



G. GENDIN

**KÕRGE-
KVALITEEDILISED
MADALSAGEDUS-
VÕIMENDID**

A
G. S. GENDIN

A-28419

KÕRGE-
KVALITEEDILISED
MADALSAGEDUS-
VÕIMENDID

A
108234

KIRJASTUS «VALGUS»
TALLINN 1967

Originaali tiitel:

Г. С. Гендин
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ
УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ
Издательство «Энергия», Москва—Ленинград 1965

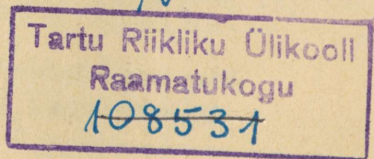
Tõlkinud vene keelest *I. Treikelder*
Kunstiliselt kujundanud *T. Aru*

Brošüür sisaldab praktilisi juhiseid mitmesuguse keerukusega madalsagedusvõimendite ja akustiliste süsteemide ehituse, konstrueerimise ning reguleerimise kohta. Esitatakse mitme lamp- ja transistorvõimendi üksikasjalised ehituskirjeldused.

Eestikeelset väljaannet on täiendatud mitme võimendi ehituskirjeldusega.

Teos on vajalik kõigile raadiohuvilistele, kes tegelevad madalsagedusvõimendite konstrueerimise ja ehitamisega.

N



E E S S Ö N A

Kaasajal pühendab üha rohkem inimesi oma vaba aja raadioamatöörismile. Kaugele minevikku on jäänud aeg, mil raadioamatöörid ehitasid oma konstruktsioone juhuslike välismaiste ehituskirjelduste järgi esimestest kättejuhtuvatest detailidest, lootes saavutada erakordseid tulemusi. Keegi ei looda enam saavutada mingilt raadioseadmelt häid tulemusi detailide pimeda valiku abil.

Meie raadioamatööride käsutuses on kaasaegne mõõteaparatuur, mis võimaldab neil teadlikult häälestada ja reguleerida kõige keerukamaid raadioaparaate. Neid teenindavad ALMAVÜ raadioklubid, kus nad võivad saada kogunud spetsialistidelt konsultatsiooni.

Tohutu hulk tehnilist kirjandust, mis antakse välja meie maal, võimaldab raadioamatööril loominguiliselt läheneda iga raadiotehnilise seadme konstrueerimisele. Sellest hoolimata tuntakse amatööride hulgas, kes tegelevad kõrgekvaliteediliste võimenditega, vajadust raamatu järele, mis aitaks neid omatehtud konstruktsioonide väljatöötamisel, ehitamisel, reguleerimisel ja ekspluateerimisel.

Käesolevas raamatus antakse üksikasjalisi andmeid kõrgekvaliteediliste madalsagedusvõimendite konstrueerimise kohta, esitatakse kaalutlusi ühe või teise lülituse või akustilise süsteemi valikuks, vaadeldakse tüüpilisi vigu, mis esinevad amatööride konstruktsioonides. Erilist tähelepanu pühendatakse võimendite montaaži ja reguleerimise küsimustele. Raamatu lõpposas tuuakse mitmesuguse keerukusega võimendite konstruktsioonide üksikasjalised kirjeldused.

VÖIMENDITE KONSTRUEERIMINE

Tehnilised nõuded

Enne helisagedusvõimendi konstrueerimisele asumist tuleb formuleerida talle esitatavad tehnilised nõuded. Nende hulka kuuluvad väljundvõimsus antud mittelineaarmoonutuse puhul, tundlikkus sisendklemmidel sagedusel 1000 Hz, sagedusriba laius sageduskarakteristiku etteantud ebaühtluse puhul, omamüra tase, kõlavärvingu reguleerimise ulatus, helitugevuse reguleerimise piirid ja iseloom (sujuv, astmeline, kompenseeritud jne.).

Peale selle määratakse tavaliselt kindlaks võimendi ülesanne ja tema sisendisse antavate signaalide allika tüüp. Mitmekanaliliste ja stereofooniliste võimendite korral antakse täiendavalt ette maksimaalselt lubatav ühe kanali signaalide sissetungimine teise kanalisse ja lubatav kanalite parameetrite ebaühtlus.

Spetsiaalsetele helisagedusvõimenditele, mis on määratud heli taas-esitamiseks (näiteks reverberatsiooniga võimendusseadmed, ruumilise heliefektiga seadmed jne.), esitatakse tavaliselt erinõudeid.

Asudes võimendit konstateerima, on tarvis õigesti valida tema põhiparameetrid, sest liiga madalate esitatavate nõuete korral osutub võimendi kvaliteet mitterahuldavaks, liiga kõrgete nõuete korral aga kujuneb võimendi õigustamatult keerukaks ja kalliks.

Helisagedusvõimendid võib tinglikult jagada nelja gruppi. Nende parameetrid on toodud tabelis 1.

Esimesse gruppi kuuluvad võimendid, mis on ette nähtud mööbelkujunduses radioladele ja raadiokombainidele, professionaalsetele magnetofonidele, kõrgekvaliteedilistele stereofoonilistele seadmetele jne. Selliseid võimendeid kasutavad raadioamatöörid harva nende keerukuse ja kõrge hinna tõttu. Pealegi ei ole kodustes tingimustes tavaliselt võimalik realiseerida nende võimendite kõrgekvaliteedilisi omadusi eluruumide akustiliste parameetrite tõttu, samuti seetõttu, et amatööridel ei ole kasutada vastavate parameetritega helisagedus-signaali allikaid (magnetlinti, heliplaate, helipäid jne.).

Teise gruppi võimendeid kasutatakse raadiovastuvõtjates, radiola-

Helisagedusvõimendite põhilised elektrilised parameetrid

Parameeter	Norm vastavas grupis			
	I	II	III	IV
Väljundvõimsus W	>10	5...10	2...4	<2
Ülekantav sagedusriba Hz	40... 20 000	60... 12 000	80... 10 000	100... 7000
Mittelineaarmoonutus %:				
sagedustel kuni 200 Hz	3,5	5	5	7
sagedustel üle 200 Hz	1	3	3	5
Dünaamiline diapason dB	60	54	50	40
Kõlavärvingu reguleerimise ulatus kõrgetel helisage- dustel, dB	±10	±6	±6	-10
Kõlavärvingu reguleerimise ulatus madalatel helisage- dustel, dB	±10	±6	±6	—
Tundlikkus mV	200	200	200	250

des, raadiokombainides ja magnetofonides. Selliseid võimendeid ehitavad kvalifitseeritud amatöörid sageli. Seetõttu on selle grupi võimendele pööratud erilist tähelepanu.

Kolmanda grupi võimendeid on määratud lauale asetatavatele vastuvõtjatele, radioladele, magnetooladele ja kantavatele magnetofonidele. Amatööripraktikas on sellised võimendid kõige enam levinud ning neid kasutatakse enamikus endavalmistatud konstruktsioonides.

Lõpuks, neljandasse gruppi kuuluvaid võimendeid kasutatakse lihtsates raadiogramfonides, magnetofonides, televiisorites ja harvemini väikesegabariidilistes võrgust toidetavates raadiovastuvõtjates.

Iga grupi võimendid nõuavad vastavat akustilist süsteemi, mis lihtsates konstruktsioonides koosneb ühest või kahest valjuhääldajast. Keerukamates monofoonilistes võimendites kasutatakse ruumilise heliefektiga akustilist süsteemi, mis koosneb kolmest või rohkemast valjuhääldajast, mis asuvad eri tasapindades. Sterefoonilise võimendi juurde kuulub kaks identset akustilist süsteemi.

Kantavate magnetofonide ja elektrigramfonide valjuhääldajate valikul lähtutakse nii elektroakustilistest kui ka konstruktiivsetest nõuetest.

Lähteandmeteks võimendile esitatavate nõuete määramisel peavad olema helisagedusliku signaali allika parameetrid ja võimendi asu-

kohaks määratud ruumi akustilised omadused. Näiteks monofooniliste grammofonide ja magnetofonide, samuti pikk-, kesk- ja lühilaineraadiovastuvõtjate korral osutub enamasti küllaldaseks kolmanda grupi parameetritega võimendi. Teise grupi võimendid on vajalikud sagedusmodulatsiooniga raadiosaadete vastuvõtjates, stereofoonilistes magnetofonides ja grammofonides ning poolprofessionaalsetes monofoonilistes magnetofonides.

Ruumi akustilised omadused sõltuvad esmajärjekorras tema mõõtmetest ja kujust, kuid samuti ka heli neeldumise ja peegeldumise astmest, mille põhiliselt määravad ruumis asuv mööbel ja muud majapidamisesemed (vaibad, eesriided, kardinad). Ruumides, mille pindala on alla 20 m², ei ole otstarbekohane kasutada esimese või teise grupi võimendeid, sest selliste võimendite dünaamilist diapasooni (54...60 dB) ei õnnestu väikestes ruumides realiseerida ning nende nimi-väljundvõimsust ei saa seega ära kasutada.

Lahterskeemi koostamise alused

Pärast projekteeritava võimendi grupi valikut asutakse koostama tema lahterskeemi. Esmalt lahendatakse lõppastme skeemi küsimus. Neljanda grupi lampvõimendites kasutatakse alati lihtsat, ühetaktilist lõppastet, vastastakt-lõppastet kasutatakse selles grupis vaid väljundtrafota transistorvõimendites. Kolmanda grupi võimendites kasutatakse ühetaktilist lõppastet tavaliselt kuni 2-W väljundvõimsuse korral. Suurema väljundvõimsuse puhul kasutatakse vastastakt-lõppastet. Esimese ja teise grupi võimendite puhul ühetaktilist lõppastet ei kasutata. Mittelineaarmoonutuse vähendamiseks kasutatakse nende gruppide võimendeis sageli lõppastme lampide ultra-lineaarlülitust ning hõivatakse terve võimendi sügava negatiivse tagasisidestusega.

Pärast lõppastme skeemi valikut määratakse signaalipinge, mida on tarvis rakendada selle astme lambi (või lampide) tüürvõrele nimi-väljundvõimsuse saamiseks. Järgnevalt jagatakse leitud väärtus (voltides) võimendi tundlikkusega (0,2...0,25 V) ning saadakse võimendi vajalik võimendustegur kesksagedusel suhtelistes ühikutes. Suhtelised ühikud on sobiv ümber arvutada detsibellidesse (dB), mis kergendab edaspidiseid arvutusi.

Kui võimendil on eraldi kõlavärvingu regulaatorid, on tarvis võimendust suurendada nii mitme detsibelli võrra, kui suures ulatuses kõlavärvingut reguleeritakse. Näiteks esimese grupi võimendil on see suurus +10 dB.

Kui võimendi on hõivatud negatiivse tagasisidestusega, tuleb reaali-

set võimendustegurit suurendada veel nii mitme detsibelli võrra, kui palju võimendus väheneb tagasisidestuse toimel. Kui võimendil on vastastakt-lõppaste ja faasipöörajas on kasutatud poolitatud koor-musega lülitust, tuleb arvestada, et sellise faasipööraja võimendus-tegur on alla ühe. Seetõttu tuleb võimendi üldist võimendustegurit suur-rendada veel 1,2...2 korda.

Sõltuvalt leitud üldisest võimendustegurist valitakse eelvõimendi lampide tüübid ja arv, arvestades sealjuures, et võimendusastme reaalne võimendustegur on alati väiksem lambi võimendustegurist, mis antakse lambi passis. Pärast lampide arvu ja tüüpide valikut asutakse võimendi põhimõtteskeemi koostamisele.

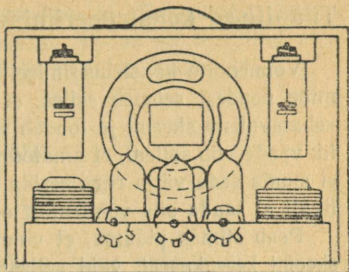
Võimendi konstruktiivne kujundus ja detailide paigutus

Võimendi konstruktiivsel kujundamisel on tarvis teada eranditult kõigi võimendis kasutatavate sõlmede ja detailide mõõtmeid. Põhilisteks sõlmedeks, mis määravad võimendi konstruktsiooni, on väljund- ja toitetrafod, filtri paispool, elektrolüüt-kondensaatorid, helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorid, lülitid ja ümberlülitid, sisend- ja väljund-klemmid, pistikseadised jne. Veelgi parem on alustada detailide paigutamist, kui kõik need sõlmed ja detailid, samuti valjuhääldajad (kui nad asetatakse aparadi ühisesse kasti) on juba olemas.

Lähtudes võimendi ülesandest (kantav või stationaarne, raadio-vastuvõtja või -kombaini võimendi jne.) määratakse tema konstruktiivne kujundus. Kui näiteks konstrueeritakse kantavat võimendit, mis peab mahtuma koos valjuhääldajaga väikesesse kohvrise, siis on sobiv konstruktiivset kujundamist alustada valjuhääldaja paigutamisel ja kohvri mõõtmete valikust. Ülejäänud detailide paigutamisel tuleb arvestada raskuskeskme asukohta, sest võimendi on kantav. Siit tule-neb vajadus paigutada detailid sümmeetriliselt nende raskuse järgi, mis muidugi loob teatavaid kitsendavaid tingimusi edasiste konstruktiivsete lahenduste valikul.

Kõige sobivamaks osutub sel juhul detailide paigutus, mis on näi-datud joonisel 1. Siin on valjuhääldaja asetatud veidi kõrgemale kohvri tsentrist. Sealjuures jääb kohvri alumises osas küllalt ruumi võimendi paigutamiseks. Kõige raskemad detailid — transformaatorid — on sobiv paigutada sümmeetriliselt alumistesse vabadesse nurkadesse. Pärast seda on võimendi enda konstruktsioon sisuliselt juba määratud. Teda võib paigutada väikesele šassiile. Kuna võimendi on kantav ja peab olema võimalikult kerge, siis võib loobuda paispooli kasutami-sest alaldi filtris, eriti vastastaktlõppastme puhul, mis on vähekrii-tiline toitepinge pulsatsiooni suhtes. Eelvõimendi astmete toiteks võib

sel juhul kasutada RC-filtreid suure mahtuvusega kondensaatoritega (120...150 μF). Helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorid on soovitatav paigutada võimalikult lähedale punktidele, kus nad ühendatakse skeemiga. See võimaldab vältida varjestatud ühendusjuhtmeid ja tõstab võimendi töö stabiilsust. Kõige sobivam on paigutada need regulaatorid nii, nagu on näidatud joonisel 1.



Joon. 1. Detailide paigutus kantavas võimendis

Pärast sellist detailide paigutamist joonestatakse paksemale paberile loomulikus suuruses kõikide šassii asuvate sõlmede ja detailide asukohad. Samuti lõigatakse paberisse kõik vajalikud avad ning lõigatakse siis šassii kontuur paberist välja. Paberist «šassii» murtakse vajalikes kohtades kokku ja kinnitatakse (näiteks kirjaklambritega). Paberist valmistatakse samuti suuremate detailide mõõtmatega risttahukad. Selliste paberist konstruktsioonide abil töötatakse välja võimendi detailide lõplik paigutus. Makettide kasutamisel on võimalik vajalikke korrektiivse detailide paigutuses läbi viia veel enne tegeliku šassii valmistamist.

Kui terve konstruktsioon on lõplikult viimistletud, tehakse paberile šassii joonis loomulikus suuruses, mille järgi valmistatakse tegelik šassii. Selline meetod väldib pahandavaid eksitusi ning ümbertegemise vajadust ning hoiab kokku aega ja materjali.

Konstrueerimisel tuleb alati silmas pidada, et kogu konstruktsioon kujuneks küllalt jäigaks, kuid sealjuures mitte õigustamatult raskeks ja massiivseks. Viimane nõue on eriti tähtis kantava ja portatiivse aparatuuri korral. Kui konstrueeritakse vastuvõtjasse sisseehitatavat võimendit, tuleb kinni pidada järgmistest nõuetest. Võimsad lõppastmete lambid tuleb asetada võimalikult kaugemale detailidest, mille kuumenemine ei ole lubatav (näiteks võnkeringide elementidest, elektroliitkondensaatoritest jne.). Võimendi sisendlamp ja helitugevuse regulaator peavad olema asetatud võimalikult kaugemale toitetrafo ja vooluringidest, mis kommuteerivad võrgupinget.

Toitetrafo ja väljundtrafo tuleb asetada nii, et nende magnetväljad ei mõjutaks üksteist. On vaja rakendada abinõusid pöördkondensaatorite bloki ja valjuhääldeaja «pehmeks» kinnitamiseks, et maksimaalselt nõrgendada akustilist tagasisidestust nende vahel. Vastasel korral tekib suure helitugevuse korral vastuvõtja akustiline endaergutus (undamine).

Tüüpilised konstrueerimisvead

Võimendite konstrueerimisel esinevad sageli ühelaadsed vead. Peamine nendest seisneb selles, et enamik amatööre püüab leida mingit «ebatavalist» skeemi ja loodab sellelt erakordseid tulemusi. Selline ekslik vaade viib selleni, et amatöör, kes on valmistanud keeruka võimendi, ei suuda seda välja reguleerida või leida ta halva töö põhjust. Loomulikult ei saada siis võimendilt oodatud tulemusi.

Peab silmas pidama, et võimendi töö kvaliteet ei sõltu mitte tema skeemi keerukusest, vaid sellest, kui võrd õigesti on valitud tema elementide töörežiimid ja kui võrd lähedased on faktilised režiimid soovitatutele.

Teine tüüpiline viga on võimendile esitatavate nõuete ja tema potentsiaalsete võimaluste mittevastavus. Kui näiteks võimendi moonutusvaba väljundvõimsus on 2 W, helitugevus aga näib mitteküllaldasena, siis on mõtetu püüda helitugevust suurendada mingite skeemiliste vahenditega. Ainus võimalik väljapääs sel juhul on võimendi ja esmajärjekorras tema väljundastme põhjalik ümbertegemine.

Kolmas viga on võimendi ja akustilise süsteemi mittevastavus. Akustilise süsteemi valikul on vaja teada väljundvõimsust ja võimendi poolt ülekantavat sagedusriba. Kasutatavate valjuhääldajate summaarne võimsus peab olema 30...50% võrra suurem võimendi nimiväljundvõimsusest, akustilise süsteemi resonantsisagedus on aga soovitatav valida madalam võimendi läbilaskeriba alumisest piirsagedusest. Vastasel korral on kuulda moonutused sagedustel, mis vastavad valjuhääldaja resonantsisagedustele. Amatöör püüab tavaliselt kõrvaldada neid moonutusi lülituse reguleerimisega, kuigi sel puhul ei olene moonutus üldse võimendist.

Veel üks akustilise süsteemiga seotud tüüpiline viga seisneb selles, et süsteemi töötamise ajal märgatav klirisemine kantakse sageli võimendi mittekorrasoleku arvele. Tegelikult on klirisemise põhjuseks enamasti akustilise süsteemi montaažil esinenud ebatäpsused.

Üks sagedamaid vigu on elektronlampide ja transistoride kasutamine lubamatutes režiimides. Peab alati silmas pidama, et elektrovaakuum- ja pooljuhtseadiste maksimaalselt lubatavate pingete, voolude ja võimsuste ületamine ei ole õigustatud ühelgi juhul ja toob vältimatult kaasa nende seadiste ebastabiilse töö ja kiire riknemise. Eriti ohtlik on lubatud režiimide ületamine transistoridel, mis võivad sel juhul rikneda mõne sekundiga.

Lõpuks tuleb märkida montaaži kvaliteedi tähtsust võimendi hea töö tagamisel. Amatöörid monteerivad võimendeid üldreeglina mitte montaažiskeemi, vaid põhimõtteskeemi järgi. Seetõttu määrab montaaži viisi ja detailide paigutuse šassiil amatöör ise. Sealjuures sellised

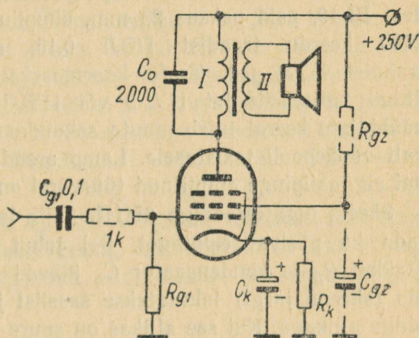
võimendi parameetrid, nagu võrgumüra tase ja läbilaskeriba ülemine piirsagedus sõltuvad suurel määral sellest, kuidas on teostatud montaaž. On olemas rida montaažireegleid, mida tuleb teada ja täita.

VÕIMENDUSASTMETE TÕÜPSKEEMID

Ühetaktiline lõppaste

Ühetaktilist lõppastet (joon. 2) rakendatakse lihtsaimates võimendites, mille moonutusvaba väljundvõimsus on 1...2 W. Selle skeemi põhilisteks eelisteks on minimaalne detailide arv ja väljareguleerimise lihtsus. Skeemi puuduseks on kõigepealt väike kasutegur, sest lamp

Joon. 2. Lihtne lõppaste



töötab A-klassi režiimis. Teiseks, kuna lambi anoodvool läbib väljundtrafo mähist, toimub selle südamik eelmagneetumine, mis nõuab suurema südamiku kasutamist ning põhjustab südamiku küllastumisel täiendavat mittelineaarmoonutust.

Kvaliteetsetes transistorvõimendites ühetaktilisi lõppastmeid ei kasutata, mistõttu järgnevalt käsitleme ainult lampidega skeeme.

Skeem lambiga 6Ф3П. Kasutatakse lambi pentoodosa. Detailide elektrilised suurused ja pinged lambi elektroodidel on esitatud tabelis 2.

Selle skeemi järgi ehitatud lõppaste võib hakata genereerima ultrahelisagedusel (30...80 kHz), eriti juhul, kui astmes on kasutatud tugevat negatiivset tagasisidestust. Seda puudust saab kõrvaldada 1...5-kΩ takisti lülitamisega tüürvõre ringi järjestikku sidestuskondensaatoriga.

Lambi teiseks iseärasuseks on tüürvõre ringis termovoolu tekkimise võimalus. Selle vältimiseks ei tohi võretakisti takistus olla üle 330...

Ühetaktilise lõppastme põhiandmed

Lambi tüüp	P W	R_{g1} k Ω	R_{g2} k Ω	C_{g2} μ F	R_k Ω	C_k μ F	U_a V	U_{g2} V	U_k V
6Ф3П	1,6	330	13	30	300	50	240	150	12
6П1П,									
6П6С	2,5	470	—	—	300	100	245	250	12,5
6П14П	2,0	470	—	—	150	100	245	250	6

470 k Ω . Samal põhjusel ei tohi lambi kütte-, anood- ja eriti varivõre- vool olla tugevam lubatust.

Väljundtrafo andmed on järgmised. Südamik koostatakse plekki- dest III-19, paki paksus 28 mm, õhupilu 0,15 mm. Primaarmähisel on 2400 keerdu traadist ПЭЛ 0,15, sekundaarmähisel 70 keerdu traadist ПЭЛ 0,8. Trafo koormuseks on kaks paralleelselt ühen- datud valjuhääldajat 1ГД-9 või 1ГД-18. Mõnda muud tüüpi valju- hääldajate korral tuleb muuta sekundaarmähiste keerdude arvu vasta- valt võnkepooli takistusele. Lamp arendab nimiväljundvõimsust juhul, kui signaalipinget amplituud tüürvõrel on 10 V.

Skeem jugatetroodiga 6П1П. Selle lambi korral on võimalik kasu- tada ka püsivat eelpinget. Sel juhul ühendatakse katood šassiiga (takisti R_k ja kondensaator C_k jäävad ära) ning takisti R_{g1} alumine ots (skeemi järgi) lahutatakse šassiist ja ühendatakse negatiivse eel- pinge allikaga. Kui see allikas on suure sisetakistusega või kui samast punktist võetakse eelpinge ka võimendi teistele astmetele, tuleb takisti R_{g1} alumine ots lühistada vahelduvpinge suhtes, milleks see punkti ühendatakse šassiiga 10...100- μ F kondensaatori abil.

Väljundtrafo südamik koostatakse plekkidest III-16, paki paksus 24 mm, õhupilu 0,12 mm. Primaarmähisel on 2600 keerdu traadist ПЭЛ 0,15, sekundaarmähise keerdude arv sõltub valjuhääldajate võnke- poolide takistusest. Kõige kohasem on kerida primaarmähisele traati ПЭЛ 0,8 kuni poolialuse täitumiseni ja teha seejuures väljavõtted iga 15...20 keeru tagant. Akustiline süsteem ühendatakse väljavõttega, mille puhul heli tugevus on maksimaalne.

Lamp 6П6С on samade parameetritega kui jugatetrood 6П1П, mis- tõttu neid võib vastastikku asendada ilma lülituse ümbertegemise või -reguleerimiseta (kui mitte arvestada sokliühenduse muutmist).

Skeem jugatetroodiga 6П14П. Sellel lambil on suur tõus, mistõttu ta vajab nimiväljundvõimsuse arenemiseks hoopis väiksemat tüür- pinget. Sel põhjusel on lamp 6П14П peaaegu kõik teised lõpplambid madalsagedusvõimenditest välja tõrjunud.

Suur tõus on saavutatud tüürvõre lähendamisega katoodile, seetõttu aga võib lambi ülekütmisel tekkida tüürvõre ringis termovool. Nende tekkimist aitab vältida automaatse eelpingestuse kasutamine.

Skeemi on võimalik muuta ultralineaarseks, kui ühendada lambi varivõre primaarmähise väljavõttega. Termovoolu vältimiseks on soovitatav varivõre ühendada mähise väljavõttega paralleelselt ühendatud takisti ($3,3 \text{ k}\Omega$, 1 W) ja kondensaatori ($1 \dots 5 \text{ }\mu\text{F}$, 160 V) kaudu. Veel parem on kasutada $10 \dots 30\text{-}\mu\text{F}$ elektrolüüt-kondensaatorit (pingele $150 \dots 250 \text{ V}$), mille positiivne väljaviik ühendatakse primaarmähise väljavõttega ja negatiivne väljaviik varivõrega. See kondensaator tuleb šassiist isoleerida.

Tabelis 2 toodud režiimis töötav aste arendab väljundvõimsust 2 W , kusjuures mittelineaar moonutus on hariliku variandi korral keskmiselt 5% ja ultralineaarlülituse korral 2% .

Väljundtrafo südamik koostatakse plekkidest III-19, paki paksus 28 mm , õhupilu $0,1 \dots 0,12 \text{ mm}$. Primaarmähisel on 2400 keerdu traadist ПЭЛ 0,15. Ultralineaarse skeemi korral tehakse väljavõtte 1900 keerust (lugedes lambi anoodiga ühendatud väljaviigust). Sekundaarmähisel on valjuhääldaja 2ГД-3 või 4ГД-1 korral 66 keerdu traadist ПЭЛ 0,8. Akustilise süsteemi võib koostada ka kahest valjuhääldajast (2ГД-3 ja 1ГД-9). Sel juhul ühendatakse valjuhääldaja 1ГД-9 sekundaarmähise 47 keerult tehtud väljavõttega ning 2ГД-3 mähise otstega.

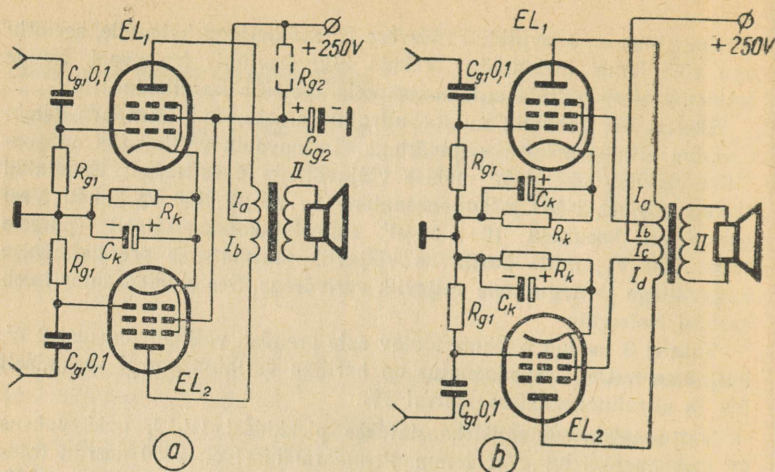
Automaatse eelpinge takisti R_k võib küllaldase eelvõimenduse korral jätta kondensaatoriga C_k blokeerimata, sest sealjuures tekkiv negatiivne voolutagasisidustus vähendab mittelineaar- ja samuti linearmoonutust.

Vastastakt-lõppaste

Vastastaktlülituses lõppastmel (joon. 3) on mitmeid eeliseid ühe-taktilise ees. Ta võimaldab saada suuremat väljundvõimsust väiksemate mittelinear moonutuste juures ning on ökonoomsem. Selle puhul puudub ka trafo südamiku eelmagneetimine. Nimetatud põhjustel rakendatakse kõrgekvaliteedilistes madalsagedusvõimendites eranditult vastastaktlülitust.

Lõppaste lampidega 6Ф3П (joon. 3, a). Kasutatakse lampide pentooda. Lülituse detailide elektrilised suurused ja režiimid on antud tabelis 3. Tüürvõre ringis termovoolu tekkimisest hoidumiseks pole soovitatav kasutada võre ringis takisteid takistusega üle $330 \text{ k}\Omega$. Samal põhjusel tuleb vältida püsivat eelpingestust.

Väljundtrafo mähitakse plekkidest III-19 südamikule, kusjuures plekipaki paksus on 28 mm . Õhupilu südamikku ei jäeta. Primaar-



Joon. 3. Vastastakt-lõppaste:

a — tavaline skeem; *b* — ultralineaarne skeem

mähisel on 1200+1200 keerdu traadist ПЭВ või ПЭЛ 0,15 ja sekundaarmähisel 80 keerdu traadist ПЭЛ 0,8. On otstarbekas suurendada sekundaarmähise keerdude arvu 30...50% võrra ja teha sealjuures väljavõtted iga 15...20 keeru tagant, alates 40. keerst. See võimaldab lülituse reguleerimisel leida optimaalset ülekandesuhet.

Lampidega 6Ф3П vastastaktastme maksimaalne väljundvõimsus on tabelis 3 antud töörežiimis 3 W, kusjuures mittelineaarmoonutus moodustab 5%. Selle võimsuse saavutamiseks peab signaalipinge lõppastme sisendis olema 10 V.

Vastastakt-lõppastme tüüpandmed

Tabel 3

Lambi tüüp	P W	R_{g1} kΩ	R_{g2} kΩ	C_{g2} μF	R_k Ω	C_k μF	U_a V	U_{g2} V	U_k V
6Ф3П	3	330	6,8	40	150	50	240	150	12
6П1П,									
6П6П	6	330	—	—	150	100	240	250	11,2
6П14П	8	330	—	—	130	100	245	250	10

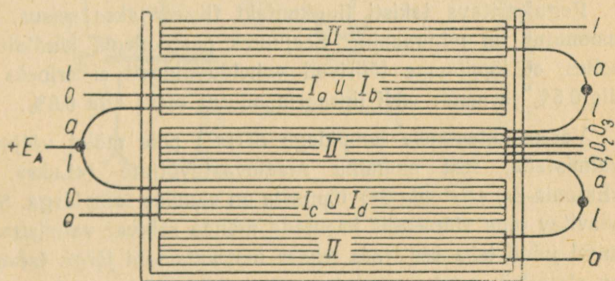
Lõppaste lampidega 6П1П (joon. 3, *a* ja tabel 3). Nende lampidega vastastaktastme väljundvõimsus on kuni 6 W ning mittelineaarmoonutus keskmiselt 5%. Lülitus töötab ühevõrra hästi nii A- kui ka B-klassi talitlusrežiimis, samuti vahepealsetes režiimides. A-klassi korral on soovitatav rakendada automaatset, B-klassi korral aga püsivat eelpingestust. Püsiva eelpinge allikas peab olema hästi blokeeritud, milleks tuleb tema väljundisse ühendada kondensaator mahtuvusega 50... 200 μF .

Mittelineaarmoonutuse vähendamiseks on otstarbekas vastastaktastme tööle rakendada ultralineaarlülituses, mille skeem on näidatud joonisel 3, *b*. Sel juhul on mittelineaarmoonutus väljundvõimsusel 5 W kõigest 0,7...1,5%. Lülituse tüürpinge peab aga olema 1,5 korda suurem, mida tuleb silmas pidada eelvoimendusastmete arvutamisel.

Hariliku lülitusvariandi korral mähitakse väljundtrafo plekkidest III-16 koostatud südamikule, kusjuures plekipaki paksus on 32 mm. Primaarmähisel on 1000+1000 keerdu traadist ПЭЛ 0,12 ja sekundaarmähisel 40 keerdu traadist ПЭЛ 0,8. Antud keerdude arvude suhe vastab koormustakistusele 3,5 Ω .

Ultralineaarlülituse väljundtrafo mähis tuleb valmistada vaheldumisi paiknevatest seksioonidest. Südamik koostatakse plekkidest III-28, kusjuures plekipaki paksus on 40 mm. Primaarmähise kumbki mähisepool koosneb 1200 keerust (traat ПЭЛ 0,2), väljavõttega 500. keerult, sekundaarmähis aga 120 keerust (traat ПЭЛ 0,8). Sekundaarmähis jaotatakse kolme seksiooni, millest äärmistel on kummalgi 30 keerdu ja keskmisel 60 keerdu. Sellelt seksioonilt tehakse väljavõtted iga 15 keeru tagant. Seksioonide asetus poolialusel selgub jooniselt 4 (on näidatud üks pool mähiste ristlõikest).

Sekundaarmähise väljavõtted võimaldavad võimendiga ühendada mitmesuguse takistusega akustilisi süsteeme ning samuti saada erinevaid pingeid nii negatiivseks kui ka positiivseks tagasisidestamiseks.



Joon. 4. Mähiseseksioonide asetus väljundtrafo poolialusel

Tavalise lülituse korral on võimendi sageduskarakteristik sirge 60...12 000 Hz piirides. Ultralineaarlülituse ja sektioonmähistega väljundtrafo kasutamisel aga saadakse ühtlane võimendus piirkonnas 40...30 000 Hz.

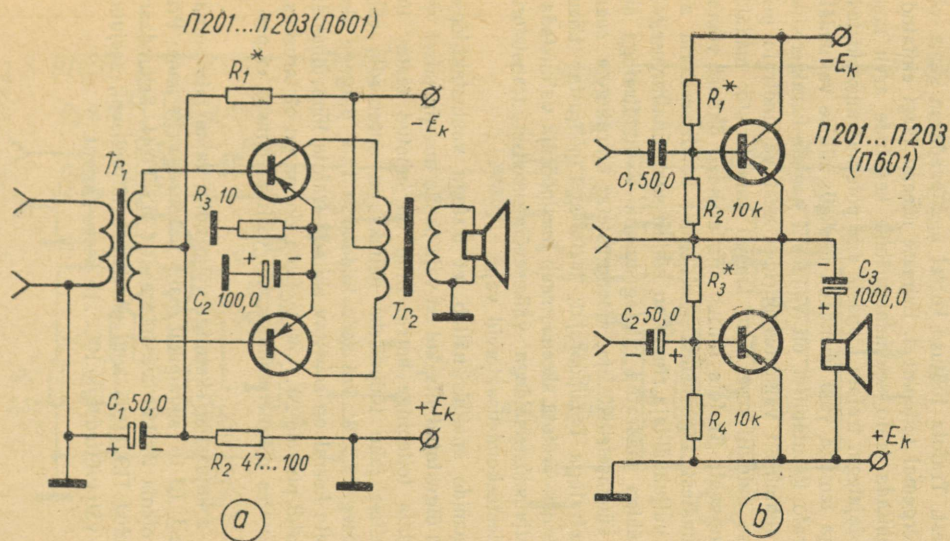
Lõppaste lampidega 6Π14Π (joon. 3 ja tabel 3) võib arendada kuni 8-W väljundvõimsust mittelineaarmoonutusega mitte üle 5%. Forsseeritud tööolukorras, s. o. anoodpingel 275 V, võib väljundvõimsus ulatuda 15...17 vatini mittelineaarmoonutusega 8%. Lampide 6Π14Π suure tõusu tõttu võib lõppastme tüürpinge olla väiksem, mistõttu faasipöörjana saab kasutada üht jaotatud (poolitatud) anoodkoormusega trioodi normaalsel anoodpingel (250 V). Nagu 6Π1Π puhul, nii võib ka lampidega 6Π14Π lõppastme tööle rakendada ultralineaarlülituses. Lampidele 6Π14Π tuleb anda mitte püsiv, vaid automaatne eelpinge. Parimaid tulemusi saadakse AB_1 -klassi režiimis ja vastastaktastme õlgade täieliku sümmeetria korral: kasutegur on sel puhul maksimaalse väljundvõimsuse ja lubatavate moonutuste (2,5...3%) juures kõige suurem. Ultralineaarlülituse korral on võimalik õlgade hoolika balansseerimise (tasakaalustamise) ja lampide eelneva valikuga viia mittelineaarmoonutust 0,8...1,3 protsendini.

Mistahes vastastaktastet on tegelikult vaja balansseerida kahel viisil. Suureseeriatootmisel pole see võimalik, kuid amatööripraktikas on seda kõrgekvaliteedilise võimendi valmistamisel väga soovitatav teha.

Kõigepealt valitakse teatud arvu lampide hulgast välja kaks lampi, mille katoodevoolud staatilises režiimis võrduvad. Seejärel püütakse saavutada õlgade identsust dünaamilises režiimis. Selleks pannakse valitud lambid võimendisse, üks automaateelpepingetakisteist tehakse reguleeritavaks ja samaaegselt takistuse muutmiselega mõõdetakse võimendi mittelineaarmoonutust (mõõteriistaga ИНИ-11, С-6-7, ИНИ-12 vms.).

Reguleeritava takisti liugkontakt fikseeritakse seisus, mille puhul moonutus on minimaalne. Seejuures peab olema kindlalt veendunud selles, et lõpplampe tüürivad vahelduvpinged ei erineks teineteisest üle 0,5% ja nende endi lineaarmoonutus oleks alla 0,5%.

Vastastaktastmele lampidega 6Π14Π pole mõtet väljundtrafot ise valmistada, sest enamiku raadiovastuvõtjate («Luks», «Festival», «Estonia-2», «Estonia-3») lõppaste on samade lampidega. Seepärast on soovitatav oma võimendis kasutada mõnda sobivat valmistrafot või äärmisel juhul teha see trafo tehase instruksiooni järgi. Isevalmistamisel on otstarbekas teha sekundaarmähis väljavõtetega, et saaks võimendit valjuhääldajatega täpselt sobitada.



Joon. 5. Transistoridega vastastakt-lõppaste:
a – väljundtrafoga; *b* – ilma väljundtrafota

Vastastaktaste transistoridega võib olla väljundtrafoga või ka ilma selleta (joon. 5). Kummalgi neist on oma eelised ja puudused.

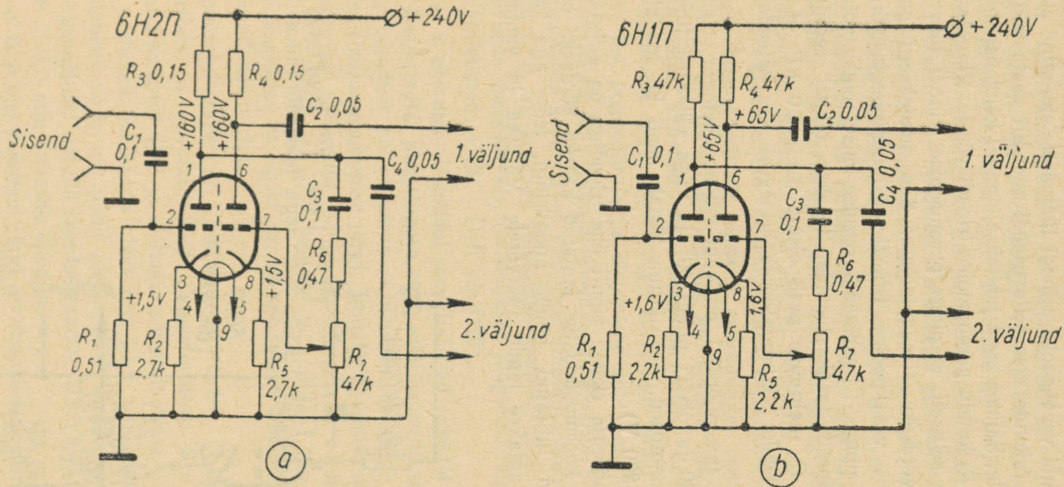
Trafoga lülitus võib *B*-klassi režiimis anda moonutusvaba niimi võimsuse kollektoripingel, mis moodustab 0,9 transistori passis näidatud nimipingest. Trafota lülituse korral aga saadakse sama võimsus kaks korda kõrgemal toitepingel. Esimese skeemi järgi ehitatud lõppaste tuleb sobitada trafo sekundaarmähise keerdude arvu muutmise teel valjuhääldajatega, trafota lõppaste aga pole koormustakistuse suhtes kriitiline ja temaga võib ühendada ükskõik millise valjuhääldajate agregaadi. Trafo kasutamisel on võimendi sagedusarakteristik lineaarne ainult suhteliselt väikestes piirides, sest väljundtrafo primaarmähise väikese induktiivsuse tõttu langeb karakteristik madalamatel sagedustel tunduvalt. Trafota lülitus aga arendab ühtlast võimendust kõige madalamatest sagedustest (kui ainult kondensaatorid astmete vahel ja eriti valjuhääldaja ringis on küllalt suure mahtuvusega) kuni transistori tüübiga määratud piirsageduseni. Väljundtrafoga skeemis on soovitatav sümmeetriliste ja moonutusteta tüürpingete saamiseks kasutada vahetrafoga faasipöörajat; trafo aga põhjustab täiendavat sagedusmoonutust. Trafota skeemis saab faasipööraja valmistada kahel erinevate juhtivussüsteemidega väikesevõimsuselisel transistoril; sel juhul pole sidestuskondensaatoreid vaja.

Nende skeemide analüüs näitab, et trafoga vastastakt-lõppastme kasutamine on õigustatud siis, kui on vaja saada maksimaalset väljundvõimsust madala toitepinge korral ning on lubatud teatav lineaar-moonutus. Sellise juhu tüüpiliseks näiteks on autoraadio võimendi väljundvõimsusega 2,5 W, kui seda toidetakse 12-V pingega akupatareist. Võrgutoite korral on soovitatav ehitada trafota lõppvõimendi ning valmistada alaldi pingele 20...40 V. Seda skeemi on otstarbekas kasutada ka kantavates magnetofonides, kui väljundvõimsus ei pea olema üle 1 W.

Joonisel 5, *a* kujutatud skeemiga võimendile valmistatakse väljundtrafo plekkidest III-16 südamikul paki paksusega 24 mm. Primaarmähisel peab olema 2×150 keerdude traadist ПЭЛ 0,44. Sekundaarmähise keritakse traadist ПЭЛ 0,65 kuni poolialuse täitumiseni; seejuures on soovitatav teha väljavõtted iga 10...15 keeru tagant.

Faasipööramisaste

Faasipöörajaks nimetatakse astet, mille väljundist saadakse kaks suuruselt võrdset, kuid 180° võrra faasis nihutatud pinget. Sõltuvalt faasipööraja skeemist võivad tema väljundpinged olla sisendpingetest



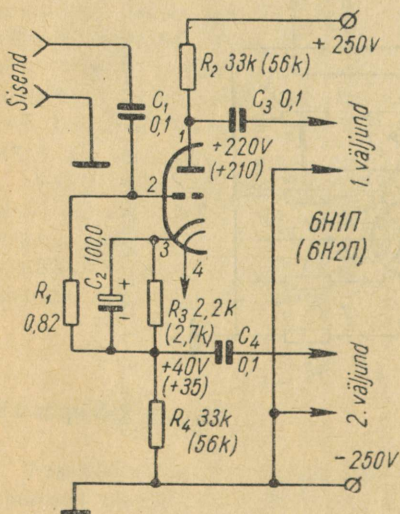
Joon. 6. Faasipööramisaste kaksitrioodiga 6H2Π (a) ja 6H1Π (b)

suuremad või väiksemad, s. t. faasipööraja võimendustegur võib olla ühest suurem või väiksem.

Üks lihtne faasipööraja skeem on toodud joonisel 6. Lülitus töötab järgmiselt. Lambi vasakpoolse trioodi tüürvõrele suunatud signaal võimendatakse ja rakendatakse selle trioodi anoodilt vastastaktastme ühe lambi tüürvõrele. Samaaegselt juhitakse signaal kondensaatori C_3 ning takistite R_6 ja R_7 kaudu parempoolse trioodi võrele. Pingejagaja takistused valitakse selliselt, et pinge parempoolse trioodi tüürvõrel kujuneks täpselt võrdseks sisendpingega. Siis saadaksegi parempoolse trioodi anoodilt vasakpoolse trioodi väljundpingega võrdne, kuid vastasfaasiline pinge. Et võimendi reguleerimisel oleks võimalik väljundpingeid täpselt tasakaalustada, tehakse takisti reguleeritavaks. Kondensaatori C_3 mahtuvus peab olema $0,1 \dots 2,0 \mu\text{F}$, et madalatel sagedustel ei tekiks väljundpingete erinevusi ega täiendavat faasinihet.

Kirjeldatud faasipöörajal on suur võimendustegur (lambi 6H2Π puhul umbes 60 ja 6H1Π puhul 30) ja väga väikesed lineaar- ning mittelineaarhoonutused. See lülitus töötab hästi ka madalal anoodpingel ($150 \dots 200 \text{ V}$).

Teine faasipööraja skeem ainult ühe trioodiga on kujutatud joonisel 7. Siin on koormustakistus jaotatud kaheks võrdseks osaks, kusjuures üks on lülitatud lambi anoodringi, teine aga katoodringi. Sisendsignaal antakse lambi tüürvõrele. Võrdsed ja vastasfaasilised



Joon. 7. Poolitatud koormusega faasipöörast

väljundpinged saadakse takistitelt R_2 ja R_4 ning juhitakse sidestuskondensaatorite C_3 ja C_4 kaudu vastastaktastmesse. Pole raske näha, et see skeem kujutab endast erikujulist katoodjärgijat, millel lisaks «tavalisele» katoodkoormusele on koormustakistus ka anoodringis. Kuna trioodi anood- ja katoodringis voolab üks ja sama vool, siis määrab väljundpingete identsuse takistuste R_2 ja R_4 võrdsus. Optimaalsete tulemuste saamiseks on soovitatav anoodtakistus R_2 moodustada kahest takistist — suurema takistusega püsitakistist ja väiksema takistusega reguleeritavast takistist, millede summaarne takistus oleks 10...15% skeemil märgitud anoodtakistusest suurem.

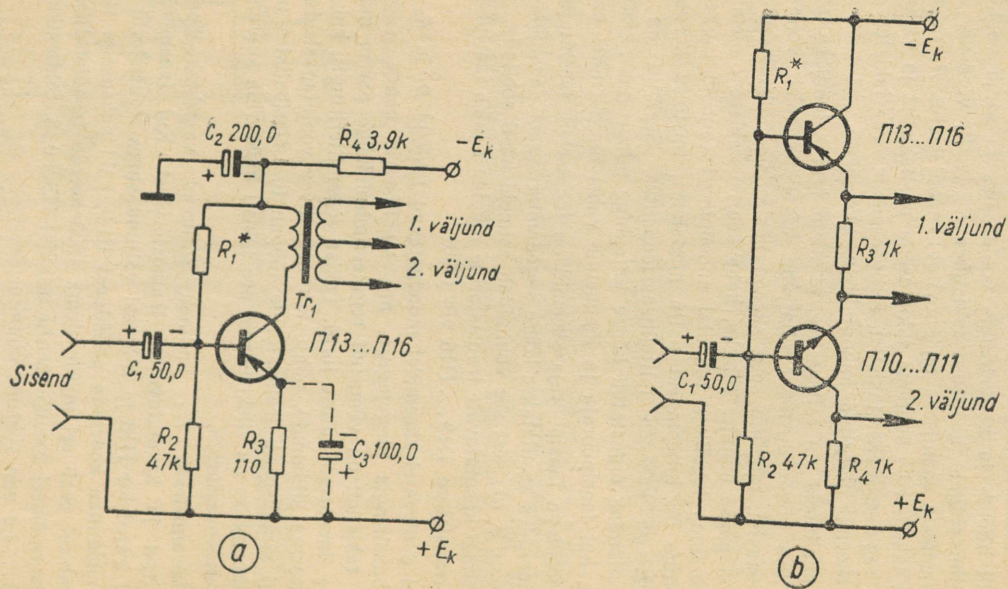
Skeemi puuduseks on esiteks see, et nagu igal katoodjärgijal, on sellegi lülituse võimendustegur alla ühe. Järelikult tuleb võimendis kasutada lisaastet, mistõttu selle skeemi põhieelis — üks lamp kahe asemel — ei pääse mõjule. Teiseks, kahe koormustakistuse olemasolu tõttu töötab lamp tegelikult madalal anoodpingel (anoodi ja katoodi vaheline pinge on toitepingest palju madalam), mistõttu kõrgemate väljundpingetega kaasneb mittelineaarmoonutus. Seetõttu on selle skeemi kasutamine õigustatud kõrge toitepinge puhul (260...300 V) ning juhul, kui faasipööraja ja lõppastme vahel on täiendav eelaste.

Transistoridega faasipööraja skeemid on joonisel 8. Iseehitatavates konstruktsioonides kasutatakse kõige sagedamini skeemi faasipööramis- trafoga (joon. 8, a), sest see võimaldab astmeid hästi sobitada. Sõltuvalt lõppastmes kasutatavate transistoride tüüpidest tuleb faasipöörajas kasutada transistore П13...П16 või П201.

Joonisel 8 olevatel skeemidel moodustavad takistid R_1 ja R_2 transistoride baasiringis pingejagaja, mis stabiliseerib nende tööpunkti. Takisti R_1 takistust on võimendi reguleerimisel kõige parem määrata minimaalse lineaarmoonutuse järgi. Takisti R_3 emitteriringis, kui ta on kondensaatoriga sildamata, põhjustab negatiivse voolutagasisidestuse, mis samuti stabiliseerib transistoride tööpunkti. Laiaribalistes madalsagedusvõimendites on siiski parem see takisti blokeerida suuremahtuvuselise kondensaatoriga.

Faasipööramistrafo Tr_1 andmed sõltuvad vastastakt-lõppastme parameetritest ja kasutatavatest transistoridest. Kui faasipööramistmes on transistor П13 ja B-klassi väljundastmes transistorid П201, siis võib südamikku koostada plekkidest III-9, paki paksusega 16 mm. Primaarmähisel peab sel puhul olema 1300 keerdu traadist ПЭЛ 0,10 ja sekundaarmähisel 2×165 keerdu traadist ПЭЛ 0,15. Südamikku jäetakse 0,08...1,0 mm suurune õhupilu.

Joonisel 8, b oleva skeemi järgi on otstarbekas ehitada faasipööraja trafota vastastakt-lõppastmele, mille skeem on joonisel 5, b. Selle lülituse väljundis saadakse võrdsed vastasfaasilised pinged kahe eri juhitavusega ($n-p-n$ ja $p-n-p$) transistoride ühendamisel järjestikku. Lülitus



Joon. 8. Transistoridega faasipööramisaste:
 a — faasipööramistrafoga; b — eri juhtivusega transistoridega

töötab tegelikult poolitatud koormusega ja on seega analoogiline emitterjärgijaga, s. t. tema võimendustegur on alla ühe. Kuna mõlemat transistori läbib üks ja sama vool, siis on väljundpinged koormustakistite võrdsuse korral täpselt ühesuursed. Selline faasipööramisaste töötab *B*-klassile lähedases režiimis ja temas võib tekkida mittelelinearmoonutus. Erinevalt teistest transistorlülitustest tekib siin moonutus mitte tugeva, vaid just nõrga signaali korral. Moonutust saab kõrvaldada transistori tööpunkti nihutamise *A*-klassi režiimi poole.

Skeemidel näidatud takistused on orienteerivad ning neid tuleb võimendi väljareguleerimisel täpsustada.

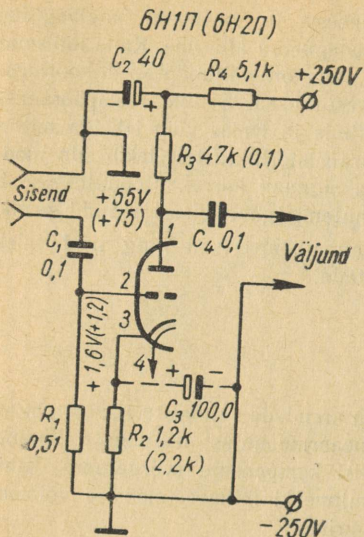
Eelvõimendusaste

Eelvõimendusastme ülesandeks on arendada võimalikult suurt pingevõimendust ilma lineaar- ja mittelinearmoonutust tekitamata. Samuti ei tohi signaalile lisanduda kõrvalisi komponente (võrgumüra, kahinad). Viimati nimetatud asjaolu kujunebki mitmeastmelistes võimendites piirvõimendust määravaks teguriks.

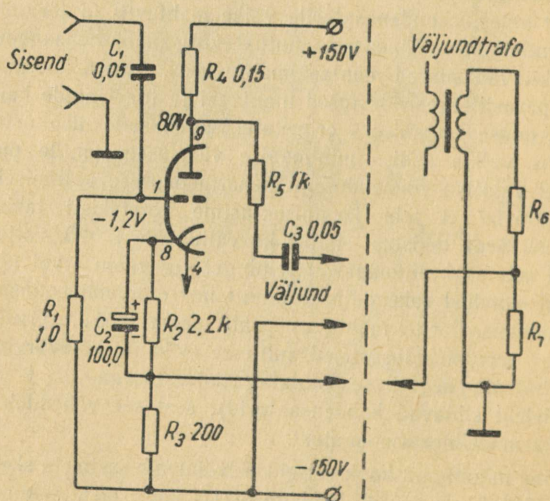
Helisagedusvõimendite sagedusala ulatub 40 hertsist 16 kilohertsini. Selles piirkonnas pole sagedusmoonutuseta eelvõimenduse saavutamine lampvõimendiga kuigi raske. Transistorvõimendite korral on olukord mõnevõrra keerukam.

Eelvõimendites põhjustavad madalate sageduste mitteküllaldast võimendamist sidestuskondensaatorite väike mahtuvus ja järgmise astme väike sisendtakistus. Linearmoonutust kõrgemate helisageduste piirkonnas tekitavad suured montaažiimahtuvused, suured koormustakistused ning parasiittagasisidestused montaaži ja toiteringide kaudu. Ühtlase võimenduse tagamiseks erinevatel sagedustel tuleb astme koormustakistus valida sellise minimaalse väärtusega, mille puhul aste annab veel vajaliku võimenduse. Linearmoonutuse vältimiseks madalatel sagedustel ei tohi järgmise astme võretakisti takistus olla alla 220 k Ω . Seda takistust ei tule ka valida üle 1 M Ω , välja arvatud juhud, kui aste saab automaatset eelpinget võrevoolu arvel (sellist eelpingestamismoodust rakendatakse ainult mikrofonivõimendusastmetes). Sidestuskondensaatorite mahtuvus peab olema 0,05...0,1 μ F. Samuti on soovitatav eelvõimendusastmed, millesse ei kuulu kõlavärvingu regulaatorid, hõivata negatiivse voolutagasisidestusega (s. t. ära jätta katoodtakisteid sildavad kondensaatorid), sest see vähendab nii lineaar- kui ka mittelinearmoonutust.

Vaatleme mõningaid konkreetseid eelvõimendusastmete skeeme. Joonisel 9 näidatud aste töötab lambiga 6H1П või 6H2П. Aste saab automaatset eelpinget katoodtakistilt, mis on kondensaatoriga blokeerimata.



Joon. 9. Eelvõimendusaste



Joon. 10. Lambi 6Φ3П triodosaga eelvõimendusaste

Anoodringis on peale koormustakisti R_3 veel takisti R_4 , mis koos kondensaatoriga C_2 moodustavad lahtisidestusfiltri. See filter hoiab ära astmetevahelised kahjulikud sidestused ja vähendab vahelduvvoolu-võrgumüra. Kui astme toitepinge on 250 V ja järgmise astme võretakisti takistus 220 k Ω , siis on lambiga 6H1П astme võimendus 20...25 (maksimaalne moonutusvaba väljundpinge amplituud 9 V), lambiga 6H2П astme võimendus aga umbes 50 (suurim väljundpinge 12 V).

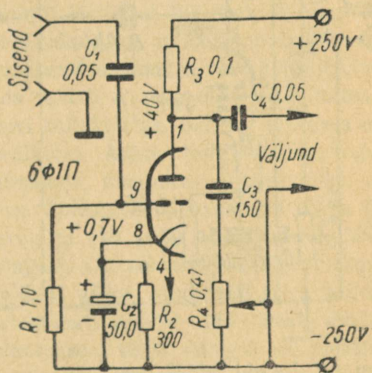
Skeemil näidatud režiimis on astme sageduskarakteristik lineaarne sagedusalas 20...40 000 Hz ning mittelineaarmoonutus on alla 0,1%.

Astme montaažil tuleb tingimata «maandada» lambipesa 9. kontakt, mille küljes on lambi sisemine staatiline varje, ja lambipesa keskkontakt. Küttejühtmetest ei tohi kumbagi šassiiga ühendada.

Eelvõimendusastet lambi 6Ф3П trioodosaga (joon. 10) kasutatakse kaheastmelises madalsagedusvõimendis. Trioodi katoodringis on astme automaatseks eelpingestamiseks takisti R_2 ning ta on blokeeritud elektrolüüt-kondensaatoriga. Takisti R_3 võimaldab kogu võimendi hõivata negatiivse tagasisidestusega, mille pinge võetakse võimendi väljundist takistitest R_6 ja R_7 koosneva pingejagaja kaudu ja juhitakse trioodi katoodringi.

Võimendit lambiga 6Ф3П kasutatakse lihtsates konstruktsioonides. Seepärast on eelaste tööle rakendatud sellises režiimis, et ta tundlikkus oleks 150...200 mV. Kõlavärvingut reguleeritakse sel juhul ainult kõrgemate sageduste osas (väljundastmes).

Analoogilise eelastme saab ehitada lambi 6Ф1П trioodosa baasil (joon. 11). Seda lampi on otstarbekas kasutada madalsagedusvõimendites, mis on mõne muu radioseadme (näiteks televiisori) koostisosaks. Siis on lambi 6Ф1П pentoodosa kasutusel seadme kõrgsagedusosas, trioodosa aga eelvõimendina ühetaktilise lõppastme ees (viimane töötab tavaliselt jugatetroodiga 6П14П).



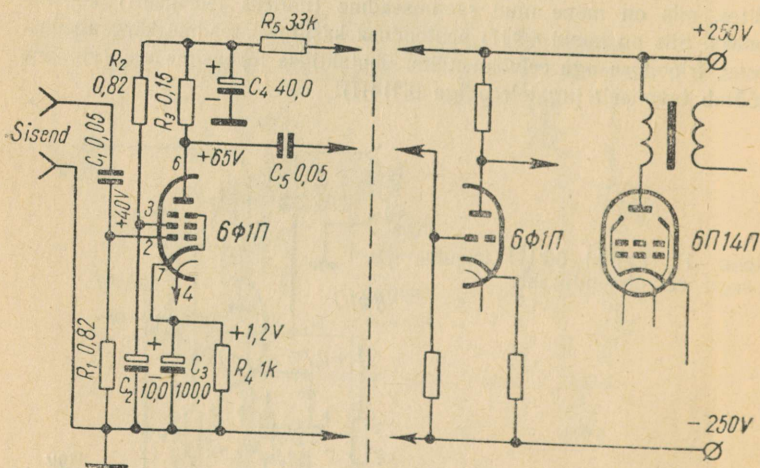
Joon. 11. Lambi 6Ф1П trioodosaga eelvõimendusaste

Selles skeemis on automaatse eelpinge takisti blokeeritud elektro-
lüütkondensaatoriga C_2 , sest vastasel juhul tekki tagasisidustus vähen-
daks astme võimendustegurit. Takisti R_4 ja kondensaator C_3 moodus-
tavad kõlavärvingu reguleerimisahela. Potentsiomeetriga R_4 saab muuta
kõrgemate sageduste võimendust. Võimendi arendab ühtlast võimendust
sagedusalas 60...10 000 Hz, mis on väiksemagabariidiliste raadio- ja
televisioonivastuvõtjate võimendite jaoks küllaldane.

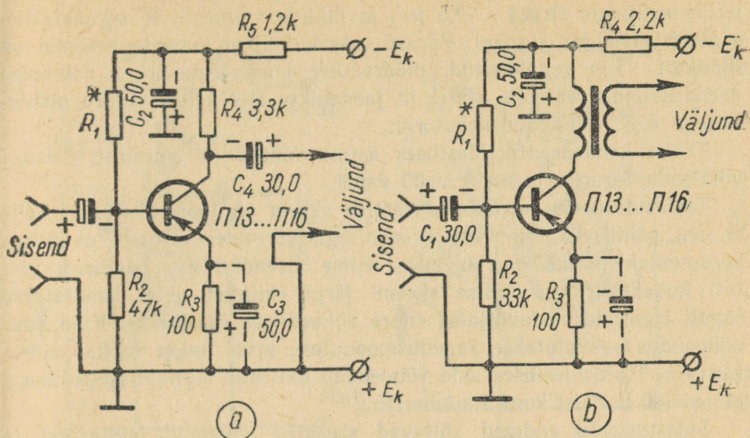
Kuni 2,5-vatise väljundvõimsusega madalsagedusvõimendite konst-
ruerimisel võib pingevõimendusastmena tööle rakendada samuti lambi
6Φ1Π pentoodsüsteemi (joon. 12). Selle suur võimendus lubab võimen-
dis kasutada kõlavärvingu regulaatorit või kompenseeritud helituge-
vuse regulaatorit vajaliku tundlikkuse säilimisel.

Joonisel 12 näidatud skeemiga madalsagedus-eelastmes võib lambi
6Φ1Π pentoodosa asemel kasutada ka pentoodi 6Ж1Π. Võimendi konst-
ruerimisel on soovitatav sellele lambile ette näha eraldi küttemähis.
Astme võimendustegur võib ulatuda üle 100.

Transistorvõimendite eelastmetes töötavad hästi igasugused väikese
võimsusega transistorid (Π13, Π14, Π15, Π16 jt.). Ühe või teise tran-
sistoritüübi valikul tuleb lähtuda astme lubatavast omamüra (omaka-
hina) tasemest ja vajalikust võimendustegurist. Madalsagedusvõimendi
esimese astme põhinäitajaks on väike omakahin. Kõige väiksema kahi-
naga transistoriks peetakse tüüpi Π13Б. Kuid enamasti sõltub astme
müratase pigemini transistori eksemplarist ja tema lülitusskeemist kui



Joon. 12. Lambi 6Φ1Π pentoodosaga eelvõimendusaste



Joon. 13. Transistoridega eelvõimendusastmed:
 a — takistussidestuses; b — trafosidestuses

kuulumisest ühte või teise tüüpi. Igal juhul tuleb madalsagedusvõimendi ja eriti selle esimese astme transistorid valida minimaalse kahinavoo järgi.

Omakahina taseme otsene mõõtmine pole spetsiaalsete vahenditeta võimalik, seepärast on soovitatav transistore selekteerida kaudse näitaja — kollektori vastuvoolu järgi. Mida väiksem on kollektori vastuvool, seda väiksem on tavaliselt ka transistori omakahin.

Takisti-kondensaatorsidestuses transistorielastme skeem on joonisel 13, a. Takistid R_1 ja R_2 moodustavad pingejagaja transistori baasiringis. See pingejagaja koos emitteriringi lülitatud takistiga R_3 , mis on kondensaatoriga sildamata, tagavad rahuldava termokompensatsiooni. Sisendastmetele järgnevat pingevõimendusastmetes võib mittelineaar-moonutuse vähendamiseks ühendada takisti R_1 ühe otsa mitte toitealika miinuspoolusega, vaid transistori kollektoriga. Sellises lülituses on astme sisendtakistus mõnevõrra väiksem. Astme talitusrežiim reguleeritakse välja takistuse R_1 muutmisega, kusjuures kriteeriumiks on maksimaalne moonutusvaba võimsus. Sidestuskondensaatorid C_1 ja C_4 peavad olema küllalt suure mahtuvusega ($10 \dots 30 \mu\text{F}$) ja nende tööpinge ei tohi olla madalam toitepingest. On soovitatav, et sidestuskondensaatorite lekkevool oleks võimalikult väike. Montaažil tuleb arvestada elektrolüüt-kondensaatorite polaarsust. Kui ei olda täiesti kindel mõne kondensaatori lülitamise polaarsuses, tuleb esialgu see elektrolüüt-kondensaator asendada paber-kondensaatoriga (näiteks tüüp MBM),

mille mahtuvus on $0,1 \dots 0,5 \mu\text{F}$, ja juhtida võimendisse signaalgeneraatorist 1000-Hz signaal. Pärast seda kui kõigi astmete režiimid on lõplikult välja reguleeritud, määratakse lampvoltmeetriga polaarsus asenduskondensaatorite otstel ja joodetakse siis kohale suure mahtuvusega elektrolüüt-kondensaatorid.

Takisti-kondensaatorsidestuses astme võimendus sõltub transistori võimendustegurist ja on $5 \dots 30$ vahel.

Trafosidestuses eelvõimendusastme skeem on joonisel 13, *b*. Selle skeemi põhiliseks erinevuseks eelmisega võrreldes on see, et astme koormustakistuseks on järgmise astme sisendtakistus, ümberarvutatult kollektoriringi. Sellise skeemi järgi ehitatud astet kasutatakse sageli transistorvastuvõtjates suure võimenduse saamiseks. Kuid suur võimendus saavutatakse sagedusmoonutuse arvel, mida tekitab sidestustrafo. Trafosidestuses aste võimendab ühtlaselt signaali sagedusega alates 100 hertsist kuni 5 kilohertsini.

Sidestustrafo andmed sõltuvad skeemist, võimendi otstarbest ja konstruktsioonist ning järgmise astme parameetritest. Seepärast ei esitata siinkohal isegi mitte orienteerivaid andmeid. Kõigil juhtudel peab see trafo olema pinget madaldav ja omama ülekanalitegurit $1 : 5$ kuni $1 : 20$.

Mikrofoniate

Iseehitatavates magnetofonides on võimendi esimene aste alati arvestatud mitte ainult helipeade pinge võimendamiseks, vaid ka mikrofonil külgeühendamiseks. Sellisele astmele esitatakse eriti suuri nõudeid omakahina taseme ja mikrofoniefekti puudumise suhtes.

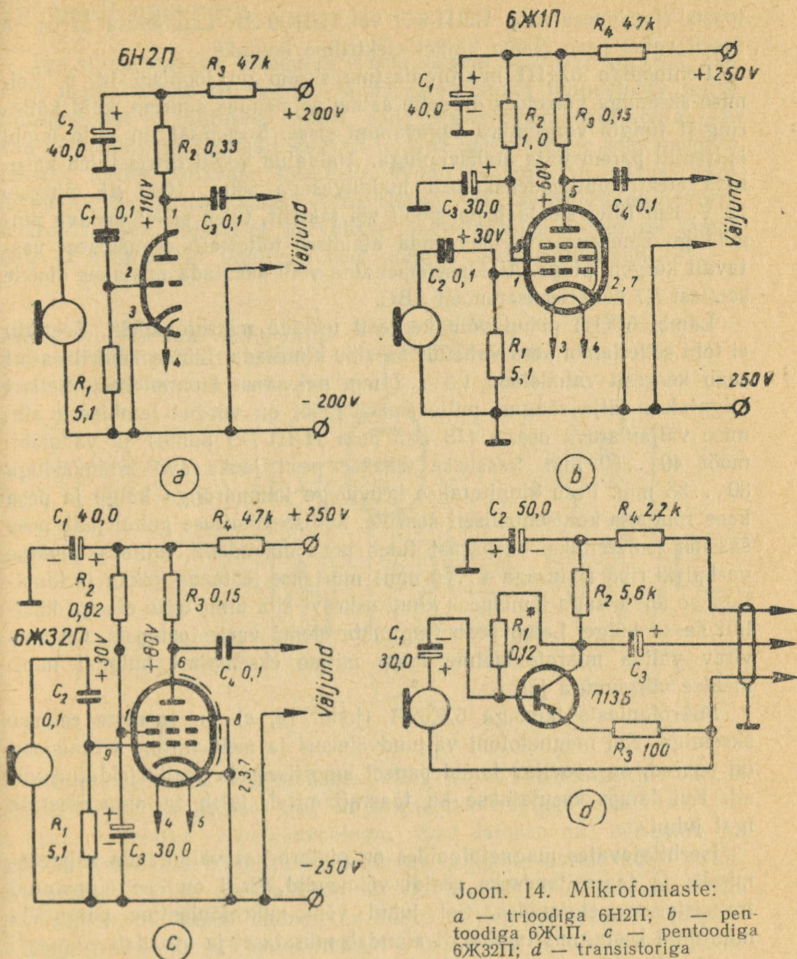
Lambiga mikrofonivõimendis ei tohi tekkida kahjulikke sidestusi kütteringi kaudu. Seepärast toidetakse esimese astme lambi kütteniiti kas alalisvooluga, mida saadakse head filtrit omavast iseseisvast alaldist, või siis toitetrafo eraldi mähisest. Mikrofoniefekti vältimiseks tuleb esimese astme lamp, eriti kui selleks on pentood, tingimata amortiseerida, s. t. paigaldada mitte otse šassiile, vaid spetsiaalsele vedru- toestusele.

Mikrofoniatemete jaoks on välja töötatud spetsiaalne väikese müra- teguriga mehaaniliselt stabiilne lamp — pentood 6Ж32П.

Järgnevalt kirjeldatakse mitmesuguseid mikrofonivõimendite skeeme.

Lambi 6H2П ühe trioodiga skeem (joon. 14, *a*) on väga levinud ja seda kasutati enne spetsiaalse pentoodi 6Ж32П ilmumist nii ise- ehitatud kui ka seeriaviisiliselt toodetud magnetofonides.

Trioodi võrel tekib eelpinge võrevoolu arvel; see eelpingestamise moodus on väikese sisendsignaali puhul täiesti lubatav. Automaatne



Joon. 14. Mikrofoniasüste:
 a – trioodiga 6H2Π; b – pentoodiga 6Ж1П, c – pentoodiga 6Ж32П; d – transistoriga

eelpingestamine katoodtakisti abil pole mikrofoniasüste soovitatav küteteringist sel puhul sissetungiva suurema võrgumüra tõttu. Võrgumüra ärahoidmisel on määrav tähtsus astme õigel montaažil. Lambipesa keskkontakt ja 9. kontakt (lambi sisemine varje) tuleb ühendada šassiiga lühikese jämeda juhtme abil ühes punktis takistiga R_1 . Mõnikord osutub vajalikuks otsida šassiiga ühendamise koht katseliselt minimaalse võrgumüra järgi. Lamp peab olema kindlasti varjestus-

topsis (lambipesa tüüp ПЛП-9-Э või ПЛК-9-Э). Lambipesa äärise ja šassi vahel peab olema kindel elektriline kontakt.

Pentoodiga 6Ж1П mikrofoniaseme skeem on joonisel 14, b. Eelmise skeemiga võrreldes on selle astme võimendus suurem, kuid kütteringist tungib võrgumüra tugevamini sisse. Seepärast on selle lambi kütteniiti parem toita alalisvooluga. Alaldatud voolu filtris tuleb kasutada elektrolüüt-kondensaatorit mahtuvusega 500...1000 μF pingele 12 V. Kui filter sisaldab paispooli või takistit, tuleb sellel tekkiva pingelangu kompenseerimiseks anda alaldisse toitetrafo erimähisest vastavalt kõrgem pingele. Alalduselemendina võib kasutada mistahes dioode seeriast Д7 või seleensammast ABC.

Lambi 6Ж1П puhul võib kergesti tekkida mikrofoniefekt. Seetõttu ei tohi selle lambi pesa vahetult šassiile kinnitada. Lihtsa amortisaatori saab kergesti valmistada 1,5...2 mm paksusest kummilehest. Sellest lõigatakse välja rõngas, mille siseläbimõõt on võrdne lambipesa alumise väljaulatuva osaga (18 mm pesa ПЛП-7-Э puhul) ja välisläbimõõt 40...50 mm. Šassisisse tehakse pesa jaoks ava läbimõõduga 30...35 mm. Pesa kinnitatakse kruvidega kummirõnga külge ja pesa koos rõngaga kontsentriliselt šassiile. Sellise kinnituse puhul jääb pesa šassiist isoleerituks. Seepärast tuleb pesa maandada, milleks õhukese vaskpleki riba (laiusega 4...6 mm) murtakse lõõtsana kokku ja kinnitatakse ühe otsaga lambipesa kinnituskruvi alla ning teise otsaga kindlalt šassi külge. Lamp peab tingimata olema varjestustopsis. On soovitatav valida mikrofoniaseme lamp mitme eksemplari hulgast minimaalse võrgumüra järgi.

Mikrofoniaseme lambiga 6Ж32П (joon. 14, c) on sarnane eelmise skeemiga. Kui magnetofoni väljundvõimsus ja mehaaniline vibratsioon on suured, on soovitatav lambi paneel amortiseerida ülalkirjeldatud viisil. Kui lampi kasutatakse ka taasesitamisel, tuleb ta amortiseerida igal juhul.

Isehitatavates magnetofonides on otstarbekas valmistada salvestamiseks ja taasesitamiseks eraldi võimendid. Eriti on see õigustatud transistormagnetofonides. Sel juhul võib mikrofoniaseme paigutada mikrofonikiista, mis tunduvalt alandab mürataset ja avarab võimendi sagedusriba kõrgemate sageduste alas, sest jääb ära mikrofonikaabli mahtuvus.

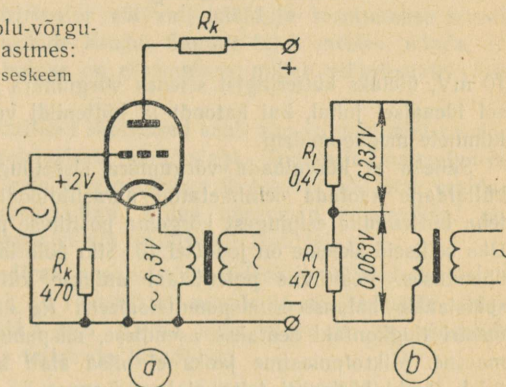
Niisuguse astme skeem on joonisel 14, d. Omamürade taseme alandamiseks toidetakse transistori madala pingega (3...4,5 V). Baasitakisti takistus sõltub mikrofonikiista ja transistori tüübist ning valitakse astme väljareguleerimisel mittelineaarsoonutuse puudumise järgi. Mikrofoniaseme jaoks tuleb valida minimaalse omakahinaga transistor.

Võimendi omamüra

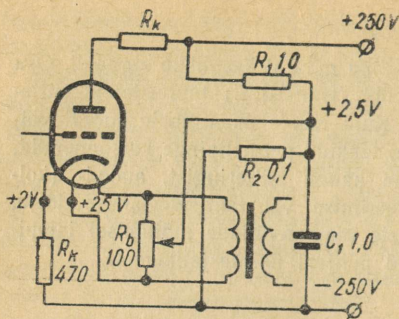
Iga võimendusaste moonutab teatud määral kasulikku signaali. Osa neist moonutustest on tingitud lambi (transistori) tunnusjoone mitte-lineaarsusest ja lülitusest endast. Kuid nende moonutuste kõrval võivad võimendatava signaali spektris tekkida parasiitpinge komponendid, näiteks mittesoovitavate sidestuste kaudu kütteringist, anood- (kollektor-)pinge mitteküllaldase filtreerimise või lahtisidestamise tõttu, mikrofoniefekti tagajärjel, kõrvaliste magnetväljade mõjumisel lampidele ja montaažile. Vaatleme neid põhjusi üksikasjalikumalt.

Joon. 15. Vahelduvvoolu-võrgumüra tekkimine sisendastmes:

a — astme skeem; *b* — aseskeem



Kütteringi mõju selgitamiseks käsitleme võimendusastme skeemi (joon. 15, *a*), kus katoodringis on automaatse eelpinge takisti ja küttemähist toidetakse vahelduvvooluga. Igas lambis on kütteniidi ja katodi vahel teatav takistus, mis kõigub sadadest kilo-oomidest mitme megaoomini. Olgu see takistus näiteks $R_1=470$ k Ω (vt. aseskeemi joonisel 15, *b*). Kuna katoodil on šassii suhtes positiivne potentsiaal (automaatne eelpinge), siis järelikult võib katodi ja kütteniidi vahelist üleminekut vaadelda dioodina, mille päritakistus on R_1 . Seetõttu kulgeb ringis küttemähis — kütteniidi ja katodi vahemik — katood — eelpingetakisti vool ja küttepinge jaguneb takistitele R_1 ja R_k vahekorras 1 : 100. Seega on eelpingetakistile rakendatud parasiitpinge $6,3 : 100 = 0,063$ V. See pinge, olles järjestikku anoodringis, võimendub kõigis järgmistes astmetes ja avaldub valjuhääldajas märgatava võrgumürana. Et madalsagedusvõimendi sisendpinge on tavaliselt 0,2 V ümber, siis on sisendpinge käsitletaval juhul häirepingest kõigest kolm korda suurem. Mikrofoniaseme korral, mille sisendpinge on 5...



Joon. 16. Võrgumüra kompen-
seerimise skeem

10 mV, ületaks kütteringist sisenev võrgumüra kasuliku signaali isegi sel ideaalsel juhul, kui katoodi ja kütteniidi vaheline takistus ulatub kümnete megaomideni.

Selleks et kõrvaldada võrgumüra sissetungimist kütteringist, on küllaldane kaotada eelnimetatud parasiitdiodi juhtivus. Seda saab teha kütteniidile eelpeingest kõrgema positiivse potentsiaali andmisega. Üks selliseid skeme on joonisel 16. Siin pole lambi küttering šassiiga ühenduses. Positiivne potentsiaal antakse kütteniidile pingejagajalt spetsiaalse balansseerimispotentsiomeetri R_6 kaudu. Selle potentsiomeetri liugkontakt seatakse asendisse, mispuhul võrgumüra on minimaalne. Mikrofoniastme jaoks ei piisa alati sellest moodusest. Siis tuleb lambi kütteniiti toita alalisvooluga.

Võimendis, milles väljundaste saab eelpeinget elektrolüütcondensaatoriga blokeeritud katoodtakistilt, võib spetsiaalse pingejagaja asemel anda eelastme kütteniidile positiivse potentsiaali väljundastme katoodilt. Sel juhul ühendatakse esimese lambi kütteniit balansseerimispotentsiomeetri kaudu väljundastme lambi katoodiga.

Anooditoitering võib samuti olla võrgumüra allikaks (kui toitepinge pole küllalt hästi filtreeritud) ja põhjustada astmete vahel positiivset tagasisidestust, mis tekitab genereerimist heli- või ultrasagedustel. Nende nähtuste vastu võitlemiseks on ainult üks võimalus — iga astme lahtisidestamine. Mitmeastmelistes võimendites tuleb iga astet toita eraldi RC-filtri kaudu, kusjuures astmete filtertakistid lülitatakse jär-jestikku. Lahtisidestusfiltrites kasutatakse suure mahtuvusega elektrolüütcondensaatoreid (40...150 μF), mis peavad olema arvestatud kogu anoodpingele (250...350 V). Filtertakistite takistuseks võetakse 5...50 k Ω , kusjuures esimese astme poole takistused järk-järgult suurenevad.

Mikrofoniefekt tekib sageli suure võimendusteguriga lampidel (tavaliselt pentoodidel), mis töötavad võimendi esimestes astmetes. Selle

põhjuseks on lambi elektroodide (eriti tüürvõre) mehaaniline vibratsioon, mille tagajärjel lambi anoodvoolus tekib tugev vahelduvkomponent vibratsioonisagedusel. Mikrofoniefekt avaldub selles, et kõne või muusikaga kaasneb iseloomulik «helin». Teatud juhtudel, kui esimese astme ja valjuhääldaja vahel esineb akustiline või mehaaniline sidestus, avaldub mikrofoniefekt püsiva genereerimisena helisagedusel.

Mikrofoniefekti vastu võitlemiseks tuleb esimese astme lamp kinnitada šassiile amortiseeritult või asetada lambile massiivne pliikapsel, mis muudab lambi mehaanilise omavõnkumise sageduse madalamaks. Aitab ka võimendi šassii mehaanilise vibratsiooni vähendamine, milleks magnetofoni elektrimootor või valjuhääldaja kinnitatakse šassii külge kummi- või viltseibide kaudu. Samuti tuleb meeles pidada, et ka üht tüüpi lampide hulgas on eksemplare, millel mikrofoniefekt on väiksem.

Magnetilised ja elektrilised sidestused saab viia miinimumini ratsionaalse montaaži ja spetsiaalsete abinõudega. Toitetrafo magnetvälja mõju saab vähendada trafo paigutamise teraskestast või tema eraldamisega võimendist terasplaadiga. Kõige nõrgemad puisteväljad on lintsüdamikuga (ümmargustel või ovaalsetel) trafodel.

Toitetrafo ja väljundtrafo omavahelise sidestuse vältimiseks tuleb nad paigaldada teineteisest võimalikult eemale ja nii, et nende südamikud oleksid vastastikku risti. Samal põhjusel ei või ka võimendi esimest astet paigutada toitetrafo lähedusse.

Kõik ülalöeldu käib ka magnetofoni elektrimootori kohta, mis tuleb eraldada võimendi montaažist ja lampidest terasvarjega.

Staatilised sidestused tekivad elektrostaatilise helisagedusvälja kaudu, mille allikateks on väljundastme lamp ja väljundtrafo. See väli võib põhjustada parasiitset tagasisidestust ja seega genereerimist nii helisagedustel kui ka ultrahelisagedustel. Et sellist sidestust ei tekiks, peab lambi anoodi väljundtrafoga ühendav juhe olema võimalikult lühike ja varjestatud. Ka on soovitatav väljundtrafo ümbritseda alumiinium- või terasvarjega või siis kinnitada see võimendi šassii külgsuinale.

Vastastikused sidestused montaažis tekivad eri vooluringide juhtmete vahel. Kõige ohtlikumad on parasiitsidestused eri astmete võre- ja anoodringide vahel, mis vähendavad võimendust ning põhjustavad sagedusmoonutust või genereerimist. Seepärast tuleb püüda maksimaalselt eemaldada anoodringide juhtmed ja detailid võreringide omadest. Võreringide pikad juhtmed, mis lähevad helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorite või mistahes ümberlülitite juurde, peavad olema varjestatud, kusjuures varjestussukkadest maandatakse (ühendatakse šassiiga) ainult lambipoolne ots, mis ühendatakse ühte punkti muude

vastava astme maandatavate detailidega. Varjestussukka tuleb paigutada kõik kolm potentsiomeetri külge minevat juhet. Potentsiomeetrite kestad tuleb ühendada šassiiga nende paigalduskohas. Et vähendada kütte- ja võrgujuhtmete poolt tekitatavate väljade mõju, tuleb need juhtmed kokku keerutada ja samuti ümbritseda varjestussukaga või siis paigutada nad šassii peale.

Võimendi sisendring ja helitugevuse reguleerimine

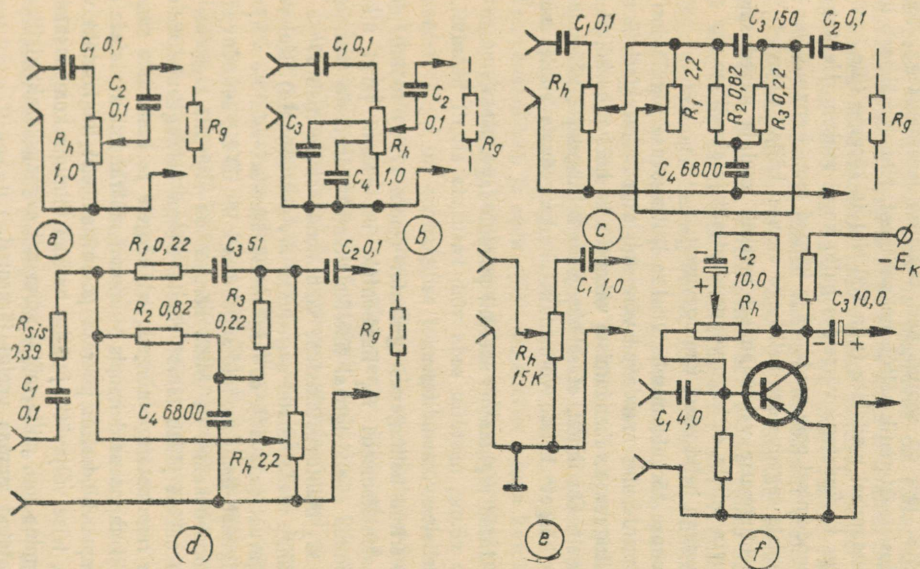
Võimendi sisendringiks loetakse tinglikult skeemi seda osa, mis ühendab madalsagedussignaali allikat (helipea, raadiovastuvõtja detektor, magnetofoni taasesituspea) esimese astme lambi võrega. Sisendringi montaaži kvaliteedist sõltub võimendi üldine võrgumüra tase. Seepärast on vaja tunda ja täita selle skeemiosa montaaži nõudeid.

Esimese madalsageduslambi võreeringi montaažil ei tohi kasutada šassiid miinusjuhtmena. Seega ei tohi sisendpinge allika negatiivset klemmi ühendada šassiiga selle klemmi asukohas, vaid mõlemad klemmid tuleb ühendada esimese lambiga (või helitugevuse potentsiomeetriga) kahe isoleeritud juhtme abil, mis paiknevad ühises varjestus-sukas. Viimane peab samuti olema šassiist isoleeritud polüvinüülkloriidtoruga või isoleerpaelaga. Sisenev nulljuhe ning varjestussukk tuleb maandada ainult ühes punktis esimese lambi pesa juures, ja nimelt selles punktis, kus ühendatakse šassiiga katood- ja võretakistid.

Kui võimendi sisendit on vaja ühendada mitme signaali allikaga (näiteks radiokombainis), tuleb selleks kasutatav ümberlüüti ümbritseda varjega ning see kindlalt maandada. Iga signaali allika juhtmed, samuti tüürvõrelt või potentsiomeetrit tulevad juhtmed peavad olema varjestatud, kusjuures varjestussukad ei tohi puutuda šassii ega ka ümberlüüti varje vastu. Juhtmete varjed tuleb ühendada ümberlüüti varjega viimase sees ja eraldi isoleeritud juhtmega ühendada esimese astme lambi maanduspunktiga.

Võimendi sisendis on tavaliselt ka helitugevuse regulaator. On mitmesuguseid regulaatorite skeeme, alates kõige lihtsamatest, mille moodustab vaid üks detail — potentsiomeeter, kuni keerukate lülitusteni, milles on 10...15 üksikosa.

Tavalise (kompenseerimata) helitugevusregulaatori skeem on joonisel 17, a. Madalpingeline signaal juhitakse kondensaatori C_1 kaudu regulaatori R_n äärmistele klemmidele. Regulaatori väljundsignaal võetakse potentsiomeetri liugkontaktilt ja antakse kondensaatori C_2 kaudu võimendi esimese lambi tüürvõrele. Kondensaator C_1 on vajalik selleks, et koos madalsagedussignaali ega ei jõuaks potentsiomeetriteni alla-



Joon. 17. Helitugevuse reguleerimise skeemid:

a — tavaline (mittekompenseeritud); b — lihtsaima kompensatsiooniga; c — kahekordse potentslomeetriga; d — kõrgekvaliteedilisele võimendile, e ja f — transistorvõimendile

lispinge raadiovastuvõtja, televiisori vms. detektori väljundist. Kondensaatori C_2 puudumisel aga võivad regulaatori võlli pööramisega kaasneda raginad ja kahinad. Kondensaatori C_2 kasutamisel peab lambi võreeringis olema omaette takisti R_g (joonisel näidatud kriipsjoonega), mille takistus peab olema $0,5 \dots 1,5 \text{ M}\Omega$.

See lülitus võimaldab hästi reguleerida helitugevust, kuid tal on üks oluline puudus, mis on seotud heli tajumise iseärasustega. Inimese kõrva sageduskarakteristik sõltub helivaljusest. Nimelt väheneb helitugevuse vähendamisel madalate (alla 100 Hz) ja kõrgete (üle 8000 Hz) toonide valjus keskmistega võrreldes palju kordi rohkem. Helitugevuse edasisel vähendamisel pole madalad ja kõrged toonid enam üldse kuuldavad, keskmiste sagedustega helid aga on veel küllalt tugevad. Teiste sõnadega, helitugevuse vähendamisel märkab kuulaja sagedusmoonutust, vaatamata sellele, et kogu võimendustrakt ja akustiline osa annab kõigi sagedustega helid edasi ühetugevuselt.

Selle puuduse kõrvaldamiseks viiakse helitugevuse regulaatori lülitusse lisaelemente, mis muudavad võimendi sageduskarakteristikut selliselt, et helitugevuse vähendamisel väheneks ka helivaljus kõigil sagedustel ühtlaselt. On ilmne, et selleks peab helitugevuse vähendamisel madalate ja kõrgete helide võimendust kesksageduste suhtes suurendama.

Ülalkirjeldatud regulaatori skeemil puudub sagedusmoonutuse kompenseerimise võime, mistõttu seda võib kasutada ainult lihtsates, väikesevõimsuselistes võimendites.

Kompenseeritud helitugevusregulaator (joon. 17, b) töötab järgmiselt. Kui potentsiometri R_h liugkontakt on skeemi järgi ülemises asendis, suundub sisendsignaal täielikult lambi tüürvõrele (kondensaatoreite C_1 ja C_2 mahtuvustakistuse võib nende suure mahtuvuse tõttu jätta isegi kõige madalamatel sagedustel arvesse võtmata). Kui vähendada helitugevust sedavõrd, et liugkontakt asetseks esimese väljavõtte kohal, siis signaali komponendid sagedusega üle 60 Hz suunduvad osaliselt läbi kondensaatori C_3 . Mida kõrgem on signaali sagedus, seda väiksem osa sellest jõuab lambi võrele. Seega helitugevuse vähendamisel sellise regulaatoriga nõrgenevad kõrgete ja keskmiste sagedustega signaalikomponendid hoopis suuremal määral kui madalate sagedustega komponendid. Kui pöörata potentsiometri liugkontakt veelgi madalamale, teise väljavõtte juurde, hakkab toimima kompensatsioonilülituse järgmine lüli, mille mõjul võimendi sageduskarakteristik muutub ülalnimetatud suunas veelgi järsemalt.

Selline lülitus korrigeerib sageduskarakteristikut ainult madalate sageduste alas ja sedagi üsna ligikaudselt. Olgu märgitud, et väljavõtetega potentsiomeetreid valmistavad ainult raadioaparaate tootvad tehased ja need on ette nähtud konkreetsele skeemile. On olemas ühe.

kahe ja kolme väljavõttega potentsiomeetreid. Väljavõtetega ühendatavad kondensaatorid valitakse katseliselt.

Hästi kompenseerib helitugevuse vähendamisel tekkivaid sagedusmoonutusi joonisel 17, *c* kujutatud skeemiga regulaator. Takistid R_2 ja R_3 ning kondensaator C_4 moodustavad T-filtri, mille väljundis signaali tugevus väheneb lineaarselt sageduse suurenemisega. Kondensaator C_3 sildab seda filtrit, kuid kuna ta mahtuvus on väike, siis madalatel sagedustel (kuni 800 Hz) ta filtri tööle mõju ei avalda. Seevastu sageduse tõustes kondensaatori mahtuvuslik juhtivus järjest suureneb ja sagedustel üle 6000 Hz kujutab ta tegelikult lühist. Järelikult signaali tugevus filtri väljundis väheneb lineaarselt alates sagedusest 30 Hz kuni sageduseni 800...1500 Hz ja hakkab seejärel sageduse tõustes jälle suurenema. Filtri elementide sobiva valiku korral on võimalik viia tema karakteristik vastavusse nn. samavaljuse kõveratega ka kõige väiksematel helitugevustel. Kui selline filter lülitada helitugevuse reguleerimise skeemi joonise 17, *c* kohaselt, siis potentsiomeetrite R_h ja R_1 liugkontaktide ülemises asendis, mis vastab suurimale helitugevusele, osutub filter lühistatuks ja võimendi sageduskarakteristikule ei mõju. Helitugevuse vähendamisel takisti R_1 šunteeriv toime samuti väheneb ja võimendi sageduskarakteristik muutub. See skeem tagab hea kompensatsiooni ja seda võib võimendites eduga kasutada. Skeemi ainsaks puuduseks on kahekordse ühise võlliga potentsiomeetri kasutamise vajadus.

Joonisel 17, *d* on analoogilise toimega skeem, mille on välja töötanud käesoleva raamatu autor; siin pole vaja kahekordset potentsiomeetrit. Selles skeemis on potentsiomeeter lülitatud nii, et signaali lambi tüürvõrele ei võeta liugkontaktilt, vaid kogu takistilt R_h . See tõttu filtri väljundtakistus helitugevuse reguleerimisel ei muutu, mis võimaldab hoida sageduskarakteristiku kuju püsivana igasugusel helitugevusel. Skeemist on näha, et kui liugkontakt on ülemises asendis (heli kõige tugevam), on filter lühistatud; helitugevuse vähendamisel aga lülitub ta signaaliahelasse. Skeemis näidatud andmetega detailide korral tagab regulaator ideaalsele lähedase kompensatsiooni.

Peab hoiatama, et võrgumüra ja muude häirete vältimiseks tuleb kõik kompensatsioonilülituse detailid monteerida eraldi isoleerplaadile ja ümbritseda varjega, kusjuures on vaja silmas pidada sisendringide montaaži kohta esitatud nõudeid.

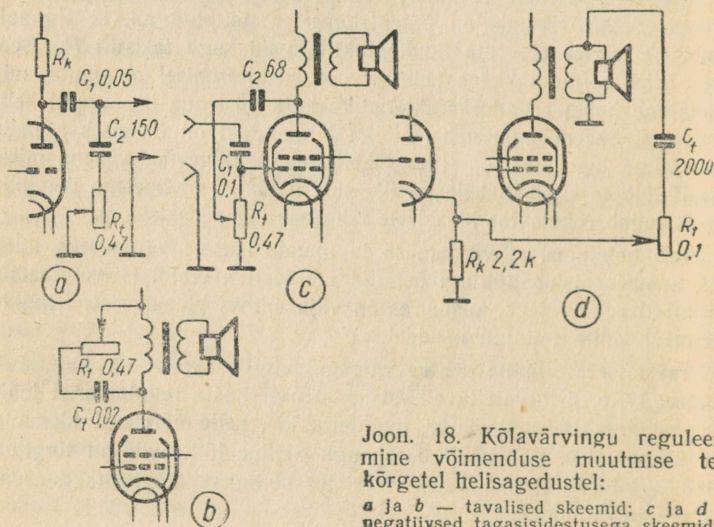
Transistorvõimendite helitugevusregulaatorite skeem on kujutatud joonisel 17, *e*. Erinevalt tavalisest kompenseerimata regulaatorist juhitakse signaal potentsiomeetri liugkontaktile, selle äärmised klemmid aga ühendatakse transistori baasiringi. Selline lülitusviis on tingitud vajadusest hoida võimendi sisendtakistus sõltumata liugkontakti asendist muutumatuna.

Sageli kasutatakse lülitust, milles helitugevust reguleeritakse negatiivse tagasisidestuse muutmisega võimendi esimeses astmes (joon. 17, f). Joonisel 17, e esitatud skeemi saab kasutada kõigil juhtudel, viimati kirjeldatud skeemi aga ainult tingimusel, et transistori kollektori ja potentsiomeetri vahelise kondensaatori mahtuvus on küllalt suur.

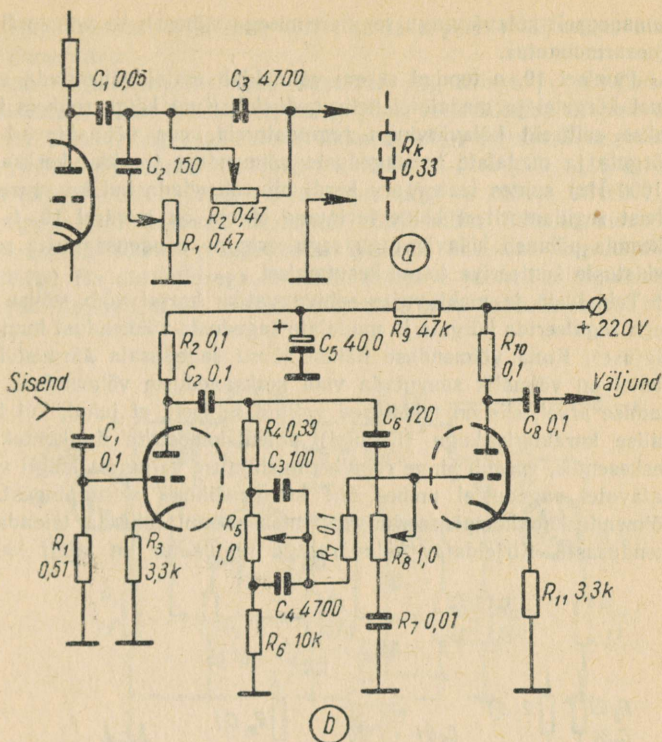
Ka transistorvõimendites saab teatava eduga kasutada kõiki ülal kirjeldatud kompensatsioonilülitusi, kuid nende üksikosade elektrilised suurused tuleb valida katseliselt, arvestades transistorskeemides esinevaid väikesi takistusi.

Kõlavärvingu reguleerimine

Kõlavärvingu (tämbri) reguleerimine võimendis tähendab tema sageduskarakteristiku muutmist. On kindlaks tehtud, et erineva sagedusspektriga saadete kuulamisel tuleb vastavalt muuta võimendi sageduskarakteristikut. Näiteks sõnaliste saadete puhul on soovitatav, et sagedusala alumiseks piiriks oleks 100...200 Hz, sagedustel 4000...6000 Hz tuleb aga sageduskarakteristikut veidi tõsta. Sümfoonilise muusika kuulamisel peab sageduskarakteristik olema peaaegu lineaarne kogu sagedusalas, džäss- ja estraadimuusika kõlab aga paremini, kui on esile toodud madalad (30...80 Hz) ja äärmised kõrged (8000...12000 Hz) helisagedused.



Joon. 18. Kõlavärvingu reguleerimine võimenduse muutmise teel kõrgetel helisagedustel:
a ja *b* — tavalised skeemid; *c* ja *d* — negatiivsed tagasisidestusega skeemid



Joon. 19. Kõlavärvingu reguleerimine võimenduse muutmise teel kõrgetel ja madalatel helisagedustel:
 a – lihtne skeem; b – tüüpskeem

Sagedusarakteristiku soovikohaseks muutmiseks lülitatakse lihtsamatesse võimenditesse üks või kaks, eriti kvaliteetsetesse võimenditesse aga isegi mitu kõlavärvingu regulaatorit, millest igaüks reguleerib sagedusarakteristikut kindlas sageduspiirkonnas.

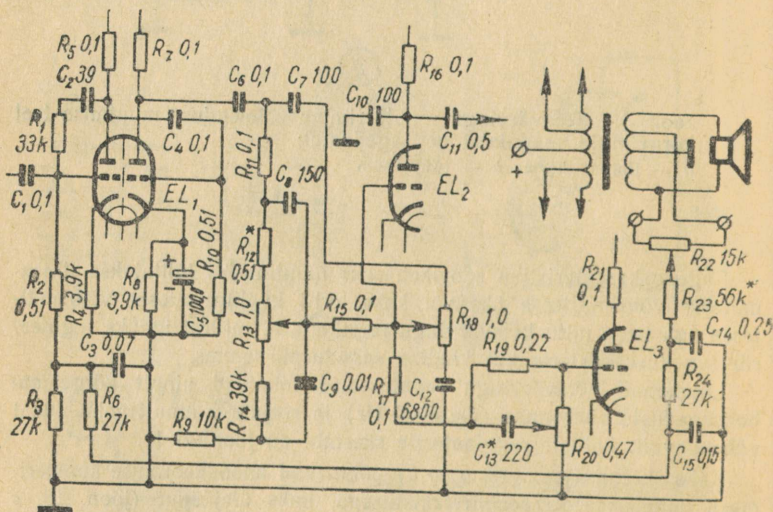
Lihtsamad kõlavärvingu regulaatorid toimivad ainult kõrgemate helisageduste piirkonnas (üle 5000 Hz) ja seejuures ainult võimendust vähendavalt. Selliste regulaatorite skeemid on joonisel 18.

Kaks skeemi (joon. 18, a ja b) põhinevad anoodkoormuse šunteerimisel kondensaatori reaktiivtakistusega, kaks ülejäänut (joon. 18, c ja d) reguleerivad sagedusarakteristikut negatiivse tagasisidestuse pinge muutmise teel. Viimased kaks skeemi on eelistatavamad, sest

samaaegselt kõlavärvingu reguleerimisega väheneb ka võimendi mitte-lineaarmoonutus.

Joonisel 19, a toodud skeem võimaldab eraldi vähendada võimendust kõrgetel ja madalatel helisagedustel. Kuid kõige rohkem kasutatakse selliseid kõlavärvingu regulaatoreid, mis võimaldavad eraldi kõrgete ja madalate helisageduste võimendust tingliku kesksageduse (1000 Hz) suhtes teatav arv kordi nii vähendada kui ka suurendada. Neist regulaatoritest kõige levinuma skeem on joonisel 19, b. Selles skeemis põhineb kõlavärvingu reguleerimine kondensaatorite reaktiivtakistuste šunteeriva toime kasutamisel.

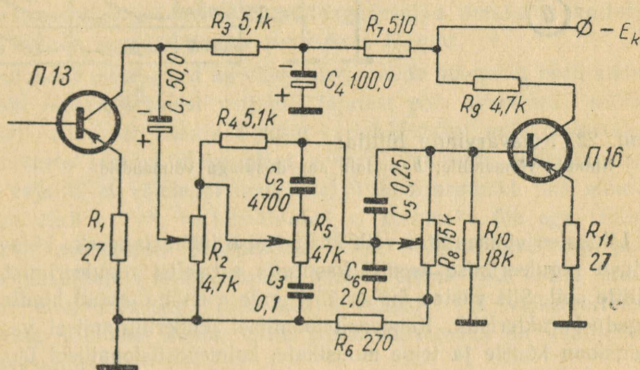
Takistuste ja mahtuvuste sobiva valiku korral võib sellise lülitusega reguleerida kõrgete ja madalate sageduste võimendust kuni 20 dB ulatuses. Kuna võimenduse näilist tõusu sagedusala äärmistel sagedustel on võimalik saavutada vaid kesksageduste võimenduse vähendamise arvel, siis on takistused valitud selliselt, et juhul, kui logaritmilise karakteristikuga (B-tüüpi) potentsiomeetrite liugkontaktid on keskasendis, võrdub pinge reguleerimislülituse väljundis kõigil võimendatavatel sagedustel umbes ühe kümnendikuga sisendpingest. Selle võimenduskaotuse kompenseerimiseks tuleb skeemi lülitada täiendav võimendusaste. Kirjeldatav kõlavärvingu regulaator on laialt kasutusel



Joon. 20. Kõlavärvingu reguleerimise skeem kõrgekvaliteedilisele võimendile

ringhäälinguaparatuuris ja seda võib soovitada põhilise skeemina mistahes võimenditele.

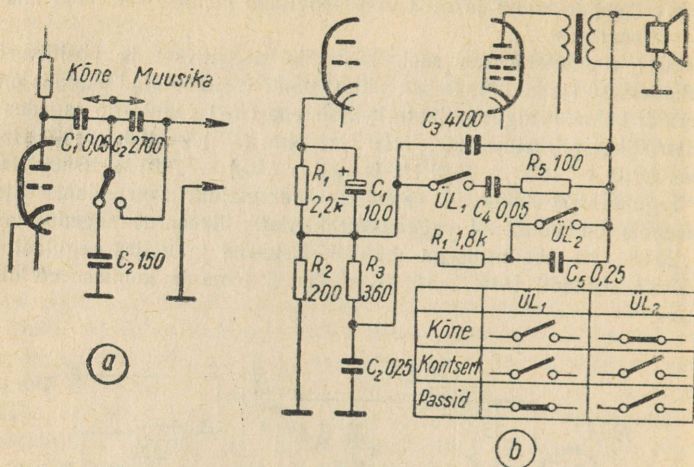
Tämbri reguleerimiseks saab kasutada negatiivset ja positiivset tagasisidestust (joon. 20). Selles, autori poolt väljatöötatud skeemis on neli eraldi kõlavärvinguregulaatorit. Esimene (R_{22}) reguleerib sagedus-karakteristikut piirkonnas 20...100 Hz, teine (R_{13}) — 100...1000 Hz, kolmas (R_{18}) — 1000...7000 Hz ja neljas (R_{20}) — 7000...16 000 Hz. Kõik regulaatorid toimivad üksteisest sõltumatult. Potentsiomeetrite keskasendis on võimendi sagedus-karakteristik lineaarne sagedusalas 20...20 000 Hz ebaühtlusega ± 1 dB. Esimene ja neljas regulaator muudavad signaali taset ± 10 dB ulatuses, teine ja kolmas ± 6 dB ulatuses.



Joon. 21. Kõlavärvingu reguleerimise skeem transistorvõimendile

See skeem on toodud näitena negatiivse ja positiivse tagasisidestuse kasutamisest kõlavärvingu reguleerimisel. Raadiohuvilisi, kes soovivad skeemi rakendada, tuleb hoiatada, et positiivse tagasisidestuse tõttu kaldub lülitis genereerima, kui ei rakendata spetsiaalseid stabiliseerivaid abinõusid. Et seda reguleerimislülitust korralikult tööle panna, on vaja helisagedusgeneraatorit, ostsillograafi koos lisaseadisega, mis võimaldab jälgida signaali faasi, ja lamp-millivoltmeetrit.

Transistorvõimendites on lampvõimenditega võrreldes tunduvalt raskem saavutada madalate ja kõrgete helisageduste võimenduse teineteisest sõltumatut reguleerimist tingituna sellest, et takistused on siin väikesed, mis omakorda nõuab suure mahtuvusega kondensaatorite kasutamist. Üks rahuldavalt töötav kõlavärvingu reguleerimise skeem iseseisvaks madalate ja kõrgete helide reguleerimiseks on joonisel 21.



Joon. 22. Kõlavärvingu lülitid:

a — lihtsale võimendile; *b* — laia sagedusalaga võimendile

Lihtsates võimendites võib käsitemise hõlbustamiseks kõlavärvingu sujuva reguleerimise asemel kasutada astmelist reguleerimist ümberlülitite abil. Siis vastab ümberlülitit igale asendile teatud kindla kujuga sagedusarakteristik. Kahepositsioonilisel ümberlülitamisel vastab üks positsioon kõnele ja teine muusikale, kolmepositsioonilisel üks kõnele, teine sümfoonilisele muusikale ja kolmas džässmuusikale.

Joonisel 22, *a* esitatud skeem vähendab asendis «Kõne» võimendust kõrgetel ja madalatel helisagedustel, asendis «Muusika» on sagedusarakteristik lineaarne. Skeem joonisel 22, *b* võimaldab sagedusarakteristiku algus- ja lõpuosa nii tõsta kui langetada keskosas suhtes. Detailide suurused joonisel 22 vastavad teatud konkreetsetele skeemidele ja lampidele. Seepärast võib osutada vajalikuks detailide elektrilisi suurusi teatud ulatuses muuta, et tagada oma võimendis vajaliku sügavuse ja ulatusega reguleerimist.

AKUSTILISED SÜSTEEMID

Akustiliste süsteemide valiku põhimõtted

Kui kvaliteetne madalsagedusvõimendi ka poleks, kujuneb halva akustilise süsteemi kasutamisel helikvaliteet siiski ebapiisavaks. Akustilise süsteemi omadused sõltuvad omakorda neljast tegurist: valitud

valjuhääldajate tüüpide ja arvu vastavusest madalsagedusseadmele esitatavatele nõuetele, olemasolevate valjuhääldajate kvaliteedist, akustilise agregaadid konstruktsioonist ning selle valmistamise hoolikusest. Nendest igaüks võib osutada oodatud tulemuste saamisel määravaks ja seetõttu tuleb loetletud teguritele pöörata tõsiselt tähelepanu. Vaatleme neid üksikult.

Nõuded, mis esitatakse võimendile ja määravad selle parameetrid, kehtivad sisuliselt ka valjuhääldajate kohta. Valjuhääldaja poolt taasesitatav helisagedusriba ei tohi olla kitsam sagedusribast, millele on arvestatud võimendi. Kui sellist valjuhääldajat ei õnnestu leida, tuleb kasutada korraga mitut eritüübilist valjuhääldajat, et nende poolt taasesitatav summaarne sagedusala poleks kitsam võimendi poolt ülekantavast sagedusalast. Sealjuures tuleb hoolitseda selle eest, et valjuhääldajate poolt reprodutseeritavad sagedusalad omavahel kattuksid ning et üldises sagedusspektris puuduksid lüngad.

Samalaadne on olukord ka võimsusega, mida võimendi peab andma. Kui ükski olemasolevatest valjuhääldajatest pole arvestatud sellisele võimsusele, siis tuleb kasutada mitut valjuhääldajat, mille normaalsete koormatavuste summa oleks pisut suurem võimendi nimivõimsusest. See on vajalik, et võimendi hetkelistel ülekoormamistel, mis muusika ülekandel alati esineb, valjuhääldajad ei koormuks üle ega tekitaks märgatavat moonutust. Kõrgekvaliteediliste võimendusseadmete puhul peab valjuhääldajate nimivõimsuste summa olema kaks korda suurem võimendi nimivõimsusest. (See kehtib amatöör- ja väikeseerialiselt toodetavate seadmete kohta, mille puhul määravaks on kvaliteet ja mitte maksumus.)

Juhul kui kasutatakse mitut valjuhääldajat, tuleb jälgida, et madalsagedusvaljuhääldajate grupile, mis taasesitab sagedusriba kuni 5000...6000 hertsini, langeks ligikaudu 70% agregaadid koguvõimsusest.

Ka valjuhääldajate kvaliteedile tuleb pöörata kõige tõsisemat tähelepanu. Esmalt tuleb veenduda, et valjuhääldaja membraan poleks kusagilt deformeeritud või muul viisil mehaaniliselt vigastatud. Väikesi lõhesid ja auke, kui need ei asetse membraani gofreeritud osal või tsentreerimisseibi ning võnkepooli läheduses, saab kinni liimida. Pärast seda tuleb kontrollida võnkepooli liikumisvabadust magnetpilus — see ei tohi üheski kohas puutuda vastu magnetpilu servi.

Akustilise süsteemi ehitus peab olema läbi mõeldud juba enne võimendi ehitamisele asumist, kuna võimendi konstruktsioon sõltub osaliselt akustilisest süsteemist. Kui võimendi lülitusskeemi pole raadiohuvilisel raske valida, siis soovitusi akustiliste süsteemide ehitamise kohta on üldiselt võrdlemisi raske leida. Tuleb meeles pidada, et akus-

tilise süsteemi konstruktsiooni valikul on määravaks ruumi kuju ning akustilised omadused, milles ta peab töötama hakkama.

Akustilise agregaadiga, mille valjuhääldajate nimivõimsus ei ületa 3 vatti (magnetofonide ja raadiovastuvõtjate laua- ning kantavate mudelite enamik), saab rahuldavalt varustada heliga vaid 12...14-ruutmeetrise põrandapinnaga elutuba (meenutame, et siin pole mõeldud mitte ainult lihtsalt kuuldavuse loomist, vaid mitmesuguste programme heakvaliteedilist taasesitamist). Ligilähedaselt ruudukujulistes 25...30-m² põrandapinnaga ruumides võib saada rahuldava heliülekande vaid siis, kui valjuhääldajate nimivõimsus on vähemalt 5 vatti; sealjuures peavad lauale asetatavatel akustilistel agregaatidel olema eraldi kõrgsagedusvaljuhääldajad nii korpuse esiküljel kui ka külgedel. Mööbelkujunduses ehk nn. konsoolkonstruktsioonide puhul on soovitatav kasutada eraldi asetséivaid kõrgsagedusvaljuhääldajaid.

Suuremaid ruume ei saa väikeste või kantavate seadmete abil rahuldavalt heliga varustada. Sel juhul peab võimendi moonutusvaba väljundvõimsus olema suurem kui 10 vatti ning seadme valjuhääldajad asetsema võimendist eraldi. Peale selle ei tohi suuremates ruumides jätta arvestamata heli neelavate ja peegeldavate pindade paiknemise ebaühtlust ning reverberatsiooni mõju. Nii kujunebki suuremate ruumide varustamisest helitaasesitusseadmetega üsna raske probleem, kui soovitakse ruumi igas punktis saada heliülekande head kuuldavust.

Akustiliste süsteemide isevalmistamisel saab ka oskuslikult ehitatud seade anda nõutavat helikvaliteeti vaid siis, kui on kasutatud sobivaid materjale ja konstruktsioon on hoolikalt teostatud.

Materjalid akustiliste süsteemide ehitamiseks

Iga akustilise agregaadi vältimatuteks osadeks on korpus (kast) ja heli peegeldav kõlalaud («akustiline kilp»), millele monteeritakse valjuhääldajad. Kummagi osatähtsus helikvaliteedi seisukohalt on suur, eriti just madalamate helisageduste osas. Kasti ja kõlalauda võib valmistada mitmetest puiduliikidest. Metallist või plastmassidest kastid ei vasta kõrgevaliteedilise heliülekande nõuetele. Ka iga puiduliik pole sobiv. Agregaadi kasti valmistamiseks kõlbab mitmekihiline liimitud vineer paksusega 10...12 mm. Ohemast vineerist kast osutub liiga «kõlavaks» (ilmnevad mitmesugused omahelid), mis nõuab täiendavaid vahendeid heli summutamiseks. Liiga paks vineer muudab korpuse asjatult massiivseks. Lauamaterjal pole korpuse valmistamiseks eriti sobiv paratamatute rohkete pragude ning konstruktsiooni väikese mehaanilise tugevuse pärast. Kasti valmistamiseks sobib ainult hästi kuivanud vineer, mis hiljem ei tõmbu kokku ega kõverdu ja millesse seetõttu ei teki pilusid

Veelgi olulisem on kõlalaua materjali valik. Kui raadiovastuvõtjate ja kantavate magnetofonide puhul kasutatakse selleks vineeri, siis kõrgekvaliteediliste konsoolkonstruktsioonide jaoks pole see materjal sobiv. Suurte akustiliste agregaatide kõlalaud tuleb valmistada ruudu- või ristkülikukujulise ristlõikega liistudest, mis on saetud piki kiudu välja 20...30-mm paksustest muusikariistade ehitamisel kasutatavast spetsiaalsest kuusepuidust (nn. «akustilisest puidust») või äärmisel juhul tavalistest männi- või kuuselaudadest. Teised puiduliigid on kõrgekvaliteediliste kõlalaudade valmistamiseks vähem sobivad või pole selleks üldse kõlblikud (näiteks kask ja tamm). Lauamaterjal peab enne liistudeks saagimist olema väga hoolikalt kuivatatud. Kõlalaud liimitakse kokku vajalikust arvust liistudest.

Nimetatud materjalide kõrval kasutatakse kõrgekvaliteediliste akustiliste süsteemide valmistamisel heli neelavaid ja summutavaid materjale. Kõige odavama ja kättesaadavama heli neelava materjalina võib soovitada vilti, summutava materjalina 2...3 mm paksust lehtkummit.

Valmis kasti väliseks töötlemiseks kasutatakse väärispuitu (pähkli, karjala kase, punase puu vineeri), drapeeringuna nn. «raadiokangast» või tavalist võimalikult hõreda faktuuriga villast riidet. Tihedad riidesordid selleks otstarbeks ei sobi.

Akustiliste süsteemide valmistamise iseärasused

Akustiliste süsteemide valmistamine pole keerukas, kuid vajab äärmist täpsust. Kiirustades ja hoolimatult valmistatud süsteem ei hakka andma heakvaliteedilist heli.

Kast on kõige parem valmistada neljast iseseisvast kilbist, mis on välja saetud 10 mm paksusest aviovineerist ning on ühendatud omavahel tappidega. Kasutada tuleb head tiseriliimi. Kui liim on jõudnud kuivada, kinnitatakse liimi ja naelte abil esikülje sisepinnale kaks vertikaalset liistu, mille külge kruvitakse hiljem kõlalaud koos valjuhääldajatega. Need liistud kaetakse kogu pinna ulatuses 1...2 millimeetri paksuse kummiga. Kõlalaud liibub siis tihedalt vastu liiste ning ei saa soovimatult võnkuma hakata.

Seejärel valmistatakse kasti sisemõõtmetele vastav kõlalaud, millesse saetakse valjuhääldajate avad ning puuritakse kinnituskruvide augud. Valjuhääldajate jaoks tehtud avade servad silutakse hoolikalt liivapaberiga ning kaetakse bakeliitlakiga, et vältida löikepinnalt eralduvate puiduosakeste võimalikku langemist valjuhääldaja magnetpõlde.

Kõlalaua kokkuliimimise eel tuleb liistud hoolikalt teineteisega sobi-

tada. Kui kõik liistud on sobitatud, kaetakse nende liitepinnad tiseri- või kaseinliimiga ning surutakse tulevane kõlalaud tiseripingis vm. vahendiga (kahe-kolme metallklambriga) tugevasti kokku. Kõlalaud peab soojas kohas kuivama kaks kuni kolm ööpäeva.

Pärast kõlalaua kuivamist töödeldakse selle kumbagi külge hõõvliga, kuni plaat omandab ühtlase paksuse (2...2,5 cm). Seejärel puhastatakse hõõveldatud pinnad liivapaberiga ning kaetakse vineerišpooniga, paigutades selle kiud tingimata kõlalaua liistude suunaga risti. Vastasel korral võib kõlalaud hiljem praguneda või isegi laguneda.

Pärast seda, kui vineeriga kaetud kõlalaud on lõplikult kuivanud, kaetakse see eest iluriidega. Täiesti lubamatu on riidet liimida kõlalaua esiküljele. Väljalõigatud riidetükk tuleb lahtiselt asetada kõlalaua esikülje vastu, pöörata selle üks serv üle kõlalaua ääre ning kinnitada tagaküljele, kasutades selleks tiseriliimi. Pärast liimi täielikku kuivamist venitatakse riie ühtlaselt kõlalauale ja liimitakse vastasserv samuti kõlalaua tagaküljele. Selleks et riie liibuks liimitavas kohas laua vastu, võib kasutada väikesi, nn. kinganaelu, mis pärast liimi kuivamist eemaldatakse. Samal viisil liimitakse kinni ka riide ülejäänud kaks serva. Enne kõlalaua lõplikku sissemonteerimist akustilisse agregaatil lõigatakse riide liigne osa ära.

Kui drapeeringuks kasutati villast või poolvillast riidet, siis võib pritsida sellele veidi puhast vett, mille tagajärjel kangas pisut kokku tõmbub ning pinguli jääb.

Enne kõlalauale kinnitamist tuleb iga valjuhääldaja paigutada marlist kotti. Selleks asetatakse valjuhääldaja marlitükile ja seotakse selle servad magnetsüsteemi taga kokku. Liigne marli lõigatakse seejärel ära.

Valjuhääldajate valimine, paigutamine ja faseerimine

Kui akustiline süsteem koosneb ühest valjuhääldajast, siis pole selle valik keeruline. Ainus, millele on soovitatav tähelepanu juhtida, on valjuhääldaja võnkesüsteemi resonantsisagedus. Tavaliselt märgib valjuhääldajaid tootev tehas iga üksikeksemplari omasageduse membraanihoidjale või vähemalt pakendile. Paljusid ühte ja sama tüüpi valjuhääldajaid toodetakse kahe erineva resonantsisagedusega. Ühe valjuhääldajaga akustilise süsteemi jaoks tuleb alati leida madalama resonantsisagedusega eksemplar.

Akustilistes süsteemides, mis koosnevad kahest ühetüübilisest valjuhääldajast, tuleb kasutada erineva resonantsisagedusega eksemplare. Kui valitud tüüpi valjuhääldajaid valmistatakse ainult ühe resonantsisagedusega, siis võib sellele vaatamata nende nulgast leida eksemplare,

mille resonantsisagedused erinevad teineteisest 20...30 Hz võrra, sest tootmisel esineb paratamatult teatav mehaanilist resonantsi määravate parameetrite hajumine.

Valjuhääldaja võnkesüsteemi resonantsisageduse määramiseks tuleb see ühendada helisagedusgeneraatori väljundisse 50...100-oomise takisti kaudu ja lülitada rööbiti võnkepooliga lampvoltmeeter. Järgnevalt antakse generaatorist 200-hertsisel sagedusel selline pinge, mis puhul lampvoltmeeter annaks hõlpsasti loetava hälbe (näiteks 100 mV) ja hakatakse aeglaselt vähendada generaatori sagedust, kuni pinge valjuhääldajal omandab maksimaalväärtuse ja hakkab taas kahanema (võib-olla tuleb voltmeetri mõõtepiirkonda sel puhul ümber lülitada). Sagedus, mille puhul võnkepoolil tekib maksimaalne pinge, ongi valjuhääldaja resonantsisageduseks. Mõõtetulemus tuleb kirjutada valjuhääldaja korpusele.

Akustilises süsteemis on soovitatav kasutada valjuhääldajaid, mille resonantsisagedused erinevad vähemalt 30...40 Hz võrra. Võimaluse korral tuleb välja valida valjuhääldajad, mille resonantsikõver oleks lame. Kui kõrgsagedusvaljuhääldajatena kasutatakse tavalisi väikese võimsuselisi valjuhääldajaid (näiteks 1ГД-9 või 1ГД-18), tuleb nendest valida eksemplarid, mille resonantsisagedus oleks võimalikult kõrge.

Erinevate valjuhääldajate valimisel konsooltüüpi akustiliste süsteemide jaoks tuleb madalsagedusvaljuhääldajateks valida võimalikult lamedana resonantsikõveraga ja madala resonantsisagedusega eksemplarid, kõrgsagedusvaljuhääldajateks aga võimalikult kõrge resonantsisagedusega tüübid. Kõrgekvaliteedilistes akustilistes süsteemides kasutatakse kõrgsagedusvaljuhääldajatena tavaliselt valjuhääldajaid БГД või ruuporkiirgajaid «Kinap».

Kui süsteem koosneb mitmest valjuhääldajast, siis peavad need omavahel tingimata olema faseeritud. See tähendab seda, et ühise kiirgamisfrondiga valjuhääldajatel peavad membraanid ühel ja samal hetkel liikuma samas suunas. Seda võib saavutada ainult valjuhääldajate õige elektrilise ühendusviisi puhul. Valjuhääldajate õigeks sünfaasiks ühendamiseks tuleb toimida järgmiselt. Ühele faseeritavatest valjuhääldajatest antakse helisagedusgeneraatorist signaal sagedusega 200 ± 50 Hz ja sellise amplituudiga, mis vastaks 5...10%-le nimiväljundvõimsusest. Seejärel, kuulates tekkivat heli, lülitatakse rööbiti esimese valjuhääldajaga teine. Kui helitugevus sel puhul märgatavalt suureneb, siis osutuvad valjuhääldajad ühendatuks õiges faasis. Kui helitugevus kahaneb, tuleb teise valjuhääldaja polaarsust muuta. Samal viisil jätkates ühendatakse kahele omavahel faseeritud valjuhääldajale juurde kolmas ja kõik ülejäänud.

Eraldi tuleb peatuda valjuhääldajate paigutamise viisidel akustilises agregaadis. Kõigepealt tuleb mitmest valjuhääldajast koosnevas

akustilises süsteemis maksimaalselt nõrgendada nende omavahelist mõju. See nõue on täidetud valjuhääldajate frontaalse paigutusviisi ja risttahukakujulise tagant avatud kasti puhul. Kui konstruktiivsetel või muudel kaalutlustel akustilise agregaaadi kast kujult erineb täisnurksest või kui valjuhääldajad on paigutatud omavahel nurga all, tuleb naaber-valjuhääldajad eraldada kasti kogu kõrguses 4...6 mm paksuse vineerist vaheseinaga, mis sügavuselt ületaks suurima valjuhääldaja läbimõõdu 10...15% võrra. Vaheseina kummalegi küljele tuleb liimida vildikiht.

Kõik seniõeldu kehtib esmajoones madalsagedusvaljuhääldajate grupi kohta. Kui akustiline agregaat koosneb mitmest madalsagedus-, kesksagedus- ja kõrgsagedusvaljuhääldajast, siis tuleb meeles pidada, et madalsagedusvaljuhääldajate heli on reeglina võimsam ning vähem suunatud kui kõrgsagedusvaljuhääldajate heli. Lisaks sellele neelduvad ja peegelduvad elutubades leiduvatelt pehmetelt esemetelt madalsageduslikud helivõnkumised vähem. Niiviisi võibki madalsagedusvaljuhääldajaid paigutada agregaaadi alumisse ossa vahetult toa põranda lähedusse (konsooltüüpi akustilistes agregaatides). Sealjuures osutub taasesitatav heli ruumi igas osas rahuldavalt ühtlaseks ja küllaldaselt intensiivseks. Madalsagedusvaljuhääldajate madalal paiknemisel nõrgeneb osaliselt ka ebameeldiv «löögiefekt», mis ilmneb madalate järskude helide reprodutseerimisel (suur trumm, kontrabass).

Kõrgsagedusvaljuhääldajate grupi jaoks on nõuded vastupidised. Kõrgematel sagedustel on heli teravalt suunatud, pehmed esemed (vaibad, pehme mööbel, kardinad) summutavad seda suurel määral ning igasugused ühtlaselt siledad pinnad, mille helineeldumistegur on väike (seinad, poleeritud mööbel, peeglid, aknad) peegeldavad. Nii tekib ruumis mitmekordselt peegeldunud heliväli. Faasierinevuse tõttu need üksikud signaalid liituvad ja lahutuvad, kusjuures ruumis tekivad heliga väga ebaühtlaselt varustatud tsoonid. Lõpptulemusena kujuneb kõrgete helide rahuldav jaotamine ruumis võimalikuks ainult nelja kuni kuue kõrgsagedusvaljuhääldaja kasutamise puhul. Kõige parem on paigutada ainult üks nendest agregaaadi kõlalaual madalsagedusvaljuhääldajate kohale, kaks monterida kasti kummalegi külge ja ülejäänud kaks kujundada kantavatena, paigutades need ruumi katseliselt.

Tuleb rõhutada, et kõik siinõeldu kehtib üksnes avara sagedusalaga ja suure väljundvõimsusega võimendi kasutamisel.

Akustilised süsteemid võimsusega kuni 5 W

Akustilistes süsteemides, mille valjuhääldajate koguvõimsus ei ületa 5 vatti, on enamasti üks või kaks, harvemini kolm või neli valjuhääldajat. Need seadmed on kujundatud lauale asetatavatena või kantavatena.

Lauale asetatavaid konstruktsioone kasutatakse raadiovastuvõtjate, kantavaid — magnetofonide ja transistorvastuvõtjate puhul.

Üht valjuhääldajat sisaldavaid akustilisi süsteeme kasutatakse eranditult ainult väikesemõõtmelistes kantavates seadmetes. Kõige sagedamini kasutatakse nendes 1-vatise nimivõimsusega ja 100...10 000-hertsist reprodutseeritavate sageduste ala hõivavaid valjuhääldajaid 1ГД-9 (1ГД-18) või 2-vatise nimivõimsusega valjuhääldajaid 2ГД-3 (sagedusala 70...10 000 Hz) ja harvemini 4-vatise nimivõimsusega valjuhääldajaid 4ГД-1 (sagedusala 60...12 000 Hz) või 5-vatise nimivõimsusega valjuhääldajaid 5ГД-14 (sagedusala 60...12 000 Hz). Lauakonstruktsioonides rakendatakse üht valjuhääldajat ainult väikesemõõtmelistes televiisorites ja patareivastuvõtjates.

Kuna lihtne madalsagedusvõimendi suudab anda ainult rahuldava kvaliteediga heli, siis peavad sel puhul valjuhääldaja asetuse ja kujunduse osas määravaks teguriks olema seadme konstruktsiooni üldised põhimõtted, mitte aga akustilised iseärasused. Tavaliselt taotletakse ainult seda, et kasutatav ainus valjuhääldaja oleks kuulaja poole suunatud. Sellegi poolest pole mõnedel juhtudel (näiteks kantavas transistorteleviisoris) seda miinimumnõuetki võimalik rahuldada.

Valjuhääldajate puhul, mille võimsus on 1 W või vähem, kõlalauda tavaliselt ei kasutata: need kinnitatakse vahetult raadioaparaadi šassii või kasti ühe seina külge.

2-vatiste valjuhääldajate jaoks võib valmistada kõlalauda 6...10-mm vineerist, mille mõõtmed ületavad valjuhääldaja ava mõõtmeid 2...3 cm võrra. Siiski kinnitatakse need valjuhääldajad televiisori kasti külge seinale või kantava magnetofoni esipaneelile kõige sagedamini ikkagi kõlalauda.

Kahest samatüübilisest valjuhääldajast koosnevad akustilised süsteemid. Sageli kohtame kahest samatüübilisest valjuhääldajast koosnevaid akustilisi süsteeme lauale asetatavates raadiovastuvõtjates ja televiisorites. Vastuvõtjates kasutatakse niisugusel puhul kaht valjuhääldajat 1ГД-6 või 2ГД-3, televiisorites — kaht valjuhääldajat 1ГД-9. Samatüübilisi valjuhääldajaid kohtame ka suuremates transistorraadiovastuvõtjates ja kantavates magnetofonides.

Lauale asetatavates vastuvõtjates monteeritakse mõlemad valjuhääldajad kõrvuti ühisele 6...10-millimeetrise vineerist kõlalauale ning paigutatakse see vastuvõtja kasti esiküljele skaala kohale või

kõrvale. Kõlalaua formaat on valjuhääldajate 1ГД-5 ja 2ГД-3 puhul 1 : 2 ning valjuhääldajate 1ГД-9 puhul 1 : 3,5. Televisoorites paigutatakse ovaalsed valjuhääldajad 1ГД-9 sageli vertikaalselt kinesiokoobi kõrvale. Magnetofonides määravad valjuhääldajate asukohta aparadi konstruktiivsed iseärasused.

Kolmest või neljast valjuhääldajast koosnevad akustilised süsteemid. Vaadeldavad süsteemid on leidnud avara leviku laiatarbelise ülesandega tööstuslikes ja amatöörseadmetes. Nendes kasutatakse kahte tüüpi valjuhääldajaid — laiaribalisi ja kõrgsageduslikke. Niisuguseid süsteeme tuleb soovitada ka raadioharrastajatele, sest nendega saavutatakse täiesti rahuldav helikvaliteet suhteliselt väikeste kulutuste ja lihtsa konstruktsiooni juures.

Klassikaline akustiline agregaat, mis on arvestatud 4-vatisele nimivõimsusele, sisaldab kahte kõrvuti ühisele kõlalauale paigutatud valjuhääldajat 2ГД-3 ja kahte kasti külgsentele monteeritud valjuhääldajat 1ГД-9 (1ГД-18). Kõrgsagedusvaljuhääldajate jaoks pole kõlalauad nõutavad.

Kuna lairibavaljuhääldajad 2ГД-3 kiirgavad kõrgemaid helisid hästi, jaguneb soovitatava akustilise süsteemi heli üsna rahuldavalt terves ruumis, kui selle põranda mõõtmed ei ületa 14...18 m².

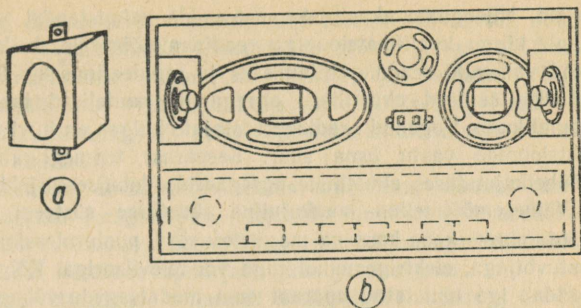
Ligikaudu 5-vatise väljundvõimsusega võimendite jaoks võib soovitada kahe valjuhääldaja 2ГД-3 asendamist ühe valjuhääldajaga 5ГД-14, mis teatavasti on varustatud väikese täiendava ruuporiga ja seetõttu reprodutseerib heli avaras sagedusalas. Selle valjuhääldaja jaoks tuleb kõlalaud valmistada paksemast (vähemalt 10...12-mm) vineerist. Kõrgsagedusvaljuhääldajateks võivad jääda 1ГД-9 (1ГД-18).

Viieist valjuhääldajast koosnev akustiline süsteem. Seda lauale asetatavana kujundatud seadist toidab kahe ribaline helisagedusvõimendi.

Põhiline madalsagedusvaljuhääldaja 5ГД-14 ja kesksagedusvaljuhääldaja 2ГД-3 on lülitatud madalsageduskanali väljundisse, mille võimsus on 5 W. Esimene nendest ühendatakse väljundtrafo sekundaarmähisega vahetult, teine aga 10- μ F mahtuvusega kondensaatori kaudu (see olgu tingimata paberdielektrikuga). Sel viisil väheneb teise valjuhääldaja mehaanilise resonantsi mõju agregadi summaarsele sageduskarakteristikule.

Ülejäänud kolm on kõrgsagedusvaljuhääldajad ВГД. Need on lülitatud vastava võimenduskanali väljundisse, mille võimsus on 1,5 vatti. Äärmisel juhul võib kasutada ka valjuhääldajaid 1ГД-9, kuigi see pole eriti soovitatav.

Madalsageduskanali valjuhääldajad ja üks kõrgsageduskanali valjuhääldaja paigutatakse liistudest kokkuliimitud kõlalauale. Vineer kõlalaua materjaliks pole siin sobiv. Ülejäänud kaht kõrgsagedusvaljuhääldajat võib paigutada kahel erineval viisil.



Joon. 23. Lauale asetatava I klassi vastuvõtja kasti konstruktsioon:

a — kõrgsagedusvaljuhääldaja karbi eskiis, *b* — valjuhääldajate paigutus agregaadis kastis

Esimesel juhul kinnitatakse nad spetsiaalse prismakujulise karbi välisküljele, nagu on kujutatud joonisel 23, *a*. Karbid kinnitatakse liimi või kruvide abil akustilise agregaadis külgeinte sisekülgedele. Kastile tehakse vastavad avad ja need drappeeritakse riidega või kaetakse iluvõrega. Selle konstruktsiooni puhul osutuvad külgmised valjuhääldajad 45° nurga võrra põhivaljuhääldajate akustilisest teljest kõrvale suunatudeks, mis jaotab kõrgemate sagedustega helid võrdlemisi ühtlaselt ruumis laiali.

Teisel juhul kujundatakse kõrgsagedusvaljuhääldajad iseseisvatena ning valitakse katseliselt nende sobivaim asend ruumis.

Igal juhul peavad nii põhi- kui kõrgsagedusvaljuhääldajad olema omavahel faseeritud. Valjuhääldajate paigutusviis agregaadis kastis on kujutatud joonisel 23, *b*.

Niisugune akustiline süsteem on suuteline rahuldavaft heliga varustama kuni 40-m² põrandapinnaga ruumi ning talub moonutusteta poolteisekordset ülekoormust.

Akustilised süsteemid võimsusega 5...25 W

Akustilised agregaadid, mille võimsus ületab 5 vatti, ehitatakse pea-aegu eranditult mööbelkujunduses (põrandale asetatavatena) ning enamasti kõrgekvaliteediliste võimendite jaoks. Erandi moodustavad väiksemad «raadiokombainid», mis sisaldavad vastuvõtja, televiisori ja heliplaadiseadise. Seoses sellega esitatakse suurema võimsusega akustilistele agregaatidele rangeid nõudeid. Nad on võrdlemisi kallid, keerukad valmistada ning nende jaoks on vaja defitsiitseid valjuhääld-

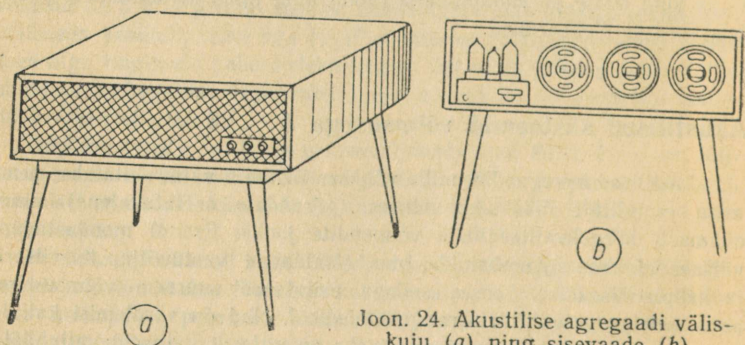
dajaid. Niisuguste akustiliste süsteemide valmistamist võib soovitada ainult kõrge kvalifikatsiooniga raadioamatööridele, kellel on vajalikud vahendid seadme ehitamiseks ja reguleerimiseks. Samal ajal on ainuüksi sellised akustilised agregaadid suutelised taasesitama heli loomulikuna. Kogenud raadioharrastajate hulgas on huvi taoliste konstruktsioonide vastu üsna suur. Seepärast toomegi allpool mõnede mööbelkujunduses akustiliste agregaatide detailse kirjelduse.

Väikesemõõtmeline laukujuline akustiline süsteem on mõeldud kasutamiseks koos kantava magnetofoniga, poolprofessionaalse raadiovastuvõtjaga, elektrigrammofoniga või televiisoriga. Kõige sagedamini sisaldab iga nimetatud aparaat oma madalsagedusvõimendit ja akustilist süsteemi, kuid nende helikvaliteet osutub akustilise süsteemi väikeste mõõtmete ja lihtsuse tõttu enamasti mitterahuldavaks. Samal ajal suudaksid need aparaadid heli taasesitada märksa avaramas sagedusribas.

Selleks võib soovitada autori poolt väljatöötatud akustilist süsteemi, mis on kujundatud väikese ajakirjade lauana. See võtab toas väheruumi ning omab häid akustilisi näitajaid. Seadmesse on monteeritud universaalne helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatoritega võimendi ning valjuhääldajad. Sel puhul ei kasutata olemasoleva raadiovastuvõtja, televiisori vm. madalsagedusvõimendit ega akustilist süsteemi ning madalsagedussignaali antakse ühenduskaabli kaudu akustilise süsteemi universaalse võimendi sisendisse. «Laua» akustiline süsteem koosneb kolmest valjuhääldajast 2ГД-3 ja kahest iseseisvast valjuhääldajast ВГД. Äärmisel juhul võib viimased asendada valjuhääldajatega 1ГД-9 (1ГД-18).

«Laua» välisvaade on toodud joonisel 24, *a*. Selle konstruktsioon on niivõrd lihtne, et ei vaja erilisi seletusi.

Valjuhääldajad 2ГД-3 on monteeritud kuusepuidust klotsidest liimi-



Joon. 24. Akustilise agregaadid väliskuju (*a*) ning sisevaade (*b*)

tud kõlalauale. Kõlalaua ja temasse tehtavate avade asetus selgub jooniselt. Kõik valjuhääldajad ühendatakse rööbiti ja samas faasis.

Korpus valmistatakse 10-mm aviovineerist ja kaetakse väljast pähkli- või karjala kase vineeriga. Laua jalad on treitud. Need võib varustada keermega agregaadid alusplaadi sisse kinnitamiseks või valmistada sobiv alusraam.

Töölerakendamisel ühendatakse seadis toitevõrku, «lauale» asetatakse signaaliallikas (magnetofon, vastuvõtja vm.) ning ühendatakse «laua» võimendi vastuvõtja, magnetofoni vms. väljundiga. Mittetöötamisel võib seadet kasutada ajakirjade jms. panipaigana.

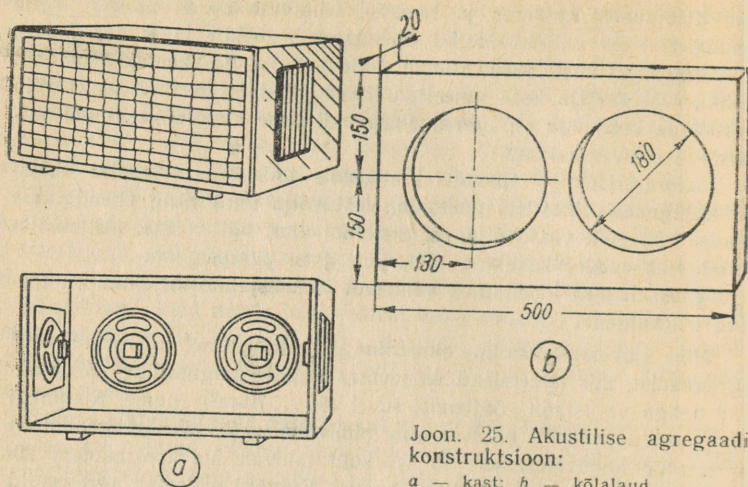
Selles «lauas» kasutatava võimendi üksikasjaline kirjeldus on toodud lehekülgedel 68...74.

Teine väikesemõõtmeline akustiline süsteem koosneb kahest identsest agregaadist, mis teineteisest mõnevõrra eemale paigutatuna võimaldavad heliga varustada võrdlemisi suuri (50...70-m²) ruume. Kummagi agregaadid sagedusala on avar ning nimivõimsus 7,5 W. Agregaadid on arvestatud koguvõimsusele 15 W, kuid taluvad üle koormumata 20-vatist keskmist ja 25-vatist tippvõimsust. Kuivõrd mõlemad agregaadid on täiesti identsed, toome siinkohal ainult ühe agregaadid üksikasjalise kirjelduse. Pealegi võib kuni 5-vatise väljundvõimsusega võimendi korral kasutada ainult üht agregaatid.

Akustiline süsteem koosneb kahest lairibavaljuhääldajast 4ГД-1 ja kahest kõrgsagedusvaljuhääldajast 1ГД-9. Neist esimesed on paigutatud frontaalselt ühisele kõlalauale, mis on samaaegselt kasti esiküljeks. Kaks kõrgsagedusvaljuhääldajat on omaette kõlalaudadel asetatud kasti kummalegi külgeinalale. Eesmine kõlalaud on liimitud muusikariistade valmistamiseks kasutatavast (äärmisel juhul — tavalistest) kuusepuidust klotsidest ja külgmised lauad 10-millimeetrise vineerist. Kasti üldvaade on joonisel 25, a; kõlalaua mõõtmed ning avade asendid on toodud joonisel 25, b.

Kasti kokkumonteerimisel tuleb kinni pidada lk. 45 toodud juhistest. Eesmistest ja külgmistest kõlalaudade paigaldamise eel tuleb kasti siselele (külgedelt, ülalt ja alt) liimi abil kinnitada 2...3 mm paksune vilt. Külgeinte nendes kohtades, kuhu paigutatakse kõrgsagedusvaljuhääldajad, tehakse vildisse vastavate kõlalaudade suurused avad. Valjuhääldajatega 1ГД-9 kõlalauad kinnitatakse puidukruvidega, kusjuures kõlalaua ja agregaadid kasti külgeina vahele asetatakse 1...2 mm paksusest kummist lõigatud sobiva kujuga ribad.

Põhivaljuhääldajad ühendatakse rööbiti ja samas faasis, kõrgsagedusvaljuhääldajad aga 4-mikrofaradise mahtuvusega paberkondensaatori kaudu. Mõlemad akustilised agregaadid lülitatakse stereofoonilise võimendi (vt. joon. 48) väljundisse.



Joon. 25. Akustilise agregaaadi konstruktsioon:

a — kast; b — kõlalaud

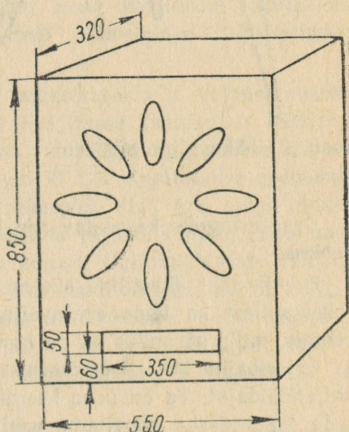
Akustiline süsteem «Karikakar» on autori poolt väljatöötatud 10-vatise võimsusega laiaribaline süsteem, mis ei sisalda võimsaid madalsagedusvaljuhääldajaid. Kõrgekvaliteediliste akustiliste süsteemide valmistamine häid madalsagedusvaljuhääldajaid kasutamata pakub raadioamatööridele erilist huvi, sest häid madalsagedusvaljuhääldajaid on raske hankida.

Süsteem «Karikakar» koosneb 8 või 12 valjuhääldajast 1ГД-9 ning annab moonutusvaba võimsust vastavalt 6 või 10 vatti. Taasesitatav sagedusala hõlmab 60...12 000 hertsi vahemikku. Konstruktsiooni põhimõte on siin selles, et iga kasutatav valjuhääldaja on laiaribaline, mis rahuldavalt reprodutseerib helisid sagedusalas 80...12 000 hertsi. Need valjuhääldajad kannavad märgitust madalamaid sagedusi küll üle, kuid 5...10 dB võrra nõrgemini kui keskmisi sagedusi. Kui mitu sellist valjuhääldajat paigutada teatava raadiusega ringina massiivsele kõlalauale ning kasutada akustilist kambrit (kinnist kasti), milles kujuneks resonants sagedusel umbes 40 Hz, siis kõikide valjuhääldajate ühine reprodutseeritavate sageduste piirkond nihkub akustilise kambri resonantsisagedusele lähemale. Valjuhääldajate küllaldaselt suure arvu puhul jaotuvad nende individuaalsed resonantsisagedused üsna laiale sageduspiirkonnale, mille tulemusena süsteemi summaarne sageduskarakteristik piirkonnas 45...60 kuni 12 000...14 000 hertsi osutub üsnagi ühtlaseks. Süsteemi üldvõimsus on määratud kõikide valjuhääldajate nimivõimsuste summaga.

Kuigi kirjeldatav akustiline süsteem kiirgab kõrgemaid helisid suunalt, hõivab see siiski üsna laia fronti.

Sellise akustilise süsteemi kasti ja kõlalaua mõõtmed on toodud joonisel 26. Kõlalaud valmistatakse kokkuliimitud männi- või kuuseklotsidest, kast — 10...12-millimeetrise vineerist. Kasti sisepinnale liimitakse 2...3 mm paksune vilt. Põhja külge kinnitatakse puidukruvide või liimi abil neli lühikest jalga. Agregaat paigutatakse toa nurka. Seadet võib toita mistahes 6...10-vatise võimsusega lairiba-võimendist.

Agregaadi kokkumonteerimisel tuleb jälgida valjuhääldajate faseerimist. Neid võib ühendada järjestik-rööbitiste gruppidenä, milleks peab valjuhääldajaid olema paarisarv või, mis veelgi parem, mingi neljaga jagunev arv (8, 12). Kasutatava võimendi väljundtakistus peab olema sobitatud süsteemi kogutakistusega.



Joon. 26. Akustiline süsteem
«Karikakar»

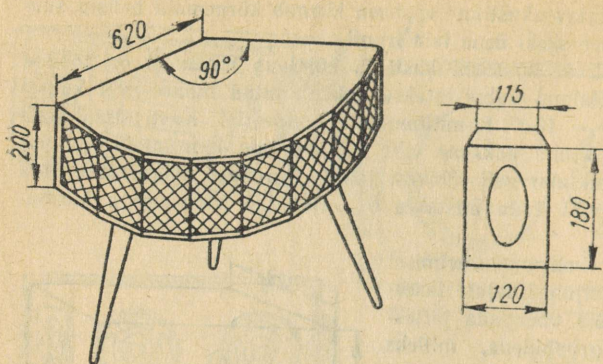
Akustiline süsteem «Lehvik» on ehitatud samal põhimõttel kui eelmine ja nimetus tuleneb valjuhääldajate lehvikutaolisest asetusest.

Selle süsteemi mõõtmed on märksa väiksemad kui eelkirjeldatud, kuid valmistamine on mõnevõrra keerukam. «Lehvik» koosneb kaheksast valjuhääldajast ИГД-9, mis on paigutatud vastavalt joonisele 27. Samas on toodud ka kasti põhimõõtmed.

Kasti seinad ning ülemine ja alumine külg on valmistatud 8...10 millimeetri paksusest vineerist, kuna esikülg (kõlalaud) on koostatud kaheksast ühesugusest osast (mõõtmed ja konstruktsioon samal joonisel).

Kõlalaua iga üksik osa saetakse välja männi- või kuusepuidust liistudest kokkuliimitud lauast (vt. lk. 45), mis omakorda ühendatakse liimi abil niiviisi, et saadakse terviklik «köver» kõlalaud. Muidugi nõuab see töö erilist hoolikust. See-eest kujuneb helikvaliteet palju paremaks kui tavalise vineerist kõlalaua kasutamisel.

Kasti jalad treitakse puidust; nende kinnitusviis ei oma tähtsust. Mittetöötamisel võib selline akustiline süsteem täita lauakese ülesannet.



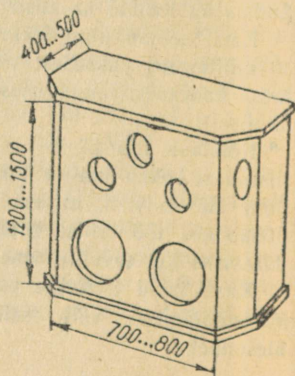
Joon. 27. Akustiline süsteem «Lehvik»

Drapeeringuks kasutatav riie ja kasti kattevineer peavad värvuselt sobima.

Lehviktüüpi akustiline süsteem on mõeldud toa nurka paigutamiseks; sellest ka tema ebatavaline väliskuju. Sel juhul jaguneb heli ruumis, mille põrandapind on kuni 35 m^2 , igati rahuldavalt.

Laiaribaline 20-vatise võimsusega akustiline süsteem sisaldab üheksa valjuhääldajat. Ta on üsna keeruka konstruktsiooniga ja seetõttu võib seda ehitamiseks soovitada vaid kvalifitseeritud raadioamatööridele, kellel on kaheribaline madalsagedusvõimendaja ning avara sagedusribaga helisagedussignaali allikad. Vastasel juhul jäävad selle süsteemi poolt pakutavad võimalused realiseerimata ning valmistamisel tehtud kulutused ei õigusta ennast. Pealegi vajatakse selle akustilise agregadi dünaamikapiirkonna praktiliseks kasutamiseks $50 \dots 80$ -ruutmeetrise pindalaga ruumi.

Akustilise agregadi üldvaadet, selle mõõtmeid ja valjuhääldajate paigutusviisi kujutab joonis 28. Akustilise süsteemi koostisse kuulub kaks võimsat madalsagedusvaljuhääldajat 10ГД-5 (äärmisel juhul 6ГД-1-PP3 vastuvõtjast «Riga-10»), kaks kesksagedusvaljuhääldajat 2ГД-3, kolm kõrgsagedusvaljuhääldajat 1ГД-18 ning kaks eraldi



Joon. 28. Akustiline süsteem lairibavõimendile

asetsevat kõrgsagedusvaljuhääldajat ВГД-1. Madalsagedusvaljuhääldajad ühendatakse vahetult madalsageduskanali väljundisse, kesksagedusvaljuhääldajad — samasse, kuid 5...10-mikrofaradise mahtuvusega kondensaatori kaudu, et nende valjuhääldajate resonantsisagedused jääksid reprodutseeritavast sagedusribast välja. Kõrgsagedusvaljuhääldajad 1ГД-18 ja eraldi asetsevad valjuhääldajad ВГД-1 ühendatakse kõrgsageduskanali vastavate väljunditega.

Võimendite jaotussagedus langeb 7000 hertsi lähedusse. Madalsageduskanal peab olema varustatud madalatel ja kõrgetel sagedustel toimivate kõlavärvingu regulaatoritega, kuna kolmanda regulaatori ülesannet võib täita kõrgsageduskanali võimenduse reguleerimise potentsiomeeter.

Agregaadi kõlalaud on liimitud muusikariistade valmistamiseks kasutatava kuusepuidu liistudest. Tavalise kuuse kasutamine kõlalaua materjalina on vähem soovitatav, teised puiduliigid aga selleks otstarbeks sootuks kõlbmatud. Valjuhääldajad 2ГД-3 kinnitatakse spetsiaalsete 8-mm vineerist kiilukujuliste vahekarpidel, mis paigutatakse kõlalaua suhtes 25...35° nurga all. Nende valjuhääldajate jaoks saetakse kõlalauasse vastava suurusega augud. Valjuhääldajate 1ГД-18 paigutusviis selgub jooniselt. Eraldi asetsevad valjuhääldajad ВГД-1 monteeritakse väikestesse iseseisvatesse kastikesse, mille mõõtmed ja konstruktsioon erilist tähtsust ei oma. Nende valjuhääldajate asetusviis ruumis valitakse kõrgete helide kõige ühtlasema jagunemise ja «surnud» alade puudumise järgi.

Kogu seadis peab olema väga hoolikalt valmistatud, et agregaadi töötamisel poleks märgata selle osade vibreerimist. Kasti ülemine ja alumine plaat ning külgsseinad kaetakse seest liimimise teel vildiga.

Akustilise agregaadi kontrollimine ja reguleerimine

Kui võimendi on täielikult reguleeritud ja selle parameetrid viidud nõuetele vastavateks, asutakse reguleerima akustilist agregaati, s. o. kontrollitakse kõikide valjuhääldajate faseeritust ning leitakse ja kõrvaldatakse vibratsioonide põhjustajad.

Eespool on kirjeldatud, kuidas helisagedusgeneraatorit kasutades saab valjuhääldajaid õigesti faseerida. Järjestikühenduses valjuhääldajate puhul on seda meetodit tülikam rakendada, sest valjuhääldajate ükshaaval juurde- või äraühendamise asemel tuleks neid hakata lühistama. Sel puhul saadav erinevus helitugevuses pole suur ning valjuhääldajaid kuulmise järgi õigesti faseerida on raske. Sel puhul tuleb valjuhääldajad faseerida alalisvooluallika abil, kasutades selleks näiteks taskulambipatareid. Patarei ühendamise hetkel juhtmetega, mis ühen-

davad valjuhääldajaid võimendi väljundtrafo sekundaarmähisega, peavad õigesti faseeritud valjuhääldajate võnkepoolid hälbima ühes ja samas suunas (selles võib veenduda sõrmega kergel puudutamisel). Kui mõne valjuhääldaja võnkepool hälbis vales suunas, tuleb selle ühendusjuhtmed omavahel vahetada.

Kõrvalhelide ja vibratsiooni ilmnemisel antakse võimendi sisendisse sellise amplituudiga signaal, mille puhul akustiline agregaat töötab nimivõimsusel. Seejärel, säilitades signaali taseme koormusel püsivana, muudetakse aeglaselt generaatori sagedust piirkonnas 30...40 hertsist kuni 15...18 kilohertsini ning kuulatakse tähelepanelikult agregaadis reprodutseeritavat heli. Vibratsiooni ilmnemisel mingi sageduse puhul lakatakse generaatori sagedust muutmast ning kõrvaldatakse defekti põhjus. Agregaat tuleb niiviisi hoolikalt üle kontrollida kuni reprodutseeritava sagedusala ülemise piirini.

Kui akustilise süsteemi kasti on paigutatud ainult valjuhääldajad, siis võib vibreerimise põhjuseks olla võnkepoolide ühendusjuhtmete puutumine vastu valjuhääldaja membraanihoidjat (või membraani ennast). Selle vältimiseks piisab nende juhtmete mõningasest painutamisest.

Kui põrandale asetatav konsooltüüpi akustiline agregaat on valmistatud peenikestel jalgadel seisvana, siis maksimaalvõimsuse juures madalatel sagedustel (30...80 Hz) võib vibreerimise põhjuseks olla agregaadil jalgade mitteküllaldane puutumine põrandaga. Seepärast on soovitatav jalgade otsad varustada kummist amortisaatoritega.

Kui akustilise agregaadil kasti on monteeritud ka raadiovastuvõtja või kui akustiline süsteem on raadiokombaini põhiliseks konstruktsioonielemendiks, siis võib vibratsioonide põhjusi peaaegu alati avastada selle konstruktiivsetest üksiksõlmedest. Nendel puhkudel tuleb terve süsteem eriti hoolikalt «läbi kuulata» maksimaalse väljundvõimsuse ja kõikide sageduste juures, et avastada häirivate mehaaniliste vibratsioonide asukohti.

VÕIMENDI PARAMEETRITE NÕUETELE VASTAVATEKS MUUTMINE

Üsna sageli selgub, et valminud võimendi ei oma õigele arvutusele, hoolikale valmistamisele ja oskuslikule reguleerimisele vaatamata vajalikke kvaliteedinäitajaid. See võib ilmneda ebapiisava väljundvõimsusena, liiga ahta läbilaskeribana, suure müratasemena jms. Allpool vaatlemegi mõningaid vahendeid võimendite talitlusparameetrite viimiseks arvutuslikele vastavateks.

Mittelineaarmoonutuse vähendamine

Tavalise ühetaktilise lõppastmega võimendi mittelineaarmoonutust saab vähendada ultralineaarlülituse kasutamisega, milleks väljundtrafo mähitakse ümber ja tehakse primaarmähisest väljavõtted. See meetod võimaldab vähendada mittelineaarmoonutust tavaliselt 2,5...3 korda. Varivõre ühenduse õige asukoha leidmiseks trafo primaarmähisel tuleb selle mähise ulatuses teha mitu väljavõtet. Tuleb aga arvestada, et ultralineaarlülituse puhul lõppastme ja vastavalt ka kogu võimendi tundlikkus väheneb. Järelikult tuleb üheaegselt ultralineaarlülituse kasutuselevõtmisega suurendada võimendust eelastmetes (vajalikuks võib osutada algselt kasutatud kaksiktrioidi 6H1Π või 6H2Π asendamine triood-pentoodiga).

Kui mittelineaarmoonutus on normist vaid pisut suurem (15...20% võrra), võib piirduda lõpplambi katoodtakistit sildava kondensaatori kõrvaldamisega. Kujunev vastusidestus vähendabki astmes tekkivat mittelineaarmoonutust. Ka sel juhul tuleb lõppastme võimenduse kahanemine kompenseerida pingevõimenduse suurendamisega.

Lõppastmest moonutusvabalt saadav väljundvõimsus sõltub rohkem varivõrepingest kui anoodpingest. Seega saab varivõrepinge suurendamisega väljundvõimsust teataval määral suurendada. Sealjuures tuleb siiski arvestada, et lõpplambid riknevad sagedamini varivõre ülekoormamise kui anoodi ülekoormamise tagajärjel. Järelikult võimsuse mõninga suurendamise vajaduse puhul võib lubada lõpplambi koormuse suurendamist, viies tema varivõrepinge 90%-ni lubatud maksimaalväärtusest.

Kõik siinesitatu kehtib ka vastastakt-lõppastme puhul. Nimetatud juhul võib suurt mittelineaarmoonutust põhjustada ka lülituse õlgade ebasümmeetrilisus lõpplampide parameetrite erinevuse või faasipöörastastme väljundsignaalide ebavõrdsuse korral, kuid ka väljundtrafo primaarmähise poolte ebasümmeetria tõttu.

Väljundtrafo primaarmähise ebasümmeetrilisuse astme määramiseks tuleb see eraldada lülitusest ning, andes helisagedusgeneraatori väikseima takistusega väljundist trafo sekundaarmähisele sagedusel 1000 Hz pinget 1...2 V, lampvoltmeetri abil hoolikalt võrrelda primaarmähise pooltel ilmuvaid pingeid. Kui avastatakse nende erinevus, tuleb trafo ümber mähkida. Lahkumineku vältimiseks trafo primaarmähise poolte keerdude arvus on soovitatav see valmistada seksioneeritult. Selleks jaotatakse trafo poolikeha täiendava vaheseinaga kaheks võrdseks osaks ning keritakse mähise pooled üheaegselt kahe traadiga.

Igal juhul tuleb vastastakt-lõppastmes püüda kasutada samasse partiisse kuuluvaid (veelgi parem — samast pakkekarbist võetud) lampe. Erinevatest valmistamisaastatest või tehastest pärinevaid lampe on vastastaktastmes väga ebakohane kasutada. Kui leidub võimalus,

tuleb lampide teatud kogusest valida kaks staatilises režiimis võrdsete (või väga lähedaste) anoodvooludega eksemplari. Seda saab teha kas spetsiaalse lampide mõõteseadmetega või siis oma võimendis, kasutades anoodringi ühendatud milliampermeetrit.

Lampide mõningat ebasümmeetrilisust dünaamilises režiimis saab kõrvaldada eelpinge reguleerimisega. Selleks asendatakse ühe lambi automaateelpingetakisti (katoodtakisti) ajutiselt potentsiomeetriga.

Faasipöörämislülituse väljundpingete ebasümmeetria kõrvaldatakse tavaliselt selle astme hoolikama reguleerimisega. Muuhulgas tuleb märkida, et faasipööraja võib ka olla lõppastme mittepiisava väljundvõimsuse põhjustajaks. See ilmneb juhul, kui faasipööraja maksimaalne moonutusvaba väljundpinge pole lõppastme lampide väljatüürimiseks piisav.

Läbilaskeriba avardamine

Läbilaskeriba avardamine on tarvilik juhul, kui lülituse mingis piirkonnas on tekkinud tegeliku sageduskarakteristiku märgatav kõrvalekaldumine tarvilikust. Ka võib ilmneda, et selliseid lineaarmoonutuste piirkondi on mitu ja igaühe jaoks nendest tuleb kasutada erisuguseid sagedusriba korrigeerimise meetodeid.

Esmajärjekorras kontrollitakse lõppastet; selleks antakse generaatorist sobiv signaal lõpplambi tüürvõrele ning väljundpinge mõõtmisega erinevatel sagedustel määratakse astme sageduskarakteristik. Kui lõppaste on vastastaktilülituses, siis tuleb signaal juhtida lampide võredele eralduskondensaatorite kaudu generaatori sümmeetrilisest väljundist. Täiendavat trafot selleks otstarbeks kasutada ei tohi. Sageduskarakteristiku määramisel tuleb ostsillograafiga pidevalt jälgida pingekõvera kuju väljundis. Sagedusi, mille puhul kõvera kuju moonutused ületavad lubatud väärtuse, ei saa lugeda läbilaskeribasse kuulvateks.

Kui selgub, et lõppastme läbilaskeriba osutub madalamate helisageduste osas piiratuks või kui nendel sagedustel ilmneb liiga suur mittelineaarmoonutus, siis on väljundtrafo primaarmähise induktiivsus liiga väike. Seda puudust saab kõrvaldada muidugi ainult trafo ümberehitamisega, kusjuures tuleb kasutada suurema ristlõikega südamikku ning suurendada 30...50% võrra kummagi mähise keerdude arvu, säilitades endise ülekande teguri. Vastastaktrafo primaarmähise induktiivsus võib osutada mitteküllaldaseks ka juhul, kui trafo südamikus on õhupilu.

Lõppastme läbilaskeriba ahenemise põhjuseks kõrgemate helisageduste osas võib olla väljundtrafo suur puisteinduktiivsus sagedusest sõltuv parasiitne tagasisidestus.

Puistevälja ulatust või selle mõju saab vähendada seadise konstruktsiooni muutmise ja trafo ümbermähkimise teel (sektsoonmähis, toroidsüdäniku kasutamine jne.). Parasiitsidestust saab kõrvaldada võimendi ratsionaalsema montaaži ja detailide sobiva varjestamise teel.

Faasipöörajas tavaliselt sagedusmoonutusi ei teki. Sellegi poolest on tulus määrata ka selle sageduskarakteristik. Kui faasipööraja läbilaskeriba osutubki liiga kitsaks, siis tuleb hoolikalt kontrollida kõikide sidestuskondensaatorite nimiväärtuste õigsust ja veenduda, et montaažis pole tehtud vigu.

Takisti-kondensaatorsidestuses eelvõimendusastmete võimenduse vähenemist madalamate helisageduste piirkonnas põhjustab eranditult sidestuskondensaatorite väike mahtuvus ning see kõrvaldatakse nende asendamise teel suurematel. Võimenduse vähenemine kõrgematel helisagedustel kõrvaldatakse montaaži parasiitmahtuvuste vähendamisega ja sagedusest sõltuva vastusidestusega. Suure takistusega anoodkoormustakistite puhul võib neid vähendada kuni 47...82 kilo-oomini trioodide korral ja kuni 120...150 kilo-oomini pentoodide korral.

Magnetofonide salvestus- ja taasesitusvõimendite sageduskarakteristik sõltub salvestus- ja taasesituspeade parameetritest ning seda korrigeeritakse spetsiaalsete vooluahelatega.

Võimendi läbilaskeriba tervikuna sõltub kõlavärvingu reguleerimise ahelate parameetritest. Märgime siinkohal, et kui võimendis on üksnes kõrgete helisageduste regulaator, siis võib see põhjustada võimenduse vähenemist kõrgetel sagedustel juhul, kui tema takistus on liiga väike.¹ Sel puhul sildab kõlavärvingu regulaatori ahela kondensaator ka suurimaks reguleeritud takistuse puhul koormust ning vähendab võimendust kõrgematel sagedustel. Kui sellise regulaatori ühenduste lahti-jootmisel võimendi sageduskarakteristik avardub, siis osutub tarvilikuks lämbiregulaatorina kasutada suurema (kuni 0,47...1,0 MΩ) takistusega potentsiomeetrit. Kõlavärvingu regulaatorite puhul, mis on asetatud vastusidestusahelasse, see abinõu tulemusi ei anna. Niisugusel juhul tuleb vähendada selle kondensaatori mahtuvust, mille kaudu võetakse vastusidestuspinget, kuigi sellega reguleerimispiirkond pisut väheneb.

¹ Autor käsitleb siin olukorda, mis võib tekkida anoodkoormusega rööbiti lülitatud järjestikusest reguleeritavast takistist (potentsiomeetrist) ja kondensaatorist koosneva lihtsaimat tüüpi kõlavärvingu regulaatori puhul. — *Tõlk.*

Kõlavärvingu reguleerimise piirkonna avardamine

Kõlavärvingu reguleerimise piirkonda saab avardada, kui sobival viisil muuta reguleerimisahelatesse kuuluvate takistite ja kondensaatorite nimisuurusi. Sealjuures tuleb arvestada järgmist. Kui kõlavärvingu regulaator on koostatud lihtsaima skeemi kohaselt ja on mõeldud võimenduse vähendamiseks sagedusala äärmistel sagedustel, siis saab küll regulaatori mõju intensiivsust muuta, kuid samaaegselt muutub ka piirsagedus, millest alates regulaatori mõju on märgatav. Kõrgetel helisagedustel toimiva kõlavärvinguregulaatori kondensaatori mahtuvuse suurendamisega kaasneb võimenduse vähenemine kõrgetel sagedustel ja piirsageduse samaaegne nihkumine madalamate sageduste suunas. Kui madalatel sagedustel toimiva kõlavärvinguregulaatori ahelana kasutatakse võimendi astmete vahelise sidestuskondensaatoriga järjestikku lülitatud kodensaatorit, millega rööbiti on reguleeritav takisti, siis selle lisakondensaatori mahtuvuse vähendamine toob kaasa võimenduse vähenemise madalatel sagedustel ja piirsageduse samaaegse nihkumise kõrgemate sageduste suunas.

Järgnevalt vaatleme samast seisukohast veel tüüpskeemi järgi koostatud kõlavärvingu regulaatoreid (joon. 19, *b*), mis võimaldavad kõrgeimate ning madalaimate helisageduste alas eraldi nii suurendada kui vähendada võimendust. Võimenduse vähenemise määra, s. o. reguleerimise sügavust kõrgematel sagedustel saab suurendada kondensaatori C_7 mahtuvuse muutmisega (kuni 0,02 mikrofaradini lampskeemides ja kuni 1...2 mikrofaradini transistorskeemides). Võimenduse suurenemise määra kõrgematel sagedustel saab suurendada kondensaatori C_6 mahtuvuse suurendamisega kuni 150...250 pikofaradini lampskeemides ja kuni 4700...5100 pikofaradini transistorskeemides. Madalatel helisagedustel toimiva kõlavärvingu regulaatori reguleerimissügavust saab suurendada takistite R_4 ja R_6 takistuse vähendamise teel. Regulaatorite toimimispiirkondade piirsagedust ja nende omavahelist mõju saab muuta takisti R_7 takistuse muutmise teel.

Kõlavärvingu regulaatorite puhul, mis toimivad vastusidestuse tugevuse muutmise põhimõttel, saab reguleerimispiirkonda muuta tagasisidestusahela parameetrite muutmise teel. Selleks puhuks ei saa anda konkreetseid soovitusi, sest vastusidestusahelates kasutatavate kõlavärvingu regulaatorite jaoks on üsna palju väga erinevaid lülitusskeeme.

Võrgumüra ja omakahina vähendamine

Võrgumüra ja omakahina vähendamiseks tuleb esmalt avastada selle häire allikas, milleks tavaliselt on võimendi esimene aste. Selles ühendamiseks piisab esimese lambi eemaldamisest võimendist või, juhul kui esimeses astmes töötab pool kaksiktrioodist, selle anoodi ühendamisest šassiiga 150...250-mikrofaradise mahtuvusega elektrolüüt-kondensaatori abil. Häiremüra kadumine niisugusel juhul viitabki sellele, et müraallikaks on esimene aste.

Järgnevalt tuleb selgitada võrgumüra tekkimise põhjused. Seda tuleb alustada lambi kütte lahtiühendamisest: kumbki vastav juhe eraldatakse lambipesa küljest ning nende asemele joodetakse kaks lühikest traati, mis ajutiselt ühendatakse kahekordse lüliti kaudu toitetrafo vastava küttemähisega. Võimendi väljundisse ühendatakse mürataseme mõõteriist. Küte lülitatakse sisse ja oodatakse, kuni kontrollitava astme lambi katood jõuab külaldaselt kuumeneda, ning jälgides mõõteriista näitu, katkestatakse esimese lambi küte. Kui sellele järgneval hetkel müratase järsult väheneb normini, siis on häireallikaks esimese lambi kütteahel. Sel puhul tuleb katsetada järgmisi abinõusid:

ühendada esimese lambi kütteniit toitetrafo iseseisva mähisega, kasutades spetsiaalset pingejagajat — kunstliku nullpunkti tekitamist potentsiomeetri abil;

valida esimesse astmesse spetsiaalne lamp, mille omamüratase oleks minimaalne;

vähendada esimese astme lambi küttepinget 6,3 voldilt 5,6 voldini; viia esimese astme lambi küte üle alalisvoolule.

Teiseks tõenäoliseks müraallikaks võib olla esimese lambi anoodi ja varivõre toiteahel. Sel juhul saab võrgumüra vabaneda anooditoiteallika varustamisega täiendava RC-filtriga, mis koosneb 30...50-kiloomise takistusega takistist ja 150...250-mikrofaradise mahtuvusega elektrolüüt-kondensaatorist.

Tunduvalt raskem on võidelda šassis esinevatest uitvooludest põhjustatud võrgumüraga. Niisugusel juhul tuleb esmalt korrastada esimese astme sisendahela montaaž: hoolikalt kontrollida, et kusagil poleks nende ahelate nulljuhtmena kasutatud šassiid. Kahe või enama maanduspunkti leidmisel sisendahelas tuleb need likvideerida. Kui see abinõu ei anna tulemusi, tuleb šassii uitvooludest täielikult vabastada, milleks monteeritakse esmajärjekorras ümber kõikide lampide küttejühtmistik, teostades selle kahe iseseisva mittemaandatud juhtmega. Kui sellestki abinõust pole tulu, osutub vajalikuks šassii täielikult vabastada sellega ühendatud vooluahelatest. Sel puhul tuleb šassii alla paigaldada spetsiaalne «maanduslatt», milleks on tükk isolaatoritele kinnitatud jämedat vask- või hõbetatud vasktraati, mille külge ühendatakse kõik lülituse «maandatavad» punktid.

Maanduslatt ühendatakse šassiiga ainult ühes kohas võimalikult kaugel esimesest lambist. Esimese astme võreärvoolutakisti ja auto-
maateelpingetakisti maandatavad otsad tuleb ühendada kokku ja ühi-
selt maandada maanduslatile või šassiile, valides «maanduspunkti» kat-
seliselt võrgumüra madalaima taseme järgi võimendi väljundis.

Võimendi tundlikkuse suurendamine

Võimendi tundlikkuse suurendamine võib tarvilikuks osutada pärast tema kõikide parameetrite normidesse viimist (väljundvõimsuse suu-
rendamist, mittelineaarmoonutuste vähendamist, läbilaskeriba avarda-
mist jne.). Tundlikkuse suurendamiseks võib kasutada mitmeid meeto-
deid. Lihtsaimaks võimaluseks on vastusidestuse kõrvaldamine ühes
eelvõimendusastmes katoodtakisti sildamise teel suure mahtuvusega
kondensaatoriga (kui see algskeemis puudus); see suurendab võimen-
dust 1,5...2,5 korda. Ühetaktilise lõppastme puhul see meetod ei sobi,
sest siis võib mittelineaarmoonutus märgatavalt suureneeda. Täiesti
lubamatu on niiviisi toimida ka ühega faasipööraja kahest trioodist
(kui selles kasutatakse kahte trioodi sisaldavat lülitust).

Teine, vähem efektiivne meetod on astme anoodkoormustakisti takis-
tuse suurendamine 1,5...2 korda. See on võimalik üksnes siis, kui
lambi anoodpinge vähenemine ei kutsu esile mittelineaarmoonutust. Kui
võimendis on mitu eelvõimendusastet, siis on otstarbekaim suurendada
anoodkoormust üheaegselt kõigi astmete lampidel. Sealjuures tuleb
muuta ka võre-eelpinget, et talitluspunkt jääks lambi tunnusjoone sirg-
osa keskele. Anoodkoormustakistuse tunduval suurendamisel tuleb kont-
rollida, et see ei põhjustaks võimenduse vähenemist kõrgeimatel üle-
kantavatel sagedustel ning et kõlavärvingu reguleerimine poleks häi-
ritud.

Kui sagedusest sõltuv vastusidestus hõivab tervet võimendit, siis
saab tundlikkust tõsta vastusidestuse nõrgendamisega. Vastusideahe-
lasse tuleb selleks lisada järjestikune takisti, mille takistus valitakse
katseliselt.

Palju harvemini võib tekkida vajadus vähendada võimendi tundlik-
kust. Sel puhul piisab eelkirjeldatule vastupidiselt toimimisest; s. o.
ühes või mitmes astmes vooluvastusidestuse rakendamisest, sildavate
kondensaatorite eemaldamisest automaateelpingestusahelatest, eelvõi-
mendusastmete anoodkoormustakistite takistuse vähendamisest jne.

MÖNINGAID JUHISEID KOMBINEERITUD RAADIOSEADMETE KONSTRUEERIMISEKS

Lauale asetatavate radiolade ehitamisel kohtab raadioamatöör tavaliselt ebaameeldivat nähtust, mis avaldub võimendi «undamises», s. o. endaergutamises. Seda täheldatakse helitugevuse suurendamisel teatud piirini ja just see ei luba tegelikult kasutadagi võimendi nimi-võimsust. Nähtus seletub asjaoluga, et suure helitugevuse puhul hakkavad radioola kasti seinad helivõnkumise taktis vibreerima. See võnkumine kandub heliplaadiseadisele ja selle kaudu helipea teravikule. Kui nende võngete faas ühtib teraviku sundvõnkumisega, siis tekib positiivne tagasisidestus, mis viibki võimendi endaergutamiseni.

Kui võrd mehaanilise võnkumise faas sõltub seda edasiandva materjali omadustest ja võnkesagedusest, pole raske näha, et materjali muutumate omaduste puhul esineb reprodutseeritava sagedusspektri mingil sagedusel alati positiivne faas, mis viibki võimendi vältimatult endaergutamiseni. Kõrgema sagedusega võnkumine sumbub kasti materjalis rohkem. Seepärast on endaergutamise seisukohalt just madalamad helisagedused kõige ohtlikumad.

Eeltoodust selguvad ka võimalused selle nähtusega võitlemiseks. Esiteks tuleb nõrgendada mehaanilis-akustilist sidestust helipea teraviku ja seadme kasti vahel; teiseks tuleb piirata võimendi poolt taasesitatava helisagedusriba madalamate sageduste võimendust.

Nimetatud nõuetest esimese rahuldamiseks tuleb heliplaadiseadis radioola korpuse külge kinnitada «pehmelt» (elastselt). Tuleb märkida, et standardsete vedrude kasutamine, mis selleks otstarbeks leiduvad tehastes toodetavate heliplaadiseadiste küljes, ei taga enam stabiilsust võimsustel, mis ületavad 3 vatti.

Raadiohuvilistele võib soovitada heliplaadiseadise erilise summutava kinnituse kasutamist. Selleks on vaja 1,5...2 mm paksust alumiiniumplaati, mille külge kinnitatakse standardsetele vedrudele toetuv heliplaadiseadis ning alla liimitakse terve übermõõdu ulatuses 25...30 mm laisusest ja 10...15 mm paksusest pehmest mikropoorsest kummist rant (vt. joon. 56). See rant toetub omakorda radioola kasti vastava ava servale, olles selle külge liimitud (siin tuleb vältida mistahes jäikasad ühendusdetalle).

Teise nõude täitmiseks on kõige parem helipea ühendada võimendi sisendiga sobiva mahtuvusega kondensaatori¹ või spetsiaalse filtri

¹ Toodud soovitus on kohane ainult magnetilise helipea puhul; pie-soelektrilise helipea kasutamisel see loodetud efekti anda ei tarvitse. — Tõlk.

kaudu, mis lõikaks ära sageduspiirkonna madalate sageduste osa alla 90...120 Hz.

Parimaks lahenduseks tuleb lugeda võimendi lülituse täiendamist teise helitugevusregulaatoriga spetsiaalselt helipea jaoks, mis helitugevuse suurendamisel suhteliselt vähendab madalaimate sageduste võimendust.

Peale selle on tulus helipea ja võimendi vahele asetada veel üks ümberlülitatav filter, mis lõikaks tavaliste (78 p/min) heliplaatide kasutamisel sagedusalast välja sagedused üle 6000 Hz. See kõrvaldab heliülekandest vanadele plaatidele iseloomuliku kahina. Sealjuures tuleb meenutada, et kõik nimetatud täiendavad seadised ühendatakse võimendi siseringi; seepärast tuleb arvestada nende ahelate montaaži üldisi nõudeid, et häiremürade nivoo ei suureneks.

Magnetoalade valmistamisel tuleb häiremürade vältimiseks arvestada samalaadseid tegureid. Ka tuleb hoolitseda selle eest, et magnetofoni mootor (mootorid) ja toitejuhtmed ei asetseks võimendi esimese astme lambi või selle vooluahelate vahetus läheduses. Kompaktselt monteeritud magnetoola puhul on kõige parem võimendi sisendosa isoleerida magnetofoni magnetilistest ja elektrostaatilistest väljadest terasest varjega. Teisest küljest on tarvis kaitsta helipäid ja magnetlinti valjuhääldaja magnetvälja mõju eest. Kõige parem on kasutada magnetoolades ja magnetofonides spetsiaalseid rõngakujulise magnetiga valjuhääldajaid, millel magnetvälja hajumus on võrdlemisi tühine. Selliseid valjuhääldajaid toodetakse kõrvuti tavalistega ning nende elektrilistes andmetes erinevusi pole (1ГД-19, 2ГД-19 jt.).

Lõpuks tuleb sobiva varjestamisega ning toroidsüdamikuga toiterafo kasutamiseга kõrvaldada võimendi või vastuvõtja toitetrafo puistevälja mõju helipeale.

Raadiokombainide, s. o. mitmeid erinevaid raadiotehnilisi aparate sisaldavate seadmete konstrueerimisel, mis enamasti omavad ühist madalsagedusvõimendit, kehtivad samuti eeltoodud märkused. Kui raadiokombaini koosseisus on ka televiisor, siis tuleb lisaks nendele arvestada väga tugeva elektrostaatilise välja olemasolu sagedusel 15 625 Hz (televiisoonikujutise reaaloatussagedusel), mida kiirgavad kõik reaaloatusbloki ja kõrgepingealaldi detailid. Kuigi see sagedus asub kuuldepiirkonna piiri lähedal ja sageli osutub madalsagedusvõimendi poolt ülekantavast sagedusalast väljas olevaks, on nende väljade mõju võimendile väga märgatav ning enamasti tekitab seadme ülekoormamise sellel sagedusel, mille tulemusena ilmub lubamatu moonutus ka teistel sagedustel.

Häirete selle liigiga võitlemiseks tuleb võimendi varustada ühe või mitme filtriga, mis ahendavad läbilaskeriba 14 000 hertsini, ning kasutada nii madalsagedusvõimendi kui ka televiisori kõikide reaaloatussa-

gedusega võnkumist kiirgavate detailide (realaotuse väljundtrafo, generaatorlambi, kõrgepingehelate ja kineskoobi kolvi) elektrostaatilisest varjestamisest.

Väga oluline on raadiokombainide konstrueerimisel ärastada valjuhääldajate magnetite mõju kineskoobile, sest vastasel korral võib laotus kujutise vastavas servas osutada kõverdunuks. Magnetahelate mõju vähendamiseks tuleb kasutada valjuhääldajaid, mille magnetvälja hajumus on väike, paigutada need kineskoobist eemale või kasutada nende vahel terasest varjet.

Otstarbekas on raadiokombain varustada kommutaatoriga — lülitiga, mis võimaldaks lülitada kõikide seadmete toidet vahelduvvooluvõrgust ning seadmete madalsagedusväljundeid ühise madalsagedusvõimendi sisendisse. Kommutaator peab olema kõikidest võimalikest häireallikatest ja -väljadest laitmatult varjestatud. Kommutaatorisse suubuvad ja sellest väljuvad ühendusjuhtmed peavad samuti olema varjestatud ning võimalikult lühikesed, sest pikad juhtmed tekitavad sageduskarakteristiku kõrgemate helisageduste osas märgatava «languse», eriti kõrgeoomiliste kommuteeritavate signaaliahelate puhul.

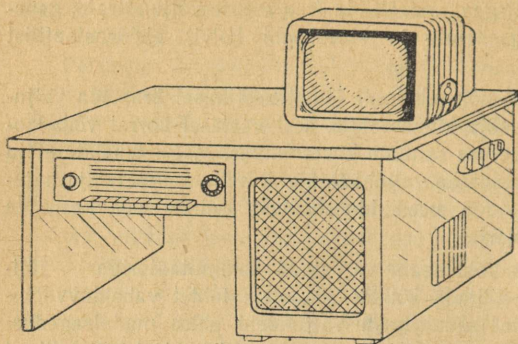
Kommutaatori need osad, mis teostavad vastavalt toiteahelate ning signaaliahelate ümberlülitamisi, peavad olema varjetega eraldatud, et vältida vahelduvvoolust tingitud häirete tungimist võimendi sisendihelasse.

Kuna raadiokombaini akustiline süsteem on tavaliselt võimsam kui 5 W, siis tuleb erilist tähelepanu pöörata heliplaadiseadise elastsele kinetamisele, et vältida mehaanilis-akustilisest tagasisidestumist.

Miniatursete sõlmede ja detailide ilmumisega, mis võimaldavad konstrueerida väikesemõõtmelisi magnetofone, vastuvõtjaid ja elektrigrammofone, on võimsad ja suured raadiokombainid oma senise mõtte kaotanud. Kaasajal on otstarbekam raadiokombaini kuuluv iga aparaat valmistada autonoomsena ja konstruktiivselt terviklikuna. Neist igas olgu omaette lihtne madalsagedusvõimendi, mis suudaks anda moonutusvaba väljundvõimsust 1...2 vatti. Taoliste aparaatide peamiseks väärtuseks peaks olema kompaktsus ja head elektrilised parameetrid kuni madalsagedusvõimendi sisendini. Kodus peab olema kasutusel kõrgekvaliteediline akustiline agregaat ning hea lairiba-helisagedusvõimendi, mille sisendisse oleks hõlpus kiiresti ja lihtsalt ühendada magnetofoni, vastuvõtja, grammofoni helipead jm.

Selline seadmestik peaks radioamatööripraktikast rasked ja kohmakad raadiokombainid täiesti välja tõrjuma, kuivõrd see, säilitades täielikult iga üksiku aparaadi head elektroakustilised omadused stationaarsel kasutamisel, lubab vastavalt tarvidusele neid kasutada ka autonoomselt.

Konstruktiivselt lahenduselt võib selline seadmestik olla kujundatud



Joon. 29. Raadiokombaini konstruktsiooni variant

näiteks ühe poolega kirjutuslaua kujuliselt, mille külgmises kapis asetseks akustiline süsteem; laual võiks paikneda televiisor, magnetofon või grammofon ning ülemist sahtli-osa kasutatakse raadiovastuvõtja paigutamiseks.

Niisuguse seadmeistiku võimalik konstruktsioonivariant on kujutatud joonisel 29.

MADALSAGEDUSVÕIMENDI KONSTRUEERIMISE NÄIDE

Omandanud käesoleva raamatu eelmistes osades esitatud materjali, võib raadiohuviline valmistada ühe või teise võimendi, koostada selle lahterskeemi, valida lampide või transistoride tüübid ja arvu, joonestada täieliku põhimõtteskeemi ning valida akustilise agregaadid tüübi ja konstruktsiooni. Järgnevalt tuuakse III gruppi kuuluvate parameetritega võimendi konstrueerimise näide.

Võimendi parameetrid ja lahterskeem

Parameetrite ja lahterskeemi valikul lähtutakse võimendi kasutamiseesmärgist. Oletame, et tuleb ehitada kohtkindel võimendi heliplaatide kuulamiseks elutoas, mille põrandapind on 16 m². Kasutada on standardne kolme veokiirusega heliplaadiseadis tavaliste ja kauamängivate heliplaatide jaoks.

Sel puhul tuleb lähtuda eeldusest, et võimendi peab täielikult realiseerima neid võimalusi ja parameetreid, mis peituvad võimendamisele

kuuluva madalsagedussignaali allikas. Käesoleval juhul osutub selleks allikaks heliplaat, mitte aga helipea, nagu seda mõnikord ekslikult arvatakse. Reprodutseeritav sagedusala ja dünaamikapiirkond ei saa osutada avaramateks kui plaadile on salvestatud. Samal ajal võib spetsiaalsete lülitustehniliste võtetega (resonantsfiltrid, sagedusest sõltuv vastusidestus) taasesitatavat sagedusala tehnikult laiendada isegi siis, kui kasutatava helipea tundlikkus selle äärmistel sagedustel tunduvalt väheneb. Niiviisi teame juba tulevase võimendi ülekantavat sagedusala ja dünaamikapiirkonda: nendeks on kauamängiva heliplaadi vastavad parameetrid.

Dünaamikapiirkond on plaadile salvestatud tugevaima ja nõrgima heli tugevuste suhe. Kõige nõrgemaks plaadilt taasesitatavaks heliks loetakse häiremüra, mida põhjustab helipea teraviku hõõrdumine plaadi ebahürtlase struktuuriga materjali vastu salvestuse puudumisel. See müra on ühtlane ning laia sagedusspektriga. Kaasaegsetele kauamängivatele plaatidele salvestatakse helisageduste ala 40...15 000 herti 60-detsibellise dünaamikapiirkonna juures. Järelikult peab elektrigrammofoni võimendi parameetritelt vastama esimesele grupile (tabel 1). Sel puhul peaks väljundvõimsus olema suurem kui 10 vatti, sest väiksema võimsusega akustiline süsteem ei suudaks tagada vajalikku dünaamikapiirkonda.

Samal ajal teame, et projekteeritav võimendi peab heliga varustama 16-m² pindalaga tuba. Sama klassifitseerimise alusel peaks võimendi väljundvõimsus olema hoopis 2...4 W, mis vastab teisele grupile.

Niisuguse vasturääkivuse korral, mis muide esineb peaaegu igal võimendite projekteerimise juhul, juhitudakse seeriaviisiliselt toodetavares tööstuslikes seadmetes tavaliselt madalsagedussignaali allika võimaluste ärakasutamisest.

Amatööripraktikas, kus kvaliteet prevaleerib maksumuse ees, on otsarbekam luua kompromisslahendus, milles osa parameetreid vastab ühele grupile ja osa — teisele grupile.

Meie näites tuleb valmistada võimendi, mille läbilaskeriba oleks määratud kauamängiva heliplaadi poolt pakutavate võimalustega, väljundvõimsus oleks umbes 3...4 vatti ja omamüranivoo alla 60 detsibelli.

Nimivõimsusel tekkiv mittelineaarmoonutus peab jääma I grupi võimenditele määratud piiridesse, s. o. mitte ületama 2...3%.

Eelneva analüüsi tulemusena saab juba määrata konstrueeritava võimendi lahterskeemi ja selle parameetrid:

- moonutusvaba väljundvõimsus (nimivõimsus) 4 W;
- maksimaalne lubatud mittelineaarmoonutus nimivõimsusel mitte üle 2...3%;
- läbilaskeriba 40...15 000 Hz;

sisendi tundlikkus sagedusel 1000 Hz vähemalt 0,2 V (grammofoni-võimendite standardne sisendtundlikkus);

müratase —60 dB;

kõla loomutruuduse säilitamiseks mistahes helitugevuse puhul tuleb kasutada kompenseeritud helitugevusregulaatorit;

kõlavärvingu regulaatorid peavad toimima sujuvalt ja olema iseisvad madalate ning kõrgete helisageduste jaoks;

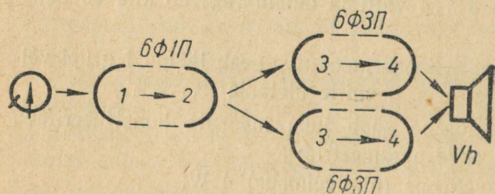
akustiline süsteem peab olema laiaribaline ning väikesemõõtmeline, sest see on mõeldud väheldase toa jaoks.

Kaht esimest parameetrit saab rahuldada ainult ultralineaarlülituses vastastakt-lõppaste. Samas lubab tarvilik väike väljundvõimsus kasutada väikesevõimsuselisi lõpplampe.

On ilmne, et esitatud nõuetele vastava lõppastme saab koostada kahe lambi 6Ф3П baasil

Valitud sageduspiirkonna realiseerimiseks on vajalik suure induktiivsusega primaarmähist omav väljundtrafo, mille puisteinduktiivsus oleks väike ja primaarmähise pooled oleksid võimalikult identsed (et saavutada väikest mittelineaarmoonutust). Sobivaimaks tuleb pidada sektsioonidena keritud mähistega trafot.

Võimendi eeldatava tundlikkuse alusel teeme ligikaudse arvutuse. Kummaski lambis 6Ф3П on lõpp-pentoodile lisaks veel eelvõimendus-triood, mis on arvestatud kasutamiseks koos pentoodsüsteemiga. Selline kaheastmeline võimendi võib omada standardset 0,1...0,2-voldist tundlikkust ja täita selles osas meie nõudeid. Kuid projekteeritava võimendi lõppastmes kavatakse kasutada ultralineaarlülitust, mis vähendab tundlikkust umbes 1,5 korda. Iseseisvate kõlavärvingu regulaatorite kasutamine eeldab veelgi 15...20-kordset võimenduse tagavara. Kompenseeritud helitugevusregulaator, mille ülekandetegur on 0,3...0,5, nõuab omakorda võimenduse 2...3-kordset suurendamist. Lõppkokkuvõttes tuleb suurendada pingevõimendust $1,5 \times 20 \times 3 = 90$ korda. Sellist võimendust suudab anda eelvõimendusaste pentoodiga 6Ж1П, kuid



Joon. 30. Võimendi lahterskeem:

1 — eelvõimendusaste; 2 — faasispõraja; 3 — eelaste;
4 — vastastaktväljundaste

tulusam on kasutada triood-pentoodi 6Φ1Π. Selle lambi pentoodsüsteemi rakendatakse eelvõimendusastmes, mille võimendus on suurem kui 100 (vt. joon. 12), ning trioodosa poolitatud koormusega faasipöörajana (vt. joon. 7), mida iseloomustab hea stabiilsus, madal väljundtakistus ja väljundpingete sümmeetrilisuse väike sõltuvus lampide parameetritest. Faasipööraja ning lõppastme vahele lülitatakse kummagi lambi 6Φ3Π trioodsüsteemidel töötav täiendav võimendusaste. Järelikult omandab võimendi lahterskeem joonisel 30 toodud kuju.

Võrgumüra taseme vähendamiseks tuleb lampe kütta toitetrafo iseisevatest mähistest vastavalt joonisele 16 ning kindlustada suure mahtuvusega kondensaatorite kasutamisega filtris toitepingele hea filtreerimine.

Helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorid võib koostada vastavalt joonistel 17, d ja 19, b toodud skeemidele.

Põhimõtteskeemi koostamine

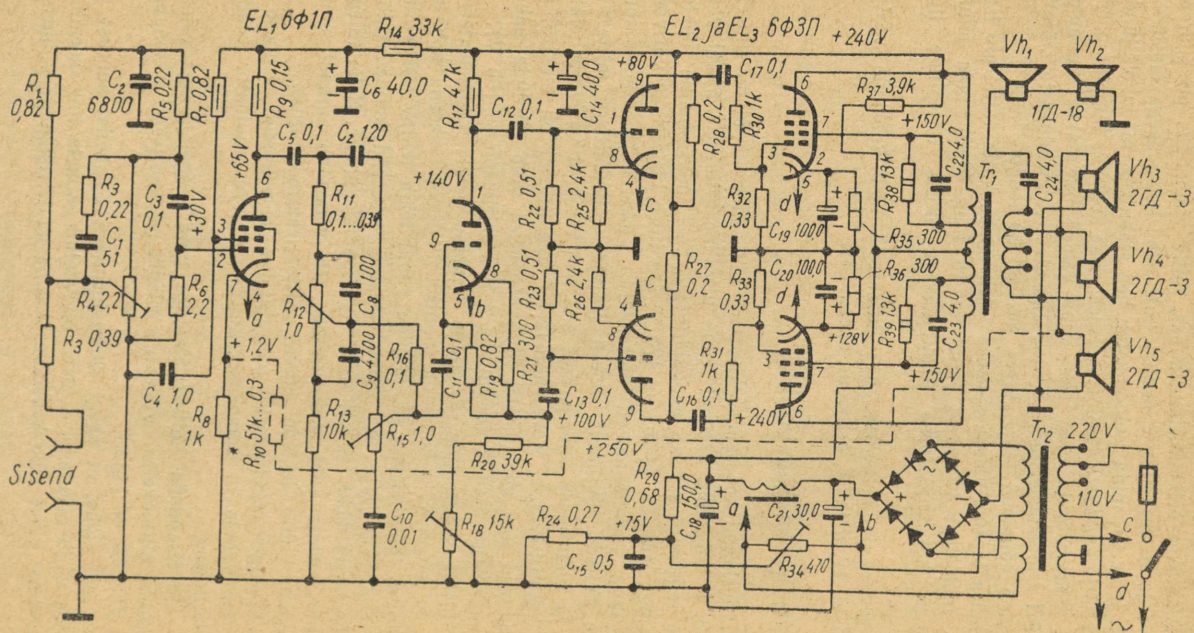
Põhimõtteskeemi koostamist alustame lõppastmest. Võtame aluseks joonisel 3, b kujutatud skeemi. Kuna ultralineaarlülituse puhul varivõrepinge tegelikult võrdub anoodpingega, kuid maksimaalne lubatud varivõrepinge lampidel 6Φ3Π on 170 V, siis tuleb järjestikku varivõredega lülitada individuaalsed eeltakistid. Blokeerimiskondensaatorid tuleb siin lülitada tingimata rööbiti varivõre-eeltakistitega, mitte aga varivõre ja üldmiinuse vahele, sest siis nad rikuksid varivõreahelates tekkivat vastusidestust. Konstruktiivsetel kaalutlustel on elektrolüüt-kondensaatorid siin ebakohased ning seepärast võib piirduda paber-kondensaatoritega МБГΠ (mahtuvus 4 μF; talitluspinge 160 V).

Eelastmetes otsustasime kasutada lampide 6Φ3Π trioodsüsteeme. Lülituse selle osa võib koostada joonisel 10 toodud skeemi kohaselt. Kuna valitud lahterskeemi ja lampide puhul tekib teatav võimenduse ülejääk, siis võib jätta ära katoodtakisteid sildavad kondensaatorid ning kaks järjestikust takistit R_2 ja R_3 asendada ühega. Selle tulemusena ilmub astmes vooluvastusidestus, mis vähendab signaali suurte amplituudide puhul tekkida võivat mittelineaarmoonutust.

Kõlavärvingu regulaatorid paigutatakse eelvõimendi esimese ja teise astme vahele ja kompenseeritud helitugevusregulaator esimese astme sisendisse.

Jääb üle täiendada lülitust alaldiga ning pingejagajaga esimese astme lambi kütteahelas. Võimendi täielik põhimõtteskeem omandab joonisel 31 esitatud kuju.

Pole raske näha, et ühegi skeemieleменти elektrilist suurust polnud tarvis välja arvutada — need on võetud astmete tüüpskeemidest. Täpselt samal viisil võib koostada skeeme ka teistsuguste võimendite jaoks.



Joon. 31. Võimendi põhimõtteskeem

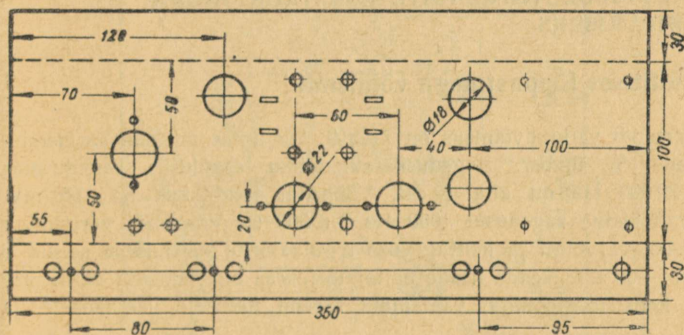
Võimendi akustiline süsteem ja konstruktiivne kujundus

Akustilise süsteemi valikul tuleb lähtuda võimendi 4-vatisest väljundvõimsusest. Moonutuse vältimiseks hetkelise ülekoormuse korral peab süsteem olema arvestatud 5...6-vatisele nimivõimsusele. Kuna konstruktiivselt peab akustiline agregaat olema väikeste mõõtmetega, tuleb rakendada vahendeid, mis lubaksid väikese ruumala juures küllalt efektiivselt taasesitada madalaid helisagedusi. Meie olukorras osutub kõige vastuvõetavamaks lauakujuline konstruktsioon (vt. joon. 24), mis koosneb kolmest rööbiti lülitatud laiaribalisest valjuhääldajast 2ГД-3 ja kahest eraldi asetsevast kõrgsagedusvaljuhääldajast 1ГД-18. Selle konstruktsiooni valmistamise täpsed juhendid on toodud lk. 52.

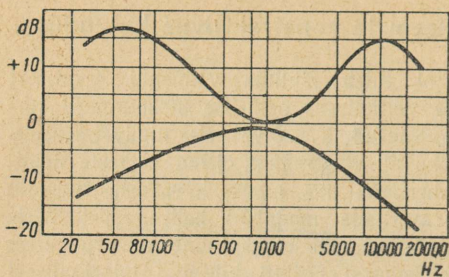
Võimendi paigutatakse laua sisse vastu kasti (laua) üht külgešina.

Šassii plaan koos põhiliste mõõtmetega sellise variandi jaoks on toodud joonisel 32. Peamine, millele tuleb tähelepanu pöörata, on võimendi kõikide detailide, kaasa arvatud takistite ja kondensaatorite kinnitamine. See nõue tuleneb asjaolust, et võimendi asetseb akustilise agregaadi kastis ning nimi-väljundvõimsuse puhul võivad selle detailid hakata vibreerima. Seda saab vältida, kui võimendi kogu montaaž teostada isoleerplaadil ning šassii paigutada kummist amortisaatoritele. Helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorite võllid on soovitatav tuua läbi agregaadi esikülje mitte vahetult, vaid läbi kummist või vildist pukside.

Lõpuks toome võimendi toitetrafo andmed. Südamik paksusega 47 mm on koostatud trafoplekkidest VIII-22. Primaarmähisel on 800 keerdu traadist ПЭЛ 0,51 väljavõtetega 400. ja 462. keerult. Anood-



Joon. 32. Võimendi šassii konstruktsioon ja põhimõõtmed



Joon. 33. Võimendi sageduskarakteristikud kõlavärvinguregulaatorite erinevate asendite puhul

mähisel on 820 keerdu traadist ПЭЛ 0,35. Lampide 6Ф3П küttemähisel on 25 keerdu traadist ПЭЛ 1,25 ning lampide 6Ф1П küttemähisel 25 keerdu traadist ПЭЛ 0,44. Väljundtrafo andmed, selle mähise ning kokkumonteerimise viis on toodud leheküljel 15. Sobivaim väljavõte väljundtrafo sekundaarmähisest leitakse maksimaalse moonutusvaba väljundvõimsuse järgi. Vajadusel vähendada võimendi tundlikkust luuakse täiendav vastusidestusahel väljundtrafo sekundaarmähisest esimese astme lambi katoodile reguleeritava takisti R_{10} kaudu ning selle takistuse muutmiselega valitakse võimendi tundlikkus.

Joonisel 33 on esitatud võimendi terviklik sageduskarakteristik maksimaalse helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorite erinevate asendite puhul.

MADALSAGEDUSVÕIMENDITE KONSTRUKTSIOONE ISEEHITAMISEKS

Sildlülituses lõppastmega võimendi ¹

Võimendi väljundvõimsus on 7 vatti, kusjuures mittelineaarmoonutus on 1% ümber. Sageduskarakteristiku ebaühtlus sagedusalas 20...20 000 Hz on alla 1 dB. Võimendi tundlikkus on 150 mV. Väljundtakistus sagedusel 1000 Hz on 300 Ω . Võimendi võrgumüra nivoo kõlavärvingu ja helitugevuse regulaatorite «ülemises» seisus ei ole üle -60 dB. Nende heade näitajate juures on võimendi võrdlemisi lihtsa konstruktsiooniga, vaatamata skeemi näilisele keerukusele, ja

¹ Tõlgitud ajakirjast «Радио», № 11, 1963. — Toim.

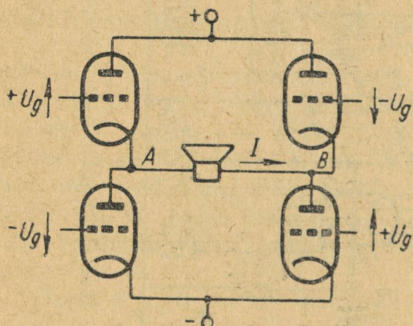
selle saab ehitada põhiliselt valmisdetailidest. Ka võimendi väljareguleerimine ei valmista erilisi raskusi. Puudusena võib nimetada kaunis suurt energiatarvet — võrgust tarbitav võimsus on umbes 120 W.

Võimendi põhimõtteskeem on joonisel 34. Võimendatav signaal juhitakse potentsiomeetri R_1 kaudu lambi EL_1 (6H2Π) vasakpoolse trioodi tüürvõrele, mis töötab pingevõimendina. Sama lambi parempoolne triood on teiseks pingevõimendusastmeks. Selle trioodi anoodilt juhitakse takisti R_7 abil võrele negatiivne tagasisidestuspinge. Selle takisti takistuse muutmisega saab välja reguleerida võimendi soovitava tundlikkuse. Peale selle tekib mõlemas pingevõimendusastmes voolutagasisidestus selle tõttu, et katoodtakistid pole sillatud kondensaatoritega. Võimendatud signaal juhitakse kondensaatori C_4 kaudu kõlavärvingu reguleerimise lülitusse. Potentsiomeeter R_9 on ette nähtud võimenduse reguleerimiseks kõrgemate sageduste alas ja potentsiomeeter R_{11} madalamate sageduste alas.

Järgmine aste lambiga EL_2 (6H2Π) on üheaegselt pingevõimendiks ja faaside eraldajaks. Faaside eraldamine on vajalik järgmisele astmele — faasipöörajale — normaalse töörežiimi loomiseks. Takistid R_{15} ja R_{18} on selle astme koormustakistid, R_{16} on eelpingetakisti. Takistil R_{17} tekib parempoolse trioodi jaoks vajalik tüürpinge, mis juhitakse võrele kondensaatori C_{10} kaudu. Selles astmes tekib samuti negatiivne tagasisidestus, sest takisti R_{16} pole kondensaatoriga sillatud.

Selle astme vastandfaasis väljundsignaalid juhitakse kondensaatorite C_{11} ja C_{12} kaudu lambi EL_3 (6H2Π) tüürvõrele. See aste koosneb kahest tavalises lülituses faasipöörajast. Takistid R_{23} , R_{24} , R_{26} ja R_{28} on faasipöörajate koormustakistid, R_{21} ja R_{29} faasipöörajate võretakistid ning R_{22} ja R_{27} automaatset eelpinget tekitavad katoodtakistid.

Lõppastme moodustavad kaks sildlülituses kaksiktrioodi EL_4 ja EL_5 (6H5C). Silla lihtsustatud skeem on kujutatud joonisel 35. Sellelt

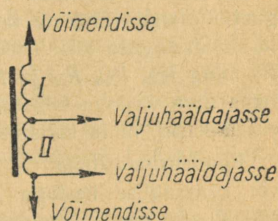


Joon. 35. Lõppastme lihtsustatud skeem

nähtub, et silla ühte diagonaali on ühendatud anoodtoite allikas ja teise valjuhääldaja. Tasakaalustatud silla korral on punktide A ja B potentsiaalid omavahel võrdsed ning valjuhääldaja võnkepooli vool ei läbi. Kui trioodide võrele rakendatakse signaalipinged, mille polaarsused mingi hetke kohta on joonisel näidatud nooltega, siis punkti A potentsiaal tõuseb ja punkti B potentsiaal langeb. Seega silla tasakaal kaob ja valjuhääldajat läbib signaalivool. Signaalipinge polaarsuse muutumisel muutub ka voolu suund väljahääldaja võnkepoolis.

Sildlülituse puhul alaliskomponent koormustakistit ei läbi ja võimendi sageduskarakteristik on peaaegu lineaarne. Sildlülituses kompenseeruvad paarisharmonilised ja osaliselt ka võrgumüra. Silla trioodid on tööle rakendatud A -klassi režiimis, mille puhul mittelinear-moonutus on väike. Parema sageduskarakteristiku saamiseks on faasi-pööramisastmed sidestatud silla trioodidega galvaaniliselt (s. o. otseselt, ilma kondensaatorita). Väljundtrafo puudumine võimaldab veelgi parandada sageduskarakteristikut, eriti piirsagedustel.

Takistil R_{25} tekib silla alumiste (skeemi järgi) trioodide jaoks vajalik eelpinge. Sellena tuleb kasutada klaasglasuuriga kaetud traattakistit võimsusega 15 W.



Joon. 36. Väljundtrafo skeem

Suuretakistusliku (300Ω) akustilise agregaadid puudumisel võib edukalt kasutada ka tavalisi, väikese takistusega kvaliteetseid valjuhääldajaid, mis lülitatakse väljundisse lihtsa autotrafo kaudu. Kui näiteks kasutatakse kaht järjestikku ühendatud valjuhääldajat 5ГД-10, 5ГД-14 või 4ГД-1, siis on koormustakistus 9 oomi. Sel puhul on väljundtrafo andmed järgmised (joon. 36). Südamik koostatakse plekidest УШЛ-6 (sobib näiteks televiisori «Rubin» filtri paispooli südamik), kusjuures plekipaki paksus peab olema 32 mm. Muidugi võib kasutada ka suurema ristlõikega südamikku. Sektsioonil I on 500 keerdu traadist ПЭЛ 0,35 ja sektsioonil II 110 keerdu traadist ПЭЛ 0,74.

Takistuste paremaks sobitamiseks on soovitatav valida sektsiooni II keerdude arv veidi suurem ja teha mitu väljavõtet, näiteks valida keerdude arvuks 130 ja teha mähise lõpust (skeemi järgi alumisest otsast) lugedes viis väljavõtet (iga 10 keeru tagant). Valjuhääldajaga ühendatakse see väljavõte, mille puhul heli on kõige tugevam.

Teiseks isevalmistatavaks detailiks on 5-oomine takisti R_{30} , mis hoiab ära diodide läbilöögi võimendi sisselülitamisel. Selle valmistamiseks tuleb mähkida 0,5 meetrit elektripliidi spiraali traati 2-vatisele takistile BC-2.

Kõik ülejäänud detailid saab hankida kauplusest. Lampide küttrafoks Tr_1 sobib televiisori «Voronež» või «Neman» võrgutrafo. Selle trafo andmed on järgmised. Südamik on koostatud plekkidest УШ-22, plekipaki paksus on 47 mm. Primaarmähisel on 618 keerdu traadist ПЭЛ 0,51, lampide küttemähisel 19 keerdu traadist ПЭЛ 1,62 ja kineskoobi küttemähisel 19,5 keerdu traadist ПЭЛ 0,64. Võib kasutada ka televiisorite «Start» või «Start-2» võrgutrafo, millel on südamik Ш 20×51 mm, primaarmähisel 860 keerdu traadist ПЭЛ 0,55, lampide küttemähisel 26,5 keerdu traadist ПЭЛ 1,81 ja kineskoobi küttemähisel 27 keerdu traadist ПЭЛ 0,51. Kineskoobi küttemähist on soovitatav kasutada võimendi esimese lambi kütmiseks ilma seda šassiiga ühendamata.

Sümmeetria saavutamiseks faaside eraldajas, faasipöörajas ja sildlülituses tuleb hoolikalt valida eri faasidesse kuuluvate, kuid ühesugust ülesannet täitvate takistite takistused. Nii peavad olema võimalikult ühesuguse takistusega R_{15} ja R_{18} , R_{14} ja R_{19} , R_{21} ja R_{29} , R_{22} ja R_{27} ning R_{23} , R_{24} , R_{26} ja R_{28} (kõik neli omavahel). Selleks tuleb suurema arvu vastava takistusega takistite hulgast oommeetri abil valida eksemplarid, mille takistused erinevad teineteisest alla 2%.

Kondensaatoritena C_{11} ja C_{12} tuleb kasutada hermeetilisi metall- või keraamilise kestaga paberkondensaatoreid tööpingega vähemalt 400 V, sest nende kondensaatorite märgatava lekkevoolu esinemisel ei õnnestu välja reguleerida sildlülituse õiget alalisvoolurežiimi.

Võimendi koos alaldiga monteeritakse karbikujulisele šassiile, mis valmistatakse 1,5 mm paksusest terasplekist. Šassii mõõtmed võivad olla näiteks 235×115×55 mm. Detailide paigutus pole kriitiline, on vaja ainult silmas pidada üldisi montaaži ja varjestamise reegleid, mis on toodud eespool. Alaldusdiodid ja elektrolüüt-kondensaatorid tuleb paigutada eemale soojenevatest detailidest (takisti R_{25} , R_{30} , toittrafo). Lamp EL_3 on soovitatav paigutada lampide EL_4 ja EL_5 vahele.

Võimendi väljareguleerimine seisneb lampide töörežiimide kontrollimises ja tarbe korral vastavusse viimises skeemil näidatud suurustega. Pingeid tuleb mõõta suure sisetakistusega (vähemalt 20 kΩ/V) voltmeetri abil. Silla tasakaalu kontrollimiseks on vaja koormus (valjuhääldaja või väljundtrafo) lahti ühendada ja lülitada väljundklemmide vahele voltmeeter. Kui 15 minutit pärast võimendi sisselülitamist voltmeeter mõõtepiirkonnaga 3 või 10 V näitab sisendsignaali puudumisel nulli või kui pinge kõigub väikeses ulatuses 0-jaotuse ümber, on sild tasakaalus. Kui aga voltmeeter näitab püsivalt mõnevoldist

või suuremat pinget, tuleb muuta faasipööraja ühe koormustakistuse (R_{23} , R_{24} , R_{26} või R_{28}) takistust. Selleks on üks neist takistitest soovitatav asendada ajutiselt 90-kilo-oomise püsitakisti ja 20-kilo-oomise potentsiomeetri järjestikahelaga ning reguleerida potentsiomeetri abil sild tasakaalu, seejärel mõõta järjestikahela takistus ja joota sisse vajaliku takistusega takisti. Väiksemates piirides muutub silla tasakaal ka lõplampide vahetamisel. Silla tasakaalu saab hinnata samuti võrgumüra taseme järgi — tasakaalu korral pole võrgumüra kuulda.

Universaalne võimendi ¹

Kirjeldatav võimendi on rakendatav raadiovastuvõtja ja raadiokombaini madalsagedusvõimendina, heliplaadiseadise ja magnetofoni võimendina ning koos mikrofoni ga kõne võimendamiseks. Võimendi abil saab radiofitseerida väiksema kooli või klubi.

Võimendi väljundvõimsus on 10 W, sagedusriba 50...12 000 Hz ja mittelineaarmoonutused alla 2%.

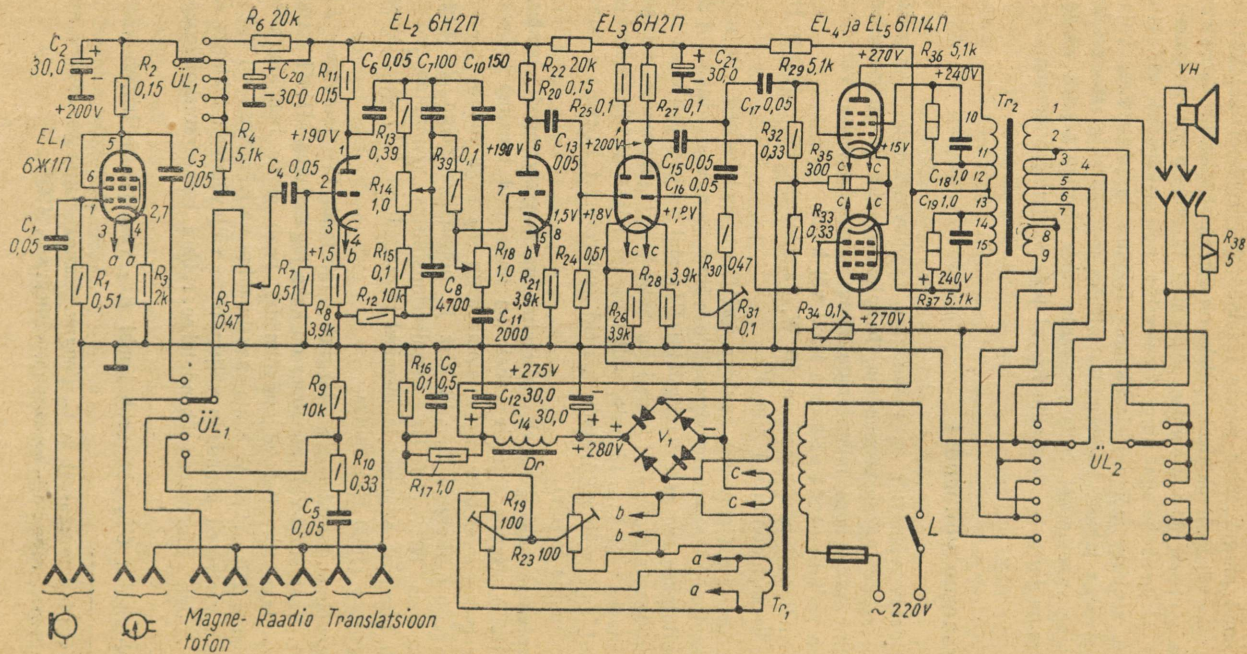
Esimene aste (joon. 37) lambiga 6Ж1П on spetsiaalselt ette nähtud mikrofonist saabuvate signaalide võimendamiseks. Muudel juhtudel lülitatakse see aste tööliigilüliti UL_1 abil välja. Sealjuures tühjeneb kondensaator C_2 läbi takisti R_4 . Selle takisti puudumisel töötaks mikrofoniate veel 1...1,5 min. vältel pärast teisele tööliigile ümberlülitamist, mis võib põhjustada häireid (mikrofonist tulevate signaalide ülestumine teisele).

Mikrofoniasstmele järgneb kaheastmeline pingevõimendi, lambiga EL_2 (6H2П). Nende astmete vahele on ühendatud tavaline kõlavärvingu reguleerimislülitis. Potentsiomeetriga R_{18} saab muuta võimendust sageduspiirkonnas 2...12 kHz ja potentsiomeetriga R_{14} sageduspiirkonnas 50...300 Hz. Reguleerimislülitis võimaldab muuta signaali tugevust alumisel ja ülemisel piirsagedusel ± 15 dB ulatuses kesksageduse (1000 Hz) suhtes.

Pingevõimendusastmetele järgneb faasipööraja lambiga EL_3 (6H2П). Vastastakt-väljundastmes on kaks jugatetroodi 6П14П. Et see aste arendaks 10-vatist väljundvõimsust, peab pinge lampide anoodidel olema 270...275 V. Kuna maksimaalne varivõrepinge on 250 V, siis tuleb varivõred ühendada väljundtrafo väljavõtetega takistite R_{36} ja R_{37} kaudu. Viimastega ühendatakse rööbiti blokeerimiskondensaatoreid C_{18} ja C_{19} .

Tööliigilüliti UL_2 abil saab lambi EL_2 vasakpoolse trioodi võrele

¹ Tõlgitud raamatust Г. С. Гендин. Самодельные усилители низкой частоты. Москва—Ленинград, «Энергия», 1964.



Joon 37. Universaalse võimendi põhimõtteskeem

juhtida signaalid võimendi neljalt sisendilt, mis on ette nähtud helipea, raadiovastuvõtja, magnetofoni ja translatsiooniliini külgeühendamiseks. Mikrofon on alaliselt ühendatud lambi EL_1 tüürvõrele.

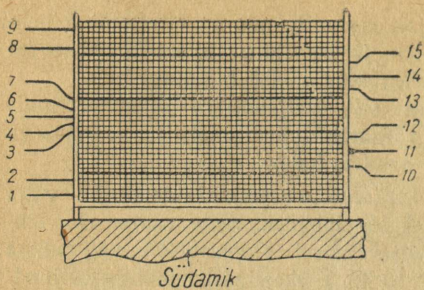
Koormustakistuse ümberlüüti UL_2 väljundtrafo sekundaarringis võimaldab sobitada võimendi väljundtakistust mistahes koormusega piirkonnas 2...14 Ω 2-oomiste astmete kaupa.

Võimendi töötamisel ilma koormuseta (valjuhääldajad on välja lülitatud) võib väljundtrafos tekkida läbilöökk. Selle vältimiseks lülitub valjuhääldajate pistiku väljavõtmisel automaatselt väljundisse traattakisti R_{38} võimsusega 5...10 W. Blokeerimiskontaktiga väljundpukside puudumisel võib võimendi sisse lülitada ainult siis, kui valjuhääldajad on külge ühendatud.

Alaldis kasutatakse diode $D7Ж$. Silla igasse õlga ühendatakse järjestikku kolm diodi, seega kokku 12 tükki. Iga diodiga tuleb rööbiti ühendada takisti takistusega 100 k Ω ja võimsusega 1 W. Kui germaaniumdiodide $D7Ж$ asemel kasutada ränidiodide $D203$ või $D204$, on vaja igasse õlga ühendada 2 diodi (kokku 8 tk.). Alaldi silumisfiltri elektrolüütcondensaatorite tööpinge peab olema vähemalt 350 V.

Toitetrafo südamik koostatakse plekkidest III28, kusjuures pleki-paki paksus on 40 mm ja plekid laotakse ülekattega. Primaarmähisel on 820 keerdu traadist ПЭВ 0,36, anoodmähisel 1200 keerdu traadist ПЭВ 0,18, lambi EL_1 küttemähisel $a-a$ 20 keerdu traadist ПЭВ 0,44, lambi EL_2 küttemähisel $b-b$ 26 keerdu traadist ПЭЛ 0,44 ja ülejäänud lampide küttemähisel samuti 26 keerdu traadist ПЭЛ 0,8 mm, kusjuures mähise keskelt tehakse väljavõte. Mikrofoniasme küttemähise väiksema keerdude arvu tõttu on selle astme lambi küttepinge normaalsest madalam, nimelt 5,0...5,5 V, sest sel puhul on võrgumüra väiksem. Samal eesmärgil ühendatakse kahe esimese astme küttemähistega tasakaalustuspotentsiomeetrid R_{19} ja R_{23} , millele rakendatakse pingejagaja $R_{16}R_{17}$ kaudu väike positiivne pinge.

Väljundtrafo mähitakse samasugusele südamikule kui toittrafogi. Mähiste paigutus poolialusel on näidatud joonisel 38. Kõigepealt mähitakse poolialusele osa sekundaarmähisest (30 keerdu ПЭВ 1,0); selle peale primaarmähise üks õlg (700+500 keerdu ПЭВ 0,2), siis edasi sekundaarmähist (15+15+15+15 keerdu), seejärel primaarmähise teine õlg (500+700 keerdu ПЭВ 0,2) ja lõpuks viimased 30 keerdu sekundaarmähisest. Seega on primaarmähisel kokku 2400 keerdu ja sekundaarmähisel 120 keerdu. Eri mähiseosad tuleb üksteisest isoleerida trafopaberi 3—4 kihiga. Kõik mähised tuleb kerida ühes suunas. Sektsioonide õige ühendamine on näidatud põhimõtteskeemil, kus mähiste otsad on tähistatud samade numbritega kui mähiste paigutuse joonisel.

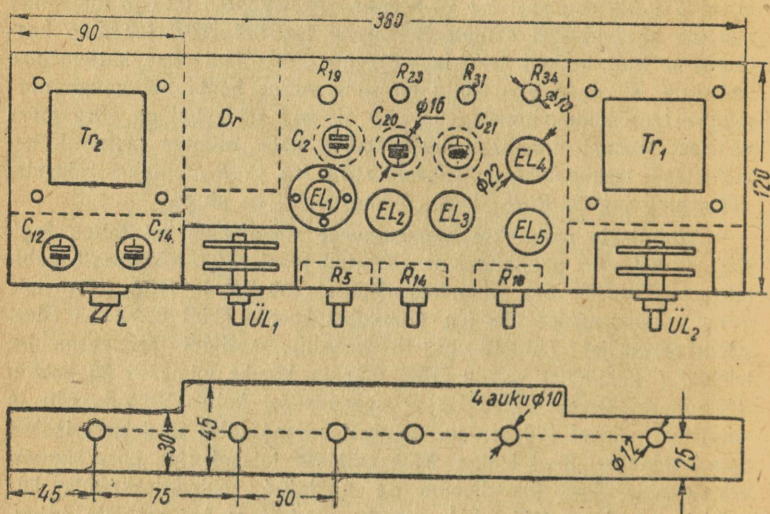


Joon. 38. Väljundtrafo mähise ühe poole löige

Alaldi filtri paispoolina võib kasutada mistahes raadiovastuvõtja või televiisori paispooli, mille mähise nimivool on vähemalt 80 mA. Helitugevuse regulaatorina kasutatav potentsiomeeter ja samuti kõlavärvingu reguleerimise potentsiomeeter peavad olema logaritmilise takistusmuutusega (tähis B).

Tööliigi ja koormustakistuse ümberlülitid võivad olla ükskõik millise konstruktsiooniga. Tööliigi ümberlülitil peab olema kaks 5-positsioonilist sektsiooni ja koormustakistuse ümberlülitil kaks 11-positsioonilist sektsiooni.

Sassii konstruktsioon ja võimendi väline kujundus sõltuvad tema



Joon. 39. Detailide paigutus statsionaarse võimendi šassiil

kasutusotstarbest. Näiteks võimendi kasutamisel raadiokombainis või radiolas võib osutada otstarbekaks paigaldada lõppaste koos alaldiga eraldi šassiile. Kui võimendi ehitatakse omaette konstruktsioonina, on soovitatav paigutada detailid ja lambid šassiil vastavalt joonisel 39 näidatud plaanile. Võimendi paigutatakse plekk-kesta, mille külge on pilud või augud soojuse eemalejuhtimiseks. Kest on soovitatav üle värvida nitroemailiga ja varustada kandesangaga.

Võimendi kasutamise hõlbustamiseks võib helitugevuse ja kõlavärvingu nuppude alla joonestada skaalad jaotustega 0...10. Tööliigilüliti juurde on samuti soovitatav kanda vastavad pealdised («Mikrofon», «Grammofon», «Magnetofon», «Translatsioon», «Radio»). Koormustakistuse lüliti juurde tuleb märkida igale positsioonile vastav koormustakistuse väärtus (2, 4, 6, 8, 10, 12 ja 14 Ω).

Mikrofoniefekti ärahoidmiseks tuleb mikrofonistme lamp kinnitada šassiile kummiamortisaatori abil (vt. lk. 30). Võimendi monteerimisel tuleb tingimata maandada esimese ja teise lambi pesad, milleks nende kinnituskruvide alla asetatakse kontaktlibled ja ühendatakse need lühikeste kiudjuhtmete abil šassiiga. Lambid EL_1 ja EL_2 peavad olema varjestustopsides. Ka muude detailide ning juhtmete varjete šassiiga ühendamisel tuleb kinni pidada eespool toodud nõuetest.

Võimendi väljareguleerimine on võrdlemisi lihtne. Kõigepealt kontrollitakse alaldit, selle filtrit ja kütteringe. Siis lülitatakse välja mikrofonistme ja reguleeritakse välja faasipööraja. Selleks seatakse potentsiomeetri R_{31} liugkontakt seisu, milles lambi EL_3 parempoolse trioodi võre on maandatud. Tagasisidestuse reguleerimise potentsiomeetri R_{34} takistus keeratakse maksimaalseks. Seejärel rakendatakse helisagedusgeneraatorist lambi EL_3 vasakpoolse trioodi võrele signaal sagedusega 200...1000 Hz. Signaal valitakse selline, et lambi EL_4 (ülemine skeemil) tüürvõre ja šassii vahele ühendatud lampvoltmeeter näitaks 3 V. Seejärel, jättes potentsiomeetrid endisesse seisu, ühendatakse lampvoltmeetri otsik lambi EL_4 tüürvõrelt ümber EL_5 tüürvõrele ja potentsiomeetri R_{31} võlli aeglaselt pöörates viiakse ka selle lambi võrepinge 3 voldile. Siis mõõdetakse uuesti pinget lambi EL_4 võrel ja kui see on muutunud, tuleb muuta heligeneraatori pinget selliselt, et pinge sellel võrel oleks täpselt 3 V. Pärast seda reguleeritakse ülalkirjeldatud viisil uuesti lambi EL_5 võrele pinge 3 V. Neid operatsioone tehakse seni, kuni mõlema väljundlambi võrel on ühesugune pinge. Lõpuks fikseeritakse potentsiomeetri R_{31} võll välja-reguleeritud seisu (kaetakse paksu nitrovärviga).

Helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorite töö kontrollimiseks seatakse nad keskseisu, vahelduvvoolu-lampvoltmeeter ühendatakse lambi EL_3 vasakpoolse trioodi tüürvõrele ja lambi EL_2 sisendisse juhitakse 1000-Hz signaal. Signaali tugevus valitakse niisugune, et volt-

meeter näitaks 0,1...0,2 V. Seejärel, mitte puudutades potentsiomeetreid, rakendatakse võimendi sisendisse (EL_2 tüürvõrele) 1000 Hz asemel signaal sagedusega 60...80 Hz. Nüüd peab madalate sageduste regulaatori R_{14} nupu pööramisel ühest äärmisest seisust teise pingele lambi EL_3 tüürvõrel muutuma suurtes piirides (0,02...0,04 voldist kuni 0,4...0,8 voldini). Kõrgete sageduste regulaatori R_{18} nupu pööramisel ei tohi voltmeetri näit muutuda.

Kui madalate sageduste regulaator on korras, seatakse potentsiomeeter R_{14} seisu, mille puhul lampvoltmeeter näitab 0,1...0,2 V. Nüüd juhitakse võimendi sisendisse signaal sagedusega 6...8 kHz ja sellel tugevusega, et lampvoltmeetri näit oleks endiselt 0,1...0,2 V. Kõrgete sageduste regulaatori nupu pööramisel peab lampvoltmeetri näit muutuma suurtes piirides, kuid madalate sageduste regulaatori nupu pööramine ei tohi näitu muuta. Kui võimendi reguleerimisel selgub, et kõlavärvingu regulaatorid ei tööta nii nagu kirjeldatud, tuleb hoolikalt kontrollida vastavate ahelate montaaži ja kõrvaldada viga.

Võrgumüra taseme reguleerimiseks ühendatakse valjuhääldajatega rööbiti tundlik voltmeeter, lambi EL_2 võre maandatakse ja helitugevuse ning kõlavärvingu regulaatoritega keeratakse võimendus maksimumaalseks. Nüüd seatakse potentsiomeetri R_{23} liugkontakt seisu, milles voltmeetri näit on minimaalne. Oigesti monteeritud ja reguleeritud võimendi korral ei tohi jääkpinge olla üle 10 mV. Kui võrgumüra on tugevam või kui minimaalne müranivoo saavutatakse potentsiomeetri äärmises seisus, tuleb kontrollida montaaži ja vahetada lamp EL_2 .

Võimendi tundlikkus reguleeritakse välja potentsiomeetriga R_{34} . Selleks antakse võimendi sisendisse (lambi EL_2 tüürvõrele) signaal sagedusega 1000 Hz ja pingega 0,1...0,2 V (vastavalt soovitavale tundlikkusele). Helitugevuse regulaator seatakse maksimumaalsele võimendusele vastavasse seisu ja rööbiti valjuhääldajatega ühendatakse voltmeeter. Seejärel reguleeritakse tagasisidestust R_{34} abil selliselt, et väljundpinge U_v oleks sõltuvalt valjuhääldajate takistusest R_{vh} järgmine:

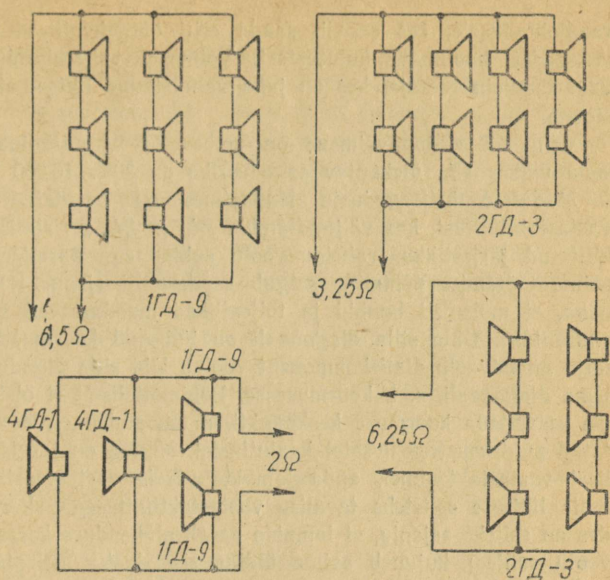
$$U_v = \sqrt{P_{\sigma} R_{vh}} = \sqrt{10 R_{vh}}$$

Näiteks koormustakistuse $R_{vh} = 2 \Omega$ korral peab 10-vatise väljundvõimsuse saamiseks väljundpinge olema

$$U_v = \sqrt{10 \cdot 2} = 4,5 \text{ V.}$$

Pärast seda fikseeritakse potentsiomeetri R_{34} asend samuti nitrolakiga.

Kõige lõpuks lülitatakse sisse mikrofoniate ja ilma mikrofoni



Joon. 40. Valjuhääldajate ühendamise variandid

sisendisse ühendamata reguleeritakse potentsiomeetriga R_{19} võrgumüra minimaalseks.

Kui võimendit kasutatakse mitme ruumi radiofitseerimiseks (näiteks koolis), siis tuleb valjuhääldajatest moodustada grupid selliselt, et üldine koormustakistus oleks 2...14 oomi piires. Joonisel 40 on näidatud mõned valjuhääldajate ühendamise variandid. Igal juhul peab võimendi juures olema üks kontrollvaljuhääldaja. Valjuhääldajate juhtmete valikul tuleb arvestada, et näiteks 2-oomise koormustakistuse korral läbib liinijuhtmeid 2...3-amprine vool ja sel puhul peab nende ristlõige olema 1,5...2,0 mm².

Kahe kanaliga võimendi

Kirjeldataval helisagedusvõimendil, mille kvaliteedinäitajad rahuldavad amatööri kõikvõimalikke nõudeid, on seitse lampi, küllalt keerukas skeem, kolm trafot ja hulk hinnalisi detaili. Kõigi elektriliste parameetrite realiseerimiseks vajab ta keerukat ja kallist akustilist süsteemi. Seetõttu võib sellise võimendi ehitamist soovitada ainult

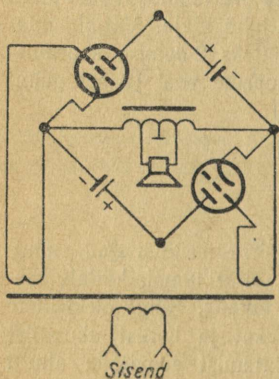
raadiohuvilisele, kes soovib saada eriti kõrgekvaliteedilist helisagedusseadet, hoolimata kulutustest. Võimendi ehitamisele võib asuda vaid raadioharrastaja, kes on juba valmistanud lihtsamaid konstruktsioone.

Võimendi väljundvõimsus on umbes 20 W mittelineaarmoonutusega umbes 1%, ülekantav sagedusriba on 30...16 000 Hz.

Madalate helisageduste lõppastmes on kasutatud paralleelset vastastaktlülitust, kus väljundlambid EL_4 ja EL_5 on alalisvoolu suhtes lülitatud järjestikku, vahelduvvoolu suhtes aga paralleelselt. Sellise astme töötamise põhimõte selgub aseskeemilt (joon. 41), millelt on näha, et mõlemad lambid ja toiteallikad moodustavad sümmeetrilise sildlülituse. Ühte silla diagonaali on lülitatud koormustakistus. Seetõttu anoodvoolu alaliskomponent voolab läbi silla õlgade ega hargne tema diagonaali, s. t. koormusesse. Põhimõtteliselt ei oleks üldse tarvis maandada koormuse keskpunkti, maandamine on aga siiski teostatud puht-konstruktiivsetel kaalutlustel. Nimelt on tarvis, nagu tavalisel vastastaktastmel, anda lampide võrele vastasfaasilised pinged. Selle lülituse eelisteks tavalise vastastaktlülitusega skeemiga võrreldes on esiteks asjaolu, et lampide paralleelühenduse korral (vahelduvvoolu suhtes) kujuneb astme üldine sisetakistus neli korda väiksemaks kui tavalise vastastaktlülituse puhul. Teiseks, alaliskomponendi puudumine koormuse ahelas hoiab ära lampide anoodpinge vähenemise ning võimaldab saada moonutamata signaali ka väga suurte pingeamplituudide korral (loomulikult lampide tunnusjoonte sirgjoonelise tööpiirkonna ulatuses). Lõpuks, kuna koormus on lülitatud lampide katoodide vahele, töötab väljundaste katodjärgija režiimis ning on seega hõivatud tugeva negatiivse tagasisidestusega, mis tunduvalt vähendab mittelineaarmoonutust. Peale selle võimaldab katod-

järgijale omane madal väljundtakistus moonutamata üle kanda kõige madalmaid sagedusi suhteliselt väikese induktiivsusega sobitustrafa korral ning laiendada reprodutseeritavate sageduste ala kõrgete sageduste suunas.

Paralleelsel vastastaktlülitusel on nagu igal teiselgi lülitusel ka puudusi. Üheks neist on vajadus kasutada väljundastme lampide toiteks kaht eraldi alal-



Joon. 41. Paralleelse vastastakt-lõppastme aseskeem

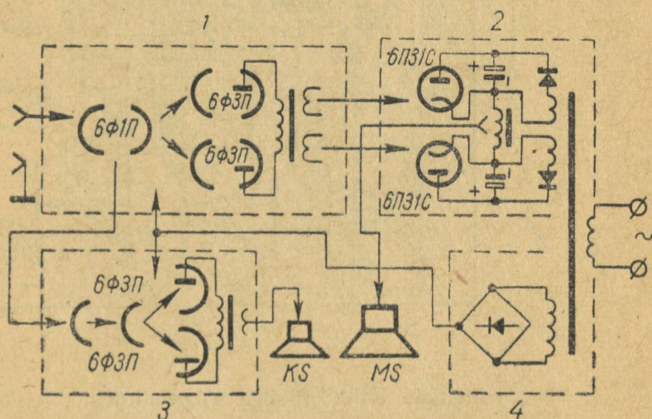
dit ja veel kolmandat võimendi ülejäänud lampide toiteks. Teine puudus seisneb selles, et väljundastme normaalseks tööks on tarvilik astme tüürpinge suurusega 50...80 V. Need puudused ei ole aga eriti olulised. Kuigi ühe asemel on tarvis valmistada kolm aladit, ei muutu nende skeem ja konstruktsioon oluliselt keerukamaks. See on seletatav madalate nõuetega sümmeetrilise lülituse toitepinge filtreerimise kvaliteedi suhtes, mis võimaldavad kasutada lihtsat poolperioodaladit ühest kondensaatorist koosneva filtriga. Eelvõimendusastmete aladi võib olla teostatud ükskõik millise skeemi järgi, sest tema koormusvool on tühine.

Lahterskeemilt (joon. 42) on näha, et võimendi koosneb neljast iseseisvast blokist. Esimene neist, mida tinglikult võib nimetada eelvõimendiks, kujutab endast standardset helisagedusvõimendit.

Teises blokis on paralleelne vastastaktlülituses lõppaste koos oma aladitega, kolmandas blokis — standardne madalsagedusvõimendi, mida kasutatakse kõrgemate helisageduste kanalina, ja neljandas blokis tavaline aladi seadme ülejäänud võimendusastmete toiteks.

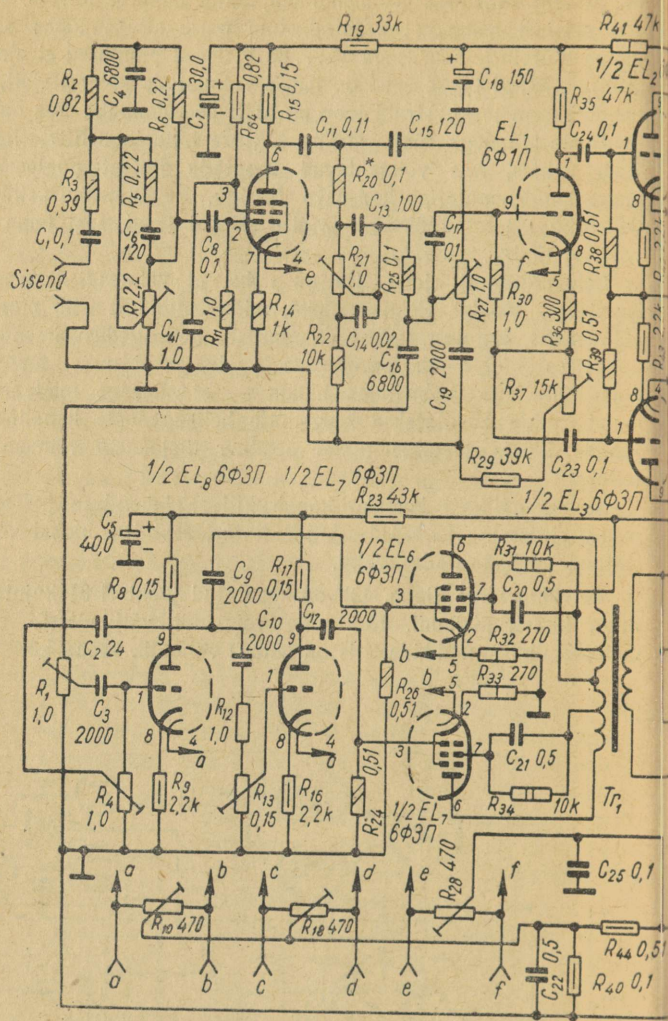
Sellise näiliselt keeruka konstruktiivse lahenduse juures on võimendi ehitamine ja reguleerimine lihtne, sest iga blokki võib valmis ehitada ja häälestada eraldi.

Eelvõimendina (joon. 43) on kasutatud joonisel 31 kujutatud skeemiga konstruktsiooni. Kui selle võimendi väljundtrafo sekundaarmähised ümber mähkida, siis on temalt võimalik saada küllaldase suu-

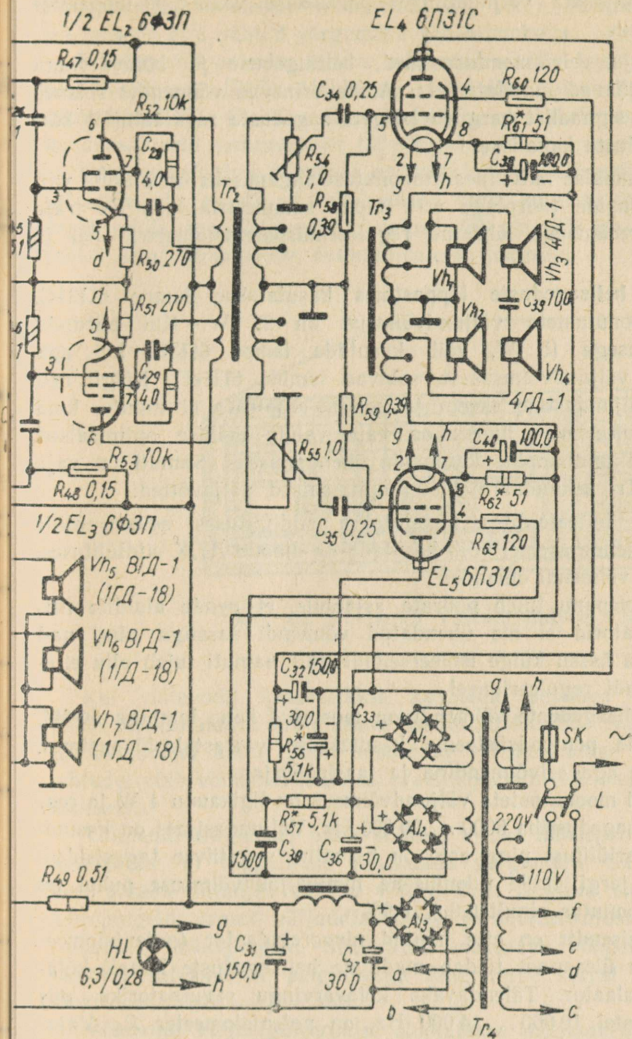


Joon. 42. Kahe kanaliga võimendi lahterskeem:

1 — eelvõimendi; 2 — lõppvõimendi koos aladitega; 3 — kõrgete helisageduste kanal võimendi; 4 — toiteblokk



Joon. 43. Kahe kanaliga võimendi põhimõtteskeem



rusega moonutamata väljundpinget paralleelse vastastakt-lõppastme väljatüürimiseks.

Faasipööraja, eelvõimendusastmed, helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorid jäävad muudatusteta. Ainus erinevus võimendis seisneb selles, et osa signalist hargneb kõrgete sageduste regulaatorist kõrgete helisageduste kanalisse.

Kuna minimaalse mittelineaarmoonutuse tagamiseks on oluline väljundastme lampide tüürpinge eriti täpne sümmeetria, siis on trafo Tr_2 sekundaarmähiste le lülitatud reguleerimispotentsiomeetrid R_{54} ja R_{55} .

Madalate helisageduste lõppastmes kasutatakse lampe 6П31С, mis puhul moonutusteta väljundvõimsus on 25 W. Kui piirduda väljundvõimsusega 15 W, võib kasutada lampe 6П3С, kui aga piisab 10 W väljundvõimsusest, sobivad lambid 6П14П. Kõigil neil erijuhtudel väljundastme skeem ja sobitus-autotrafo ei muutu, kuid võimendi reguleerimise juures on vaja valida mähise optimaalsed väljavõtted väljundlampide katoodide ühendamiseks. Samuti on vaja valida trafo Tr_2 sekundaarmähistel optimaalsed väljavõtted.

Lõppastme toitealaldites kasutatakse sildlülituses seleeventiile ABC-80-260. Nende asemel võib kasutada ka dioode Д7Ж sildlülituses, mis ei muuda võimendi omadusi.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata asjaolule, et nende alaldite filtrite kondensaatorid ei ole ühendatud võimendi šassiiga ning nad tuleb kinnitada šassii külge isoleerseibide abil, samuti tuleb olla ettevaatlik võimendi reguleerimisel.

Kõrgete helisageduste võimendi on teostatud kahe lambiga 6Ф3П. Nende lampide pentoodsüsteeme kasutatakse vastastakt-lõppastmes, trioodsüsteeme aga eelvõimendina ja faasipöörajana.

Selle kanali moonutusteta väljundvõimsus on ligikaudu 4 W ja reprodutseeritav sagedusriba 5000...20 000 Hz. Väljundastmes on kasutatud ultralineaarlülitust ning aste on hõivatud negatiivse tagasisidetusega voolu järgi, mille tulemusena nimiväljundvõimsuse puhul on mittelineaarmoonutus ainult 0,6...0,9%.

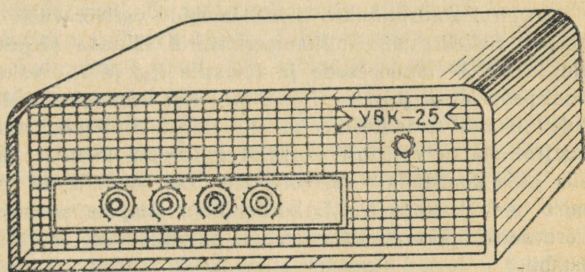
Võimendi sisendis on ette nähtud nivooregulaator (potentsiomeeter R_{27}), mille ülesannet täidab madalate helisageduste kanali kõlavärvingu regulaator. Täiendavaks kõlavärvingu regulaatoriks, mis toimib sagedustel 10 000...14 000 Hz, on potentsiomeeter R_4 . Vajadus täiendava regulaatori järgi tekib televisiooni helisaadete või sagedusmoduleeritud ultralühilainede võimendamisel. Potentsiomeeter R_1 on vajalik võimendi esialgsel reguleerimisel madalsagedusliku ja kõrgsagedusliku kanali võimsuste ettenähtud vahekorra saavutamiseks.

Võimendi toiteosa koosneb toitetransformaatorist, anoodtoite ahelate

filtritest ja balansspotentsiomeetritest kõigi lampide kütteahelates, mis on ette nähtud võrgumüra vähendamiseks.

Eelvõimendi astmete toiteks määratud alaldis kasutatakse sildlülitust diodidega Д7Ж. Alaldil on П-kujuline paispooliga filter. Kondensaatorid C_{30} , C_{36} , C_{31} , C_{37} , C_{32} ja C_{33} on kahekordsed elektrolüüt-kondensaatorid mahtuvusega $150+30 \mu\text{F}$ ja tööpingega 350 või 300 V.

Kuna kirjeldatud võimendi on mõeldud kvalifitseeritud raadioamatööridele, siis ei ole siinkohal antud tema konstruktiivseid andmeid, šassii eskiisi jne. Kõiki neid küsimusi võib amatöör ise lahendada vastavalt oma võimalustele, eesmärkidele ja maitsele.



Joon. 44. Võimendi väliskujunduse variant

Kui võimendit kavatsetakse kasutada iseseisva seadmena, siis tuleks ta kujundada eraldiseisva konstruktsioonina. Näitena on joonisel 44 toodud autori poolt kasutatud väliskujunduse variant. Teistel juhtudel võib võimendi kuuluda raadiokombaini või akustilise süsteemi koosseisu.

Võimendi ehitamisel tuleb pöörata erilist tähelepanu sisendahelate montaažile, et võimalikult vähendada võrgumüra. Samuti tuleb silmas pidada vajadust vältida võrgutrafost tingitud elektromagnetilisi häirepingeid, samuti väljundlampidest ja sobitustrafost tingitud elektrostaatilisi häirepingeid. Seda võib saavutada võimendi sõlmede ja lampide ratsionaalse paigutusega ning tarbe korral magnetiliste ja elektrostaatiliste varjete abil.

Võimendi väljareguleerimist alustatakse montaaži õigsuse kontrollimisega. Seejärel kontrollitakse ilma lampideta kõigi alaldite tööd ja küttepinge olemasolu kõigis lambipesades. Pärast seda asetatakse madalate helisageduste kanali lõppastme lambid pesadesse ja häälestatakse lõppaste. Selleks lülitatakse järjestikku mõlema lambi anoodringidesse milliampermeetrid mõõtepiirkonnaga $100 \dots 200 \text{ mA}$, ühendatakse lahti trafo Tr_2 primaarmähise otsad ning ühendatakse

primaarmähise ühe sektsiooniga helisagedusgeneraatori kõrgeoomiline väljund. Valjuhääldajad ühendatakse sobitustrafo Tr_3 mistahes sümmeetrilistele väljavõtetele. Paralleelselt ühe madalsagedusvaljuhääldajaga (Vh_1 või Vh_2) lülitatakse ostsillograaf ja lampvoltmeeter. Potentsiomeetrid R_{54} ja R_{55} seatakse asendisse, mille puhul väljundlampide tüürvõredel puudub signaal.

Pärast võimendi sisselülitamist kontrollitakse milliampermeetrite näite: kummagi lambi 6П31С normaalne anoodvool peab signaalita olukorras olema 70...75 mA. Kui vool erineb sellest väärtusest, tuleb muuta takistite R_{61} ja R_{62} takistusi. Erilist tähelepanu tuleb pöörata mõlema lambi signaalita olukorra voolude võrdsusele.

Seejärel kontrollitakse nende lampide varivõrevoole signaalita olukorras. Selleks tuleb milliampermeetrid lülitada järjestikku varivõre-ringidesse — lambipesade ja takistite R_{60} ja R_{63} vahele. Normaalne vool peab olema piirides 6...8 mA. Kui vool erineb sellest väärtusest, tuleb muuta takistite R_{56} ja R_{57} takistusi. Pärast seda peab uuesti kontrollima ja vajaduse korral reguleerima lampide anoodvoole ning siis jälle kontrollima varivõrevoole. On võimalik, et sellist reguleerimist tuleb korrata 4...5 korda, kuni lampide anoodvoolud ja varivõrevoolud jäävad ülalmainitud piiridesse ja on võrdsed mõlemal lambil.

Pärast seda asutakse astme dünaamilisele reguleerimisele, jättes milliampermeetrid lampide anoodringidesse. Selleks juhitakse lülitusse helisagedusgeneraatorist sellise suurusega pinge sagedusega 1000 Hz, et trafo Tr_2 sekundaarmähise äärmistel väljavõtetele oleks šassii suhtes pinge 75...100 V. Siis hakatakse keerama potentsiomeetrit R_{54} , jälgides üheaegselt väljundpinge kõvera kuju ostsillograafi ekraanil. Siinusjoone moonutuste tekkimisel vähendatakse potentsiomeetrit R_{54} võetavat signaali, keerates teda vastassuunas kuni moonutuste täieliku kadumiseni. Pärast seda korratakse sama potentsiomeetriga R_{55} . Kui mõlemad potentsiomeetrid on asendites, mis vastavad maksimaalsele moonutusteta signaalile, mõõdetakse vahelduvpinge valjuhääldajatel, märgitakse üles, millistele sekundaarmähise väljavõtetele vastab see pinge ja pärast seda (eelnevalt võimendit välja lülitades) lülitatakse valjuhääldajad teisele väljund-autotrafo väljavõtete paarile.

Sellisel viisil määratakse maksimaalne moonutusteta väljundpinge kõigil väljavõtetele ja valitakse nende hulgast väljavõtted, mille puhul moonutusteta pinge on maksimaalne. Valjuhääldajad lülitatakse valitud väljavõtetele ja edaspidise häälestamise käigus ei muudeta enam leitud optimaalset ülekandetegurit.

Reguleerimise järgmiseks etapiks on minimaalse mittelineaarMoonutuse saavutamine. Selleks lülitatakse paralleelselt ostsillograafiga ja lampvoltmeetriga mittelineaarMoonutuse mõõteseade ning pärast

tema kalibreerimist sagedusel 1000 Hz hakatakse keerama potentsiomeetrit R_{54} pinge suurendamise suunas lõplambil. Kui sealjuures mittelineaarmoonutus väheneb, keeratakse potentsiomeetrit edasi kuni moonutuse miinimumi saavutamiseni. Kui aga potentsiomeetri keermisel moonutused suurenevad, tuleb jätta potentsiomeeter R_{54} esialgsesse asendisse ja hakata keerama potentsiomeetrit R_{55} kuni minimaalsete moonutuste saavutamiseni. Kui minimaalsed moonutused on saavutatud, siis balansseeritakse veelkordselt hoolikalt mõõteseade ja mõõdetakse mittelineaarmoonutustegurit. Kui see ületab 1%, tuleb mõlemad potentsiomeetrid keerata $5 \dots 10^\circ$ võrra tagasi signaali vähendamise suunas ja uuesti reguleerida neid moonutuste miinimumi järgi eelkirjeldatud viisil. Sellist reguleerimist jätkatakse kuni mittelineaarmoonutustegur väheneb 1%-ni. Tuleb märkida, et sellise resultaatini võib jõuda ainult juhul, kui helisagedusgeneraatori väljundsignaali mittelineaarmoonutustegur on alla 1%. Vastasel korral on moonutus võimendi väljundil sellest väärtusest suurem igasuguse väljundvõimsuse korral. Seepärast tuleb enne võimendi reguleerimist kontrollida helisagedusgeneraatori mittelineaarmoonutustegurit.

Kui mittelineaarmoonutus võimendi väljundis on viidud 1%-ni, tuleb kontrollida väljundvõimsust. Summaarne võimsus võimendi väljundis peab olema vähemalt 20 W. Selle võimsuse korral ei tohi kummagi lambi anoodvool ületada 80 mA ja varivõrevool 10 mA. Suuremate voolude korral tuleb uuesti muuta automaatse eelpinge takistite ja varivõreahelate takistite takistusi. Kui on saavutatud ülalmainitud väärtused, võib lõppvõimendi reguleerimise lugeda lõpetatuks. Vastasel korral tuleb selgitada astme mitterahuldava töö põhjus. Kõige sagedamini on selleks lampide katoodide mittesümmeetriline ühendamine väljundtrafo mähisega või mitteküllaldane keerdude arv mähise osas, mis on lülitatud lampide katoodidele. On võimalikud ka montaaživead või lampide halb kvaliteet.

Tuleb kontrollida ka lõppastme võrgumüra taset. Selleks lahutatakse helisagedusgeneraator trafo Tr_2 primaarmähisest ja mõõdetakse võrgumüra pinget valjuhääldajatel, mis peab olema 2000...3000 korda väiksem nimiväljundpingest. Kui võrgumüra on palju suurem, tuleks proovida ühe lõppastme alaldi anoodmähise otste ümbervahetamist.

Pärast lõppastme reguleerimist asetatakse ka teised võimendi lambid pesadesse ja reguleeritakse välja ülejäänud osa võimendist. Kuna see etapp ei erine tavaliste võimendite häälestamisest, siis sellel siinkohal ei peatuta. Tuleb ainult silmas pidada, et kõrgete helisageduste kanali häälestamisel reguleeritakse potentsiomeetri R_{13} abil selline pinge tema väljundile, et olukorras, kus madalate sageduste kanali võimsus sagedusel 1000 Hz on 15 W maksimaalse ribalaiuse korral,

Trafo Tr_2 valmistatakse leheküljel 15 toodud kirjelduse alusel, kuid tema sekundaarmähisteks on kaks mähist, kummaski 600 keerdu traadist ПЭЛ 0,15...0,2 mm. Kummalegi sekundaarmähisele on soovitatav teha 3...4 väljavõtet.

Väljund-autotrafo Tr_3 mähitakse 8...10-cm² ristlõikega südamikule. Mõlema mähisepoole sektsioonides a , b , c ja d on igaüks 30 keerdu traadist ПЭЛ 1,0, sektsioonis e — 400 keerdu traadist ПЭЛ 0,27...0,35 ja sektsioonides f , g ja h — igaüks 150 keerdu samasugusest traadist. Sektsioonide asetus poolialusel ja nende ühendamine on näidatud joonisel 45.

Toitetrafo konstruktsioon võib olla meelevaldne. Võib näiteks kasutada ükskõik millise televiisori toitetrafo südamikku, karkassi ja primaar-(võrgu-)mähist. Sekundaarmähised tuleb mähkida nii, et alaldid annaksid väljundpingeks 250...270 V.

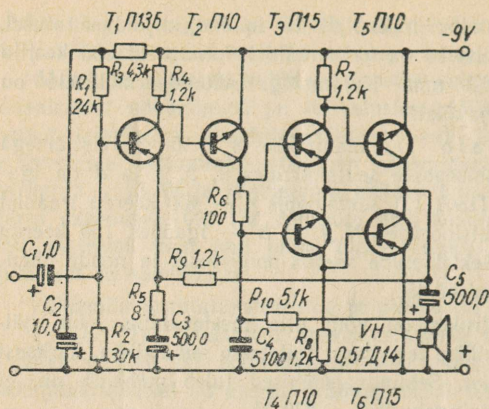
Filtri paispooliks võib olla mistahes televiisori standardne paispool, mis on arvestatud nimivoolule 100...200 mA. Äärmisel juhul võib teda mähkida mõne tööstusliku paispooli andmete alusel.

Otsesidestuses transistorvõimendi ¹

Otsesidestuses võimenditel on tavalises sidestuses võimendite eesolulisi eeliseid. Neil on vähem detaile ja lineaarsem sageduskarakteristik. Väga väikese kollektorivoolu tõttu on nende kasutegur kõrge. Ka on neil sisendtakistus suur ja omakahin väike. Otsesidestuses võimendeid on lihtne välja reguleerida, nad pole eriti tundlikud toitepinge muutuste suhtes ja mis eriti oluline — nende puhul on kerge saavutada kõrget temperatuuristabiilsust. Viimatinimetatud eelised saavutatakse tugeva negatiivse alalisvoolu-tagasisidestuse rakendamisega võimendi väljundilt esimesele astmele.

Otsesidestuses võimendi, mille skeem on joonisel 46, on spetsiaalselt välja töötatud kõrgekvaliteedilise kantava madalsagedusvõimendi jaoks. Tema väljundvõimsus on 300 mW sisendpingel 40 mV. Sageduskarakteristiku ebaühtlus sagedusalas 50...15 000 Hz on ± 1 dB. Mittelineaarmoonutus ei ületa 2%. Võimendi kasutegur on kõrge, lähenedes teoreetilisele piirile — 78%. Ökonoomsust iseloomustab kas või seegi, et jõudeseisundis (ilma signaalita) on tarbitav vool vaid 1,4 mA. Võrdluseks olgu märgitud, et samasuguse võimsusega, kuid tavalise trafo- või kondensaatorsidestuse korral on jõudevool 7...8 mA. Sisendtakistus on suur (12 k Ω), väljundtakistus aga ainult 3 Ω .

¹ Tõlgitud ajakirjast «Радио», № 3, 1965. — *Toim.*



Joon. 46. Otsesidestuses transistorvõimendi skeem

Võimendi lülituses on mitu tagasisidestusahelat. Põhiline neist on 100%-line negatiivne alalisvoolu-tagasisidestus läbi takisti R_9 . Mitteleaarmoonutuse vähendamiseks rakendatakse negatiivset vahelduvvoolu-tagasisidestust tugevusega 12 dB. Selle tagasisidestuse pinget antakse takistilt R_5 samuti transistori T_1 emitterile. Peale nende on võimendis veel positiivse tagasisidestuse ahel takisti R_{10} näol. See tagasisidestus ei saa tekitada genereerimist, sest viimase nelja transistori pingevõimendustegur on 1. Takisti R_{10} on ühtlasi teise astme koormustakistiks. See koormustakisti peaks tavalises lülituses olema ühendatud toiteallika «plussiga». Kuid siis jääks toitepinge madalaks ja see aste ei suudaks arendada väljundastme ($T_3 \dots T_6$) väljatüürimiseks vajalikku pinget. Takisti R_{10} sellise ühenduse korral, nagu on näidatud skeemil, liitub toitepingega veel võimendatud signaali vahelduvpinge. Seetõttu töötab transistor T_2 vahelduv-toitepingega, mis kõigub piirides $(0,5 \dots 1,5) U$, kus U on patarei pinge.

Nimetatud tagasisidestuse tõttu töötab võimendi stabiilselt ümbruskonna temperatuuri tõusmisel 60° -ni ja toitepinge muutumisel piirides $4 \dots 15$ V.

Kui võimendi on õigesti kokku monteeritud ja transistorid $T_3 \dots T_6$ on lähedaste võimendusteguritega, hakkab ta kohe tööle ega vaja mingit reguleerimist. Soovitav on ainult kontrollida lõppastme õlgade sümmeetriat ja transistoride eelpinget. Tarbe korral saab seda muuta takistite R_6 ja R_8 abil. Vahelduvvoolu-tagasisidestus määratakse kindlaks takisti R_5 takistusega. Kui kondensaatori C_4 lühistamisest parasitvõnkumisi ei teki, võib selle ära jätta.

Trafodeta transistorvõimendi

Transistorvõimendi, mille põhimõtteskeem on toodud joonisel 47, on ette nähtud kantavale raadiogrammofonile.

Lõppastme ja faasipööraja režiimide õige valiku korral on võimendilt saadav väljundvõimsus ligikaudu 4 W, kusjuures mittelineaar-moonutus on 3...4% ja sagedusriba 60...10 000 Hz.

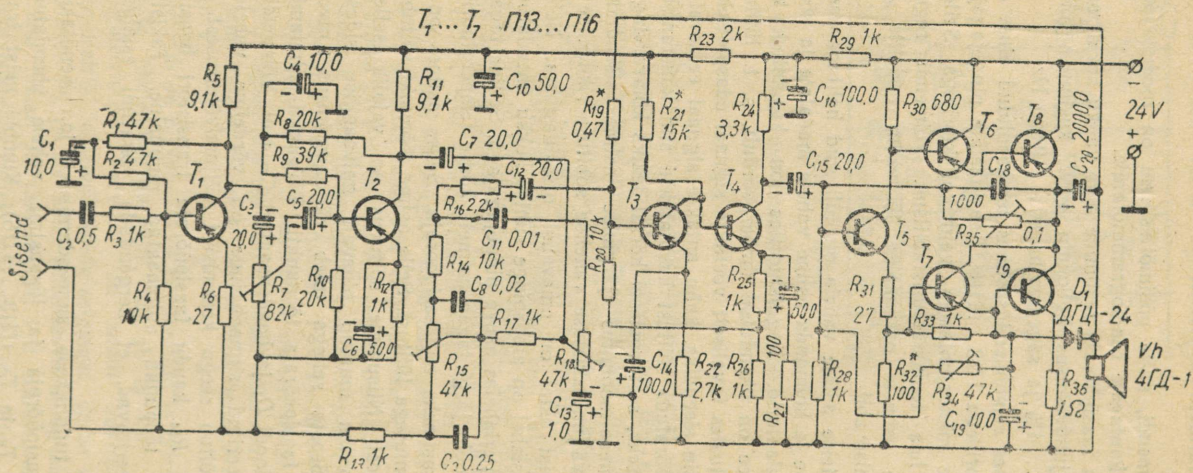
Kahe esimeses eelvõimendusastmes on kasutatud ühise emitteriga lülitust transistoridega П13...П16. Baasiahelate pingejagajad ei ole ühendatud ühise miinusjuhtmega, vaid kollektoritega. Sellega tagatakse astmete hea temperatuuristabiilsus. Võimendi reguleerimisel valitakse nende astmete optimaalne töörežiim takistite R_2 ja R_3 takistuse muutmise abil.

Esimese ja teise astme vahele on lülitatud helitugevuse regulaator R_7 ning teise ja kolmanda astme vahele madalate ja kõrgete helisageduste regulaatorid. Regulaatorites on kasutatud klassikalist lülitust, kuid see on ühendatud ümberpöörduvalt, s. t. lülituse punkt, millest lamplülitustes tavaliselt võetakse signaal edaspidiseks võimendamiseks, on siin sisendiks, kuhu antakse signaal eelnevatest astmetest. Sellist «pööratud» lülitust kasutatakse siin konstantse väljundtakistuse saamiseks, sest vastasel korral tekiks kõlavärvingu reguleerimisel mittelineaar-moonutus järgmise astme sisendtakistuse ja eelneva astme väljundtakistuse vahelise sobituse riknemise tõttu.

Kaks järgmist astet on omavahel otsesidestuses. Neist esimese astme (T_3) baasiahel on alafispinge suhtes kokku ühendatud järgmise astme (T_4) emitteriahelas asuva pingejagajaga. Selline tagasisidestuse süsteem alalisvoolu järgi tagab astmete kõrge temperatuuristabiilsuse.

Järginiseks astmeks on faasipööraja. Selles astmes on kasutatud poolitatud koormusega lülitust. Selle astme tööpunkt sõltub lõppastme väljundvõimsusest. Niisugune sõltuvus on vajalik sellepärast, et faasipööraja režiim muutub pidevalt galvaanilise sidestuse tõttu lõppastmega. Seoses sellega tuleb väljundvõimsuse nivoole vastavalt nihutada faasipööraja tööpunkti. Tööpunkti nihutamine toimub automaatselt diodi D_1 ja kondensaatori C_{19} abil. Võimendi väljundilt saabuv detekteeritud signaalipinge on võrdeline vahelduvpingega väljundil ja sõltub seega keskmisest väljundvõimsusest. See pinge antakse takisti R_{34} kaudu faasipööraja transistori baasile, millega saavutataksegi tööpunkti automaatne muutmine. Takistid R_{34} ja R_{35} on reguleeritavad, et kergendada võimendi esialgset häälestamist.

Lõppastme tundlikkuse suurendamiseks ja sisendtakistuse tõstmiseks on faasipööraja ja lõppastme vahele ühendatud vaheaste transistoridega T_6 ja T_7 (П13...П16). Kumbki neist transistoridest



Joon. 47. Trafodeta transistorvõimendi põhimõtteskeem

moodustab koos vastava väljundtransistoriga väga suure sisendtakistusega liittransistori.

Vastastakt-lõppastmes kasutatakse transistore П601 (T_8 ja T_9) järjestikülituses. Nimetatud transistoride asemel võib kasutada ka transistore П201... П203.

Lõppastme madala väljundtakistuse tõttu saab koormuse ühendada võimendiga ilma sobitus-(väljund-)trafota. Valjuhääldajale antakse signaal kondensaatori C_{20} kaudu, mille mahtuvus peaks olema võimalikult suur. Kui selle kondensaatori mahtuvus on 2000 μF , siis kantakse rahuldavalt üle sagedused alates 40 Hz, kui koormuse takistus on 4,5 öomi (näiteks valjuhääldaja 4ГД-1 korral).

Väljundastme transistorid tuleb kinnitada alumiiniumist või punasest vasest radiaatoritele, mille jahutuspinde on vähemalt 100 cm^2 . Radiaatorid tuleb isoleerida üksteisest, samuti šassiist. Võimendi üldine konstruktsioon võib olla ükskõik milline.

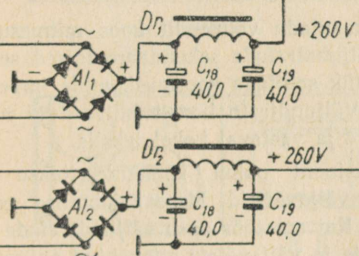
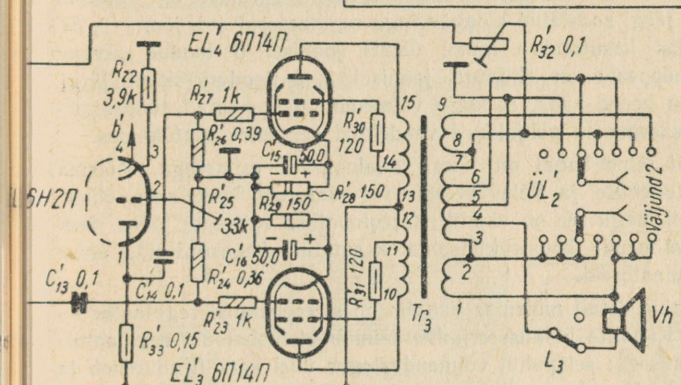
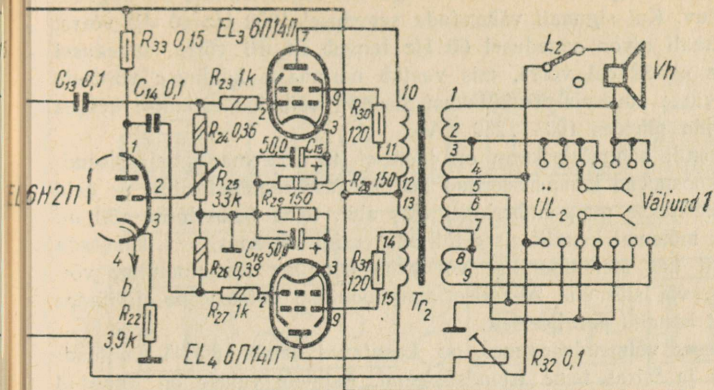
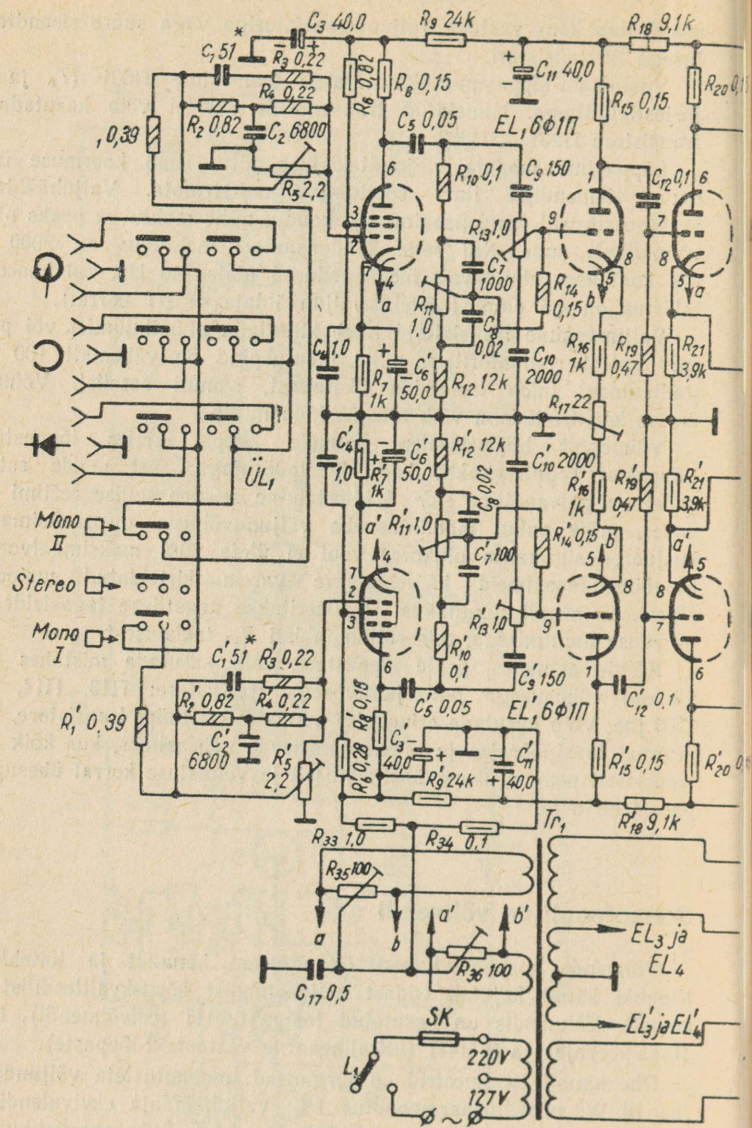
Võimendit häälestatakse astmete kaupa, alates lõppastmest. Lõppastet reguleeritakse koos faasipöörajaga, sest nende astmete vahel on galvaaniline side. Häälestamine seisneb sellise režiimi leidmises, mille puhul moonutusvaba väljundvõimsus on maksimaalne, kusjuures signaalita olukorra vool ei ületa 20% maksimaalvoolust. Eelvõimendusastmeid häälestatakse varem kirjeldatud meetodika alusel. Võimendi tundlikkust reguleeritakse negatiivse tagasisidestuse tugevuse muutmisega, mis sõltub takisti R_{19} takistusest.

Kõigis astmetes, peale lõppastme, võib kasutada mistahes tüüpi väikese võimsusega *p-n-p*-juhtivusega transistore: П13, П14, П15, П16 jne. Võib kasutada erinevates astmetes eri tüüpi transistore, välja arvatud faasipöörajas ja sellele järgnevas vaheastmes, kus kõik kolm transistori peavad olema ühetüübilised ja võimaluse korral ühesuguste parameetritega.

Stereofooniline võimendi

Võimendi koosneb kahest ühesugusest kanalist ja toiteblokist. Kumbki kanal kujutab endast neljaastmelist kõrgekvaliteedilist võimendit. Võimendis on kasutatud lampe 6Ф1П (eelvõimendi), 6H2П (faasipööraja) ja 6П14П (ultralineaarne vastastakt-lõppaste).

Ühe kanali parameetrid on järgmised: moonutusteta väljundvõimsus 10 W; mittelineaarmoonutus 1%; valjuhääldaja ekvivalendi abil mõõdetud läbilaskeriba 20...30 000 Hz; sageduskarakteristiku ebaühtlus kõlavärvingu regulaatorite keskasendite puhul ülaltoodud sagedusribas 2 dB; võrgumüra ja omakahina tase, -60 dB; kõlavärvingu reguleerimine eraldi madalatel ja kõrgetel sagedustel,



Joon. 48. Stereofoonilise võimendi põhimõtteskeem

reguleerimise sügavus 15 dB. Helitugevuse reguleerimine on sagedusest sõltuv. Kui signaali vähendada sagedusel 1000 Hz 40 dB võrra, siis signaali tase sagedusel 60 Hz langeb 24 dB võrra, sagedusel 8000 Hz — 32 dB võrra, mis vastab normaalse kuulmise võrdsete helitugevuste kõverale. Tundlikkust sisendil võib häälestamise käigus reguleerida piirides 100...250 mV.

Võimendi põhimõtteskeem on joonisel 48. Mõlema kanali sisendahelad koosnevad kompenseeritud helitugevuse regulaatoritest ja neid kommuteeritakse nupp-ümlüliti UL_1 abil. Selle ümlüliti abil on võimalik mõlemat kanalit sisse lülitada eraldi või koos, s. t. kasutada võimendit kas stereofoonilise või kahe kanaliga monofoonilise võimendina, või siis ühe 20-vatise monofoonilise võimendina, lülitades mõlemad kanalid paralleelselt.

Esimeses võimendusastmes on kasutatud lampi $6\Phi 1\Pi$ pentoodisüsteemi ja teises tema trioodsüsteemi. Astmete vahele on lülitatud tüüpskeemi järgi koostatud kõlavärvingu regulaatorid (vt. joon. 19, b). Faasipöörajas kasutatakse lampi $6H2\Pi$ joonisel 6 toodud skeemi kohaselt. Lõppaste on ehitatud joonisel 3, b toodud skeemi järgi.

Seega on kerge näha, et kogu võimendi on koostatud tüüpistmetest, mille skeeme on põhjalikult vaadeldud eelmistes peatükkides.

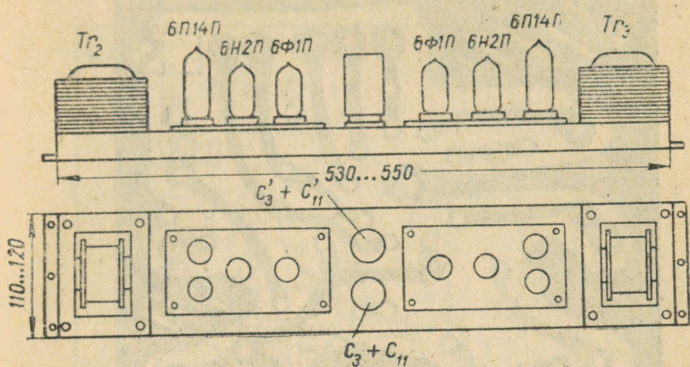
Võimendi teine kanal on täiesti analoogiline esimesega. Mõlema kanali helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatoreid keeratakse ühiste nuppude abil, nagu see on vajalik stereofoonilise võimendi tööks. Seetõttu on võimendi konstruktsioonis kasutatud kahekordseid, ühise võlliga regulaatoreid.

Ainus ühine detail mõlemas kanalis on stereobalansi regulaator — takisti R_{17} . Kanalite balansseerimine toimub stereobalansi regulaatori nupu keeramisega; sel puhul võimendustegur ühel kanalil suureneb ja teisel kanalil väheneb.

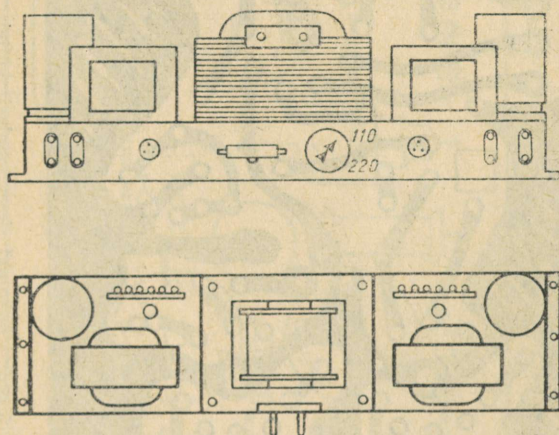
Selleks et oleks võimalik kasutada võimendit koos mitmesuguste akustiliste süsteemidega, on väljundtrafode sekundaarmähised sektsioneeritud. Võimendiga on võimalik sobitada koormusi, mille impedants on piirides 1,5 kuni 12 oomi. Väljundtrafo konstruktiivsed ja mähkimisandmed on toodud joonisel 4 ja vastaval kohal tekstis.

Võimendi antud konstruktsiooni puhul kommuteeritakse kõiki väljundtrafo sekundaarmähise väljavõtteid 11-positsioonilise universaalse ümlüliti ($\Pi УМ$) abil. Kui anatöör peab väljundtrafode mähkimisel täpselt kinni sektsioonide ja väljavõtete ettenähtud paigutusest ja monteerib ümlüliti vastavalt põhimõtteskeemil antud numeratsioonile, siis võimendite väljundtakistused ümlüliti nupu ühest äärmisest asendist teise keeramisel suurenevad järjest.

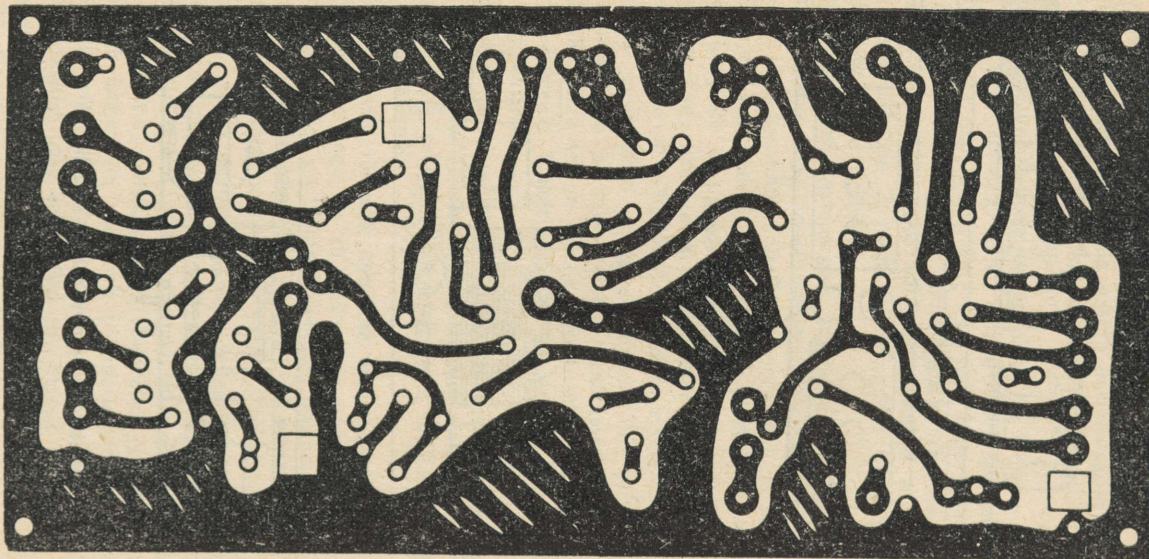
Võimendit toidetakse kahest ühesugusest alaldist, kus on kasutatud dioode $D7$ sildlülituses. Võib kasutada ainult üht alaldit, kuid sel juhul



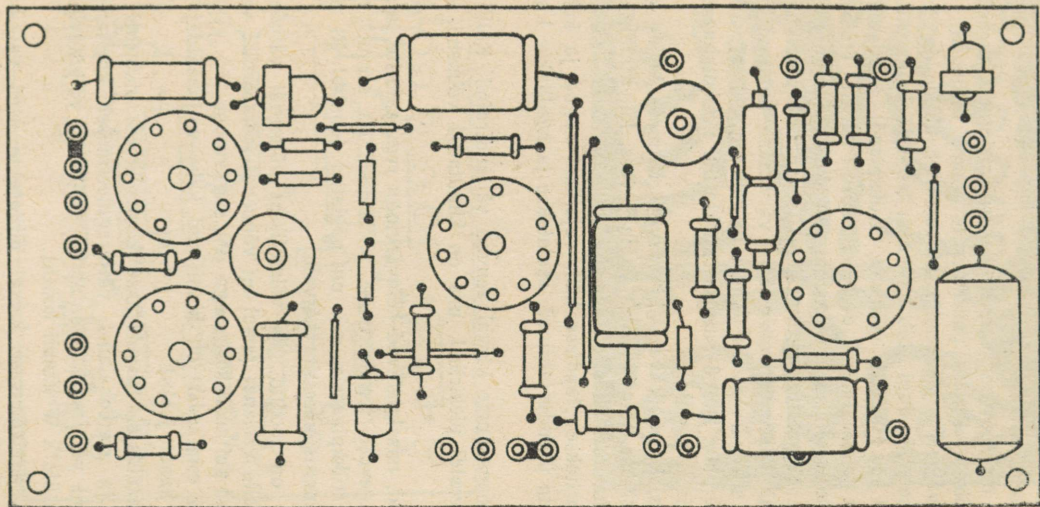
Joon. 49. Detailide paigutus võimendi šassiil



Joon. 50. Detailide paigutus alaldi šassiil



Joon. 51. Võimendi trükkplaat skeemipoolselt küljelt



Joon. 52. Võimendi trükkplaat detailidepoolselt küljelt

on raske vältida ühe kanali mõju teisele suure võimsuse (suurte anoodvoolu amplituudide) korral.

Võimendit võib kujundada lauale asetatava konstruktsioonina. Näitlik detailide paigutus võimendi šassiil on toodud joonisel 49 ja alaldi šassiil joonisel 50.

Võimendid on soovitatav valmistada trükkmontaaži menetlusel, et saavutada mõlema kanali parameetrite suurt identsust, sest sel puhul on kõrvaldatud montaažiimahtuvuste ebaühtlus ja juhuslikud parasiitsidestused. Muidugi võib montaaži teostada ka tavalisel viisil.

Joonisel 51 on toodud võimendi trükkplaadi joonis montaažipoolselt küljelt ja joonisel 52 detailidepoolselt küljelt. Trükitud montaažiplaatide valmistamise tehnoloogia on ka kodustes tingimustes küllaltki lihtne. Folgeeritud getinaksi tükile kantakse vasetatud poolele kopeerpaberi abil skeemi joonis. Siis värvitakse montaažijuhtmetele vastavad alad nitrovärviga üle joonise 51 kohaselt. Pärast värvi kuivamist asetatakse plaat 2...3 tunniks raudkloriidi $FeCl_3$ lahusesse, mida tuleb perioodiliselt segada.

Pärast seda, kui kõik vasekihi värviga katmata kohad on välja söövitatud, pestakse plaati puhtas kuumas vees, kuivatatakse ja pestakse värv maha nitrolahustiga või atsetooniga.

Lõpuks puuritakse plaadisse kõik vajalikud augud ja kohtadesse, kuhu tuleb joota ühendusjuhtmed, asetatakse ja needitakse kinni toruneedid.

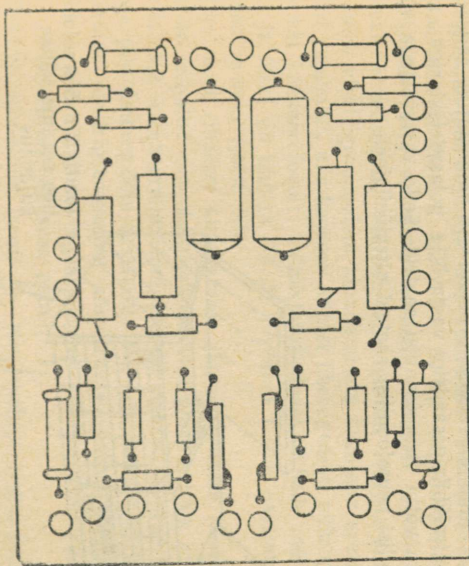
Võimendi lõppastmete kõrval asuvad väljundtrafod. Kõik regulaatorid asuvad eraldi plekiribal, mis on kinnitatud võimendi esiplaadi külge.

Kõik detailid, mis kuuluvad kõlavärvingu regulaatorite ja kompenseeritud helitugevuse reguleerimise ahelatesse, on samuti monteeritud väikesele trükkplaadile, mis on näidatud joonisel 53 ning mis kinnitatakse potentsiomeetrite kõrvale.

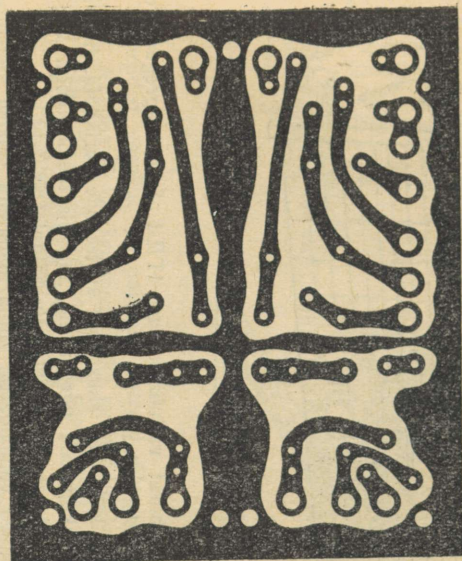
Joonisel 54 on toodud üks võimalikest võimendi väliskujunduse variantidest. Selle variandi puhul on võimendi monteeritud väikesesse vineeriga kaetud puitkasti kõrgusega 190, sügavusega 250 ja pikkusega 560 mm. Kasti esiplaadile on kinnitatud kaks valjuhääldajat 2ГД-3 (üks kummagi kanali jaoks).

Neid valjuhääldajaid kasutatakse kontrollimise otstarbel kanalite häälestamisel ja stereobalansi väljareguleerimisel kuulmise järgi, samuti siis, kui võimendit kasutatakse väikese väljundvõimsusega režiimis (mitte üle 2 W kanali kohta).

Suurema väljundvõimsuse korral lülitatakse need valjuhääldajad välja ja võimendi koormusena kasutatakse kaht ühesugust eraldiseisvat akustilist süsteemi nimivõimsusega kumbki 10 W. Selliste süsteemidena võib soovitada agregate, mis koosnevad kahest valjuhääld-



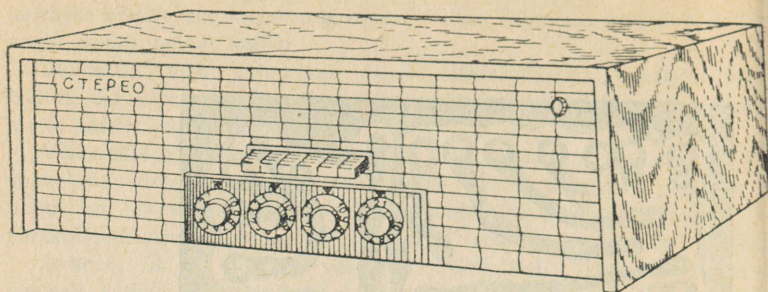
a



b

Joon. 53. Kõlavärvingu ja kompenseeritud regulaatorite trükkplaat:

a — detailidepoolselt küljelt; *b* — skeemipoolselt küljelt



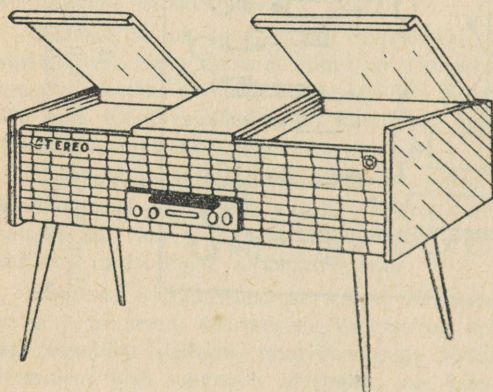
Joon. 54. Võimendi väliskujundus

dajast 4ГД-1 ja kahest valjuhääldajast 1ГД-1. Sellist agregaatit on eespool põhjalikult kirjeldatud.

On võimalikud ka teised akustiliste süsteemide variandid, näiteks vertikaalsed sambakujulised agregaadid, mis sisaldavad kolm valjuhääldajat 4ГД-1 või kaks elliptilist valjuhääldajat 5ГД-14.

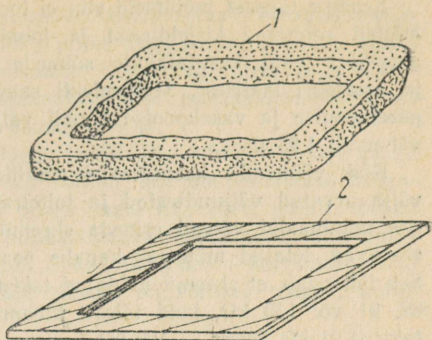
Kui toa mõõtmed võimaldavad sinna mahutada väikest stereofoonilist konsoolseadet, siis võib amatöörile soovitada joonisel 55 näidatud konstruktsiooni.

Võimendi on sel juhul paigutatud kasti keskossa. Tema šassiile on monteeritud lihtne tööstuslikest detailidest valmistatud sagedusmoduleeritud ultralühilainesaadete vastuvõtja polaardetektoriga, mis võimaldab vastu võtta stereofoonilisi saateid. Selle vastuvõtjaga võib kuulata ka tavalisi monofoonilisi saateid ultralühilainel.



Joon. 55. Stereofoonilise seadme väliskujundus

Joon. 56. Summuti detailid:
 1 — mikropoorsest kummist või
 käsnporoloonist riba; 2 — alu-
 miiniumraam



Võimendist vasakul ja paremal asuvad ühesugused akustilised kambrid. Kummiski kambris asub kaks valjuhääldejat 4ГД-1 ja kaks valjuhääldejat ВГ-Д. Kui viimaseid ei ole võimalik saada, siis võib kasutada valjuhääldejaid 1ГД-18 (1ГД-9).

Kasti ülasaosas, ülestõstetavate kaante all, on stereofooniline elektrigrammofon ja heliplaatide hoidmise lahter. Autori poolt valmistatud konstruktsioonis on sellesse lahtrisse paigutatud stereofooniline magnetofon.

Sellise konstruktsiooni puhul tuleb kasutada erikonstruktsiooni elektrigrammofoni süsteemi eriti «pehmeks» kinnitamiseks, sest suure väljundvõimsuse korral, kui 30...60-Hz sageduspiirkonnas esineb tõus, kaldub süsteem regenereerimisele akustilise tagasisidestuse tõttu.

Peale standardsete vedrude, mis asuvad elektrigrammofoni plaadil, tuleb elektrigrammofoni kinnitamiseks kasutada spetsiaalset kaheosalist summutit, mis koosneb kahest ühesugusest, mikropoorsest kummist või käsnporoloonist valmistatud ribast. Ribade mõlemale küljele (alla ja üles) on liimiga АК-20 kleebitud 1 mm paksusest duralumiiniumist raamid (joon. 56).

Üks neist ribadest kinnitatakse jäigalt seadme kasti külge, mille sisse on lõigatud ava elektrigrammofoni plaadi jaoks, teise riba külge kinnitatakse elektrigrammofoni plaadil asuvad vedrud. Mõlema riba vahele piki ümbermõõtu asetatakse 10...16 pehmet lühikest vedru.

Selline elektrigrammofoni kinnitamise süsteem on küll keerukas, kuid võimaldab vältida tagasisidestust seadme kasti ja helipea vahel isegi 15-W väljundvõimsuse puhul.

Seadme akustiline ruum on vineervaheseintega jaotatud kaheks akustiliseks kambriks (vasakuks ja paremaks), mis ei ole omavahel ühendatud. Kummagi kanali valjuhääldejate kõlalaud on kokku liimitud kuusepuu liistudest, nagu varem kirjeldatud.

Seadme täpseid mõõtmeid siin ei tooda, sest üldise paigutuse põhimõtted selguvad kirjeldusest ja joonistest, mõõtmed sõltuvad aga amatööri poolt kasutatavate sõlmede gabariitidest, toa mõõtmetest ja amatööri maitsest. Stereoeffekti saavutamiseks on aga vajalik, et parempoolse ja vasakpoolse kanali valjuhääldajate vahekaugus oleks vähemalt 1,25 m.

Kõik võimendis kasutatavad detailid on tööstuslikult toodetavad välja arvatud väljundtrafod ja toitetraford. Takistite ja kondensaatorite nominaalid võivad erineda skeemil näidatuist kuni $\pm 20\%$, kuid vastavad detailid mõlemas kanalis peavad tingimata olema võrdsed. See tähendab, et skeemil näidatud takisti takistus 100 k Ω võib olla ka 82, 91 või 110 k Ω , kuid täiesti lubamatu on kasutada ühes kanalis takistit 91 k Ω , teises — 100 k Ω .

Alaldi filtris kasutatakse kahekordseid elektrolüüt-kondensaatoreid $2 \times 40 \mu\text{F}$ nimipingega 300 V, kuid võib kasutada ka teistsuguseid kondensaatoreid.

Väljundtrafode andmed on toodud leheküljel 15. Toitetrafo südamik valmistatakse trafoplekkidest III-40, südamik paksus on 50 mm. Võrgumähisel on 304 keerdu traadist ПЭВ 0,74 ja 222 keerdu traadist ПЭВ 0,51. Kummalgi anooditoitemähisel on 710 keerdu traadist ПЭВ 0,23...0,27. Kummagi kanali eelvõimendusastmete lampide küttemähisel on 16 keerdu traadist ПЭВ 0,44 ja lõpplampide küttemähisel 16 keerdu traadist ПЭВ 1,0.

Aladites võib kasutada standardseid sildlülituses seleenventiile ABC-80-260 või koostada sildlülitused germaaniumdiodidest (näit. Д7Ж).

Ümberlülitina UL_1 on kasutatud nuppümberlülitit televiisorist «Temp-6», samuti võib kasutada mingit teist ümberlülitit.

Tingimata tuleb ette näha indikaatorlamp seadme sisselülitatud olukorra signaliseerimiseks, sest võimendi väga madala võrgumüra tõttu võib jääda märkamatuks, et võimendi on sisse lülitatud.

Kuna mõlemad kanalid on täiesti ekvivalentsed, siis on alljärgnevalt kirjeldatud ainult ühe kanali väljareguleerimist.

Kõigepealt tuleb trükkplaadil asuv faasipööraja tasakaalustamise potentsiomeeter (R_{25}) keerata seisu, kus ta liugkontakt on maandatud, ja negatiivse tagasisidestuse potentsiomeeter R_{32} maksimaalse takistusega seisu.

Pärast alaldi korrasoleku kontrollimist lülitatakse kanali väljundisse valjuhääldajad. Helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorid keeratakse keskseisu, lambi EL_3 (6П14П) tüürvõrele ühendatakse lamp-voltmeeter ja ostsillograaf ning lambi EL_2 (6H2П) vasakpoolse trioodi (skeemi järgi) võrele antakse helisagedusgeneraatorist 1000-Hz signaal. Signaali tugevus valitakse selline, et lambi EL_3 võrel tekiks

pinge 5 V. Sel puhul peab siinuskõver ostsillograafi ekraanil olema täiesti moonutusteta. Pärast seda, jättes regulaatorid endisse seisu, ühendatakse ostsillograaf ja voltmeeter lambi EL_4 võrele ja ettevaatlikult keerates faasipööraja tasakaalustamise potentsiomeetrit (R_{25}) viiakse pinge selle lambi võrel samuti 5 V-ni.

Siis kontrollitakse uuesti pinget lambi EL_3 võrel. Kui see pinge veidi muutus, näiteks vähenes 4,5 voldini, siis suurendatakse helisagedusgeneraatori signaali, kuni pinge lambi EL_3 võrel uuesti võrdub 5 voldiga, ning reguleeritakse tasakaalustuspotentsiomeetri abil pinge lambi EL_4 võrel uuesti 5 voldini. Seda operatsiooni korratakse mitu korda, kuni mõlema väljundlambi võrele on võrdsed pinged. Lubatav pingete erinevus on 0,05 V.

Häälestamise järgmiseks etapiks on minimaalse võrgumüra taseme väljareguleerimine. Selleks keeratakse helitugevuse ja kõlavärvingu regulaatorid maksimaalsele võimendusele vastavasse seisu, stereobalansi regulaator keskseisu, sisendklemmid lühistatakse ning paralleelselt valjuhääldajatega ühendatakse lampvoltmeeter.

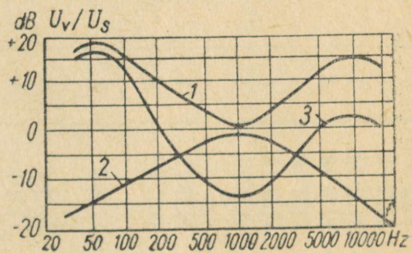
Lülitades voltmeetri ümber järjest tundlikumatele mõõtepiirkondadele, mõõdetakse võrgumüra pinget. Võrgumüra vähendamiseks keeratakse küttepinge tasakaalustamise potentsiomeetrit (R_{35}), kuni voltmeetri näit muutub minimaalseks. Kui miinimum esineb ühes potentsiomeetri äärmises seisus või kui jääkpinge ületab 5 mV, tuleb välja vahetada lamp 6Φ1П.

Pärast minimaalse mürapinge väljareguleerimist seatakse võimendi tundlikkus nominaalseks. Selleks antakse võimendi sisendklemmidele helisagedusgeneraatorist 150 millivoldi suurune pinge sagedusega 1000 Hz ning keeratakse tagasisidestuse potentsiomeetrit R_{32} , kuni pinge võimendi väljundil sisselülitatud valjuhääldajate puhul vastab nimiväljundvõimsusele. Kui agregaadis on kaks valjuhääldajat 4ГД-1 ja kaks valjuhääldajat 1ГД-9, siis on see pinge 4,2 V.

Kanali häälestamise viimaseks etapiks on võimendi sageduskaarakteristikute ülesvõtmine. Nejd tuleb üles võtta vähemalt kolm. Esi-

Joon. 57. Võimendi sageduskaarakteristikud:

1 — lai sagedusriba maksimaalse helitugevuse korral; 2 — kitsas sagedusriba maksimaalse helitugevuse korral; 3 — lai sagedusriba minimaalse helitugevuse korral



mene peab vastama laiale sagedusribale maksimaalse helitugevuse korral, teine kitsale sagedusribale samasuguse helitugevuse korral ja kolmas laiale sagedusribale minimaalse helitugevuse korral. Keskmised sageduskarakteristikud nende juhtude kohta on toodud joonisel 57.

Kui faktilised karakteristikud erinevad joonisel 57 toodutest, tuleb leida ja kõrvaldada vea põhjus või eksitus montaažil. Kõige sagedamad on vead helitugevuse kompensatsiooni ja kõlavärvingu ahelates. Sellega lõpeb ühe kanali esialgne häälestamine.

Lõpuks kontrollitakse stereobalansi regulaatori tööd. Regulaatori keeramisel ühest äärmisest seisust teise peab ühe kanali võimendus vähenema ja teise kanali võimendus suurenema 30...50% võrra. Regulaatori liugkontakti seis, mille puhul mõlema kanali võimendused on võrdsed, märgistatakse nullseisuna.

Raadiovastuvõtjates, radiolades, televiisorites ja muudes helitaasesitusaparaatides kasutatavate valjuhääldajate põhiandmed

Tüüp	Nimi- võim- sus	Sagedusala	Sagedus- karakte- ristiku ebaühtlus	Võnke- süsteemi reso- nantsi- sagedus	Kesk- mine helirõhk	Võnke- pooli- näiv- takistus	Gabariidid ²	Mass	Asendab valju- hääldajat
	VA			Hz					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ГД-5	1	150 ... 6000	15	120±20	0,20	6,5±0,7	Ø126×50	370	
1ГД-6	1	100 ... 6000	15	100±10	0,30	6,5±0,7	Ø126×63	600	
		140 ... 6000		140±10					
1ГД-9	1	100 ... 7000	14	95±15	0,25	6,5±0,7	156×98×56	250	
		200 ... 10000		150±30					
1ГД-10	1	120 ... 7000	15	120±20	0,25	6,5±1,0	156×98×48	370	1ГД-9
1ГД-11	1	100 ... 7000	15	100±10	0,28	6,5±1,0	Ø126×45	300	1ГД-5 ja 1ГД-6
		140 ... 7000		140±10					
1ГД-12	1	200 ... 10000	14	175±15	0,25	5,0±0,5	156×98×41	200	
1ГД-14	1	150 ... 10000	14	150±30	0,25	5,0±0,5	Ø125×45	180	
1ГД-18	1	100 ... 10000	15	100±15	0,23	6,5±0,7	156×98×48	160	1ГД-9
1ГД-19	1	100 ... 10000	15	100±15	0,20	6,5±1,0	156×98×44	200	1ГД-9
1ГД-20	1	150 ... 7000	15	150±30	0,30	6,5±1,0	156×98×60	240	1ГД-9
1ГД-28	1	100 ... 10000	15	95±15	0,20	6,5±0,7	156×98×41	200	
2ГД-3	2	70 ... 10000	14	80±15	0,25	4,5±0,5	Ø152×69	400	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2ГД-4	2	90...10000	14	100±10	0,23	5,0±0,5	Ø152×54	300	
		70...10000		80±15					
2ГД-7	2	90...10000	15	100±10	0,23	4,5±0,5	Ø152×62	230	2ГД-3
		70...10000		80±10					
2ГД-8	2	90...10000	15	100±10	0,23	4,5±0,5	264×94×58	280	
		80...8000		80±10					
2ГД-19	2	90...10000	15	100±10	0,20	4,5±0,5	Ø152×54	220	2ГД-3 ja
		70...10000		80±10					
2ГД-28	2	90...10000	15	100±10	0,20	4,5±0,5	Ø152×55	250	2ГД-3
		70...10000		80±10					
3ГД-2	3	90...10000	15	100±10	0,30	4,0±0,6	Ø202×100	1200	
		80...6000		80±10					
3ГД-7	3	90...10000	14	100±10	0,25	4,5±0,5	204×134×77	650	
		80...7000		90±10					
3ГД-9	3	90...10000	14	100±10	0,25	5,0±0,5	204×134×65	900	
		80...7000		80±10					
3ГД-16 ¹	3	90...10000	18	100±10	0,25	4,5±0,7	204×134×67	330	3ГД-7
		80...8000		80±10					
3ГД-28 ¹	3	90...10000	18	100±10	0,25	4,5±0,7	204×134×55	410	3ГД-7 ja
		80...8000		80±10					
4ГД-1	4	90...10000	14	100±10	0,25	4,5±0,5	Ø202×100	600	
		80...12000		80±10					
4ГД-2	4	90...10000	14	100±10	0,25	5,0±0,5	Ø202×80	900	
		80...12000		80±10					
4ГД-3	4	90...10000	14	100±10	0,25	4,5±0,5	Ø197×96	1200	
		70...7000		70±20					
4ГД-7	4	90...10000	15	100±10	0,25	4,5±0,5	Ø202×80	430	4ГД-1
		80...12000		80±10					
4ГД-28	4	90...10000	15	100±10	0,23	4,5±0,5	Ø202×71	535	4ГД-1
		80...12000		80±10					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5ГД-10	5	50 ... 12000	15	50±10	0,30	4,5±0,5	Ø252×126	1700	
5ГД-14	5	70 ... 12000	14	70±10	0,25	4,5±0,5	254×170×100	700	
		90 ... 12000		90±10					
5ГД-18	5	70 ... 12000	15	70±10	0,25	4,5±0,5	254×170×80	450	5ГД-14
		90 ... 12000		90±10					
5ГД-19	5	100 ... 10000	18	90±15	0,25	4,5±0,7	254×170×91	525	
5ГД-28	5	100 ... 10000	18	90±15	0,25	4,5±0,7	254×170×68	540	
10ГД-17	10	40 ... 8000	14	50±10	0,30	4,5±0,5	Ø295×140	1500	
10ГД-18	10	50 ... 8000	12	50±10	0,30	8,0±0,8	324×212×128	2000	
ВГД-1	3	800 ... 15000	15	270±30	0,25	5,0±0,5	Ø105×64	230	
3ГД-15 (ВГД-2)	3	1000 ... 18000	15	270±30	0,25	4,5±0,7	Ø105×64	230	ВГД-1
4А26	6	50 ... 8000	14	60±10		15±2,0	Ø258×135	2600	

¹ Autoraadiole.

² Kolme mõõtme korral on tegemist elliptilise valjuhääldajaga.

Kindlatele raadiovastuvõtjatele toodetavate valjuhääldajate põhiandmed

Valjuhääldaja tüüp	Nimivõimsus	Sagedusala	Võnkesüsteemi resonantsisagedus	Keskmine helirõhk	Võnkepooli näivtakistus	Gabariidid	Mass	Kasutatakse raadiovastuvõtjais
	VA	Hz	Hz	N/m ²	Ω	mm	g	
1ГД-1	1	150 ... 5000	140 ± 10	0,25	3,0 ± 10%	Ø150 × 75	700	AP3, «Moskvitš»
1ГД-1 PP3	1	4000 ... 13000	1200 ± 500	0,4	8,0 ± 10%	Ø105 × 63	260	«Festival», «Sakta» jt.
1ГД-1 ВЭФ	1	2000 ... 15000	190 ± 60	—	2,5 ± 10%	Ø90 × 57	200	«Latvija»
1ГД-2 ВЭФ	1	2000 ... 15000	190 ± 60	—	6,3 ± 10%	Ø90 × 57	200	„
2ГД-8 ВЭФ	2	80 ... 7000	90 ± 10	0,23	3,4 ± 10%	Ø152 × 75	500	„
3ГД-5 ВЭФ	3	100 ... 7000	120 ± 10	0,25	3,4 ± 10%	Ø202 × 90	1300	VEF «Akkord»
3ГД-6 ВЭФ	3	80 ... 7000	80 ± 10	0,25	3,4 ± 10%	Ø202 × 90	1300	Sama
4ГД-2 PP3	4	100 ... 12000	100 ± 20	0,3	10 ± 10%	Ø200 × 93	900	«Festival»
4ГД-3 PP3	4	130 ... 12000	130 ± 20	0,3	10 ± 10%	Ø200 × 93	900	„
5ГД-1 PP3	5	80 ... 10000	65 ± 10	0,4	4,0 ± 10%	260 × 180 × 108	750	«Sakta»
6ГД-1 PP3	6	60 ... 6500	48 ± 8	0,4	7,0 ± 10%	327 × 255 × 130	1300	«Festival»
6ГДР-1	6	60 ... 16000	65 ± 10	0,35	1,2 ± 10%	Ø222 × 96	500	«Estonia»

ISUKORD

essõna	3
Võimendite konstrueerimine	5
Tehnilised nõuded	5
Lahterskeemi koostamise alused	7
Võimendi konstruktiivne kujundus ja detailide paigutus	8
Tüüpilised konstrueerimisvead	10
Võimendusastmete tüüpskeemid	11
Ühetaktiline lõppaste	11
Vastastakt-lõppaste	13
Faasipööramisaste	18
Eelvõimendusaste	23
Mikrofoniasste	28
Võimendi omamüra	31
Võimendi sisendring ja helitugevuse reguleerimine	34
Kõlavärvingu reguleerimine	38
Akustilised süsteemid	42
Akustiliste süsteemide valiku põhimõtted	42
Materjalid akustiliste süsteemide ehitamiseks	44
Akustiliste süsteemide valmistamise iseärasused	45
Valjuhääldaja valimine, paigutamine ja faseerimine	46
Akustilised süsteemid võimsusega kuni 5 W	49
Akustilised süsteemid võimsusega 5...25 W	51
Akustilise agregaadid kontrollimine ja reguleerimine	57
Võimendi parameetrite nõuetele vastavaks muutmine	58
Mittelineaarsoonutuse vähendamine	59
Läbilaskeriba avardamine	60
Kõlavärvingu reguleerimise piirkonna avardamine	62
Võrgumüra ja omakahina vähendamine	63
Võimendi tundlikkuse suurendamine	64
Võimendiga juhiseid kombineeritud raadioseadmete konstrueerimiseks	65

Madalsagedusvõimendi konstrueerimise näide	68
Võimendi parameetrid ja lahterskeem	68
Põhimõtteskeemi koostamine	71
Võimendi akustiline süsteem ja konstruktiivne kujundus .	73
Madalsagedusvõimendite konstruktsioone isehitamiseks	74
Sildlülituses lõppastmega võimendi	74
Universaalne võimendi	79
Kahe kanaliga võimendi	85
Otssidestuses transistorvõimendi	95
Trafode transistorvõimendi	97
Stereofooniline võimendi	99
Lisa. Valjuhääldajate põhiandmeid	113

Тендин Геннадий Семенович. **ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ.** На эстонском языке. Оформление Т. Ару. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja L. Abo. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja I. Vahtre. Korrektorid A. Kalberg ja H. Kull

Laduda antud 15. VII 1966. Trükkida antud 31. I 1967. Paber 54×84, $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid 7,5. Tingtrükipoognaid 6,3. Arvestuspoognaid 7,16. Trükiarv 10 000. Tellimise nr. 5360. Hans Heidemanni nimeline trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. I

Trükipaber nr. 2 — Kohila Paberivabrik

Hind 29 kop.

3—4—5

29 kop.

A

28419

4733384

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00473338 4