste puhul aga aukjuhtivus. Kui lisandi aatomid on võimelised siduma pooljuhi elektrone, siis moodustuvad pooljuhis augud, mille liikumine moodustab aukvoolu. Vabu elektrone seejuures ei teki, sest lisandi aatomid koos seotud elektronidega on liikumatud. Sellise toimega lisandeid nimetatakse akseptoriteks. Kui aga pooljuhis on lisandid, mis annavad kergesti ära oma elektrone, siis tekiavad vabad elektronid ilma auke moodustamata ja vool kujutab endast ainult elektronide liikumist. Niisuguseid lisandeid nimetatakse donaatoriteks.

Pooljuhile elektron- või aukjuhtivuse andmist lisandite abil nimetatakse doteerimiseks ehk legerimiseks. Näiteks germaaniumi doteeritakse kolme- ja viievalentsete elementidega. Indiumi, galliumi või alumiiniumiga (kolmevalentsed) doteeritud

germaaniumil on aukjuhtivus. Arseni, fosfori, vismuti jt. viievalentsete elementide lisamisel germaaniumi kristallvõrre saavutatakse elektronjuhtivus.

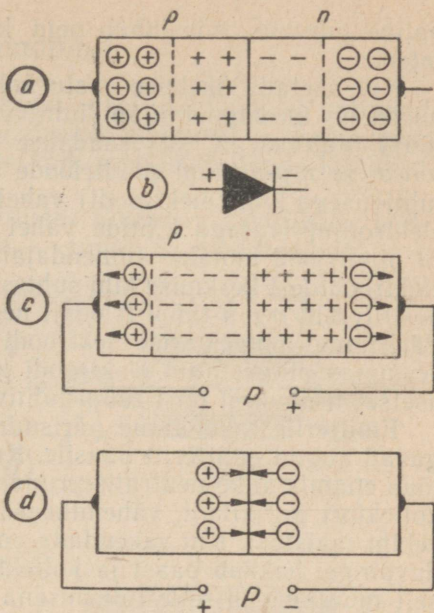
Kui asetada teineteise vastu kaks erineva juhtivusega pooljuhti (joon. 2), tungib osa elektrone läbi kokupuute- ehk piirikihi p -juhtivusega pooljuhti, augud aga n -juhtivusega pooljuhti. Elektronjuhtivusega pooljuhist lahkunud elektronid tekitavad liitekohas positiivseid ioone, mille olemasolu takistab edaspidist elektronide liikumist aukjuhtivusega pooljuhi sügavusse. Aukudega aga toimub vastupidine nähtus. Selline elektrilaengute kogunemine piirikihis kujundab elektrilise tõkkekihi. Sellist seadist nimetatakse pinddiodiks.

Kui diod ühendada vahelduvvoolu ringi, hakkab tõkkekihi takistus muutuma sõltuvalt elektrivälja suunast. Kui elektrivälja suunaks on p - n , liiguvad elektronid ja augud teineteisele vastu, tõkkekihi



Joon. 3. Transistori põhimõtteline ehitus:

a — p - n - p -juhtivusega transistori põhimõtteline ehitus ja tema skeemitähis;
b — n - p - n -juhtivusega transistori põhimõtteline ehitus ja skeemitähis.



Joon. 2. Pooljuhtdiodid:

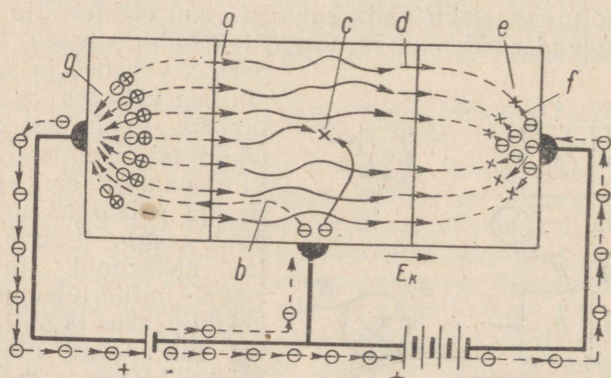
a — põhimõtteline ehitus; *b* — skeemitähis;
c — diod on pingestatud vastusuunas; *d* — diod on pingestatud pärisuunas.

paksus väheneb ja selle tulemusena väheneb ka tõkkekihi takistus. Voolu, mis sel hetkel diodi läbib, nimetatakse päri vooluks. Kui aga elektrivälja polaarsus on vastupidine — n - p , liiguvad augud ja elektronid tõkkekihist eemale, mille tulemusena tõkkekihi paksus ja ühtlasi takistus suurenevad ning üleminekumahtuvus väheneb. Sel juhul diodi läbivat voolu nimetatakse vastuvooluks. Pooljuhtdiodide vastuvoolu suurus on väga väike, võrreldes päri vooluga. Niisiis on pooljuhtdiodidel ühesuu-

naline juhtivus, mis lubab neid kasutada detektorite ja alalda-
jatena.

Kui asetada üksteise vastu kolm pooljuhi kihti, milledest äärmised on ühesugust tüüpi juhtivusega, keskmine kiht aga teist tüüpi juhtivusega, siis saadakse pindtriood. Valmistatakse $p-n-p$ - ja $n-p-n$ -tüüpi pindtrioode sõltuvalt sellest, kas kahe aukjuhtivusega kihi (elektroodi) vahel on elektronjuhtivusega kiht või elektronjuhtivusega kihtide vahel aukjuhtivusega kiht (joon. 3). Et pindtriood töötaks võimendajana, pingestatakse üks äärmistest elektrodidest keskmise kihi suhtes pärisuunas ($p-n-p$ -tüüpi trioodil positiivselt, $n-p-n$ -tüüpi trioodil negatiivselt) ja teine tõkkesuunas. Pärisuunas pingestatud elektroodi nimetatakse emitteriks, tõkkesuunas pingestatud elektroodi kollektoriks ja nende vahel asetsevat õhukest teist tüüpi juhtivusega kihti baasiks.

Emitterile rakendatud pärisuunalise pinge mõjul (joon. 4) liiguvad augud emitterilt baasile. Kuna aga baas on väga õhuke, ei jõua enamik auke neutraliseeruda ehk rekombineeruda ja tungivad kollektori piirikihini, vähendades kollektori ja baasi vahelise tõkkekahi takistust. Kui rakendada emitteri ja baasi vahele ka vahelduvpinge, hakkab baasi ja kollektori vaheline takistus perioodiliselt muutuma ja selle tulemusena muutub ka vool kollektoriringis ning sellesse ühendatud koormustakistil. Nii saab voolu abil emitteriringis tüürida voolu kollektoriringis. Pooljuhtrioodi talitlus võimendajana on teatud määral sarnane lamptrioodi tööle, kusjuures lambi võrele vastab pooljuhtrioodi baas, anoodile kollektor ja katoodile emitter (vt. joon. 8).



Joon. 4. Transistori tööpõhimõte:

a – aukude liikumine; b – elektronide liikumine; c – rekombineerumine baasil; d – augu liikumine läbi kollektori; e – rekombineerumine kollektoril; f – elektronide vool kollektorilt; g – elektronide vool emitterile.

POOLJUHTDIOODID

Vaakuumdiodidega võrreldes on pooljuhtdiodidel mitmeid eeliseid: kütteringi puudumine, väikesed mõõtmed ja kaal, pikk kasutusiga ja suur töökindlus; see kõik soodustab nende laialdast levikut.

Käesoleval ajal on raadiotehnilistes lülitustes kasutamist leidnud kaks pooljuhtdiodi põhitüüpi — punkt- ja pinddiodid.

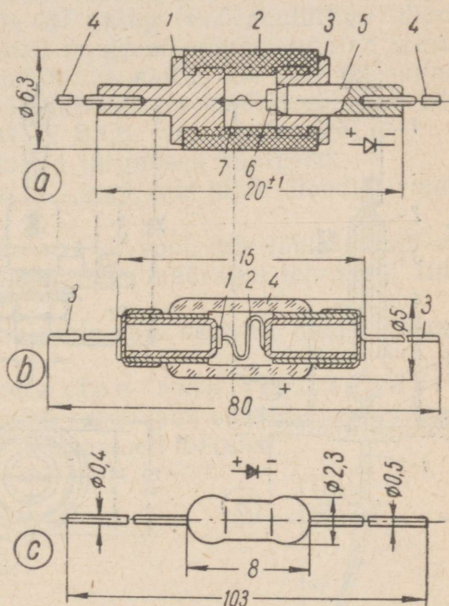
Punktdiodides

(joon. 5) toetub pooljuhiplaadikese vastu metallteravik, kusjuures teraviku kohal on pooljuhile lisandite abil antud teist tüüpi juhtivus. Näiteks germaanium-punktdiodis on *n*-juhtivusega germaaniumplaadi ja metallteraviku ühenduskoht kaetud õhukese indiumikihiga, mis annab germaaniumile selles kohas *p*-juhtivuse. Tõkkekiht tekib seega teraviku vahetus läheduses *n*- ja *p*-juhtivusega germaaniumi vahel. Punktdiodide elektrodidevaheline mahtvus on väga väike (3...12 pF), mistõttu neid saab kasutada sagedustel mitusada megahertsis.

Pinddiodide konstruktiivne ehitus selgub jooniselt 6. Nende mahtvus on suurem (15...20 pF) ja nad töötavad sagedustel kuni 5 kHz. Pooljuhtdiodide tähistati varem tähisega ДГ-Ц, kusjuures ДГ-Ц1...ДГ-Ц17 on punktdiodid ja ДГ-Ц21...ДГ-Ц27 pinddiodid.

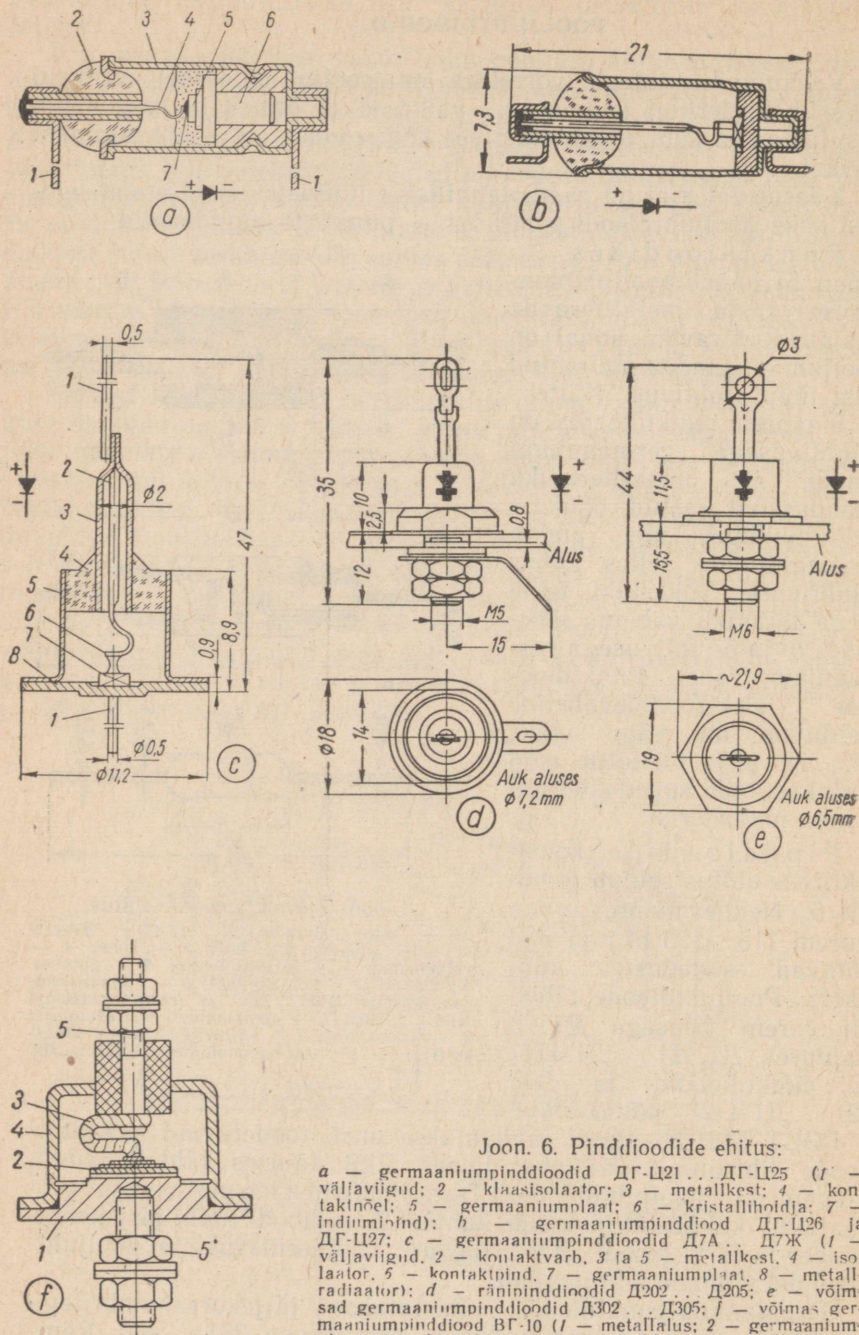
ГОСТ 5461-56 alusel tähistatakse uusi toodetavaid pooljuhtdiodide lihtsamalt. Näiteks diodi Д2В tähises täht Д näitab, et tegemist on pooljuhtdiodiga (sama tähistust kasutatakse nii germaanium- kui ka räni diodide kohta), 2 on diodi tüübi järjekorranumber ja В — diodi tüübierinevus. Tüübierinevusteta pooljuhtdiodidel viimane täht puudub.

Germaanium-punktdiodide tähistatakse järjekorranumbritega 1...100 ja germaanium-pinddiodide numbritega 301...400. Räni-



Joon. 5. Punktdiodide ehitus:

a — germaaniumdiodid ДГ-Ц11...ДГ-Ц17 (1 — metallmuhv; 2 — kest; 3 — muhv; 4 — väljaviigid; 5 — kristallihoidja; 6 — germaaniumiplaat; 7 — kontaktnöel); b — germaanium-punktdiodid Д10...Д14 ja räni-punktdiodid Д101...Д103 (1 — germaanium- või räniplaat; 2 — kontaktnöel; 3 — väljaviigid; 4 — klaaskest); c — germaanium-punktdiodid Д1...Д9.



Joon 6. Pinddiodeid ehitus:

a - germaaniumpinddioidid ДГ-1121... ДГ-1125 (1 - väljaviigid; 2 - klaasisolaator; 3 - metallkest; 4 - kontaktööel; 5 - germaaniumolaat; 6 - kristallihoidja; 7 - indiumiõind); b - germaaniumpinddioid ДГ-1126 ja ДГ-1127; c - germaaniumpinddioidid Д7А... Д7Ж (1 - väljaviigid; 2 - kontaktvarb; 3 ja 5 - metallkest; 4 - isolaator; 5 - kontaktõind; 7 - germaaniumplaat; 8 - metallradiaator); d - ränipinddioidid Д202... Д205; e - võimsad germaaniumpinddioidid Д302... Д305; f - võimsad germaaniumpinddioidid ВГ-10 (1 - metallalus; 2 - germaaniumplaat; 3 - kontaktross; 4 - metallkest; 5 - väljaviigid).

punktdioode tähistatakse järjekorranumbritega 101...200 ja räni-pinddioode numbritena 201...300.

Germaaniumdiodid on ette nähtud kasutamiseks ümbritseva keskkonna temperatuuril $-60^{\circ}\dots+50^{\circ}\text{C}$.

Ränidiodid on oma ehituse poolest sarnased germaaniumdiodidega, kuid nad taluvad kõrgemat ümbritseva keskkonna temperatuuri, töötades normaalselt temperatuurivahemikus $-60^{\circ}\dots+125^{\circ}\text{C}$ (erijuhtudel isegi kuni $+200^{\circ}\text{C}$).

Viimastel aastatel on välja töötatud võimsad pooljuhtsuunajad. Harilikes temperatuurioludes töötamiseks valmistatakse õhkjahutusega germaaniumdiodide BГ ning vesijahutusega diode BГВ. Sõltuvalt jahutussüsteemist on germaaniumsuunajad erineva konstruktsiooniga, kuid põhimõtteline ehitus on neil ühesugune.

Kõrgemal temperatuuril töötamiseks on loodud võimsad räni-suunajad BK (õhkjahutusega) ja BKB (vesijahutusega).

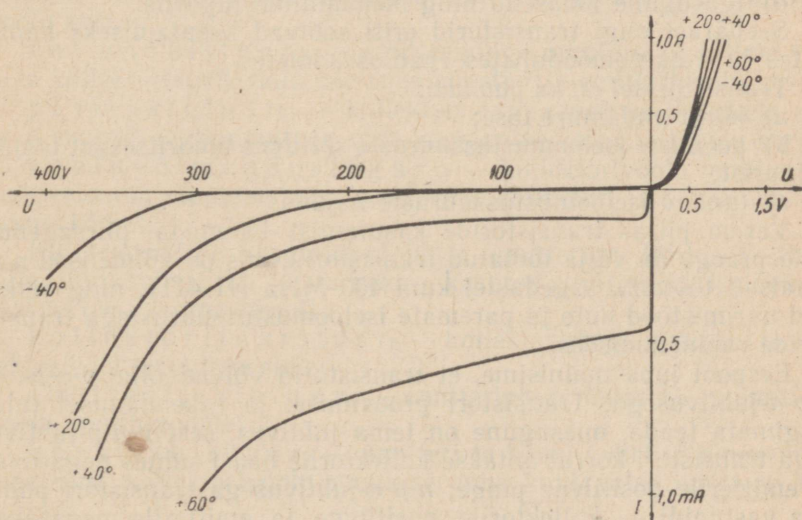
Pooljuhtdiodide iseloomustavad järgmised suurused:

minimaalne päri vool — vool, mis läbib diodi 1-voldise pärisuunalise pinge korral;

maksimaalne vastuvool — vool, mis läbib diodi vastasuunalise pinge korral; see pinge on määratud tehniliste tingimustega;

alaldatud vool — vool, mis võib kestvalt diodi pärisuunas läbida;

vastupinge maksimaalne amplituudväärtus — maksimaalne pinge, mida võib rakendada diodile vastassuunas ja millega diod on võimeline normaalselt töötama;



Joon. 7. Tüüpilised germaaniumpinddioodide tunnusooned erinevatel temperatuuridel.

läbilööginge amplituudväärtes — pingemaksimaalne väärtus, mida diod on võimeline taluma.

Germaanium- ja ränidiodide iseloomustussuurused ja tunnused on antud lisa 1.

Germaaniumdiodide iseloomustussuurused sõltuvad tunduvalt ümbritsevast temperatuurist (joonis 7). Temperatuuri tõusmisel diodi tõkkesuunaline juhtivus suureneb, seega läbilööginge piir alaneb.

Tehniliste tingimuste kohaselt ei tohi alaldatud vool muutuda üle 30%, kui temperatuur muutub piirides $-50 \dots +70^{\circ}\text{C}$. Germaaniumdiodid tähisega ДГ-II on kõrgematel temperatuuridel tundlikud ka niiskuse suhtes. Uued diodid on tänu nende hea hermeetilisusele sellest puudusest vabad.

Kõrgema temperatuuri korral tuleb alaldatavat voolu ja vastupinget vähendada.

TRANSISTORID

Nagu pooljuhtdiodid, nii jagunevad ka transistorid punkt- ja pindtriodideks. Punkttransistore käesoleval ajal aga enam peaaegu ei kasutata, mistõttu neil lähemalt ei peatuta. Võrreldes elektronlampidega on transistoridel järgmised eelised:

- a) väikesed mõõtmed ja kaal;
- b) pikk kasutusiga ja suur töökindlus;
- c) ökonoomsus (kasutegur kuni 50%, B-klassi võimendajates kuni 76%);

d) igasugune tööasend ning mehaaniline tugevus.

Seepärast ongi transistorid eriti sobivad kasutamiseks kantavates ja väikesemõõdulistes raadioseadmetes.

Transistoridel on ka puudusi:

- a) kõrge endamüra tase;
- b) peamiste iseloomustussuuruste sõltuvus ümbritsevast temperatuurist;
- c) tunduv iseloomustussuuruste hajuvus.

Varem piiras transistoride kasutamist ka madal piirsagedus, kuid praegu on välja töötatud transistorid, mis on võimelised normaalselt töötama sagedustel kuni 400 MHz (П 411), ning jätkuvad uurimistööd uute ja paremate iseloomustussuurustega transistoride valmistamiseks.

Eespool juba mainisime, et transistorid võivad olla $p-n-p$ - ja $n-p-n$ -juhtivusega. Transistori proovimisel ja rakendamisel tuleb tingimata teada, missugune on tema juhtivus, sest $p-n-p$ -juhtivusega transistori korral antakse kollektorile baasi suhtes negatiivne ja emitterile positiivne pinge; $n-p-n$ -juhtivusega transistori puhul aga vastupidi — kollektorile positiivne ja emitterile negatiivne pinge.

Erineva juhtivusega transistorid võimaldavad ehitada mitme-

astmelisi võimendajaid ilma sidestuselementideta (vt. II peatükk, madalsagedusvõimendajad).

Transistore saab kasutada ühise (ehk maandatud) baasiga, ühise emitteriga või ühise kollektoriga lülituses. Joonisel 8 on kujutatud ka vastavad analoogiad vaakuumtriöödidega.

Ühise baasiga lülituses transistori iseloomustavad järgmised suurused:

sisendtakistus r_{11} — emitteri ja baasi vaheline takistus, mis avaldub emitteripinge muutuse ja sellele vastava emitterivoolu muutuse suhtena konstantse kollektorivoolu korral;

väljundtakistus r_{22} — kollektori ja baasi vaheline takistus, mis avaldub kollektoripinge muutuse ja sellele vastava kollektorivoolu muutuse suhtena konstantse emitterivoolu korral;

vastutakistus r_{12} — emitteripinge muutuse ja sellele vastava kollektorivoolu muutuse suhe konstantse emitterivoolu korral;

päritakistus r_{21} — kollektoripinge muutuse ja sellele vastava emitterivoolu muutuse suhe konstantse kollektorivoolu korral;

vooluvõimendustegur α — kollektorivoolu muutuse ja emitterivoolu muutuse suhe konstantse kollektori ja baasi vahelise pinge korral.

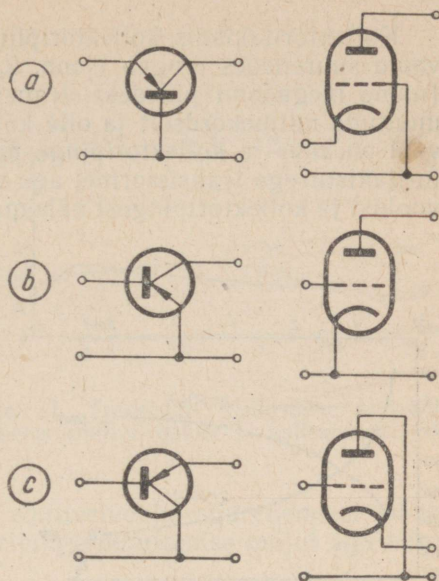
Kui transistore kasutatakse ühise emitteriga lülituses (levinum lülitusviis), on otstarbekas kasutada järgmisi iseloomustussuursusi (parameetreid):

kollektoritakistus r_k — kollektoripinge muutuse ja kollektorivoolu muutuse suhe;

emitteritakistus r_e — emitteripinge muutuse ja emitterivoolu muutuse suhe;

baasitakistus r_b — emitteri ja baasi vahelise pinge muutuse ning kollektorivoolu muutuse suhe konstantse emitterivoolu korral;

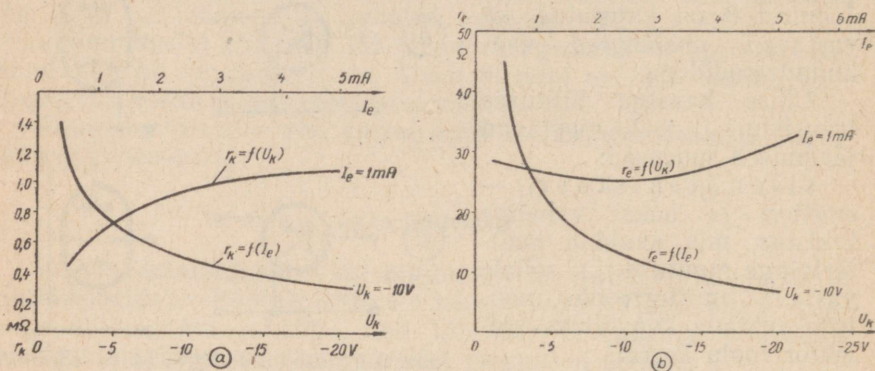
vooluvõimendustegur β — kollektorivoolu muutuste ja baasivoolu muutuste suhe konstantse kollektori ja emitteri vahelise pinge korral.



Joon. 8. Transistoride lülitused ja võrdlus vaakuumtriöödidega:

a — ühise baasiga lülitus; *b* — ühise emitteriga lülitus; *c* — ühise kollektoriga lülitus.

Kollektoritakistus kollektoripinge tõustes suureneb ja emitterivoolu suurenedes langeb (joon. 9, a). Suure kollektoritakistusega (mõne megaoomi piirides) transistoridel võib kollektoritakistus muutuda mitmekordselt ja olla küllalt suur isegi siis, kui emitterivool on suur ja kollektoripinge madal. Suhteliselt madala kollektoritakistusega transistoridel aga sõltub kollektoritakistus emitterivoolust ja kollektoripingest vähemal määral.



Joon. 9. Transistori kollektoritakistuse (a) ja emitteritakistuse (b) sõltuvus emitterivoolust ja kollektoripingest.

Üldiselt on kollektoritakistus võrdlemisi suur — vähemalt mõnisaada kilo-oomi, mis võimaldab transistore kasutada peaaegu alati laias emitterivoolude ja kollektoripingete muutumise alas.

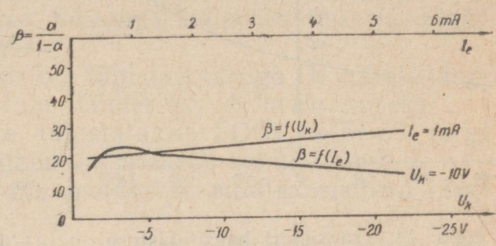
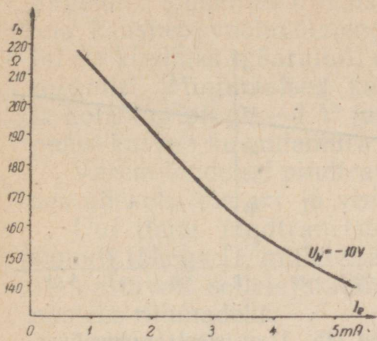
Emitteritakistus (joon. 9, b) muutub emitterivoolu mõjul ja on temast järgmises sõltuvuses: emitterivoolu suurenemisel emitteritakistus väheneb ligikaudu 2...7 korda, kollektoripinge suuremine aga kutsub esile selle takistuse suurenemise umbes 1,25 korda. Emitteritakistus on võrdlemisi väike ja muutub paarikümne oomi piirides.

Baasitakistus (joon. 10) suureneb emitterivoolu suurenemisel 1,3...2,3 korda ja kollektoripinge suurenemisel 1,2...1,4 korda. Baasitakistus kõigub sadade oomide piirides.

Kõikide pindtransistoride vooluvõimendustegur α on lähedane suurusele 1. On aga transistor ühise emitteriga lülituses, arvutatakse vooluvõimendustegur valemiga

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b}$$

Vooluvõimendustegur β (joon. 11) sõltub emitterivoolust ja väheneb voolu suurenemisel 1,2...1,8 korda. Kollektoripinge suurenemisel vooluvõimendustegur kasvab umbes 1,5 korda.



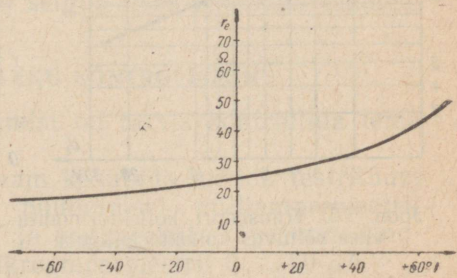
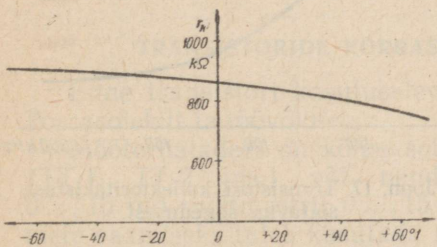
Joon. 10. Transistori baasitakistuse sõltuvus emitterivoolust.

Joon. 11. Transistori vooluvõimendusteguri sõltuvus emitterivoolust ja kollektoripingest.

Transistoride sisendtakistus emitterivoolu suurenemisel väheneb isegi kuni 5 korda, kollektoripinge muutumise mõjul aga väga vähe.

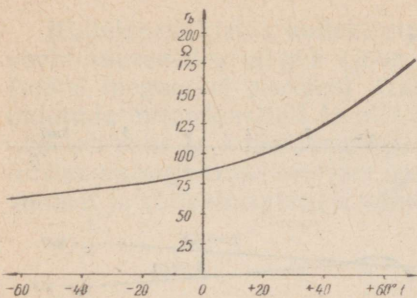
Ümbritseva temperatuuri muutmine avaldab germaanium-pindtransistoride iseloomustussuurustele erinevat mõju. Temperatuuri tõustes kollektoritakistus sujuvalt väheneb (joon. 12), emitteritakistus aga suureneb (kõrgema temperatuuri juures järsumalt) (joon. 13) ning ka baasitakistus kasvab (joon. 14). Vooluvõimendustegur suureneb väga ühtlaselt temperatuuri tõusuga (joon. 15).

Toodud graafikutest selgub, et transistorid töötavad küllalt laias temperatuurivahemikus. Kuid vaatamata sellele tuleb raadioseadmete konstrueerimisel arvestada, et germaaniumtransistoride kasutamisega nende töötamisel temperatuuril üle +50°C lüheneb tunduvalt; räni-transistoride kasutamisega lüheneb temperatuuril üle +125°C.

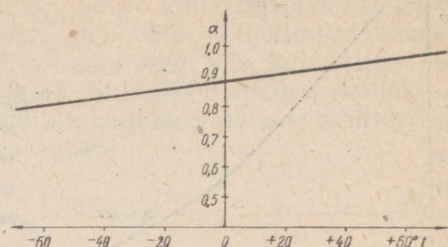


Joon. 12. Transistori kollektoritakistuse sõltuvus ümbritsevast temperatuurist.

Joon. 13. Transistori emitteritakistuse sõltuvus ümbritsevast temperatuurist.



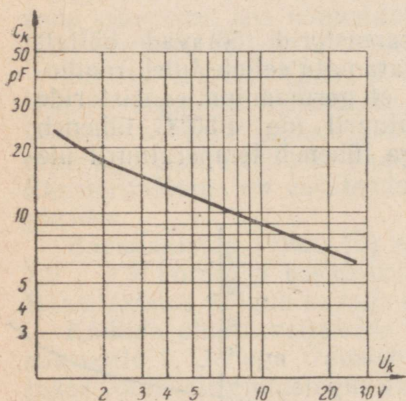
Joon. 14. Transistori baasitakistuse sõltuvus ümbritsevast temperatuurist.



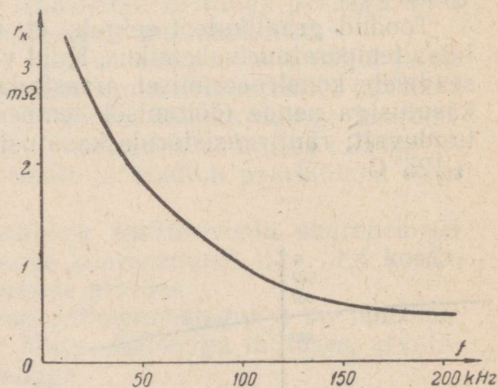
Joon. 15. Transistori vooluvõimendusteguri sõltuvus ümbritsevast temperatuurist.

Sageduse tõustes transistori vooluvõimendustegur langeb, mis on seletatav kollektorimahtuvuse¹ mõjuga. Joonisel 16 esitatud graafikust on näha, et kollektoripinge tõusmisel kollektorimahtuvus väheneb. Seepärast peab kõrgematel sagedustel töötavatele transistoridele rakendama kõrgema kollektoripinge (kui transistoril on madal enesemüra tase), sest sel juhul langeb võimendus vähemal määral. Sagedusest sõltub ka kollektoritakistus, nagu nähtub joonisel 17 toodud graafikust.

Üheks suureks transistoride puuduseks on nende kõrge endamüra (kahinate) tase, mis sagedusel 1 kHz on 12...30 dB piirides.



Joon. 16. Transistori kollektorimahtuvuse sõltuvus kollektoripingest.



Joon. 17. Transistori kollektoritakistuse sõltuvus sagedusest.

¹ Kollektorimahtuvus on kollektori ja baasi vaheline mahtuvus, kui emitteri ring on avatud.

Sageduse tõusmisel transistoride endamüra küll väheneb, kuid sellele kaasneb vooluvõimendusteguri langus. Tähelepanekute põhjal on kindlaks määratud, et endamüra tase sõltub transistori töörežiimist. Minimaalsed kahinad tekivad kollektorivoolu 0,1 mA ja kollektoripinge —1 V juures. Suurema kollektorivoolu ja -pinge puhul kasvab ka endamüra tase.

Varem toodetud pindtransistore tähistati tähega П, millele järgnes ühekohaline arv ja veel täht tüübierinevuse määramiseks.

Uut tüüpi pindtransistore tähistatakse ГОСТ 5461-56 järgi samuti tähega П, millele järgnev arv määrab nende tüübi.

Vastavalt sellele standardile jaotatakse pindtransistorid järgmisteks rühmadeks:

Numbritega 1...100 tähistatakse germaaniumtransistore töötamiseks harilikes temperatuurioludes;

numbritega 101...200 tähistatakse väikese võimsusega räni-pindtransistore töötamiseks kõrgematel temperatuuridel;

numbritega 201...300 tähistatakse võimsaid germaanium-pindtransistore töötamiseks harilikes temperatuurioludes;

numbritega 301...400 tähistatakse võimsaid räni-pindtransistore töötamiseks kõrgematel temperatuuridel;

numbritega 401...500 tähistatakse kõrgsageduslikke germaaniumtransistore töötamiseks harilikes temperatuurioludes;

numbritega 501...600 tähistatakse kõrgsageduslikke räni-transistore töötamiseks kõrgematel temperatuuridel.

Germaaniumtransistorid on võimelised töötama temperatuuri vahemikus —60°...+70° C ja räni-transistorid temperatuuri vahemikus —60°...+120° C.

Kõikide transistoride iseloomustussuurused on toodud lisas 2 ja osa tunnussarju lisas 4.

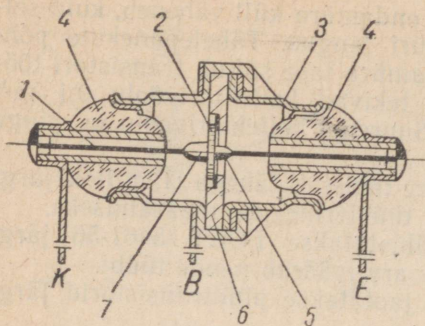
Levinumate transistoritüüpide konstruktsioon on kujutatud joonistel 18 kuni 24. Enamik transistore on ümbritsetud hermeetilise metallkestaga, mõned tüübid (näit. П7) ka klaaskestaga. Väljaviigid on valmistatud spetsiaalsest väikese soojusjuhtivusega sulamist ja nad on ühendatud transistori elementidega punktkeevituse teel. Transistoride kasutusala selgub lisas 2 toodud tabelist.

TRANSISTORIDE KORRASOLEKU KONTROLLIMINE

Enne transistori kasutuselevõtmist on tarvis kontrollida tema korrasolekut ja töövoimet.

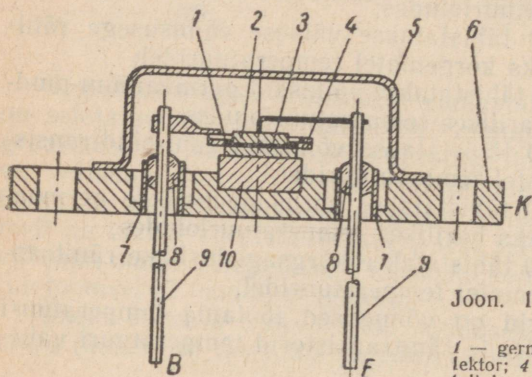
Mõõteriistadest on kõige sobivam kasutada mõnda testitüüpi (TT-1, TT-2 jne.) või nende puudumisel milliampermeetrit 0...10 mA, voltmeetrit 0...15 V ja oommeetrit. Täpsemate andmete saamiseks tuleb kasutada mikroampermeetrit 0...50 μ A.

Transistoride peamisteks riketeks on lühised või katkestused transistori elektrodide vahel, kuid esineb ka juhtumeid, et pooljuhtained on kaotanud juhtivusomadused.



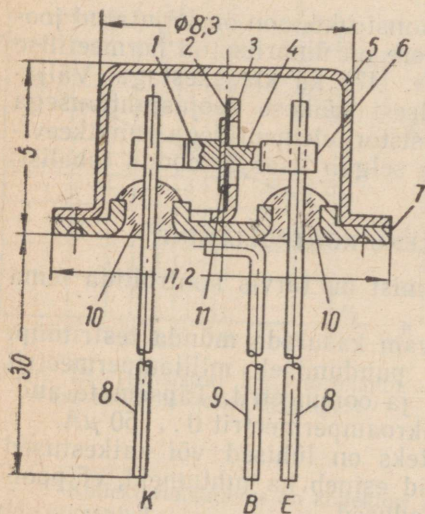
Joon. 18. Transistoride PI1 ja PI2 ehitus:

1 — kollektori väljaviik; 2 — germaaniumplaat; 3 — metallkest; 4 — klaasisolaatorid; 5 — emitter; 6 — kristallihoidja; 7 — kollektor.



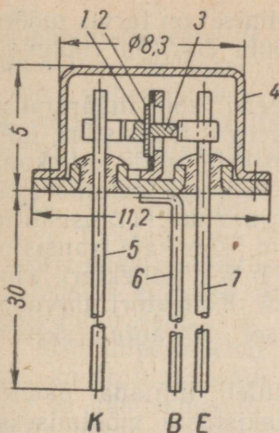
Joon. 19. Transistori PI3 uus konstruktsioon:

1 — germaaniumplaat; 2 — emitter; 3 — kollektor; 4 — baas; 5 — metallkest; 6 — metallalus; 7 — muhv; 8 — klaasisolaatorid; 9 — väljaviigud; 10 — kristallihoidja.



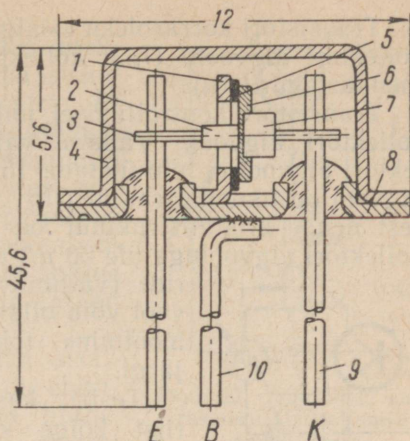
Joon. 20. Transistori PI6 ehitus:

1 — kollektor; 2 — tinarõngas; 3 — kristallihoidja; 4 — emitter; 5 — metallkest; 6 — emitterihoidja; 7 — metallalus; 8 ja 9 — väljaviigud; 10 — klaasisolaatorid; 11 — germaaniumplaat.



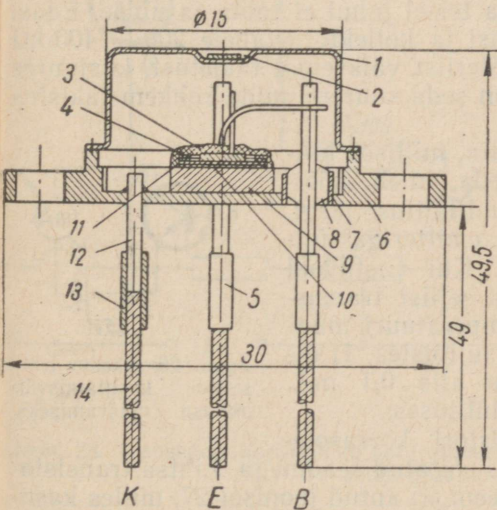
Joon. 21. Transistoride Π13...Π16 ehitus:

1 — kollektor; 2 — germaaniumplaat; 3 — emitter; 4 — metallkest; 5 — kollektori väljaviik; 6 — baasi väljaviik; 7 — emitteri väljaviik.



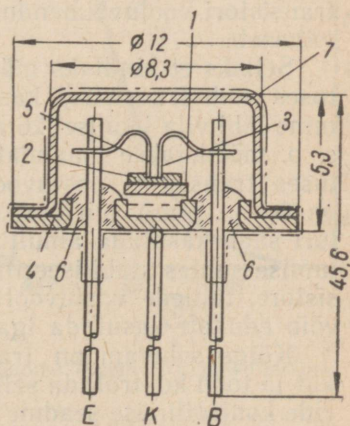
Joon. 22. Transistoride Π101...Π103 ehitus:

1 — kristallihoidja; 2 — emitter; 3 — emitteri väljaviik; 4 — metallkest; 5 — baasirõngas; 6 — räniplaat; 7 — kollektor; 8 — metallalus; 9 — kollektori väljaviik; 10 — baasi väljaviik. (Samasuguse ehitusega on ka transistorid Π8, Π9, Π10 ja Π11.)



Joon. 23. Transistoride Π201...Π203 ehitus:

1 — metallkest; 2 — ketas (puudub hilisema toodangu juures); 3 — emitter; 4 — kontaktpind; 5 — emitteri väljaviik; 6 — metallalus; 7 — muhv; 8 — klaasisolaator; 9 — vaskalus; 10 — kollektor; 11 — rõngas; 12 — väljaviik; 13 — nikkeltoru; 14 — vasktrossist väljaviik.

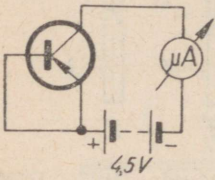


Joon. 24. Transistoride Π401...Π403A ehitus:

1 — kristallihoidja; 2 — germaaniumplaat; 3 — baas; 4 — alus; 5 — emitter; 6 — klaasisolaatorid; 7 — metallkest (emitteri poolel värviline punkt).

Transistori korrasoleku esialgsel kontrollimisel on tarvis mõõta kollektori algvoolu (I_{ko}), kollektori vastuvoolu (I_{kv}) ja vooluvõimendustegurit (α).

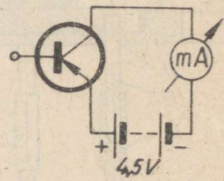
Transistori kontrollimisel mikroampermeetri abil määratakse kollektori algvool. Väikese väljundvõimsusega transistori kollektori algvool ei tohi ületada $15 \mu\text{A}$. Transistorid, mille kollektori algvool on toatemperatuuril $15 \dots 30 \mu\text{A}$, on lühikese kasutuseaega sest nende kristallstruktuur on osaliselt lagunenu. Transistorid kollektori algvooluga üle $30 \mu\text{A}$ on kõlbmatud. Võimsate transistoride (väljundvõimsusega 1 W) kollektori algvool võib olla kuni $500 \mu\text{A}$. Kollektori algvoolu mõõtmine toimub joonisel 25 antud skeemi järgi.



Joon. 25. Skeem transistori algvoolu mõõtmiseks.

Testri kasutamisel tuleb lülitada mõõteriist kõige suuremate takistuste mõõtmiseks. $p-n-p$ -tüüpi transistori emitter tuleb ühendada testri üldklemmiga ja kollektor testri teise klemmiga ($\times 1000 \Omega$), $n-p-n$ -tüüpi juhtivusega transistoril aga vastupidi. Säärase lülituse korral peab mõõteriist näitama $40 \dots 200 \text{ k}\Omega$, kusjuures suurem takistus vastab paremale transistorile. Kui aga see takistus sujuvalt muutub ja väheneb isegi nullväärtuseni, siis pole transistor korras. Esimesel juhul on tema endamüra tase väga kõrge ja teisel juhul ei tööta ta üldse. Edasi tuleb lülitada transistori baasi ja kollektori vahele $200 \dots 400 \text{ k}\Omega$ takisti. Seejuures näitab mõõteriist väiksemat takistust, kusjuures transistori vooluvõimendus on seda suurem, mida rohkem takistus väheneb.

Selleks et kindlaks määrata, millises lülituses võib transistori kasutada, tuleb mõõtmine läbi viia joonisel 26 antud lülituse järgi, s. o. mõõdetakse maandatud emitteriga lülituses transistori vastuvoolu. Kui vastuvool on $0,1 \dots 1 \text{ mA}$ piirides, siis sellist transistori saab kasutada ainult temperatuuri muutumise suhtes stabiliseeritud lülitustes. Transistore, millede vastuvool on alla $0,1 \text{ mA}$, võib edukalt kasutada igas lülituses.



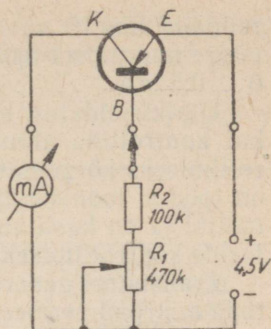
Joon. 26. Skeem transistori kasutamisevõimaluse määramiseks.

Kõige sobivam on transistori korrasolekut ja tööd kontrollida selleks ehitatud seadmega. Lihtsa transistoride kontrollimise seadme skeem on antud joonisel 27, milles kasutatakse milliampermeetri.

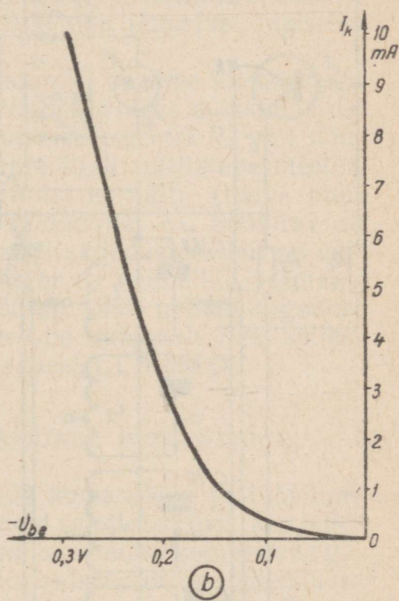
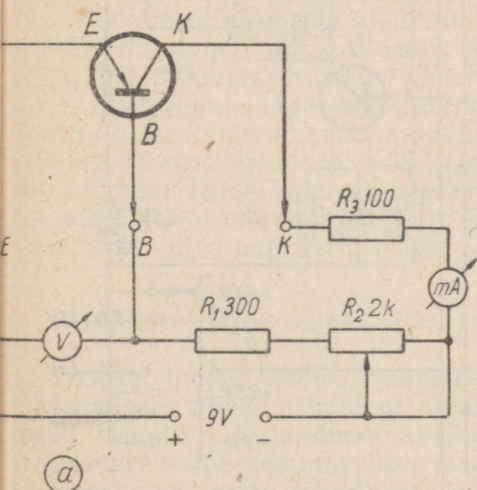
Transistori korrasoleku kontrollimiseks tuleb esmalt lülitada seadme külge emitteri ja kollektori väljaviigud (juhul kui seadmel pole baasiringis katkestit; katkesti olemasolul korral tuleb katkestada baasiring). Milliampermeeter näitab sel juhul väga väikest voolu. Enne baasiväljaviigu külgeühendamist on tarvis veenduda,

et potentsiomeetri R_1 takistus oleks maksimaalne. Seejärel suletakse baasiring ning vähendatakse potentsiomeetri R_1 takistust kuni milliampermeetri näiduni 10 mA. Takistuse edasine vähendamine ei ole lubatud, sest see võib transistori rikuda. Neil juhtudel, kui milliampermeetri hälve hakkab ajas muutuma (potentsiomeetri püsiva takistuse juures), siis selline transistor ei tööta normaalselt ja tal on kõrge müratase.

Milliampermeetrit ja voltmeetrit sisaldav kontrollimiseseade (joon. 28) on ehituselt ja käsitsemiselt samuti väga lihtne. Toiteallikana kasutatakse kahte järjestikku lülitatud taskulampipatareid.



Joon. 27. Transistori korrasoleku kontrollimise seadme skeem.



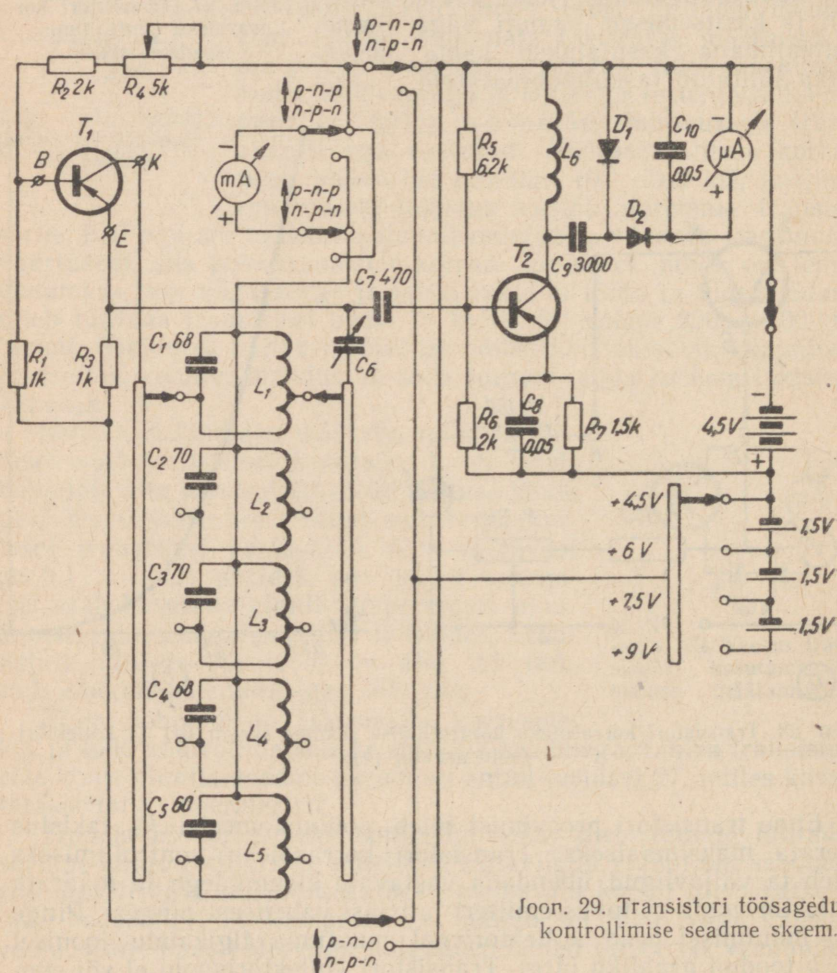
Joon. 28. Transistori korrasoleku kontrollimise seadme skeem (a) ja kollektorivoolu graafik (b).

Enne transistori proovimist tuleb potentsiomeetri R_2 takistus keerata maksimaalseks. Transistori korrasoleku kontrollimiseks tuleb ta väljaviigud ühendada vastavate klemmidega ja määrata kollektorivoolu sõltuvus emitteri ja baasi vahelisest pingest. Pinge U_{be} muutmisel peab kollektorivool muutuma ligikaudu joonisel 28, b toodud graafiku järgi. Transistori kollektorivoolu ei või suu-

rendada üle 10 mA. Korras transistori emitteri ja baasi vahelise pingel muutmisel 0,05...0,3 V piirides peab emitterivool muutuma 0...0,5 mA.

Ülal kirjeldatud seadmetega on võimalik transistori korrasolekut kontrollida ainult helisageduste piirkonnas. Transistori kontrollimiseks kõrgematel sagedustel tuleb ehitada seade, mille skeem on toodud joonisel 29. Seade töötab kõrgsagedusotsillaatori põhimõttel ja on kasutatav nii *p-n-p*- kui ka *n-p-n*-juhtivusega transistoride kontrollimiseks.

Transistori genereerimise indikaatorina on kõige sobivam kasutada mikroampermeetrit mõõtepiiriga 0...100 μA . Proovitava transistori kollektoriringi on lülitatud milliampereeter kollektori-



Joon. 29. Transistori töösageduse kontrollimise seadme skeem.

voolu määramiseks. Poolid L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 ja L_6 on mähitud ühes kihis 15-mm läbimõõduga alusele. Poolide andmed on toodud tabelis 1.

Poolide andmed

Tabel 1

Mähis	Sagedus MHz	Keerdude arv	Väljavõte	Traat
L_1	1,1	100	30	ПЭШО 0,20
L_2	3	48	16	ПЭШО 0,25
L_3	5	26	8	ПЭШО 0,38
L_4	10	13	4	ПБД 0,74
L_5	20	7	3	ПБД 1,45
L_6	40	3	1	ПБД 1,45

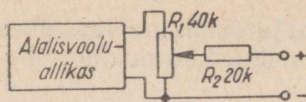
Kõrgsagedus-paispooli L_6 valmistamiseks mähitakse 100-k Ω takistile BC-0,5 ühes kihis 45 keerdu 0,09 mm jämedust takistus-traati.

Enne proovitava transistori T_1 ühendamist seadme klemmidega tuleb kontrollida, et potentsiomeetri R_4 takistus oleks maksimaalne. Proovitavale transistorile tuleb anda potentsiomeetri R_4 abil nõutav kollektorivool (0,8...3 mA), mida näitab milliampermeeter. Juhul kui mikroampermeeter genereerimist ei näita (hälve puudub), tuleb muuta tagasisidestusringi mahtuvust C_6 . Soovitav on kontrollimise käiku alustada madalamatelt sagedustelt. Nii on võimalik määrata sagedused, millel transistor on võimeline normaalselt töötama. Kõrgsagedustransistor töötab hästi nendel sagedustel, mille puhul mikroampermeetri hälve on vähemalt 70% sellest väärtusest, mida indikaator näitas sagedusel 1,1 MHz.

TRANSISTORIDE TUNNUSJOONTE SARJADE ÜLESVÕTMINE

Eespool toodud andmed transistoride korrasoleku ja töövõime määramiseks võivad rahuldada ainult neid radiohuvilisi, kes tegelevad peamiselt kirjanduses avaldatud skeemide kopeerimisega. Iseseisvaks konstrueerimistööks ja optimaalsete skeemilahenduste leidmiseks on tarvis teada iga transistori parameetrite täpseid väärtusi, sest kõigi transistoritüüpide parameetrid erinevad tabelites toodud keskmistest väärtustest palju suuremal määral kui elektronlampide parameetrid. Sobivate transistoride valikuks ja nende õige töörežiimi arvutamiseks tuleb koostada transistoride tunnusjoonte sari, millel järgnevalt peatumegi.

Transistoride tunnusjoonte sarja koostamiseks mõõdetakse emitteri, kollektori ja baasi alalispingeid ning -voole. Täpsete mõõtmistulemuste saamiseks peab mõõtmistel kasutama püsiva pinge ja vooluga alalisvooluallikaid. Spetsiaalsete stabiliseeritud



Joon. 30. Stabiliseeritud vooluga ja muudetava pingega alalisvooluallikas.

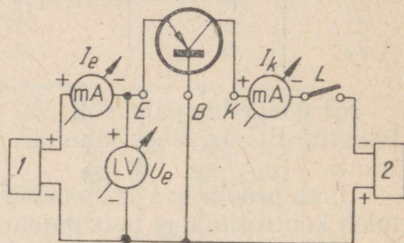
alalisvooluallikate puudumisel on kõige sobivam kasutada harilikku anoodpatareid pingega 60...80 V (БАС-60 või БАС-80). Voolu stabiliseerimiseks lülitatakse järjestikku tarbijaga suure oomilise takistusega takisti (R_2 joonisel 30). Vajalike proovimisrežiimide saamiseks ja parameetrite mõõtmiseks peab olema

võimalik muuta vooluallika pinget. Seepärast ühendatakse paralleelselt vooluallikaga potentsiomeeter R_1 .

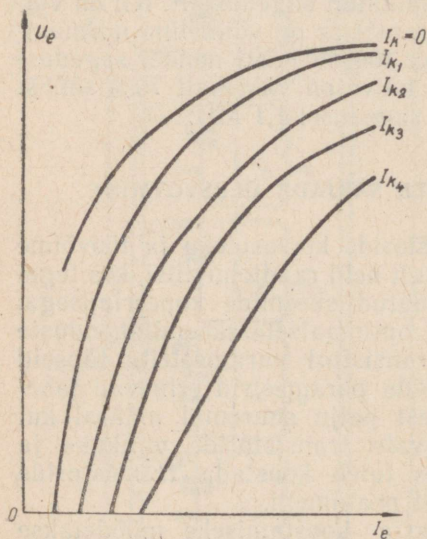
Enne transistori ühendamist vooluallikaga tuleb potentsiomeeter keerata minimaalsele pingele vastavasse asendisse.

Sisendtunnusjooned. Ühise baasiga lülituses transistori sisendtunnusjooned näitavad emitteripinge sõltuvust emitterivoolust konstantse kollektori voolu korral. Joonisel 31 on toodud skeem transistoride sisendtunnusjoonte sarja koostamiseks.

Tunnussarja koostamiseks sooritatakse mõõtmised järgmises järjekorras. Kõigepealt re-



Joon. 31. Skeem ühise baasiga transistori sisendtunnusjoonte määramiseks.

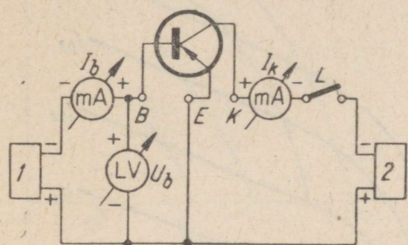


Joon. 32. Ühise baasiga transistori sisendtunnusjoonte sarja näide erinevate kollektorivoolude puhul.

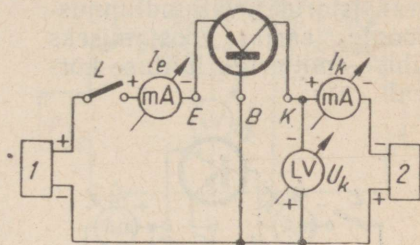
guleeritakse stabiliseeritud vooluallika 2 pinge muutmisega välja selline kollektorivool, mis peab vastama transistori töörežiimile. Seejärel katkestatakse lüliti L abil kollektori vooluring ja mõõdetakse emitterivoolu I_e ja -pinget U_e , stabiliseeritud vooluallika 1 mitmesugustel pinge väärtustel. Mõõteriistade hälvete järgi saadud punktid kantakse graafikule; kui ühendada need omavahel kõveraga, saadakse sisendtunnusjoon kollektorivoolu puudumisel, s. o. kui $I_k=0$ (joon. 32). Järgnevalt lülitatakse lüliti L abil sisse kollektori vooluring. Vooluallika 1 pinge mitmesugustele pingestmetele vastavad emitterivoolu ja -pinge väärtused kantakse punktidenä samale graafikule ja

ühendatakse nad kõveraga. Nii saadakse sisendtunnusjoon teatud kollektorivoolu korral. Transistori optimaalse töörežiimi valimiseks tuleb sisendtunnusjooni koostada veel teiste kollektorivoolu väärtuste juures. Saadud kõverad graafikul moodustavadki sisendtunnusjoonte sarja.

Kui transistori kasutatakse ühise emitteriga lülituses, tuleb tunnussari koostada joonisel 33 toodud skeemi järgi. Sel juhul sisendtunnusjooned näitavad baasipinge sõltuvust baasivoolust konstantse kollektorivoolu korral. Tunnusjoonte sari koostatakse ülalkirjeldatud viisil, kusjuures vertikaalteljel on baasipinge ja horisontaalteljel baasivoolu väärtused:



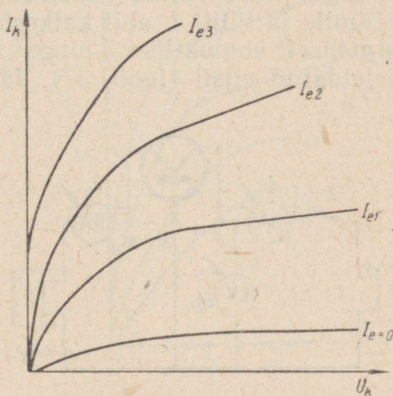
Joon. 33. Skeem ühise emitteriga transistori sisendtunnusjoonte määramiseks.



Joon. 34. Skeem ühise baasiga transistori väljundtunnusjoonte määramiseks.

Väljundtunnusjooned. Ühise baasiga lülituses transistori väljundtunnusjooned näitavad kollektoripinge sõltuvust kollektorivoolust konstantse emitterivoolu korral. Joonisel 34 on antud skeem transistori väljundtunnusjoonte sarja koostamiseks.

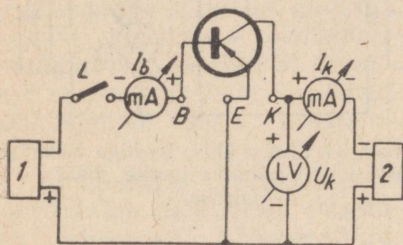
Kõigepealt antakse transistorile vooluallikast 1 emitterivoolu väärtus, mis peab vastama valitud töörežiimile, ja lülitit L abil katkestatakse vooluring. Edasi muudetakse vooluallika 2 pinget, mis kutsus esile kollektorivoolu I_k ja -pinge U_k muutumise. Mõõteriistade hälvete järgi kantakse punktid graafikule (joon. 35) ja ühendatakse kõverjoonega. Nii saadakse transistori väljundtunnusjoon puuduva emitterivoolu korral, s. o. $I_e=0$. Järgnevalt ühendatakse emitterivooluring lülitit L abil ja muudetakse alalisvooluallika 2 pinget, mis kutsus esile kollektorivoolu I_k ja -pinge U_k muutumise.



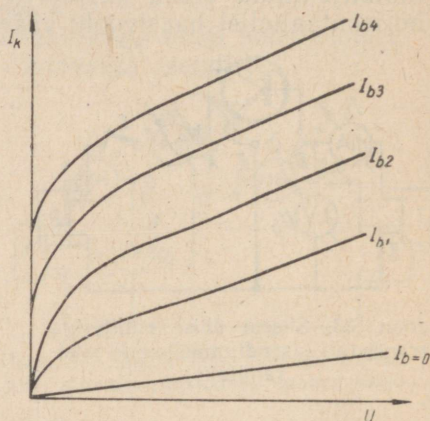
Joon. 35. Ühise baasiga transistori väljundtunnusjoonte sarja näide.

Kandes mõõteriistade hälvete järgi punktid graafikule ja ühendades need kõverjoonega, saame väljundtunnusjoone valitud töörežiimile vastava emitterivoolu juures (näiteks I_{e2}). Sobivama režiimi valimiseks tuleb mõõtmised ja nende põhjal väljundtunnusjoonte koostamised läbi viia erinevate emitterivoolu väärtuste juures. Saadud kõverad graafikul moodustavad transistori väljundtunnusjoonte sarja ühise baasiga lülituses.

Transistoride kasutamisel ühise emitteriga lülituses näitavad tema väljundtunnusjooned kollektoripinge sõltuvust kollektorivoolust püsiva baasivoolu korral. Joonisel 36 on toodud skeem transistoride väljundtunnusjoonte sarja koostamiseks ühise emitteriga lülituse korral.



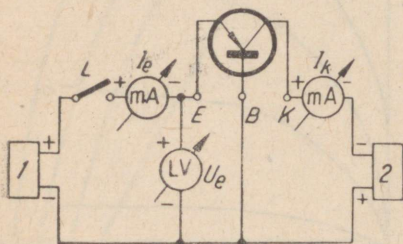
Joon. 36. Skeem ühise emitteriga transistori väljundtunnusjoonte määramiseks.



Joon. 37. Ühise emitteriga transistori väljundtunnusjoonte sarja näide.

Algul tuleb valida baasivoolu väärtus, mis peab vastama töörežiimile ja lüliti L abil katkestatakse vooluring. Seejärel, muutes astmeliselt vooluallika 2 pinget, koostatakse tunnusjoon $I_b=0$ ülalkirjeldatud viisil (joon. 37). Järgnevalt ühendatakse lüliti L abil

baasi vooluring ja koostatakse alalisvooluallika 2 pinge muutmise teel nõutavatele baasivooludele vastavad tunnusjooned.

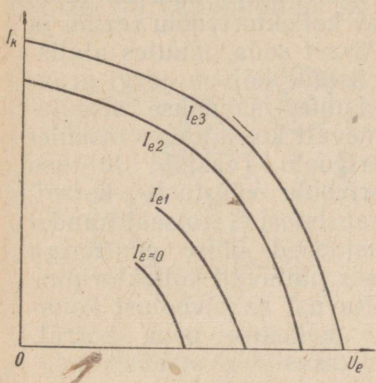


Joon. 38. Skeem ühise baasiga transistori vastuülekande-tunnusjoonte määramiseks.

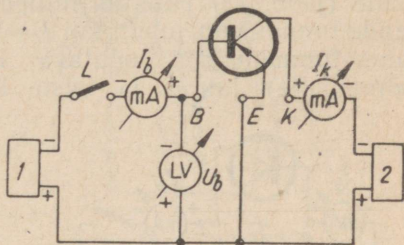
Vastuülekande-tunnusjooned.

Ühise baasiga lülituses transistori vastuülekande-tunnusjooned näitavad emitteripinge sõltuvust kollektorivoolust konstantse emitterivoolu korral. Skeem vastuülekande-tunnusjoonte sarja koostamiseks on toodud joonisel 38.

Algul valitakse see emitterivoolu väärtus, mida nõuab transistori valitud töörežiim. Siis katkestatakse lüliti L abil emitteri vooluring ja muudetakse alalisvooluallika 2 pinget muutmise teel kollektorivoolu. Mõõteriistade hälvete järgi kantakse punktid graafikule (joon. 39) ja neid kõverjoonega ühendades saadakse vastu-



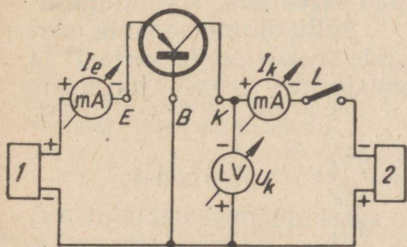
Joon. 39. Ühise baasiga transistori vastuülekande-tunnusjoonte sarja näide.



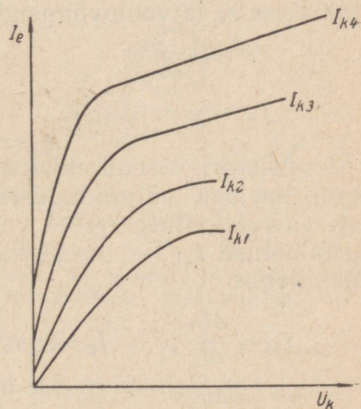
Joon. 40. Skeem ühise emitteriga transistori vastuülekande-tunnusjoonte määramiseks.

ülekande-tunnusjoon juhu jaoks, kui $I_e=0$. Lüliti L abil suletakse järgnevalt emitteri vooluring ja koostatakse tunnusjoon vajaliku emitterivoolu ja siis ka teiste emitterivoolu väärtuste juures.

Transistori vastuülekande-tunnusjooned ühise emitteriga lülituses näitavad baasipinge sõltuvust kollektorivoolust konstantse baasivoolu korral. Joonisel 40 on antud skeem transistori vastuülekande-tunnusjoonte sarja koostamiseks. Mõõtmiste käik



Joon. 41. Skeem ühise baasiga transistori otseülekande-tunnusjoonte määramiseks.

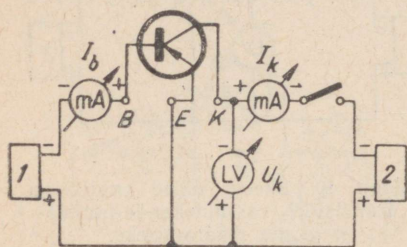


Joon. 42. Ühise baasiga transistori otseülekande-tunnusjoonte näide.

on siin samasugune, ainult emitterivoolu ja -pinge asemel on baasivool ja -pinge.

Otseülekande-tunnusjooned. Transistori otseülekande-tunnusjooned ühise baasiga lülituses näitavad kollektoripinge sõltuvust emitterivoolust konstantse kollektorivoolu korral. Joonisel 41 on toodud skeem nimetatud tunnusjoonte sarja koostamiseks.

Kõigepealt reguleeritakse välja vastav kollektorivoolu režiim ja lüliti L abil katkestatakse vooluring. Pärast seda, muutes alalisvooluallika I pinget, märgitakse mõõteriistade häälvete järgi graafikule (joon. 42) punktid, millede ühendamisel saadakse otseülekande-tunnusjoon juhul, kui $I_k=0$. Järgnevalt koostatakse otseülekande-tunnusjooned nõutava kollektorivoolu (vastab lülituse töörežiimile) juures ja teiste kollektorivoolu väärtuste korral.



Joon. 43. Skeem ühise emitteriga transistori otseülekande-tunnusjoonte määramiseks.

Transistori otseülekande-tunnusjooned ühise emitteriga lülituses näitavad kollektoripinge sõltuvust baasivoolust konstantse kollektorivoolu korral. Skeem transistori otseülekande-tunnusjoonte sarja koostamiseks on toodud joonisel 43.

Tunnusjoonte koostamine toimub samuti kui ühise baasiga lülituse korral.

Transistoride parameetrite määramine tunnussarjade järgi.

Ühise baasiga lülituses transistoride tunnusjoonte järgi on võimalik määrata igas nendel asuvas tööpunktis andmed emitteritakistuse r_e , kollektoritakistuse r_k , baasitakistuse r_b ja vooluvõimendusteguri α kohta valemitega:

$$r_e = r_{11} - r_{12};$$

$$r_b = r_{12};$$

$$r_k = r_{22} - r_{12};$$

$$\alpha = \frac{r_{21}}{r_{22}}.$$

Transistori sisendtakistuse r_{11} saab arvutada sisendtunnusjoonte sarjast, väljundtakistuse r_{22} — väljundtunnusjoonte sarjast, vastutakistuse r_{12} — vastuülekande-tunnusjoonte sarjast ja päritakistuse r_{21} — otseülekande-tunnusjoonte sarjast järgmiste valemitega:

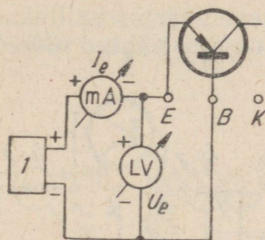
$$r_{11} = \frac{\Delta U_e}{\Delta I_e}; \quad I_k = \text{const}; \quad r_{21} = \frac{\Delta U_k}{\Delta I_e}; \quad I_k = \text{const};$$

$$r_{12} = \frac{\Delta U_e}{\Delta I_k}; \quad I_e = \text{const}; \quad r_{22} = \frac{\Delta U_k}{\Delta I_k}; \quad I_e = \text{const};$$

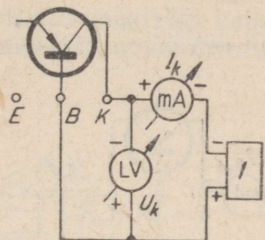
$$\alpha = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_e}; \quad U_k = \text{const}.$$

Neis valemis ΔU_e on emitterivoolu muutusele ΔI_e vastav emitteripinge muutus, ΔU_k — emitterivoolu muutusele ΔI_k vastav kollektoripinge muutus jne. Kollektori- ja emitteripingete muutuseks võetakse harilikult 1 V.

Transistoride iseloomustustakistusi on võimalik määrata ka ilma tunnussarju kasutamata ja nimelt sisendvoolu ja -pinge muutmise või väljundpinge ja -voolu muutmise järgi.

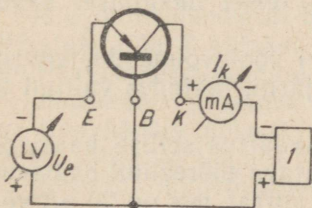


Joon. 44. Skeem transistori sisendtakistuse määramiseks.

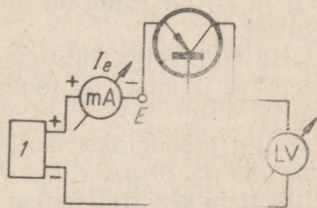


Joon. 45. Skeem transistori väljundtakistuse määramiseks.

Joonisel 44 on toodud skeem sisendtakistuse mõõtmiseks ja joonisel 45 — väljundtakistuse mõõtmiseks. Vooluallikast rakendatakse transistorile stabiiliseeritud alalisvooluallikast I valitud kollektori- ja emitteripingest 1 V madalam pinge ja 1 V kõrgem pinge, märgitakse üles vastavad voolu väärtused, arvestatakse pinge muutusele vastavad voolumuutused ja neid ülaltoodud valemitesse asetades määratakse vajalikud iseloomustussuurused.



Joon. 46. Skeem transistori vastutakistuse määramiseks.



Joon. 47. Skeem transistori päritakistuse määramiseks.

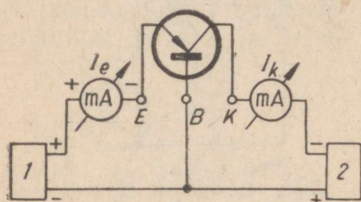
Vastutakistuse mõõtmiseks on toodud skeem joonisel 46 ja päritakistuse mõõtmiseks joonisel 47.

Saadud mõõtmiste tulemused võivad mõningal juhul olla ebapäsed, kuid üldiselt rahuldavad praktilisi nõudeid.

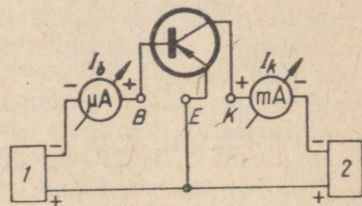
VOOLUVÖIMENDUSTEGURI MÕOTMINE

Transistori vooluvõimendusteguriks on tema väljundvoolu muutuse ja sellele vastava sisendvoolu muutuse suhe, kusjuures väljundpinge peab olema jääv.

Ühise baasiga lülituses transistori vooluvõimendusteguri α mõõtmine toimub joonisel 48 antud skeemi järgi, kusjuures tuleb silmas pidada, et stabiliseeritud alalisvooluallikate 1 ja 2 pinged ei ületaks lubatud väärtusi. Kollektorivoolu mõõdetakse emitterivoolu kahel väärtusel. Emitterivoolu esimene väärtus valitakse harilikult 0,1 mA võrra väiksem sellest, mis on ette nähtud töörežiimis,



Joon. 48. Skeem ühise baasiga transistori vooluvõimendusteguri α määramiseks.



Joon. 49. Skeem ühise emitteriga transistori vooluvõimendusteguri β määramiseks.

ja teine väärtus 0,1 mA võrra sellest väärtusest suurem. Vastavalt saadud vooludele arvutatakse vooluvõimendustegur valemiga

$$\alpha = \frac{I_{k2} - I_{k1}}{I_{e2} - I_{e1}} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_e}$$

kus I_{k1} ja I_{e1} on esimesel ning I_{k2} ja I_{e2} teisel mõõtmisel saadud väärtused.

Ühise emitteriga lülituses transistori vooluvõimendustegurit β mõõdetakse joonisel 49 toodud skeemi järgi, lähtudes valitud töörežiimist.

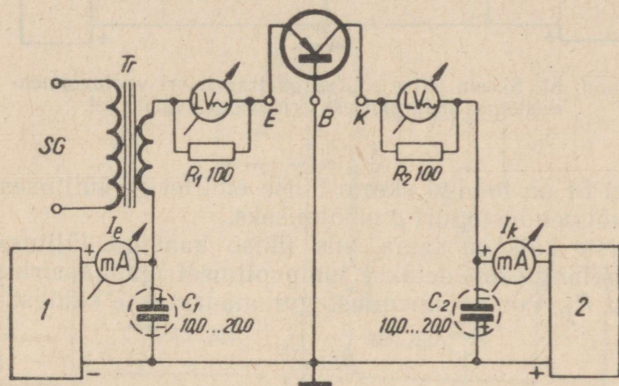
Esialgu mõõdetakse kollektorivoolu väärtus sellise baasivoolu korral, mis on 20 μA võrra väiksem nõutava töörežiimi baasivoolu väärtusest ja seejärel sellise baasivoolu korral, mis on 20 μA võrra valitud baasivoolust suurem. Antud tulemustest saame vooluvõimendusteguri suuruse arvutada valemiga

$$\beta = \frac{I_{k2} - I_{k1}}{I_{b2} - I_{b1}} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b}$$

TRANSISTORIDE VOOLUVÖIMENDUSTEGURI MÄÄRAMINE MITMESUGUSTEL SAGEDUSTEL

Transistoride vooluvõimendustegur kõrgematel sagedustel väheneb. Kõrgeimat sagedust, mille puhul transistor veel normaalselt töötab, nimetatakse piirsageduseks f_{max} . Piirsagedus on sagedus, millel vooluvõimendusteguri väärtus moodustab 71% vooluvõimendustegurist sagedusel 1000 Hz, s. t. võimendusteguri langus on 3 dB.

Vooluvõimendusteguri mõõtmiseks mitmesugustel sagedustel on tarvilikud signaalgeneraator ja vahelduvvoolu-lampvoltmeeter.

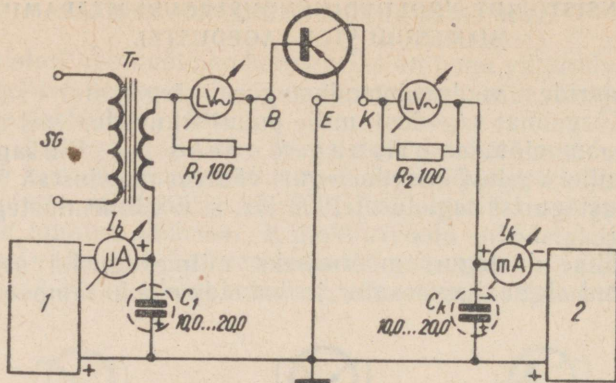


Joon. 50. Skeem ühise baasiga transistori vooluvõimendusteguri määramiseks erinevatel sagedustel.

Joonisel 50 on esitatud skeem ühise baasiga lülituses transistori vooluvõimendusteguri α mõõtmiseks. Stabiliseeritud alalisvooluallikatest 1 ja 2 antakse transistoridele vajalikud pinged. Ettenähtud sagedusega signaal antakse signaalgeneraatorist SG trafo T_r primaarmähisele sellise arvestusega, et trafo sekundaarmähise pinge tippväärtus oleks 0,1...0,5 V. Signaalivool põhjustab emitteriringi lülitatud takistil R_1 pingelangu, mida on võimalik mõõta vahelduvvoolu-lampvoltmeetri LV . Kollektoriringi lülitatud takistil R_2 tekkinud pingelangu mõõdetakse sama lampvoltmeetri ümberlülitamisega paralleelselt takistiga R_2 . Mugavama mõõtmise tagab kahe lampvoltmeetri kasutamine. Signaalisageduse muutmisel tuleb hoida signaalivoolu amplituud (tippväärtus) ja emitteripinge konstantsena. Vooluvõimendustegur määratakse valemiga

$$\alpha = \frac{U_2}{U_1},$$

kus U_1 — pingelang takistil R_1 ja U_2 — pingelang takistil R_2 .



Joon. 51. Skeem ühise emitteriga transistori vooluvõimendusteguri määramiseks erinevatel sagedustel.

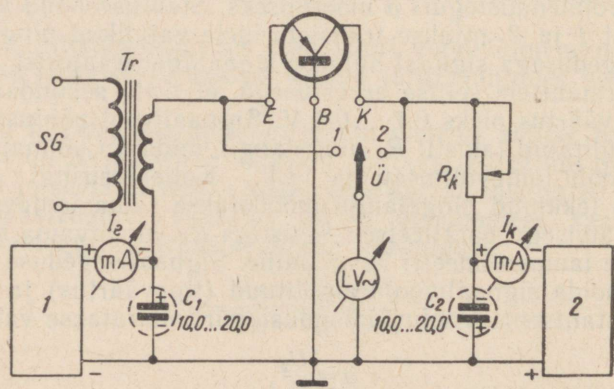
Joonisel 51 on toodud skeem ühise emitteriga lülituses transistori vooluvõimendusteguri β mõõtmiseks.

Mõõtmiste käik on sama mis ühise baasiga lülituse korral, ainult pingelangu mõõdetakse lampvoltmeetriga baasiringi lülitatud takistil R_1 . Vooluvõimendustegur määratakse suhtest

$$\beta = \frac{U_2}{U_1}.$$

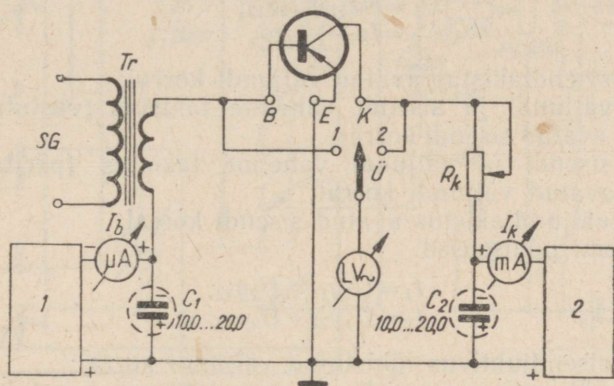
Skeem ühise baasiga transistori pingevõimenduse mõõtmiseks on toodud joonisel 52.

Signaaliallikana kasutatakse helisagedusgeneraatorit ja kõrgematel sagedustel signaalgeneraatorit. Võimendust mõõdetakse



Joon. 52. Skeem ühise baasiga transistori pingevõimenduse määramiseks erinevatel sagedustel.

nõutaval töörežiimil. Vahelduvvoolu-lampvoltmeeter lülitatakse esiteks ümberlülitiga \bar{U} vasakpoolsesse asendisse ja mõõdetakse sisendpinge, mis peab olema 1...10 mV. Seejärel lülitatakse ümberlülitit \bar{U} parempoolsesse asendisse ja mõõdetakse väljundpinge. Pingevoimendus määratakse suhtest $\frac{U_2}{U_1}$, kus U_1 on sisendpinge ja U_2 väljundpinge. Kui mõõtmisi on tarvis teha veel teistel režiimidel, on soovitatav ühendada paralleelselt koormustakistusega ostsillograaf, et oleks võimalik jälgida väljundsignaali kõvera kuju. Kui siinuskõvera tippudes tekivad moonutused, tuleb sisendsignaali väärtust vähendada.

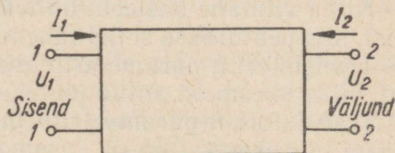


Joon. 53. Skeem ühise emitteriga transistori pingevõimenduse määramiseks erinevatel sagedustel.

Joonisel 53 on toodud skeem ühise emitteriga transistori pingevõimenduse mõõtmiseks. Mõõtmise käik on sama mis ühise baasiga lülituses transistori korral.

z -, y - JA h -PARAMEETRID

Transistoride parameetrite määramiseks raadiotehniliste seadmete projekteerimisel on välja töötatud erimeetod, mille kohaselt transistori käsitatakse neliklemmina, millel on kaks sisend- ja kaks väljundklemmi (joon. 54). Kokkuleppe põhjal tähistatakse sisendkontaktid numbriga 1 ja väljundkontaktid numbriga 2. Samu numbraid kasutatakse ka vastavate voolude ja pingete tähistamisel.



Joon. 54. Transistorneliklemmi põhimõte.

Transistori kui neliklemmi iseloomustavad neli takistust r_{11} , r_{12} , r_{21} ja r_{22} , mis on seotud sisend- ja väljundvoolude ning -pingetega valemite abil:

$$\begin{aligned}U_1 &= I_1 r_{11} + I_2 r_{12}; \\U_2 &= I_1 r_{21} + I_2 r_{22}.\end{aligned}$$

Transistoride täpsemaks iseloomustamiseks on kasutusele võetud z -, y - ja h -parameetrite süsteemid. z -parameetreid nimetatakse ka takistussüsteemiks, y -parameetreid juhtivussüsteemiks ja h -parameetreid hübrüidsüsteemiks.

z -süsteemi põhiseosed:

$$\begin{aligned}U_1 &= I_1 z_{11} + I_2 z_{12}; \\U_2 &= I_1 z_{21} + I_2 z_{22},\end{aligned}$$

- kus z_{11} — sisendtakistus avatud väljundi korral;
 z_{12} — väljundi ja sisendi vaheline takistus (vastutakistus) avatud sisendi korral;
 z_{21} — sisendi ja väljundi vaheline takistus (päritakistus) avatud väljundi korral;
 z_{22} — väljundtakistus avatud sisendi korral.

y -süsteemi põhiseosed:

$$\begin{aligned}I_1 &= U_1 y_{11} + U_2 y_{12}; \\I_2 &= U_1 y_{21} + U_2 y_{22},\end{aligned}$$

- kus y_{11} — sisendjuhtivus lühistatud väljundi korral;
 y_{12} — väljundi ja sisendi vaheline juhtivus (vastujuhtivus) lühistatud sisendi korral;
 y_{21} — sisendi ja väljundi vaheline juhtivus (pärijuhtivus) lühistatud väljundi korral;
 y_{22} — väljundjuhtivus lühistatud sisendi korral.

h -süsteemi põhiseosed:

$$\begin{aligned}U_1 &= I_1 h_{11} + U_2 h_{12}; \\I_2 &= I_1 h_{21} + U_2 h_{22},\end{aligned}$$

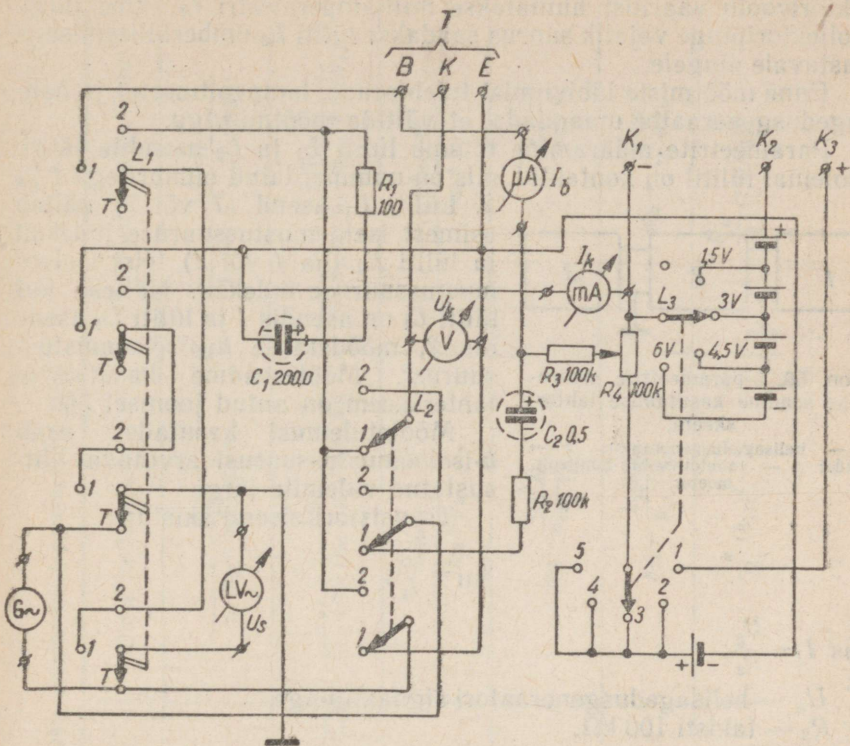
- kus h_{11} — sisendtakistus lühistatud väljundi korral;
 h_{12} — sisend- ja väljundpingete suhe avatud sisendi korral;
 h_{21} — väljund- ja sisendvoolude suhe (vooluvõimendustegur) lühistatud väljundi korral;
 h_{22} — väljundtakistus lühistatud sisendi korral.

Kuna viimane süsteem on leidnud kõige ulatuslikumat rakendamist, siis peatatakse sellel lähemalt.

Transistori h -parameetrite määramiseks on sobiv kasutada seadet, mille skeem on antud joonisel 55.

Transistori h -parameetrite määramine viiakse läbi ühise emitteriga lülituses.

Transistorile antakse vajalik töörežiim ümberlülitamiste abil. Seadmega tuleb lülitada mõõteriistad: lampvoltmeeter ЛВ-9, mil-



Joon. 55. Seadme skeem transistori h -parameetrite määramiseks.

liampermeeter väikese sisetakistusega ja voltmeeter. Sisendsignaalliallikana tuleb kasutada madalaoomise väljundtransformaatoriga helisagedusgeneraatorit 3Г-10.

Seadme toiteallikana on sobiv kasutada 1,5-voldise pingega elemente (ФБ-0,25 või «Сатурн»), mis on skeemi lülitatud järjestikku, väljavõttega iga üksiku elemendi vahel. Nii on võimalik valida sobiv kollektoripinge.

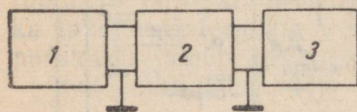
Võimsustransistoride iseloomustussuuruste mõõtmiseks on tarvis suurema mahutavusega vooluallikaid, mis lülitatakse klemmide K_1 , K_2 ja K_3 külge. Seejärel tuleb lüliti L_3 abil elemendid välja lülitada.

Enne transistoride iseloomustussuuruste määramist tuleb helisagedusgeneraatori signaalipinge lampvoltmeetri ja lüliti L_1 abil reguleerida võrdseks ühe voldiga. Lüliti peab sel juhul olema asendis T . Muutes baasivoolu potentsiometri R_4 abil, muutub vastavalt sellele ka kollektorivoolu väärtus. Täpsemate mõõtmistulemuste saamiseks on soovitatav lülitada baasiringi mikroampermeeter. Kol-

lektorivoolu väärtust hinnatakse milliampermeetri I_k hälbe järgi. Kollektoripinge vajalik suurus saadakse lüliti L_3 ümberlülitamisega vastavale pingele.

Enne mõõtmiste läbiviimist tuleb seade, lampvoltmeeter ja helisagedusgeneraator maandada, et vältida mõõtmisvigu.

Parameetrite määramine toimub lüliti L_1 ja L_2 asendite järgi. Mõlemal lülitel on kontaktid, mis on nummerdatud numbritega 1 ja 2.



Joon. 56. h -parameetrite määramise seadme kasutamise lahterskeem:

1 — helisagedusgeneraator; 2 — seade; 3 — vahelduvvoolu-lampvoltmeeter.

esimest iseloomustussuuruse indeksit ja lüliti L_2 (ka 1 või 2) teist iseloomustussuuruse indeksit. Näiteks kui lüliti L_1 on asendis 1 ja lüliti L_2 asendis 2, mõõdetakse h_{12} -iseloomustussuurust. Mõõteseadme kasutamise lahterskeem on antud joonisel 56.

Mõõtetulemusi kasutades saab h -iseloomustussuurusi arvutada lihtsustatud valemite järgi.

Transistori sisendtakistus

$$h_{11} = \frac{U_1}{I_1},$$

kus $I_1 = \frac{U_g}{R_2};$

U_g — helisagedusgeneraatori signaalipinge,
 R_2 — takisti 100 k Ω .

Kui $U_g = 1$ V; $R_1 = 100 \Omega$ ja $R_2 = 100$ k Ω ning U_1 väljendatakse millivoltides, siis

$$h_{11} = 100 U_1 - \Omega.$$

Transistori väljund- ja sisendvoolu suhe

$$h_{21} = \frac{I_{2-}}{I_{1-}},$$

kus $I_{2-} = \frac{U_{2-}}{R_1};$

U_{2-} — väljundpinge (vahelduv), mille suurust näitab vahelduvvoolu-lampvoltmeeter.

Transistori sisend- ja väljundpinge suhe

$$h_{12} = \frac{U_{1-}}{U_{g-}},$$

kus U_{1-} — sisendpinge, mille mõõtmine toimub lampvoltmeetri abil;

Transistori iseloomustussuuste arvutamine h -parameetrite järgi

Iseloomustussuused	Ühise baasiga lülitus	Ühise emitteriga lülitus	Ühise kollektoriga lülitus
Pinge võimendustegur	$\frac{h_{21}}{h_{11}(h_{22} + y_k) - h_{12}h_{21}}$	$\frac{-h_{21}}{h_{11}(h_{22} + y_k) - h_{12}h_{21}}$	$\frac{1 + h_{21}}{1 + h_{21} + h_{11}(h_{22} + y_k)}$
Pinge võimendustegur sisendi arvestusega	$\frac{h_{21}}{(h_{11} + z_s)(h_{22} + y_k) + h_{21}(z_s y_k - h_{12})}$	$\frac{-h_{21}}{(h_{11} + z_s)(h_{22} + y_k) - h_{12}h_{21}}$	$\frac{1 + h_{21}}{1 + h_{21} + (h_{11} + z_s)(h_{22} + y_k)}$
Voolu võimendustegur	$\frac{-h_{21}y_k}{h_{22} + (1 + h_{21})y_k}$	$\frac{h_{21}y_k}{h_{22} + y_k}$	$\frac{-(1 + h_{21})y_k}{h_{22} + y_k}$
Sisendtakistus	$\frac{h_{11}(h_{22} + y_k) - h_{12}h_{21}}{h_{22} + (1 + h_{21})y_k}$	$h_{11} - \frac{h_{12}h_{21}}{h_{22} + y_k}$	$h_{11} + \frac{1 + h_{21}}{h_{22} + y_k}$
Väljundjuhtivus	$\frac{h_{22}(h_{11} + z_s) - h_{12}h_{21}}{h_{11} + (1 + h_{21})z_s}$	$h_{22} - \frac{h_{12}h_{21}}{h_{11} + z_s}$	$h_{22} + \frac{1 + h_{21}}{h_{11} + z_s}$
Võimsusevõimendustegur	$\frac{R_k}{R_s} \left(\frac{h_{21}}{1 + h_{21}} \right)^2$	$\frac{R_k}{R_s} (h_{11})^2$	$\frac{R_k}{R_s} (1 + h_{21})^2$

y_k — koormusjuhtivus $\left(y_k = \frac{1}{R_k} \right)$; z_s — signaalliallika takistus.

z, y- ja h-parametrite üleminekuvalemid

Parametrite süsteem	z-parametrid	y-parametrid	h-parametrid
z-parametrid	—	$z_{11} = \frac{y_{22}}{\Delta y}; \quad z_{12} = \frac{-y_{12}}{\Delta y};$ $z_{21} = \frac{-y_{21}}{\Delta y}; \quad z_{22} = \frac{y_{11}}{\Delta y}.$	$z_{11} = \frac{\Delta h}{h_{22}}; \quad z_{12} = \frac{h_{12}}{h_{22}};$ $z_{21} = \frac{-h_{21}}{h_{22}}; \quad z_{22} = \frac{1}{h_{22}}.$
y-parametrid	$y_{11} = \frac{z_{22}}{\Delta z}; \quad y_{12} = \frac{-z_{12}}{\Delta z};$ $y_{21} = \frac{-z_{21}}{\Delta z}; \quad y_{22} = \frac{z_{11}}{\Delta z}.$	—	$y_{11} = \frac{1}{h_{11}}; \quad y_{12} = \frac{-h_{12}}{h_{11}};$ $y_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}}; \quad y_{22} = \frac{\Delta h}{h_{11}}.$
h-parametrid	$h_{11} = \frac{\Delta z}{z_{22}}; \quad h_{12} = \frac{z_{12}}{z_{22}};$ $h_{21} = -\frac{z_{21}}{z_{22}}; \quad h_{22} = \frac{1}{z_{22}}.$	$h_{11} = \frac{1}{y_{11}}; \quad h_{12} = \frac{-y_{12}}{y_{11}};$ $h_{21} = \frac{y_{21}}{y_{11}}; \quad h_{22} = \frac{\Delta y}{y_{11}}.$	—

$$\Delta z = z_{11} z_{22} - z_{12} z_{21} = \frac{h_{11}}{h_{22}} = \frac{1}{\Delta y}; \quad \Delta y = y_{11} y_{22} - y_{12} y_{21};$$

$$\Delta h = h_{11} h_{22} - h_{12} h_{21} = \frac{z_{11}}{z_{22}} = \frac{y_{22}}{y_{11}}.$$

$U_{g\sim}$ — helisagedusgeneraatori signaalipinge.
Kui U_1 - on millivoltides, siis

$$h_{12} = 10^{-3} U_1$$

Transistori väljundjuhtivus

$$h_{22} = \frac{I_{1\sim}}{U_{g\sim}} \frac{1}{Q}$$

kus $I_1 = \frac{U'_{g\sim}}{R_{1\sim}}$;

$U'_{g\sim}$ — pinge, mille väärtust mõõdab lampvoltageer;

h -parameetrite järgi saab arvutada transistori põhilised iseloomustussuurused (tabel 2).

Käesoleval ajal kasutatakse peale h -parameetrite veel ka z - ja y -parameetreid. Et lihtsustada keerukat ümberarvutust, on võimalik üle minna ühelt parameetrite süsteemilt teisele tabelis 3 toodud valemite abil.

II. RAADIOVASTUVÖTJATE ASTMED JA TOITSEADMED

Transistoridel on vaakuumlampidega võrreldes mitmeid iseärasusi, mida nende kasutamisel tuleb arvestada, et transistori mitte töökõlbmatuks muuta. Väga ohtlik on transistorile lubatust kõrgem temperatuur, mille mõjul ta kristallstruktuur võib rikneda. Kõrgema temperatuuri mõju all olnud transistor töötab heal juhul suure endamüraga või lakkab täielikult töötamast. Juba seadme ehitamist alustades tuleb pöörata tähelepanu sellele, et transistor ei satuks mõne kuumeneva detaili lähedusse.

Transistori jootmisel tuleb vältida tema kuumenemist. Transistori väljaviik tuleb jootmisel hoida mokktangide (või pintseti) vahel, et viimased juhiks jootmisel tekkiva kuumuse transistorist eemale. Joota tuleb kiiresti ja väikese joodisehulgaga. Joodis peab olema madala sulamistemperatuuriga ($+130^{\circ} \dots +150^{\circ} \text{C}$). Kam-poli kasutamine ei ole soovitatav, kasutatagu ainult head jootepastat¹.

Järgnevalt on vaja teada transistori väljaviikude õiget asetust, sest valesti ühendatud transistor võib muutuda töökõlbmatuks. Samuti rikneb transistor toitepinge vastupidise polaarsuse korral. Enne transistori lülitusse paigutamist või tema eemaldamist tuleb toitepinge välja lülitada.

Uute transistoride kasutuselevõtmisel on soovitatav pingeid ja voolusid suurendada sujuvalt kuni normaalsete väärtusteni nn. sisetöötamiseks.

Lubamatu on transistoride ülekoormamine, isegi lühiajaliselt, sest selle tagajärjel võib vastutakistus väheneda nullini, s. o. tekib lühis, ja transistor lakkab töötamast. Transistore tuleb hoida eemal tugevatest magnet- ja elektriväljadest.

Normaalsetes töötingimustes on transistoride tööiga väga pikk, mispuhul transistor võib rikneda ainult erandjuhtumel (näiteks katkeb kontakt).

Transistoride montaažil on soovitatav kasutada väikseid tööriistu (mokktangid, pintsetid) ja jootetõlvikut võimsusega mitte üle 50 W. Jootmiseks võib kasutada ka võimsamat tõlvikut, kuid jootearb tuleb sel juhul peenendada läbimõõduni 2,5 mm. Pärast varva kuumenemist on soovitatav tõlvikuga (50 W) järjestikku lülitada 100-W valgustuslamp.

¹ Jootepastade koostisi on toodud raamatus: E. Alt ja E. Jakoobi. Raadiokor-rastaja käsiraamat. Tln., ERK, 1960, lk. 268... 271.

MADALSAGEDUSVÖIMENDAJAD

Üldmõisteid. Transistorvõimendajad jagunevad tööpõhimõtte järgi voolu- ja võimsusvõimendajateks. Vooluvõimendaja täidab sama ülesannet mis elektronlampidel töötav pingevõimendaja.

Kuna vooluvõimendajaid kasutatakse ainult A-klassi režiimis, siis teisi lülitusi ei vaadelda. Suurema väljundvõimsusega võimsusvõimendajad rakendatakse sageli tööle B-klassi režiimis, millel peatutakse allpool.

Madalsagedusastmetes on võimalik transistore kasutada kas ühise baasiga, ühise emitteriga või ühise kollektoriga lülituses. Tabelis 4 on toodud nimetatud lülituste võrdlusandmed.

Tabel 4

Ühise baasiga, emitteriga ja kollektoriga lülituses madalsagedusvõimendaja astmete võrdlusandmed

Lülitusviis	Transistori liik	Sisendtakistus Ω	Väljundtakistus $k\Omega$	Väljundvõimsus mW	Võimsusvõimendus dB
Ühise baasiga	Väikse võimsusega transistorid	30 ... 1000	100 ... 500	10 ... 15	20 ... 29
Ühise emitteriga	Sama	300 ... 1000	5 ... 40	3 ... 20	30 ... 40
	Võimsustransistorid	200 ... 500	5 ... 35	1000 ... 10000	15 ... 30
Ühise kollektoriga	Väikse võimsusega transistorid	150000 ... 300000	1 ... 20	—	10 ... 12

Kõigil kolmel lülitusviisil on oma puudused ja head küljed. Ühise baasiga lülitus annab suure pingevõimenduse ja väikese vooluvõimenduse α . Ühise emitteriga lülitus annab sama pingevõimenduse mis ühise baasiga lülituses olev transistor, kuid ka vooluvõimendus (β) on palju kordi suurem. Ühise kollektoriga lülituse vooluvõimendus on $\frac{1}{1-\alpha}$; pingevõimendus aga peaaegu puudub. Ühise kollektoriga lülitus on leidnud kasutamist ainult sobitusastmena.

'Sõltuvalt' signaali allika ja koormustakistuse väärtusest tuleb valida, millises lülituses transistore kasutada (tabel 5).

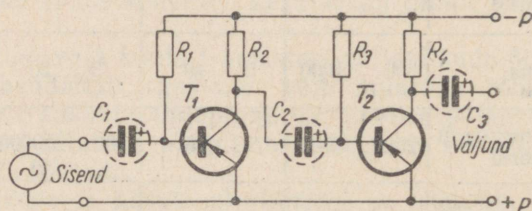
Võimendaja astmete sidestusviisid. Maksimaalse ja ühtlase võimenduse saamiseks laial sagedusalal tuleb hästi sobitada signaali allika väljundtakistus võimendusastme sisendtakistusega ja

Transistori skeemi lülitamise võimalused

Lülitusviis	Signaali allika sisendtakistus (eelmise astme väljundtakistus) Ω	Koormustakistus (järgneva astme sisendtakistus) $k\Omega$
Ohise baasiga	alla 500	üle 500
Ohise emitteriga	500...1500	10...500
Ohise kollektoriga	üle 1500	alla 10

viimase astme väljundtakistus tarbijaga (koormustakistusega). Kasutatakse kolme sidestusviisi: takistus-, trafo- ja otsesidestust.

Takistus- (joon. 57) ja otsesidestust on kõige sobivam kasutada võimendusastmes, kus transistori sisendtakistus on võrdne signaali allika takistusega.



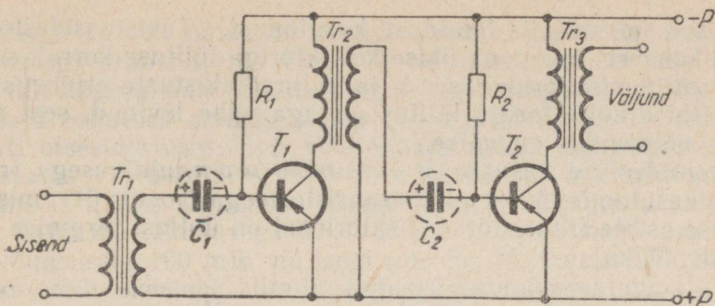
Joon. 57. Takistussidestuses madalsagedusvõimendaja skeem.

Trafosidestus (joon. 58) on vajalik siis, kui signaali allika takistus erineb tunduvalt võimendusastme sisendtakistusest ja väljundtakistus tarbija takistusest. Ühise baasiga või emitteriga lülituse korral kasutatava astmetevahelise sidestustrafo sekundaarmähise keerdude arv peab olema väiksem kui primaarmähisel, ühise kollektoriga lülituse korral aga vastupidi.

Võimendusastme sisend- ja väljundtakistust võib määrata helisagedusgeneraatori või signaalgeneraatori ja vahelduvvoolulampvõimendi abil.

Joonisel 59 on toodud võimendusastme sisendtakistuse mõõtmise lülitusskeem. Signaali allika ja võimendaja vahele on ühendatud induktiivsuvaba reguleeritav takisti R_1 .

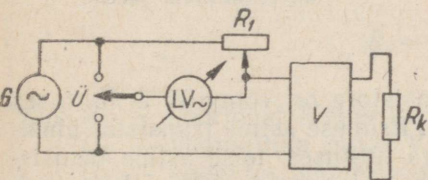
Võimendajale antakse enne mõõtmist vastav töörežiim. Sig-



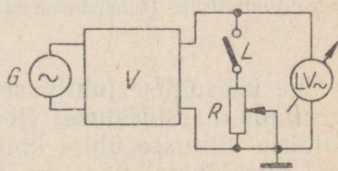
Joon. 58. Transformaatorsidestuses madalsagedusvõimendaja skeem.

naali andmisel tuleb pöörata tähelepanu signaali väärtusele, et see ei koormaks võimendajat üle.

Mõõtmise põhimõte seisab selles, et muutes takistust R_1 ja lülitades ümberlülitit U ülemisest asendist alumisse, peab lampvoltmeetri hälve olema muutumatu. Kui hälve ümberlülitamisega muutub, on vaja muuta takistust R_1 . Muutumatu hälbe puhul võrdub võimendusastme sisendtakistus takisti R_1 takistusega.



Joon. 59. Skeem võimendusastme V sisendtakistuse mõõtmiseks.



Joon. 60. Skeem võimendusastme V väljundtakistuse mõõtmiseks.

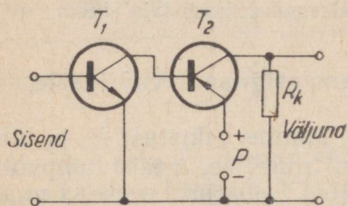
Skeem võimendusastme väljundtakistuse määramiseks on toodud joonisel 60.

Sisendsignaali antakse võimendusastme sisendisse kas helisagedusgeneraatorist või signaalgeneraatorist. Ka siin tuleb silmas pidada seda, et võimendusastet üle ei koormataks. Lülitit L abil on võimalik reguleeritavat induktiivsuvaba takistit sisse ja välja lülitada. Takisti R takistus reguleeritakse selliseks, et sisselülitatud lülitit puhul oleks lampvoltmeetri hälve poole väiksem takistusest väljalülitatud lülitit korral. See takisti R takistus ongi antud astme väljundtakistuseks.

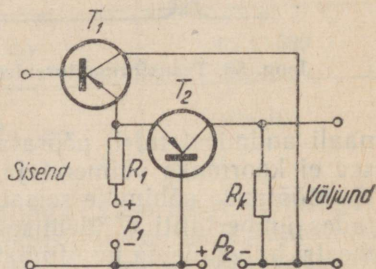
Mitmeastmelise võimendaja puhul tuleb sobitada ka eelmise võimendusastme väljundtakistus järgmise astme sisendtakistusega, sest halva sobituse korral langeb võimendus. Astmete vahel kasutatakse peamiselt trafo- ja takistussidestust. Viimase sidestusviisi korral ei saavutata küll täpset sobitust, kuid oma lihtsuse tõttu

leib see sidestusviis laialdast kasutamist. Takistussidestust on kõige kohasem kasutada ühise kollektoriga lülituse korral, sest sel puhul on transistoride sisend- ja väljundtakistuste erinevus väiksem. Ühise kollektoriga lülitus on aga vähe levinud, sest sellise astme võimendus on väike.

Otsesidestuse kasutamist lihtsustab $n-p-n$ -juhtivusega transistoride kasutamine koos $p-n-p$ -transistoridega (joonis 61), mispuhul esimese astme transistori kollektorivool on ühtlasi järgmise astme sisendvooluks.

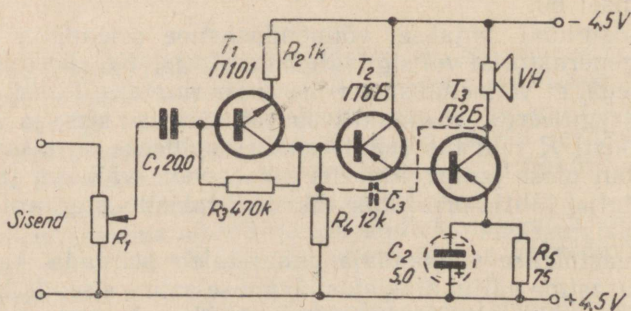


Joon. 61. Otsesidestuses madal-sagedusvõimendaja $n-p-n$ - ja $p-n-p$ -juhtivusega transistoridega.



Joon. 62. Otsesidestuses madalsagedusvõimendaja skeem.

Ka ühesuguse juhtivusega transistore on võimalik erilülituses kasutada otsesidestuses (joonis 62). Esimese astme transistor ühendatakse lülitusse ühise kollektoriga lülituses, teise astme transistor aga ühise baasiga lülituses. Alalisvooluallikas P_1 toidab mõlema transistori emitteriringe ja P_2 — mõlema transistori kollektoriringe. Selle lülituse võimendus on küll väike, kuid oma lihtsuse tõttu leib ta siiski kasutamist.



Joon. 63. Kolmeastmelise otsesidestuses madalsagedusvõimendaja skeem.

Joonisel 63 on näidatud veelgi lihtsam võimalus ühesuguse juhtivusega transistoride T_2 ja T_3 otsesidestamiseks, kus erilülituse tulemusena pole vaja kasutada teist alalisvooluallikat. Võimendaja esimeses astmes töötab $n-p-n$ -juhtivusega transistor T_1 samuti otsesidestuses. See võimendaja sobib kasutamiseks just kantavates vastuvõtjates, sest ta on väikeste mõõtmetega, ökonoomne ja annab küllaldase võimenduse. Kui kasutada valjuhääldajat helipooli takistusega 60...80 oomi, on võimalik saada väljundvõimsuseks 100 mW või isegi rohkem. Helikvaliteedi parandamiseks võib skeemi lülitada tagasisidekondensaatori C_3 , mille mahtuvus valitakse katsetamise teel (5000...30 000 pF).

Uhise emitteriga vooluvõimendusastme arvutus. Kõigepealt tuleb valida võimendusastme tööpunkt. Transistori tööpunkti saab määrata kas parameetrite või tunnusjoonte sarja järgi. Vanemat tüüpi transistoride juures tuleb veel silmas pidada müra- ja moonutustegureid. Et võimendusaste hästi töötaks, tuleb transistorile valida katseliselt selline töörežiim, et transistori enesemüra tase oleks tunduvalt madalam sisendsignaalist ja moonutused oleksid võimalikult väikesed.

Esialgselt valitud tööpunkti ja toiteallika pinge järgi arvutatakse koormustakistus valemiga

$$R_k = \frac{U_p - U_k}{I_k},$$

kus R_k — koormustakistus $k\Omega$;
 U_p — vooluallika pinge V;
 U_k — kollektoripinge tööpunktis V;
 I_k — kollektorivool tööpunktis mA.

Koormustakistuse ja vooluallika pinge järgi valitakse täpne tööpunkt selliselt, et kollektori kaovõimsus oleks lähedane maksimumväärtusele. See on rakendatav uut tüüpi transistoride korral, mille endamüra tase on väike.

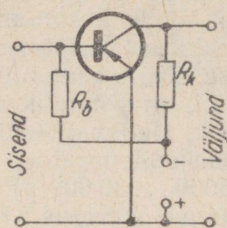
Baasile tuleb anda vajalik eelvool (analoogiliselt elektronlampide eelpeingele). Selleks lülitatakse toiteallika ja baasi vahele takisti, mille takistus

$$R_b = \frac{U_p}{I_b},$$

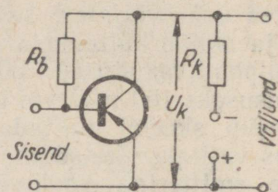
kus R_b — baasi ja toiteallika vaheline takistus $M\Omega$;
 U_p — toiteallika pinge V;
 I_b — baasivool mikroamprites, mille väärtus saadakse transistori tunnusjoontelt.

$p-n-p$ -juhtivusega transistoride korral tuleb eeltakisti ühendada alalisvooluallika negatiivse poolusega, $n-p-n$ -juhtivusega transistoride kasutamisel aga positiivse poolusega.

Võimendusastmes, kus baasivoolu väärtus on signaalita olukorras püsiv, nimetatakse seda voolu püsivaks eelvooluks. Joonisel 64 on antud püsiva eelvooluga võimendaja skeem.



Joon. 64. Püsiva eelvooluga võimendusastme skeem.



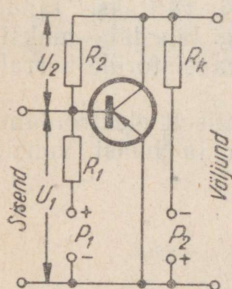
Joon. 65. Automaatse eelvooluga võimendusastme skeem.

Transistorid on võrdlemisi tundlikud ümbritseva temperatuuri kõikumise suhtes. Seepärast on vaja saavutada selline olukord, et tööpunkt oleks enam-vähem muutumatu. Selleks on vaja anda transistorile automaatne eelvool, mis saadakse baasi ja kollektori vahele ühendatud takisti R_b abil (joonis 65). Eeltakisti takistus arvutatakse valemiga

$$R_b = \frac{U_k}{I_b}$$

Rahuldava võimenduse ja lihtsa ehituse tõttu leiab mainitud moodus laialdast kasutamist, sest ta kaitseb transistori riknemise eest, kui viimane töötab maksimaalsel kaovõimsuse väärtusel.

Baasivoolu paremaks stabiliseerimiseks võib lülitusse ühendada teise vooluallika (joonis 66).



Joon. 66. Püsiva ja automaatse eelvooluga võimendusastme skeem.

Skeemist on näha, et peale automaatse eelvoolu antakse läbi takisti R_1 püsiv eelvool. Eelvoolutakistite takistused arvutatakse valemitega:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_{b1}}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_{b2}}$$

kus I_{b1} — baasivool läbi takisti R_1 ,
 I_{b2} — baasivool läbi takisti R_2 ($I_{b2} = I_b + I_{b1}$).

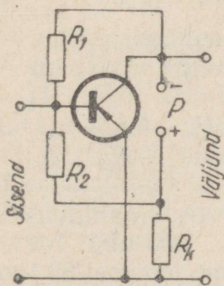
Näiteks olgu vooluallika pinge $U_1 = 10$ V, $I_b = 400 \mu\text{A}$ ja $I_{b1} = 300 \mu\text{A}$. Kasutades toodud valemeid, saame:

$$R_1 = \frac{10}{300 \cdot 10^{-6}} = 333 \text{ k}\Omega; \quad I_{b2} = 400 + 300 = 700 \mu\text{A};$$

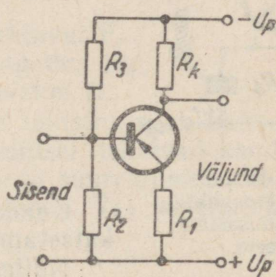
$$R_2 = \frac{10}{700 \cdot 10^{-6}} = 14,3 \text{ k}\Omega.$$

Kirjeldatud lülituse kasutamist piirab kahe eraldi vooluallika kasutamise vajadus. Sellest puudusest on vaba joonisel 67 toodud kõrge stabiilsusega skeem, kus vooluallika ja koormustakistuse asukohad on omavahel vahetatud. Takisti R_1 takistus

$$R_b = \frac{U_k}{I_b}.$$



Joon. 67. Püsiva ja automaatse eelvooluga võimendusastme skeem.



Joon. 68. Stabiiliseeritud talitluspunktiga võimendusastme skeem.

Takisti R_2 arvutatakse eelmise skeemi kirjelduses toodud valemiga.

Hea stabiilsusega, kuid keerukam skeem on toodud joonisel 68. Baasivool saadakse pingejagajast, mille moodustavad takistid R_2 ja R_3 . Stabiilsust tõstab takisti R_1 skeemi lülitamine. Mida suurem on R_1 väärtus, seda stabiilsem on lülitus, kuid liiga suure takistuse korral tuleb kasutada ka kõrgema pingega toiteallikat. Seepärast tuleb takisti R_1 valikul lähtuda vooluallika pingest ja stabiilsusest.

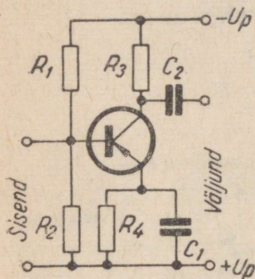
Võimendusastme stabiilsust iseloomustatakse e b a s t a b i i l s u s e teguriga S :

$$S = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_{ko}} = \frac{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3}}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} - \alpha}$$

Ideaalseks ebastabiilsuse teguri väärtuseks on üks, kuid siis peab takisti R_1 väärtus olema suur ja pingejagaja (R_2 ja R_3) takistuste väärtus väga madal. Seepärast lähtutakse keskmisest väärtusest ja ebastabiilsuse tegur valitakse 1,5...2,5 piires. Sel puhul võib transistori asendada teise samatüübilise transistoriga ja ka vooluallika ning ümbritseva temperatuuri muutused ei mõjuta oluliselt võimendusastme talitlust. Ebastabiilsuse teguri valik sõltub ka vooluvõimendustegurist: kui $\alpha=0,91$, siis $S=1,5$, kui $\alpha=0,99$, siis $S=2,5$ jne.

Kõige laiemat kasutamist on leidnud joonisel 69 esitatud skeem, mis töötab võrdlemisi stabiilselt laias temperatuurivahemikus.

Lülituses kasutatavate takistite takistused arvutatakse valemitega:



Joon. 69. Stabiiliseeritud talitluspunktiiga võimendusastme skeem.

$$R_2 = \frac{S-1}{(1-S+\alpha S) \frac{(I_k - I_{ko})}{\alpha(U_p - U_k - R_3 I_k)} - \frac{I_k - S I_{ko}}{U_p}};$$

$$R_1 = \frac{U_p (S-1)}{I_k - S I_{ko}};$$

$$R_4 = \frac{\alpha (U_p - R_3 I_k - U_k)}{I_k - I_{ko}}.$$

Kondensaatori C_1 mahtuvus valitakse katsetamise teel (5...50 μF).

Näitena arvutame joonisel 69 toodud kompenseerimiselementide väärtused, kui on antud $U_p=22$ V, $R_3=19$ k Ω , $U_k=2$ V, $I_k=0,5$ mA, $\alpha=0,97$, $I_{ko}=1$ μA , $S=2,2$. Ülaltoodud valemite põhjal saame:

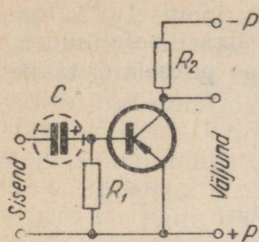
$$R_2 = \frac{2,2-1}{\frac{(1-2,2+2,13) \cdot (5 \cdot 10^{-4} - 10^{-6})}{0,97 (22-2-19000 \cdot 5 \cdot 10^{-4})} - \frac{5 \cdot 10^{-4} - 2,2 \cdot 10^{-6}}{22}} \approx 54 \text{ k}\Omega;$$

$$R_1 = \frac{22 \cdot (2,2-1)}{5 \cdot 10^{-4} - 2,2 \cdot 10^{-6}} \approx 52 \text{ k}\Omega;$$

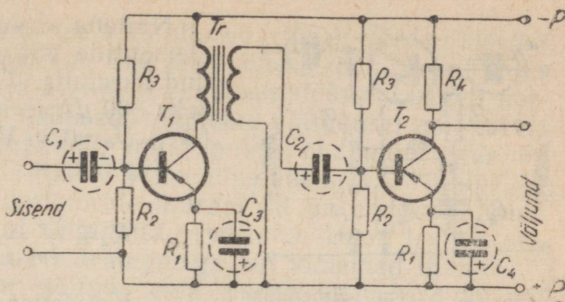
$$R_4 = \frac{0,97 (22 - 19000 \cdot 5 \cdot 10^{-4} - 2)}{5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-6}} \approx 22 \text{ k}\Omega.$$

Astmetevahelistest sidestusviisidest on oma lihtsuse tõttu kõige rohkem levinud takistussidustus (joon. 70).

Sidestuskondensaatori mahtuvus peab olema võrdlemisi suur, et teda läbiks ka kõige madalama sagedusega signaalid. Kondensaatori mahtuvus valitakse harilikult 1...20 μF . Kondensaatori mahtuvuse arvutamiseks on vaja teada järgmise astme sisendtakistust ja madalaimat võimendatavat sagedust:



Joon. 70. Takistussidestuse skeem.



Joon. 71. Transformaatorsidestuses võimendaja skeem.

$$C = \frac{1}{2\pi f_m R_s},$$

kus C — sidestuskondensaatori mahtuvus F,
 f_m — madalam võimendatav sagedus Hz,
 R_s — järgmise astme sisendtakistus Ω .

Sidestatava astme eelvoolutakisti takistus peab olema transistori sisendtakistusest suurem. Sidestusel tekkivad kaod ei ületa 1 dB, kui eelvoolutakistus on 10 korda suurem sisendtakistusest.

Transformaatorsidestuse korral (joon. 71) arvutatakse trafo ülekandeegur valemiga

$$n = \sqrt{\frac{R_v}{R_s}}.$$

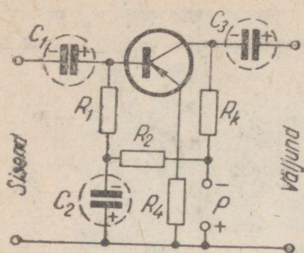
Trafo primaarmähise induktiivsus määratakse valemiga

$$L = \frac{R_v}{2\pi f_m},$$

kus f_m — madalaim võimendatav sagedus.

Kui mitmeastmelise võimendaja üldine võimendus on üle 60 dB, on tarvis astmetes kasutada lahtisidestuslülitust. Joonisel 72 toodud skeemis on lahtisidestuselementideks C_2 ja R_2 , mis väldivad läbi alalisvooluallika takistuse tekkida võiva tagasisidestuse. Takisti R_2 takistus valitakse võimalikult väike, et vältida sellel suure pingelangu tekkimist, kusjuures tuleb arvestada ka kondensaatori mahtuvuse suurus, mis valitakse kuni 25 μF . R_2 ja C_2 korutus peab olema pöördvõrdeline madalaima võimendatava signaalisagedusega f_m :

$$R_2 C_2 = \frac{1}{2\pi f_m}.$$



Joon. 72. Skeem võimendusastme lahtisidestuselementide arvutuse juurde.

Näitena arvutame lahtisidestusfiltri elementide väärtused joonisel 72 toodud skeemile. Olgu baasivoolu suurusks $500 \mu\text{A}$ ja lubatav pingelang takistil R_2 $U_e = 0,25 \text{ V}$.

Siis takistus

$$R_2 = \frac{U_e}{I_b} = \frac{0,25}{500 \cdot 10^{-6}} = 500 \Omega.$$

Kondensaatori mahtuvus

$$C_2 = \frac{10^6}{2\pi \cdot 100 \cdot 500} = 3,2 \mu\text{F},$$

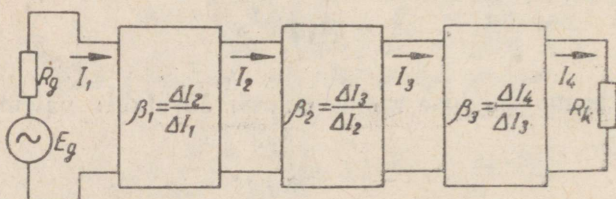
kus madalaim võimendatav sagedus $f_m = 100 \text{ Hz}$.

Baasiringi takistust R_1 on võimalik määrata alljärgneva valeliga, kui on teada vooluallika pinget ($U_p = 12 \text{ V}$), takistus R_2 ja baasivool ($I_b = 500 \mu\text{A}$):

$$R_1 = \frac{U_p - R_2 I_b}{I_b} = \frac{12 - 500 \cdot 500 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 10^{-6}} = 23,5 \text{ k}\Omega.$$

Kui vähendada sidestuskondensaatori mahtuvust ja suurendada R_4 takistust, siis väheneb astme võimendus, kuid vastavalt kasvab ka sisendtakistus.

Joonisel 73 on antud mitmeastmelise võimendaja skelettskeem.



Joon. 73. Kolmeastmelise võimendaja skelettskeem.

Antud võimendaja vooluvõimendusteguri saab määrata iga võimendusastme võimendustegurite korrutisena:

$$\beta_{\text{ant}} = \beta_1 \beta_2 \beta_3.$$

Mitmeastmelise võimendaja konstrueerimisel tuleb pöörata tähelepanu sellele, et esimese astme endamüra väärtus oleks võimalikult väike.

Endamüra. Transistoride endamüra tase on kõrgem kui elektronlampidel. Eriti ohtlik on transistori kõrge endamürategur või

mendaja sisendastmes, kus see võib olla väärtuselt võrdne sisendsignaaliga või koguni suurem. See ongi üheks põhjuseks, miks vastuvõtja või võimendaja algajatel raadioamatööridel sageli normaalselt tööle ei hakka. Esimeste seadmete ehitamisel on tarvis valida transistoride töörežiimid, mille puhul endamürategur on kõige väiksem, kuigi selle juures võimendus väheneb. Eritüüpi (ja isegi samatüübiliste) transistoride mürapiirid on erinevad, mida tuleb transistoride valikul tingimata arvestada. Uued transistoritüübid on palju madalama mürateguriga kui vanemad tüübid.

Transistori mürategur sõltub tema parameetritest: emitteritakistusest r_e , baasitakistusest r_b ja kollektoritakistusest r_k ning voluvõimendustegurist β . Veel mõjutavad endamürategurit kollektorivool, töösagedus, kollektori temperatuur, signaali allika sisetakistus R_g ja astme sisendtakistus R_s . Mürategur F väärtused detsebellides on toodud transistoride andmete tabelis.

Mitmeastmelise võimendaja üldine mürategur arvutatakse iga astme mürateguri järgi valemiga:

$$F_{\text{üld}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{K_{p1}} + \frac{F_3 - 1}{K_{p1} K_{p2}} + \dots + \frac{F_n - 1}{K_{p1} K_{p2} \dots K_{pn-1}},$$

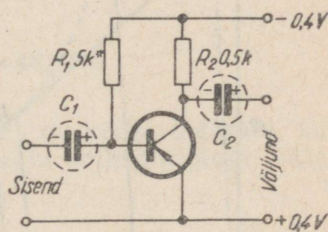
kus K_p — astme võimsusvõimendustegur ja indeksid osutavad vastavalt esimesele, teisele jne. võimendusastmele.

Kuidas aga avaldab endamürategurile mõju töörežiim, seda me eraldi ei vaatle, sest siin on palju lihtsam valida optimaalne režiim katsetamiste teel. Soovitav on sisendastmetes kasutada eraldi valitud transistorore suure võimendusteguri ja madala endamürateguriga. Juba esialgsel transistori korrasoleku kontrollimisel ja parameetrite määramisel on võimalik otsustada, millises seadmes võib antud transistori kasutada.

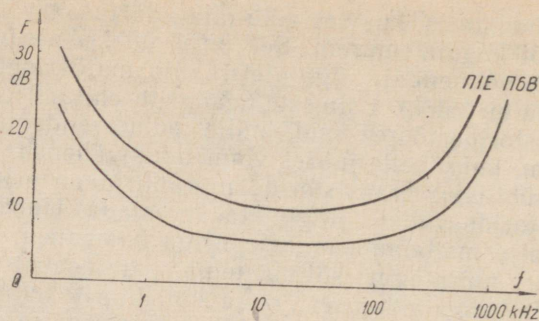
Näitena on joonisel 74 toodud väga madala mürateguriga võimendusastme skeem. Madala kollektoripinge tõttu pole sellise astme võimendus kuigi suur. Joonisel 75 on näitena kujutatud transistoride П1Е ja П6В mürateguri sõltuvus sagedusest.

Väljundaste. Transistorvõimendaja väljundaste võib töötada A-, AB- või B-klassi režiimis. A-klassi võimsusvõimendaja tööpunkti määramiseks on vaja teada kollektori kaovõimsust.

Transistori tunnusjoonte sarjadel on näidatud kaovõimsuse kõver, mis määrab igas tööpunktis valitud kollektoripingele vastava maksimaalse lubatud kollektorivoolu.

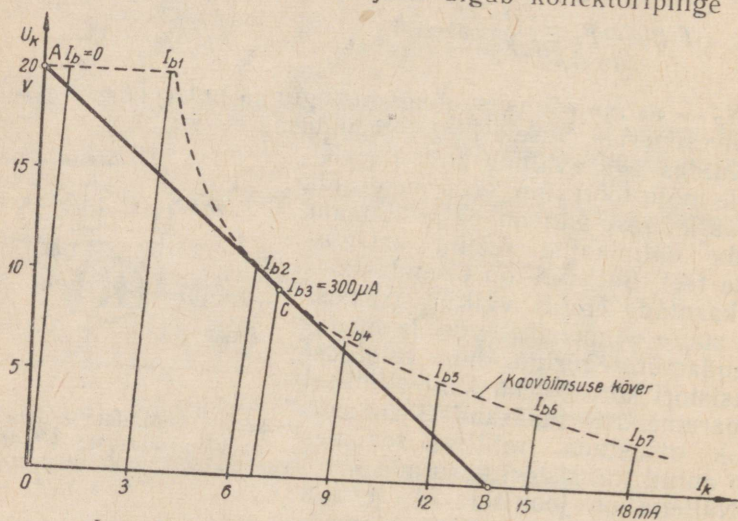


Joon. 74. Madala endamürapiiriga võimendusaste. (R_1 täpne takistus valitakse katsetamise teel.)



Joon. 75. Transistoride П1Е ja П6В mürateguri sõltuvus sagedusest.

Joonisel 76 on toodud näitena tunnusjoonte sari, millel on võimalik valida koormusjoonte asend, lähtudes kollektoripingest ja kaovõimsuse kõverast. Koormusjoon algab kollektoripinge vää-



Joon. 76. Transistori koormusjoone asendi valik:
 AB — koormusjoon; C — sobivaim talitluspunkt.

tusele vastavast punktist ja puudutab kaovõimsuse kõverat. Järelikult 20-V kollektoripinge puhul moodustab koormusjoone sirg-lõik AB.

Väljundastme (joon. 77) koormustakistus, eeltakistus, väljundvõimsus ja kasutegur määratakse tunnusjoonte sarja andmete põhjal.

Koormustakistus

$$R_k = \frac{U_k}{I_k} = \frac{20}{0,0136} = 1,47 \text{ k}\Omega,$$

kus U_k — kollektoripinge,
 I_k — kollektorivoolu väärtus
 koormusjoone lõpus
 (punkt B).

Eelvoolutakistus R_1 määratakse baasivoolu abil. Olgu baasivool valitud tööpunktis C $I_b = 300 \mu\text{A}$. Siis eelvoolutakistus

$$R_1 = \frac{U_p}{I_b} = \frac{20}{300 \cdot 10^{-6}} = 66,67 \text{ k}\Omega.$$

Võimendaja väljundvõimsus

$$\frac{U'_k I'_k}{8} = \frac{20 \cdot 13,6 \cdot 10^{-3}}{8} = 34 \text{ mW}.$$

Toiteallikalt tarbitav võimsus, lähtudes valitud tööpunktist, arvutatakse valemiga

$$P_o = U_k I_k = 9,1 \cdot 7,2 \cdot 10^{-3} = 65,52 \text{ mW}.$$

Astme kasutegur

$$\eta = \frac{P_k}{P_o} \cdot 100 = \frac{34}{65,52} \cdot 100 = 48,83\%.$$

A-klassi võimsusvõimendaja tööpunkti on kerge määrata, kui on teada lubatud kollektori kaovõimsuse ja kollektoripinge väärtused.

Kollektorivoolu tööpunkt

$$I_k \approx \frac{P_k}{U_k}.$$

Alalisvooluallika pinge

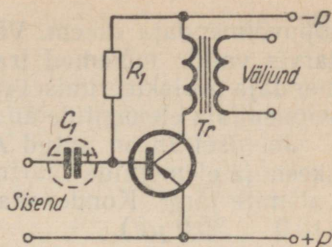
$$U_p = U_k + I_k R_k.$$

Väljundtrafo mähiste keerdude arvude suhe

$$\frac{w_1}{w_2} \approx 0,9 \sqrt{\frac{R_k}{R_{kl}}},$$

kus R_{kl} — sekundaarmähise koormustakistus.

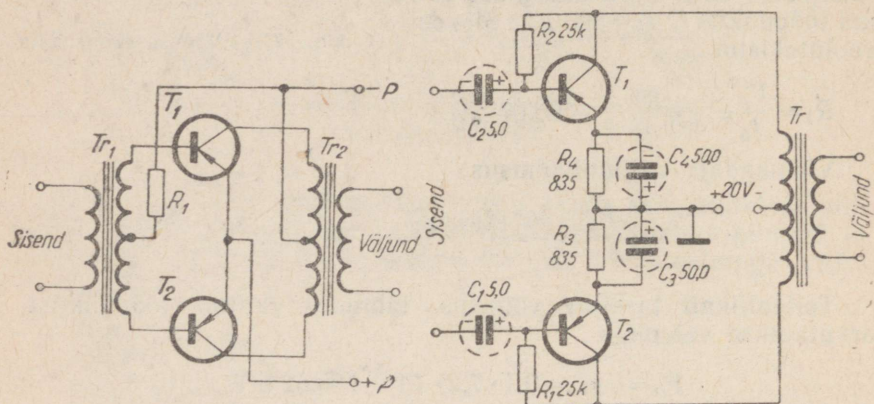
Suurema väljundvõimsuse saamiseks kasutatakse vastastaktliitust. Joonisel 78 on toodud A-klassi režiimis töötava vastastakt-



Joon. 77. Võimsusvõimendaja skeem.

lõppvõimendaja skeem. Võimendaja normaalse töö tagamiseks on tarvis valida mõlemad transistorid sarnaste parameetritega. Võimendaja projekteerimisel valitakse esmalt tööpunktid ja nende järgi võimendaja elementide andmed.

Joonisel 79 on antud A-klassis töötava vastastaktvõimendaja skeem ja elementide väärtused. Takistid arvutatakse eespool toodud valemite järgi. Kondensaatorid C_3 ja C_4 valitakse katsetamise teel (10,0 ... 50,0 μF).



Joon. 78. Vastastakt-võimsusvõimendaja skeem.

Joon. 79. Suurendatud sisendtakistusega A-klassi vastastakt-võimsusvõimendaja skeem.

A-klassi võimendaja kasutegur ei küüni üle 50%. Suurema kasuteguri saamiseks kasutatakse seepärast B-klassi võimendajat.

B-klassi võimendaja andmed on võimalik kindlaks määrata alljärgnevalt.

Kollektori kaovõimsus

$$P_k \approx \frac{U_p I_m}{8},$$

kus I_m — kollektorivoolu amplituudväärtus mA.

B-klassi vastastaktvõimendaja väljundvõimsuse väärtus võib olla suurem maksimaalsest kollektori kaovõimsusest.

Koormustakistuse sobiv väärtus B-klassi võimsusvõimendajates määratakse valemiga

$$R_k = \frac{4U_p}{I_m} \approx \frac{U_m^2}{P},$$

kus U_m — kollektoripinge amplituudväärtus V.

Võimendaja väljundvõimsus

$$P \approx \frac{U_p I_m}{2} \approx 5,5 P_k,$$

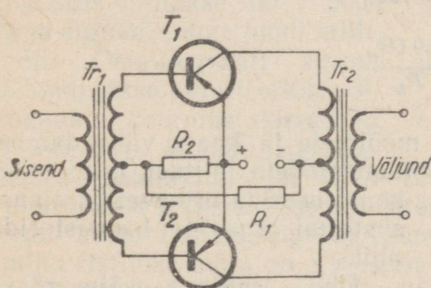
kus P_k — ühe transistori kaovõimsus.

Võimendusastme vool

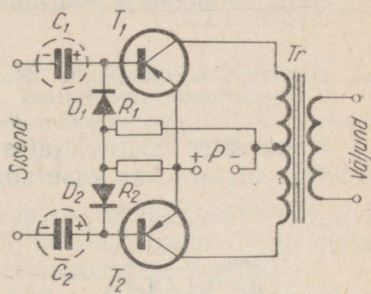
$$I \approx 7,5 \frac{P_k}{U_p}.$$

Väljundtrafo keerdude arvu suhe määratakse sama valemiga mis A -klassi võimendaja korral.

Tüüpiline B -klassi vastastaktvõimendaja skeem on antud joonisel 80. Takisti R_2 väärtus tuleb valida katsetamiste teel, et saada normaalne baasiringi eelvool ja et moonutustegur ei oleks üle 5%.



Joon. 80. B -klassi vastastaktvõimsusvõimendaja skeem.



Joon. 81. Minimaalsete moonutustega B -klassi vastastaktvõimsusvõimendaja.

Teine B -klassi vastastaktvõimendaja skeem on antud joonisel 81. Selle lülituse puhul on moonutustegur väga madal, mida saavutatakse pooljuhtdiodide lülitamisega skeemi.

Järjestikku lülitatud transistoridega B -klassi vastastaktvõimendaja skeem on antud joonisel 82.

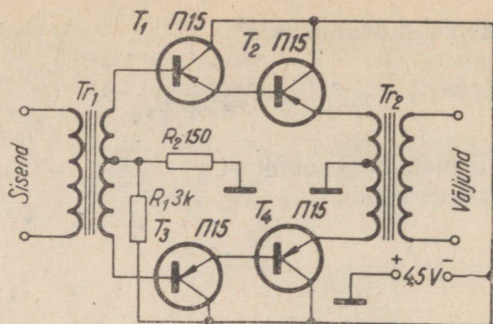
Transistore $T_1 T_2$ ja $T_3 T_4$ võib käsitada ühe transistorina, mille vooluvõimendusastgur

$$\beta \approx \frac{1}{(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)},$$

kus α_1 — esimese transistori vooluvõimendusastgur,

α_2 — teise transistori vooluvõimendusastgur.

Sellises lülituses vastastaktvõimendaja moonutustegur on väga väike (alla 2%) ja väljundvõimsus umbes 150 mW. Võimendaja kasutegur võib olla kuni 75%.

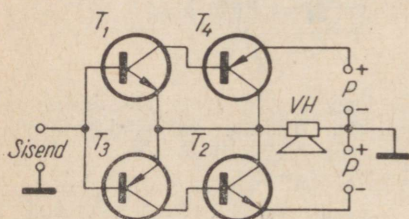


Joon. 82. Järjestikku lülitatud transistoridega B-klassi vastastakt-võimsusvõimendaja skeem.

Selle võimendaja koormustakistus

$$R_k = \frac{0,9 U_p^2}{P_k}.$$

Kantavates vastuvõtjates on mõõtmete ja kaalu vähendamise huvides otstarbekas kasutada sobitustrafodeta lülitusi, mida saab konstrueerida erinevat juhtivussüsteemi omavate transistoride abil.



Joon. 83. Eri juhtivustega transistoridega töötava vastastakt-võimsusvõimendaja skeem.

Ühe sellise võimendaja skeem on toodud joonisel 83. Tugeva tagasiside tõttu on lülitus hea stabiilsusega ja väikese moonutusteguriga. Ainukeks raskuseks on siin transistoride valik, sest *n-p-n*- ja *p-n-p*-juhtivusega transistoride paarid peavad olema sarnaste iseloomustussuurustega. Mainitud võimendaja väljundvõimsus võib

olla sõltuvalt transistoride kaovõimsusest 150...500 mW.

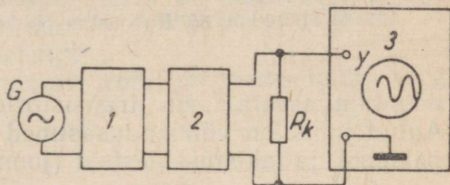
Võimendaja töölerakendamine. Kui võimendaja montaaž on lõpetatud, tuleb kontrollida ühenduste vastavust skeemile. Seejärel tuleb väldida lülitusele vastava pingega toiteallikas ja ühendada see polaarsust silmas pidades võimendajaga.

Pärast vooluallika külgeühendamist tuleb kontrollida transistoride kollektorivoole ja -pingeid. Kollektorivoolu kontrollimiseks tuleb vooluring katkestada ja lülitada katkestuskohta milliampermeeter. Kontrollimist tuleb alustada võimendaja lõppastme transistorist.

Mõõtmisel tuleb jälgida, et vool ei ületaks töötingimuse kohaselt maksimaalselt lubatavat voolu. Sama on kehtiv ka pinge kohta. Vooluvõimendajate kollektorivool on piirides 0,5...2 mA. Kollektorivoolu väärtus sõltub teatavasti eelvoolutakisti väärtusest. Eelvoolutakisti takistus määratakse eespool toodud valemi abil, kuid ka siin tuleb mõningail juhtudel (eriti veel vanemat tüüpi transistoride puhul) muuta seda takistust moonutuste ja endamüra vähendamiseks.

Transistori kollektoripinge peab lõppastmes olema lähedane alalisvooluallika pingele, eelvõimendaja astmetes võib ta aga olla madalam (kuni pool toiteallika pingest).

Moonutusteguri mõõtmiseks on vaja helisagedusgeneraatorit ja ostsillograafi. Helisagedusgeneraatori väljundi takistus valitakse 100...5000 Ω ja signaalipinge mõni millivolt. Ostsillograafi sisend ühendatakse paralleelselt võimendaja koormustakistusega (joon. 84). Moonutuste peamiseks tekitajateks on valed



Joon. 84. Madalsagedusvõimendaja töökontrollimise skelettskeem.

1 — helisagedusgeneraator; 2 — võimendaja;
3 — ostsillograaf.

töörežiimid transistoride kollektoritel ja see, et lõppastme väljundtrafo südamik ristlõike ei vasta väljundvõimsusele. Trafo südamiku ristlõike mõju on eriti suur vastastaktvõimendajates.

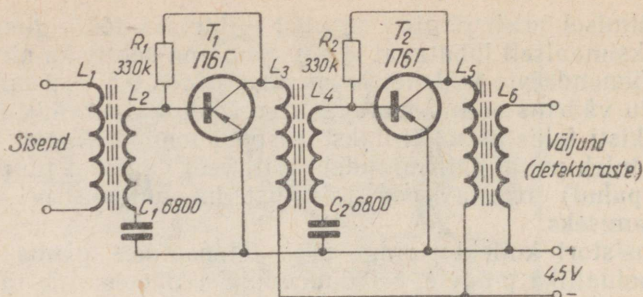
Nimetatud mõõtmisvahendite puudumisel saab võimendaja kontrollimiseks signaali allikana kasutada raadiotranslatsiooniliini või ringhäälingu-vastuvõtjat. 0,25- μ F kondensaatori ja 50-k Ω potentsiomeetri kaudu ühendatakse võimendaja sisendiga translatsiooniliin või vastuvõtja detektorastme väljund. Potentsiomeeter on ühendatud paralleelselt signaali allikaga. Võimendaja ülekoormamise vältimiseks tuleb potentsiomeetri takistus valida maksimaalne ja nõrga signaali korral seda sujuvalt suurendada.

KÕRGSAGEDUSVÕIMENDAJAD

Kõrgsagedusvõimendajad töötavad vooluvõimendajatena A-klassi režiimis ja jagunevad lairiba- ning kitsasribavõimendajateks.

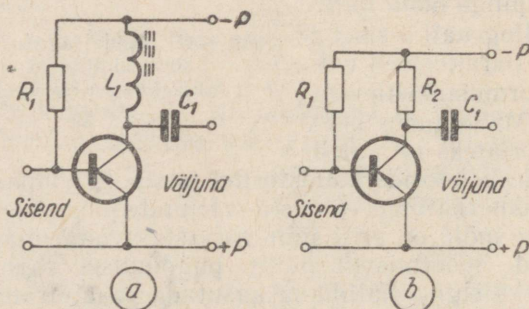
Supervastuvõtjates muundusastme ette kõrgsagedusvõimendusastet harilikult ei lülitata. Seepärast on kõrgsagedusastmed kasutamist leidnud otsevastuvõtjates ja supervastuvõtjates vahesagedusvõimendajana.

Lairibavõimendusastme lülitus on samasugune kui madalsagedusvõimendajal. Joonisel 85 on antud kaheastmelise lairibavõimendaja skeem.



Joon. 85. Kaheastmelise lairibavõimendaja skeem.

õimendaja skeem, kus transistorid on ühise emitteriga lülituses. Antud juhul on võimendusastmed trafosidestuses. Kasutatakse ka paispool- ja takistussidestust (joon. 86).



Joon. 86. Kõrgsagedusvõimendaja sidestusvariantid.

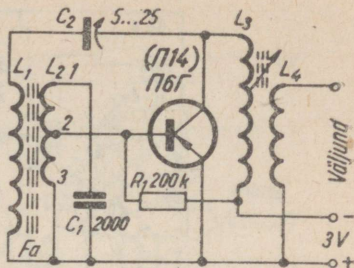
a — paispoolsidestus; *b* — takistussidestus.

Astmevahelist takistussidestust kasutatakse siis, kui on tarvis saada ühtlast vooluvõimendust võrdlemisi laia sagedusala ulatuses.

Paispoolsidestust saab kasutada siis, kui võimendatavat sagedust muudetakse väiksemas ulatuses. Paispooli induktiivsus tuleb valida nii, et selle induktiivsuse ja kollektorimahtuvuse poolt moodustuva võnkeringi omasagedus oleks 3...5 MHz suurem kõige kõrgemast võimendatavast sagedusest.

Häälestatavate võnkeringidega kõrgsagedusvõimendajad annavad suurema võimenduse ja selektiivsuse kui lairibavõimendajad. Võnkeringi resonantsisagedust muudetakse harilikult pöördkondensaatoriga, kuid väikesemõõtmelistes vastuvõtjates muudetakse võnkeringi sagedust mõnikord ka ferriitpulga nihutamiseiga võnkeringi pooli suhtes.

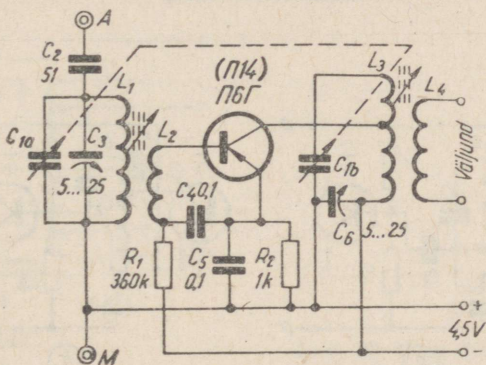
Kõrgsagedusvõimendajas saab edukalt kasutada positiivset tagasi-
 sidet, mis tunduvalt aitab tõsta astme
 tundlikkust ja selektiivsust. Sellise
 regeneratiiv-kõrgsagedusvõimenda-
 dajas (joon. 87) võivad teatud sage-
 dustel tekkida parasiitvõnkumised.
 Neid on võimalik kaotada trimmer-
 kondensaatori C_2 mahtuvuse muutmi-
 sega.



Joon. 87. Regeneratiiv-kõrgsage-
 dusvõimendaja skeem.

Võimendaja selektiivsuse tõstmiseks on soovitatav kasutada ka kollektoriringis häälestatavat võnkeringi (joon. 88). Kõrgsagedusvõimendajale võib järgneda teine kõrgsagedusaste või detektoraste.

võib järgneda teine kõrgsagedusaste või detektoraste.



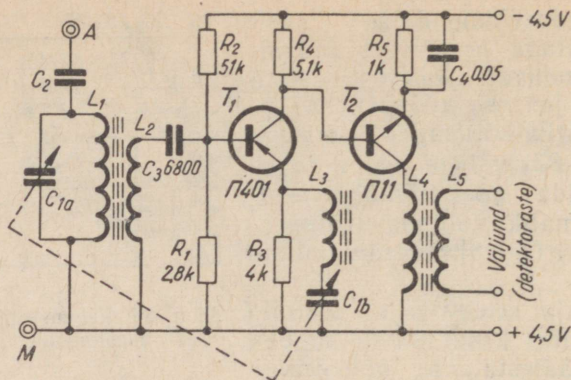
Joon. 88. Kahe häälestatava võnkeringiga
 kõrgsagedusvõimendaja skeem.

Mitmeastmelise kõrgsagedusvõimendaja korral saab edukalt kasutada erinevate juhtivustega kõrgsagedustransistore otsesides-
 tuses (joon. 89).

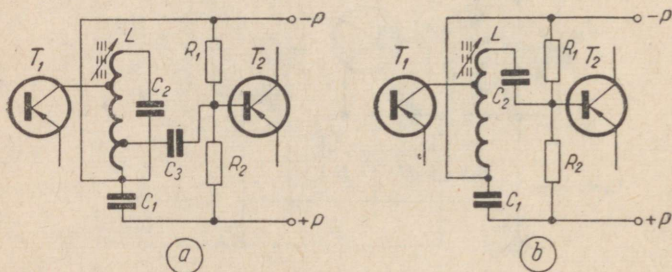
Kõrgsagedusvõimendajate töörežiim määratakse samuti nagu madalsagedusvõimendajate korral. Seejuures tuleb kinni pidada nõudest, et transistoride kollektorivool ei ületaks 2 mA.

Vahesagedusvõimendusastmete sidestusviisid on näidatud joonistel 90, 91 ja 92. Uut tüüpi transistoride (П401, П402, П403, П115 jne.) kasutamisel saadakse küllaldane võimendus kaheastmelise vahesagedusvõimendajaga. Vahesageduseks valitakse peamiselt 465 kHz, kuid vanemate, madalama piirsagedusega transistoride korral kasutatakse ka vahesagedust 110 kHz.

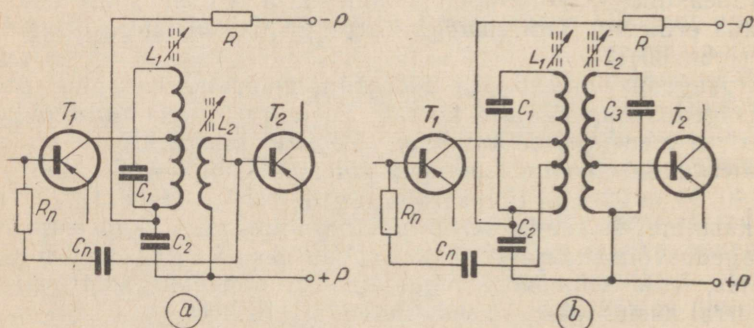
Vahesagedusvõimendajas tekkiva parasiitse positiivse tagasi-
 side korral neutraliseeritakse see sama suure negatiivse tagasi-



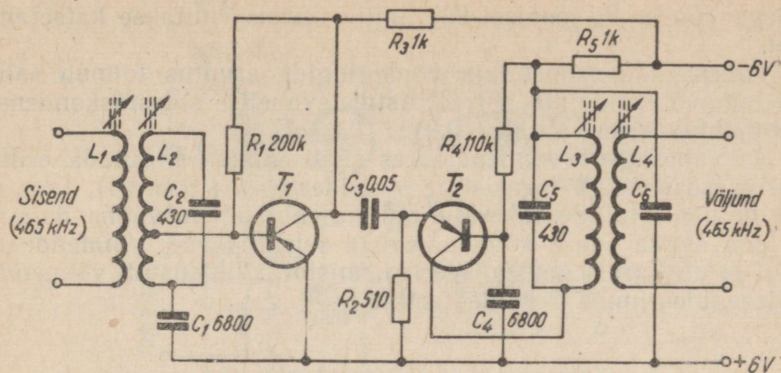
Joon. 89. Erineva juhtivusega transistoridega kõrgsagedusvõimendaja.



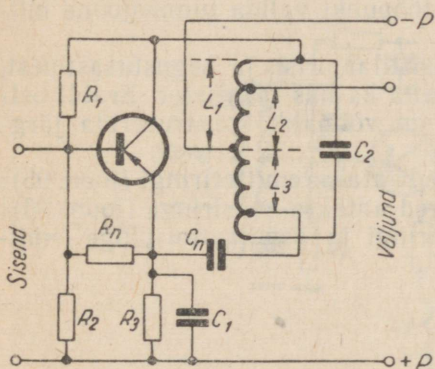
Joon. 90. Autotrafosidestuses vahesagedusvõimendajad.



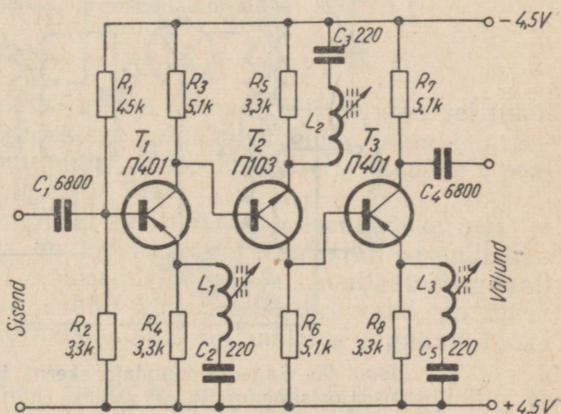
Joon. 91. Trafosidestuses vahesagedusvõimendajad.



Joon. 92. Astmetevahelise takistussidestusega vahesagedusvõimendaja skeem.



Joon. 93. Neutraliseeritud vahesagedusvõimendaja skeem.



Joon. 94. Astmetevahelise otsesidestusega vahesagedusvõimendaja skeem.

sidega (C_n ja R_n joonisel 93), mille suurus valitakse katsetamise teel.

Vahesagedusvõimendaja võnkeringide arvutus toimub samuti kui lampvõimendajate korral. Astmetevahelise sidestuskondensaa- tori mahtuvuseks valitakse $0,01 \dots 0,05 \mu F$.

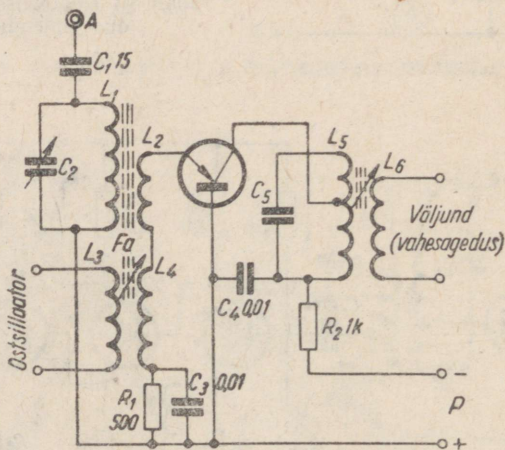
Ka vahesagedusvõimendajates saab edukalt kasutada erineva juhtivussüsteemiga transistore otsesidestuses (joon. 94). Igas ast- mes on häälestatud võnkering. Selline vahesagedusvõimendaja või maldab saada suure võimenduse ja selektiivsuse. Võimendusast- meid ei ole tarvis neutraliseerida, mistõttu lihtsustub võimendaja väljareguleerimine ja häälestamine.

SAGEDUSMUUNDAJAD JA OSTSILLAATORID

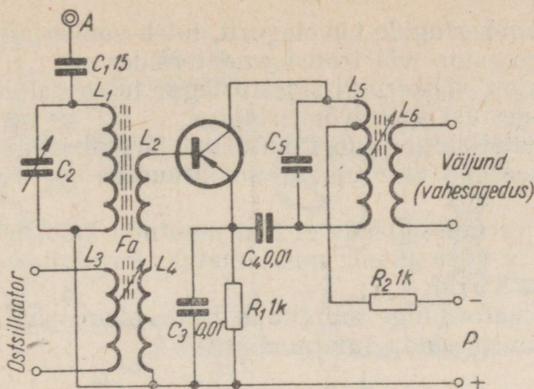
Sagedusmuundaja ülesandeks on muundada signaalisagedust vahesageduseks ostsillaatorisageduse abil. Sagedusmuundaja nor- maalseks tööks tuleb transistori tööpunkt valida tunnusjoone mit- telineaarsel osal.

Sagedusmuundaja koosneb ostsillaatorist ja segustusastmest, kusjuures neid ülesandeid võib täita ka üks transistor. Eraldi ost- sillaatoriga sagedusmuundajaid on võimalik konstrueerida järg- mistes lülitustes:

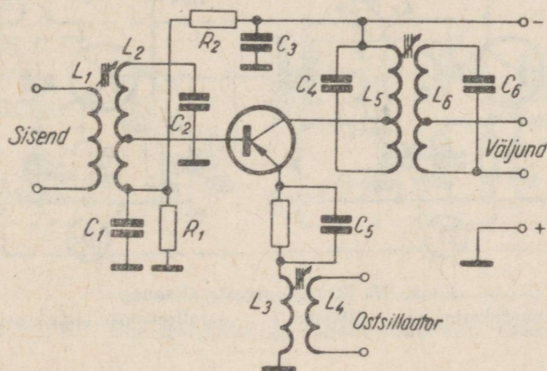
- 1) sisend- ja ostsillaatoripinged antakse emitteriringi (joon. 95);
- 2) sisend- ja ostsillaatoripinged antakse baasiringi (joon. 96);
- 3) sisendpinge antakse baasiringi ja ostsillaatoripinge emit- teriringi (joon. 97).



Joon. 95. Sagedusmuundaja skeem, kus sisend- ja ostsillaatoripinged antakse emitteriringi.



Joon. 96. Sagedusmuundaja skeem, kus sisend- ja ostsillaatoriringid antakse baasiringi.



Joon. 97. Sagedusmuundaja skeem, kus sisendpinge antakse baasiringi ja ostsillaatoripinge emitteriringi.

Kõige paremaid tulemusi annab viimane lülitus, sest sel juhul välditakse erinevate sagedustega vahelduvvoolude mõju teineteisele, mistõttu sagedusmuundaja töötab stabiilselt. Seepärast peatume sel lülitusel lähemalt.

Transistori sisendtakistuse sobitamiseks sisendvõnkeringi ja ostsillaatori takistustega on tarvis teada transistori sisendtakistust kahel sagedusel, s. o. sisendsignaali ja ostsillaatorisignaali sagedusel. Sisendsignaali suhtes võib transistori vaadelda ühise emitteriga lülituses. Koormustakistus on mõlema signaali jaoks ühesuurune.

Selleks et transistoride väike sisend- ja väljundtakistus ei

vähendaks võnkeringide hüvetegurit, tuleb võnkeringides kasutada autotransformaator- või transformaatorsidestust.

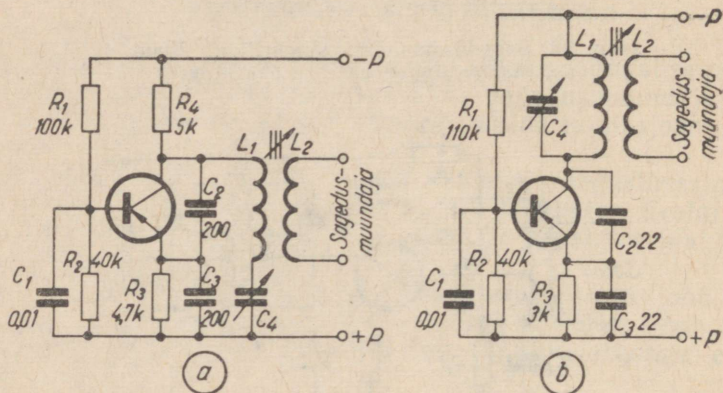
Ostsillaatori võnkeringi sidestustegur tuleb valida 0,05...0,15, et vältida sidestust sisendvõnkeringiga.

Eraldi ostsillaator peab rahuldama järgmisi nõudeid:

1) genereerima muutumatu amplituudiga ja stabiilse sagedusega;

2) ostsilleerimissagedus ei tohi muutuda ümbritseva temperatuuri mõjul ja peab jääma muutumatuks ka alalisvooluallika pingele langemise korral;

3) ostsillaatoripinge amplituud peab olema nii suur, et see tagaks sagedusmuundaja normaalse tööd.



Joon. 98. Ostsillaatorite skeemid:

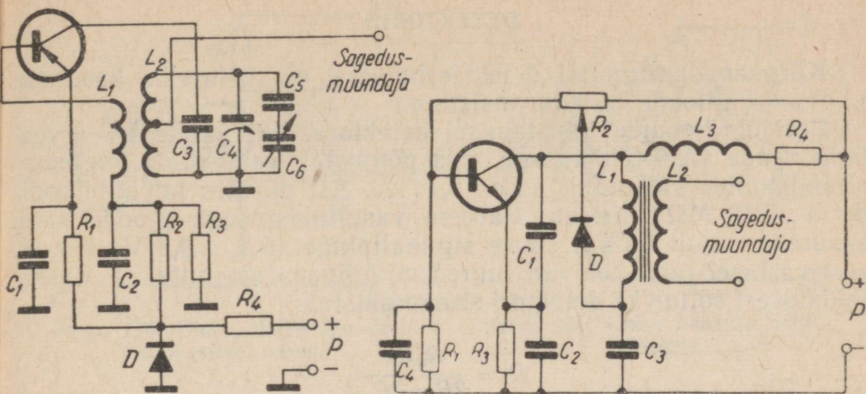
a — järjestikvõnkeringiga ostsillaator; *b* — paralleelvõnkeringiga ostsillaator.

Joonisel 98 on antud kaks ostsillaatoristme skeemi. Kondensaatorite C_2 ja C_3 mahtuvuste õige valikuga tagatakse ostsillaatori stabiilne töö.

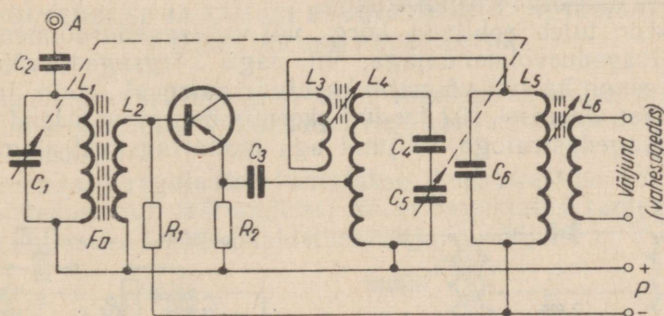
Ostsillaatorisagedus sõltub alalisvooluallika pingest. Ostsillaatori toitepinget saab stabiliseerida stabilitrone D skeemi lülitamisega (joon. 99).

Ostsillaatoripinge amplituudi stabiliseerimise lülitus on näidatud joonisel 100. Kui ostsillaatoripinge amplituud ületab diodi sulgemispinge, hakkab viimane juhtima ja vool läbi takisti R_2 kasvab. Pinge takistil R_3 tõuseb, mis kutsub esile baasringi voolu nõrgenemise ja ostsillaatoripinge amplituud väheneb seni, kuni diod on uuesti lukustatud. Ostsillaatorisignaali amplituudi saab reguleerida potentsiomeetri R_2 abil.

Ühe transistoriga sagedusmuundaja skeem on antud joonisel 101. Esitatud lülitus töötab õige töörežiimi korral rahuldava stabiilsusega.



Joon. 99. Stabiliseeritud pingega ostsillaatori skeem. Joon. 100. Reguleeritava väljundpingega ostsillaatori skeem.



Joon. 101. Ühe transistoriga sagedusmuundaja skeem.

Ka selle lülituse juures on muidugi vaja sobitada transistori sisendtakistus sisendvõnkeringi ja ostsillaatori võnkeringide takistustega. Sobivad sidestustegurid tuleb valida katsetuste teel, kusjuures transistori $\Pi 401$ või $\Pi 402$ kasutamisel peavad sidestustegurid olema järgmistes piirides:

- ostsillaatori võnkeringi sidestustegur — $0,05 \dots 0,1$;
- sisendvõnkeringi sidestustegur — $0,05 \dots 0,1$;
- tagasisidetegur ostsillaatori- ja tagasisidemähise vahel — $0,1 \dots 0,2$.

Ühe transistoriga sagedusmuundaja tüüpiline töörežiim: kollektoripinge $4,5 \dots 6$ V, emitterivool $0,4 \dots 1,0$ mA ja ostsillaatori-pinge tippväärtus vähemalt $0,2$ V.

DETEKTORID

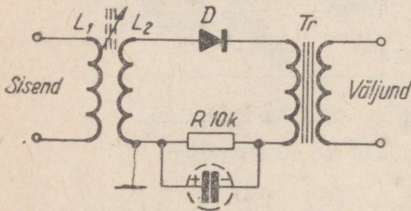
Kõrgsagedussignaali detekteerimiseks on võimalik kasutada nii pooljuhtdioode kui ka transistore.

Pooljuhtdiodide kasutamisel detektorastmes on tarvis arvestada nende vastutakistusega, mis põhjustab vastuvalu. Germaaniumdiodide vastutakistus on $0,1 \dots 1 \text{ M}\Omega$ piirides ja ränidiodidel $1 \dots 10 \text{ M}\Omega$ piirides. Väikese vastutakistusega diode saab kasutada ainult küllalt suure signaalipinge ($0,2 \dots 0,3 \text{ V}$) korral, sest vastasel juhul tekivad suured mittelineaarhoonutused. Vastutakistusest sõltub ka detektori sisendtakistus:

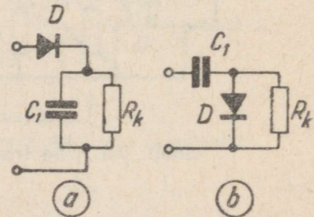
$$R_s = \frac{R_0 R_k}{2R_0 + 3R_k},$$

kus R_0 — vastutakistus;
 R_k — koormustakistus;
 R_s — detektori sisendtakistus.

Detektor tuleb sobitada kõrg- või vahesagedusvõimendajaga ja madalsagedusvõimendajaga. Nii nagu kõrghäältsagedusvõimendajate juures, on ka siin võimalik kasutada paispool-, trafo- ja takistussidestust. Joonisel 102 toodud skeemis on astme sisend sobitatud kõrgsagedustrafoga, väljund aga madalsagedustrafoga.



Joon. 102. Sobitatud sisendi ja väljundiga detektorastme skeem.

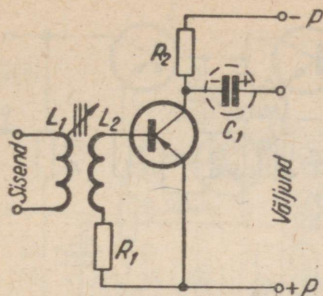


Joon. 103. Detektorastmete skeemid:

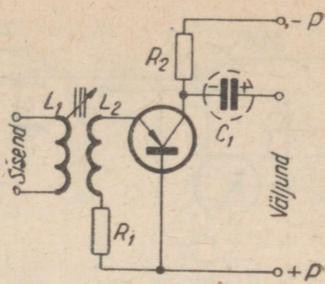
a — järjestikku lülitatud diodiga skeem; *b* — paralleelselt lülitatud diodiga skeem.

Joonisel 103 on näidatud detektorastmete lülitusskeemid, mildest kõige sagedamini kasutatakse esimest.

Kui kasutada detektorastmes diodi asemel transistori, siis töötab see aste ka madalsagedusvõimendajana ja võib anda ühise emitteriga lülituses võimendust $0,5 \dots 5 \text{ dB}$. On võimalik kasutada ka ühise baasiga lülituses transistore, kuid sel juhul on detektorastme võimendus tunduvalt väiksem. Joonisel 104 on antud detektorastme skeem ühise emitteriga ja joonisel 105 ühise baasiga lülituses transistoridega. Ühise emitteriga lülituses transistoridetekto-



Joon. 104. Ühise emitteriga detektorastme skeem.



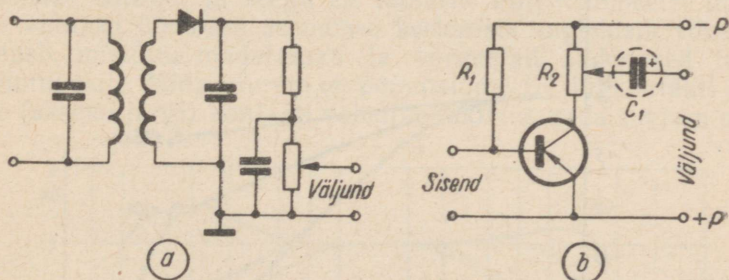
Joon. 105. Ühise baasiga detektoraste.

risisendtakistus on $20 \text{ k}\Omega$ piirides, ühise baasiga lülituses aga palju väiksem.

VÖIMENDUSE JA TÄMBRI REGULEERIMINE. AUTOMAATNE TUNDLIKKUSE REGULAATOR

Võimendust (helitugevust) tuleb reguleerida nii, et transistori töörežiim ei muutuks. Võimendust reguleeritakse peamiselt madalsageduse osas.

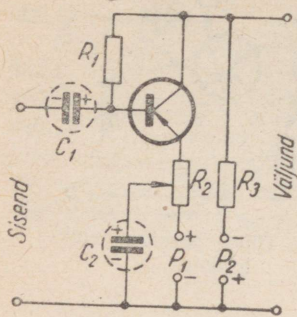
Võimenduse regulaator lülitatakse detektorastme või esimese madalsagedusastme väljundisse, nii et regulaator (potentsiomeeter) on ühtlasi ka koormustakistuseks (joon. 106).



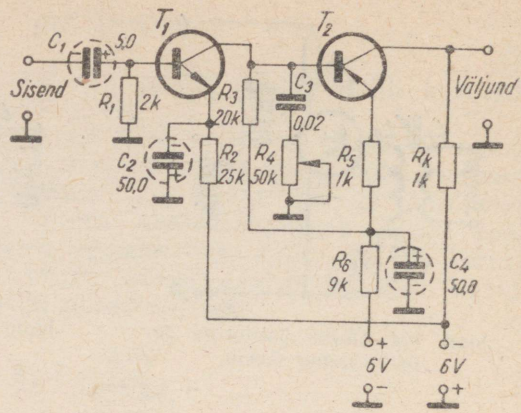
Joon. 106. Võimenduse regulaator detektorastme (a) ja madalsagedusastme (b) väljundis.

Joonisel 107 kujutatud skeemil on võimenduse regulaator lülitatud transistori emitteriringi ja töötab negatiivse tagasiside põhimõttel, vähendades ühtlasi mittelineaarseid moonutusi.

Tämbri reguleerimisel transistorivõimendajas tuleb arvestada selle astme sisendtakistuse muutumist, millesse lülitatakse tämbri-regulaator. Joonisel 108 on toodud kaheastmelise madalsagedus-



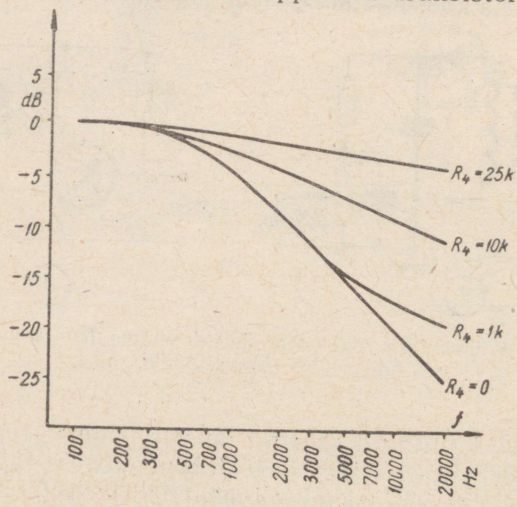
Joon. 107. Võimendusaste emitteriringi lülitatud võimenduse regulaatoriga.



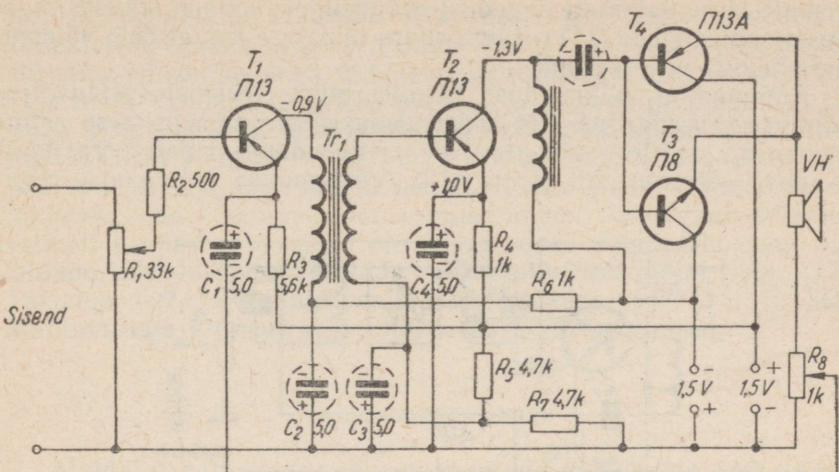
Joon. 108. Võimendaja skeem tämbri reguleerimise võimalusega.

võimendaja skeem. Tämbri regulaatori moodustavad potentsiomeeter R_4 ja kondensaator C_3 . Potentsiomeetri takistuse vähendamisel kõrgemate helisageduste võimendus langeb. Joonisel 109 antud graafikust on näha võimenduse muutumine mitmesugustel sagedustel potentsiomeetri erinevate takistuste korral.

Parema helikvaliteedi saamiseks võib kasutada ka püsivat tagasisidet, milleks eelviimase või lõppastme transistori kollektori ja



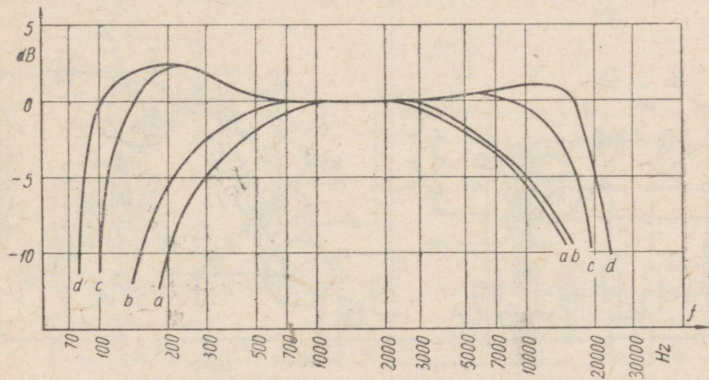
Joon. 109. Võimendusastme sagedustunnusjooned potentsiomeetri R_4 mitmesuguste takistuste korral.



Joon. 110. Negatiivse tagasisidega võimendaja skeem.

baasi vahele ühendatakse sobiva mahtuvusega (4000...20000 pF) kondensaator.

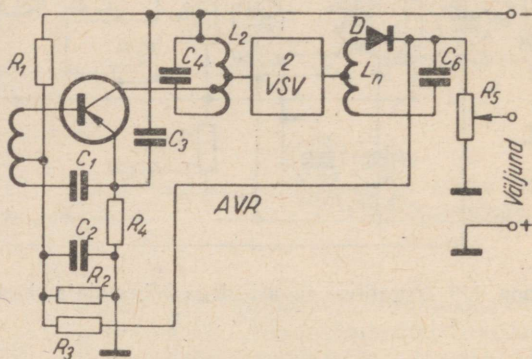
Kogu madalsagedusvõimendajat haaravat tagasisidet on kasutatud joonisel 110 näidatud skeemis. Tagasisidering koosneb kondensaatorist C_1 ja potentsiomeetrist R_8 , millega saab reguleerida tagasiside suurust ja seega ka tämbrit. Potentsiomeetri liugkontakti viimisel ülemisse asendisse keskmiste sageduste võimendus väheneb, mistõttu madalamad ja kõrgemad sagedused tulevad paremini esile. Mida suurem on potentsiomeetri liugkontakti ja alumise (skeemi järgi) kontakti vaheline takistus, seda suurem on kõr-



Joon. 111. Võimendaja sagedustunnusjooned potentsiomeetri R_8 mitmesuguste takistuste korral: a — $R_8=0$, b — $R_8=0,05$ k Ω , c — $R_8=0,2$ k Ω , d — $R_8=0,5$ k Ω .

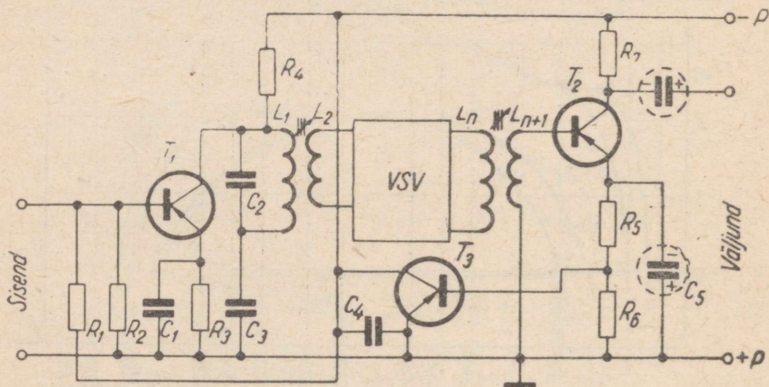
gemate ja madalamate sageduste võimenduse tõus keskmiste sageduste suhtes (joon. 111). Liiga suure takistuse korral võib võimendaja hakata genereerima.

Automaatne võimenduse reguleerimine transistorvastuvõtjas põhineb vahesagedus- või kõrgsagedusvõimendaja esimese astme transistori emitteri- või baasivoolu vähendamisel detektorastmest saadava eelvoolu abil (joon. 112). Võimenduse automaatse regu-



Joon. 112. Võimenduse automaatse reguleerimise skeem.

laatori kasutamisel tekib rida raskusi, sest koos võimendusega muutuvad ka reguleeritava transistori sisend- ja väljundtakistused. Et nende takistuste muutumisest tingitud moonutused oleksid minimaalsed, on soovitatav vahesagedusastmes kasutada transistore, mil-



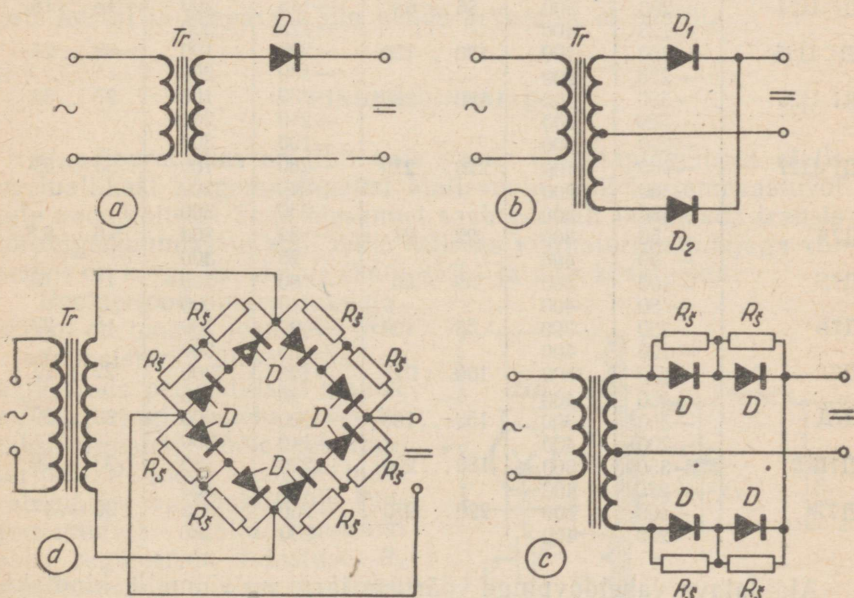
Joon. 113. Eelvõimendajaga võimenduse automaatse reguleerimise skeem.

lede piirsagedus on vähemalt 10 korda kõrgem vahesagedusest ja kollektorimahtuvus väike. Samuti tuleb vähendada transistori sidestust võnkeringidega, kusjuures sidestustegur transistori sidendiga tuleb valida 0,01...0,05 piirides ja väljundiga 0,2...0,5 piirides. Võimenduse automaatseks reguleerimiseks peab detektorastmelt tarbitav võimsus olema 1...7 mW piirides. Võimenduse reguleerimise ulatust saab muuta takisti R_3 abil: mida väiksem on see takistus, seda efektiivsem on reguleerimine. Juhul kui detektorastmelt saadav võimsus ei ole võimenduse reguleerimiseks küllaldane, tuleb lülituses kasutada alalisvooluvõimendajat (joon. 113). Takistused R_1 ja R_2 tuleb valida katsetamise teel (2...10 k Ω). Mahtuvusega C_1 neutraliseeritakse parasiitvõnkumised.

ALALDUSSEADMED

Alaldajates on kõige sobivam kasutada pinddioode, sest nad on hea kasuteguriga ja pika kasutuseaga.

Alaldaja konstrueerimisel tuleb kõigepealt kindlaks määrata talitlusrežiimile vastav dioditüüp. Samuti tuleb otsustada, kuidas diodid lülitada, kas üksikult, järjestikku, sildlülituses (joon. 114) või paralleelselt.



Joon. 114. Alaldaja skeemid:

a — poolperioodalaldaja; b — täisperioodalaldaja; c — järjestikku lülitatud diodidega täisperioodalaldaja; d — järjestikku lülitatud diodidega sildalaldaja.

Tuleb silmas pidada, et ühes alaldusseadmes töotaksid üht tüüpi ja võimalikult sarnaste parameetritega diodid. Täpselt ühesuguste päri- ja vastutakistustega diodide valimine on aga võrdlemisi tülikas ja selleks, et vältida suurema takistusega diodide riknemist nende ülekoormamise tagajärjel, tuleb nad sillata takistitega. Takistite takistused vastavalt diodide tüüpidele ja talitusrežiimidele on antud tabelis 6.

Tabel 6

Pinddiodide lubatavad töörežiimid alaldajates ja sildamistakistite takistused temperatuuril $+20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ja $+50^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$

Diodi tüüp	$+20^{\circ}$			$+50^{\circ}$		
	Vastu- pinge V	Alaldatud vool mA	Takistuse väärtus k Ω	Vastu- pinge V	Alaldatud vool mA	Takistuse väärtus k Ω
ДГ-Ц21	— 50	300	15...18	— 40	200	4,7...5,6
	— 40	400		— 30	300	
	— 30	500		— 20	400	
ДГ-Ц22	—100	300	33...39	— 90	200	8,2...10
	— 85	400		— 75	300	
	— 70	500		— 60	400	
ДГ-Ц23	—150	300	47...56	—110	200	12...15
	—130	400		— 90	300	
	—200	300		—145	200	
ДГ-Ц24	—175	400	56...68	—125	300	15...18
	—300	100		—200	100	
	—270	200		—180	200	
ДГ-Ц25	—350	100	120...180	—230	100	22...27
	—320	200		—210	200	
	—290	300		—190	300	
ДГ-Ц26	—400	100	180...220	—280	100	27...33
	—360	200		—260	200	
	—330	300		—230	300	
ДГ-Ц27	— 50	300	220...270	— 35	200	33...39
	— 40	400		— 25	300	
	—100	300		— 60	200	
Д7А	— 80	400	22...27	— 40	300	5,6...6,8
	—150	300		— 90	200	
	—120	400		— 65	300	
Д7Б	—200	300	39...56	—125	300	12...15
	—150	300		— 90	200	
	—120	400		— 65	300	
Д7В	—200	300	68...100	—125	300	18...22
	—150	300		— 90	200	
	—120	400		— 65	300	
Д7Г	—200	300	100...150	—125	300	22...27
	—150	400		— 90	400	
	—300	300		—190	300	
Д7Д	—200	400	150...180	—140	350	33...39
	—350	300		—220	300	
	—220	400		—200	350	
Д7Е	—400	300	180...220	—250	300	33...39
	—220	400		—200	350	
	—400	300		—200	300	
Д7Ж	—250	400	220...270	—200	360	39...47

Alaldatava vahelduvpinge väärtuse järgi on võimalik kindlaks määrata diodide arv sildlülituse korral ühes olas:

$$n_d = 1,75 \frac{U}{U_v},$$

kus U — vahelduvpinge väärtus voltides,

U_v — diodi vastupinge maksimaalväärtus voltides.

Poolperioodalaldajas määratakse järjestikku ühendatavate diodide arv valemiga

$$n_d = 3,5 \frac{U}{U_v}.$$

Täisperioodalaldaja korral peab diodide arv olema kaks korda suurem.

Suure koormusvooluga alaldusseadmete (akulaadija jne.) konstrueerimisel võib väiksema koormusvooluga diode lülitada paralleelselt, kuid siiski on soovitamam kasutada võimsaid alaldamisdiode, mille andmed on toodud lisas.

Alaldaja üheks tähtsamaks osaks on jõutrafo, mille konstrueerimiseks vajalikke andmeid on võimalik leida raadiotehnika käsiraamatutes.

Pooljuhtalaldaja üheks suureks puuduseks on see, et isegi lühiajaline lühis koormusahelas võib rikkuda pooljuhtdiodid. Selle nähtuse vältimiseks tuleb lülitada koormusringi järjestikku sulavkaitse, mis lühise korral läbi põleb. Kaitsme suurus tuleb valida koormusvoolu järgi.

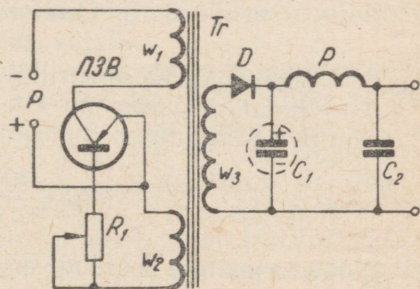
Silumisfiltri elementide valik toimub samuti kui lampalaldajate korral ja seepärast siin nende arvutusel ei peatuta.

PINGEMUUNDAJAD

Radiopraktikas on tihti vaja saada madalapingelisest alalisvooluallikast kõrgemapingelist alalisvoolu, näiteks lampvastuvõtjate anoodtoiteks. Seda ülesannet saab edukalt lahendada transistorpingemuundajate abil, mille eeliseks vibraatormuundajaga võrreldes on kõrge kasutegur (kuni 85%) ja pikk kasutusiga.

Poolperiood-pingemuundaja skeem on toodud joonisel 115.

Transistori ülesandeks on kaalkestada perioodiliselt mähise w_1 vooluringi. Selleks rakendatakse transistor tööle ostsillaatorina. Perioodi kestuse määrab mähise w_2 induktiivsus. Pingemuundaja väljundvõimsust saab reguleerida takistuse R_1 muutmisega, kusjuures tuleb silmas pidada ka seda, et suure takistuse korral kasutegur väheneb.



Joon. 115. Poolperiood-pingemuundaja skeem.

Pingemuundaja konstrueerimisel tuleb kindlaks määrata muundamissagedus. Harilikult valitakse muundamissagedus 300 ... 10 000 Hz piirides. Kõrgemate sageduste kasutamisel valmistatakse südamik oksifeerist, madalamatel sagedustel aga harilikest trafoplekkidest.

Teades pingelangu suunajas ja silumisfiltril, määratakse sekundaarmähise pingega valemiga

$$U_3 = U_a + \Delta U_s + \Delta U_d,$$

kus U_a — vajalik alaldatud pinge;

U_s — pingelang suunajas;

U_d — pingelang paispoolil.

Muundaja väljundvõimsus

$$P = U_3 I_3,$$

kus I_3 — vool sekundaarmähises.

Kollektorivoolu tippväärtus

$$I_{k \max} = \frac{P}{\eta U_p},$$

kus η — muundaja kasutegur;

U_p — patarei pinge V.

Maksimaalne kollektori ja emitteri vaheline pinge

$$U_{ke \max} \approx 1,2 \cdot 2U_p.$$

Patareist tarbitav võimsus

$$P_p \approx 1,3 U_3 I_3.$$

Kui on teada muundamissagedus ja trafo gabariitvõimsus, arvutatakse terasest trafoplekkidest südamiku ristlõige valemiga

$$Q_t = \frac{5000 P_p}{l f} \text{ cm}^2,$$

kus l — südamiku magnetiringi keskmine pikkus;

f — muundamissagedus Hz.

Oksifeeri kasutamisel määratakse südamiku ristlõige valemiga

$$Q_0 = \frac{500 P_p}{l f} \text{ cm}^2.$$

Kollektorimähise keerdude arv

$$\omega_1 = \frac{(U_p - U_{ke}) 10^8}{4 f B Q},$$

kus U_p — toiteallika pingeline V;
 U_{ke} — pingelang kollektori-emitteri siirdel V;
 f — muundamissagedus Hz;
 B — induksioon Gs;
 Q — südamik ristlõige cm^2 .
 Baasimähise keerdude arv

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{3,5}{U_p}.$$

Sekundaarmähise keerdude arv

$$\omega_3 = \omega_1 \frac{U_3}{U_p}.$$

Kollektorimähise voolu efektiivväärtus

$$I_1 \approx \frac{I_{k \max}}{\sqrt{2}}.$$

Baasimähise voolu efektiivväärtus

$$I_2 = I_1 \frac{1 - \alpha}{\alpha}.$$

Mähisetraatide läbimõõt valitakse sõltuvalt lubatud vooludest.¹ Takisti R_1 orienteeriv väärtus määratakse valemiga

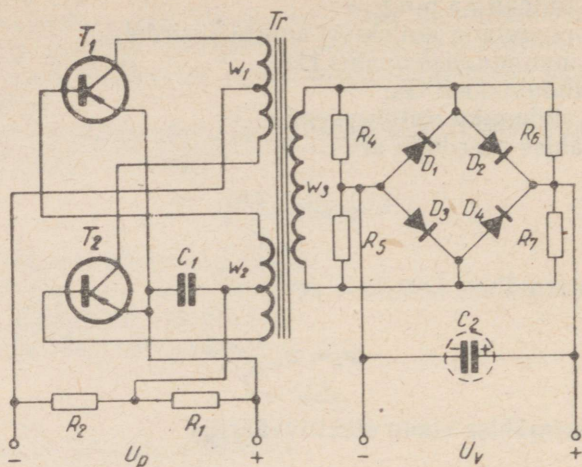
$$R_1 \approx \frac{3,5}{I_2 \sqrt{2}}.$$

Poolperiood-pingemuundaja trafo südamik peab omama õhupilu, mis tõstab kasutegurit. Pilu valitakse katsetuse teel.

Poolperioodmuundaja maksimaalseks võimsuseks on 2 W. Suurema võimsuse korral tuleb muundaja ehitada täisperioodlülituses. Sel puhul pole pilu trafo südamikus vajalik.

Joonisel 116 on toodud tüüpilise täisperiood-pingemuundaja skeem. Muundaja võimsuse valik sõltub alalisvooluallika pingest; alalisvooluallika puhul pingega 2 ... 5 V võib muundaja võimsus olla 3 ... 4 W ja pingel 12 ... 24 V kuni 100 W. Suuremate võimsuste saamiseks tuleb ühe transistori asemel lülitada paralleelselt kaks transistori. Parema töö tagamiseks tuleb sel juhul valida enam-vähem võrdsete iseloomustussuurustega transistorid. Et transistorid töötamise ajal soojenevad, tuleb nad varustada radiaatoritega.

¹ Vt. A. Isotamm. Raadioamatööri käsiraamat. Tallinn, ERK, 1958, lk. 419



Joon. 116. Täisperiood-pingemuundaja skeem.

Alljärgnevalt on toodud pingemuundaja arvutamise näide. On tarvis konstrueerida pingemuundaja väljundpingega $U_a=150$ V, kusjuures voolutarvidus I_a on kuni 30 mA. Alalisvooluallika pinge $U_p=12$ V.

Arvestades pingelangu silumisfiltril ja alaldajas (kokku ca 15%), arvutatakse trafo väljundpinge:

$$U_3 = U_a + \Delta U_s = 150 + 0,15 \cdot 150 = 173 \text{ V.}$$

Järelikult muundaja võimsus peab olema

$$P = U_3 I_a = 173 \cdot 0,03 = 5,19 \approx 5,2 \text{ W.}$$

Et võimsus on üle 2 W, tuleb ehitada täisperioodmuundaja. Võtame aluseks joonisel 116 antud skeemi.

Arvutatakse kollektorivoolu tippväärtus, eeldades, et pingemuundaja kasutegur $\eta=0,7$;

$$I_{k \max} = \frac{P}{\eta \cdot U_p} = \frac{5,2}{0,7 \cdot 12} = 0,62 \text{ A.}$$

Maksimaalne pingeline, mis saadakse transistori kollektori ja emitteri vahel

$$U_{ke} = 1,2 \cdot 2U_p = 1,2 \cdot 2 \cdot 12 = 29 \text{ V.}$$

Nende andmete järgi (vt. lisa 2) saame kasutada transistore П3, П201, П202, П203, П207, П208.

Trafo südamik valmistatakse plekkidest Ш12×12, mille kesk-

mine magnetvoo teekonna pikkus on 6,7 cm ja induksioon 9000 Gs, kui materjal on margiga $\Theta 44$ (BЧ-2).

Patareist tarbitav võimsus

$$P_p = 1,3U_3I_a = 1,3 \cdot 174 \cdot 0,03 = 6,75 \text{ W.}$$

Võttes muundussageduseks 1000 Hz, arvutame trafo südamiku ristlõike:

$$Q_0 = \frac{5000 P_p}{lf} = \frac{5000 \cdot 6,75}{6,7 \cdot 10^3} = 5,03 \text{ cm}^2.$$

Edasi arvutame kollektorimähise keerdude arvu

$$\omega_1 = 2 \frac{(U_p - U_{ke})10^8}{4fBQ} = \frac{2(12 - 0,5)10^8}{4 \cdot 10^3 \cdot 9000 \cdot 5,03} = 68 \text{ keerdu.}$$

Baasimähise keerdude arv

$$\omega_2 \approx \omega_1 \frac{3,5}{U_p} = 68 \frac{3,5}{12} = 20 \text{ keerdu.}$$

Sekundaarmähise keerdude arv

$$\omega_3 = \frac{\omega_1}{2} \cdot \frac{U_3}{U_p} = \frac{68}{2} \cdot \frac{173}{12} = 490 \text{ keerdu.}$$

Kollektorimähist läbiva voolu efektiivväärtus

$$I_1 \approx \frac{I_{k \max}}{\sqrt{2}} = \frac{0,62}{\sqrt{2}} = 0,44 \text{ A.}$$

Järelikult valime traadi läbimõõduks 0,5 mm.

Baasimähist läbiva voolu efektiivväärtus

$$I_2 = I_1 \frac{1 - \alpha}{\alpha} = 0,44 \frac{1 - 0,9}{0,9} = 0,049 \text{ A,}$$

kus $\alpha = 0,9$.

Valime traadi läbimõõduks 0,16 mm.

Trafo sekundaarmähist läbiva voolu efektiivväärtus on 0,03 A ja järelikult traadi läbimõõt võib olla 0,12...0,14 mm.

Takistus R_1 arvutatakse valemiga

$$R_1 \approx \frac{3,5}{I_2 \sqrt{2}} = \frac{3,5}{0,049 \cdot \sqrt{2}} = 51 \Omega.$$

Sel juhul takistus

$$R_2 = R_1 \frac{U_p - U_{R_1}}{U_{R_1}} = 51 \frac{12 - 0,5}{0,5} \approx 1173 \Omega.$$

Pingemuundaja voolutarvidus

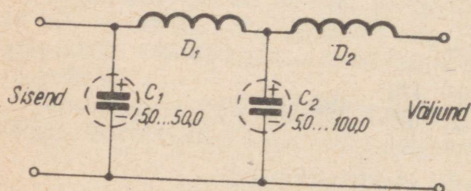
$$I_p = I_{k \max} + \frac{U_p}{R_1 + R_2} = 0,62 + \frac{12}{51 + 1173} \approx 0,629 \text{ A.}$$

Pingemuundaja kasutegur (alaldajat ja silumisfiltrit arvestamata)

$$\eta = \frac{U_3 I_a}{U_p I_p} = \frac{173 \cdot 0,03}{12 \cdot 0,629} \approx 0,67.$$

Kondensaator C_1 valitakse sellise mahtuvusega, mille juures pingemuundaja kõige paremini genereerib (0,15... 5,0 μF).

Pingemuundaja sekundaarvahelduvpinge alaldatakse sildlülituses pooljuhtdiodidega. Silumisfiltrid kondensaatorite mahtuvus valitakse katseliselt (1... 10 μF).



Joon. 117. Alalisvooluallika ja vastuvõtja vahelise filtri skeem.

Juhul kui pingemuundajat toitvat vooluallikat kasutatakse ka raadiovastuvõtja lampide küttoite allikana, tuleb vooluallika ja kütterinigi (või pingemuundaja) vahel ühendada filter (joon. 117).

Paispoolide D_1 ja D_2 valmistamiseks mähitakse eboniitalusele, mille pikkus on 18 mm ja läbimõõt 7 mm, 35 keerdu traadist, mille läbimõõt sõltub koormusvoolust.

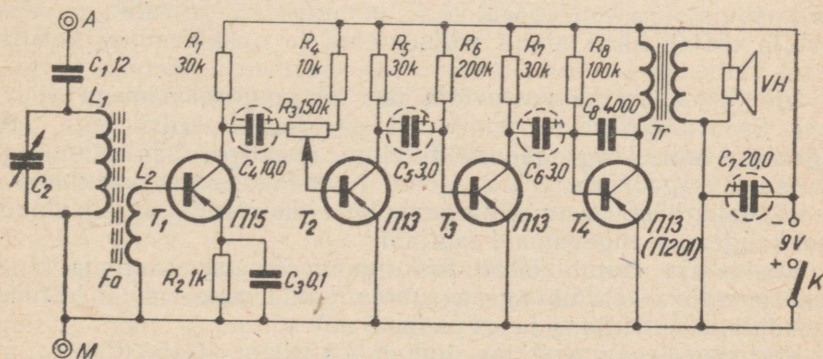
III. RAADIOVASTUVÕTJAD JA MADALSAGEDUSVÕIMENDAJAD

Käesolevas peatükis tuuakse mitmesuguse keerukusega vastuvõtjate elektrilise skeemi kirjeldused ja üksikosade andmed. Vastuvõtjate konstruktiivset osa ei käsitleta, sest vastuvõtja mõõtmed ja osade vastastikune asend sõltub olulisel määral kasutada olevate detailide suurusel.

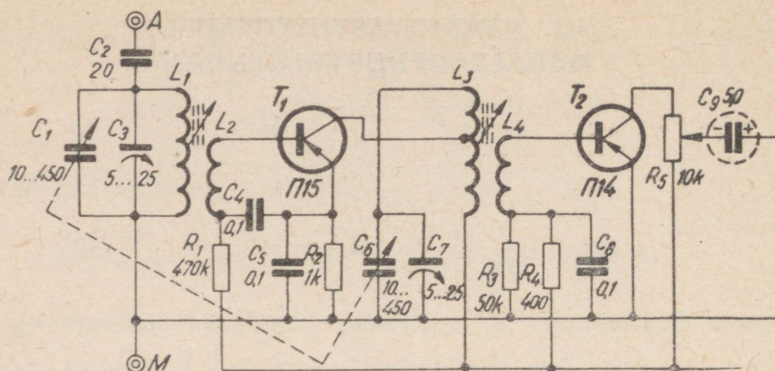
OTSEVASTUVÕTJAD

Nelja transistoriga vastuvõtja. Joonisel 118 on antud otsevastuvõtja skeem. Vastuvõtja on ette nähtud kohalike kesklaine-saatjate vastuvõtuks ja toitub kahest järjestikku ühendatud taskulambipatareist.

Detektorastmes töötab transistor П15 (T_1), mida võib asendada ka mõne teise tüübiga, mis töötab nõutavatel sagedustel. Madal-sagedusvõimendajas töötavad transistorid П13А (T_2 , T_3 ja T_4), kuid suurema väljundvõimsuse saamiseks võib viimases astmes kasutada transistori П201 (või П202, П203), mispuhul tuleb vähendada takistust R_8 .



Joon. 118. Otsevastuvõtja skeem.



Joon. 119. Otsevastu-

Väljundtrafo on valmistatud südamikul Ш-9, plekipaki paksusega 14 mm. Primaarmähisel on 3550 keerdu traadist ПЭЛ 0,12 ja sekundaarmähisel 50 keerdu traadist ПЭЛ 0,55, kui valjuhääldaja helipooli takistus on 6 oomi.

Antenni võnkeringi ja sidestuspooli mähised on paigutatud ferriitpulgale läbimõõduga 8 mm. Mähisel L_1 on 50 keerdu traadist ПЭШО $15 \times 0,07$ ja mähisel L_2 4...6 keerdu samast traadist.

Vastuvõtja häälestatakse pöördkondensaatori C_2 abil, mille mahtuvus on 10...450 pF.

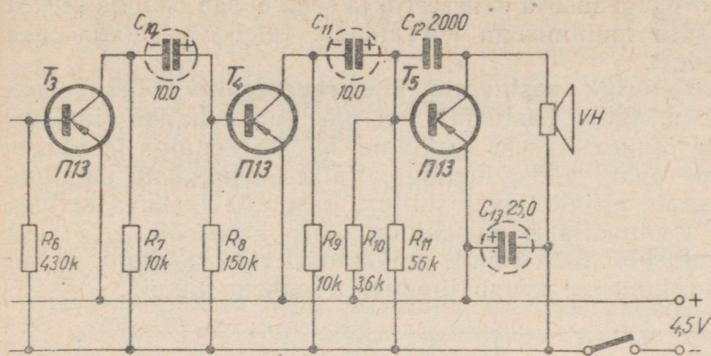
Pärast vastuvõtja kokkumonteerimist tuleb kontrollida kõigi transistoride kollektorivoolude väärtusi, mis väikese võimsusega transistoridel ei tohi ületada 3,5 mA (kolm esimest) ja 5 mA (viimane). Kui kollektorivool on suurem, tuleb suurendada baasitakistust.

Kõrgsagedusosa väljareguleerimiseks tuleb muuta mähiste L_1 ja L_2 asendit teineteise suhtes või mähise L_2 keerdude arvu, et saada suurim tundlikkus küllaldase selektiivsuse juures. Sobiv helitämber saavutatakse kondensaatori C_8 mahtuvuse õige valikuga. Vastuvõtja töötab hästi ainult välisantenni ja maaühenduse kasutamisel.

Viie transistoriga vastuvõtja ühe kõrgsagedusastmega (joon. 119). See vastuvõtja on tunduvalt parema selektiivsusega, mis tagatakse kahe kõrgsagedusvõnkeringi üheaegse häälestamisega nõutavale sagedusele. Välisantenni ja maaühenduse kasutamisel on võimalik hästi vastu võtta peale kohalike ringhäälinguajaamade veel kaugemaid tugevamaid saatjaid.

Vastuvõtja toitub ühest taskulambipatareist, suurema tundlikkuse saamiseks võib aga kasutada kahte patareid järjestikku ühendatuna. Voolutarvidus ei ületa 15 mA.

Kõrgsagedusvõimendajas töötab transistor П15 (T_1) ja on sidestatud antenniga induktiivselt. Nõutav eelvool antakse baasile



võtja skeem.

läbi takisti R_1 , mille takistusest on endamüra aste. Detektorastmes töötab transistor П14 (T_2), mille baasiga on ühendatud läbi sidestustrafo sekundaarmähise pingejagaja R_3 ja R_4 . Takistuste õigete väärtuste korral saadakse detekteerimisel minimaalne moonutustegur. Detektorastme koormustakisti on ühtlasi võimenduse regulaatoriks. Madalsagedusvõimendaja on kolmeastmeline ja töötab transistoridega П13. Suurema väljundvõimsuse saamiseks võib lõppvõimendaja transistorina (T_5) kasutada tüüpi П2Б või П201.

Vastuvõtja mõõtmete vähendamiseks on soovitatav valjuhääldajana kasutada mikrofonikapslit (ДЭМ-4) takistusega mitte alla 40 oomi.

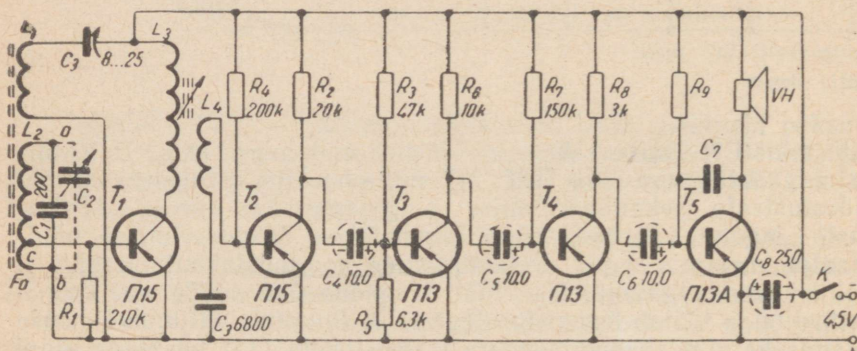
Sidestustrafod (kõrgsagedusvõnkeringide poolid koos sidestuspoolidega) on mähitud СБ-la tüüpi mantelsüdamiku alusele. Mähised L_1 ja L_2 on mähitud ühisele alusele ja neil on vastavalt 80 ja 20 keerdu traadist ПЭЛ 0,13. Mähised L_3 ja L_4 on mähitud samuti üldisele alusele ja omavad vastavalt 40+40 ja 35 keerdu traadist ПЭЛ 0,13.

Kui vastuvõtja montaaž on lõpetatud, tuleb kontrollida transistoride töörežiime ja nimelt kollektorivoolude väärtusi. Kontrollimist alustatakse lõppvõimendaja transistorist. Selle vool peab olema П13 puhul 3,5...5 mA. Teiste madalsagedusvõimendustme transistoride kollektorivool peab olema 0,8...1 mA, detektori ja kõrgsagedusvõimendaja transistoride kollektorivool 0,5...0,7 mA.

Kõrgsagedusosa võnkeringi väljahäälestamiseks tuleb pöördkondensatori mahtuvuse muutmisega leida mõni võimas ringhäälingujaam ja muuta siis trimmerite C_3 ja C_7 mahtuvust, kuni valjuhääldajast saadakse kõige tugevam heli. Järgnevalt muudetakse sidestuspoolide asendit võnkeringi poolide suhtes ja nende keerdude arvu suurema selektiivsuse ja tundlikkuse saamiseks. Kui

vastuvõtja kõrgsagedusosa genereerib ja seda ei saa poolide asendi ja induktiivsuse muutmisega kõrvaldada, tuleb varjestada üks sidestustrafodest.

Viie transistoriga vastuvõtja ühe regeneratiiv-kõrgsagedusastmega (joon. 120). Vastuvõtja on mõeldud kohalike ringhäälingujaamade vastuvõtmiseks kesklainel ferriitantenniga ja kaugemate jaamade puhul välisantenniga. Väikesemõduliste detailide olemasolul saab kirjeldatavat lülitust kasutada taskuvastuvõtja ehitamiseks. Vastuvõtja toitmiseks on sobiv kasutada kahte või kolme elementi ФБС-0,25. Nende puudumisel võib kasutada taskulambipatareid, kuid see nõuab tunduvalt rohkem ruumi.

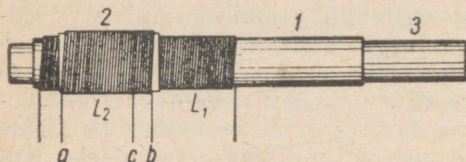


Joon. 120. Otsevastuvõtja skeem ($R_9=68 \text{ k}\Omega$).

Kõrgsagedusvõimendaja on ehitatud regeneratiivskeemi järgi ja töötab transistoridega П15 või П6Г. Detektorastmes kasutatakse transistori П14 või П6Г.

Madalsagedusvõimendaja on kolmeastmeline (transistorid П13 ja П13А). Valjuhääldajana on kõige sobivam kasutada mikrofoni ДЭМ-4М kapslit. Selle puudumisel võib kasutada madalaomilist peatelefoni, kuid viimase kasutamisel langeb helitugevus rohkem kui 30%.

Antennimähised keritakse poolialustele, mis asetatakse 8 mm jämedusele ferriitpulgal. Mähisel L_1 on 65 keerdu ja mähisel L_2 15+5 keerdu traadist ПЭЛ 0,15. Mähiste paigutus on näidatud joonisel 121. Pooli L_1 alus 1 peab olema sellise siseläbimõõduga, et teda oleks võimalik ferriitpulgal 3 edasi-tagasi nihutada. Sobiva



Joon. 121. Mähiste L_1 ja L_2 asetus ferriitpulgal.

läbimõõduga toru võib valmistada õhukesest ja tihedast paberist liimi БФ-2 abil. Toru ühele otsale on keritud mähis L_1 . Sellele mähisele paigutatakse teine papptoru 2, millele on keritud mähis L_2 . Mähised L_3 ja L_4 on mähitud südamikuga СБ-1a alusele ning neil on vastavalt 280 ja 28 keerdu traadist ПЭЛ 0,1.

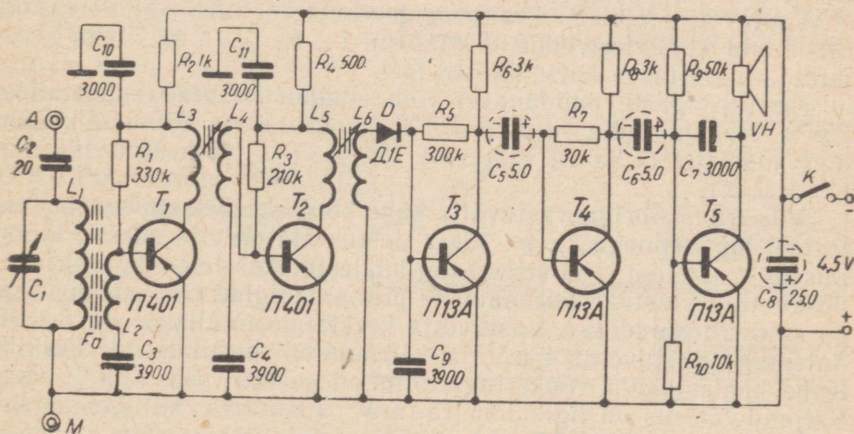
Kõrgsagedusvõimendaja väljareguleerimiseks tuleb muuta trimmerkondensaatori C_3 mahtuvust ja mähiste L_1 ja L_2 vahelist sidetust mähise L_2 nihutamiseks. Kõrgsagedusvõimendaja häälestatakse vajalikule sagedusele ferriitpulga asendi muutmisega mähiste suhtes.

Häälestamiseks võib kasutada ka pöördkondensaatorit C_2 (10...300 pF), mis lülitatakse punktidega a ja b kondensaatori C_1 asemele. Sel juhul tuleb vähendada kondensaatori C_1 mahtuvust 30 pF-ni. Et tavalise pöördkondensaatori mõõtmed on suured, võib selle asemel kasutada trimmerkondensaatorit КПК-2 25/150.

Vastuvõtja tundlikkust on võimalik tõsta välisantenni kasutamisega, mis lülitatakse punkti a läbi kondensaatori mahtuvusega 5...12 pF. Selleks on tarvis vastuvõtjasse paigutada antenni ühendusklemm. Antenni võib asendada ka raadiokuulaja ise, kui ta hoiab sõrme antennipuksil.

Kirjeldatud vastuvõtja võimaldab rahuldavalt vastu võtta Eesti Raadio I ja II programmi. Kuigi vastuvõtjas puudub võimenduse regulaator, saab helitugevust reguleerida vastuvõtja pööramisega, kusjuures tugevaim vastuvõtt saavutatakse asendis, mil ferriitantenni telg ühtib jaama sihiga.

Viee transistoriga vastuvõtja kahe kõrgsagedusastmega (joon. 122). Vastuvõtja on rahuldava tundlikkusega ja võtab vastu tugevamaid kesklaajajaama sagedusalal 550...1500 kHz. Selle skeemi järgi taskuvastuvõtja ehitamisel kasutatakse toiteallikana kolme



Joon. 122. Taskuvastuvõtja skeem.

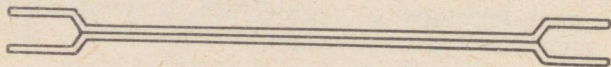
ФБС-0,25 tüüpi elementi. Valjuhäldajana on sobiv sel juhul kasutada mikrofonikapslit ДЭМ-4М juurdeehitatud difuusoriga.

Kõrgsagedusvoimendajas kasutatakse transistore П401 või П402 (T_1 ja T_2) vooluvõimendusteguriga β vähemalt 100. Astmetevaheline sidestus on induktiivne, mis tagab parema sobituse. Detektorina D kasutatakse pooljuhtdioodi Д1Е, mis on madalsagedusvoimendajaga otsesidestuses. Madalsagedusvoimendaja on kolmeastmeline (transistorid T_3 , T_4 ja T_5 tüüp П13А).

Mähised L_1 ja L_2 on mähitud 8 mm jämedusele ja 60 mm pikku-
sele ferriitpulgale. Mähisel L_1 on 100 keerdu ja L_2 3...13 keerdu
traadist ПЭШО 0,15.

Sidestustrafode (L_3 , L_4 ning L_5 ja L_6) mähised on mähitud ferriitrõngastele: mähised L_3 ja L_4 rõngale läbimõõduga 8 mm, millel on vastavalt 180 ja 45...55 keerdu traadist ПЭШО 0,1 ja mähised L_5 ja L_6 rõngale läbimõõduga 8 mm, millel on 160 ja 60...75 keerdu traadist ПЭШО 0,1.

Rõngassüdamiķu kasutamisel on vaevanõudvaks tööks mähise kerimine. Selleks tuleb valmistada terastraadist spetsiaalne mähkimisnõel pikkusega 80...100 mm ja läbimõõduga 0,8 (joonis 123). Enne mähkimist keritakse teatava pikkusega mähisetraat nõelale ja «nõelutakse» siis sellega mähis ümber rõnga.



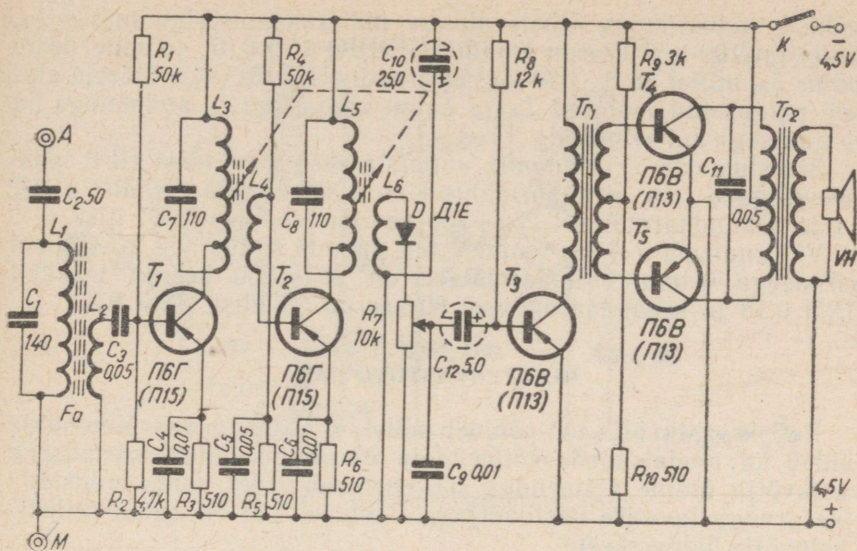
Жоон. 123. Мähkimisnõel.

Enne mähkimise alustamist on soovitav ferriitrõnga teravad ääred ümardada peene (00) liivapaberiga.

Vastuvõtja lõplikuks väljareguleerimiseks tuleb vajaduse korral muuta kollektorivoolusid. Mähiste L_2 , L_4 ja L_6 sobivaim keerdu-
dude arv valitakse katsetamiste teel.

Ferriitrõngaste puudumisel võib edukalt kasutada südamikke СБ-1а. Neil juhtudel on mähistel L_3 ja L_4 150 ja 20...30 keerdu ning mähistel L_5 ja L_6 vastavalt 150 ja 30...45 keerdu traadist ПЭШО 0,1.

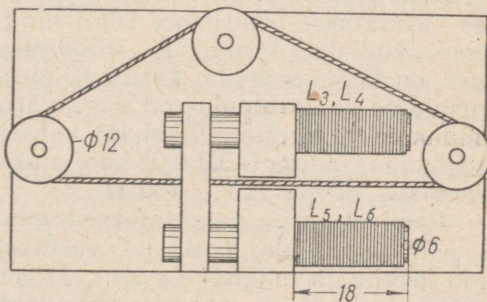
Viie transistoriga vastuvõtja kahe kõrgsagedusastmega ja vastastakt-lõppastmega (joonis 124). Vastuvõtja on ette nähtud töötamiseks kesklainel ja ta sisendring häälestatakse laineala kesksagedusele. Sidestustransformaatorite primaarringide omasagedus aga on sujuvalt muudetav. Vastuvõtja kesklaine tundlikkus on ferriit-antenniga vastuvõtul 4 mV ja välisantenni kasutamisel 900 μ V. Kahe häälestatava võnkeringi tõttu on selektiivsus küllalt hea. Väljundvõimsus on ligikaudu 75 mW, kusjuures mittelineaarsed moonutused ei ületa 8%. Vastuvõtja toiteallikana võib kasutada 3...6-voldist patareid. Voolutarvidus on 35...40 mA.



Joon. 124. Otsevastuvõtja skeem.

Kõrgsagedusvõimendaja transistoride T_1 ja T_2 (tüüp П6Г või П15) baasiringi on lülitatud pingejagajad. Detektorastmes töötab pooljuhtdiod Д1Е ja tema koormustakisti R_7 on ühtlasi võimenduse regulaatoriks. Madalsagedusvõimendaja on kaheastmeline trioodidega П6В või П13, kusjuures lõppaste on vastastaktilülituses. Valjuhääldaja võnkepooli takistus on 3 oomi (sobib vastuvõtja «Turist» valjuhääldaja).

Mähised L_1 ja L_2 on mähitud 8 mm jämedusele ja 80...140 mm pikkusele ferriitsüdamikule ning neil on vastavalt 115 keerdu traadist ПЭШО 15×0,07 ja 8...15 keerdu traadist ПЭШО 0,2. Mähised L_3, L_4, L_5, L_6 keritakse isoleermaterjalist alustele, mille läbimõõt on 6 mm ja pikkus 20 mm (joonis 125). Poolialused valmistatakse sellise läbimõõduga, et nendesse oleks võimalik paigutada 4 mm jämedused ja 28 mm pikkused ferriitpulgad. Joonisel kujutatud häälestusseadiseiga on võimalik üheaegselt muuta ferriitpulkade asendit, millega muutub



Joon. 125. Induktori ehitus.

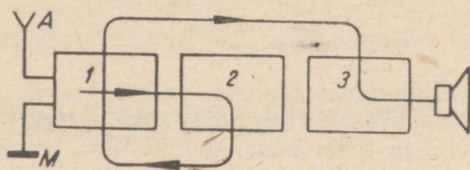
mähiste induktiivsus. Ühele alusele mähitakse esialgu mähis L_3 , millel on 100+50 keerdu traadist ПЭШО 15×0,07, ja selle peale mähis L_4 , millel on 8...10 keerdu traadist ПЭШО 0,2. Teisele alusele paigutatud mähised L_5 ja L_6 on samasuguste andmetega ja paigutusega kui eelmised.

Sidestustrafo Tr_1 südamik valmistatakse plekkidest Ш-6, paki paksusega 5 mm. Primaarmähisel on 1200 keerdu traadist ПЭЛ 0,1 ja sekundaarmähisel 250+250 keerdu traadist ПЭЛ 0,12.

Väljundtrafo Tr_2 on valmistatud samuti südamikul Ш-6, paki paksusega 6 mm. Primaarmähisel on 250+250 keerdu traadist ПЭЛ 0,18 ja sekundaarmähisel 80 keerdu traadist ПЭЛ 0,3.

REFLEKSVASTUVÕTJAD

Refleksvastuvõtja töö põhineb sellel, et kõrgsagedusvõimendaja täidab ka madalsagedusvõimendaja ülesannet, mille tulemusena vastuvõtja üldine võimendus suureneb võrreldes sama transistoride arvuga tavalise vastuvõtjaga. Joonisel 126 on antud refleksvastuvõtja lahterskeem.



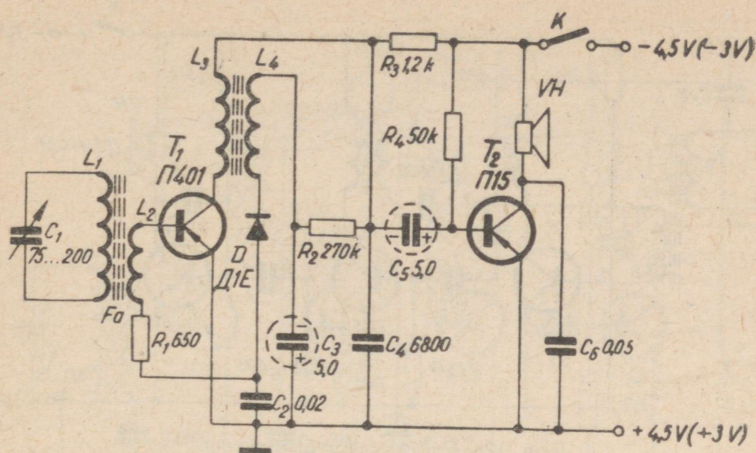
Joon. 126. Refleksvastuvõtja lahterskeem:

1 — kõrg- ja madalsagedusvõimendaja; 2 — detektoraste; 3 — madalsagedusvõimendaja.

Reflekspõhimõtte kasutamine võimaldab tunduvalt vähendada vastuvõtja mõõtmeid ning on võimalik konstrueerida miniatuurne kahel-kolmel transistoril töötava taskuvastuvõtja.

Kahe transistoriga vastuvõtja (joon. 127). Vastuvõtjaga, milles kasutatakse transistore П401 ning П15 ja pooljuhtdiodi Д1Е, saab kuulata kohalikke kesklainesaatjaid. Vastuvõtja toiteks on kõige sobivam kasutada elemente ФБС-0,25 2...3 tükki, kusjuures voolutarvidus on väga väike (5...7 mA). Valjuhääldajaks sobib mikrofoni ДЭМ-4М kapsel, mille mähis tuleb ümber mähkida traadiga ПЭЛ 0,08 kuni aluse täitumiseni. Mähise takistus peab siis olema 115...150 Ω.

Poolid L_1 ja L_2 paigutatakse 8 mm jämedusele ja 50 mm pikku- sele ferriitpulgale. Kesklaine vastuvõtjaks peab mähisel L_2 olema 180 keerdu ja mähisel L_2 12...17 keerdu traadist ПЭШО 0,15. Mähis L_2 keritakse paberist valmistatud torule, et teda oleks võimalik paigutada sobivasse sidestusse mähistega L_1 .



Joon. 127. Lihtsa refleksvastuvõtja skeem.

Mähised L_3 ja L_4 on mähitud 8 mm läbimõõduga ferriitrõngale (Φ -600) ning neil on vastavalt 80 ja 240 keerdu traadist ПЭЛ 0,09.

Kui soovitakse vastuvõtja ehitada pikklainel töötavate ringhäälinguajamade vastuvõtmiseks, peab mähistel L_1 ja L_2 olema 320 ja 35...42 keerdu ning L_3 ja L_4 vastavalt 100 ja 300 keerdu eespool nimetatud traadist.

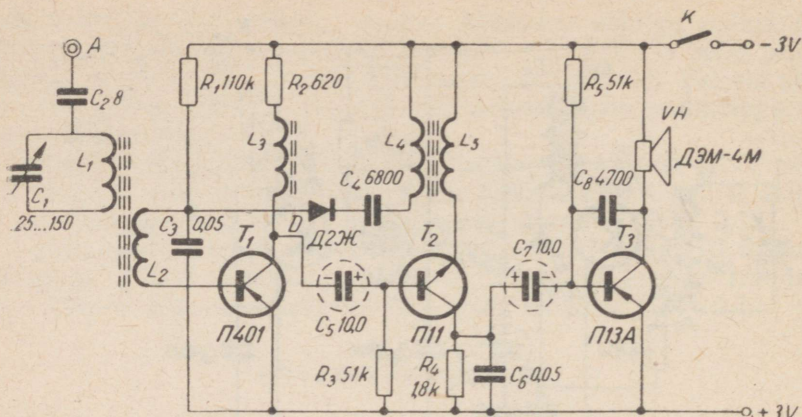
Vastuvõtja astmete töörežiimide valik toimub samuti kui hariliku otsevastuvõtja juures. Madalsagedusvõimendaja transistori T_2 kollektorivool võib olla 3...5 mA, transistori T_1 kollektorivool aga 1...2 mA. Transistori T_1 kollektorivoolu muutmiseks on tarvis muuta takistusi R_1 ja R_2 . Transistori T_2 kollektorivoolu saab muuta takistusega R_4 .

Parasiitvõnkumiste tekkimisel tuleb kõigepealt muuta mähiste L_1 ja L_2 vahelist sidestust. Kui see ei anna positiivset tulemust, tuleb muuta kondensaatori C_2 mahtuvust või vähendada mähise L_3 keerdude arvu.

Kolme transistoriga vastuvõtja (joon. 128). See vastuvõtja võimaldab vastu võtta tugevamaid kesklinnaaastajaid ferriitantenniga. Vastuvõtja toiteallikana on sobiv kasutada kahte elementi ФБС-0,25, valjuhääldajana mikrofonikapslit ДЭМ-4М.

Kõrg- ja madalsagedusvõimenduse astmetes töötavad transistorid П401 ja П11 (T_1 ja T_2), detektorastmes pooljuhtdiod Д1Е ja madalsagedusvõimendaja lõppastmes transistor П13А (T_3).

8 mm jämedusel ja 90 mm pikkusel ferriitpulgale on mähised L_1 ja L_2 , millel on vastavalt 160 keerdu traadist ПЭШО 0,1 ja 10...13 keerdu traadist ПЭШО 0,3. Mähised L_4 ja L_5 paigutatakse ühele 9 mm läbimõõduga ferriitrõngale (Φ -600). Samadele rön-



Joon. 128. Refleksvastuvõtja skeem.

gassüdamiketele mähitakse kõrgsagedus-paispool (L_3). Mähisel L_4 on 20 keerdu ja mähisel L_5 100 keerdu traadist ПЭШО 0,1. Paispoolil L_3 peab olema 100 keerdu traadist ПЭШО 0,1.

Transistoride kollektorivoolud: T_1 —0,8...1,2 mA, T_2 —0,8...1,4 mA ja T_3 —5...8 mA. Juhul kui transistori kollektorivoolu väärtused ei vasta nõuetele, tuleb muuta takistusi R_1 (T_1), R_3 (T_2) ja R_5 (T_3).

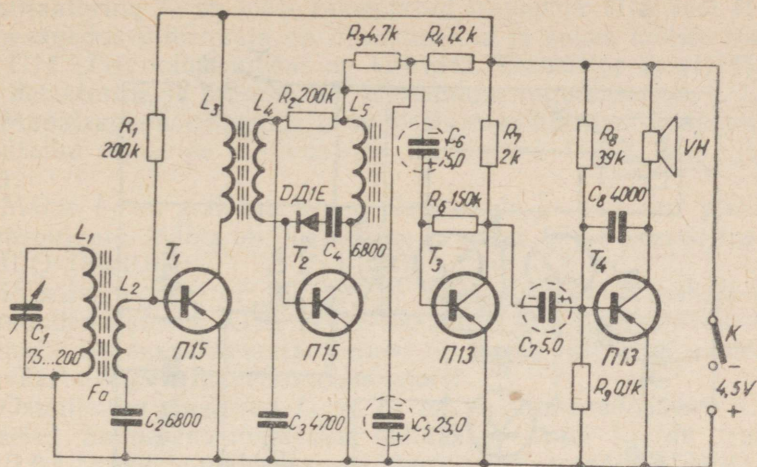
Kui mähised L_1 ja L_2 on sobivalt sidestatud, hakkab vastuvõtja kohe hästi tööle. Parasiitvõnkumiste tekkimist saab kõrvaldada kondensaatori C_3 mahtuvuse valikuga.

Nelja transistoriga vastuvõtja (joon. 129). Vastuvõtja on ette nähtud kesklainel töötavate ringhäälingujaamade vastuvõtuks ferriitantenniga. Toiteallikana võib kasutada kolme elementi ФБС-0,25. Valjuhääldajaks sobib varemkirjeldatud ümberkeritud mähisega mikrofoni ДЭМ-4М kapsel.

Kõrgsagedusvõimendaja on kaheastmeline ja töötab transistoriga П15 (T_1 ja T_2). Paispool L_5 moodustab teise astme koormustakistuse.

Detektorastmes töötab pooljuhtdiod Д1Е, mis on otsesidestatud madalsagedusvõimendaja esimese astme transistoriga (T_2). Madalsagedusastme koormustakistuseks on takisti R_3 . Lõppvõimendaja transistori baasiringi on lülitatud pingejagaja (R_8R_9) mittelineaarsete moonutuste vähendamiseks. Pingejagaja takistuste valikuga on võimalik valida optimaalne lõppvõimendaja töörežiim (kollektorivool 3...7 mA), mispuhul moonutustegur ei ületa 5%.

Poolid L_1 ja L_2 paigutatakse 7 mm jämedusele ja 85...140 mm pikkusele ferriitpulgale. Mähisel L_1 on 140 keerdu ja mähisel L_2 4...8 keerdu traadist ПЭШО 0,15.



Joon. 129. Refleksvastuvõtja skeem.

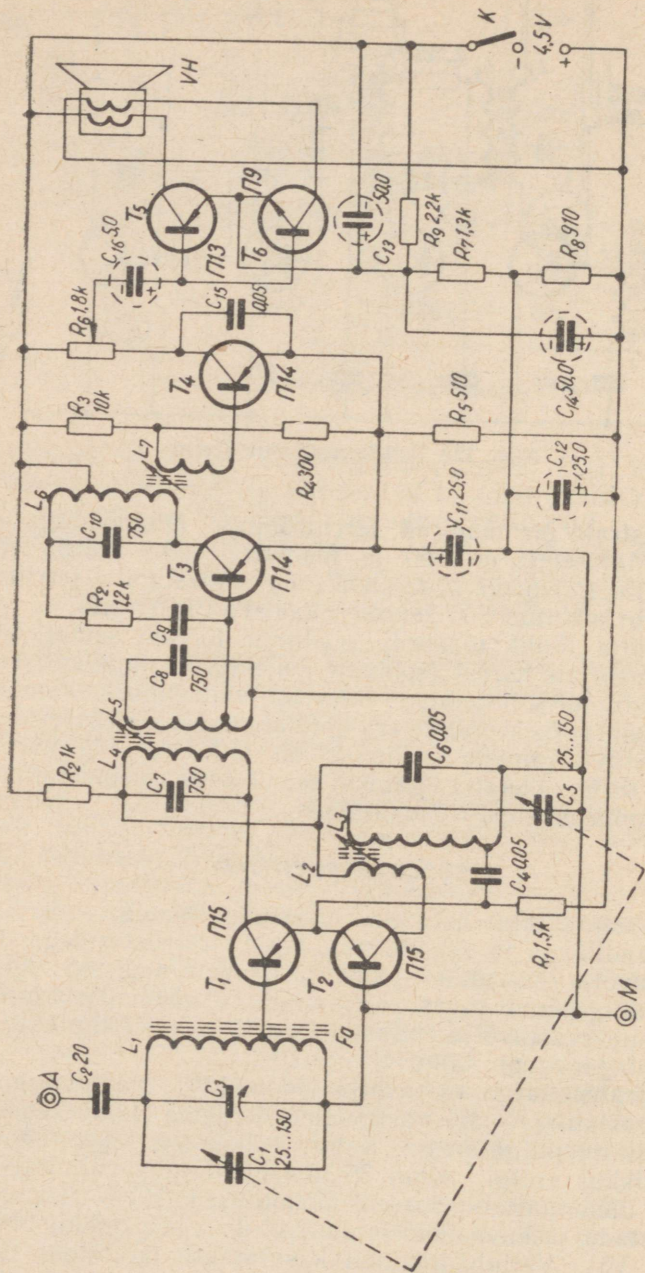
Sidestu trafo on mähitud ferriitrõngale läbimõõduga 8 mm (Φ -600). Mähisel L_3 on 150 ja mähisel L_4 15 keerdu traadist ПЭШО 0,15. Paispooli südamikuks on samasugune ferriitrõngas ja sellele on mähitud 250 keerdu traadist ПЭШО 0,12.

Vastuvõtja lõplik töökorda seadmine toimub samuti kui eelmiste vastuvõtjate korral (sobivate kollektorivoolude väljareguleerimine ja sisendi sobitamine). Suurema võimenduse saamiseks on soovitatav mähise L_4 keerdude arv kindlaks määrata eksperimentaalselt. Parasiitvõnkumiste tekkimisel on võimalik seda kõrvaldada mähise L_4 otste vahetamisega. Kui see ei anna tulemusi, tuleb suurendada kondensaatori C_3 mahtuvust.

SUPERVASTUVÕTJAD

Supervastuvõtjate eelisteks otsevastuvõtjatega võrreldes on suurem tundlikkus ja selektiivsus. Kuid transistoridega töötava supervastuvõtja ehitamine ja väljareguleerimine on võrdlemisi keerukas ning nõuab vastavat vilumust ja mõõteaparatuuri. Peale testi on supervastuvõtja ehitamise juures vaja ka signaalgeneraatorit ja vahelduvvoolu-lampvoltmeetrit.

Kuue transistoriga vastuvõtja (joon. 130). Vastuvõtja on ette nähtud kesklinna saatjate vastuvõtuks ja tema tundlikkus vastuvõtul ferriitantenniga on 1...3 mV. Välisantenni kasutamisel tõuseb tundlikkus veelgi. Kuni 35 mW-ni ulatuva väljundvõimsuse korral ei ületa mittelineaarsed moonutused 7,5%. Toiteallikana võib kasutada taskuvastuvõtja korral 3...4 elementi ФБС-0,25 (4,5...6 V). Valjuhääldajana kasutatakse mikrofoni ДЭМ-4М kapslit. Kapsli mähis on asendatud kahe eraldi keritud mähisega.



Joon. 130. Supervastuvõtja skeem.

Segustina T_1 töötab transistor П15 (võib olla ka П401). Eraldi ostsillaatorina T_2 on tööle rakendatud transistor П15 (või П401). Vaheagedusvõimendaja on üheastmeline ja selles töötab transistor П14 (T_3); vaheagedus on 118 kHz. Transistor T_4 (П14) töötab detektorina ja automaatse võimenduse regulaatorina.

Madalsagedusvõimendaja on vastastaktilülituses, kusjuures on kasutatud erinevate juhtivustega transistore П13А (T_5) ja П9 (T_6).

Mähis L_1 on mähitud 8 mm jämedusele ja 140 mm pikkusele ferriitpulgale. Mähis on ühekihiline ja omab 67+8 keerdu traadist ПЭШО 15×0,07.

Pöördkondensaator (C_1 ja C_5) tuleb valmistada kahest trimmerkondensaatorist КПК 2—25/150 nii, et nende mahtuvust oleks võimalik üheaegselt muuta. Selleks on tarvis valida kaks võrdsete piirväärtustega trimmerkondensaatorit.

Ostsillaatori mähised L_2 ja L_3 on mähitud südamiku СБ-1a alusele. Esimesena mähitakse mähis L_2 — 36 keerdu traadist ПЭЛ 0,1 ja sellele mähis L_3 — 154+6 keerdu traadist ПЭШО 0,15.

Vaheagedustrafo mähised L_4 ja L_5 on mähitud südamiku СБ-2a alusele. Esimesena tuleb mähkida mähis L_4 , millel on 300 keerdu traadist ПЭШО 0,1, seejärel samast traadist mähis L_5 — 75+225 keerdu. Mainitud südamikutüübi puudumisel võib sama edukalt kasutada kahte südamiku СБ-1a. Mähis L_4 mähitakse ühe südamiku alusele ja mähis L_5 teisele alusele. Südamikud paigutatakse teineteise suhtes risti vahekaugusega 3...6 mm. Mähised L_6 ja L_7 on mähitud südamiku СБ-1a alusele ja omavad vastavalt 50+25 ning 75 keerdu traadist ПЭШО 0,1. Esimesena mähitakse alusele mähis L_6 .

Valjuhääldaja võnkepool mähitakse traadiga ПЭЛ 0,08, kusjuures mõlemad mähised mähitakse üheaegselt aluse täitumiseni. Mähiste algused tuleb ühendada transistoride kollektoritega ja lõpud alalisvooluallika poolustega.

Madalsagedusvõimendaja transistoride vooluvõimendustegurid peavad olema võrdsed, et vältida moonutuste tekkimist. Transistoride kollektorivoole on võimalik muuta takistite R_7 ja R_9 väärtuste valikutega. Kui kõrg- või vaheagedusastmetes tekkinud parasiitvõnkumised segavad madalsagedusosa väljareguleerimist, tuleb lühistada üks vaheagedustransformaatori poolidest.

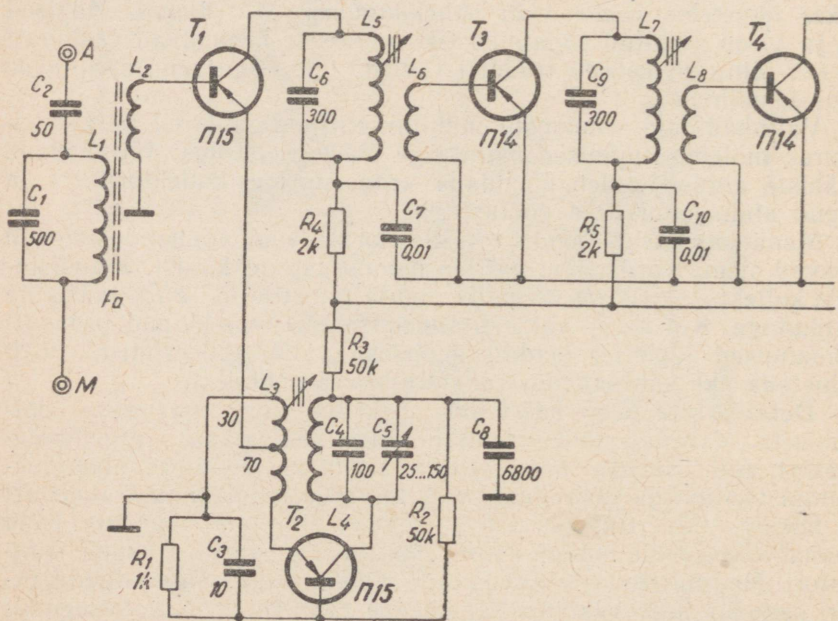
Detektoraste peab hästi tööle hakkama ilma igasuguse sobitamiseta. Vaheagedusvõimendaja tuleb häälestada signaalgeneraatori abil. Selleks ühendatakse signaalgeneraatori maandusklemm vastuvõtja maandusega ja teine väljundklemm transistori T_3 baasiga läbi 1000-pF kondensaatori. Signaali väärtus peab olema võimalikult madal (800...900 μV), et mitte rikkuda transistori. Modulatsiooni sügavus olgu 30% piirides. Signaalgeneraatori sagedus peab vastama sagedusele 118 kHz, s. o. vaheagedusele. Muutes sidadustrafo induktiivsust, tuleb häälestussüdami-

kule leida selline asend, et heli valjuhääldajas oleks kõige tugevam. Täpsema häälestuse tagab muidugi lampvoltmeetri kasutamine, mis tuleb lülitada paralleelselt valjuhääldajaga. Kui lampvoltmeetri hälve näitab maksimaalset väärtust ja on tundlik häälestussüdamikuga asendi muutmise suhtes, siis on sidestustrafo induktiivsus ja mahtuvus sobivad. Kui aga häälestussüdamiku asendi muutmine mõju ei avalda, tuleb kontrollida, millisel sagedusel induktiivsuse muutmine mõju avaldab ja võnkering ($C_{10}L_6$) välja häälestub. Kui see sagedus on kõrgem kui 118 kHz, tuleb mahtuvust C_{10} suurendada. On aga sagedus madalam, tuleb kasutada väiksema mahtuvusega kondensaatorit.

Järgnevalt tuleb häälestada esimene vahesagedustransformaator (L_4 ja L_5). Selleks tuleb signaalgeneraatori väljund ühendada läbi 1000-pF mahtuvuse segustusastme transistori baasiga. Kui vahesagedusastmes tekib parasiitvõnkumine, tuleb see kõrvaldada neutraliseerimiskondensaatori C_9 mahtuvuse muutmise (150...250 pF). Mähis L_2 või L_3 tuleb vahesagedustransformaatori häälestamise ajaks lühistada.

Häälestussüdamikuga asendi muutmine peab mõjuma lampvoltmeetri hälbele ja heli tugevusele valjuhääldajas. Vajaduse korral tuleb muuta ka kondensaatorite C_7 ja C_8 mahtuvus.

Kui ostsillaator ei hakka genereerima, tuleb mähise L_2 otsad omavahel vahetada. Parasiitvõnkumiste kõrvaldamiseks tuleb vähendada mähise L_2 keerdude arvu või sillata see takistusega.



Ostsillaatori ja sisendvõnkeringide häälestamine toimub samuti kui harilikku, lampidega supervastuvõtja korral. Häälestamisel tuleb arvestada, et kirjeldatud pöördkondensaator katab laineriba 550...1150 kHz.

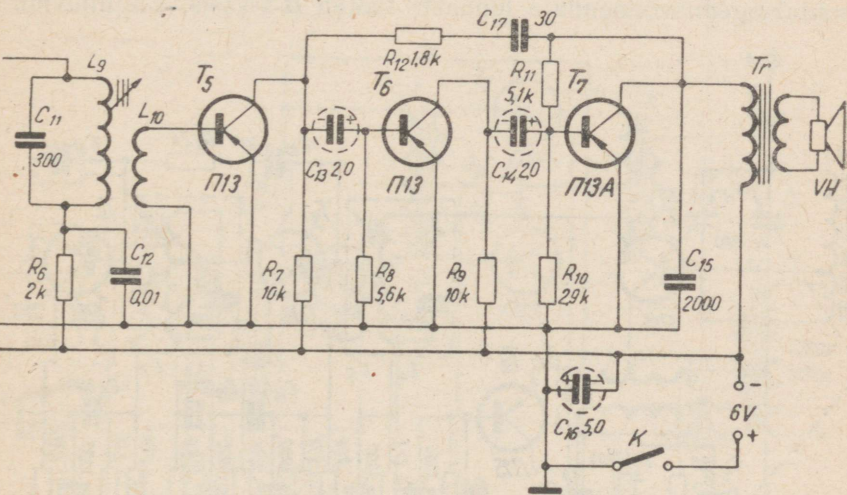
Kui kasutatakse väikesemõõtmelisi detaile, on võimalik paigutada vastuvõtja 114×90×30 mm suurusesse karpis.

Seitsme transistoriga vastuvõtja (joon. 131) on mõeldud kesklainel töötavate ringhäälingujaamade vastuvõtuks. Vastuvõtja tundlikkus ferriitantenni kasutamisel ulatub 800...900 μV -ni. Mittelineaarsed moonunud 40-mW väljundvõimsuse juures on alla 10%. Voolutarvidus ei ületa 16 mA.

Ostsillaator ja sagedusmuundaja töötavad eraldi transistoridega П15 (või П16Г) (T_2 ja T_1). Vaheagedusvõimendaja on kaheastmeline ja töötab transistoridega П14 (T_3 ja T_4). Vaheageduseks on suurema võimenduse saamiseks valitud 110 kHz. Detektorastmes töötab transistor П13 (T_5). Madalsagedusvõimendaja on kaheastmeline ja töötab transistoridega П13 (T_6) ja П13А (T_7). Valjuhääldajaks on tüüp 0,35-ГД (helipooli takistus — 4,3 oomi).

Mähised L_1 ja L_2 on keritud 8 mm jämedusele ja 100...140 mm pikkusele ferriitpulgale. Mähisel L_1 on 500 keerdu traadist ПЭШО 0,15 ja mähisel L_2 50...70 keerdu traadist ПЭШО 0,25.

Ülejäänud mähiste südamikudena kasutatakse nelja СБ-la tüüpi mantelsüdamikku.



vastuvõtja skeem.

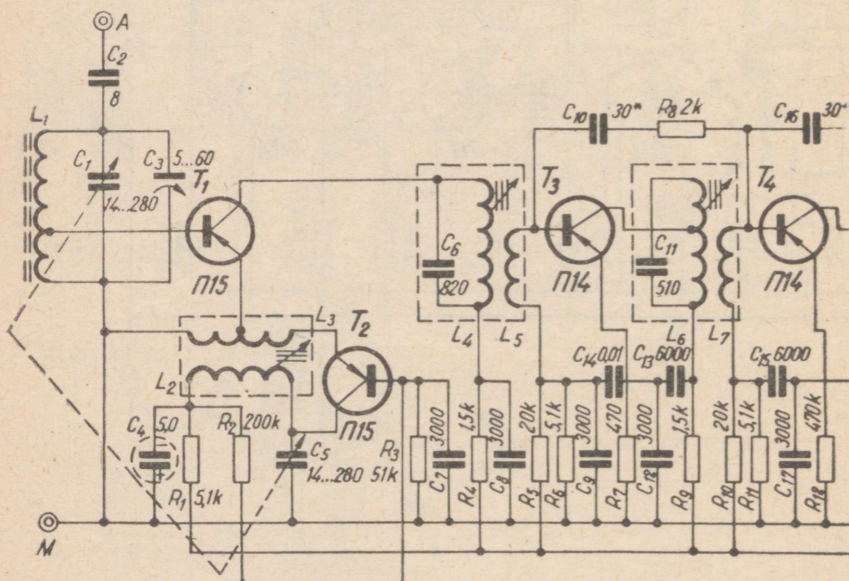
Ostsillaatori mähistest keritakse esimesena L_4 , millel on 450 keerdu traadist ПЭЛ 0,07 ja sellele mähis L_3 , millel on 30+70 keerdu traadist ПЭЛ 0,25. Et mähised mahuksid normaalselt südamikule alusele, on vaja viimaselt välja viilida keskmised sektsioonihoidjad. Vaheagedustrafode mähised L_5 , L_7 ja L_9 omavad 500 keerdu traadist ПЭЛ 0,06, mähised L_6 , L_8 ja L_{10} aga 100 keerdu traadist ПЭЛ 0,17.

Väljundtrafo on mähitud südamikule plekkidest Ш-6, paki pakusega 10 mm. Primaarmähisel on 2000 keerdu traadist ПЭЛ 0,07 ja sekundaarmähisel 100 keerdu traadist ПЭЛ 0,3.

Vastuvõtja töörežiimide kontrollimine, väljareguleerimine ja häälestamine toimub samuti kui eelmise vastuvõtja juures.

Vastuvõtja tundlikkuse ja selektiivsuse tõstmiseks on soovitatav kasutada ka sisendvõnkeringis pöördkondensaatorit (C_1). Selleks võib ise valmistada pöördkondensaatori kahest trimmerkondensaatorist КПК-2 25/150. Helitugevuse ja automaatse võimenduse regulaatorid selles vastuvõtjas puuduvad, kuid helitugevust saab muuta vastuvõtja pööramisega.

Kaheksa transistoriga vastuvõtja (joon. 132). Vastuvõtja on ette nähtud kesklainesaatjate vastuvõtuks lainealal 250...570 m ja tema tundlikkus ferriitantenni kasutamisel on 950...1000 μ V. Vastuvõtja toiteallikana võib kasutada viit akut Д-0,2 või nelja elementi ФБС-0,25. Voolutarvidus on keskmiselt 18...25 mA, kui madalsagedusvõimendaja lõppaste töötab B-klassis. Väljundvõim-



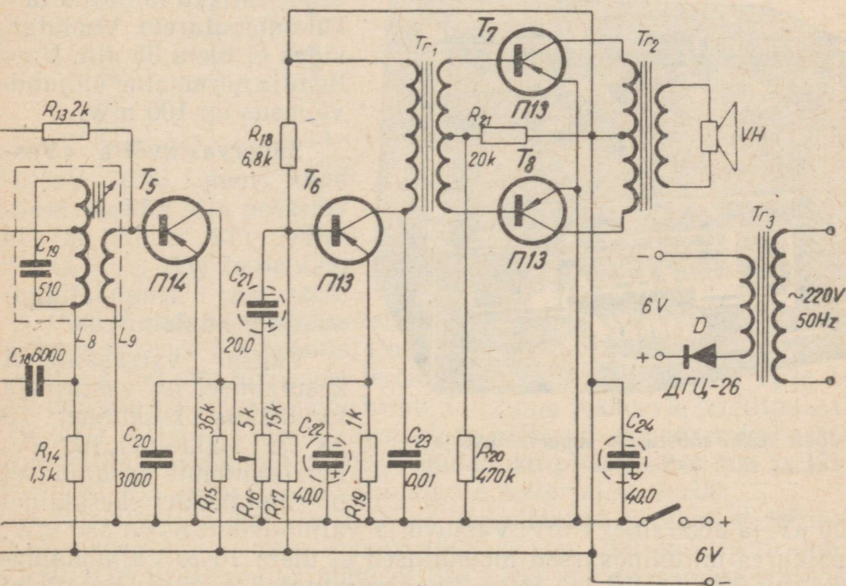
Joon. 132. Super-

sus on 120 mW. Valjuhääldajana on kasutatud vastuvõtja «Turist» ümberehitatud valjuhääldajat.

Sisendvõnkering on sidestatud segustusastmega (T_1) auto-transformatoorselt. Välisantenni kasutamisel lülitakse see läbi kondensaatori C_2 . Ostsillaator töötab ühise baasiga lülituses ja induktiivse tagasisidestusega. Sageduse stabiliseerimiseks (sageduse muutuse võib esile kutsuda toitepinge muutumine) on skeemi lülitatud suure mahtvusega kondensaator C_4 . Vaheagedusvõimendaja on kaheastmeline (T_3 ja T_4). Astmetes kasutatakse neutraliseerimiseks takisteid R_8, R_{13} ja kondensatoreid C_{10}, C_{16} . Detektoraste (T_5) töötab ühise emitteriga lülituses ja on ühtlasi madal-sagedusvõimendaja eelastmeks. Sellele järgneb kaheastmeline vooluvõimendaja (T_5 ja T_6) ning vastastaktilülituses ja B-klassi režiimis töötav võimsusvõimendaja.

Antennimähis L_1 keritakse 8 mm jämedusele ja 100 mm pikku-
 sele ferriitpulgale ja omab 37+25 keerdu traadist ПЭЛ 0,5. Mähis
 tuleb kerida selliselt, et ta kataks ferriitpulga 85 mm pikku-
 selt (keeru samm umbes 1,45 mm). Ostsillaatori mähised L_2 ja L_3
 keritakse südamikü CB-la alusele ja neil on vastavalt 87
 ja 3+3 keerdu traadist ПЭЛШО 0,15. Esimesena mähitakse
 mähis L_2 . Vaheagedustrafode mähised keritakse samuti südami-
 kele CB-la.

Mähisel L_4 on 90 keerdu ja mähisel L_5 20 keerdu traadist ПЭШО



vastuvõtja skeem

0,15. Mähisel L_6 on 90+40 keerdu traadist ПЭШО 0,15. Mähis L_7 on valmistatud samast traadist on omab 25 keerdu. Mähised L_8 ja L_9 on andmete poolest sarnased mähistega L_6 ja L_7 .

Sidestustrafo Tr_1 südamik on valmistatud permalloiplekkidest Ш-4, paki paksusega 10 mm. Primaarmähisel on 500 keerdu traadist ПЭВ 0,05 ja sekundaarmähisel 400+400 keerdu samast traadist. Väljundtrafo Tr_2 südamik valmistatakse samuti permalloiplekkidest Ш-4, paki paksusega 12 mm. Primaarmähisel on 275+275 keerdu traadist ПЭЛ 0,13 ja sekundaarmähisel 70 keerdu samast traadist.

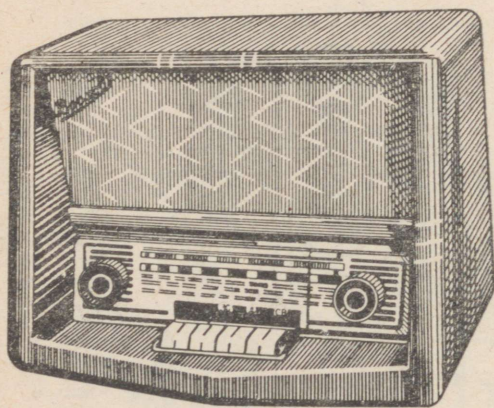
Kui ostsillaator üldse ei genereeri, tuleb vahetada mähise L_3 otsad omavahel. Ostsillaatori õige töörežiim reguleeritakse välja baasitakistuse R_1 muutmise (1 k Ω ... 10 k Ω).

Kui toiteallikatena kasutatakse akusid, tuleb neid laadida seadmega, mis koosneb trafost Tr_3 ja diodist ДГ-И-26.

TÖÖSTUSLIKUD SUPERVASTUVÕTJAD

Esimesena hakati seeriaviisiliselt tootma supervastuvõtjat «Kristall», mis töötab kaheksal transistoril (viis transistori ПИИ ja kolm ПИГ). Vastuvõtja võimaldab vastu võtta kesk- ja pikklainel töötavaid ringhäälingusaatjaid ja tema tundlikkus esimesel lainel on 65...200 μ V ning teisel 100...150 μ V. Vastuvõtja toite-

allikana kasutatakse kahte järjestikku lülitatud tasukulambipatareid. Voolutarvidus ei ületa 35 mA. Vastuvõtja normaalne väljundvõimsus on 100 mW.



Joon. 133. Tööstuslik supervastuvõtja «Voshod».

Supervastuvõtja «Voshod» (joon. 133). Vastuvõtja on ette nähtud kesk- ja pikklainel (187...577 m) ja pikklainel (720...2000 m) töötavate ringhäälingusaatjate kuulamiseks.

Välise varrasantenni kasutamisel on vastuvõtja tundlikkus kesklainel 70 μ V ja pikklainel 100 μ V. Ferriitantenni kasutamisel on tundlikkus kesklainel

500 μ V ja pikklainel 1 mV. Vastuvõtja väljundvõimsus on 330 mW, kusjuures mittelineaarsed moonutused ei ületa 10%. Valjuhääldajaks on tüüp 0,5 ГД-11. Toiteallikana kasutatakse nelja järjestikku lülitatud elementi «Saturn». Vastuvõtja voolutarvidus on 110 mA.

Vastuvõtja «Voshod» skeem on antud joonisel 134. Sagedusmuundaja ja ostsillatorina töötab üks transistor П402 (T_1), mille töörežiim on stabiliseeritud takistitega R_1 , R_2 ja R_9 . Vaheagedusvõimendaja on kaheastmeline ja töötab transistoridega П402 (T_2) ja П6Г (T_3). Astmed on neutraliseeritud kondensaatoritega C_{25} , C_{32} ja takistitega R_{10} , R_{15} ning töörežiimid on stabiliseeritud takistitega R_{11} , R_{12} , R_{13} , R_{16} , R_{17} ja R_{18} . Vaheagedus on 110 kHz. Detektorina ja automaatse võimenduse regulaatorina töötab transistor П6Г (T_4), mille koormustakistus R_{22} on helitugevuse regulaatoriks. Madalsagedusvõimendaja on kolmeastmeline vastuvõtja töötamise ajal ja neljaastmeline elektrigrammofoni kasutamisel. Esimene eelvõimendusaste põhineb transistoril (T_4), mis töötab vastuvõtja detektorina. Madalsagedusvõimendusastmed töötavad transistoridega П6В (T_5 ja T_6) ja vastastaklülituses võimsustransistoridega ПЗБ (T_7 ja T_8). Poolide andmed on toodud tabelis 7.

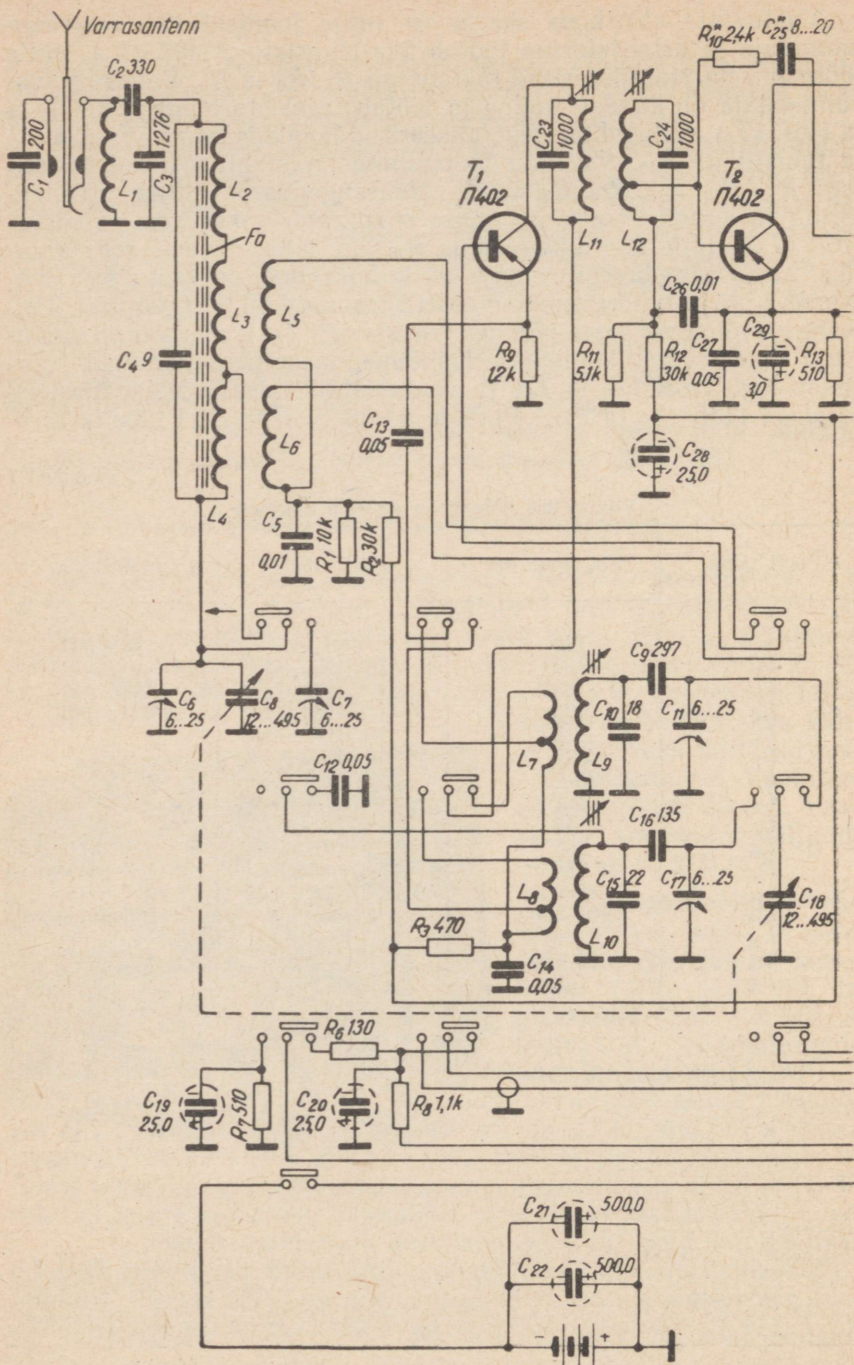
Tabel 7

Vastuvõtja «Voshod» poolide andmed

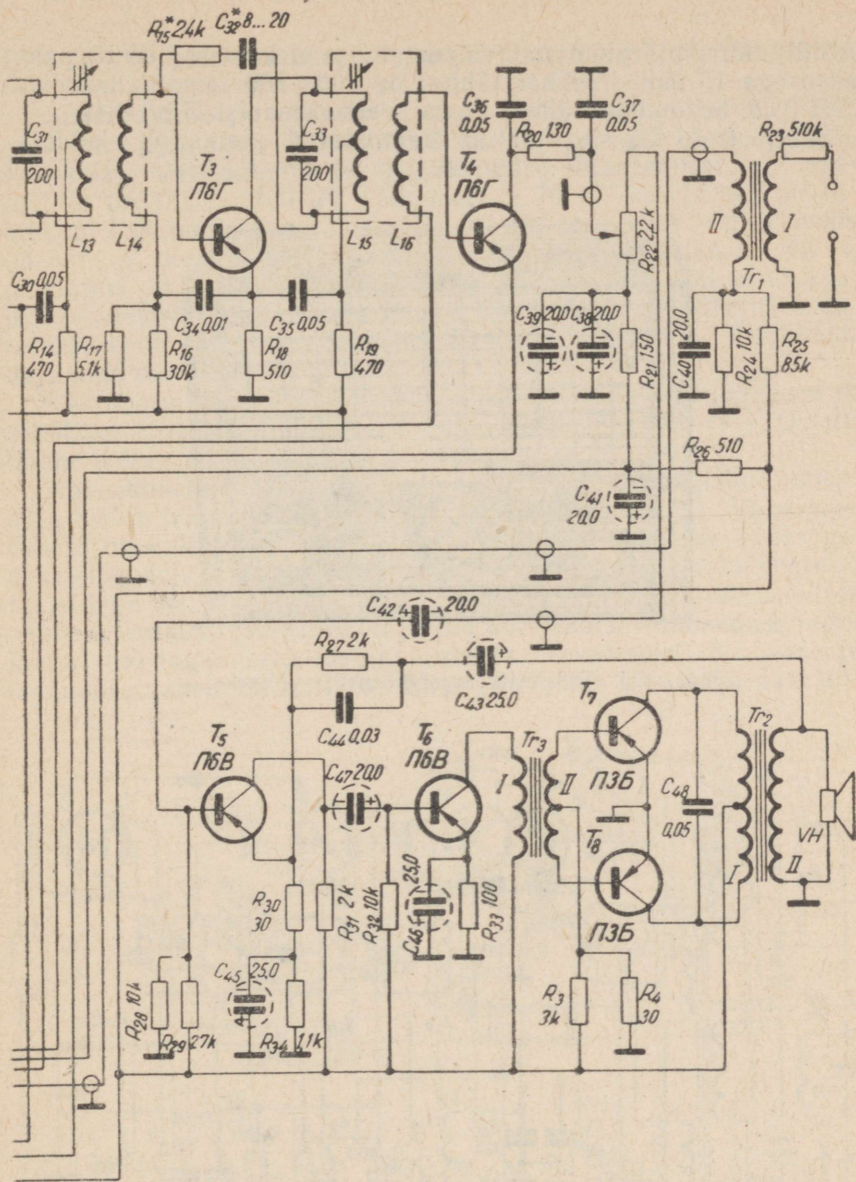
Pooli tähis	Keerdude arv	Traadi mark	Induktiivsus
L_1	720	ПЭЛ 0,09	12,6 μH
L_2	35	ПЭЛШО 0,15	
L_3	35	ПЭЛШО 0,15	245 μH
L_4	195	ПЭЛШО 0,15	2800 μH
L_5	3	ПЭЛШО 0,15	
L_6	15	ПЭЛШО 0,15	
L_7	10+7	ПЭЛШО 0,15	
L_8	216	ПЭШО 5×0,06	
L_9	12	ПЭЛШО 0,15	
L_{10}	100	ПЭШО 5×0,06	120 μH
L_{11}	66	ПЭШО 5×0,06	1,17 μH
L_{12}	62+4	ПЭШО 5×0,06	117 μH
L_{13}	100+50	ПЭВ-2 0,1	585 μH
L_{14}	9	ПЭВ-2 0,1	
L_{15}	90+60	ПЭВ-2 0,1	585 μH
L_{16}	30	ПЭВ-2 0,1	

Pool L_1 on keritud manteltüüpi südamikuga СБ (Φ -600) alusele kolmes võrdses sektsioonis. Poolid L_2 , L_3 , L_5 ja L_6 on keritud standardsele 160 mm pikkusele ferriitpulgale. Mähised L_7 , L_8 , L_9 ja L_{10} on paigutatud 2,8 mm jämedusele ja 12 mm pikkusele ferriitpulgale (Φ -600). Kõikide vaheagedustrafode mähised on paigutatud eraldi manteltüüpi südamike alustele. Südamiku pikkus on 4 mm ja läbimõõt 8,6 mm ning see on valmistatud materjalist Φ -600.

Sidestustrafo Tr_3 südamik on valmistatud plekkidest ЧШ-10, paki paksusega 6 mm. Primaarmähisel on 700 keerdu traadist ПЭЛ 0,18 ja sekundaarmähisel 350+350 keerdu samast traadist.



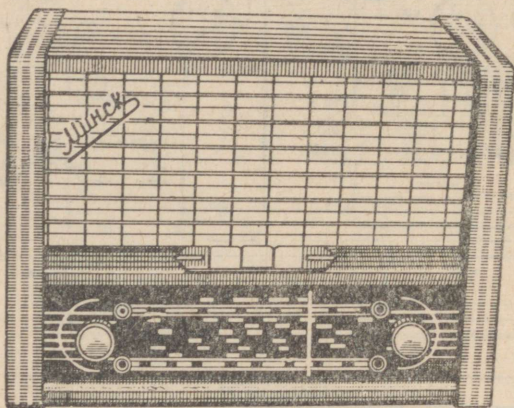
Joon. 134. Supervastu-



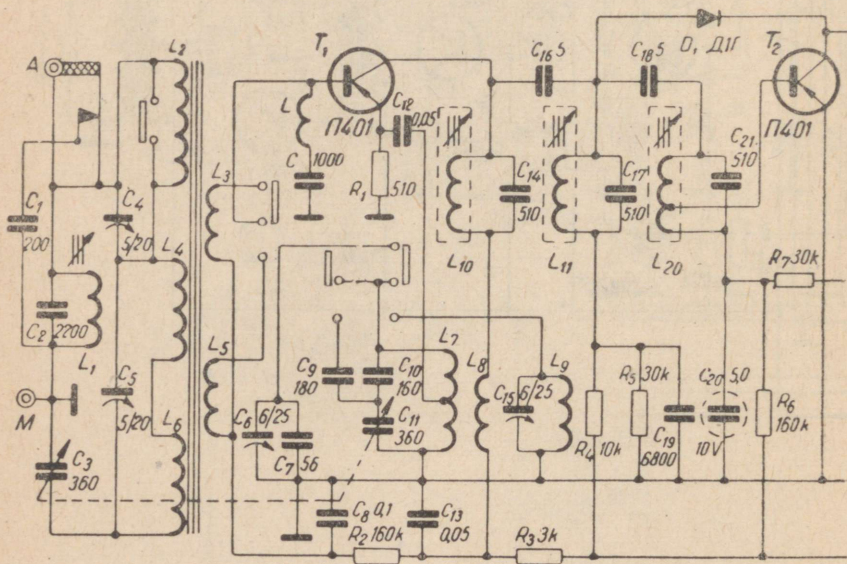
võtja «Voshod» skeem.

Väljundtrafo Tr_2 südamik valmistatakse plekkidest ЧШ-10, paki paksusega 15 mm. Primaarmähisel on 700+700 keerdu traadist ПЭЛ 0,25. Sekundaarmähisel on 82 keerdu traadist ПЭЛ 0,47.

Sobitustrafo Tr_2 südamik on valmistatud permalloiplekkidest



Joon. 135. Tööstuslik supervastuvõtja «Minsk».



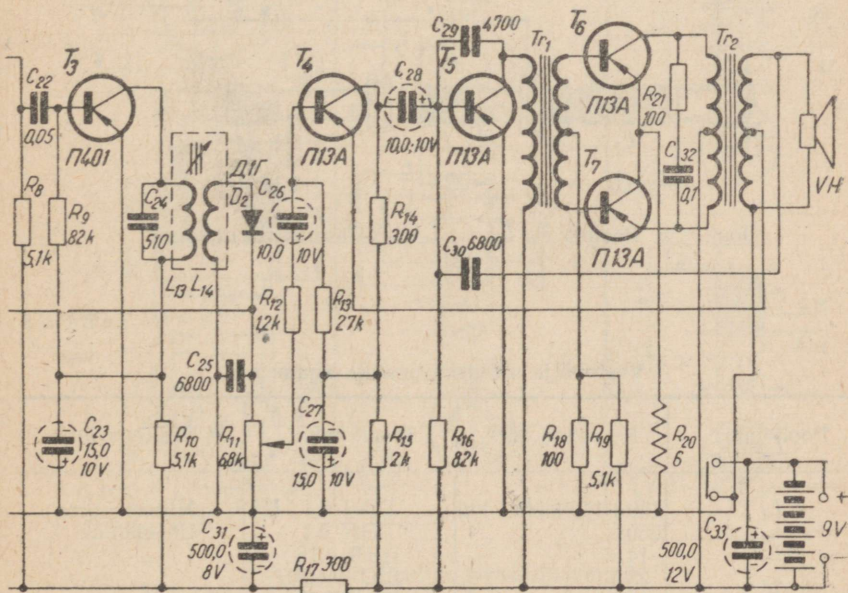
Joon. 136. Supervastuvõtja

III-4 (H-79), paki paksusega 6 mm. Primaarmähisel on 900 keerdu ja sekundaarmähisel 4200 keerdu traadist ПЭЛ 0,08.

Supervastuvõtja «Minsk» (joon. 135). Vastuvõtjal on kaks laineala: kesklaine (520...1600 kHz) ja pikk laine (150...415 kHz). Välisantenni ja maaühenduse kasutamisel on vastuvõtja tundlikkus 100 μV pikklainel ja 70 μV kesklainel, ferriit-antenni kasutamisel aga vastavalt 2,5 mV ja 1,5 mV. Selektiivsus naaber- ja peegelkanali suhtes on kesklainel vähemalt 20 dB ja pikklainel 16 dB. Vastuvõtja väljundvõimsus on 100 mW, kusjuures voolutarvidus ei ületa 25 mA. Vastuvõtja toiteallikana kasutatakse kuut järjestikku ühendatud elementi «Saturn». Valjuhääldaja tüüp on 1ГД-6 või 1ГД-9.

Vastuvõtja skeem on antud joonisel 136. Sagedusmuundaja ja ostsillaator töötavad ühe transistoriga П401 või П402 (T_1). Ostsillaator töötab autotransformaatorsidestusega lülituses.

Kaheastmeline koondatud selektiivsusega vahesagedusvõimendaja töötab transistoridega П402 või П401 (T_2 ja T_3). Vahesageduseks on valitud 465 kHz. Sagedusmuundaja ja teise vahesagedusvõimendaja astme transistoride töörežiim on stabiliseeritud takistitega R_1, R_2, R_9 ja R_{10} . Esimese vahesagedusvõimendaja astme transistori töörežiim on jäetud automaatse võimenduse regulaatori töö tagamiseks stabiliseerimata. Transistori T_1 baasi ja maanduse vahele on lülitatud filter (LC), mis kõrvaldab parasiit-



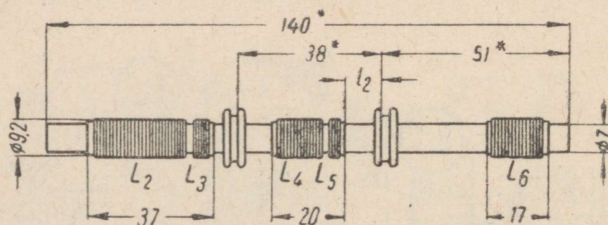
«Minsk» skeem.

sidestuse vastuvõtja vahesageduse ja sisendi vahel. Kui parasiit-sidestust ei teki, pole filter vajalik.

Detektorina töötab pooljuhtdiodid Д1Г (D_2). Võimenduse auto-maatseks reguleerimiseks juhitakse detekteeritud signaal trioodi T_2 baasile. Võimenduse täiendav automaatne reguleerimine toimub diodi D_1 abil. Nõrga sisendsignaali korral on diod D_1 suletud ja tema mahtuvus neutraliseerib parasiitvõnkumised, mis võiksid tekkida transistori T_2 väljundi ja sisendi vahel. Tugeva sisendsignaali korral diod D_1 avaneb, šunteerides võnkeringi L_{11} C_{17} .

Madalsagedus-eelvõimendaja on kaheastmeline transistoridega T_4 ja T_5 (tüüp П 13А). Transistori T_4 töörežiim on stabiliseeritud takistitega R_{13} ja R_{15} . Transistori T_5 töörežiim on valitud selline, et kollektorivool oleks 6...7 mA piirides. Kondensaatori C_{29} vali-kuga tagatakse normaalne helitämber. Lõppvõimendaja töötab vastastaktlülituses transistoridega П13А (T_6 ja T_7). Madalsagedus-võimendajas on kasutatud tugevat negatiivset tagasisidet, mis antakse väljundtrafo Tr_2 sekundaarmähise osalt transistori T_4 emitterile.

Poolid L_2, L_3, L_4, L_5 ja L_6 on keritud 7 mm jämedusele ja 140 mm pikkusele ferriitpulgale. Poolide asetus on näidatud joonisel 137. Vahesagedusvõimendaja filtri poolide ehitus on toodud joonisel 138. Kõigi poolide andmed on esitatud tabelis 8.



Joon. 137. Poolide L_2, L_3, L_4, L_5 ja L_6 asetus ferriitpulgal.

Tabel 8

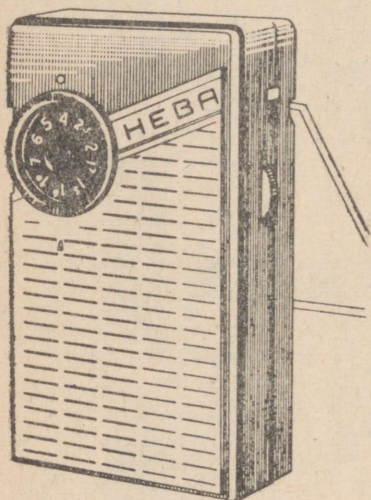
Vastuvõtja «Minsk» poolide andmed

Pooli tähis	Keerdude arv	Traadi mark	Kerimisviis
L_1	140 + 140 + 140 + 140	ПЭЛ 0,1	Mitmekihiline
L_2	250	ПЭЛ 0,1	Ühekihiline
L_3	14	ПЭЛ 0,18	"
L_4	38	ЛШО 7×0,07	"
L_5	6	ПЭЛ 0,18	"
L_6	45	ЛШО 7×0,07	"

Pooli tähis	Keerdude arv	Traadi mark	Kerimisviis
L_7	5+53+53+53+53	ЛЭ 5×0,06	Mitmekihiline
L_8	18	ПЭЛ 0,18	"
L_9	40+40+40+40	ЛЭ 5×0,06	"
L_{10}	33+33+33	ЛЭ 5×0,06	"
L_{11}	33+33+33	ЛЭ 5×0,06	"
L_{12}	14+30+30+30	ЛЭ 5×0,06	"
L_{13}	50+50	ЛЭ 5×0,06	"
L_{14}	60	ПЭВ 0,15	"

Kui vahesagedusvõimendaja filtrites kasutatakse manteltüüpi südamikke СБ-1 a, võib poolid L_9 , L_{10} , L_{11} , L_{12} ja L_{13} mähkida traadist ПЭЛ 0,1.

Sidestustrafo Tr_1 südamik koosneb plekkidest Ш-12, paki paksusega 12 mm. Primaarmähisel on 750 keerdu traadist ПЭЛ 0,1 ja sekundaarmähisel 2×350 keerdu traadist ПЭЛ 0,18.



Joon. 139. Taskuvastuvõtja «Neva».

Väljundtrafo Tr_2 südamik on valmistatud plekkidest Ш-12, paki paksusega 12 mm. Primaarmähisel on 2×140 keerdu traadist ПЭЛ 0,31 ja sekundaarmähisel $52+1$ keerdu traadist ПЭЛ 0,51.

Taskuvastuvõtja «Neva» (joon. 139). Vastuvõtja kest on valmistatud kahevärvilisest plastmassist, mille külge on kinnitatud metallist kandepide. Vastuvõtja välismõõtmed on $126 \times 76 \times 36$ mm ja kaal 300 g.

Vastuvõtjal «Neva» on pikk-laine (150...350 kHz) ja kesk-laine (520...1600 kHz). Tundlikkus on 5-mW väljundvõimsuse korral pikklainel 5 mV ja kesklainel 2,5 mV; vahesageduseks on 465 kHz; väljundvõimsus on 100 mW

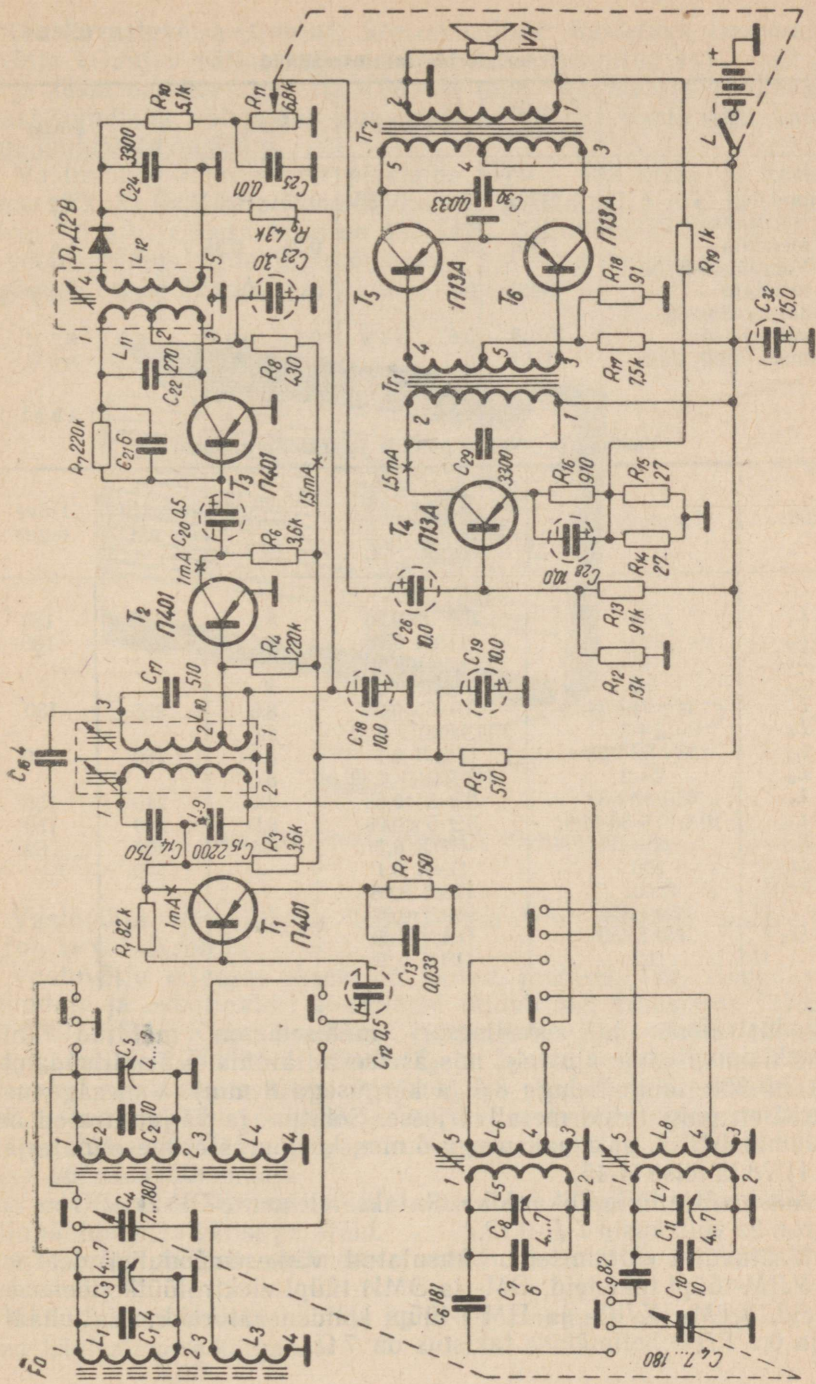
ja voolutarvidus signaali puudumisel 7,5 mA ning maksimaalse helitugevuse korral 30 mA.

Vastuvõtja «Neva» skeem on toodud joonisel 140.

Erinevalt eespoolkirjeldatud vastuvõtjatest kasutatakse siin tundlikkuse tõstmiseks kummalgi lainealal eraldi ferriitantenni. Transistoride talitlusrežiimid on antud tabelis 9.

Vastuvõtja poolide ja trafode andmed on antud tabelis 10.

Mähis L_{12} on paigutatud ühisele alusele mähisega L_{11} . Vahe-



Joon. 140. Vastuvõtja «Neva» skeem.

Transistoride talitlusrežiimid

Aste	Transistori tüüp	U_{e-maa}	U_{b-e}	U_{k-maa}
Muundaja	П401	0,2 ... 0,35 V	0,35 ... 0,6 V	1,5 ... 2,2 V
1. Vaheagedusvõimendaja	П401	0	0,25 ... 0,35 V	2,5 ... 3,5 V
2. Vaheagedusvõimendaja	П401	0	0,3 ... 0,4 V	5,0 ... 6,0 V
Madalsagedus-eelvõimendaja	П13А	0,6 ... 0,8 V	0,7 ... 0,9 V	8,0 ... 8,7 V
Võimsusvõimendaja	П13А	0	0,13 ... 0,16 V	8,5 ... 8,9 V

Tabel 10

Vastuvõtja «Neva» poolide ja trafode andmed

Tähis	Keerdude arv	Traat	Aluse läbimõõt mm	Induktiivsus μH	Hüvetegur
L_1	92	ЛЭ 5×0,06	8	500	180
L_2	290	ПЭЛ 0,1	8	5200	100
L_3	15	ПЭЛШО 0,12	8		
L_4	30	ПЭЛШО 0,12	8		
L_5	34+34+34	ЛЭ 5×0,06	8,6	250	150
L_6	2+3	ПЭЛШО 0,12	8,6		
L_7	58+58+58	ПЭЛ 0,1	8,6	760	20
L_8	2+3	ПЭЛШО 0,12	8,6		
L_9	33+33+33	ЛЭ 5×0,06	8,6	240	150
L_{10}	10+21+33+33	ЛЭ 5×0,06	8,6	240	150
L_{11}	65+65	ПЭЛ 0,1	8,6	400	60
L_{12}	100	ПЭЛ 0,1		300	
Tr_1 I	2500	ПЭЛ 0,06			
II	350+350	ПЭЛ 0,06			
Tr_2 I	450+450	ПЭЛ 0,09			
II	102	ПЭЛ 0,23			

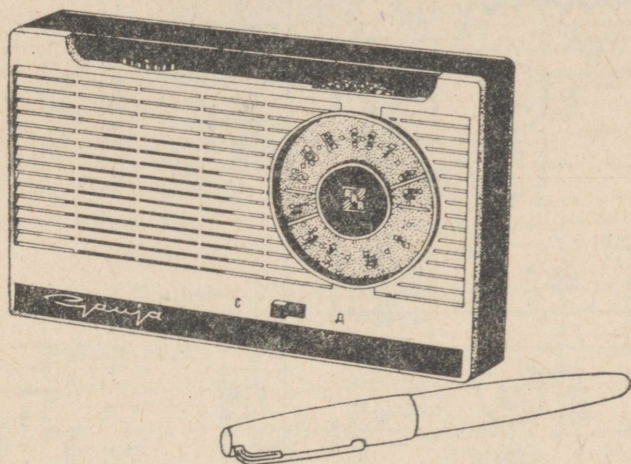
sagedustrafode ja ostsillaatori mähised on mähitud kolmesektsioonilistele alustele, mis asetsevad kinnistes ferriitsüdames (Φ -600, läbimõõduga 8,6 ja kõrgusega 8 mm). Vaheagedusfiltrid on paigutatud metallvarjesse. Sobitus- ja väljundtrafod on südamikel Ш-3, paki paksusega 6 mm, kusjuures esimese materjal on H-78 ja teise H-45.

Vastuvõtja toiteallikana kasutatakse elemente OP-2k, «Kron 1», «Kron 2» või akusid 7-Д-0,12.

Vastuvõtja ehitamisel on kasutatud väikesemõõdulisi detaile: УЛМ-tüüpi takisteid, ЭМ- ja ЭМИ-tüüpi elektrolüüt-kondensaatoreid, КТМ-, КЛС- ja ПМ-1-tüüpi kondensaatoreid. Valjuhääldaja 0,1 ГД-3 helimähise takistus on 7 Ω .

Taskuvastuvõtja «Gauja». Seeriaviisiliselt toodetava taskuvastuvõtja «Gauja» väline kujundus on antud joonisel 141. Vastuvõtja kesta mõõtmed on $162 \times 98 \times 39$ mm. Vastuvõtja mugavat kaasaskandmist võimaldab kunstnahast ümbris. Vastuvõtja kaal ilma ümbriseta on 550 g.

Vastuvõtjal «Gauja» on pikklaine (150...408 kHz) ja keskaine (520...1600 kHz). Tundlikkus on pikklainel 4 mV ja keskainel 2,5 mV; vahesagedus on 465 kHz; väljundvõimsus 100 mW ja voolutarvidus signaali puudumisel 7 mA ning maksimaalse helitugevuse korral 32 mA.



Joon. 141. Taskuvastuvõtja «Gauja».

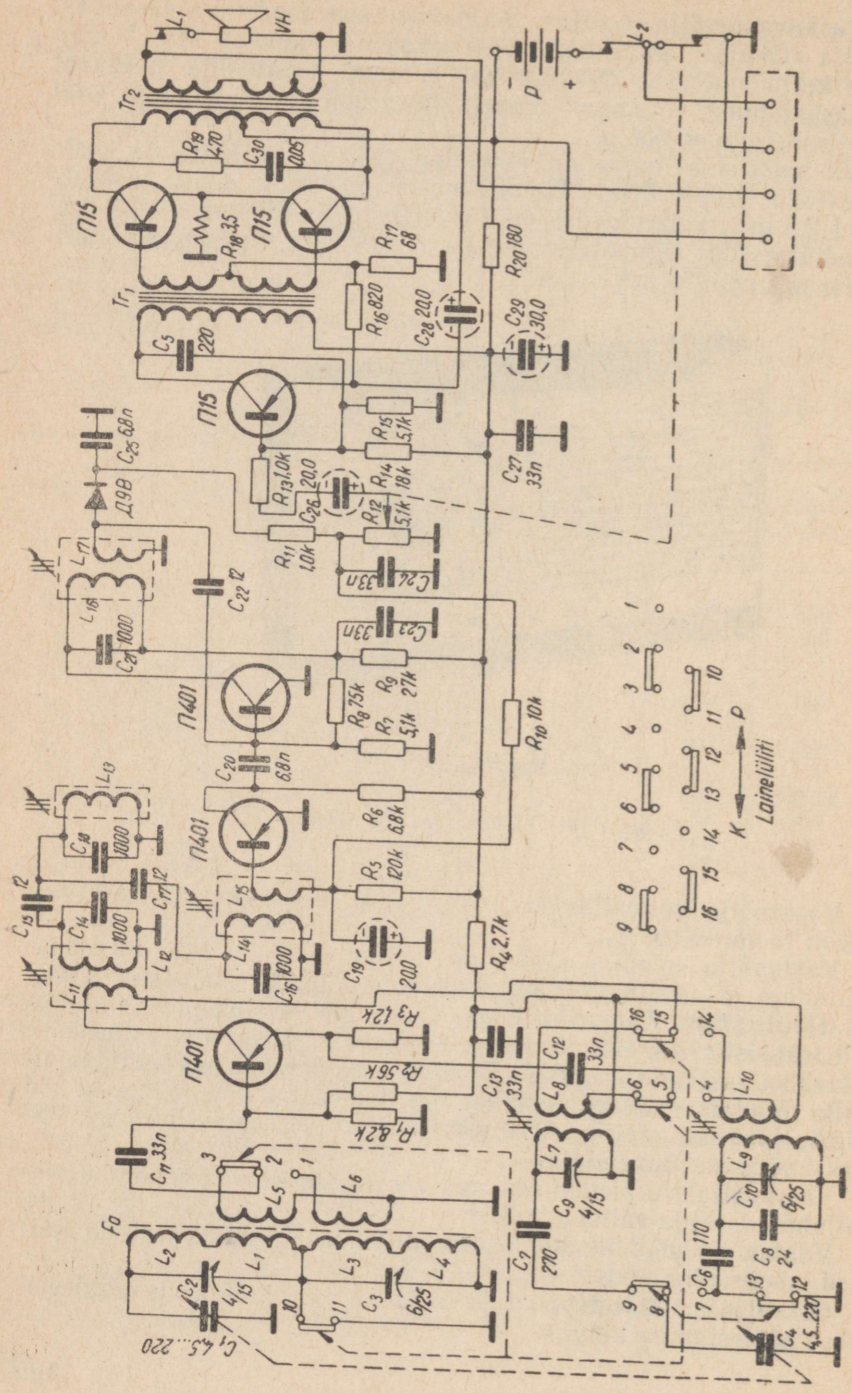
Vastuvõtja toiteallikana kasutatakse 9-V pingega patareid «Kron 1» või «Kron 2».

Vastuvõtja «Gauja» skeem on antud joonisel 142. Sagedusmuundaja ja ostsillaatori ülesandeid täidab üks transistor П402 või П401 (T_1). Kaheastmelises vahesagedusvõimendajas töötavad transistorid П402 või П401 (T_2 ja T_3), kusjuures astmed on omavahel takistussidestuses. Detektoraste põhineb pooljuhtdiodil Д9В. Madalsagedusvõimendaja on kaheastmeline (transistorid П13А, П14 või П15). Lõppastmeks on vastastaktilülituses B-klassi võimsusvõimendaja.

Vastuvõtjal on klemmiist, mis võimaldab külge ühendada lisavaljuhääldajat ja välist patareid.

Vastuvõtja mähiste andmed on antud tabelis 11 ja trafode andmed tabelis 12.

Ostsillaatori sidestuspoolide L_8 ja L_{10} keerdude arvu reguleeritakse häälestamise käigus.



Vastuvõtja «Gauja» mähiste andmed

Tähis	Traat	Keerdude arv	Induktiivsus μH
L_1 ja L_2	ЛЭШО 17×0,06	47+25	400
L_3 ja L_4	ПЭВ 0,16	4×50	1930
L_5	ПЭВ 0,16	6	
L_6	ПЭВ 0,16	16	
L_7	ПЭВ 3×0,06	4×32	120
L_8	ПЭЛШО 0,7	3...7,5	
L_9	ПЭВ 3×0,06	4×55	
L_{10}	ПЭЛШО 0,1	6...8,5	
L_{11}	ПЭЛШО 0,1	47	
L_{12}	ПЭВ 5×0,06	72	177
L_{13}	ПЭВ 5×0,06	72	177
L_{14}	ПЭВ 5×0,06	72	177
L_{15}	ПЭЛШО 0,7	4	
L_{16}	ПЭВ 5×0,06	72	177
L_{17}	ПЭЛШО 0,1	47	

Tabel 12

Vastuvõtja «Gauja» trafode andmed

Tähis	Väljavõtted	Traat	Keerdude arv	Takistus
Tr_1	1,2	ПЭВ-2,008	1600	210±10%
	3,4,5	ПЭВ-20,08	500+500	52+80±10%
Tr_2	1,2,3	ПЭВ-20,11	450+450	26+30±10%
	4,5,6	ПЭВ 0,25	57+57	1,65

Valjuhääldajaks on tüüp 0,25-ГД1, mille helipoolil on 54 keerdu traadist ПЭЛ 0,07 takistusega $10 \pm 10\% \Omega$.

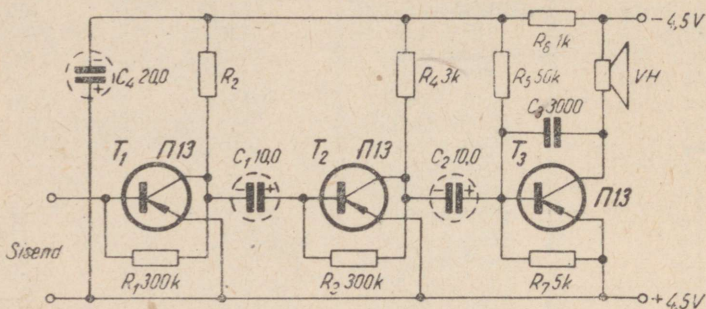
Vastuvõtja madalsageduseks kasutatakse tugevat negatiivset vastusidet, mis võetakse väljundtrafo Tr_2 sekundaarmähisest ja antakse läbi kondensaatori C_{28} transistori T_4 emitterile.

MADALSAGEDUSVÕIMENDAJAD

Väikesemõõtmelistes raadioseadmetes on kasutamist leidnud enamasti kolmeastmelised võimendajad. Uhe sellise võimendaja skeem on antud joonisel 143. Võimendaja on väga lihtsa ehitusega ja tema töölerakendamine ei valmista raskusi. Esimese võimendusastme eeltakistus nõuab sobitamist sõltuvalt astmes kasutatava transistori endamürast. Võimendaja lõppastme takisti R_5 takistust võib vähendada suurema väljundvõimsuse saamiseks, kuid

sellega kaasneb moonutusteguri suurenemine. Parema helikvaliteedi saamiseks kasutatakse negatiivset tagasisidet (kondenssaator C_3). Valjuhääldajana kasutatakse mikrooni ДЭМ-4М kapslit.

Võimendaja iseärasuseks on automaatse eelvoolu andmine kahe esimese astme transistoride baasidele.



Joon. 143. Madalsagedusvõimendaja skeem ($R_2 = 4 \text{ k}\Omega$).

Mainitud võimendaja töötab hästi erinevatel temperatuuridel ja konstrueerimisel ei ole tarvis muuta elementide väärtusi peale C_3 .

Neljaastmeline võimendaja ennast tavaliselt ei õigusta, sest selle asemel on sobivam kaht viimast transistori kasutada vastastaktilülituses, mispuhul võimendaja väljundvõimsus suureneb tunduvalt, voolutarvidus aga väheneb (*B*-klassi režiim).

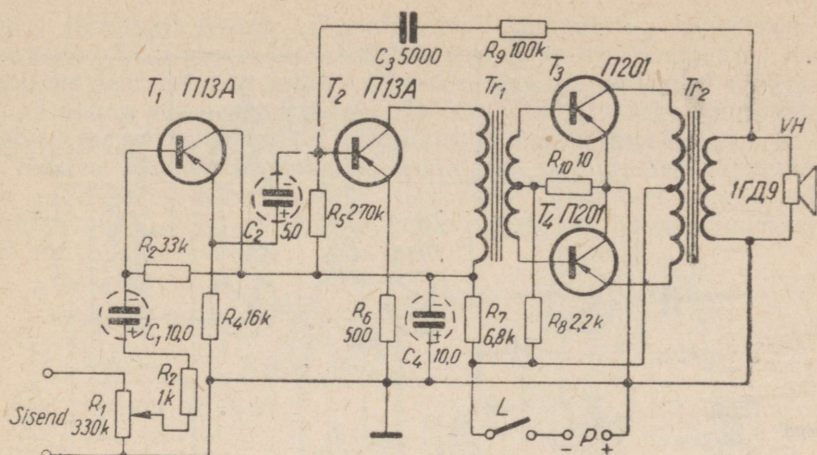
Kolmeastmelised võimendajad. Joonisel 144 kujutatud lülitis on ette nähtud elektrigrammofoni võimendajaks. Suure sisendtakistuse saamiseks on võimendaja esimese astme transistor ühise kollektoriga lülituses. Järelikult esimese astme võimendus on väike.

Võimendaja väljundvõimsus on ligikaudu 1,3 W, kusjuures moonutustegur ei ületa 5%. Võimendaja annab normaalse võimenduse helisagedusribas 100...5000 Hz.

Sama võimendajat on võimalik kasutada ka vastuvõtjas madalsagedusvõimendajana, kuid sel juhul tuleb esimese astme transistori skeemi lülitada maandatud emitteriga lülituses. Sel juhul tuleb transistori kollektor ühendada läbi takisti (2 k Ω) vooluallika miinuspoolusega pärast takistit R_7 . Takisti R_4 takistust võib vähendada 300 Ω -ni. Veel on tarvis sidestuskondenssaator C_2 ühendada transistori T_1 kollektoriga.

Võimendaja toitepinge on 13,5 V (kolm järjestikku lülitatud taskulambipatareid). Kui kasutatakse vastavat alaldajaseadet, peab kondenssaatori C_4 mahtuvust tublisti suurendama.

Võimendaja sidestustrafo Tr_1 südamik on valmistatud plekkidest III-9, paki paksusega 16 mm. Primaarmähisel on 165 keerdu



Joon. 144. Madalsagedusvõimendaja skeem.

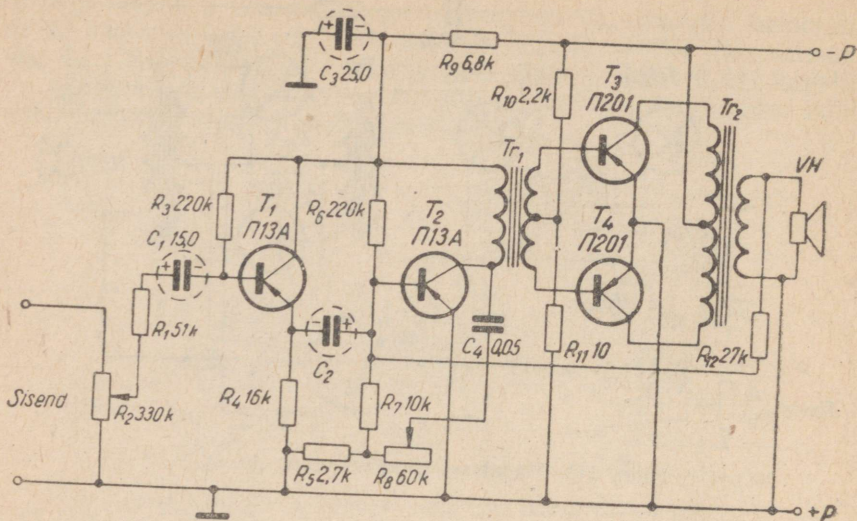
traadist ПЭЛ 0,1 ja sekundaarmähisel 165+165 keerdu samast traadist. Väljundtrafo Tr_2 südamik on valmistatud plekkidest III-9, paki paksusega 24 mm. Primaarmähisel on 500+500 keerdu traadist ПЭЛ 0,15 ja sekundaarmähisel on 140 keerdu traadist ПЭЛ 0,47. Valjuhääldajana võib kasutada tüüpi 1ГД-9 või mõnda muud 6-oomise helimähisega valjuhääldajat.

Teise samaks otstarbeks kasutatava võimendaja skeem on toodud joonisel 145. Võimendaja väljundvõimsus on 1,5 W ja võimendatav helisagedusriba 100...10 000 Hz. Võimendaja esimese astme transistor on ühise kollektoriga lülituses, et saada vajalikku suurt sisendtakistust elektrigrammofoni jaoks. Vastuvõtja madalsagedusvõimendajana töölerakendatud võimendajas tuleb esimene transistor skeemi paigutada ühise emitteriga lülituses. Takisti R_4 eemaldatakse lülitusest. Kondensaator C_2 ühendatakse kollektoriga ja kollektoriringi lülitatakse takisti (100 kΩ enne kollektori ja eeltakisti ühenduspunkti).

Antud võimendajas reguleeritakse tämbrit potentsiometri R_8 abil. Valjuhääldajateks võib valida kaks 6-oomise takistusega valjuhääldajat, mis lülitatakse paralleelselt. Võimendaja toitepinge on 12 V.

Sidestustrafo Tr_1 südamik on valmistatud plekkidest III-9, paki paksusega 15 mm. Primaarmähisel on 1650 keerdu traadist ПЭВ 2 0,1 ja sekundaarmähisel 165+165 keerdu sama marki traadist.

Väljundtrafo südamik on valmistatud plekkidest III-9, paki paksusega 25 mm. Primaarmähisel on 500+500 keerdu traadist ПЭВ-2 0,15, sekundaarmähisel 140 keerdu traadist ПЭВ-2 0,47. Sekundaarmähise keerdude arvu tuleb suurendada või vähen-



Joon. 145. Suure väljundvõimsusega kolmeastmelise madalsagedusvõimendaja skeem.

dada, kui kasutatakse suurema või väiksema helimähise takistusega valjuhääldajaid.

Trafodeta võimendajad. Transistoridega töötavaid võimendajaid kasutatakse peamiselt kantavates raadioseadmetes. Seepärast on vajalik minimaalselt väikeste mõõtmete ja kaaluga võimendaja, kusjuures võimendaja omadused ei tohi halveneda.

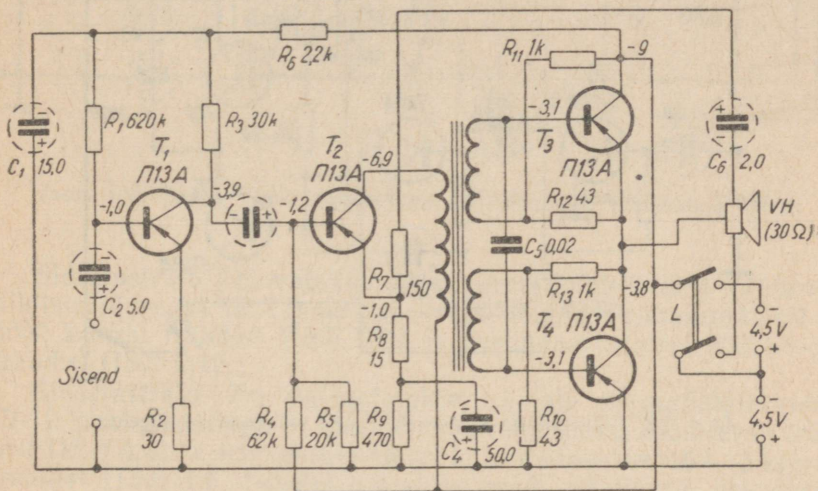
Trafod on võimendajates mahukaks osaks ja seepärast püütakse nende mõõtmeid vähendada spetsiaalsest materjalist südamike kasutamisega või rakendatakse trafodeta lülitusi. Väljundtrafota skeem on antud joonisel 110 (vt. lk. 67). Teise võimendusastme koormustakistusena kasutatakse väikese takistusega paispooli. Et valjuhääldaja helipooli takistus on väike, tuleb võnkepooli mähis ümber kerida. Kõige sobivam ümbertegemiseks on valjuhääldaja 1ГД-9, mille helimähise alusele tuleb kerida neljas kihis 230 keerdu traati ПЭЛ 0,07. Helipooli takistus peab olema ligikaudu 60 Ω.

Viimases võimendusastmes (B-klassi vastastaktvõimendaja) töötab kaks eri juhtivusega transistori. Võimendaja toiteks kasutatakse kahte 1,5-voldise pingega elementi, mis võimaldavad eraldi režiimide andmise võimsusvõimendaja ja eelvõimendaja astmete transistoridele. Kahe vooluallika kasutamine võimaldab anda eelastmete transistoridele muutumatut emitterivoolu, millega tagatakse võimendaja hea stabiilsus.

Võimsusvõimendaja transistorid on ühise kollektoriga lüli-

tuses, järelikult ületab väljundsignaali tippväärtus kahekordselt ühe vooluallika pinge, olles seega 3 volti. Võimsusvõimendaja tüürimiseks peab eelmise astme transistori baasi ja kollektori vaheline pinge olema vähemalt 1,4 volti. Selleks kasutataksegi koormustakistuse asemel paispooli, et pingelang oleks minimaalne.

Sobiva sagedustunnusjoone saamiseks kasutatakse võimendajas reguleeritavat negatiivset tagasisidet (kondensaator C_1 ja potentsiomeeter R_8), mistõttu helikvaliteet on hea. Võimendaja väljundvõimsus on 100...150 mW.



Joon. 146. Väljundtrafota kolmeastmelise võimendaja skeem.

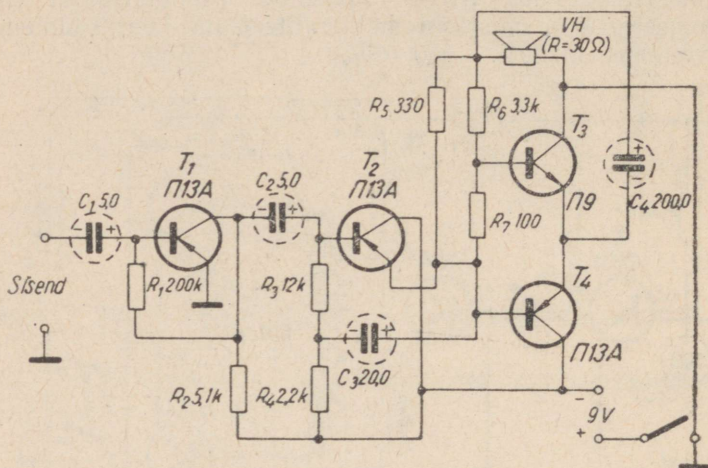
Sidestustrafo Tr_1 on valmistatud permalloiplekkidest (45% niklisisaldusega) III-7, paki paksusega 12 mm. Primaarmähisel on 5000 keerdu traadist ПЭЛ 0,08 ja sekundaarmähisel 500 keerdu traadist ПЭЛ 0,12. Paispool P on samuti valmistatud permalloiplekkidest III-7, paki paksusega 16 mm ja omab 365 keerdu traadist ПЭЛ 0,41.

Käntavas raadioseadmes kasutamiseks on kohane ka võimendaja, mille skeem on toodud joonisel 146. Võimendaja töötab kahe taskulambipatareiga, tema väljundvõimsus on 200 mW, moonutus-tegur ei ületa 5% ja võimendatav sagedusala on 100...8000 Hz.

Võimendaja koormustakistuse moodustab übermähitud helipooliga valjuhääldaja (1ГД9, 30 Ω). Sel juhul tuleb valjuhääldaja helipooli alusele kerida neljas kihis 190 keerdu traati ПЭЛ 0,09.

Sidestustrafo Tr_1 valmistatakse permalloiplekkidest (45%-lise niklisisaldusega) III-6, paki paksusega 6 mm. Primaarmähisel on 1800 keerdu traadist ПЭЛ 0,1 ja kahel sekundaarmähisel kahekordselt koos kerituna 400 keerdu samast traadist. Moonutusvaba

sidestuse saamiseks on tarvis mähkida südamikule alusele kõigepealt primaarmähise esimene pool (900 keerdu), siis sekundaarmähised ja lõpuks primaarmähise teine pool. Seejuures tuleb jälgida, et mähis oleks mähitud võimalikult tihedalt, sest muidu mähis ei mahu alusele. Võimendaja lõppastmes tuleb kasutada sarnaste parameetritega transistore.



Joon. 147. Väljund- ja sidestustrafodeta võimendaja skeem.

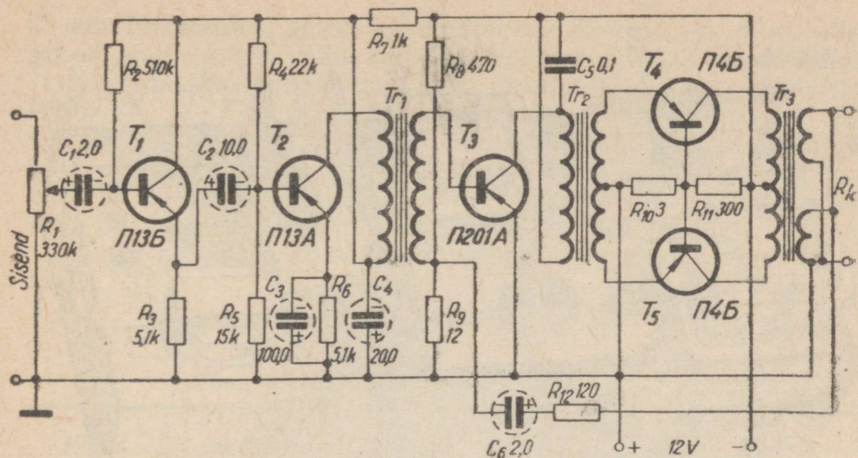
Sobitus- ja väljundtrafodeta võimendaja skeem on esitatud joonisel 147. Madala väljundtakistuse saamiseks ja mittelineaarsete moonutuste vähendamiseks on lõppastme transistorid ühise kollektoriga lülituses. Valjuhääldajaks sobib mikrofoni kapsel ДЭМ-4. Võimendaja väljundvõimsus on 150 mW, kusjuures moonutustegur ei ületa 5% ja võimendatav sagedusala on 100... 10 000 Hz.

Suure väljundvõimsusega võimendaja. Joonisel 148 on antud võimendaja skeem, mille nimivõimsus on 10 W.

Küllalt suure voolutarviduse (400... 500 mA) tõttu tuleb toiteallikana kasutada 12-voldise pingega ja vähemalt 10 ampertunnise mahutavusega akupatareid.

Et antud võimendajat on sobiv kasutada koos mikrofoni või grammofoniga, siis võimendaja esimene aste töötab ühise kollektoriga lülituses.

Vastastakt-lõppvõimendajas töötab kaks võimsustransistori П4Б, mis on vahelduvvoolu suhtes ühise baasiga ja alalisvoolu suhtes ühise kollektoriga lülituses. Selline lülitus võimaldab vähendada mittelineaarset moonutusi. Helikvaliteedi parandamiseks kasutatakse võimendajas tagasisidet (R_{12} , C_6).



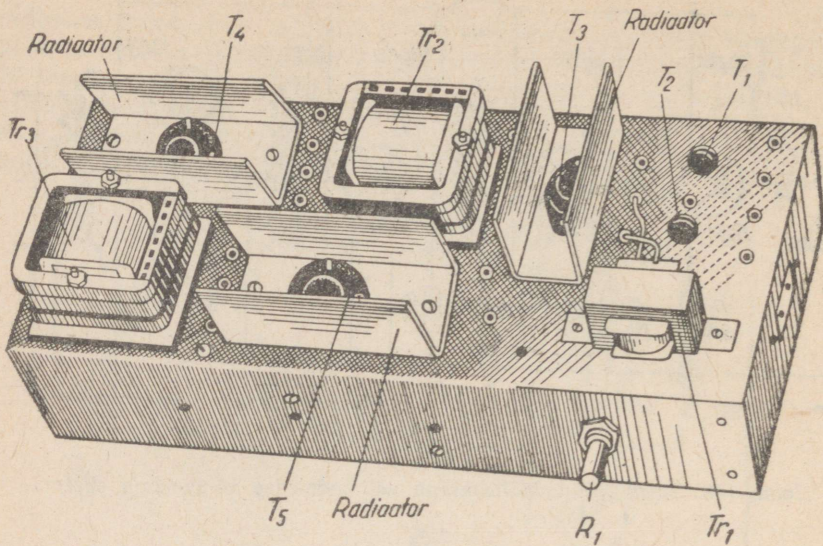
Joon. 148. Suure väljundvõimsusega neljaastmelise võimendaja skeem.

Sidestustrafo Tr_1 valmistatakse permalloiplekkidest (45%-lise nikklisisaldusega) Ш-7, paki paksusega 14 mm. Primaarmähisel on 5000 keerdu traadist ПЭЛ 0,07 ja sekundaarmähisel 500 keerdu traadist ПЭЛ 0,12.

Sidestustrafo Tr_2 valmistatakse samuti permalloiplekkidest Ш-12, paki paksusega 24 mm. Primaarmähisel on 362 keerdu traadist ПЭЛ 0,41 ja sekundaarmähisel kaks mähiseosa, 16+16 keerdu traadist ПЭЛ 1,6. Sekundaarmähise osad mähitakse üheaegselt koos.

Väljundtrafo Tr_3 südamik valmistatakse permalloiplekkidest Ш-12, paki paksusega 24 mm. Primaarmähisel on 64+64 keerdu traadist ПЭЛ 0,7, sekundaarmähisel aga 33+33 keerdu traadist ПЭЛ 0,8. Valjuhääldaja P-10 kasutamisel tuleb väljundtrafo sekundaarmähised ühendada paralleelselt. Teiste valjuhääldajate kasutamisel, mille helipooli takistus on 6...8 oomi, tuleb sekundaarmähise pooled ühendada järjestikku.

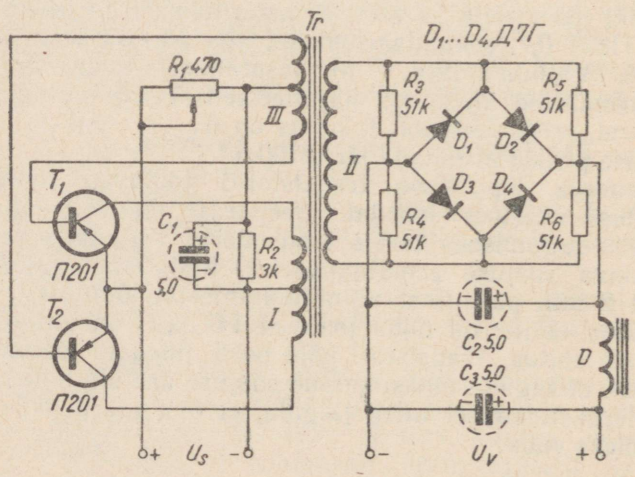
Võimendaja lõppastme transistorid töötavad maksimaalse kaovõimsuse väärtuse lähedal. Seepärast on võimendaja normaalse töö tagamiseks tarvis transistorid varustada radiaatoritega tekkiva soojuse eemaldamiseks. Radiaator valmistatakse vähemalt 2 mm paksusest alumiiniumplekist, pindalaga 60 cm². Radiaatorite ehitus on näha joonisel 149, kus on antud võimendaja üldine ehitus. Transistori põhi peab tihedalt toetuma vastu radiaatorit, et tagada maksimaalne soojuse ärajuhtimine. Võimendaja töölerakendamisel tuleb jälgida, et õhu juurdepääs transistoridele oleks vaba.



Joon. 149. Võimendaja üldine ehitus.

PINGEMUUNDAJA

Joonisel 150 on kujutatud akust toidetava pingemuundaja skeem. Pingemuundaja sobib anoodpinge allikaks patareivastu- võtjatele «Tunist», «Rodina», «Dorožnoi» jt. Pingemuundaja skeemi-



Joon. 150. Pingemuundaja skeem.

elementide andmed sõltuvad akupingest. Skeemil on antud niisugused andmed, mis sobivad kõige rohkem levinud akude korral.

Kirjeldatavas pingemuundajas kasutatakse kahte transistori П201 (T_1 ja T_2) ja nelja sildlülituses pooljuhtdiodist Д7Г (ДФ-Ц24) koosnevat alaldajat. Trafo T_r südamik tuleb valmistada plekkidest Ш-10, paki paksusega 16 mm. Silumisfiltri paispooli D südamik tuleb valmistada plekkidest Ш-10, paki paksusega 14 mm. Paispooli mähisel on 300 keerdu traadist ПЭЛ 0,2.

Trafo mähiste andmed sõltuvalt akupingest on toodud tabelis 13.

Tabel 13

Pingemuundaja trafo mähiste andmed

Mähis	Traadi mark	Keerdude arv toitepingel			
		1,2 V	2,4 V	6,0 V	12,0 V
I	ПЭЛ 0,35	33+33	33+33	33+33	33+33
II	ПЭЛ 0,12	2600	1400	540	270
III	ПЭЛ 0,15	15+15	10+10	10+10	7+7

Kui valmishitatud pingemuundajas puudub ergutusvool, tuleb trafo tagasisidemähise äärmiste klemmide külge ühendatud juhtmed omavahel ümber vahetada.

LISAD

Lisa 1

POOLJUHTDIODIDE ISELOOMUSTUSSUURUSED

(temperatuuril $20 \pm 5^\circ \text{C}$)

Punktdiodid

Tüüp	Maksimaalne vastupinge V	Keskmine tööpinge V	Minimaalne päri-voovool pingel +1 V mA	Maksimaalne alaldatud voovool mA	Läbilöögi- pinge amplituud V	Piirisagedus MHz	Kasutusala
ДГ-Ц1	50	35	2,5	25			Universaalne
ДГ-Ц2	50	35	4,0	25	75		"
ДГ-Ц3	50	35	2,5	25	75		Detektor. AVR piiraja
ДГ-Ц4	75	50	2,5	25	100		Sama
ДГ-Ц5	75	50	1,0	25	100		Detektor. AVR
ДГ-Ц6	100	70	2,5	25	125		Detektor
ДГ-Ц7	100	70	1,0	25	125		Universaalne
ДГ-Ц8	30	20	10	50	50		Mõõtesuunaja
ДГ-Ц9	30		10	25	45		"
ДГ-Ц10	30		5	16	45		"
ДГ-Ц12	30	20	5,0	25	45		Universaalne
ДГ-Ц13	30	20	1,0	25	45		"
ДГ-Ц14	50	35	2,0	25	75		Mõõtesuunaja, piiraja
Д1А	40	20	2,5	16	40	150	Universaalne
Д1Б	45	30	1,0	16	45	150	"
Д1В	45	30	7,5	25	45	150	"
Д1Г	75	50	5,0	16	75	150	"
Д1Д	110	75	2,5	16	110	150	"
Д1Е	150	100	1,0	12	150	150	"
Д1Ж	150	100	5,0	12	150	150	"
Д2А	15	10	50	50	15	150	"
Д2Б	45	30	5	16	45	150	"
Д2В	60	45	10	25	60	150	"
Д2Г	100	70	2...5	16	100	150	"
Д2Д	100	70	5...10	16	100	150	"
Д2Е	150	100	2...10	16	150	150	"
Д2Ж	200	150	2...10	8	200	150	"
Д9А	10	—	10	25		40	"

Tüüp	Maksimaalne vastupinge V	Keskmine tööpinge V	Minimaalne päri-voopinge +1 V mA	Maksimaalne alaldatud vool mA	Läbilööginge amplituud V	Piirigaadus MHz	Kasutusala
D9B	10		90	40		40	Universaalne
D9B	30		10	20		40	"
D9Г	30		30	30		40	"
D9Д	30		60	30		40	"
D9E	50		30	20		40	"
D9Ж	100		10	15		40	"
D10	10			50	75	100	Piiraja
D10A	10			50		100	"
D10B	10			50		100	"
D11	30		100	20	40	150	Universaalne
D12	50		100	20	75	150	"
D12A	50		100	20	75	150	"
D13	75		100	20	100	150	"
D14	100		30	20	125	150	"
D14A	100		100	20	125	150	"
D101	100		1,0	30		600	"
D101A	100		1,0	30		600	"
D102	75		1,0	30		600	"
D102A	75		1,0	30		600	"
D103	30		1,0	30		600	"
D103A	30		1,0	30		600	"
D104	100		1,0	30		600	"
D104A	100		1,0	30		600	"
D105	75		1,0	30		600	"
D105A	75		1,0	30		600	"
D106	30		1,0	30		600	"
D106A	30		1,0	30		600	"

Pinddoodid

Tüüp	Alaldatud vool mA	Maksimaalne vastupinge amplituud V	Maksimaalne vastuvool μ A	Läbilööginge amplituud V	Keskmine pingelang V
DГ-Ц21, D7A	300	50	1	75	0,5
DГ-Ц22, D7B	300	100	1	150	0,5
DГ-Ц 23, D7B	300	150	1	225	0,5
DГ-Ц 24, D7Г	300	200	1	300	0,5
DГ-Ц 25, DГД	100	300	1	450	0,3
DГ-Ц 26, D1E	100	350	1	525	0,3
DГ-Ц 27, DГЖ	100	400	1	600	0,3

Tüüp	Alaldatud vool mA	Maksi- maalne vastu- pinge amplituud V	Maksi- maalne vastu- vool μ A	Läbilöögi- pinge ampli- tuud V	Keskmine pingelangi V
D201A	200	25	500		
D201B	200	50	500		
D201B	400	50	500		
D201Г	200	100	500		
D201Д	400	100	500		
D201E	200	200	500		
D201Ж	400	200	500		
D202	400	100			1,5
D203	400	200			1,5
D204	400	300			1,5
D205	400	400			0,25
D302	1000	200	1000		0,25
D303	3000	150	1500		0,3
D304	5000	100	3000		0,3
D305	10000	50	3000		0,3

Ränistabilitroneid parameetrid

Tüüp	Stabiliseeritav pinge V	Dünaamiline takistus voo- lul 1 mA Ω	Dünaamiline takistus voo- lul 5 mA Ω	Maksimaalne stabiliseeri- tav vool mA
D808	7... 8,5	12	6	33
D809	8... 9,5	18	10	29
D810	9... 10,5	25	12	26
D811	10... 12	30	15	23
D813	11,5... 14	35	18	20

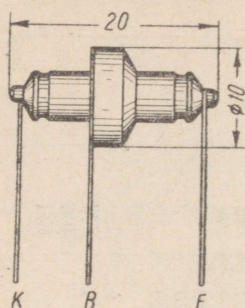
TRANSISTORIDE ISELOOMUSTUSSUURUSED (temperatuuril $20 \pm 5^\circ \text{C}$)

Tüüp	Juhtivuse liik	Maksimaalne kollektori kaovõimsus P_k mW	Maksimaalne kollektori-pinge U_k V	Maksimaalne kollektori-vool I_k mA	Kollektori vastuvool I_{ko} μA	Voolivõimendustegur h_{21} (α või β)	Kollektoritakistus r_k M Ω	Kollektori mahtuvus C_k pF	Piir-sagedus MHz	Mürategur dB	Väljaviikude asetus joonisel
П1А	p-n-p	50	-20	5	30	0,9	0,3		0,1	35	1
П1Б	"	50	-20	5	30	0,93	0,5		0,1	35	1
П1В	"	50	-20	5	15	0,93...0,97	1,0		0,1		1
П1Г	"	50	-20	5	30	0,96	0,5		0,1		1
П1Д	"	50	-20	5	15	0,94	0,5		0,1	18	1
П1Е	"	50	-20	5	30	0,94	0,3	60	0,5	35	1
П1Ж	"	50	-20	5	20	0,95	0,3	45	1,0	35	1
П1И	"	50	-20	5	20	0,96	0,5	40	1,6	35	1
П2А	"	250	-100	10	200	0,9					1
П2Б	"	250	-50	25	200	0,9					1
П3А	"	$3,5 \cdot 10^3$	-50	150	500	2,0					2
П3Б	"	$3,5 \cdot 10^3$	-50	250	250	2,0					2
П3В	"	$3,5 \cdot 10^3$	-50	450	250	2,0					2
П4А	"	$30 \cdot 10^3$	-60	5000	500	5,0			0,15		3
П4Б	"	$30 \cdot 10^3$	-70	5000	400	15...40			0,15		3
П4В	"	$30 \cdot 10^3$	-40	5000	400	10			0,15		3
П4Г	"	$30 \cdot 10^3$	-50	5000	400	15...30			0,15		3
П4Д	"	$30 \cdot 10^3$	-50	5000	400	30			0,15		3
П5А	"	50	-10	10	30	0,93	0,3		0,3	12	4
П5Б	"	50	-10	10	15	0,95...0,97	0,4		0,4	12	4
П5В	"	50	-10	10	15	0,97...0,99	0,4		0,4	18	4
П5Г	"	50	-10	10	15	0,97...0,99	0,4		0,4	10	4
П5Д	"	50	-10	10	15	0,95...0,97	0,4		0,3	10	4
П6А	"	150	-30	10	30	0,92	0,3	50	0,1	22	5
П6Б	"	150	-40	10	15	0,92	0,5	50	0,1	23	5
П6В	"	150	-30	10	15	0,94	0,5	50	0,47	23	5

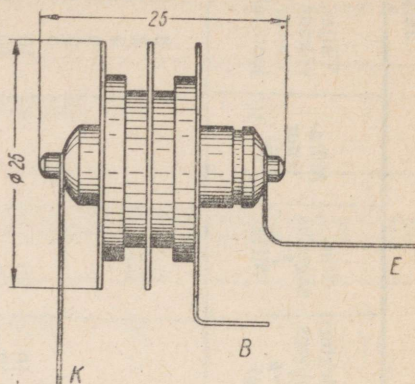
Tüüp	Juhtivuse liik	Maksimaalne kollektori kaovõimsus P_k mW	Maksimaalne kollektori-kollektori-pinge U_k V	Maksimaalne kollektori-vool I_k mA	Kollektori vastuvool I_{ko} μ A	Vooluvõimendus-tegur β_{21} (α või β)	Kollektoritakistus r_k M Ω	Kollektori mahtuvus C_k pF	Piir-sagedus f MHz	Müra-tegur dB	Väljaviikude asetus joonisel
П6Г	p-n-p	150	-30	10	15	0.97	0.3	50	2.5	23	5
П6Д	"	150	-30	10	15	0.95	0.5		1.0	12	5
П7	"	45	-6,5	45	30	0.97...0.99	0.3	65	0.1		4
П8	n-p-n	150	+20	30	30	0.9	0.3		0.1		5
П9	"	150	+20	30	15	0.91...0.95	0.5	60	0.47		5
П9А	"	150	+20	30	15		0.5	60	0.47	12	5
П10	"	150	+20	30	15	0.95	0.3	60	1.0		5
П11	"	150	+20	30	15	0.95	0.3	60	1.6		5
П12	p-n-p	30	-6	5	6	0.95	0.5	20	5.0		6
П13	"	150	-30	10	15	0.92	0.3	50	0.47	33	5
П13А	"	150	-30	10	10	0.97	0.5	50	0.47	33	5
П13Б	"	150	-15	10	15	0.92	0.3	50	1.0	12	5
П14	"	150	-30	10	10	0.95	0.3	50	1.0	33	5
П15	"	150	-30	10	10	0.95	0.3	50	1.6	33	5
П16	"	150	-30	10	10	0.95	0.3	50	1.0	12	5
П16А	"	150	-30	10	10				1.0		5
П16Б	"	150	-30	10	10				1.0		5
П19	"	30	-20	30	20	0.95	0.5	20	5.0	18	7
П20	"	150	-50	3					1.0		5
П21	"	150	-50	3					1.0		5
П21А	"	150	-70	2,2					1.0		5
П101	n-p-n	150	+20	20	0.8	0.9	0.3		0.2		5
П101А	"	150	+20	20	0.8	0.9	0.3		0.2		5
П102	"	150	+10	20	0.8	0.93	0.5		0.47		5
П103	"	150	+10	20	0.8	0.9	0.3		1.0		5
П104	p-n-p	150	-100	20	0.8	0.9	0.3		0.6		5
П105	"	150	-45	20		0.9	0.3		0.6		5
П106	"	150	-45	30		0.93	0.3		1.5		5
П201	"	10 · 10 ³	-30	1500		0.95	0.5		0.1		8
П201А	"	10 · 10 ³	-30	1500		0.98	0.5		0.2		8

Tüüp	Juhtivuse liik	Maksimaalne kaovõimsus P_k mW	Maksimaalne kollektori-kollektori-pinge U_k V	Maksimaalne kollektori-vool I_k mA	Kollektori vastuvool I_{k0} μ A	Vooluvõimendustegur h_{21} (α või β)	Kollektoritakistus r_k M Ω	Kollektori mahtuvus C_k pF	Piirsagedus f MHz	Mürategur dB	Väljaviikude asetusjoonisel
П202	p-n-p	$10 \cdot 10^3$	-45	1500		0,95			0,2		8
П203	"	$10 \cdot 10^3$	-60	1500		0,95			0,2		8
П207	"	$100 \cdot 10^3$	-40	25000	$16 \cdot 10^3$	15					9
П207A	"	$100 \cdot 10^3$	-40	25000	$16 \cdot 10^3$	15					9
П208	"	$100 \cdot 10^3$	-60	25000	$25 \cdot 10^3$	15					9
П208A	"	$100 \cdot 10^3$	-60	25000	$25 \cdot 10^3$	15					9
П401	"	50	-10	10	10	0,94		10	30		10
П402	"	50	-10	10	5	0,94		10	60		10
П403	"	50	-10	10	5	0,94...0,97		10	120		10
П403A	"	50	-10	10	5	0,97		10	120		10
П404	"	10	-5	5	5	0,93	0,15	5	20		11
П404A	"	10	-5	5	2	0,93	0,15	2	20		11
П405	"	10	-5	5	5	0,95	0,15	5	30		11
П405A	"	10	-5	5	2	0,95	0,15	5	30		11
П406	"	30	-6	5	6	0,95	0,5	20	10		6
П407	"	30	-6	5	6	0,95	0,5	20	20		6
П408	"	30	-20	30	20	0,95	0,5	20	20		7
П409	"	30	-20	30	20	0,95	0,5	20	20		7
П410	"	100	-8	20	2	0,965...0,99	1,0	4	200		12
П410A	"	100	-8	20	2	0,99...0,996	1,0	4	200		12
П411	"	100	-8	20	2	0,99...0,996	1,0		400		12
П411A	"	100	-8	20	2	0,99...0,996	1,0		400		12

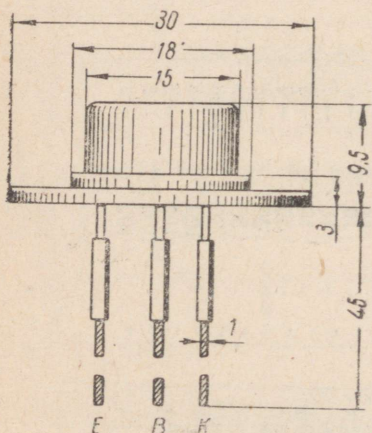
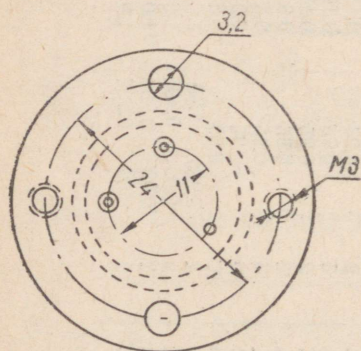
Transistoride väljaviikude asetus



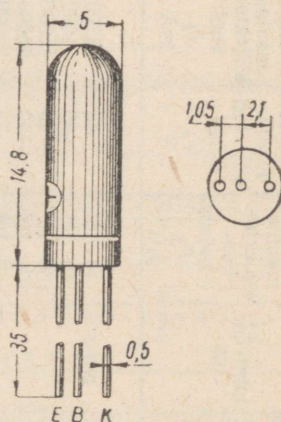
Joon. 1. Transistorid П1 ja П2.



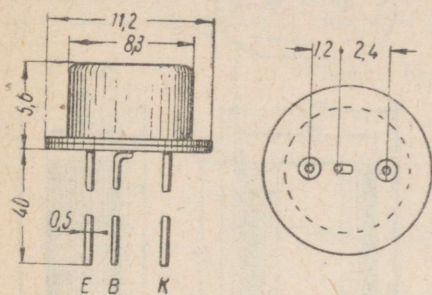
Joon. 2. Transistorid П3.



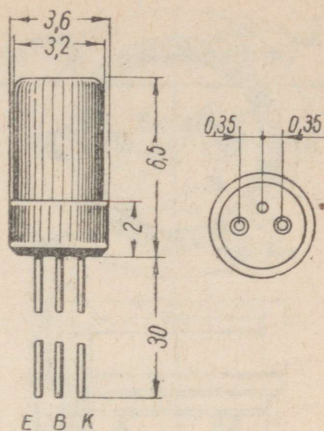
Joon. 3. Transistorid П4.



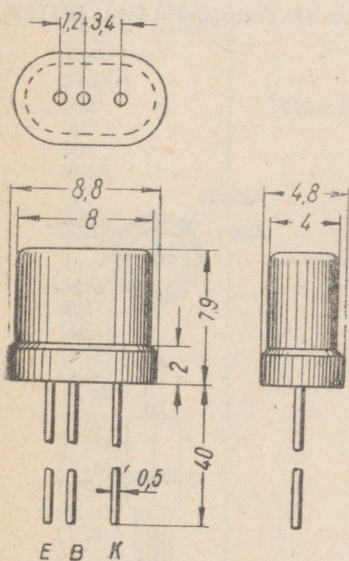
Joon. 4. Transistorid П5 ja П7.



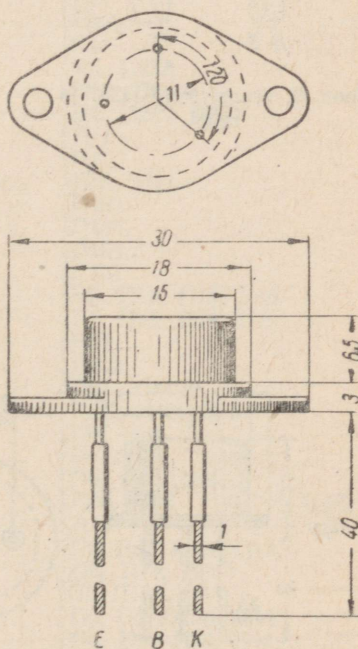
Joon. 5. Transistorid П6, П8, П9, П10, П11, П13, П14, П15, П16, П20, П21, П101, П102, П103, П104, П105 ja П106.



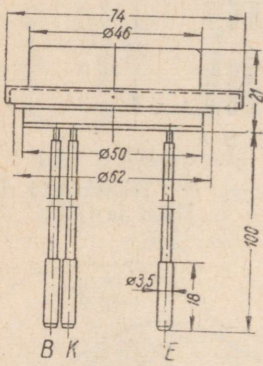
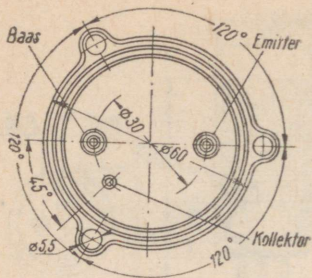
Joon. 7. Transistorid П19, П408 ja П409.



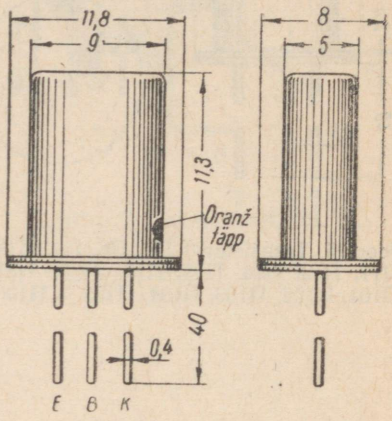
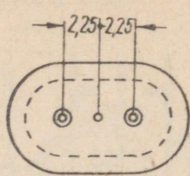
Joon. 6. Transistorid П12, П406 ja П407.



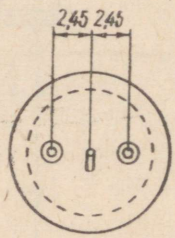
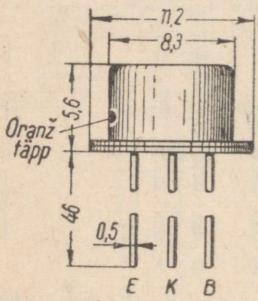
Joon. 8. Transistorid П201, П202 ja П203.



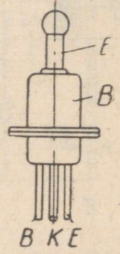
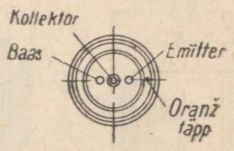
Joon. 9. Transistorid Π207 ja Π208.



Joon. 11. Transistorid Π404 ja Π405.



Joon. 10. Transistorid Π401, Π402 ja Π403.



Joon. 12. Transistorid Π410 ja Π411.

VÄLISMAISTE TRANSISTORIDE KODUMAISED EKVIVALENDID

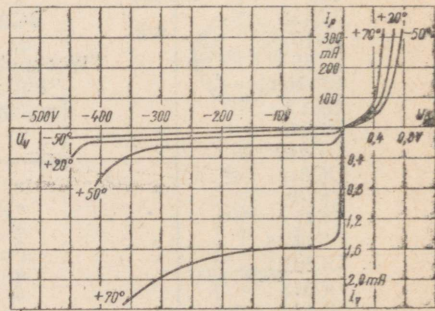
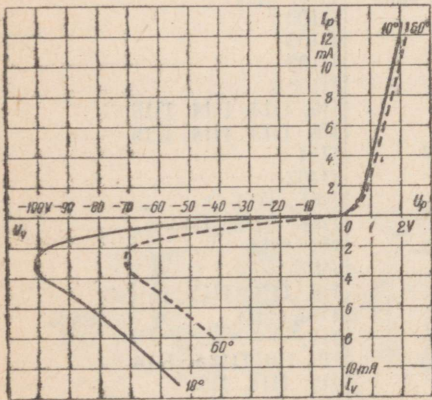
Tüüp	Tootev firma või riik	Ekvivalent
2N45	"General Electric"	П5А, П6, П14
2N107	"	П5В
2N168	"	П11
2N168А	"	П11
2N169	"	П11
2N169А	"	П11
2N170	"	П11
GT760	"General Transistor"	П406
GT761	"	П406
GT762	"	П401
2N112	"Raytheon"	П401
2N114	"	П401
2N130	"	П15
CK721	"	П5В
CK760	"	П401
CK761	"	П401
CK722	"	П5, П6, П13А, П14
CK725	"	П5Г
CK727	"	П5Д
2N65	"	П14
2N32	"Sylvania"	П6, П13А
2N35	"	П10, П9
2N68	"	П4, П202, П203
2N94	"	П11
2N94А	"	П11
202	Texas Instruments Inc.	П10, П11
903	"	П103
904	"	П103
904А	"	П103
905	"	П103
TA153	RCA	П6, П13, П14, П15
2N109	"	П6, П13, П14, П15
2N55	"Westinghouse"	П14
SB-100	"Philco"	П402
GET3	Inglismaa	П6Г, П14
GET6	"	П6Г, П13, П14
OC810	Saksa DV	П6, П14
OC811	"	П6Г
TF70	"	П9, П10, П11
TF71	"	П10, П11
TF72	"	П11
OC812	"	П5, П6, П13А, П14
OC813	"	П5, П14, П6Г
OC814	"	П5, П13А, П14
OC815	"	П5, П6, П13А, П14
OC816	"	П5, П6, П13, П14
OC820	"	П6, П13, П14
OC822	"	П6, П13, П14, *
OC823	"	П6, П13, П14, *
OC831	"	П4, П201, П202, П203

Tüüp	Tootev firma või riik	Ekvivalent
OC832	Saksa DV	П4, П202, П203
OC833	"	П4Б, П203
OC824	"	П6, П13, П14
OC825	"	П6, П13, П14
OC826	"	П6, П13, П14
OC827	"	П6, П13, П14
OC828	"	П6, П13, П14
OC829	"	П104

* Tuleb vähendada 25% kollektori kaovõimsust.

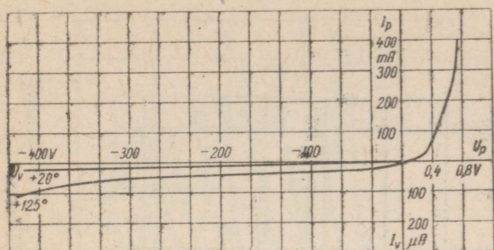
Lisa 4

POOLJUHTDIODIDIDE JA TRANSISTORIDE TUNNUSJONED



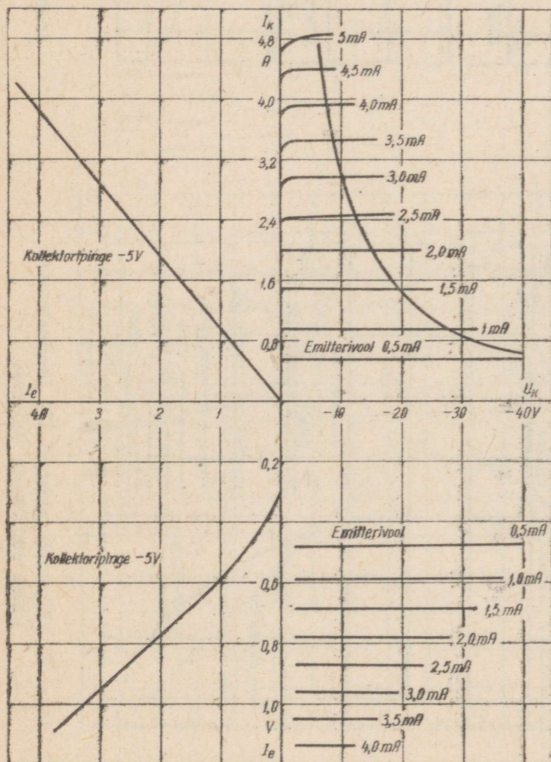
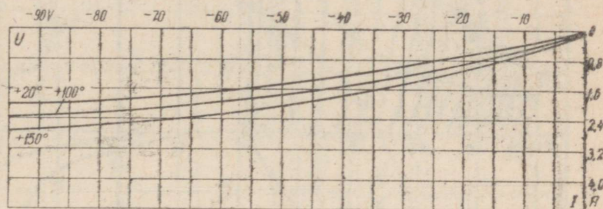
Joon. 1. Tüüpilised germaanium-punktdiodi tunnusooned temperatuuridel +10° C ja +60° C:
 U_v – vastupinge; U_p – päripinge; I_v – vastuvool; I_p – päriool.

Joon. 2. Germaanium-pinddiodi Д7Ж tunnusooned temperatuuridel -50° C, +20° C, +50° C ja +70° C.

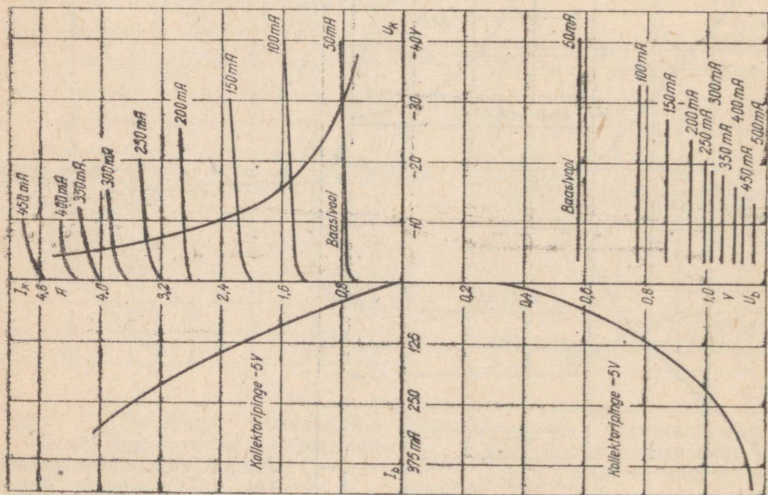


Joon. 3. Räni-pinddiodi D205 tunnusooned temperatuuridel $+20^\circ\text{C}$ ja $+125^\circ\text{C}$.

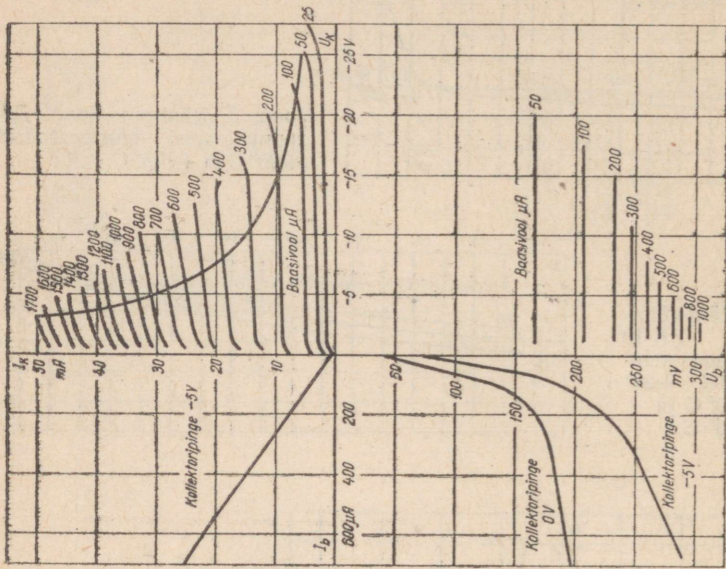
Joon. 4. Räni-võimsusdiodi BK-10 tunnusooned temperatuuridel $+20^\circ\text{C}$, $+50^\circ\text{C}$ ja $+150^\circ\text{C}$.



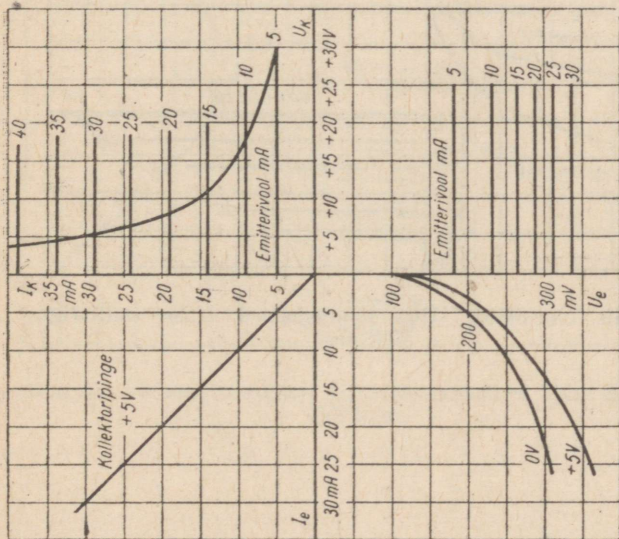
Joon. 5. Võimsustransistori П4 tunnusooned ühise baasilülituses.



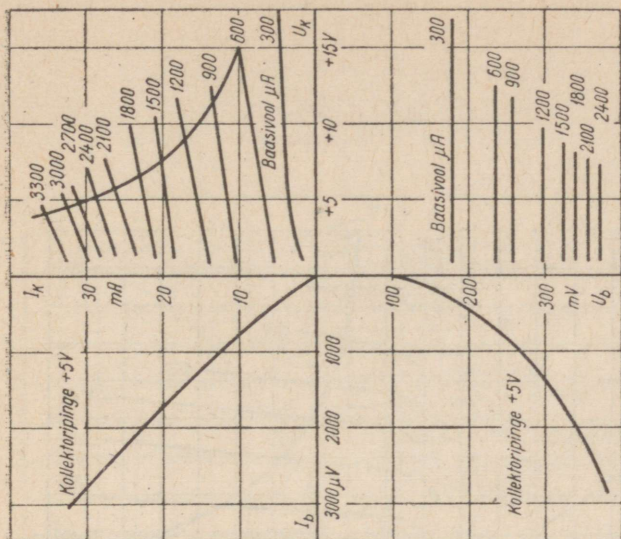
Joon. 6. Võimsustransistori $\Pi 4$ tunnusjooned ühise emitteriga lülituses.



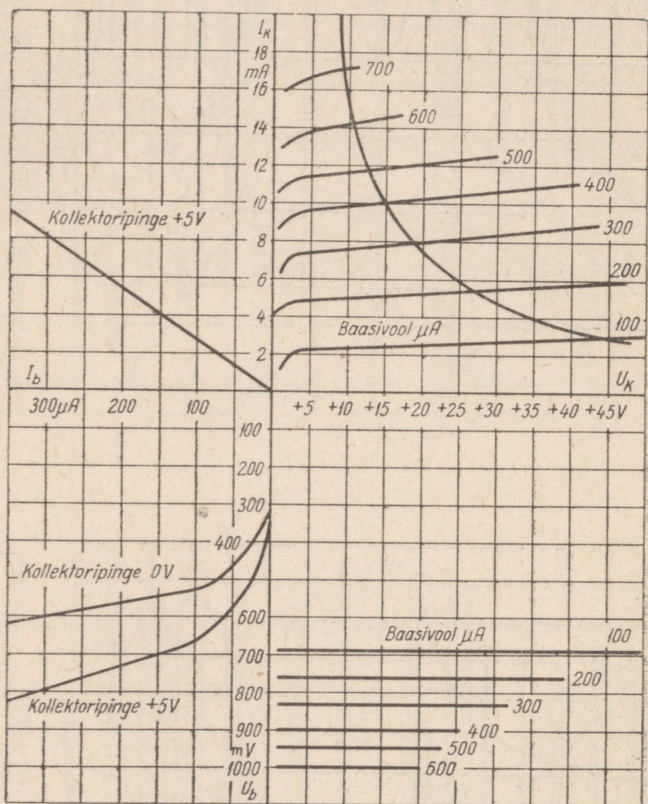
Joon. 7. Transistoride $\Pi 6$ ja $\Pi 15$ tunnusjooned ühise emitteriga lülituses.



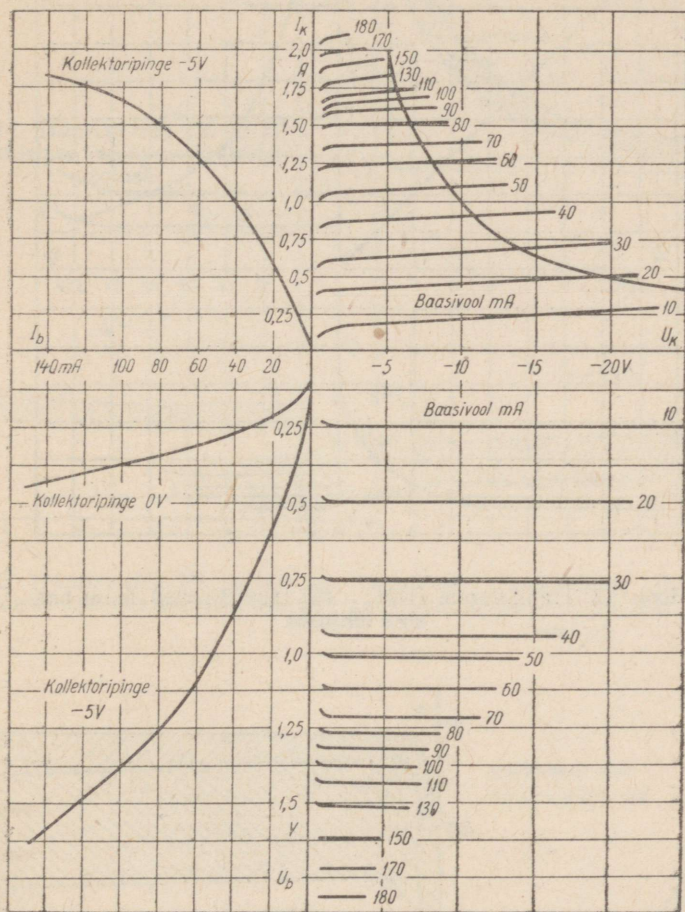
Joon. 8. Transistoride П8... П11 tunnusooned ühise baasiga lülituses.



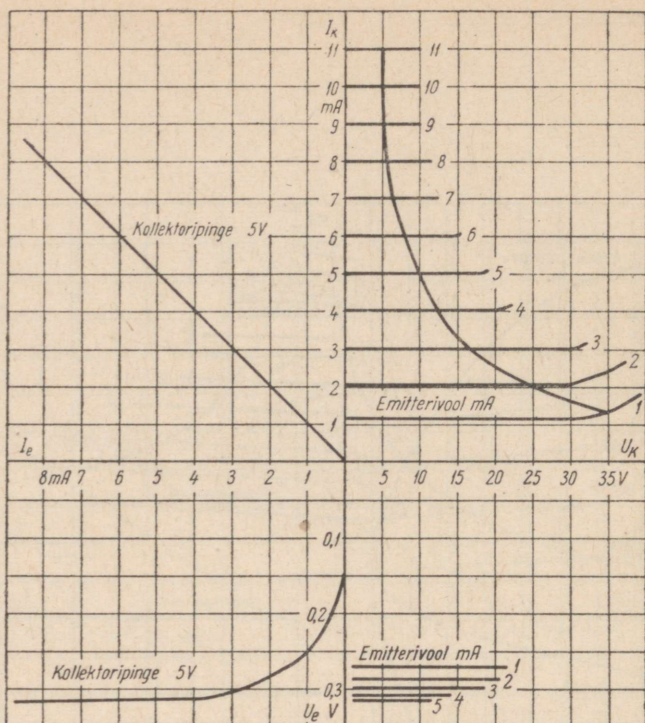
Joon. 9. Transistoride П8... П11 tunnusooned ühise emitteriga lülituses.



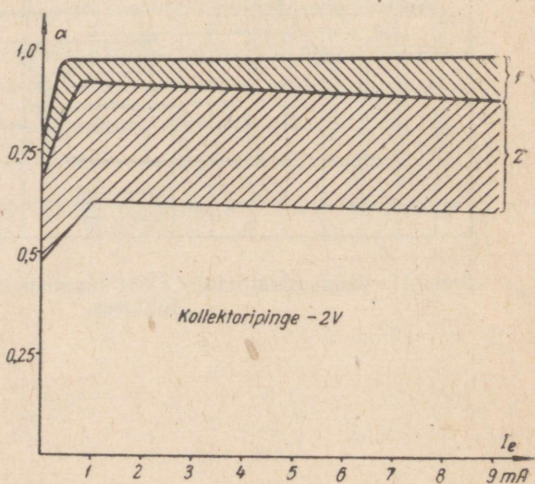
Joon. 10. Transistori П103 tunnusjooned ühise emitteriga lülituses.



Joon. 11. Võimsustransistori Π201 tunnusjooned ühise emitteriga lülituses.

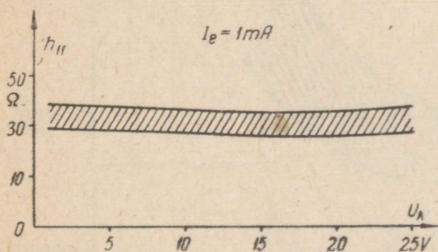
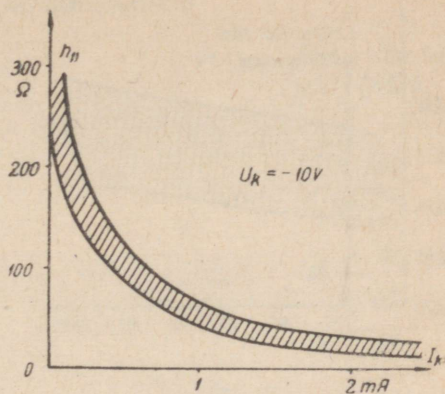


Joon. 12. Transistoride П401...403 tunnusooned ühise baasiga lülituses.

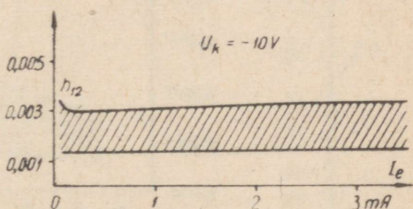


Joon. 13. Transistori П5 vooluvõimendusteguri sõltuvus emitterivoolest:
1 — hea transistor; 2 — halb transistor.

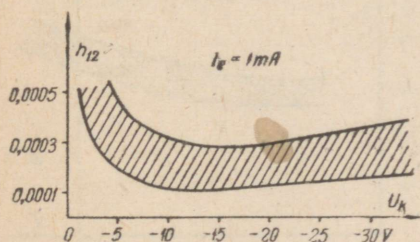
Joon. 14. Transistoride П6 ja П13 sisendtakistuse sõltuvus kollektori-voolust.



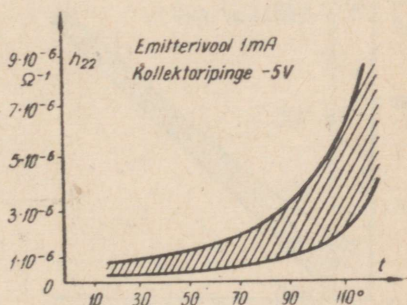
Joon. 15. Transistoride П6 ja П13 sisendtakistuse sõltuvus kollektoripingest.



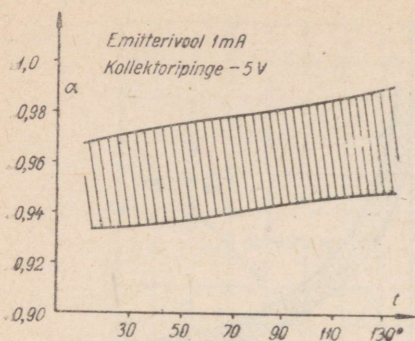
Joon. 16. Transistoride П6 ja П13 vastuülekandeteguri sõltuvus emitteri-voolust.



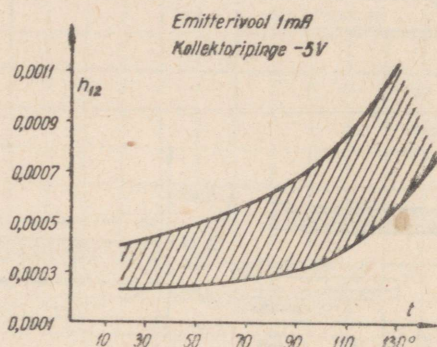
Joon. 17. Transistoride П6 ja П13 vastuülekandeteguri sõltuvus kollektoripingest.



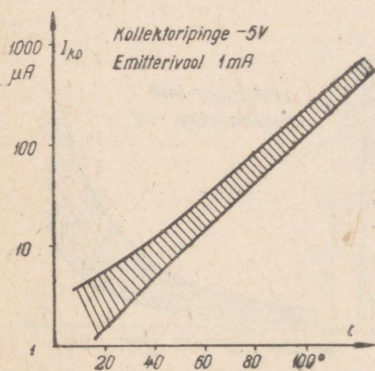
Joon. 18. Transistoride П6 ja П13 väljundjuhtivuse sõltuvus temperatuurist.



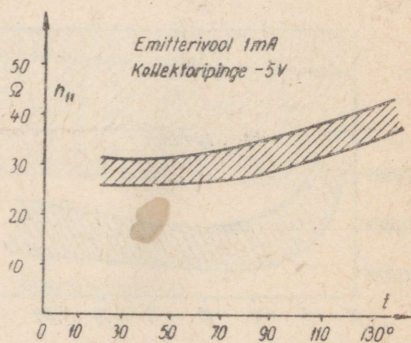
Joon. 19. Transistoride П6 ja П13
vooluvõimendusteguri sõltuvus tempe-
ratuurist.



Joon. 20. Transistoride П6 ja П13
vastuülekandeteguri sõltuvus tempe-
ratuurist.

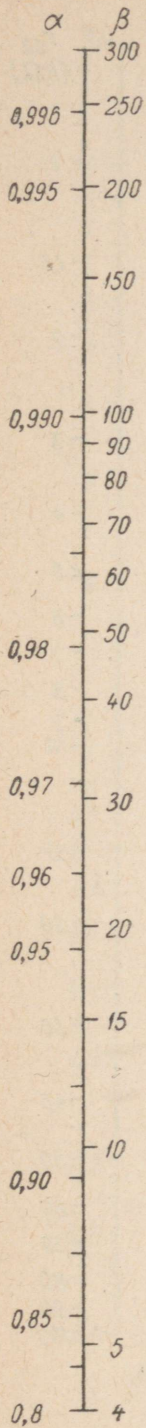


Joon. 21. Transistoride П6 ja П13
kollektori algvoolu sõltuvus tempe-
ratuurist.



Joon. 22. Transistoride П6 ja П13
sisendtakistuse sõltuvus temperatuu-
rist.

NOMOGRAMMID

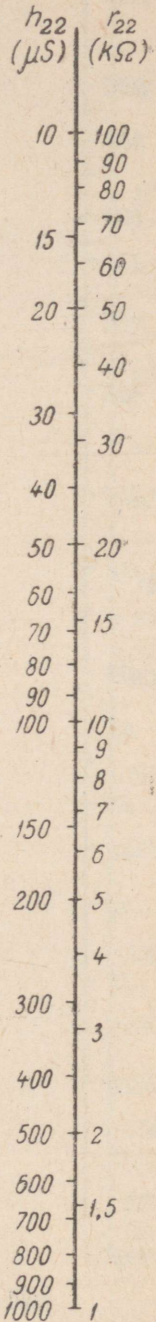


$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

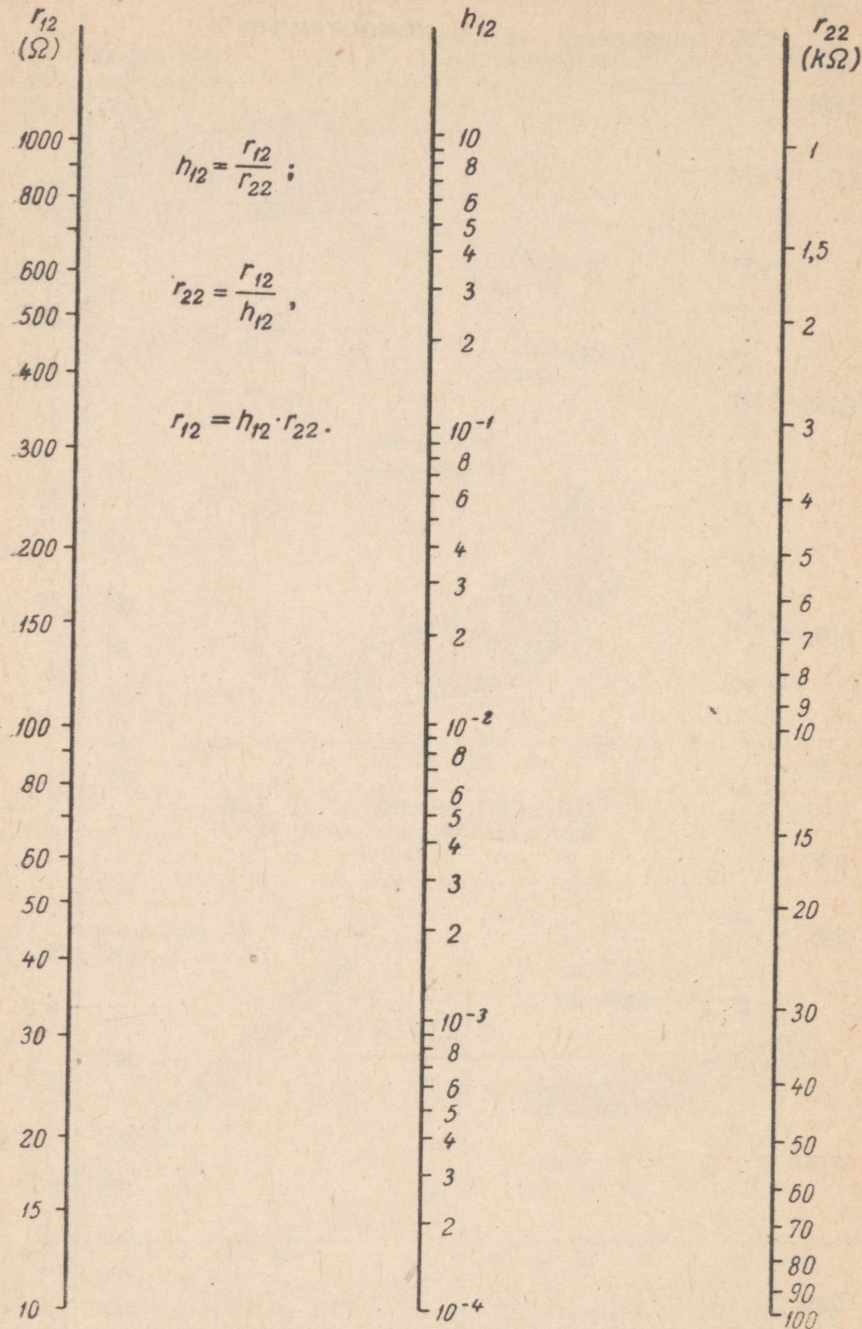
$$h_{22} = \frac{1}{r_{22}};$$

$$r_{22} = \frac{1}{h_{22}}$$

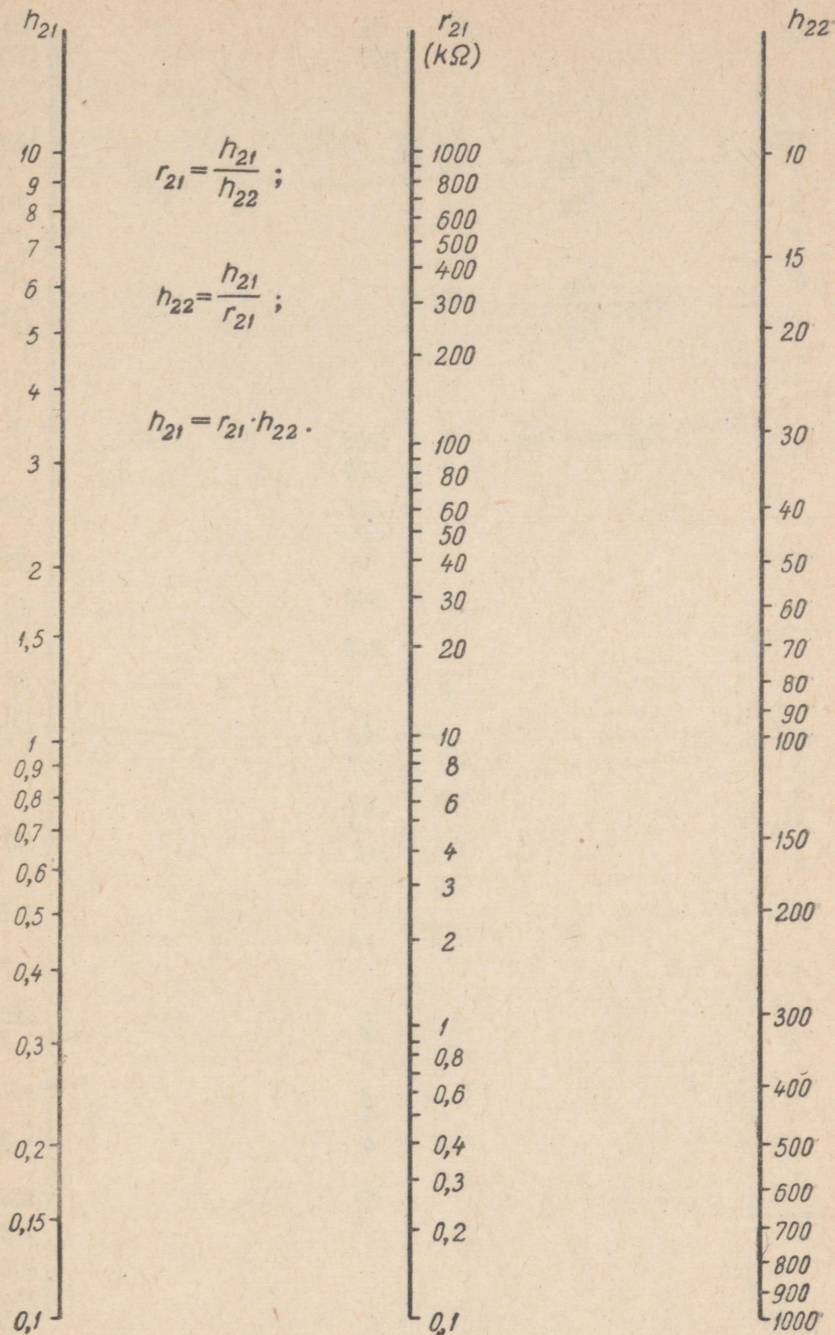


Joon. 1. Transistori α ja β ümberarvutamine.

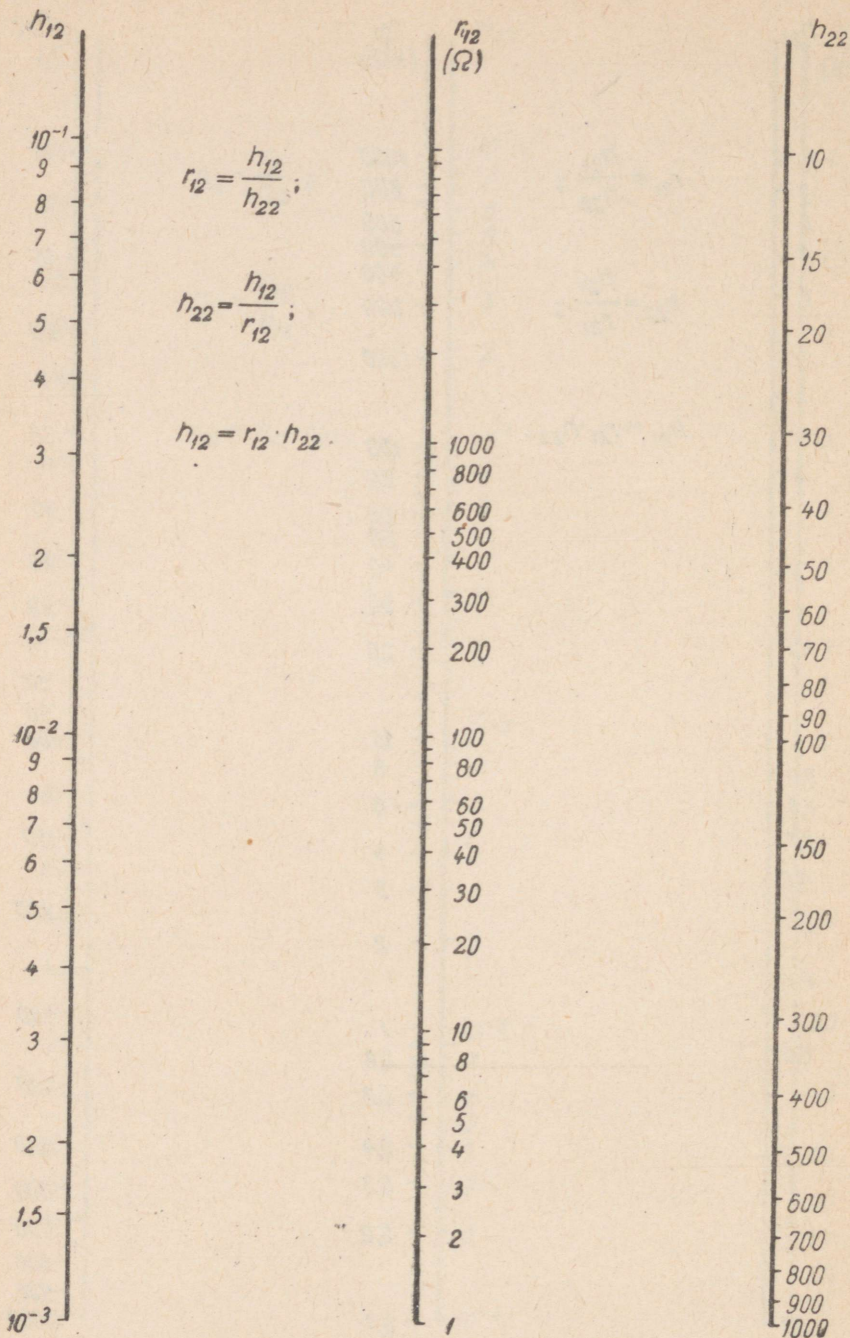
Joon. 2. Transistori r_{22} ja h_{22} parameetrite ümberarvutamine.



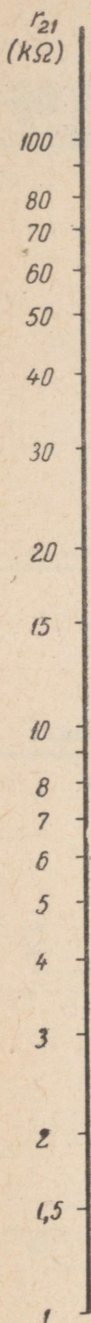
Joon. 3. Transistori r - ja h -parameetrite ümberarvutamine.



Joon. 4. Transistori h - ja r -parameetrite ümberarvutamise.



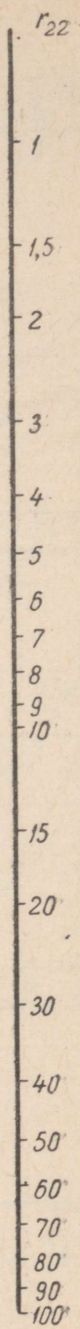
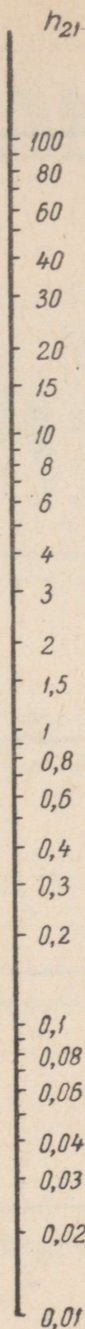
Joon. 5. Transistori h - ja r -parameetrite ümberarvutamine.



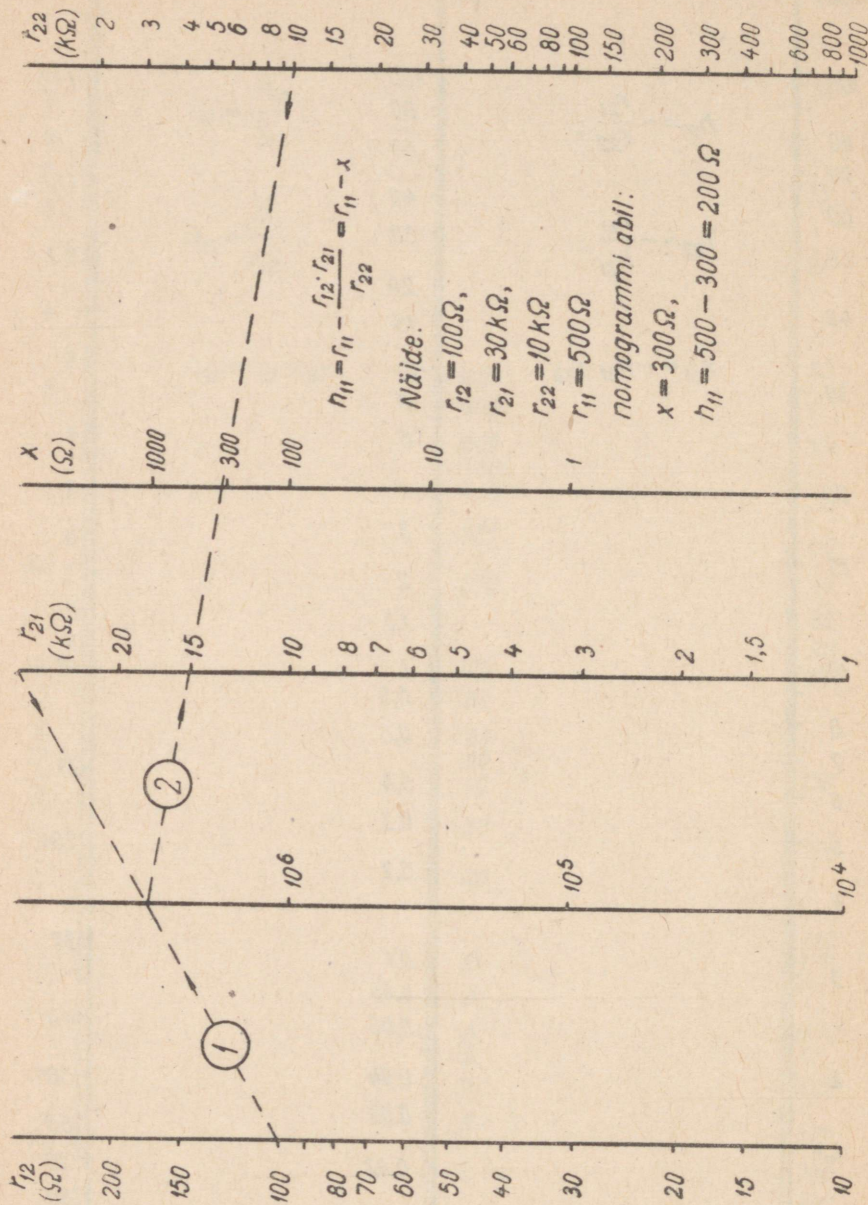
$$h_{21} = -\frac{r_{21}}{r_{22}} ;$$

$$r_{22} = -\frac{r_{21}}{h_{21}} ;$$

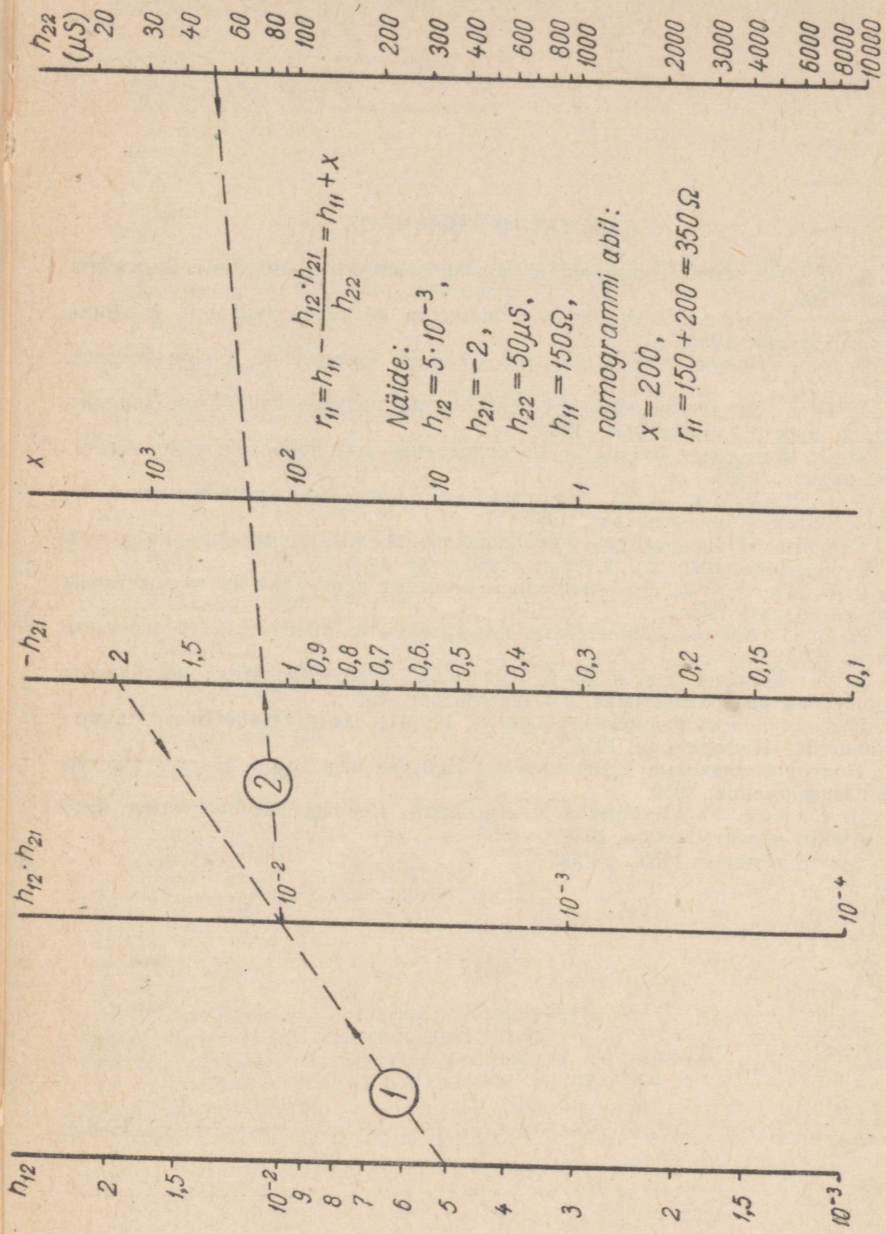
$$r_{21} = -h_{21} \cdot r_{22} .$$



Joon. 6. Transistori r - ja h -parameetrite ümberarvutamine.



Joon. 7. Transistori r - ja h -parameetrite ümberarvutamine.



Joon. 8. Transistori h - ja r -parameetrite ümberarvutamine.

KASUTATUD KIRJANDUS

А. А. Маслов. Электронные полупроводниковые приборы, Госэнергоиздат, 1960.

А. М. Бройде. Электронные лампы и полупроводниковые приборы, Госэнергоиздат, 1958.

Р. Ши. Полупроводниковые триоды и их применение, Госэнергоиздат, 1957.

Р. Ши. Усилители звуковой частоты на полупроводниковых триодах, Изд.-во иностр. литературы, 1957.

Ж. П. Вассер. Схемы на полупроводниковых приборах, Изд. «Советское радио», 1956.

В. В. Кобзев, В. Н. Шишмаков. Каскады радиоприемников на транзисторах, Госэнергоиздат, 1960.

Сборник «Полупроводниковые приборы и их применение» под ред. Я. А. Федотова, Вып. 1...4, Изд. «Советское радио», 1956...1960.

В. В. Яковлев. Любительские переносные приемники на транзисторах, Госэнергоиздат, 1959.

К. В. Лабутин. Простейшие конструкции на транзисторах, Госэнергоиздат, 1960.

А. А. Журавлев и К. Б. Мазель. Преобразователи постоянного напряжения на транзисторах, Госэнергоиздат, 1960.

Информация по радиоэлектронике № 10 (41). Центральное Бюро Научно-технической Информации, 1958.

Полупроводниковые выпрямители. Центральное Бюро Научно-технической Информации, 1959.

H. Lange. Funktechnische Nomogramme. Leipzig, Fachbuchverlag, 1959.

Ajakiri «Электросвязь», 1958...1959.

Ajakiri «Радио», 1956...1960.

SISUKORD

I. Pooljuhtdiodide ja transistoride talitluspõhimõte. Transistoride kontrollimine ja parameetrite määramine	3
Pooljuhtivus	3
Pooljuhtdiodid	7
Transistorid	10
Transistoride korrasoleku kontrollimine	15
Transistoride tunnusjoonte sarjade ülesvõtmine	21
Vooluvõimendusteguri mõõtmine	28
Transistoride vooluvõimendusteguri määramine mitmesugustel sagedustel	29
z -, y - ja h -parameetrid	31
II. Raadiovastuvõtjate astmed ja toiteseadmed	38
Madalsagedusvõimendajad	39
Kõrgsagedusvõimendajad	55
Sagedusmuundajad ja ostsillaatorid	60
Detektorid	64
Võimenduse ja tämbri reguleerimine. Automaatne tundlikkuse regulaator	65
Alaldusseadmed	69
Pingemuundajad	71
III. Raadiovastuvõtjad ja madalsagedusvõimendajad	77
Otsevastuvõtjad	77
Refleksvastuvõtjad	84
Supervastuvõtjad	87
Tööstuslikud supervastuvõtjad	94
Madalsagedusvõimendajad	107
Pingemuundaja	114

LISAD

Lisa 1. Pooljuhtdiodide iseloomustussuurused	116
Lisa 2. Transistoride iseloomustussuurused	119
Lisa 3. Välismaiste transistoride kodumaised ekvivalendid	125
Lisa 4. Pooljuhtdiodide ja transistoride tunnusjooned	126
Lisa 5. Nomogramm	135
Kasutatud kirjandus	142

Халликсоо Виллу Йоханнесович
ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ
В РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВАХ

На эстонском языке

Обложка Г. П а н т

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

Toimetaja L. A b n

Kunstiline toimetaja R. T u n g l a

Tehniline toimetaja I. V a h t r e

Korrektor S. R i d a l a

Ladumisele antud 14. X 1961. Trükkimisele antud
11. I 1962. Paber 60×90, 1/16. Trükipoognaid 9.
Arvutuspoognaid 8,46. Trükiarv 8000. MB-01510. Tel-
limise nr. 8961, Hans Heidemanni nim. trükikoda,
Tartu, Olikooli 17/19. I.

Hind 50 kop.

50 kop.

A-24395

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00367860 6