

N. IGNATJEV

TELEVISION



2 - 41107

A-21359 II
N. K. IGNATJEV

TELEVISIOON

*Lubatud NSV Liidu Sideministeeriumi Õppe-
asutuste Peavalitsuse poolt kasutada õpikuna
sidetehnikumides*



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

Originaali tiitel:

Н. К. Игнатьев

Телевидение

Связьиздат. Москва, 1951

Tõlkinud A. Sillart

KIRJASTUSELT

Raamatus antakse ülevaade televisiooni füüsikalistest alustest ja mehaanilistest ning elektrontelevisioonisüsteemidest, kirjeldatakse elektronkiiretorusid, televisioonisignaaside saatmiseks ning vastuvõtmiseks rakendatavaid meetodeid, seadiseid ja lülitusi.

Eestikeelse väljaande kaks viimast peatükki on kirjutanud A. Sillart. Nendes peatükkides käsitletakse ultralühilainete levikut, televisiooni vastuvõtuantenne ja nende toiteline ning tuuakse ära mõnede televiisoritüüpide kirjeldused ja skeemid. Samuti on käesolevas väljaandes lisadena toodud televiisorites kasutatavate elektronlampide ja kineskoopide andmed.

2



EESSONA

Televisioon kui kaasaegse tehnika üks tähelepanuväärsemaid saavutusi on paljude teadlaste ja leiutajate pingerikka töö tulemus. Me võime õigustatult olla uhked selle üle, et suure panuse televisiooni loomisse on andnud ka meie kodumaa teadlased.

Nende teadlaste seas tuleb esmajärjekorras ära märkida A. G. Stoletovit, kes oma 1888. aastasse kuuluvate töödega fotoefekti alal pani aluse fotoelektriliste seadmete arengule, mille kasutamisel põhineb igasugune televisioonisüsteem. Meie kaasmaalase A. S. Popovi poolt tehtud geniaalne avastus pani aluse raadio-tehnika loomisele, mille tehnilisi vahendeid ära kasutades sai hakata arenema televisioon. Teadlane B. L. Rosing oma töödega ajavahemikul 1907.—1911. a. pani aluse elektrontelevisioonile.

Televisiooni edaspidine areng on pidevalt seotud nõukogude teadlaste nimedega. Televisiooni saate- ja vastuvõtutorude loomisel etendasid suurt osa S. I. Katajevi tööd. Elektronkordistaja loomine L. A. Kubetski poolt, samuti P. V. Smakovi ja P. V. Timofjevi poolt tehtud rida väärtuslikke ettepanekuid võimaldasid tunduvalt tõsta televisiooni saatesüsteemide tundlikkust. Rea originaalseid ideid, mis on televisiooni arengus etendanud küllalt suurt osa, on andnud selle tehnika täiustamiseks A. A. Tšernõšov, G. V. Braude, N. V. Kuznetsov ja teised nõukogude eriteadlased.

Partei ja valitsus on püstitanud suured ülesanded televisiooni-tehnika edaspidiseks arendamiseks. Nii näiteks ehitatakse linnadesse uusi televisioonikeskusi ja luuakse spetsiaalsed ühenduskanalid programmide vahetamiseks Moskva, Leningradi, liiduvabariikide pealinnade ja meie maa teiste suurte linnade vahel. Samuti asutakse juurutama värvilist televisiooni.

Meil on olemas kõik eeldused selleks, et televisioon muutuks meie maal juba lähematel aastatel üldkasutatavaks. Tööstus toodab massiliselt kõigile kättesaadavaid televisioonivastuvõtjaid. On tekkinud massiline televisioonialane amatöörism. Amatöörid ei piirdu enam televisioonivastuvõtjate ehitamisega, vaid reas linnades on nad asunud väikeste televisioonikeskuste ehitamisele, milledest igaühega on võimalik levitada saadet 10—15 km raadiusega maalale. See algatus aitab tunduvalt kiirendada televisioonisaadete vaatajate arvu kasvu meie maal.

Televisiooni alal meie ees seisvad suured ülesanded nõuavad suurel arvul kvalifitseeritud eriteadlasi. Seepärast on televisiooni eriteadlaste ettevalmistamisel käesoleval ajal esmajärguline tähtsus.

Kaasaegses televisioonitehnikas rakendatakse saavutusi teaduse kõige mitmekesisematelt aladelt, nagu valgustehnika, nägemise füsioloogia, fotoelektriõpetus, geomeetiline ja elektronoptika, elektrovaakuumtehnika, võimendustehnika, sidetehnika jt. Kõiki neid on ühel või teisel määral puudutatud õpiku põhimaterjali käsitlemisel.

Käesolev raamat on televisiooni õpikuks sidetehnikumidele, kus televisiooni õpetatakse üldisema kursuse «Televisioon ja fotoside» ühe osana. Raamatu sisu vastab kursuse programmi sellele osale, mis käsitleb televisiooni.

Eeldatakse, et raamatu materjali õppimisele asuja on tuttav matemaatika, füüsika, raadiotehnika, elektrovaakuumseadiste teooriaga ja madalsagedusvõimendajatega sidetehnikumide programmi ulatuses ning samuti omab ettekujutuse raadiosaate ja -vastuvõtu alustest.

Raamatus on pööratud peamist tähelepanu televisioonisaate põhimõtete ja tehniliste vahendite käsitlemisele.

Esmalt käsitletakse füüsikalisi ja füsioloogilisi nähtusi, mis on televisioonisüsteemide loomise aluseks. Seejärel antakse lühikese ajaloolise ülevaadena ettekujutus mehaanilistest ja elektronteleviioonisüsteemidest ning nende jagunemisest järgemööda toimivateks ja laengute salvestamisega süsteemideks. Seejuures kirjeldatakse kaasaegsete televisioonisüsteemide põhimõtteid, milledele on pühendatud peamine osa raamatust.

Pärast seda, kui on esitatud elektronide liikumise seaduspärasused elektri- ja magnetväljades ning vajalikud teadmised sekundaar emissioonist, käsitletakse televisiooni saate- ja vastuvõtutorude töötamist.

Raamatu ülejäänud osas kirjeldatakse televisioonisignaalide saatmiseks ja vastuvõtmiseks rakendatavaid meetodeid ning lülitusi.

Lõpuks on lühidalt toodud kaasaegse televisiooni ees seisvad põhiprobleemid.

Kõik raamatus esitatud arvnäited põhinevad kodumaisel televisioonikujutise teravuse standardil. Elektrilised ja magnetilised suurused on väljendatud ratsionaliseeritud absoluutse praktilise süsteemi ühikutes (MKSA). Kasutatud ühikute tabel on antud raamatu lõpus lisana.

Loen oma meeldivaks kohuseks avaldada tänu professor S. I. Katajevile tema arvukate nõuannete eest, mida ma raamatu koostamisel olen kasutanud, insener N. N. Vassiljevile, kes käsikirja retsenseerimisel tegi rea väärtuslikke märkusi, ja insener I. F. Nikolajevskile, kes tegi ära suure töö käsikirja toimetamisel ja selle trükiks ettevalmistamisel.

N. IGNATJEV

I PEATÜKK

TELEVISIOONI FÜSIKALISED ALUSED

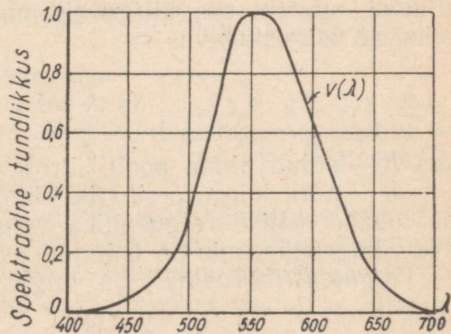
1. Valgus ja teda iseloomustavad suurused

Televisionisaate puhul toimub ülekantava objekti valguslike tunnussuuruste muundamine elektrivõngeteks, vastuvõtul aga, vastupidi, selle objekti valguslike tunnussuuruste taastamine elektrivõngetest. Seepärast on televisiooniga tutvumist otsustavalt alustada valguse põhiomaduste ja televisiooni objektide valguslike tunnussuuruste käsitlemisega.

Valgus on oma olemuselt elektromagnetiline kiirgus, mille lainepikkus on piirides 0,40 kuni 0,76 mikronit (1 mikron = 10^{-3} mm). Seda osa elektromagnetilise kiirguse spektrist tajub inimese silm teatud aistinguna.

Valguskiired nagu kõik elektromagnetilised lained kannavad endaga teatavat energiahulka. Sõltuvalt nende kiirte lainepikkusest kutsutakse üks ja sama kogus nendega kaasatoodud energiat silmas esile erisuguse ärrituse ja loob erisuguse tugevusega valgusaistingu. Seega on silma tundlikkus elektromagnetilise kiirguse spektri erisuguste osade suhtes erinev. Joonisel 1. 1 on toodud silma spektraalse tundlikkuse kõver. Kõige tundlikum on silm spektri kollakas-rohelises piirkonnas olevate kiirte suhtes, mis vastavad lainepikkusele 0,55 mikronit.

Teadaolevate valgusallikate elektromagnetilise kiirguse spekter ulatub tavaliselt spektri nähtavast osast üsna kaugele väljapoole. Seetõttu on valgusallikate valgusviljakus ehk kasutegur (s. o. valguskiirtena väljakiirratava energia ja kogu väljakiirratava energia suhe) väga väike.



Joon. 1. 1. Silma spektraalne tundlikkus sõltuvalt lainepikkusest millimikronites.

Valguse määtmise aluseks on *valgusvoog* (F), mis kujutab endast silmaga nähtavat kiirgusenergia voogu.

Valgusvoo ühikuks on *luumen* (lm).

Valgustugevus (I) on valgusvoo tihedus ruuminurgas, mille ulatuses ta kiirgub, s. o.

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \omega}, \quad (1.1)$$

kus ΔF on ruuminurga $\Delta \omega$ ulatuses väljakiirguv valgusvoog.

Valgustugevuse määühikuks on *küünal* (K). Kui valgusallikas kiirgab ruuminurga ühiku — *steradiaani* ulatusse valgusvoo 1 lm, siis on tema valgustugevus antud suunas 1 küünal.

Kui valgusallikas on punktikujuline, siis peab tema valgusvoo F jagunema ühtlaselt kogu ümbritsevasse ruumi, mis vastab ruuminurgale 4π . Siis saame vastavalt avaldisele (1.1) seose valgustugevuse ja punktikujulise valgusallika valgusvoo vahel:

$$I = \frac{F}{4\pi}. \quad (1.2)$$

Kui valgusallikaks on mingi tasapind, siis jaguneb tema poolt kiiratud valgustugevus ümbritsevas ruumis ebaühtlaselt. Seejuures alluvad suurem osa kiirgavaid pindu *Lamberti seadusele*, mille kohaselt valgustugevus

$$I = \frac{F}{\pi} \cos \alpha, \quad (1.3)$$

kus F — antud pinna poolt kiiratud kogu energia;

α — nurk kiirguse sihi ja pinna normaali vahel. Joonisel 1.2 on toodud sellise valgusallika valgustugevuse ruumilise jagunemise diagramm, mis on ehitatud avaldise (1.3) põhjal.

Valgustustihedus (E) on valgusvoo tihedus pinnal, millele see langeb:

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta S}, \quad (1.4)$$

kus ΔF on valgusvoog, mis langeb pinnaelemendile ΔS . Valgustustiheduse ühikuks on *luks* (lx). Pinna valgustustihedus on 1 lx, kui valgusvoog 1 lm jaotub ühtlaselt pinnal 1 m².

Olgu valgustustihedus E tekitatud punktikujulise valgusallika poolt, mille valgustugevus on I ja mis asub valgustatavast pinnaelemendist ΔS kaugusel r . Siis, pidades silmas, et ruuminurk $\Delta \omega$, mille ulatuses valgus langeb pinnaelemendile ΔS , on arvutatav seosest

$$\Delta \omega = \frac{\Delta S}{r^2},$$

ning võttes arvesse võrdlusi (1.1) ja (1.4) saame:

$$E = \frac{I}{r^2}. \quad (1.5)$$

Valgusallika *heledus* (B) on tema valgustugevuse pindtihedus, arvestades antud sihis nähtavat pinda:

$$B = \frac{I}{\Delta S \cos \alpha}, \quad (1.6)$$

kus α on nurk vaatlemis-suuna ja pinna ΔS normaali vahel (joon. 1.2).

Heleduse mõõtühikuks on *detsimillistilb* (dmsb). Kui pind pindalaga 1 m^2 tekitab normaali sihis valgustugevuse 1 küünal, siis on ta heledus 1 dmsb. Suuremaks heleduse ühikuks on *stilb* (sb) ($1 \text{ sb} = 10^4$ dmsb).

Avaldiste (1.3) ja (1.6) alusel saame kiirgavate pindade kohta:

$$B = \frac{F}{\pi \Delta S}. \quad (1.7)$$

Järelikult selliste pindade heledus ei sõltu vaatlusnurgast.

Valdav enamik pindu peegeldab neile langeva valguse hajutatult, kusjuures peegeldunud valgusvoo tihedus jaguneb ruumis vastavalt valemile (1.3) (analoogiliselt kiirgavate pindadega).

Vaadeldes selliseid pindu kiirgavatena võib nende suhtes rakendada heleduse mõistet valemile (1.7) järgi. Peab aga silmas pidama, et pinna poolt «kiiratava» valgusvoo F all tuleb mõista ainult pinna langeva primaarse valgusvoo F_1 hajunud osa:

$$F = \gamma F_1, \quad (1.8)$$

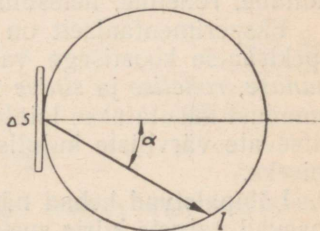
kus γ on pinna *hajutatud peegeldumise tegur*.

Väljendades primaarvoo väärtuse hajutava pinna ΔS valgustiheduse kaudu, saame:

$$F = \gamma E \Delta S.$$

Asetades selle avaldise valemisse (1.7) saame avaldise, mis seob hajutava pinna heledust tema valgustihedusega:

$$B = \gamma \frac{E}{\pi}, \quad (1.9)$$



Joon. 1.2. Kiirgava pinna valgustugevuse ruumilise jagunemise diagramm.

kus heledus on väljendatud detsimillistilbides, valgustustiheus aga luksides.

Ideaalselt hajutava valge pinna puhul $\gamma=1$ ja

$$B = \frac{1}{\pi} E, \quad (1.10)$$

s. t. heledus, väljendatuna detsimillistilbides, osutub π korda väiksemaks kui selle pinna valgustustiheus luksides. Selle alusel väljendatakse valgete hajutavate pindade heledust mõnikord tinglikult luksides.

Valguskiiri, millede energia on spektri nähtava osa ulatuses enam-vähem ühtlaselt jagunenud, tajutakse silma poolt «valgetena». Vastasel korral aga tajutakse valguskiiri ühe või teise värvilisena, mida täielikult iseloomustab nende poolt ülekantava energia spektraalne koostis. Lihtsamatel juhtudel osutub see energia koondatuks nähtava spektri teatavasse piirkonda ja siis on valgus punane, kollane, roheline, helesinine, tumesinine, lilla.

Eksperimentaalselt on kindlaks tehtud, et igasugust, mistahes spektraalse koostisega valgust võib saada kolme *põhivärvuse* — *punase, rohelse ja sinise* teatud vahekorras segustamise teel. Seda omadust kasutatakse laialdaselt igasuguste meid tegelikkuses ümbritsevate värviliste kujutiste ja samuti värvuste tunnusarvude saamiseks.

Läbipaistvad kehad näivad meile värvilistena sel juhul, kui nad lasevad valgete kiirte spektri erisuguseid komponente läbi ebavõrdsel määral (läbipaistvaid plaate, mis on spetsiaalselt ette nähtud spektri teatud osa läbilaskmiseks, nimetatakse *valgusfiltriteks*). Läbipaistmatud kehad aga näivad värvilistena sel juhul, kui nad valgete kiirte spektri erisuguseid komponente ebaühtlaselt neelavad.

Kõik meid ümbritsevad esemed osutuvad silmaga «nähtavateks» ainult selle tõttu, et nende üksikud elemendid omavad erisugust heledust ja värvust. Igasugune esemete kujutis on selle eseme üksikute elementide heleduse ja värvuse nähtava jagunemise imitatsioon. Mida täiuslikum on see imitatsioon, seda parem on kujutis ja seda sarnasem on ta tegelikkusega.

Kuid enamikul juhtudel säilitatakse kujutise saamise käigu lihtsustamiseks kujutises ainult heleduse jagunemine ja loobutakse täielikult värvuste taaskujutamisest, andes kujutise ühevärvilisena. Nii on lugu fototehnikas, kinematograafias ja eriti televisioonis, kus värvuste ülekandmine on seotud suurimate raskustega.

Iga objekti väga oluliseks valguslikuks näitajaks on *kontrastsus* (K), mida tuleb objekti kujutises võimalikult õigesti edasi anda. Kontrastsuse all mõistetakse objekti kõige heledama elemendi heleduse ja kõige tumedama elemendi heleduse suhet:

$$K = \frac{B_{\text{maks}}}{B_{\text{min}}}. \quad (1.11)$$

Kõige sagedamini esinevate objektide kontrastsus ei ületa tavaliselt arvu 100, kuigi erandjuhtudel võib ta ulatuda ka mitme tuhandeni.

Toome mõned näited, mis aitavad luua ligikaudset ettekujutust põhiliste valgustehniliste ühikute suurusest.

Valgustugevus

Elektrihõõglamp annab tarbitud võimsuse iga vati kohta valgustugevuse ligikaudu 1 K.

Valgustustihedus

| | |
|--|-----------|
| Kuu poolt tekitatud maksimaalne valgustustihedus | 0,2 lx |
| Raamatu lugemiseks vajalik valgustustihedus | 50 „ |
| Valgustustihedus väljas, varjatud päikese puhul | 1000 „ |
| Valgustustihedus väljas päikese käes | 100 000 „ |

Heledus

| | |
|--------------------------|-----------|
| Kuu pind | 0,07 sb |
| Küünla leek | 0,5 „ |
| Hõõglambi niit | 1000 „ |
| Päikese pind | 200 000 „ |

Hajutatud peegeldumise tegur

Nullile lähedastest väärtustest mustadel kehadel (näiteks nõgi) kuni ühele lähedaste väärtusteni (näiteks kips, lumi jm.).

2. Silma ehitus ja talitlus.

Kõik olemasolevad meetodid televisioonikujutiste ülekandmiseks ei anna ülekantava objekti pidevat valguskujutist ja ainult rida inimese silmale omaseid iseärasusi võimaldavad luua nägemise efekti, mis on samaväärne pideva kujutisega. Nende iseärasuste hulka tuleb esmajärjekorras lugeda nägemise *inerts*i ja piiratud *eristamisteravust*.

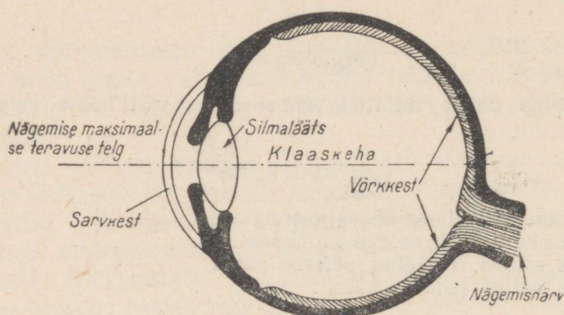
Joonisel 1.3 on toodud silma skemaatiline läbilõige. Silma poolt tajutavad valguskiired murduvad algul *sarvkestas* ja siis *silmaläätses* (mis oma kujult meenutab kaksikkumerat läätsed), siis läbivad läbipaistva nn. *klaaskeha* ja langevad *võrkkestale*, moodustades sellel vaadeldava objekti kujutise.

Võrkkest koosneb paljudest valgustundlikkudest kehakestest, milledest igaüks on nägemisnärvi lõppharuks, mida mööda nägemisärritus juhitakse ajusse.

Minimaalset nurka, mille ulatuses silm on veel võimeline eristama kujutise kahte üksikut punkti, nimetatakse silma *eristamisteravuseks* ja mõõdetakse nurgaminutites. Selle nurgaga pöörvõrdelist suurust nimetatakse *nägemisteravuseks*.

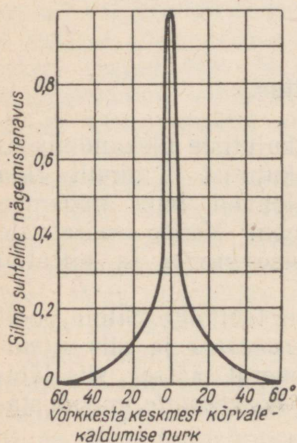
Võrkkesta keskosas tuleb iga valgustundliku kehakese kohta

üks nägemisnärv kiud, võrkkesta keskmest eemaldumisega aga valgustundlike kehakeste arv ühe närvikiu kohta suureneb. See tõttu, vastavalt selle nurga suurenemisele, mille võrra vaadeldavalt objektilt saabuvad kiired võrkkesta keskmest hälbivad, näge-

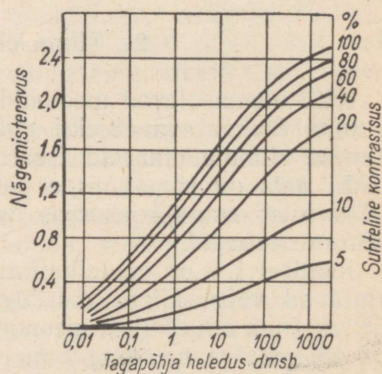


Joon. 1.3. Silma skemaatiline läbilõige.

misteravus väheneb. Joonisel 1.4 on toodud suhtelises ühikutes väljendatud nägemisteravuse kõver. Sellest kõverast nähtub, et silma täielik nägemisnurk moodustab tegelikult ainult 10–15°; väljapool selle nurga piire langeb nägemisteravus järsult.



Joon. 1.4. Silma nägemisteravuse sõltuvus kiirte võrkkesta keskmest kõrvalekaldumise nurgast.



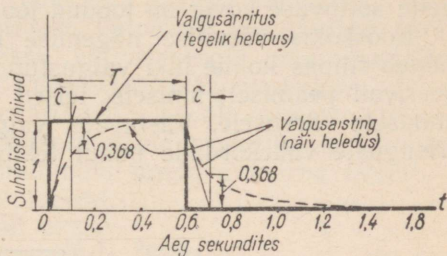
Joon. 1.5. Nägemisteravuse sõltuvus vaadeldava objekti heledusest ja kontrastsusest.

Peale selle sõltub nägemisteravus vaadeldava objekti heledusest ja kontrastsusest. Seda sõltuvust iseloomustab joonisel 1.5 toodud kõverate parv. Siin on abstsissiteljele kantud valge tagapõhja heledus detsimillistilbides, ordinaatteljele aga on kantud maksimaalne

nägemisteravus (võrkkesta keskosa suhtes) kujutise elementide vaadeldava suhtelise kontrastsuse mitmesuguste väärtuste puhul. Neist kõveraist nähtub, et heleduse ja kontrastsuse suurenemisega nägemisteravus suureneb. Toodud kõverad näitavad, et heleduse puhul, mis võrdub ligikaudu 60 dmsb (normaalse kinoekraani heledusega), on maksimaalselt kontrastse kujutise puhul nägemisteravus kaks, mis vastab silma eristamisteravusele 0,5 kaareminutit.

Kujutise kahe kõrvuti-oleva elemendi minimaalne suhteline kontrastsus, mille puhul silm veel suudab neid tajuda eraldiolevatena, ei sõltu praktiliselt nende absoluutsest heledusest. Seetõttu pooltoonkujutise kontrastsuse suurendamisel suureneb ühtlasi ka temal silmaga eristatavate detailide arv.

Silm tajub valgusärrituste järske muutusi teatud *inertsiga*. Pärast püsiva tugevusega valgusärrituse algust aisting (ehk näiv heledus) pidevalt kasvab ning pärast ärrituse lakkamist samuti pidevalt väheneb (joon. 1.6). Seejuures võib aistingu suurenemist



Joon. 1.6. Silma reageerimine valgusärrituse impulsile.

küllaldase täpsusega väljendada võrrandi $\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ abil, ja vähe-

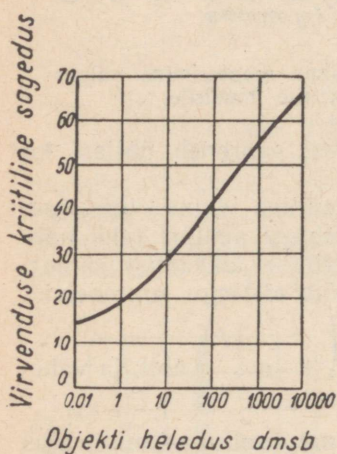
nemist — võrrandiga $\left(e^{-\frac{T-t}{\tau}}\right)$, kus e on naturaallogaritmi alus ($e=2,718$), t — ärrituse tekkimise hetkest möödunud ajavahemik, T — ärrituse kestus ning τ — konstant, millel on aja dimensioon ja mis iseloomustab silma reageerimise inertsit valgusärrituse suhtes. Analooiliselt elementaarsete elektrivooluringidega, kus voolu ja pinge muutumine on väljendatav nendesamade võrranditega, võib suurust τ nimetada silma *ajakonstandiks*. Suurus τ näitab, millise aja jooksul erinevus valgusärrituse ja valgusaistingu vahel saavutab $\frac{1}{e}$ osa oma esialgsest väärtusest $\left(\frac{1}{e} = 0,368\right)$.

Silma ajakonstant ei ole erinevatel valgustustingimustel rangelt konstantne: heledama valguse puhul ta väheneb (silma inerts muutub väiksemaks). Keskmiselt võib silma ajakonstanti lugeda lähedaseks 0,1 sekundiga.

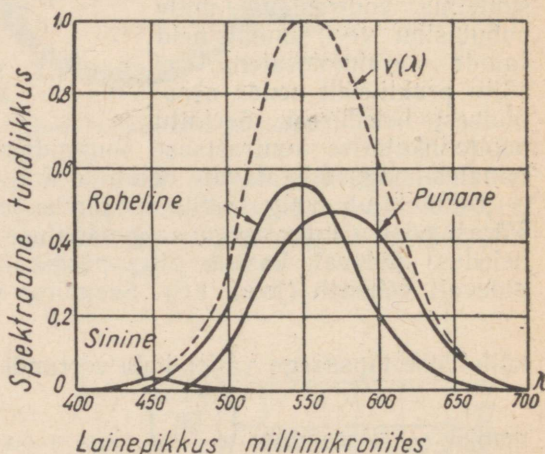
Selle inertsitõttu ei reageeri silm vaadeldava objekti heleduse küllalt kiiretele perioodilistele muutustele ja tajub ainult heleduse keskvaartust. Objekti näiv heledus on väljendatav tema heleduse tegelike väärtuste aritmeetilise keskmisena heleduse muutumise täisperioodi ulatuses. Seda juhust nimetatakse *Talboti* (loe: toolbeti) *seeduseks*.

Objekti heleduse perioodilise muutumise sagedust, mille juures lakkab silma ärritav vilkumine ja algab ainult objekti keskmine heleduse tajumine, nimetatakse virvenduse kriitiliseks sageduseks ehk *kriitiliseks vilkumissageduseks*. Kriitiline vilkumissagedus suureneb objekti heleduse (või valgustustiheduse) suurenemisega. Selle sõltuvuse kõver on toodud joonisel 1.7.

Kooskõlas värvilise nägemise kolmekomponendilise teooriaga esineb silmas kolme liiki valgustundlikke kehakesi: ühed neist reageerivad peamiselt sinisele, teised — rohelinele ja kolmandad — punasele värvusele. Vastavate valgustundlike kehakeste ärrituste erisuguste vahetõrgete puhul tekib silmas vastav värvuseaisting.



Joon. 1.7. Virvenduse kriitilise sageduse sõltuvus objekti heledusest.



Joon. 1.8. Silma kolme liiki valgustundlike kehakeste spektraalne tundlikkus.

Sellel seletubki võimalus saada mistahes värvust kolme põhivärvuse kindlates vahetõrgetes segustamise teel. Seejuures toimub ainult silma vastavate valgustundlike kehakeste ärrituse jälgimine, mitte aga värvuse enese jälgimine tema spektraalse koostise mõttes.

Joonisel 1.8 on toodud silma kõigi kolme liiki valgustundlike kehakeste spektraalse tundlikkuse kõverad. Toodud kõverate summa annab silma täieliku spektraalse tundlikkuse tunnusjoone (punktirõõr).

Tuleb märkida, et kõik ülaltoodud silma iseloomustajad (nagu kõik füsioloogilised iseloomustajad) sõltuvad väga suurel määral nende saamise tingimustest ja meetoditest ning samuti katsealuse subjektiivsetest omadustest. Seetõttu on nendel iseloomustajatel põhinevad arvutused ligikaudsed.

3. Fotoelektrilised seadised

Valguskiirte võimet vabastada mingis füüsikalises kehas elektrone nimetatakse *fotoelektriliseks efektiks* ehk *fotoefektiks*. Eristatakse *välis-* ja *sisefotoefekti*. Esimesel juhul suunduvad vabanenud elektronid kehast ruumi, teisel juhul aga jäävad kehasse ja suurendavad ainult selle elektrijuhtivust. Fotoefekti kasutamisel põhinevad seadised, mida kasutatakse valgusenergia muundamiseks elektrienergiaks ja nimetatakse *fotoelektrilisteks seadisteks*.

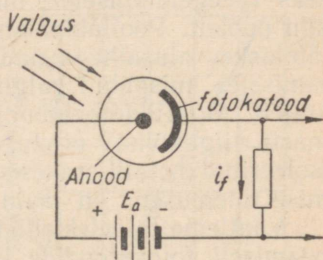
Sisemine fotoefekt, mis avastati 1873. a., oli esimeste televisioonisüsteemide kavandamise aluseks. Kuid praktilist kasutamist pole ta televisioonis siiski leidnud oma tunduva inertsit tõttu¹.

1888. aastal avastati välisfotoefekt, mille põhiomadusi esmakordselt üksikajaliselt uuris ja kirjeldas vene teadlane A. G. Stoletov. Ta avastas võrdluse valguskiirte energia ja fotoelektrilise emissioonvoolu vahel ning inertsit puudumise selle voolu tekkimisel ja kadumisel. Need välise fotoefekti omadused tegid võimalikuks televisiooni praktilise elluviimise.

Kõige lihtsamat välise fotoefekti kasutamisel põhinevat fotoelektrilist seadist nimetatakse *fotoelemendiks*. Fotoelemendi ehituse ja lülituse skeem on näidatud joonisel 1. 9.

Fotoelement koosneb õhust tühjaks pumbatud klaaskestast, milles asetsevad kaks elektroodi: *folokatood* ja *anood*. Fotokatoodi pind on erilisel töödeldud, et hõlbustada elektronide väljumist ruumi. Fotokatoodile langevate valguskiirte toimel ta emiteerib elektrone (mida tavaliselt nimetatakse fotoelektronideks), mis liiguvad anoodi poole, moodustades pideva voolu (*fotovoolu*) elektromotoorse jõu allika E_a vooluringis. Fotokatoodile langeva valgusvoo muutused kutsuvad esile fotovoolu i — muutusi ja järelikult ka pinge muutusi fotoelemendi vooluringi ühendatud koormustakistil. Koormustakistilt võetav pinge on praktiliselt kasutatav alles pärast küllaldast võimendamist.

Kaasaegses televisioonitehnikas kasutatakse valgussignaalide muundamiseks elektrilisteks märksa keerulisemaid fotoelektrilisi seadiseid. Siiski sisaldavad nad kõik fotoelektrone emiteerivat fotokatoodi ja neid elektrone koguvat anoodi (*kollektorit*). Nende toime ei erine põhimõtteliselt millegi poolest fotoelemendi vastavate elektroodide toimest.



Joon. 1. 9. Fotoelemendi ehituse ja lülituse skeem.

¹ Viimasel ajal on ilmunud («videokoni» tüüpi) televisiooni saatetorud, millede töötamine põhineb sisemise fotoefekti kasutamisel. Valgustundliku pinna inertsit on siin nähtavasti õnnestunud viia vajaliku miinimumini.

Kaasaegsete fotoelektriliste seadiste fotokatoodid on tavaliselt väga keeruka, mitmekihilise struktuuriga, mille ülesandeks on suurendada katoodi valgustundlikkust elektronide pinnale väljumise hõlbustamise teel. Kõige rohkem kasutatavad on hapnik-tseesium- ja antimon-tseesiumfotokatoodid. Hapnik-tseesiumfotokatoode kujutab endast metallist (harilikult hõbedast) aluskihti, millele on kantud hõbeda ja tseesiumi oksüüdidest koosnev pooljuhtiv kiht; selle kihi pinnal on fotoelektrone emiteerivad tseesiumiaatomid. Antimon-tseesiumfotokatoodil on tseesiumiaatomid antimoni ja tseesiumi ühendist koosneva pooljuhtiva kihi pinnal.

Sõltuvalt otstarbest liigitatakse fotokatoode *massiivseteks*, *poollääbipaistvateks* ja *mosaiigilisteks*. Massiivsetel fotokatoodidel on harilikult võrdlemisi paks aluskiht ja nad on kohandatud toimimiseks «peegeldumisele», mispuhul valguskiired langevad emiteeriva kihi poolelt. Poollääbipaistvatel fotokatoodidel on õhuke, valguskiiri läbilaskev aluskiht ja nad on ette nähtud toimimiseks «läbivalgustamiseks», mispuhul valguskiired langevad emiteeriva kihi vastasküljelt. Mosaiikfotokatoodid kujutavad endast mittejuhtivaid (enamasti vilgukivist) pindu, millele on kantud üliväikesed, üksteisest isoleeritud metalliterakesed (reeglina hõbedast), mis vastava töötlemise tulemusena on muutunud elementaarseteks fotokatoodideks.

Vaatleme fotoelektriliste seadiste põhilisi näitajaid, mis käivad peamiselt fotokatoodide kohta ja iseloomustavad seetõttu rohkem fotokatoode kui seadiseid endid.

Fotokatoodi *integraalseks tundlikkuseks* nimetatakse tema poolt emiteeritava fotovoolu i_f ja talle langeva valgusvoo F suhet, kusjuures fotovoolu mõõdetakse mikroamprites ja valgusvoogu luumenites:

$$\varepsilon_0 = \frac{i_f}{F}. \quad (1.12)$$

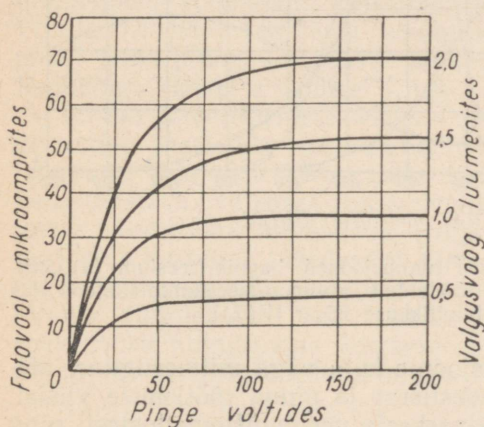
Kuna fotokatoodi tundlikkus on langeva valgusvoo erinevate spektrikomponentide suhtes erisugune, siis sõltub integraalne tundlikkus kasutatava valgusallika liigist. Nimetatud põhjusel mõõdetakse integraalset tundlikkust alati ühesugustes, standardsetes valgustustingimustes: valgusallikaks kasutatakse volframiidiga hõõglampi, mille hõõgniidi temperatuur hoitakse 2850°K¹.

Hapnik-tseesiumfotokatoodide integraalne tundlikkus on piirides 30—70 $\mu\text{A/lm}$, antimon-tseesiumfotokatoodidel — piirides 50—140 $\mu\text{A/lm}$. Samadel fotokatoodidel on inertsete gaasidega täidetud seadistes hoopis suurem tundlikkus, kuid gaasiga täidetud seadiseid ei saa nende inertsi tõttu televisioonis kasutada.

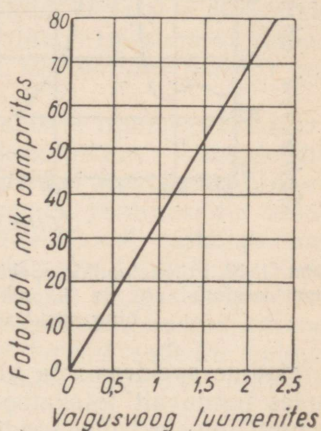
¹ Palju täiuslikuma ja õigema kujutluse fotokatoodi omadustest annaks tema tundlikkuse mõõtmine eraldi mitmesuguste langeva kiirgusenergia lainepikkuste puhul sellele järgneva spektraalse tundlikkuse kõvera ehitamisega. Et aga see on seotud teatavate tehniliste raskustega, siis tavaiselt piirdatakse integraalse (s. o. kogu valgusspektri suhtes üldise) tundlikkuse mõõtmisega.

Toodud arvud käivad massiivsete fotokatoodide kohta. Poolläbi-
paistvate fotokatoodide tundlikkus aga on väiksem, sest foto-
katoodi kiht neelab osaliselt teda läbivaid valguskiiri (poolläbi-
paistva hapnik-tseesiumfotokatoodi maksimaalne tundlikkus ei
ületa $30 \mu\text{A}/\text{lm}$, antimon-tseesiumfotokatoodil aga $50\text{--}60 \mu\text{A}/\text{lm}$.
Mis aga puutub mosaiikfotokatoodidesse, siis nende tundlikkus on
mitu korda väiksem kui vastavatel massiivsetel fotokatoodidel, ja
harilikult ei ületa $5\text{--}6 \mu\text{A}/\text{lm}$. See on seletatav fotokatoodi pinna
mittetäieliku kattumisega valgustundlike terakestega ja ka tehno-
loogiliste raskustega selliste fotokatoodide valmistamisel.

Voltampertunnusjooned kujutavad fotovoolu i_f sõltuvust anoo-
dile rakendatud pingest U_a muutumatu valgusvoo F puhul



Joon. 1. 10. Hapnik-tseesiumfotokatoodi volt-
ampertunnusjooned.



Joon. 1. 11. Hapnik-tseesium-
fotokatoodi valgustunnus-
joon.

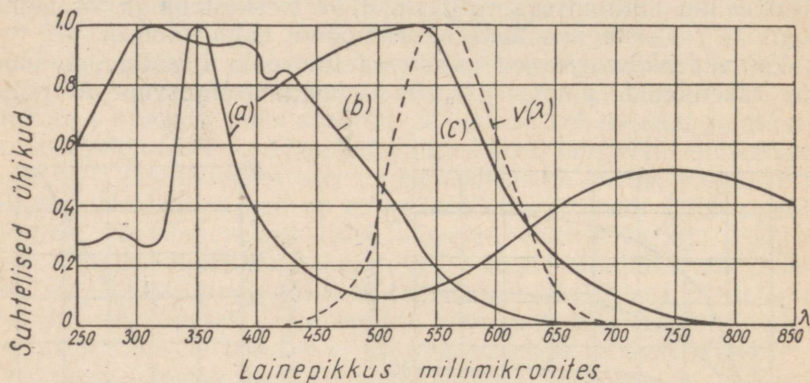
(joon. 1. 10). Toodud kõveratest nähtub, et konstantse valgusvoo
puhul tekib pinge U_a tõstmisel fotovoolu küllastus — fotovool jääb
muutumatuks. Fotoelektriliste seadiste integraalse tundlikkuse
mõõtmine toimub alati küllastus-fotovoouluga.

Valgustunnusjooned (luumenampertunnusjooned) annavad
fotovoolu i_f sõltuvuse valgusvoost F konstantse anoodpinge U_a
puhul, mis tunnusjoonte ülesvõtmisel valitakse nii kõrge, et tekiks
fotovoolu küllastus. Üks sellistest tunnusjoontest on toodud joo-
nidel 1. 11. Need tunnusjooned jäävad valgusvoo ulatuslikul muutu-
misel rangelt sirgeteks ja alles väga suurte valgustustiheduste
puhul võib nende tõusnurk hakata valgusvoo suurenemisel vähe-
nema.

Antimon-tseesium- ja teiste massiivse metallaluskihita foto-
katoodide valgustunnusjoon muutub ebalinearseks juba mõne
kümnediku luumenini ulatava valgusvoo puhul. See on seleta-

tav laengute ilmutamisega klaaskesta seintele, samuti ruumilaengu tekkimisega.

Spektraalsed tunnusjooned väljendavad fotovoolu suhteliste muutuste sõltuvust katoodile langeva valgusvoo lainepikkusest λ . Joonisel 1.12 on näitena toodud hapnik-tseesium- (a) ja antimon-tseesiumfotokatoodide (b ja c) spektraalsed tunnusjooned. Nende fotokatoodide spektraalsed tunnusjooned omavad maksimume, mida nimetatakse selektiivseteks maksimumideks. Üldiselt aga on foto-



Joon. 1.12. Fotokatoodide spektraalsed tunnusjooned: hapnik-tseesium- (a), antimon-tseesium- (b) ja hapnikuga töödeldud antimon-tseesiumfotokatoode (c) ning spektraalse tundlikkuse kõver [$V(\lambda)$].

katoodide spektraalsete tunnusjoonte kuju väga mitmesugune, sõltudes tunduvalt fotokatoode koostisest ja pinna töötlemise viisist, samuti fotoelektrilise seadise klaaskesta neeldumisomadustest, ning nad võivad olla ka ilma selektiivse maksimumita. On täiesti loomulik, et poolläbipaistvate fotokatoodide spektraalsed tunnusjooned erinevad tunduvalt sama koostisega massiivsete fotokatoodide tunnusjoontest, kuna esimeste katoodide puhul peavad valguskiired täiendavalt läbima fotokatoode kõiki kihte, mis antud juhul on valgusfiltriteks.

Nii näiteks paistab poolläbipaistev antimon-tseesiumfotokatoode läbivalgustamisel punasena ja seetõttu on ta emiteerivale kihile saanud valguskiirtele punaseks valgusfiltriks. See valgusfilter peab tunduval määral kinni ultravioletseid ja siniseid kiiri, millede suhtes antud fotokatoode valgustundlik kiht on just kõige tundlikum, mille tagajärjel viimase tundlikkuse maksimum nihkub spektri punase osa poole ja satub kollakas-rohelisse piirkonda. On arusaadav, et fotokatoode spektraalne tundlikkus on seejuures isegi maksimaalse tundlikkuse piirkonnas madalam kui emiteeriva kihi poolt valgustamisel.

Mosaigiliste fotokatoodide spektraalsed tunnusjooned erinevad tunduvalt vastavate massiivsete fotokatoodide tunnusjoontest. See on tingitud sellest, et elementaarsete mosaigiliste fotokatoodide

ja fotoelektronide kollektori vahele ei õnnestu tekitada küllalt tugevat fotoelektrone kiirendavat välja; seetõttu tekitavad kõige tugevama fotovoolu spektri lühilainelise osa kiirte poolt vabastatud fotoelektronid, sest nende väljumiskiirus on kõige suurem.

Värviliste objektide valgusvarjundite parima ülekandmise seisukohalt on nende objektide ühevärvilistena vastuvõtuekraanile taastamise puhul soovitatav, et saateseadme fotokatoodi spektraalne tunnusjoon ühtiks inimese silma spektraalse tundlikkuse kõveraga (kõver $V(\lambda)$ joonisel 1. 12). Sel juhul on vastuvõtja ekraanile taastatava ühevärvilise kujutise valgusvarjundid kõige lähedasemad värvilise originaali vahetul vaatlemisel saadava nägemisaistinguga.

Fotokatoodide pindade täiendava töötlemise ja nende koostisse teatud lisandite manustamise teel püütakse nende spektraalseid tunnusjooni võimalikult lähendada mainitud ideaalse olukorrale. Võrdlemisi häid tagajärgi saadakse antimon-tseesiumfotokatoodi puhul tema pinna täiendava töötlemise (*sensibiliseerimise*¹) teel hapnikuga (kõver c joonisel 1. 12).

Teiseks fotoelektriliste seadiste spektraalsete tunnusjoonte korrigeerimise meetodiks on valgusfiltrite kasutamine. Fotokatoodile langevate valguskiirte teele asetatud valgusfiltri spektraalse tunnusjoone vastava valikuga on võimalik muuta saateseadme resulteeriv spektraalne tunnusjoon (filtri ja fotokatoodi vastavate tunnusjoonte korrutis) lähedaseks silma spektraalse tundlikkuse kõveraga. Selle meetodi peamiseks puuduseks on valgusfiltris tekkiv tunduvalt valguskadu. Nii näiteks on hapnik-tseesiumfotokatoodi spektraalse tunnusjoone korrigeerimiseks tarvilik roheline valgusfilter, mis laseb läbi ainult umbes 10% talle langevast valgusest.

4. Mehaaniline ja elektronteleviioon

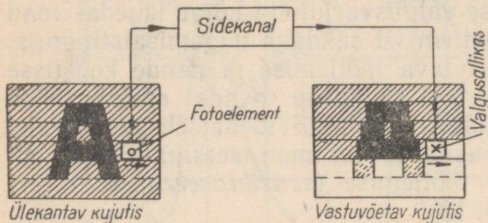
Selleks et elektrilise sidekanali kaudu üle kanda teatavale kaugusele mingi objekti kas või ühe elemendi heledus, on peale *fotoelektrilise* energiamuundaja vajalik veel *elektrovalguslik* muundaja, mis muundaks temasse saabuvad elektriimpulsid sõltuvalt nende väärtusest erisuguse heledusega helenduseks. Esimestes televiisiooniseadmetes projektides kavatseti elektronvalguslike muundajatena kasutada hõõglampe. Hiljem asendati need lihtsaimates töötavates televiisiooniseadmetes huumvalguslampidega, millede inerts on mitu korda väiksem kui hõõglampidel.

Selleks et üheainsa sidekanali kaudu üle kanda objekti kas või piiratud arvu elementide heledusi, tuleb nende elementide heledused üle kanda järjekorras, sooritades nn. «*laotamise*».

Üht võimalikku mehaanilise laotamise viisi selgitab joonis 1. 13. Fotoelement jookseb järgemööda ja kindlas järjekorras (rea kaupa) mööda kõiki pinnaelemente pinnal, kuhu on projekteeritud üle-

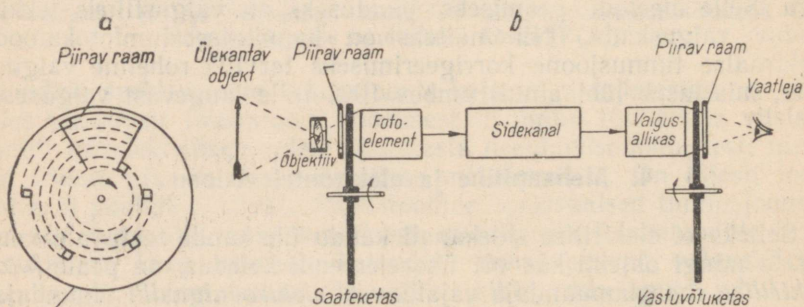
¹ Sensibiliseerimine — tundlikkuse suurendamine. (Tõlk.)

kantava objekti kujutis. Saadud elektrisignaali satuvad sidekanali kaudu tüüritavasse valgusallikasse, mis jookseb üheaegselt fotoelementiga ja samas järjekorras mööda mingit, eelmisega geometriliselt sarnast pinda. Laotamise täistsükli kullaldase kordumissageduse puhul tekib sellise pinna vaatleja silmas ülekantavast kujutisest terviklik pilt. On enesestmõistetav, et mida suuremaks arvuks elementideks ülekantav kujutis jaotatakse, seda sarnasem originaaliga on ta vastuvõtukohas.



Joon. 1.13. Televisioonikujutise ülekandmine mehaanilise laotamise teel.

Sellist laotamise ideed, mis tekkis juba möödunud sajandi seitsmekümnendatel aastatel, ei olnud võimalik tema tunduva kohmakuse tõttu tegelikult realiseerida, kuid laotamise põhimõtte ise on samasugusel viisil säilinud meie päevini.



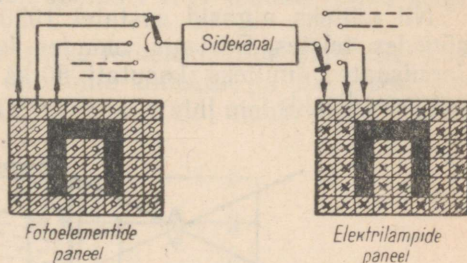
Joon. 1.14. Televisioonikujutise ülekandmine Nipkovi ketaste kasutamise teel: a — Nipkovi ketas, b — ülekandmise skeem.

Palju lihtsama mehaanilise laotamisviisi esitas 1884. aastal P. Nipkov. Joonisel 1.14, a on kujutatud Nipkovi ketas, mille abil toimub saatetava ja vastuvõetava kujutise laotamine, joonisel 1.14, b aga on toodud nende ketaste abil kujutise saatmise ja vastuvõtmise skeem. Ketas on kohandatud säärase kujutise laotamiseks, mis mahub piiirava raami (joon. 1.14, a) pindalasse. Laotamine seisab selle raami kõikide elementide järjekorras avamises. Selleks on kettasse tehtud ristkülikulised avad, mis paiknevad spiraalselt nii, et ketta täispöörde vältel nad kõik järgemööda mööduvad piiirava raami eest, avades rida-realt selle elemente. *Ridade*

aru, milledeks ketas jaotab raamiga haaratava kujutise, võrdub kettas olevate avade arvuga.

Saateketas suunab ühtlaselt pööreldes temale (piirava raami ulatuses) projitseeritavatelt kujutise kõikidelt elementidelt järjekorras tuleva valguse ketta taga asetsevatele fotoelementidele. Sel teel saadud signaalid võimendatakse ja suunatakse sidekanali kaudu vastuvõtuketta taga asetsevasse tüüritavas valgusallikasse, mille heledus muutub vastavalt signaali intensiivsusele. Vastuvõtuketask pöörleb täiesti

sünkroonselt saatekettaga ja jätab igal hetkel vaatlejale avatuks ainult valgusallika selle pinnaelemendi, millele geomeetriliselt vastab saadetak kujutise element. Ketaste küllalt suure pöörlemiskiiruse puhul näeb vaatleja silm valgusallika helendaval pinnal ülekantavat kujutist. Mida suurem on avade arv ketastes, seda suuremaks arvuks ridadeks jaguneb ülekantav kujutis ja seda sarnasem originaaliga on ta vastuvõtupunktis.



Joon. 1.15. Televisioonikujutise ülekandmine elektromehaanilise laotamise kasutamise teel.

On enesestmõistetav, et igal juhul tuleb saatja ja vastuvõtja laotussüsteemide sünkronismi tagamiseks üle kanda täiendavaid signaale, mis juhiksid vastuvõtja laotussüsteemi tööd. Neid signaale nimetatakse *sünkroniseerimissignaalideks*.

On võimalik kasutada ka elektromehaanilist laotamist, mille põhimõtet selgitab joonis 1.15. Ülekantav kujutis projitseeritakse paneelile, mis koosneb suurest hulgast fotoelementidest. Vastuvõetavat kujutist vaadeldakse paneelil, mis koosneb samasuurest hulgast ja samasuguselt paigutatud elektrilampidest. Kujutise laotamine sooritatakse sel teel, et sidekanaliga ühendatakse järjekorras mitmesugused, mõlemal paneelil teineteisele geomeetriliselt vastavad fotoelemendi ja lambi paarid.

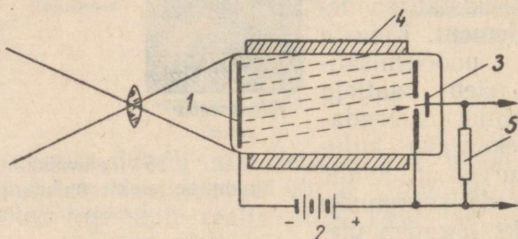
Kirjeldatud televisioonisüsteemide põhimõtteid oli võimalik praktiliselt realiseerida alles palju aastaid pärast nende leiutamist. See on seletatav sellega, et alles raadio leiutamine A. S. Popovi poolt võimaldas luua neid hulgalisi tehnilisi vahendeid, mida oli tarvis televisiooni praktiliseks teostamiseks. Selliste vahendite hulka kuuluvad kõigepealt vastuvõtu-võimendus- ja vaakuumtehnika ning traadita sidekanal.

1907. aastal esitas vene teadlane B. L. Rosing esimesena *elektronkiirega* televisioonilaotamise, mistõttu hiljem loobuti täielikult mehaanilistest televisioonisüsteemidest. Samuti võttis ta esimesena vastu lihtsamaid televisioonikujutisi elektronkiiretoru ekraanil.

Rosingi elektronkiire-vastuvõtutorus kulges spetsiaalsete poolide välismagnetvälja poolt hälvitatav (kallutatav) kiir üle toru ekraani üksikute elementide ja pani need helendama. Elektrisignaaliid tüürisid elektronkiire intensiivsust, millele vastavalt muutus ekraani mitmesuguste punktide helendamise intensiivsus ja ekraanile tekkis televisioonikujutis.

Kuid elektronkiiretehnika ebatäiuslikkuse tõttu etendasid mehaanilised laotussüsteemid televisiooni arengus üle veerand sajandi juhtivat osa.

Nii näiteks algasid aastatel 1930—1931 Nõukogude Liidus ja mõnedes teistes Euroopa maades kesklainetel regulaarsed televisioonisaated, milleks kasutati 30-ks reaks laotavaid mehaanilisi laotusseadiseid.



Joon. 1.16. Farnsworthi saatetoru ehituse skeem.

Juba esimestel katsetel suurendada tunduvalt laotusriidade arvu avaldusid mehaanilistes televisioonisüsteemides raskused seoses ülekantavate objektide mitteküllaldase valgustustihedusega. Nõutav valgustustihedus kasvab laotusriidade arvu suurendamisel nii kiiresti, et elusobjektide ülekandmine üle 60-realise teravusega osutub peaaegu võimatuks vajaduse tõttu tekitada nende objektide vastu võtmatault suurt valgustustihedust.

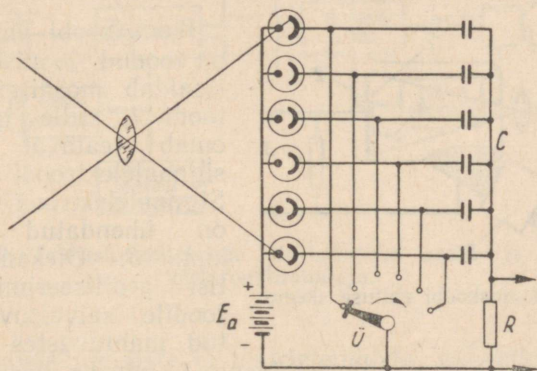
Samale tulemusele viis ka Farnsworthi poolt 1930. aastal ehitatud elektronsaatetoru, milles on rakendatud joonisel 1.15 selgitatud põhimõtet. Selle toru ehituse skeem on kujutatud joonisel 1.16. Torus asetseb poolläbipaistev fotokatood 1, millele projitseeritakse ülekantav kujutis. Patarei 2 poolt tekitatava kiirendava elektrivälja toimel paisatakse väljalendavad fotoelektronid paralleelsete «kiirtena» vastasküljele, kus asetseb plaat väikese auguga, mille taga paikneb kollektor 3. Nii saavad igal hetkel kollektorile sattuda fotoelektronid, mis on väljunud ainult fotokatoodi ühelt väikeselt pinnaelemendilt. Elektronkiirte liikumissuhti tüüritakse poolide 4 magnetväljaga. Selle välja suuna perioodilise muutmisega saavutatakse laotamine, nii et kollektorile satuvad fotoelektronid järjekorras kõigilt fotokatoodi elementidelt. Kujutisesignaaliid võetakse koormustakistilt 5.

Kõigi ülalkirjeldatud järgemööda toimivate televisioonisüsteemide väikese tundlikkuse põhjuseks on asjaolu, et kasutatakse ära

ainult tühine osa kujutist moodustavast valgusvoost. Tõepoolest, kui laotamine lahutab kujutise N järgemööda ülekantavaks elemendiks, siis toimib televisioonisaatja valgustundliku pinna iga element ainult $\frac{1}{N}$ osa vältel laotamisperioodist; ülejäänud aja vältel aga jääb selle elemendi sihis langev valgusvoog täiesti kasutamata.

Televisioonisaatjate tundlikkuse tõstmiseks hakati kasutama *laengute salvestamise põhimõtet*. Joonisel 1. 17 toodud skeem selgitab seda põhimõtet.

Ülekantav kujutis projitseeritakse fotoelementide paneelile, kusjuures kõigil fotoelementidel on ühine kollektor ja üksteisest isoleeritud fotokatoodid, milledest igaüks on eraldi mahtuvuse C kaudu



Joon. 1. 17. Laengute salvestamise põhimõtet kasutava televisioonisaatja skeem.

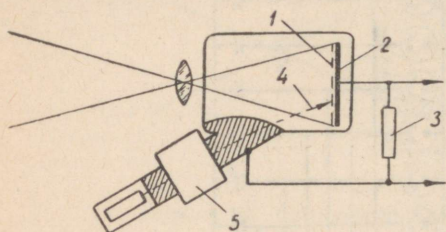
ühendatud koormustakistiga R . Fotoelementide paneelile langevate valguskiirte toimel läbivad üksikute fotoelementide vooluringe nende valgustustihedusega võrdelised fotovoolud. Fotovoolud laevad nimetatud mahtuvused potentsiaalideni, mis on võrdelised vastavate fotoelementide valgustustihedusega. Ümberlülitite U abil tühjendatakse need mahtuvused järgemööda läbi koormustakisti R , millel selle tagajärjel tekivad elektrisignaalid, mis on võrdelised ümberlülitatavate elementide valgustustihedustega.

Erinevalt joonisel 1. 15 kujutatud skeemist kasutatakse siin mahtuvustes laengute salvestumise tõttu iga fotoelemendi voolu mitte tema ümberlülitamise hetke vältel (mis moodustab ainult $\frac{1}{N}$ osa kogu fotoelementide paneeli ümberlülitamise perioodist, kus N on kujutise ülekantavate elementide arv), vaid kogu ümberlülitamise perioodi vältel, mille jooksul toimub nende mahtuvuste laadimine. Iga mahtuvuse tühjenemine läbi koormustakisti R aga toimub N korda kiiremini kui laadimine ja seetõttu on iga fotoelemendi poolt tekitatud tühjenemisvool (signaalivool) vastavast fotovoolust

N korda tugevam. Niisuguse süsteemi toime on samaväärne foto-
voolu N -kordse tugevdamisega koormustakisti vooluringis.

Seega võimaldab laengute salvestamise põhimõtte rakendamine
kujutise ühesuguse elementide arvu puhul teostada saadet järgemööda toimivate süsteemidega võrreldes N korda väiksema valgustustiheduse puhul.

Tõeline pööre televisioonitehnikas algas pärast 1931.—1932.
aastat, millele kestel nõukogude teadlase S. I. Katajevi tööde alusel loodi NSV Liidus saate-elektronkiiretoru, mida nimetatakse *ikonoskoobiks*. Ikonoskoobis kasutatakse laengute salvestamise põhimõtet, mistõttu tema tundlikkus on mitu korda suurem kui järgemööda toimivatel süsteemidel. Ikonoskoop võimaldas üle minna kõrgekvaliteediliste, mitmesajarealistele televisioonikujutiste ülekandmisele.



Joon. 1. 18. Ikonoskoobi ehituse skeem.

Ikonoskoobi ehituse skeem on toodud joonisel 1. 18. Ta sisaldab mosaiigilist fotokatoodi 1, mille iga element omab teatavat mahtuvust signaalelektroodi 2 suhtes. Signaalelektroodi vooluringi on ühendatud koormustakisti 3. Ülekantava kujutise projitseerimisel fotokatoodile salvestuvad nimetatud mahtuvustes fotoelektro-

nide väljumise tõttu positiivsed laengud, mis on võrdelised fotokatoodi vastavate kohtade valgustustihedusega. Hälvitussüsteemi 5 toimel kulgeb elektronkiir 4 järgemööda üle kõigi fotokatoodi elementide ja vabastab neile kogunenud laengud. Seejuures tekitab koormustakistit läbivad tühjendamisvoolud takistis kasuliku signaalipinge.

Joonisel 1. 19 on toodud televisiooni saate- ja vastuvõtuseadme lihtsustatud lahterskeem, kus sisaldub saate-elektronkiiretoru (ikonoskoop) ja vastuvõtu-elektronkiiretoru. Seejuures eeldatakse, et ülekande toimub raadiokanali kaudu.

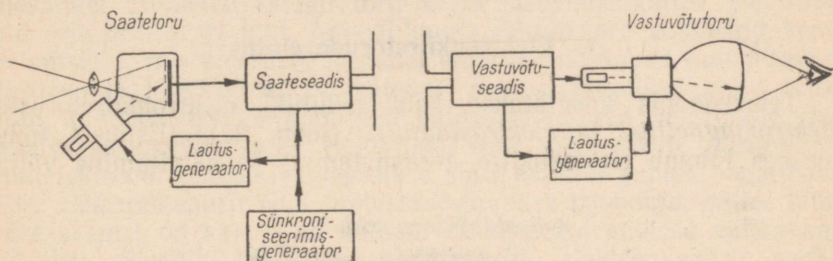
Elektronkiire hälvitamine toimub saate- ja vastuvõtutorus sellekohaste lamplülituste abil, mida nimetatakse *laotusgeneraatoriteks*. Saatetoru laotusgeneraatorit tüüritakse sünkroniseerimisimpulsside abil, mida tekitatakse kohaliku *sünkroniseerimisgeneraatoriga*. Selle generaatori sünkroniseerimisimpulsid segustatakse ülekantavate kujutisesignaalidega ja pärast vastuvõttu eraldatakse neist signaalidest ning kasutatakse vastuvõtutoru laotusgeneraatori tüürimiseks. Sel teel saavutatakse vastastikune sünkronism elektronkiirte hälvitamisel saate- ja vastuvõtutorudes.

Vastuvõetud kujutisesignaali suunatakse vastuvõtutoru elektrodile, mis tüürib tema kiire voolu. Elektronkiire voolu muutu-

mine kutsub esile toru ekraani eri punktide heleduse muutumise, mille tagajärjel ekraanile tekib ülekantava objekti kujutis.

Üheaegselt televisioonisignaali ülekandmisega toimub ka helitausta ülekandmine. Helitaust kantakse üle täiendava raadio-kanali kaudu, mille kandesagedus on lähedane kujutisesignaali kandesagedusega. See võimaldab helitausta vastuvõtmiseks osaliselt kasutada televisioonivastuvõtu trakti.

Esimesed kvaliteetsed televisioonisaadet Nõukogude Liidus algasid 1937. aastal, mil Moskvas anti eksploatatsiooni ultralühilainel töötav televisioonikeskus, mis saatis kujutisi 343-realise teravusega. Sel ajal kasutatud saatetorude tundlikkus ei olnud veel kül-



Joon. 1.19. Televisiooniülekanne plokksüsteem saate- ja vastuvõtu-elektronkiiretoruga.

laldane tänavasündmuste ja teatrietenduste vahetuks ülekandmiseks. Seetõttu pidi televisioonikeskus piirduma saatetega eristuu- diost ja samuti kinofilmide ülekandmisega.

Televisioonitehnika edasises arengus suurendati saatetorude tundlikkust ja ülekantavate kujutiste teravust ning muudeti tele- visioonivastuvõtjad lihtsamaks ja odavamaks.

Selle tulemusena alustas Moskva televisioonikeskus 1948. aastal televisioonisaaetid 625-realise teravusega. Käesoleval ajal korral- dab televisioonikeskus peale stuudiosaaetede korrapäraseid üle- kandeid vahetult Moskva staadionidelt ja teatritest. Meie tööstus on hakanud massiliselt tootma televisioonivastuvõtjaid, mis taga- vad kõrgekvaliteedilise vastuvõtu.

Kõrgekvaliteedilise elektrontelevisioonilevi kasutuselevõtmisest alates ei leidnud madalakvaliteediline mehaaniline televisioon enam praktilist kasutamist ja tänapäeval omab ta vaid puhtajaloolist tähtsust. Umbes samasuguses seisukorras on ka järgemööda toimi- vad elektronsaatesüsteemid.

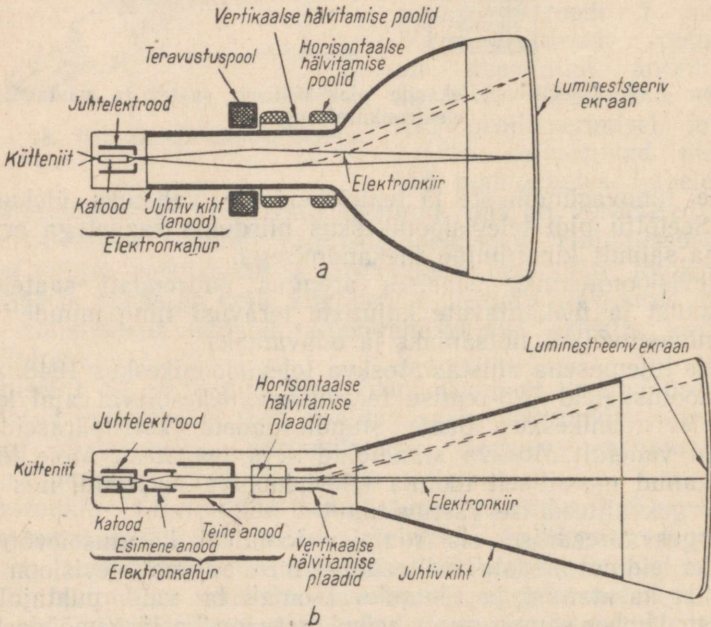
Seetõttu käsitletakse edaspidi ainult tänapäeva elektrontele- visioonisüsteemide koostiselemente.

II PEATUKK

ELEKTRONKIIRETORUD

1. Elektronkiiretorude ehitus

Telesioonis kasutatakse kaht põhiliiki elektronkiiretorusid: *elektromagnetilisi* ja *elektrostaatilisi* (joon. 2.1). Esimest tüüpi torudes toimub elektronkiire teravustamine ja hälvitamine välja-



Joon. 2.1. Vastuvõtu-elektronkiiretorud: a — elektromagnetiline ja b — elektrostaatiline.

poole toru asetatud poolide magnetväljadega. Teist tüüpi torudes toimub teravustamine ja hälvitamine toru sisse paigutatud elektrootoride elektriväljadega. Tunduvalt harvemini leiavad rakendamist

kombineeritud tüüpi torud, nagu näiteks torud elektrostaatilise teravustamise ja elektromagnetilise hälvitamisega või torud elektromagnetilise hälvitamisega vertikaalsihis ja elektrostaatilise hälvitamisega horisontaalsihis.

Iga elektronkiiretoru sisaldab: *elektronkahuri*, *teravustussüsteemi*, *hävitusüsteemi* ja elektronidega pommitatava *märklaua*. Joonisel 2.1 kujutatud vastuvõtutorudes on märklauaks *lumineeriv ekraan*.

Elektromagnetiline toru on oma ehituselt kõige lihtsam ja kaasajal kõige rohkem kasutatav. Elektromagnetilise toru elektronkahur koosneb tavaliselt kaudselt köetavast *katoodist*, katoodi ümbritsevast silindrikujulisest *juhtelektroodist* ja *anoodist*, mille ülesannet tavaliselt täidab toru kesta sisepinda kattev metallitatud (või grafiidist) kiht. Anoodi kaudu sulgub toru vooluring; tema potentsiaal, mis enamikel juhtudel määrab märklaua pommitavate elektronide lõppkiiruse, on katoodi suhtes tavaliselt mitu tuhat volti. Juhtelektrood on määratud katoodist väljuva elektronide vihu esialgseks koondamiseks ja ühtlasi selle vihu voolu tüürimiseks. Juhtelektroodi potentsiaal hoitakse alati katoodi suhtes negatiivne. Toru elektronkahurit võib samastada tavalise trioodiga, milles tüürvõre asemel on kasutatud katoodi ümbritsevat väikese väljeavaga silindrit. Seetõttu nimetatakse niisugust elektronkahurit sageli *trioodsüsteemiliseks*.

Teravustuspool tekitab toru telje suhtes sümmeetrilise magnetvälja, mis kõverdab kõigi toru teljest eemalekaldunud elektronide lennuteid ja koondab nad ühte punkti. Reguleerides teravustamise pooli voolu, taotletakse olukorda, mispuhul kõikide elektronide koondumispunkt asuks märklaua pinnal. Teravustatud elektronidevihu nimetatakse *elektronkiireks*.

Hälvituspoolide abil tekitatakse väljad, mis on suunatud toru teljega risti, ja sel teel sunnitakse elektronkiirt hälbima toru teljest nurga võrra, mis on võrdeline poole läbiva vooluga.

Elektrostaatilisel torul on samasugune elektronkahur, mis aga on kahest koaksiaalsest (ühisteljelisest) silindrist koosneva teravustussüsteemiga orgaaniliselt seotud. Neid silindreid nimetatakse tavaliselt elektronkahuri *esimeseks* ja *teiseks anoodiks*. Esimesele anoodile antakse katoodi suhtes mõnesajavoldine pinge. Teine anood ühendatakse toru kesta metallitatud kihiga ja tal on katoodi suhtes mõne tuhande voldine potentsiaal. Elektrostaatiline väli juhtsilindri ja esimese anoodi vahel koondab esialgselt elektronide vihu, mis seejärel satub esimese ja teise anoodi vahel olevasse peamisse teravustavasse välja. See väli venitab elektronide vihu märklauani kүүndivaks peeneks kiireks. Teravustamise soodsaimad tingimused saavutatakse esimese anoodi pinge reguleerimisega.

Erinevalt elektromagnetilisest torust saavutavad elektronid siin oma lõppkiiruse alles pärast väljumist teravustussüsteemist, mis ühtlasi on ka kiirendussüsteemiks.

Esimese anoodi sisse paigutatakse tavaliselt mõned avadega

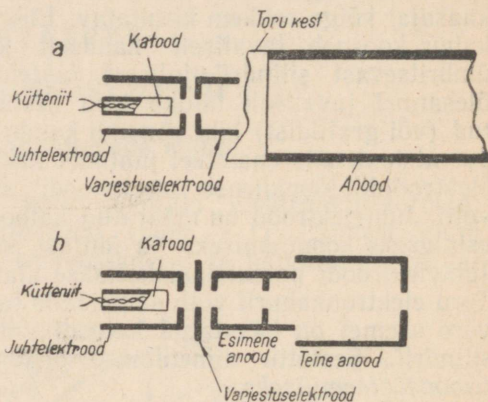
vaheseinad, mida nimetatakse *diafragmadeks* ja on määratud teravustussüsteemi läbiva elektronide vihu ristlõike piiramiseks. Vajadus niisuguseks vihu ristlõike piiramiseks on tingitud sellest, et elektrostaatiline teravustus- ja hälvitussüsteem ei saa moonutama läbi lasta nii suure ristlõikega kimpu kui elektromagnetiline süsteem.

Teise anoodi vahetus läheduses asuvad kaks paari *hälvitusplaat*: esiteks plaadid horisontaalseks hälvitamiseks ja siis plaadid vertikaalseks hälvitamiseks. Hälvitusplaatide keskmine potentsiaal peab võrduma teise anoodi potentsiaaliga. Hälvituspinge toimel tekib plaatide vahele elektrostaatiline väli, mis sunnib elektronkiirt kalduma kõrgema potentsiaaliga plaadi sihis.

Kirjeldatud triooditüüpi elektronkahurites võib täheldada juhtelektroodi potentsiaali tunduvalt mõju kiire teravustamisele. Selle, eriti vastuvõtutorudes ebasoovitava nähtuse kõrvaldamiseks kasutatakse mõnikord *tetrood-elektronkahureid* (joon. 2.2), millel juhtelektroodi ava taga paikneb täiendav varjestuselektrood. Varjestuselektrood, omades katoodi suhtes suhteliselt madalat positiivset pinget, kõrvaldab juhtelektroodi potentsiaali mõju välja kujule ruumi ulatuses, kus toimub esialgne teravustamine ja säilitab seega kestvalt soodsaimad teravustamistingimused. Üheaegselt sellega vähendab varjestuselektrood anoodpinge mõju toru kiire voolule.

Elektromagnetilised vastuvõtutorud on leidnud palju laialdast kasutamist kui elektrostaatilised, tänu tervele reale eelistele viimastega võrreldes. Samade ekraani mõõdete ja kiirenduspingete puhul võimaldavad elektromagnetilised torud saada paremat teravustamist ja suuremat kujutise heledust; seejuures võib elektromagnetiliste torude pikkus olla ligi poolteist korda väiksem kui elektrostaatilistel. Kuid väiksem võimsuse vajadus teravustamiseks ja hälvitamiseks ning teravustus- ja hälvitussüsteemi väiksem kaal, mis on omased elektrostaatilistele torudele, on põhjuseks, miks neid siiski kasutatakse.

Kõigi mainitud teravustus- ja hälvitussüsteemide eelised ning puudused saavad selgemaks pärast vastavate küsimuste üksikasjalisemat käsitlemist.



Joon. 2.2. Täiendava varjestuselektroodiga elektronkahurid: *a* — magnetilise teravustamise jaoks ja *b* — elektrostaatilise teravustamise jaoks.

2. Elektronide liikumine elektri- ja magnetväljas

a. Elektrivälja toime

Põhivalemiteks, mis määravad elektroni liikumise elektriväljas, on:

$$F = -eE, \quad (2.1)$$

$$\frac{mv^2}{2} = eU, \quad (2.2)$$

kus F — elektronile mõjuv jõud;

e — elektroni laeng ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C);

E — elektrivälja tugevus väljas, milles asetseb elektron;

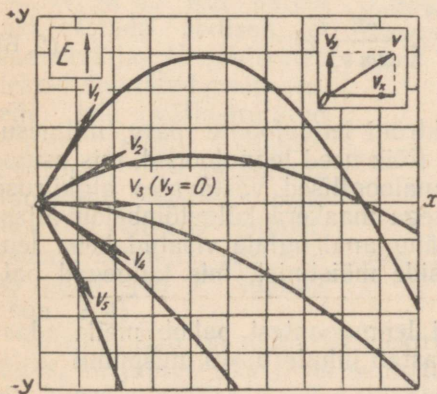
m — elektroni mass ($m = 9,107 \cdot 10^{-31}$ kg);

v — elektroni kiirus;

U — potentsiaalide vahe, mille elektron läbis.

Esimene neist valemist annab seose väljatugevuse ja elektronile mõjuva jõu vahel; teine annab seose elektroni kineetilise energia ja potentsiaalide vahe vahel, mille ta elektriväljas (algkiiruse puudumisel) läbis.

Kuna valemis (2.2) m ja e on konstantsed suurused, siis määrab järelikult elektroni kiiruse täielikult potentsiaalide vahe, mille ta elektriväljas läbis:



Joon. 2.3. Elektroni lennujooned elektriväljas tema mitmesuguste algkiiruse sihtide puhul.

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

Asendades e ja m arvvaartustega, saame:

$$v = 5,93 \cdot 10^5 \sqrt{U}. \quad (2.3)$$

See sõltuvus annab õiguse väljendada elektronide kiirust tinglikult voltides, mis on paljudel juhtudel väga sobiv.

Määrame ühtlase elektrivälja E algkiirusega v sattunud elektroni liikumisjoone ristkoordinaadistikus y, x (joon. 2.3). Eeldame seejuures, et elektrivälja siht on paralleelne y -teljega. Lahutades elektroni liikumise algkiiruse v komponentideks v_y ja v_x ning arvestades, et alghetkel ($t=0$) asub elektron koordinaatide alguses, võib tuntud mehaanika võrrandite põhjal kirjutada elektroni kummagi koordinaadi sõltuvuse ajast:

$$x = v_x t, \quad (2.4)$$

$$y = v_y t + \frac{a_y t^2}{2}. \quad (2.5)$$

Avaldises (2.5) on a_y elektroni kiirendus, mille annab talle elektriväljas avalduv jõud F .

Newtoni II seaduse põhjal võib kirjutada:

$$m a_y = F.$$

Järelikult, vastavalt avaldisele (2.1):

$$a_y = -\frac{eE}{m}.$$

Asetades saadud a_y väärtuse avaldisse (2.5), saame:

$$y = v_y t - \frac{eE}{2m} t^2. \quad (2.5a)$$

Avaldades seosest (2.4) aja t ja asendades avaldisse (2.5a) saame elektroni liikumise võrrandi:

$$y = \frac{v_y}{v_x} x - \frac{eE}{2m v_x^2} x^2. \quad (2.6)$$

Joonisel 2.3 on esitatud elektroni lennujoonte parv mitmesuguste algkiiruse v sihtide puhul. Kõik need lennujooned, mis osutuvad paraboolideks, on täiesti analoogilised vastavates algkiiruse sihtides visatud keha lennujoontega maakera külgetõmbejõuväljas. Need elektronide lennujooned, tänu analoogiale visatud keha lennujoonega, hõlbustavad protsesside mõistmist, mis kulgevad paljudes elektronikiireseadistes.

Kõikidest kujutatud elektroni lennujoontest pakub meile edaspidi erilist huvi lennujoon, mis vastab juhule $v_y = 0$, mispuhul

$$y = -\frac{eE}{2m v_x^2} x^2.$$

Võttes arvesse, et elektroni algkiirus on saadud kiirendava pinge U_a arvel ja kasutades avaldist (2.2), saame viimasest avaldisest, et

$$y = -\frac{E}{4U_a} x^2. \quad (2.7)$$

b. Magnetvälja toime

Magnetväljas liikuvale elektronile mõjuv jõud leitakse valemiga:

$$F = 1,26 \cdot 10^{-6} eHv \sin(\widehat{H,v}), \quad (2.8)$$

kus F — elektronile mõjuv jõud;

H — magnetvälja tugevus;

e — elektroni laeng;

v — elektroni liikumiskiirus;

$(\widehat{H,v})$ — nurk magnetvälja H sihi ja kiiruse v sihi vahel.

Kasutades elektroni kiiruse ristkomponendi mõistet

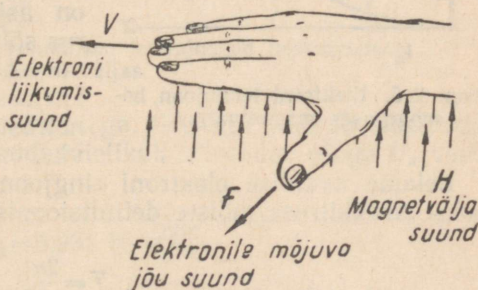
$$v_n = v \sin(\widehat{H,v}),$$

võib toodud valemi kirjutada kujul:

$$F = 1,26 \cdot 10^{-6} eHv_n. \quad (2.8a)$$

Piki ühtlase magnetvälja jõujoont liikuva elektroni $v_n = 0$ ja järelikult magnetväli tema liikumisele mingisugust mõju ei avalda.

Elektronile mõjuv jõud F on alati suunatud risti tasapinnaga, milles asetsevad H ja v . Kui parem käsi asetada selliselt, et magnetvälja H jõujooned oleksid suunatud peopessa, selle käe väljasirutatud sõrmed aga näitaksid elektronide liikumissuunda (täpsemalt öeldes, selle liikumise kiiruse ristkomponendi suunda), siis osutab põial jõu F suunda (joon. 2.4).



Joon. 2.4. Elektroni liikumissuuna määramine.

Joonisel 2.5 on näidatud elektroni lennujoon ühtlases magnetväljas, kusjuures väli H on suunatud risti joonisega, vaataja suunas, kiirus v_n aga on joonise tasapinnas. Elektroni lennujoont pidevalt kõrvalekallutatav jõud F , mis on risti v_n sihiga, sunnib elektroni liikuma mööda ringjoont, raadiusega r , tema kiirust muutmata.

Leiame raadiuse r pikkuse. Selleks tuleb väljastpoolt mõjuv jõud F samastada tsentrifugaaljõuga, mida arendab elektron, liikudes kiirusega v_n mööda ringjoont raadiusega r :

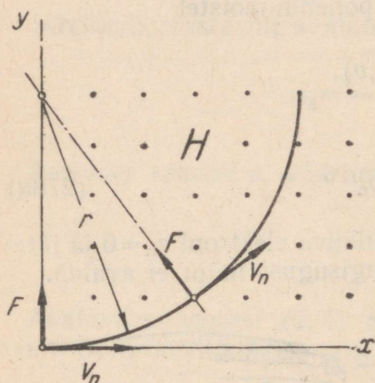
$$F = \frac{mv_n^2}{r}.$$

Väljendades jõudu F valemiga (2.8a), saame

$$r = 7,96 \cdot 10^5 \frac{mv_n}{eH}. \quad (2.9)$$

Kui väljendada elektroni kiirus kiirendava pinge U_a kaudu, saame r jaoks järgmise avaldise:

$$r = 7,96 \cdot 10^5 \frac{V \sqrt{2 \frac{m}{e} U_a}}{H}. \quad (2.10)$$



Joon. 2.5. Elektroni lennujoon homogeenses magnetväljas.

Elektroni liikumise nurkkiirust saab avaldada tuntud suhtest

$$\omega = \frac{v_n}{r}.$$

Asetades siia r väärtuse avaldisest (2.9), saame

$$\omega = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{eH}{m}. \quad (2.11)$$

Erakordselt oluline ja huvitav on asjaolu, et elektroni nurkkiirus sõltub ainult magnetvälja tugevusest ega sõltu üldse tema algkiirusest. Sellel põhinebki magnetiliste teravustussüsteemide tegevus.

Leiame avaldise elektroni ringjoont mööda tiirlemise perioodi jaoks. Nurkkiiruse mõiste definitsioonist selgub, et tiirlemisperiood

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

Asetades siia ω väärtuse avaldisest (2.11) ja minnes üle e ja m arvväertustele, saame

$$T = 2,84 \cdot 10^{-5} \frac{1}{H}. \quad (2.12)$$

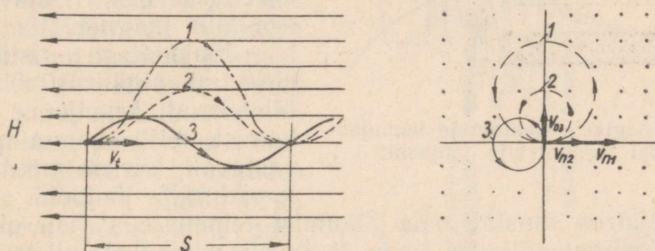
Juhul kui elektroni algkiirus sisaldab peale magnetvälja sihiga risti oleva komponendi v_n veel piki magnetvälja jõujooni suunatud tangentsiaalkomponenti v_t , hakkab elektron peale ringliikumise liikuma ka välja sihis ühtlaselt ja sirgjooneliselt kiirusega v_t , joonistades ruumis krurvijoone. Seejuures elektroni täielik kiirus v , millega ta alustas oma liikumist magnetväljas, samuti nagu tema komponendid v_n ja v_t , jääb muutumatuks.

Tuleb veel kord alla kriipsutada, et magnetväli, erinevalt elektriväljast, ei muuda temas liikuvate elektronide kiirust.

Joonisel 2.6 on näidatud ühesuguse tangentsiaalkiirusega v_t , kuid erinevate ristkiirustega kolme elektroni ruumilised lennujooned. Selliste elektronide lennujooned peavad perioodiliselt (ajavahe- miku T järel) lõikuma teljel, mis on paralleelne jõujoontega ja läbib elektronide lähtepunkti. Järelikult on vahemaa kahe lähima lennujoone lõikepunkti vahel

$$S = v_t T. \quad (2.13)$$

Praktiliselt on meil elektronikiiruseadistes peaaegu alati tegemist väga väikest esialgset hajumisnurka moodustavatest ehk, teiste sõnadega, tangentsiaalkiiruse v_t suhtes väga väikese ristkiirusega



Joon. 2.6. Elektronide ruumilised lennujooned homogeenses magnetväljas.

v_n elektronidest koosnevate vihkudega. Seetõttu määrab elektronide kiiruse tangentsiaalkomponendi täielikult kiirendav pinge U_a vastavalt avaldisele (2.3), s. o.

$$v_t = 5,93 \cdot 10^7 \sqrt{U_a},$$

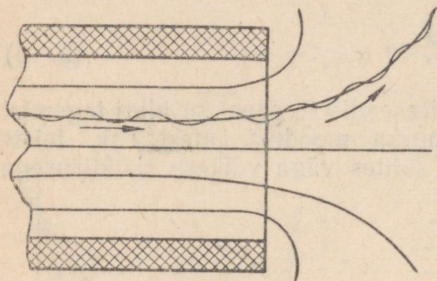
mistõttu ta jääb praktiliselt ühesuguseks kõigil vihu elektronidel.

Asetades viimase v_t avaldise ja samuti ka T avaldise (2.12) avaldisesse (2.13), saame valemi vahakauguse määramiseks elektronide lennujoonte lähimate lõikepunktide vahel:

$$S = 16,9 \frac{\sqrt{U_a}}{H}. \quad (2.14)$$

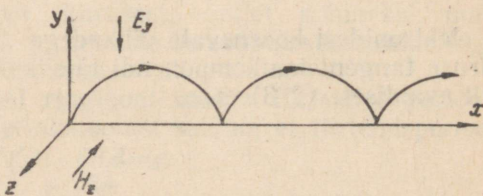
Mida väiksem on elektroni kiiruse ristkomponendi ja magnetvälja tugevuse suhe, seda väiksem on tema poolt joonistatud kruvi- joone raadius (avaldis 2.9), ja, järelikult, seda lähemal on tema lennujoon jõujoonele, mida mööda ta oma liikumist alustas. Magnetvälja jõujoonte kõverdumisel säilitab elektroni algkiirus oma väärtuse, kuid selle kiiruse rist- ja tangentsiaalkomponentide suhe võib muutuda. Kui seejuures elektroni täielik kiirus on küllaldaselt

väike, siis jääb selle kiiruse ristkomponent mistahes hetkel samuti väikeseks ja elektron järgib magnetvälja jõujoonte kõiki kõverdu-misi (täpsemalt öeldes, tema kruvijoonelise lennujoone telg ühtib ühega välja jõujoontest, nagu on kujutatud joonisel 2.7). Järelikult etendavad magnetvälja jõujooned aeglaste elektronide suhtes suu-navate kanalite osa, mida mööda need elektronid võivad liikuda.



Joon. 2.7. Aeglaste elektronide lennujoon-ned piki magnetvälja jõujooni.

Kui elektron alustab oma liikumist teineteisega risti olevates elektri- ja magnetväljades (joon. 2.8), siis alghetkel, mil tema kiir-us võrdub nulliga, mõjutab teda ainult elektrivälja poolt piki telge y tekitatav jõud. Edasi, sedamööda kuidas elektroni kiirus kasvab, hakkab magnetväli aval-dama üha suuremat jõudu F , mis on arvatav aval-disega (2.8) ja kallutab elektroni selle kiirusega risti olevas sihis. Selle tulemusena elektroni len-nujoon keerdub ja elekt-ron, kaotades omandatud energiat, hakkab liikuma elektrivälja jõule vastupidises suunas. Kaotanud kogu energia, asetseb elektron sama potentsiaali tasemel, millelt ta oma liikumist alus-tas. Edaspidi kogu liikumistsükkel kordub ja elektron joonistab kõvera, mida nimetatakse *tsükloidiks*.



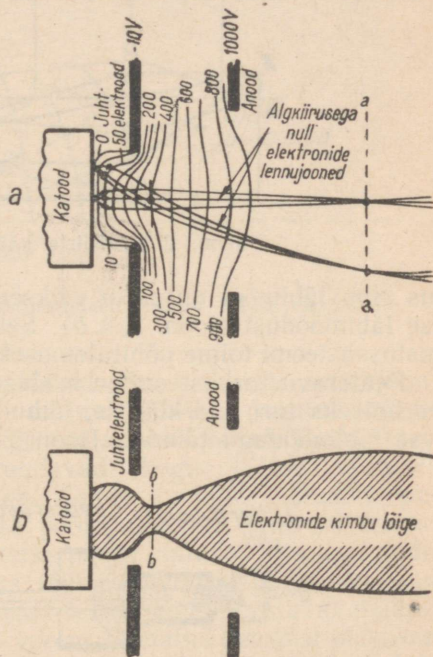
Joon. 2.8. Elektroni lennujoon teineteisega risti olevas elektri- ja magnetväljas.

3. Teravustussüsteemid

Elektronikiiretoru teravustussüsteemi põhiliseks ülesandeks on katoodi poolt emiteeritavate elektronide kogumine peenikeseks, ekraanini ulatuvaks koonduvaks vihuks (elektronikiireks).

Kaasaegsetes elektronikiiretorudes teostatakse seda kahe järjekordse asetseva teravustussüsteemiga. Esialgu satuvad katoodilt väljuvad elektronid elektrivälja poolt juhtelektroodi väljearva juures moodustuvasse eelravustussüsteemi ja seejärel peateravustussüsteemi, mille moodustab 1. ja 2. anodi vaheline elektrivälja või teravustuspooli magnetväli.

Eelravustussüsteemi tööd selgitaval joonisel 2.9, *a* on kujutatud katoodi, juhtelektroodi ja elektronkahuri anodi poolt moodustatud elektrivälja ekvipotentsiaalpinnaid. Katoodi poolt emiteeritavad elektronid satuvad anodi kiirendavasse elektrivälja, mis läbi juhtelektroodi väljearva künäb kuni katoodi pinnani. Selle välja kõverus omab sellist kuju, et katoodi pinna erisugustest punktidest väljalendavad elektronid, liikudes nulliga võrduva algkiirusega kõrgeneva potentsiaali suunas, lõikavad süsteemi telge juhtelektroodi väljearva lähedal asuva tasapinna *b—b* lähedal. Elektronid, mis väljuvad katoodi ühest ja samast punktist, kuid omavad katoodis erinevate soojuslike protsesside tõttu erisugust algkiiruse sihti, lõikavad süsteemi telge eri punktides, kuid seejärel kogunevad süsteemi teljega risti asetseva tasapinna *a—a* ühte ja samasse punkti. Seejuures vastab katoodi pinna igale punktile kindel punkt tasapinnas *a—a*, kuhu emiteeritavad elektronid kogunevad. Kasutades geomeetrilise optika terminoloogiat, nimetatakse elektronide koondumiskohta tasapinnas *a—a* katoodi *elektronkujutiseks* (kui sellesse tasapinda asetada luminesceeriv ekraan, siis tekib temal tõepoolest katoodi pinna suurendatud kujutis).

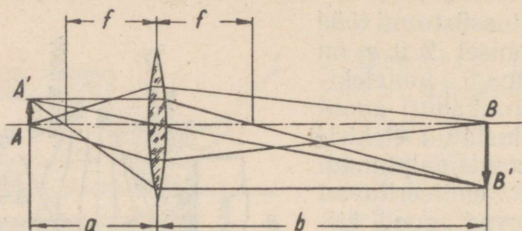


Joon. 2.9. Eelravustussüsteemi toime: *a* — elektrivälja jaotus ja üksikute elektronide lennujooned, *b* — elektronide kimbu lõige.

Sellise süsteemi toime on nagu igal teiselgi elektrostaatilisel või magnetilisel süsteemil väga sarnane koondava läätse toimega (joon. 2.10), mis kogub punktides *A* ja *A'* lähtuvaid valguskiirte vihkke vastavalt punktidesse *B* ja *B'*, tekitades seega tasapinnas *B—B'* objekti *A—A'* (antud juhul suurendatud) kujutise.

Seetõttu võib elektronteravustussüsteeme nimetada *elektronläätsedeks*.

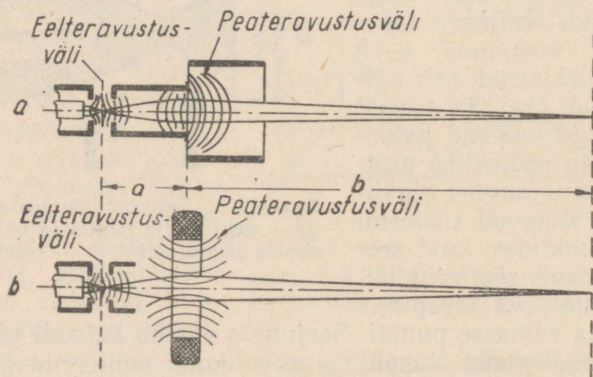
Kuid katoodi elektronkujutise tekkimisel on eelravustussüsteemi töös teisejärguline tähtsus. Tunduvalt olulisem on see, et eelravustamine tekitab tasapinnas $b-b$ elektronide vihu ristumise,



Joon. 2.10. Kierte käik optilises läätses.

kus vihu läbimõõt on palju väiksem katoodi ja tema elektronkujutise läbimõõdust (joon. 2.9, b). Selle ristumise saamine on eelravustussüsteemi toime põhitulemuseks.

Peateravustussüsteem on määratud ainult selle ristumise projekteerimiseks toru märklauale, kuhu ilmub tema kujutis küllalt väikese läbimõõduga tähnina (joon. 2.11).



Joon. 2.11. Eel- ja peateravustussüsteemi toime skeem:
 a — elektrostaatiliste ja b — magnetiliste torude kohta.

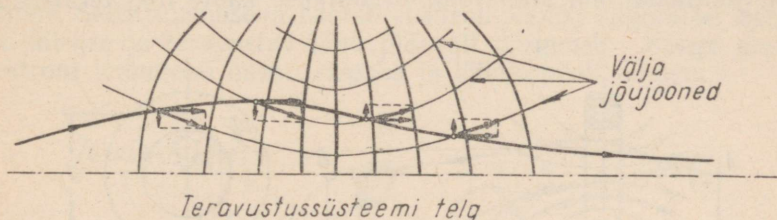
Peateravustussüsteemi põhiliseks parameetriks on tema *fookuse kaugus* (f). Hea teravustuse saamiseks tuleb kinni pidada seosest

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (2.15)$$

(mis kehtib samuti ka optilise läätses kohta).

Elektrostaatilist peateravustamist teostatakse tavaliselt kiirendava elektrivälja poolt, mille tekitavad kaks koaksiaalset silindrit, mis on elektronkahuri 1. ja 2. anoodiks (kuigi põhimõtteliselt võib selleks otstarbeks kasutada teiste pöördkehade kujulisi elektroode). Väga oluline on, et teravustusväli omaks teljesümmeetriat.

Elektrostaatilise teravustusläätsede tööpõhimõtte selgitamiseks kasutame joonist 2. 12, kuhu on kantud välja jõujooned, ekvipotent-



Joon. 2. 12. Elektrostaatilise teravustussüsteemi välja toime elektronile.

siaalpinnaid ja kus ühtlasi on näidatud üks elektroni lennujoonest läätse. Välja poolt elektronile mõjuvad jõud on jagatud kaheks komponendiks — teljesuunaliseks ja radiaalseks. Nende jõudude teljesuunalised komponendid kiirendavad kogu läätse ulatuses elektroni liikumist piki läätse telge. Nende jõudude radiaalkomponendid kõverdavad läätse esimese poole ulatuses elektroni lennujoont läätse telje suunas, läätse teise poole ulatuses aga vastupidises suunas. Kuna elektroni kiirus läätse läbimisel kogu aeg suureneb, siis radiaaljõudude mõju tema lennujoonele vastaval määral väheneb (see järeldub meie poolt varem tuletatud seostest elektroni lennujoone kohta elektriväljas). Õeldu kohaselt osutub elektroni lennujoone kõverdumine läätse telje suunas märgatavalt suuremaks kui kõverdumine vastupidises suunas ja seetõttu jätkab teravustusväljast väljalennanud elektron edasiliikumist mööda läätse teljele lähenevat lennujoont.

Kui üksikute elektronide liikumiskiirused telje suunas on võrdsed ja kui nende lennujooned väga tunduvalt ei eemaldu läätse teljest, mille lähedal teravustussüsteemi väli on kõige soodsam, siis koonduvad nad kõik ühte punkti. Elektronide kimbu esialgse hajumisnurga piiramise korral on mõlemad mainitud tingimused automaatselt täidetud. Potentsiaalide vahe muutmisega läätse silindrite vahel saab muuta läätse fookuse kaugust ja saavutada seda, et elektronide koondumispunkt ühtiks toru ekraani tasapinnaga.

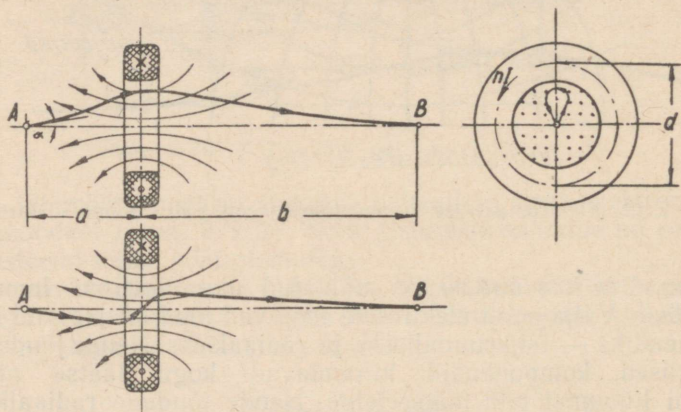
Elektrostaatilise teravustamisega torudes osutub elektronide hajumisnurga piiramine juhtsilindri abil praktiliselt mitteküllaldaseks ja teravustamise kvaliteedi tõstmiseks paigutatakse teravustussüsteemi esimesse silindrisse tavaliselt üks või mitu diafragmat, mis täiendavalt piiravad vihu hajumisnurka.

Elektrostaatiliste läätsete elektroodide kuju optimaalsed geometrilised mõõded ei ole arvatavad, vaid need leitakse tavaliselt katselisel teel.

Asugem nüüd magnetiliste teravustussüsteemide käsitlemisele.

Igale teljesümmeetriat omavale magnetväljale on omane välja telje suhtes väikese nurga all liikuvatele elektronidele avalduv teravustav toime.

Teravustusmagnetvälju tekitatakse spetsiaalsete poolidega, mildest juhitakse läbi alalisvool. Eristatakse kahte liiki teravustus-



Joon. 2. 13. Elektronide lennujoon lühikese teravustuspooli sees.

poole: *lühikesi*, mis tekitavad ainult elektroni liikumise teekonna ühel osal mõjuva ebaühtlase magnetvälja, ja *pikki*, mis tekitavad kogu elektroni liikumise teekonna ulatusel mõjuva ühtlase magnetvälja.

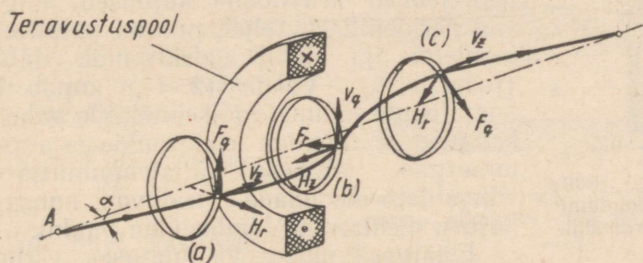
Käsitleme algul lühikese teravustuspooli toimet.

Elektroni lennujoon sellise pooli sees on kujutatud kolmes projektsioonis joonisel 2. 13. Sellelt jooniselt nähtub, et teravustuspooli telje suhtes nurga a all väljalennanud elektroni lennujoon paindub selle telje suunas.

Joonisel 2. 14 on kujutatud pooli magnetväli H , elektroni kiirus v ning elektronile tema liikumisel poolis mitmesugustel hetkedel mõjuv jõud F . Indeksid z , r ja q tähistavad vastavalt piki-, radiaal- ja ristsihti pooli telje suhtes. Kõik ülalmainitud suuruste sihid on omavahel seotud joonisel 2. 4 piltlikult selgitatud juhise kohaselt. Ringid a , b ja c on tõmmatud kujutatud vektorite ruumiliste sihtide tajumise hõlbustamiseks.

Elektroni sattumisel pooli magnetvälja (s. t. elektroni liikumisel tugevnevas magnetväljas) kutsub välja radiaalkomponendi H_r ja elektroni kiiruse pikikomponendi v_z olemasolu esile ristjõu F_q (asend a), mis paneb elektroni pooli telje ümber keerlema. Selle tulemusena omandab elektron ristsihilise kiiruse v_q , mis välja piki-

komponendi H_z olemasolul kutsub esile radiaaljõu F_r (asend b). Jõud F_r painutab elektroni lennujoont pooli telje suunas ja on peamiseks teravustavaks jõuks. Elektroni tungimisel pooli sisse tema ristsihiline kiirus v_q kasvab ja suureneb teravustav jõud F_r . Elektroni väljumisel pooli magnetväljast (s. t. tema liikumisel nõrgenevas magnetväljas) omandab selle välja radiaalkomponent H_r vastupidise märgi, mis põhjustab märgi muutumise ka ristjõul F_q (asend c), mis nüüd püüab panna elektroni tiirlema vastupidises suunas. Selle tulemusena kaotab elektron poolist väljumisel ristsihilise kiiruse ja teravustav jõud pidevalt nõrgeneb. Seega muutub elektroni lennujoon uuesti sirgeks ja löikub pooli teljega.



Joon. 2.14. Lühikese teravustuspooli sees liikuvale elektronile mõjuvad jõud.

Elektromagnetilisel teravustamisel, samuti nagu elektrostaatilise teravustamise puhulgi, koonduvad kõikide elektronide lennujooned ühte punkti ainult tingimusel, et nende kiirused piki pooli telge oleksid ühesugused. Kuna aga antud juhul on teravustusvälja radiaalsed mõõted tunduvalt suuremad kui elektrostaatilisel teravustamisel (sest teravustuspool asub väljaspool toru), siis vihu ahendamise diafragma abil nõutav ei ole.

Erinevalt elektrostaatilisest teravustamisest siin elektronide kiirendamist teravustamisprotsessis ei esine. Kuid teravustuspooli telje suhtes sümmeetrilise kiirendava elektrostaatilise välja olemasolu süsteemi normaalset tööd ei häiri.

Elektromagnetilise läätse fookuse kaugust võib arvutada valemiga:

$$f = 4,84 \cdot 10^4 \frac{U_a d}{(nI)^2}, \quad (2.16)$$

kus f — fookuse kaugus;

U_a — kiirenduspinge;

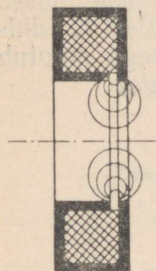
d — teravustuspooli keskmine läbimõõt;

nI — teravustuspooli magneetimisergutus (amperkeerdude arv).

Väga tihti paigutatakse teravustuspool magnetvälja kontsentreevrisse terasvarjesse (joon. 2.15). See võimaldab vähendada vaja-

likku pooli amperkeerdude arvu ning ühtlasi soodustab teravustus- ja hälvitusväljade eraldamist, mis on vajalik hälvitussüsteemi normaalseks töötamiseks.

Vaatleme nüüd, kuidas töötab pikk teravustuspool, mille magnetväli on praktiliselt ühtlane kogu teravustatavate elektronide liikumise teekonna ulatusel. Niisuguseid teravustuspoole kasutatakse vaid spetsiaalsetes saatetorudes, kus elektronid liiguvad suhteliselt väikese kiirusega.



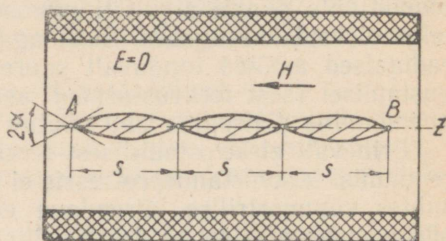
Joon. 2.15. Teravustuspooli magnetvälja koondamine terasvarje abil.

Nagu oli juba märgitud eelnevas paragrahvis, on oma teekonda ühtlase magnetvälja mingist punktist erisuguste rist- ja ühesuguste tangentsiaalkiirustega alustavate elektronide lennujooned krüvijoone kujulised ning lõikuvad perioodiliselt teljel, mis on paralleelne jõujoontega ja läbib elektronide lähtepunkti (joon. 2.6). Valem (2.14) annab kauguse lennujoonte lähimate lõikepunktide vahel. Selle kauguse sõltumatus elektronide esialgselt lennunurgast (väikese väljalennunurga puhul) võimaldab koondada teatava nurga piires hajuva elektronide kimbu ühte punkti.

Esialgselt nurga 2α ulatuses väljuvate ja seejärel konstantse kiirusega ühtlases magnetväljas liikuvate elektronide lennujoonte kogum omandab joonisel 2.16 kujutatud pöördekeha piirjooned. Muutes elektronide algkiirust või magnetvälja tugevust, võib saavutada seda, et kahe antud punkti A ja B vahele mahub mistahes täisarv vahemikke S .

Ühtlase magnetvälja abil on võimalik teravustada ka elektrone, mis ei oma algkiirust ja mida kiirendatakse üheaegselt teravustamisega. Käsitleme sellist juhtu.

Olgu elektronide väljalennupunkti A ja nende koondumispunkti B vahele rakendatud kiirenduspinge U_a (joon. 2.17), mis tekitab ühtlase elektrostaatilise välja tugevusega



Joon. 2.16. Elektronide liikumine pika teravustuspooli sees.

$$E = \frac{U_a}{S_1} \quad (2.17)$$

Elektronide kiirendatud liikumine piki välja jõujooni põhjustab seda, et nende krüvijoonelise spiraali samm, mis on võrdeline elektronide liikumiskiirusega, alates nullist sujuvalt kasvab. Seejuures omandab jääva esialgse hajumisnurgaga 2α piiratud elektronide

lennujoonte piirdejoon piki telge ebaühtlaselt deformeeritud värtna kuju (joon. 2.17).

Vastavalt avaldisele (2.5a) võib piki jõujooni algkiirust mitte-omavate elektronide liikumise võrrandi väljendada järgmisel kujul:

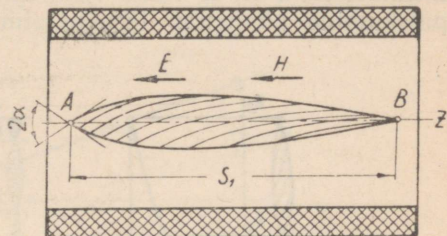
$$z = \frac{eE}{2m} t^2.$$

Asendades siin t elektroni tiirlemise perioodiga T , saame kau-guse S_1 avaldise:

$$S_1 = \frac{eE}{2m} T^2.$$

Kasutades veel seoseid (2.12) ja (2.17) ning min-nes üle e ja m arvvaätus-tele, saame lõplikult

$$S_1 = 8,45 \frac{\sqrt{U_a}}{H}. \quad (2.18)$$



Joon. 2.17. Ühtlaselt kiirendatud elektroni liikumine pika teravustuspooi sees.

Pakub huvi käsitleda ka ühtlase magnetväljaga teravustamise üldisemat juhtu, mil teravustusvälja sattuvad elektronid omavad algkiirust ning teravustusvälja ulatuses neid täiendavalt kiirendatakse või aeglustatakse elektriväljaga.

Sel juhul omandab elektroni liikumise võrrand (piki telge z) analoogiliselt varem saadud avaldisega (2.5a) järgmise kuju:

$$z = v_z t - \frac{eE}{2m} t^2.$$

Kui elektroni algkiirust v_z väljendada esialgselt kiirendava pinge U_a kaudu, saame

$$z = \sqrt{\frac{2eU_a}{m}} t - \frac{eE}{2m} t^2. \quad (2.19)$$

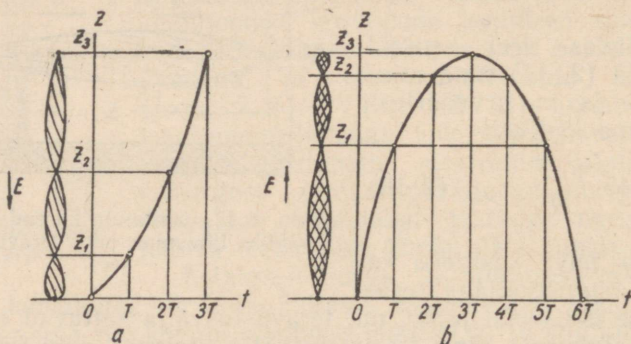
Elektrivälja tugevuse E positiivne märk näitab, et elektronide liikumine aeglustub, ja vastupidi.

Vastavalt elektronide liikumiskiiruse muutumisega deformeerub ka nende lennujoonte piirdejoon. Joonisel 2.18 on toodud elektronide lennujoonte piirdejooned koos vastavate liikumise kõveratega (piki z telge). Nendel kõveratel on toodud lennujoonte lõikepunktide graafiline määramine. Joonis 2.18, a kehtib kiirendava välja ja joonis 2.18, b — aeglustava välja puhul.

Analüütilise avaldise lennujoonte n -nda lõikepunkti koordinaatide kohta võib saada avaldisest (2.19), asendades seal $t = nT$.

On hõlpus tõestada, et pidurdava välja puhul lendavad elektronid vaid potentsiaalini, mis võrdub nende esialgse kiirendava pingega, ja hakkavad seejärel liikuma tagasi, saabudes lähtepunkti kiirusega, mis võrdub nende algkiirusega. Seega saab ühtlase magnetvälja abil luua teravustatud elektronide vihu, mille lõpp ulatub vabasse ruumi ega puutu kokku vooluringi sulgeva elektroodiga. Mõningate saatetorude talitlus põhineb just sellise elektronide kimbu ära kasutamisel.

Mistahes teravustussüsteemi puhul toimub teravustatud vihu üksikute elektronide vahel vastastikune laialipaiskumine. See laialipaiskumine põhjustab teravustatud vihu ristlõike suurenemist ja



Joon. 2.18. Elektronide liikumine pika teravustuspooli sees:
 a — kiirendava ja b — pidurdava elektrivälja puhul.

seega takistab teravustussüsteemi talitlust. Mida tugevam on vool kimbus, seda suurem on vihu koondunud laengute tihedus ja seda rohkem ilmneb elektronide laialipaiskumist. Mida kõrgem on kiirendav pinge, seda kiiremini läbivad elektronid kogu teekonna ja seda väiksem on laengute tihedus vihus ja, järelikult, seda vähem esineb ka laialipaiskumist. Seega tuleb teravustamise parendamiseks kõrgendada kiirendavat pinget ja nõrgendada voolu kimbus.

4. Hälvitussüsteemid

Joonisel 2.19 on toodud elektronide idealiseeritud lennujoone kujutis toru sees elektrostaatiliselt hälvituse puhul. Idealiseerimine seisab eelduses, et hälvitusväli E on piirkonna l ulatusel homogeenne ja väljaspool seda piirkonda puudub. Seega eeldatakse, et piirkonnas l liiguvad elektronid mööda parabooli, väljaspool seda piirkonda aga sirgjooneliselt.

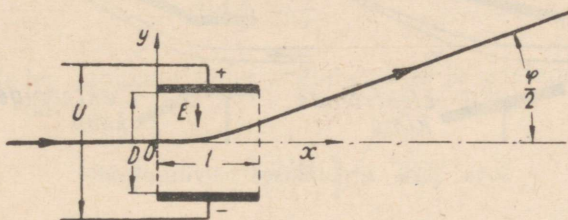
Hälvitussüsteemi toime tulemust on otstarbekohane mõõta hälbenurgaga φ . Leiame sõltuvuse hälbenurga φ ja hälvituspinge U vahel antud kiirenduspinge U_a ja hälvitussüsteemi mõõdete puhul.

Avaldise (2.7) põhjal võib kirjutada lennujoonte võrrandi elektronide liikumise kohta piirkonnas l :

$$y = \frac{E}{4U_a} x^2.$$

Selle avaldise tulemus $x=l$ puhul annab elektronide lennujoone ja telje vahelise nurga tangensi nende väljumisel hälvitussüsteemi väljast:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{E}{2U_a} l.$$



Joon. 2.19. Idealiseeritud elektrostaatiline hälvitusüsteem.

Nurga $\frac{\varphi}{2}$ väikese väärtuse tõttu võib praktiliseks otstarbeks küllaldase täpsusega asendada tema tangensi nurga endaga. Sel juhul võib eelmise avaldise kirjutada järgmisel kujul:

$$\varphi = \frac{E}{U_a} l. \quad (2.20)$$

Väljendanud väljatugevuse E pinge U kaudu, mis tuleb rakendada antud nurga saamiseks hälvitusplaatidele, saame:

$$U = \frac{\varphi D U_a}{l}, \quad (2.21)$$

kus D on plaatidevaheline kaugus.

Nurka φ tuleb siin väljendada radiaanides; kui teda aga väljendada kraadides φ° , siis omandab see valem järgmise kuju:

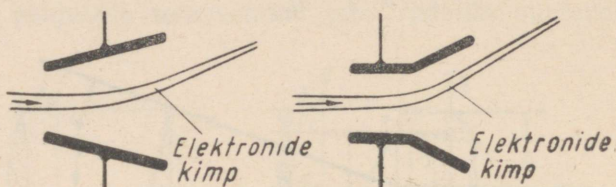
$$U = 1,74 \cdot 10^{-2} \frac{\varphi^\circ D U_a}{l}. \quad (2.22)$$

Saadud avaldised näitavad, et elektrostaatilise hälvitamise tundlikkus (s. o. nurk, mille võrra elektronkiir hälbib ühevoldise hälvitava pingel puhul) on pöördvõrdeline kiirendava pingega U_a .

Moonutusvabaks elektrostaatiliseks laotamiseks on vaja, et vastasplaatidele rakendatavad hälvituspinged oleksid igal hetkel teine-

teisega võrdsed ja vastasmärgilised (teise anoodi suhtes). Vastasel juhul rikutakse hälvitusvälja sümmeetriat, mis põhjustab kiire hajumist ja kujutise kuju moonutamist ekraanil.

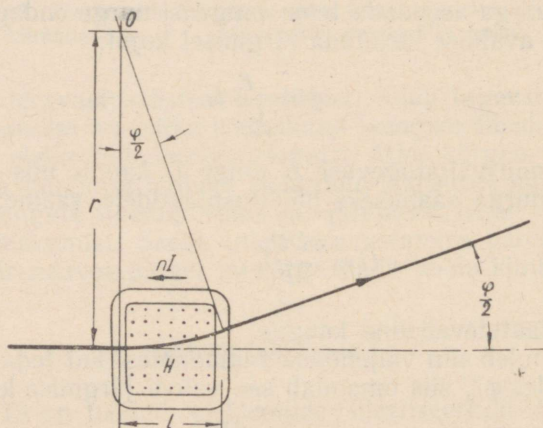
Vahekaugus hälvitusplaatide vahel tuleb valida küllaldase tagavaraga, selleks et vältida elektronide vihu lähenemise võimalust plaatidele, mis võib põhjustada vihu hajumist tunduva väljatugevuse tõttu plaatide servade lähedal. Antud tingimuste rahuldamiseks asetatakse mõnikord hälvitusplaadid teineteise suhtes nurga all (joon. 2. 20), mispuhul säilib küllaldaselt suur tundlikkus.



Joon. 2. 20. Erikujulised hälvitusplaadid.

Vihu hälvitusplaatide servadele lähenemisest tingitud hajumise esinemise tõttu ei saa täielik hälbimisnurk tegelikult ületada 30° .

Joonisel 2. 21 on kujutatud elektronide liikumise idealiseeritud lennujoon magnetilise hälvitamise puhul. Idealiseerimine seisab siin



Joon. 2. 21. Idealiseeritud magnetiline hälvitus-süsteem.

eelduses, et hälvituspoolide magnetväli on poolide sees (joonisel 2. 21 täpitud ala) ühtlane ja väljaspool selle ala piire puudub. Järelt eeldatakse, et elektronide lennujoon mainitud piirkonnas on ringjoone osaks, väljaspool seda piirkonda aga koosneb sirgest.

Leiame hälbimisnurga φ sõltuvuse hälvituspoolide magneetimisergutusest antud kiirenduspinge U_a ja poolide pikkuse l puhul.

Elektronide lennujoone raadius hälvituspoolide sees leitakse valemiga (2. 10):

$$r = 7,96 \cdot 10^5 \frac{\sqrt{2 \frac{m}{e} U_a}}{H}.$$

Vastavalt ilmsetele geomeetrilistele seostele võib praktiliseks otstarbeks küllaldase täpsusega kirjutada võrduse:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{l}{r}.$$

Asendades tangensi tema argumendiga ja asetades avaldisse r väärtuse, saame

$$\varphi = 1,26 \cdot 10^{-6} l H \sqrt{\frac{2l}{m U_a}} \quad (2. 23)$$

ehk, kui asendada e ja m arvväertustega,

$$\varphi = 0,75 \frac{lH}{\sqrt{U_a}}. \quad (2. 23a)$$

Kui kaugus hälvituspoolide vahel on D ja kogu magnetväli H on keskendatud poolide sisse (mida on võimalik saavutada välise terasvarje kasutamisega), siis magneetimisergutuse seaduse põhjal on magnetiline pinge seotud amperkeerdude arvuga lihtsa seose abil:

$$HD = nI. \quad (2. 24)$$

Avaldistest (2. 23a) ja (2. 24) leiame antud hälbimisnurga φ saamiseks vajaliku hälvituspoolide amperkeerdude arvu:

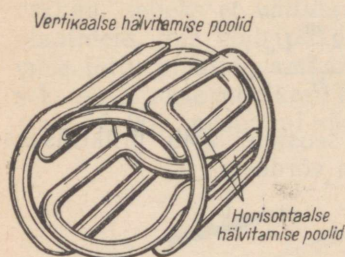
$$nI = 1,34 \frac{\varphi D}{l} \sqrt{U_a}. \quad (2. 25)$$

Kui nurka φ väljendada kraadides, siis

$$nI = 2,33 \cdot 10^{-2} \frac{\varphi D}{l} \sqrt{U_a}. \quad (2. 25)$$

Saadud avaldised näitavad, et elektromagnetilise hälvitamise tundlikkus (s. o. nurk, mille võrra hälbib elektronikiir hälvituspooli ühe amperkeeru mõjul), on pöördvõrdeline ruutjuurega kiirendava pinge U_a väärtusest. See tähendab, et kõrgete kiirendavate pingete puhul on palju otstarbekam kasutada elektromagnetilisi hälvitussüsteeme kui elektrostaatilisi (millede tundlikkus kiirendava pinge tõustes väheneb kiiremini).

Lihtsaimal juhul on kahes suunas magnetiliseks hälvitamiseks vaja kaks paari hälvituspoole, millede teljed on teineteise suhtes risti ja ühtlasi ka risti toru teljega (joon. 2. 22).



Joon. 2. 22. Lihtsaimat süsteemi hälvituspoolide vastastikune asetus.

vaid oleksid toru kaela ümbermõõdu ulatuses koosinusega. Sellise jaotatud mähise löige on kujutatud joonisel 2. 23, a. Koosinusega jaotuse all mõistetakse sellist jaotust, mispuhul mähise ümbermõõdu ühe kraadi kohta tulevat keerdude arvu säilitatakse võrdelisena nurga θ koosinusega.

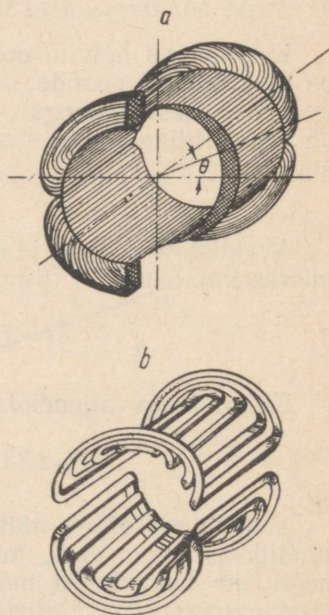
Tegelikult valmistatakse jaotatud mähised üksikutest, üksteise sisse mahutatavatest seksioonidest (joon. 2. 23, b). Et muuta hälvitusüsteem odavamaks, viiakse hälvituspoolide paarile tulev seksioonide arv mõnikord kuueni või isegi neljani, mis võimaldab täita hälvitava välja homogeensuse säilitamiseks vajalikke tingimusi vaid ligikaudselt.

Reahälvituspoolid valmistatakse tavaliselt väikese keerdude arvuga ja seega arvutatakse suurele hälvitusvoolule. See väldib isolatsiooni läbilöögi võimaluse kõrge pingega (mis tekib reahälvitusüsteemis laotuse tagasihüppe ajal) ja kannab kõik raskused, mis on seotud hea isolatsiooni ja väikse jaotatud mahutuvusega mähiste valmistamisega, üle pingetmadaldavale vahetrafole, mille kaudu seda süsteemi toidetakse.

Isegi täiesti ideaalselt homogeense magnetväljaga saadavate

Homogeense magnetvälja puhul on energia, mida tuleb anda hälvituspoolidele antud magnetilise pingega saavutamiseks, võrdeline selle välja poolt haaratava ruumalaga. Seepärast antakse hälvituspoolidele magnetvälja sulgemiseks minimaalsesse ruumalasse toru kaela haarava silindri kuju ja poolide ümber asetatakse terastorust ike, mis piirab magnetvälja ja vähendab välist puistet.

Täiesti homogeense magnetvälja saamiseks on vaja, et kummagi hälvituspoolipaari pikisuhtmed ei oleks keskendatud üksikutesse kohtadesse,



Joon. 2. 23. Hälvituspoolide mähiste kujundus: a — jaotatud mähis ja b — seksioonmähis.

tunduvate hälbimisnurkade puhul tekib ekraanil teatav kujutise geomeetriline moonutus ja kiire hajumine. Kuid rahuldavaid tulemusi saadakse kuni 70° ulatuvate hälbimisnurkade puhul (mis rohkem kui kahekordselt ületab elektrostaatilises süsteemis lubatavat hälbimisnurka).

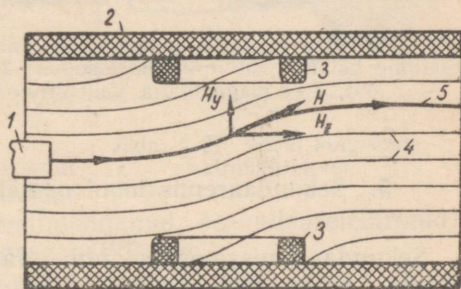
Magnetiliste hälvitussüsteemide eeliseks, võrreldes elektrostaatiliste süsteemidega, on veel ka see, et ühesuguste mõõdete puhul võimaldavad need torud kasutada palju suurema hajumisnurgaga elektronide vihke, mis võimaldab tähni samasuguste mõõdete puhul saada tugevaid kiire voolu. See seletub sellega, et, esiteks, homogeense hälvitava välja piirkond saadakse siin hälvitussüsteemi mõõdete suurenemise arvel tunduvalt suurem, ja, teiseks, hälvitamise käigus ei muutu elektronide kiirus, mis vähendab hälvitussüsteemi hajutatavat toimet suurema ristlõikega vihkudele.

Lõpuks käsitleme mõningaid elektronikiire hälvitamise erimenetlusi, mida rakendatakse saatetorudes, millede töötingimused nõuavad aeglaste elektronide olemasolu ja piki toru telge suunatud tugevat magnetvälja (mis on vajalik elektronide teravustamiseks väikeste kiiruste puhul).

Kuna sel juhul elektronid liiguvad välja jõujoonte sihis, siis võib neid hälvitada nende jõujoonte vastava kõverdamise teel. Selleks otstarbeks asetatakse teravustavat välja H_z tekitava pooli sisse ristsihilist hälvitavat välja H_y tekitavad hälvituspoolid (joon. 2.24). Liikudes piki resulteeriva välja H jõujooni, hälbivad elektronid toru teljest vajalikus suunas, H_y väärtusega võrdelisele kaugusele.

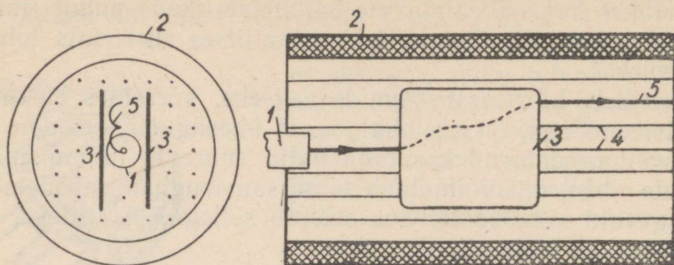
Kui piki telge sihitud magnetvälja asetada hälvitusplaadid, mis tekitavad risti sihitud elektrivälja E_x (joon. 2.25), siis omandavad elektronid lisaks kulgevliikumisele piki toru telge veel tsükloidliikumise ristsihis. Seega toimub elektronide hälvitamine hälvitusplaatide tasapinnas ulatuses, mis on võrdeline nende poolt tekitava väljatugevusega E_x .

Huvitav on märkida, et telje sihis toimiva magnetvälja olemasolu muudab hälvitussüsteemide omadusi põhilikult: sel juhul toimub magnetiline hälvitamine hälvitava välja sihis, elektrostaatiline aga hälvitava väljaga ristiolevas sihis.



Joon. 2.24. Teravustavas magnetväljas liikuvate aeglaste elektronide magnetiline hälvitamine: 1 — elektronkahur; 2 — teravustuspool; 3 — hälvituspool; 4 — magnetvälja jõujooned; 5 — elektronide lennujoon.

Sellised hälvitussüsteemid leiavad kasutamist «ortikon»-tüüpi saatetorudes.

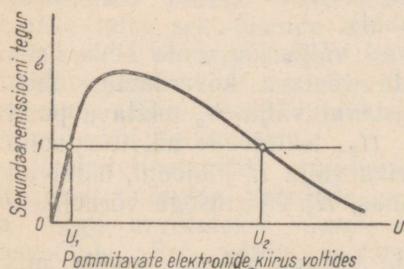


Joon. 2.25. Teravustavas magnetväljas liikuvate aeglaste elektronide elektrostaatiline hälvitamine: 1 — elektronkahur; 2 — teravustuspool; 3 — hälvitusplaadid; 4 — magnetvälja jõujooned; 5 — elektronide lennujoon.

5. Sekundaaremissiooni osatähtsus televisioonitorudes

Sekundaaremissiooniks nimetatakse tahkete kehade omadust eritada väliste *primaarelektronidega* pommitamise mõjul *sekundaarelektrone*. Sekundaarelektronide eritamise intensiivsus sõltub pommitatava märklaua pinna omadustest ja pommitavate elektronide kiirusest.

Allpool kirjeldatakse sekundaaremissiooni põhilisi nähtusi ja ka mõningaid nende nähtustega seotud füüsikalisi protsesse televisiooni elektronkiiretorudes. Niisuguste nähtuste hulka kuuluvad



Joon. 2.26. Tüüpiline sekundaaremissiooni tunnusjoon.

laengute ärajuhtimine elektronkiirega pommitatavatelt isoleeritud pindadelt ning antud potentsiaali säilitamine nendel pindadel ja samuti saatetoru signaalivoolude sekundaarelektronkordistamine.

Sekundaaremissiooni iseloomustatakse *sekundaaremissiooni teguriga* σ , mis näitab, mitu sekundaarelektroni ühe pommitatava primaarelektroni toimel keskmiselt välja lendab.

Joonisel 2.26 on toodud tüüpiline sekundaaremissiooni teguri sõltuvus primaarelektronide kiirusest, mis on väljendatud voltides. Sellest sekundaaremissiooni tunnusjoonest nähtub, et primaarelektronide kiiruse muutumisel teatud piirides (mis on tähistatud U_1 - ja U_a -ga) on tegur σ suurem kui üks; primaarelektronide suuremate ja väiksemate kiiruste puhul jääb tegur σ ühest väiksemaks.

Elektronkiiretorude märklaudadena kasutatavate dielektriliste pindade (näiteks luminesseerivate ekraanide) puhul on U_1 tavaliselt 150—200 V, U_2 aga kõigub piirides 5000—8000 V, ulatudes erandjuhtudel kuni 15 000 voldini.

Joonisel 2.27 on toodud voolude kulgemise skeem elektronkiiretorus. Kui potentsiaal kollektoril K , millele sekundaarelektronid satuvad, ületab märklaua M potentsiaali, siis satuvad kõik väljalennanud sekundaarelektronid kollektorile ja moodustavad tema vooluringis voolu i_2 , mille suhe primaarse põmittitava vooluga i_1 on võrdne märklaua sekundaaremissiooni teguriga:

$$\frac{i_2}{i_1} = \sigma. \quad (2.27)$$

Kui aga kollektori potentsiaal osutub märklaua potentsiaalist madalamaks, siis suunatakse kõik väljalennanud sekundaarelektronid, sattudes pidurdavasse välja, tagasi märklauale.

Seega juhul, kui märklaua potentsiaal U_m (mis antud juhul määrab ära primaarelektronide kiiruse) on kollektori potentsiaalist U_k madalam, võib märklauale liikuvat resulteerivat voolu i_m , mis võrdub

$$i_m = i_2 - i_1,$$

väljendada teguri σ kaudu järgmiselt:

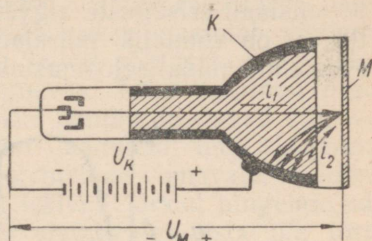
$$i_m = i_1(\sigma - 1) \text{ (kui } U_m < U_k \text{)}. \quad (2.28)$$

Juhul aga, kui märklaua potentsiaal U_m osutub kollektori potentsiaalist U_k kõrgemaks, siis suunduvad kõik väljalennanud sekundaarelektronid märklauale tagasi ja vool I_m võrdub primaarelektronide vooluga

$$i_m = -i_1 \text{ (kui } U_m > U_k \text{)}. \quad (2.29)$$

Kasutades sekundaaremissiooni tunnusjoont (joon. 2.26) saab avaldiste (2.28) ja (2.29) põhjal kujundada märklaua voolu kõverad, mis on kujutatud joonisel 2.28. Kõver a vastab juhule, mil kollektori potentsiaal U_k on U_1 ja U_2 vahel, kõver b aga juhule, mil $U_2 < U_k$.

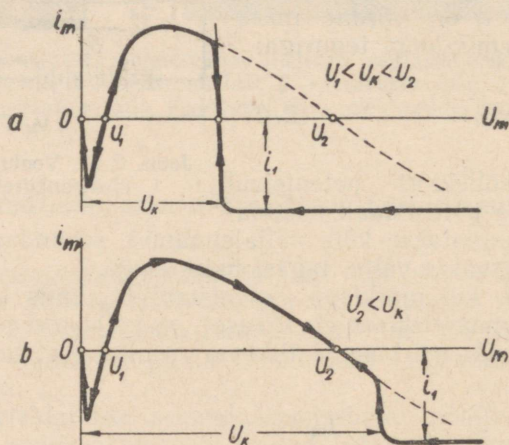
Kui märklaud osutub voolu juhtivaks elektrodiks, millele on rakendatud potentsiaal U_m , siis selle potentsiaali muutumisel hakkab märklaua vool i_m muutuma toodud kõverate järgi. Kuid kõige suuremat huvi pakub juhtum, kui märklauaks on mittejuht. Sel



Joon. 2.27. Voolu kulgemine elektronkiiretorus.

juhul muutub märklaua potentsiaal voolu i_n läbimise tõttu auto-
maatselt, sellest voolust tingitud laengute siirde arvel.

On ilmne, et märklaua voolu positiivse suuna puhul, mil lahku-
vate elektronide arv ületab saabuvate arvu, hakkab märklaua
potentsiaal tõusma, negatiivse voolu puhul aga langema. Vasta-
valt sellele on märklaua voolu kõverale (joon. 2.28) kantud noo-
led, mis osutavad tema potentsiaali muutumise suunda, selle
potentsiaali erisuguste algväärtuste puhul. Nendest kõveratest näh-
tub, et on võimalik märklaua kahe *stabiilse* potentsiaali väärtuse
esinemine, mida iseloomustab voolu i_m puudumine.



Joon. 2.28. Märklaua voolu sõltuvus selle potentsiaalist kollektori potentsiaali U_k mitmesuguste väärtuste puhul.

Märklaua stabiilse potentsiaali tekkimine tähendab, et primaar-
elektronid ei küüni märklaua pinnani, või et saabuvate primaar-
elektronide arv on võrdne märklaualt lahkuvate sekundaarelekt-
ronide arvuga.

Kui märklaua algpotentsiaal on väärtusest U_1 madalam, siis
omandab see elektronkiirega pommitamise tagajärjel primaarelek-
trone rohkem kui ta sekundaarelektrone kaotab ($i_n < 0$) ja tema
potentsiaal läheneb nullile. Märklaua potentsiaali lähenemisel nul-
lile märklaua vool i_m hakkab järsult nõrgenema ja nullväärtuse
juhul lakkab sootuks. Järelikult on märklaua nullpotentsiaal tema
esimeseks stabiilseks potentsiaaliks.

Kui aga märklaua algpotentsiaal on väärtusest U_1 kõrgem, siis
on võimalikud kaks juhtu: 1) kollektori potentsiaal asub piirides
 $U_1 < U_k < U_2$, märklaua potentsiaal püüab saavutada kollektori
potentsiaali väärtuse; 2) kollektori potentsiaal on potentsiaalst U_2
kõrgem, mil märklaua potentsiaal püüab saavutada väärtuse U_2 .

Mõlemal juhul muutub saabuvate primaarelektronide arv võrdseks lahkuvate sekundaarelektronide arvuga ja märklaua vool I_m muutub võrdseks nulliga. U_1 ja U_2 vahel asuv märklaua vastav potentsiaal on tema teiseks stabiilseks potentsiaaliks.

Seega peab märklaua potentsiaali siirdumise ühele või teisele stabiilsele potentsiaalile määrama tema potentsiaali algväärtus.

Kuid kui kollektorile rakendatud kiirendav pinge tunduvalt ületab potentsiaali U_1 (mis alati esineb vastuvõtutorudes), siis olenemata märklaua potentsiaali algväärtusest omandab viimane praktiliselt alati kollektori potentsiaali. Sellele nähtusele andis seletuse S. I. Katajev, ja see seisab järgnevas. Toru sisepinna need kohad, milledega kollektor vahetult kokku puutub, laaduvad viimase potentsiaalini; kollektori potentsiaalini laadunud toru sisepinna elementide ja nulliga võrduvat algpotentsiaali omavate, eelmistega kokkupuutuvate elementide vahel tekivad järsud pingelangud, mis põhjustavad mainitud potentsiaali «laialivalgumist» üle toru kogu ülejäänud sisepinna, kaasa arvatud ka märklaua pind.

Seega saab isoleeritud märklaua pommitamise teel elektronikiirega hoida tema potentsiaali kas katoodi potentsiaali tasemel või sekundaarelektrone püüdva kollektori potentsiaali tasemel (tingimusel, et kollektori potentsiaal asub sõltuvalt pommitatava pinna füüsikalistest omadustest teatud piirides). Viimasel juhul võimaldab sekundaaremissiooni nähtus isoleeritud märklauale suunatud elektronikiire alalisvooluringi sulgumist ja teeb sellega niisuguse voolu olemasolu võimalikuks.

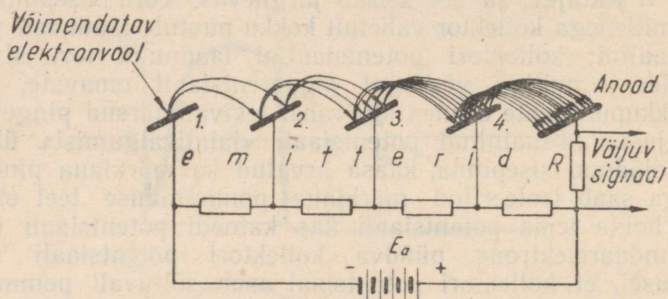
Märklaua stabiilsete potentsiaalide kindlaksmääramisel ei arvestatud katoodi poolt emiteeritavate primaarelektronide algkiiruse olemasolu ega ka märklaua enda poolt emiteeritavate sekundaarelektronide algkiirust. Kui võtta arvesse neid kiirusi, siis selgub, et märklaua stabiilsete potentsiaalide väärtused ei ole täpselt võrdsed katoodi ja kollektori potentsiaalidega. Esimesel juhul lakkab märklaua vool alles talle katoodi suhtes sellise negatiivse potentsiaali andmisel, mis peataks katoodi poolt teatava algkiirusega liikuvate elektronide voo. See mõnevoldine potentsiaal ongi märklaua esimeseks püsivaks potentsiaaliks. Teisel juhul püüab märklaua püsiv potentsiaal sekundaarelektronide väljalennu algkiiruse arvel tõusta kollektori potentsiaalile kõrgemale väärtuse võrra, mis kõigub mõnest voldist kuni 10—20 voldini. Samal ajal püüab märklaua potentsiaal sekundaarelektronide poolt märklaua lähedal tekitatava ruumilaengu arvel alaneda kollektori potentsiaali suhtes väärtuse võrra, mis ulatub mõnekümne voldini. Nende toimete tulemusena võib märklaua teine püsiv potentsiaal kollektori potentsiaalile praktiliselt erineda ühes või teises suunas mõnekümne voldi võrra.

Asume nüüd käsitlema sekundaaremissiooni kasutamist saatetorude signaalivoolude võimendamiseks.

Televisiooni saatetorudes tekivad tavaliselt tühiselt nõrgad signaalivoolud, mida järgnevalt tuleb tohutul määral võimendada.

Niisuguse võimendamise esialgne aste toimub mõnikord torus eneses, sekundaarelektrone emiteerivate elektroodide süsteemiga, mida nimetatakse *sekundaarelektronkordistajaks*. Sellise kordistaja konstruktsiooni esitas 1934. aastal L. A. Kubetski.

Elektronkordistaja lülituse ja töötamise skeem on kujutatud joonisel 2.29. Ta sisaldab teatava arvu elektroode (*emittereid*), millede ülesandeks on emiteerida sekundaarelektrone koguses, mis tunduvalt ületab primaarelektronide arvu. Iga järgmine emitter omab eelmise suhtes kõrgemat potentsiaali.



Joon. 2.29. Elektronkordistaja lülituse ja talitluse skeem

Võimendamisele kuuluvat voolu moodustavad elektronid satuvad kiirendava elektrivälja toimel esimesele emitterile ja löövad sealt välja mitu korda rohkem sekundaarelektrone. Viimased satuvad analoogilise kiirendava välja toimel teisele emitterile, lüües sealt välja vastava arvu korda rohkem sekundaarelektrone jne. Selle tulemusena palju kordi võimendatud elektronvool satub kordistaja anoodile ja läbib tema koormustakisti.

Emiteerivate elektroodide kuju ja vastastikune asetus valitakse sellised, et saadaks kiirendavad väljad, millede puhul iga eelmise elektroodi elektronide voog satuks täielikult järgmise pinnale. Elektroodide pindu töödeldakse niisugusel menetlusel, mis suurendab nende sekundaaremissiooni tegurit σ ja nende töötlemine sarnaneb fotokatoodide töötlemisega. Kordistaja iga naaberelektroodide paari vahele rakendatakse umbes 100—200 voldine kiirendav pinge, mille puhul tegur σ on 3—5.

Kõigi sekundaarelektronide täielikul ärakasutamisel tekitab iga emitter sekundaarvoolu, mis σ korda ületab temale saabuva primaarvoolu. Sel juhul voolu võimendustegur

$$K = \frac{i_n}{i_1} = \sigma^n, \quad (2.30)$$

kus n on emitterite arv.

6. Vastuvõtutorud

Vastuvõtu-elektronkiiretoru iseloomulikuks osaks on ekraan. Ta valmistatakse aineist, millel on omadus helenduda elektronkiirega pommitamise tagajärjel. Selliseid aineid nimetatakse *luminofoorideks* või *fosfoorideks* ja nende omadust helenduda elektronidega pommitamise tagajärjel — *lumineestsentsiks* (ehk täpsemalt *katoodlumineestsentsiks*).

Vastuvõtutorude ekraani valmistamiseks vajalike luminofooridena kasutatakse peamiselt tsingi, kadmiumi, magneesiumi ja räni oksüüde ning sulfiide.

Lumineestseerivat ekraani võib iseloomustada järgmiste parameetritega, mis sõltuvad luminofoori koostisest: *valgusviljakus*, *järelhelenduse kestus* ja *helenduse värvus*.

Lumineestseeriva ekraani poolt kiiratav valgustugevus on ligikaudu võrdeline kiire voolu ja kiirendava pinge korrutisega ehk kiire poolt tarbitava võimsusega. Kiiratava valgustugevuse ja tarbitava võimsuse suhet nimetatakse *valgusviljakuseks* ehk ekraani *efektiivsuseks*. On iseendast mõistetav, et ekraanide valmistamisel püütakse saavutada nende võimalikult suuremat viljakust. Mõningad metallid, segatuna luminofooridesse väga väikestes kogustes, tõstavad nende viljakust tunduvalt. Selliseid lisandeid, mida nimetatakse *aktiivaatoriteks*, kasutatakse ekraanide valmistamisel laialdaselt. Ekraanide viljakus on tavaliselt piirides 1—5 K/W (seejuures on mõeldud ekraani poolt vaatajate suunas kiiratavat valgustugevust).

Tavalistes vastuvõtutorudes kasutatakse 4000—8000 V kiirendavaid pingeid ja kiire voolusid, mis ulatuvad sadadesse mikroampritesse. Seega moodustab pommitava kiire võimsus 0,4—0,8 W. Võttes ekraani viljakuseks keskmiselt 3 K/W ja kiire võimsuseks 0,6 W, saame elektronkiire poolt tekitatavaks keskmiseks valgustugevuseks umbes 2 küünalt.

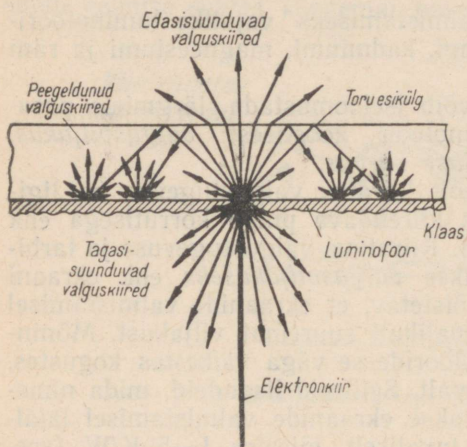
Elektronkiirega ekraani pinnal tekitatavat hetkelist heledust võib määratleda valgustugevuse ja kiire ristlõike jagatisena. Kuid vaatajad tajuvad mitte hetkelist heledust (mida tekitab liikuv elektronkiir järgemööda ekraani erisugustes punktides), vaid tunduvalt väiksemat, näivat heledust, mis on väljendatav kogu läbitava pinna keskmise heledusena. Eeldades kujutise mөөdeteks 20×15 cm ja valgustugevuseks 2 K, saame näivaks heleduseks 70 dmsb, mis ligikaudu vastab kinoekraani heledusele.

Kõik teada olevad luminofoorid, olles ergutatud elektronkiirega, lakkavad pärast ergutuse lõppemist helendamast mitte järsku, vaid pikkamööda. Ekraani helendamist pärast tema ergutamise lakkamist nimetatakse *järelhelenduseks*.

Kestust, mille jooksul järelhelenduse heledus langeb vähemärgatava väärtuseni (milleks tavaliselt loetakse 1% esialgsest heledusest) nimetatakse *järelhelenduse kestuseks*. Vastuvõtutoru ekraani järelhelenduse kestus ei tohi ületada $\frac{1}{25}$ sekundit, mis vastab

televisioonipildi raami vahetumise kestusele. Vastasel juhul on liikuvate objektide järjestikused kujutised nähtavad kahekordselt.

Ekraani helenduse värvus peab olema silmale sobiv. Katsed näitavad, et parimaks helenduse värvuseks on helesinine või kollaka varjundiga valge värvus. Värvilise televisiooni süsteemide jaoks kasutatakse mõnikord eriliiki luminofoore, millede helendused vastavad spektri põhivärvustele.



Joon. 2.30. Ekraani helendavast punktist lähtuvate valguskiirte suund.

Viimasel ajal on hakatud kõrgepingelistes vastuvõtutorudes, milles kiirenduspinge ulatub 10 000 V ja kõrgemale, kasutama metallitatud ekraane. Need ekraanid koosnevad tavalisest luminofoorikihist koos sellele kantud (tavaliselt alumiiniumist) metallikilega, mille paksus on mõni kümnendik mikronit. Läbi sellise kile tungivad küllalt kiired pommitavad elektronid peaaegu takistamatult; seejuures eralduv valgus peegeldub kilele ekraani vaadeldava osa suunas, suurendades ekraani heledust.

Alla 3000—4000 V kiirenduspingete puhul põhjustab ekraanide metallitamine nende heleduse vähenemist, kuna metallkilet läbivate elektronide suhteline energiakadu muutub palju tundavamaks.

Ekraanide metallitamine suurendab peale heleduse ka kujutise kontrastsust, hõlbustab vajaliku ekraanipotentsiaali säilitamist ja kaitseb ekraani elektronkiires alati sisalduvate raskete negatiivsete ionidega pommitamise purustava toime eest. Allpool käsitletakse vastavaid vastuvõtutorude töötamise küsimusi niihästi lihtsate kui ka metallitatud ekraanide puhul.

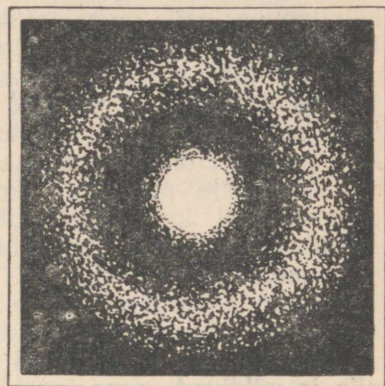
Ekraani tavalise ehituse korral kiirgab tema pommitatav element valgust igas suunas, kusjuures kiirguse tugevus tagasi-suunas osutub ekraani mittetäieliku läbipaistvuse tõttu mõnevõrra suuremaks kui pärisuunas (joon. 2.30). Tagasi-suunatud valguskiired satuvad toru seintele ja nendelt peegeldununa panevad enam-vähem ühtlaselt helendama kogu ekraani pinna, suurendades pildi kõige tumedamate kohtade heledust ja vähendades sellega tema kontrastsust. Päripidiselt suunatud valguskiired osaliselt läbivad toru esiklaasi, tekitades kasulikku nähtava pildi muljet, osaliselt aga peegelduvad klaasi sisepinnalt, tekitades helendava tähni ümber nn. kiirteparja ehk *oreooli* (joon. 2.31). Oreooli olemasolu vähendab samuti pildi üksteisele lähedaste detailide vastastikust

kontrastsust (mida nimetatakse *detaillide kontrastsuseks*). Kõik need nähtused põhjustavad vastuvõetavate piltide üsna väikest kontrastsust; kontrastsus kogu ekraani ulatuses ei ületa arvu 100, detailide kontrastsus aga arvu 10.

Ekraani metallitamine hävitab tagasisuunatud valguskiired, peegeldades nad pärisuunda. See parendab kontrastsust kogu ekraani ulatuses peaaegu 10 korda, detailide kontrastsust ligikaudu $2\frac{1}{2}$ korda. Seejuures alles jääv oreoolinähtus takistab tunduvalt detailide kontrastsuse suurenemist, mis jääb ikkagi mitteküllaldaseks.

Oreooli vastu võitlemiseks valmistatakse toru esisein mõnikord eriklaasist, millel on väikse nurga all langevate valguskiirte suhtes väiksem peegeldustegur. Sellisest klaasist torude kontrastsus on vähem tundlik ka ekraanile kõrvalisest allikast saabuvate valguskiirte suhtes.

Nagu oli kindlaks tehtud juba eelmises paragrahvis, võib tavaline ekraan (mis antud juhul kujutab endast elektroniirega pom-



Joon. 2.31. Oreool ekraani helendava tähni ümber.

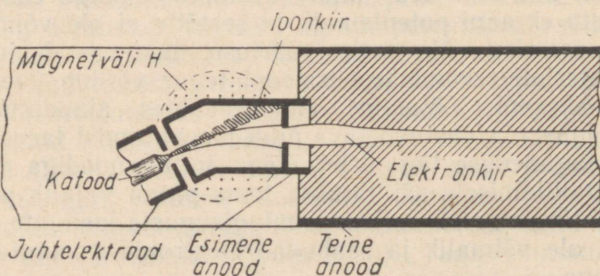
mitatavat isoleeritud märklauda) säilitada lähedalasetseva anoodi (mis osutub sekundaarelektronide kollektoriks) potentsiaali vaid tingimusel, et anoodi teatava kiirenduspinge puhul ekraani sekundaaremissiooni tegur on suurem kui üks. Kiirenduspingete puhul üle 5000—8000 V on ekraanide sekundaaremissiooni tegur tavaliselt väiksem kui üks. See näitab, et kiirenduspinge edasine tõstmine ei tõsta ekraani potentsiaali, ja seetõttu ei ole võimalik selle heledust suurendada üle selle väärtuse, mis vastab juhule, kui ekraani materjali sekundaaremissiooni tegur võrdub ühega. Peale selle võib ekraani töötamine anoodi suhtes alandatud potentsiaaliga põhjustada vastuvõetava pildi moonutumist laengute kohaliku ümberjagunemise tagajärjel. Tänu toru anoodiga ühendatud ekraani metallitamisele säilitatakse tema pinna vajalik potentsiaal igasugustel tingimustel; seejuures mingisuguste laengute tekkimine ekraanil ei ole võimalik ja saabuvad elektronid pommitavad seda täie kiirusega.

On kindlaks tehtud, et elektroniiretoru katoodi piirkonnas tekivad negatiivsed ioonid, mida koos elektronidega kiirendatakse elektrivälja poolt ja mis liiguvad ekraanile. Kuna ioonid on tunduvalt raskemad osakesed kui elektronid, siis luminofoor nendes kohtades, kus nad tabavad ekraani, puruneb ja viimase valgusviljakus väheneb aja jooksul tunduvalt, mis helendavas pildis avaldub tumeda tähnina, mida nimetatakse *ioontähniks*.

Nagu nähtub avaldistest (2.20) ja (2.23), ei sõltu laetud osakeste hälbenurk elektriväljas nende massist, hälbenurk magnetväljas aga osutub seda väiksemaks, mida suurem on nende mass. Kuna ioonide mass ületab vähemalt 1800 korda elektronide oma, siis selgub, et magnetväljas hälbivad ioonid suhteliselt väga vähe, mille võib, võrreldes elektronide hälbimisega, jätta tähele panemata. Sellest järeldub, et ioonid elektrivälja toimetel teravustuvad ja hälbivad samuti nagu elektronidki, magnetiline teravustamine ja hälvitamine neile aga praktiliselt mingisugust mõju ei avalda. Elektrostaatilise teravustamise ja magnetilise hälvitamisega torudes tekib juba esimeste töötundide jooksul ekraani keskele teravalt piiritletud ioontähn, millel on teravustatud kiire poolt tekitatud tähni mõõded. Magnetilistes torudes ilmneb ioontähn teravustamata kiire poolt tekitatud helendusena. Kuna viimasel juhul hajuvad ioonid suuremale pindalale ekraanil, siis iimub tähn alles pärast pikemaajalist kasutamist. Elektrostaatilistes torudes aga toimub ioonide teravustamine ning hälvitamine koos elektronidega ja seetõttu ioontähni ei teki, vaid toimub ainult teatav ekraani kogu talitluspinna valgusviljakuse täiendav langus lisaks sellele, mille kutsub esile kestev elektronidega pommitamine.

Seadiseid, mis takistavad negatiivsete ioonide sattumist ekraanile ja väldivad seega ioontähni ilmumise võimaluse, nimetatakse *ioonipüüdjateks*. Lihtsaima ionipüüdja osa täidab ekraani metallitatud kate, sest rasked ioonid ei suuda läbi tungida säärase paksusega kilest, mis on läbitav elektronidele. Kuigi metallikile urbsuse tõttu jõuab osa ioone siiski ekraanile, siis nende väikese arvu tõttu osutub tekkiv ioontähn vähemärgatavaks.

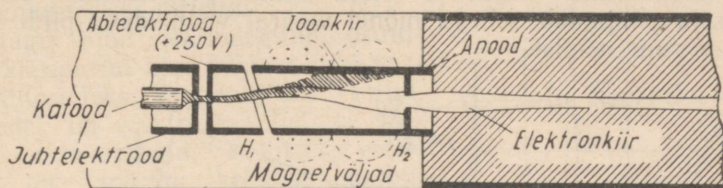
Käesoleval ajal kasutatakse kaht süsteemi ionipüüdjaid: painutatud elektronkahuriga (joon. 2.32) ja kaldulõigatud elektronkahuriga (joon. 2.33).



Joon. 2.32. Painutatud elektronkahuriga ionipüüdja.

Esimesel juhul ei satu ioonid ekraanile elektronkahuri painde tõttu; elektronid aga hälbivad välismagneti püsiva välja toimetel toru telje sihis, mille järel nad teravustuvad tavalisel viisil. Teisel juhul ei satu ioonid ekraanile läbilõigatud anoodi ristelektrivälja poolt tekitatava hälvitamise tõttu. Kahe magneti abil, millede väl-

jad (H_1 ja H_2) asetsevad teineteisega järjestikku ja on suunalt vastupidised, elektronide lennujooned õgvendatakse ja suunatakse piki toru telge. Seega kasutatakse mõlemal juhul ionide ja elektronide vihu lahutamiseks magnetvälja omadust hälvitada ainult elektrone.



Joon. 2.33. Kaldulõigatud elektronkahurigaioonipüüdja.

(Peale eelmainitudioonipüüdjate kasutatakse veel sektorilistioonipüüdjat, mis ei vaja korrigeerivat magnetit. Teatavasti liiguvad magnetilise teravustamisega kineskoopides elektronid jaioonid mõõda kruvijoonealist lennujoont. Seejuures on elektronide kui kergemate ja kiiremalt liikuvate osakeste lennujoone samm suurem kuiioonidel. Sektorilineioonipüüdja on moodustatud mitmest järjestikku paiknevast sektorikujulise väljalõikega kettast, kusjuures iga ketta väljalõige on naaberketaste väljalõigete suhtes pööratud vastavalt elektronide lennujoonele. Sektorite suuruse, ketaste arvu ja nende paigutuse sobiva valikuga saab täielikult takistadaioonide pääsemist ekraanile.

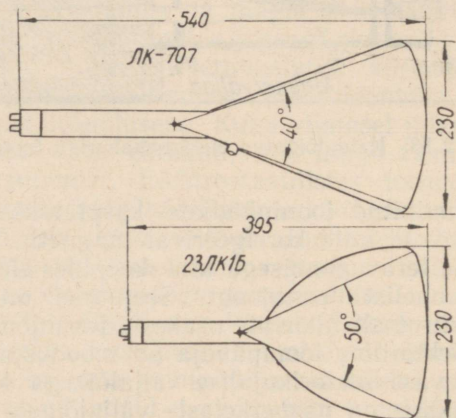
Sektoriliseioonipüüdjaga kineskoop (18JK4B) töötab aga ainult teravustava magnetvälja õige polaarsuse korral. Vastupidise polaarsuse puhul on elektronide lennujoone keerdlemise suund vastupidine ja ekraanil tekkiv pilt jääb ähmaseks. *Tõlk.*)

Tuleb märkida, et luminesseeriv kiht võib hävida ka elektronkiire peatumise tõttu ekraani ühes punktis. Seejuures toimuv kohalik temperatuuri tõus «põletab» luminesseeriva kihi läbi mõne sekundi jooksul, jättes järele musta tähni. Paljudes televisiooni-vastuvõtjates on toru ekraani läbipõlemise oht kõrvaldatud sellega, et kõrgepinget saadakse toru jaoks reaaloetusastmelt (vt. V ptk., § 7). Seejuures elektronkiir reaaloetuse lakkamise korral automaatselt «kustub».

Pildi teravuse, mida toru võimaldab saavutada, määrab elektronkiire teravustamise kvaliteet. Parim teravustamine saavutatakse toru keskel; kiire hälvitusnurga suurenemisega teravustamise kvaliteet halveneb. Selle nähtuse põhjusi on juba käsitletud käesoleva peatüki 4. paragrahvis, kus ühtlasi oli märgitud, et sellest seisukohast lubatav hälvitusnurk on magnetilistes torudes tunduvalt suurem kui elektrostaatilistes ja ulatub kuni 70° -ni.

Ilmsetest geometrilistest seostest järeldub, et mida suurem on toru maksimaalne hälvitusnurk, seda väiksem võib olla tema pikkus

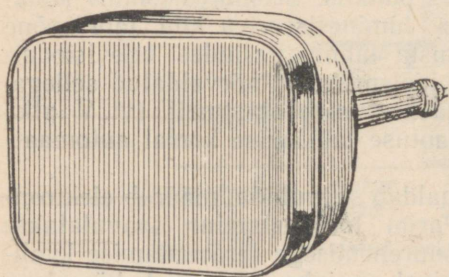
ühesuguste ekraani mõõtmete puhul ja seda hõlpsam on toru vastuvõtjasse paigutada. Areng torude pikkuse vähenemise suunas nähtub hästi jooniselt 2.34, kus on kujutatud kaks magnetilist toru: vana tüüp ЛК-707, hälvitusnurgaga 40° , ja uus 23 ЛК1Б, hälvitusnurgaga 50° . Toru koonusekujulise kesta asemel kumera kesta kasutamine vähendab tema seinte peegeldamist ekraani suunas ja põhjustab sellega mõnel määral vaadeldava pildi kontrastsuse suurenemist.



Joon. 2.34. Erisuguse maksimaalse hälvitusnurgaga vastuvõtutorude üldmõõtmed.

Veel suuremat ruumi kokkuhoidu annavad ristkülikulise ekraaniga torud, millede külgede suhe on 4 : 3 (joon. 2.35).

Televisionivastuvõtjate kasutamiskogemused näitavad, et ekraani mõõdete suurenemisega loob vastuvõetav pilt palju meeldivama mulje, isegi kui seda



Joon. 2.35. Ristkülikulise ekraaniga vastuvõtutoru.

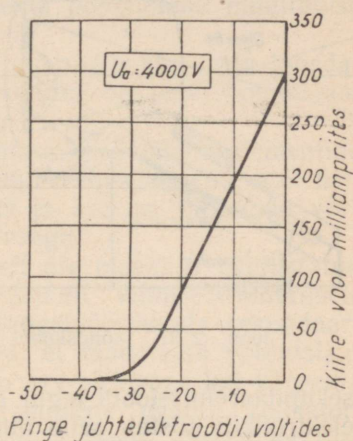
vaadelda ühe ja sellesama vaatenurga all. Kuid ekraani läbimõõdu tunduv suurendamine tingib lubamatult kogukate ja kallite torude loomist. Tunduvalt otstarbekamaks vastuvõetavate piltide suurendamise mooduseks osutub üleminek *projektsioonsüsteemidele* (vt. VI ptk., § 3). Selleks otstarbeks valmistatakse eriliiki torusid, mida nimetatakse *projektsioontorudeks*;

need torud erinevad teistest oma suhteliselt väikeste mõõdete (ekraani läbimõõt 6—8 cm) ja suure heledusega, mida saavuta-

takse kiirendava pingetunduva töstmisega (kuni 25 000 V ja kõrgemaks) ja kiire voolu tugevdamisega (kuni mõnekümne milliamprini). Optilise projektsioon- või sagedamini peegeldussüsteemi abil kantakse torul saadav pilt 5—10 korda suurendatuna ekraanile. See võimaldab saada kodustes tingimustes pilti mõõdetega 60×80 cm ja rohkem. Projektsioontorudena kasutatakse eranditult magnetilisi torusid.

Nagu juba oli märgitud, osutuvad käesoleval ajal põhilist liiki vastuvõtutorudeks magnetilised torud, millel on elektrostaatilistega võrreldes rida eeliseid. Sellisteks eelisteks on: suurem heledus, parem teravustamine, väiksem pikkus ja madalam hind (ühede ja samade pildi mõõdete puhul).

Toru juhtelektroodile rakendatava moduleerimispinge ulatus leitakse tema *moduleerimise tunnusjoonest*, mis kujutab kiire voolu sõltuvust pingest juhtelektroodil. Sellise tunnusjoone näide toru 18JK1B kohta on toodud joonisel 2.36. Kuna ekraani heledus on võrdeline pommitava kiire vooluga, siis iseloomustavad selle tunnusjoone ordinaadid teatud mõõtkavas ka kiire poolt tekitavat heledust.



Joon. 2.36. Vastuvõtutoru 18JK1B moduleerimise tunnusjoon.

7. Saatetorud

Eelnevas peatükis oli juba märgitud, et järgemööda toimivaid televisiooni saatesüsteeme nende väikese tundlikkuse tõttu käesoleval ajal üldse ei kasutata. Seepärast käsitleme ainult laengute salvestamisega saatetorude töötamist, millede hulka kuuluvad ikonoskoop ja rida tema hilisemaid teisendeid.

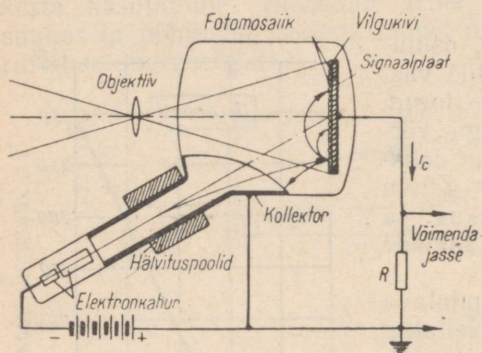
a. Ikonoskoop

Ikonoskoobi ehitus on skemaatiliselt kujutatud joonisel 2.37. Ikonoskoop omab erikujuga klaaskesta, mis on kohandatud objektiiviga projitseeritavate valguskiirte ja elektronkahuri poolt lähetatava elektronkiire üheaegsele sattumisele valgustundlikule süsteemile — *fotomosaiigile*.

Fotomosaiik (ehk lihtsalt *mosaiik*) on ikonoskoobi kõige vastustusrikkam osa. Ta kujutab endast õhukesele vilgukivist aluskihile kantud ja tsesiumiga aktiveeritud üliväikeste hõbedakübemekeste kogumikku. Iga selline kübemeke toimib elementaarse fotokatoodina, olles isoleeritud teistest samasugustest fotokatoodidest.

Mosaigi vilgukivist aluskihi tagakülg on kaetud metallikilega, mida nimetatakse *signaalplaadiks*.

Ikonoskoobi elektronkahur paikneb mosaigi pinna suhtes teatava nurga all. Kesta sisemine metallist kattekiht, mis on elektronkahuri teiseks anoodiks, maandatakse ning täidab ühtlasi mosaigi poolt emiteeritavate fotoelektronide ja sekundaar-elektronide kollektori ülesannet.



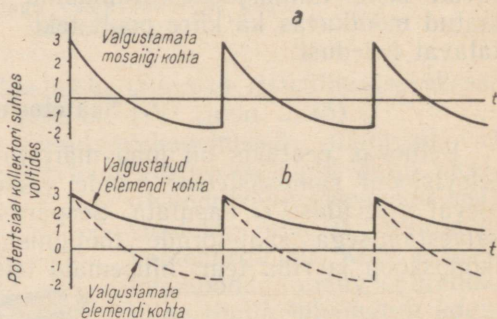
Joon. 2.37. Ikonoskoobi skeem.

Signaalplaadi ja kollektori vahele ühendatakse koormustakisti R , millelt saadakse kasulikke kujutisesignaale, mis seejärel juhitakse laiaribavõimendajasse.

Alalispingeallika E_a poolt tekitatav ikonoskoobi kiirenduspinge valitakse tavaliselt ligikaudu 1000 V. Seejuures on mosaigi

sekundaaremissiooni tegur ühest suurem ja üle tema pinna kulgev elektronkiir tõstab selle pinna iga pommitatava elemendi potentsiaali stabiilse väärtuseni, mis on lähedane kollektori potentsiaalile (täpsemalt öeldes, potentsiaalini $+3$ V kollektori suhtes). Selle

potentsiaali puhul osutub pommitatava elektronkiirega saabuvate primaar-elektronide arv täpselt võrdeks kollektorile jõudvate sekundaar-elektronide arvuga. Igast pommitatavast elemendist väljalöödavate sekundaar-elektronide ülejäänud osa aga hajub kogu mosaigi pinnale, alandades viimase potentsiaali. Selle tulemusena põhjustab perioodiline elektronkiire kulgemine üle mosaigi valgustamata pinnaseda, et viimase iga elemendi potentsiaal elektronkiirega kommuteerimise hetkel tõuseb $+3$ voldini, ülejäänud ajal aga langeb ligikaudu $-1,5$ voldini. Mosaigi pinna valgustamata elemendi potentsiaali muutumise kõver on toodud joonisel 2.38, a.



Joon. 2.38. Mosaigi elemendi potentsiaali muutumine laotamise perioodi kestel: a — valgustamata ja b — valgustatud mosaigi puhul.

Ülekantava objekti kujutise projitseerimisel mosaigi pinnale erituvad selle valgustatavatest elementidest fotoelektronid (mille-

dest osa jõuab kollektorile, osa aga pöörduvad tagasi mosaiigile). Erituvate fotoelektronide arv on ligikaudu võrdeline mosaiigi üksikute elementide valgustustihedusega. Erituvad fotoelektronid osaliselt kompenseerivad sekundaarelektronide tagasipöördumise tõttu tekkiva mosaiigi potentsiaali alanemise. Selle tulemusena osutub mosaiigi valgustatud elementide potentsiaal nende kommuteerimise hetkeks elektronkiirega kõrgemaks kui valgustamata elementide potentsiaal. Mosaiigi valgustatud elemendi potentsiaali muutumise kõver on kujutatud joonisel 2. 38, b.

Mida suurem on antud elemendi valgustustihedus, seda lähedsem stabiilsele väärtusele (s. o. +3 voldile) on tema potentsiaal elektronkiirega kommuteerimise hetkeks.

Potentsiaali jagunemist, mis tekib mosaiigi üksikute elementide fotoemissiooni tagajärjel nende kommuteerimisele eelnevatel hetkedel, nimetatakse *potentsiaalireljeefiks* ja see on ligikaudu võrdeline nende elementide valgustustihedusega.

Elektronkiire kulgemisel perioodiliselt üle mosaiigi valgustatud pinna ja kõigi tema elementide potentsiaali viimisel stabiilsele väärtusele (+3 V) ei jää kollektorile tagasipöörduvate sekundaarelektronide arv konstantseks. On ilmne, et madalama potentsiaaliga elementidest peab lahkuma suurem arv elektrone kui kõrgema potentsiaaliga elementidest. Selle tulemusena osutub kollektori vool moduleerituks potentsiaalireljeefiga ja seega ühtlasi ka ülekantava kujutisega.

Kollektori voolu vahelduvkomponent läbib signaalplaadi ja mosaiigi kommuteeritava elemendi vahelise mahtuvuse ning edasi koormustakisti R , tekitades signaalivoolu i_c . Kuna kollektori voolu alaliskomponent ei saa pääseda koormustakistisse, siis ikonoskoop ülekantava kujutise konstantse valgustustihedusega võrdelisi signaale ei tekita.

Mosaiigi valgustamata elementide kommuteerimisel jääb kollektori vool võrdseks primaarkiire vooluga. Potentsiaalireljeefi olemasolu kõrgendab mosaiigi potentsiaali kollektori suhtes ja seega, tekitades mosaiigist lahkuvaid sekundaarelektrone pidurdava välja, nõrgendab kollektori voolu. Piirjuhul ei saa ükski sekundaarelektronidest mosaiigist lahkuda ja kollektori vool muutub võrdseks nulliga. Seega saab kollektori vool muutuda ainult piirides nullist kuni primaarkiire vooluga võrduva väärtuseni; järelikult saab samades piirides muutuda ka signaalivool. See tähendab, et ülekantava objekti valgustustiheduse suurenemisega peab tekkima signaalivoolu küllastumine ja ikonoskoobi tundlikkus hakkama vähenema.

Kuna signaalivool läbib mosaiigi ja kollektori vahelist ruumi, mille ekvivalentne takistus on väga suur (umbes 5—10 M Ω), siis osutub väljuva signaali pinge praktiliselt võrdeliseks koormustakisti R takistusega.

Asugem nüüd ikonoskoobi puuduste käsitlemisele, milledeks on:

mosaiigi fotoemissiooni mittetäielik ärakasutamine, ülekantavas kujutises «*musta tähni*» esinemine ja trapetsikujulise moonutuse tekkimine joonvõrgus ehk *rastris* (mille all mõistetakse elektronkiire poolt mosaiigi pinnal joonistatavat geomeetrilist kujundit).

Mosaiigi fotoemissiooni mittetäielik ärakasutamine avaldub selles, et mosaiigi ja kollektori vahel kiirendava potentsiaalide vahepuudumise tõttu pöörduv tunduv osa mosaiigist väljunud elektroni-dest tema pinnale tagasi. Seega ei saavuta fotoemissioonvool küllastust. Selle tagajärjel väheneb ainult kollektorile suunduvate fotoelektronide poolt tekitatava potentsiaalireljeefi «sügavus».

Mosaiigi elektronkiirega kommuteerimise lõppeesmärgiks on signaalivoolu tekitamine tema elementide järgemööda tühjendamise teel. Kuid üheaegselt kommuteeritavate elementide tühjenemisega satuvad nendest liigeses koguses väljunud sekundaarelektronid mosaiigi teistele elementidele ja alandavad sellega tunduval määral nende elementide potentsiaali kommuteerimise hetkeks.

Mõlemad eelmainitud protsessid põhjustavad ikonoskoobi signaalivoolu tunduvalt nõrgenemist, mis on samaväärne tundlikkuse vastava vähenemisega. Ikonoskoobi tundlikkus moodustab seetõttu vaid 5—8% sellest, mis peaks esinema laengute salvestamise põhimõtte täieliku ärakasutamise puhul.

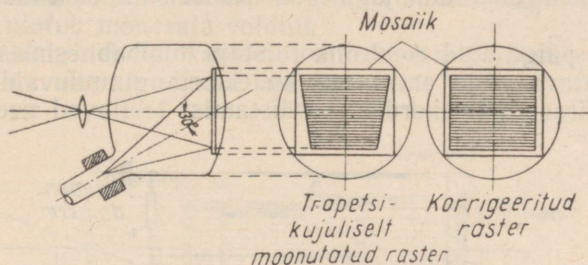
Mosaiigist väljalöödud sekundaarelektronid pöörduvad tagasi tema pinnale ja jagunevad sellel ebaühtlaselt; kõige suurem kogus tagasipöörduvaid elektrone satub mosaiigi keskmisele osale. See on seletatav asjaoluga, et keskmine kaugus pommitatavast märklaua punktist kuni mosaiigi äärel asetseva elemendini on suurem kui kaugus mosaiigi keskmise asetseva elemendini. Selle tulemusena jõuab kommuteerimise hetkeks tekkida siin mosaiigi potentsiaali suurim alanemine ning sellega on vastavus ülekantava kujutise heleduse jagunemise ja signaalivoolu vahel rikutud. Kuna märklaua potentsiaali langemine vastab ülekantava kujutise heleduse vähenemisele, siis põhjustab see nähtus parasiitsignaali tekkimise, mis kutsub esile vastuvõetava pildi keskosas tumeda tähni ilmumise, mistõttu teda nimetatakse «*musta tähni*» efektiks.

Musta tähni kõrvaldamiseks tuleb kasutada erilisi kompenseerimislülitusi, mis tekitavad ainult mustale tähnile vastava televisioonisignaali; kui segustada see signaal vastupidises polaarsuses ülekantava televisioonisignaali, õnnestub viimases peaaegu täielikult hävitada «*musta tähni*» komponenti.

«*Musta tähni*» kompenseerimise raskus seisab selles, et tema kuju ja tugevus sõltuvad tunduval määral valguse ja varjude jagunemisest ülekantavas kujutises. Seepärast peab kompenseeriva lülituse reguleerimine toimuma peaaegu lakkamatult ikonoskoobiga teostatava ülesvõtte kogu kestusel.

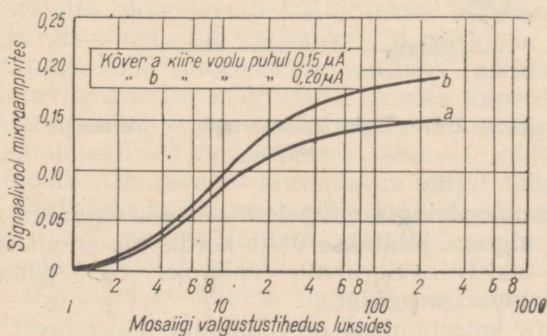
Elektronkahuri telje kalle mosaiigi normaali suhtes (mis moodustab umbes 30° nurga), põhjustab kiire poolt mosaiigi pinnal

moodustatava rastri kuju trapetsikujulist moonutust. Selle moonutuse tekkimise põhjus selgub täielikult jooniselt 2.39. Rastri kuju korrigeerimiseks ikonoskoobis tuleb rakendada sellekohast erilist reaalotamist, mille ulatus väheneb vastavalt kiire siirdumisele alt üles (vt. joon. 3.32).



Joon. 2.39. Rastri trapetsikujuliste moonutuste tekkimine.

Joonisel 2.40 on toodud ikonoskoobi signaalivoolu sõltuvus mosaiigi valgustustihedusest. Mosaiigi valgustustiheduse suurenemisega läheb signaalivool kiire vooluga võrdsele piirväärtusele. Kiire voolu tugevdamisel ikonoskoobi väljesignaali suureneb, kuid veelgi suuremal määral suureneb «musta lähni» efekt. Seepärast valitakse ikonoskoobi kiire vool mitte tugevam kui $0,25 \mu A$.



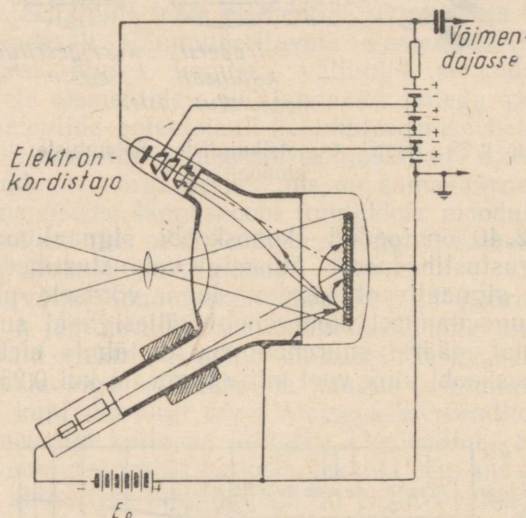
Joon. 2.40. Ikonoskoobi signaalivoolu sõltuvus mosaiigi valgustustihedusest.

Püüe kõrvaldada ikonoskoobi puudused ja peaausjalikult suurendada tema tundlikkust on põhjustanud terve rea tema teisendite ilmumise. Allpool kirjeldatakse lühidalt ikonoskoobi kõige huvitavamaid vahepealseid teisendeid, millede alusel on loodud tema kõige ajakohasem teisend, mida tuntakse *superortikoni* nimetuse all.

b. Ikonoskoobi teisendid

Toetudes sekundaarelektronkordistuse eelistele, võrreldes tavalise lampvõimendusega (vt. III ptk., § 4), tegi L. A. Kubetski 1934. aastal ettepaneku paigutada ikonoskoopi sekundaarelektronkordistaja kasulikku signaali sisaldava kollektorvoolu eelvõimendamiseks. Elektronkordistajaga ikonoskoobi skeem on toodud joonisel 2. 41.

Torusse paigutatud elektronkordistaja tõmbab esimese emitteri poolt tekitatava välja arvei osa kollektorile suunduvaid elektrone endasse. Pärast mitmekordset kordistamist tekitavad need elektro-



Joon. 2. 41. Elektronkordistajaga ikonoskoobi skeem.

nid kordistaja anoodringis mitmekordselt võimendatud elektronvoo. Võimendatud signaal juhitakse välja kordistaja anoodringi ühendatud koormustakistilt. Signaali lõplikuks võimendamiseks aga kasutatakse lampvõimendajat.

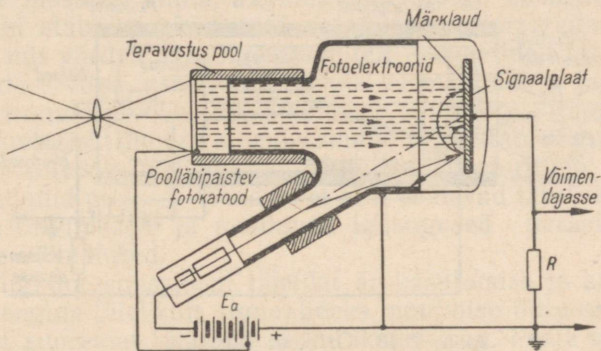
Sellise toru katsetamised on näidanud märgatavat tundlikkuse tõusu, võrreldes tavalise ikonoskoobiga. Kuid see tundlikkuse tõus osutus palju väiksemaks sellest, mida võis loota puht-teoreetiliselt, tuginedes elektronkordistaja eelistele. See on seletatav raskusega tekitada ikonoskoobis sellist kiirendavat välja, mis, ühelt poolt, ühtlaselt suunaks kordistajasse tunduva osa mosaiigi erisugustelt elementidelt lahkuvatel sekundaarelektronidest, ja, teiselt poolt, ei mõjutaks seadise normaalset töötamist.

1939. aastal tekkis ikonoskoobi teisend, milles toimub kujutise elektronülekanne, nn. superikonoskoop (joon. 2. 42).

Antud seadme põhiline iseärasus seisab selles, et fotoelektronide emiteerimine ja laengute kogumine, mis ikonoskoobis on fotomosaigi ülesandeks, on siin jaotatud kahe iseseisva elektroodi — fotokatoodi ja märklaua — vahel.

Fotokatood on valmistatud poolläbipaistvana valguskiirte suhtes, mis langevad sellele fotoelektrone eritava pinna vastaspoolsest küljest. Fotokatoodile antakse kollektori suhtes negatiivne potentsiaal, mis ulatub mõnesaja voldini.

Märklaud erineb fotokatoodist ainult selle poolest, et tema esinl püüduvad valgustundlikud terakesed.



Joon. 2. 42. Kujutist ülekandva ikonoskoobi skeem.

Kuna märklaua potentsiaali säilitatakse võrdsena kollektori potentsiaaliga, siis moodustub fotokatoodi ja märklaua vahele elektriväli, mis sunnib kõiki fotoelektrone sattuma märklauale. Erilise pooliga tekitatav teravustav magnetväli suunab fotoelektronide lennujooned piki magnetvälja jõujooni ja soodustab sellega nende satumist märklauale sellises vastastikusel asetuses, millises nad lahkusid fotokatoodilt. Omandades kiirendavas väljas tunduva kiiruse, löövad need elektronid märklaualast välja fotokatoodi vastavate elementide valgustustihedusega võrdelises koguses sekundaarelektrone ja tekitavad sellega temal potentsiaalireljeefi. Potentsiaalireljeefi muundamine signaalideks toimub samasugusel viisil nagu tavaliseski ikonoskoobis.

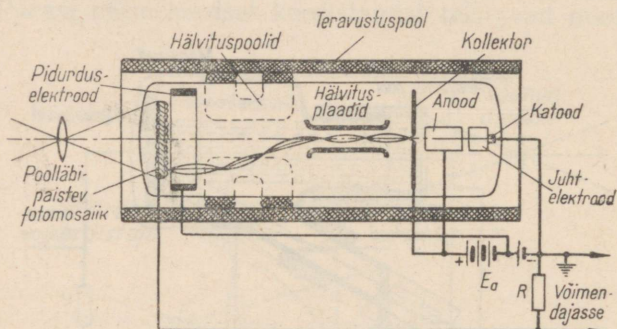
Fotokatoodi emissiooni täielik ärakasutamine ja samuti märklaua sekundaaremmissiooni ärakasutamine potentsiaalireljeefi moodustamiseks põhjustab väljesignaali tugevuse tunduvalt suurenemist. Sellise toru tundlikkus osutub ligi 10 korda suuremaks tavalise ikonoskoobi omast.

1939. aastal loodi uus saatetoru, mida nimetatakse *ortikonoskoobiks* ehk lihtsalt *ortikoniks*. Selle toru põhiliseks erinevuseks on mosaigi pinna kommuteerimiseks aeglase elektronide kasutamine, mis hoiavad tema potentsiaali katoodi oma tasemel.

Ortikoni skeem on kujutatud joonisel 2. 43.

Ortikonil on tavaline elektronkahur, mille anoodile rakendatakse umbes 200—300 voldine kiirenduspinge. Kahuri väljeava juures asetseb kollektor, millele antakse kiirenduselektroodi potentsiaal.

Hea teravustamise saamiseks elektronide väikese kiiruse puhul tuleb rakendada elektronide kogu liikumisteedkonna ulatusel mõjuvat võimsat magnetilist teravustamist. Seepärast kasutatakse siin pikka teravustuspooli, mis ümbritseb kogu toru ja tekitab seega kogu tema ruumalas telgsuunalise magnetvälja.



Joon. 2. 43. Ortikoni skeem.

Elektronikiire hälvitamine horisontaalsuunas toimub elektrostaatiliselt, vertikaalsuunas aga magnetiliselt. Nagu juba varem oli märgitud, muudab hälvitavate väljade mõjuapiirkonnas esinev pikimagnetväli tunduvalt elektronikiire hälbimissuunda. Hälvitamine elektrostaatiliselt toimub siin hälvitava välja jõujoontega risti asetsevas sihis, hälvitamine magnetväljaga aga piki hälvitava välja jõujooni (vt. käesoleva ptk. § 4). Väljunud hälvitavatest väljadest jätkavad elektronid liikumist piki teravustava välja jõujooni ja satuvad seega mosaiigile selle pinnaga ristsihis.

Ortikoni fotomosaik paikneb selliselt, et ülekantav kujutis projitseeritakse temale signaalpladipoolest küljest ja seepärast valmistatakse viimane võimaluse piirides valguskiiri läbilaskvana. Nii-sugust fotomosaiki nimetatakse *poolläbipaistvaks*.

Sellise väikse elektronide kiiruse puhul, mida siin kasutatakse, on mosaiigi sekundaaremissiooni tegur ühest väiksem ja elektronkiir säilitab tema potentsiaali ligikaudu võrdsena katoodi omaga. Järelikult moodustub mosaiigi ja kollektori vahele teravustav elektriväli, mille toimele kõik mosaiigist väljalennanud elektronid satuvad kollektorile. See tekitab mosaiigi fotoemissioonvoolu küllastumise ja ühtlasi väldib võimaluse sekundaarelektronide sattumiseks mosaiigi ühest kohast teise.

Kujutisesignaali juhitakse välja signaalplaadi vooluringi ühendatud koormustakistilt R nagu ikonoskoobi puhulgi.

Kui mosaiik on valgustamata, siis omandab ta pärast seda, kui elektronkiir on kulgenud üle kogu tema pinna, stabiilse potentsiaali, mis ligikaudu võrdub katoodi potentsiaaliga. Pärast seda hakkab elektronkiir nagu peegelduma tema pinnalt: elektronid, lähenedes mosaiigile, aeglustuvad, jõudnud aga selle pinnale, nad peatuvad ja alustavad kiirenevat tagasiliiikumist kollektorile, läbides peaaegu sellesama teekonna, mis liikumisel pärisuunaski (vt. joon. 2. 18, b ja selle juurde kuuluvat teksti).

Ülekantava objekti kujutise projitseerimisel mosaiigile lahkuvad kõik sellest väljunud elektronid kollektorile ja tõstavad vastaval määral mosaiigi üksikute elementide potentsiaali. Elektronkiir, kulgedes üle mosaiigi pinna, alandab selle kõigi elementide potentsiaali kuni stabiilse väärtuseni, sest osa primaarkiire elektrone koguses, mis võrdub mosaiigi üksikutelt elementidelt lahkunud fotoelektronide arvuga, «sadestub» nendel elementidel ja tagasipöörduvate elektronide arv vastavalt väheneb. Mosaiigi pinnal laotamise ajal lahkuva elektrihulga moduleerimine põhjustab nagu ikonoskoobski signaalivoolu tekkimist signaalplaadi vooluringis.

Kirjeldatud protsess tõendab, et siin esinevad täiuslikud kommuteerimise tingimused ja puuduvad igasugused parasiitsignaalide tekkimise võimalused.

Mosaiigi fotoemissiooni täieliku ärakasutamise ja samuti kogunenud laengute täielikult signaalideks muutmise tõttu omab ortikon tunduvalt suuremat tundlikkust kui ikonoskoop. Peale selle puudub tema signaalis «must tähn» ning ta ei moonuta rastrit.

Ortikoni peamiseks puuduseks on tema ebakindel töötamine väga suure valgustustiheduse puhul. Ortikon saab normaalselt töötada ainult seni, kuni mosaiigi valgustustihedus on selline, et igalt elemendilt ühe täieliku laotamistsükli kestel lahkuvate elektronide arv ei ületa kiire poolt ühekordse kommuteerimise kestel juurde toodavate elektronide arvu. Mosaiigi elemendid, millede valgustustihedus ületab mainitud piiri, hakkavad vahetpidamata oma potentsiaali tõstma, mis lõppude lõpuks saavutab teise, kollektori potentsiaalile lähedase püsiva väärtuse. Edasi hakkab kõrgendatud potentsiaaliga piirkond levima üle kogu mosaiigi pinna, halvates seadise tööd.

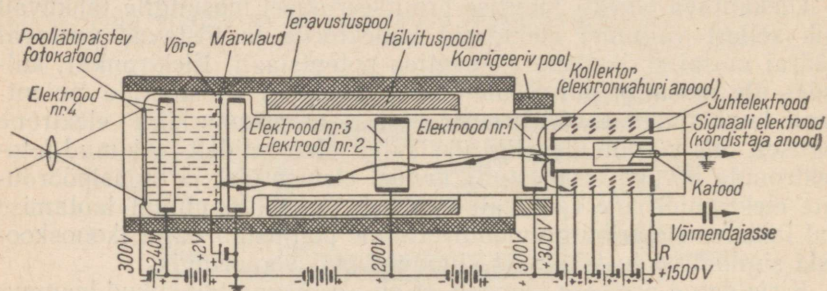
Ortikoni mosaiigi poolt talutava valgustustiheduse piirväärtuse suurendamiseks tugevdatakse tema kiire voolu piirini, mille määravad kindlaks vajaliku teravustuse tingimused. Tavaliselt on see vool $1-2 \mu\text{A}$.

c. Kujutist ülekandev ortikon

Ikonoskoobi kõigi ülalkirjeldatud täiustuste ühes seadises õnnestunud ühendamise tulemusena tekkis saatetoru, mille kõige täielikumaks nimetuseks võiks olla: *elektronkordistajaga varustatud ja kujutist ülekandev ortikon* ehk lühidalt *superortikon*. Joonisel 2. 44

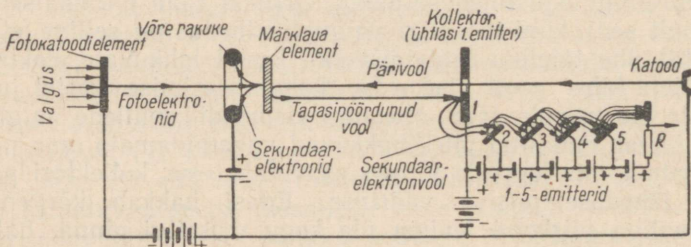
on toodud toru skeem ja joonisel 2.45 — elektronide liikumise skeem torus.

Toru kogu töötav osa asub pika teravustuspooli ühtlases magnetväljas. Ülekantav kujutis projitseeritakse poolläbipaistvale fotokatoodile, mis omab maa suhtes 200—300-voldist negatiivset potentsiaali. Märklaud kujutab endast üliõhukest (umbes 0,005 mm paksust) kilet, mis on valmistatud spetsiaalselt valitud erijuhtivusega eriklaasist ja kinnitatud metallraamile. Väikese paksuse tõttu



Joon. 2.44. Kujutist ülekandva ortikoni skeem.

omab märklaud väga väikest pindjuhtivust ja samal ajal väga suurt läbijuhtivust. Kuna märklauda pommitatakse mõlemalt poolt, siis nimetatakse teda «kahekülgseks». Märklauda esikülje (s. o. fotokatoodi poole pööratud külje) ees asub 0,02—0,05 mm kaugusel



Joon. 2.45. Elektronide liikumise skeem kujutist ülekandvas ortikonis.

tihe võre, millel on 20—40 ava jooksva millimeetri kohta. Võrele antakse maa suhtes madal positiivne potentsiaal (1—2 V). Elektronkahuri katoodil on maa potentsiaal, kiirenduselektroodi potentsiaal on umbes 300 V. Elektronikiire hälvitamine toimub magnetiliselt. Elektroodid 1, 2, 3 ja 4 on ette nähtud elektrivälja kõige sobivamaks jaotamiseks torus. Elektroodide 1 ja 2 poolt moodustatud väli parendab kahurist väljalendavate elektronide teravustamist. Pidurduselektroodiks nimetatav elektrood 3 moodustab märklauda pinna lähedal sellise elektrivälja, mis tekitab elektronide väikese

hälbe märklaua keskme poole ja avaldab sellega vastutoimet nende lennujoonte koonusekujulisele hajumisele, mida põhjustab laotussüsteem. Selle tulemusena satuvad kõik elektronid märklauale tema pinnaga risti, mis on kujutisesignaali ühtlase väljajuhtimise vajalikuks eeltingimuseks. Elektrod 4 tekitab kiirendava välja fotokatoodi poolt emiteeritavate elektronide jaoks. Korrigeeriv pool on ette nähtud teravustava välja sihi ühitamiseks kahuri piirkonnas viimase teljega. Kahuri väljeava ümbritsetakse ketaskollektoriga, mis ühtlasi on elektronkordistaja esimeseks emitteriks. Ülejäänud emitterid ja elektronkordistaja anood paiknevad kahuri ümber. Kordistaja anoodile antakse umbes 1500 V potentsiaal. Signaali pinget juhitakse välja kordistaja anoodringi ühendatud koormustakistilt, mille takistus on 10 000—30 000 Ω .

Toru tööpõhimõte on järgmine. Fotokatoodi poolt selle üksikute elementide valgustustihedusega võrdelises koguses emiteeritavad elektronid projitseeritakse kiirendava elektrivälja ja teravustava magnetvälja toimel märklaua esipinnale. Seejuures valitakse mainitud väljade tugevus selliselt, et kõik fotokatoodist normaali suhtes mingi nurga all väljunud elektronid satuksid märklauale, tehes mööda spiraali täpselt ühe ringi (vt. joon. 2.17 ja selle juurde kuuluvat teksti). Märklaud emiteerib vastavas koguses sekundaar-elektrone, mis satuvad võrele. Selle tulemusena moodustub märklaua potentsiaalireljeef, mille maksimaalne väärtus ei saa ületada võre potentsiaali. Seega täidab võre märklaua potentsiaali piiraja ülesannet.

Märklaua suure läbijuhtivuse tõttu kantakse tema esiküljel kujunenud potentsiaalijaotus otsekohe üle elektronikiiriga kommuteeritavale tagaküljele. Elektronkiir aga, kulgedes üle märklaua pinna, viib ta potentsiaali stabiilse väärtuseni (ligikaudu võrdseks maa potentsiaaliga). Märklaua mainitud omaduse tõttu saavutab sama potentsiaali ka tema esikülg.

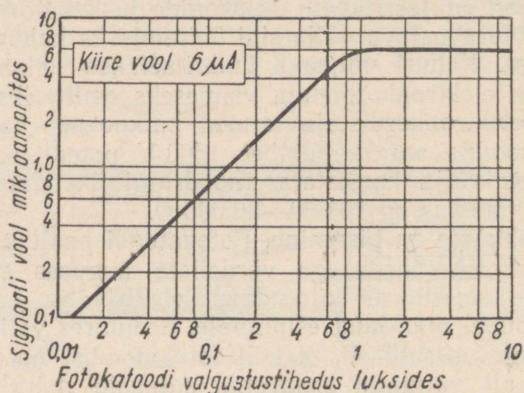
Kui elektronkiir on suunatud elemendile, mille potentsiaal on võrdne stabiilse väärtusega, siis kõik elektronid, lennanud märklaua pinnani, pöörduvad tagasi ja satuvad kollektorile. Juhul aga, kui elemendil on positiivne potentsiaal, jääb osa elektrone (mis on vajalik selle potentsiaali neutraliseerimiseks) märklauale ja kiire tagasipöördunud vool nõrgeneb; nii osutub tagasipöördunud vool moduleerituks kasuliku signaaliga.

Kiire tagasipöördunud voolu moodustavad elektronid satuvad kollektorile kiirusega, mis on võrdeline viimase potentsiaaliga (umbes 300 V). Seejuures emiteerib kollektor suurel hulgal sekundaar-elektrone, mis, paindudes ümber kollektori, satuvad elektronkordistaja järgmistele elektrodidele. Viieastmelise elektronkordistaja korral ulatub kogu signaalivoolu võimendus tuhandeni.

Joonisel 2.46 on kujutatud signaalivoolu sõltuvus ülekantava objekti valgustustihedusest. Kõvera ülemine paine tekib võre pii-

rava toime tõttu. Toru stabiilse töötamise tagamiseks ei tohi märklaua pötsiaal ületada 1—2 V.

Kirjeldatud toru töötab stabiilselt igasuguse valgustustiheduse puhul ja tema tundlikkus on palju kordi suurem kui ortikonil.



Joon. 2.46. Kujutist ülekandva ortikoni signaalivoolu sõltuvus fotokatoodi valgustustihedusest.

Kokkuvõttes tuleb siiski märkida, et kinofilmide ja stuudiosteenide ülekandmiseks, mispuhul alati on võimalik tagada küllaldast valgustustihedust, kasutatakse käesoleval ajal peamiselt ikka veel ikonoskoopi. See on seletatav asjaoluga, et oma lihtsuse juures omab ta ikkagi veel ületamatut võimet kujutise õige kontrastsuse ülekandmiseks.

III PEATÜKK

TELEVISIOONISIGNAALID JA NENDE SAATMINE

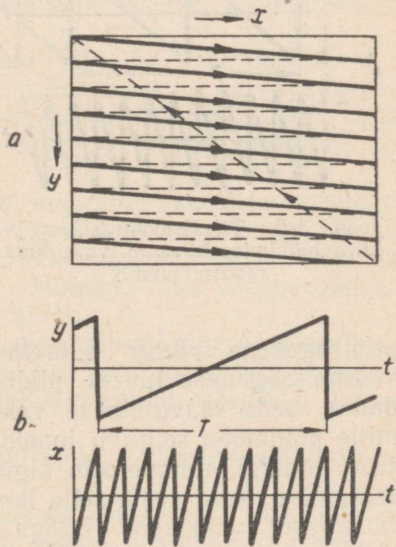
1. Televisioonikujutise põhiparameetrid

Televisioonikujutise põhiparameetriteks ja kvaliteedinäitajateks on: *laotamisviis, heledus, pildisagedus, pildiformaat, teravus ja kontrastsus.*

Laotamise teel jaotatakse ülekantav kujutis ridadeks, millede kogumik moodustab *rastriks* nimetatava geomeetrilise kujundi. Vastuvõtutoru rastri üksikute punktide heleduse muutumine tekitab kujutise mulje. Ideaalsel juhul peaks rastri ridade üldarv olema niivõrd suur, et kogu kujutise tervikuna vaatlemisel silm ei eristaks üksikuid ridu.

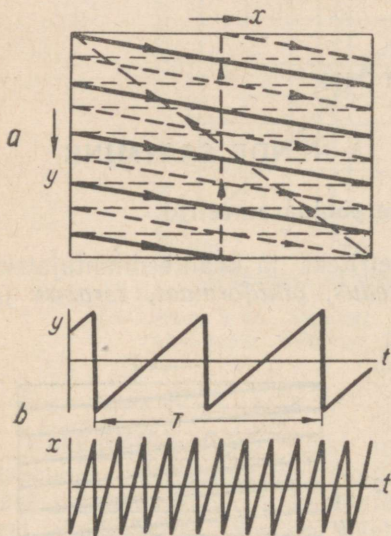
Kõige lihtsamat liiki televisioonilaotuseks on *arenev* (järjestikune) laotus. Temale vastav raster on kujutatud joonisel 3. 1, *a*. Siin toimub järjestikune laotamine realt reale (tavaliselt vasakult paremale piki iga rida ja realt reale ülevalt alla). Rastri aktiivne osa on kujutatud jämedate joontega. Peened jooned vastavad laotuskiire tagasilikumistele, millele vältel kujutise ülekandmist ei toimu.

Joonisel 3. 1, *b* on toodud vastava rastri saavutamiseks vajalikud kiire vertikaalse ja horisontaalse hälbimise kõverad. Neid kõveraid, millede järgi hälbivad voolud või pinged peavad muutama, nimetatakse *hambakujuulisteks*.



Joon. 3. 1. Televisiooniraster ja kiire hälbimise kõverad areneva laotuse puhul.

Käesoleval ajal aga rakendatakse televisioonis peaaegu eranditult vahelduvat laotamist, mille raster on kujutatud joonisel 3.2, a. Erinevalt arenevast laotamisest toimub siin algul kõikide paaritute ja seejärel paarisarvuliste ridade järgemööda laotamine. Vastavad vertikaalse ja horisontaalse hälvitamise kõverad on kujutatud joonisel 3.2, b; vertikaalse hälvitamise kõver omab vahelduva laotuse puhul areneva laotusega võrreldes kaks korda suuremat sagedust.



Joon. 3.2. Televisiooniraster ja kiire hälvitamise kõverad vahelduva laotuse puhul.

Täielikku ühekordset televisioonikujutist nimetatakse *pildiks*. Vahelduva laotuse puhul moodustatakse kujutise iga pilt kahest teineteisele järgnevast poolikust kujutisest, mida nimetatakse *poolpildiks* ehk *väljaks*.

Televisioonikujutiste vastuvõtul tuleb luua sellised tingimused, millede puhul ülekantava kujutise üksikute väljade ilmumine ei avalduks vaataja silmade ärritust esile kutsuva märgatava vilkumisenä. Areneva laotuse puhul võrdub vilkumissagedus piltide ülekandmise sagedusega. Vahelduva laotuse puhul osutub vilkumissagedus võrdseks väljade ülekandmise sagedusega, s. o. kaks korda suuremaks kui areneva laotuse puhul. Seega võimaldab vahelduv laotus vähendada televisioonikujutise vilkumist.

Mõningatel erijuhtudel on vaja, et vilkumissagedus ületaks pildisageduse veelgi suuremal määral (mis võimaldab antud vilkumissageduse juures pildisagedust vastav arv korda vähendada). Seda saavutatakse rakendades *punkti vaheldusega laotust*, mille põhimõtet selgitab joonis 3.3. Nagu tavalise vahelduva laotuse puhulgi, toimub siin algul paaritute ja seejärel paarisridade laotamine. Kuid peale selle laotatakse iga rea elemente mitte üksteise järel, vaid kahe võttega — üle ühe (s. t. algul paaritud ja siis paariselemendid, mida saavutatakse laotuskiire perioodilise süütamise ja kustutamise teel). Seega toimub kujutise iga täispildi laotamine nelja võttega: algul kantakse üle elemendid, mis on tähistatud numbriga 1 ja mis moodustavad kujutise 1. välja (joon. 3.3), seejärel elemendid, mis on tähistatud numbriga 2 (2. väli), jne. järgnevusega 1, 2, 3, 4. Selle tagajärjel osutub väljasagedus (ja järelikult ka kujutise vilkumissagedus) pildisagedusest neli korda suuremaks.

Televisioonikujutise *heleduse* all mõeldakse tavaliselt tema

maksimaalset heledust. Televisioonikujutise jälgimiseks pimendatud ruumis on täiesti küllaldane, kui kujutise heledus on 30—60 dmsb, mis ligikaudu vastab kinoekraani heledusele. Et aga oleks võimalik televisioonikujutist jälgida normaalse valgustuse puhul, tuleb tema heledust suurendada vähemalt kuni 300 dmsb-ni.

Kui eeldada televisioonikujutise heleduseks 300 dmsb, siis on kriitiline vilkumissagedus umbes 50 Hz (vt. kõver joon. 1.7). See

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |

Joon. 3.3. Elementide ja väljade vaheldumise skeem punktivaheldusega laotuse puhul; elemendid on tähistatud nende väljade numbritega, millele juurde nad kuuluvad.

tähendab, et vahelduva laotuse puhul võib *pildisagedus* (n) olla umbes 25 Hz. Kinoalased kogemused näitavad, et selline piltide vahetumise sagedus on täiesti küllaldane ükskõik milliste liikuvate esemete heaks ülekandmiseks.

Pildisagedust tuleb täpsustada lähtudes tingimusest, et see sagedus peab olema toitevõrgu vahelduvvoolu sageduse kordne. Mainitud sageduste mittekordse vahekorra puhul tekib rida raskusi, mis tulenevad vajadusest kõrvaldada seejuures ilmnevaid toitevõrgu poolt tekitatavaid häireid.

Sellest asjaolust tingitult on määratud kindlaks standardne pildisagedus, mis on toitevõrgu sagedusega vahekorras 1:2. Nõukogude Liidus kasutamisel oleva toitevõrgu sageduse 50 Hz puhul peab pildisagedus olema 25 Hz. Maades, kus võrgusagedus on 60 Hz, võetakse pildisageduseks 30 Hz.

Rastri laiuse ja kõrguse suhet nimetatakse pildi *formaadiks* (k). Kuna televisioonisaadete tunduva osa moodustab kinofilmide ülekanne, siis võetakse televisioonipildi formaat võrdseks kinopildi formaadiga, s. o. $k=4/3$.

Televisioonikujutise kõige olulisemaks kvaliteedinäitajaks on tema *teravus*.

Televisioonikujutise *nimiteravuseks* nimetatakse ühe pildi kestel ülekantavate täisridade arvu (z). Seega kehtib reasageduse f_z ja pildisageduse vahel seos:

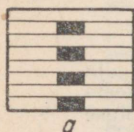
$$f_z = nz. \quad (3.1)$$

Lisaks sellele teravuse mõistele, mis iseloomustab vaid antud televisioonistandardit, eristatakse veel vastuvõetud kujutise *tõelist teravust* vertikaal- ja horisontaalsihis. Täpsustame tõelise teravuse mõistet ja selgitame neid põhitugeid, milledest ta sõltub.

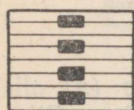
Kujutleme endile ülekantavat kujutist horisontaalselt paiknevate

vahelduvate tumedate ja heledate elementidena, millest igaühe vertikaalsed mõõted vastavad rastri rea laiusele. Juhul kui need elemendid langevad ühte rastri ridadega, nagu on kujutatud joonisel 3.4, *a*, siis need elemendid taastatakse vastuvõetud kujutisel (joon. 3.4, *b*) täielikult. Juhul aga, kui need elemendid osutuvad nihutatuiks vertikaalsihs poole rea laiuse võrra (joon. 3.4, *c*),

Saadetavad
kujutised

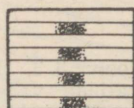


a

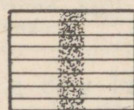


c

Vastuvõetavad
kujutised



b



d

Joon. 3.4. Televisioonikujutise teravuse määramiseks vertikaalsihs.

des $z \pm 0,5z$. See annab aluse iseloomustada teravust vertikaalsihs tinglikult keskmise väärtusega $0,75z$.

Kui saatetoru poolt tekitatavad kujutisesignaaliid satuvad täiesti moonutatamatult vastuvõtutorusse, siis määravad kujutise teravuse horisontaalsihs täielikult saatetoru elektronkiire ristlõike (potentsiaalireljeefi kandval pinnal) ja vastuvõtutoru kiire ristlõike (ekraanil) suhtelised geomeetrilised mõõded. Televisioonielementide nimetatud ristlõikeid nimetatakse *laotuselementideks*.

Väga sageli loetakse käsituse lihtsustamiseks laotuselementi ruuduks (tegelikult on see ringikujuline). Teinud selle oletuse, käsitleme moonutuste iseloomu, mis tekivad vastuvõetavas kujutises tingituna laotuselemendi lõplikest mõõdetest, eeldusel, et saateja vastuvõtutorus on laotuselementidel ühesugused suhtelised mõõded.

Olgu meil tarvis kanda üle kujutise element, mille heledus piki rida muutub riskülikuliselt (joon. 3.5, *a*). Seejuures on laotuselemendi laius d . Laotuselemendi koordinaati piki rida (x) arvestame tema keskmee järgi.

Signaali lähetamine saatetorus algab hetkel, mil laotuselement jõuab koordinaadini x_2 ja puutub kokku ülekantava elemendiga. Edasi, vastavalt laotuselemendi pinna siirdumisele ülekantava elemendi pinnale, hakkab signaal lineaarselt tugevnema. See kestab hetkeni, mil laotuselement jõuab koordinaadini x_4 ; pärast seda säilitab signaal teatava ajavahemiku vältel püsiva väärtuse. Laotus-

saabub igale reale ühesugune kogus valgust ja üksikud elemendid üksteisest eristatavad ei ole (joon. 3.4, *d*). On hõlpus näha, et ainult siis, kui iga elemendi kõrgust kahekordistada ja elementide koguarvu vähendada kaks korda, õnnestub tagada kõikide elementide ülekannet küllaldase kontrastusega, nende ükskõik millise geomeetrilise paigutuse puhul.

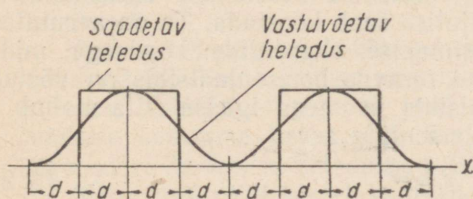
Seega sõltub televisioonikujutise teravus vertikaalsihs mitte ainult ridade arvust, vaid ka ülekantava kujutise elementide geomeetrisest paigutusest. Ülaltoodust selgub, et tõeline teravus vertikaalsihs võib muutuda piirides

elemendi lahkudes ülekantava elemendi pinnalt toimub analoogiline lineaarne signaali nõrgenemine. Joonisel 3.5, *b* on kujutatud signaali muutumise täielik kõver.

Selle signaaliga tüüritava vastuvõtutoru ekraani heleduse muutumine algab hetkel, mil laotuselement jõuab punkti x_2 . Kuna ta aga seejuures hõivab ala koordinaatide x_1 ja x_3 vahel, siis osutub ekraani heleduse muutumise alkoordinaadiks x_1 . Laotuselemendi edasisel ümberpaiknemisel hakkab ekraani heledus kasvama ja saavutab maksimaalse väärtuse alles punktis x_5 , mille laotuselement ületab täie heleduse juures. Täielik ekraani heleduse muutumise resulteeriv kõver piki rida on toodud joonisel 3.5, *c*.

Toodud kaalutlustest nähtub, et kujutise elemendi televisiooniülekande tulemusena toimub tema servade hajutamine, mistõttu vastuvõetud element laieneb väärtuse $2d$ võrra. Järelikult on täieliku kontrastsusega ülekandmist võimaldavate elementide minimaalne pikkus $2d$. Seda selgitab joonis 3.6.

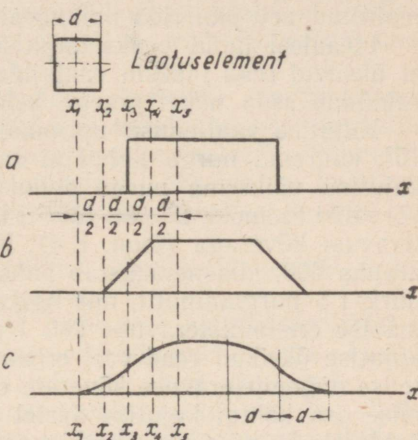
Niisiis selleks, et üle kanda kujutise elemente, millede pikkus piki rida võrdub rea laiusega, on vajalik, et laotuselemendi mõõted ei ületaks poolt rea laiust.



Joon. 3.6. Veel täie kontrastsusega vastuvõetavate kõige väiksemate kujutuse elementide moonutus.

jõuame järeldusele, et teravus vertikaal- ja horisontaalsihis sõltub täiesti erisugustest põhjustest ning võib seega üldjuhul olla mitmesugune.

Kuna teravuse suurendamine kummaski sihis on seotud täiendavate tehniliste vahendite kuluga, siis võetakse teravus horisontaal-



Joon. 3.5. Laotuselemendi mõõdete mõju televisioonikujutise teravusele horisontaalsihis.

Kui signaalide saate- torust vastuvõtutorusse ülekandmisel kasutatava sagedusriba ülemine piir ei ole küllaldane signaali kuju moonutamatault taastamiseks, siis tekib täiendav teravuse vähenemine horisontaalsihis.

Kokku võttes kõike ülalõeldud televisioonikujutise tõelise teravuse kohta,

sihis võrdseks teravusega vertikaalsihis. Järelikult, kui keskmiseks teravuseks vertikaalsihis on võetud $0,75z$, siis peab igale reale mahtuma $0,75kz$ kujutise element, mis $k=4/3$ puhul moodustab z elementi.

Seetõttu valitakse kujutisesignaali üle kandmiseks vajaliku sagedusriba ülemine piir lähtudes vajadusest kanda üle vaid ülalmainitud arv piki rida paiknevaid elemente.

Ideaalsel juhul peaks kujutise ridade arv olema niivõrd suur, et üksikud read jääksid vaatajale märkamatuiks. Vaatame, kui võrd rahuldab seda nõuet praegu kehtiv televisioonistandard.

Kujutise vaatlemise optimaalseks nurgaks loetakse ligikaudu 15° ; suurema nurga puhul ei saa vaataja üheaegselt näha kogu kujutist, väiksema nurga puhul aga satub tema vaatepiirkonda kõrvalisi esemeid. See on täiesti kooskõlas silma suhtelise nägemisteravuse kõveraga (joon. 1.4). Kui seejuures võtta kujutise ridade arvuks 600, siis moodustab kahe naaberrea kohta tulev nägemisnurk $1,5$ nurgaminutit, mis ligikaudu 3 korda ületab silma maksimaalse eristamisteravuse (vt. I^optk., § 2). Järelikult on sel juhul kujutise üksikud read veel eristatavad. Kuid vastavalt silma suhtelise nägemisteravuse kõverale on see kehtiv ainult kujutise keskmise osa kohta; kujutise äärtel aga, mis vastavad $7-8^\circ$ kõrvalekaldu misele nägemise keskjoonest, väheneb nägemisteravus $5-6$ korda ja üksikud read enam märgatavad pole. Sellega seletub väga oluline katselisel teel selgunud tõsiasi, mis seisab selles, et kujutise teravuse suurendamine üle $500-600$ rea parendab väga vähe selle kvaliteeti.

Samal ajal tekitab ridade arvu edasine suurendamine suuri tehnilisi raskusi televisioonisüsteemi loomisel. Seetõttu osutub NSV Liidus kasutusele võetud televisioonistandard, mis näeb ette 625 laotusrida, käesoleval ajal kõige soodsamaks.

Televisioonikujutise teravust iseloomustatakse mõnikord ka *laotuselementide arvuga* (N), mille all mõeldakse maksimaalset elementide arvu, milledest kujutise saab koostada. Ta on arvutatav ridade arvu korrutisena maksimaalse elementide kogusega, mida rida võib sisaldada. Juhul kui teravus horisontaalsihis on võetud võrdseks teravusega vertikaalsihis ja seega igasse ritta mahub z kujutise elementi, on laotuselementide arv

$$N = z^2. \quad (3.2)$$

Kehtiva televisioonistandardi puhul ($z=625$) on laotuselementide arv järelikult ligikaudu 400 000.

Väga oluliseks televisioonikujutise kvaliteedinäitajaks on tema *kontrastsus*. On ilmne, et kujutise kontrastsust on alati soovitatav säilitada võrdse ülekantava eseme kontrastsusega. Kuid sellise olukorra saavutamist piiravad olemasolevad vastuvõtutorud, milledest isegi kõige täiuslikumad võimaldavad saavutada detailide kontrastsust, mis ei ületa arvu 25 (vt. ptk. II, § 6), kuna aga televisiooniobjektide kontrastsus sageli ületab arvu 100.

2. Televisioonisignaalid

Olemasolevad rea- ja pildilaotussüsteemid töötavad selliselt, et ligikaudu 10—15% perioodi kestusest kulutatakse kiire tagasiliikumisele. Tagasiliikumise ajavahemikku ei ole võimalik ära kasutada kujutisesignaali ülekandmiseks. Selleks et vastuvõtutoru elektronkiir ridadelt ja pildidelt tagasiliikumise kestel ei joonistaks ekraanile lisajooni, mis rikuksid kujutise, peab ta olema suletud eriliste *kustutavate* impulsside abil.

Tänapäeva televisioonisüsteemides kantakse kustutusimpulsi üle koos kujutisesignaali; sel teel muutuvad kiire tagasiliikumise jäljed kujutisesignaali vaheajal automaatselt nähtamatuks.

Seega peab täielik televisioonisignaal sisaldama *kujutisesignaale*, (rea- ning pildi-) *sünkroniseerimisimpulssi* ja (rea- ning pildi-) *kustutusimpulssi*.

Joonis 3.7 on toodud täieliku televisioonisignaali kuju ja põhiaandmed 625-realise laotuse puhul.

Nagu sellelt jooniselt nähtub, paiknevad kujutisesignaalid kustutusimpulsside vahel, sünkroniseerimisimpulsi aga kustutusimpulssidel, mis nagu täidaksid eelmiste aluse ülesannet.

Kui lugeda televisioonisignaali maksimaalne kõrgus võrdseks 100% (joon. 3.7, a), siis on tema mitmesuguste komponentide suhteline tase järgmine. Kustutusimpulsside suhteline tase on 75%. Sünkroniseerimisimpulsi, ulatudes kustutussignaalist välja, võtavad endi alla taseme 75% kuni 100%. Kujutisesignaalid kõiguvad «mustadele» signaalidele vastava 75% taseme ja «valgetele» signaalidele vastava 10—15% taseme vahel.

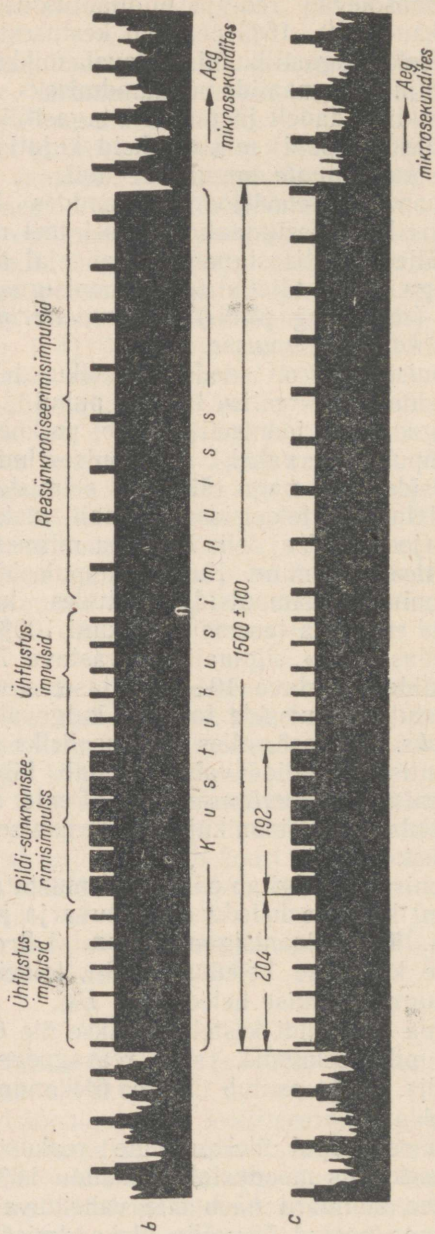
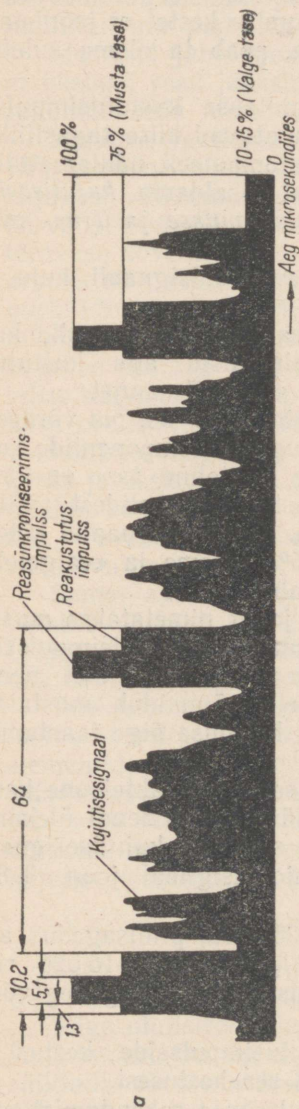
Kustutusimpulsside tasemel kulgevat joont nimetatakse *mustatasemeks*. See tase, olles eralduspiiriks sünkroniseerimisimpulsside ja kujutisesignaali vahel, täidab lähtepunkti ülesannet nende eraldamiseks vastuvõtuseadmes. Peale selle võimaldab mustatase lahendada televisioonikujutise keskmise heleduse õige taastamise küsimust.

Joonis 3.8 selgitab põhimõtet mustataseme kui lähtejoone kasutamisest kujutise heleduse muutuva ja jääva komponendi ülekandmiseks. Televisioonisignaal joon. 3.8, a sisaldab kujutisesignaali väikese keskmise heledusega B_{01} , televisioonisignaal joon. 3.8, b aga suure keskmise heledusega B_{02} .

Kuna ühe pildi kestel kantakse üle 625 rida, pildisagedus aga on 25 pilti sekundis, siis reasagedus $f_z = 625 \times 25 = 15\,625$ rida sekundis. Seega osutub ühe rea ülekandmiseks kuluv kogu aeg võrdseks 64 μ sek.

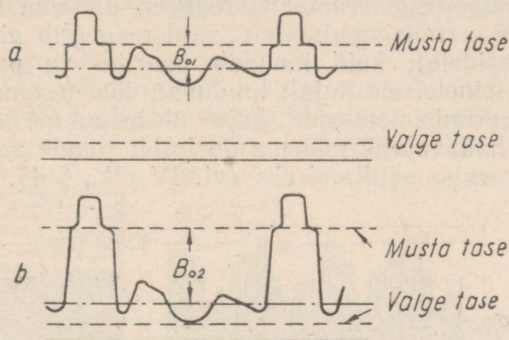
Iga rea lõpul ülekantavate reakustutusimpulsside kestus on 10,2 μ sek, mis moodustab ligikaudu 18% rea kestusest.

Kuna standard näeb ette vahelduva laotuse rakendamist, siis on silmas peetud 50 välja ülekandmist sekundis. Järelikult peab pildilaotuse tagasiliikumine toimuma kogu pildi ülekandmise kestel kaks korda; esimest tagasiliikumist, mis toimub pärast poole pildi



Joon. 3. 7. NSV Liidus standardiks võetud 625-realise teravusega televisiooni signaali kuju ja põhianndmed.

ülekanmist, nimetatakse *paarituarvuliseks*, teist aga, mis toimub pärast kogu pildi ülekanmist, — *paarisarvuliseks* tagasiliikumiseks. Igale neist tagasiliikumistest vastab oma pildikustutusimpulss (paaritu- ja paarisarvuline). Mõlemad pildikustutusimpulssid on ühesuguse kestusega, mis moodustab umbes 8% poolpildi ülekandekestusest. Põhiline erinevus nende vahel seisab selles, et paaritu-



Joon. 3.8. Kujutise keskmise heleduse ülekandmine: *a* — väike keskmine heledus ja *b* — suur keskmine heledus.

arvuline kustutusimpulss algab reavahemiku keskest (joon. 3.7, *b*), paarisarvuline aga selle vahemiku lõpust (joon. 3.7, *c*).

Ei ole raske arvutada, et pildi kestel esineva kustutamise tulemusena väheneb tegevridade arv 575-le. Üldine kujutise elementide kadu aga, mida põhjustavad rea ja pildi kestel esinevad kustutamised, ulatub kuni 25%-ni.

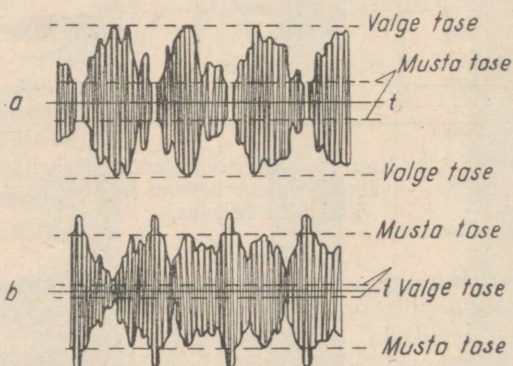
Läheme üle sünkroniseerimisimpulsside käsitlemisele, millede seas me, analoogiliselt kustutusimpulssidega, eristame: rea-, paarituarvulisi ja paarisarvulisi pildiimpulsse.

Eelkõige tuleb märkida, et kõigi televisioonis rakendatavale laotussüsteemide puhul ühtivad tagasiliikumise algused sünkroniseerimisimpulsside lähetamise hetkedega. Seepärast peavad kõik sünkroniseerimisimpulssid paiknema neile vastavate kustutusimpulsside alguses. Kuid televisioonirastri iga rea alghetke range fikseerimise eesmärgil algavad kustutusimpulssid mõnevõrra enne sünkroniseerimisimpulssi, mille tulemusena vastuvõtutoru elektronkiir «kustub» veidi varem, kui algab laotuse tagasiliikumine.

Selleks et pärast televisioonisignaali vastuvõttu oleks võimalik sünkroniseerimisimpulssi mingisuguse tunnuse järgi jagada rea- ja pildiimpulssideks, omavad nad erisugust kestust: pildisünkroniseerimisimpulsside kestus on reasünkroniseerimisimpulsside omast peaaegu 20 korda suurem.

Nagu nähtub jooniselt 3.7, *b* ja *c*, on pildisünkroniseerimisimpulsside struktuur üsna keerukas. Sünkroniseerimisimpulss ise on jaotatud kuueks eraldi impulsiks. Need impulsid on ühtlasi ka

reasünkroniseerimisimpulssideks, nad ei lase reaalaotusel pildilaotuse tagasiliikumise kestel sünkronismist välja langeda. Sünkroniseerimisimpulsi eel ja tema järel asub 6 impulssi, mida nimetatakse ühtlustusimpulssideks. Ühtlustusimpulsside ja samuti ka nende impulsside sagedus, milledeks on jaotatud pildiimpulss, võrdub kahekordse reasagedusega. See ei häiri reaalaotuse normaalset tegevust (kuna reaalaotusgeneraator ei reageeri perioodi keskel saabuvatele sünkroniseerimisimpulssidele, vaid reageerib ainult reasagedusega impulssidele), kuid muudab paaritu- ja paarisarvulised pildisignaale teineteisele kujult tunduvalt lähedasemateks. Selline pildisünkroniseerimisimpulsside kuju ühtlustamine on vahelduva laotuse puhul hädavajalik mõlema poolpildi ridade normaalse vastastikuse paiknemise säilitamiseks (vt. IV ptk., § 4).



Joon. 3.9. Moduleerimise polaarsus: *a* — positiivne ja *b* — negatiivne.

Siirdume televisioonisignaali *moduleerimise polaarsuse* mõiste juurde nende ülekandmisel. On võimalikud kaks moduleerimisviisi, mida iseloomustab joonis 3.9. Juhul kui ülekantava kujutise heleduse suurenemine vastab kandesageduse amplituudi suurenemisele, nimetatakse moduleerimist *positiivseks* (joon. 3.9, *a*); vastupidisel juhul nimetatakse moduleerimist *negatiivseks* (joon. 3.9, *b*).

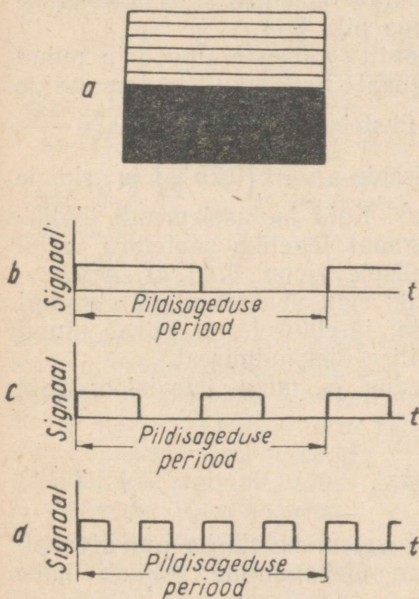
Moduleerimise ühe või teise polaarsuse valik ei oma mingisugust põhimõttelist tähtsust. Negatiivse moduleerimise mõningaks eeliseks osutub võimalus tagada televisioonivastuvõtjates palju hõlpsamat automaatset võimenduse reguleerimist (mis seletub asjaoluga, et moduleeritud võnked omavad fikseeritud amplituudi hetketel, mil lähetatakse sünkroniseerimisimpulssi, millede väärtuse järgi saabki võimendust automaatselt reguleerida). Samuti näivad negatiivse moduleerimise puhul häired vastuvõtjatoru ekraanil sagedamini tumedate tähniidena kui heledatena ja on seetõttu vähem märgatavad.

Meil NSV Liidus on kasutusel televisioonisignaali negatiivne moduleerimine.

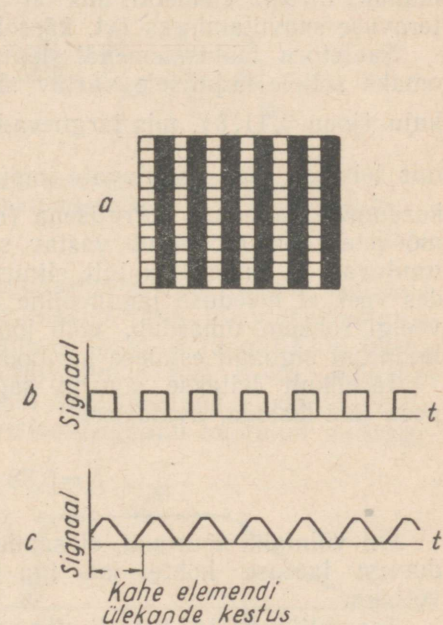
Televisiooni *helitausta* ülekande toimub televisioonisignaali spektrile lähedasel kandesagedusel, mis võimaldab nende vastuvõttu ühise antenniga ja võimendamist vastuvõtja ühises kanalis.

3. Televisioonisignaali ülekandetraktile esitatavad üldnõuded

Televisioonisignaali ülekandetrakti (ehk lihtsalt *televisiooni- trakti*) all mõeldakse kogumikku kõigist elektrilülitustest ja -seadmetest, mida läbivad kujutisesignaalid, alates saatetoru koormustakistist ja lõpetades vastuvõturu juhtelektroodiga.



Joon. 3.10. Televisioonikujutis ja temale vastav, kõige madalamaid sagedusi sisaldav signaal.



Joon. 3.11. Televisioonikujutis ja temale vastav, kõige kõrgemaid sagedusi sisaldav signaal.

Käsitleme küsimust vajalikust *sagedusribast*, mida televisiooni- trakt ülekantava kujutise antud tunnussuuruste puhul peab läbi laskma.

Joonisel 3.10, *a* on toodud näide televisioonikujutisest, mil ülekandmiseks on vajalik signaali kõige madalsageduslikumate komponentide osavõtt. Sellele kujutisele vastava signaali kuju on toodud joonisel 3.10, *b* (areneva laotuse puhul), joonisel 3.10, *c* (vahelduva laotuse puhul) ja joonisel 3.10, *d* (punktivaheldusega laotuse puhul). Kõige väiksemat sellise signaali ülekandmiseks

vajalikku sagedust f_1 (mis osutub selle signaali esimeseks harmooniliseks) võib väljendada järgmiselt:

$$f_1 = \begin{cases} n & \text{— areneva laotuse puhul} \\ 2n & \text{— vahelduva laotuse puhul} \\ 4n & \text{— punktivaheldusega laotuse puhul,} \end{cases} \quad (3.3)$$

kus n on pildisagedus. Sagedus f_1 on ühtlasi vastuvõetava kujutise vilkumissageduseks.

Joonisel 3.11, *a* on toodud teine näide televisioonikujutisest, mille ülekandmiseks on signaalis vajalik kõige suuremate sageduste olemasolu. See kujutis on ehitatud selliselt, et piki iga rida mahuks 0,75 *kz* elementi, mis on nõutav mõlemas sihis ühesuguse teravuse saavutamiseks (vt. käesoleva ptk. § 1).

Saatetoru laotuselemendi lõpmatult väikeste mōōdete puhul omaks sellele kujutisele vastav signaal riskülikuliste impulsside kuju (joon. 3.11, *b*), mis järgnevad üksteisele sagedusega $0,75 \frac{nkz^2}{2}$, mis leitakse reas sisalduvate impulsside arvu $\left(0,75 \frac{kz}{2}\right)$ ja ridade kordumise sageduse korrutisena (nz). Kuid laotuselemendi lõplike mōōdete tõttu moonutub vastav signaal tegeliku saatetoru väljel tunduvalt ja läheneb kujult siinuselisele (joon. 3.11, *c*). Arvestades veel, et heleduse jagunemine piki ridu vastuvõtutoru ekraanil veelgi rohkem ümardub, võib jõuda järeldusele, et piisab ainult mainitud signaali esimese harmoonilise ülekandmisest.

Järelikult leitakse suurim sagedus f_2 , mida televisioonitrakt peab läbi laskma, avaldisest

$$f_2 = 0,38 nkz^2. \quad (3.4)$$

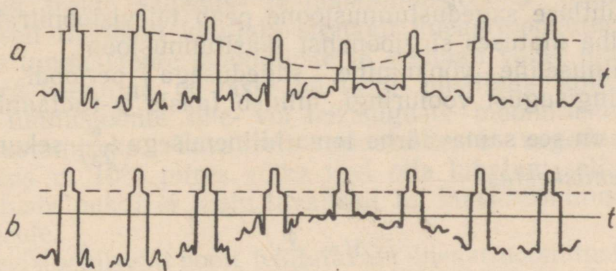
On võimalik tõestada, et saadud valem kehtib ka punktivaheldusega laotuse kohta, kus iga rea ülekandmine toimub kahe võttega.

Teoreetiliselt ja katseliselt on kindlaks tehtud, et kujutise üksiku elemendi ülekandmiseks, mille pikkus on samasugune nagu joonisel 3.11, *a* toodud kujutise igal elemendil, peab televisioonitrakt läbi laskma sellesama maksimaalse sagedusega f_2 piiratud sagedusriba.

Kõrvutades avaldise (3.3) ja (3.4) on hõlpus näha, et vastuvõetava kujutise antud vilkumissageduse puhul (f_1) võimaldab üleminek vahelduvale laotusele vähendada pildisagedust (n) ja sellega vastav arv kordi alandada televisioonikujutise antud teravusega ülekandmiseks vajaliku sagedusriba ülemist piiri. Seega, konstantse vilkumissageduse puhul võimaldab vahelduv laotus ahendada vajalikku sagedusriba kaks korda, punktivaheldusega laotus aga neli korda.

Mis aga puutub üksikute kujutiste keskmise heleduse ülekan-

desse, mis võib muutuda *nullsagedustega* (s. o. sagedustega, mis asuvad piirides nullist kuni mõne hertsini), siis pole olemasoleva televisioonisignaali kujundamise süsteemi puhul mingit vajadust selleks, et kogu televisioonitrakt neid sagedusi läbi laseks (tuleb märkida, et selliste sageduste läbilaskmine kogu televisioonitraktist on seotud rea tehniliste raskustega).



Joon. 3.12. Televisioonisignaali enne (a) ja pärast aliskomponendi taastamist (b).

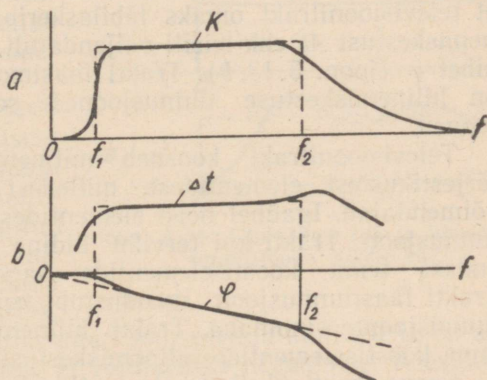
Nullsageduste ehk signaali *aliskomponendi* kaotamisel televisioonisignaali mõnevõrra deformeerub, mis avaldub kustutusimpulsside taseme joone kõverdumises (joon. 3.12, a). Kuid kustutusimpulsside joone tehniliku sirgestamise teel trakti mistahes punktis on võimalik signaali endist kaju taastada (joon. 3.12, b). See protsess on samaväärne televisioonisignaali kaotatud nullsageduste taastamisega ja seda nimetatakse signaali *aliskomponendi taastamiseks*.

Televisioonisignaali aliskomponendi taastamine on tingimata vajalik trakti kahe punkti jaoks: saatja modulaatori väljel ja vastuvõturi juhtelektroodil.

Seega peab televisioonikanal võimalikult ühtlaselt läbi laskma kogu sagedusriba piires f_1 kuni f_2 . See nõuab, et kanali sagedustunnusjoon oleks Π -kujuline.

Tegelik televisioonikanal võib omada vaid Π -kujulisele lähenevat sagedustunnusjoont (joon. 3.13, a).

Sagedustunnusjoone sujuv langus kuni nullini kõrgemate sageduste piirkonnas ei kahjusta, vaid isegi



Joon. 3.13. Televisioonitrakti tannusjooned: a — sagedustunnusjoon, ja b — faasitunnusjoon.

soodustab signaalide taastamise tõepärasust ja osutub sellest seisukohast lähtudes soovitavaks.

Kooskõlas f_1 ja f_2 kohta saadud avaldistega peab televisioonikanal meil kasutusel oleva 625-realise teravuse standardi puhul ühtlaselt läbi laskma sagedusriba 50 kuni $5 \cdot 10^6$ Hz. Televisioonitrakti kõigist elementidest niivõrd laia riba läbilaskmise tagamine osutub väga tõsiseks tehniliseks ülesandeks.

Peale ühtlase sagedustunnusjoone peab televisioonitrakt omama läbilaskeriba ulatuses sirgjoonelist faasitunnusjoont.

Kui siinuseline võnkumine, sagedusega f perioodi sekundis, läbides mingisugust vooluringi, hilineb faasis φ -radiaanise nurga võrra, siis on see samaväärne tema hilinemisega $\frac{\varphi}{2\pi f}$ sekundi võrra, s. t. *hilinemiskestus*

$$\Delta t = \frac{\varphi}{2\pi f}. \quad (3.5)$$

Selleks et signaali kuju televisioonitrakti läbimisel ei muutuks, on vajalik, et tema kõigi sageduste siinuselised komponendid omaksid ühesugust hilinemiskestust Δt , s. o. et oleks rahuldatud tingimus

$$\Delta t = \text{const}. \quad (3.6)$$

Vastavalt avaldisele (3.5) on see samaväärne tingimuse rahuldamisega, et

$$\varphi = \text{const } f. \quad (3.6a)$$

Seega on kujutisesignaali moonutusvabaks ülekandeks vajalik, et televisioonitrakt omaks läbilaskeriba ulatuses konstantset hilinemiskestust Δt , ehk teisiti väljendatult, sagedusega võrdelist faasinihet φ (joon. 3.13, *b*). Trakti faasimoonutuste üle otsustamiseks on hilinemiskestuse tunnusjooned sobivamad kui faasitunnusjooned.

Televisioonitrakt koosneb mitmetest signaali muundavatest järjestikustest elementidest, milledest suurema osa moodustavad võimendajad. Igaühel neist elementidest on oma sagedus- ja faasitunnusjoon. Trakti kui terviku üldine sagedustunnusjoon kujutab endast tema koostiselementide sagedustunnusjoonte korrutist. Trakti faasitunnusjoon moodustub tema koostiselementide faasitunnusjoonte summana. Trakti hilinemiskestus moodustub samuti tema koostiselementide hilinemiskestuste summana.

Seega trakti üksikute elementide tunnusjoonte moonutused teataval viisil liituvad, põhjustades kogu kanali kohta tunduvalt suuremaid moonutusi. Mõningatel juhtudel, muuseas, õnnestub ühtede elementide tunnusjoonte moonutusi vastastikku kompenseerida teiste elementide tunnusjoonte vastupidiste moonutustega.

Trakti sagedus- ja faasitunnusjoonte kõrvalekaldumine ideaalsetest põhjustab televisioonisignaali kuju nn. *lineaarmoonutusi*, mis

kutsub esile vastavaid vastuvõetava kujutise moonutusi. Nii näiteks põhjustab võimenduse suhteline vähenemine kõrgemate sageduste osas kujutise teravuse vähenemist horisontaalsihis; võimenduse liigne suurenemine kõrgemate sageduste osas koos faasitunnusjoone kõverdumise esinemisega samadel sagedustel põhjustab kujutise piirjoonte moonutumist, mõnikord aga ka nende piirjoonte mitmekordset kordumist.

Kuigi trakti sagedus- ja faasitunnusjooned määravad põhimõtteliselt täielikult kindlaks signaali lineaarmoonutuste iseloomu, on seos tunnusjoonte moonutuste ja signaali vahel matemaatiliselt sedavõrd keeruline, et raske on isegi püstitada kindlaid aluseid nende tunnusjoonte ühe- või teistsuguste moonutuste lubatavuse üle otsustamiseks. Tavaliselt eeldatakse, et sagedustunnusjoone ebaühtlus $\pm 10\%$ piires võiks veel olla lubatav; selliste sagedusmoonutuste puhul ei ulatu tavaliselt ka faasimoonutused üle lubatud piiride.

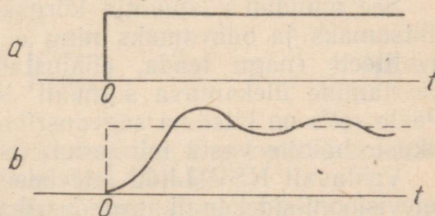
Televisioonitrakti poolt tekitatavate lineaarmoonutuste lubatavuse üle otsustamiseks on tunduvalt mugavam kasutada nn. *üleminekutunnusjooni*. Üleminekutunnusjoone all mõistetakse signaali muutumise kõverat süsteemi väljes, kui tema sisendile rakendada ühikpinge. Joonisel 3.14 on kujutatud ühikpinge (a) ja üleminekutunnusjoone näide (b). Sellise tunnusjoone järgi on erakordselt hõlpus vahetult otsustada televisioonisignaali moonutuste üle.

Televisioonitrakti poolt paratamatult tekitavad *ebalineaar-moonutused* osutuvad lineaarmoonutustest tunduvalt vähem olulisteks. Nad põhjustavad ainult mõningat vastuvõetava kujutise pooltoonide muutumist, mida aga vaataja üldiselt ei märka.

Televisioonitrakti tähtsamaks elemendiks, mis vajab eraldi käsitlemist, on *sidekanal*.

Kõrgekvaliteediliste televisioonisaadete ülekandmiseks kasutatakse tänapäeval, nagu teada, ultralühilaineid. Mainitud laineala valik on tingitud sellest, et, esiteks, need lained võimaldavad üle kanda küllaldaselt laia sagedusriba;

teiseks, nad ei peegeldu atmosfääri ioniseeritud kihtidelt ja on seega vabad *kajasignaalidest* (mis ei võimaldaks normaalset televisioonivastuvõttu üksteisest ajaliselt nihutatud kahe või mitme signaali olemasolu tõttu). Televisioonivastuvõttul suurtes linnades tekivad kajasignaalid samuti suurtelt hoonetelt ja muudelt kohalikest esemetelt peegeldus tagajärjel ka ultralühilainete puhul, kuid vastuvõtuantenni optimaalse kõrguse ja suunanurga valikuga saab neid küllaldaselt nõrgendada. Mida pikem on vastuvõetav laine, seda

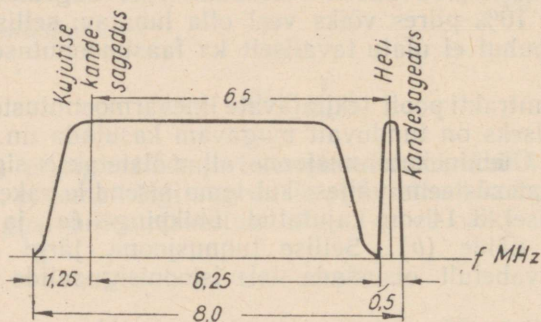


Joon. 3.14. Ühikpinge (a) ja üleminekutunnusjoone näide (b).

vähem on need peegeldused märgatavad. Seetõttu on kogu ionosfäärilt mittepeegelduvate lainete alast televisioonis kõige soodsam kasutada kõige pikemaid. Selliste lainete hulka kuulub laineala 4–6 m (75–50 MHz).

Teatavasti piirdub ultralühilainete levik geomeetrilise nähtavuse ulatusega, mistõttu televisioonisaadete vastuvõtu kaugus on piiratud (ei ületa tavaliselt 80–100 km).

Kaasaegsetes televisioonisaatjates toimub televisiooniülekanne nii, et üks külgriba on osaliselt hävitatud (ühe külgriba täielik hävitamine on seotud suurte tehniliste raskustega). Seetõttu arvutatakse vastuvõtuseadme kogu kõrgsageduslik osa (kaasa arvatud ka vahesagedusvõimendaja) ühe külgriba ja kandesageduse läbilaskmisele.



Joon. 3. 15. NSV Liidu televisioonistandardile vastav televisioonisignaali sagedusspekter.

See muudab vastuvõtja kõrgsagedusliku osa ehituse tunduvalt lihtsamaks ja odavamaks ning ei vähenda märgatavalt kujutise kvaliteeti (nagu teada, põhjustab saatjas ühe külgsagedusriba hävitamine ülekantava signaali tunduvald ebalineaarmoonutusi). Peale selle on kitsama sagedusriba korral kergem võidelda vastastike häirete vastu mitmesaatelise televisioonilevi puhul.

Vastavalt NSV Liidu televisioonistandardile (625 rida) on ühe televisiooni-sidekanali sagedusriba (kaasa arvatud ka helitaust) 8 MHz (joon. 3. 15). Nagu sellelt jooniselt nähtub, kuulub osalise hävitamisele televisioonisignaali alumine külgsagedusriba. Helitausta kandelaine on kujutise kandesagedusest 6,5 MHz võrra kõrgemal. Heli kantakse üle sagedusmoduleerituna; sageduse võimalikud kõrvalekaldumise piirid on ± 25 kHz.

4. Signaali ja häire suhe

Nagu pole võimalik kujutleda pidevat kukkuvate haavliterakeste voogu, mis kannaksid ajaühikus edasi rangelt jäävas koguses massi, nii pole ka võimalik kujutleda üksikute laetud osakeste

voogu, mis tekitabid rangelt konstantse elektrivoolu. Konstantseks võib jääda ainult voolu keskvärtus. Voolu hetkväärtused aga alluvad lakkamatutele kaootilistele muutustele, mida nimetatakse *fluktuatsioonideks*. Mida nõrgem on vool, seda väiksem arv tema koostisosi läbib ajaühikus vooluringi ristlõiget ja seda märgatavamad on selle voolu fluktuatsioonid. Kirjeldatud nähtust nimetatakse haavelefeektiks.

Saatetoru poolt tekitatav vool on sedavõrd nõrk, et enam ei saa jätta arvestamata haavelefekti olemasolu. See vool jääb vaid keskmiselt võrdeliseks kujutise ülekantavate elementide heledusega, sooritades lakkamatuid kaootilisi võnkumisi nende väärtuste ümber. Seega võib voolu saatetoru väljes vaadelda koosnevana kahest komponendist: *signaalivoolust* (i_s), mis on täpselt võrdeline kujutise ülekantavate elementide heledusega, ja *fluktuatsioonihäirete voolust* (i_h), mis kaootiliselt muudab oma väärtust.

Elektriliste fluktuatsioonide teooria annab järgmise seose voolu keskvärtuse (i_s) ja tema fluktuatsioonikomponendi efektiivväärtuse (i_h) vahel:

$$i_h^2 = 2i_s e \Delta f, \quad (3.7)$$

kus e — elektroni laeng ($e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C);

Δf — kasutatav sagedusriba hertsides.

Signaali ja häire suhte (ψ) all mõeldakse televisioonis kujutise-signaali (mis vastab selle kujutise kõige heledamale punktile) maksimaalväärtuse ja temas sisalduvate häirete efektiivväärtuse suhet.

Järelikult, kui vool i_s vastab ülekantava kujutise kõige heledamale punktile, siis on vastavalt avaldisele (3.7) signaali ja häire suhe esialgses televisioonisignaalis

$$\psi = \frac{i_s}{i_h} \sqrt{\frac{i_s}{2e\Delta f}}. \quad (3.8)$$

Praktiliselt on kindlaks tehtud, et kujutise hea kvaliteedi säilitamiseks peab ψ olema mitte väiksem kui 20—50.

Ülaltoodust järgneb, et kui esialgset signaali oleks võimalik võimendada, tekitamata temasse mingeid lisahäireid, ja seejärel kasutada seda kujutise ülekandmiseks, siis ikkagi ei tohiks kujutise vajaliku kvaliteedi saavutamiseks signaalivool nõrgeneda allapoole avaldisest (3.8) määratavat väärtust

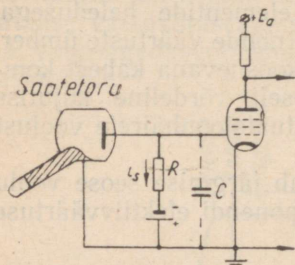
$$i_{s \min} = 2e\psi^2 \Delta f. \quad (3.9)$$

Asetanud siia e arväärtuse ja samuti ka ψ ning Δf tegelikult esinevad väärtused, näiteks: $\psi = 30$ ja $\Delta f = 5 \cdot 10^6$ Hz, saame $i_{s \min} = 0,144 \cdot 10^{-8}$ A.

Signaali võimendamisel liituvad sellega paratamatult võimendaja enda poolt tekitatavad fluktuatsioonilised lisahäired. On

loomulik, et niivõrd nõrga signaali puhul võivad need häired tunduvalt halvendada esialgset signaali ja häire suhet. Seega tuleb signaali ja häire antud suhte säilitamiseks võimendaja väljel püüda tugevdada signaalivoolu, mis on samaväärne saatեսüsteemi valgustundlikkuse vähendamisega.

Võimendamisel tekitatavate lisahäirete allikate hulka tuleb eelkõige lugeda saatetoru koormustakistis tekkivaid voolu *soojustfluktuatsioone*. Laetud osakeste soojuslik liikumine takistis tekitab tema otstel muutuva potentsiaalivahe. Järelikult saadakse saatetoru koormustakistilt peale signaalipingega ka häirepinget.



Joon. 3. 16. Kujutisesignaali võimendamise esimese astme skeem.

Teiseks häirete allikaks osutub võimenduslambi *anoodvoolu haaveleffekt*. Selle tulemusena seguneb signaalivool võimendusastme anoodringis lambi fluktuatsioonvooluga.

Juhul kui signaali eelvõimendust teostatakse elektronkordistajaga, siis osutub lisahäirete allikaks tema elektroodide vahel kordistusprotsessis liikuv *sekundaarelektronvoolude haaveleffekt*.

On iseenesest mõistetav, et igal juhul tuleb eelistada sellist signaalide võimendamise viisi, mis tekitab minimaalseid lisahäireid.

Allpool käsitletakse kaht signaalide võimendamise viisi: lampvõimendaja ja elektronkordistaja abil.

Algul käsitleme signaali võimendamist lampvõimendaja abil, lähtudes joonisel 3. 16 toodud skeemist. Siin on R saatetoru koormustakisti ja C — seda takistit sildav parasiitmahtuvus. Seega on saatetoru koormustakistust moodustava vooluringi kogutakistus

$$z(f) = \frac{R}{\sqrt{1 + (2\pi fCR)^2}}, \quad (3. 10)$$

kus f — võimendatava signaali sagedus.

Valemist (3. 10) selgub, et signaali amplituud hakkab sageduse suurenedes vähenema, kui koormustakistus pole valitud küllalt väike. Nende moonutuste kompenseerimiseks peab võimendaja sagedustunnusjoon olema vastupidine takistuse $z(f)$ sagedustunnusjoonega, s. t. võimendusteguri sõltuvus sagedusest peab olema järgmine:

$$K(f) = K_0 \sqrt{1 + (2fCR)^2}, \quad (3. 11)$$

kus K_0 — konstantne suurus.

Väljaspool talituspiirkonda, mis on piiratud sagedustega f_1 ja f_2 , peab võimendaja sagedustunnusjoon langema nullini, sest või-

mendatavate sageduste riba üleliigne avardamine põhjustab vaid lisahäirete tekkimist.

Selliste tingimuste puhul annab fluktuatsioonide teooria ülalmainitud päritoluga häirepingete kohta järgmised avaldised, kusjuures häirepinged on antud taandatuna võimendaja väljetele.

Häirepinge haaveleefekti põhjustavatest signaalivoolu fluktuatsioonidest:

$$U_h^2 = 2i_s e K_0^2 R^2 \Delta f. \quad (3.12)$$

Voolu häirepinge soojusfluktuatsioonidest koormustakistis:

$$U_r^2 = 4k T K_0^2 R \Delta f \quad (3.13)$$

ja häirepinge haaveleefekti põhjustavatest voolu fluktuatsioonidest esimeses võimenduslambis

$$U_i^2 = 4k T K_0^2 R_1 \Delta f \left[1 + \frac{1}{3} (2\pi \Delta f C R)^2 \right]. \quad (3.14)$$

Seejuures on kasutatud järgmisi tähiseid:

- i_s — signaalivool;
- e — elektroni laeng ($e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C);
- Δf — võimendaja läbilaskeriba;
- k — Boltzmanni konstant ($k = 1,37 \cdot 10^{-23}$ J/° C);
- T — absoluutne temperatuur;
- R — lambi kahina-asetakistus (väärtus, mis määratakse iga lambi-tüübi kohta katseliselt).

Erisugustest allikatest pärinevate fluktuatsioonihäirete liitumise seaduse alusel leitakse täielik häirepinge võimendaja väljes avaldisega:

$$U_n^2 = U_h^2 + U_r^2 + U_i^2. \quad (3.15)$$

Vastavalt avaldistele (3.7) ja (3.8) võrdub signaalpinge võimendaja väljes

$$U_s = K_0 R i_s. \quad (3.16)$$

Kasutades avaldise (3.12), (3.13), (3.14), (3.15) ja (3.16) leiame täieliku avaldise signaali ja häire suhte kohta võimendaja väljes:

$$\psi^2 = \frac{i_s^2}{2i_s e \Delta f + \frac{4kT}{R} \Delta f + 4kTR_1 \Delta f \left[\frac{1}{R^2} + \frac{1}{3} (2\pi \Delta f C)^2 \right]}. \quad (3.17)$$

Viimasest avaldisest nähtub, et signaali ja häire suhte suurendamiseks tuleb suurendada koormustakistust R . Seejuures võib teelikult täiel määral vabaneda soojusfluktuatsioonide mõjust (mida iseloomustab nimetaja teine liige) koormustakistis ja mõnevõrra vähendada lambi poolt tekitatavate fluktuatsioonide mõju (nimetaja kolmas liige). Tõepoolest, küllaldaselt suure R puhul võib avaldissele (3.17) anda järgmise kuju:

$$\psi^2 \approx \frac{i_s^2}{2i_s e \Delta f + \frac{16}{3} \pi^2 k T R_1 C^2 \Delta f^3}. \quad (3.18)$$

Kui sellesse avaldisse asetada e ja k arväärtused ja samuti ka teiste suuruste reaalsed arväärtused, näiteks:

$$\begin{aligned} \Delta f &= 5 \cdot 10^6 \text{ Hz}, & R_1 &= 500 \Omega, \\ T &= 300^\circ \text{ K}, & C &= 2 \cdot 10^{-11} \text{ F}, \end{aligned}$$

siis ilmneb, et selle avaldise nimetaja esimene liige, mis iseloomustab signaalivoolu haaveleffektist tingitud häirete taset, on võimenduslambi poolt tekitatavate häirete taset iseloomustavast nimetaja teisest liikmest ligikaudu 50 korda väiksem. See õigustab jätma avaldise nimetaja esimese liikme arvestamata ja lubab eeldada, et

$$\psi = \frac{i_s}{4\pi C \sqrt{\frac{1}{3} k T R_1 \Delta f^3}}. \quad (3.19)$$

Järelikult võib häirete katmiseks vajaliku minimaalse signaalivoolu leida avaldisest:

$$i_{s \min} = 4\pi \psi C \sqrt{\frac{1}{3} k T R_1 \Delta f^3}. \quad (3.20)$$

Asetanud siia $\psi = 30$ ja samuti ülalootletud Δf , R_1 , T ja C väärtused, saame:

$$i_{s \min} = 6,96 \cdot 10^{-8} \text{ A}.$$

Pidades silmas, et koormustakistuse R suurendamine lõpptulemusena vähendab takistil tekkiva «kahinapinge» mõju, nimetatakse sagedustunnusjoone moonutusi (R suurendamise teel) kompenseerivaid lülitisi *kahinavastase korrigeerimise lülitusteks*.

Õigesti koostatud võimendaja puhul, mis võimaldab kasutada küllaldaselt suurt koormustakistust R , tuleb arvestada vaid esimese võimenduslambi poolt tekitatavate häiretega. Mis aga puutub järgmistesse võimendusastmetesse, siis osutuvad nende poolt tekitatavad häired esimese astme võimendatud häiretega võrreldes tühiselt väikesteks.

Kuna trioodide kahinatakistus on pentoodide kahinatakistusest mitu korda väiksem, siis kasutatakse esimestes võimendusastmetes mõnikord trioode.

Edasi käsitleme signaali eelvõimendamist elektronkordistaja abil.

Selleks kasutame kordistaja väljes tekkiva haaveleefekti jaoks ilma tuletamata järgmist avaldist:

$$I_h^2 = 2i_s e \Delta f \sigma^{2n} \frac{\sigma}{\sigma - 1}, \quad (3.21)$$

kus σ — kordistaja emitterite sekundaaremissiooni tegur;

n — kordistaja astmete arv.

Seejuures osutub signaal kordistaja väljes σ^n korda võimendatuks:

$$I_s = i_s \sigma^n. \quad (3.22)$$

Järelikult on signaali ja häire suhe kordistaja väljes:

$$\psi = \sqrt{\frac{i_s(\sigma - 1)}{2e\Delta f\sigma}} \quad (3.23)$$

ning häirete katmiseks vajalik minimaalne signaalivool leitakse avaldisega:

$$i_{s\min} = 2e\psi^2\Delta f \frac{\sigma}{\sigma - 1}. \quad (3.24)$$

Asetanud sellesse avaldisse e arvvaartuse ja eeldanud, et $\psi = 30$, $\Delta f = 5 \cdot 10^6$ Hz ning $\sigma = 5$, saame:

$$i_{s\min} = 0,18 \cdot 10^{-8} \text{ A.}$$

Kõigi ülaltoodud seoste ja arvuliste näidete põhjal võib teha järelduse, et elektronkordistaja on lampvõimendajast tunduvalt soodsam. Tegelikult läheneb elektronkordistaja ideaalsele võimendajale: temas tekkivate häirete katmiseks vajab ta signaali suurendamist vaid 1,25 korda ($0,18 \cdot 10^{-8}$ A $0,144 \cdot 10^{-8}$ A asemel), kuna aga lampvõimendaja samade tingimuste puhul nõuab peaaegu 50-kordset signaali suurendamist ($6,96 \cdot 10^{-8}$ A $0,144 \cdot 10^{-8}$ A asemel).

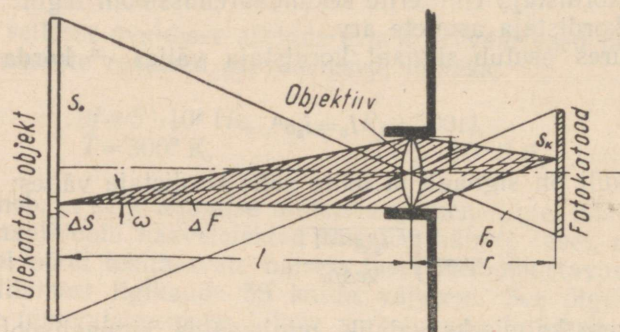
Elektronkordistajad ehitatakse sellistena, et nende võimendus-tegur oleks vähemalt mõnisada; seejuures võib signaali järgnevalt võimendada lampvõimendajaga, ilma et signaali ja häire suhe halveneks.

Kasutades avaldise (3.20) ja (3.24) signaalivoolu minimaalse väärtuse leidmiseks, mida saatetoru peab tagama, võib määrata mitmesuguste televisioonisüsteemide tundlikkuse läviväärtuse.

5. Televisioonisüsteemide tundlikkuse lävi

Selleks et otsustada televisioonisaatesüsteemi valgustundlikkuse üle, on eelkõige tarvis määrata seos ülekantava objekti valgustiheduse ja selle eseme kujutise projitseerimisel saatetoru valgustundlikule pinnale (mida me edaspidi nimetame fotokatoodiks) satuva valgusvoo vahel.

Joonisel 3.17 on skemaatiliselt kujutatud televisioonisaatja optiline süsteem. Arvutame algul elementaarse valgusvoo ΔF , mis peegeldub ülekantava eseme pinnaelemendilt ΔS ja langeb objektiivi



Joon. 3.17. Televisioonisaatja tundlikkuse läve arvutamise juurde.

ava kaudu fotokatoodile. Vastavalt võrdusele (1.1) ja arvestades seda, et objektiivi läbib ainult osa (ρ) temale langevast valgusest, saame

$$\Delta F = \rho \Delta I \omega, \quad (3.25)$$

kus ΔI — pinnaelemendi ΔS poolt kiiratud valgustugevus;
 ω — ruuminurk valguskiirte peegelduspunkti ja objektiivi sisenemisava vahel.

Vastavalt võrdustele (1.6) ja (1.9) saab valgustugevuse ΔI ja eseme valgustiheduse E vahel leida järgmise seose:

$$\Delta I = \frac{\gamma E}{10^4 \pi} \Delta S.$$

Seejuures on eeldatud, et nurk objektiivi telje ja temale langevate valguskiirte vahel on väike. Sellesama eelduse puhul saame ruuminurga kohta avaldise:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4l^2}.$$

Järelikult võib võrduse (3. 25) kirjutada ümber järgmisel kujul:

$$\Delta F = 0,25 \cdot 10^{-4} \gamma_Q \frac{d^2}{l^2} \Delta SE,$$

millest objektiivi läbiva kogu valgusvoo F_0 võib saada ülekantava objekti kogu pinnalt S_0 lahkuvate elementaarvalgusvoogude liitmise teel

$$F_0 = 0,25 \cdot 10^{-4} \gamma_Q \frac{d^2}{l^2} S_0 E.$$

Kasutanud ilmset geomeetrilist seost

$$\frac{S_0}{l^2} = \frac{S_k}{r^2},$$

kus S_k on fotokatoodile projitseeritava kujutise pindala, saame kogu valgusvoo kohta lõpliku avaldise:

$$F_0 = 0,25 \cdot 10^{-4} \gamma_Q \left(\frac{d}{r}\right)^2 S_k E. \quad (3. 26)$$

Suhet $\frac{d}{r}$ nimetatakse objektiivi *suhteliseks avaks* ja ta iseloomustab objektiivi efektiivsust.

Laotamine jaotab kujutise projektsiooni N elemendiks. Järelikult langeb igale elemendile N korda väiksem valgusvoog:

$$F = 0,25 \cdot 10^{-4} \frac{1}{N} \gamma_Q \left(\frac{d}{r}\right)^2 S_k E, \quad (3. 27)$$

mis põhjustabki lõpptulemusena kasulikku signaali i_s moodustava fotovoolu i_t .

Teades saatetoru fotokatoodi tundlikkust ϵ_0 võib seoste (1. 12) ja (3. 27) põhjal kirjutada avaldise fotovoolu sõltuvuse kohta ülekantava eseme valgustustihedusest:

$$i_t = 0,25 \cdot 10^{-4} \frac{1}{N} \epsilon_0 \gamma_Q \left(\frac{d}{r}\right)^2 S_k E. \quad (3. 28)$$

Järgemööda toimiva saatesüsteemi puhul on see fotovool ühtlasi ka signaalivooluks i_s .

Ideaalse laengute salvestamisega süsteemi puhul on signaalivool i_s fotovoolust i_t N korda tugevam. Kuid võttes arvesse, et laengute salvestamise põhimõtet ei saa mitte kõikides süsteemides täielikult ära kasutada, võib lugeda, et

$$i_s = \eta N i_t,$$

kus η — salvestuse tegur.

Järelikult võib võrduse (3.28) põhjal leida signaalivoolu laengute salvestamisega süsteemi puhul avaldisest:

$$i_s = 0,25 \cdot 10^{-4} \eta \epsilon_0 \gamma \varrho \left(\frac{d}{r}\right)^2 S_k E. \quad (3.29)$$

Nagu eelmises paragrahvis oli näidatud, nõuab kasuliku signaaliga liituvate häirete olemasolu, et ülekantava kujutise kõige heledama koha poolt tekitatav signaalivool ei oleks nõrgem mingist piirväärtusest $i_{s \min}$, mis on mitmesuguste võimendusviiside jaoks leitav avaldistega (3.20) ja (3.24). Järelikult esineb mistahes saatesüsteemi kohta alati mingi ülekantava eseme minimaalne valgustustihedus (E_{\min}), mis tema normaalseks tegutsemiseks on täiesti hädavajalik. Seda minimaalset valgustustihedust nimetataksegi saatesüsteemi *tundlikkuse läveks*.

Vastavalt ülalmainitule võib tundlikkuse läve järgemööda toimivate saatesüsteemide kohta leida avaldisest (3.28):

$$E_{\min} = \frac{4 \cdot 10^4 N i_{s \min}}{\epsilon_0 \gamma \varrho \left(\frac{d}{r}\right)^2 S_k}, \quad (3.30)$$

ja laengute salvestamisega süsteemide kohta avaldisest (3.29):

$$E_{\min} = \frac{4 \cdot 10^4 N i_{s \min}}{\eta \epsilon_0 \gamma \varrho \left(\frac{d}{r}\right)^2 S_k}, \quad (3.31)$$

kus E_{\min} on avaldatud luksides, $i_{s \min}$ — amprites, ϵ_0 — amprites luumeni kohta, ja S_k — ruutsentimeetrites.

Viimased avaldised näitavad selgelt, millistest suurustest televisioonisaatesüsteemide tundlikkuse lävi oleneb. Mis aga puutub suurusse $i_{s \min}$, siis see leitakse eelmises paragrahvis saadud avaldiste (3.20) ja (3.24) järgi.

Tuletatud valemite kasutamise näitena leiame mõningate saatesüsteemide tundlikkuse läve.

Leiame algul ikonoskoobi tundlikkuse läve, milleks võtame aluseks järgmised lähteandmed:

$$\begin{aligned} \psi &= 30, & \Delta f &= 5 \cdot 10^6 \text{ Hz}, & R_1 &= 5 \cdot 10^2 \Omega, & C &= 2 \cdot 10^{-11} \text{ F}, \\ T &= 300^\circ \text{K}, & \eta &= 5 \cdot 10^{-2}, & \epsilon_0 &= 5 \cdot 10^{-6} \text{ A/lm}, & \gamma &= 0,5, \\ \varrho &= 0,5, & \frac{d}{r} &= 0,5, & S_k &= 80 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Lähtudes nendest andmetest, saame vastavalt avaldisele (3.20): $i_{s \min} = 7 \cdot 10^{-8}$ A. Asetanud selle väärtuse ja muud andmed avaldisse (3.31), saame: $E_{\min} = 2200$ lx.

Leiame järgemööda toimiva, lampvõimendajat sisaldava saatesüsteemi tundlikkuse läve. Seejuures lähtume samadest andmetest mis ikonoskoobi puhulgi, välja arvatud fotokatoodi tundlikkus ϵ_0 , mille sellistel juhtudel kasutatavate massiivsete katoodide kohta võib võtta tunduvalt suurema. Võtame $\epsilon_0 = 50 \cdot 10^{-6}$ A/lm. Peale selle võtame laotuselementide arvu $N = 4 \cdot 10^5$, mis vastavalt seosele (3.2) ligikaudu vastab 625 laotusreale.

Vastavalt võetud andmetele saame avaldisest (3.20): $i_{s \min} = 7 \cdot 10^{-8}$ A. Asetanud selle väärtuse ja muud andmed avaldisse (3.30), saame: $E_{\min} = 4\,500\,000$ lx, mis ligi 45 korda ületab päikese poolt tekitatava maksimaalse valgustustiheduse, ega ole järelikult vastuvõetav.

Leiame kujutist ülekandva ortikoni tundlikkuse läve. Selleks lähtume samadest põhiandmetest, mis olid võetud aluseks ikonoskoobi puhul, välja arvatud salvestamise ärakasutamise tegur η , mille antud juhul võib lugeda võrdseks ühega:

$$\begin{aligned} \psi &= 30, & \Delta f &= 5 \cdot 10^6 \text{ Hz}, & \eta &= 1, & \sigma &= 5, \\ \epsilon_0 &= 5 \cdot 10^{-6} \text{ A/lm}, & \gamma &= 0,5, & \varrho &= 0,5, & \frac{d}{r} &= 0,5, \\ S_k &= 80 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Vastavalt avaldisele (3.24) saame: $i_{s \min} = 0,18 \cdot 10^{-8}$ A. Kasutanud edasi avaldist (3.31), saame: $E_{\min} = 2,8$ lx. Seega on kujutist ülekandva ortikoni tundlikkuse lävi ligikaudu 800 korda väiksem kui ikonoskoobil.

Lõpuks saame elektronkordistajat sisaldava järgemööda toimiva süsteemi kohta samade andmete puhul, välja arvatud $\epsilon_0 = 50 \cdot 10^{-6}$ A/lm, ja jällegi $N = 4 \cdot 10^5$ puhul: $E_{\min} = 115\,000$ lx.

Saadud arvud on lähedased tegelikele väärtustele. Nad näitavad ilmekalt järgemööda toimivate süsteemide kasutamise perspektiivtust.

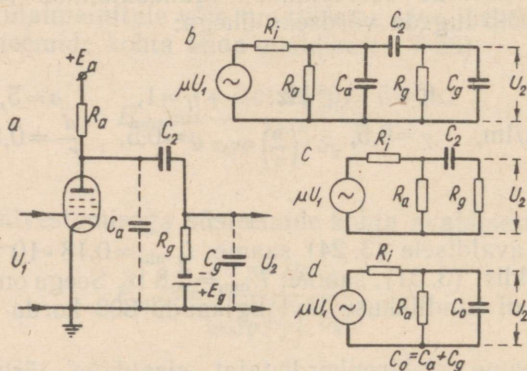
6. Kujutisesignaali võimendajad

Kujutisesignaali võimendajad ehk viideovõimendajad moodustavad kogu televisioonitraktist tunduva osa. Need võimendajad peamiselt määravadki trakti sagedus- ja faasitunnusjoone.

Kujutisesignaali võimendajate põhiülesandeks saateseadmetes on nende signaalide taseme tõsimine sellise väärtuseni, mis oleks võimeline moduleerima ultralühilainesaatjat.

Selleks otstarbeks kasutatakse eranditult takistussidestuses võimendajaid. Ainult seda liiki võimendajad võimaldavad teatud tingimustel võimendada küllalt laia sagedusriba lubatavate sagedus- ja faasimoonutuste puhul.

Takistussidestuses võimendaja skeem on kujutatud joonisel 3. 18, *a*. Joonisel 3. 18, *b* on kujutatud selle täielik aseskeem. Võimendatava sagedusala kõige madalamate sageduste suhtes ei avalda parasiitmahtuvused C_a ja C_g peaaegu mingisugust mõju ja aseskeem nende sageduste kohta omandab joonisel 3. 18, *c* toodud kuju. Sellelt skeemilt on näha, et ülekandemahtuvuse C_2 ja järgneva astme võretakistuse R_g olemasolu tõttu peab võimendus sageduse langedes vähenema. Võimendatava sagedusala kõige kõrgemate sageduste suhtes ei avalda elementide C_2 ja R_g olemasolu mingisugust mõju ja aseskeem nende sageduste kohta omandab joonisel 3. 18, *d* toodud kuju, kusjuures $C_0 = C_a + C_g$. Sageduse tõustes mahtuvuse C_0 sildav toime suureneb ja võimendus väheneb.



Joon. 3. 18. Takistussidestuses võimendaja (*a*) ja tema aseskeemid (*b*, *c* ning *d*).

Seega võib takistussidestuses võimendaja võimendus, säilides teatava keskmise sagedusala ulatuses suhteliselt jäävana, väheneda väljaspool seda sagedusala nii madalamate kui ka kõrgemate sageduste piirkonnas nullini. Võimendaja poolt tekitatud faasinihe läheneb kõige madalamatel sagedustel $+90^\circ$ -ni ja kõige kõrgematel sagedustel -90° -ni. Takistussidestuses võimendaja sagedus- ja faasitunnusjoone näidised on kujutatud joonisel 3. 19 pidevate joontena.

Kuna lairibavõimendajates kasutatakse peaaegu eranditult pentoode, siis osutub koormustakistus R_a võrreldes lambi sisetakistusega R_i tühiselt väikeseks ja võimendatava sagedusala keskmiste sageduste piirkonnas avaldub lülituse võimendustegur valemiga:

$$K_0 = S R_a, \quad (3. 32)$$

kus S on lambi tõus.

Vastavalt toodud aseskeemidele võib tema võimendusteguri K ja faasinurga φ sagedustunnusjooned madalamatel sagedustel leida valemitega:

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega R_g C_2}\right)^2}} \quad (3.33)$$

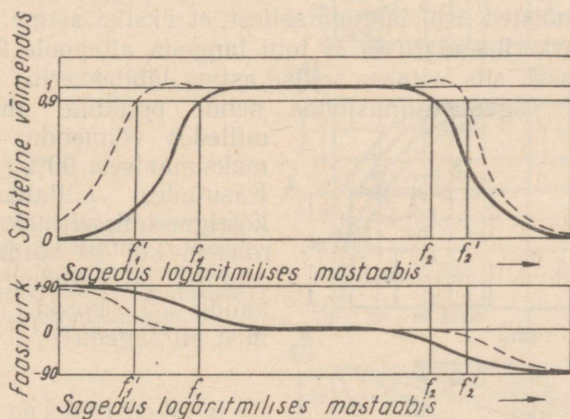
$$\varphi = \arctg \frac{1}{\omega R_g C_2} \quad (3.34)$$

ja kõrgematel sagedustel valemitega:

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 + (\omega R_a C_0)^2}} \quad (3.35)$$

$$\varphi = -\arctg \omega R_a C_0, \quad (3.36)$$

kus ω on võimendatavate võngete nurksagedus.



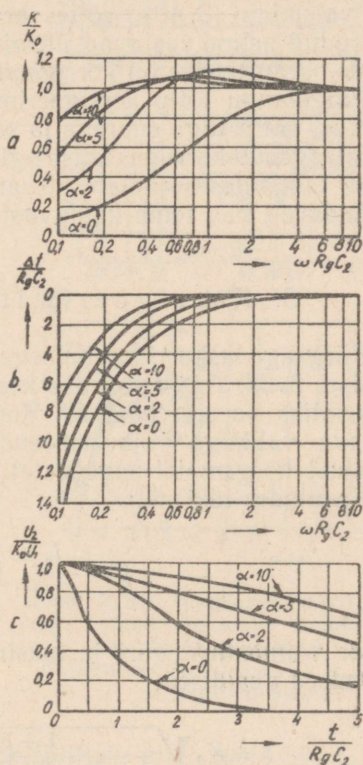
Joon. 3.19. Takistisidestuses võimendaja sagedus- ja faasitunnusjooned korrigeerimatult (pidevad jooned) ja korrigeeritult (punktirjooned).

Nendest valemitest selgub, et ajakonstandi $R C_2$ suurendamise teel saab võimenduse piire laiendada madalsageduste suunas, ajakonstandi $R_a C_0$ vähendamise teel aga saab võimenduse piire laiendada kõrgsageduste suunas. Kuid tegelikult piirab lülituse kõigi mainitud parameetrite soovitatavaid muutmisi alati rida asjaolusid. Nii näiteks võib võretakistuse R liigne suurendamine põhjustada lambi ebastabiilset töötamist ja isegi riknemist; mahtuvuse C_2 suurendamine põhjustab tema lekkimisvoolu ebasoovitavat suurene-

astme võimendustegur ning tema faasinurk madalsagedustel väljendatavad valemitega:

$$K = K_0 \sqrt{\frac{\left[\left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)^2 + (\omega\tau_1)^2 \right] (\omega\tau_2)^2}{\left[\left(\frac{1}{\alpha} \right)^2 + (\omega\tau_1)^2 \right] \left[1 + (\omega\tau_2)^2 \right]}}, \quad (3.37)$$

$$\varphi = \arctg \left[\frac{1 + \frac{\alpha^2}{1 + \alpha} \omega^2 \tau_1 (\tau_1 - \tau_2)}{\omega\tau_2 + \frac{\alpha^2}{1 + \alpha} \omega\tau_1 (1 + \omega^2 \tau_1 \tau_2)} \right]. \quad (3.38)$$



Joon. 3.21. Madalsageduskorrigeerimisega võimendusastme tunnusjooned: a — sagedustunnusjoon, b — hilineumiskestuse tunnusjoon ja c — üleminekutunnusjoon.

Nende valemite analüüs näitab, et parimaid korrigeerimise tulemusi saavutatakse juhul, kui $\tau_1 = \tau_2$ (s. t. kui $R_a C_1 = R_g C_2$) ja maksimaalselt suure α puhul (olukord $\alpha=0$ vastab korrigeerimise puudumisele).

Võttes $\tau_1 = \tau_2 = \tau$, saame:

$$K = K_0 \sqrt{\frac{\left[\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)^2 + (\omega\tau)^2\right](\omega\tau)^2}{\left[\left(\frac{1}{\alpha}\right)^2 + (\omega\tau)^2\right][1 + (\omega\tau)^2]}}, \quad (3.39)$$

$$\varphi = \arctg \left[\frac{\frac{1}{\omega\tau}}{1 + \frac{\alpha^2}{1 + \alpha} [1 + (\omega\tau)^2]} \right]. \quad (3.40)$$

Joonisel 3.21, a on toodud korrigeeritud astme üldistatud sagedustunnusjooned, mis on arvatatud valemi (3.39) järgi ja joonisel 3.21, b — üldistatud hilineemiskestuse tunnusjooned, mis on saadud valemiga (3.40), võttes arvesse seost (3.5). Joonisel 3.21, c on toodud astme vastavad üleminekutunnusjooned. Kõikide tunnusoonte parameetrikis on korrigeerimistegur α .

Pingelangu tõttu korrigeerimistakistis R_1 ei ole võimalik tema väärtust võtta liiga suurena ja seetõttu on teguri α väärtus piiratud. Madalsagedus-korrigeerimisringid täidavad ühtlasi ka astmete vahelise lahtisidestusahelate ülesannet; mitmeastmelises võimendajas vähendavad nad tema kalduvust endaergutumisele.

C. Korrigeerimine kõrgsagedustel

Kõrgsageduskorrigeerimisega võimendaja skeem on kujutatud joonisel 3.22, a ja tema aseskeem joonisel 3.22, b . Korrigeerivaks elemendiks on siin pool L_a . Vönkeringi $L_a R_a C_0$ resonantssageduse vastava valikuga võib suurendada astme anoodkoormuse kogutakistust kõrgematel sagedustel.

Kasutades tähiseid:

$$\beta = \frac{I_a}{C_0 R_a^2} \quad \text{ja} \quad \tau = R_a C_0,$$

saame võimendusteguri ja faasinurga jaoks kõrgematel sagedustel järgmised avaldised:

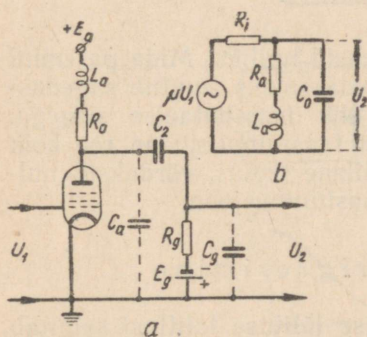
$$K = K_0 \sqrt{\frac{1 + \beta^2 (\omega\tau)^2}{1 + (1 - 2\beta) (\omega\tau)^2 + \beta^2 (\omega\tau)^4}}, \quad (3.41)$$

$$\varphi = \arctg \omega\tau [(\beta - 1) - \beta^2 (\omega\tau)^2]. \quad (3.42)$$

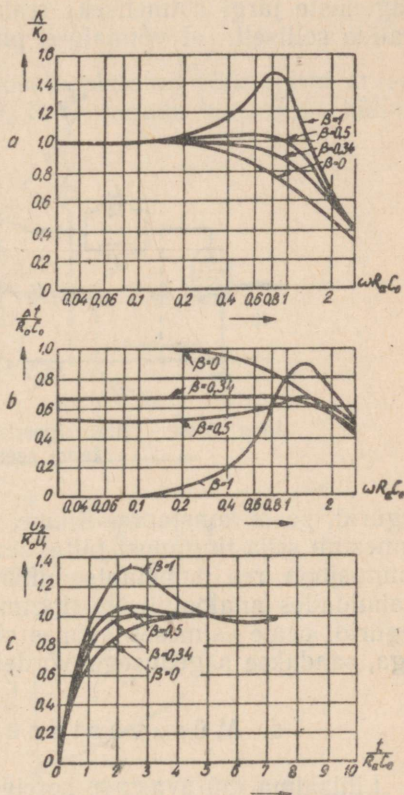
Nende valemite analüüs näitab, et kõige ühtlasem sagedustunnusjoon saadakse, kui $\beta = 0,41$, kõige sirgjoonelisem faasitunnusjoon aga, kui $\beta = 0,32$. Tegelikult valitakse korrigeerimistegur β lähedane nende väärtuste keskmisele.

Joonisel 3.23 on toodud astme üldistatud sagedustunnusjooned ja hiline miskestuse tunnusjooned, mis on kujundatud valemite (3.41) ja (3.42) järgi, ja samuti vastavad üleminekutunnusjooned, millele parameetriks on β . Nendest kõveratest on näha, et β suurenemisel toimub sagedustunnusjoone laienemine ja tõus kõrgemate sageduste piirkonnas. Kuid, nagu nähtub üleminekutunnusjoontest, võib β üleliigne suurendamine põhjustada võimendaja väljes ebasoovitavaid signaali tõukeid.

Kirjeldatud korrigeerimislülitus omab astmete vahel kahepooluselisi sidestust, mispuhul mõlema astme parasiitmahtuvused (C_a ja C_g) liituvad üheks (C_0). Sellist lülitust nimetatakse mõnikord *lihtkorrigeerimiseks*.



Joon. 3.22. Kõrgsageduskorrigeerimisega võimendaja (a) ja tema aseseem (b).



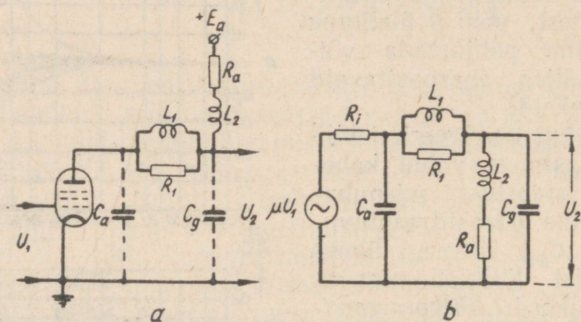
Joon. 3.23. Kõrgsageduskorrigeerimisega võimendusastme tunnusjooned: a — sagedustunnusjoon, b — hiline miskestuse tunnusjoon ja c — üleminekutunnusjoon.

On olemas ka *lihtkorrigeerimise* lülitisi, mida iseloomustab neljapooluseline sidestus astmete vahel, mispuhul mõlema astme parasiitmahtuvused lahutuvad. Sellise parasiitmahtuvuste lahutamise tulemusena osutub võimalikuks saavutada võimendaja sagedusriba tunduvalt suuremat laiendamist kui eelmise lülitusega. Üks lihtkorrigeerimise lülitisi koos aseseemiga on kujutatud joonisel 3.24.

Lülituse parasiit- ja korrigeerivate elementide arvu suurendamine raskendab tunduvalt tema tunnusjoonte analüüsimist, mis

siin sõltuvad mitmetest parameetritest. Samuti muutub raskemaks lülituse reguleerimine.

G. V. Braude on esitanud originaalse meetodi selliste lülituste arvutamiseks. Vastavalt sellele meetodile arendatakse lülituse sagedus- ja faasitunnusjoon, mis on saadud tuntud valemite põhjal, sageduste järgi astmeliseks reaks. Lülituse parameetreid püütakse valida selliselt, et võimaluse piires kõik sagedustunnusjoone rea



Joon. 3. 24. Liitkorrigeerimisega võimendaja (a) ja tema aseskeem (b).

tegurid, peale konstantse liikme, muutuksid nulliks. Mida paremini õnnestub seda tingimust täita, seda lähedasemaks muutub sagedustunnusjoon rea konstantse liikmega ehk horisontaalse sirgega. Rahuldades analoogiliselt tingimust, et faasitunnusjoone rea kõik tegurid, peale esimeses astmes oleva liikme teguri, võrduksid nulliga, saadakse sagedusega võrdeline faasitunnusjoon.

d. Müravastane korrigeerimine

Lihtsaima müravastase korrigeerimise lülituse talitlust selgitab joonis 3. 25. Joonisel 3. 25, a on kujutatud skeem saatetoru väljeringist koos esimese võimendusastmega, mille anoodringi on ühendatud korrigeeriv induktiivsus L_a . Joonisel 3. 25, b on kujutatud saatetoru väljeringi aseskeem ja sagedustunnusjoon, mis on määratud avaldisega:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \quad (3. 43)$$

Joonisel 3. 25, c on kujutatud astme aseskeem ja võimenduse sagedustunnusjoon, mida saab määrata avaldisega:

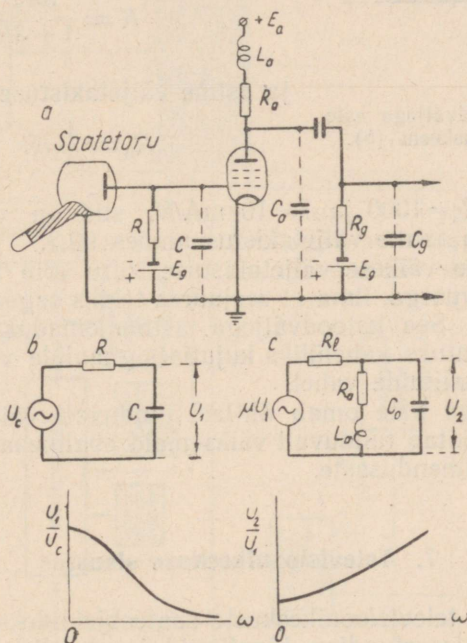
$$\frac{U_2}{U_1} = \sqrt{1 + \left(\omega \frac{L_a}{R_a}\right)^2} \quad (3. 44)$$

mis on õige juhul, kui parasiitmahtuvuse C_0 mõju võib jätta arvestamata.

On ilmne, et korrigeerimise tagamiseks tuleb täita tingimust:

$$\frac{L_a}{R_a} = RC. \quad (3.45)$$

Selleks et võimendatava sagedusala ulatuses võiks jätta arvestamata parasiitmahtuvuse C_0 mõju, tuleb tagada haru $R_a L_a$ küllalt väikest juhtivust.



Joon. 3. 25. Müravastase korrigeerimise lülitus.

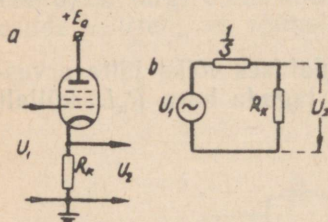
Nende tingimuste tegelikul täitmisel korrigeerimisastme võimendus pole suurem kui üks. Sel põhjusel ühendatakse korrigeerimisaste tavaliselt mitme eelvõimendusastme järelle, kus korrigeerimisastme lambi poolt tekitataval müral juba enam ei ole olulist tähtsust.

e. Katoodväljega aste

Katoodväljega aste (*katoodjärgija*) leiab kõige laialdasemat rakendamist lairibalülituste väljeastmena. Joonisel 3. 26 on toodud tema põhimõtte- ja aseskeem.

Katoodväljega aste ei ole võimendusastmeks (ta teataval määral isegi alandab tema sisendisse antavat pinget), kuid sellele vaatamata nimetatakse tema väljepinge (U_2) ja sisendpinge (U_1) suhet võimendusteguriks:

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



Joon. 3. 26. Katoodväljega aste (a) ja tema aseskeem (b).

Küllaldase täpsusega võib astme võimendusteguri avaldada valemiga:

$$K = \frac{SR_k}{1 + SR_k} \quad (3.46)$$

ja astme väljetakistuse valemiga:

$$R_0 = \frac{1}{S} K. \quad (3.47)$$

Kui võtta $R_k = 1000$ ja $S = 10$ mA/V, siis on võimendustegur ligikaudu 0,9 ja astme väljetakistus umbes 90Ω.

Astme sellise väikese väljetakistuse tõttu võib teda koormata tunduva mahtuvusega, ilma et seejuures tekiks sagedustunnusjoone rikkumise ohtu. See katoodväljega astme omadus on teinud ta täiesti asendamatuks vahelülilis kujutisesignaalide võimendajate ja iga liiki ühendusliinide vahel.

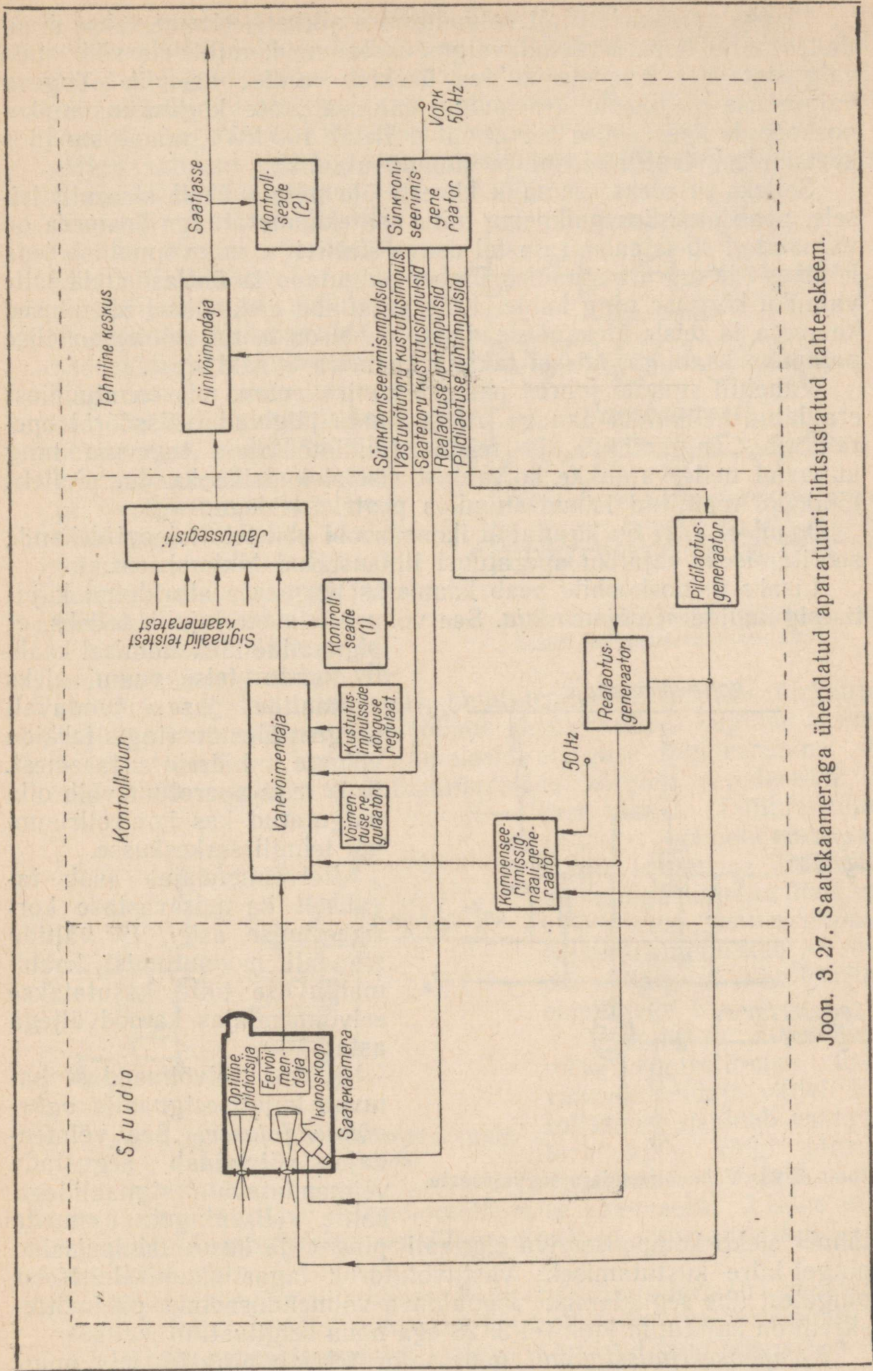
Katoodväljega aste omab ühtlasi tunduvalt väiksemat sisendmahtuvust ja tekitab tunduvalt väiksemaid ebalineaarmoonutusi kui samaväärne võimendusaste.

7. Televisioonikeskuse sisustus

Kaasaegsete televisioonikeskuste saateobjektideks on esinemised televisioonikeskuse stuudios, kinofilmid ja stuudiovälised sündmused. Vastavalt sellele peab televisioonikeskuses olema stuudio elavsaadete ülekandmiseks, kinoprojektsiooniruum kinofilmisaadeteks ja samuti liikuvad televisiooniseadmed stuudiovälisteks saadeteks. Peale selle peab televisioonikeskuse koostisse kuuluma saate juhtimise ja kontrollimise ruum — aparaadiruum, tehniline keskus ja ultralühilainesaatja.

Selleks et vältida saatja kiirgusvälja võimalikku toimetundlikule aparaatuurile, paigutatakse saatja ja antenn tavaliselt stuudiost ja tehnilisest keskusest eemale.

Lisaks nendele tingimustele, mida esitatakse tavalisele ringhäälingustuudiole (näiteks hea akustika, helikindlus), esitatakse televisioonistuudiole veel rida lisanõudeid, mis on peamiselt seotud dekoratsiooni paigutamise vajadusega ja ülekantavate objektide soodsaimate valgustamistingimuste loomisega.



Joon. 3. 27. Saatekaamera ühendatud aparatuuri lihtsustatud lahtriskeem.

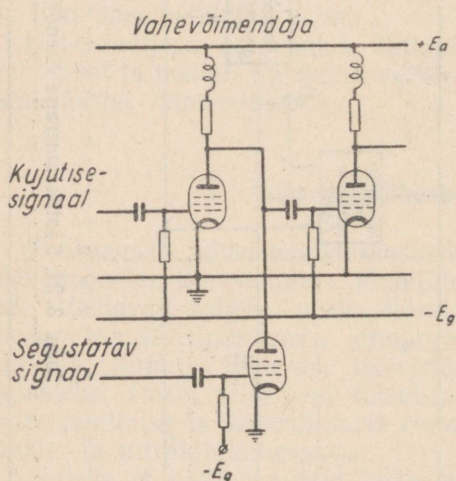
Lisaks paiksetele ülalt valgustamise allikatele kasutatakse stuudiotest palju teisaldatavaid valgustusseadmeid, millele võib anda valgustatavate esemete suhtes ükskõik millist asendit. Tugeva valgustuse olemasolu (mispuhul valgusallikate koguvõimsus ikonoskoopide kasutamise korral vahel ületab 100 kW), nõuab stuudios spetsiaalset ventilatsiooni ja õhu niisutamist.

Selleks et oleks võimalik kiiresti üle minna ühelt stseenilt teisele, peab stuudios paiknema mitu saatekaamerat. Iga kaamera on varustatud spetsiaalse ratastel asuva statiiviga, mis võimaldab teda hõlpsasti ja mürata stuudios ümber paigutada ja ühtlasi anda talle vajaliku kõrguse ning kalde. Kõik vajalikud elektrilised ühendused kaamera ja teiste ülekandeseadmete vahel on tehtud mitmesoonelise painduva kaabliga, mis ei takista kaamera teisaldamist.

Vahetult stuudio juures paikneb kontrollruum, mis on stuudiost eraldatud helikindla aknaga. Akna kaudu jälgivad režissöörid operaatorite, valgustajate ja teiste stuudiotöötajate tegevust ning annavad neile vajalikke korraldusi sisetelefonide kaudu. Selleks töötavad mainitud isikud stuudios peatelefonidega.

Joonisel 3. 27 on kujutatud ikonoskoobi abil televisiooniülekanne sooritamiseks vajaliku aparatuuri lihtsustatud lahterskeem.

Lisaks ikonoskoobile peab kaameras tingimata sisalduma kujutisesignaali eelvõimendaja. See võimendaja on vajalik selleks, et



Joon. 3. 28. Vahevõimendaja segustusaste.

signaalide ülekandmisel kaabli kaudu teise ruumi oleks signaalide tase tunduvalt kõrgem ühendusringis tekkida võivate häirete tasemest. Kõik muu aparaat võib olla paigutatud kas kontrollruumi või tehnilisse keskusse.

Eelvõimendajas asub tavaliselt ka müravastase korrigeerimise aste. Et vältida signaali moonutumist kaabli mahtuvuse tõttu, kasutatakse eelvõimendajas katoodväljega astet.

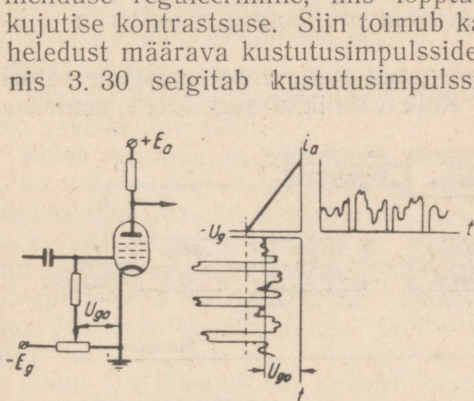
Pärast eelvõimendust saavad kujutisesignaalid vahevõimendajasse. See võimendaja võimaldab segustada võimendatavate signaalidega kahte lisapinget: «musta tähni» efekti kompenseeriva signaali pinget ja kustutusimpulsside pinget kiire kustutamiseks vastuvõtutorus tagasiliikumisel. Neist pingetest ühe segustamist võimaldava võimendusastme põhimõtteskeem on kujutatud joonisel 3. 28 ega nõua selgitust.

Kompenseerimissignaali generaator tekitab pingeid, mis muu-

tuvad saehambakujulise, paraboolse ja siinuselise seaduse järgi sünkroonselt pildi- ja realaotuse sagedustega (joon. 3.29). Sellekohaste reguleerimiste teel saab muuta hammas- ja paraboolpingete amplituudi ning polaarsust ja samuti siinuseliste pingete amplituude ning faase. Kõik need pinged segustatakse ja generaatori väljast satuvad nad kujutisesignaalidesse. Kõiki mainitud reguleerimisi sobivalt kooskõlastades võib «mustast tähnist» tekkiva signaali peaaegu täielikult kaotada.

Kahjuks aga sõltuvad kompenseerimissignaali soodsaima reguleerimise tingimused mitte ainult saatetoru individuaalsetest omadustest, vaid ka ülekantava eseme iseloomust ja valgustamisest. Seetõttu peab ülekande kestel toimuma selle signaali komponentide peaaegu lakamatu reguleerimine.

Vahevõimendajas toimub kujutisesignaali võimenduse reguleerimine, mis lõpptulemusena määrab ülekantava kujutise kontrastsuse. Siin toimub ka ülekantava kujutise keskmist heledust määrava kustutusimpulsside kõrguse reguleerimine. Joonis 3.30 selgitab kustutusimpulsside kõrgust reguleeriva lülituse toimet.

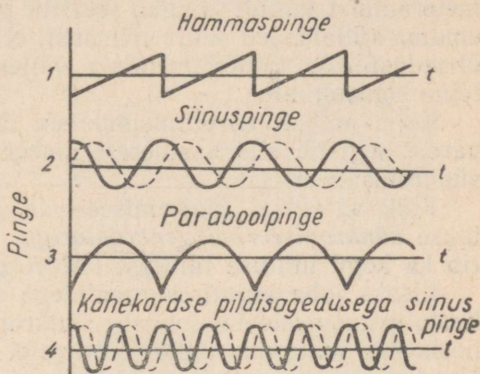


Joon. 3.30. Kustutusimpulsside kõrguse reguleerimise lülitus.

Ülekantava televisioonikujutise saamiseks. Lisaks sellele sisaldab kontrollseade ostsillograafitorusid signaalide kuju jälgimiseks.

Kõik vahevõimendaja ja kompenseerimissignaali generaatori reguleerimisvahendid asetsevad kontrollseadme juhtimispuldil.

Pärast vahevõimendajat läbivad signaalid jaotussegisti ja satu-



Joon. 3.29. Pingete kuju, milledest koostatakse kompenseerimissignaali.

Lülitus kujutab endast võimendajat, mis lambi sulgemise teel piirab signaaliga liidetud liialt suure väärtusega kustutusimpulsside piiramise kõrgust reguleeritakse eelpingega U_{g0} .

Ülekantava kujutise esimene kontrollimine toimub vahevõimendaja väljel. Kontrollseade sisaldab vastuvõtutoru koos kõigi elementidega, mis on vajalikud tema

vad liinivõimendajasse. Jaotussegistisse saabuvad signaalid mitmetest kaameratest; saate käigus võimaldab ta üleminekut ühelt kaameralt teisele või liita üksteisega mitmest kaamerast saabuvaid signaale.

Liinivõimendajas lisatakse kujutisesignaalele sünkroniseerimisimpulsid. Lõplikult kujundatud televisioonisignaalid juhitakse liinivõimendaja väljest saatjasse. Saatja võib asuda stuudiost ja seadmetuumist küllalt kaugel, seetõttu peab liinivõimendaja väljeaste omama küllaldaselt suurt võimsust, et vältida signaali moonutumist ühendusliinis. Liinivõimendaja väljes toimub ülekantava kujutise teine kontrollimine.

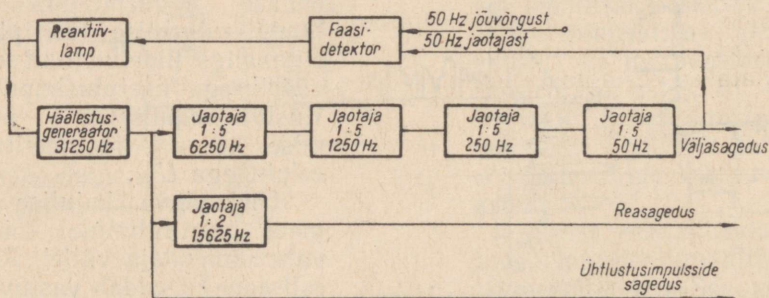
Kuna sünkroniseerimisimpulsid liituvad kujutisesignaalidega pärast segistit, siis kaamerate ümberlülitamine vastuvõtuseadmete sünkronismi ei riku.

Kõik vajalikud sünkroniseerivad ja kustutavad pinged tekitatakse *sünkroniseerimisgeneraatoriga*. See generaator sünkroniseerib ka kogu lülituse talitlust toitevõrgu sagedusega.

Lisaks juba kujutisesignaalidega segustatavatele vastuvõtutoru kustutusimpulssidele toodab sünkroniseerimisgeneraator ka ikonoskoobi juhtelektroodile sattuvaid saatetoru kustutusimpulsse. Nende erinevus eelmistest seisab mõnevõrra väiksemas kestuses. Need impulsid väldivad ikonoskoobi mosaiigi ülekriipsutamist elektronkiirega laotuse tagasiliikumisel, mis põhjustaks ülekantavale kujutisele parasiitribade ilmumist.

Peale selle tekitab sünkroniseerimisgeneraator veel nn. rea ja pildi *juhtimpulsse*, mis juhivad vastavate laotusgeneraatorite talitlust.

625-realisele standardile arvestatud sünkroniseerimisgeneraatori talitlust selgitab joonis 3.31. Kõik vajalikud sagedused saadakse



Joon. 3.31. Sünkroniseerimisgeneraatori talitluse selgitamiseks.

ostsillaatori poolt tekitatava põhisageduse 31 250 Hz jaotamise teel. Jaotades seda sagedust järgemööda nelja jaotajaga (milledest igaüks vähendab sagedust 5 korda) saadakse sagedus 50 Hz. Seda sagedust võrreldakse faasi poolest toitevõrgu 50-hertsise sagedusega faasidetektori abil. Nende võngete faaside erinevuse puhul

toodab faasidetektor juhtpinget, mis rakendatakse reaktiivlambile. Reaktiivlamp muudab vastaval viisil häälestusgeneraatori sagedust ja selle tulemusena kujuneb range sünkronism võrgusageduse ja kõigi häälestusgeneraatorist saadavate sageduste vahel. Nisugune lülitus meenutab väga raadiovastuvõtjates kasutatavat sageduse automaatse järelhäälestamise lülitust.

Häälestusgeneraatori sageduse täiendav kaheks jaotamine võimaldab saada reasagedust, mis võrdub 15 625 hertsiga.

Sel teel saadakse kõik vajalikud (välja-, rea- ja juhtimpulside) sagedused. Erilised kujundamisastmed muundavad neid vastavateks impulsspingeteks.

Ikonoskoobi pildilaotusgeneraator moduleerib reaaloetuse ulatust saehambakujulise sageduse järgi (joon. 3.32, a), et kompenseerida ikonoskoobi mosaiigil, rastro trapetsikujulisi moonutusi (joon. 3.32, b).

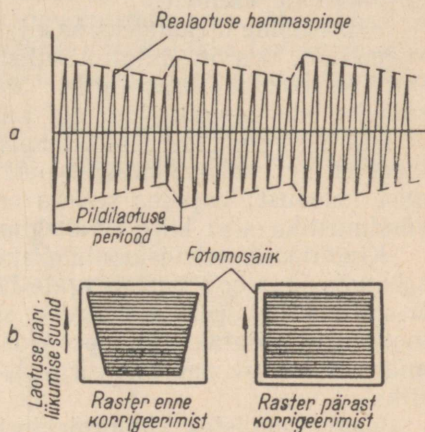
Ikonoskoobi pildi- ja reaaloetuspinget kasutatakse kompenseerimissignaali generaatori talitluse juhtimiseks. Selle generaatori kolmanda juhtpingena kasutatakse siinuselist 50-hertsist pinget.

Sünkroniseerimisgeneraator ja liinivõimendaja on ühine kõikele saatekaameratele.

Tuleb märkida, et aparatuuri üksikute sõlmede kirjeldatud paigutus pole sugugi kohustuslik ja mõnikord see muutub. Näiteks paigutatakse reaaloetugeneraator sageli kaamera sisse, et vältida kaamerasse minevate pikkade ühendusjuhtmete poolt tekitatavaid reaaloetuse moonutusi. Kaamerasse minevate juhtmete arvu vähendamiseks paigutatakse temasse mõnikord normaalsete sünkroniseerimisimpulssidega juhitavad mõlemad laotusgeneraatorid.

Juhul kui ikonoskoobi asemel kasutatakse kujutist ülekandvat ortikoni, siis toodud lülitus mõnevõrra lihtsustub, sest langeb ära vajadus kompenseerimissignaali generaatori ja rastro trapetsikujuliste moonutuste kompenseerimise lülituse järele.

Ikonoskoobi kasutamise puhul varustatakse kaamera *optilise süžeevalijaga*, mis on vajalik mosaiigile projitseeritava kujutise kontrollimiseks ja teravustamiseks. Süžeevalija koosneb põhiobjektiiviga paralleelselt suunatud lisaobjektiivist ja mattklaasist. On ilmne, et mida lähemal esemele kaamera asub, seda suurema vea annab selline süžeevalija.



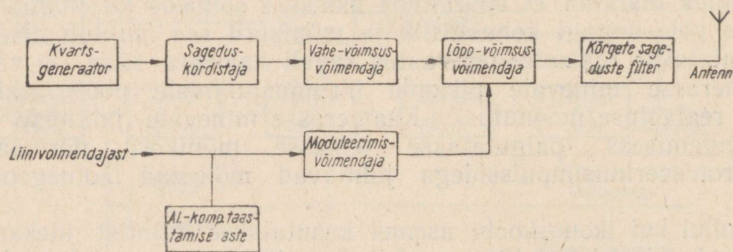
Joon. 3.32. Rastro trapetsikujuliste moonutuste kompenseerimine ikonoskoobis.

Sellise tundliku toru kasutamisel, nagu seda on kujutist ülekandev ortikon, osutuvad toru talitluseks täiesti piisavad esemete valgustustihedused optilise süžeevalija jaoks mitteküllaldasteks. Seepärast varustatakse selle toruga kaamerad elektron-süžeevalijaga. Elektron-süžeevalija sisaldab kõiki elemente, mis on vajalikud kaamera poolt tekitatavate kujutisesignaalide muundamiseks televisioonikujutiseks vastuvõtutoru ekraanil. Kujutise järgi selle (kaamerasse paigaldatud) toru ekraanil toimubki kaamera suunamine ülekantavale esemele.

Kinofilmide ülekandeks kasutatakse ikonoskoope sisaldavaid erikaameraid, mis on ehitatud sellistena, et film projitseeritakse vaheult ikonoskoobi mosaigile. Seejuures jääb aparatuuri lülitus samaks mis stuudiosaadetegi puhul, kui mitte arvestada asjaolu, et kujutisesignaalide alaliskomponendi reguleerimine toimub automaatselt sellekohase fotoelemendi abil, mis tajub iga kinopildi kesk-mist heledust. Vajadus selleks on tingitud kinofilmides toimuvast sündmustiku sisu kiirest vaheldumisest.

Kinofilmide televisiooniülekandel liigub film kiirusega 25 pilti sekundis ja seega vastab igale filmi täispildile televisioonikujutise täispilt. Filmi edasinihkumise sünkroniseerimiseks saatekaamera laotusega käitatakse kinoprojektsiooniaparaati sünkroonmootoriga, mida toidetakse samast võrgust, kust sünkroniseerimisgeneraatoritki.

Nagu tavalistes kinoprojektoriteski, toimub filmi edasinihutamine objektiivi suhtes hüppeliselt pildilt pildile, kusjuures objektiivi läbiv valgusvoog katkestatakse hetkedeks, mil film liigub. Kinoprojektori talitus kooskõlastatakse ikonoskoobi laotusega selliselt, et kujutise projitseerimine mosaigile ja sellele potentsiaalireljeefi tekitamine toimub vaid pildilaotuse tagasiliikumise vältel



Joon. 3. 33. Televisiooni ultralühilainesaatja lahterskeem.

(s. o. 50 korda sekundis), ülejäänud aja vältel aga toimub kujutisesignaalide ülekandmine potentsiaalireljeefi ülesvõtmise teel täiesti pimendatud mosaigilt.

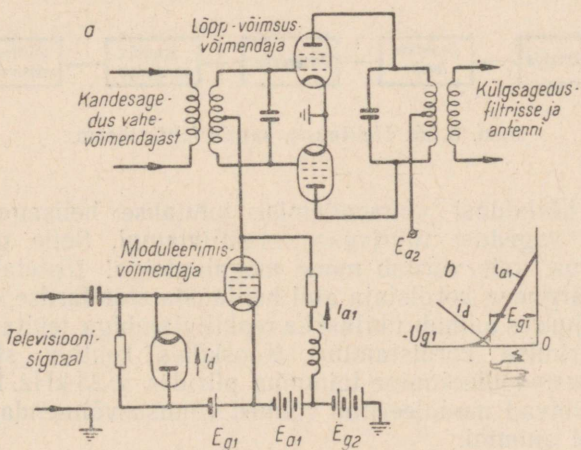
Joonisel 3. 33 on kujutatud televisiooni ultralühilainesaatja lahterskeem.

Saatja sageduse stabiilsuse tõstmiseks kasutatakse kvartsiga stabiliseeritud ostsillaatorit sagedusega 4—8 MHz. Saatja kandesagedus saadakse selle ostsillaatori sageduse mitmekordse kordistamise teel. Pärast mitut vahepealset võimsusevõimendusastet satuvad kandesagedusvõnked saatja lõppvõimendusastmesse.

Liinivõimendajast saabuvald televisioonisignaalid suunatakse *moduleerimisvõimendajasse*, mille võreeringis toimub nende signaalide alaliskomponendi taastamine.

Moduleerida võib ükskõik millises saatja kõrgsagedusvõimendusastmes, kaasa arvatud ka lõppvõimendusaste. Moduleerimisvõimendaja võimsuse kokkuhoidmiseks kasutatakse tavaliselt võre-moduleerimist (mis on eriti oluline saatja lõppvõimendusastmes moduleerimisel).

Joonisel 3.34 on toodud saatja lõppastme moduleerimise lihtsustatud skeem. Alaliskomponendi taastamine toimub moduleeri-



Joon. 3.34. Saatja lõppastme moduleerimise lihtsustatud lülitus.

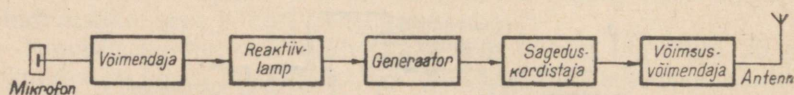
misvõimendaja võreeringi ühendatud diodiga. See diod on ühendatud selliselt, et ta saabuva signaali sünkroniseerimisimpulsside toimel avaneb ja säilitab automaatselt sellise positiivse eelpinge, mille puhul nende impulsside tase moduleerimisvõimendaja võrel ühtlustub, lähenedes jääva eelpinge E_{g1} poolt määratud potentsiaalile (joon. 3.34, b). Selleks et televisioonisignaalide alaliskomponent satuks moduleeritava lõppvõimendaja võrele, on moduleerimisvõimendaja anood sidestatud temaga galvaaniliselt. -Signaali-pinge vastavate muutuste tulemusena toimub lõppvõimendaja võrele kandesageduse negatiivne moduleerimine.

Saatja lõppastme välje ja antenni vahele ühendatakse ülemist külsagedusriba ja kandesagedust läbilaskev ning alumist kül-

sagedusriba tõkestav filter. Kuna filtri läbilaskeriba ei oma teravaid piire, kiirgab saatja osaliselt ka kandesagedusega piirnevat alumist külgsagedusriba. Seetõttu nimetatakse niisugust külgriba tõkestamist «osaliseks».

Juhul kui moduleeritakse saatja mingit vahepealset, väikse võimsusega astet, võib moduleerimisvõimendaja võimsust tunduvalt vähendada. Kuid seejuures peavad kõik järgmised, moduleeritud võnkeid võimendavad kõrgsagedusastmed laskma läbi küllaldaselt laia sagedusriba, mis vähendab nende efektiivsust. Nende astmete võnkeringid häälestatakse selliselt, et toimuks ainult moduleerimise ülemise külgsagedusriba võimendamine; seejuures langeb ära vajadus alumist külgsagedusriba tõkestava lisafiltri kasutamiseks.

Joonisel 3.35 on toodud helitausta ülekandmiseks ettenähtud sagedusmoduleerimisega saatja lahterskeem.



Joon. 3.35. Helitausta saatja lahterskeem.

Pärast küllaldast võimendamist juhitakse helisagedusvõnked generaatori sagedust tüürivasse reaktiivlampi. Selle generaatori võnkesagedus, mis võrdub mõne megahertsiga, tõstetakse mitme üksteisele järgneva kordistaja abil helitausta standardse kandesageduseni. Seejuures toimub ühtlasi ka reaktiivlambiga tekitatava sagedusmoduleerimise kordistamine. Kooskõlas kehtiva standardiga peab sagedusmoduleerimine toimuma piirides ± 25 kHz. Pärast kordistamist läbivad moduleeritud võnked võimsusvõimendaja ja satuvad seejärel antenni.

Televisiooni kujutise- ja helisignaalide ülekandmiseks kasutatakse tavaliselt ühte ühist antenni. Televisiooni saateantennile esitatavateks põhinõueteks on: kogu televisioonikanali sagedusriba ühtlane läbilaskmine ja ühtlane kiirgamine horisontaaltasapinnas olevates kõikides suundades.

Stuudioväliste ülekannete korraldamiseks (staadionidelt, teatritest jm.) kasutatakse kompakset teisaldatavat aparatuuri, mis sisaldab peaaegu kõiki ülalkirjeldatud elemente.

Juhul kui stuudioväline ülekanne toimub televisioonikeskusest mõni kilomeeter eemal asuvast paigast, võib seadmete komplektist kõrgsageduslik osa puududa ja televisioonisignaale võidakse kanda televisioonikeskusesse üle spetsiaalselt korrigeeritud telefonikaabli kaudu.

Kui aga stuudiovälised ülekanded toimuvad suuremalt kauguselt, siis kantakse need televisioonikeskusesse üle raadio teel. Selliseks ülekandmiseks kasutatakse tavaliselt väikse võimsusega saat-

jat, mis töötab sentimeeterlainetel ja omab suundantenni. Televisioonikeskuses vastuvõetud signaalid detekteeritakse, võimendatakse ja kantakse televisioonikeskuse lainel üle samuti nagu stuudiostki saabuvad signaalid.

Stuudiovälisteks ülekanneteks määratud saatekaamerad sisaldavad komplekti kiirelt vahetatavaid objekteive, mis võimaldavad sooritada ülekannet laia ja kitsa vaateväljaga ilma kaamerat eseme suhtes ümber paigutamata.

IV PEATÜKK

TELEVISIOONIVASTUVÕTJAD

1. Televisioonivastuvõtja lahterskeem

Televisioonivastuvõtjaid võib ehitada *superheterodüünlülituses* ja *otsevõimenduslülituses*. Superheterodüünlülitused võimaldavad saavutada suuremat selektiivsust ja võimendust ning samuti hõlbus-tavad ümberhäälestamist ühelt lainelt teisele. Neil juhtudel aga, kui vastuvõtja on määratud küllalt tugevate signaalide vastuvõtuks ja tundlikkusel ning selektiivsusel ei ole olulist tähtsust, on otsevastu-võtjad oma lihtsuse tõttu eelistatavamad.

Televisioonivastuvõtjate lülituste teiseks eristavaks iseärasuseks on helitausta vastuvõtu meetod. Käesoleval ajal on laialdast kasu-tamist leidnud kaks põhilist helitausta vastuvõtu meetodit: 1) *vahe-sagedus-lisakanali* meetod, mispuhul heli- ja kujutisesignaale võimendatakse koos kuni sagedusmuundajani, seejärel aga moodustu-vad kaks vahesagedust — üks heli ja teine kujutise jaoks; 2) *kandesageduste tuikemeetod*, mispuhul heli- ja kujutisesignaali-de võimendamine toimub koos kuni viimase võimendusastmeni, mille väljes toimub helisignaali eraldamine sagedusmoduleeritud *vahe-kandesagedusena*, mis tekib heli ja kujutise kandesageduste tuikamise tulemusena.

Esimene meetod on rakendatav ainult supervastuvõtjates, kuna aga teine meetod on rakendatav ka otsevastuvõtjates.

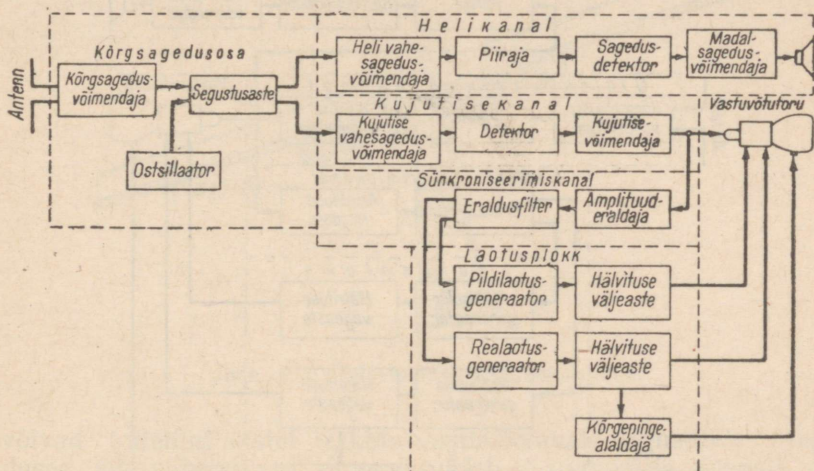
Joonisel 4.1 on kujutatud heli vahesagedus-lisakanali meetodil vastuvõtva supervastuvõtja lahterskeem.

Antenniga vastuvõetud kujutise- ja helisignaalid satuvad kõrg-sagedusvõimendajasse, mis peale võimenduse sooritab veel vastu-võetavate signaalide eelnevat filtreerimist häiretest. Edasi satuvad võimendatud signaalid koos oma ostsillaatorist antavate signaali-dega segustusastme sisendisse, mille anoodringis tekivad peale muude kombinatsioonsageduste ka pildi ja heli vahesagedused, mis võrduvad, ühelt poolt, vastavate signaalide kandesageduste ja, teiselt poolt, ostsillaatorisageduse vahega. Vastuvõtja kirjeldatud osa, mis sooritab signaalide esialgse eraldamise, võimendamise ja muundamise vahesagedusteks, nimetatakse tema *kõrgsagedusosaks*.

Edasi hargnevad vastuvõetavad signaalid kahte kanalisse: *heli-kanalisse* ja *kujutisekanalisse*.

Helikanal on ehitatud tavalise sagedusmoduleeritud signaalide vastuvõtja lülituse kohaselt. Helisignaale algul võimendatakse vahe-sagedusvõimendajas, siis piiratakse, detekteeritakse ja seejärel võimendatakse madalsagedusvõimendajas, kust nad satuvad valjuhääldajasse.

Kujutisekanal koosneb vahesagedusvõimendajast, detektorist ja kujutisevõimendajast. Viimase väljest satuvad kujutisesignaalid vastuvõtutoru juhtelektroodile.



Joon. 4.1. Superheterodüün-televisioonivastuvõtja lahterskeem.

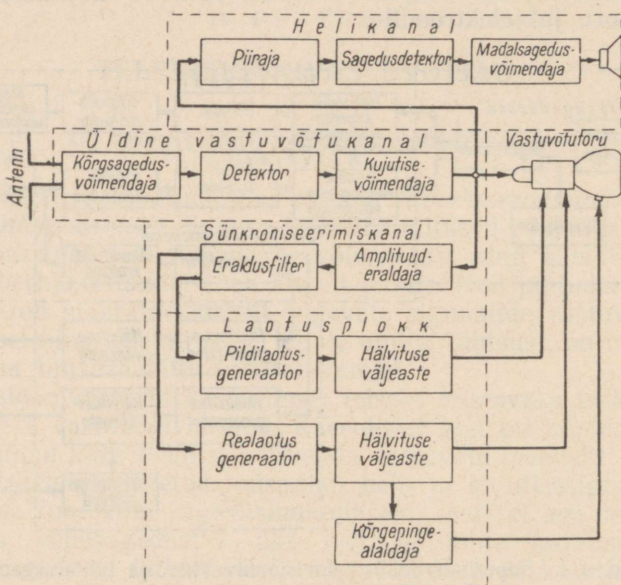
Detekteeritud ja võimendatud televisioonisignaalid, mis sisaldavad ka sünkroniseerimissignaale, suunatakse *amplituuderaldajasse*, mis täielikult eraldab sünkroniseerimissignaale kujutisesignaalidest. Eraldatud sünkroniseerimissignaale satuvad *eraldusfiltrisse*, mis lahutab nad rea- ja pildisünkroniseerimissignaaledeks. Amplituuderaldaja ja eraldusfilter moodustavad *sünkroniseerimiskanali*.

Lahutatud sünkroniseerimissignaale suunatakse laotusplokki, kus nad sünkroniseerivad *pildi- ja realaotusgeneraatoreid*.

Enamikul juhtudel kasutatakse elektroniikiire magnetilist hälvitamist. Seejuures võimaldab reahälvitusgeneraator saada kõrget pinget vastuvõtutoru toitmiseks.

Joonisel 4.2 on toodud kandesageduste tuikemeetodil vastuvõtva otsevõimendusega televisioonivastuvõtja lahterskeem. Siin toimub kogu signaalide võimendamine kuni detektorini kõrgsagedusel. Üheaegselt kujutisesignaalidega toimub ka helitausta signaalide võimendamine.

Kõrgsagedusvõimendajas tekivad sagedusmoduleeritud helitausta kandesageduse ja kujutisesignaali kandesageduse vahel tuiked. Pärast nende tuigete detekteerimist saadakse lisaks kujutisesignaali kandesagedusele veel helitausta vahe-kandesagedus (kehtiva standardi kohaselt 6,5 MHz), mis on sagedusmoduleeritud täpselt samasugusena nagu helitausta esialgne kandesageduski.



Joon. 4.2. Otsevõimendusega televisioonivastuvõtja laheterskeem.

Pärast detekteerimist toimub kujutisevõimendajas üheaegne kujutisesignaali ja (kujutisesignaali sagedusspektrist kõrgemal asetseva) helitausta vahe-kandesageduse võimendamine.

Edasi heli vahe-kandesagedust piiratakse amplituudis, detekteeritakse ja võimendatakse madalsagedusvõimendajas. Helitausta vahe-kandesagedusel vastuvõtmise lülitus võimaldab ära jätta helitausta vastuvõtuks vajaliku vahesagedusvõimenduskanali ja omab ka terve rea teisi eeliseid.

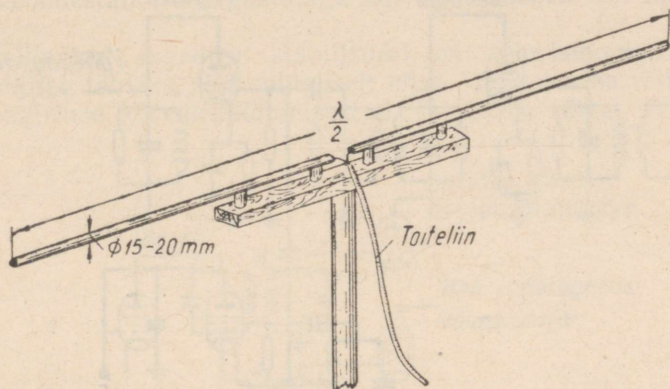
Sünkroniseerimiskanal ja laotusplokk antud lülituses ei erine eelmises lülituses kirjeldatuist.

Käesoleva peatüki järgnevatel paragrahvides käsitletakse vastuvõtuseadme kõikide elementide talitlust, välja arvatud laotussüsteemid, millelele on pühendatud eri peatükk.

2. Vastuvõtja kõrgsagedusosa

Telesioonivastuvõtuks kasutatakse tavaliselt horisontaalseid poollainevibraatorite kujulisi antenne (joon. 4.3), mis ühendatakse vastuvõtjaga kahejuhtmelise toiteliini abil.

Kuna sellise antenni sisendtakistus on ligikaudu 72 oomi, siis on soovitatav, et toiteliini lainetakistus ja samuti ka vastuvõtja sisendtakistus oleksid selle väärtusega lähedased. Vastasel juhul



Joon. 4.3. Telesiooni-vastuvõtuantenn.

võivad toiteliini otstel tekkida vastuvõetavate signaalide peegeldused, mis vähendavad signaali väärtust vastuvõtja sisendil, pika toiteliini puhul aga võivad põhjustada kujutise «kahekordistumist». Selle nähtuse põhjus seisab selles, et vastuvõetud signaal, peegeldudes vastuvõtja sisendist, satub antenni sisendisse ja sellelt peegeldununa satub teistkordselt vastuvõtja sisendisse, kuid juba ajaliselt nihutatuna. Mida pikem on liin, seda suurem on see nihe.

Selleks et antenn laseks moonutamatuult läbi vajaliku sagedusriba, võetakse tema juhtme läbimõõt mitte alla 1—2 cm.

Parimad vastuvõtutulemused saavutatakse sel juhul, kui vastuvõtuantenn paigutada saatja antenni geomeetrilise nähtavuse piirkonda.

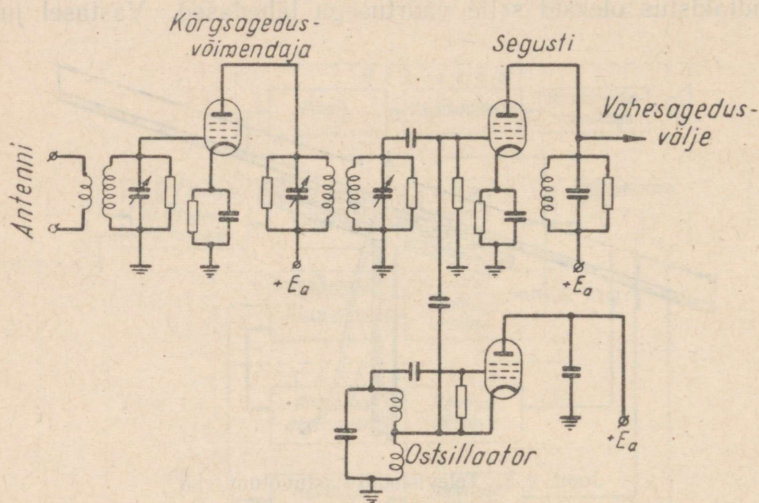
Joonisel 4.4 on kujutatud telesioonivastuvõtja kõrgsagedusosa tüüplülitus, mis koosneb kõrgsagedusvõimendajast, ostsillaatorist ja segustist.

Kõrgsagedusvõimendaja võrevõnkering sidestatakse antenniga ja ta eraldab välja vastuvõetavad signaalid. Kõrgsagedusvõimendaja anoodvõnkeringist satuvad signaalid koos ostsillaatori võngetega segustisse.

Segustuslambi normaalseks talitluseks on vaja, et tema tööpunkt asuks anoodvoolu tunnusjoone kõveral osal. Sel juhul ta detekteerib vastuvõetavate signaalide ja ostsillaatori võngete vahel

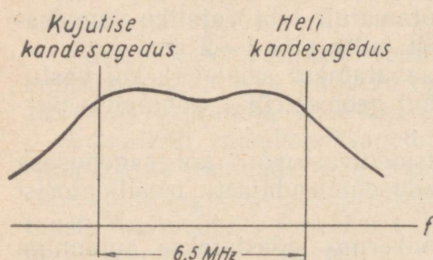
tekkivaid tuikeid, mille tulemusena tema anoodringis eräduvad kujutise ja heli vahesagedusvoolud.

Kõrgsagedusvõimendaja suurendab vastuvõtuseadme tundlikkust ja selektiivsust, kuid tema olemasolu lülituses ei ole tingimata vajalik: vastuvõetavaid signaale võib suunata segustusastmesse ka vahetult.



Joon. 4. 4. Vastuvõtja kõrgsagedusosa skeem.

Vastuvõetavatele signaalidele häälestatud kõrgsagedusosa võnkeringid peavad täielikult läbi laskma kujutise ja heli kandesagedused koos nende külgsagedustega. Küllaldase läbilaskeriba saavutamiseks nad tavaliselt sillatakse aktiivtakistitega. Siin kasutatakse nii üksikuid kui ka sidestatud võnkeringe või mõlemate kombinatsioone. Vastuvõtuseadme kõrgsagedusosa sagedustunnusjoone näide on toodud joonisel 4. 5.



Joon. 4. 5. Vastuvõtja kõrgsagedusosa sagedustunnusjoon.

Kõrgsagedusvõimendajate sisendastmetes kasutatakse enamasti kõrgsageduspentode. Kuid viimasel ajal on selleks otstarbeks hakatud kasutama spetsiaalseid suure tõusu ja väikse elektroodidevahelise mah-

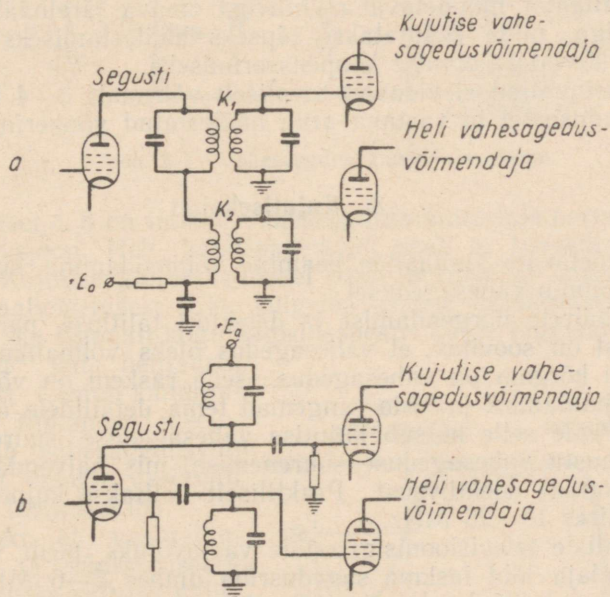
tuvusega väiksemõõtelisi triode. Kuna trioodide endamüra on mitu korda väiksem pentoodide omast, võimaldavad nad võtta vastu ja võimendada palju nõrgemaid signaale. Trioodide kasutamisel

on rakendatavad katoodsidestuse lülitused maandatud võrega või vastastaktlülitused.

Segustuslampidena kasutatakse suure võimenduse saamiseks tavaliselt suure tõusuga pentoode. Muunduslampe ei kasutata üldse, kuna neis rida ultralühilaineil tekkivaid nähtusi vähendavad muundusastme võimendust ja vastuvõtja tundlikkust. Seepärast kasutatakse ostsillaatorina alati eraldi lampi.

Ostsillaatorid koostatakse enamasti tavalises kolmpunktilülituses ja sidestatakse segustajaga kas induktiivselt või mahtuvuslikult.

Ostsillaatori sageduse stabiilsusel on televisioonivastuvõtjas väga oluline tähtsus, sest suhteliselt kitsa läbilaskeriba tõttu piisab selle sageduse kõrvalekaldumisest 0,01—0,02% võrra, et häirida



Joon. 4.6. Kaks kujutise ja heli vahesageduste eraldamise varianti.

helitausta kanali tööd. Tavaliselt valitakse ostsillaatori sagedus vastuvõetava signaali sagedusest kõrgem, millega saavutatakse heli vahesagedusvõimendaja suurem võimendus ja selektiivsus ning samuti kujutisevõimendaja küllaldane ribalaius ja hea lahkäälestus peegelkanali suhtes. Sel juhul osutub kujutise vahesagedus heli vahesagedusest kõrgemaks.

Segusti anoodringis toimub kujutise ja heli vahesagedussignaali eraldamine. Selleks otstarbeks ühendatakse segusti anoodringi kaks võnkeringi K_1 ja K_2 (joon. 4.6, a), mis vastavalt on hää-

lestatud kujutise ja heli vahesagedusele. Võnkeringist K_1 suunatakse signaalid kujutise vahesagedusvõimendajasse, võnkeringist K_2 aga heli vahesagedusvõimendajasse. Joonisel 4.6, *b* on toodud võnkeringide K_1 ja K_2 ühendamise teise variandi skeem: võnkering K_1 on ühendatud anoodringi, võnkering K_2 aga segustuslambi varivõreeringi.

Vastuvõtja ümberhäälestamiseks ühelt lainelt teisele tuleb muuta kolme võnkeringide süsteemi häälestust: võimendaja võreeringis, võimendaja anoodringis ja ostsillaatoris. Mainitud häälestuse muutmist sooritatakse niihästi võnkeringide induktiivsuste kui ka mahtuvuste muutmisega. Kõige levinumad on vastuvõtjad astmelise ümberhäälestamisega kindlatele lainetele, mis vastavad standardsetele televisioonikanalitele; kuid on olemas ka sujuva häälestamisega vastuvõtjaid. Kõikidel juhtudel varustatakse vastuvõtja ostsillaator muudetavat mahtuvust omava järelhäälestuskondensaatoriga, mida kasutatakse täpseks häälestamiseks ja tema sageduse kõrvalekaldumise kompenseerimiseks.

Otsevastuvõtjad sisaldavad tavaliselt vähemalt 3—4 kõrgsagedusvõimendusastet ja vastava arvu häälestatud võnkeringe.

3. Kujutisekanal

Vastuvõetavate signaalide peamine võimendamine supervastuvõtjates toimub vahesagedusel.

Peegeelhäirete nõrgendamise ja detektori talitluse parendamise seisukohast on soovitatav, et vahesagedus oleks võimalikult kõrge. Kuid mida kõrgem on vahesagedus, seda raskem on võimendaja tegelik kujundamine ja seda rangemad tema detailidele esitatavad nõuded. Peale selle kutsub kujutise vahesageduse suurendamine esile helitausta vahesageduse suurenemise, mis halvendab vastuvõtja helikanali selektiivsust. Praktiliselt valitakse kujutise vahesagedus piires 15—25 MHz.

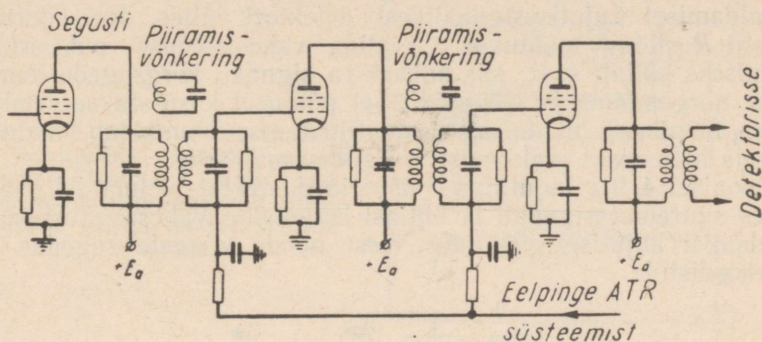
625-realiste televisioonisignaalide vastuvõtuks peab vahesagedusvõimendaja läbi laskma sagedusriba umbes 5—6 MHz. Kuid vastuvõtjates, milles kasutatakse väikese ekraaniga torusid, on lubatav kujutisekanali sagedusriba ahendamine kuni 2,5—3 MHz-ni. See on põhjendatud selliste torude teravustuse madalama kvaliteediga ja kujutise jälgimise ebasoodsate tingimustega, mis niikui nii ei võimalda kasutada laiema sagedusriba eelseid.

Joonisel 4.7 on toodud üks võimalikest vahesagedusvõimendaja skeemidest. Võimendaja sagedusriba laiendamiseks on kõik häälestatud võnkeringid sillatud aktiivtakistustega.

Läbilaskeriba piires ühtlase võimenduse saavutamiseks kasutatakse sidestatud võnkeringe või häälestatakse üksikud võnkeringid läbilaskeriba piires olevatele erinevatele sagedustele.

Kuna kujutise- ja helisignaalide teineteisest eraldamise süsteem segusti anoodringis ei ole täiuslik, siis võivad helisignaalid osali-

selt tungida kujutisekanalisse ning sattuda vastuvõturu juhtelektroodile. See põhjustab vastuvõetavas kujutises häireid, mille tugevus ja iseloom hakkab muutuma heli muutumise rütmis. Mainitud häirete kõrvaldamiseks ühendatakse vahesagedusvõimendajasse piiramisvõnkeringid, mis on häälestatud heli vahesagedusele ja summutavad selle sageduse võnkeid.



Joon. 4.7. Vahesagedusvõimendaja skeem.

Joonisel 4.8 on toodud vahesagedusvõimendaja normaalne sagedustunnusjoon. Heli kandesagedusel peab ta langema tegelikult nullini. Kujutise kandesagedusel peab tunnusjoon langema poolele maksimaalväärtusest. Ühe külgriba osalise hävitamise puhul võimaldab see signaali kogu sagedusspektri kõige õigemalt taastamist.

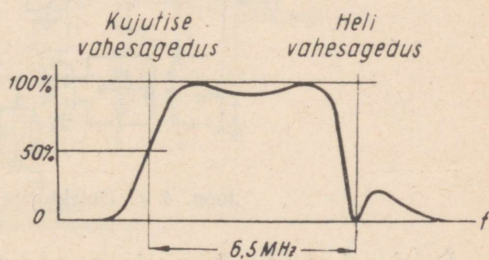
Juhul kui helitausta vastuvõtt toimub kandesageduste tuikamise meetodil, peab vahesagedusvõimendaja omama vastavalt laiemat läbilaskeriba.

Selleks et vastuvõtutorusse ja sünkroniseerimiskanalisse sattuva väljesignaali tase jääks sõltumatult vastuvõetava signaali väljatugevuse muutumisest konstantseks, varustatakse televisiooni-

vastuvõtjad mõnikord *automaatse tundlikkuse reguleerimise* (ATR) lülitusega. Selle lülituse poolt tekitatav pinge antakse eelpingena vahesagedusvõimendaja lampide juhtvõredele (joon. 4.7). See pinge võib tunduval määral muuta võimendaja võimendustegurit.

Joonisel 4.9 on kujutatud televisioonivastuvõtjates kõige sagedamini kasutatavad dioddetektorite lülitused.

Skeemi *a* järgi koostatud detektor annab koormustakistil *R*

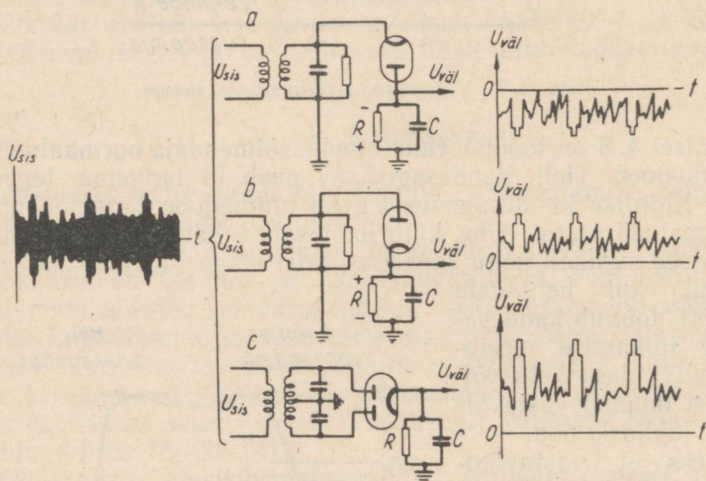


Joon. 4.8. Vahesagedusvõimendaja sagedustunnusjoon.

kujutise *positiivseid* signaale (s. o. selliseid signaale, millede puhul pinge tõus detektori väljes vastab ülekantava kujutise heleduse suurenemisele). Skeemi *b* järgi koostatud detektor annab negatiivseid signaale. Signaali polaarsuse valik detektori väljes oleneb järgnevate võimendusastmete arvust ja moduleeriva pinge vastuvõtutorusse suunamise viisist.

Kui vahesagedus ei ole küllalt kõrge, tekivad raskused tema eemaldamisel kujutisesignaalist detektori väljes. Kui koormustakistit R sildav mahtuvus C valida vahesageduse pulseerimise silumiseks küllalt suur, siis hakkab ta signaali kõrgsageduskomponente nõrgendama ja vastupidi. Sel põhjusel kasutatakse detektori väljes mõnikord madalsageduste filtrit, mis võimaldab mainitud pingete hõlpsamat eraldamist kui sildav mahtuvus.

Joonisel 4.9, *c* kujutatud täisperiooddetektor võimaldab saada väljes suuremat signaali ja ühtlasi kergendab vahesagedusvõngete eraldamist kujutisesignaalist, sest nende võngete sagedus siin kahekordistub.



Joon. 4.9. Detektorite skeemid.

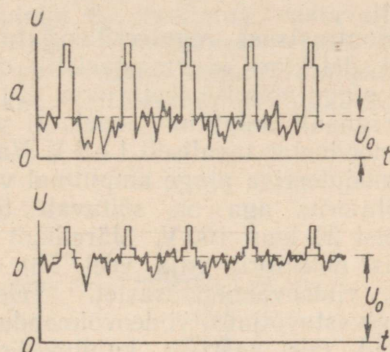
Detektori sagedustunnusjoone parendamiseks ühendatakse koormustakisti R vooluringi mõnikord korrigeeriv induktiivsus.

Automaatset tundlikkuse regulaatorit omavates ringhäälingu lairibavastuvõtjates kasutatakse võimendust tüüriva pingena detekteeritud signaalide alaliskomponenti. Televisioonivastuvõtjates aga ei ole võimalik kasutada detekteeritud signaalide alaliskomponenti automaatselt võimenduse reguleerimiseks, sest see alaliskomponent sõltub mitte ainult vastuvõtavate signaalide tugevusest, vaid ka ülekantava kujutise keskmisest heledusest, mida selgitab joonis 4.10. Kuna ülekantavate kujutiste süžee muutumisel säilib jäävana vaid kandesageduse amplituud sünkroniseerimisimpulsside

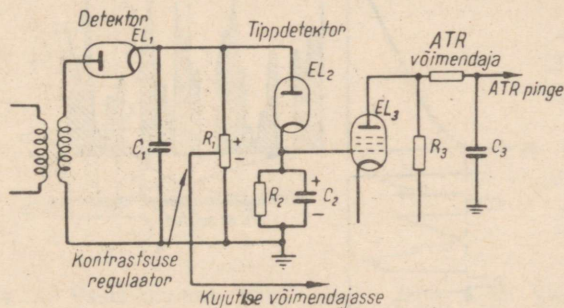
lähendamise hetkel, siis saab siin lähtepingena automaatseks tundlikkuse reguleerimiseks kasutada ainult detekteeritud signaalide amplituudi.

ATR jaoks tüürpinge saamise lülitus on kujutatud joonisel 4. 11. Siin EL_1 on detekteeriv diod, ühine nii kujutisesignaali kui ka ATR pingele saamiseks. Tema koormustakistilt R_1 satuvad kujutise-

Joon. 4. 10. Pinge aliskomponendi muutumine detektori väljes sõltuvalt ülekantava kujutise keskmise heleduse muutumisest heleda kujutise (a) ja tumeda kujutise (b) puhul.



signaalid diodist EL_2 , takistist R_2 ja mahtuvusest C_2 koosnevasse amplituuddektorisse. Vooluringi ajakonstant R_2C_2 valitakse küllalt suur, et temal säiliks mahtuvuse C_2 perioodiliste laadimiste tulemusena diodi EL_2 kaudu pinge, mis oleks lähedane detekteeritud signaalide amplituudväärtusega takistil R_1 . Lampa EL_3 ja



Joon. 4. 11. ATR tüürpinge saamise skeem.

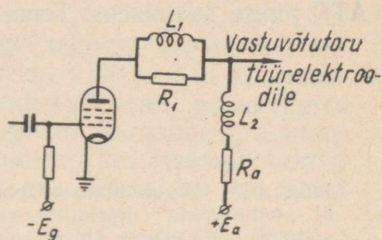
koormustakistit R_3 sisaldav võimendaja tüürib läbi filtri R_4C_3 vahesagedusvõimendaja reguleeritavate lampide eelpinget. Detekteeritud signaalide amplituudi kasv kutsus esile pinge tõusmise lambi EL_3 võrel, mille tagajärjel tema anodi potentsiaal langeb ja eelpinge reguleeritavate lampide võredel muutub negatiivsemaks, mis põhjustab vajalikku vastuvõtja võimenduse vähenemist.

Kõigis automaatse tundlikkuse regulaatoriga varustatud vastuvõtjates sisaldub tingimata ka väljesignaali amplituudi käsitsi

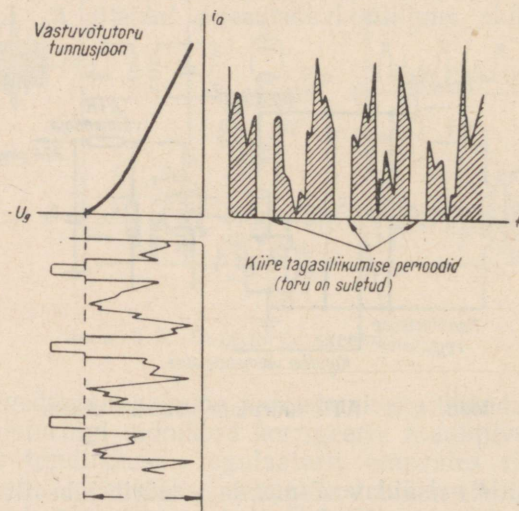
reguleerimise regulaator, mida tavaliselt nimetatakse *kontrastsuse regulaatoriks* (kuna tema abil reguleeritakse vastuvõtava kujutise soovitud kontrastsust). ATR süsteemi põhiliseks ülesandeks on ainult kontrastsuse regulaatoriga väljareguleeritud väljesignaali amplituudi jäävuse säilitamine, sõltumata saabuvate signaalide tase-
mest.

Kontrastsust reguleeritakse tavaliselt detektori koormustakistilt osalise pinge võtmise teel (joon. 4.11).

Signaali amplituud detektori väljes moodustab tavaliselt 1–2 V. Vajalik moduleeriva pinge amplituud vastuvõtutorus aga on sõltuvalt toru tüübist 20 kuni 100 V. Järelikult on pärast detektorit vaja veel üht või kaht viideovõimendusastet. Televi-
sioonivastuvõtjate viideovõimendusastmete chituse põhimõtted on samad mis saatjate kujutisesignaali võimendamise puhulgi (vt. ptk. III, § 6). Üks levinumaid kujutise lõppvõimendusastmete lülitusi on esitatud joonisel 4.12. Selles võimendusastmes on kasutatud kõrgsageduskorrigeerimist induktiivsustega L_1 ja L_2 .



Joon. 4.12. Kujutisesignaali võimendaja lõppastme skeem.

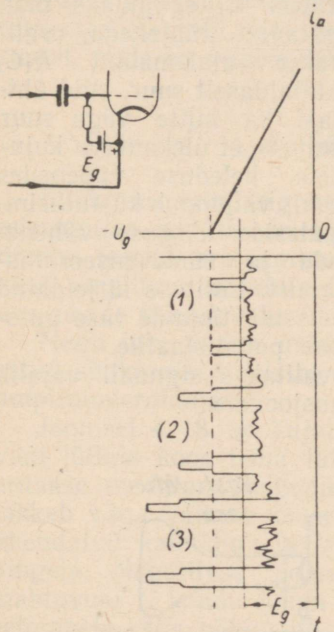


Joon. 4.13. Vastuvõtutoru normaalne töörežiim.

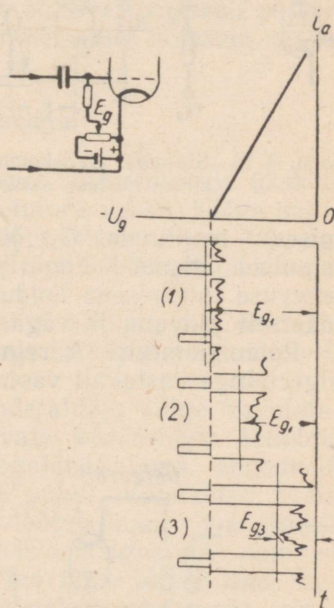
Vastuvõtava kujutise kõikide elementide suhtelise heleduse õigeks taastamiseks peab vastuvõtutoru katoodi ja juhtelektroodi vahele rakendatav signaal omama sellist polaarsust ja eelpinget,

mispuhul kustutusimpulsside tippude tase vastaks toru kiire sulg-
voolule (joon. 4.13).

Kui toru juhtelektroodile anda konstantne eelpinge E_g (joon. 4.14), siis hakkab ülekantava kujutise keskmise heleduse muutumisel kustutusimpulsside tase muutuma ja kujutise üksikute elementide heleduse jaotus moonutub. Selleks aga, et säilitada toru normaalset töörežiimi, peab eelpinge E_g muutuma vastavalt ülekantava kujutise keskmise heleduse muutumisele (joon. 4.15). Selline eelpinge muutumine on samaväärne signaali alaliskomponendi taastamisega, mis läks kaduma üleminekumahtuvuste olemasolu tõttu.



Joon. 4.14. Vastuvõtutoru töörežiim signaali alaliskomponendi taastamise puudumisel.

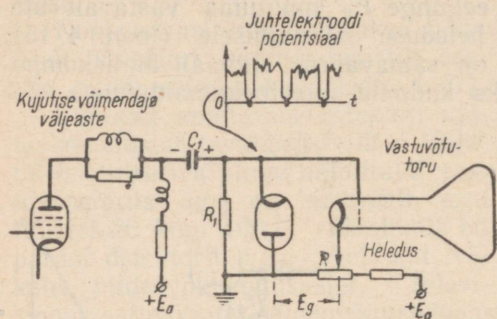


Joon. 4.15. Vastuvõtutoru töörežiim signaali alaliskomponendi taastamisel.

Kaasaegsetes televisioonivastuvõtjates kasutatakse kujutisesignaali alaliskomponendi automaatset taastamist või luuakse tingimused, millede puhul ta võimenduse käigus ei kao ning kantakse vastuvõtutoru juhtelektroodile.

Joonisel 4.16 on kujutatud diodi abil signaali alaliskomponendi taastamise lülitus. See lülitus on täiesti analoogiline saatja modulaatori sisendis signaali alaliskomponendi taastamise lülitusega. Signaali negatiivsete impulssidega avatava diodi olemasolu ei võimalda juhtelektroodi potentsiaalil langeda allapoole maa

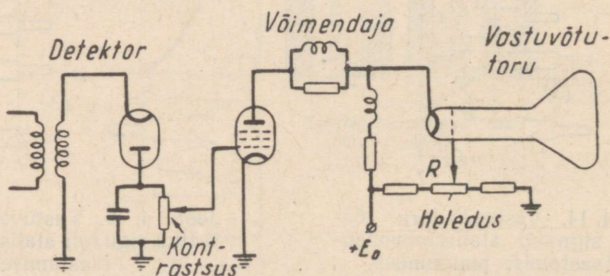
potentsiaali (millega on ühendatud diodi anood). Sünkroniseerimisimpulsid, kui signaali kõige negatiivsemad väärtused, avavad perioodiliselt diodi ja tekitavad mahtuvusel C_1 positiivse laengu, mis on küllaldane selleks, et signaalipinge kõigi teiste väärtuste puhul juhtelektroodi potentsiaal oleks maa potentsiaalst kõrgem.



Joon. 4. 16. Signaali aliskomponendi taastamise lülituse skeem.

mises) mahtuvus C_1 jõuaks tühjeneda ja sünkroniseerimisimpulsid jätkaksid diodi perioodilist avamist. Lülituse kirjeldatud tegevuse tulemusena hoidub kustutusimpulsside tippude tase automaatselt jäävana ja väga lähedasena maa potentsiaalile.

Potentsiomeetri R reguleerimisega valitakse signaali vajalik algeelpinge vastavalt vastuvõtutoru tunnusjoonele.



Joon. 4. 17. Kujutisesignaali võimendamise lülituse skeem aliskomponendi säilitamisega.

Joonisel 4. 17 on kujutatud kujutisesignaali võimendamise lülitus, mis säilitab nende aliskomponendi. Seda saavutatakse üleminekumahtuvuste kõrvaldamise teel kogu detektori ja vastuvõtutoru juhtelektroodi vahelises osas. Kuna pinge detektori väljes on igal hetkel võrdeline vastuvõetavate kujutisesignaali kandesageduse amplituudiga, siis sisaldab ta ka nende signaali aliskomponendi. Toodud lülituses viideovõimendaja võimendab

ja kannab vastuvõturu juhtelektroodile mitte ainult kujutisesignaale, vaid ka nende aliskomponenti. Potentsiometri R reguleerimisega valitakse nagu eelneval juhulgi signaali vajalik algeelpinge vastavalt vastuvõturu tunnusjoonele, mille järel kustutusimpulsside tippude taset säilitatakse muutumatuna automaatselt.

Vastuvõturu juhtelektroodi algeelpinge käsitsi reguleerimist nimetatakse tavaliselt *heleduse reguleerimiseks*.

Vastuvõturu võib moduleerida niihästi signaalide suunamisega tema juhtelektroodile katoodi kindla potentsiaali puhul (joon. 4.16) kui ka signaalide suunamisega tema katoodile juhtelektroodi kindla potentsiaali puhul (joon. 4.17). Viimasel juhul peavad signaalid omama negatiivset polaarsust. Tavaliselt valitakse toru see või teine moduleerimisviis sõltuvalt signaali polaarsusest, mida on viidevõimendaja lõppastme väljes hõlpsam saada.

4. Sünkroniseerimiskanal

Sünkroniseerimissignaali eraldamine võib toimuda ükskõik missuguses punktis detektori ja vastuvõturu vahel. Kõige sagedamini toimub eraldamine võimendaja lõppastme väljes, kus signaali amplituud on küllaldaselt suur. Selle puhul langeb ära vajadus nende täiendavaks võimendamiseks.

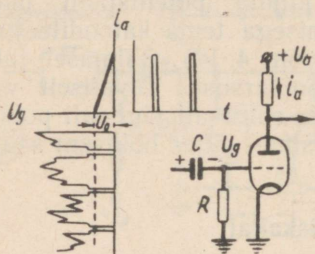
Nagu juba varem märgitud, nimetatakse lülitust, mis on määratud sünkroniseerimissignaali eraldamiseks kujutisesignaalist, amplituuderaldajaks.

Joonisel 4.18 on kujutatud amplituuderaldaja kõige kasutatavam lülitus koos tema talitlust selgitavate kõveratega. Lambile antakse madalam anoodpinge, mille tagajärjel tema anoodvool lakkab väga väikese negatiivse eelpinge puhul. Võretakisti R on ühendatud katoodiga ja selle tagajärjel töötab lamp ilma algeelpingeta. Negatiivse polaarsusega televisioonisignaalid satuvad mahtuvuse C kaudu lambi tüürvõrele. Kuna lamp töötab ilma algeelpingeta, siis põhjustab televisioonisignaali olemasolu võrevoolude tekkimise, millede arvel laadub kondensaator C ja lambi võrel tekib automaatne negatiivne eelpinge, mis säilitab sünkroniseerimisimpulsside taseme võrevoolude tekkimise piiril. Kui seejuures sünkroniseerimisimpulsside amplituud ületab anoodvoolu katkestava potentsiaali (U_0), siis eralduvad lambi anoodkoormusel ainult sünkroniseerimisimpulssid. Takistuse R väärtus valitakse selline, et kustutusimpulsside kõrguse muutumistel jõuaks mahtuvus C tühjeneda ja sünkroniseerimisimpulsside tipud säiliks edasi endisel tasemel.

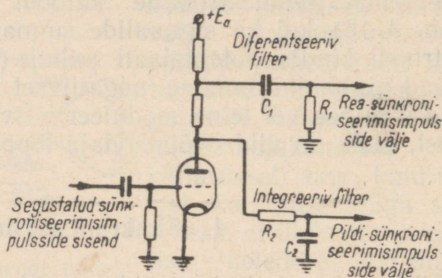
On väga oluline, et amplituuderaldajast saadavad sünkroniseerimisimpulssid omaksid risküliku kuju ja et nende kõrgus ei sõltuks ülekantava kujutise sisust ega juhuslikest häiretest. Nende nõuete täielikuks rahuldamiseks kasutatakse mõnikord keerukamaid

amplituuderaldajate lülitusi, milles sünkroniseerimissignaale mitu korda võimendatakse ning piiratakse ülalt ja alt.

Eraldatud sünkroniseerimissignaale tuleb seepärast lahutada rea- ja pildisünkroniseerimisimpulssideks. Sel otstarbel ühendatakse amplituuderaldaja koormustakisti külge kaks filtrit (joon. 4.19), milledest üks eraldab reasünkroniseerimisimpulssi ja mida nimetatakse «diferentseerivaks», teine aga eraldab pildisünkroniseerimisimpulssi ja seda nimetatakse «integreerivaks».



Joon. 4.18. Amplituuderaldaja skeem.



Joon. 4.19. Rea- ja pildisünkroniseerimisimpulsside eraldamise lülituse skeem.

Mainitud nimetused on antud lülitustele sellepärast, et pingekõverad nende väljes on vastavalt lähedased sisendpinge kõverate tuletise ja integraaliga.

Kui suunata diferentseeriva filtri sisendisse ristkülikuline impulss amplituudiga U_0 ja kestusega T , saadakse väljes pinge U_1 (joon. 4.20, a), mille kuju on väljendatav avaldistega:

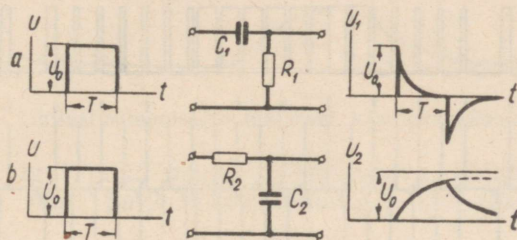
$$\left. \begin{aligned} \text{kui } 0 \leq t \leq T, \text{ siis } U_1 &= U_0 e^{-\frac{t}{R_1 C_1}} \\ \text{kui } T \leq t, \text{ siis } U_1 &= -U_0 \left(1 - e^{-\frac{T}{R_1 C_1}} \right) e^{-\frac{(T-t)}{R_1 C_1}} \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

On ilmne, et kui ajakonstant $R_1 C_1$ on valitud küllalt väike võrreldes saabuvate impulsside kestusega, ilmuvad diferentseeriva filtri väljes vaid positiivsed ja negatiivsed pingetipud, kusjuures esimesed ühtivad saabuvate impulsside eesmistega, teised aga tagumistega. Nende tippude kõrgus ja kuju saabuvate impulsside kestuse suurenemisel ei muutu.

Samasuguse impulsi suunamisel integreeriva filtri sisendisse saadakse selle väljes pinge U_2 (joon. 4.20, b), mille kuju on väljendatav avaldistega:

$$\left. \begin{aligned} \text{kui } 0 \leq t \leq T, \text{ siis } U_2 &= U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{R_2 C_2}} \right), \\ \text{kui } T \leq t, \text{ siis } U_2 &= U_0 \left(1 - e^{-\frac{T}{R_2 C_2}} \right) e^{-\frac{(T-t)}{R_2 C_2}} \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

Kui ajakonstant $R_2 C_2$ on võrreldes impulsi kestusega T valitud küllalt suur, ei jõua pinge U_2 selle impulsi toimimise vältel kuigi tunduvalt tõusta. Selleks et pinge U_2 jõuaks saavutada sisend-



Joon. 4.20. Sünkroniseerimisimpulsside eraldamise lülituse talitluse selgituseks.

impulsi amplituudiga lähedase väärtuse, peab impulsi kestus olema ajakonstandist $R_2 C_2$ suurem. Järelikult, kui integreeriva filtri sisen-disse suunata mitmesuguse kestusega impulsse, siis saavutavad neist väljes täispinge ainult need, millede kestus on ajakonstandist $R_2 C_2$ suurem; impulsid aga, millede kestus on ajakonstandist $R_2 C_2$ palju väiksem, ei tekita väljes tegelikult mitte mingisugust pinget.

Diferentseeriva ja integreeriva filtri eespool loetletud omadused on rea- ja pildisünkroniseerimisimpulsside eraldamise aluseks.

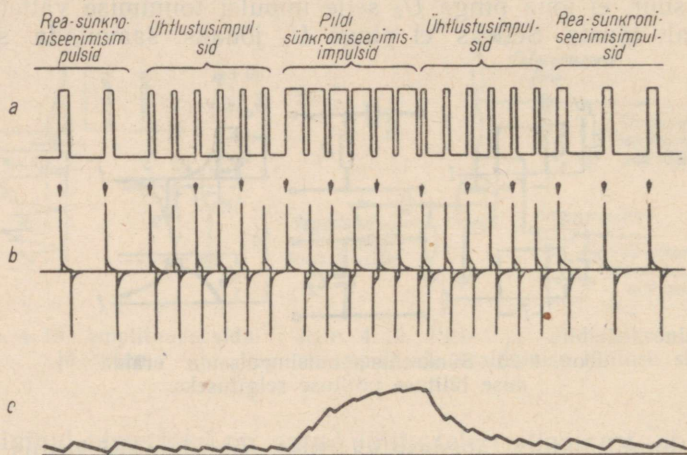
Tegelikult valitakse diferentseeriva filtri ajakonstant umbes 4 korda väiksem reasünkroniseerimisimpulsside kestusest (s. o. umbes $1 \mu\text{sek}$), integreeriva filtri ajakonstant aga 4 korda väiksem pildisünkroniseerimisimpulsside kestusest (s. o. ligikaudu $50 \mu\text{sek}$).

Joonisel 4.21, *a* on kujutatud pildisünkroniseerimisimpulss koos eelnevate ja järgnevate reasünkroniseerimisimpulssidega. Joonisel 4.21, *b* on näidatud vastav pinge diferentseeriva filtri väljes, joonisel 4.21, *c* aga integreeriva filtri väljes.

Realaotuse sünkroniseerimiseks kasutatakse ainult diferentseeriva filtri väljest saadava pinge positiivseid tippu, mis vastavad sisenevate sünkroniseerimisimpulsside esiküljele. Nagu nähtub joonisel 4.21, põhjustab iga pildisünkroniseerimisimpulssiga kaasvate ühtlustusimpulsside ja lohku olemasolu kahekordse arvu reasünkroniseerimisimpulsi tippude ilmumist diferentseeriva filtri väljes. Kuid sünkroniseerivat toimet realaotusgeneraatorile peavad

avaldama ainult joonisel nooltega märgitud tipud. Sellist sünkroniseerivate tippude väljavalikut sooritab automaatselt reaalaotusgeneraator ise (selle nähtuse kirjeldus on antud V ptk., § 3, laotusgeneraatori sünkroniseerimise protsessi käsitlemisei).

Seega võimaldab diferentseeriv filter häirimatult eraldada rea-sünkroniseerimise tippe isegi pildisünkroniseerimisimpulsside toimimise kestel. Seetõttu jääb reaalaotusgeneraator pildilaotuse tagasi liikumise kestel sünkronismi.



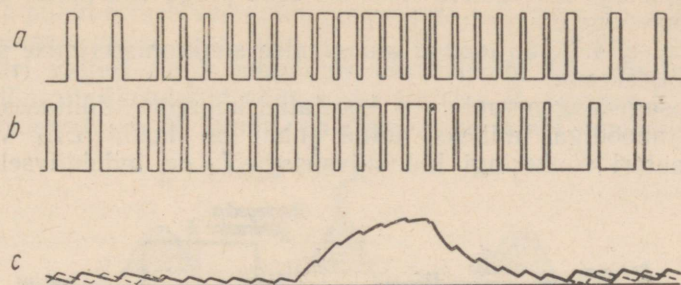
Joon. 4. 21. Pingete kõverad eraldusvooluringide sisendis ja väljes.

Reasünkroniseerimisimpulsside ja samuti ka ühtlustusimpulsside olemasolu põhjustab väikeste jääkhambakeste ilmumist integreeriva filtri väljes (joonisel 4. 21, c on need hambakesed kujutatud mõnevõrra liialdatud kujul). Integreeriva filtri läbinud pildisünkroniseerimisimpulssid kaotavad oma riskülikulised servad ja lohud, kuid osutuvad reasünkroniseerimisimpulsside jääkhambakestest mitu korda suuremaiks.

Joonis 4. 22 selgitab ühtlustusimpulsside toime tulemust. Paaritarvuliste (a) ja paartarvuliste (b) pildisünkroniseerimisimpulsside pingekõverate kohale on kujutatud integreeriva filtri väljes tekkivate vastavate pingete kõverad (c). Viimastest kõveratest (mis võrdluse hõlbustamiseks on kujutatud teineteise peale asetatuina) on näha, et ühtlustusimpulsside toime tõttu saavutatakse tegelikult täielik samaväärsus paaris- ja paartarvuliste sünkroniseerimisimpulsside vahel integreeriva filtri väljel (mis on vajalik mõlema poolpildi ridade õigeaks vastastikuseks paiknemiseks vahelduva laotuse puhul).

Jääkhambakeste paremaks silumiseks eraldatud pildisünkroniseerimisimpulssides kasutatakse mõnikord mitut järjestikku ühendatud integreerivat vooluringi (joon. 4. 23).

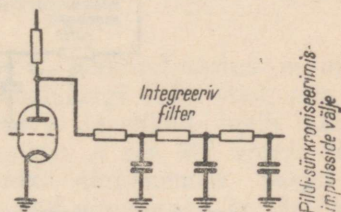
Integreeriva filtri siluv toime tema sisendisse sattuvatele kõikvõimalikele lühiajalistele impulssidele loob väga väikese tõenäosuse häirete tekkimiseks pildisünkroniseerimise talitluses juhulike



Joon. 4.22. Ühtlustusimpulsside otstarvet käsitleva küsimuse juurde.

häirete tõttu. Igal juhul osutub vastuvõetava kujutise pildisünkroniseerimine alati palju häirekindlamaks kui reasünkroniseerimine.

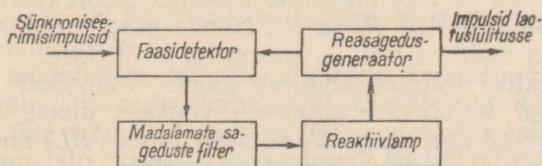
Ebasoodsate vastuvõtutingimuste puhul juhtub sageli, et häirete olemasolu, mis tekitavad veel talutavaid vastuvõetava kujutise heleduse moonutusi ega mõjuta sootuks pildisünkroniseerimist, rikub reasünkroniseerimist, mille tagajärjel kujutise vaatamine muutub võimatuks. Selle puuduse kõrvaldamiseks on hakatud viimasel ajal kasutama reaaloetuse automaatse sünkroniseerimise süsteeme. Vaatleme ühe sellise süsteemi talitluse põhimõtet.



Joon. 4.23. Integreeriv filter.

Joonisel 4.24 on toodud automaatse sünkroniseerimise süsteemi lahterskeem.

Erinevalt tavalistest sünkroniseerimislülitustest toimub siin reaaloetuse käitamine väga stabiilse generaatori abil, mis töötab



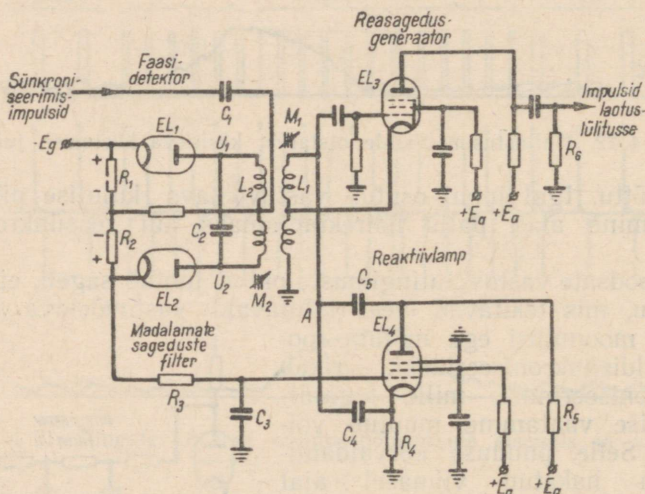
Joon. 4.24. Automaatse sünkroniseerimise süsteemi lahterskeem.

laotussagedusel. Selle generaatori võnked satuvad koos saabuvate sünkroniseerimisimpulssidega faasidetektorisse, mis toodab alalis-

pinget, mille väärtus ja märk olenevad erinevusest generaatori võngete faasi ja sünkroniseerimisimpulsside faasi vahel. Faasidetektori pinge suunatakse pärast madalamate sageduste filtrit reaktiivlampi, mis korrigeerib sõltuvalt selle pinge väärtusest generaatori omavõngete sagedust ja faasi.

Joonisel 4. 25 on toodud automaatse sünkroniseerimise süsteemi põhimõtteskeem.

Reasagedusgeneraator on koostatud kolmpunktilülituses, maandatud anoodiga, milleks antud juhul on lambi EL_3 varivõre. Generaatori võnkeringi induktiivsusega L_1 on induktiivselt sides-



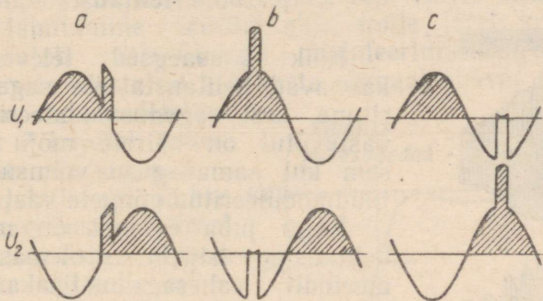
Joon. 4. 25. Automaatse sünkroniseerimise süsteemi põhimõtteskeem.

tatud faasidetektori võnkeringi L_2C_2 . Reasageduse vahelduvpinge satub diodide EL_1 ja EL_2 anoodidele vastasfaasis. Võnkeringi L_2C_2 keskpunkti suunatakse läbi mahtuvuse C_1 sünkroniseerimisimpulssid, mis ühe ja sama (positiivse) polaarsusega satuvad kumagi diodi EL_1 ja EL_2 anoodile. Diodide poolt läbilastavad pinged eralduvad takistitel R_1 ja R_2 . Nende pingete vahe suunatakse takistil R_3 ja mahtuvusest C_3 koosnevasse filtrisse.

Faasidetektori talitlust selgitab joonis 4. 26. Selle joonise ülalised kõverad kujutavad pinge U_1 võnkeid diodi EL_1 anoodil, alumised kõverad aga pinge U_2 võnkeid diodi EL_2 anoodil faaside mitmesuguste vahekorradade puhul võnkeringi L_2C_2 vahelduvpinge ja sünkroniseerimisimpulsside vahel. Nende kõverate positiivsed poolperioodid ja vastavad pinged takistitel R_1 ning R_2 on joonisel viirutatud. Faaside vahekorrad a puhul, mida võib nimetada tasakaalustatuks, tekivad takistitel R_1 ja R_2 pinged, millede kõverad omavad ühesugust pindala ja vastupidist märki; nende pingete

liitmisel filtri R_3C_3 poolt tekib selle väljes juhtpinge nullväärtus. Faaside vahekorra b puhul on takistil R_1 tekkiva pinge kõvera pindala suurem takisti R_2 tekkiva pinge kõvera pindalast; nende liitumisel tekib filtri väljes negatiivne juhtpinge. Faaside vahekorra c puhul esineb vastupidine vahekord takistitel R_1 ja R_2 tekkivate pingete vahel, ning filtri väljes saadakse positiivne juhtpinge.

Filtri väljest satub juhtpinge reaktiivlambi EL_4 võrele. Lambi katoodiga on ühendatud väga väike takistus R_4 (umbes 10Ω), mis mahtuvuste C_4 ja C_5 kaudu on ühendatud lambi anoodiga, mida



Joon. 4. 26. Automaatse sünkroniseerimise lülituse talitluse selgituseks.

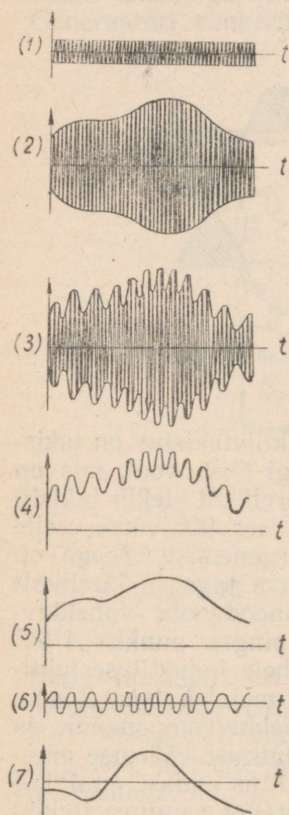
toidetakse takisti R_5 kaudu. Mahtuvuse C_4 reaktiivtakistus on takistusest R_4 suurem ja seetõttu läbib vooluringi C_4R_4 vool, mis on vahelduvpingest punktis A ees 90° võrra. Järelikult tekib takistil R_4 vahelduvpinge, mis on pingest punktis A ees 90° võrra; selle pinge tõus põhjustab lambi anoodvoolu nõrgenemist. Seega on lambi anoodvool pingest takistil R_4 180° võrra taga ja järelikult pingest punktis A 90° võrra taga. Lambi anoodvoolu vahelduvkomponent läbib mahtuvust C_5 ja kuna ta on pingest punktis A 90° võrra taga, siis kujuneb punkti A ja maa vahele induktiivse juhtivuse aselülitus. Lambi võrepinge muutumine muudab tema tõusu, mis põhjustab vastavalt anoodvoolu vahelduvkomponendi ja punkti A ühendatud induktiivse juhtivuse aselülituse väärtuse muutumist. Seega kujutab antud reaktiivlambi lülitus endast punkti A ühendatud ja lambi EL_4 võre-eelpingega tüüritavat muutuva induktiivse aselülitust.

Niisiis toodab faasidetektor sünkroniseerimisimpulsside ja generaatori võngete faaside vahekorra kõrvalekaldumisel tasakaaluväärtusest ühe või teise märgiga tüürpinget, mis toimides reaktiivlambile muudab vastavalt generaatori aseinduktiivsust ja taastab sellega generaatori omavõngete sageduse ning faasi vajalikud väärtused.

Südamik M_1 on määratud generaatori sageduse eelreguleerimiseks. Südamik M_2 võimaldab välja reguleerida väljeimpulsside vajaliku faasi sisenevate sünkroniseerimisimpulsside suhtes.

Mida stabiilsem on generaatori sagedus, seda harvem tuleb korrigeerida tema sagedust ja seda suurem võib järelikult olla filtri R_3C_3 ajakonstant. Filtri ajakonstandi suurendamine aga suurendab süsteemi häirekindlust. Tegelikult valitakse tema ajakonstant ligi 0,05 sek. Automaatse sünkroniseerimise korral saab läbi ilma reaaloatussageduse reguleerimiseta, mis tavalise sünkroniseerimisviisi puhul on hädavajalik.

5. Helitausta kanal



Joon. 4.27. Kandesageduste vahelise tuikamise meetodil helitausta vastuvõtmise küsimuse juurde.

Kõik kaasaegsed televisioonisaatjad kannavad helitausta üle sagedusmoduleerituna, sest sagedusmoduleeritud võngete vastuvõtul on häirete mõju palju väiksem kui samasuguse võimsusega amplituudmoduleeritud võngete vastuvõtul.

Nagu juba eespool oli mainitud, on helitausta vastuvõtuks olemas kaks põhi-meetodit: vahesagedus-lisakanali meetod (joon. 4. 1) ja kandesagedustevahelise tuikamise meetod (joon. 4. 2). Mõlemal juhul lõpeb helitausta trakt piiraja, sagedusdetektori ja madalsagedusvõimendajaga.

Helitausta vahesagedusvõimendaja erineb tavaliste ringhäälinguvastuvõtjate vahesagedusvõimendajaist ainult laia läbilaskeriba poolest, mis siin peab olema 50 kHz ümber. Seejuures on samasuguse võimenduse saamiseks vaja suuremat arvu astmeid.

Vaatleme nüüd üksikasjalisemalt kandesageduste tuikamise ära kasutamisel põhinevat helitausta vastuvõtumeetodit.

Selleks jälgime joonist 4.27, kus on toodud kõverad, mis illustreerivad vahesageduste kujunemist ja selle läbimist vastuvõtuseadme traktist.

Kõver 1 kujutab helitausta sagedusmoduleeritud signaali vastuvõtja sisendis. Kõver 2 kujutab kujutise amplituudmoduleeritud signaali samuti vastuvõtja

sisendis. Nende signaalide liitumise tulemusena tekivad nende vahel tuikamised, mis on kujutatud kõverana 3. Heli moduleerimise puudumise korral on nende tuikamiste sagedus 6,5 MHz. Heli moduleerimise esinemisel muutub nende tuikamiste sagedus vastavalt helitausta kandesageduse muutustele piirides ± 25 kHz.

Superheterodüünvastuvõtja puhul muutub pärast sageduse muundamist ainult nende tuikamiste kandesagedus, kuid nende piirkõver jääb endiseks. Järelikult võib kõver 3 võrdsel määral illustreerida pinget nii kõrgsagedusvõimendaja kui ka vahesagedusvõimendaja väljes.

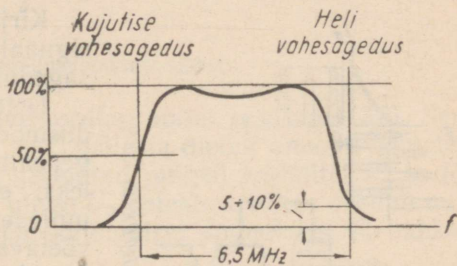
Pärast vaadeldud tuikamiste detekteerimist saadakse kujutise-signaali temale ülestatud 6,5 MHz vahe-kandesagedusega, mis on sagedusmoduleeritud helisignaali, nagu on kujutatud kõveral 4.

Edasi kujutisesignaali koos vahe-kandesagedusega võimendatakse viidevõimendajas. Selle võimendaja väljes toimub mainitud signaalide lahutamine erifiltri abil, mille järel kujutisesignaali (kõver 5) satub vastuvõtutoru moduleerimiselektroodile, vahe-kandesagedusele ülestatud helitausta signaal (kõver 6) aga satub piirajasse ja sagedusdetektorisse. Kõver 7 kujutab detekteeritud helitausta signaali.

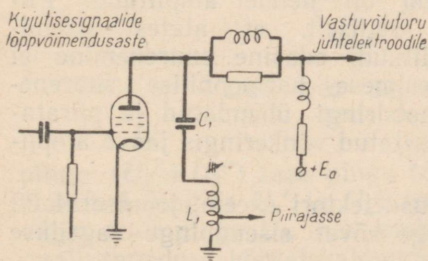
Antud juhul toimitakse vahe-kandesagedusega pärast tema eraldamist täpselt samuti nagu helitausta vahesagedusegagi.

Et vältida moonutusi helisignaali vastuvõtul kirjeldatud meetodi järgi, peab kujutisesignaali amplituud detektori sisendis küllaldaselt ületama helitausta signaalide amplituudi. Selleks on

vajalik, et vastuvõtja sagedustunnusjoon vahesageduse osas (või kõrgsageduse osas, kui on tegemist otsevastuvõtjaga) langeks helitausta kandesagedusele vastavas punktis 5—10%-ni maksimumväärtusest. Joonisel 4.28 on toodud sellele juhule vastava optimaalse sagedustunnusjoone kuju.



Joon. 4.28. Vastuvõtja optimaalne sagedustunnusjoon helitausta kandesageduste vahelise tuikamise meetodil vastuvõtmise puhul.



Joon. 4.29. Heli- ja kujutisesignaali lahutamise lõppvõimendusaste anoodringis.

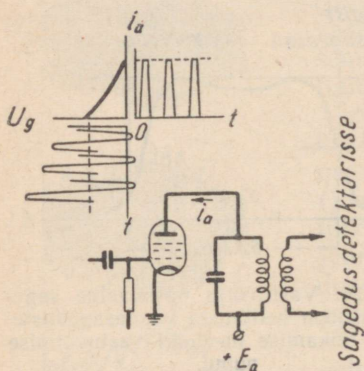
Joonisel 4.29 on kujutatud üks lülitustest, mis eraldab kujutisesignaali ja vahe-kandesageduse viidevõimendaja väljes. Võimendaja anoodringi on ühendatud vahe-kandesagedusele häälestatud järjestikune võnkering L_1C_1 . See lühistab vahe-kandesagedusvoole ega lase neid sattuda võimendaja anoodkoormusele. Vahe-kandesageduspinget võetakse induktiiv-

suselt L_1 ja suunatakse see siis sagedusdetekteerimise süsteemi.

Vastuvõtjatel, milles kasutatakse helitausta signaalide või-

mendamiseks ülalkirjeldatud meetodit, on vahesagedus-lisakanaliga vastuvõtjatega võrreldes veel see eelis, et nad ei vaja ostsillaatori täpset häälestamist helitausta kanali suhtes ja seetõttu ei avalda ostsillaatori sageduse juhuslik kõrvalekaldumine mõju helitausta kvaliteedile. See on seletatav asjaoluga, et vahe-kandesageduse väärtuse määrab kindlaks saatja ja ta ei sõltu ostsillaatori häälestusest.

Kirjeldatud süsteemi puuduseks tuleb lugeda asjaolu, et tuleb piirata kujutisesignaali saatja moduleerimise sügavust. Kandesageduse taseme langemine allapoole 10—15% maksimaalväärtest põhjustab helitausta moonutusi. On lubamatu kujutisesignaalide saatja väiksemgi sagedusmoduleerimine, sest see tekitaks samuti helitausta moonutusi.



Joon. 4.30. Piiraja skeem.

Kirjeldame lühidalt helitausta signaalide vastuvõtul kasutatavat sagedusdetekteerimise süsteemi.

Detekteerimisele kuuluvaid sagedusmoduleeritud signaale tuleb kõigepealt piirata. See on vajalik selleks, et vähendada häirete toimet, millede olemasolu põhjustab vastuvõtivate signaalide parasitset amplituudmoduleerimist. Joonisel 4.30 on kujutatud kõige laialdasemalt kasutatava piiraja lülitus ja samuti ka tema talitlust selgitavad kõverad. Piirajas kasutatakse anoodvoolu küllastamise põhimõttel toimivat lampi; lõikepotentsiaali alandamiseks antakse selle lambi anoodile ja

varivõrele madalamad pinged. Võredetekteerimise tulemusena tekitavad piiraja sisendisse suunatavad signaalid seda kõrgema negatiivse eelpinge, mida suurem on nende amplituud. Piiraja parameetrid võib valida selliselt, et alates sisendpingest 1—2 V selle pinge amplituudi edasine suurenemine ei põhjusta anoodvooluimpulsside esimese harmoonilise suurenemist. Seetõttu eralduvad lambi anoodringi ühendatud ja piirata-vate võngete kandesagedusele häälestatud võnkeringis jääva amplituudiga võnked.

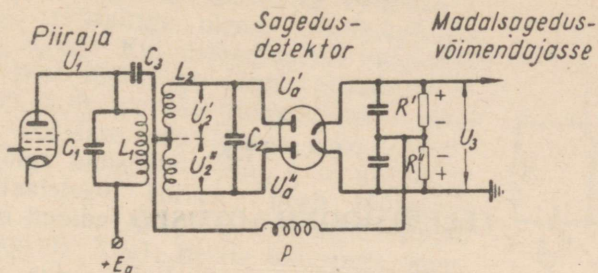
Joonisel 4.31 on toodud sagedusdetektori skeem, joonisel 4.32 aga vektordiagrammid ja väljepingeline kõver sisendpinge sageduse funktsioonina.

Võnkering L_2C_2 on induktiivselt sidestatud piiraja võnkeringiga L_1C_1 ja häälestatud detekteeritava signaali kandesagedusele f_0 . Võnkeringi L_2C_2 keskpunkti antakse mahtuvuse C_3 kaudu võnkeringi L_1C_1 potentsiaal U_1 . Sellise ühendamise tulemusena rakenduvad diodi anoodidele pinged:

$$U_a'' = U_1 + U_2'',$$

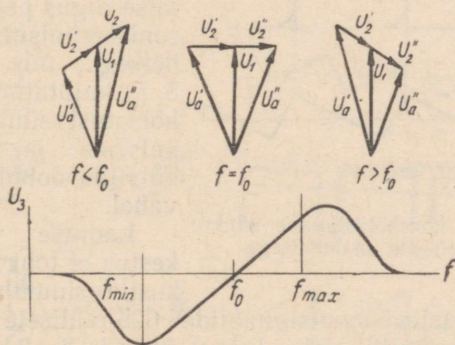
$$U_a' = U_1 + U_2'.$$

Juhul kui signaali sagedus f võrdub kandesagedusega f_0 , on pinge $(U_2' + U_2'')$ võnkeringis L_2C_2 faasis nihutatud pingest U_1



Joon. 4.31. Sagedusdetektori skeem.

täpselt 90° võrra (vt. vastavat vektordiagrammi joonisel 4.32). Seejuures on potentsiaalid U_a' ja U_a'' mõlema diodi anoodil teineteisega võrdsed, mille tagajärjel alaldatud pinged takistitel R' ja R'' kompenseerivad teineteist ning pinge U_3 detektori väljes võrdub nulliga. Signaali sageduse f kõrvalekaldumisel sagedusest f_0 hakkab



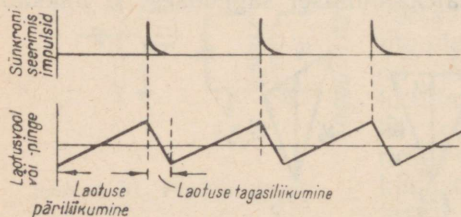
Joon. 4.32. Sagedusdetektori vektordiagrammid ja tunnusjoon.

pinge $(U_2' + U_2'')$ faas pinge U_1 suhtes muutuma, mille tagajärjel mainitud pingete U_a' ja U_a'' tasakaal saab rikutud ning detektori väljes tekib pinge U_3 , mis omab ühte või teist märki olenevalt signaali sageduse kõrvalekaldumise märgist (joon. 4.32). Detektori väljepinge U_3 sõltuvuse võngetest sagedusega f võib teha alati tema keskmisest väärtusest kõrvalekaldumise maksimaalsetes piirides küllaldaselt lineaarseks.

TELEVISIOONILAOTUSED¹

1. Laotusmeetodid

Laotussüsteemi ülesandeks vastuvõtjas on elektronikiire ajalisel lineaarne hälvitamine saabuvate sünkroniseerimisimpulsside taktis. Elektrostaatilise hälvituse korral peab laotussüsteem tekitama saehambakujulist hälvituspinget, magnetilise hälvituse korral aga saehambakujulist hälvitusvoolu.



Joon. 5.1. Laotuse kooskõlastamine sünkroniseerimisimpulsside saabumisega

Laotuse iga tagasiliikumise algus peab ühtima sünkroniseerimisimpulsi ilmumise hetkega, mis nõuab joonisel 5.1 kujutatud ajalist kooskõlastust sünkroniseerimisimpulsside ja hambakujuliste hälvitusvoolude või -pingete vahel.

Laotuse tagasiliikumise kestus ei tohi ületada vastava kustutusimpulsi kestust. Vas-

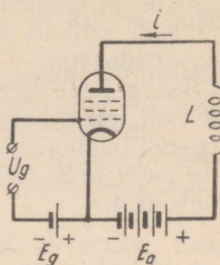
tavalt kehtivale televisioonisignaali 625-realisele standardile ei tohi reaalaotuse tagasiliikumise kestus ületada 8–9 μsek (mis moodustab umbes 14% laotusperioodist), pildilaotuse tagasiliikumine aga — 1600 μsek (mis moodustab 8% laotusperioodist).

Elektronikiire vajaliku hälbeulatuse tagamiseks peab laotussüsteem tekitama küllalt tunduvalt hälvitusvoolusid või -pingeid, mis real juhtudel nõuab tema väljes spetsiaalset võimendusaset, mida nimetatakse *hälvituse väljeastmeks*.

Elektrostaatilise hälvituse puhul toidab väljeaste puht-aktiivkoormust, magnetilise hälvituse puhul aga induktiivset koormust (joon. 5.2). Joonisel 5.3 on kujutatud väljeastmete aseseemid

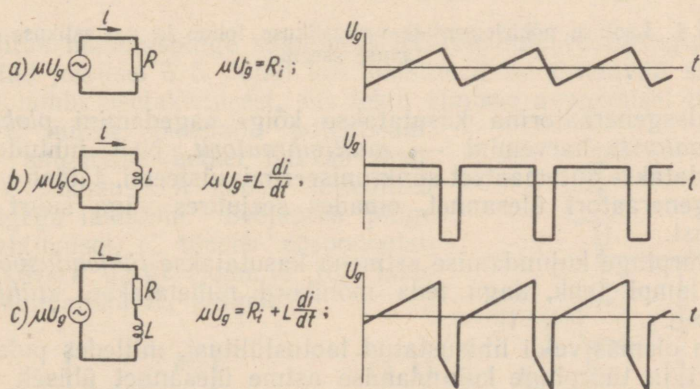
¹ Selles peatükis käsitletakse ainult televisioonivastuvõtjates kasutatavaid laotusi. Televisioonisaatjates rakendatavad laotused toimuvad palju keerukamate lülituste abil, kuid toimivad selsamal põhimõttel.

sõltuvalt hälvituse väljeastme koormusest ja samuti selles kasutava lambi parameetritest. Samal joonisel on näidatud astme sisendis vajaliku tüürpinge U_g kõverad, mis vastavate aseskeemide puhul tagavad hambakujulise väljevoolu. Juhul kui hälvitussüsteemi ergutusringis on ülekaalus aktiivtakistus, peab tüürpinge olema hambakujuline (joon. 5. 3, a). Kui ülekaalus on induktiivtakistus, peab tüürpinge olema pulssidekujuline (joon. 5. 3, b), sest pinge induktiivsusel on alati võrdeline teda läbiva voolu tuletisega. Kõige üldisemal juhul, s. o. aktiiv- ja induktiivtakistuse korral, peab tüürpinge sisaldama hamba- ja pulssidekujulist komponenti (joon. 5. 3, c); nende tüürpinge komponentide suhe sõltub aktiivtakistusel R ja induktiivsusel L kujunevate pingelangude suhtest, kui neid takistusi läbib antud sageduse ja kujuga hammasvool. Hammas- ja pulsskomponenti sisaldavat tüürpinget nimetame *hammas-pulsspingeks*.



Joon. 5. 2. Magnetilise hälvituse väljeaste.

Seega peab iga laotuslülitus sisaldama vajaliku kujuga tüürpinge allikat.



Joon. 5. 3. Tüürpinge vajaliku kuju küsimuse selgitamiseks.

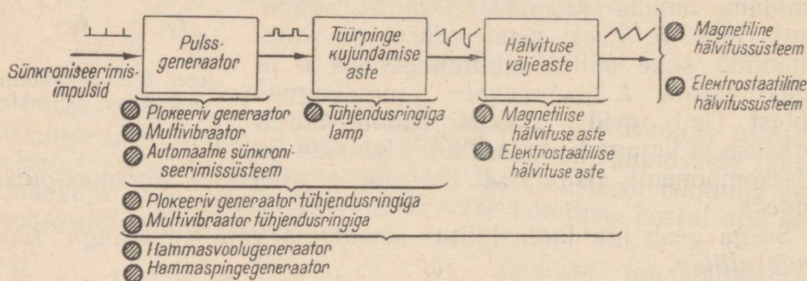
Põhimõtteliselt võiks sünkroniseerimisimpulssi muuta lihtsa lülituse abil vahetult tüürpingeks. Kuid sellise laotussüsteemi puhul muudaksid sünkroniseerimiskanalisse sattuvad juhuslikud häireimpulssid tunduvalt hälvitusvoolu või -pinge kuju.

Selleks et vähendada häirete mõju laotussüsteemi talitlusele, kasutatakse *pulssgeneraatorit*, mis ühendatakse sünkroniseerimisimpulsside allika ja tüürpinge kujundamise vooluringi vahele. Selle generaatori omavõnkesagedus on lähedane laotuse nimisagedusele ja teda sünkroniseeritakse saabuvate impulssidega. Sellest gene-

raatorist saadav pinge muundatakse võrdlemisi lihtsa lülituse abil tüürpingeks.

Sellises süsteemis ei saa iga sünkroniseerimiskanalisse sattuv impulss avaldada mõju pulssgeneraatori ja kõigi järgnevate laotussüsteemi elementide talitlusele; seda saavad teha ainult need impulsid, millede kordumissagedus on lähedane pulssgeneraatori omasagedusega.

Seega peab kõige üldisemal juhul iga laotuskanal — magnetiline või elektrostaatiline, rea- või pildilaotuskanal — sisaldama järgmisi põhielemente: 1) *pulssgeneraatorit*, 2) *tüürpinge kujundamise astet* ja 3) *hävlituse väljeastet*. Seda illustreerib skemaatilisel joonis 5. 4.



Joon. 5. 4. Laotuse põhielementide vastastikuse toime ja vastastikuse asendatavuse skeem.

Pulssgeneraatorina kasutatakse kõige sagedamini *plokeerivat generaatorit*, harvemini — *multivibraatorit*. Neil juhtudel, kui rakendatakse automaatset sünkroniseerimissüsteemi, täidab viimane pulssgeneraatori ülesannet, omades seejuures väga suurt häirekindlust.

Tüürpinge kujundamise astmena kasutatakse *tühjendusvooluringiga lampi* (ehk, nagu teda mõnikord nimetatakse, «*tühjenduslampi*»).

On olemas veidi lihtsustatud laotuslülitusi, milledes pulssgeneraatori ja tüürpinge kujundamise astme ülesannet ühiselt täidab üks element: *tühjendusvooluringiga plokeeriv generaator* või *tühjendusvooluringiga multivibraator*.

Hälvituse väljeastme lülitus sõltub tunduval määral elektronkiire hälvitusviisist. Magnetilise hälvituse puhul hälvituse väljeastme lülitus muutub tublisti sõltuvalt sellest, kas ta on ette nähtud pildilaotuseks või realaotuseks. Realaotuse lülitus töötab palju raskemates tingimustes ja on seetõttu keerulisem.

Lõpuks, kõige lihtsama laotuslülituse võib luua ühelambilise isevõnkeastmena, mida nimetatakse *hammasvoolugeneraatoriks* või *hammaspingegeneraatoriks*, olenevalt sellest, kas ta on ette nähtud magnetiliseks või elektrostaatiliseks hälvitumiseks. Kuna üks ja seesama aste peab sel juhul täitma korraga kõiki laotamise üles-

andeid, siis on arusaadav, et temalt on raske saavutada kõrgekvaliteedilisi töönäitajaid. Seetõttu kasutatakse selliseid lühtusi peamiselt odavamates televisioonivastuvõtjates, kus iga lambi kokkuhoid omab olulist tähtsust.

Kõik ülalootletud laotuse põhilülituse eriviisid on skemaatilisel tähistatud joonisel 5. 4.

Väljeastmetes, mis on määratud magnetiliseks reahälvitamiseks, sisaldub tavaliselt *summutuslamp*, mis väldib omavõngete tekkimist hälvituspoolides neid läbiva voolu kiirete muutuste puhul.

Ridade tagasilikumiste kestel tekivad siin kõrgepingeimpulsid, mida sageli kasutatakse kõrgepinge allikana vastuvõtutoru anoodi toitmiseks.

Hälvituse väljeastme ülesandeks on tavaliselt ka rastri tsentreerimine vastuvõtutoru ekraanil. Seda saavutatakse hälvitusvoolu või -pinge alaliskomponendi muutmise teel.

Laotuslülituste üksikute elementide talitluse üksikasjalisele käsitlemisele on pühendatud järgnevad paragrahvid käesolevas peatükis, mille lõpus käsitletakse ühtlasi vastuvõtutoru anoodi toitmise meetodit magnetilise reahälvituse väljeastmetelt.

2. Tühjendusvooluringiga lamp

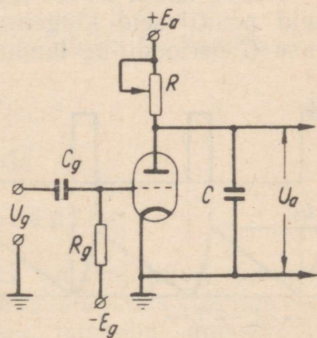
Lülitus hammaspinge saamiseks RC-tühjendusvooluringiga on kujutatud joonisel 5. 5. Juhul kui takistus R on tunduvalt suurem avatud lambi sisetakistusest, siis tekib viimase avanemisel mahtuvusel C nullile lähedane potentsiaal. Lambi sulgemise hetkel hakkab mahtuvus C takistuse R kaudu toiteallika E_a pingega laaduma. Seejuures pinge U_a mahtuvusel C tõuseb eksponentsiaalse kõvera järgi (joon. 5. 6), lähenedes toiteallika E_a pingele:

$$U_a = E_a \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right). \quad (5. 1)$$

Nagu nähtub joonisel 5. 6, võib pinget U_a tõusu lugeda lineaarseks ainult algosas. Selle piirkonna ulatuses võib pinget muutust ligikaudselt väljendada võrrandiga:

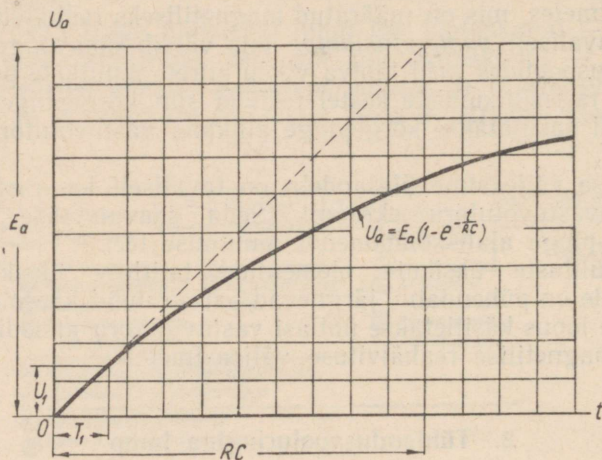
$$U_a \approx E_a \frac{t}{RC}, \quad (5. 2)$$

millele vastav kõver on kantud sellelesamale joonisele 5. 6 punktiriga.



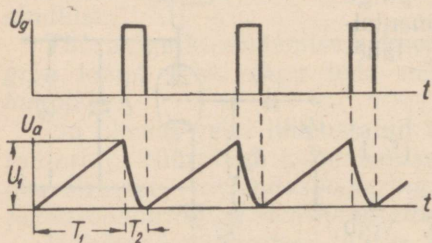
Joon. 5. 5. Tühjendusvooluringiga lamp hammaspinge saamiseks.

Laadimisvooluringi ajakonstant RC tuleb valida sellise arvestusega, et kiire päriliikumise kestusel T_1 ei jõuaks pinge U_a märgatavalt ulatuda väljapoole tõusu sirgjoonelist osa. Joonisel 5.6 on näitena võetud seos $T_1 = 0,15 RC$, mis on samaväärne hammaspinge saamisega, mille ulatus U_1 moodustab ligikaudu 14% toitepingest E_a .



Joon. 5.6. Tühjendusvooluringi talitluse küsimuse juurde.

Andes lambi võrele laotuse tagasiliikumise ajavahemikega ühti-
vaid positiivseid pingepulse (joon. 5.7, U_g), toimub mahtu-
vuse C perioodiline laadumine ja tühjenemine, mille tulemusena



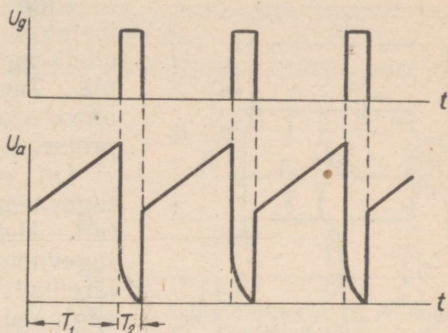
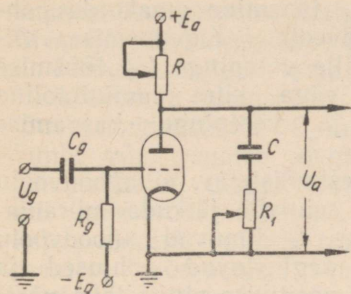
Joon. 5.7. Joonisel 5.5. toodud lülituse sisend- ja väljepinged.

temal tekib hammaspinge (joon. 5.7, kõver U_a). Mahtuvuse tühjenemine tagasiliikumise ajavahemikel toimub samuti eksponentsiaalse seaduse järgi ega ole lineaarne. Kuna aga mistahes televisioonisüsteemis elektronkiir laotuse tagasiliikumise kestuseks suletakse, siis see ebalineaarsus ei oma mingisugust tähtsust. Takistuse R muutmiseks on võimalik hammaspinge ulatust reguleerida.

Selleks et hammaspinge ebalineaarsus oleks lubatavates piirides, ei või selle pinge väärtus olla üle 5–7% toitepingest E_a . Kuid anodi tavaliste toitepingete puhul osutub see väärtus järgnevate laotuse väljeastmete ergutamiseks mitteküllaldaseks. Seepärast viiakse hammaspinge väärtus tavaliselt kuni 10–15% toitepingest,

selle tagajärjel tekkivaid moonutusi aga kompenseeritakse hälvituse väljastme lambi tunnusjoone ebalineaarsusega.

Joonisel 5.8 on kujutatud tühjendusvooluringiga lülitus, mis on määratud hammas-pulsspinge saamiseks. See lülitus erineb eelmisest vaid selle poolest, et mahtuvusega C on järjestikku ühen-



Joon. 5.8. Tühjendusvooluringiga lamp hammas-pulsspinge saamiseks.

Joon 5.9. Joonisel 5.8 kujutatud lülituse sisend- ja väljepinged.

datud takisti R_1 . Nagu eelmiseski lülituses, tekib mahtuvuse C perioodilise laadimise tulemusena temal hammaspinge. Mahtuvuse C laadimisvool tekitab takistil R_1 positiivse pingelangu, tühjenemisevool — negatiivse pingelangu. Seega tekib takistil tema takistusega võrdeline pulsspinge. Järelikult tekib lülituse väljes hammas-pulsspinge U_a , mille kõver on kujutatud joonisel 5.9.

Takistuse R_1 reguleerimisega võib muuta pinget U_a hammas- ja pulsskomponentidevahelist suhet.

3. Pulssgeneraatorid

a. Plokeeriv generaator

Plokeeriva generaatori põhimõtteskeem on kujutatud joonisel 5.10. Plokeeriva generaatori töötamise hädavajalikuks tingimuseks on transformaatori mähiste selline lülitus, mispuhul anoodvoolu tugevnemine kutsub esile positiivse pinget tekkimise lambi võrel. Vastavad pingete polaarsused transformaatori mähistel on näidatud märkidega (+).

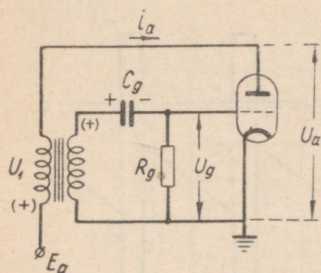
Joonisel 5.11 on toodud plokeeriva generaatori talitlust selgitavad kõverad.

Plokeeriva generaatori töötamise käsitlemist on sobiv alustada hetkest, mil lamp on suletud kondensaatori C_g negatiivse pingega U_c (polaarsus on näidatud joonisel 5.10).

Kondensaatori tühjenemisel takisti R_g kaudu negatiivne pinget

võrel langeb ja saavutab hetkel t_1 väärtuse U_{g0} , mille puhul lamp avaneb ning tekib anoodvool i_a .

Anoodvoolu väikseimgi tugevnemine kutsub esile transformaatori võrepoolses mähises positiivse pinge tekkimise ja järelkult ka pinge (U_g) tõusmise võrel.

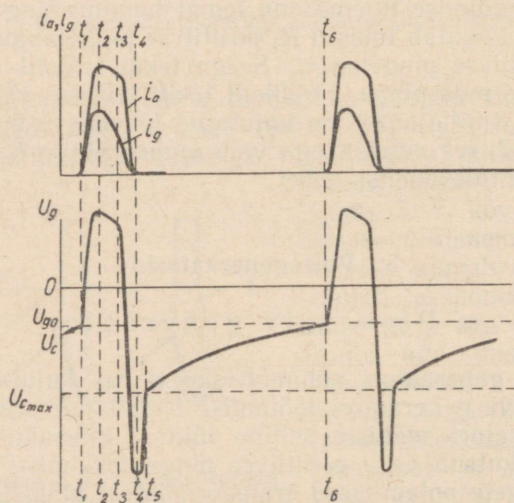


Joon. 5.10. Plokeeriva generaatori skeem.

Pinge U_g tõusmine omakorda põhjustab anoodvoolu i_a tugevnemise, viimane aga jälle võrepinge U_g tõusmise jne. Tekib väga kiire laviinitaoline anoodvoolu ja võrepinge kasvamise protsess.

On enesestmõistetav, et anoodvoolu tugevnemine ei või jätkuda piiramatult. Hetkeks t_2 ilmuvad anoodvoolu tugevnemist aeglustavad põhjused ja järelkult ka positiivse pinge tõus võrel aeglustub.

Esimeseks põhjuseks on pinge (U_a) langemine lambi anoodil, mis toimub pingelangu (U_1) suurenemise tõttu transformaatori anoodipoolses mähises. Teiseks põhjuseks on lambi emissioonvoolu ümberjaotumine anoodi ja võre vahel; võrevoolu i_g tugevnemine



Joon. 5.11. Plokeeriva generaatori talitluse selgitamiseks.

põhjustab anoodvoolu nõrgenemist, mis on samaväärne lambi tunnusjoone tõusu vähenemisega.

Hetkel t_2 lakkab anoodvoolu tugevnemine, mistõttu pinge lambi võrel langeb. Pinge langemine võrel kutsub esile anoodvoolu

nõrgenemise, mis põhjustab veel suuremat pinge langemist võrel jne.

Hetkeks t_3 pöörduv talitluspunkt tagasi lambi tunnusjoone suure tõusu piirkonda ja tekivad jällegi laviinitaolise protsessi kujunemise tingimused. Kuid nüüd kulgeb see protsess vastupidises suunas. Anoodvoolu järsk nõrgenemine kutsub esile anoodil positiivse ja võrel negatiivse pingetipu tekkimise.

Hetkel t_4 sulgub lamp negatiivse pingetipu tagajärjel võrel.

Võrevoolu olemasolu kestel jõuab kondensaator C_g laaduda lambi võre suhtes negatiivse potentsiaalini U_{cmax} . Hetkel t_5 , mil anoodvool täielikult katkeb, muutub pinge transformatori võrepoolisel mähisel võrdseks nulliga ja potentsiaali lambi võrel määrab täielikult pinge kondensaatoril C_g , mis vähehaaval tühjeneb läbi takisti R_g .

Hetkel t_6 muutub pinge kondensaatoril C_g võrdseks lambi avanemiseks vajaliku pingega U_{go} , tekib anoodvool ja kogu genereerimisprotsess algab uuesti.

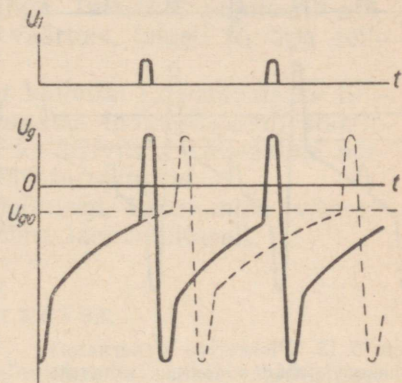
Transformaatori mähiseid sildava parasiitmahtuvuse olemasolu võib põhjustada temas pärast iga voolupulssi plokeeriva generaatori normaalset talitlust häirivate omavõngete tekkimist. Selle nähtusega võitlemiseks sillatakse transformatori mähised mõnikord akiivtakistusega.

Ajakonstandi $R_g C_g$ väärtuse muutmisega on võimalik suurtes piirides muuta genereeritavate võngete sagedust.

Plokeerivat generaatorit on võimalik hõlpsasti sünkroniseerida lambi võrele positiivsete impulsside andmisega, mis avavad lambi. Plokeeriva generaatori sünkroniseerimismehhanismi selgitab joonis 5.12, kus kõver U_1 kujutab lambi võrele rakendatavaid sünkroniseerimisimpulsse, kõver U_g aga pinget lambi võrel sünkroniseerimisimpulsside olemasolul (täisjoon) ja nende puudumisel (punktirjoon).

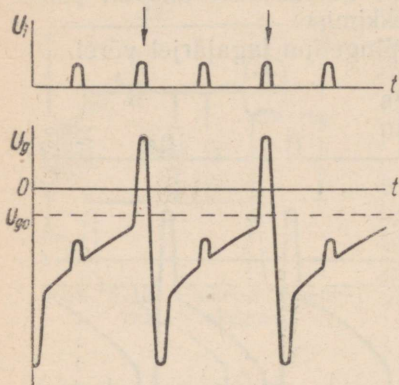
Jooniselt nähtub, et lampi avavate sünkroniseerimisimpulsside olemasolu võib ainult lühendada plokeeriva generaatori omavõngete perioodi. Seepärast peab plokeeriva generaatori omasagedus olema alati mõnevõrra madalam sünkroniseerimisimpulsside sagedusest.

Plokeeriva generaatori sünkroniseerimiseks võib kasutada ka negatiivseid impulsse. Kui neid juhtida plokeeriva generaatori anoodringi, siis nad transformeeruvad tema võreringi positiivsete impulsside näol ja avaldavad samasugust sünkroniseerivat toimet.



Joon. 5.12. Plokeeriva generaatori sünkroniseerimisprotsessi selgitamiseks.

Joonis 5.13 illustreerib plokeeriva generaatori talitlust juhul, kui sünkroniseerimisimpulsside sagedus on generaatori omasagedusest kaks korda kõrgem. Selline sünkroniseerimispinge tekib diferentseeriva vooluringi väljes ühtlustusimpulsside saabumise hetkel. Kuna tüürivate sünkroniseerimisimpulsside vahelistel vaheaegadel on plokeeriva generaatori lamp kindlalt suletud, siis lisa-impulssid, ehkki muudavad pinget lambi võrel, ei avalda plokeeriva generaatori talitlusele siiski mingisugust mõju.



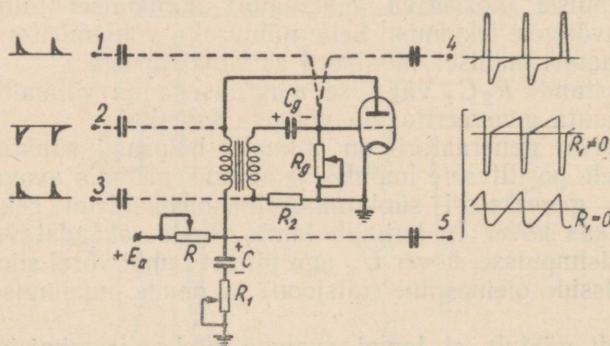
Joon. 5.13. Plokeeriva generaatori kahekordistatud sagedust omavate impulssidega sünkroniseerimise selgitamiseks.

See illustreerib ühtlasi ka plokeeriva generaatori häirekindlust sünkroniseerimisimpulsside vaheaegadel sünkroniseerimiskanalisse sattuvate juhuslike impulsside suhtes.

Plokeeriva generaatori lambi võrel tekkivaid positiivseid pulse võib kasutada tühjendusvooluringi lambi avamiseks. Kuid lambi säästmiseks võib tühjendusvooluringi ühendada ka vahetult plokeeriva generaatori lülitusse.

Joonisel 5.14 on kujutatud tühjendusvooluringiga plokeeriva generaatori lülitus. Punktirjooned tähistavad võimalikke sünkroniseerimisimpulsside andmise ja tüüringete väljajuhtimise viise.

Joonisel 5.14 on kujutatud tühjendusvooluringiga plokeeriva generaatori lülitus. Punktirjooned tähistavad võimalikke sünkroniseerimisimpulsside andmise ja tüüringete väljajuhtimise viise.



Joon. 5.14. Tühjendusvooluringiga plokeeriv generator.

Lülitust võib sünkroniseerida vahetult lambi võrele antavate positiivsete impulssidega (sisend 1) või võreringis oleva lisatakisti R_2 kaudu (sisend 3). Lülitust võib sünkroniseerida ka lambi anoodile antavate negatiivsete impulssidega (sisend 2).

Muudetav takisti R_g on ette nähtud generaatori omavõnkesageduse reguleerimiseks. Süsteem takistitest R , R_1 ja mahtuvusest C on hammas-pulsspinge saamiseks ettenähtud tühjendusvooluringiks.

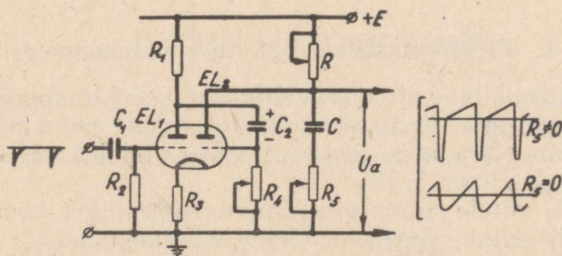
Plokeeriva generaatori sulgemise vältel laadub mahtuvus C anoodpinge toiteallikast E_a , tema avanemise hetkel aga tühjendub plokeeriva generaatori anoodvooluna. Seejuures, täiesti analoogiliselt perioodilise tühjenemisega läbi erilambi, tekib mahtuvusel C hammaspinge, takistil R_1 aga pulsspinge. Takisti R reguleerib väljest δ saadava hammas-pulsspinge väärtust, takisti R_1 aga selle pinge hammaskomponendi väärtust.

Seega osutub plokeeriv generaator küllaltki universaalseks lülituseks, olles võimeline mitte ainult tagama laotussüsteemi stabiilset sünkroniseerimist, vaid tekitama ka hälvituse väljeastme normaalseks talitluseks vajalikke iga liiki tüüripingeid.

Kuid eraldi lambiga tühjendusvooluringi kasutamine võimaldab saada mõnevõrra paremaid tulemusi laotuslülitusest.

b. Multivibraator.

Multivibraator kujutab endast kaheastmelist takistussidestuses võimendajat, mille välje on ühendatud sisendiga. Multivibraatorite erisuguseid tüüpe on küllalt palju. Televisioonis aga kasutatakse kõige sagedamini katoodsidestuses multivibraatorit, mille skeem on toodud joonisel 5.15. Lülitus sisaldab elementidest R , R_5 ja C koosnevat tühjendusvooluringi.



Joon. 5.15. Tühjendusvooluringiga multivibraator.

Lamp EL_2 kuulub multivibraatori lülitusse ja juhib ühtlasi tühjendusvooluringi talitlust.

Kui kondensaator C on tühjenenud, siis on lambi EL_2 anoodpinge madal. Kuna lambi võrel on katoodi suhtes küllaldaselt negatiivne potentsiaal, siis lamp anoodvoolu läbi ei lase. See potentsiaal kujuneb pingelangu tagajärjel takistil R_3 lambi EL_1 voolu tõttu ja samuti ka negatiivse pinge tõttu kondensaatoril C_2 , mis tekib lambi EL_2 võrevoolu perioodilise läbimise tõttu.

Vastavalt kondensaatori C laadumisega tõuseb potentsiaal lambi EL_2 anoodil, vastavalt kondensaatori C_2 tühjenemisele aga tõuseb potentsiaal tema võrel; selle tulemusena mingil hetkel lamp EL_2 avaneb. Voolu läbimine lambist EL_2 ja järelkult ka takistist R_3 kutsub esile lampi EL_1 läbiva voolu nõrgenemise. Selle tagajärjel toimuv lambi EL_1 anoodpinge kõrgenemine kantakse läbi mahtuvuse C_2 lambi EL_2 võrele, mis veelgi tugevdab tema voolu. Seega toimub lambi EL_2 voolu laviinitaoline tugevnemine ja lambi EL_1 voolu nõrgenemine, kuni tema täieliku sulgumiseni. Järsk pinge tõus lambi EL_1 anoodil põhjustab lambi EL_2 võrevoolu tekkimise, mis täiendab kondensaatori C_2 laadumist.

Kondensaator C tühjendatakse väga kiiresti lambi EL_2 vooluga ja saabub hetk, mil viimase anoodvool hakkab nõrgenema. See põhjustab pingelangu vähenemise takisti R_3 ja lambi EL_1 avanemist. Lambi EL_1 anoodpinge alanemine kantakse mahtuvuse C_2 kaudu lambi EL_2 võrele ja kiirendab tema voolu nõrgenemist. Kõik see põhjustab laviinitaolist lambi EL_2 sulgumist ja lambi EL_1 avanemist. Lülitus saavutab lähteseisundi ja taas algab kondensaatori C laadumine läbi takisti R .

Takisti R_5 ühendatakse sisse, kui soovitakse lülituse väljes saada hammas-pulsspinget.

Kondensaatori C_1 ja takisti R_2 kaudu suunatakse multivibraatorisse negatiivseid sünkroniseerimisimpulsse. Sattudes pärast lambiga EL_1 võimendamist lambi EL_2 võreringi, põhjustavad nad selle avanemise veidi enne iseenesest avanemist ja sünkroniseerivad selle lülitust täiesti analoogiliselt plokeeriva generaatoriga.

Multivibraatori omavõnkesagedust reguleeritakse takistiga R_4 , genereeritava pinge amplituudi aga takistiga R .

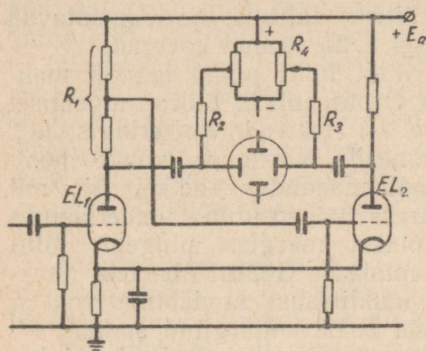
4. Elektrostaatilise hälvituse väljeastmed

Toru elektronkiire hajumise vältimiseks elektrostaatilise hälvituse puhul peab mõlema hälvitusplaadi toitmine toimuma sümmeetriliselt teise anoodi suhtes. Seda ülesannet täidab tavaliselt *vastastõimendaja* (joon. 5. 16).

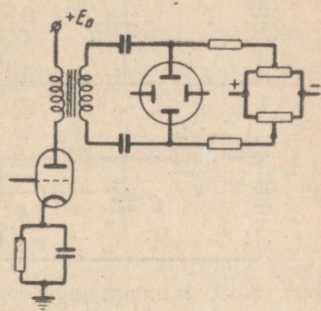
Lambi EL_1 võrele suunatavat hammastüürpinget võimendatakse temas ja siis satub see toru ühele hälvitusplaadile. Lambi EL_1 koormustakistilt R_1 võetakse väike osa võimendatud pingest (mis ligikaudu võrdub sisendpingega), vastupidise polaarsusega ja antakse lambi EL_2 võrele. Lambiga EL_2 võimendatud pinge, mis võrdub pingega esimesel hälvitusplaadil, kuid on vastasmärgiga, satub toru teisele hälvitusplaadile.

Takistiga R_2 ja R_3 määratakse kindlaks hälvitusplaatide keskmine potentsiaal, nii et see on lähedane teise anoodi potentsiaaliga. Potentsiomeeter R_4 on ette nähtud rastro tsentreerimiseks; ta tekitab hälvitusplaatide vahel väikese ühe või teise märgiga püsiva potentsiaalide vahe, millega saavutatakse elektronkiire esialgne nihutus antud laotussuuna ükskõik kummale poole.

Vastuvõtutorude hälvitusplaatide reaalse tundlikkuse puhul tuleb neile rakendada hälvituspinge, mis ületab sageli 1000 V. Sellise hälvituspinge saamiseks peab vastasfaasvõimendaja anooditoitepinge omama ligikaudu samasugust väärtust. Seetõttu on hälvituse väljeastmete toitmiseks vajalik eraldi alaldaja.



Joon. 5.16. Elektrostaatilise hälvituse väljeastete vastasfaasvõimendajana.

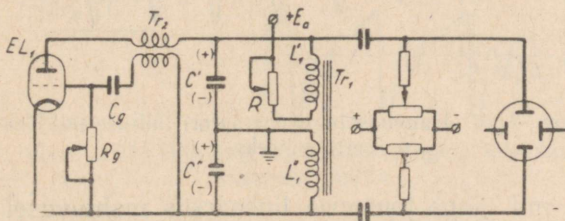


Joon. 5.17. Elektrostaatilise hälvituse väljeastete transformatorväljega.

Vajadust kõrgendatud anoodpinge järele võib põhimõtteliselt vältida, kasutades võimendajat pinget tõstva transformatoriga (joon. 5.17). Kuid tegelikult on transformatori loomine, mis laseks hammaspinget (eriti reasagedust), moonutamatu läbi, seotud väga suurte raskustega. Seetõttu viimast lülitust peaaegu ei kasutata.

5. Hammaspingegeneraator

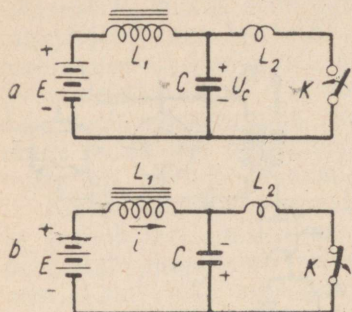
Hammaspingegeneraatori skeem on toodud joonisel 5.18. Tema talitluspõhimõtte selgitamiseks käsitleme algul palju lihtsamat idealiseeritud lülitust hammaspinge saamiseks (joon. 5.19, a).



Joon. 5.18. Hammaspingegeneraatori põhimõtteskeem.

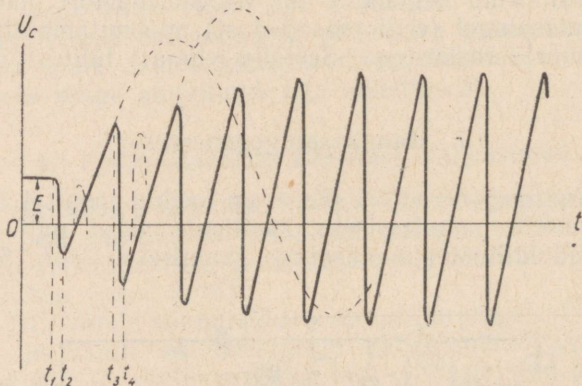
See lülitus kujutab endast võnkeringi, mille resonantsisagedust muudetakse lüliti K sulgemise ja avamisega. Induktiivsuse L_1 vää-

tus on validud selliselt, et avatud lüliti puhul oleks võnkeringi L_1C resonantsisagedus nõutavatest hammasvõngetest mitu korda madalam. Induktiivsus L_2 on induktiivsusest L_1 tunduvalt väiksem ja seetõttu osutub lüliti K sulgemisel moodustuva uue võnkeringi resonantsisagedus kümneid kordi kõrgemaks kui võnkeringil L_1C .



Joon. 5.19. Hammaspingegeneraatori idealiseeritud skeem.

Lülituse talitlust iseloomustavad joonisel 5.20 toodud kõverad. Avatud lüliti puhul laadub mahtuvus C pingeni E . Lüliti sulgemisel (hetkel t_1) tekivad võnkeringis L_2C omavõnked. Niisuguse võnke poolperioodi möödudes (hetkel t_2), mil mahtuvus C osutub ümberlaetuks vastupidise märgiga pingeni, lüliti K avatakse. Sellest hetkest hakkab induktiivsus L_1 läbima vool i , joonisel 5.19, b märgitud suunas. Alates hetkest t_2 tekivad võnkeringis L_1C omavõnked ja mahtuvus laadub ümber vastupidises suunas. Tuleb alla kriipsutada, et algvoolu olemasolu tõttu induktiivsuses L_1 algab võnkumine selles võnkeringis mõnevõrra ettetõttava faasiga; selle tagajärjeks osutub mahtuvusel C pinge tõusmise esialgne osa küllaldaselt lineaarseks.



Joon. 5.20. Hammaspingegeneraatori lülituse talitluse selgitamiseks.

Hetkel t_3 , mil pinge tõusmise lineaarsus mahtuvusel tunduvalt kaob (punktiir), lüliti K taas suletakse ja võnkeringi L_2C omavõnke poolperioodi kestel (hetkeks t_4) laetakse mahtuvus ümber. Edasi kogu kirjeldatud protsess perioodiliselt kordub.

Saadud hammasvõngete amplituud algul kasvab ja seejärel, kui toiteallika poolt antav energia võrdsustub võnkesüsteemi kadude

energiaga, kujuneb konstantseks. On väga oluline, et nende võngete amplituud võib olla toiteallika E elektromotoorsest jõust palju suurem.

Tegelikus lülituses (joon. 5. 18) täidab võtme ülesannet plokeeriv generaator, mille koostisse kuuluvad: lamp EL_1 , transformaatoreid Tr_2 , kondensaator C_g ja takisti R_g . Plokeeriva generaatori transformaatoreid anoodmähise puisteinduktiivsus täidab sama ülesannet, mida idealiseeritud lülituses täidab induktiivsus L_2 .

Vastasmaasilise hälvituspinge saamiseks on siin induktiivsus L_1 erinevalt idealiseeritud lülitusest kujundatud kahe sümmeetrilise mähisega (L_1' ja L_1'') transformaatoreid Tr_1 , mahtuvus C aga kahe ühesuguse, järjestikku ühendatud kondensaatorina (C' ja C''). Kuna kõik pingevõnked mähisel L_1' transformeeritakse mähisesse L_1'' , osutuvad pinged kondensaatoritel C' ja C'' maa suhtes sümmeetrilisteks.

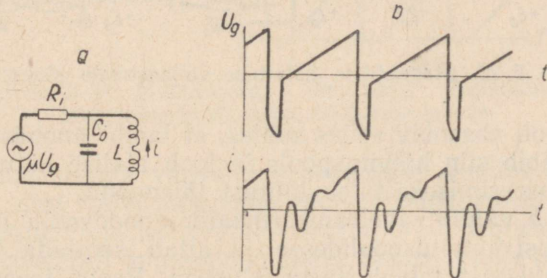
Sulgudes on näidatud polaarsus, millega toiteallikas laeb kondensaatoreid C' ja C'' ; plokeeriva generaatori lambi avamise kestel nad laaduvad ümber vastupidise märgiga pingeni.

Takistiga R võib reguleerida hammaspinge amplituudi. Sage-dust reguleeritakse takistiga R_g . Plokeeriva generaatori sünkroniseerimine võib toimuda ükskõik millisel varemkirjeldatud viisil.

Kirjeldatud generaator võimaldab 250—300 V toitepinge puhul saada hammaspinget amplituudiga 1000 V ja rohkem.

6. Magnetilise hälvituse väljestmed

Tegelikes magnetilistes laotussüsteemides tuleb alati arvestada hälvituspoolide eneste parasiitmahtuvuse olemasolu. Seda mahtuvust (C_0) arvestava magnetilise hälvituse väljestme aseskeem on kujutatud joonisel 5. 21, a. Tüürpinge U_g järsul langemisel (mis



Joon. 5. 21. Hälvituspoolides omavõngete tekkimise küsimuse juurde.

peab esinema laotuse tagasiliikumise alghetkel) võivad võnkeringis LC_0 tekkida omavõnked. Omavõngete tekkimist soodustab veel see, et väljelambi voolu nõrgenemisel suureneb tunduvalt tema sisetakistus R_1 , mille tagajärjel viimase sildav mõju võnkeringile LC_0 väheneb.

Selle tulemusena ülestub hälvituspoolide hammasvoolule vönkeri LC_0 vönkevool (joon. 5.21, *b*), mis täiesti lubamatul viisil moonutab laotust.

Selliste moonutuste kõrvaldamiseks muudetakse hälvituspoolide induktiivsusest ja mahtuvusest moodustunud vönkeri paralleelselt ühendatud *summutustakisti* abil aperioidiliseks või kasutatakse *summutuslampi*, mis katkestab selle vönkeri omavönked poolperioodi järel pärast nende tekkimist, mis on toiteenergia säästmise mõttes palju soodsam.

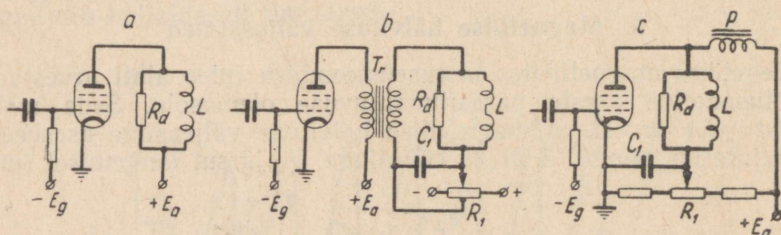
Mitmesugused magnetilise hälvituse väljeastmete lülitused erinevad üksteisest peamiselt summutusviisi poolest.

a. Summutustakistiga lülitus

Raadiotehnika alustest on teada, et induktiivsusest L ja mahtuvusest C_0 koosneva vönkeri võib muuta aperioidiliseks, ühendades temaga paralleelselt summutustakisti R_d , mille takistus on leitav valemiga:

$$R_d \leq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C_0}}. \quad (5.3)$$

Joonisel 5.22 on kujutatud kolm magnetilise hälvituse väljeastme lülitust, milledes hälvituspoolid on sillatud takistitega.



Joon. 5.22. Magnetilise hälvituse väljeastmete skeemid.

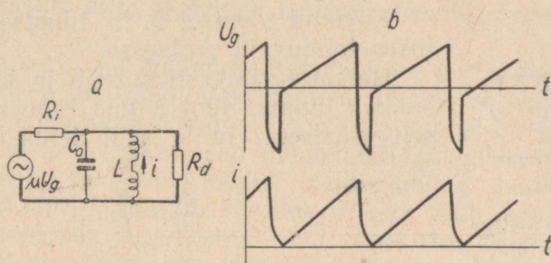
Lülitus *a* on ebasobiv selles suhtes, et lambi anoodvoolu aliskomponent läbib siin hälvituspoole ja loob alalise hälvitava välja, mille kompenseerimiseks tuleb lülitust täiendada.

Lülituses *b* väldib vahetransformaator anoodvoolu aliskomponendi sattumist hälvituspoolidesse ja aitab sobitada hälvitussüsteemi kogutakistust lambi sisetakistusega. Rastri tsentreerimiseks võib juhtida läbi hälvituspoolide nõrka alisvoolu, mille väärtus ja suund on reguleeritavad potentsiomeetriga R_1 .

Lülituses *c* on lambi anoodvoolu aliskomponendi läbilaskmiseks kasutatud paispooli. Potentsiomeeter R_1 võimaldab muuta hälvituspoole läbiva nõrga alisvoolu suunda ja on ette nähtud rastri tsentreerimiseks.

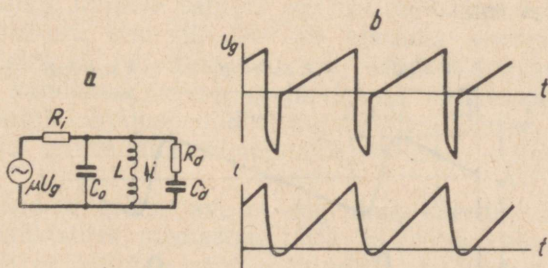
Joonisel 5.23, *a* on toodud aseskeem, mis kehtib kõigi kolme ülalmainitud väljeastme lülituse kohta. Joonisel 5.23, *b* on tüür-

pinge kõvera all kujutatud summutustakistitega hälvituspoole läbiva voolu kõver. Summutustakisti olemasolu tõttu võivad tüüripinge negatiivsed pulsud laotuse tagasiliikumise kestel lambi täielikult sulgeda. Seejuures kogu hälvituspoolide energia hajub laotuse tagasiliikumisel summutustakistis.



Joon. 5.23. Summutustakisti toime küsimuse juurde.

Mõnikord ühendatakse summutustakistiga järjestikku mahtuvus ja astme aseskeem omandab joonisel 5.24, *a* antud kuju. Sel juhul hälvitusvoolu amplituud mõnevõrra suureneb (joon. 5.24, *b*), kuid seejuures suureneb ühtlasi laotuse tagasiliikumise kestus.



Joon. 5.24. Mahtuvusega järjestikku ühendatud summutustakisti toime küsimuse juurde.

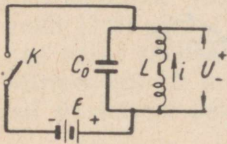
Summutustakistiga väljeastme peamiseks puuduseks on asjatu energiakulu, sest hälvituspoolides laotuse päri liikumise kestel salvestatud magnetvälja kineetiline energia hajub laotuse tagasiliikumise kestel täielikult summutustakistis. Seega nõuab lülitus laotusageduse tõstmisel temale antava energia vastavat suurendamist. Seepärast kasutatakse selliseid lülitusi harilikult ainult pildihälvituseks.

Väljelambina võib siin kasutada tegelikult mistahes lampi, mis on suuteline tekitama vajalikku voolu hälvitusüsteemis.

Tõhusama hälvitus väljeastme lülituse loomise põhimõttelise võimaluse selgitamiseks käsitleme algul idealiseeritud, katkestiga lülituse talitlust.

b. Katkestiga lülitus

Ühendagu inertsiivaba katkesti K (joon. 5.25) perioodiliselt hällvituspoole L laotuse päri liikumise ajavahemikeks elektromotoorse jõu allikaga E ja lahutagu neid sellest laotuse tagasiliikumise ajavahemikeks.



Joon. 5.25. Katkestiga lülituse skeem.

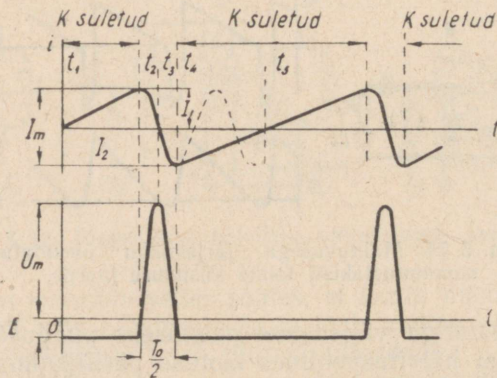
Kõverad joonisel 5.26 illustreerivad lülituses toimuvaid protsesse.

Hetkel t_1 katkesti sulgub ja hällvituspoole hakkab läbima vool i , mis tugevneb lineaarselt kiirusega, mille saab leida tuntud seost:

$$\frac{di}{dt} = \frac{E}{L}. \quad (5.4)$$

Hetkel t_2 , millal vool i saavutab poole laotuse sooritamiseks vajalikust amplituudist I_m , katkesti avaneb. Hällvituspoolidesse salvestunud magnetvälja kineetiline energia hakkab vähenema, muundudes parasitmahtuvuses C_0 elektrivälja energiaks. See tähendab võnkeringi LC_0 omavõnkumiste algust, millede periood on väljendatav avaldisega:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{LC_0}. \quad (5.5)$$



Joon. 5.26. Katkestiga lülituse talitluse selgitamiseks.

Seejuures hakkab vool hällvituspoolides nõrgenema koosinuskõvera järgi, pinge hällvituspoolidel aga hakkab tõusma siinuskõvera järgi (joon. 5.26).

Hetkel t_3 osutub kogu süsteemi energia koondatuks mahtuvusse C_0 ja pinge hällvituspoolidel saavutab maksimaalväärtuse U_m , mis on leitav seost:

$$U_m = \frac{I_m}{2} \sqrt{\frac{L}{C_0}}. \quad (5.6)$$

Pinge väärtus U_m võib mitmekordselt ületada toiteallika E elektromotoorse jõu väärtuse. Seda hammasvoolu saamisel esinevat nähtust kasutatakse tegelikes laotussüsteemides sageli kõrgepinge saamiseks.

Võnkeringi LC_0 omavõngete poolperioodi möödumisel, hetkel t_4 , millal vool i saavutab maksimaalse negatiivse väärtuse ja kogu energia osutub uuesti koondatuks hälvituspoolidesse, katkesti sulgub (täpsemalt öeldes peab avanemise tsükkel kestma võnkeringi LC_0 omavõngete poolperioodist veidi kauem, kuni pinge temal, vahetanud märgi, muutub võrdseks E -ga). Selle tulemusena hakkab vool i lineaarselt tugevnema (s. t. voolu negatiivne väärtus hakkab vähenema) kiirusega, mis on määratav seosest (5.4).

Ajavahemiku t_4-t_5 kestel, mil vool liigub toiteallika E elektromotoorse jõu suunaga vastupidises suunas, hangib toiteallikas hälvituspoolide poolt kaotatud energia.

Hetkel t_5 muutub vool võrdseks nulliga ja kogu hälvitussüsteemi salvestatud energia osutub täielikult tagastatuks elektromotoorse jõu allikale E .

Alates sellest hetkest lülituse kogu kirjeldatud töötsükkel kordub.

Kirjeldatud lülituse talitus on huvitav selles mõttes, et ta ei vaja energiakulu, sest siin üks ja seesama energiakogus satub algul toiteallikast hälvituspoolidesse, edasi hälvituspoolidest neid sildavasse kondensaatorisse, seejärel taas hälvituspoolidesse ning lõpuks pöördub hälvituspoolidest tagasi toiteallikasse. Soovides seda asjaolu alla kriipsutada, nimetatakse sellist hälvituslülitust *reaktiivseks*.

On isendast mõistetav, et tegelikus hälvitussüsteemis tekib alati aktiivtakistuse olemasolu tõttu soojuslik energiakadu. Kuid siin kirjeldatud lülituse talitluspõhimõtte otstarbekal rakendamisel võib iga laotustsükli kestel hälvitussüsteemi lisandatav energia olla palju väiksem süsteemis ringlevast ja elektroniire hälvitamise kasulikku efekti sooritavast kogu energiast.

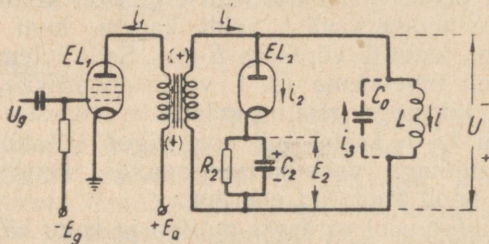
Sellise hälvituslülituse loomise peamine raskus seisab inertsi- vaba katkesti puudumises, mis omaks kahesuunalist juhtivust ja väikest sisetakistust. Sellise katkestiga ligikaudu samaväärset efekti võib saada kahe lambi vastastikku ühendamise teel loodud lülitusega, kus üks lamp on *tüürivaks* ja teine *summutavaks*.

Kuid lihtsamates sellist liiki lülitustes osutub samaväärsus sootuks ebatäiuslikuks ja salvestatud energia tagastamist toiteallikasse neis ei toimu. Vaid keerukamates lülitustes, mis omavad nn. *tagasisidestust toite kaudu*, võib tunduva osa salvestatud energiast tagastada toiteallikasse (eeldatakse, et toiteallikas omab küllalt suurt mahutavust, olles suufeline perioodiliselt salvestama ja tagastama välisringi teatavat kogust energiat).

c. Summutuslambiga lülitus

Joonisel 5.27 on toodud kõige levinum reahälvituse väljeastme lülitus summutusdiodiga.

Lamp EL_1 on ette nähtud toiteallikast E_a läbi transformaatori hälvituspoolidesse L sattuva energia tüürimiseks. See transformator on hälvituspoolide suunas pinget madaldav ja on määratud nende sisendtakistuse sobitamiseks tüürlambi sisetakistusega. Selline transformator on vajalik igas reahälvituse väljeastmes, sest hälvituspoolid on alati väikse takistusega (vt. II ptk., § 4).



Joon. 5.27. Summutusdiodiga väljeastme skeem.

Lamp EL_2 — summutusdiode — on määratud takistis R_2 eralduva hälvituspoolide välja energia hajumisprotsessi reguleerimiseks. Seda diodi nimetatakse summutavaks seetõttu, et ta peatab võnkeringi LC_0 võnked nende võngete ühe poolperioodi moodsusel. Mahtuvus C_2 sildab takistit R_2 ja võimaldab seega saada summutuskestuse reguleerimiseks vajalikku jäävat eelpinget E_2 diodi vooluringis.

Transformaatori mähised ühendatakse selliselt, et potentsiaal summutusdiodi anoodil jääks laotuse päri liikumise kestel positiivseks.

Skeemil on märgitud põhiliste voolude ja pingete positiivseteks loetud suunad. Siin i_1 on lambi EL_1 anoodvool, i_1' — vool transformatori sekundaarmähises, i_2 — diodi läbiv vool, i_3 — hälvituspoole sildavat parasitmahtuvust C_0 läbiv vool, i — vool hälvituspoolides, mis on seotud ülejäänud vooludega ilmse seose kaudu:

$$i = i_1' - i_2 + i_3. \quad (5.7)$$

Lülituse talitluse käsitlemist on kõige sobivam alustada hetkest t_1 (joon. 5.28), mil vool i_1 , saavutanud maksimaalse väärtuse, järsult lakkab lambi EL_1 sulgemise tõttu tüürpinge U_g negatiivse impulsiaga.

Voolu i_1 lakkamine on samaväärne katkesti avamisega idealiseeritud lülituses. Poolidesse L salvestunud energia arvel tekivad võnkeringis LC_0 omavõnked.

Võnkeringi LC_0 omavõngete esimese poolperioodi vältel pingetürlambi anoodil tõuseb järsult ja tema säilitamiseks suletud seisundis peab negatiivne impulss lambi võrel olema küllaldaselt suur. Summutusdiiod seejuures suletakse tema anoodi suhtes negatiivse pingepulsi abil võnkeringis LC_0 .

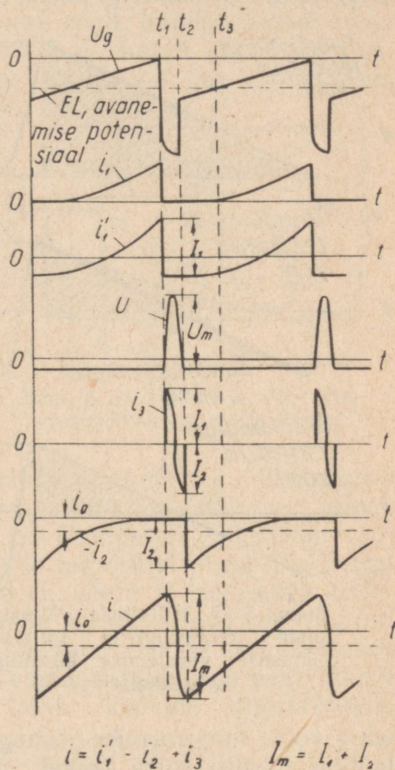
Omavõngete poolperioodi lõppedes võnkeringis LC_0 saavutab võnkevool i_3 maksimaalse negatiivse väärtuse I_2 , misjärel ta hakkab nõrgenema. See põhjustab pingemärgi muutumise võnkeringis (ja transformatoris), mille tulemusena tüürlamp veelgi kindlamalt sulgub, summutusdiiod aga avaneb. Seega, alates hetkest t_2 , lülitub hälvituspoolide vool läbi diodi ümber kondensaatorisse C_2 , mis on laadunud pingeni E_2 . Diiodi küllalt väikse takistuse ja kondensaatori C_2 küllalt suure mahtuvuse puhul peab hälvituspole läbiva voolu i_2 edasise nõrgenemise kiirus olema konstantne, sest hälvituspoolidel säilib konstantne pinge E_2 . Voolu i_2 kogu läbimiskestuse vältel kandub hälvituspole energi kondensaatorisse C_2 ja hajub seejärel takistis R_2 .

Vastavalt diiodi läbiva voolu nõrgenemisele lambi sisetakistus suureneb ja selle tagajärjel voolu i_2 muutumise ebalineaarsus vastavalt nullväärtusele lähenemisele suureneb.

Hetkel t_3 , millal voolu i_2 muutumise ebalineaarsus muutub hälvitusele vastuvõetamatuks, peab avanema tüürlamp. Siis hakkab hälvituspole läbima selle lambi anoodringist transformeeritav vool i_1' .

Tüürlambi tunnusjoone ebalineaarsuse tõttu anoodvoolu lakkaamisväärtuse lähedal põhjustab tüürpinge U_g lineaarne tõus voolu i_1 tugevnemiskiiruse pidevat suurenemist. Analoogiline hälvituspole läbiva voolu i_1' moonutamine osutub teataval määral vastupidiseks voolu i_2 moonutamisega.

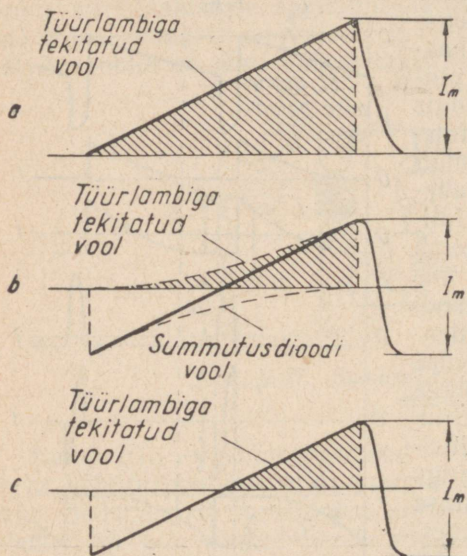
Kõigi mainitud voolude üksteisega liitumisel osutub voolu i pärisuunaline kasv võrdlemise lineaarseks (vt. voolu i kõverat joonisel 5. 28).



Joon. 5. 28. Summutusdiiodiga lülituse talitluse selgitamiseks.

Pärast seda, kui vool i_1 saavutab maksimaalväärtuse, algab kogu kirjeldatud protsess uuesti.

Ühesuunalise voolu olemasolu summutusdioidis põhjustab hälvituspole läbiva voolu alaliskomponendi tekkimist (vool i_0 joonisel 5.28). Seda voolu kompenseeritakse hälvituspoolide vooluringi kantava tsentreerimispingega (skeemil joonisel 5.27 nagu kõikidel järgnevatel skeemidelgi tsentreerimiselemente kujutatud ei ole).



Joon. 5.29. Hälvituse väljeastmete mitmesuguste lülituste tõhususe võrdlemise küsimuse selgitamiseks.

Summutusdioidi ei ole tingimata vaja ühendada transformatori sekundaarmähisega. Tema võib samuti ühendada selle transformatori primaarmähisega. Kuid sel juhul peab diod omama spetsiaalset kõrgepingeisolatsiooniga küttemähist.

Tüürlampidena kasutatakse võimsuspentoode või -tetroode. Trioode siin ei kasutata, sest nende sulgemiseks laotuse tagasilikumisel (anoodil kõrge pinge tekkimise kestel) oleks vaja liiga kõrget negatiivset pinget võrel.

Kirjeldatud lülitusega on võimalik saavutada mõnevõrra paremaid tagajärgi, kui asendada summutusdioid summutustriodiga. Sel juhul võib summutuslambi voolu välise tüürimisega muuta

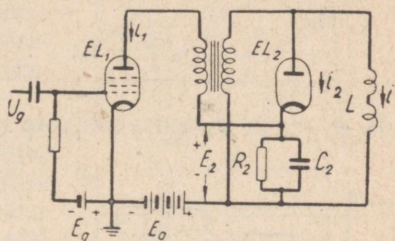
tema voolu nõrgenemise peaaegu lineaarseks ja tegelikult lõppevaks laotuse päri liikumise keskel, millisest hetkest alates peabki tüürlamp avanema. Seetõttu paraneb mõnevõrra laotuse lineaarsus ja suureneb lülituse kasutegur.

Joonis 5.29 annab piltliku ettekujutuse hälvituse väljeastmete mitmesuguste lülituste talitluse tõhususe kohta. Kõver *a* iseloomustab summutustakistiga, kõver *b* — summutusdioidiga ja kõver *c* — summutustriodiga lülituse talitlust. Kõverate viirutatud osad tähistavad hälvituspoolide voolu selle komponendi väärtust, mis tekitatakse tüürlambi poolt toiteallika energia kulutamise tagajärjel. Hälvitusvoolu ühesuguse ulatuse ja sageduse puhul vajab summutustriodiga lülitus summutustakistiga lülitusest ligikaudu 4 korda väiksemat energiakulu toiteallikast.

d. Lülitus tagasisidestusega toite kaudu

Summutuslambiga hälvituse väljeastme ülalkirjeldatud lülituses kasutatakse hälvitussüsteemi poolt laotuse päriliikumise iga teise poole vältel salvestatavat energiat seejärel laotuse tagasilikumise ja päriliikumise esimese poole sooritamiseks nagu ideaalses katkestiga lülituseski. Kuid katkestiga lülifuses salvestatud energia, sooritades laotuse päriliikumise esimest poolt, kandub tagasi toiteallikasse, summutuslambiga lülituses aga hajub see summutuslambi vooluringi ühendatud takistis. Seega on see lülitus veel kaugel reaktiivse hälvituse põhimõtte ärakasutamisest.

Seoses üleminekuga suure hälvitusnurga ja kõrgendatud kiirenduspingega torudele, tuli hälvituse väljeastmete võimsust tunduvalt suurendada, mis põhjustas uute, palju ökonoomsemate reaaloatuse lülituste ilmumise. Talitluspõhimõtte järgi võib neid lülitusi nimetada lülitusteks *tagasisidestusega toite kaudu*.



Joon. 5.30. Hälvituse väljeaste tagasisidestusega toite kaudu.

Joonisel 5.30 on toodud tagasisidestust toite kaudu omava hälvituse väljeastme lihtsustatud skeem. Tema erinevus tavalisest summutusdiodiga lülitusest seisab vaid selles, et anoodi toiteallikas E_a on ühendatud järjestikku vooluringiga R_2C_2 , millel tekib summutuse lagajärjel pinge E_2 . Seega tõuseb tüürlambi toitepinge väärtuse E_2 võrra ja sellesama toiteenergia kulu puhul võib hälvitusvoolu ulatust tunduvalt suurendada. Juhul kui diodi ja tüürlampi läbivate voolude keskväärtused on võrdsed, võib takisti R_2 puududa; vastasel juhul aga peab takisti R_2 vaid tasakaalustama mõlema lambi voolude keskväärtuste erinevust.

7. Hammasvoolugeneraator

Hammasvoolugeneraatori põhimõtteskeem on toodud joonisel 5.31. Tema lülitus sarnaneb plokeeriva generaatori omaga, kuid ta vajab hoopis teisi detaile ja on teistsuguse talitluspõhimõttega.

Hammasvoolugeneraatori kõige vastutusrikkamaks osaks on transformaatore. See peab omama mähiste vahel suurt sidestustegurit ja ühtlasi ka väikest jaotatud mahtuvust ning head mähiste isolatsiooni.

Transformaatori mähised peavad olema ühendatud nii, nagu on näidatud joonisel 5.32. Sellise lülituse puhul põhjustab voolu tugevnemine lambi anoodringis positiivse pinge ilmumise tema tüürvõrele. Teisest küljest moodustub kogu magnetvoog (Φ) transformaatore südamikus kahe magnetvoo vahena, milledest üks teki-

tatakse lambi anoodvoolu poolt (voog Φ_a), teine aga lambi võre-
voolu poolt (voog Φ_g), s. t.

$$\Phi = \Phi_a - \Phi_g. \quad (5.8)$$

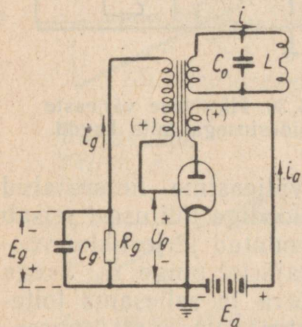
Vastavalt elektrotehnikast tuntud seadusele transformaatori
voolude sekundaarmähisele taandamise kohta võib kirjutada:

$$i = i'_a - i'_g. \quad (5.9)$$

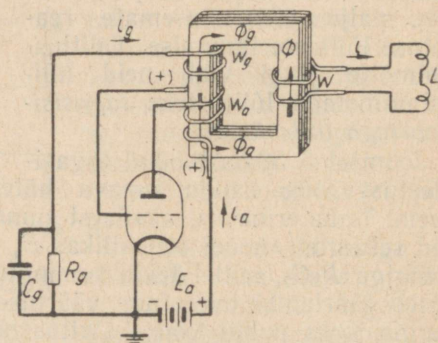
Siin i on koguvool transformaatori väljemähises;

$$i'_a = \frac{\omega}{\omega_a} i_a; \quad i'_g = \frac{\omega}{\omega_g} i_g,$$

kus ω , ω_a ja ω_g on vastavate mähiste keerdude arvud.



Joon. 5.31. Hammasvoolu-
generaatori põhimõtteskeem.



Joon. 5.32. Hammasvoolugeneraatori
transformaatori ühendamise skeem.

Lülituse talitluspõhimõtet selgitavad joonisel 5.33 toodud
kõverad.

Oletame, et lambi anoodvool hetkel t_1 , saavutanud maksi-
maalse väärtuse, lakkab tugevnemast. Anoodvoolu tugevnemise
lakkamise tagajärjel muutub transformaatori võremähisesse indut-
seeritav positiivne pinge võrdseks nulliga ja pinge lambi võrel
muutub negatiivseks (mahtuvuses C_g negatiivse laengu olemasolu
tõttu).

See kutsub esile anoodvoolu nõrgenemise, mis põhjustab veelgi
negatiivsema pinge tekkimise lambi võrel jne. Selle tulemusena
tekib laaviintaoline anoodvoolu nõrgenemine (analoogiliselt vastava
protsessiga plokeerivas generaatoris) ja lamp sulgub.

Hälvitussüsteemi salvestatud magnetvälja energia hakkab
muunduma elektrivälja energiaks süsteemi parasitmahtuvustes
(mille hulka kuuluvad ka transformaatori mähiseid sildavad para-

siitmahtuvused). Nagu hälvituse idealiseeritud lülituse puhul, kutsub see esile võnkumisprotsessi, mille puhul vool hälvitussüsteemis hakkab nõrgenema koosinuskõvera järgi, pinge hälvitussüsteemil aga tõusma siinuskõvera järgi (joon. 5.26). Sama kõvera järgi hakkab muutuma ka pinge transformaatori võremähisel (joon. 5.33).

Pärast omavõngete poolperioodi möödumist hetkel t_2 saavutab vool hälvitussüsteemis vastupidise märgiga maksimaalväärtuse ja hakkab uuesti tugevnema, pinge transformaatori võremähisel aga muutub positiivseks (joon. 5.33). See põhjustab lambi võrele positiivse pinge ilmumise ning tugeva võrevoolu tekkimise, mis katkestab süsteemi omavõnkumise protsessi.

Lambi võrerõng täidab siin täpselt samasugust ülesannet nagu summutusdiid vastava hälvituse väljastme lülituses: rakendades transformaatori võremähise vooluringile alalpinge E_g (joon. 5.31), stabiliseerib ta magnetvoo muutumise kiirust transformaatoris ja järelikult ka voolu tugevnemise kiirust hälvitussüsteemis.

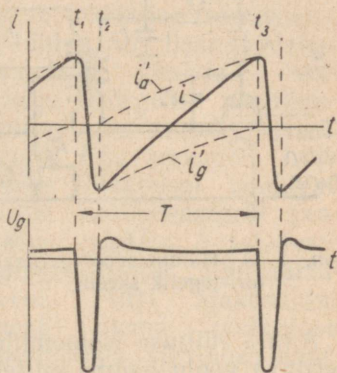
Sel määral, kui võrd hälvitussüsteem kaotab salvestatud energiat (mis osalt hajub lambi võrerõngis, osalt aga täiendab mahtuvuse C_g laengut), nõrgeneb võrevool nullini. Samal ajal aga lambi anoodvool, ületades transformaatori anoodmähise indutseeritud vastassuunalist elektromotoorset jõudu, pidevalt tugevneb ja, suurendades üldist magnetvoogu Φ , täiendab hälvitussüsteemi energiat.

Joonisele 5.33 on peale voolu i kõvera kantud ka voolude i_a' ja i_g' kõverad, arvestades nende suunda. Voolude i_a' ja i_g' kõverad iseloomustavad teatavas mõõtvahekorras voolude i_a ja i_g muutumist. Peale selle iseloomustavad voolud i , i_a' ja i_g' vastavalt nendega võrdeliste magnetvoogude Φ , Φ_a ja Φ_g muutumist. Nagu nähtub nendest kõveratest, moodustavad lambi anood- ja võrevoolu impulsid, transformeerituna hälvitussüsteemi, nendes summaarse päri liikumise hammasvoolu.

Hetkel t_2 , mil anoodvool saavutab lambi parameetrite ja toiteallika E_a pingega määratud maksimaalse väärtuse, algab kogu protsess uuesti.

Generaatori omavõngete sagedust saab reguleerida eelpinge E_g muutmise teel, mille antud juhul määrab takisti R_g takistus.

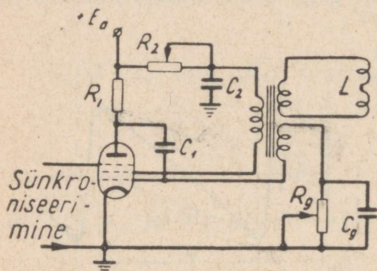
Kui enne anoodvoolu maksimaalse väärtuse saavutamist juhtida lambi võrerõngi küllaldase amplituudiga negatiivne sünkroniseerimisimpulss, kutsub see esile lambi silmapilke sulgumise ja uus



Joon. 5.33. Hammasvoolugeneraatori talitluse selgitamiseks.

laotuse tsükkel algab varem. Seega saab hammasvoolugeneraatorit nagu teisigi isevõnkuvaid süsteeme sünkroniseerida omavõngete perioodi teatava lühendamise teel välise pinge abil.

Kuna kirjeldatud lülitus nõuab küllalt võimsaid sünkroniseerimisimpulsse, siis kasutatakse sama lampi mõnikord ka sünkroniseerimisimpulsside võimendajana (joon. 5.34). Selles lülituses kasutatakse lampi teist võret generaatori anoodina. Kolmandat võret koos anoodiga kasutatakse sünkroniseerimisimpulsside võimendaja lülituses. Kolmandale võrele suunataavad positiivsed sünkroniseerimisimpulsid põhjustavad lõpptulemusena teise võre voolu nõrgenemist; see toimub osalt voolu hargnemise tõttu lampi anoodile, osalt aga võimendatud negatiivsete impulsside sattumise tõttu läbi mahtuvuse C_1 lampi tüürvõrele.



Joon. 5.34. Hammasvoolugeneraatori tegelik skeem.

Takistiga R_g reguleeritakse sagedust, takistiga R_2 aga genereeritavate võngete amplituudi.

Antud lülituse iseloomulike puuduste hulka tuleb lugeda genereeritava voolu hamba mitteküllaldast linearsust ning samuti vastastikuse seose esinemist sageduse ja amplituudi reguleerimise vahel.

Hammasvoolugeneraatorid leiavad rakendamist odavamalt tüüpi televisioonivastuvõtjates, kus neid kasutatakse niihästi reaktiiv- kui ka pildilaotuseks.

8. Kõrgpinge saamine vastuvõtjatoru toitmiseks

On olemas kolm põhiviisi toru toitmiseks vajaliku kõrgpinge saamiseks: 1) toitevõrgu pinge transformeerimise ja alaldamise teel, 2) spetsiaalse lampgeneraatori abil tekitatava (sadadesse kilohertsidesse ulatuva) kõrgsageduspinge alandamise teel, 3) laotuse tagasilüütmise vältel reahälvitusastme transformaatori mähiisel tekkivate pingeimpulsside alaldamise teel.

Esimene viis on kõige kohmakam, kuna ta nõuab kõrgpinge-transformaatori olemasolu ja suuri mahtuvusi alaldatud pinge filtreerimiseks.

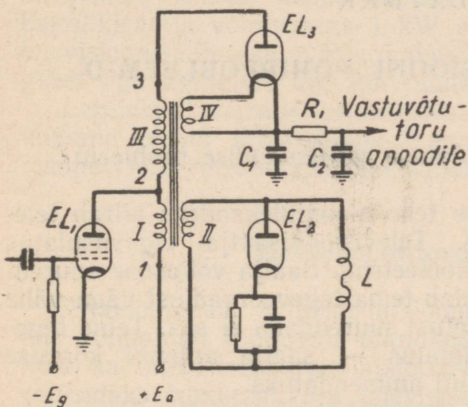
Teise viisi puhul on transformaatori asemel vaja kergelt poolidesüsteemi, filtri kondensaatorite mahtuvus aga väheneb tuhandeid kordi. Kuid seejuures on vaja küllalt võimsat generaatorlampi, mis tunduvalt suurendab üldist voolu tarbimist anoodtoiteallikast.

Juhul kui vastuvõtjas kasutatakse magnetilist laotust, nõuab kolmas kõrgpinge saamise viis väikseimat seadmete kaalu ja gabaariidi suurenemist, ning osutub kõige majanduslikumaks. See viis on leidnud kõige laialdasemat rakendamist kaasaegsetes televisiooni-

vastuvõtjates, kus rõhuval enamikul juhtudel on kasutatud magnetilist laotust.

Joonisel 5.35 on kujutatud kõige levinum hälvituse väljeastme lülitus kõrgepingealaldajaga. Lülituse alaldusosasse kuuluvad: transformatori mähis III ja IV, kenotron EL_3 ja filtri elemendid R_1 , C_1 ning C_2 .

Nagu juba varem oli märgitud, tekib hälvituse tagasiliikumise vältel, mil lamp EL_1 sulgub, tema anoodil kõrgepingeline positiivne pulss. Transformaatori primaarmähises tekib see pinge



Joon. 5.35. Kõrgpinge saamine reahälvituse väljeastmeks.

sest. Kuid kasutades väikse küttevõimsusega spetsiaalset kenotroni, võib teda toita reahälvitustransformaatori mähisest (IV), sest see ei halvenda hälvitusastme talitlust.

Kirjeldatud lülitus võib transformatori hoolika valmistamise puhul anda alaldatud pinget kuni 10 000 V. Kasutades kahekordistavat või kolmekordistavat lülitust võib seda pinget vastav arv kordi tõsta.

Sellist alalduslülitust võib kasutada ükskõik millise summutussüsteemi puhul ja samuti sõltumatult sellest, kas hälvitusaste omab võõrergutust või on isevõnkuv.

Antud lülituse puuduseks tuleb lugeda küllalt märgatavat alaldatud pinge sõltuvust vastuvõtutoru kiire voolust.

Selle lülituse tunduvaks eeliseks võrreldes teiste lülitustega osutub see, et elektronkiire hälvituse puudumisel ei ole võimalik anda vastuvõtutorule kõrget pinget. Sellega on välditud toru ekraani riknemine elektronkiire ühte punkti peatuma jäämise tagajärjel, mis võib juhtuda laotussüsteemi juhusliku väljalülitumise tulemusena.

hälvitussüsteemis omavõngete tekkimise tulemusena. Mähise III lisandamisega saadakse punktis 3 veel palju kõrgem positiivne pinge, mis kantakse kenotroni EL_3 anoodile. Lülituse töötamisel laaduvad filtri kondensaatorid peaaegu pingepulsside tippväärtseni. Filtri ajakonstant peab olema realaotuse perioodiga võrreldes suur.

Kuna kenotroni katood kannab maa suhtes kõrget pinget, tuleb tema kütteniiti toita jõutransformaatori hästi isoleeritud mähis-

VI PEATÜKK

KAASAEGSE TELEVISIOONI PÕHIPROBLEEMID

1. Televisiooni ülekandeulatuse suurendamise probleem

Ultralühilaineala kasutamine televisiooniülekandeks piirab televisioonisaatja tegevusraadiust. Televisioonisaatja tegevusulatus küünib tavaliselt vaevalt 100 kilomeetrini. Saatja võimsuse suurendamine üle teatava piiri suurendab tema tegevusraadiust väga vähe ja seepärast sel teel ülekandeulatust suurendada ei saa. Teine tegevusraadiuse suurendamise võimalus — saatja antenni kõrguse tõstmine osutub tavaliselt samuti ammendatuks.

Televisiooni ülekandeulatuse suurendamise ainsaks võimaluseks on *retransleerimine*, mis seisab televisioonisignaalide korduvas üleandmises lisasaatjaga, mis saab neid põhisaatjalt spetsiaalse sidekanali kaudu. Retransleerimist võib sooritada mitmes variandis, mis erinevad üksteisest kasutatava sidekanali poolest.

Tavalisi traatsideliine selleks otstarbeks kasutada ei saa, sest nad omavad televisioonisignaalide kõrgemate sageduste suhtes tohtu suurt sumbuust. Peale selle on nad väga vastuvõtlikud väliste häiretele.

Esiialgu kasutati selleks otstarbeks kõrgsageduskaabelliine. Kuid seetõttu, et koaksiaalkaabel ikkagi avaldab televisioonisignaali kõrgematele sagedustele tunduvalt sumbuust, tuleb sellise liini iga 15—20 km taha paigaldada seda sumbuust kompenseerivad võimendusala jaamad. See suurendab tunduvalt niigi väga kalli kaabelsideliini maksumust.

Hiljem, seoses sentimeeterlainetehnika arenemisega, hakati koaksiaalkaablit asendama sentimeeterlainetel [1000—10 000 MHz (30—3 cm)] töötavate teravaltsuunatud raadio-releeliinidega. Raadio-releeliin kujutab endast ahelikku vastuvõtu-saatejaamadest, mis on varustatud teravaltsuunatud antennidega ja paigutatud üksteisest geomeetrilise nähtavuse kaugusele (s. o. 50—70 km taha). Iga selline jaam üheaegselt võtab signaali vastu eelmisest jaamast ja pärast vastavat võimendamist annab selle edasi järgmise jaama suunas.

Raadio-releeliinid on palju odavamad ja sobivamad kui kaabel-sideliinid. Nad võimaldavad läbi lasta palju laiemat sagedusspekt-rit tunduvalt väiksemate moonutustega. Uute raadio-releeliinide paigaldamine toimub kaabelliinidest palju kiiremini.

Katsetuse ajajärgus on veel üks televisiooniülekannete retrans-leerimise viis: retransleerimine lennuki abil. Sellekohane erilennuk varustatakse vajalike seadmetega televisioonisaaete vastuvõtuks maapealselt saatjalt ja samuti selle saate retransleerimiseks maa peale. Tõusnud õhku, lendab lennuk kogu saate ülekande vältel maapealse saatja kohal mööda väikse raadiusega ringjoont. Lennukisaatja võimsusega 1 kW peab 10 000 m kõrgusel tagama televisioonisaaete vastuvõttu umbes 350 km raadiuses, 15 000 m kõr-gusel aga ligikaudu 500 km raadiuses.

Lennukitelt retransleerimise tehnika vastava arengu puhul peaks viimane olema majanduslikult tunduvalt soodsam samaväärsest maapealsete retranslatsiooniraadioliinide võrgust.

2. Televisiooni-translatsiooni probleem

Analoogiliselt helitranslatsioonivõrguga ehk traathäälinguga, mis võimaldab tunduvalt alandada kuulamiseseadmete hinda, võib luua ka televisiooni-translatsioonivõrgu. Sellise võrgu olemasolu vähendaks tunduvalt iga televisiooniekraani kohta tulevate sead-mete maksumust ja muudaks televisiooni elanikkonna laiadele massidele palju kättesaadavamaks.

Sellel otstarbel töötati meil juba 1939. a. R. I. Budarovi, V. N. Goršunovi ja teiste poolt välja ning anti katseks ekspluatat-siooni esimene televisioonitranslatsioonisõlm 500 abonendipunkti teenindamiseks.

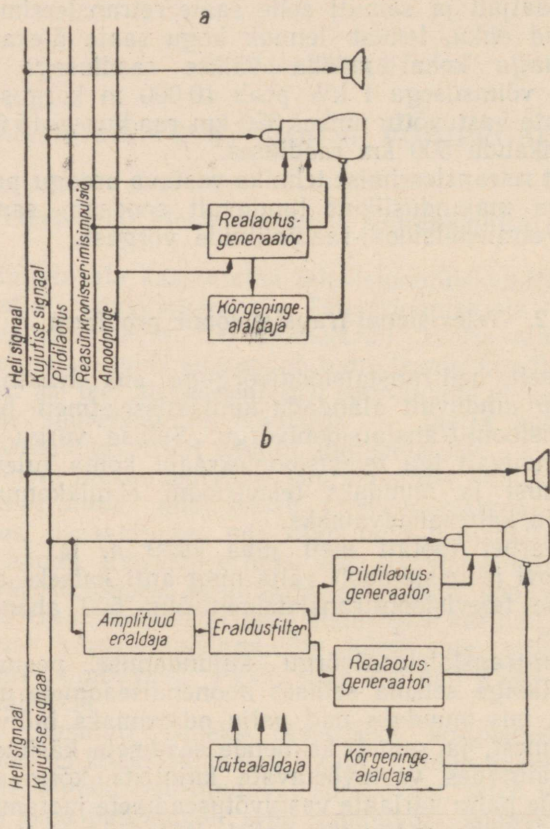
Televisiooni-translatsioonivõrgu kujundamise peamine põhi-mõte peab eelkõige seisma sellises abonendiseadmete maksumuse vähendamises, mis muudaks nad palju odavamaks individuaalsest vastuvõtuseadmest, ja samuti ka nende seadmete käsitsemise liht-sustamises, säilitades vastuvõetavate kujutiste kõrge kvaliteedi.

Võib esineda palju variante vastuvõtuseadmete jaotamises trans-latsioonisõlme ja abonendipunkti vahel. Mida suuremat osa vastu-võtuseadmete ülesannetest täidab translatsioonisõlm, seda lihtsa-mateks ja odavamateks kujunevad abonendiseadmed, kuid seda suurem arv ühendusjuhtmeid peab ühendama teda sõlmega, mis teataval määral muudab ühe abonendi kohta tulevad seadmed keer-lisemaks ja kallimaks.

Seega tuleb suurima majandusliku efekti saavutamiseks trans-latsioonilülituse loomisel arvestada abonente sõlmega ühendavate liinide keskmise pikkusega. Mida väiksem on nende liinide pikkus, seda suuremat arvu juhtmeid võib viia igasse abonendipunkti ja seda lihtsamatena võib sealsed seadmed kujundada. Kui aga abo-nendipunktid asetsevad sõlmest kaugel (mõne kilomeetri ümber),

siis ühendusliinide maksumuse suurenemise ja abonendipunkti seadmete keeruliseks muutumise tõttu võib individuaalne vastuvõtuseade osutada majanduslikust seisukohast isegi palju kasulikumaks.

Siit järeldub, et televisiooni-translatsioonivõrk peab koosnema lähimat elanikkonda teenindavatest, suhteliselt väikestest sõlme-



Joon. 6.1. Abonendipunkti lahterskeemid erisuguste televisioonitranslatsiooni süsteemide puhul: a — viie sidendi puhul ja b — kahe sidendi puhul.

dest. Selliste sõlmede eksploatatsioonikulude vähendamiseks peab olema ette nähtud nende tsentraliseeritud distantjuhtimine.

Joonisel 6.1 on näitena toodud abonenditeleviisiooniseadmete kahe variandi lahterskeemid. Variant a sisaldab peale vastuvõtutoru ja valjuhääldaja vaid realaotusgeneraatorit koos kõrgepingealaldajaga, kuid vajab sõlmelega ühendamiseks viit sidendit. Variant b vajab vaid kaht sidendit, kuid selle eest sisaldab toitealaldajat, realaotusgeneraatorit koos kõrgepingealaldajaga, pildi-

laotusgeneraatorit ja samuti ka amplituuderaldajat ning eraldusfiltrit sünkroniseerimisimpulsside eraldamiseks.

Individuaalsete televisioonivastuvõtjate massilise leviku puhul võib vajalik antennide ning toiteliinide arv hoonete katustel ja seintel ulatuda mitmete kümnete ja isegi sadadeni. Selline suur arv lähestikku paiknevaid antennisüsteeme muudab normaalse televisioonivastuvõtu vältimatute vastastikuste häirete tekkimise tõttu täiesti võimatuks (rääkimata juba selliste seadmete lubamatusest arhitektuurilisest seisukohast). Mitme programmiga televisioonilevi arenedes süveneb aga see probleem veelgi, sest vajalike antennide arv suureneb vastav arv kordi.

Ülalkirjeldatud televisiooni-translatsioonisüsteem võimaldab peale vastuvõtupunktide maksumuse alandamise mitu korda vähendada ka vajalike antenniseadmete arvu ja osutub seega üheks mainitud probleemi lahendamise vahendiks. Kuid on võimalik ka teine tee selle probleemi lahendamiseks, mis seisab ühisantennisüsteemide kasutamises (vt. VII ptk., p. 3, g).

Ühisantennisüsteem kujutab endast üht või mitut antenni (vastavalt vastuvõetavate televisiooniprogrammide arvule), milledest igaüks on varustatud vastavale televisiooniprogrammile häälestatud kõrgsagedusvõimendajaga. Kõikide programmide signaalid, võimendatuna kõrgsagedusosas ühesuguse tasemeni, segustatakse ja juhitakse koaksiaalkaablite kaudu abonentidele. Iga abonendi juurde paigaldatakse pingejagaja, mis võimaldab suunata vastuvõtja sisendisse vaid väikse osa juurdejuhitud signaalipingest. Sellega välditakse üksikute vastuvõtjate vastastikuse häirimise võimalus ning ühtlasi saavutatakse vastuvõtjate sisendtakistuste sobitus toiteliinide takistustega. Iga vastuvõtja häälestamine soovitud programmile ei erine millegagi vastuvõtust eraldi antenni abil (kui mitte arvestada, et mitmesugustelt saatjatelt saabuvate signaalide pinge võib siin muuta ühesuguseks ja üleminekul ühelt saatelt teisele langeb ära võimenduse reguleerimise vajadus).

3. Suure ekraani probleem

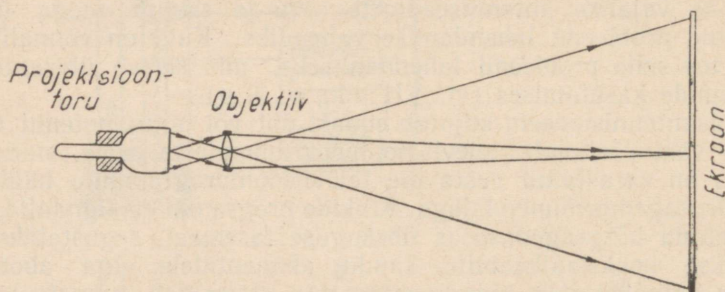
Soov suurendada televisiooniekraani mõõteid on tingitud kahest asjaolust. Esiteks, väiksemõõteline televisioonikujutis omab tunduvalt väiksemat loomulikkust ja isegi üksi vaatamisel (mil on võimalik valida kõige soodsamat vaatenurka) väsitab vaatajat. Teiseks, kujutise mõõdete suurendamine võimaldab suurendada vaatajate arvu, mis on alati soovitav, rääkimata juba sellekohastest vaatesaalidest, kus see on hädavajalik.

Televisioonikujutise mõõdete suurendamist on võimalik saavutada vastuvõtutoru mõõdete vastava suurendamisega. Kuid torud läbimõõduga üle 30—40 cm kujutavad endast väga kogukaid ja raskesti paigaldatavaid seadmeid. Peale selle on selliste torude hind kõrge.

Teine viis kujutise mõõdete mõningaks suurendamiseks seisneb toru ekraani ette asetatavate suurendusläätsede kasutamises. Sellega on võimalik saavutada ligikaudu $1\frac{1}{2}$ —2-kordset kujutise suurenemist ilma märgatavate moonutusteta. Suurendusläätsede puuduste hulka tuleb lugeda tunduvalt nurga ahenemist, mille ulatuses võib toimuda kujutise jälgimine.

Palju tunduvamat kujutise suurenemist on võimalik saavutada optiliste projektsioonisüsteemide kasutamisega (joon. 6.2). Siin on saadava kujutise mõõteid piiravaks peamiseks teguriks tema heledus.

Toru ekraanil saadud kujutise mingi elemendi projitseerimisel satub tema poolt väljakiirratavast kogu valgusvoost objektiivi ainult



Joon. 6.2. Kujutise projektsioonioptika abil suurendamise skeem.

väike osa (umbes 10%); objektiivi mittetäieliku läbipaistvuse tõttu läbib teda vaid veidi üle poole sellest valgusvoost (umbes 60%); ekraanile sattuv valgusvoog osalt neeldub temas, ülejäänud osas aga hajub (70—80% koguses), luues kujutise. Seega ei ületa süsteemi efektiivsus, s. o. toru ekraani poolt väljakiirratava valgusvoo ärakasutamine, 4—6%.

Edasi tuleb arvestada, et antud valgusvoo puhul on heledus pöördvärdeline valgustatava pinna mõõdetega. Järelikult kujutise kümnekordsel suurendamisel moodustab tema heleduse vähenemine (valgusvoo 100% ärakasutamise puhul) 0,01, valgusvoo mittetäieliku ärakasutamist arvestades aga kõigest 0,0004—0,0006 esialgsest väärtusest.

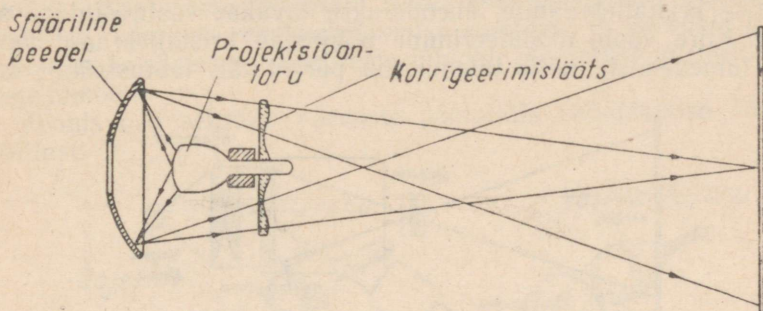
Toodud arvud näitavad ilmekalt raskusi, mis tekivad projektsioonisüsteemide teostamisel. Suurendatud kujutise normaalse heleduse saamiseks tuleb palju kordi suurendada kujutise heledust toru ekraanil.

Selleks otstarbeks on välja töötatud spetsiaalsed projektsioonitorud. Nende torude ekraan on suhteliselt väiksemõõteline (läbimõõt 6—10 cm), kuid väga suure heledusega, mis saavutatakse kiirenduspinge tõstmise ja elektronkiire voolu tugevdamise arvel.

Projitseeritud kujutise heledust saab mõnevõrra suurendada spetsiaalsete, valgust vaataja poole suunavate projektsiooniekraanide

nide kasutamiseks. Sellised ekraanid valmistatakse tavaliselt mattklaasist ja kujutise vaatamine toimub valgusvoo langemisele vastaspoolelt küljelt.

Tunduvalt suuremat kujutise heledust on õnnestunud saavutada peegeldusoptika rakendamise teel (joon. 6.3). Projektsioonitoru ekraanil moodustuv kujutis peegeldatakse siin sfäärilise peegli abil



Joon. 6.3. Kujutise suurendamine peegeldusoptika abil.

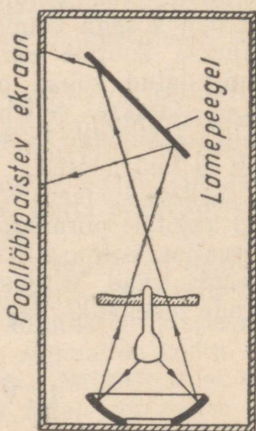
ja suunatakse suurendatud kujul ekraanile. Sfäärilise peegli läbimõõt on tavaliselt toru ekraani läbimõödust $2\frac{1}{2}$ —3 korda suurem ja, asetsedes viimasele väga lähedal, haarab tunduva osa selle poolt kiiratavast valgusvoost. Selle tulemusena on niisuguse süsteemi efektiivsus 5—7 korda suurem projektsioonisüsteemi omast. Sfäärilise peegli ette asetatav korrigeerimislääts vähendab sfäärilise peegli poolt tekitatavaid kujutise moonutusi. Sfäärilise peegli keskosa eemaldatakse, sest temalt peegeldunud valguskiired langeksid tagasi toru ekraanile.

Küllaldaselt suuremõõtelise peegeldusoptika ja vastava projektsioonitoru abil võib saada normaalset kinoekraani katva kujutise.

Projektsioonioptikat rakendatakse mõnikord konsooltüüpi televisioonivastuvõtjates umbes 30×40 cm suuruse kujutise saamiseks. Üks moodus sellise süsteemi paigutamiseks vastuvõtjasse on näidatud joonisel 6.4.

Peale televisioonikujutiste vahetu optilise suurendamise on olemas veel üks suurte televisiooniekraanide saamise viis, mille on esitanud akadeemik A. A. Tsernõšov juba 1925. a. See meetod seisab nn. valgusklappide süsteemi kasutamises, kus elektronkiir ise ei tekita valgusvoogu, vaid ainult tüürib kõrvalise valgusallika valgusvoogu.

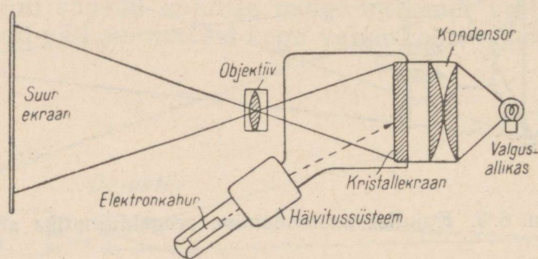
Mõned tavalistes tingimustes valgust läbilaskvad kristallid muu-



Joon. 6.4. Peegeldusoptikasüsteemi paigutus vastuvõtja sees.

tuvad elektronidega pommitamisel läbipaistmatuks. Sellistest kristallidest valmistatud ekraaniga elektronkiiretoru (mida tuntakse *skiatroni* nimetuse all) on valgusklappide süsteemi näidiseks.

Joonis 6.5 illustreerib skemaatilisel valgusklappide süsteemi kasutamist suure televisiooniekraani saamiseks. Valgusklappidega toru, mille elektronkiir on võimeline «joonistama» vastuvõtava kujutise kristallekraanile, ühendatakse tavalise vastuvõtutoru asemele. Kiire voolu moduleerimine põhjustab kristallekraani vastavaid tumenemisi, mille tulemusena pärast täit laotustsükli mo-



Joon. 6.5. Suure televisiooniekraani saamise skeem valgusklappide süsteemi kasutamise teel.

dustub ekraanil ülekantava eseme kujutis (kuna kiire voolu tugevnemisele vastab ekraani tumenemine, siis peab moduleeriv pinge positiivkujutise saamiseks omama polaarsust, mis on vastupidine tavalistes vastuvõtutorudes kasutatava polaarsusega). Konstantse intensiivsusega võimsa valgusallika kiired projitseerivad saadud kujutise suurele ekraanile. Valguskiirte toimel saavad ekraani tumendatud kohad pidevalt oma läbipaistvuse tagasi ja uuesti «joonistatakse» sellele elektronkiirega kujutis. Seega toimub varjukujutise loomine ja selle projitseerimine suurele ekraanile üheaegselt ja lakkamatult.

Selline süsteem võimaldab põhimõtteliselt saavutada projitseeritud kujutise piiramata suurt heledust, sest see heledus sõltub vaid kõrvalise valgusallika võimsusest. Kahjuks pole käesoleval ajal olemasolevad valgusklappide süsteemid veel küllalt täiuslikud nende tegelikuks kasutamiseks televisioonis.

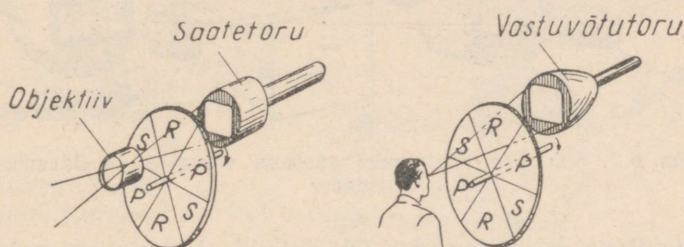
4. Värvilise televisiooni probleem

Värvilise televisioonisaate põhiidee on erakordselt lihtne ja põhineb silma kolmekomponendilisel värvuseaistingul. Värvilise televisioonikujutise saamiseks piisab kolme ühevärvilise kujutise liitmisest, milledest igaühe värvus vastaks ühele põhivärvusele ja omaks ülekantava kujutise erisugustes punktides antud värvusele vastavat heleduse jaotust. Seejuures kujutise iga punkt, olles koostatud kolmest värvuse komponendist vastavas proportsioonis, oman-

dab loomuliku värvuse. Mainitud kujutiste liitmine võib toimuda kas järjestikku, kui nende vaheldussagedus on küllalt suur, või üheaegselt.

Tänapäeval on olemas üsna palju värvilise televisiooni süsteeme. Põhimõtteliselt põhinevad nad kõik värvuste järgemööda ülekandmisel ja erinevad üksteisest peamiselt värvuste vaheldamise viisi poolest. Eristatakse *värvuste vaheldamise pildis* (või *poolpildis*), *vaheldamise süsteemi*, *värvuste reas* vaheldamise süsteemi ja *värvuste punktis vaheldamise* süsteemi. Käsitleme lühidalt iga sellise süsteemi talitluspõhimõtet.

Joonis 6.6 selgitab värvuste poolpildis vaheldamise süsteemi talitlust.



Joon. 6.6. Värvilise televisiooni süsteem, värvuste vaheldamisega poolpildis.

Saatetoru valgustundliku pinna ja temale ülekantava eseme kujutist projitseeriva objektiivi vahele on asetatud kuue valgusfiltriga ketas. See sisaldab kõigi põhivärvuste valgusfiltreid: kahte rohelist, kahte sinist ja kahte punast.

Ketas pöörleb sünkroonselt saatetoru laotusega selliselt, et ketta ühe pöörde kestel toimub kujutise kuue poolpildi laotamine. Seejuures projitseeritakse kujutise esimene väli läbi rohelse valgusfiltri, teine läbi sinise, kolmas läbi punase ja edasi jälle järgemööda läbi rohelse, sinise ja punase filtri. Ketta pöörlemiskiirus peab olema vähemalt 12—15 pööret sekundis.

Kujutise projitseerimisel läbi rohelse valgusfiltri saadavad signaalid on võrdelised rohelse värvuse intensiivsusega selle kujutise eri punktides. Sedasama võib öelda ka kujutise projitseerimisel läbi sinise ja punase valgusfiltri saadavate signaalide kohta.

Ketta täispöörde vältel toimub ülekantava kujutise kogu pildi lahutamine väljadeks kõigi värvuste kaupa (igale värvusele tuleb kaks vahelduva laotuse poolpildivälja).

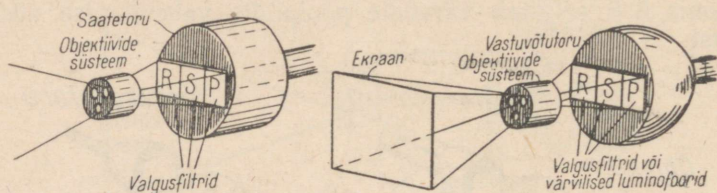
Süsteemi vastuvõtupoolel asetseb vaatajate ja vastuvõtutoru valge helendusega ekraani vahel valgusfiltritega ketas, mis on täiesti sarnane saatepoolel kasutatava kettaga. Toru laotus ja ketta pöörlemine vastuvõtupoolel on rangelt sünkroniseeritud toru laotuse ja ketta pöörlemisega saatepoolel.

Saabusvad signaalid moduleerivad toru tavalisel viisil ja põh-

justavad tema ekraanil must-valge kujutise tekkimise. Selle kujutise üksikud väljad värvitakse vaheldumisi roheliseks, siniseks ja punaseks. Nägemise inertsil tagajärjel valguvad erivärvilised väljad kokku ja silmas tekib ülekantava eseme täielik kujutis loomulikes värvustes.

Joonisel 6.7 on skemaatiliselt kujutatud värvuste reas vaheldamise süsteemi põhimõte.

Saatetoru valgustundliku pinna ette paigutatud objektiivide süsteem loob temale kolm ühesugust, reaaltuse sihis kõrvuti paikne-



Joon. 6.7. Värvilise televisiooni süsteem värvuste vaheldamisega ridades.

vat ülekantava eseme kujutist. Objektiivide ja kujutise projektsioonide vahel paikneb roheline, sinine ja punane valgusfilter. Nende valgusfiltrite toime tulemusena moodustub iga saadud kujutis vaid ühe põhivärvuse kiirtest.

Kõiki kolme kujutist laotatakse piki ridu vasakult paremale nagu üht tervikkujutist. Seega tekitatakse kiire liikumisel üle kogu laotusrea kujutise rohelise, sinise ja punase rea signaalid. Projitseeritud kujutise (kahest väljast koosneva) kogu pildi laotamise tulemusena toimub värvilise kujutise kuue välja ülekande eri värvustega ridade vaheldamise järjekorras.

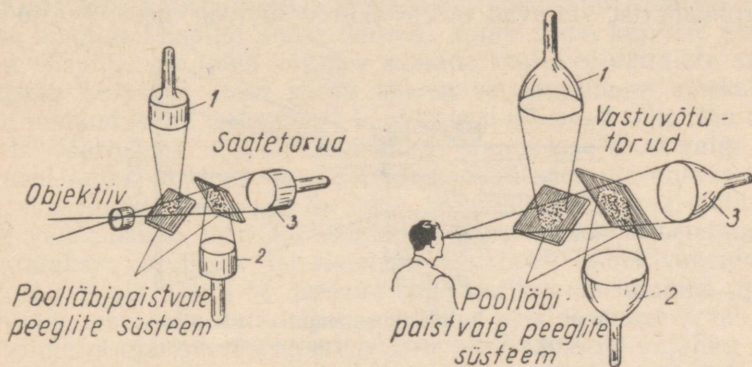
Saatetoru poolt tekitatavad signaalid satuvad vastuvõtutoru juhtelektroodile ja taastuvad tema ekraanil. Vastuvõtutoru ekraan on jaotatud kolmeks osaks: üks osa helendub rohelisena, teine sinisena ja kolmas punasena (seda saavutatakse ekraani koostises eriluminofooride kasutamisega või ekraani ees paiknevate valgusfiltrite kasutamisega). Laotuskiir liigub üle vastuvõtutoru kõigi kolme osa täpselt samuti nagu saatetoru kiir liigub üle ülekantava kujutise kolme projektsiooni, moodustades ekraanile kõrvuti kolm kujutist: rohelise, sinise ja punase. Need kujutised osutuvad saatetoru valgustundlikule pinnale projitseeritud kujutiste kordusteks.

Objektiivide süsteemi abil projitseeritakse igaüks saadud kolmest kujutisest tavalisele ekraanile selliselt, et kõigi kolme kujutise projektsioonid ühtiksid üksteisega. Selle tulemusena tekib projektsiooni-ekraanil raster, mille ridade värvus järgemööda vaheldub, kusjuures kujutise täispildi ülekande kestel rastro iga rida muudab oma värvust kolm korda.

On ilmne, et vaatajad tajuvad kujutist loomulikes värvustes.

Joonis 6.8 illustreerib värvuste lahutamise ja liitmise viisi värvuste punktis vaheldamise süsteemis.

Saatepoolel kasutatakse kolme ühesugust saatetoru ja ühte objektiivide poolläbipaistvate, värvusi valivate peeglitega, mis lahutavad objektiivile langeva valgusvoo kolmeks põhivärvusteks valgusvooks. Selle tulemusena projitseeritakse esimesele torule ainult ülekantava eseme kujutise punased koostisvärvused, teisele ainult sinised, kolmandale aga ainult rohelised.



Joon. 6.8. Värvuste üheaegse ülekandmisega ja samuti värvuste punktis vaheldamisega süsteemi talitluse selgitamiseks.

Kõigis kolmes torus toimub projitseeritavate kujutiste täiesti samane ja üheaegne laotamine. Seega tekivad kolm iseseisvat signaali, milledest igaüks vastab ühele kujutise põhivärvustest.

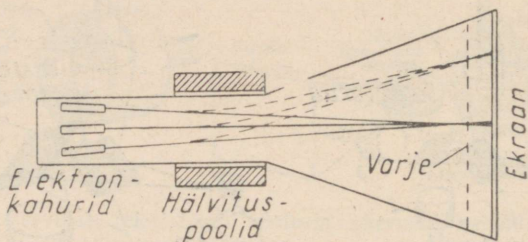
Kujutise vastuvõtul võib saadud signaalidega toimida mitmesuguselt. Näiteks võib neid üle kanda kolme eraldi kanali kaudu ja suunata vastavalt punase, sinise ja rohelise ekraaniga vastuvõtutorudesse ning edasi saatesüsteemiga analoogilisse poolläbipaistvate peeglite süsteemi (joon. 6.8). Seejuures toimub kolme eri toru poolt tekitatava värvilise kujutise segunemine ja vaatajad näevad ühte värvilist kujutist.

Sellist värvilise kujutise ülekandmise viisi nimetatakse üheaegseks, kuna siin toimub kõigi kolme koostisvärvuse üheaegne ülekanne. Et aga kolme signaali üheaegseks ülekandmiseks on vaja kolme sidekanalit, siis on see meetod majanduslikult ebasoodne.

Kasutades samasugust aparatuuri, on võimalik värvilist kujutist üle kanda ka ühe sidekanali kaudu. Selleks lülitatakse puutelektriliste kommuteerimisvahendite abil kõik kolm saatetoru ükskõik millises järjekorras kordamööda saatja sisendiga. Vastuvõetud signaalid suunatakse samas järjekorras kordamööda vastavatesse vastuvõtutorudesse, mis ülejäänud aja vältel jäävad suletuiks. Mainitud saate- ja vastuvõtutorude sünkroonne ümberlülitamine toimub kujutise elementide vaheldamise kiirusega ja ulatub mitme miljoni kor-

rani sekundis. Selle tulemusena näevad vaatajad pärast kujutiste liitmist pilti nagu signaalide üheaegse ülekandmise puhulgi, ehkki tõepoolest toimub igal hetkel vaid ühe värvuse ülekandmine.

Viimase ülekandeviisi puhul saab kujutise vastuvõtuks kasutada ka teistsuguseid meetodeid. Kõige huvitavamaks neist on vastuvõtt ühe kolmekomponendilise värvilise ekraaniga toru abil (joon. 6.9). Selle toru ekraan on kaetud seestpoolt varjega, mis sisaldab hulgaliselt avasid (millede arv ei tohi olla väiksem kui ülekantava kujutise elementide arv). Toru sees paiknevast kolmest elektronkahurist väljuvad elektronkiired läbivad neid avasid eri-



Joon. 6.9. Kolmekomponendilise värvilise ekraaniga vastuvõtutoru tegutsemise skeem.

suguste nurkade all, mille tagajärjel nad satuvad ekraani erinevatesse punktidesse. Nii jaguneb kogu ekraani pind kolmeks üliväikeste elementide rühmaks. Selliste elementide üks rühm on kaetud roheliselt, teine siniselt ja kolmas punaselt helendava luminofooriga. Kõigi kolme kiire jaoks kasutatakse ühist laotus- ja teravustussüsteemi. Kujutisesignaali suunatakse järgemööda toru kolmele juhtelektroodile.

Värvilise televisiooni süsteemidele on omased kujutise iseloomulikud moonutused. Selliste moonutuste esimeseks allikaks võib osutada üksikute värviliste piltide ebatäpne ühtimine üksteisega. See põhjustab kujutise piirjoonte ümber värvilise pärja tekkimist ja tema teravuse vähenemist (analoogiliselt erineva värvusega klišeede mitteühtimisega mitmevärviliste piltide trükkimisel). On ilmne, et seda laadi moonutusi esineb kõige vähem värvuste pildis vaheldamisega süsteemides, sest siin toimub laotamine ainult ühes pinnas.

Teine liik moonutusi võib tekkida tingituna ülekantava objekti kiirest ümberpaiknemisest, mispuhul tema üksteisele järgnevad värvilised kujutised ei ühti üksteisega. Selle tagajärjel võib tekkida värviline pärg või isegi mitu üksteisele järgnevat eri värvusega kujutist. Seda laadi moonutusi esineb kõige rohkem värvuste pildis vaheldamisega süsteemides, kõige vähem värvuste punktis vaheldamisega süsteemides, kus värvuste vaheldumise sagedus on maksimaalne.

Kolmandaks värviliste televisioonikujutiste puhul esineva eba-

soovitava efekti allikaks on vaatajate silmade tahtmatu ümberpaiknemine kujutise suhtes (selline ümberpaiknemine võib toimuda juhuslikult või ülekantava kujutise liikuvate objektide pilguga jälgimise tulemusena). See põhjustab silma võrkkestale projitseeritavate üksteisele järgnevate värviliste kujutiste vastastikust nihkumist, mistõttu vaatajad näevad jälgitava kujutise piirjoonte ümber värvilist pärta. Selline nähtus esineb ainult värvuste pildis vaheldamise süsteemides. Teistes süsteemides, kus värvused vahelduvad palju kiiremini, seda ei teki.

Kuna kõik kolmevärvilise televisiooni süsteemid kasutavad värvilise kujutise täispildi ülekandmiseks kolme sama kujutise ühevärvilist täispilti, siis tuleb kujutise samade kvaliteedinäitajate saavutamiseks kasutada kolm korda laiemat sagedusribaga sidekanalit. Kuid majandusliku iseloomuga kaalutlused nõuavad selle riba ahendamist väärtuseni, mis oleks lähedane standardse must-valge televisiooni jaoks vajaliku sagedusribaga. Säilitades ülekantava kujutise samasugust teravust, on seda võimalik saavutada pildisageduse vähendamise teel. Pildisageduse kahekordselt vähendamiseks kasutatakse värvilises televisioonis tavaliselt punktivaheldusega laotust (vt. ptk. III, § 3). Edasist sagedusriba vähendamist aga on võimalik saavutada vaid kujutise kvaliteedi halvenemise arvel.

Viimasel ajal on värvilise televisiooni ülekandeks vajaliku sagedusriba ahendamise eesmärgil esitatud signaali kõrgsageduskomponentide segustamise meetod. See meetod põhineb inimese silma füsioloogilisel omadusel mitte eristada väikse nägemisnurga piires nähtavate esemete värvusi; sellised esemed näivad temale must-valgetena.¹ Järelikult ei ole mingisugust mõtet kanda üle ja taastada kujutise väikeste detailide kõiki kolme värvuskomponenti: piisab, kui piirduda nende must-valge taastamisega. Kui näiteks ülekantava kujutise teravust määrav sagedusriba ülemine piir on f_2 , mis leitakse võrrandiga (3.4), siis võib kujutise iga värvuskomponendi ülekandeks piirduda sagedusribaga 0 kuni $\frac{1}{2}f_2$, väikeste detailide ülekandmiseks must-valge taastamisega aga sagedusribaga $\frac{1}{2}f_2$ kuni f_2 . Sel juhul on kujutise ülekandmiseks vajalik kogu sagedusriba leitav valemiga:

$$\Delta F = 3(\frac{1}{2}f_2 - 0) + 1(f_2 - \frac{1}{2}f_2) = 2f_2.$$

Kui seejuures kasutada punktivaheldusega laotust, mis pildisageduse vähendamise teel võimaldab kahekordselt vähendada sagedusriba ülemist piiri, muutub sagedusriba võrdseks samasugust teravust omava must-valge televisiooni sagedusribaga.

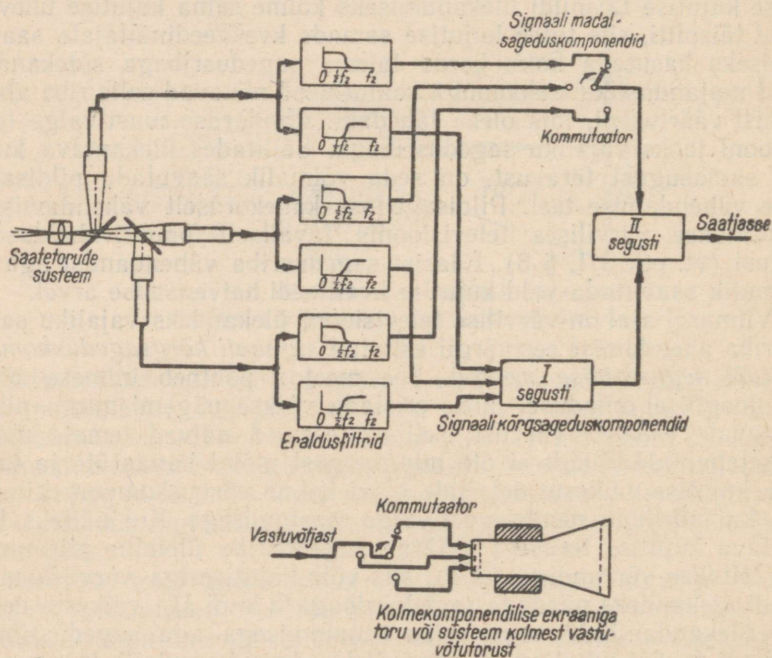
Kahjuks on signaali kõrgsageduskomponentide segustamise meetod rakendatav ainult värvuste lakkamatu ülekandmisega süsteemis ja värvuste punktis vaheldamisega süsteemis. See on sele-

¹ Selles on hõlpus veenduda, vaadeldes valgele paberile kantud värvilist punkti; küllalt suurel kaugusel näib ta mustana.

tatav asjaoluga, et ainult nendes süsteemides on võimalik signaali kolme värvuskomponendi segustamisega saada vastavat must-valget signaali.

Joonisel 6. 10 on toodud värvilise televisioonisüsteemi saate- ja vastuvõtuosa lihtsustatud skeem, kus rakendatakse värvuste punktis vaheldamist ja kõrgsageduskomponentide segustamise meetodit.

Kolmelt saatetorult saadavad signaalid suunatakse filtritesse, mis lahutavad nad madal- ja kõrgsageduskomponentideks. Madal-sageduskomponendid satuvad kommutaatorisse, mis sooritab sekun-



Joon. 6. 10. Signaali kõrgsageduskomponentide segustamise meetodil põhineva värvilise televisiooni saate- ja vastuvõtuosa lihtsustatud lahterskeem.

dis mitu miljonit ümberlülitamist (täpsemalt, kolm ümberlülitamist kujutise ühe elemendi ülekandmise kestel) ja määrab sel teel ülekantava kujutise värviliste elementide vaheldumise korra. Kõrgsageduskomponendid satuvad segustisse I, mille väljast saadakse kõigi kolme värvuskanali jaoks ühine signaali kõrgsageduskomponent. Saadud televisioonisignaali komponendid segustatakse segustis II ja juhitakse saatjasse.

Vastuvõtuseadme väljes sisaldub saatja kommutaatoriga sünkroonselt töötav kommutaator, mis lülitab järgemööda ümber vastuvõtutorusid (või ühe kolmekomponendilise ekraaniga toru kiiri) üheaegselt vastavate saatetorude ümberlülitamisega.

Lõpuks tuleb märkida, et valgusklappide süsteemide arenemine koos suure ekraani rakendamisega hõlbustab värviliste televisioonikujutiste saamise ülesannet. Valgusklappidega projektsioonisüsteemi olemasolu korral võib värvuste vaheldamist teostada valgusfiltritega ketta abil, mis paikneb vahetult valgusallika ees ja omab seetõttu väga väikseid mõõteid. Valgusfiltrites esinevat valguskadu võib sel juhul kompenseerida valgusallika tugevuse vastava suurendamisega.

5. Televisiooni teised rakendusala

Seni me käsitlesime ainult üht televisiooni rakendusala, nimelt televisioonilevi. Sellel rakendusala on televisioon saavutanud kõige suurema leviku. Kuid leviga ei piirdu kaugeltki kõik televisiooni rakendamise võimalused.

Televisioon võib leida ja on juba leidnudki kõige mitmekesisemat rakendust real teaduse ja tehnika aladel.

Televisiooni võib kasutada täiendava vahendina kahesuunalises sides. Näiteks võivad kaks telefoni teel kõnelust pidavat kaasvestlejat olla teineteisele nähtavad (*viideotelefon*). Selleks on vaja, et kummagi kaasvestleja ees oleks saatekaamera ja vastuvõtuseade. On arusaadav, et viideotelefoni juurutamine saab olla võimalik ainult saate- ja vastuvõtuaparatuuri tunduva lihtsustamise ja odavamaks muutmise korral.

Tootmisprotsesside eemalt juhtimiseks on mõnikord soovitatav omada jälgitavate esemete ruumilist (*stereoskoopilist*) kujutist, mida ei saa anda tavaline televisioon. See on eriti oluline neil juhtudel, mil vaatelejal on tarvis sooritada eemalt juhitava tööriista abil ühtesid või teisi menetlusi ja selleks jälgida tema ümberpaiknemisi kolmemõõtelises ruumis. Sel juhul tuleb kasutada stereoskoopilist televisiooni.

Nagu teada, tunnetame me vaadeldavat kolmemõõtelist objekti ruumilisena peamiselt tänu kahe silma olemasolule, millest kumbki näeb vaatluspunktide mõninga nihke tõttu teineteisest veidi erinevat kujutist. Seega kui kummagi silma jaoks taastada tema poolt nähtav tasapinnaline kujutis, siis näeb vaatleja kujutist ruumilisena. Seadet, millega kirjeldatud efekti saavutatakse, nimetatakse *stereoskoobiks*.

Kui ülekantavale esemele suunata kaks horisontaalsihis veidi nihutatud saatetoru, milledest üks tajuks kujutist, mis vastab vasakule, teine aga paremale silmale, ja vastuvõtupoolel vaadelda vastavaid kujutisi stereoskoobi (või mõne muu seadme) abil kahe vastuvõtutoru ekraanil, siis näeb vaatleja televisioonikujutist ruumilisena. Selleks otstarbeks kasutatakse tavaliselt vaid üht saatetoru, mis on varustatud kahe teineteise suhtes nihutatud ja ülekantava eseme kujutist toru valgustundliku pinna kahele eri poolele projitseeriva objektiiviga. Seejuures tekivad vastuvõtutoru ekraani vastavatele pooltele kaks kujutist, mis on vaadeldavad mistahes ste-

reoskoopilise süsteemi abil. On võimalikud ka teised stereoskoopiliste televisioonikujutiste saamise variandid, mis võimaldavad vaatlust mitte ainult ühele inimesele, vaid ka arvukale auditooriumile.

Võib esineda juhtumeid, mil televisioon osutub ainukeseks vahendiks, mis võimaldab laiendada mingisuguse teaduslikust või õppesuisukohast huvitava nähtuse vaatlejate auditooriumi. Siia kuulub kõigepealt võimalus keerukate kirurgiliste operatsioonide jälgimiseks televisiooni teel, mis võivad osutada õpetlikeks suurele hulgale isikutele, kes ei saa viibida operatsioonisaalis. Sellistel juhtudel on eriti soovitatav värvilise televisiooni rakendamine.

Televisiooni rakendamisega saab meelevaldselt suurendada vaatlejate auditooriumi mikroskoobiga nähtavate mikrobioloogiliste protsesside, teleskoobiga nähtavate astronoomiliste nähtuste ja reaiste sündmuste jälgijate auditooriumi.

VII PEATÜKK

TELEVISIOONI VASTUVÖTUANTENNID

1. Üldmõisted

Televisiooni vastuvõtuseadmete tundmaõppimisel tuleb käsitleda ultralühilainete levikut (peamiselt lainealas 3—6 m), antenni, toiteliine ja televisioonivastuvõtjaid (televiisoreid) ning samuti televiisorite häälestamist ja neis esinevaid rikkeid.

On teada, et pikkade ja keskmiste raadiolainete vastuvõtul (näiteks ringhäälingu sagedusastmikes 150—415 kHz ja 520—1600 kHz) ei oma antenni mõõted ja tüüp erilist tähtsust. Televisioonitehnikas aga sõltub kujutise ja heli kvaliteetne vastuvõtt peamiselt küll vastuvõtja omadustest, kuid suurel määral ka vastuvõtuks kasutatava antenni tüübist, konstruktsioonist, sobitusest toiteliiniga ja paigutusest.

Antenni õige valikuga on võimalik vältida kujutises peegeldusmoonutusi ja teostada kaugvastuvõttu, mis juhusliku antenniga pole võimalik.

a. Televisioonileviks kasutatavad sagedusribad

Rahvusvaheliste konventsioonidega on eraldatud televisiooni-saadeteks mitu sagedusala.

Käesoleval ajal kantakse NSV Liidus televisioonisaateid üle sagedusalas 48,5—100,0 MHz, mis on jaotatud viieks televisioonikanaliks (sagedusribaks) vastavalt tabelile 7.1.

Sagedusriba 66—73 MHz on määratud kohalike ringhäälingu saadete kõrgekvaliteediliseks leviks sagedusmoduleerivate saatjate kaudu.

Praegu kasutavad esimest kanalit näiteks Leningradi, teist kanalit Tallinna ja Kiievi ning kolmandat Riia ja Harkovi televisioonisaatjad.

Keskmiselt on saatekanali sagedusriba laiuseks 8 MHz, nagu on näidatud III peatükis, joonisel 3.15.

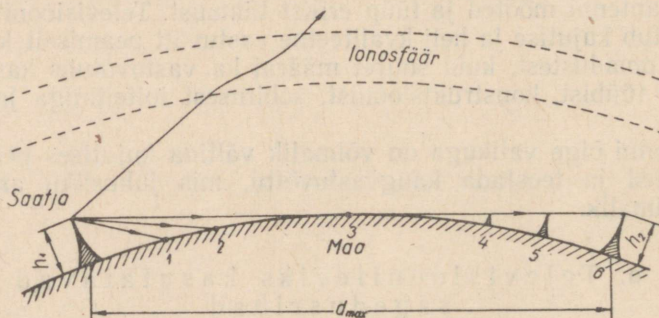
Televisioonivastuvõtjates kasutatakse niihästi kujutise kui ka

| Kanali nr. | Sagedusriba MHz | Laineriba m | Kujutise kandesagedus MHz | Helitausta kandesagedus MHz | Kanali keskmine sagedus MHz | Kanali keskmine laine-pikkus m |
|------------|-----------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| I | 48,5 — 56,5 | 6,18 — 5,31 | 49,75 | 56,25 | 52,5 | 5,71 |
| II | 58,0 — 66,0 | 5,16 — 4,54 | 59,25 | 65,75 | 62,0 | 4,85 |
| III | 76,0 — 84,0 | 3,95 — 3,57 | 77,25 | 83,75 | 80,0 | 3,75 |
| IV | 84 — 92 | 3,57 — 3,26 | 85,25 | 91,75 | 88,0 | 3,425 |
| V | 92 — 100 | 3,26 — 3,00 | 93,25 | 99,75 | 96,0 | 3,13 |

heli vastuvõtuks ainult üht antenni. Seepärast peavad nimetatud antennid võimaldama vastuvõttu 8-megahertsises sagedusribas, ilma tundlikkuse tunduva muutumiseta.

b. Ultralühilainete levik

Raadiolainete levimise kohta on üldiselt teada, et mida lühem on laine, seda rohkem sarnanevad tema füüsikalised omadused (levimine, pegeldumine, murdumine jne.) valguslainete omadustele.



Joon. 7.1. Ultralühilaine levik saatja antennist.

Teatavasti «painduvad» pikad lained vastavalt maakera kumerusele, kuna meeterlained levivad peamiselt sirgjooneliselt.

Vaatleme ultralühilaine levimist saatja antennist, kui viimane asub maapinnast kõrgusel h_1 (joon. 7.1) ja vastuvõtuantennid asuvad punktides 1, 2, 3, 4, 5 ja 6.

Punktides 1, 2 ja 3 toimub vastuvõtt ilma vastuvõtuantenni tõstmiseta kõrgemale Maa tasapinnast (merepinnast).

Kuid tingituna ultralühilaine sirgjoonelisest levikust on punktides 4, 5 ja 6, mis asuvad maakera kumeruse taga, vaja vastuvõtuantenn tõsta teatud kõrgusele, et oleks võimalik vastu võtta signaali.

Suurim kaugus (d_{\max}) kilomeetrites, kus ultralühilainet antud antenni kõrguste puhul saab veel vastu võtta, on arvatav valemiga:

$$d_{\max} = 3,6 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ km}, \quad (7.1)$$

kus h_1 — saateantenni kõrgus m;
 h_2 — vastuvõtuantenni kõrgus m.

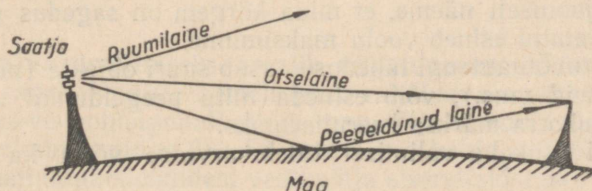
Näiteks kui $h_1 = 198$ m, siis 16 meetri kõrguse vastuvõtuantenni puhul ($h_2 = 16$ m) on maksimaalseks vastuvõtukauguseks

$$d_{\max} = 3,6 (\sqrt{198} + \sqrt{16}) = 65 \text{ km}.$$

Kuid teame, et praktiliselt on võimalik sooritada vastuvõttu ka kaugemalt, kui seda äsjane arvutus näitas. See on tingitud sellest, et ultralühilained, levides madalamates atmosfäärikihtides, teatavate ilmastikutingimuste puhul siiski veidi painduvad maakera kumbruse järgi.

Saatja antennist kiirguv energia võib jõuda vastuvõtuantenni peamiselt kahel viisil: vahetult või peegeldumise teel.

Saatja antennist kiirguvat elektromagnetilist lainet, mis vahetult jõuab vastuvõtuantenni, nimetatakse *otselaine*ks; lainet aga, mis peegeldub maapinnalt (või mõnelt esemelt) ning, muutnud oma faasi ja suunda, jõuab vastuvõtuantenni, nimetatakse *peegeldunud laine*ks.



Joon. 7.2. Otselaine, peegeldunud laine ja ruumilaine.

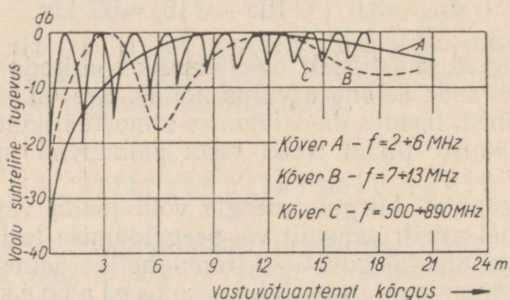
Peale selle kiirgab saatja antenn lainet, mis levib sirgjooneliselt, läbib Maa atmosfääri ja suundub maailmaruumi. Seda lainet nimetatakse *ruumilaine*ks. Joonisel 7.2 on näidatud nimetatud lainete levimissuunad.

Lühemate lainete piirkonnas annab end eriti tunda elektromagnetiliste lainete peegeldumine, mistõttu sellele nähtusele tuleb pöörata tähelepanu televisiooni vastuvõtuantenni ülesseadmisel.

Jooniselt 7.2 näeme, et peegeldunud laine levimisteed on vastuvõtuantennini on pikem kui otselaine teekond. Seetõttu võib juhtuda, et otse- ja peegeldunud lainete faasid vastuvõtuantennis enam ei ühti ja vastuvõtt osutub sel juhul nõrgemaks. Paigutanud aga vastuvõtuantenni kõrgemale, nii et otse- ja peegeldunud lained on faasis, osutub vastuvõtt tugevamaks. Kui paigutame vastuvõtuantenni

veel kõrgemale, siis jällegi pole otse- ja peegeldunud lained enam faasis ning antennis indutseeritav vool nõrgeneb. Kui aga paigutame antenni veelgi kõrgemale, võime saavutada antennis jällegi maksimaalse tugevusega voolu. Neid voolu maksimaalseid väärtusi antennis nimetatakse *esimeseks maksimumiks*, *teiseks maksimumiks* jne. Nimetatud maksimumid esinevad siis, kui vastuvõtuantenn asub kohas, kus otse- ja peegeldunud lained on faasis.

Joonisel 7.3 on toodud vastuvõtuantennis indutseeritava voolu suhteline tugevus, võrrelduna esimese maksimumiga, sõltuvalt antenni kõrgusest meetrites.



Joon. 7.3. Vastuvõtuantennis indutseeritud voolu suhtelise tugevuse sõltuvus antenni kõrgusest.

Sellelt jooniselt näeme, et mida kõrgem on sagedus (kõver C), seda sagedamini esineb voolu maksimume.

Kui vastuvõtuantenni läheduses asub suuri objekte (mitmekorruselisi hooned vms.), võib esineda mitu peegeldunud lainet. See muudab olukorra märksa keerulisemaks.

Antenni asukoha valimisel tuleb arvesse võtta ka kohalikke häirevälju.

c. Vastuvõtuks vajalik väljatugevus

Akadeemik V. A. Vvedenski on andnud ultralühilainete väljatugevuse arvutamiseks järgmise valemi:

$$E_v = \frac{70 h_1 h_2}{\lambda d^2} \sqrt{P_k D}, \quad (7.2)$$

kus E_v — väljatugevus $\mu\text{V/m}$;

h_1 ja h_2 — saate- ja vastuvõtuantenni kõrgused m;

λ — lainepikkus m;

d — saatja ja vastuvõtja vaheline kaugus km;

P_k — kiirguva laine võimsus W;

D — saateantenni suunategur.

Vvedenski valem on kehtiv ainult siis, kui kaugus d on suurem kui h_1 ja h_2 .

Leiame nüüd väljatugevuse lk. 179 toodud näites saadud kaugusel $d=65$ km, kui lainepikkus $\lambda=4,85$ m, kiirguva laine võimsus $P_k=5000$ W ja $D=1,64$:

$$E_v = \frac{70 \cdot 198 \cdot 16}{4,85 \cdot 65^2} \sqrt{5000 \cdot 1,64} = 980 \frac{\mu V}{m}$$

Teatavasti kantakse televisioonisaate helitaust üle sagedusmoduleerituna, mis tagab suure häirevabaduse. Seetõttu on helitausta rahuldavaks vastuvõtmiseks vajalik väljatugevuse ühesugune niihästi maal kui ka linnades, kuigi viimastes on alati rohkem kohalikke häirevälju. Sagedusmoduleeritud helitausta rahuldavaks vastuvõtmiseks vajalik väljatugevus on toodud tabelis 7.2.

Tabel 7.2

| Sagedus f MHz | Lainepikkus λ m | Väljatugevus E_v $\mu V/m$ |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 60 | 5 | 50 |
| 75 | 4 | 80 |
| 100 | 3 | 100 |

Kujutise vastuvõtmiseks vajalik väljatugevus sõltub eelkõige vastuvõtja omakahinaist. Nimelt peab rahuldava vastuvõtu saavutamiseks televisioonisignaali pinge vastuvõtja sisendis ületama vastuvõtja omakahina pinget 20—50 korda. Omakahin on põhiliselt tingitud soojusfluktuatsioonidest vastuvõtja sisendtakistuses ja haavelpektist esimese võimendusastme lambis (vt. III ptk., § 4).

Kui vastuvõtja sisendtakistus on 75Ω , tekivad soojusfluktuatsioonidest tingitud kahinad (vastavalt avaldisele 3.13), mille pinget ruutkeskmine väärtus

$$U_s = 2\sqrt{kTR\Delta f} = 1,28 \cdot 10^{-4} \sqrt{R\Delta f} = 1,28 \cdot 10^{-4} \sqrt{75 \cdot 6,0 \cdot 10^6} = 2,71 \mu V,$$

kus tegur $1,28 \cdot 10^{-4}$ on saadud sel teel, et avaldisele $2\sqrt{kT}$ on asetatud väärtused: Boltzmanni konstant $k=1,37 \cdot 10^{-23} J/^\circ C$ ja absoluutne temperatuur $T=300^\circ K$, ning ümberarvutamiseks μV -dele on saadud tulemust korrutatud teguriga 10^6 .

Kasutades kõrgsagedusvõimendajaks televisioonipentoodi 6Ж4, mille kahina-asetakistus $R=720\Omega$, on esimeses võimendusastmes tekkiva kahinapinge ruutkeskmine väärtus, taandatuna lambi võrele:

$$U_1 = 1,28 \cdot 10^{-4} \sqrt{R\Delta f} = 1,28 \cdot 10^{-4} \sqrt{720 \cdot 6,0 \cdot 10^6} = 9,92 \mu V.$$

Kahinapingete väärtuste korrapäratu iseloomu tõttu liituvad nende ruutkeskmised väärtused geomeetriliselt, mistõttu kogu kahinapinge

$$U_k = \sqrt{U_s^2 U_1^2} = \sqrt{2,71^2 \cdot 9,92^2} = 10,24 \text{ } \mu\text{V}.$$

Vajalik televisioonisignaali pinge kõrgsagedusvõimendaja võrel on seega

$$U_{sjs} = 50 \cdot U_k = 50 \cdot 10,24 = 512 \text{ } \mu\text{V}.$$

Antennide asendatavuse teooria põhjal on vastuvõtuantennis indutseeritav elektromotoorne jõud

$$E = E_v h_{ef} \mu\text{V}, \quad (7.3)$$

kus E_v — väljatugevus $\mu\text{V/m}$;

h_{ef} — antenni efektiivkõrgus m.

Vastuvõtja sisendtakistusel R_{sjs} tekkiv pinge, arvestamata kadusid toiteliinis (vt. joon. 7. 28)

$$U_{sjs} = E \frac{R_{sjs}}{R_k + R_{sjs}}, \quad (7.4)$$

kus R_k — antenni kiirgustakistus.

Seega kui vastuvõtuantenniks kasutatakse saatjale suunatud poolainedipooli ($h_{ef} = \frac{\lambda}{\pi}$; $R_k = 73,2\Omega$), siis on lainepikkusel $\lambda = 4,85$ m vastuvõtuks vajalik väljatugevus

$$E_v = U_{sjs} \frac{R_k + R_{sjs}}{R_{sjs}} \cdot \frac{\pi}{\lambda} = 512 \frac{73,2 + 75}{75} \cdot \frac{\pi}{4,85} = 654 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}.$$

Kahinate mõju täpsemal käsitlemisel tuleb arvestada, et kahinapinge juhuslikud tipud ületavad avaldisega (3. 13) arvutatava ruutkeskmise väärtuse 3—4 kordselt.

Kohalike häireväljade olemasolu puhul peab televisioonisignaali vastuvõtja sisendis ületama peale vastuvõtja omakahinate ka häirepinge, mistõttu rahuldavaks vastuvõtuks vajalik väljatugevus võib osutuda palju suuremaks.

Võrdluseks olgu mainitud, et kesklaineil loetakse kvaliteetseks ringhäälinguvastuvõtuks vajalikuks väljatugevuseks linna tööstusrajoonides 10—15 mV/m, elamurajoonides 2—10 mV/m, maal aga, kus häired puuduvad, on vajalik väljatugevus 100 $\mu\text{V/m}$.

2. Liinid

Televisioonivastuvõtul ei asu antenn tavaliselt vastuvõtja vahe- tus läheduses. Antenni ühendamiseks vastuvõtjaga kasutatakse tihti kahejuhtmelist liini, nn. *toiteliini*.

Kuna televisioonis kasutatakse ultralühilaineid pikkusega 3—6 m (tabel 7.1), siis on antenni toiteliin tavaliselt mitu korda pikem kui selles leviv laine.

Liini juhtmetest moodustuvat vooluringi osa, mis asetseb liini alg- ja lõppklemmide vahel, nimetatakse *sidendiks*. Taolisi sidendeid, mis on pikemad kui neis leviv laine või millede pikkus moodustab tunduva osa leviva laine pikkusest, nimetatakse *pikksidenditeks*.

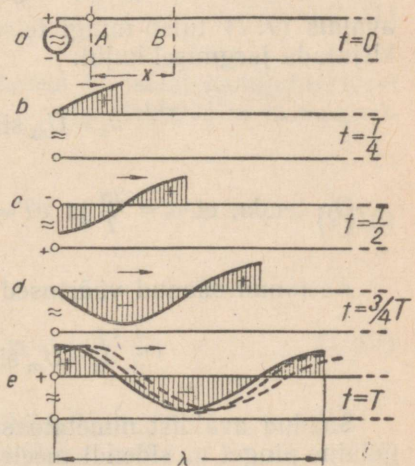
Seoses laine levimisega pikksidendis kerkib üles terve rida probleeme, nagu sidendi sobitamine, laine peegeldumine jne., mida käsitlemegi alljärgnevas lähemalt, et tundma õppida televisiooni- vastuvõtul kasutatavate toiteliinide ja antennide omadusi.

a. Lainete levik pikksidendites

Kui, sümmeetrilise pikksidendi külge lülitada generaator (joon. 7.4,a), siis hakkavad sisselülitamise hetkest alates mõlemad juhtmed laaduma, kusjuures juhtmete vahel kujunev elektriväli ja juhtmete ümber tekkiv magnetväli jagunevad piki kogu sidendit. Pinge juhtmete vahel ja vool juhtmeis on igal hetkel sidendi eri punktides erisugused ning sõltuvad üheaegselt ajast t ja sidendi algpunktist A arvatud kaugusest x . Mainitud pinge ja voolu jagunemine ehk, nagu neid nimetatakse, *pingelaine* ja *voolulaine* levivad piki sidendit, selle algusest lõpu poole, konstantse kiirusega. Niisugust lainet nimetatakse *levivlaine*ks.

Ideaalses sidendis, kus puuduvad juhtmete aktiivtakistusest ja isolatsioonijuhtivusest tingitud kaod, levib laine kiirusega

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} \frac{\text{km}}{\text{sek}}, \quad (7.5)$$



Joon. 7.4. Laine levik pikksidendis.

kus L — sidendi ühe kilomeetri induktiivsus H/km;

C — sidendi ühe kilomeetri mahtuvus F/km.

Sidendi elektriliste põhiomaduste — induktiivsuse L ja mahtuvuse C arvulisi väärtusi, väljendatuna sidendi pikkusühiku (km või m) kohta, nimetatakse sidendi *põhiparameetriteks*.

Sidendis, kus juhtmetevaheliseks dielektrikuks on õhk, võrdub laine levimiskiirus v ligikaudu valguse kiirusega $c = 3 \cdot 10^8$ m/sek. Mõne muu dielektriku puhul on laine levimiskiirus väiksem ja arvutatav küllaldase täpsusega valemi abil:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}},$$

kus ϵ_r ja μ_r on sidendi dielektriku suhteline dielektriline ja magnetiline läbitavus.

Siinuselise toitepinge puhul muutub pinge ülipika sidendi ehk nn. lõputu pikksidendi igas punktis samuti siinuselisel. Sellise laine levik on skemaatiliselt kujutatud joonisel 7.4, b—e, kus levivaine faasid on kujutatud iga veerandperioodi järel. Siin T on levivaine täisperiood ja λ — lainepikkus.

Olgu näiteks sidendi algpunktis A pinge hetkel t :

$$u_a = U_m \sin \omega t. \quad (7.7)$$

Sidendi mingis teises punktis B , mis asub esimesest kaugusel x , hilinevad pinge muutused ajaliselt $\frac{x}{v}$ võrra, seega on pinge punktis B hetkel t niisugune, nagu ta oli punktis A hetkel $(t - \frac{x}{v})$ ja avaldis (7.7) tuleb mingi teise punkti (näiteks punkti B) kohta kirjutada järgmisel kujul:

$$u_x = U_m \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right). \quad (7.7a)$$

On teada, et $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ja $vT = \lambda$.

Asetanud saadud väärtused võrrandisse (7.7a), saame

$$u_x = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right). \quad (7.7b)$$

Saadud avaldist nimetatakse *levivpingelaine võrrandiks* ja pingelaine pinget u_x sidendi meelevaldses punktis B (sidendi algusest kaugusel x) nimetatakse *lainepingeks*.

Suurus $\frac{x}{\lambda}$ näitab, mitu pingelainet mahub sidendi algpunkti A ja vaadeldava punkti B vahele.

Analoogiliselt leitav levivoolulaine võrrand on järgmine:

$$i_x = I_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right). \quad (7.8)$$

Voolulaine voolu i_x sidendi meelevaldses punktis B (sidendi algusest kaugusel x) nimetatakse *lainevooluks*.

Ühes ja sellesamas suunas levivate pingeline ja vooluline lainepinge ja lainevoolu suhet

$$Z = \frac{u_x}{i_x} = \frac{U_m}{I_m} \quad (7.9)$$

nimetatakse sidendi *lainetakistuseks*.

Lainetakistust võib väljendada sidendi põhiparameetrite L ja C kaudu järgmiselt. Olgu mingile pikkusühiku pikkusele sidendilõigule, mille mahtuvus on C , rakendatud pinge U_m ; siis on tema ümber kujunenud elektrivälja energia

$$A_C = \frac{CU_m^2}{2}. \quad (7.10)$$

Omagu sama sidendilõik induktiivsust L ja läbigu teda vool I_m . Magnetvälja energia sellises sidendilõiguses on siis

$$A_L = \frac{LI_m^2}{2}. \quad (7.11)$$

Eeldades, et sidendi aktiivtakistusest ja isolatsioonijuhtivusest tingitud energiakadu on väike, võib lugeda elektrivälja ja magnetvälja energia omavahel võrdseteks:

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}, \quad (7.12)$$

millest

$$\frac{U_m^2}{I_m^2} = \frac{L}{C} \text{ ehk } Z^2 = \frac{L}{C} \text{ ja } Z = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (7.13)$$

kus C — sidendi mahtuvus pikkusühiku kohta;

L — sidendi induktiivsus pikkusühiku kohta.

Nagu selgub, sõltub sidendi lainetakistus ainult tema põhiparameetritest ega sõltu sidendi pikkusest, olles seega suuruseks, mis iseloomustab mitte mingit teatud sidendit, vaid ühe- või teistsuguse ehitusega sidendit üldse, sõltumata selle pikkusest.

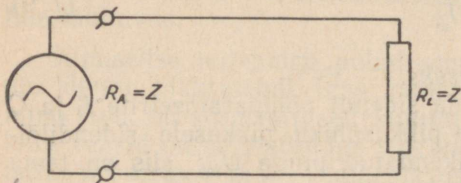
Näide. Arvutada sidendi lainetakistus, kui $C = 6 \text{ pF/m}$ ja $L = 2 \mu\text{H/m}$.

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-12}}} = 575 \Omega.$$

Pinge ja voolu suhet sidendi alguses (sisendklemmidel) aga nimetatakse sidendi *sisendtakistuseks* R_A . See on takistus, mis saa-

dakse, kui mõõta takistust sidendi sisendklemmide vahel. See takistus juba sõltub ka sidendi pikkusest.

Lõputu pikksidendi sisendtakistus võrdub tema lainetakistusega.



Joon. 7.5. Sobitatud sidendi skeem.

Lõpliku pikkusega sidendi sisendtakistus aga sõltub tema lõpu (väljeklemmi-dega) ühendatud koormuse takistusest. Kui aga lõpliku pikkusega sidend on koormatud aktiivtakistusega R_L , mis võrdub sidendi lainetakistusega Z (joon. 7.5), siis on ka lõpliku pikkusega sidendi

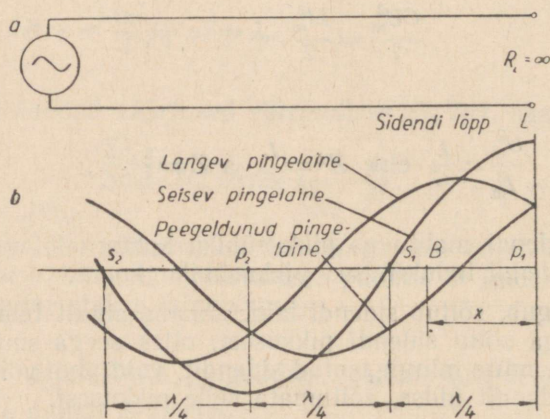
sisendtakistus võrdne tema lainetakistusega:

$$R_A = Z.$$

Niisugust olukorda nimetatakse *sobitatud* seisundiks ja selle saavutamist — sidendi *sobitamiseks*.

b. Sidend seisevlainega.

Kui piki sidendit levivad lained — nn. *langev* *voolu-* ja *pingelaine* — jõuavad sidendi vallali olevasse (s. o. koormamata) lõppu (joon. 7.6), peab seal vool muutuma võrdseks nulliga, mis on



Joon. 7.6. Pingelaine peegeldumine vallali oleva sidendi lõpust.

võimalik vaid seetõttu, et langeva voolulaine jõudmisel sidendi lõppu tekib seal temaga väärtuselt võrdne, kuid märgilt vastupidine peegeldunud voolulaine, mis hakkab levima tagasi sidendi alguse poole. Koos voolu kadumisega kaob ka sidendi lõpus juhtmeid

ümbritsenud magnetväli. Kaduva magnetvälja energia muundub elektrivälja energiaks. Elektrivälja tugevnemine sidendi lõpus põhjustab seal pinge tõusu. See omakorda kutsub esile sidendi lõpust tagasi alguse poole leviva *peegeldunud pingelaine*.

Seda nähtust nimetatakse laine *peegeldumiseks*.

Koormamata ehk *vallali oleva* sidendi lõpust tagasi peegeldunud pingelaine on sama märgi ja väärtusega kui langev pingelaine (joon. 7.6, *b*). Langeva ja peegeldunud pingelaine liitumisel tekiavad sidendis nn. *pingesõlmed* ja *pingepaisud*. Pingesõlmedes võrdub (langeva ja peegeldunud) pingelainete liitumise tulemusena kujunev liitpinge ehk sidendipinge nulliga. Joonisel 7.6, *b* on näha, et pingesõlmed (punktid s_1 ja s_2) asuvad sidendi lõpust L paaritu arvu veerandlainete ($1/4 \lambda$, $3/4 \lambda$ jne.) kaugusel.

Pingepaisudes aga esinevad sidendipinge maksimaalväärtused. Pingepaisud asuvad punktides p_1 ja p_2 , s. o. sidendi lõpus või sellest paarisarvu veerandlainete ($2/4 \lambda$, $4/4 \lambda$ jne.) kaugusel.

Sidendipinge maksimaalväärtus ajaliselt muutub, kuid paisude asukoht piki sidendit ei muutu, vaid jääb alati punktidesse p_1 ja p_2 . Samuti jäävad ka pingesõlmed paigale — punktidesse s_1 ja s_2 , nagu on näidatud joonisel 7.7.

Et siin laine pingesõlmed ja -paisud paigal püsivad, siis nimetatakse sellist lainet *seisevlaineks*.

Siinuselise toitepinge puhul muutub langeva pingelaine pinge sidendi lõpus siinuseliselt:

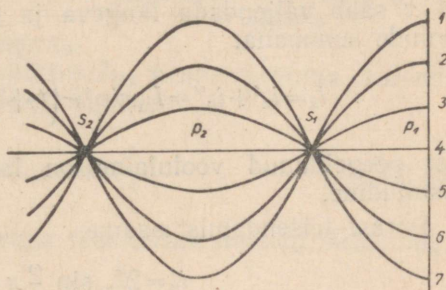
$$u_1 = U_m \sin \omega t. \quad (7.14)$$

Punktis B , mis asub sidendi lõpust L kaugusel x , märkame sidendi lõpule lähenevat langevat lainet ajavahemiku $\frac{x}{v}$ võrra varem kui sidendi lõpus. Seega on langeva laine pinge punktis B väljendatav avaldisega:

$$u_x' = U_m \sin \omega \left(t + \frac{x}{v} \right). \quad (7.15, a)$$

Jooniselt 7.6 näeme, et punktis B esineb ka sidendi lõpust L tagasi leviv peegeldunud pingelaine. See jõuab punkti B ajavahemiku $\frac{x}{v}$ võrra hiljem kui ta sidendi lõpust lahkus, mistõttu peegeldunud laine pinge punktis B on väljendatav avaldisega:

$$u_x'' = U_m \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right). \quad (7.15, b)$$



Joon. 7.7. Seisevpingelaine.

Punktis B kujunev sidendipinge u_x võrdub langeva ja peegeldunud pingelaine lainepingete summaga:

$$u_x = u_x' + u_x'' = U_m \sin \omega \left(t + \frac{x}{v} \right) + U_m \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right).$$

Pärast teisendamist saame:

$$u_x = 2U_m \cos \frac{\omega}{v} x \cdot \sin \omega t. \quad (7.15, c)$$

Saadud avaldist nimetatakse vallali oleva sidendi *seisevpingelaine võrrandiks*.

Analoogiliselt on tuletatav, et voolu i_x sidendi lõpust L kaugusel x saab väljendada langeva ja peegeldunud voolulaine lainevoolude summana:

$$i_x = i_x' + i_x'' = I_m \sin \omega \left(t + \frac{x}{v} \right) - I_m \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right), \quad (7.16)$$

sest peegeldunud voolulaine on langevale voolulainele märgilt vastupidine.

Pärast teisendamist saame

$$i_x = 2I_m \sin \frac{\omega}{v} x \cdot \cos \omega t. \quad (7.16, a)$$

Saadud avaldist nimetatakse vallali oleva sidendi *seisevoolulaine võrrandiks*.

Kuna

$$\frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{2\pi}{\lambda},$$

ning tähistanud sidendivoolu ja -pinge maksimaalväärtused

$$2I_m = I_{ms} \quad \text{ning} \quad 2U_m = U_{ms},$$

saame sidendipinget ja -voolu väljendavad seisevlaine võrrandid ideaalse, kadudeta sidendi kohta järgmisel kujul:

$$u_x = U_{ms} \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cdot \sin \omega t$$

ja

$$i_x = I_{ms} \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \cdot \cos \omega t.$$

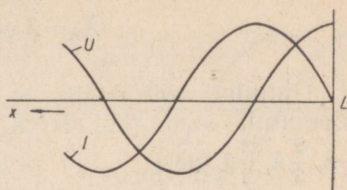
Saadud võrranditest selgub, et seisevoolulaine on seisevpingelaine suhtes piki sidendit nihutatud veerandi lainepikkuse võrra, nagu see ilmneb ka jooniselt 7.8.

Niisuguse vallali oleva sidendi külge ühendatud generaator

tekitab sidendis sundvõnkumisi. Antud juhul sõltub sidendi sisendtakistus tema pikkusest l . Käsitleme seda lähemalt.

On ilmne, et generaator peab tekitama oma klemmidel pinge, mis võrdub seisevlaine pingega selles punktis, kuhu generaator on ühendatud, sest generaatorist saadav pinge on alati võrdne pingelanguga välisvooluringis. Seega on generaatori klemmipinge maksimaalväärtus U_{mg} võrdne sidendipinge maksimaalväärtusega sidendi alguses (lõpust kaugusel l):

$$U_{mg} = U_{ms} \cos 2\pi \frac{l}{\lambda}. \quad (7.17)$$



Joon. 7.8. Faasinihe voolu- ja pingelaine vahel vallali olevas sidendis.

Analoogiliselt saame, et generaatori koormusvoolu maksimaalväärtus I_{mg} peab võrduma sidendi-voolu maksimaalväärtusega sidendi alguses:

$$I_{mg} = I_{ms} \sin 2\pi \frac{l}{\lambda}. \quad (7.18)$$

Sidend pikkusega l omab seega reaktiivtakistusliku iseloomuga sisendtakistust

$$X_A = \frac{U_{mg}}{I_{mg}} = \frac{U_{ms}}{I_{ms}} \operatorname{ctg} 2\pi \frac{l}{\lambda} = \frac{2U_m}{2I_m} \operatorname{ctg} 2\pi \frac{l}{\lambda}. \quad (7.19)$$

Kuna teatavasti $\frac{U_m}{I_m} = Z$ (val. 7.7), siis

$$X_A = Z \operatorname{ctg} 2\pi \frac{l}{\lambda}. \quad (7.19a)$$

Vallali oleva sidendi sisendtakistuse muutus sõltuvalt sidendi pikkusest on kujutatud joonisel 7.9.

Jooniselt näeme, et teatud pikkuste puhul võrdub vallali oleva sidendi sisendtakistus nulliga. Sisendtakistuse esimene nullväärtus esineb siis, kui $l = \frac{\lambda}{4}$.

Tõepoolest

$$X_A = Z \operatorname{ctg} \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4} = Z \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} = 0.$$

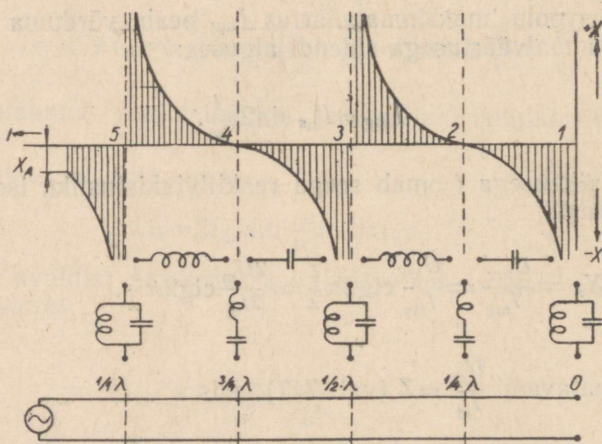
Üldjuhul võib öelda, et vallali oleva sidendi sisendtakistus võrdub nulliga, kui tema pikkus on paaritu arvu veerandlainete kordne (näit. $\frac{1}{4}\lambda$, $\frac{3}{4}\lambda$, $\frac{5}{4}\lambda$ jne.).

Kui vallali oleva sidendi pikkus on $\frac{1}{2}\lambda$, siis on sidendi sisendtakistus lõpmatult suur. Tõepoolest, kui $l = \frac{\lambda}{2}$, siis

$$X_A = Z \operatorname{ctg} \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} = Z \operatorname{ctg} \pi = \infty.$$

Üldjuhul võib öelda, et vallali oleva sidendi sisendtakistus on lõpmatult suur, kui tema pikkus on poollainete kordne (näit. $\frac{1}{2}\lambda, \frac{2}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda$ jne.).

Samuti muutub koos sidendi pikkusega ka sisendtakistuse iseloom. Kui $\frac{1}{4}\lambda > l > 0$, siis on sisendtakistus mahtuvusliku iseloo-



Joon. 7.9. Vallali oleva sidendi sisendtakistuse muutmine sõltuvalt sidendi pikkusest.

muga. Kui $\frac{1}{2}\lambda > l > \frac{1}{4}\lambda$, siis on sisendtakistus induktiivse iseloomuga. Kuna punktides 1, 3 ja 5 on sisendtakistus lõpmatult suur, on vastava pikkusega sidend võrreldav resonantsi häälestatud rööbitise võnkeringiga. Punktides 2 ja 4 on sisendtakistus võrdne nulliga ja niisuguse pikkusega sidend käitub resonantsi häälestatud järjestikuse võnkeringina.

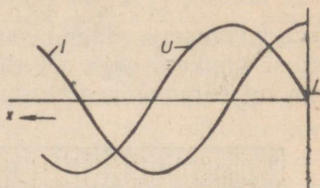
Edasi käsitleme ideaalset, kadudeta sidendit, mis on lõpus lühis-
tatud.

Kui piki sidendit leviv langev laine jõuab sidendi lühisatud lõppu, muutub seal pinge võrdseks nulliga. Pinge kadumine on võimalik seetõttu, et langeva pingelaine jõudes sidendi lõppu, tekib seal temaga väärtuselt võrdne, kuid märgilt vastupidine peegeldunud pingelaine, mis hakkab levima tagasi sidendi alguse poole.

Koos pinge kadumisega kaob ka sidendi lõpus juhtmete vahel esinenud elektrivälgi. Kaduva elektrivälja energia muundub magnetvälja energiaks. Magnetvälja tekkimine aga põhjustab voolu tugevnemist. Sellega seoses tekkiv lisavool hakkab peegeldunud voolulainena levima sidendi lõpust tagasi selle alguse poole.

Nagu vällali oleva sidendi puhulgi, on ka siin analoogilisel teel leitav, et sidendis tekivad seisv lainend voolupaisudega sidendi lõpus või sellest paarisarvu veerandlainete kaugusel, ning pingepaisudega paaritu arvu veerandlainete kaugusel (joon. 7. 10).

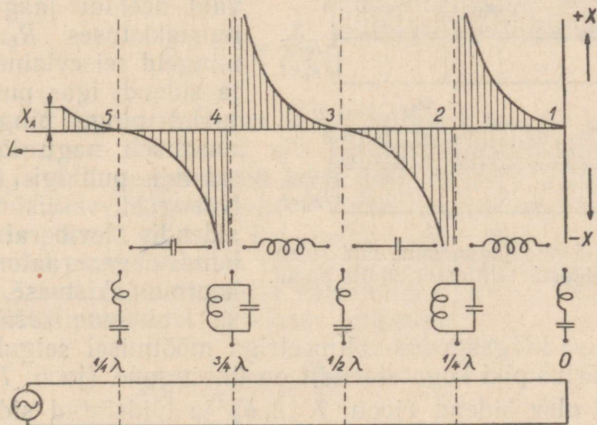
Samuti on analoogiliselt leitav, et lühistatud, kadudeta sidendi sisendtakistus sidendi pikkuse l puhul:



Joon. 7. 10. Faasinihe voolu ja pingelaine vahel lühistatud sidendis.

$$X_A = \frac{U_{ms} \sin 2\pi \frac{l}{\lambda}}{I_{ms} \cos 2\pi \frac{l}{\lambda}} = Z \operatorname{tg} 2\pi \frac{l}{\lambda}. \quad (7.20)$$

Lühistatud sidendi sisendtakistuse muutus sõltuvalt liini pikkusest on kujutatud joonisel 7. 11.

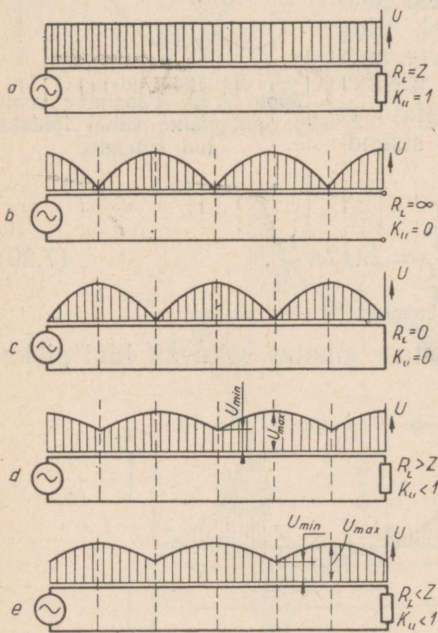


Joon. 7. 11. Lühistatud sidendi sisendtakistuse muutmine sõltuvalt sidendi pikkusest.

Jooniselt on näha, et lühistatud sidendi sisendtakistus on sidendi teatud pikkuse puhul lõpmatult suur. Kui näiteks $l = \frac{\lambda}{4}$, siis

$$X_A = Z \operatorname{tg} \frac{2\pi \lambda}{\lambda} = Z \operatorname{tg} \pi = \infty.$$

Üldjuhul võib öelda, et lühistatud sidendi sisendtakistus võrdub nulliga, kui tema pikkus on poollainete kordne ($\frac{1}{2}\lambda, \frac{2}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda$ jne.), ja on lõpmatult suur, kui sidendi pikkus on paaritu arvu veerandlainete kordne ($\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda$ jne.). Seega on punktidele 1, 3 ja 5 vastava pikkusega sidend samaväärne resonantsi häälestatud järjestikuse võnkeringiga. Punktidele 2, 4 ja 6 vastava pikkusega sidend aga on samaväärne resonantsi häälestatud rööbitise võnkeringiga.



Joon. 7.12. Pinge jagunemine piki sidendit mitmesuguste talitlusseisundite puhul.

teks tavalise kõrgsagedus-voltmeetriga mõõtmisel selgub, et pinge efektiivväärtus piki kogu sidendit on ühesugune (joon. 7.12, a).

Vallali olev sidend (joon. 7.12, b) ja lühistatud sidend (joon. 7.12, c) aga töötavad *seisevlaine režiimis*. Piki sidendit esinevad pingesõlmed ja -paisud. Vallali olevas sidendis asub sidendi lõpus pingepais, lühistatud sidendis aga pingesõlm.

Kuna sõlmed ja paisud seisavad paigal, siis saadakse näiteks sidendipinge mõõtmisel tavalise kõrgsagedus-voltmeetriga paisude kohal voltmeetri maksimaalne hälve, sõlmede kohal aga osutab voltmeeter nulli (vrd. vastavalt joon. 7.12, b ja c).

Joonisel 7.12, d on kujutatud olukord, mil koormustakistus R_L on suurem kui lainetakistus Z , kuid ei ole siiski lõpmatult suur.

Samuti muutub sidendi pikkuse muutmisega tema sisendtakistus vaheldumisi induktiivseks ja mahtuvuslikuks, näit., kui $0 < l < \frac{1}{4}\lambda$, siis on sisendtakistus induktiivne, aga kui $\frac{1}{4}\lambda < l < \frac{1}{2}\lambda$, siis — mahtuvuslik, jne.

Kui *pikkusidend* on lõpus *sobitatud*, s. t. koormatud aktiivtakistiga R , mille takistus võrdub sidendi lainetakistusega Z , siis piki sidendit levib langev laine tema lõpust tagasi ei peegeldu, vaid neeldub järgitult koormustakistuses R_L . Sidendis mingeid seisevlaineid ei teki, ja sidendi igas punktis muutuvad pinge ning vool siinuseliselt nagu lõputu pikkusidendi puhulgi (val. 7.7). Niisugust seisundit, mil sidendis levib ainult laine, kandes generaatori energiat koormustakistusse, nimetatakse *levivlaine režiimiks*. Näiteks

Sellisel juhul on sidendi talitlusrežiim levivlaine ning seisevlaine seisundite vahepealne ja seda nimetatakse *segarežiimiks*. Siin kandub sidendi lõpus koormustakistisse ainult osa levivlaine energiast. Ülejäänud osa energiat peegeldub tagasi ja, liitudes langeva lainega, tekitab seisevlaine (vt. joon. 7. 6). Kuna peegeldunud pingelaine amplituud on väiksem kui langeva laine amplituud, siis selles kohas, kus peab asuma pingesõlm, ei võrdu sidendipinge nulliga, vaid omab teatavat väärtust U_{\min} , mis võrdub langeva ja peegeldunud pingelaine lainepingete vahega. Lainepaisu kohal aga saavutab sidendi pinge maksimaalse väärtuse U_{\max} , mis võrdub peegeldunud ja langeva pingelaine lainepingete summaga, kuid on ikkagi madalam kui kahekordne langeva laine pinge. Mida rohkem koormustakistus R_L läheneb lainetakistusele Z , seda rohkem sarnaneb sidendi režiim levivlaine režiimile ning seda väiksem on pingepaisu U_{\max} ja pingesõlme U_{\min} vahe.

Sidendi talitlusseisundi iseloomustamiseks kasutatakse levivlainetegurit K_{11} , mis väljendab sidendipinge minimaalse väärtuse U_{\min} ja maksimaalse väärtuse U_{\max} suhet:

$$K_{11} = \frac{U_{\min}}{U_{\max}}. \quad (7. 21)$$

Pikksidendite teooria põhjal on levivlainetegur väljendatav ka valemiga:

$$K_{11} = \frac{Z}{R_L}. \quad (7. 22)$$

Kui sidendi koormustakistus R_L on väiksem kui Z , kuid siiski nullist suurem, s. o. $0 < R_L < Z$, siis samuti peegeldub osa levivlainest tagasi ja selle peegeldunud laine ning langeva laine liitumise tulemusena kujunevad seisevlained. Kuna ka siin on peegeldunud pingelaine amplituud väiksem kui langeva laine oma, siis ei muutu ka antud juhul pingesõlmedes sidendipinge võrdseks nulliga, vaid alaneb ainult teatava minimaalse väärtuseni (joon. 7. 12, e). Antud juhul on levivlainetegur väljendatav valemiga:

$$K_{11} = \frac{U_{\min}}{U_{\max}} = \frac{R_L}{Z}. \quad (7. 23)$$

Levivlaine puhul $K_{11} = 1$ ja seisevlaine puhul $K_{11} = 0$, s. t., mida lähedam on levivlainetegur ühele, seda lähedam on sidendi talitlusseisund levivlaine seisundile.

Pikksidendite iseloomustamiseks kasutatakse ka seisevlainetegurit K_{s1} , mis väljendab levivlaineteguri pöördväärtust:

$$K_{s1} = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}. \quad (7. 24)$$

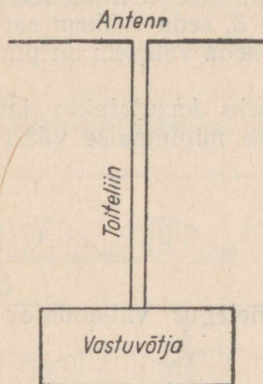
c. Toiteliinid.

Nagu eespool oli mainitud, kasutatakse toiteliini antennis indutseeritud elektrienergia ülekandmiseks vastuvõtjasse (joon. 7.13).

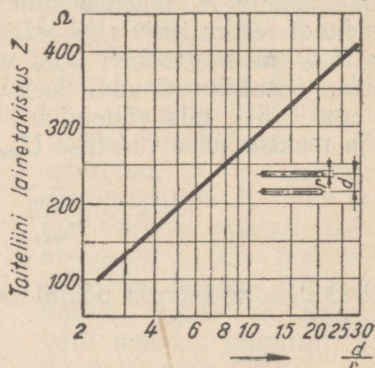
Televisiooni vastuvõtuantennide toiteliinidena kasutatakse peamiselt kaht tüüpi liine:

- 1) rööbikjuhtmetega ehk sümmeetrilisi liine, ja
- 2) kontsentriliste juhtmetega ehk koaksiaalline (joon. 7.16).

Sümmeetriline toiteliin koosneb kahest rööbitisest juhtmest, millele vahekaugus säilitatakse jäävana juhtmeisolatsiooni või spetsiaalsete, üksteisest teatava vahemaa taga asetsevate vaheisolaato-



Joon. 7.13. Toiteliin.



Joon. 7.14. Varjestamata sümmeetrilise toiteliini lainetakistuse sõltuvus suhtest d/r .

rite abil. Selliste liinide hulka kuuluvad toiteliinid tüüp РД-18; РД-10, КАТВ ja teised.

Sümmeetrilise liinina võib kasutada ka iga heade isoleerivate ja dielektriliste omadustega elektrijuhet, nagu TPBK vms.

Toiteliini valiku põhitingimuseks on nõue, et tema lainetakistus Z võrduks antenni sisendtakistusega R_{ai} ja televisioonivastuvõtja sisendtakistusega R_{sis} , s. t., et $R_{ai} = Z = R_{sis}$.

Varjestamata sümmeetrilise toiteliini lainetakistuse Z arvutamiseks kasutatakse järgmist valemit:

$$Z = 276 \lg \frac{d}{r} \Omega, \quad (7.25)$$

kus d — toiteliini juhtmete telgede vahekaugus mm;
 r — juhtme raadius mm.

Joonisel 7.14 on graafiliselt kujutatud varjestamata sümmeetrilise toiteliini lainetakistuse sõltuvus suhtest d/r .

Sageli kasutatakse antenni toiteliini valmistamiseks kahejuhtme-

list varjestatud kaablit (joon. 7. 15). Sellise kaabli lainetakistus saab arvutada järgmise valemiga:

$$Z = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_r}} \lg \frac{2b}{d} \left(\frac{D^2 - b^2}{D^2 + b^2} \right) \Omega, \quad (7. 26)$$

kus d — soone läbimõõt mm;

b — soonte telgede vahekaugus mm;

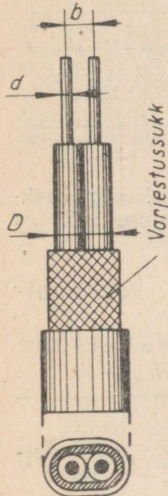
D — varjestussuka siseläbimõõt mm;

ϵ_r — kaabli isoleermaterjali suhteline dielektriline läbitavus.

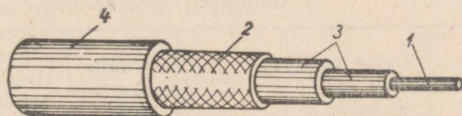
Koaksiaalkaabli ehitus on näidatud joonisel 7. 16. Tema ühe soone moodustab kaabli teljes paiknev ümartraat 1, teise soone ülesannet läidab varjestussukk 2, soonte vahel on isoleerkiht 3. Isoleermaterjalina kasutatakse tavaliselt polüetüleenil. Varjestussukk on kaetud kloorvinüülist isoleerkihiga 4.

Ohkisolatsiooniga koaksiaalkaabli lainetakistus on arvutatav valemiga:

$$Z = 138 \lg \frac{D}{d} [\Omega], \quad (7. 27)$$



Joon. 7. 15. Kahe-soonelise varjestatud kaabli ehitus.



Joon. 7. 16. Koaksiaalkaabli ehitus.

kus D — varjestussuka siseläbimõõt mm (joon. 7. 17);

d — sisemise soone läbimõõt mm.

Mingi muu isolatsiooniga koaksiaalkaabli lainetakistus on arvutatav valemiga:

$$Z = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \lg \frac{D}{d} [\Omega], \quad (7. 28)$$

kus ϵ_r on kaabli isoleermaterjali suhteline dielektriline läbitavus ja muud tähised samad mis val. (7. 27).

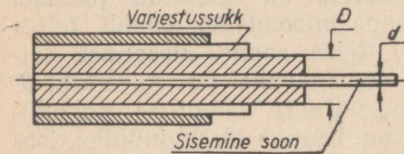
Joonisel 7. 18 on graafiliselt kujutatud ohkisolatsiooniga koaksiaalkaabli lainetakistuse sõltuvus suhtest D/d .

Et kaablite isoleermaterjalide dielektriline läbitavus ületab õhu dielektrilise läbitavuse (polüetüleenil $\epsilon_r=2,3$, kloorvinüülil $\epsilon_r=3,5$), siis on laine levimiskiirus ja lainepikkus kaablis $\sqrt{\epsilon_r}$ korda väik-

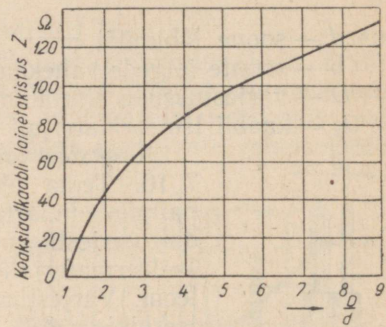
sem kui õhus. Tegurit $\xi = \sqrt{\varepsilon_r}$ nimetatakse kaabli *lühendusteguriks*.

Koaksiaalkaableid ei soovitata omavahel ühendada jootmise teel, kuna jootekohas tekkiv kaabli parameetrite elektriline ebahühtlus põhjustab lainete peegeldumist. Seepärast tuleb antennide toiteliinid valmistada ühest tükist ja ühendada vastuvõtjaga eripistikute abil.

Tabelites 7.3 ja 7.4 on too-



Joon. 7.17. Koaksiaalkaabli lõige.



Joon. 7.18. Õhkisolatsiooniga koaksiaalkaabli lainetakistuse sõltuvus suhtest D/d .

dud laialdasemalt kasutatavamate sümmeetriliste ja koaksiaalkaablite andmed.

Sümmeetrilised kaablid

Tabel 7.3

| Kaabli tüüp | Soone kiudude arv ja läbimõõt d mm | Mahtuvus C pF/m | Lainetakistus Z Ω | Sumbmistegur sagedusel 60 MHz β mNp/m | Talituspinge U kV | Lühendustegur ξ |
|-------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|---|---------------------|---------------------|
| PД-13 | 1 X 0,79 | 65 | 92 | 16 | 3 | |
| PД-15 | 7 X 0,37 | 36 | 155 | 7 | 10 | |
| PД-16 | 1 X 0,68 | 28 | 205 | 7 | 10 | |
| PД-17 | 7 X 0,85 | 53 | 105 | 6,5 | 10 | |
| PД-26 | 1 X 0,68 | 28 | 205 | 8 | 7 | |
| KATB | 7 X 0,3 | 13 | 300 | 14 | | 1,2 |

Koaksiaalkaablid

Tabel 7.4

| Kaabli tüüp | Lainetakistus Z Ω | Sumbmistegur sagedusel 60 MHz β mNp/m | Mahtuvus C pF/m | Sisemise soone kiudude arv ja läbimõõt d mm | Isoleerkihi välisläbimõõt D mm | Kaabli välisläbimõõt mm | Maksimaalne talituspinge U kV | Lühendustegur ξ |
|-------------|---------------------|---|-------------------|---|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| PK-1 | 77 | 9 | 68 | 1 X 0,68 | | 7,3 | 3 | 1,5 |
| PK-2 | 92 | 7,5 | 55 | 1 X 0,68 | | 9,6 | 4,5 | 1,5 |
| PK-3 | 75 | 6,5 | 70 | 1 X 1,37 | 9,0 | 13,0 | 5,5 | 1,5 |
| PK-6 | 52 | 7 | 100 | 7 X 0,85 | 9,0 | 12,4 | 4,5 | 1,5 |
| PK-19 | 52 | 18 | 100 | 1 X 0,68 | 2,4 | 4,8 | 1,0 | 1,5 |

Toiteliinide valmistamiseks võib tulemusrikkalt kasutada ka valgustusjuhtmeid, telefonikaableid või montaažjuhtmeid. Selliste juhtmete lainetakistused on toodud tabelis 7.5.

Tabel 7.5

| Toiteliinide asendusmaterjalid | |
|--|----------------------------------|
| Toiteliini asendusmaterjali nimetus | Lainetakistus Z Ω |
| Telefonikaabel kloorvinüülisolatsiooniga $2 \times 0,5 \text{ mm}^2$ | 140–150 |
| Valgustusjuhe $2 \times 1 \text{ mm}^2$ | 130–140 |
| Valgustusjuhe $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ | 135 |
| Montaažjuhe АОЛ 1 $\times 1 \text{ mm}^2$ | 140 |
| Montaažjuhe ШПИЛ 2 $\times 1,5 \text{ mm}^2$ | 75 |

Koormatud toiteliini kasutegur (välje- ja sisendvõimsuse suhe) on arvutatav valemiga:

$$\eta = e^{-2\beta l}, \quad (7.29)$$

kus $e=2,718$ — naturaallogaritmi alus;
 β — liini sumbumistegur neprites meetrile;
 l — liini pikkus meetrites.

Juhul kui $2\beta l < 0,4$, võib küllaldase praktilise täpsusega kasutada järgmist valemit:

$$\eta = 1 - 2\beta l. \quad (7.30)$$

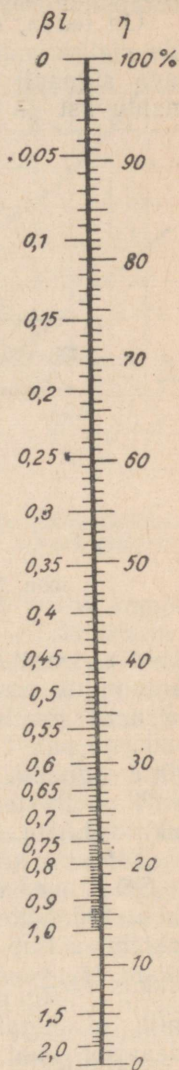
Joonisel 7.19 on toodud nomogramm kasuteguri leidmiseks, kui on teada toiteliini sumbuvus βl .

3. Antennid

a. Sümmetriline poollainedipool

Vastuvõtuantenni põhiliseks ülesandeks on vastuvõtjale vajaliku energia ammutamine ruumist. Selleks kasutatakse hajutatud parameetritega (R , L ja C) avatud võnkeringi.

Veerandlainepikkusest sidendist (joon. 7.20, a) saame hõlpsasti avatud võnkeringi, kui tema otsad A ja B viia teineteisest eemale (joon. 7.20, b). Sellist avatud võnkeringi nimetatakse *sümmetriliseks poollainedipooliks*.

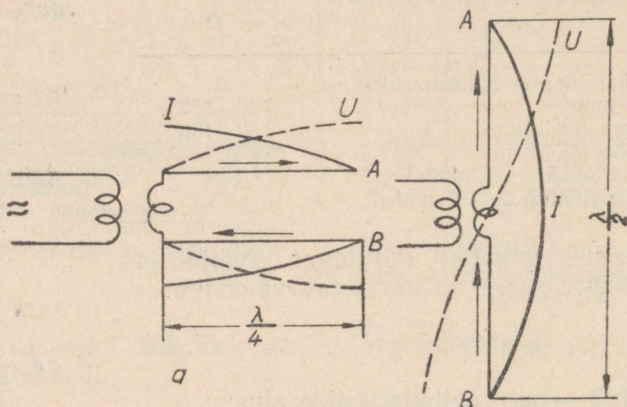


Joon. 7.19. Nomogramm toiteliini kasuteguri leidmiseks.

Samal joonisel on näidatud vastavad seisevlaine pinge- ja voolupaisud, mida käsitleti juba eespool.

Televisionisignaali vastuvõtmiseks kasutatakse dipooli peamiselt just tema väikeste mõõdete tõttu.

On teada, et antud väljatugevuse puhul indutseeritakse antennis maksimaalne pinge siis, kui antenn on resonantsis vastuvõetava signaali sagedusega. Antenn omab teatavat induktiivsust, mahtuvust ja takistust, seega kujutab ta endast resonantsringi.



Joon. 7. 20. Veerandlainepikkune sidend (a) ja avatud võnkering (b).

Kuid antenni R , L ja C on hajutatud kogu antenni pikkusele. Antenn on vastuvõetava lainega resonantsis, kui tema pikkus on täisarvu poollaine pikkuste kordne. Nii on antenn resonantsis pikkuste puhul $\frac{1}{2}\lambda$, 1λ , $1\frac{1}{2}\lambda$, 2λ jne. Kui näiteks soovitakse vastu võtta signaali, mille sagedus on 50 MHz (lainepikkus 6 m), siis peab poollainedipooli pikkus olema 3 m ja dipooli ühe haruvarda pikkus 1,5 m.

Tutvume kõigepealt poollainedipooli elektriliste omadustega.

Sümmeetrilise poollainedipooli sisendtakistus. Sidendite käsitlemisel selgus, et vallali oleva sidendi sisendtakistus sõltub tema pikkusest ja joonisel 7. 9 nähtub, et kui sidendi pikkus $l = \frac{\lambda}{4}$, siis kujutab sidend endast järjestikust võnkeringi, mille sisendtakistus võrdub nulliga. Niisugune olukord esineb ideaalsel juhul, mil sidend ei oma kaotakistust R_0 ega kiirgustakistust R_k . Poollainedipool omab aga nii kiirgustakistust R_k kui ka kaotakistust R_0 ja peale selle, kui tema pikkus ei võrdu resonantspikkusega, omab tema sisendtakistus veel ka reaktiivkomponenti X .

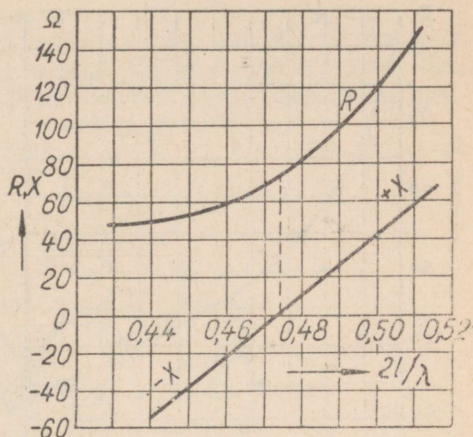
Tähistanud $R_0 + R_k = R_{ai}$, võib antenni sisendtakistuse avaldada järgmiselt:

$$Z_{ai} = R_{ai} + jX.$$

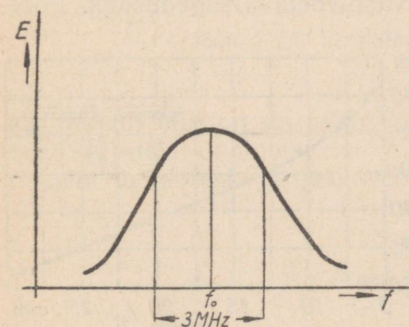
Resonantsi puhul, mis tekib siis, kui dipooli pikkus võrdub ligikaudu poolega vastuvõetava laine pikkusest, $X=0$. Küllaldaseit jämedate varraste puhul läheneb kaotakistus R_0 nullile ja dipooli sisendtakistus $Z_{ai}=R_{ai}=R_k$. Seega moodustab poollainedipooli sisendtakistuse tema resonantsisagedusel peamiselt kiirgustakistus, mis on ligikaudu 73 kuni 75 oomi (joon. 7.21).

Antenni kiirgustakistuse mõiste pärineb saateantennide teooriast, kus ta iseloomustab antenni võimet kiirata ruumi elektromagnetilist energiat. Antennide asendatavuse teooria põhjal võrdub vastuvõtuantenni sisendtakistus sama antenni kiirgustakistusega tema toimides saateantennina.

Kui sümmeetrilise dipooli pikkus erineb resonantsisundile vastavast poollainepikkusest, siis lisandub dipooli sisendtakistusele R_k veel induktiivne või mahtvuslik komponent. Jooniselt 7.21 nähtub, et kui teha dipool resonantspikkusest pikemaks, siis omab ta induktiivtakistust, kui aga dipool on resonantspikkusest lühem, siis on tema sisendtakistus mahtvusliku iseloomuga.



Joon. 7.21. Sümmeetrilise poollainedipooli sisendtakistuse sõltuvus dipooli pikkusest.



Joon. 7.22. Poollainedipoolis indutseeritava elektromotoorse jõu sõltuvus sagedusest.

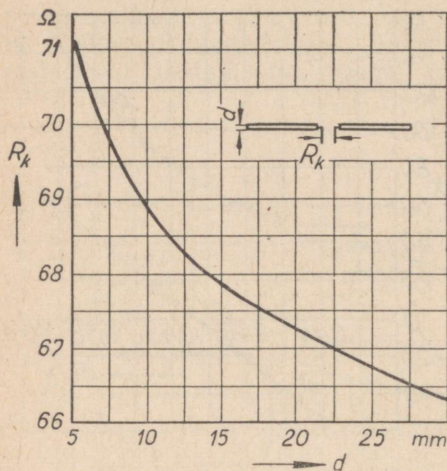
Induktiivne või mahtvuslik komponent. Jooniselt 7.21 nähtub, et kui teha dipool resonantspikkusest pikemaks, siis omab ta induktiivtakistust, kui aga dipool on resonantspikkusest lühem, siis on tema sisendtakistus mahtvusliku iseloomuga.

Poollainedipooli sagedustunnusjoon. Nagu eespool selgus, on dipool resonantsis vaid ühel lainepikkusel. Vastuvõetava sageduse erinevuses sellele lainepikkusele vastavast sagedusest dipooli sisendtakistus lisanduva induktiivse või mahtvusliku komponendi tõttu suureneb, mille tulemusena vastuvõtuantennis indutseeritav elektromotoorne jõud väheneb. Dipoolis indutseeritava elektromotoorse jõu E sõltuvus sagedusest meenutab võnkeringi resonantsikõverat ja on toodud joonisel 7.22.

Kui sellise dipooli kui võnkeringi hindetegur Q on suur, siis on dipooli resonantsikõver väga terav ja kitsas. Kitsas sagedusriba piirab sellise dipooli kasutatavust televisioonivastuvõtuks. Laiema

sagedusriba vastuvõtuks on vaja, et dipooli hindetegur Q oleks väiksem.

Dipooli hindetegur Q oleneb dipooli haruvarraste läbimõõdu ja tema pikkuse suhtest. Kui antenni haruvarraste läbimõõt teha



Joon. 7.23. Poollainedipooli kiirgustakistuse sõltuvus tema haruvarraste läbimõõdust.

suur, siis osutub pikkusühiku kogutakistus väiksemaks, pikkusühiku mahtuvus aga suuremaks. Selle tagajärjel tekivad suhte L/C vähenemine põhjustab dipooli hindeteguri Q vähenemist, nii et tema resonantsikõver osutub lameks. Teisest küljest, kui dipooli haruvarraste läbimõõt teha väiksemaks, siis muutub suhe L/C suuremaks, mille tulemusena dipooli hindetegur Q suureneb ja vastuvõetav sagedusriba muutub kitsamaks. Joonisel 7.23 on kujutatud graafiliselt dipooli kiirgustakistuse R_k sõltuvus haruvarraste läbimõõdust d .

Antenni pikkuse arvutamine. Nagu eel-

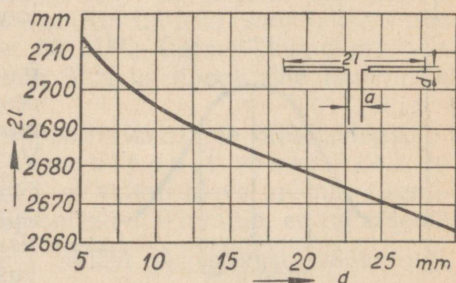
põel selgus, saavutatakse vastuvõtul maksimaalne signaali tugevus siis, kui antenn on resonantsis vastuvõetava sagedusega. Poollainedipooli teoreetiliseks resonantspikkuseks on pool lainepikkust.

Tingituna dipooli haruvarraste lõplikust läbimõõdust väli dipooli otstes deformeerub, mistõttu reaalse dipooli resonantspikkus on väiksem kui $\frac{1}{2}\lambda$. Poollainedipooli pikkus I kanali jaoks, sõltuvalt haruvarraste läbimõõdust, on toodud joonisel 7.24.

II kanali jaoks tuleb dipooli pikkus korrutada teguriga 0,85, III kanali jaoks — teguriga 0,66.

Antenni ligikaudse tegeliku pikkuse võib arvutada valemiga:

$$2l = \frac{1386}{f_0} \text{ kuni } \frac{1430}{f_0}, \quad (7.31)$$



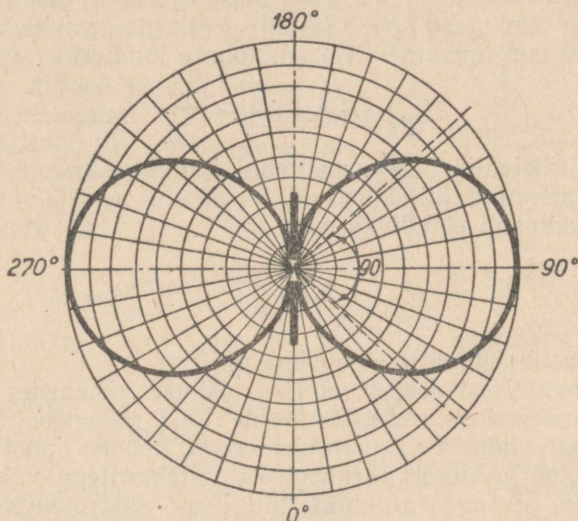
Joon. 7.24. Poollainedipooli pikkus I kanali kohta, sõltuvalt dipooliharuvarraste läbimõõdust.

kus $2l$ — antenni pikkus meetrites;

f_0 — resonantsisagedus megahertsides.

Dipooli kahe haruvarda vahekaugus a (joon. 7.24) ei ole väga kriitiline ja võib olla 2—3 cm.

Poollainedipooli suunatusjoon. Poollainedipoolis indutseeritav elektromotoorne jõud sõltub dipooli sihist leviva raadiolaine suhtes ja on maksimaalne, kui dipool on risti laine levimissihiga. Kui pöörata dipool sellest asendist välja, siis indutseeritud elektromotoorne jõud väheneb ning muutub nulliks,



Joon. 7.25. Poollainedipooli suunatusjoon.

kui dipooli telg on suunatud piki leviva laine sihti. Dipoolis indutseeritud elektromotoorse jõu E sõltuvus dipooli telje ja laine levimissihhi vahelisest nurgast θ on järgmine:

$$E = E_{\max} \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right)}{\sin \theta} \quad (7.32)$$

Graafiliselt on poollainedipooli suunatusjoon kujutatud joonisel 7.25.

Vastuvõtuantenni võimendustegur näitab, mitu korda suurem võimsus suunatakse toiteliini vastuvõtul antud antenniga, võrreldes selle võimsusega, mida võib saada hariliku poollainedipooli kasutamisel.

Antenni polariseeritus. Teatavasti koosneb raadiolaine vahelduvatest elektri- ja magnetväljadest, millede teljed asetsevad teineteisega risti. Raadiolainete polariseerituse all mõeldakse

vahelduvelektrivälja tugevuse vektori sihti maapinna suhtes. Kui selle vektori siht on vertikaalne, siis loetakse raadiolainet *vertikaalselt polariseerituks*. Kui aga elektrivälja siht on horisontaalne, siis loetakse lainet *horisontaalselt polariseerituks*. Vertikaalse polariseerituse puhul peab vastuvõtudipool asetsema vertikaalselt ja horisontaalse polariseerituse puhul — horisontaalselt. On tähele pandud, et horisontaalselt polariseeritud vastuvõtuantenn on vähem tundlik elektriliste häirete suhtes. Nõukogude Liidus kasutatakse televisiooni ülekandeks horisontaalset polariseeritust.

Poollainedipoolis indutseeritav maksimaalne elektromotoorne jõud. Mingis vastuvõtuantennis indutseeritav maksimaalne elektromotoorne jõud on arvatav valemiga:

$$E_{\max} = E_v h_{\text{ef}} [\mu\text{V}], \quad (7.33)$$

kus E_v — elektrivälja tugevus antenni juures $\mu\text{V/m}$;

h_{ef} — antenni efektiivkõrgus.

Poollainedipooli efektiivkõrgus

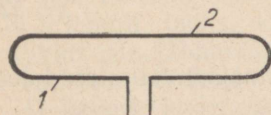
$$h_{\text{ef}} = \frac{\lambda}{\pi}, \quad (7.34)$$

kus λ — vastuvõetava laine pikkus m.

Sellest avaldisest selgub, et lainepikkuse vähenedes poollainedipoolis indutseeritav elektromotoorne jõud väheneb. Seetõttu ei piisa lühemate lainete vastuvõtuks enam lihtsast poollainedipoolist, vaid tuleb kasutada paraboolsete reflektoritega või ühisfaasi-seid antenne, et saada antennis küllaldast elektromotoorset jõudu vastuvõtja omakahinate ületamiseks.

b. Murtud dipool

Murtud dipool (joon. 7.26) koosneb kahest rööbiti paigutatud poollainedipoolist 1 ja 2, millede otsad on ühendatud kokku, nii et tekib silmusetatoline moodustis. Dipoolidevaheline kaugus ei tohi ületada 0,1 λ . Dipool 1 on keskelt katkestatud ja ühendatud toiteliiniga.



Joon. 7.26. Murtud dipool.

Tingituna dipoolide rööbiti ühendamisest ja antennis tekkiva indutseeritud voolu jagunemisest dipoolide vahel on murtud dipooli kiirgustakistus R_k lihtsa poollainedipooli kiirgustakistusest tunduvalt suurem. Kui dipoolid on ühejämedused, siis on murtud dipooli kiirgustakistus

poollainedipooli omast 4 korda suurem, s. o. $4 \times 73 = 292$ oomi.

Üldjuhul sõltub murtud dipooli kiirgustakistus ka dipoolide vahekaugusest D . Joonisel 7.27 on toodud nomogramm, mille abil

saab vastavalt suhetele $\frac{D}{d_1}$ ja $\frac{d_2}{d_1}$ leida tegurid K . Vastava murtud dipooli kiirgustakistus on siis:

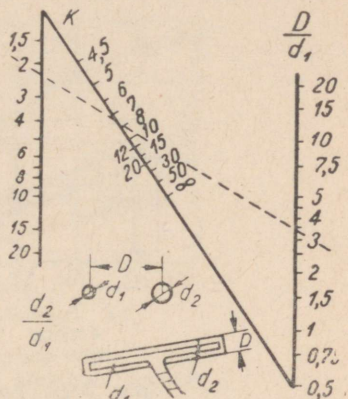
$$R_k = 72K\Omega.$$

Nomogrammilt nähtub, et kui näiteks $\frac{d_2}{d_1} = 2,3$ ja $\frac{D}{d_1} = 3,8$, siis $K = 7,5$ ja murtud dipooli kiirgustakistus $R_k = 7,5 \cdot 72 = 540$ oomi.

Kuna dipooli 1 keskkohas asub pingsõlm, siis on otstarbekas kinnitada murtud dipool antennimasti külge selles kohas.

Murtud dipooli tegelik pikkus on arvutatav valemiga (7.31). Tema suunatusjoon on samasugune nagu poollainedipoolilgi (vt. joon. 7.25), kuid efektiivkõrgus ületab viimase oma kahekordselt:

$$h_{ef} = 2 \frac{\lambda}{\pi}.$$



Joon. 7.27. Nomogramm murtud dipooli kiirgustakistuse arvutamiseks vajaliku teguri K leidmiseks.

c. Antenni ja toiteliini sobitamine

Nüüd käsitleme lähemalt vastuvõtuantennis tekitatud võimsuse ülevõtmist toiteliini. Pikksidendite käsitlemiseks oli näidatud, et peegelduste vältimiseks tuleb toiteliini selle lõpus — vastuvõtja juures — koormata takistusega R_{vv} , mis võrdub toiteliini lainetakistusega Z .

Tavaliselt on toiteliin ühendatud vastuvõtjaga selle sisendvõnkeringi väljavõtte külge sellise arvestusega, et võnkeringi resonantsisagedusel oleks toiteliin koormatud oma lainetakistusega võrduva takistusega. Niisuguse sobitatud toiteliini sisendtakistus R_{sis} võrdub siis koormustakistusega

$$R_{sis} = R_{vv}.$$

Teatavasti võib vastuvõtuantenni kujutada generaatorina, mille elektromotoorne jõud võrdub antennis indutseeritud elektromotoorse jõuga $E = E_v h_{ef}$ ja sisendtakistus võrdub kiirgustakistusega R_k . Vastav antenni ja toiteliini aseseem on toodud joonisel 7.28.

Aseseemilt on näha, et antenni poolt elektromagnetilisest väljast ammutatavast võimsusest

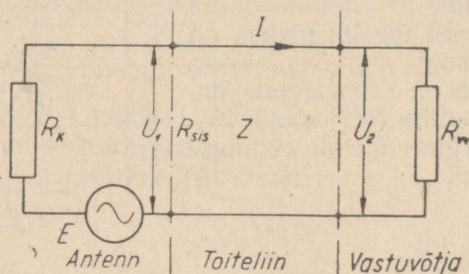
$$P_0 = \frac{E^2}{R_k + R_{sis}}$$

kandub toiteliini võimsus

$$P_2 = I^2 R_{\text{sis}} = \left(\frac{E}{R_k + R_{\text{sis}}} \right)^2 R_{\text{sis}} = P_0 \frac{R_{\text{sis}}}{R_k + R_{\text{sis}}}$$

Teatavasti on generaatorist koormusele ülekantav võimsus maksimaalne, kui koormustakistus võrdub generaatori sisendtakistusega. Antud juhul seega peab olema rahuldatud tingimus

$$R_{\text{sis}} = R_k = Z$$



Joon. 7.28. Antenni ja toiteliini aseskeem.

ja toiteliini kanduv maksimaalne võimsus

$$P_{2 \max} = P_0 \frac{Z}{R_k + Z} = \frac{P_0}{2} \quad (7.35)$$

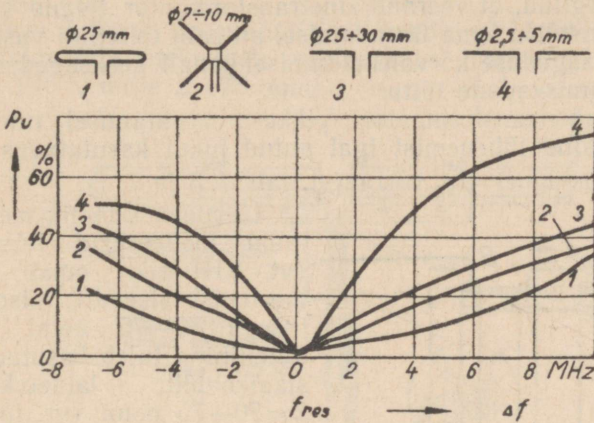
moodustab poole antenni poolt elektromagnetilisest väljast ammutatavast võimsusest. Teise poole võimsusest P_0 kiirgab antenn oma kiirgustakistuse R_k tõttu ruumi tagasi.

Kui vastuvõetav sagedus erineb antenni resonantsisagedusest, siis lisandub kiirgustakistusele R_k veel reaktiivkomponent, mille tõttu antenni sisendtakistus suureneb. Antenn pole enam toiteliiniga sobitatud ja toiteliini üleantav võimsus P_2 väheneb. Seda võimsuse vähenemist võib vaadelda pingelaine osalise tagasipeegeldumisena selle pingelaine üleminekul antennist toiteliini. Joonisel 7.29 on toodud kõverad mitmesuguste antennide kohta, mis näitavad peegeldunud lainepinge P_u (protsentides langevast pingelainest) sõltuvust vastuvõetava sageduse ja resonantsisageduse f_{res} vahest Δf .

Jooniselt on näha, et kui antenn ja toiteliin on sobitatud kanali kesksagedusel, siis peegeldust ei teki. Sageduse kõrvalekaldumisel tekib kõige suurem peegeldus peenikeste varrastega poollainedipooli 4 puhul. Seetõttu on sellise antenniga vastuvõetav sagedusriba kitsas. Kõige laiema riba vastuvõtt saavutatakse murtud dipooli abil. Sageduse kõrvalekaldumisel 4 MHz võrra peegeldub

selle antenni puhul võimsuse üleandmisel toiteliini vähem kui 10% lainepingest.

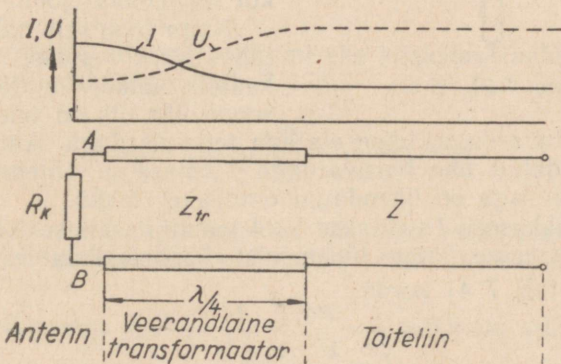
Veerandlainetransformaator. Kui kasutatava antenni kiirgustakistus R_k ei võrdu toiteliini lainetakistusega Z , siis tuleb selleks, et anda toiteliini üle maksimaalset võimsust, sobitada



Joon. 7.29. Langeva lainepinge protsentides väljendatud peegeldunud lainepinge P_u sõltuvus vastuvõetava sageduse ja resonantsisageduse vahest Δf mitmesuguste antennide puhul.

antenn toiteliiniga veerandlainetransformaatori abil, mis ühendatakse antenni ja toiteliini vahele (joon. 7.30).

Veerandlainetransformaator kujutab endast veerandlainepikkust



Joon. 7.30. Veerandlainetransformaator.

liinilõiku, mille lainetakistus Z_{tr} peab võrduma sobitavate takistuste geometrilise keskmisega:

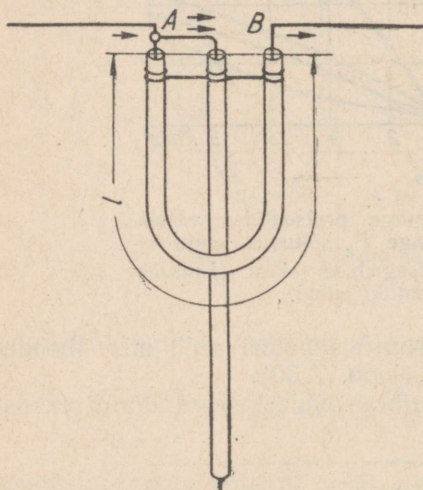
$$Z_{tr} = \sqrt{R_k Z}. \quad (7.36)$$

Sel juhul võrdub veerandlainepikkuse liinilõigu sisendtakistus (punktide A ja B vahel) antenni kiirgustakistusega R_k ja antenn osutub toiteliiniga sobitatuks.

Veerandlainetransformaatori abil saab sobitada ka vastuvõtja sisendit toiteliiniga.

Olgu märgitud, et veerandlainetransformaator toimib vaid ühel sagedusel, mistõttu tema ühendamisel antenni toiteliini vastuvõetav sagedusriba sageduse kõrvalekaldumisel kanali kesksagedusest aheneb peegeldumiskadude tõttu.

Veerandlainetransformaatori pikkuse arvutamisel tuleb võtta arvesse ka laine lühenemist igal antud juhul kasutatavas kaablis tema lühendusfaktori $\sqrt{\epsilon_r}$ võrra (vt. tab. 7.3 ja 7.4).



Joon. 7.31. U-aas.

U- a a s. Enamik meie kodumaal toodetavaid televiisoreid (vt. VIII ptk.) omab ebasümmeetrilist sisendit, sisendtakistusega 70—75 oomi, mistõttu toiteliinina tuleb kasutada koaksiaalkaablit, lainetakistusega $Z=70-75$ oomi (vt. tab. 7.4). Ebasümmeetrilise koaksiaalkaabli sobitamiseks sümmeetrilise vastuvõtuantenniga tuleb kasutada nn. *sümmeetreerivat lüli*. Mitmesugustest kasutusolevatest sümmeetreerivatest lüli-dest on oma lihtsuse ja töökindluse tõttu leidnud suurimat levikut nn. U-aas (joon. 7.31).

Nagu jooniselt nähtub, kujutab U-aas endast koaksiaalkaabli lõiku, mille sisemise soone üks ots on ühendatud di-

pooli ühe haruvardaga, teine ots aga teise vardaga. Antenni toiteliin on ühendatud ühe haruvardaga. U-aasa ja antenni toiteliini varjestussukad aga on ühendatud omavahel kokku.

U-aasa pikkuseks l valitakse pool kanali keskmisest lainepikkusest, võttes arvesse laine lühenemist koaksiaalkaablis lühendusfaktori $\sqrt{\epsilon_r}$ (tab. 7.4) korda:

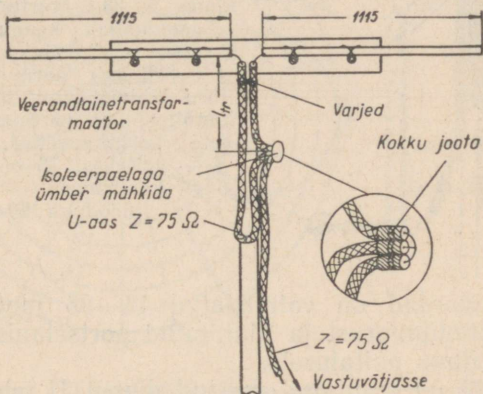
$$l_a = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (7.37)$$

U-aasa niisuguse pikkuse puhul pöörab ta lainet faasis 180° võrra, mistõttu toiteliini sisendis kummagi haruvarda lained liituvad, nagu on märgitud joonisel nooltega.

U-aasa kasutamisel väheneb vastuvõtuantenni ekvivalentne sisendtakistus 4 korda. See seletub järgmiselt. Kui kasutada näiteks

murtud dipooli, mille $R_k=300$ oomi, siis on selle kummagi varda kiirgustakistus $300:2=150$ oomi. Kuna mõlema varda voolud toiteliinis liituvad, on nad toiteliini suhtes ühendatud rööbiti, avaldades resulteerivat takistust $R=150:2=75$ oomi. Antud juhul tuleb seega toiteliinina kasutada koaksiaalkaablit, lainetakistusega $Z=70-80$ oomi.

Joonisel 7.32 on kujutatud poollainedipool II televisioonikanali kaudu toimuvate ülekannete vastuvõtuks. Toiteliin on koaksiaalkaablist PK-1, mille $Z=75$ oomi.



Joon. 7.32. Poollainedipool II televisioonikanali kaudu toimuvate ülekannete vastuvõtuks koos veerandlainetransformaatori ja U-aasaga.

Sümmeetrilise antenni sobitamiseks koaksiaalkaabliga on kasutatud U-aasa pikkusega (val. 7.37).

$$l_a = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{4,85}{2} \cdot \frac{1}{1,5} = 1,6 \text{ m.}$$

Kui U-aasa sisendtakistus on 300 oomi, siis kasutatakse selle sobitamiseks poollainedipooliga ($R_k=73\Omega$) veerandlainetransformaatorit pikkusega

$$l_{tr} = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{4,85}{4} \cdot \frac{1}{1,5} = 0,8 \text{ m, mille lainetakistus peaks olema (val. 7.36):}$$

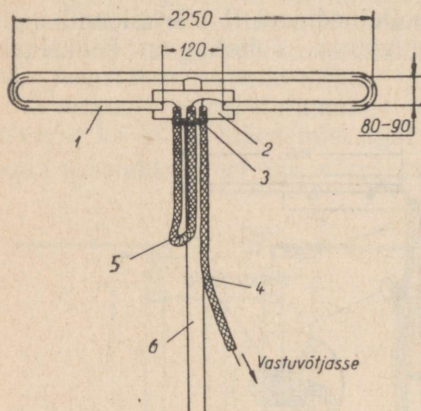
$$Z_{tr} = \sqrt{300 \cdot 73} = 148\Omega.$$

Antud juhul on kasutatud transformaatori kummagi juhtmena

75-oomist koaksiaalkaablit, mistõttu kujuneva kahejuhtmeline liini lainetakistus on

$$Z = 2 \cdot 75 = 150 \Omega,$$

s. o. küllalt lähedane nõutavale 148 oomile.



Joon. 7. 33. Murtud dipool II televisioonikanali kaudu toimuvate ülekannete vastuvõtuks, koos U-aasaga: 1 — dipooli haruvarras — metalltoru läbimõõduga 20—25 mm; 2 — kinnitusplaat pertinaksist; 3 — varjete kokkujoodetud varjestussukad; 4 — toiteliin, 75 oomi; 5 — U-aas; 6 — kandemast — metalltoru läbimõõduga 30—40 mm.

Dipooli haruvardad on valmistatud 15—25 mm läbimõõduga vask- või alumiiniumtorust ja kinnitatud portselanist rullisolaatorite abil isoleerituna puitalusele.

Joonisel 7. 33 on kujutatud murtud dipool II televisioonikanali kaudu toimuvate ülekannete vastuvõtuks. Toiteliin on koaksiaalkaablist PK-1, mille $Z = 75$ oomi. U-aasa pikkus (val. 7. 37) on

$$l_a = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{4,85}{2} \cdot \frac{1}{1,5} = 1,6 \text{ m.}$$

d. Ühesuunalised antennid

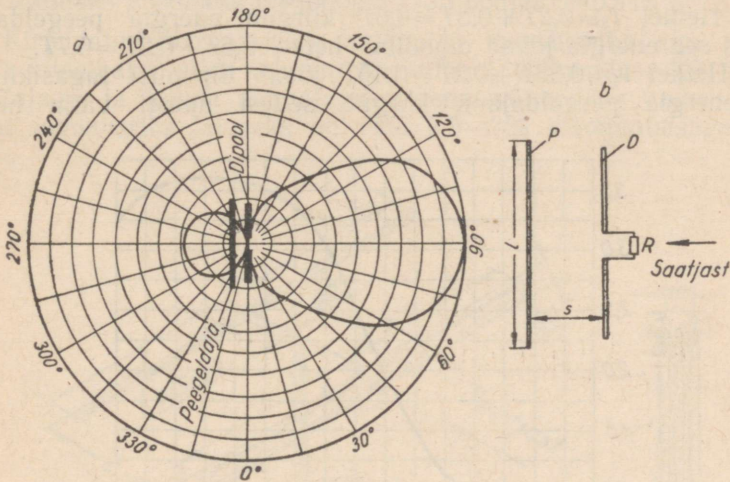
Nõrga elektromagnetilise välja puhul ei piisa poolainedipooli poolt ammutatavast energiast normaalsete vastuvõtutingimuste loomiseks.

Üks lihtsamaid viise vastuvõetava signaali võimendamiseks seisab ühesuunalise antenni kasutamises, mille tõttu vastuvõttu segavad kõrvalised häired nõrgenevad, sest antenn oma ühesuunalise tunnusjoone tagajärjel kõrvalistest suundadest saabuvaid häireid vastu ei võta.

Paljuelemendilised antennid. Antenni ühesuunalise tunnusjoone saavutamiseks (joon. 7. 34, a) paigutatakse poolainedipooliga või murtud dipooliga rööbiti üks või mitu resonantsvarrast, nn. *parasiitelementi*. Toiteliiniga ühendatud dipooli nimetatakse siin *aktiivelemendiks*. Kui parasiitelement paikneb aktiivelemendi taga (laine levimissuunas arvatuna), siis nimetatakse teda

peegeldajaks ehk reflektoriks, kui ta aga paikneb aktiivemendi ees, siis suunajaks ehk direktoriks.

Selgitame, kuidas peegeldaja P paigutamine dipooli D taha (joon. 7.34, b) suurendab antenni poolt vastuvõetavat energiat ja loob antennile ühesuunalise tunnusjoone.



Joon. 7.34. Antenni ühesuunaline tunnusjoon (a) ja poollainedipool koos peegeldajaga (b).

On teada, et sobitatud koormusega dipool kiirgab tagasi ruumi poole väljast ammutatud võimsusest (val. 7.35). See kiirgamine toimub veerandperioodise hiline misega. Peegeldaja P kui koormamata element aga kiirgab tagasi kogu väljast ammutatud võimsuse. Seejuures toimub tagasikiirgamine veerandperioodist suurema hiline misega, kui peegeldaja on resonantspikkusest pikem, ja veerandperioodist väiksema hiline misega, kui peegeldaja on resonantspikkusest lühem. Peegeldaja poolt väljakiiratava energia võtab koormatud dipool uuesti vastu, mistõttu suurenebki antenni poolt vastuvõetav kogu energia. Peegeldaja pikkuse l ja kauguse s sobiva valikuga tagatakse tagasikiirguva laine õige faas algla ine suhtes.

Mõõtmised on näidanud, et peegeldaja poolt tagasikiiratava välja tugevus on $0,1\lambda$ kaugusel peegeldajast nõrgenenud 5% võrra ja $0,25\lambda$ kaugusel 40% võrra, võrreldes esialgse väljatugevusega E_v . Ühe lainepikkuse kaugusel on väljatugevus vaid $0,15 E_v$. Seetõttu tuleb peegeldaja paigutada koormatud dipoolist $(0,1-0,25)\lambda$ kaugusele. Lähemale kui $0,1\lambda$ ei ole parasiitelemente soovitatav paigutada, sest tugeva sidestuse tõttu väheneks liialt dipooli kiirgustakistus ja tekiks raskusi toiteliini sobitamisega.

Käsitleme nüüd sellise antenni toimet järkude kaupa, eeldades,

et peegeldaja kaugus $s=0,2\lambda$. Peegeldaja pikkus ületagu resonantspikkuse, nii et tagasikiirgamine toimub viivitusega $t=0,3T$.

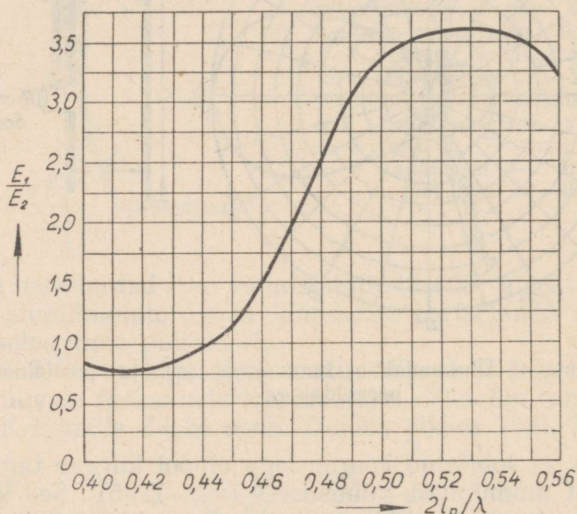
1. Hetkel $t_0=0$ neeldugu energia koormatud dipoolis D .

2. Hetkel $t_1=0,2T$ on saatjast saabuv laine jõudnud peegeldajani P , mis asub vahemaa $s=0,2\lambda$ võrra dipoolist kaugemal.

3. Hetkel $t_2=0,25T$ kiirgub osa energiat dipoolist tagasi.

4. Hetkel $t_3=0,2T+0,3T=0,5T$ kiirgub energia peegeldajast tagasi; see energia jõuab dipoolini hetkel $0,5T+0,2T=0,7T$.

5. Hetkel $t_4=0,25T+0,2T=0,45T$ jõuab dipoolist tagasikiirgunud energia peegeldajani, kiirgub sellest uuesti välja hetkel



Joon. 7.35. Elektromagnetilise laine dipooli poolt ja peegeldaja poolt antenni saabumisel antennis indutseeritud elektromotoorsete jõudude suhte E_1/E_2 sõltuvus peegeldaja pikkusest.

$t=0,45T+0,3T=0,75T$ ja jõuab dipoolini tagasi hetkel $t=0,75T+0,2T=0,95T$.

Dipooli juures liituvad p. 4 ja p. 5 mainitud tagasikiirgunud väljad vektoriaalselt algväljaga, mistõttu suureneb väljatugevus E_v ja tõuseb antennis indutseeritav elektromotoorne jõud E_1 .

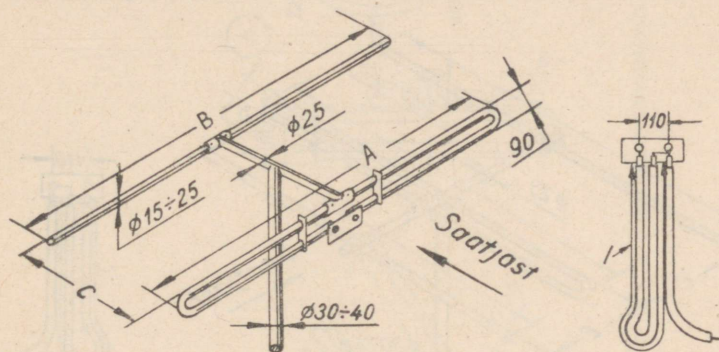
Kui laine saabub antenni tagant, peegeldaja poolt, siis on tagasikiirgunud väljad algväljaga vastufaasis ja antennis indutseeritud elektromotoorne jõud E_2 palju väiksem. Suhte $E_1 : E_2$ sõltuvus lainepikkustes avaldatud peegeldaja pikkusest on toodud joonisel 7.35.

Jooniselt on näha, et peegeldaja soodsaimaks pikkuseks on $l_p=0,53 \frac{\lambda}{2}$. Pikkuse puhul $l_p=0,443 \frac{\lambda}{2}$ ei avalda peegeldaja antenni suunatunnusjoonele üldse mingit mõju, sellest lühema pikkuse

puhul aga hakkab antenn toimima vastupidiselt — peegeldaja muutub suunajaks.

Vastuvõtuantenni võimendust saab veelgi suurendada, kui paigutada koormatud dipooli D ette üks või mitu suunajat. Suunajate kauguseks üksteisest ja dipoolist tuleb valida $0,1 \div 0,15 \lambda$. Suunajate soodsaimaks pikkuseks on joonise 7.35 põhjal $l = 0,412 \frac{\lambda}{2}$.

Kirjeldatud ühesuunaliste antennide sagedusriba aga muutub seda kitsamaks, mida suurem on antenni võimendus. Nii on peegeldajaga ja kolme suunajaga antenni võimendus umbes 10 db, kuid sagedusriba laiuseks on vaid 2,5—3% resonantsisagedusest.



Joon. 7.36. Kaheelemendiline antenn.

Seega on resonantsisageduse puhul 53 MHz sagedusriba laiuseks umbes 1,5 MHz. Sagedusriba saab avardada 3 MHz-ni, suurendades peegeldaja ja suunajate pikkust 5—10% võrra. Seejuures väheneb aga antenniga saavutatav võimendus. Niisuguse kitsa sagedusriba tõttu võib jääda helitausta vastuvõtt kujutise sagedusriba keskele häälestatud antenniga nõrgaks ja helitausta tuleb vastu võtta iseisva antenniga.

Allpool on toodud paljuelemendiliste antennide mõõted, kui dipoolid on valmistatud duralumiiniumtorust, läbimõõduga 15—25 mm. Toiteliinina kasutatakse koaksiaalkaablit, lainetakistusega 70 oomi, ja sobituselemendina U-aasa. Toiteliini klemmiplaadid on valmistatud getinaksist või pleksiklaasist.

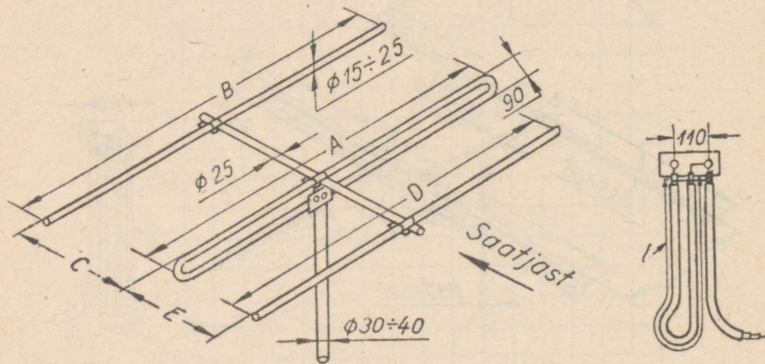
1) Kaheelemendiline antenn koosneb murtud dipoolist ja peegeldajast (joon. 7.36) ning on määratud vastuvõtuks televisioonikeskusest 50—70 km kaugusel. Kui vastuvõtutingimused on halvad (ees on varjavad metsad või teised tõkked), tuleb niisugust antenni kasutada ka väiksematel kaugustel.

Antenni võimendustegur on 2,25 (3,5 db) ja sisendtakistus — 200 oomi. Tema mõõted on toodud tabelis 7.6.

Kaheleemendilise antenni mõõted

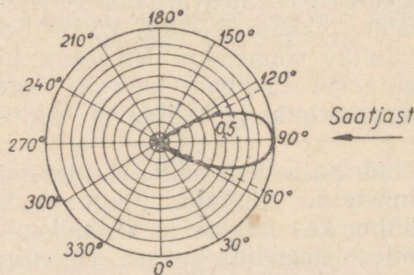
| Kanal | A mm | B mm | C mm | l mm |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| I | 2760 | 3040 | 910 | 1900 |
| II | 2340 | 2580 | 770 | 1630 |
| III | 1820 | 2000 | 600 | 1250 |

2) Kolmeleemendiline antenn koosneb murtud dipoolist, peegeldajast ja suunajast (joon. 7.37), ning on määratud



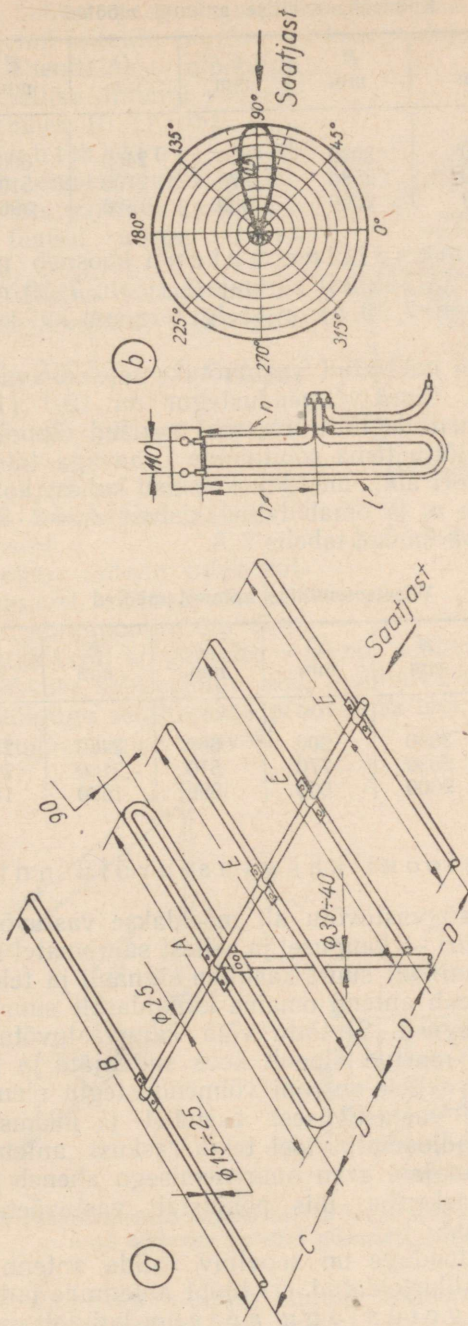
Joon. 7.37. Kolmeleemendiline antenn.

vastuvõtuks televisioonikeskusest 70—100 km kaugusel, halbade vastuvõtutingimuste puhul ka lähemal. Tema võimendustegur on



Joon. 7.38. Kolmeleemendilise antenni suunatusjoon.

6,3 (8 db) ja sisetakistus 100 oomi; suunatusjoon (joon. 7.38) on teravam kui kaheleemendilisel antennil. Mõõted on toodud tabelis 7.7.



Joon. 7. 39. Viielemendiline antenn (a) ja tema suunatusjoon (b).

Kolmelemendilise antenni mõõted

| Kanal | A mm | B mm | C mm | D mm | E mm | l mm |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| I | 2760 | 3040 | 910 | 2460 | 600 | 1900 |
| II | 2340 | 2580 | 770 | 2100 | 510 | 1630 |
| III | 1820 | 2000 | 600 | 1620 | 396 | 1250 |

3) Viielemendiline antenn koosneb murtud dipoolist, peegeldajast ja kolmest suunajast (joon. 7.39, a). Tema suunatusjoon (joon. 7.39, b) on veelgi teravam kui kolmelemendilisel antennil.

See antenn on määratud vastuvõtuks televisioonikeskusest üle 100 km kaugusel. Tema võimendustegur on 12,6 (11 db). Suure arvu parasiilelementide tõttu on siin murtud dipooli sisetakistus 50–60 oomi, mistõttu tema sobitamine U-aasaga toimub veerandlainetransformaatori abil, mis siin koosneb kahest koaksiaalkaabli lõigust, pikkusega n , ja omab lainetakistust $Z_{tr}=2 \cdot 70=140$ oomi. Antenni mõõted on toodud tabelis 7.8.

Tabel 7.8

Viielemendilise antenni mõõted

| Kanal | A mm | B mm | C mm | D mm | E mm | l mm | n mm |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| I | 2760 | 3040 | 900 | 600 | 2460 | 2850 | 950 |
| II | 2340 | 2580 | 770 | 510 | 2100 | 2420 | 810 |
| III | 1820 | 2000 | 600 | 396 | 1620 | 1880 | 627 |

e. Televisiooni kaugvastuvõtu antennid

Televisiooni kaugvastuvõtu all mõeldakse vastuvõttu nägemisulatuse — silmapiiri — kaugusel ja sellest suurematel kaugustel.

Et saada võimalikult suurt kasuliku signaali ja televiisori omakahinate suhet, peab antenn omama küllaldaselt suurt võimendustegurit ja suunategurit. Seetõttu võib kaugvastuvõtuks kasutada eespoolkirjeldatud murtud dipooli koos suunajate ja peegeldajaga (joon. 7.37). Kuid sellise antenni võimendustegur oleneb tunduvalt parasiilelementide vastastikusest asendist ja pikkusest, mistõttu vähemkogenud raadioamatööridel tekib raskusi antenni häälestamisega. Kõos suunajate arvu suurenemisega aheneb paljuelemendilise antenni läbilaskeriba, mis põhjustab vastuvõetava kujutise teravuse vähenemist.

Arvestades eeltooduga on soovitatav valida antenn televisiooni kaugvastuvõtuks allkirjeldatud eri tüüpi antennide hulgast.

1) Nurkpeegeldajaga antenn kujutab endast murtud

dipooli, mille taha on paigutatud nurkpeegeldaja (joon. 7. 40). Viimane koosneb kahest peegeldajate rühmast, mis paiknevad 90° nurga all. Antenni toiteliin tuuakse nurkpeegeldaja nurga tipu juurest läbi ja ühendatakse dipooliga U-aasa abil. Sellise antenni võimendustegur on umbes 10 (10 db).

2) Pikajuhtmeline antenn kujutab endast juhet, pikkusega $5-10\lambda$, mis paikneb vastuvõtusihi suhtes teatud nurga θ all (joon. 7. 41, a).

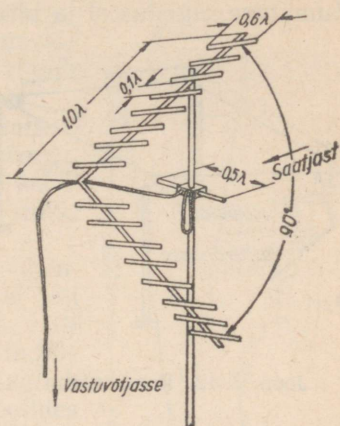
Nurga θ väärtus sõltub juhtme pikkusest ja on arvutatav valemiga:

$$\cos \theta = \frac{N - \frac{1}{2}}{N}, \quad (7.38)$$

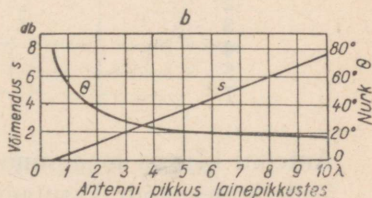
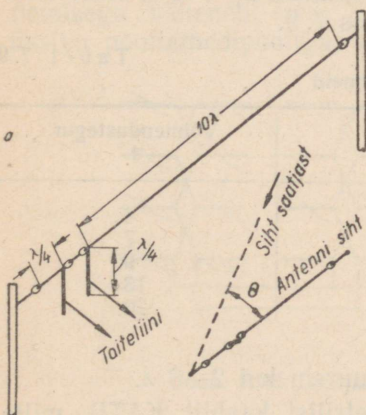
kus N on juhtme pikkus lainepikkustes.

Joonisel 7. 41, b on toodud nurga θ ja antenni võimenduse sõltuvus antenni pikkusest.

Pikajuhtmeline antenn tuleb paigutada maapinnast võimalikult kõrgele ja tema saatjapoolne ots tõsta teise otsa suhtes veidi kõrgemale. Antenn sobitatakse toiteliiniga veerandlainepikkuse sobituslõigu abil, kusjuures toiteliini ühenduspunkt sobituslõiguga selgitatakse proovimise teel — kuni saadakse maksimaalse tugevusega vastuvõtt.



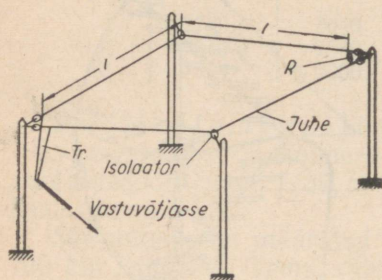
Joon. 7. 40. Nurkpeegeldajaga antenn.



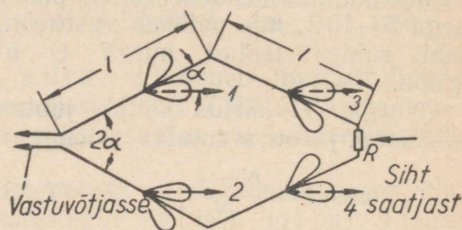
Joon. 7. 41. Pikajuhtmeline antenn (a) ja tema nurga θ ning võimenduse sõltuvus antenni pikkusest (b).

3) Rombantenn kujutab endast horisontaalselt paiknevat rombikujulist kahejuhtmelist liini (joon. 7. 42).

Rombi ühe teravnurga külge ühendatakse toiteliin, teise külge aga aktiivtakisti R , mille takistus peab võrduma rombantenni kiirgustakistusega, s. o. 700 oomiga . Selle tulemusena tekib antennis levivlaineseisund. See omakorda tagab antenni kiirgustakistuse sõltumatuse sagedusest ja järelkult tema hea sobituse toiteliiniga tele-



Joon. 7. 42. Rombantenn.



Joon. 7. 43. Rombantenni suunatunnusjooned.

visioonikanali spektri kõigil sagedustel, s. t. tagab laia läbilaske-
riba.

Antenni hea võimendus- ja suunategur on saavutatud sellega, et siin antenni juhtmete suunatunnusjoonte lehekesed 1—4 liituvad, nagu on näidatud joonisel 7. 43.

Rombi külgede pikenedisel väheneb nurk 2α suunatunnusjoonte lehekestes vahel, mistõttu tuleb vähendada ka rombantenni teravnurka 2α . Rombantenni külje pikkus valitakse $2\text{--}7 \lambda$. Vastav nurk 2α ja võimendustegur s on toodud tabelis 7. 9.

Tabel 7. 9

Rombantenni andmeid

| Külje pikkus l lainepikkustes | Teravnurk 2α | Võimendustegur s |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 2 | 90 | 4 |
| 3 | 70 | 7 |
| 4 | 60 | 9 |
| 5 | 50 | 13 |
| 7 | 40 | 20 |

Antenni kõrgus maapinnast olgu suurem kui $2\text{--}3 \lambda$.

Toiteliinina võib kasutada sümmeetrilist kaablit KATB, mille $Z=300 \text{ oomi}$. Seejuures tuleb toiteliin sobitada antenniga transformaatori Tr abil, mis kujutab endast pidevalt muutuva lainetakistusega liinilõiku (joon. 7. 44, a).

Kui kasutada koaksiaalkaablit, lainetakistusega 75 oomi , siis tuleb see ühendada transformaatori külge U-aasa abil (joon. 7. 44, b).

Antenni ja toiteliini transformaatori juhtmena võib kasutada vask- või bimetaltraati, läbimõõduga 2–3 mm.

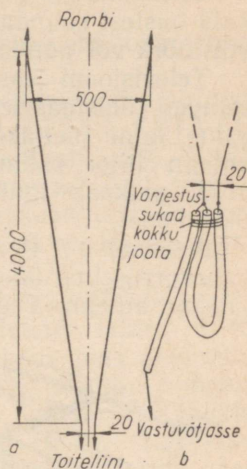
Koormustakistiks sobib 700-oomine masstakisti, mis tuleb hermeetiliselt sulgeda klaas- või keraamilisse torusse.

4) Ühisfaasised antennid kujutavad endast poollainedipoolidest koosnevaid süsteeme, kus dipoolid paiknevad ridade kaupa ühes tasapinnas (joon. 7.45).

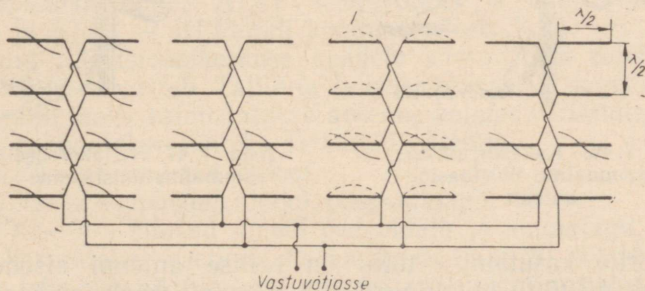
Kui antenn koosneb ühest horisontaalsest dipoolide reast, nimetatakse teda *ühekorruseliseks* antenniks. Antenn joonisel 7.45 koosneb neljast horisontaalsest reast, mistõttu teda nimetatakse *neljakorruseliseks*.

Ühisfaasise antenni dipoolid on ühendatud omavahel ja toiteliiniga nii, et kui signaal saabub dipoolide tasapinnaga risti olevas sihis, siis liituvad dipoolides indutseeritud voolud. Kui aga signaal saabub mõnes muus sihis, siis on voolud dipoolides kas osaliselt või täielikult vastufaasis, mistõttu vastuvõteta võimsus väheneb. Joonisel 7.45 on näha, et kirjeldatud tingimuse täitmiseks peab korrustevaheline kaugus võrduma poolega lainepikkusest ja dipoolide ühendav toiteliin peab olema ühelt korruselt teisele üleminekul pööratud 180° .

Ühisfaasised antennid on asendamatud just lühemate lainete puhul. Teatavasti poollainedipooli efektiivkõrgus lainepikkuse vähenemisega väheneb (val. 7.34), mistõttu lühematel lainetel on üksiku poollainedipooliga võimatu ammutada elektromagnetilisest



Joon. 7.44. Rombantenni transformator.



Joon. 7.45. Neljakorruseline ühisfaasine antenn.

väljast küllaldaselt energiat, et ületada vastuvõtja omakahinaid. Paljudipoolilised ühisfaasised antennid aga ammutavad elektromagnetilisest väljast küllaldaselt energiat, mis suureneb võrdeliselt antenni pindala suurendamisega.

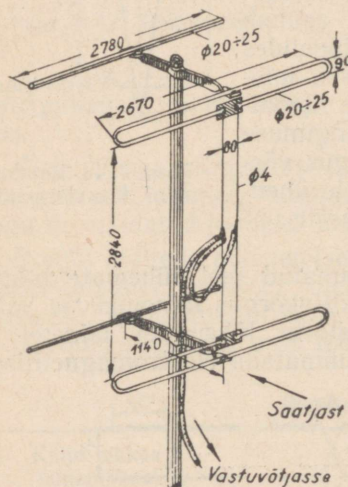
Ühisfaasine antenn muutub ühesuunaliseks, kui iga dipooli taha,

umbes veerandi lainepikkuse kaugusele paigutada parasiitelement — peegeldaja. Veelgi lühemate lainete puhul asendatakse peegeldajad terviklikust metallvõrgust või isegi metall-lehest peegliga.

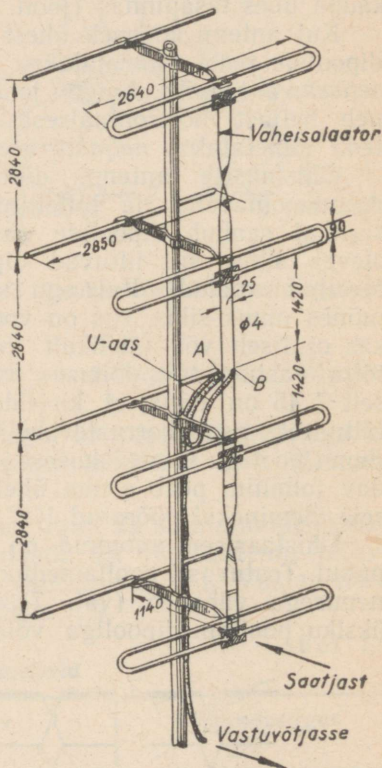
Ühesuunaline antenn tagab soovitud suunast parima vastuvõtu, kuid teistest suundadest, kust võib oodata ainult häireid, on vastuvõtt nõrk või puudub täielikult.

Telesiooni vastuvõtuks kasutatakse ühisfaasised antennid on kahe- kuni neljakorruselised. Et antenn liiga kohmakaks ei kujuneks, paikneb igal korrusel vaid üks dipool.

Joonisel 7.46 on kujutatud kahekorruseline ühesuunaline ühisfaasine antenn. Veerandlainetrans-



Joon. 7.46. Kahekorruseline ühesuunaline ühisfaasine antenn.



Joon. 7.47. Neljakorruseline ühesuunaline ühisfaasine antenn.

formaatorite kasutamise tõttu on sellise antenni sisendtakistus 300 oomi, mistõttu toiteliinina võib kasutada koaksiaalkaablit koos U-aasaga. Antenni võimendustegur $s=6,5$.

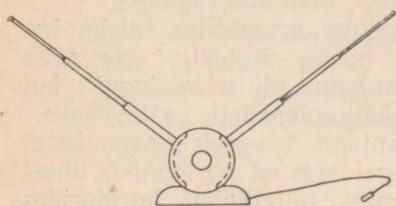
Joonisel 7.47 on kujutatud neljakorruseline ühesuunaline ühisfaasine antenn. Siin on 2 ülemist ja 2 alumist korrust ühendatud rööbiti, mistõttu punktide A ja B vahel kujuneb sisendtakistuseks 120 oomi. Edasi on kasutatud veerandlainetransformaatorit, mille tõttu toiteliinina võib kasutada koaksiaalkaablit koos U-aasaga. Antenni läbilaskeriba on kuni 6 MHz ja võimendustegur $s=13$.

Mõõted on antud I kanali kohta. Mingi teise kanali kaudu vastuvõtuks tuleb mõõteid muuta võrdeliselt kanali keskmise lainepikkusega (vt. tab. 7.1).

f. Tüüpantennid

Tehaste poolt toodetakse komplektsetena nii sise- ehk toaantenne kui ka välisantenne.

1) Siseantennid. Tüüpsiseantennidest on leidnud suurimat levikut teleskoopvarrastega toaantennid (tüübid KTTA-1, KPTA-54, ATKP-1 jt.). Niisugune teleskoopvarrastega toaantenn (joon. 7.48) kujutab endast dipooli, mille haruvardad koosnevad 2—4 torust, mis on haruvarraste pikkuse muutmiseks teleskoobitaoliselt üksteise sisse ja üksteisest välja nihutatavad. Samuti on ka haruvarraste vaheline nurk muudetav.



Joon. 7.48. Teleskoopvarrastega toaantenn.

Kuna toaantenn kasutab vastuvõtuks peegeldunud lainet, tuleb katselisel teel leida toas antennile sobivaim asukoht ja siht. Antenni võib paigutada televisiorile, lauale või kinnitada seinale. Haruvarraste pikkus tuleb reguleerida vastavaks vastuvõtuks kasutatava televisioonikanali lainepikkusele (vt. tab. 7.1) ja väljatugevusele. Samuti katselisel teel tuleb leida ka sobivaim nurk haruvarraste

vahel. Antenni saab kasutada vastuvõtuks maksimaalselt 5—7 km kaugusel televisioonisajaatjast.

2) Välisantennid. Tehaste poolt toodetakse peamiselt järgmisi tüüpvälisantenne: ATY1 vastuvõtuks I kanali, ATY2 — II kanali ja ATY3 — III kanali kaudu (vt. tab. 7.1).

Tallinna televisioonikeskuse saadete vastuvõtuks tuleb valida tüüp ATY2, mis vastab Tallinna televisioonisajaatja sagedusribale.

Iga kanali jaoks valmistatakse antenne kolmes variandis. Sellele vastavalt tähistatakse näiteks II kanali antenne.

- ATY2—1 — murtud dipool;
- ATY2—2 — murtud dipool peegeldajaga;
- ATY2—3 — murtud dipool peegeldaja ja suunajaga.

Neid kasutatakse vastuvõtuks vastavalt kuni 20, 40, või 60 km kaugusel televisioonikeskusest, raskete vastuvõtutingimuste puhul ka väiksemate kaugustel.

g. Ühisantennid

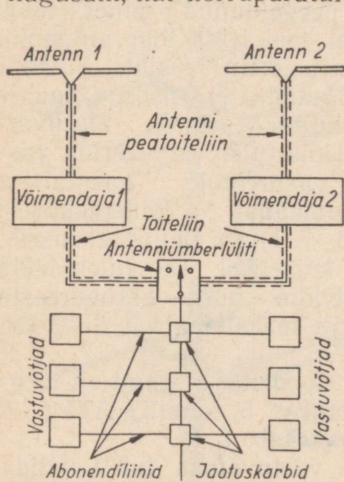
Ühisantennid on vajalikud suurte majade radiofitseerimiseks ja nn. televisioniseerimiseks. Käesoleval ajal, kus ühes majas leidub veel alles vähe televisiooreid, ei mõjuta televisioonivastuvõtuantennid

nid üksteist kuigi tunduvalt, kuid tulevikus kujuneb juba tõsiseks probleemiks, kuidas vältida televiisorite häirivat toimet üksteisele. Olgu märgitud, et ringhäälingu vastuvõtu suhtes ei kerki see probleem pikemate lainete kasutamise tõttu nii teravalt esile kui just televisiooni suhtes. Ühisantennide peamiseks eeliseks ongi asjaolu, et nad võimaldavad antud probleemi otstarbekat lahendamist.

Teiseks ühisantennide eeliseks on saavutatav majanduslik sääst. Nimelt on üks ühisantenn palju odavam kui hulk individuaalantenne.

Kolmandaks võib märkida, et ühisantennid tagavad ka kaugvastuvõttu, sest nendena kasutatakse suure võimendusteguriga antenne.

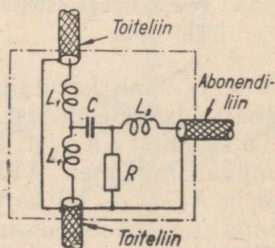
Neljandaks ühisantennide kasutamise eeliseks on linnade välisilme parandamine. Üks korralik antenn hoone katusel on palju nägusam, kui korrapäratult katust kattev antennide rägastik.



Joon. 7.49. Ühisantenniseade.

Eeltooduga arvestades tuleks iga suurema hoone projektis ette näha ka ühisantenn nii televisiooni- kui ka ringhäälingusaadete vastuvõtuks.

Ühisantenn koosneb hoone katusel või mitmest toiteliinist, koridorides paiknevatest jaotuskarpidest ja abo-



Joon. 7.50. Ühisantenni jaotuskarbi skeem.

nendiliinidest, mis lõpevad abonendipistikutega, mis ühendatakse televisioonivastuvõtjatega.

Televisioonisaatjast suuremal kaugusel, kus väljatugevus on nii-võrd nõrk, et antenn ei suuda toita kõiki tarbijaid (vastuvõtjaid), tuleb ühisantenn varustada veel lairibavõimendaja ehk nn. antennivõimendajaga. Kalkematu vastuvõtu tagamiseks kasutatakse kaht võimendajat koos vastava ümbertulitiga (joon. 7.49), kusjuures teine võimendaja on reservis.

Iga abonendiliin ühendatakse toiteliini külge jaotuskarbi kaudu (joon. 7.50), mis sisaldab lahtisidestus- ja korrigeerimiselemente.

Kasutatakse reaktiivtakistuslikke lahtisidestuselemente L_1 ja C ,

mis vähendavad miinumini peegeldumisi ja säilitavad kaod väikestena. Kondensaator C väldib abonendiliini tagasitoimet toiteliinile ja määrab ära abonendiliini pinget. Jaotusvõrgu soodsaima talitlusseisundi saavutamiseks kogu nõutava sagedusriba (umbes 48—85 MHz) ulatuses peab mahtuvus C olema selline, et sagedusel 50 MHz omaks abonendiliini tõttu tekkiv toiteliini aktiivtakistus väärtust:

$$R_{ab} = 2nZ, \quad (7.39)$$

kus n — toiteliinist hargnevate abonendiliinide arv;

Z — kaabli lainetakistus Ω .

Induktiivsus L_1 tuleb valida selline, et jaotuskarbi aselainetakistus

$$Z_{ek} = 900 \sqrt{\frac{2L_1}{C}} \Omega, \quad (7.40)$$

võrduks kaabli lainetakistusega (kui induktiivsust L_1 avaldada mikrohenrides ja mahtuvust C — pikofaradites). Siis on jaotuskarbi poolt tekitatavad peegeldumised minimaalsed.

75-oomise kaabli kasutamise puhul on C ja L_1 arvutatavad järgmistele valemitele:

$$C = \frac{30}{n} \text{ pF} \quad (7.41)$$

ja

$$L_1 = \frac{87}{1000n} \mu\text{H}, \quad (7.42)$$

kus n on abonentide arv.

Abonendiliiniga on ühendatud rööbiti takisti R , et sobitada abonendiliini toiteliiniga ja vältida süsteemis resonantsi- ning peegeldumisenähtusi, mis võivad halvendada kujutise kvaliteeti. Samuti vähendab see takisti abonendi — televiisori — külge- ja lahtilülitamise mõju. Takisti R takistus valitakse võrdne kaabli lainetakistusega (75Ω).

Induktiivsus L_2 on ühendatud abonendiliini selleks, et seda sobitada toiteliiniga. Induktiivsus L_2 peab olema ligikaudu kaks korda suurem kui L_1 . Induktiivsused L_1 ja L_2 osutuvad niivõrd väikesteks, et nendena kasutatakse traadilõike, arvestades, et 0,6 mm läbimõõduga traadi 20 mm pikkune lõik omab induktiivsust 0,015 μH .

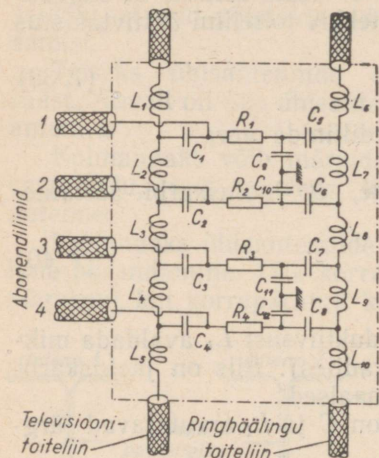
Et abonendiliinide otstest peegeldunud lained ei liituks, ei tohi jaotuskarpidevaheline kaugus võrduda poole lainepikkusega või olla selle kordne.

Televiisiooni- ja ringhäälinguvastuvõtuhis antenn. Suuremates hoonetes tekivad ringhäälinguvastuvõtul samad raskused nagu televiisioonivastuvõtulgi. Toaantennid

omavad väikest efektiivkõrgust ja asetsevad sageli tugevas häireväljas, mistõttu kvaliteetne vastuvõtt osutub võimatuks. Suur arv mitmesuguseid välisantenne rikub hoonete välisilmel. Seepärast tuleb ka ringhäälinguvastuvõtuks kasutada ühisantenne. Kulutuste vähendamiseks on otstarbekas kasutada televisiooni ühisantenni ühtlasi ka ringhäälinguvastuvõtuks.

Parimaid tulemusi on andnud kombineeritud lülitus, kus kasutatakse televisiooni ja ringhäälingu jaoks eraldi toiteliine, jaotuskarbid ning neist väljuvad abonendiliinid aga on ühised.

Joonisel 7.51 on toodud nelja abonendiliini külgeühendamiseks määratud jaotuskarbi skeem. Siin L_1-L_5 , C_1-C_4 ja R_1-R_4 kuuluvad televisiooniosa juurde ning nende otstarvet on selgitatud juba eespool. Kondensatoreist C_5-C_{12} moodustavad mahtvuslikud pingegajajad, millede kaudu suunatakse abonendiliinidesse ringhäälinguvastuvõtuks vajalikku pinget. Ringhäälingu-toiteliini ühendatud induktiivsused L_6-L_{10} on vajalikud



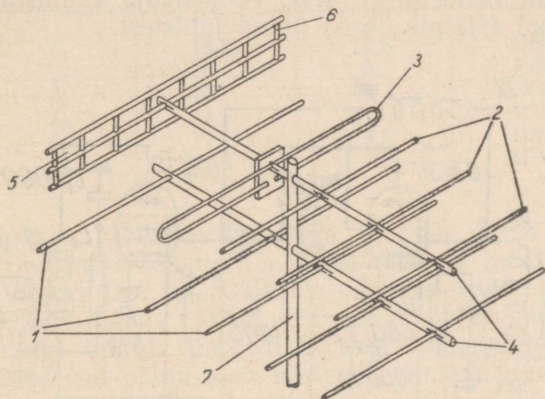
Joon. 7.51. Televisiooni- ja ringhäälinguvastuvõtu ühisantennile nelja abonendiliini külgeühendamiseks määratud jaotuskarbi skeem.

kud korrigeerimiseks ja nad väldivad abonendiliinide tagasitoimet toiteliinile.

h. Televisiooni ülikauge vastuvõtt

Viimaste aastate jooksul on seoses televisioonisaatjate arvu suurenemise ja televisiooni vastuvõtutehnika arenemisega saagenud televisioonisaadete vastuvõtu juhud 1000 kilomeetri kauguselt ja isegi kaugemalt. Nii on Lääne-Euroopas suveõhtutel tavaliste televiisoritega vastu võetud Moskva televisioonikeskuse saateid ja nõukogude raadioamatöörid on jälginud Itaalia, Saksamaa, Prantsusmaa, Tšehhoslovakkia ning Šveitsi televisioonikeskuste saateid. Nii-sugune nn. ülikauge vastuvõtt pole enam tingitud ajutistest nähetest troposfääris, nagu näiteks murdumisnäitaja suurenemisest kõrguse suurenemisega. Viimane tagaks vastuvõttu kuni paarisaja kilomeetri ulatusel. Ülikaugest vastuvõttu põhjustab lainete peegeldumine ionosfäärist. Nimelt asub 90—140 km kõrgusel ioniseeritud kiht E. Selles kihis kujunevad suvekuudel aeg-ajalt tugevamalt ioniseeritud ebapüsivad «pilved», mis moodustavad nn. sporaadilise ehk hajutatud kihi E_s . Tingituna hajutatud kihi E_s tugevast ioniseerumisest peegelduvad sellistelt «pilvedelt» ültralühilained pikkusega 5—6 m, võimaldadeski aeg-ajalt ülikaugest vastuvõttu.

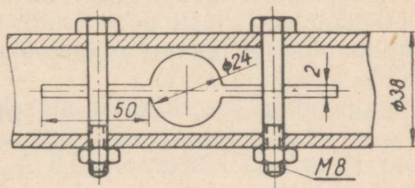
Ülikaugeks vastuvõtuks vajatakse pööratavat antenni, mis peab omama suurt võimendustegurit, et ammutada küllaldaselt energiat antennivõimendaja omakahinate ületamiseks. Samuti peab antenn olema ühesuunaline, omades teravat suunatusjoont, et vähendada kõrvalsuundadest saabuvate häirete mõju miinimumini. Sobiv on selleks kasutada mitmekorruselist ühisfaasist antenni. Häid tulemusi on saavutatud ka alljärgnevalt kirjeldatava viielemendise antenniga, mille alla on paigutatud veel üks korrus peegeldajaid 1, et vähendada altpoolt saabuvate häirete mõju ja suurendada antenni võimendustegurit (joon. 7.52).



Joon. 7.52. Televisiooni ülikauge vastuvõtu viielemendiline antenn allapaigutatud peegeldajatega.

Antenni suunajad 2 ja murtud dipool 3 on valmistatud vask- või alumiiniumtorust, läbimõõduga 24 mm, ja kinnitatud terastorude 4 külge, mille läbimõõt on 38 mm. Antenni vardad pistetakse läbi terastorusse tehtud 24-millimeetrise läbimõõduga avade ja kinnitatakse toru külge poltidega (joon. 7.53).

Ülemise korruse peegeldaja 5 koosneb kolmest torust, läbimõõduga 27 mm. Torud ühendatakse omavahel läbiulatuvate poltidega, millede pikkus on 375 mm. Poltidele asetatakse vahetorud 6, läbimõõduga 18 mm, hoiavad peegeldaja vardad üksteisest 140 mm kaugusel. Mõlemad korrused kinnitatakse 50-millimeetrise läbimõõduga terastorule 7, mida pöörates saab pöörata antenni soovitud suunda.



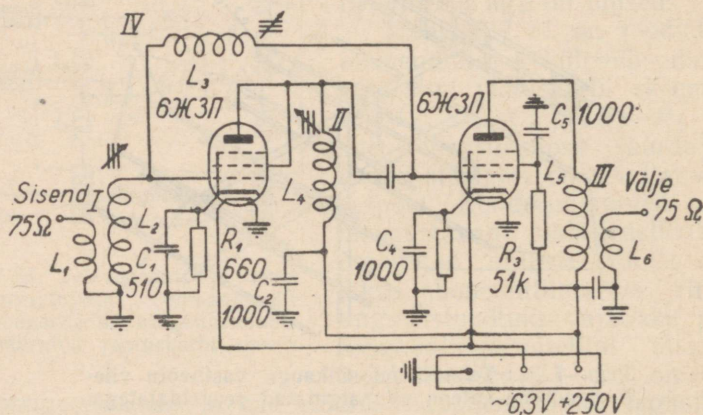
Joon. 7.53. Antennivarraste kinnitustetail joonisel 7.52 kujutatud antennile.

Toiteliinina kasutatakse koaksiaalkaablit PK-1, mis sobitatakse antenni murtud dipooliga U-aasa abil.

i. Antennivõimendajad

Kui televisiooni kaugvastuvõtu puhul osutub suundantenniga saadav televisioonisignaali pinge mitteküllaldaseks, siis tuleb antenni ja televisori vahele ühendada eelvõimendaja. Viimane peab paiknema võimalikult antenni lähedal.

Sellise eelvõimendaja võimendusastmete arv oleneb antenni lähise elektromagnetilise välja tugevusest ja antenni külge lülitatud televisorite arvust, s. o. antenni koormusest. Harilikult kasutatakse kahe- kuni seitsmeastmelisi võimendajaid, millede läbilaske-riba laius peab olema 6—8 MHz. Võimendaja valmistamisel tuleb lähtuda eespool (III plk., § 6) antud juhistest.



Joon. 7.54. Kaheastmelise antennivõimendaja YIT skeem.

Ühe televisioonivastuvõtja tundlikkuse suurendamiseks võib kasutada kaheastmelist tüüpivõimendajat YIT. Selliseid võimendajaid toodetakse tehaste poolt eraldi esimese (YIT-1), teise (YIT-2) ja kolmanda (YIT-3) kanali jaoks. Nende erinevus seisab ainult poolide keerdude arvus.

Võimendaja on ehitatud alusele, mõõdetega 53×97×159 mm. Teda toidetakse televisorist, kusjuures võimendaja vajab anoodvoolu 18 mA ja küttevoolu 0,6 A.

Võimendaja esimeses astmes (joon. 7.54) sisaldub lairiba-võimenduspentood 6Ж3П trioodlülituses, et vähendada võimendaja omakahinaid. Induktiivsus L_3 on trioodi võre ja anoodi vahelise mahtuvuse neutraliseerimiseks. Võimendaja võnkeringid moodustuvad induktiivsustest L_2 , L_4 ja L_5 ning vastavatest parasitmahtuvustest. Võimendaja teises astmes sisaldub samuti pentood 6Ж3П, mis on talle järgneva koormusega (koaksiaalkaabli või televisoriga) sidestatud induktiivselt. Sidestuspool L_6 on arvutatud

75-oomise koormuse jaoks. Poolialuste läbimõõt on 9 mm ja poolide pikkus 20 mm. Häälestamine toimub vasksüdamike abil. Poolide andmed on toodud tabelis 7. 10.

Tabel 7. 10

Televisiooni-lairibavõimendaja poolide andmed

| Pool | Mähis | Keerdude arv | | Traat | |
|------|-------|--------------|----------|-------|------|
| | | I kanal | II kanal | | |
| I | L_1 | 16,5 | 12,5 | ПЭЛ-1 | 0,93 |
| I | L_2 | 10 | 5 | ПЭЛШО | 0,27 |
| II | L_4 | 12 | 9 | ПЭЛ-1 | 0,93 |
| III | L_5 | 17 | 14 | ПЭЛ-1 | 0,93 |
| III | L_6 | 11,7 | 8,5 | ПЭЛШО | 0,27 |
| IV | L_3 | 21,5 | 19 | ПЭЛШО | 0,27 |

Võimendaja läbilaskeriba laius on 6,5 MHz, ebaühtlusega ± 3 db, võimendus I kanalil vähemalt 15, II ja III kanalil vähemalt 20. Võimendaja on põhiliselt mõeldud superheterodüünlülituses televiisorite jaoks. Kasutades võimendajat koos televiisoriga «KBH», tuleb vältida parasitsidestusi võimendaja ja vastuvõtja vahel, mis võivad põhjustada süsteemi võnkuma hakkamist.

Kogemused on näidanud, et sellise eelvõimendaja abil võib saadada rahuldavat vastuvõttu televisioonikeskusest kuni 200 km kaugusel.

Raskete vastuvõtutingimuste ja samuti ülikauge vastuvõtu korral tuleb kasutada antennivõimendajaid, mis sisaldavad suuremat arvu astmeid ja iseseisvat toiteosa. On olemas ka hermeetiliselt suletud kujundusega antennivõimendajaid, mida võib paigutada masti otsa, antenni vahetusse lähedusse. Selliste antennivõimendajate ehituskirjeldusi võib leida vastavast erialasest kirjandusest.

4. Televisioonivastuvõtul esinevad häired

Televisioonisaadete laitmatut vastuvõttu takistavad sageli häired. Häirete tekitajaks on mitmesugused seadmed — *häireallikad*, mida võib jaotada kolme rühma.

Esimesse rühma kuuluvad trammid, mitmesugused elektrimootorid, kõrgsagedusahjud jne.

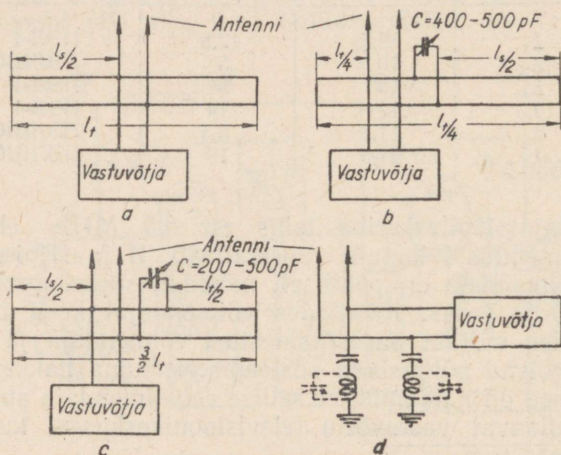
Teise rühma kuuluvad peegeldunud signaalid, mis põhjustavad vastuvõtja ekraanil mitmekordse kujutise.

Kolmandasse rühma kuuluvad ringhäälingusaatjad (eriti sagedusmoduleeritud saatjad), mis tekitavad vastuvõtja ekraanile mustadest ribadest koosneva võrgu.

Esimese häireallikate rühma häirete vähendamiseks tuleb suu-

rendada signaali ja häire suhet. Selleks tuleb toantenn asendada välisantenniga ja viimane täpselt suunata saatjale. Raskematel juhtudel tuleb kasutada paljuelemendilisi antenne, mis omavad ühesuunalist tunnusjoont.

Teise häireallikate rühma häireid — peegeldunud signaale — saab vältida antenni õige sobitamise ja suunamisega. Kui ainult suuna muutmistega ei saavutata häirevaba vastuvõttu, siis tuleb muuta antenni asukohta katusel, misjärel katsetada uuesti antenni suuna muutmisega, kuni saavutatakse häirevaba vastuvõtt.



Joon. 7.55. Antenni toiteliini ühendatavate ribafiltrite skeemid.

Kolmanda häireallikate rühma häirete esinemisel, kui nende kõrvaldamine ühesuunalise antenni kasutamise teel ei õnnestu, tuleb antenni toiteliini ühendada ribafilter, mis laseb läbi televisiooni sagedusriba, tõkestab aga häiresagedusi. Filter valmistatakse toiteliinilõikudest, mille mõõted on antud joonisel 7.55.

Joonisel pikkus

$$l_t = \frac{\lambda_t}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (7.43)$$

ja

$$l_s = \frac{\lambda_s}{\sqrt{\epsilon_r}}, \quad (7.44)$$

kus λ_t — vastuvõtul kasutatava televisioonikanali keskmine lainepikkus m;

λ_s — segava sagedusmoduleeritud saatja lainepikkus m;
 $\sqrt{\epsilon_r}$ — kasutatava kaabli lühendustegur.

Liinilõikude kaugus toiteliinist ja seintest peab olema vähemalt 60—100 mm.

Sümmeetrilise toiteliini ja maa vahele võib ühendada ka tõkkevõnkeringid (joon. 7. 55, *d*). Kumbki pool omab 10 keerdu paljastraadist, läbimõõduga 0,6 mm. Mähkimissamm on 1,5 mm. Poolialused on pleksiklaasist, läbimõõduga 8 mm. Võnkeringide häälestamine toimub kas vasksüdamikega või rööbiti ühendatud (joonisel punktiirjoontega kujutatud) seadekondensaatorite abil, millede mahtuvus on 5 pF. Poolid ühendatakse toiteliiniga kondensaatorite kaudu, millede mahtuvus on 2—3 pF.

Peale eelkirjeldatute kasutatakse veel mitmesuguseid teisi filtreid, millede kirjeldusi leidub vastavas erialases kirjanduses.

VIII PEATÜKK

TELEVIISORITE KIRJELDUSI

Televiisorite skeemidel kasutatavat üksikosade elektriliste väärtuste tähistust selgitab tabel 8.1.

Tabel 8.1

Skeemitähiseid

| T a k i s t i d | | K o n d e n s a a t o r i d | |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tähis | Tähise tähendus | Tähis | Tähise tähendus |
| 22 | 22 Ω | 5 | 5 pF |
| 22 k | 22 k Ω | 5 n | 5 nF ¹ = 5000 pF |
| 0,22 | 0,22 M Ω | 0,5 | 0,5 μ F |
| 2,2 | 2,2 M Ω | 5,0 | 5 μ F |

Televiisorite kirjeldustes on antud nurksulgudes viited eelnevatele peatükkidele ja paragrahvidele, kus vastavat mõistet on lähemalt selgitatud.

1. Televiisor KBH-49-4

a. Üldandmed

Televiisor KBH-49-4 on 16-lambiline otsevastuvõtja. Helitausta vastuvõtuks kasutatakse kujutise ja helitausta kandesageduste tuikesagedust 6,5 MHz.

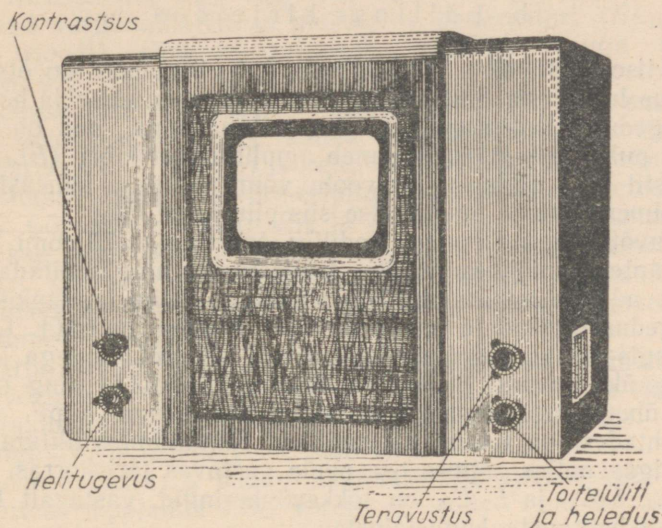
Selle televiisoriga saab vastu võtta ülekandmiseks I, II või III televisioonikanalit (vt. tab. 7.1) kasutatavaid televisioonisaatjaid. Vastuvõtu-ulatus on normaaltingimustel kuni 50 km. Vastuvõtja tundlikkus on 1 mV.

Televiisoris kasutatakse sektorilise ioonipüüdjaga kineskoopi 18-ЛК-5Б [II, 6], mille ekraanil saadava kujutise mõõted on 140×105 mm. Kujutist võib sellekohase suurendusläätsel abil suurendada 1,5—1,8 korda.

¹ 1 nF (nanofarad) = 1000 pF = 0,001 μ F

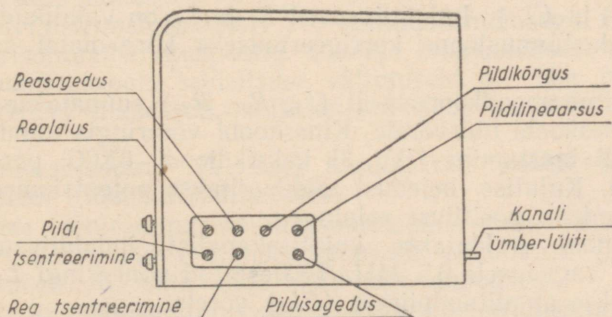
Heli taastatakse valjuhääldajaga 1-ГД-5, mille nimivõimsus on 1 W. Valjuhääldaja on paigutatud vastuvõtja kasti esiküljele, kinesi koobi alla.

Põhilised reguleerimisnupud, arvult 4, on toodud vastuvõtja esiküljele (joon. 8.1). Lisareguleerimisnuppe on 7 ja need asuvad



Joon. 8.1. Televiisor KBH-49-4.

vastuvõtja küljel, kaanega kaetud orvus (joon. 8.2). Nendega toimub ekraanil saadava kujutise kuju ja asendi väljareguleerimine (vt. joon. 8.8).



Joon. 8.2. Televiisori KBH-49-4 lisareguleerimisnuppude paigutus külgmises orvas.

Vastuvõtja on toidetav vahelduvvooluvõrgust ja ümberlülitatav pingetele 110, 127 või 220 V. Toiteks vajalik võimsus ei ületa

220 W. Elektrienergia puhul 40 kop/kWh, kulub seega elektrienergiat 1 tunni jooksul 8,8 kopika ja 3,5 tunnise saate jooksul 30. kopika eest.

Televiisori mõõted on $380 \times 400 \times 490$ mm ja kaal 29 kg.

b. Lülituse kirjeldus

Televiisor KBH-49-4 (skeem joon. 8.3, lisalehel) on otsevastuvõtja, kus helitausta vastuvõtuks kasutatakse kujutise ja helitausta kandesageduste tuikesagedust. See tuikesagedus, mis on kõikide kanalite puhul 6,5 MHz, kujuneb amplituuddetektori (EL_5) koormustakistil R_{93} . Tuikesagedusvoolu võimendatakse kaheastmelises viideovõimendajas ja suunatakse siis piirajasse EL_8 .

Vastuvõtja sisend on aperioidiline, takistusega 75 oomi (R_1), et vältida antenni mõju vastuvõtja häälestusele ning sobitada vastuvõtja sisendtakistust antenni koaksiaalse toiteliini lainetakistusega. Kõrgsagedusvõimendaja on 4-astmeline, lampidega 6Ж4. Lampide anoodringis sisalduvad üksikvõnkeringid on rööbikoitena ja koosnevad igaüks kolmest järjestikku ühendatud poolist ning nendega rööbiti ühendatud kondensaatorist, mahtuvusega 5 pF. Poolide ühendkohtadest on tehtud väljavõtted. Kanaliümbertulitiga lühisatakse igas neljas astmes osa poole vastavas järjekorras.

$L_{18}C_{93}$, L_3C_{12} ja $L_{23}C_{95}$ on tõkkevõnkeringid, vastavalt I, II ja III kanali helitausta kandelainele.

Kontrastsuse reguleerimine [VIII, 6] toimub kõrgsagedusvõimendaja esimese astme (EL_1) võre-eelpinge (ja järelikult ka võimenduse) muutmisega, potentsiomeetri R_3 abil.

Kõrgsagedusvõimendaja viimasest astmest (EL_4) juhitakse televisioonisignaal amplituuddetektorisse (EL_5 vasakpoolsesse diodi). Detekteeritud signaali võimendatakse kaheastmelises viideovõimendajas (EL_5 ja EL_7). Induktiivsused L_7 ja L_8 on vajalikud võimendaja sagedustunnusjoone korrigeerimiseks kõrgematel sagedustel [III, 6, c].

Lõppastme anoodkoormuselt (L_8 , R_{25} , R_{24}) suunatakse kujutise signaal kineskoobi tüürvõrele. Kineskoobi võrelingis toimub alalis-komponendi taastamine [IV, 3] kaksikdiodi 6X6C parempoolse diodi abil. Kujutise heledust reguleeritakse potentsiomeetritl R_{57} katoodile antava positiivse eelpingega.

Helisignaal eraldatakse kujutisekanalist induktiivsusega L_9 sidestatud, sagedusele 6,5 MHz häälestatud võnkeringi $L_{10}C_{34}$ abil ja suunatakse amplituudpiiraja (EL_8) võrele.

Sagedusdetektori [IV, 5] koormustakistitel R_{96} ja R_{97} saadud helisageduspinge suunatakse helikanali lõppastme (EL_{10}) võrele. Kuna kasutatud valjuhääldaja 1-ГД-5 sagedustunnusjoon on kõrgetel sagedustel tõusev, siis kasutatakse loomutruuma heliülekande saavutamiseks korrigeerimiskondensaatoreid C_{85} ja C_{48} . Helitugevust reguleeritakse potentsiomeetriga R_{38} .

Sünkroniseerimisimpulsid eraldatakse viidevõimendaja lõppastme (EL_7) koormustakistil R_{24} ja suunatakse piirajasse-võimendajasse (EL_{11} vasakpoolsesse triodi). Lambi EL_{11} parempoolne triod toimib amplituuderaldajana ja katoodjärgijana. Selle katoodtakistitelt R_{43} ja R_{44} suunatakse sünkroniseerimisimpulsid integreerivasse filtrisse R_{66} , C_{65} , R_{67} , C_{66} , $R_{t,8}$, C_{67} ja R_{69} , mille väljes kujunevad vertikaalhälvituse plokeeriva generaatori (EL_{15} vasakpoolse triodi) sünkroniseerimiseks vajalikü kujuga impulsid (vt. joon. 4. 21, c).

Kondensaatoril C_{68} kujunev hammaspinge [V, 3, a] suunatakse ülekandekondensaatori C_{69} kaudu vertikaalhälvituse lõppastme (EL_{15} parempoolse triodi) võrele. Vertikaalhälvituse lineaarsust reguleeritakse lõppastme võre-eelpinge muutmisega potentsiomeetri R_{77} abil. Lõppastme takistil R_{75} ja poolil L_{13} tekkiv hammaspinge suunatakse suuretakistuslikesse vertikaalhälvituspoolidesse.

Rastri tsentreerimine vertikaalsihis toimub vertikaalhälvituspoole läbiva alaliskomponendi väärtuse ja suuna reguleerimisega potentsiomeetri R_{64} abil.

Sünkroniseerimisimpulsid horisontaalhälvituse sünkroniseerimiseks võetakse amplituuderaldaja katoodtakistilt R_{44} ja suunatakse horisontaalhälvituse plokeeriva generaatori võreeringi eraldusvooluringi $C_{52}R_{46}$ kaudu (vrd. joon. 4. 21).

Kondensaatoril C_{54} tekkiv hammaspinge suunatakse horisontaalhälvituse lõpplambi EL_{13} võrele.

Rea tagasilikumise vältel, mil EL_{13} on suletud, tekib EL_{13} anoodil positiivne pingepulss, mille amplituudi transformatori Tr_4 lisamähise III abil suurendatakse ja mis seejärel alaldatakse diodiga EL_{14} . Saadud kõrgepinge kantakse filtri takisti kaudu R_{112} kineskoobi kiirenduselektroodile. Filtri mahtuvusena toimib siin grafiidikihina kineskoobi sisepinnale kantud kiirenduselektroodi mahtuvus kere suhtes.

Reahälvitustransformaatori Tr_4 sekundaarmähisega I on ühendatud horisontaalhälvituspoolid. Poolide omavahelisest sidestusest tekkiva hammasvoolu lainelisuse vältimiseks on ühe pooli resonantsisagedust muudetud, milleks see pool on sillatud haruga $C_{62}R_{61}$.

Summutusdiodina [V, 6, c] kasutatakse kaksiktriodi EL_{12} parempoolset triodi diodlülituses.

Kujutise tsentreerimiseks horisontaalsihis muudetakse horisontaalhälvituspoole läbiva alaliskomponendi polaarsust ja väärtust potentsiomeetri R_{56} abil, mida läbib kogu anoodvool.

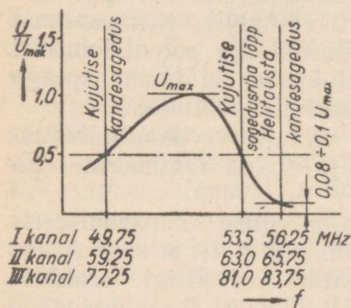
Kiirt teravustatakse teravustuspooliga, mis on ühendatud üldisse miinusjuhtmesse järjestikku horisontaaltsentreerimise potentsiomeetriga R_{56} . Viimasel tekkivat pingelangu kasutatakse rea lampe (EL_1 , EL_7 , EL_{11} , EL_{13} ja EL_{15}) eelpingestamiseks.

Kiire teravustust reguleeritakse pooli läbiva voolu muutmisega potentsiomeetri R_{62} abil.

c. Häälestamine

Vastuvõtja häälestamine toimub tema kõrgsagedusvõimendaja võnkeringide induktiivsuse muutmise teel. Selleks on kõrgsagedusvõimendaja poolid varustatud vask-südamikuga.

Täpseks häälestamiseks kasutatakse standardsignaali generaatorit 804 või CG-1. Häälestamiseks tuleb lambi EL_7 anodi ja kere vahele lülitada eralduskondensaator $C=0,1\mu F$ kaudu vahelduvvooluvoltmeeter, piirkonnaga 50 V ja sisetakistusega vähemalt 5000 Ω/V . Nupp «Kontrastsus» keeratakse maksimaalse võimendusele. Generaatori signaali moduleeritakse helisagedusega 400–1000 Hz ja suunatakse see siis televiisori sisendisse.



Joon. 8.4. Televiisori KBH-49-4 häälestamisel nõutav sagedustunnusjoone kuju.

Häälestamisel näiteks II kanalile häälestatakse L_{19} ja L_{24} kujutise kandelaiale 59,25 MHz; L_{21} ja L_{16} — sagedusele 63 MHz; L_3 — heli kandesagedusele 65,75 MHz. Seejuures saadav vastuvõtja sagedustunnusjoon peab vastama joonisel 8.4 toodule. Sellest erinemise puhul aga vastava kanali võnkeringe ettevaatlikult järelhäälestada.

Vastuvõtja tundlikkuseks nimetatakse sisendpinget kujulise kandesagedusel, mida on vaja 15-voldise efektiivväärtusega pingega saamiseks kineskoobi juhtelektroodil. Generaatori väljepinget tuleb seejuures jagada kahega, sest generaatorite 804 ja CG-1 väljetakistus 75 oomi on sillatud televiisori KBH-49-4 sisendtakistusega 75 oomi, mistõttu generaatori väljepinget on 2 korda madalam.

Standardsignaali generaatori puudumisel saab televiisorit häälestada ka televisioonisatja poolt enne saadete algust antava häälestustabeli [vt. VIII, 6, d] abil. Häälestamisel näiteks II kanalile tuleb induktiivsused L_{19} , L_{24} , L_{21} ja L_{16} häälestada kujutise maksimaalsele kontrastsusele. Seejärel keerata poolide L_{21} ja L_{16} südamikud sissepoole kuni horisontaalsihis maksimaalse teravuse (350–370 rea) saavutamiseni. Mõnikord on otstarbekas ka vähendada veidi poolide L_{19} ja L_{24} induktiivsust, keerates nende vask-südamikke sissepoole. Helitausta tungimist kujutisekanalisse saab kõrvaldada vastava tõkkevõnkeringi häälestamisega (L_3).

Võrgumüra (vertikaalhälvituse sünkroniseerimisimpulsside) tungimisel helikanalisse tuleb häälestada piiraja ja diskriminaatori võnkeringe $L_{11}C_{57}$ ja $L_{12}C_{42}$.

Kui helitaustas ilmneb väike moonutus, nii et kõrgemad helid kostuvad tugevamalt, siis tuleb häälestada võnkering $L_{10}C_{34}$.

2. Televiisor «Avangard»

a. Üldandmed

Televiisor «Avangard» on 18-lambiline superheterodüünvastuvõtja, mis on määratud ainult üht televisioonikanalit kaudu toimivate saadete vastuvõtuks. Tema ümberhäälestamine ühelt kanalilt teisele on võimalik vaid töökojas, vastava poolikomplekti (L_1 , L_2 , L_3 , joon. 8.5) ümbervahetamisega.

Tingituna vastuvõtja lülitusest ja moodsate pöiallampide kasutamisest on vastuvõtja tundlikkus 65—130 μV . Seetõttu on televiisoriga «Avangard» võimalik saada head vastuvõttu ka suurematel kaugustel televisioonikeskusest. Kujutisekanali ribalaiuse 4,5 MHz ja kõrgsageduskorrigeerimise [III, 6, c] rakendamise tõttu ulatub kujutise teravus horisontaalsihis 500 reani. Helikanali madalsagedusvõimendaja laseb läbi sagedusi 100—5000 Hz ja on varustatud kahe valjuhääldajaga 1-ГД-6. Lõppastme nimivõimsus on 1 W.

Kuna televiisori reaalaotusplokk on suletud metallkesta, siis on tekkivad häired nõrgad ja väikese toimepiirkonnaga. Häirevälja tugevus 1 m kaugusel vastuvõtlast ei ületa 100 $\mu\text{V}/\text{m}$ ja toitevõrku tungiv häirepinge on vaid 200 μV .

Televiisoris kasutatakse ioonipüüdjaga kineskoopiga 31JK2B, mille ekraanil saadakse kujutis mõõdetega 180×240 mm.

Vahelduvvooluvõrgust tarbitav võimsus ei ületa 220 vatti.

Vastuvõtja omab sisseehitatud vastuvõtuantenni, mida saab kasutada vastuvõtuks televisioonikeskuse lähedal, kus esineb küllalt suur väljatugevus.

Televiisori «Avangard» vanemal mudelil oli võrgulülitiga ühendatud ülestõstetav kaas. Kaas jäi vastuvõlu ajaks 25° nurga võrra üles tõstetuks ja suunab televiisori kasti laele kinnitatud valjuhääldajate heli vaatajate poole.

b. Lülituse kirjeldus

Televiisor «Avangard» (skeem joon. 8.5, lisalehel) on superheterodüünvastuvõtja, mille kõrgsagedusvõimendaja ja segustusaste on kujutise- ja helikanalil ühised.

Kujutisekanali vahesageduseks on valitud 34,25 MHz ja helikanalil — 27,75 MHz, selleks et vältida võimalikke häireid vastuvõetava signaali ja vahesageduste harmooniliste vahel tekkida võivate tuikamiste tagajärjel.

Mahtuvuslikus tagasisidestuslülituses töötava (EL_2 vasakpoolne triod) ostsillaatori stabiilsust on suurendatud negatiivset temperatuuritegurit omavate keraamiliste kondensaatorite kasutamise teel. Võnkeringi kondensaatorid on küllalt suure mahtuvusega, nii et lambi elektroodivaheliste mahtuvuste muutus ostsillaatori sagedust praktiliselt ei mõjuta. Lambi vananemisest või tema vahetamisest

tekinud omasageduse muutumisel, mis eelkõige avaldub heliülekande moonutumisenä, tuleb ostsillaator uuesti häälestada, milleks on kere alla paigutatud vastav nupp. Ostsillaator on sidestatud segustusastmega mahtuvuse C_{12} kaudu.

Helisignaali eraldamiseks kujutisesignaalist segustusastme anoodringis sisalduva esimese vahesagedusastme võnkeringiga L_5C_{17} induktiivselt sidestatud võnkeringi L_4C_{16} abil ja suunatakse helikanali kaheastmelisse vahesagedusvõimendajasse (EL_7, EL_8).

Kujutisekanali vahesagedusvõimendaja on kaheastmeline (EL_3, EL_4), lahkähäälestatud võnkeringidega. Võnkeringid L_5C_{17} ja L_9C_{27} on häälestatud sagedusele 30,0 MHz, võnkering L_7C_{22} — sagedusele 33,75 MHz. Piiramisvõnkeringidega L_4C_{16}, L_6C_{21} ja L_8C_{26} on vahesagedusvõimendajale antud vajalik eraldusteravus. Kujutisesignaali detekteerimine toimub kristalldiodiga ДГ-Ц12 (KD_1), alaliskomponendi taastamine — diodiga ДГ-Ц14 (KD_2). Kuigi haru $C_{31}R_{20}$ ajakonstant, arvestades ka diodi vastupidist juhtivust, on kõigest 2 msek, kantakse kujutise madalamaid sagedusi üle praktiliselt moonutusvabalt, sest alaliskomponendi taastamise vooluring suurendab madalamate sageduste amplituudi.

Korrigeerimispoolid L_{16}, L_{17} ja L_{18} on keritud 1-megaoomistele takistitele R_{17}, R_{21} ja R_{22} .

Pildi kontrastsuse reguleerimine toimub potentsiomeetri R_{45} abil.

Pildi- ja realaotuse jaoks on kasutatud mitte multivibraatoreid, vaid plokeerivaid generaatoreid nende suurema häirevabaduse tõttu.

Amplituuderaldajana toimib lambi EL_{12} madala anoodpingega (50 V) vasakpoolne triood. Poolpildi sünkroniseerimisimpulsse integreeritakse filtriga $R_{55}C_{59}$, mille ajakonstant on 33 μ sek. Täpse vahelduva laotamise saavutamiseks diferentseeritakse saadud negatiivse polaarsusega signaali kondensaatori C_{60} abil ja suunatakse ta siis vertikaalhälvituse plokeeriva generaatori võrele. Seega toimub sünkroniseerimine pildisünkroniseerimisimpulsi tagarinde abil.

Kuna reaimpulsside tungimine parasiitsidestuste kaudu pildisünkroniseerimisplokki muudab vahelduva laotamise ebatäpseks, on see antud vastuvõtjas välditud vastavalt teostatud montaažiga ja horisontaalhälvituse plokeeriva generaatori ees eraldusastme (EL_{14} vasakpoolne triood) kasutamisega.

Väiksetakistuslikke pildilaotuspoole toidetakse väljetrofo Tr_2 kaudu. Laotuse lineariseerimiseks kasutatakse negatiivset tagasi-sidestust, mille vooluring koosneb kondensaatorist C_{68} ja takistitest R_{65} ning R_{66} . Selle vooluringi ajakonstanti saab muuta piires 1—10 msek. Kuna pildilaotuse perioodi kestus on 20 msek, siis signaal osaliselt diferentseerub. Diferentseeritud signaal kantakse lõppastme EL_{13} võrele ringist R_{61}, R_{64} ja C_{63} . Seejuures aga signaal osaliselt integreerub ja saavutab vajaliku kuju.

Realaotuse sünkroniseerimisimpulsid eraldatakse pildilaotuse impulssidest diferentseeriva filtriga $C_{70}R_{72}$ (mille ajakonstant on

5 μ sek) ja suunatakse takisti R_{73} kaudu eraldusastme võrele. Takisti R_{73} koos lambi sisemahtuvusega moodustab integreeriva filtri, ajakonstandiga 0,3 μ sek. Niisugune integreeriv filter on vajalik suuremate pildisageduste väljafiltreerimiseks, sest need, tungides reaalaotussüsteemi, häiriks selle talitlust. Sama ülesannet täidab ka takistist R_{24} ja eralduslambi EL_{12} sisemahtuvusest moodustuv integreeriv filter. Eralduslambis võimendatud sünkroniseerimisimpulsid suunatakse plokkeeriva generaatori (EL_{14} parempoolne triod) võrele.

Realaotuse lõppaste (EL_{16}) on autotransformaatorväljega. Lõpplamp saab automaatset celpinget võretakisti R_{78} võrevoolust tekkiva pingelanguna. Eralduskondensaatori C_{74} mahtuvus on suhteliselt väike (470 pF), et vähendada toitepinge pulseerimise mõju.

Summutusdiodi kasutamise tõttu on reaalaotuse lõppastme toitepinge kõrgenenud 135 voldi võrra.

Autotransformaatorlülituses on summutusdiodi (EL_{17}) katood 2-kilovoldise negatiivse impulsspinge all. Lääbilöögi vältimiseks on diodi katood ühendatud kütteniidiga. Summutusdiodi kütteniiti toidetakse läbi eraldustrafo Tr_6 , mille mähistevaheline mahtuvus on väike, sest suur parasitmahtuvus summutusdiodi katoodis rikuks autotrafo Tr_5 talitlusseisundit.

Kiire tagasilükkumisel tekkivaid positiivseid pingepulse alaldab kenotron $11C1C$ (EL_{16}). Kõrgepinge (9–10 kV) kantakse varjestatud filtertakisti R_{71} kaudu kineskoobi kiirenduselektroodile. Filtri mahtuvuseks on toru grafiitkattest kiirenduselektroodi mahtuvus kere suhtes.

Helikanali amplituudipiiraja (EL_9) anoodpinge on kõigest 11 V, mis on madalam varivõrepingest (25 V). Seepärast on piiramislambi anodeeltakisti R_{34} ühendatud varivõretakistiga R_{32} järjes-tikku.

Sagedusdetektori lülitus on lihtsustatud: pooli L_{14} keskväljavõte on ühendatud koormustakisti R_{35} ja R_{35} ühenduspunktiga. Seetõttu pole vajadust eralduspaispooli järele.

Televiisori toiteosas sisaldub esimese filterkondensaatori C_{82} ees potentsiomeeter R_{85} , mis vähendab kondensaatori laadimisvoolu tippu ja võimaldab reguleerida vastuvõtja anoodpinget.

Televiisori pildilaotussüsteemi toidetakse filterpaispooli P_2 eest eeltakisti R_{84} kaudu, mis koos kondensaatoriga C_{85} moodustab silumifiltri. Taoline eraldi toide on vajalik selleks, et võrgupinge kõikumistel filterpaispoolis tekkivad siirdetoimused ei häiriks vahelduvat laotamist.

Televiisori madalsagedusosa toidetakse filterpaispooli tagant eeltakisti R_{83} kaudu, mis koos kondensaatoriga C_{84} moodustab lisafiltri ja väldib helisignaali tungimist kujutisekanalisse.

Televiisori kõrgsagedusosa toidetakse läbi eeltakisti R_{82} , mis koos kondensaatoriga C_{30} moodustab lisafiltri reaalaotusplokist lahtisidestamiseks.

Kineskoobi teravustamispool on ühendatud üldisse miinusjuhtmesse järjestikku takistiga R_{69} , millel tekkiv negatiivne pinge kantakse algeelpingena viidevõimendaja ja reaaloetuse lõppastmete juhtvõredele. Teravustamist reguleeritakse pooli läbiva voolu muutmisega potentsiomeetri R_{43} abil.

3. Televisior «Temp-2»

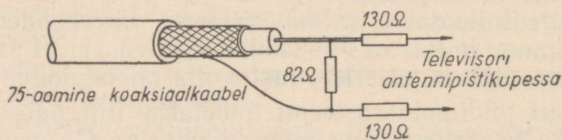
a. Üldandmed

Televisior «Temp-2» on 22-lambiline superheterodüünvastuvõtja ja sisaldabioonipüüdjaga kineskoopi 40ЖК1Б, mille ekraanil tekkiva kujutise mõõted on 240×320 mm.

Televisior võimaldab vastu võtta viie televisioonikanali kaudu toimuvaid ülekandeid (vt. tab. 7.1) ja sagedusalas 66—73 MHz töötavaid sagedusmoduleeritud ringhäälingusaatjaid. Viimane sagedusala on jaotatud televisioris kolmeks avardatud alasageduspiirkonnaks: I — 64 kuni 67,5 MHz, II — 67 kuni 70,7 MHz ja III — 70 kuni 73,5 MHz. Ümberlülitamine toimub 8-asendilise valtslülitiga ПТП-1.

Vastuvõtja tundlikkus nii televisiooni- kui ka ringhäälinguvastuvõtul on vähemalt $250 \mu\text{V}$. Kujutisekanali sagedusriba laius on üle 4,5 MHz, millele vastab horisontaalne eraldusteravus 400 rida.

Helikanali sagedustunnusjoone ebaühtlus sagedustel 90 kuni 7000 Hz ei ületa 14 db helirõhu järgi. Televisioril on kaks valjuhääldajat 1-ГД6 (või 1-ГД5), mis on kinnitatud kasti laele. Lõppastme moonutusvaba väljevõimsus on 1 W. Helitaastamiseks heliplaadidelt on televisiori tagaseinas kaks pistikupesa elektrihelipea küljelülitamiseks. Heliosa tundlikkus nimetatud pistikupesadest on 0,15 V. Samade pistikupesade kaudu saab vastuvõetavat heli magnetofoni abil salvestada lindile. Magnetofoni suurtakistusliku (üle 240 k Ω) sisendi puhul on saadav helisageduspinge 0,1—0,15 V.



Joon. 8.6. Antenni kaabeltoitelini sobitamise televisiori «Temp-2» sisendiga koaksiaalkaabliga sisestatava välisantenni kasutamise puhul.

Televisior toitub vahelduvvooluvõrgust ja on ümber lülitatav pingetele 110, 127 või 220 V. Televisioonivastuvõtul on televisiori toiteks vajalik võimsus 240 W, ringhäälingusaatjate vastuvõtul aga tuleb osa lampe tagaseinas paikneva ümberlülitiga välja lülitada ja siis on vajalik võimsus 150 W.

Televiisori mõõted on $525 \times 575 \times 475$ mm, kaal ligi 40 kg.

Vastuvõtja komplekti kuulub murtud dipooli tüüpi toantenn 300-oomise lainetakistusega kaablist KATB-300. Toantenni juurde kuulub sümmeetriline pingejagaja, mis televisioonisaatja läheduses, suure väljatugevuse puhul, tuleb ümber seada asendisse 1:10.

Koaksiaalkaabliga sisestatava välisantenni kasutamisel tuleb antenni kaabeltoiteliin ühendada ühe antennipistikupesa ja maaga või sobitada televiisori sisendiga vastavalt joonisele 8.6.

b. Lülituse kirjeldus

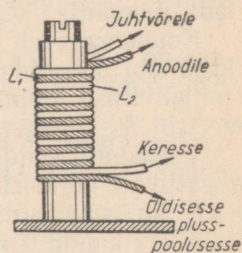
Televiisoril «Temp-2» (skeem joon. 8.7, lisalehel) on eraldi vahesageduskanalid kujutise ($f_{vsk} = 34,25$ MHz) ja heli ($f_{vsh} = 27,75$ MHz) jaoks. Vastuvõtja sisend on sümmeetriline ja sobitatud 300-oomise lainetakistusega sümmeetrilise toiteliini jaoks. Kõrgsagedusvõimendajas sisaldub kaksiktrioid EL_1 , mille trioidid on ühendatud järjestikku. Vasakpoolne trioid töötab seejuures maandatud võrega võimendajana. Kaksiktrioidi EL_2 parempoolne trioid töötab vahesagedusostillaatorina kolmpunktlülituses mahtuvusliku tagasisidestusega ja on induktiivselt sidestatud segustusastme (EL_2 vasakpoolse trioidi) võrevõnkingiga. Pöördkondensaatoriga C_8 toimub vastuvõtja täppishäälestus vastavas kanalil [VII, 1, a].

Pärast segustusastet võimendatakse signaali veel ühises vahesagedusastmes (EL_3), misjärel toimubki heli- ja kujutisesignaali eraldamine. Vastuvõtja võimendust — kontrastsust — reguleeritakse lampide EL_1 ja EL_3 võre-eelpinge muutmisega potentsioometri R_{48} abil. EL_3 anoodringi on ühendatud võnking $L_{34}C_{88}$ eraldusteravuse suurendamiseks naaberkanali suhtes. Selle võnkingiga on sidestatud heli vahesagedusele 27,75 MHz häälestatud võnking $L_{23}C_8$ heli eraldamiseks. Edasi järgneb helitausta võimendamine kahes vahesagedusastmes (EL_8, EL_9), kus kasutatakse tugevalt sidestatud võnkinge (poolid L_{17}, L_{18} ja L_{19}, L_{20}). Need on keritud kahest traadist rööbiti ühisele südamikule (joon. 8.8).

Niisuguste võnkingide kasutamisel suureneb võimendaja stabiilsus, sest saab täielikult eraldada ühe astme kereühenduskoha teise omast ning sellega vältida võimendaja võnkuma hakkamist keres tekkivatest kõrgsagedus-parasiitvooludest.

Vahesagedusastmetele järgneb piiraja (EL_{10}) koos sagedusdetektoriga [IV, 5] ja kaheastmeline helisagedusvõimendaja (EL_{11}, EL_{12}).

Kujutis eraldatakse ühise vahesagedusastme (EL_3) anoodringis



Joon. 8.8. Televiisori «Temp-2» helikanali vahesagedusastmes kasutatava võnkingi pooli ehitus.

sisalduvate tugevalt sidestatud võnkeringide (L_4 , L_5) abil ja võimendatakse veel kahes vahesagedusastmes, kus samuti on kasutatud tugevalt sidestatud võnkeringe. Seejärel kujutisesignaali detekteeritakse kristalldiodiga ДГ-Ц1 ja võimendatakse kaheastmelises viideovõimendajas (EL_6 , EL_7), kus on kasutatud kõrgsageduskorrigeerimist [III, 6, c].

Lampe EL_4 , EL_5 ja EL_6 toidetakse järjestikku viideovõimendaja lõppastmega EL_7 , mis annab anoodvoolu säästu ligi 30 mA. Kuna EL_7 katood kannab pinget 115 V, siis köetakse tema hõõgniiti läbilöögi vältimiseks eraldi küttemähisest 4-9. Eelpinget saab EL_7 takistis R_{38} EL_6 anoodvoolust tekkiva pingelanguna. Oige eelpinge saamiseks tuleb läbi R_{38} juhtida nõrka vastusuunalist voolu, milleks takisti R_{47} on ühendatud EL_7 varivõrega.

Televiisoris «Temp-2» juhitakse kujutisesignaaliid kineskoobi katoodile. Oige talitluspunkt kineskoobi tunnusjoonel (joon. 2. 36) ja sellega ka sobivaim heledus tema ekraanil reguleeritakse kiire voolu muutmisega kineskoobi juhtelektroodil potentsiometri R_{63} abil.

Sünkroniseerimisimpulsid suunatakse takistite R_{42} ja C_{56} kaudu amplituudipiiraja (EL_{13} vasakpoolse trioodi) võrele. Piiratud sünkroniseerimisimpulsid suunatakse C_{68} kaudu vahevõimendaja (EL_{15} vasakpoolne triood) võrele. Võimendatud sünkroniseerimisimpulsid vahevõimendaja anoodil sünkroniseerivad C_{68} kaudu horisontaalhälvituse plokeerivat generaatorit (EL_{15} parempoolne triood).

Poolpildiimpulsse integreeritakse filtriga R_{75} , C_{50} , R_{57} ja C_{49} . Kondensaator C_{57} moodustab koos vertikaalhälvituse plokeeriva generaatori transformaatori Tr_2 anoodmähisega diferentseeriva filtri, millega eraldatakse poolpildi-sünkroniseerimisimpulsside tagarinne plokeeriva generaatori sünkroniseerimiseks.

Takisti R_{45} on negatiivse tagasisidestuse loomiseks, et vähendada moonutusi vahevõimendajas.

Kondensaatoril C_{38} tekkiv vertikaalhälvituse hammaspinge kantakse läbi ülekandekondensaatori C_{60} vooluringi R_{72} , R_{53} , R_{95} . Vertikaalhälvituse lõpplambi EL_{14} võrele kantakse see pinge potentsiomeetrilt R_{53} lineaarsust korrigeeriva vooluringi C_{62} R_{58} kaudu.

Vertikaalhälvituse lineaarsuse suurendamiseks kasutatakse negatiivset tagasisidestust lõppastme anoodilt võrele (R_{60} , C_{63} , R_{61} , R_{59}). Väiksetakistuslikke vertikaalhälvituspoole toidetakse sobitus- trafo Tr_3 kaudu (mille ülekanadesuhe $\ddot{u}=1:26$).

Kineskoobi kiir suletakse vertikaalsihis tagasiliikumise vältuseks negatiivsete impulssidega, mida saadakse vertikaalhälvituse hammaspinge diferentseerimisel filtriga C_{64} , R_{65} .

Horisontaalhälvituse lõppaste on autotransformaatorväljega. Takisti R_{79} lõpplambi EL_{16} võreringis on parasiitvõnkumiste summutamiseks.

Summutuslambi EL_{17} katoodi ühendatud lineariseerivad paispoolid L_{30} ja L_{31} toimivad tõukeergutuse põhimõttel. Paispoolide induktiivsuse muutmine muudab võngete faasi, millega saab reguleerida horisontaalhälvituse lineaarsust.

Lülitiga «Realiaus» muudetakse autotrafo induktiivsust ja seega ka horisontaalhälvitusvoolu amplituudi.

Vajaliku kõrgepinge (12—13 kV) saamiseks kineskoobi kiirenduselektroodil kasutatakse lambi Γ -807 anoodil rea tagasiliikumise vältel tekkivaid positiivseid pingepulsse 3,5 kV [V, 8], mille pinget tõstetakse 6 kV-le lisamähise W_{7-8} abil ja mis seejärel alaldatakse. Alaldaja (EL_{18} , EL_{19}) on ühtlasi pinget kahekordistajaks. Alaldatud pinget silumisfiltriks on R_{84} , C_{76} .

Kiire teravustamine toimub miinuspoolusega ühendatud teravustuspooli L_{25} abil. Viimasega järjestikku ühendatud takistil R_{68} tekkivat pingelangu kasutatakse rea lampide eelpingestamiseks.

Lülitiga «Televiioon» — «Sagedusmodulatsioon» lülitatakse sagedusmoduleeritud ringhäälingusaatjate vastuvõtu puhuks kujutise- ja hälvituskanalite lampidelt anood- ja küttepinget välja, anoodi toitejuhtmesse lülitatakse eeltakisti R_{37} ja kütteringi R_1 .

4. Televiisori paigaldamine ja käsitsemine

a. Televiisori kasutamise iseärasused

Televiisoril kui komplitseeritud aparaadil on oma iseärasused, millega tuleb tema kasutamisel arvestada.

Häälestamispuppude pöörämisel tuleb vältida järske liigutusi. Kineskoobi ekraani heledus olgu mõõdukas, sest liigne heledus lühendab kineskoobi iga.

Vastuvõtjat ei tule jätta sisselülitatuks saate puudumisel või pikematel vaheaegadel. Lühematel (5—7-minutilistel) vaheaegadel pole aga otstarbekas vastuvõtjat välja lülitada, tuleb ainult vähendada ekraani heledust.

Kineskoobi elukardetavalt kõrge pinget (5—12 kV) tõttu on rangelt keelatud sisselülitatud vastuvõtjal lampide vahetamine või üldse selle siseosade puudutamine.

Televiisorid on üsna tundlikud toitepinge kõikumiste suhtes. Pinget kõrgenemisel võivad läbi põleda kaitsmed, rikneda lambid, kineskoop või muud üksikosad.

Pinget alanemisel halveneb kujutise kvaliteet: väheneb kontrast, väheneb kiire teravustus, kujutis valgub laiali ja väheneb mõõteit ja lüheneb lampide iga.

Taoliste ebameeldivuste vältimiseks tuleb nimiväärtusest erineva võrgupinget korral kasutada voltmeetriga varustatud autotransformaatorit ja aeg-ajalt kontrollida vastuvõtja toitepinget. Võib kasutada ka ferreesonants-pingestabilisaatorit (tüüpi «YCH-350-54» või teisi), mis automaatselt säilitab televiisori toitepinget konstantsena.

b. Nõuded televiisori paigaldamise suhtes

Televiisor tuleb paigutada kuiva ruumi, kusjuures teda ei tohi asetada niiskesse nurka ega aknalauale, samuti keskkütteradiaatori, ahju või muu kütteseadme lähedusse.

Ekraan asetsegu istuvate vaatajate silmade kõrgusel või sellest veidi allpool. Kineskoobi ekraani tuleb kaitsta otseste päikesekiirte eest. Ruum on televisioonisaadete jälgimise ajaks soovitatav täielikult või osaliseltki pimendada. Ruumi osalisel pimendamisel tuleb vältida võõrvalguse langemist ekraanile (päevavalgus või tavana-valgustus läbi pilude aknaeesriietes, valgus kõrvalruumist läbi poolavatud ukse jne.). Võõrvalguse langemisel ekraanile näivad kujutise mustad kohad hallidena (ekraanilt tagasipeegelduva valguse tõttu). Vähegi kontrastsema kujutise saamiseks tuleks seetõttu niisugusel juhul ülemäära suurendada ekraani heledust, mis aga lühendab kineskoobi iga.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata televiisori jahutamisele. Vastuvõtja tagasein ei tohi asetseda liiga lähedal toaseinale ega vastuvõtjat ei tohi paigutada pehmele linale või vaibale, millega suletak jagutusavad vastuvõtja põhjas.

Vastuvõtjat antenniga ühendav koaksiaalkaabel tuleb kinnitada seinale või põrandaliistule, kusjuures tuleb vältida kaabli juures teravanurgalisi painutusi. Metallist varjestussukka tuleb kaitsta mehaaniliste vigastuste eest.

c. Televiisori sisselülitamine ja reguleerimine

Televiisori esmakordne sisselülitamine ja reguleerimine nõuab erialaseid teadmisi.

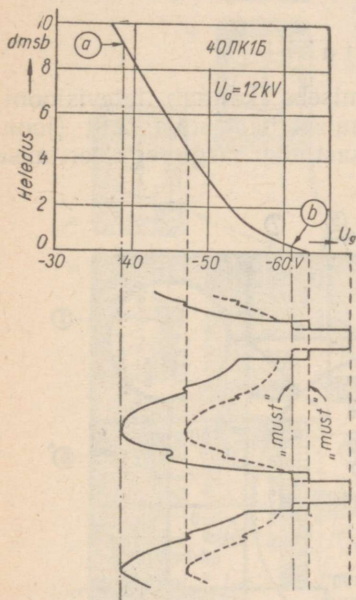
Pärast antenni külgeühendamist ja õige televisioonikanali valikut (vt. tab. 7. 1) võib televiisori sisse lülitada. 1—2 minuti möödumisel on lampide katooidid juba kuumad, hakkab tegutsema horisontaalhälvitussüsteem, mida on kuulda iseloomuliku siriseva vilinana, mille sagedus võrdub reasagedusega. Seejärel tuleb pöörata heleduse regulaatorit päripäeva kuni ekraan hakkab nõrgalt helenema. Edasi tuleb reguleerida teravustust, kuni ekraanil saadakse teravalt väljajoonistunud read. Nüüd keeratakse kontrastsuse regulaatorit, millega suureneb vastuvõtja võimendus ja ekraanile ilmub kujutis.

Toantenni puhul kasutatakse vastuvõtukuks peegeldunud lainet, mistõttu kujutise saamiseks tuleb lisaks eelnevale veel antenni ruumis katseliselt ümber paigutada ja tema sihti ning pikkust muuta, et leida antennile peegeldunud laine suhtes parim asukoht ja asend.

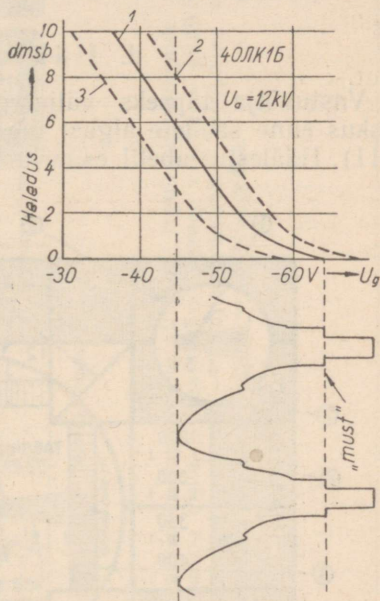
Ultralühilainel töötavate sagedusmoduleeritud ringhäälingu-saatjate lainealadega varustatud televiisoreis (näit. «Ekran», «Lutš», «Temp-2» jt.) on ostsillaatori häälestuskondensaator sisse lülitatud

ka televisiooni vastuvõtu vältel, mistõttu neis tuleb veel häälestada ka ostsillaatorit vastava täppishäälestusnupu abil. Seejärel häälestatakse helitaust suurimale tugevusele ja valitakse sobiv tämber, jälgides ühtlasi pildi kvaliteeti. Ebaõige häälestuse puhul ilmub kujutise kõrvale varjuga sarnanev piirjoon. Seda põhjustavad järsul mustalt valgele üleminekul tekkivad võnkeprotsessid.

Tuleb meeles pidada, et kontrastsuse suurenemisel suurendatakse ka vastuvõtja kõrgsagedusosa võimendust, millega koos suureneb helitugevus, sünkroniseerimise stabiilsus ja kujutisesig-



Joon. 8.9. Vastuvõtava kujutise heleduse säilitamise selgituse juurde: kontrastsuse muutmine jääva heleduse (elplinge) puhul.



Joon. 8.10 Vastuvõtava kujutise kontrastsuse säilitamise selgituse juurde: heleduse elplinge muutmine jääva kontrastsuse puhul.

naali amplituud kineskoobi juhtelektroodil. Kuna alaliskomponendi taastamislülitis (vt. joon. 4.16) säilitab kustutusimpulsside «põhju» jääval potentsiaalil, siis kujutisesignaali amplituudi suurenemisel suureneb heledamate kohtade heledus (joon. 8.9, punkt a). Et seejuures suureneb ka kustutusimpulsside amplituud, siis muutuvad mustad kohad veidi heledamaks (joon. 8.9, punkt b). Seetõttu tuleb selleks, et täpselt väljareguleeritud vastuvõtjal suurendada pildi heledust, suurendada kontrastsust ja vajaduse korral pöörata heleduse reguleerimisnuppu heleduse vähenemise suunas.

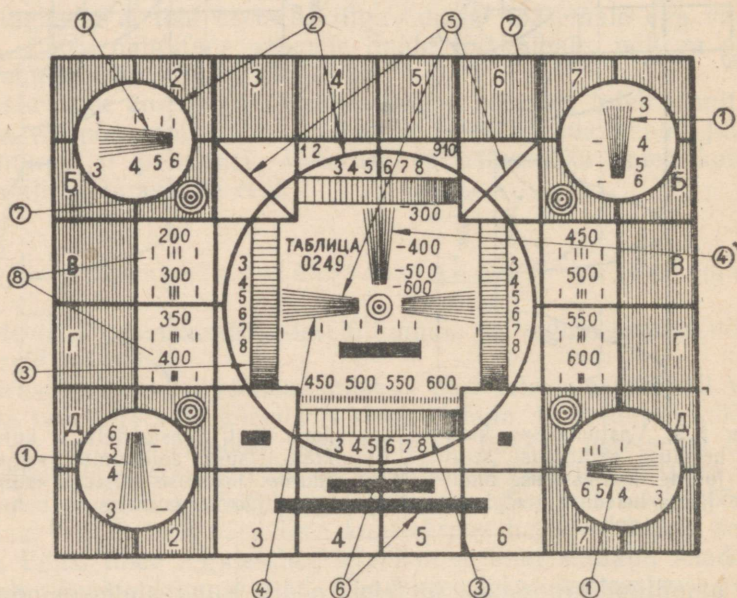
Reguleerides heledust, muudetakse kineskoobi katoodi ja juhtelektroodi vahelist elpinget U_{g10} . Nagu jooniselt 8.11 nähtub, on

kontrastne pilt (joon. 8. 10, kõver 1) saavutatav vaid õige eelpinge ja seega ka õige heleduse puhul. Kuna aliskomponendi taastamise lülitis säilitab kustutusimpulsside potentsiaali konstantsena, siis on suure heleduse, s. o. madala eelpinge puhul (joon. 8. 10, kõver 2) võimatu saavutada mustade kohtade paistmist mustadena, s. o. kiire sulgumist. Kõrge eelpinge ja seega ka väikse heleduse puhul kaovad aga tumedamad pooltoonid, muutudes ühesuguselt mustadeks (joon. 8. 10, kõver 3).

Kord väljahäälestatud televiisorit tuleb järgmiste sisselülitamiste ajal reguleerida vaid siis, kui see osutub hädavajalikuks.

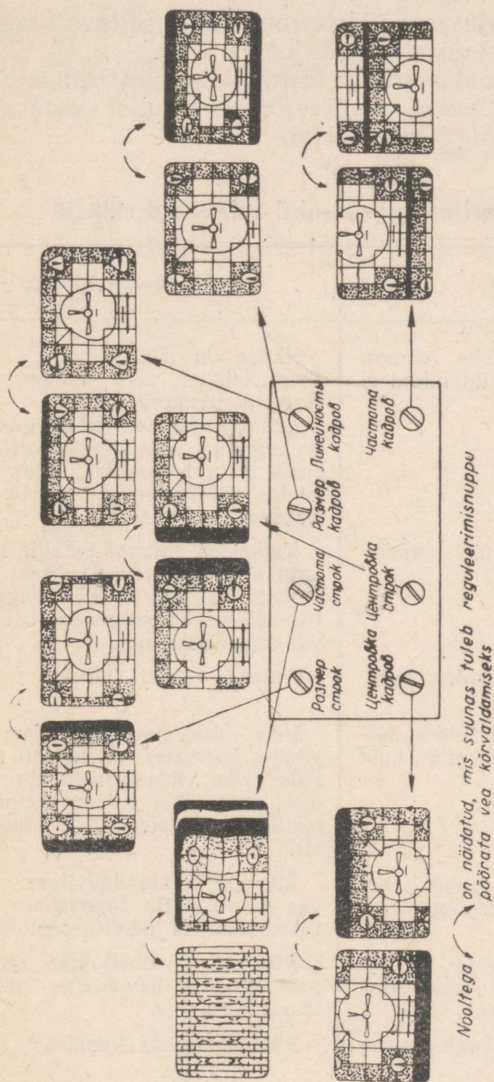
d. Häälestustabel

Vastuvõtja täpselt väljareguleerimiseks kannab televisiooni-keskus enne saadete algust üle spetsiaalset häälestustabelit (joon. 8. 11). Häälestustabelil esineva heledusastmiku järgi reguleeritakse



Joon. 8. 11. Häälestustabel 0249: 1 — kujutise teravus ja kiire teravustus nurkades; 2 — laotuse lineaarsus; 3 — heledusastmik kontrastsuse reguleerimiseks; 4 — kujutise teravus ekraani keskel; 5 — vahelduva laotamise täpsuse kontroll; 6 — keskmiste sageduste ülekandehäda kontroll; 7 — elektroniire ristlõike ja teravustuse kontroll; 8 — kujutise teravus horizontaalsihis.

välja kontrastsus ja heledus, kusjuures täpsel väljareguleerimisel on näha 7—8 heledusastet. Kujutise teravus horisontaal- ja vertikaalsihis tehakse kindlaks kiilukujuliselt koonduvate joonekimpu



Joop. 8. 12. Kujutise asendi, kuju ja mõõdete muutumine sõltuvalt reguleerimisnurpude pööratavusest: размер строк — realaus, частота строк — geasagedus; размер кадров — pildikõrgus; линейность кадров — pildiinearsus; центровка кадров — pilditsentreerimine; центровка строк — geatsentreerimine; частота кадров — pildisagedus.

abil. Arv, mille juures on veel võimalik eraldada kiiri, näitabki kujutise teravust.

Häälestustabeli ringide ja ruutude rangest geomeetrisest kujust erinemise järgi saab otsustada laotuspingete lineaarsuse ja laotuspoolide kvaliteedi üle.

Kujutise asendi, kuju ja möödete muutumist sõltuvalt reguleerimishupude pöörmissuunast näitab joonis 8. 12.

Painutatud elektronkahuriga ioonipüüdjat sisaldavate kine-skoopide (joon. 2. 32) puhul tsentreeritakse kujutist vastava korri-geeriva magneti asendiga toru kaetal.

5. Televiisorites sagedamini esinevaid rikkeid

| Rikke iseloom | Tõenäoline põhjus |
|--|---|
| 1. Televiisor ei lülitu sisse (ekraan ei helendu, lampide kütteniidid ei hõõgu). | Kaitse on läbi põlenud; katkestus võrgupistikus või -juhtmes; vigane võrgu pistikupes. |
| 2. Kaitse põleb läbi. | Ebaõige kaitse (teistsugusele võrgupingele); toitepinge-ümberlülitamis-pistik on vale asendis; lühis alaldus-lambis või kütteringides; läbilöök fil-terkondensaatoreis. |
| 3. Ekraan helendub, kuid puudub heli ja kujutis. | Katkestus antenni toiteliniis või an-tennistikus; halb kontakt kanali-ümberlülitise või selle ebaõige asend; rike ühises kõrgsagedus-, ostsillaator-või segustusastmes. |
| 4. Ekraanil tekib kahekordne kju-tis. | Antenn valesti sihitud. |
| 5. Kostub horisontaalhälvitusele ise-loomulik kõrge sirisev vilin, kuid ekraan ei helendu. | Rike kõrgepingealaldajas; iooni-püüdja korrigeerimismagneti asend on vale; rike viideovõimendaja lõppast-mes; kineskoobi ebaõige eelpingestus; läbilöök kõrgepinge filterkondensaato-ris. |
| 6. Ekraan ei helendu ja puudub ho-risontaalhälvitusele iseloomulik vi-lin. | Rike horisontaalhälvituse plokkeeri-vas generaatoris, lõppastmes, summu-tusdiodis või hälvituspoolides. |
| 7. Puudub vertikaalhälvitus — ek-raanil on näha vaid kitsas hori-sontaalne helendav riba. | Rike vertikaalhälvituse plokkeerivas generaatoris, lõppastmes või hälvi-tuspoolides. |
| 8. Ekraanil on kujutis, kuid puudub heli. | Rike helitausta kanalis. |
| 9. Kostub heli ja ekraan helendub, kuid puudub kujutis. | Rike kujutisekanalis. |
| 10. Kujutist ei saa teravustada. | Rike teravustuspoolis või sellega rööbitiselt ühendatud teravustusreos-taadis. |

| Rikke iseloom | Tõenäoline põhjus |
|---|--|
| <p>11. Suurenenud ja ähmane kujutis ning heleduse muutmisega muutuvad ka kujutise mõõtmed.</p> <p>12. Kujutis on ebapüsiv kas horisontaal- või vertikaalsiis.</p> | <p>Kõrgpingealaldaja rikke tagajärjel on pinge kinesiokoobi kiirenduselektroodil normaalsest madalam.</p> <p>Vastuvõtja võimendus on väike või signaal nõrk; rike horisontaal- või vertikaalhälvitussüsteemis (plokeeriva generaatori lamp rikkis või selle talitlusseisund vale).</p> |

RATSIONALISEERITUD PRAKTILINE ÜHIKUTE SÜSTEEM

Elektri ja magnetismiga seotud nähtuste käsitlemisel on raamatus kasutatud *ratsionaliseeritud praktilist (MKSA) ühikute süsteemi*. Selle süsteemi põhiühikuteks on: *meeter, kilogramm, sekund ja amper*. Ratsionaliseerituks nimetatakse teda seetõttu, et süsteemi teatud konstandid omavad kordajat 4π , mis sisaldub neis selliselt, et kõige sagedamini esinevad valemid ei omaks seda kordajat ja oleksid lihtsamad. Praktiliseks nimetatakse teda seetõttu, et tavalised elektrilised suurused, nagu potentsiaal, laeng, vool, takistus ja võimsus on väljendatud praktilistes ühikutes: voltides, kulonites, amprites, oomides ja vattides.

Alljärgnevalt on toodud tabel seoste kohta antud raamatus esinevate ratsionaliseeritud praktilise (MKSA) süsteemi ühikute ja absoluutse elektrostaatilise (CGSE) ning absoluutse elektromagnetilise (CGSM) süsteemi ühikute vahel, mida leidub teistes raamatutes.

seoste kohta ratsionaliseeritud praktilise (MKSA) süsteemi ühikute ja CGSE ning CGSM süsteemi ühikute vahel

| Suurus | Tähis | MKSA ühiku nimetus | MKSA ühiku tähis | CGSE ¹ ühiku nimetus | CGSE ühiku tähis | Sisaldab CGSM ühikuid | CGSM ¹ ühiku nimetus | CGSM ühiku tähis | Sisaldab CGSM ¹ ühikuid |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Pikkus | <i>l</i> | meetri | m | sentimeeter | cm | 10 ² | sentimeeter | cm | 10 ² |
| Mass | <i>m</i> | kilogramm | kg | gramm | g | 10 ³ | gramm | g | 10 ³ |
| Aeg | <i>t</i> | sekund | sek | sekund | sek | 1 | sekund | sek | 1 |
| Kiirus | <i>v</i> | meetrit sekundis | m/sek | sentimeetrit sekundis | cm/sek | 10 ² | sentimeetrit sekundis | cm/sek | 10 ² |
| Kiirendus | <i>a</i> | meetrit sekundi kohta | m/sek ² | sentimeetrit sekundi kohta | cm/sek ² | 10 ² | sentimeetrit sekundi kohta | cm/sek ² | 10 ² |
| Jõud | <i>F</i> | njuuton | N | düün | düün | 10 ⁵ | düün | düün | 10 ⁵ |
| Töö, energia | — | džaul | J | erg | erg | 10 ⁷ | erg | erg | 10 ⁷ |
| Võimsus | — | vatt | W | ergi sekundis | ergi/sek | 10 ⁷ | ergi sekundis | ergi/sek | 10 ⁷ |
| Laeng | <i>e</i> | kulon | C | — | — | 10 ⁻¹ | — | — | 3 · 10 ⁹ |
| Vool | <i>I</i> | amper | A | — | — | 10 ⁻¹ | — | — | 3 · 10 ⁹ |
| Pinge ja elektromotoorne jõud | <i>U, E</i> | volt | V | — | — | 10 ⁸ | — | — | 1 |
| Elektrivälja tugevus | <i>E</i> | volti meetri kohta | V/m | — | — | 10 ⁶ | — | — | 1 |
| Magnetomotoorne jõud | <i>F</i> ehk <i>Iw</i> | amper-keerdu | A | — | — | 4π · 10 ⁻¹ | gilbert | Gb | 3 · 10 ⁴ |
| Magnetvälja tugevus | <i>H</i> | amper-keerdu meetri kohta | A/m | — | — | 4π · 10 ⁻³ | örsted | Oe | 4π · 3 · 10 ⁷ |
| Takistus | <i>R</i> | oom | Ω | — | — | 10 ⁹ | — | — | 1 |
| Mahtuvus | <i>C</i> | farad | F | sentimeeter | cm | 10 ⁻⁹ | — | — | 9 · 10 ¹¹ |
| Induktiivsus | <i>L</i> | henri | H | — | — | 10 ⁹ | sentimeeter | cm | 9 · 10 ¹¹ |

¹ Ainult vähesed CGSE ja CGSM ühikud omavad erinimeid (mis siin on toodud). Mõnikord omistatakse neile samad nimetused, mis MKSA ühikutele, liitega «stat» CGSE ja liitega «ab» CGSM ühikutele; näiteks: *statvolt*, *abvolt*.

GERMAANIUMDIOODID

| Diodi tähis | Põhiline kasutusala | Vool 1 V pin- ge puhul mA | Tagasivool milliamp- rites pinge puhul | | | | Maksimaalne vastupinge V | Läbilöögi pin- ge V | Maksimaalne alaldatud vool mA |
|-------------|---|------------------------------|---|------|------|-------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| | | | —30V | —50V | —75V | —100V | | | |
| ДГ-Ц1 | Viideokanali detektor, ATR, sagedusdetektor | 2,5 | — | 1 | — | — | 50 | — | 25 |
| ДГ-Ц2 | Sama | 2,5 | — | 0,5 | — | — | 50 | 75 | 25 |
| ДГ-Ц3 | Alaliskomponendi taas- tamine, piiraja | 1 | — | 0,1 | — | — | 50 | 75 | 25 |
| ДГ-Ц4 | Teine detektor, ATR | 2,5 | — | — | 0,8 | — | 75 | 100 | 25 |
| ДГ-Ц5 | Alaliskomponendi taas- tamine, piiraja | 1 | — | — | 0,25 | — | 75 | 125 | 25 |
| ДГ-Ц6 | Alaldaja | 2,5 | — | — | — | 0,8 | 100 | 125 | 25 |
| ДГ-Ц7 | Alaldaja, piiraja, alalis- komponendi taastamine | 1 | — | — | — | 0,25 | 100 | 125 | 25 |
| ДГ-Ц8 | Mõõtelülitused, taseme- indikaatorid | 10 | 0,5 | — | — | — | 30 | 50 | 50 |
| ДГ-Ц24 | Alaldaja | 900 | 0,2 mA (200V puhul) | | | | 200 | 250 | 300 |
| ДГ-Ц27 | Alaldaja | 900 | 0,3 mA (400V puhul) | | | | 400 | 500 | 100 |

Märkus. Diodi väljejuhtmeid võib joota mitte lähemalt kui 10 mm kaugusel kerest ja ainult tina-pliijoodisega ПOC-40.

ALALDUSLAMBID

| Lambi tähis | Anoodide arv | Küte | | | Vahelduvpinge efektiivväärtus trafo mähisel V | Alaldaja koormustakistus kΩ | Filtri mahtavus μF | Maksimaalne vastutunge V | Anoodvoolu amplituud mA | Alaldatud vool mA | Sokkel |
|-------------|--------------|-------------|---------|---------|---|-----------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|--------|
| | | Kütteviis | U_F V | I_F A | | | | | | | |
| 1111C | 1 | Otse- ne | 0,7 | 0,185 | — | 20000 | 0,02 | 15000 | — | > 0,5 | 26 |
| 1117C | 1 | " | 1,25 | 0,2 | — | — | — | 30000 | 17 | < 2 | 27 |
| 2112C | 1 | 2 | 2,5 | 1,75 | 4×500 | 600 | 0,06 | 12500 | 100 | > 6,8 | 28 |
| 5113C | 2 | " | 5 | 3 | 2×500 | 2 | 4 | 1700 | 750 | 230—250 | 29 |
| 5114M | 2 | Kaud- ne | 5 | 2 | 2×400 | 3,3 | 4 | 1550 | 415 | 133—140 | 30 |
| 5114C | 2 | " | 5 | 2 | 2×500 | 4,7 | 4 | 1350 | 375 | 122—125 | 30 |
| 6114Π | 2 | " | 6,3 | 0,6 | 2×350 | 5,2 | 8 | 1000 | 300 | 72—75 | 31 |
| 6115C | 2 | " | 6,3 | 0,6 | 2×400 | 5,7 | 8 | 1375 | — | 70—75 | 32 |
| 30111M | 2 | " | 30 | 0,3 | 250 | 2,5 | — | 500 | 500 | 90 | 33 |
| 30116C | 2 | " | 30 | 0,3 | 2×150 | 1,05 | 16 | 500 | 500 | 120 | 34 |
| BO-188 | 2 | Otse- ne | 4 | 2,05 | 850 | 5 | 8 | 1800 | 1200 | 180 | 35 |

| Lambi tähis | Lambi tüüp | U_F V | I_F A | U_A V | U_{g^2} V | U_{g1} V | I_A mA |
|-------------|----------------------------------|------------|------------|------------|----------------|--------------------|-------------|
| 6Ж1Б | Ultralühilainepentood | 6,3 | 0,2 | 120 | 120 | 200 Ω^1 | 7,5 |
| 6Ж2Б | " | 6,3 | 0,2 | 120 | 120 | 200 Ω^1 | 5,5 |
| 6Ж1П | " | 6,3 | 0,175 | 120 | 120 | 200 Ω^1 | 7,5 |
| 6Ж2П | " | 6,3 | 0,175 | 120 | 120 | 200 Ω^1 | 5,5 |
| 6Ж3П | " | 6,3 | 0,3 | 250 | 150 | 200 Ω^1 | 7 |
| 6Ж4П | " | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | 68 Ω^1 | 11 |
| 6Ж3 | Kõrgsageduspentood | 6,3 | 0,3 | 250 | 150 | — 1 | 10,8 |
| 6Ж4 | Televisioonipentood | 6,3 | 0,45 | 300 | 150 | 160 Ω^1 | 10,2 |
| 6Ж6С | Kõrgsageduspentood | 6,3 | 0,5 | 250 | 100 | — 2,4 | 10 |
| 6Ж7 | Helisageduspentood | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | — 3 | 2,1 |
| 6Ж8 | " | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | — 3 | 3 |
| 6К3 | EkspONENTpentood | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | — 3 | 9,25 |
| 6К4 | " | 6,3 | 0,3 | 250 | 125 | — 1 | 11,8 |
| 6К7 | " | 6,3 | 0,3 | 250 | 100 | — 3 | 7 |
| 6П1П | Jugatetrood | 6,3 | 0,45 | 250 | 250 | — 12,5 | 45 |
| 6П3С | " | 6,3 | 0,9 | 250 | 250 | — 14 | 72 |
| 6П6С | " | 6,3 | 0,45 | 250 | 250 | — 12,5 | 45 |
| 6П7С | Horisontaalhälvituse lõpplamp | 6,3 | 0,9 | 250 | 250 | — 14 | 72 |
| 6П9 | Televisiooni lõpp-pentood | 6,3 | 0,65 | 300 | 150 | — 3 | 30 |
| 6Ф6 | Helisageduse lõpp-pentood | 6,3 | 0,7 | 250 | 250 | — 16,5 | 34 |
| Г-807 | Horisontaalhälvituse lõpplamp | 6,3 | 0,9 | 350 | 250 | | |
| 6Н8С | Kaksiktriiod | 6,3 | 0,6 | 250 | — | — 8 | 9 |
| 6Н9С | " | 6,3 | 0,3 | 250 | — | — 2 | 2,3 |
| 6Н1П | " | 6,3 | 0,6 | 250 | — | 2 × 600 Ω^1 | 8 |
| 6Н2П | " | 6,3 | 0,345 | 250 | — | — 1,5 | 2,3 |
| 6Н3П | " | 6,3 | 0,35 | 150 | — | 2 × 400 Ω^1 | 7,7 |
| 6Н15П | " | 6,3 | 0,45 | 100 | — | 50 Ω^1 | 9 |
| 6Г1 | Kaksikdiiodtriiod | 6,3 | 0,3 | 250 | — | — 9 | 9,5 |
| 6Г2 | " | 6,3 | 0,3 | 250 | — | — 2 | 1,15 |
| 6Г7 | " | 6,3 | 0,3 | 250 | — | — 3 | 1,1 |
| 6Н7С | Kaksiktriiod | 6,3 | 0,81 | 300 | — | — 6 | 7 |

¹ Katoodtakistus, millele automaatselt tekib õige eelpinge.

| I_{g^2} mA | S mA/V | μ | R_i k Ω | R_A k Ω | P_v W | Maksimaalne kaovõimsus | | Elektroodidevaheline mahtuvus | | | Sokkel |
|-----------------|-----------|-------|---------------------|---------------------|------------|---------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------|----------------|--------|
| | | | | | | P_A W | P_{g^2} W | C_{sis} pF | $C_{väl}$ pF | C_{ga} pF | |
| 3,5 | 4,8 | — | — | — | — | 1 | 0,35 | 4,8 | 3,8 | 0,03 | 1 |
| 6 | 3,2 | — | — | — | — | 0,9 | 0,6 | 4,9 | 4,1 | 0,03 | 2 |
| 3,5 | 5,2 | — | 300 | — | — | 1,8 | 0,55 | 4 | 2,1 | 0,02 | 3 |
| 5,5 | 3,55 | — | — | — | — | 1,8 | 0,85 | 4,1 | 2,2 | 0,02 | 4 |
| 2 | 5 | — | 500 | — | — | 2,5 | 0,55 | 6,5 | 1,8 | 0,025 | 3 |
| 4,2 | 4,4 | — | 1500 | — | — | 3 | 0,6 | 5,5 | 5 | 0,0035 | 5 |
| 4 | 4,9 | — | 900 | — | — | 3,3 | 0,7 | 8,5 | 7 | 0,003 | 6 |
| 2,2 | 9 | — | — | — | — | 3,3 | 0,45 | 11 | 5 | 0,015 | 7 |
| 2,5 | 7,5 | — | 2000 | — | — | 2,5 | 0,5 | 9,5 | 6,25 | 0,03 | 8 |
| 0,6 | 1,2 | — | — | — | — | 0,8 | 0,1 | 7 | 12 | 0,005 | 8 |
| 0,8 | 1,65 | — | — | — | — | 2,8 | 0,7 | 6 | 7 | 0,005 | 7 |
| 2,5 | 2 | — | 800 | — | — | 4,4 | 0,4 | 6 | 7 | 0,003 | 7 |
| 4,4 | 4,7 | — | 900 | — | — | 3,3 | 0,7 | 8,5 | 7 | 0,005 | 6 |
| 1,7 | 1,45 | — | 600 | — | — | 3 | 0,4 | 7 | 12 | 0,005 | 8 |
| ≤6,7 | 4,5 | — | 50 | 5 | ≥3,8 | 1,2 | 2,5 | 7,8 | 5,7 | 0,95 | 9 |
| ≤8 | 6 | — | 22,5 | 2,5 | ≥5,4 | 21 | 2,75 | 11 | 8,2 | 1 | 10 |
| ≤7,5 | 4,1 | — | 52 | 5 | ≥3,6 | 13,2 | 2,2 | 9,5 | 9,5 | 0,9 | 10 |
| ≤8 | 5,9 | — | 32,5 | 2,1 | — | 20 | 3,2 | 11,5 | 6 | 0,6 | 11 |
| 6,5 | 11,7 | — | 130 | 10 | ≥2,4 | 9 | 1,5 | 13 | 7,5 | 0,06 | 12 |
| 7 | 2,5 | — | 78 | 7 | 3,2 | 10 | 3,75 | 7,5 | 11 | 0,6 | 13 |
| 0,8 | — | — | — | — | — | 30 | 3,5 | 11 | 7 | 0,2 | 14 |
| — | 2,6 | 20,5 | 7,9 | — | — | 2,75 | — | 2,8 | 0,8 | 3,8 | 15 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 3 | 1,2 | 4 | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | 3 | 3,8 | 2,8 | — |
| — | 1,6 | 70 | 44 | — | — | 1,1 | — | 3,4 | 3,2 | 2,8 | 15 |
| — | ≥3,2 | 3,5 | 11 | — | — | 2 | — | 3,8 | 1,75 | 1,85 | 16 |
| — | 2 | 100 | 50 | 10 | — | 1 | — | 1,75 | 1,3 | 0,72 | 17 |
| — | ≥4,9 | 37 | 7,55 | — | — | 1,5 | — | 2,5 | 1,4 | 1,3 | 18 |
| — | 5,6 | 3,8 | 6,8 | — | — | 1,6 | — | 2 | 0,45 | 1,4 | 19 |
| — | 1,9 | 16 | 8,5 | 10 | 0,3 | 2,5 | — | 3,6 | 2,8 | 2,4 | 20 |
| — | 1,1 | 96 | 91 | — | — | — | — | 3,2 | 3 | 1,6 | 20 |
| — | 1,2 | 70 | 58 | — | — | 2 | — | 5 | 3,8 | 1,4 | 21 |
| — | 3,2 | 35 | 11,4 | 2,5 | ≥4,2 | 6 | — | — | — | — | 22 |

| Kineskoobi tüüp | Elektronkiire teravustusviis | Elektronkiire hälvitusviis | Ioonipüüdja tüüp | U_F V | I_F A | U_A kV |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|
| 18JK4B | Magnetiline | Magnetiline | Sektoriline | 6,3 | 0,6 | 4—6 |
| 18JK5B | " | " | Korrigeeriva magnetiga | 6,3 | 0,55 | 4—6 |
| 18JK1B | " | " | — | 6,3 | 0,55 | 4—6 |
| 18J040B | Elektrostaatileine | Elektrostaatileine | — | 6,3 | 0,6 | 1,6—2,1 ¹ |
| 23JK1B | Magnetiline | Magnetiline | — | 6,3 | 0,55 | 7—9 |
| 31JK1B | " | " | Korrigeeriva magnetiga ² | 6,3 | 0,6 | 8—12 |
| 40JK1B | " | " | Korrigeeriva magnetiga | 6,3 | 0,53 | 12—13 |
| 10JK2B | " | " | — | 1,5 | 2,5 | 22 |

¹ Pinge esimesel anoodil. Pinge teisel anoodil on 6 kV.

² Korrigeeriva magneti väli peab asetsema risti toru telge ja anoodi väljaviiku

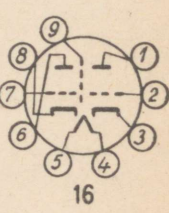
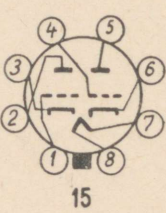
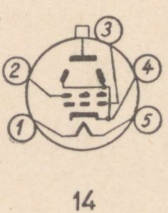
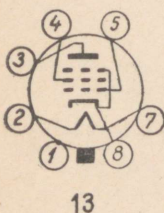
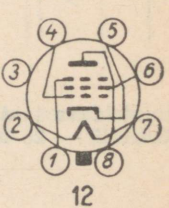
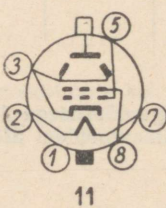
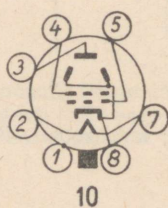
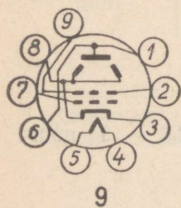
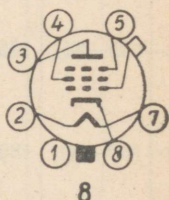
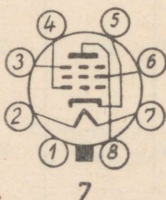
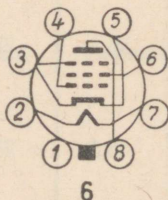
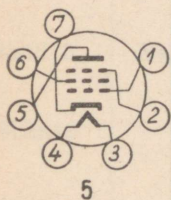
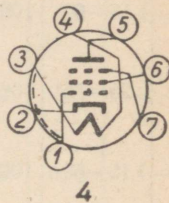
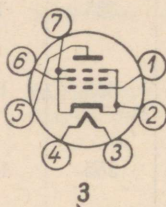
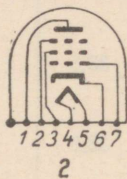
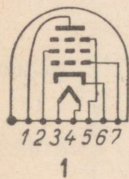
³ Ümardusraadius: kineskoopidel 18JK4B, 18JK5B, 18J040B — 20 mm, kines

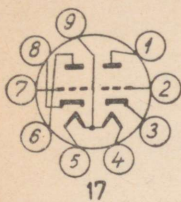
| Maksimaalne kiire vool μA | Modulaatori negatiivne pinge V | Kujutise mõõted ekraanil ³ mm | Suurim pikkus mm | Suurim läbimõõt mm | Kaela läbimõõt mm | Sokkel | Märkused |
|--------------------------------|--------------------------------|--|------------------|--------------------|-------------------|--------|------------------------|
| 150 | 15—60 | 100×135 | 355 | 172 | 33,5 | 23 | |
| 100 | 25—75 | 100×135 | 355 | 172 | 33,5 | 23 | |
| 100 | 15—60 | 100—135 | 355 | 172 | 33,5 | 23 | |
| — | 72—168 | 105×140 | 378 | 181 | — | 24 | |
| 100 | 35—75 | 135×180 | 395 | 235 | 36,5 | 25 | |
| 150 | 30—80 | 180—240 | 485 | 310 | 36,5 | 25 | |
| 100 | 40—100 | 240—320 | 485 | 406 | 37,5 | 23 | |
| 200 | 50—120 | 54×72 | 320 | 100 | 35 | — | Projektsiooni- toru |

lähiva kujuteldava tasapinnaga täpsusega 15°.

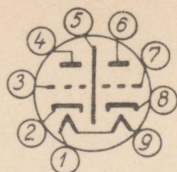
koobil 23JK1B — 25 mm, kineskoopidel 31JK1B, kineskoopil. 40JK1B — 50 mm.

SOKLILÖLITUSED

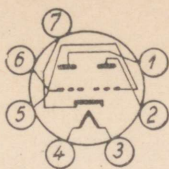




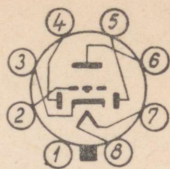
17



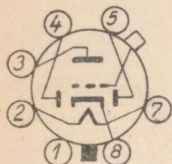
18



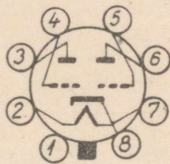
19



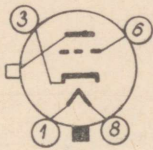
20



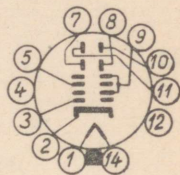
21



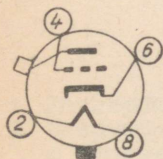
22



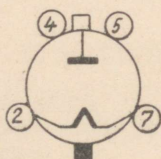
23



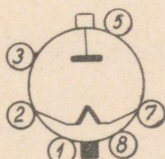
24



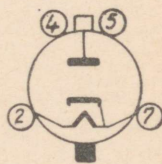
25



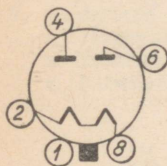
26



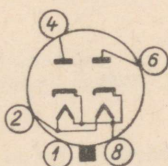
27



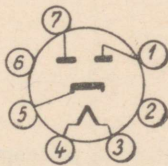
28



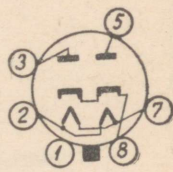
29



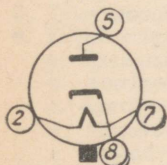
30



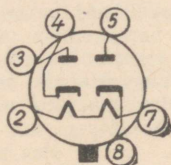
31



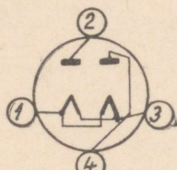
32



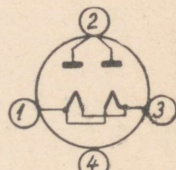
33



34



35



36

SISUKORD

| | |
|-------------------|----------|
| Eessõna | Lk. 3 |
|-------------------|----------|

I peatükk. Televisiooni füüsikalised alused.

| | |
|---|----|
| 1. Valgus ja teda iseloomustavad suurused | 5 |
| 2. Silma ehitus ja talitus | 9 |
| 3. Fotoelektrilised seadised | 13 |
| 4. Mehaaniline ja elektronteleviioon | 17 |

II peatükk. Elektronkiiretorud.

| | |
|--|----|
| 1. Elektronkiiretorude ehitus | 24 |
| 2. Elektronide liikumine elektri- ja magnetväljas | 27 |
| a. Elektrivälja toime | 27 |
| b. Magnetvälja toime | 29 |
| c. Elektri- ja magnetvälja üheaegne toime | 32 |
| 3. Teravustussüsteemid | 32 |
| 4. Hälvitussüsteemid | 40 |
| 5. Sekundaaremissiooni osatähtsus televiisioonitorudes | 46 |
| 6. Vastuvõtutorud | 51 |
| 7. Saatetorud | 57 |
| a. Ikonoskoop | 57 |
| b. Ikonoskoobi teisendid | 62 |
| c. Kujutist ülekandev ortikon | 65 |

III peatükk. Televiisioonisignaalid ja nende saatmine.

| | |
|--|-----|
| 1. Televiisioonikujutise põhiparameetrid | 69 |
| 2. Televiisioonisignaalid | 75 |
| 3. Televiisioonisignaalide ülekandetraktile esitatavad üldnõuded | 79 |
| 4. Signaali ja häire suhe | 84 |
| 5. Televiisioonisüsteemide tundlikkuse lävi | 90 |
| 6. Kujutisesignaalide võimendajad | 93 |
| a. Takistisidestuses võimendaja | 94 |
| b. Korrigeerimine madalsagedustel | 96 |
| c. Korrigeerimine kõrgsagedustel | 98 |
| d. Müravastane korrigeerimine | 100 |
| e. Katoodväljega aste | 101 |
| 7. Televiisioonikeskuse sisustus | 102 |

IV peatükk. Televisioonivastuvõtjad.

| | Lk. |
|---|-----|
| 1. Televisioonivastuvõtja lahterskeem | 112 |
| 2. Vastuvõtja kõrgsagedusosa | 115 |
| 3. Kujutisekanal | 118 |
| 4. Sünkroniseerimiskanal | 125 |
| 5. Helitausta kanal | 132 |

V peatükk. Televisioonilaotused.

| | |
|--|-----|
| 1. Laotusmeetodid | 136 |
| 2. Tühjendusvooluringiga lamp | 139 |
| 3. Pulssgeneraatorid | 141 |
| a. Plokeeriv generaator | 141 |
| b. Multivibraator | 145 |
| 4. Elektrostaatilise hälvituse väljeastmed | 146 |
| 5. Hammaspingegeeneraator | 147 |
| 6. Magnetilise hälvituse väljeastmed | 149 |
| a. Summutustakistiga lülitus | 150 |
| b. Katkestiga lülitus | 152 |
| c. Summutuslambiga lülitus | 154 |
| d. Lülitus tagasisidestusega toite kaudu | 157 |
| 7. Hammasvoolugeneraator | 157 |
| 8. Kõrgepinge saamine vastuvõtutoru toitmiseks | 160 |

VI peatükk. Kaasaegse televisiooni põhiprobleemid.

| | |
|---|-----|
| 1. Televisiooni ülekandeulatuse suurendamise probleem | 162 |
| 2. Televisiooni-translatsiooni probleem | 163 |
| 3. Suure ekraani probleem | 165 |
| 4. Värvilise televisiooni probleem | 168 |
| 5. Televisiooni teised rakendusalaad | 175 |

VII peatükk. Televisiooni vastuvõtuantennid.

| | |
|--|-----|
| 1. Üldmõisted | 177 |
| a. Televisioonileviks kasutatavad sagedusribad | 177 |
| b. Ultralühilainete levik | 178 |
| c. Vastuvõtuks vajalik väljatugevus | 180 |
| 2. Liinid | 182 |
| a. Lainete levik pikksidendites | 183 |
| b. Sidend seisevlainega | 186 |
| c. Toiteliinid | 194 |
| 3. Antennid | 197 |
| a. Sümmeetriline poollainedipool | 197 |
| b. Murtud dipool | 202 |
| c. Antenni ja toiteliini sobitamine | 203 |
| d. Ühesuunalised antennid | 208 |
| e. Televisiooni kaugvastuvõtu antennid | 214 |
| f. Tüüpantennid | 219 |
| g. Ühisantennid | 219 |
| h. Televisiooni ülikauge vastuvõtt | 222 |
| i. Antennivõimendajad | 224 |
| 4. Televisioonivastuvõtul esinevad häired | 225 |

VIII peatükk. Televiisorite kirjeldusi.

| | Lk. |
|--|-----|
| 1. Televiisor KBH-49-4 | 228 |
| a. Üldandmed | 228 |
| b. Lülituse kirjeldus | 230 |
| c. Häälestamine | 232 |
| 2. Televiisor «Avangard» | 233 |
| a. Üldandmed | 233 |
| b. Lülituse kirjeldus | 233 |
| 3. Televiisor «TEMP-2» | 236 |
| a. Üldandmed | 236 |
| b. Lülituse kirjeldus | 237 |
| 4. Televiisori paigaldamine ja käsitsemine | 239 |
| a. Televiisori kasutamise iseärasused | 239 |
| b. Nõuded televiisori paigaldamise suhtes | 240 |
| c. Televiisori sisselülitamine ja reguleerimine | 240 |
| d. Häälestustabel | 242 |
| 5. Televiisorites sagedamini esinevaid rikkeid | 244 |
| LISAD. | |
| 1. Ratsionaliseeritud praktiline ühikute süsteem | 246 |
| 2. Germaaniumdiodid | 248 |
| 3. Alalduslambid | 249 |
| 4. Vastuvõtulambid | 250 |
| 5. Kineskoobid | 252 |
| 6. Soklilülitused | 254 |

Н. К. Игнатьев

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин. Пярну маantee 10.

*

Toimetaja L. Abo

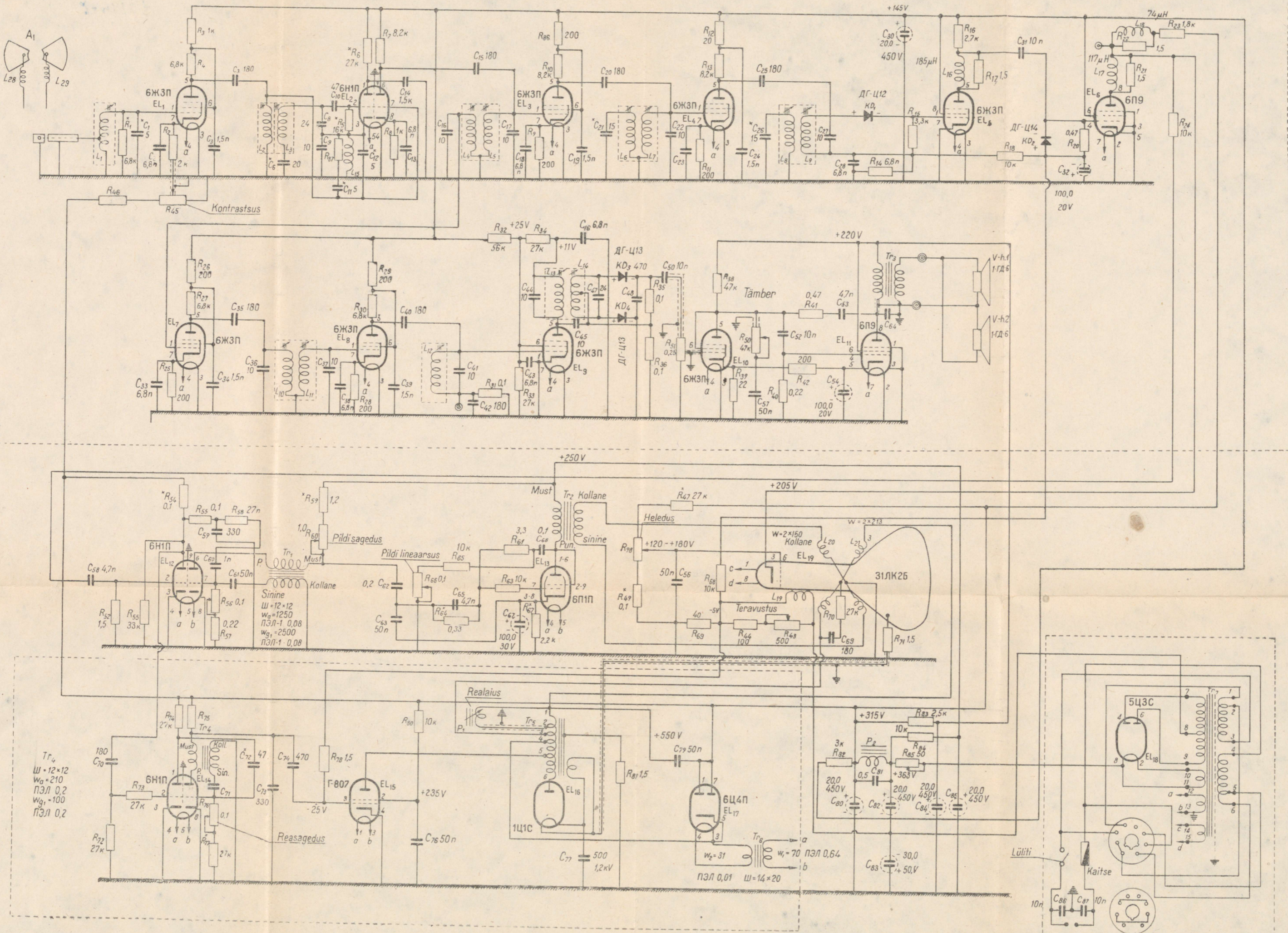
Tehniline toimetaja L. Uuspõld

Korrektorid M. Amon ja S. Aron

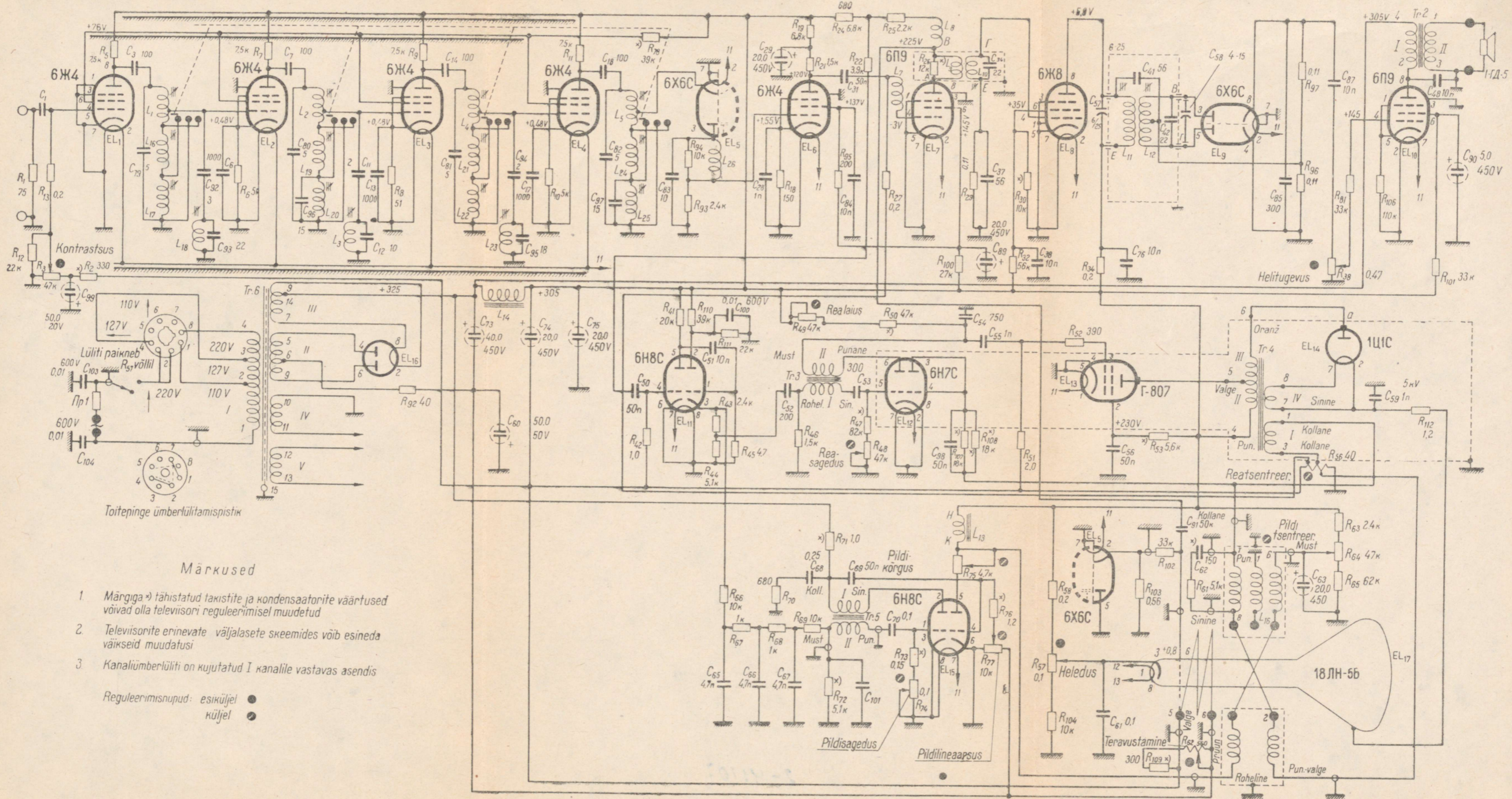
Ladumisele antud 4. IX 1956. Trükkimisele antud
12. XII 1956. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid
16,25+3 lisa. Arvutuspoognaid 16,81. Trükiarv 4000.
MB-08795. Tellimise nr. 3008.

Trükikoda «Tartu Kommunist», Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind rbl. 7.55



Joon. 8. 5. Televisori «Avangard» lülituskeem.



Märkused

1. Mängiga \rightarrow tähistatud takistite ja kondensaatorite väärtused võivad olla televiisori reguleerimisel muudetud
2. Televiisori erinevate väljalasete skeemides võib esineda väikseid muudatusi
3. Kanalümbertuluti on kujutatud I kanalile vastavas asendis

Reguleerimisruudud: esiküljel ●
 küljel ●

Joon. 8. 3. Televiisori KBH-49-4 lülitusskeem.

Rbl. 7.55

A-21339

TO RAAMATUKOGU



1 0300 00354020 2