TELEVISIOON?...
SEE ON IMELIHTNE!



TELEVISIOON?...
SEE ON IMELIHTNE!

E. AISBERG

# TELEVISIOON?...

## SEE ON IMELIHTNE!

KIRJASTUS „VALGUS" * TALLINN 1970

6S3
A33

Originaali tiitel:
E. Aisberg
La Télévision?.. Mais c'est très simple!
Société des éditions radio. Paris, 1966.

Kunstiliselt kujundanud E. Tali
Prantsuse keelest tõlkinud H. Pedusaar

УДК 621.397
Э. АЙСБЕРГ. ТЕЛЕВИДЕНИЕ?... ЭТО ОЧЕНЬ ПРОСТО! 1970

Рассказывается о принципах телевидения и о том, как устроен и работает современный телевизор. Рассказ ведется в форме непринужденных бесед.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Иллюстраций 146.

Raamatus antakse hõlpsasti mõistetava dialoogi vormis húvitav ülevaade televisioonitehnikast. Teos on mõeldud kõige laiemale lugejaskonnale, kes on kas või elementaarseltki tutvunud raadiotehnika algmetega (näiteks sama autori raamatu «Raadio?... See on imelihtne!» ulatuses).

Trükikoda
Punane Täht A/Ü
raamatukogu

24627
2

Tartu R[illegible]ku Ülikooli
Raamatukogu

131873

3—5—4
56—70

## SAATEKS EESTIKEELSELE VÄLJAANDELE

Tuntud prantsuse tehnikapopularisaatori Eugen Aisbergi raamatute sarja «... See on imelihtne!» käesolev, teine teos, milles kõneldakse televisioonist, on samuti kirjutatud huvitavas dialoogivormis. Selle esitrükk ilmus 1952. aastal Pariisis. Tänaseni on E. Aisbergi televisiooniraamatut algkeeles välja antud kaheksas täiendatud kordustrükis ja tõlgituna üheksateistkümnesse keelde. Need arvud peaksid raamatu väärtustest kõnelema kõige selgemat keelt.

Autor jätkab oma tegelaste Targaste ja Huviste vestlusi ka järgmistes raamatutes: «Transistor? ... See on imelihtne!» ja sarja tavakohasest pealkirjast humoorikalt hälbides ka «Värvitelevisioon? ... See polegi nii lihtne!».

E. Aisbergi «Televisioon? ... See on imelihtne!» tõlkimisel on seoses Prantsuse ja Nõukogude televisioonistandardite erinevusega mitmed arvnäited, joonised ja üksikud tekstilõigud muudetud. Põhiline lahkuminek on laotusridade arvus ja kujutise- ning helisignaali moduleerimise meetodis. Vastavate täienduste enamik on võetud raamatu venekeelsest tõlkest (Айсберг Э. Телевидение? .. Это очень просто! Издание 2-е, переработанное. «Энергия», Ленинград, 1967).

*Tõlkija*

## EESSÕNA

Kõikidest kaasaja imedest on televisioon vaieldamatult kõige suurem, kõige kütkestavam. Nendes maades, kus televisioon on omandanud laialdase leviku, on ta põhjustanud sügavaid muudatusi isiklikus ja kollektiivses elus.

Fakt, et kujutisi saab märkimisväärse selgusega üle kanda, läheneb juba iseenesest imele. See, kes tunneb kõiki tõkkeid, mida tuli ületada, kõiki probleeme, mida tuli lahendada, usub vaevalt oma silmi, kui jälgib kaasaegseid saavutusi.

Käesoleval ajal on televisioon kindlalt juurdunud praktikasse, on muutnud miljonite perekondade elu ja osutub võimsaks lõbustus- ja eneseharimisvahendiks, kuigi mõnikord paraku ka juhmistamisvahendiks. See hämmastav abinõu võib leida just nagu Aisopose keel nii parima kui ka halvima rakenduse.

Televisioonitööstuse kiire areng nõuab kõikides maades suure hulga tehnikute kaasahaaramist. Peale selle tekitab uue ülekandemeetodi olemasolu tsiviliseeritud inimeses soovi tutvuda selle olemusega. Tõenäoliselt just seepärast pöördusidki paljud minu sõpradest minu poole sooviga, et ma kirjutaksin raamatu «Televisioon? ... See on imelihtne!», analoogilise raamatuga «Raadio? ... See on imelihtne!»

Viimati nimetatud raamat, mis on kirjutatud 1935. aastal, saavutas erakordse edu. See tõlgiti mitmetesse keeltesse ja prantuskeelset originaali on seni trükitud 390 000 eksemplari. Tuhanded ja tuhanded inimesed terves maailmas on raadiotehnikaga tutvunud tänu meie noorte sõprade Targaste ja Huviste dialoogile. Esimene nendest teab kõike, samal ajal kui teine, ehkki ei tunne paljusidki asju, pole põrmugi rumal.

Asjatult selgitasin oma sõpradele, et televisioonitehnika ei ole lihtne, vaid, Huviste sõnade järgi, «pagana keerukas», et ta puudutab füüsika kõige erinevamaid peatükke, et ühtse rahvusvahelise standardi puudumine muudab olukorra raskemaks. Miski ei aidanud. Ma pidin sõna kuulama ja kirjutama raamatu «Televisioon? ... See on imelihtne!»

Tuleb arvata, et see raamat ilmus just õigeaegselt, sest esimese trüki kaks tiraaži müüdi läbi väga kiiresti ja tuli välja anda seitse uut trükki. Käesolevas, kaheksandas, leidub ka värvitelevisioonile pühendatud vestlus.

Mida kujutab enesest see teos? Kas tutvustavat raamatut? Võimalik, kuivõrd sellest võib aru saada inimene, kes pole kunagi varem puutunud kokku televisioonitehnikaga. Kuid selle mõistmiseks on seevastu siiski tarvilik kas või elementaarne tutvus raadiotehnikaga. See, kes tahab selle raamatu lugemisest ammutada suurimat tulu, peab teadma, kuidas töötavad mitme elektroodiga lambid, tundma põhilisi võimendite, detektorite ja segustite skeeme, olgu siis kas või ulatuses, mida pakub raamat «Raadio?... See on imelihtne!».

Seevastu matemaatikat ei ole tarvis tunda. Ma püüdsin kõigepealt võimalikult selgemini valgustada kirjeldatavate nähtuste füüsikalisi aluseid. Kui jälgida tähelepanelikult elektronide liikumist, signaalide kuju muutumist, erinevate pingete vahekordi, saavad mitmesugused elemendid küllaltki omasteks ja skeemide analüüsimine muutub hõlpsaks.

Püüdes pidevalt esile tuua kõige olulisemat sellest tehnikaalast, mis ei ole ei ruumis ega ajas stabiliseerunud (sest ta on alles arenev), püüdsin näidata televisioonivastuvõtjate kõiki põhilisi elemente koos nende erinevate variantidega.

Ma olen süstemaatiliselt hoidunud skeemielementide parameetrite arvsuuruste esitamisest, sest nad muutuvad sõltuvalt standardist ja muudestki teguritest. Käesolev raamat ei ole mõeldud televisiooniseadmete konstrueerimise õpetamiseks, vaid selle ülesandeks on talitluspõhimõtete tutvustamine. Ei saa ju hakata valmistama selliseid aparaate mingitegi tõsisemate lootustega edule, tundmata nende anatoomiat ja füsioloogiat.

Püüdsin selle poole, et raamatu materjali omandamine oleks võimalikult lihtne, sealjuures mitte kusagil siiski taandudes tõest ega vältides raskusi, ja ei jätnud välja midagi, mis võiks olla tulus tulevasele televisioonispetsialistile.

Uus tehnika on vältimatult ikkagi küllalt keerukas. Seepärast nõuab selle raamatu lugemine raugematut tähelepanu ja järgmise lõigu juurde ei tule asuda enne, kui pole täiesti omandatud eelnevate lõikude sisu.

Ma ei püüdnud muide materjali seada kasvava keerukuse järjestusse, seepärast näib paljudele lugejatele esimene vestlus tõenäoliselt kõige raskemana.

Pikaajalise pedagoogilise kogemuse alusel võin öelda, et naeratus soodustab õppimist. Seepärast hälbivadki Targaste ja Huviste oma vestlustes sageli Platoni «Dialoogide» rangest stiilist... Ja minu sõbra Guilaci joonised veergudel, aidates teksti omandada, lisandavad meie noorte sõprade vestlustesse lõbusa noodikese.

Neid tähelepanelikult jälgides mõistab lugeja kõiki televisiooni saladusi ja rikastab oma teadmiste hulka. See ongi meie soov.

*E. Aisberg*

Mõne aasta eest pühendas noor tehnik Targaste oma sõbra Huviste raadiotehnika saladustesse. Nüüd püüab ta hakata selgitama televisiooni põhimõtteid. Juba esimesest vestlusest alates juhib ta Huviste otsekohe asjade olemusse, selgitades oma sõpra säästmata rohkesti selle tehnikaharu aluseid:

**meeterlained ja nende levimine, televisioonisaatja tegevuskaugus, stratosfääri televisioon, modulatsiooni külgribad, kujutise elementide järjestikuse ülekandmise põhimõte, videosignaal, ristkülikulise signaali moonutumine ja selle muundamine sinusoidiks, maksimaalne videosagedus, ruumipuudus eetris, meeterlainete kasutamine, kande- ja moduleerivsageduste vahekord.**

# 1. VESTLUS

## VIDEOSAGEDUS JA KÕRGSAGEDUS

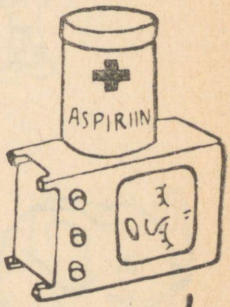
### Onu ebaõiges kohas




**Huviste**: Täna, kallis Targaste, tahaksin sinuga nõu pidada oma onu Jules'i suhtes.

**Targaste**: Mis siis juhtus selle oivalise inimesega?

**H.**: Kujuta ette, ta on sõna tõsises mõttes vaimustatud televisioonist. Ta on pidanud juba mitu kuud oma reuma pärast kodus istuma. Ja see suur filmisõber on jäetud ilma oma iganädalasest filmide annusest. Onu Jules tegigi mulle ülesandeks ehitada talle televiisor.




**T.**: See on suurepärane mõte! Nende jaoks, kes on voodisse või äärmisel juhul tugitooli aheldatud, osutub televisioon veelgi suuremaks heategijaks kui raadio ... Püüan sind meelsasti abistada, Huviste. Ja alguseks vaatame, kuidas saame temale antenni püstitada.

**H.**: Kardan, et külastamiseks on see pisut kaugevõitu, sest onu elab Ile d'Yeu'l[1].

**T.**: Oh, oleksid sa seda kohe öelnud! Sellisel juhul teeksid õigesti, kui saadaksid talle lihtsalt rohkesti reumavastast ravimit. Mis televiisorisse puutub, siis see osutub tema jaoks küll tarbetuks.



**H.**: Miks siis? Kas ta ei saa jälgida Eiffeli torni saateid?

**T.**: Ei kuidagi. Nende kindel levikaugus ei ületa 80 kilomeetrit. Soodsates tingimustes võib saateid puhtalt vastu võtta kaugemaltki, kuid Ile d'Yeu saarekesel pole Pariisist saadetud kujutiste jälgimiseks küll mingit lootust.

---

[1] Ile d'Yeu — saareke Atlandi ookeanis, umbes 400 km kaugusel Pariisist. *Tõlkija märkus.*

## Maakera on ümmargune



**H.**: Miks siis ei suurendata televisioonisaatja võimsust?

**T.**: Sellepärast, et see suurendaks levikaugust ainult üsna vähe. Televisioonisaateid antakse edasi meeterlainetel, s. o. lainepikkustel 1 kuni 10 meetrit, ja detsimeeterlainetel pikkusega 30 sentimeetrit kuni 1 meeter. Nii lühikestel lainetel on omadused, mis lähendavad neid valguslainetele, kuigi viimaste pikkus on tunduvalt väiksem. Nii nagu valguslained, nii levivad ka meeterlained sirgjooneliselt, samal ajal kui kesklained ja eriti just pikemad lained painduvad oma teel küllaltki hõlpsalt, kas või selleks, et mitmesugustest tõketest mööduda või maakera pinna järgi painduda.

**H.**: Kas see tähendab, et meeterlainete vastuvõtmiseks peab vastuvõtuantenni asukohas olema saateantenn nähtav?

**T.**: See «optilise nähtavuse» tingimus on soovitav, kuid meeterlainetel ei ole siiski valguslainete ranget sirgjoonelisust ja nad võivad paindudes mööduda väiksemaist tõkkeist. Lisaks sellele ära unusta, et dielektrikud ei takista elektromagnetiliste lainete levimist. Kuid maakera tuleb käsitleda elektrijuhina. Selle põhjal . . .

**H.**: Oota! Näib, et hakkan taipama. Nähtavasti osutub maakera lainete jaoks tõkkeks. Et aga maakera on ümmargune, siis teataval kaugusel saatjast (joonis 1) varjab tema kõverus saateantenni meie eest. Lained mööduvad meie peade kohalt, eemaldudes üha kaugemale maapinnast, ja kaovad atmosfääri ülakihtidesse.




Joonis 1. Meeterlainesaatja vastuvõtukaugus on piiratud nähtava horisondiga.

**T.**: Tõepoolest, sa tabasid eeskujulikult ära selle, mida võib nimetada «televisiooni tragöödiaks».

**H.**: Miks «tragöödiaks»?

**T.**: Sest saatjate väikese tegevusulatuse tõttu tuleb neid püstitada suurel hulgal, et katta riigi terve territooriumi. Kuid see on väga kallis.

## Huviste sihib väga kõrgele

**H.**: Siiski peaks leiduma mingisugune vahend, mis aitaks selles raskes olukorras! Võib-olla saab püüda laineid, mis saatjast liiga suurel kaugusel mööduvad kasutult inimeste peade kohal, tuulelohede või aerostaatide abil üles tõstetud väga kõrgete antennide abil?

**T.**: Nii kaugele polegi vaja minna. Püütakse kasutada võimali-

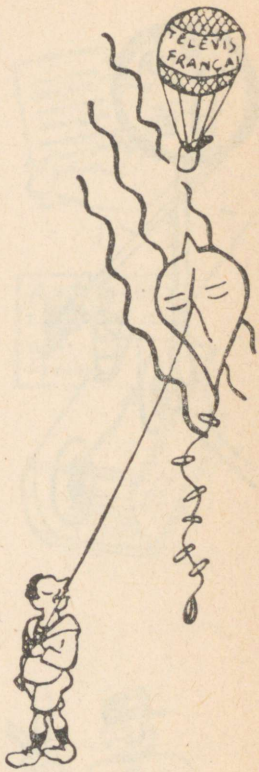
kult kõrgele asetatud antenne. Nii ongi järelikult alati tulus paigutada saateantenn mingi rajooni kõige kõrgemasse punkti. Seepärast ongi Pariisi saateantenn kinnitatud Eiffeli torni tippu ja Moskvasse rajati ainulaadne, poole kilomeetri kõrgune sale televisioonitorn.

**H.**: Tõepoolest, sellisel viisil saavutame suurema saatekauguse. Kuid miks peaksime peatuma nii õigel teel?

**T.**: Mida sa tahad sellega öelda?

**H.**: Saateid tuleks hoopis anda suurelt kõrguselt: selleks piisaks saatja asetamisest lennukile. Stratosfääris lennates võiks ta tervet Prantsusmaad varustada meeterlainetega ... Onu Jules'i suurimaks heameeleks ...

**T.**: Soovin õnne! Kuid tehnikud on sinust tunduvalt varem näidanud selle meetodi tarvitamiskõlblikkust. Taolise stratosfääritelevisiooni praktiline kasutamine osutus aga väga raskeks. Siiski on see nüüd teostatud tehissatelliitide «Telstar», «Syncom», «Early Bird», «Molnija» jt. abil, mis retransleerivad suurtele kaugustele televisioonisaateid ja muudavad niiviisi võimalikuks ülemaailmse kaugnägemise.




### Huviste on solvunud

**H.**: Kuid miks peame lõppude lõpuks televisioonisaadet andma meeterlainetel? Kas mitte sellepärast, et kuna televisioon ilmus viimasena, paigutati ta lihtsalt lainepikkuste keldrikorrusele? Kas polnuks võimalik kõrvaldada kolm või neli ringhäälingusaatjat ja asetada televisioon sobivale kohale kesk- või pikklaineastmikus? Ma tean suurepäraselt, kui raevukalt vaieldakse vabade sageduste jaotamise üle. Kuid saa lõpuks ometi aru, et ühelainsal lainepikkusel 200 ja 600 meetri vahel töötav küllalt võimas saatja oleks nähtav-kuuldav suuremal osal riigi territooriumist ...

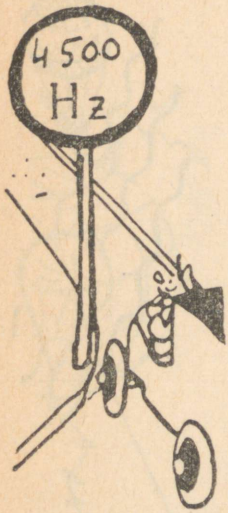
**T.**: Sa teed alatasa vigu, mu sõber. Kuid veel mitte iialgi pole sa toonud lagedale nii mõttetut jama! Eeldada, et televisioonisaade mahuks 200 meetrist pikemate lainete alasse, on sama, kui sundida elevanti ronima teokarpi.




**H.**: See, mis sa kõneled, on kahtlemata vägagi vaimukas. Kuid tunnistan ausalt, et ei näe televisiooni ja elevandi vahel midagi ühist.

**T.**: Ära pahandu, Huviste ... Sa hakkad minu võrdluse õigsust paremini mõistma, kui vaatled kujutise ülekandmiseks kasutatava signaali omadusi. Siis sa näed, kuivõrd ta erineb nendest madalsagedussignaalidest, mis võimaldavad elektrivoolu abil üle kanda ringhäälingusaatja mikrofoni tabanud helisid. Kas selle sagedusala piirid meenuvad sulle?

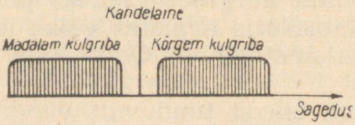
**H.**: Suurepäraselt. Kõige madalamad helid on sagedusega 16 hertsi. Kõige kõrgem heli, mida võib kõrv veel eristada, on




sagedusega 20 000 hertsi. Kuid praktiliselt on tavaliste ringhäälingusaatjate poolt ülekantav helisagedusala piiratud sagedusega 4500 Hz.

**T.**: Suurepärane! Kuid milleks on taoline piiramine tarvilik?

**H.**: Soovist vähendada seda, mida sa kunagi nimetasid «ruumipuuduseks eetris». Iga raadiosaade hõivab sagedusskaalal lisaks kandesagedusele veel kaks sümmeetrilist külgriba, mis sisalda-



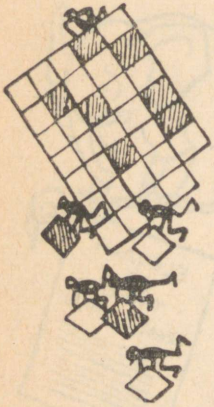

Joonis 2. Lisaks kandesagedusele sisaldab spekter veel kaht külgsagedusriba.

vad kõiki moduleerivaid sagedusi (joonis 2). Kui viimased on piiratud sagedusega 4500 Hz, osutub järelikult kummagi külgriba poolt hõivatud sagedusala laiuseks 9000 Hz. Kas see on televisiooni puhul laiem?

**T.**: Oo jah, tublisti! Kuid enne, kui üldse hakata sellest kõnelema, kas võid lühidalt selgitada, kuidas toimub kujutise ülekandmine?

## Kogu televisioon 29 real

**H.**: Ma proovin. Kuna kujutise kõiki elemente ei saa üle kanda üheaegselt, antakse nad üle järjestikku. Iga pildipunkti heledus (pildipunkti ehk lihtsalt punkti all mõistame nii väikest elementaarset pinda, et selle ulatuses silm ei erista enam detaile) muundatakse sellega võrdeliseks pingeks. Tugevasti valgustatud valge pind annab järelikult maksimaalse pinge, samal ajal kui must pind tekitab nullise pinge.



**T.**: Või vähemalt kõige väiksema pinge. Kuid ütle, kuidas sa vaatleksid kujutise kõiki punkte?

**H.**: Vaatleksin neid täpselt samuti, nagu pilk libiseb järjestikku mööda raamatu lehekülje kõiki tähti. Iga tähte võib samastada televisioonikujutise ühe elemendiga. Kõik punktid loetakse sellisel viisil rida-realt läbi. Ridade kogum moodustab lehekülje, mida võib samastada tervikliku televisioonipildiga. Ja kui me sellisel viisil oleme läbi vaadanud ühe lehekülje kõik, näiteks 29 rida, asume otsekohe järgmise juurde.

**T.**: Nii see on. Kuid millise kiirusega toimub selline lugemine? Kas tead seda?

**H.**: Muidugi. Selleks et silm säilitaks mulje pidevast liikumisest või pidevast kujutisest, on tarvis, et üksikud pildid ehk kaadrid järgneksid väga kiiresti üksteisele nagu kinoski. Euroopas on selleks sageduseks võetud 25 pilti sekundis (kaks korda väiksem

arv kui voolu sagedus elektrivõrgus); Ameerika Ühendriikides, kus elektrivõrgu voolusagedus on 60 Hz, antakse televisiooni edasi 30 pilti sekundis.

T.: Sellise pildisageduse juures «loeb» televisioonisaatja mingi raamatu 800 lehekülge läbi umbes poole minutiga.



### Eimillestki ei saa midagi

H.: See on hämmastav. Nüüd hakkan mõistma, kuivõrd on kujutist ülekandev signaal sisurikkam sellest elektrisignaalist, mis annab edasi mikrofoni membraani võnkuma panevat heli.




T.: Kuid tasuta ei saa elus edasi. Kui raadiolaine abil soovitakse üle kanda nii ulatuslikku lähetist, milles oleksid kujutise kõikide elementide suhtelised heledused kirjeldatud $^1/_{25}$ sekundi jooksul, siis tuleb selleks edasi anda pinget, mis koosneb kõige erinevamatest, väga kõrgete sagedusteni küündivatest komponentidest ja mis järelikult vajab väga ulatuslikke modulatsiooni külgribasid.

H.: Võib öelda, et mateeria ja energia jäävuse seadustele lisandub teine analoogiline seadus, mis ei luba antud ajavahemikus üle kanda teatavat informatsioonikogust, kui selle teelesaatmiseks ei ole võimalust kasutada küllalt avarat sagedusriba.

T.: Sul on õigus, Huviste. Looduses on selline seadus olemas. Ja püüe seda eitada, katse edasi anda teatavat informatsioonikogust (kasutan seda terminit kõige laiemas mõttes, sest see võib niisama hästi käia rohkem või vähem keerukate helide ehk siis rohkem või vähem detailse kujutise ülekandmise kui ka telegraafisaate kohta), omamata selleks nõutavat sagedusriba, on niisama kasutu, kui üritada ehitada *perpetuum mobilet*, mis liiguks igavesti ilma välisenergiat juurde andmata.



### Videosageduste vallas

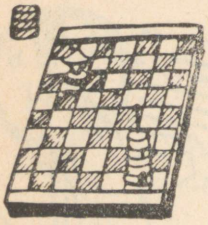
H.: Kuidas määrata neid sagedusi, mida kasutatakse televisioonis?

T.: Signaali, mis vastab kujutise järjestikku vaadeldavate elementide heledustele, nimetatakse videosignaaliks[2] ehk kujutisesignaaliks. Sisuliselt on see sama, milleks ringhäälingutehnikas on helisagedussignaal. Ta võib sisaldada suurt hulka erinevaid sagedusi.



H.: Ma arvan isegi, et ta võib mõnedel momentidel olla nullise sagedusega, s. o. signaal võib omada püsivat väärtust. Kui ülekantavas kujutises leidub konstantse heledusega ühetaoline pind, siis vastab selle kujutise kõikidele punktidele videosignaali üks

[2] Ladinakeelsest tegusõnast *videre* — nägema.

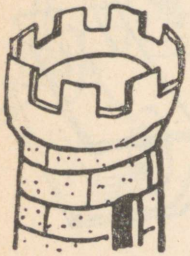


ja seesama pinge, mis jääb järelikult püsivaks kogu selle pinna ülekandmise ajaks.

**T.**: Õige. Kui aga kujutise punktid ei ole piki laotuse rida ühesuguse heledusega, siis hakkab signaali pinge kõikuma: ilmub vahelduvkomponent. Kas arvad ära, millisel juhtumil on need muutused kõige kiiremad, s. o. videosignaali sagedus osutub maksimaalseks?

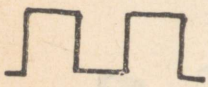
**H.**: Arvan, et niisugune olukord tekib siis, kui kujutise kaks ühe ja sama rea kõrvutist punkti on heleduselt erinevad.

**T.**: Sinu vastus tõestab, et oled probleemist hästi aru saanud. Tõepoolest, maksimaalsele sagedusele vastab kujutise järjestikune valgete ja mustade punktide vaheldumine. Nii on see näiteks juhul, kui kujutiseks on kujutise punkti mõõtmetega võrdse laiusega mustade ja valgete vertikaalvöötide seeria.



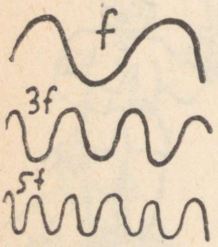
**H.**: Sel juhul tekitab iga ülekantav pildipunkt videosignaali ühe perioodi.

**T.**: Sa ruttad liiga ette, Huviste, ja see eksitab sind. Tegelikult vastab mustale vöödile minimaalne pinge ja valgele vöödile maksimaalne pinge. Kaks kõrvutist pildielementi, milledest üks on must ja teine valge, antakse niiviisi edasi signaali ühe negatiivse ja ühe positiivse poolperioodiga, mis kahekesi kokku moodustavad terve ehk täisperioodi. Et aga ühe perioodi jooksul kantakse üle kaks kujutise elementi, siis on üldine perioodide arv võrdne . . .



**H.**: . . . poolega kujutise elementide arvust.

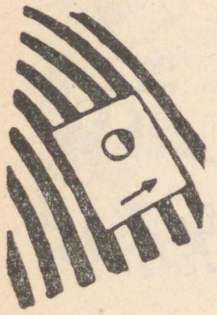
**T.**: Näen, et oled minu arutelu väga tähelepanelikult jälginud.




### Teoreetilistest hammastest ja reaalsest sinusoidist

**H.**: Selle videosignaali kuju on üpris veider. Võiks arvata, et need on mingi keskaegse torni hambad. Nad on ringhäälingutehnika kaunitest sinusoididest väga erinevad.

**T.**: Mitte nii palju, kui sa arvad. Ja seda kahel kaalutlusel: esmalt saab sellise kujuga perioodilist pinget (seda nimetatakse ristkülikuliseks signaaliks) jaotada väga suureks hulgaks siinuselisteks komponentideks, millest ühel, põhilisel, on ristkülikulise signaali sagedus ja ülejäänutel on sellest 3, 5, 7 jne. korda kõrgemad sagedused.



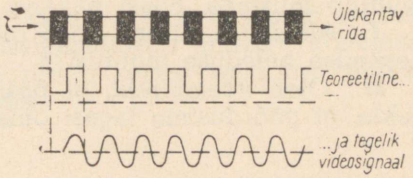
**H.**: Eks seda nimetataksegi Fourier' reaks? Ons nii?

**T.**: Jah, kui tahetakse ennast kuulsusesäraga ümbritseda. Kuid tõepoolest, kust sa seda tead?

**H.**: Olen lugenud väga tõsiseid raamatuid.

**T.**: Seda parem! Siis pead sa ka teadma, et neid arvukaid kõrgema sagedusega komponente nimetatakse harmoonilisteks sagedusteks. Kuid pöördume taas meie videosignaali juurde. Neil on võimendi vooluahelate läbimiseks vähe šansse. Et juba selle põhi-

sagedus on väga kõrge, siis on harmooniliste komponentide sagedused veel võrratult kõrgemad. Ja isegi lairibavõimendi pole arvestatud selliste väga kõrgete sageduste läbilaskmiseks. Seepärast jääb tema väljundis (joonis 3) järele ainult põhisagedusele vastav sinusoid[3].




Joonis 3. Kui kujutise moodustab piki rida vahelduvate valgete ja mustade elementide järjestikune jada (joonisel ülal), on videosignaal teoreetiliselt ristkülikuline (joonisel keskel), kuid praktiliselt osutub siinuseliseks (joonise alumine osa) ja sisaldab niisama palju perioode, kui palju on kujutises mustade ja valgete elementide paare.

**H.**: Seda parem, sest sinu hambuline pinge ei ütle mulle midagi. Aga millised on need kaalutlused, millele sa äsja viitasid?

**T.**: Korraldame lihtsa katse. Võtame tüki paberit ja teeme sellesse väikese ümmarguse augu samade mõõtmetega, kui on kujutise punkt. Nüüd hakkan seda paberitükki aeglaselt mööda meie kujutise musti ja valgeid vööte liigutama.

**H.**: Tähendab, et sa analüüsid kujutist täpselt niiviisi, nagu see toimub televisioonis.

**T.**: Nojah. Selle puhul kõneldakse kujutise liigendamisest. Sa näed (joonis 4), et mõnel hetkel asetseb auk täielikult kas mustal või valgel vöödil. Kuid augu nihutamine ühest sellisest asendist teise ei toimu hoopiski hetkeliselt. Auk läbib kõik vahepealsed asendid, mille puhul suurem või väiksem osa laotuselemendist on must, kuna ülejäänud osa on valge. Eemaldu pisut paberist, et sa enam ei suudaks eristada pildist augu abil eraldatud elemendi heledat ja tumedat osa.




Joonis 4. Videosignaali ühe perioodi formeerimine (joonise alumine osa) kujutise laotuse mitme järjestikuse faasi puhuks (joonise ülemine osa).

**H.**: Kahtlemata soovid, et ma viibiksin olukorras, mis vastaks täpselt äsja antud pildipunkti määratlusele: selle pind olgu küllalt väike, et silm ei saaks tema piirides mingeid detaile eristada?

[3] Autor pole siin päris täpne. Kõige kõrgema sagedusega signaal, nagu see järeldub ka järgnevast tekstist, on kujult väga lähedane sinusoidile ja seetõttu, et analüüsiva elemendi mõõtmed ning kujutise punkti mõõtmed on suuruselt omavahel võrreldavad, ei sisalda peaaegu üldse harmoonilisi sagedusi. Seda nähtust nimetatakse apertuurmoonutuseks. *Venekeelse väljaande toimetaja märkus.*

**T.**: Loomulikult. Aga mida sa nüüd näed, kui auk nihkub aeglaselt edasi?

**H.**: Eristan augus nähtust ainult keskmist heledust. Sõltuvalt musta ja valge pinna suuruste suhtest augus näen heledamat või tumedamat halli pinda. Seni kuni sa paberit nihutad, muutub augus näha olev kujutise pind mustast tumehalliks, mis kiiresti muutub heledamaks ja isegi valgeks, seejärel tumeneb taas ja muutub mustaks. Edasi hakkab sama korduma.

**T.**: Mõistata, milline peab olema pinge, mis kannab üle neid keskmise heleduse muutusi?

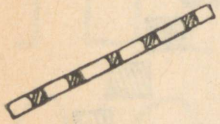


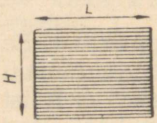
**H.**: Olen veendunud, et pääsesime raskest olukorrast: tahan öelda, et pöördusime tagasi oma vana hea sinusoidi juurde.

### Pisut algebrat

**T.**: Nüüd püüame arvutada selle sinusoidi maksimaalset võimalikku sagedust. Algul vaatleme, mitmeks elemendiks on meie kujutis jaotatud. Eeldame, et selle kõrgus on $H$ ja laius $L$ (joonis 5). See laotatakse $N$ horisontaalseks reaks, kusjuures sekundis antakse edasi $n$ tervikkujutist.

**H.**: See kõik lõhnab otsekui algebra ülesande järele . . .






Joonis 5. Televisioonipildi suhtelised mõõtmed.



**T.**: Seda hullem sulle, kuid nii see juba on . . . Eeldame, et kujutise algelement — punkt — on ruudukujuline, s. o. et ülekande teravus nii vertikaal- kui horisontaalsihis on võrdne. Sel juhul on ruudu kõrgus võrdne kujutise kõrguse $H$ ja ridade arvu $N$ jagatisega, s. o. $\frac{H}{N}$, ja iga rida, mille pikkus on $L$, sisaldab

$$L : \frac{H}{N} = \frac{LN}{H} \text{ punkti.}$$

Et üldse on olemas $N$ rida, laotatakse kujutis

$$\frac{LN}{H} \cdot N = \frac{LN^2}{H} \text{ punktiks.}$$



**H.**: Siiani näib see mulle loogilisena.

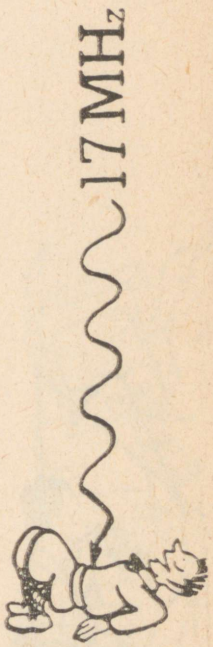
**T.**: Nii on see ka edaspidi. Kõik punktid, millest koosneb kujutis, kantakse üle $n$ korda sekundis, mis annab

$$\frac{LN^2 n}{H} \text{ punkti sekundis.}$$

Kuid et ühest perioodist jätkub kujutise kahe kõrvutise elemendi edasiandmiseks, siis vajatakse kõikide elementide ülekandmiseks kaks korda vähem perioode, s. o. signaali sageduseks osutub

$$\frac{LN^2n}{2H} \text{ hertsi.}$$

See valem ei ole absoluutselt täpne, sest selles pole arvesse võetud ajakadu sünkroniseerimissignaalidele, millest kõneleme edaspidi. Kuid antud momendil piisab sellest täielikult maksimaalse videosageduse määramiseks.




### Pisut aritmeetikat

**H.**: Ja mida konkreetset annab see võrrand meie ülekande jaoks?

**T.**: Hakka aga arvutama. Kujutise formaat on selline, et suhe $\frac{L}{H} = \frac{4}{3}$. Me laotame selle $N = 625$ reaks ja $n = 25$ kujutiseks sekundis. Noh, kiiremini, Huviste!

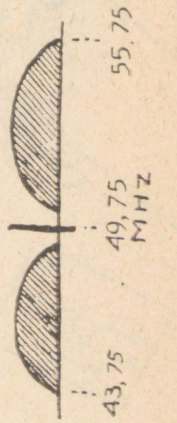
**H.**: Järelikult on meil

$$\frac{4 \cdot 625^2 \cdot 25}{2 \cdot 3} = 6\,500\,000 \text{ Hz.}$$

Pagana pihta! Videosagedus ületab kuus miljonit hertsi!

**T.**: Reaalselt kantakse üle sagedused kuni 6 MHz. Ja pane tähele, et maksimaalne sagedus võrdub ridade arvu ruuduga. Kui näiteks siirduda 625 realt 1000-realisele laotusele, siis küünib videosagedus peaaegu 17 megahertsini.

**H.**: Sellega sa hävitasid mu täielikult.




### Tagasipöördumine elevandi juurde

**T.**: Oled sa ikka endiselt kangekaelne oma kavatsuses eraldada televisioonile «tagasihoidlik kohake» kesklainete piirkonnas?

**H.**: Vaadeldav laineastmik haarab lainepikkused 200 kuni 600 meetrit, järelikult sagedused 1 500 000 kuni 500 000 hertsi. See vahemik on 1 000 000 hertsi. Samal ajal laiub televisioonisaade koos oma kummagi modulatsiooni külgribaga 12 000 000 hertsini. Järelikult on ta 12 korda laiem tervest kesklaineastmiku ulatusest. Kindel on, et mu elevant ei mahu kuidagi teokarpi.

**T.**: Seda on sinu suust väga meeldiv kuulda. Nüüd mõistad,

Trükikoda
Punane Täht AJ
raamatukogu

miks tuleb meie tohutu sagedusega videosignaali ülekandmiseks kasutada meeterlaineid. Näiteks sagedusel 49,75 MHz on külgribad piiratud järgmiste sagedustega:

$$49\,750\,000 - 6\,000\,000 = 43\,750\,000 \text{ Hz}$$

ja

$$49\,750\,000 + 6\,000\,000 = 55\,750\,000 \text{ Hz},$$

mis on juba täiesti sobiv.

**H.**: Tõtt öelda, kas ongi vaja nii kaugele minna? Kas ei võiks kasutada näiteks sagedust 12 MHz, s. o. lainepikkust 25 m, mis võimaldaks modulatsiooni paigutada sageduste

$$12\,000\,000 - 6\,000\,000 = 6\,000\,000 \text{ Hz}$$

ja

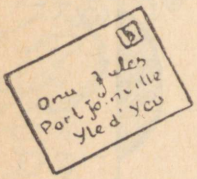
$$12\,000\,000 + 6\,000\,000 = 18\,000\,000 \text{ Hz}$$

vahele?

**T.**: Saa aru, et lainepikkused, mis vastavad nendele sagedustele, on 50 ja 16,5 m. Tuleb välja, et sa tahad hõivata terve lühilainete ala 16,5 ja 50 m vahemikus vaid üheainsa televisioonisaate jaoks?!

**H.**: Tunnistan, et see oleks vaevalt mõistlik.

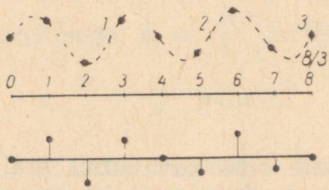





### Kõrgsageduse elatusminimum

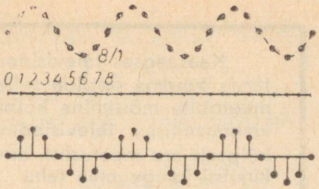
**T.**: Muuhulgas on olemas reegel, mille kohaselt kandevõnkumise kõrgsagedus ei saa olla moduleeriva signaali sagedusega samas suurusjärgus. Selleks et modulatsioon toimuks moonutusteta, on tarvis, et kandesagedus oleks moduleerivast sagedusest palju kordi kõrgem.

**H.**: Miks?




Joonis 6. Siinuselise signaali edasiandmine (seda kujutab joonise ülemine osa) kandevõnkumise abil, mille kaheksa perioodi vastavad signaali kolmele perioodile. Ülekantavale signaalile vastavad harvalt paiknevad hetkväärtused (mis on kujutatud joonise allosas) ei võimalda õigesti reprodutseerida signaali kuju.

**T.**: Sest selle tingimuse mittetäitmisel ei saaks moduleeritud laine moduleerivat signaali täpselt reprodutseerida. Vaata seda sinusoidi, mille joonistasin (joonis 6). Eeldame, et see ongi signaal, mida tuleb üle kanda. Kui kandelaine võnkesagedus ületab selle signaali sageduse, näiteks kõigest suhtes 8/3, siis kannaksime moduleeriva võnkumise hetkväärtusi üle liiga pikkade intervallide tagant ja saaksime ainult rea üksikuid väärtusi, mille järgi



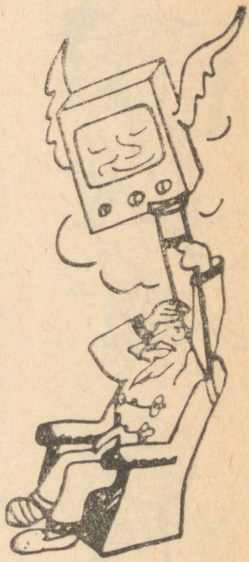

Joonis 7. Kui siinuselise signaali igale perioodile vastab kaheksa kandevõnkumise perioodi, siis kantakse üle küllalt suur hulk hetkväärtusi, et signaali saaks vajaliku täpsusega reprodutseerida.

parimalgi tahtmisel ei õnnestuks hiljem reprodutseerida signaali siinuselise muutumise olemust.

Kuid tarvitseb võtta kandelaine sagedusega, mis on, ütleme, 8 korda kõrgem signaali sagedusest (joonis 7). Ülekantud väärtuste seeria võimaldab nüüd hõlpsalt kindlaks teha moduleeriva pinge kuju.

**H.**: See on ju sarnane ajalehtede fotoklišeede rastriga. Kui raster on liiga jäme, kaovad klišee detailid.

**T.**: See on hüva võrdlus.



### Seda halvem onu jaoks!

**H.**: Võtan kokku kõik täna kõneldu. Kujutiste ülekandmiseks vajatakse signaale, mis hõivavad väga avara sagedusriba. Neid signaale saab edasi anda ainult väga kõrge sagedusega kandelaine abil, mis peab kuuluma meeterlainete alasse. Levides sirgjooneliselt, on nende levikaugus piiratud nähtava silmapiiriga. Siit järeldub, et onu Jules'il ei tule televisioonisaadete vaatamisest midagi välja.

**T.**: Mul on temast väga kahju. Kuid mis puutub sinusse, siis oled omandanud teatava koguse tulusaid teadmisi ...

**H.**: ... mis mulle näisid algul pagana keerukatena, kuid mis tegelikult võivad osutuda ka imelihtsateks.

# 2.
# VESTLUS

Kaasaegses televisioonis kasutatava seadmestiku tööst arusaamiseks pole tarvis tundma õppida selle tehnika tervet ajalugu. Kuid kujutise laotamise meetodite mõistmine hõlbustub tunduvalt, kui eelnevalt tutvuda klassikalise «mehaanilise» televisioonisüsteemiga, mille avastas Nipkow. Huviste saab hõlpsalt aru meetodist, mis andis esmakordselt võimaluse üle kanda liikuvaid kujutisi kauge maa taha. Selle vestluse jooksul puudutab Targaste järgmisi küsimusi:

**Nipkowi ketas, kujutise laotamine, ülerealaotus, fotoelement, kujutise saatja, sünkroonsus, neoonlambiga vastuvõtja, mehaaniliste televisioonisüsteemide puudused.**





## RETK MINEVIKKU

### Huviste peadpööritavad uurimused

**Targaste**: Mu jumal! Mis on sinuga juhtunud, Huviste, et sa niiviisi iseenese ümber keerled? Kas sa treenid ennast keerleva derviši ametis?

**Huviste**: Oh mitte põrmugi! Ma lihtsalt katsun lugeda sellisel viisil, et olles jõudnud rea lõpuni, alustan uut rida pilku tagasi vasakule pööramata.

**T.**: Milleks on see vajalik?

**H.**: Seepärast, et ma mõtlen kujutise laotamisest televisioonis, millest möödunud korral kõnelesime. Sa seletasid mulle, et elementide järjestikune laotamine toimub otsekui raamatu lugemine — rida-realt. Võttes arvesse tohutut kiirust, millega peab see lugemine toimuma, tahtsin vältida ajakadu, mida põhjustab vajadus pöörduda tagasi ridade algusse. Seepärast, lugenud pöörlemisel läbi ühe rea, jätkan kiiret pöördliikumist iseenese ümber, et pärast iga täispööret minu pilk langeks taas uue rea algusse.

**T.**: Usun, et sul ei õnnestu niiviisi aega säästa. Parimal juhul saad peapöörituse ... Kuid see laotusviis, mida võiks nimetada «tagasipöördumiseta ridamisi laotamiseks», on omane mehaaniliste analüüsimissüsteemide enamikule.

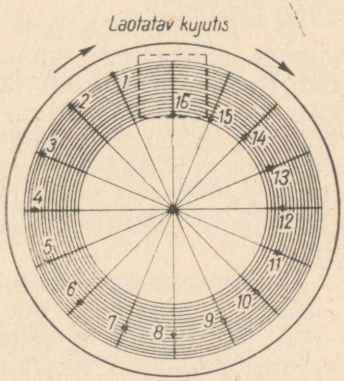
### Pisut geomeetriat

**H.**: Poleks halb, kui sa sellestki mulle vestaksid. Kõik sinu poolt seni kõneldu on olnud võrdlemisi abstraktne. Väga kena on öelda, et «teostatakse kujutise elementide järjestikust laotust». Kuid kuidas see tegelikult toimub?

**T.**: Eelistaksin mitte kirjeldada sulle mehaanilisi meetodeid, sest need on ammu oma koha loovutanud elektroonilistele. Kuid võib-olla sa hakkad elektroonilistest meetoditest paremini aru

saama, kui jutustan sulle ühest kõige lihtsamast ja kõige vanemast seadisest — Nipkowi kettast.

**H.**: Ma meenutan ähmaselt, et sellest on kusagil midagi kõneldud, kuid mingit täpsemat ettekujutust mul tollest vigurist siiski pole.




Joonis 8. Aukude paiknemine Nipkowi kettas.

**T.**: Kohe valmistame ühe ketta. Siin on leht joonestuspaberit. Tõmban sellele (joonis 8) sirkli abil umbes 10-sentimeetrise raadiusega ringi ja lõikan välja ketta. Seejärel joonestan sellele veel 16 ringi raadiustega 60, 62, 64 jne. kuni 90 millimeetrit. Lõpuks jaotan välise ringjoone 16 võrdseks osaks . . .

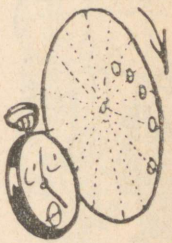
**H.**: Ilmselt oleme seejärel, kui tegelesime aritmeetika ja algebraga, sattunud vaimustusse geomeetriast. Pärastpoole hakkame tegelema integraalarvutusega . . .

**T.**: Selleni pole me veel jõudnud. Lõpetame parem oma joonise. Tõmban ringidele 16 raadiust, mis läbivad välisel ringjoonel võrdsetel kaugustel asetsevaid punkte. Kõik need abijooned on mulle vajalikud selleks, et määrata tulevase spiraali punkte. Selleks märgistan esimese raadiuse ja sisemise ringjoone lõikumiskoha, seejärel kellaosuti liikumise suunas järgmise raadiuse ning järgmise ringjoone lõikumiskoha jne.




**H.**: Tõepoolest, niiviisi saad 16 spiraalina paiknevat punkti. Kuid mida sa nendega peale hakkad?

### Pilk läbi ketta avade



**T.**: Ma löön perforaatori abil kettasse täiesti ümmargused augud läbimõõduga pisut rohkem kui 2 millimeetrit. Ja minu Nipkowi ketas ongi valmis.

**H.**: Ja sa kavatsed tõemeeli seda riistapuud kasutada kujutise laotamiseks?

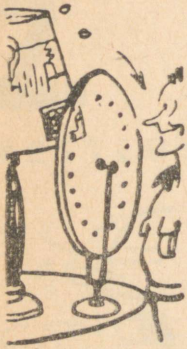
**T.**: Jah, mu kavatsus on kindel. Siin on pisike, äärmiselt lihtne joonis, mille mõõtmed on umbes 3 sentimeetrit. Liimin selle lambi-



varju külge ja hakkan selle ees ketast kiiresti pöörama, kasutades teljeks kudumisvarrast.

**H.**: No nii! Näen joonist, otsekui ketas oleks läbipaistev.

**T.**: Selleks et toimuvat paremini mõista, pööran praegu ketast väga aeglaselt.



**H.**: Taipan! Kas pole see põhimõtteliselt sama ümmarguse auguga paberitükk eelmisest vestlusest? Kuid tunduvalt täiustatud. Kui ketas pöörleb, läbib esimene auk kujutise ühe rea (tõsi küll, rida pole käesoleval juhul täpselt sirge, vaid on ringi kaar, kuid see ei muuda midagi). Niipea, kui ta jõuab oma rea lõpuni, ilmub pisut madalamal teine auk, et omakorda mööduda kujutise järgmise rea eest. Ja niiviisi liiguvad üksteise kannul kõik spiraaliaugud, alates välisest ja lõpetades ketta keskpunktile lähimaga.

**T.**: Kui aga kogu kujutis on niiviisi laotatud . . .

**H.**: . . . algab ketta uue pöördega kõik taas algusest.



**T.**: Sa kogesid, et ketta küllalt kiire pöörlemise puhul muutub kujutis nähtavaks tervikuna, kuigi samal ajal on igal üksikul momendil tegelikult ketta ühesainsas augus näha ainult üks tema element ehk laotuspunkt.

**H.**: Ma märkan koguni, et ketas loeb pöörleva derviši maneeris, s. o. ei pöördu lugemisele vastassuunalise liikumisega ridade algusse tagasi. Samaaegselt näen, et ketast tuleb pöörata väga kiiresti, et saada muljet kujutise kõikide elementide üheaegsest nägemisest.



### Pentsik lugemisviis

**T.**: Tegelikult on nii, et kui ma kas või pisutki aeglustaksin ketta pöörlemist, siis näeksime kujutist sellisena, otsekui jookseksid läbi selle vaheldumisi mustad ja valged lained. Selle põhjuseks on asjaolu, et valgusaisting silmas pole kuigi kestev.

**H.**: Millise sagedusega tuleks kujutist laotada, et vältida mitteküllaldase kiirusega pöörleva ketta puhul ilmnevat vilkumist?



**T.**: Heade tulemuste saamiseks tuleks üle kanda 30 kujutist sekundis.

**H.**: Nii toimivad ameeriklased. Kuid Euroopas, nagu sa mulle ütlesid, piirdutakse 25 kujutisega sekundis. Kas sellest jätkub? Kas poleks parem kaadrite vaheldumise sagedust suurendada?

**T.**: Ära unusta, et videosignaali maksimaalne sagedus on võrdeline ülekantavate piltide arvuga sekundis. Seepärast pole soovitav kergemeelselt veelgi suurendada seda juba niigi kõrget sagedust. Õnneks on olemas teravmeelne võte, mis lubab vältida vilkumist ilma ülekantava sagedusriba asjatu laiendamiseta. Selleks on *ülerealaotus*.

**H.**: Mida selle all mõistetakse?

**T.**: Selle asemel, et järjestikku edasi anda kujutise kõik read, alates esimesest ja lõpetades viimasega, kantakse esmalt üle kõik selle paarituarvulised ja seejärel kõik paarisarvulised read. Laotuse üldine kestus jääb endiseks, s. o. võrdseks $^1/_{25}$ sekundiga. Kuid pool ridade koguarvust, mis katavad, tõsi küll, teatavate tühimikega kujutise terve pinna, kantakse üle $^1/_{50}$ sekundi vältel ja teine pool — järgmise $^1/_{50}$ sekundi vältel.



**H.**: Kui ma sel viisil loeksin raamatut, ei mõistaks ma loetust kuigi palju.

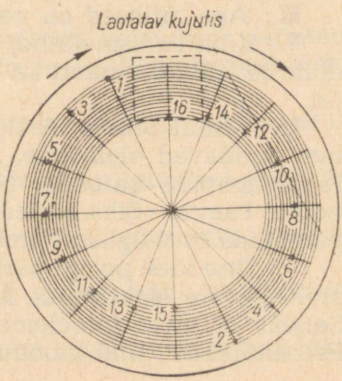
**T.**: Üldjoontes on asi nii. Kuid nüüd näitan sulle lühikest tekstilõiku, mida tulebki lugeda üle rea. Seda lugedes rändab pilk täpselt mööda niisugust teekonda, mida ülerealaotus peab läbima. Tänapäeval on see meetod televisiooniülekandes kõikjal kasutusele võetud.

> Selleks et käesolevat teksti õigesti lugeda, tuleb viisil, läbides algul paarituarvuliste ridade kogumi esialgu lugeda ainult selle paarituarvulisi ridu, («poolpildi») ja seejärel paarisarvuliste ridade poolseejärel aga ainult paarisarvulisi ridu. Ülerealaotus pildi. Niiviisi tuleb selleks, et laotada kujutist 25 lubab «lugeda» televisioonikujutist täpselt samal korda sekundis, laotada sekundis 50 poolpilti.

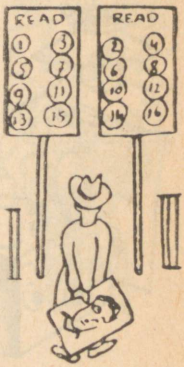


**H.**: Tõepoolest, see on üsna lustakas. Arvan, et trükiladuja, kes ladus seda teksti, oli pisut purjus ... Ent kuidas realiseerida sellist laotusviisi praktiliselt? Arvan, et see osutub pagana keerukaks.

**T.**: Hoopiski mitte, sõbrake. Vahepeal valmistasin näitliku Nipkowi ketta, mis põhimõtteliselt sobib selleks otstarbeks täiesti (joonis 9). Sa näed, et temal on samuti kui eelmiselgi 16 auku




Joonis 9. Kahe spiraaliga Nipkowi ketas ülerealaotuseks.





kujutise laotamiseks 16 reaks. Kuid augud ei paikne ühes, vaid kahes spiraalis, kusjuures kumbki hõivab poole ketta täispöördest. Ühel pool asetsevad augud, mis laotavad 1., 3., 5., 7., 9., 11., 13. ja 15. rida, samal ajal kui teisele poolele on paigutatud augud, mis vastavad 2., 4., 6., 8., 10., 12., 14. ja 16. reale.

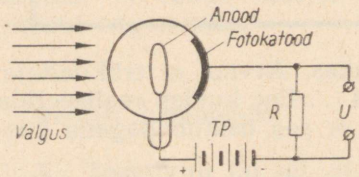
**H.**: Tõepoolest, see on imelihtne. Selle peale oleksin pidanud ka ise tulema! Aga kas võiksid mulle selgitada, kuidas anti Nipkowi ketta abil kujutisi edasi?

### Pisut keemiat

**T.**: Kas tead, mida nimetatakse fotoelemendiks?

**H.**: Loomulikult. Fotoaparaadi ostmisel pakuti selle juurde fotoelektrilist eksponomeetrit. See on seade, mis annab võimaluse mõõta fotografeeritavate objektide valgustatust. Valgus langeb fotoelemendile, mis muundab valguseenergia elektrivooluks. Seda aga mõõdetakse väga tundliku galvanomeetri abil.

**T.**: Järelikult on fotoelement muundur, mis muudab valguseenergia elektrienergiaks. Seda elementi läbiv vool on võrdeline teda tabava valgusvooga. Televisioonis kasutatavad fotoelemendid töötavad fotoelektroniemissiooni põhimõttel (joonis 10). Omal ajal oli seda tüüpi fotoelement õhutühi klaasballoon. Osa ballooni siseseinast oli kaetud fotoemiteeriva aine õhukese kihiga.




Joonis 10. Patarei *TP* annab fotoelemendi anoodile katoodi suhtes positiivse potentsiaali. Fotoelektronide vool läbi takisti *R* tekitab pinge *U*, mis juhitakse võimendisse.

**H.**: Kas niiviisi nimetatakse ainet, mis kiirgab valgust?

**T.**: Selle sõna etümoloogia viib sind eksiteele. Kõne all on ained, mis nendele langeva valgusvoo toimel eraldavad elektrone.

**H.**: Aga millised on need ained?

**T.**: Kõik leelismetallid, s. o. tseesium, naatrium, kaalium, rubiidium ja liitium, samuti ka harvemini kasutatavad leelismuldmetallid.




**H.**: Minul tekkis idee! Kui on olemas ained, mis valguse toimel eraldavad elektrone, kas poleks võimalik nendega asendada raadiolampide katoode. Niiviisi kaoks vajadus kasutada küttevoolu. Päeval võiks asetada vastuvõtja päikesevalgusse, kuid õhtul paigutada ta valgustuslambi lähedusse.

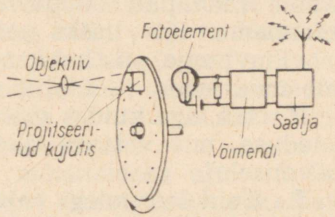
**T.**: Sinu idee polegi päris absurdne. Kuid vaadeldud juhul võiks emiteerivate elektronide kogus tekitada ainult väga nõrga voolu. Selleks et meie fotoelemendis saada voolu, puudub veel miski. Fotoemiteeriv pind moodustab katoodi . . .

**H.**: Mõistsin! Puudub anood. Ilmselt tuleb asetada ballooni metallplaat ning anda sellele katoodi suhtes positiivne potentsiaal, et ta tõmbaks katoodilt eralduvaid elektrone.

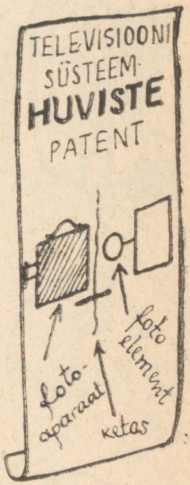
**T.**: Jah, kuid plaadikujuline anood tõkestaks valguskiiri. Seepärast asendatakse ta traatrõngaga või hõreda traatvõrguga.

### Kujutis on laotatud

**H.**: Arvan, et nüüd võin jutustada, kuidas kujutan enesele ette televisioonisaatjat. Võtan oma fotoaparaadi, kuid mattklaasi asemele paigutan selle osa Nipkowi kettast, mille ulatuses toimub kujutise laotamine (joonis 11). Just siin peab minu aparaadi objektiiv tekitama ülekantava kujutise. Aga ketta taha paigutan fotoelemendi. On see nii?




Joonis 11. Nipkowi kettaga saatja.




**T.**: Absoluutselt õige! Sa oled teel televisiooni taasleiutamisele ... Igal hetkel saab sinu ülekandeseadme fotoelement laotatava kujutise teatavalt kindlalt elemendilt valgust ja muundab selle valguse intensiivsusega võrdeliseks vooluks. Järelikult tekib fotoelemendi väljundis videosignaal. Seda tuleb võimendada, enne kui temaga saab moduleerida kõrgsageduslikku kandevõnkumist, mida kasutatakse videosignaali ülekandmiseks.

### Kujutis on taastatud




**H.**: Kuid vastuvõtja?

**T.**: Nagu sa mõistad, on selles Nipkowi ketas, mis sarnaneb saatjas kasutatava kettaga ja peab pöörlema sellega täpselt identselt (joonis 12).

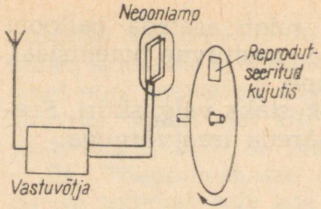
**H.**: Seda identset pöörlemist nimetataksegi minu meelest sünkroonsuseks.

**T.**: Ma täheldan heameelega, kuivõrd sinu tehniline sõnavara on rikastunud.

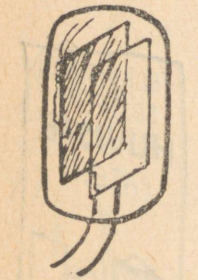
**H.**: Kuid milline seadis hakkab voolu muutusi valguse heleduseks muundama?

**T.**: Lihtsalt neoonlamp, mis koosneb madala rõhu all neooniga täidetud kolvist ...

**H.**: Ma tunnen üsna hästi neid neoonlampe, mida kasutatakse

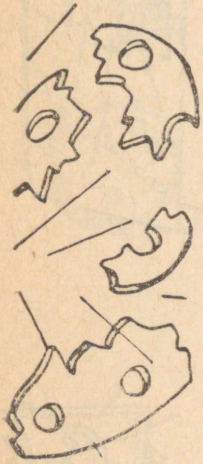



Joonis 12. Nipkowi ketta ja neoonlambiga vastuvõtja.



valgusreklaamiks. Ma isegi purustasin ühe niisuguse meie vastas asetseva kohviku fassaadil, sest et ta kiirgas rohkem raadiohäireid kui valgust.

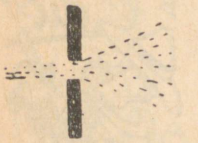
**T.**: Ma ei aimanudki, et sul on nii agressiivsed kalduvused. Kuid nendes neoonlampides, mida televisioonis kasutati, oli üheks elektroodiks reprodutseeritava kujutise suurune plaat. Teine elektrood ümbritses raamina esimest. Kui nende kahe elektroodi vahele rakendati teatav alalispinge, hakkas plaadi kogu pind helendama. Kui lisaks sellele juhiti ahelasse ka videosignaali vahelduvpinge, siis hakkas heledus vastavalt signaali hetkväärtusele muutuma.



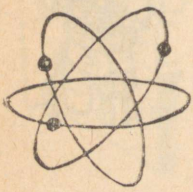
**H.**: Jah, aga kuidas saab anda selle plaadi igale punktile sellise heleduse, mis vastaks ülekantava kujutise täpselt sama punkti heledusele?

**T.**: Kuid see polegi vajalik. Neoonlamp on ju paigutatud Nipkowi ketta taha ja sa näed seda ainult läbi pöörleva ketta aukude.

**H.**: Nüüd ma mõistsin! Igal hetkel näeme lambi helendava elektroodi ühtainust punkti ja sel hetkel reprodutseerib lamp laotatava kujutise vastava punkti heledust. Näiteks hetkel, kui kantakse üle esimese rea esimest punkti, on neoonlambi kogu elektroodil kujutise sellele punktile vastav heledus. Kuid läbi ketta augu näeme ainult elektroodi üht kohta, mis vastab kujutise sellele punktile. Kui auk liigub edasi järgmise elemendi kohale, reprodutseerib neoonlamp selle teise punkti heledust jne. Järelikult asetsevad kõik punktid oma õigetel kohtadel ja on õigete heledustega, mis kokku annabki taastatud kujutise.



**T.**: Sa said hästi aru selle televisioonisüsteemi põhimõttest, mida soovitati juba 19. sajandi lõpul, kuid mis realiseeriti esmakordselt John L. Bairdi poolt 1924. aasta paiku.



### Mehaanika on surnud. Elagu elektroonika!

**H.**: See süsteem näib mulle ülilihtsa ja praktilisena. Loodan, et ta eksisteerib veel praegugi.

**T.**: See on ammugi kõrvale heidetud. Ta kõlbas kujutise laotamiseks üksnes piiratud arvuks ridadeks, neid ei võinud olla üle 180.

**H.**: Kas poleks võimalik olnud valmistada kettad küllalt suurtena, et neile oleks mahtunud rohkem auke?

**T.**: Ei, sest sellel kiirusel, millega kettad peavad pöörlema, võiks tsentrifugaaljõud nad purustada.

**H.**: Võiks ju vähendada ka aukude läbimõõtu . . .

**T.**: Jah, kuid mitte alla teatava suuruse. Liiga väikseid auke läbivatele valguskiirtele hakkab mõjuma ebameeldiv difraktsioonnähtus.

**H.**: Näib, et minu tänased ideed ei ole eriti menukad.

**T.**: Kui nad seda ka oleksid, ei suudaks sa ikkagi mehaanilisi süsteeme päästa. Nad kannatavad ka teiste tõsiste puuduste all. Nii näiteks saab saateseadme fotoelement kujutise igalt punktilt valgust üksnes väga lühikese aja vältel. Selleks et saada kasutamiskõlbliku tugevusega fotoelektronide voolu, tuleb objekti väga heledalt valgustada. Vastuvõtul ilmneb samasugune pillamine, sest igal hetkel näeme neoonlambi tervest valgustatud pinnast ainult üht väikest punkti. Järelikult kasutatakse selle valgust äärmiselt vähe. Ja lõpuks: kas me siis ei elagi elektroonika ajastul? . . .




**H.**: Miks sa siis selgitasid mulle nii põhjalikult taolise süsteemi talitluspõhimõtet, mida võib kohata ainult muuseumis koos vendade Wrightide lennuki ja Branly koheereriga?

**T.**: Sellepärast, et liigutades selle mõistmiseks ajukurdusid, valmistuksid paremini elektronsüsteemides esinevate keerukamate nähtuste mõistmiseks.

**H.**: Ma kardan, et see kujuneb pagana keerukaks . . .

# 3.
## VESTLUS

Selgitanud mehaanilise televisioonisüsteemi puudusi, siirduvad sõbrad elektrooniliste menetluste uurimisele. Selleks hakkavad nad tutvuma iga televiisori põhilise seadisega — elektronkiiretoruga. Seda kasutatakse nii televisiooni saatekaamerates kui ka vastuvõtjates — televiisorites. See asjaolu näitab, kuivõrd üksikasjalikku vaatlust ta väärib. Meie sõprade uurimisobjektideks osutuvad järelikult järgmised küsimused:

**elektroonika, elektronkahuri ehitus, atmosfääri rõhumine elektronkiiretorule, selle purunemise võimalus, luminestseeriv ekraan, elektronoptika, elektrostaatiline fokuseerimine, elektrostaatiline lääts, elektrontäpp, elektronide kiirus, nende tagastumine toiteallikasse, alumineeritud ekraanid, elektrostaatiline hälvitamine, horisontaalsed ja vertikaalsed hälvitusplaadid, kujutise formeerimine.**

### ELEKTRONID TÜHJUSES




#### Elektroonika definitsioon

**Huviste:** Ikkagi ei õnnestu mul nii mõndagi mõista. Eelnenud vestluse ajal sa ütlesid, et «mehaanilised meetodid» on meie aegadel «elektrooniliste meetodite» ees taandunud. Kuid minu arvates on Nipkowi ketas põhiliselt elektrooniline seadis.

**Targaste:** Kuidas nii?

**H.:** Kas siis selle aatomid ei koosnegi prootonitest, elektronidest ja neutronitest? Mida elektroonilisemat sulle siis veel tarvis on?

**T.:** Lihtlabaselt öeldes — elektrone vabas olekus, prootonitest eraldatuna. Aga kus võid neid niisugusel kujul leida?

**H.:** Ma ei tea sellest midagi . . . Kuid siiski, tean: raadiolampide vaakuumis, kui nad hüppavad oma saltomortaalet, et lennata katoodilt anoodile.

**T.:** Õige. Ja terve see tähtis kaasaegse tehnika haru, mida nimetatakse elektroonikaks, vaatleb tühjuses või pooljuhtides (mille mõningaid võimendusomadusi õpiti hiljuti kasutama) kulgevate elektronide voolude kasutamist.



#### Elektronide allika juures

**H.:** Kuid pöördume tagasi televisiooni juurde. Kuidas tekitatakse elektronide voolu ja kuidas seda kasutatakse?

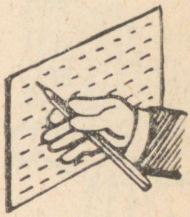
**T.:** Täpselt samal viisil nagu raadiote võimenduslampides: elektronide emiteerimise teel kuumutatud katoodist.

**H.:** Aga mida nende elektronidega tehakse?

**T.:** Need koondatakse kitsaks kimbuks, mis jookseb otsekui

nähtamatu pliiats rida-realt läbi kõik ülekantava kujutise punktid. Niiviisi laotatakse kujutist nii saatel kui ka vastuvõtul.

**H.**: Tean suurepäraselt, et elektronide voog trioodis suundub katoodilt anoodile. Kuid kuidas saab seda kontsentreerida ja eriti just niimoodi ümber paigutada, et kujutise punkte ükshaaval järjestikku laotada?



**T.**: Just seda küsimust hakkamegi täna vaatlema. Põhiline seadis, milles kõik need nähtused toimuvad, on elektronkiiretoru. Ta koosneb kõigepealt trioodist, mis on üsnagi sarnane raadiolampides kasutatava elektroodide süsteemiga. Kuid elektronide kontsentreerimise hõlbustamiseks kasutatakse väga väikese emiteeriva pinnaga katoodi (seda nimetatakse punktkatoodiks).

**H.**: Ilmselt selleks, et elektronide koondamisel kitsaks kimbuks on kõige parem hoida neid juba algusest peale üheskoos. Kuid miks nad küll püüavad sellisel juhul üldse hakata hajuma?

**T.**: Kas sa, kulla sõber, oled juba unustanud, et samanimelised laengud (negatiivsed elektronid) vastastikku tõukuvad? Täpselt halbade kodanike sarnaselt, kes keelduvad üldsusele kasulikke ülesandeid täitmast, kui mitte mõni kõrgem võim neid selleks ei sunni, eemalduvad meie elektronid üksteisest seni, kuni ilmub välisjõud, mis sunnib neid koonduma.

## Kentsakas triood

**H.**: Millal need elektronid taas koonduvad?

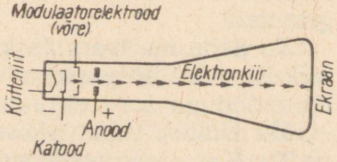
**T.**: Tavaliselt pärast nende läbiminekut anoodist.

**H.**: Ma ei taipa midagi. Sinu kummalises trioodis õnnestus elektronidel järelikult minna läbi anoodi?



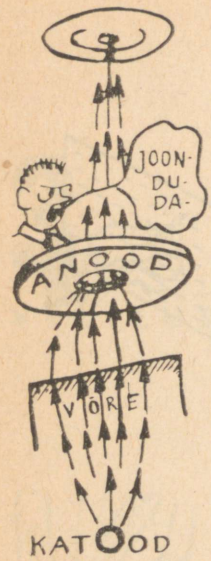
**T.**: Just nii. Anoodil on nimelt keskel auk. Kõrge positiivse potentsiaaliga (mitu tuhat volti) anoodi poolt tõmmatavad elektronid omandavad väga suure kiiruse ja lendavad läbi augu, et lõpetada oma rännak hoopis kaugemal (joonis 13).

**H.**: On see aga kentsakas triood!




Joonis 13. Lihtsaim elektronkiiretoru.

**T.**: Isegi kummalisem kui arvad. Mitte ainult anood pole selles auguga ketta kujuline, vaid ka see elektrood, mis on ülesandelt samalaadne tavalise trioodi võrega, osutub tegelikult katoodi ümbritsevaks silindriks. Seda nimetatakse modulaatoriks, tüürelektroodiks ehk Wehnelti silindriks, kuid igapäevases kõnepruugis sageli ka lihtsalt võreks.




**H.**: Ent kuidas ta töötab?

**T.**: Täpselt samuti nagu elektronlambi võregi. Kui tema potentsiaal on tugevasti negatiivne, tõukab ta väljalennanud elektrone tagasi katoodile ja laseb anoodile nendest ainult väga vähesed. Kui aga silinder on ainult üsna pisut negatiivne, õnnestub emiteerunud elektronide valdaval osal sellest läbi lennata, et suunduda anoodile . . . ja veelgi kaugemale.

**H.**: Milline on selle voolu tugevus?

**T.**: Vool on siin tunduvalt nõrgem kui raadiolampides. Üldiselt on ta saja mikroampri ümber, samal ajal kui vastuvõtutrioodides küünib ta mitme milliamprini. Muide, elektronkiiretoru triood osutuks väga halvaks võimendusseadiseks, sest ta tõus on vaid kümmekond mikroamprit voldile ja sisetakistus küünib sadade megaoomideni! . . .

### Kerge kahurvägi

**H.**: Mis kasu on siis üldse sellest ebatavalisest trioodist?

**T.**: Ta on elektronkahur (seda nimetatakse ka elektronprožektoriks). Televisiooni otstarbeks tuli luua seadis, mis kiirgaks piisaval hulgal elektrone ja oleks pealegi tüüritav tänu modulaatorile — sellele silindrile, millest olen juba sulle kõnelnud. Elektronkiiretorudes on elektronkahur paigutatud klaasballooni silindrilisse ossa. Kaugemal see avardub koonusena, mille põhi on ekraaniks, kus tekib kujutis.



**H.**: Kas õhk peab olema sellest balloonist eemaldatud?

**T.**: Loomulikult, sest vastasel juhul hakkaksid elektronid põrkama raskete gaasimolekulide vastu ja kaotaksid oma hoo. Elektronkiiretorus peab valitsema nii täiuslik tühjus, kui see üldse võimalik on.

**H.**: Just nagu loodus, ei salli ka mina tühjust, kuid tühjus elektronkiiretorus ei tõota midagi head. Kas sa ka annad enesele aru sellest, et nendes tingimustes peab toru pinna iga ruutsentimeeter taluma täielikku atmosfääri rõhku, s. o. üht kilogrammi?




**T.**: Seda ma tean. Ja kui sa pole unustanud geomeetriatundide tarkusi, võid hõlpsasti arvutada rõhu, mis toimib 43-sentimeetrise läbimõõduga toru ekraanile.

**H.**: Umbes tuhat kakssada kilogrammi!

**T.**: Kui sa arvestaksid veel täiendavalt juurde koonilised ja silindrilised seinad, siin kogeksid, et üldine surve torule on umbes 3 tonni ehk 40 täiskasvanud inimese kogukaal . . .

**H.**: Klaasballoon, mis talub kõikide Prantsuse Akadeemia surematute raskust[4]! Tähendab, et ta peab olema erakordselt tugev . . .

[4] «Nelikümmend surematut» — nii nimetati tavaliselt kardinal Richelieu' poolt asutatud Prantsuse Akadeemia 40 liiget. *Tõlkija märkus.*

T.: Vastupidavuse huvides tehaksegi elektronkiiretoru ekraan tavaliselt pisut kumerana. Nüüd on õpitud küll juba valmistama ka tasapinnalise ekraaniga vastuvõtutorusid. Kuid ballooni koonilise osa valmistatakse sageli terasest.




H.: Puudub veel, et elektronkiiretoru lõhkemise vältimiseks peaksin televisiooniga tegelema ainult kõrgmäestikus.

T.: Miks just seal, tont võtku?

H.: Seepärast et kõrgemal on atmosfääri rõhk väiksem . . .

T.: Olen nõus. Kuid laskume tagasi maa peale, et parandada terminoloogilist viga: toru ei lõhke, ta lömastub õhu survest . . . Ja see läheb kalliks maksma.

## Luminestsents

H.: Mis saab elektronkahurist välja heidetud elektronidest, kui nad on ekraanile jõudnud?

T.: Selle sisesein on kaetud poolläbipaistva aine kihiga, mis helendab elektronide löökide toimel.




H.: Kas sarnaneb see ainega, mis pimeduses mu kella osutitel helendab?

T.: Mitte täpselt, sest fosforestseeriv aine kella osutitel helendub ka üsna kaua pärast seda, kui teda on eelnevalt valgusega kiiritatud. Elektronkiiretorudes on ekraani katva luminestseeriva aine järelhelenduskestus suhteliselt lühike. Ekraan kiirgab nähtavat valgust nähtamatu kiiritamise toimel.

H.: Kas see on sama nähtus, mida kasutatakse üha enam levivates luminestsentslampides?

T.: Muidugi. Nendes lampides annab elavhõbedaaurus toimuv elektrilahendus lühilainelisi ultravioletikiiri, mida meie silm ei taju. Kui aga need langevad luminestseerivale ainele, millega on kaetud kolvi sisesein, kutsuvad ultravioletikiired esile nähtava pikemalainelise valguskiirguse.



H.: Mulle tundub, et su luminestsentslamp on täiesti sarnane supervastuvõtjaga.

T.: ??

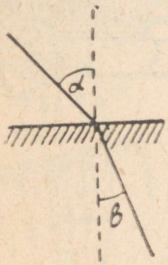
H.: Kas see lamp pole siis sagedusmuundur, mis muudab ultravioletikiirte väga kõrge sageduse mõnevõrra madalamaks nähtava valguse sageduseks? . . .

T.: Sul on täielikult õigus. Kuid asjale lähemale. Meil on elektronkahur, mis tulistab oma mürsud ekraanile, see aga hakkab pommitamise toimel helendama. Nii nagu kahurist laskmisel ilmneb mürskude hajuvus, nii tekib ka elektronkiiretoru ekraanil suur valguslaik. Katse selle laigu abil kujutist saada oleks niisama tulutu, kui üritada pilti maalida riideharja abil.

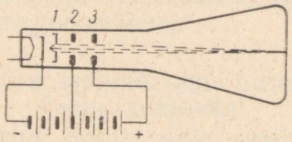



**H.**: Niisiis pöördusimegi taas elektronide koondamise probleemi juurde. Kuidas sa kavatsed äratada elektronides solidaarsuse vaimu?

**T.**: Ma võin seda teha elektronläätse abil. Selles terminis pole midagi ebaõiget, sest elektronkiired käituvad katoodilt ekraanini viival teel enam-vähem sarnaselt valguskiirtega. Nad alluvad elektronoptika seadustele, millel on palju ühist füüsika selle peatükiga, mis vaatleb valguskiirte käitumist.




**H.**: Ega sa ei taha väita, et elektronläätseks on kaksikkumer klaasplaat? Elektronid ei saa ju seda läbida.




Joonis 14. Elektronkiire elektrostaatiline fokuseerimine: *1* — tüürelektrood; *2* — esimene anood; *3* — teine anood.

**T.**: Tarvilik lääts saadakse, kui asetatakse esimese anoodi taha veel teine, kõrgema potentsiaaliga (ja mõnikord isegi kolmas) anood. Anoodide vahel kujunev elektriväli mõjutab elementaarsete elektrilaengute — nendeks on elektronid — liikumist, muutes nende trajektoori ja püüdes suunata neid toru telje poole. Ja niiviisi moodustavadki tühjuses lenduvad elektronid koonduva kimbu (joonis 14).



**H.**: Ja meie triood muutub tetroodiks või isegi pentoodiks?

**T.**: Ta omandab teatud määral tetroodi omadused. Nii näiteks pinge muutumine viimasel anoodil ei avalda peaaegu mingit mõju elektronide hulgale, mis moodustab elektronkiire, s. o. voolu intensiivsusele kineskoobi vaakuumis.

**H.**: Millised pinged rakendatakse elektroodidele?

**T.**: Esimesel anoodil on suhteliselt madal pinge, umbes 250 V. Seevastu teisel anoodil mõjub kõrge, mitme tuhande voldine pinge. Esimese anoodi pinge tehakse reguleeritav. Selle pingega mõjutatakse elektriväljade asetust ja muudetakse niiviisi elektronläätse «kumerust».



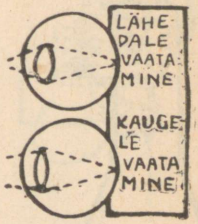
**H.**: Niisiis on elektronlääts tavalisest optilisest läätsest isegi täiuslikum?

**T.**: Ei, mitte igast optilisest läätsest. Võtame näiteks silma läätse, millel on samuti võime muuta oma kumerust, et sobitada nägemist lähedaste ja kaugete esemete vaatamiseks.

**H.**: Tähendab, et esimese anoodi pinge reguleerimisega saab elektronkiirt fokuseerida (teravustada)?

**T.**: Täiesti õige. Püütakse saada väga väikese läbimõõduga elektronide kimp, mis annaks ekraanil väga väikesemõõtmelise helendava täpi. On ju see kujutise vähima detaili, «punkti» mõõtmeid määrava rastri elemendiks.

## Elektronide kurb saatus

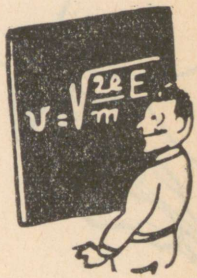



**H.**: Kuid mis saab ekraanile jõudnud elektronidest? Oleks tarvis, et nad saaksid pöörduda tagasi kõrgepingeallikasse, olgu see milline tahes.

**T.**: See on küsimus, mis varematel aegadel elektronkiiretorude valmistajaid vähe huvitas. Ekraanile suure kiirusega langevad elektronid . . .

**H.**: Kui suur nende kiirus on?

**T.**: See oleneb viimasele anoodile rakendatud pingest ja on võrdeline ruutjuurega sellest pingest. Nii näiteks pinge 10 000 volti annab elektronidele kiiruse umbes 60 000 kilomeetrit sekundis. Kuid 20 000 volti annab kiiruseks peaaegu 80 000 km/s.



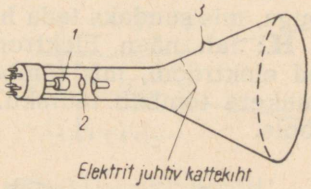

**H.**: Mis mõte on seda kiirust tõsta?

**T.**: Mida tugevamalt põrkavad elektronid ekraanile, seda heledamat valgust ta kiirgab.

**H.**: Sinu loal pöördume tagasi nende elektronide juurde, mis on juba ekraanile põrganud. Mis nendega toimub?

**T.**: Nii nagu hooga vette heidetud kivi tekitab pritsmeid, nii löövad ka elektronid ekraani luminestsentskihist välja uusi elektrone. Need elektronid . . .

**H.**: . . . on sekundaarelektronid . . .




Joonis 15. Elektronläätse abil fokuseeritav elektronkiiretoru. Viimase anoodi kõrge pinge nõuab head isolatsiooni; seepärast on tema väljaviik toru soklist kaugel (*1* — tüürelektrood; *2* — esimene anood; *3* — teine anood).

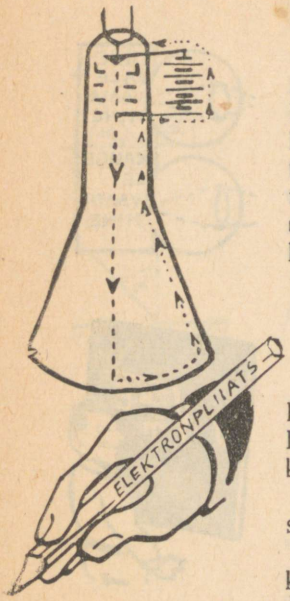
**T.**: Nojah, näen taas, et sa pole meie eelmistest vestlustest midagi unustanud. Need sekundaarelektronid liiguvad aeglaselt ja pöörduvad nii hästi või halvasti nagu suudavad anoodile. Niiviisi oli see vähemalt vanades elektronkiiretorudes. Meie ajal on elektronide tagasipöördumist hõlbustatud, milleks ballooni siseseinad ekraani ja viimase anoodi väljaviigukoha vahel on kaetud juhtiva grafiidikihiga. Muide, pean märkima, et viimase anoodi väljaviigukoht asetseb ballooni koonilises osas (joonis 15).




**H.**: Aga miks ei looda selle elektroodiga ühendust sokli kontaktjala kaudu?

**T.**: Selle elektroodi kõrge pinge tõttu tuleb ühenduskontakt teistest võimalikult eemaldada. Vastasel korral tekib ülelöögi oht.

**H.**: Nüüd ma kujutan tervet vooluahelat selgesti ette. Elektronid lahkuvad katoodist, läbivad modulaatorelektroodi ja ühe või mitme anoodi augud ning jõuavad mingis teatavas punktis ekraanile. Sealt nad voolavad mööda ballooni seina sisepinda viimase anoodi suunas ja suunduvad läbi kõrgepingeallika taas katoodile.




Arvan, et kõige raskem osa teest on see, mis kulgeb helendavast täpist ekraani servani.

**T.**: Õige, on ju luminestseeriv kiht väga kaugel ideaalse elektrijuhi omadustest. Kuid kaasaegsetes torudes kantakse sellele kihile sageli väga õhuke alumiiniumist peegelkiht, mida elektronkahurist väljunud elektronid kergesti läbivad, kuid mis hõlbustab sekundaarelektronide eemaldamist. Muide, alumiiniumikihi tõeline ülesanne on suurendada kujutise heledust, sest ta peegeldab vaatleja poole ka selle osa valguskiirtest, mis peegelkihita läheks toru sisemuses lõplikult kaduma.

### Täpp jookseb üles ja alla

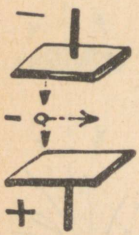
**H.**: Nüüd on meil elektronpliiats, millega saame helendavaid kujutisi ekraanile joonistada. Kuid joonistamiseks tuleb ta muuta liikuvaks. Kuidas saab haarata niisugust nähtamatut elektronide kimpu sõrmede vahele ja liigutada seda oma tahtmise kohaselt?

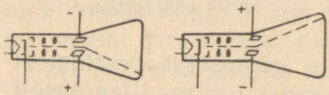
**T.**: Kui tõeline kahur tulistab, kas siis mürsk lendab mööda sirgjoonelist trajektoori?

**H.**: Loomulikult mitte. Mürsk joonistab parabooli, sest Maa külgetõmbejõud kõverdab tema trajektoori allapoole.

**T.**: Kas sa ei näe võimalusi mõjutada elektroni analoogilise jõuga, mis suudaks teda hälvitada sirgest teest?

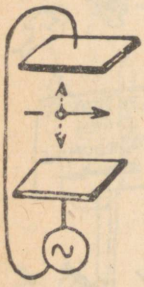
**H.**: Jah, näen. Elektronkiire alla võiks asetada positiivselt laetud elektroodi, mis tõmbaks negatiivseid elektrone samuti nagu maakera tõmbab mürsku. Niiviisi kõverdukski elektronkiir allapoole.





Joonis 16. Elektrostaatiline hälvitus. Sõltuvalt pingete polaarsusest hälvitusplaatidel kaldub valgustäpp ekraanil alla või üles.

**T.**: Õige! Võib veelgi paremini toimida, kui samal ajal asetada elektronkiire kohale teine, negatiivselt laetud elektrood (joonis 16).

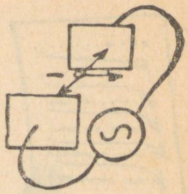


**H.**: Mõistan. Kiire elektrone tõugates tugevdab ta selle alla asetatud elektroodi mõju. Kuid kaks taolist plaadikujulist elektroodi moodustavad tegelikult kondensaatori.

**T.**: Loomulikult. Pane tähele, et nendele elektroodidele — *hälvitusplaatidele* — ei tule anda alalispinget, sest siis omandaks ekraani tsentrist hälbinud valgustäpp teisal uue paigalpüsiva asendi. Seda pole meile vaja. Mis toimub, kui kummagi hälvituselektroodi vahele rakendada vahelduvpinge?

**H.**: Selle poolperioodi ajal, kui ülemine elektrood muutub positiivseks ja alumine negatiivseks, siirdub elektronkiir ülespoole (alumine plaat tõukab ja ülemine tõmbab seda). Näeme, kuidas

valgustäpp ekraanil kerkib. Järgmise poolperioodi ajal tõukab negatiivseks muutunud ülemine hälvituselektrood elektronkiirt, samal ajal kui see tõmbub positiivseks muutunud alumise elektroodi poole. Meie täpp liigub ekraanil järelikult madalamale.



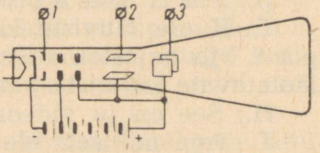
**T.**: Sa näed, et täpp hakkab liikuma ekraani vertikaalset diameetrit mööda edasi-tagasi. Ja kui hälvitusplaatidele rakendatud vahelduvpinge sagedus ületab 30 hertsi...

**H.**: ...hakkab silm ekraanil nägema helendavat vertikaalset joont, sest võttes arvesse valgusaistingu inertsi, lakkab ta täpi hetkelisi asendeid eristamast.

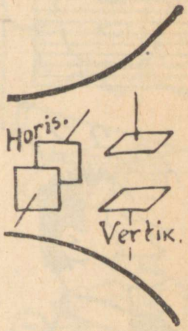
### Täpp võngub paremale ja vasemale

**T.**: Eeldame nüüd, Huviste, et oleme elektronkiire teele asetanud veel teise paari hälvitusplaate, mis nüüd aga paiknevad vertikaalsetena elektronkiire kummalgi küljel (joonis 17).

**H.**: On selge, et nad loovad võimaluse hälvitada elektronkiirt paremale ja vasakule. Ja kui rakendada nendele plaatidele vahelduvpinge, siis joonistab helendav täpp ekraanil horisontaalse joone.




Joonis 17. Elektrostaatilise hälvitusega elektronkiiretoru: *1* — videosignaali sisend; *2* — vertikaalhälvitusplaatidele (pildid); *3* — horisontaalhälvitusplaatidele (read).




**T.**: Su järelduste õigsus ja loogilisus pälvib komplimente.

**H.**: Aga mulle ei meeldi, et vertikaalsed plaadid annavad horisontaalse hälvituse ja vastupidi.

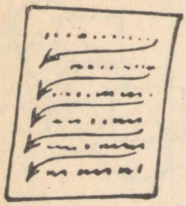
**T.**: See tõsiasi on tõepoolest väga kahetsusväärne. Ja mõned autorid loovad ebameeldiva segaduse, kui kõnelevad «horisontaalsetest hälvitusplaatidest» siis, kui nad soovivad kõnelda «horisontaalselt hälvitavatest plaatidest» ehk «horisontaalhälvitusplaatidest», mis aga tegelikult torus paiknevad vertikaalselt!

### Kujutis on välja joonistatud



**H.**: Nüüd oskame hälvitada helendavat täppi ekraanil nii vertikaal- kui ka horisontaalsihis. Kuidas saame teda aga sundida kujutist joonistama?

**T.**: Me ei hakka kiirustama ja piirdume algul ligikaudse ettekujutusega. Kujutle, et horisontaalhälvitusplaatidele on rakendatud perioodiline sellise kujuga pinge, et valgustäpp jookseb ekraanil püsiva kiirusega mööda rõhtjoont vasakult paremale, seejärel

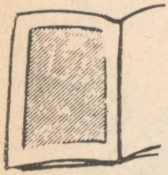


peaaegu hetkeliselt tagastub vasakule ning alustab jälle samasugust liikumist paremale jne.

**H.**: Sarnaselt sellega, otsekui loeksin lõputult raamatu üht ja sama rida.

**T.**: Järelikult jääb veel üle anda täpile horisontaalhälvitusest tunduvalt aeglasem liikumine ülevalt alla. Selleks tuleb vertikaalhälvitusplaatidele rakendada vastav pinge.

**H.**: Järelikult, kui üks rida on läbi loetud, ei pöördu me enam tagasi sellesama rea algusse, vaid siirdume järgmise rea algusse.



**T.**: Loomulikult. Ja nii on see pildi kõikide ridade puhul, sest täpp liigub samaaegselt horisontaalhälvitusega ka aeglaselt ja püsiva kiirusega ülevalt alla. Kuid niipea, kui ta on läbinud viimase rea, viib vertikaalhälvituspinge järsk hüpe täpi kiiresti tagasi üles, et alustada järgmise pildi laotamist.

**H.**: Me lõpetasime lehekülje ja pöörasime ette uue, et seda alustada... See kõik on selge. Kuid valgustäpp joonistab ekraanil ainult hulga ühetaoliselt helendavaid ridasid, mis moodustavad kõikides punktides võrdse heledusega ristküliku. See on nagu raamat, milles kõik tähed on ühesugused!



**T.**: Unustasime midagi väga olulist: muuta elektronkiire intensiivsust nii, et ekraani iga punkt omandaks kujutise vastavale kohale omase heleduse.

**H.**: Ma ei mõista otsekohe, kuidas sa seda saavutaksid.

**T.**: Kuule, Huviste, kas sa pole ehk juba väsinud? Mõtle ometi pisut. Mis kajastab vastuvõtjas elektrisignaalina kõiki järjestikku laotatavate kujutiste punktide heleduse muutusi?

**H.**: See on ju videosignaal.



**T.**: Aga millisele elektroodile tuleb see signaal elektronkiiretorus rakendada, et moduleerida kiire intensiivsust?

**H.**: Muidugi võrele. Oota, tahtsin hoopiski öelda, et modulaatorelektroodile. Selge... Täpp muutub heledamaks või tumedamaks kooskõlas sellel hetkel esineva videosignaali tugevusega. Ja just sel viisil tekibki toru ekraanil täpp täpi järel kujutis.

**T.**: Enesestmõistetavalt on tarvis, et elektronkiirte liikumine saatjas ja vastuvõtjas oleks rangelt sünkroniseeritud.

**H.**: Tunnen, et minus tärkab sada küsimust.

**T.**: Minult on sulle veel ainult üks küsimus: kas sa ei arva, et tänaseks piisab?

Eelmises vestluses vaatlesid me noored sõbrad elektrostaatilist elektronkiiretoru, milles elektronkiirt tüüritakse elektriväljadega. Kuid televisioonis on rohkem levinud magnetväljadega tüüritavad elektronkiiretorud ehk kineskoobid. Need on arutlusobjektiks käesolevas vestluses. Lugeja peab esitatut väga tähelepanelikult jälgima, eriti seda, mis puudutab magnetvälja toimet elektronidele, sest need seletused on seotud kolmemõõtmelise ruumiga, samal ajal kui illustratsioonid peavad paraku piirduma paberi pinna kahe mõõtmega.

Seega tulevad nüüd vaatluse alla järgmised küsimused:

**elektroni magnetväli, elektri- ja magnetvälja kuju, magnetväljade koostoime, hälvituspoolid, magnetiline fokuseerimine, elektrostaatilise ja elektromagnetilise tüürimisega torude võrdlus, hälvituse tundlikkus, maksimaalne hälvitusnurk.**

# 4. VESTLUS

## JALUTUSKÄIK MÖÖDA VÄLJASID

### Huviste 100 küsimust

**Huviste:** Selle neetud televisiooni pärast kannatan nüüd unepuuduse all! Sajad küsimused rüsivad peas, nii et ta peaaegu praguneb. Tõttasin sinuga taas kohtuma, et küsida, milline on horisontaal- ja vertikaalhälvituselektroodidele rakendatava pinge kuju. Kuidas neid pingeid tekitatakse? Milline on nende amplituud? Kuidas neid sünkroniseeritakse? Miks . . .

**Targaste:** Jumala pärast, aitab juba! Püüan rahuldada sinu teadmistejanu, kuid arukast järjekorrast tuleb ikkagi kinni pidada. Viimati vaatlesime elektrostaatilise fokuseerimise ja hälvitusega elektronkiiretoru. Käesoleval ajal kasutatakse seda põhiliselt elektronostsilloskoopidena (ostsillograafidena) tuntud mõõteseadmetes. Kui seda televisioonis üldse kasutataksegi, siis ainult väikeste kujutiste saamiseks. Kui aga ekraani läbimõõt hakkab ületama kahtekümmet sentimeetrit, eelistatakse elektronkiiretorusid, milles elektronkiirt tüüritakse magnetväljadega. Muide, televiisorite elektronkiiretorusid nimetatakse tavaliselt *kineskoopideks.*

**H.:** Esitan enesele küsimuse: kuidas saab elektrone magnetväljaga tüürida. Elektronil on teatav negatiivne elektrilaeng ja seetõttu positiivselt laetud kehad (sellised nagu anood) tõmbavad teda ning negatiivselt laetud kehad tõukavad. Kuid millist toimet võib liikuvale elektronile avaldada magnetväli?

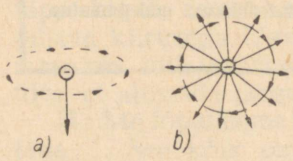


## Ühest väljast teise



T.: Kui saaksime elektroni muuta liikumatuks, siis oleks ta tõepoolest see, mida sa enesele ette kujutad: negatiivse elektrilaengu kandja ja ei midagi muud. Kuid niipea kui elektron liigub, tekitab ta magnetvälja.

H.: Sa pole sellest mulle iialgi kõnelnud. Omal ajal sa seletasid, et elektrivool tekitab juhtme ümber suletud ringjoontest moodustuva magnetvälja, mille tsentris asetseb juhe.




Joonis 18. Liikuva elektroni poolt tekitatavad väljad:
*a* — ülevalt alla liikuva elektroni magnetväli; *b* — lugeja silma suunas risti joonise pinnaga liikuva elektroni elektri- (täisjooned) ja magnetväli (kriipsjoon).

T.: Unetud ööd pole sulle üldse kasuks olnud, mu õnnetu sõber. Mis siis lõppude lõpuks on elektrivool, kui mitte liikuvate elektronide voog?!

H.: Õige, võtku mind diood! Sul on loomulikult õigus. Mitte juhe, vaid selles liikuvad elektronid sünnitavad magnetvälja. Üldiselt võib öelda: kus elekter liigub, seal on ka magnetism.

T.: Kas mitte sama ei toimu ka raadiolainete puhul, mis kujutavad endast magnetiliste jõujoonte suletud kimpe, mida ümbritsevad elektriväljad ja mis levivad valguse võlukiirusel . . .



H.: Järelikult, kui elektron hüppab saltot, mis viib teda katoodilt läbi modulaatorelektroodi ja anoodide aukude luminestseeriva ekraani suunas, siis saadab tedagi magnetväli, mille tsentriks on ta ise?

T.: Kahtlemata. Pööra tähelepanu sellele, et elektrivälja jõujooned väljuvad elektronist radiaalselt igas suunas ja on tänu sellele risti omaenese magnetvälja jõujoontega (joonis 18). Ma avaldan sulle saladuse, mida on tulus teada: alati on ühel ja samal põhjusel tekkinud elektri- ja magnetvälja jõujooned omavahel igas punktis risti.

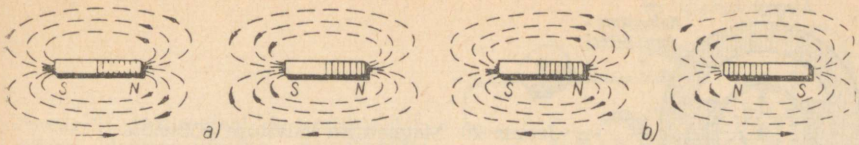


## Magnetiliste jõujoonte vastastikune toime

H.: Kuidas aga käituvad teineteise juuresolekul kaks erinevatel põhjustel tekkinud magnetvälja?

T.: Sa tead seda suurepäraselt, Huviste. Kui lähendad teineteisele kaks magnetit . . .

H.: . . . siis nad tõmbuvad, kui need on erinimelised poolused. Kui aga lähendatakse vastavalt kaks põhja- või kaks lõunapoolust, siis magnetid tõukuvad (joonis 19). See toimub siin samalaadselt kui elektrilaengutegi puhul.




Joonis 19. Kahe magneti koostoime: *a* — erinimeliste magnetipooluste tõmbumine, *b* — samanimeliste pooluste tõukumine.




**T.**: Siit võib teha järelduse, et magnetväljade rööbitised jõujooned tõukuvad, kui nad on samasuunalised, ja tõmbuvad, kui nad on vastassuunalised.

**H.**: Ja sul jätkub häbematust kõnelda «paralleelsetest» joontest, kui kõne all on kõverad!

**T.**: Ära ole nii sirgjooneline, Huviste. Sa ju mõistsid suurepäraselt, mida ma tahtsin öelda.

**H.**: Ja-jah, ma mõistsin suurepäraselt. Sinu magnetilised jõujooned on nagu kaks inimolendit: mida vähem nad teineteist näevad, seda parem. Kui nad aga proovivad minna koos mööda ühist teed, siis hakkavad vaidlema . . .




## Magnetteater

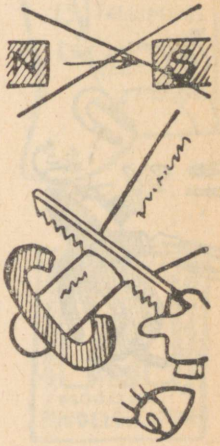
**T.**: Kui see on sulle nii selge, siis saad ka hõlpsasti aru elektronkiire magnetilise hälvitamise meetodist.

**H.**: Arvan, et piisab, kui võtta hobuserauakujuline magnet ja asetada elektronkiiretoru kaelapidi selle pooluste vahele, et elektronid satuksid tema magnetvälja.

**T.**: Õnnitlen. Aga millises suunas hälbivad elektronid magnetvälja toimel?

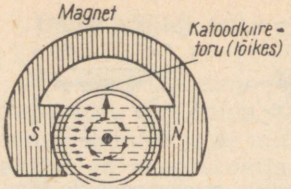
**H.**: Noh, loomulikult tõmbuvad nad magneti ühe pooluse poole ja tõukuvad teisest.

**T.**: Milline võhiklikkus!!! Kuidas sa võisid tulla niisugusele hämmastavale totrusele? . . . See siin ongi oht, mis peitub läbimõtlematus analoogias! Sa oleksid siiski pidanud pisutki mõtlema pärast seda, kui ma seletasin, et elektri- ja magnetväli on igas punktis teineteisega risti.

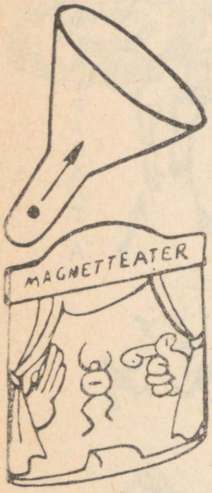


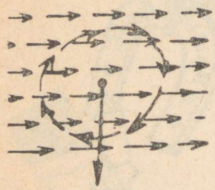

**H.**: Ega sa ei hakka ometi kinnitama, et elektron hälbib suundades, mis on magneti jõujoontega risti?

**T.**: Ma lihtsalt soovin, et sa vaevuksid loogiliselt arutlema. Selleks et seda kõike näitlikumalt ette kujutada, joonistan elektronkiiretoru mitte päris tavalisel viisil: teen selle ballooni kaelast magneti kohal ristlõike (joonis 20). Vaatleja asetseb luminestseeriva ekraani pool, nii et tema pilk on suunatud piki toru telge




Joonis 20. Magnetilise hälvituse põhimõte.



katoodile. Muide, lihtsuse mõttes pole ma elektroode välja joonestanud. Väike must punkt toru keskel on elektron, mis liigub meie poole.

**H.**: Nüüd, kui dekoratsioonid on kohale asetatud ja peategelane on saabunud, võib tegevus alata.

**T.**: Me viibime niiviisi kahe jõu konflikti juures, millest ühe põhjuseks on püsimagneti väli (paralleelsed jõujooned) ja teise põhjuseks on liikuva elektroni magnetväli. See koosneb suletud ringjoontest. Milliseks kujuneb nende väljade koostoime?

**H.**: Paremal ja vasakul lõikub ringjoon suurema või väiksema nurga all püsimagneti välja paralleelsete joontega. Järelikult nendes kohtades koostoime puudub, sest tegemist on peaaegu täisnurgaga. Kuid all ja ülal väljenduvad sümpaatiad ja antipaatiad ilmekalt. Ülal on kummagi välja joonte suund vastupidine, järelikult nad tõmbuvad. All seevastu on jooned samasuunalised. Järelikult nad tõukuvad.

**T.**: Ja milline on nende sentimentaalsete konfliktide tulemus?

**H.**: Ülalt tõmmatav ja alt tõugatav elektron peab järelikult kalduma üles.

**T.**: Täiesti õige. Kui aga vahetaksime omavahel magneti poolused . . .

**H.**: Siis hälbiks elektron allapoole . . . Siiski paneb mind pisut kohmetama asjaolu, et horisontaalne väli põhjustab elektronide voo vertikaalse hälbimise.



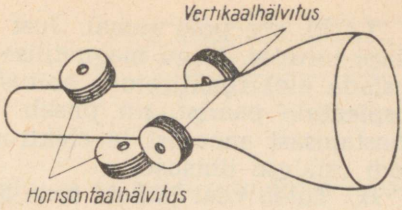
### Magnetväljade valmistamine

**T.**: Sa mõistad hõlpsalt, Huviste, et täpi pidevaks liikumiseks tuleb sobivalt muuta nii magnetvälja tugevust kui ka suunda. Seda me saame teha ka püsimagnetitega žongleerimata, olgu need kas või õnne toova hobuseraua kujulised.

**H.**: Eeldan, et kasutatakse elektromagneteid, s. o. poole, mille mähiseid läbib vastava kuju ja suunaga vool, mis tekitab nõutava magnetvälja.

**T.**: Just nii see on. Ja täpselt samuti kui elektrostaatilise hälvituse puhul kasutatakse kaht plaadipaari, nii kasutatakse selleks, et anda elektronkiirele tarvilik hälve magnetväljade toimel . . .

**H.**: . . . kaht paari elektromagneteid: üht pooluspaari, mille telg on paigutatud vertikaalselt ja mis tänu sellele hälvitab elekt-



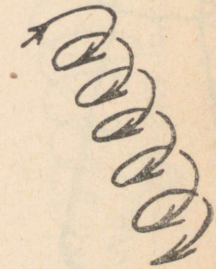

Joonis 21. Horisontaal- ja vertikaalhälvituse elektromagnetite paigutamine: *1* — horisontaalhälvitus; 2 — vertikaalhälvitus.

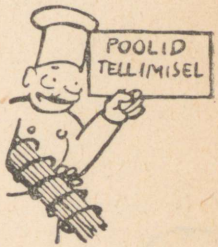
rone horisontaalsihis (ridade saamiseks), ning teist pooluspaari, mille telg on asetatud horisontaalselt, et hälvitada elektrone vertikaalsihis (siirdumiseks ühelt realt teisele ja ühelt pildilt järgmisele).

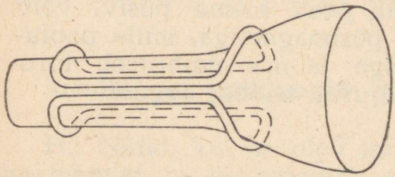
**T.**: Täpselt nii, Huviste. Need neli pooli on tavaliselt paigutatud kineskoobi ballooni sellele osale, kus silinderjas kael liitub koonilise osaga (joonis 21).

**H.**: On nad magneetuvast materjalist südamikuga?

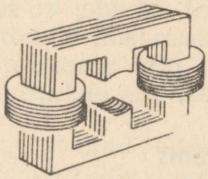
**T.**: Kasutatakse nii südamikuta kui ka pehmest terasplekist südamikuga poole. Esimesel juhtumil keritakse mähised ristkülikulise kujuga vormile ja painutatakse seejärel selliselt, et neid saaks võimalikult tihedamini asetada ballooni kaelale (joonis 22).





Joonis 22. Südamikuta horisontaalhälvitusmähised.



Joonis 23. Magnetsüdamikuga hälvituspoolid.



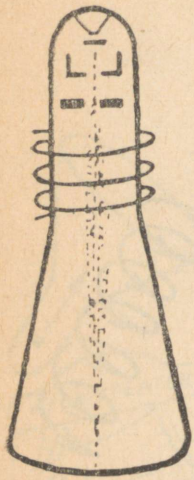

**H.**: Kuid milleks on see vajalik?

**T.**: Magnetvälja paremaks kontsentreerimiseks elektronide liikumisteele. Magnetilise südamikuga poolide puhul õnnestub see hästi tänu asjaolule, et südamiku plekkidele antakse niisugune kuju, et nende poolused asetuksid ballooni kaelale võimalikult lähedale (joonis 23).

### Huvistel on üks idee

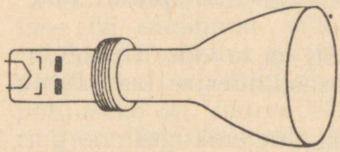



**H.**: Võib-olla on see rumal idee, kuid ma esitan enesele küsimuse: kui liikuvatel elektronidel on juba magnetväli, kas ei saaks neid fokuseerida mitte seadisega, mida sa nimetad «elektronlääts», vaid samuti magnetvälja abil?



**T.**: Ei, see pole rumal. Just nii tehakse sageli, eriti vanemat tüüpi torudes. Nagu magnetilise hälvituse kasutamine lubab lihtsustada elektronkiiretoru ehitust, vabastades selle kahest hälvitusplaatide paarist, nii piisab magnetilise fokuseerimise puhul ühestainsast anoodist ja elektroodide süsteem omandab taas trioodi esialgse lihtsuse.

**H.**: Tuleb veel jätkata seda liigsete elektroodide kõrvaldamist, ja vaakuumtoru hakkabki täielikult oma nimetust õigustama ... Kuid pöördume taas minu idee juurde. Kuidas saab valmistada «magnetläätse»?



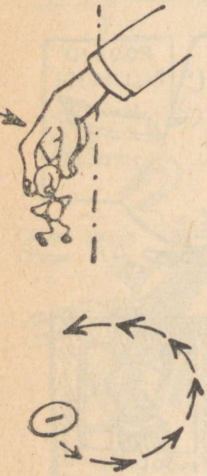
Joonis 24. Magnetilise fokuseerimise pool.

**T.**: Tuleb luua magnetväli, mille jõujooned kulgeksid toru telje sihis. Selleks tuleks elektromagneti pool asetada ümber kineskoobi kaela (joonis 24).

**H.**: Ja ma arvan, et fokuseerimist reguleeritakse voolu muutmisega mähises.

**T.**: Täpselt nii. Muide, et see väli peab olema püsiv, võib elektromagneti asendada silindrilise püsimagnetiga, mille poolused on suunatud piki kineskoobi telge ja mis ümbritseb toru kaela selles kohas, kus elektronid väljuvad anoodi august.

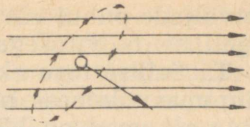
### Elektronide tants



**H.**: Ma mõistan vaistlikult, et toru telje sihiline ühtlik magnetväli sunnib elektronid kontsentreeruma kimbuks piki telge. Ilmselt peab iga sellelt teljelt hälbiv elektron, nagu arvan, otsekohe tagasi pöörduma vooruslikule elektroonilisele teele.

**T.**: Su vaist ei peta sind. Kuid tegelikult osutuvad siin toimuvad nähtused võrratult keerukamateks. Kujutle, et ühtlikus magnetväljas asetsev elektron hälbib teljelt, suundudes allapoole (joonis 25). Kõige parem on, kui sa lõikad paberist välja väikese ketta, mille keskpunktiks on elektron ja mille serv kujutaks sellele vastavat magnetvälja. Kui elektron liigub kaldsuunas alla, siis ka ketas kaldub. Tema ülemine ja alumine serv (täpsemalt — serva puutuja) on alati risti püsiva välja jõujoontega, kuid tema parempoolne ja vasakpoolne serv ei moodusta enam nende joontega täisnurka. Järelikult tekib ühelt poolt tõmme ja teiselt poolt tõukumine. Tulemuseks on ...

**H.**: ... et elektron liigub külgsuunas. See on suurepärane! Magnetväljas toimub kõik täiesti ootamatul viisil. Noh, aga kui elektron läheks nüüd vasakule ...



Joonis 25. Elektroni liikumine fokuseerivas magnetväljas.

T.: ... siis näitab seesama arutelu, et ta peab suunduma ülespoole.

H.: Ja järelikult sunnib väli teda paremale pöörduma. Ja nii edasi. Niiviisi joonistab elektron lõppude lõpuks ümber telje ringjoone. Milline veider tants! Ja see ei lõpe iialgi?

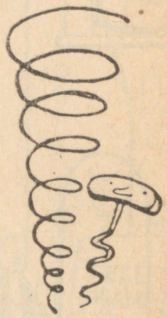
T.: Loomulikult! Ringi raadius väheneb pidevalt hetkeni, millal elektron langeb teljele ja jätkab kuulekat liikumist mööda seda. See tähendab, et trajektoor, mis elektroni viib teljele, on spiraali või korgitõmbaja kujuline.

H.: Magnetiline fokuseerimine meenutab mulle skalpide tantsu.

T.: Miks küll?

H.: Seepärast et indiaanlased, olles oma ohvrid köitnud tulba külge, hakkavad nende ümber keerutama mööda üha vähenevaid ringe kuni momendini, millal ...

T.: ... kõrgema võimu vahelesegamine päästab otsustaval momendil julge maadeuurija skalbi. Ka mina olen lugenud Fenimore Cooperit ja Mayne Reedi ...



## Tundlikkuse probleemid

H.: Nüüd, kui sa oled mulle selgitanud elektronkiiretorude anatoomiat ja füsioloogiat, püüan võrrelda elektrostaatilise ja elektromagnetilise süsteemi suhtelisi eeliseid. Mõistan, et elektromagnetilise hälvitusega ja fokuseerimisega torud on lihtsamalt valmistatavad. Kuid vaatamata sellele näib mulle, et parem on tegemist teha lihtsate pingetega, mis loovad elektriväljasid, kui sundida voolu läbima elektromagnetite mähiseid, mis tarvitavad teatavat võimsust ja järelikult põhjustavad ka energiakulu.

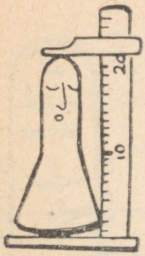


T.: Esimesel pilgul on sul õigus. Tegelikult on aga sinu põhjendus paikapidav ainult väikese, kuni 20-sentimeetrise läbimõõduga ekraani kineskoopide puhul. Nimelt ei võta sa arvesse tundlikkust.

H.: Ma ei mõista, mis on siin tegemist tunnetega ...

T.: Ei, siin kõneleme hälvituse tundlikkusest — iseloomustussuurusest, mis antud elektronkiiretoru jaoks näitab, mitme millimeetri võrra hälbib helendav täpp ekraanil, kui pinge hälvitusplaatidel muutub 1 voldi võrra või kui hälvitav magnetväli muutub 1 gaussi võrra (see on magnetilise induktsiooni mõõtühik).

H.: Kui ma õigesti mõistsin, siis mida tundlikum on toru, seda väiksem on täpi teatava hälbe saamiseks tarvilik pinge (või mag-

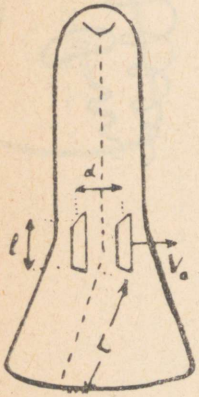


netväljade puhul võimsus). Kuid täpsemalt: millest oleneb elektrostaatilise hälvitusega toru tundlikkus?

**T.**: Sellise toru ekraanil hälbib valgustäpp seda rohkem, mida suuremas ulatuses on elektronkiir hälvitavas väljas. Järelikult, mida pikemad on hälvitusplaadid, seda suurem on toru tundlikkus. Täpselt samuti, mida lähemale on plaadid teineteisele asetatud, seda suuremaks kujuneb tundlikkus, sest väljatugevus on siis suurem.

**H.**: Tähendab, et saab valmistada väga suure tundlikkusega torusid, kui kasutada võimalikult pikki plaate ja vähendada nendevaheline kaugus miinimumini?

**T.**: Peatselt satud sa selles suunas umbteele, sest siis satub elektronkiir ka kõige väiksema hälbe puhul plaatidele ega jõuagi ekraanile. Olukorrast täielikuma ülevaate saamiseks tuleb lisada, et hälve väheneb elektronide kiiruse suurenemisel.




**H.**: See on arusaadav. Mida kiiremini lendab mürsk, seda vähem ta hälbib tulistamise suunast Maa külgetõmbejõu toimel.

**T.**: Ja kuna elektronide kiirus oleneb viimase anoodi pingest, siis selle pinge suurendamisel väheneb hälve samas vahekorras. Seda on väga oluline teada.

**H.**: Ma näen selgesti valemit, mis näitab, et tundlikkus $S$ on võrdeline plaatide pikkusega $l$ ja pöördvõrdeline nende vahekaugusega $d$ ning anoodpingega $U_a$.

**T.**: Suurepärane! Selles valemis puudub ainult hälvitusplaatide ja ekraani vaheline kaugus $L$. On ju arusaadav, et tundlikkus suureneb selle kauguse suurenemisega, sest ühe ja sama hälvitusnurga puhul on täpi hälve seda suurem, mida kaugemale ekraan on paigutatud.

**H.**: Noh, see on täiesti ilmne. Kuid magnetilise hälvituse puhul?




**T.**: Kõik toimub siis ligikaudu samalaadselt. Ka siin on tundlikkus võrdeline hälvitava välja pikkusega $l$, mida elektronid peavad läbima, ja poolide ning ekraani vahelise kaugusega $L$. Tundlikkus väheneb, kui anoodpinge $U_a$ suureneb, kuid mitte selles vahekorras nagu elektrostaatilise hälvituse puhul. Antud juhul on tundlikkus pöördvõrdeline anoodpinge ruutjuurega.

**H.**: Teisiti öeldes, kui anoodpinge suureneb 4 korda, siis tundlikkus väheneb kõigest 2 korda?

**T.**: Kui sa niiviisi jätkad, möödud varsti nii Leibnizist, Newtonist kui ka Eulerist, ühtekokku võetuna ...

**H.**: Kuid kõik see ei anna mulle vastust, mispärast tundlikkuse probleem sunnib suure ekraaniga elektronkiiretorude korral andma eelise elektromagnetilisele hälvitusviisile.

**T.**: Võtame konkreetse näite. Oletame, et meil on elektrostaatilise hälvitusega elektronkiiretoru, mille üldpikkus on 55 cm ja ekraani läbimõõt 160 mm. Teisele anoodile rakendatud pinge on 2500 volti ja tundlikkus võrdub 0,3 mm/V. Selleks et sundida

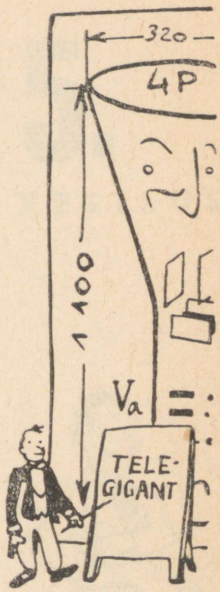
täppi hälbima ekraani terve läbimõõdu ulatuses, on järelikult tarvis muuta pinget hälvitusplaatidel 160 : 0,3 = 533 V võrra. Olgu mingi salapärase võlukepikese viipe toimel meie elektronkiiretoru kõik mõõtmed järsku kahekordistunud. Me saame toru, mille ekraani läbimõõt on 320 mm, mis muidugi oleks päris vahva, ja mille pikkus on 110 cm...

**H.**: ...mis on juba tunduvalt kehvem.

**T.**: Jätame esialgu kõrvale küsimuse mõõtmetest. Aga kas sa ei näe teisi ebameeldivusi?

**H.**: Ausõna, ei näe. Tundlikkus ju suureneb samavõrra. Tõepoolest, hälvitusplaatide pikkus suureneb kahekordseks, mis on hea, ja kaugus nende vahel suureneb samuti kahekordseks, mis aga on juba halb. Tulemuseks on viik. Kuid tänu sellele, et plaatide kaugus ekraanist suureneb kaks korda, kasvab lõpptulemusena ka tundlikkus kaks korda. Järelikult sunnime sellesama 533 V juures täppi liikuma mööda ekraani, mille läbimõõt on suurenenud kaks korda. Näed, miski ei muutunud.

**T.**: Ei, Huviste. Sa lihtsalt unustasid, et ekraani läbimõõdu kahekordistamisega suurendame tema pindala neljakordseks. Ja selle heledus osutub järelikult neli korda nõrgemaks, sest me pommitame ekraani sama elektronkahuriga ja elektronide kiirus ei ole suurenenud. Sel viisil saadud valgusvoog, kui ta jaguneb üle terve suurenenud ekraani, osutub mitteküllaldaseks.




**H.**: Mida siis teha?

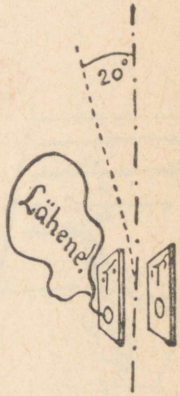
**T.**: Tuleb neli korda suurendada ka anoodpinget. Pingel 10 000 V saame ekraani pinna igalt ruutsentimeetrilt jällegi esialgse valgushulga.

**H.**: Kui sa aga suurendad viimasel anoodil valitsevat pinget 4 korda, väheneb tundlikkus ometi 4 korda!

**T.**: Selles ongi kogu draama. Järelikult peaksime tervet ekraani täitva kujutise saamiseks kasutama tohutut hälvituspinget — 2132 volti!

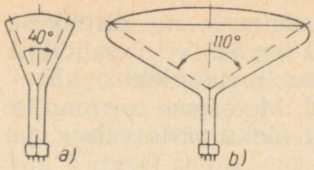
**H.**: Aga võib-olla on asi elektromagnetilise hälvituse puhul hõlpsam?

**T.**: Kindlasti, ehkki ka sel juhtumil tuleks kujutise endise heleduse säilitamiseks anoodpinget neli korda suurendada. Kuid sel juhul väheneks tundlikkus ainult kaks korda, nagu me juba kogesime. Järelikult jääb täpi hälvitamiseks ehk kujutise laotamiseks tarviliku võimsuse suurenemine mõistlikesse piiridesse.




**H.**: Elagu magnetväli! Kuid kõik see ei lahenda veel mõõtmete probleemi.

**T.**: Ei, lahendab. Nimelt on elektrostaatilistel torudel elektronkiire hälvitamine piiratud telje suhtes umbes 20° nurgaga; see asjaolu sunnib kasutama pikki torusid. Magnetilise hälvituse puhul võib hälvitusnurka kineskoobi telje suhtes suurendada




Joonis 26. Elektronkiiretorude balloonid: *a* — elektrostaatilise hälvitusega; *b* — magnetilise hälvitusega.

55 kraadini (ehk ühtekokku 110°). See aga võimaldab valmistada tunduvalt lühemaid torusid ja lamedamaid televiisoreid.

**H.**: Ja nii olengi ma valmis astuma MHE(K)LÜ liikmeks.

**T.**: Mis poliitiline partei või teaduslik ühing see on?

**H.**: See on Magnetilise Hälvitusega Elektronkiiretorude (Kineskoopide) Levitamise Ühing ... Millised on aga nende torude ekraanide mõõtmed?

**T.**: Ekraanide läbimõõdud on tavaliselt 47, 59 või isegi 75 sentimeetrit. Kaugemale minna on juba väga raske, sest ...

**H.**: ... nad peavad taluma tohutut atmosfääri survet.

**T.**: Ka peavad kineskoobid sobima televaatajate rahakottidega, sest nende hind kasvab võrdeliselt ekraani läbimõõdu ruuduga ...



Nüüd, kui elektronkiiretoru ei peida Huviste jaoks enam mõistatusi, selgitab Targaste talle hälvituspingete saamise meetodeid. Nii saatjas kui ka vastuvõtjas laotavad nad kujutist. Milline peab olema laotamiseks tarvilike pingete või voolude kuju? Kuidas neid saadakse? Need on käesoleva vestluse põhiküsimused, mille vältel me sõbrad arutavad järgmisi teemasid:

**saehammaspinge, selle formeerimine mehaanilise seadise abil, peaaegu tunniga ümber maailma, kondensaatori laadimine ja tühjenemine, ajakonstant, eksponentkõver, neoonlambiga hälvitusgeneraator.**

# 5.
# VESTLUS

## SAAG AJA TÜKELDAMISEKS

### Huviste patent



**Targaste**: Mis on juhtunud, Huviste? Miks on sul täna nii pidulik ja samal ajal võltsi tagasihoidlikkust tulvav välimus?

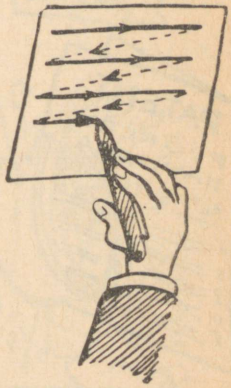
**Huviste**: Oh, ei midagi erilist. Lihtsalt ma kavatsen minna patenti taotlema.

**T.**: Sa oled teinud mingi huvitava leiutise? Ega see ei osutu minu poolt sündsusetuks, kui küsiksin, millises valdkonnas sa oled oma leidlikkust rakendanud?

**H.**: Ära irvita minu üle! Loomulikult puudutab minu leiutis televisiooni. Sellest ajast, kui hakkasime kõnelema televisioonist, paelub see tehnikaharu mind üha enam ja enam. Kuna aga sa ei selgita seda mulle küllalt kiiresti, olen sunnitud iseseisvalt otsima lahendusi nendele probleemidele, mis erutavad mu meeli. Nii ma siis leiutasingi äsja oma «pöörleva hälviti».

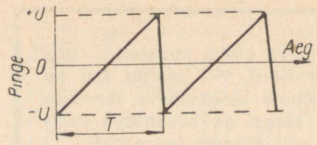
**T.**: See on midagi uut. Vähemalt pole ma iialgi sellisest seadisest midagi kuulnud.

**H.**: Ma usaldan sind täiesti, Targaste, ja avaldan sulle oma idee, kuid loomulikult üksnes täieliku saladuskatte all. Sellest ajast, kui kirjeldasid mulle elektronkiiretorude anatoomiat ja füsioloogiat, olen palju mõelnud elektrontäpi liigutamisest, et sundida teda joonistama järjestikuseid hälvitusridu ekraanil.



**T.**: Me oleme juba seda küsimust pisut puudutanud oma kolmanda vestluse lõpul, pärast elektrostaatilise hälvitusega toru vaatlemist.

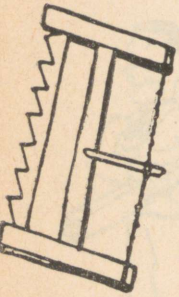
**H.**: Jah, see meenub mulle. Siis kogesime, et horisontaalhälvitusplaatidele tuleb rakendada pinge, mis peab järk-järgult muutuma negatiivsetest väärtustest positiivseteks, et liigutada täppi ekraani mööda püsiva kiirusega vasakult paremale; seejärel on tarvis järsult siirduda positiivsest maksimaalväärtusest negatiivse maksimaalväärtuseni (et sundida täppi ekraanil väga kiiresti vasakule tagasi pöörduma). Nii laotub üks rida. Aga seejärel peab kõik taas korduma.




Joonis 27. Hälvituspinge kuju.

**T.**: Kas saaksid ridade laotamiseks tarvilikku pinget graafiliselt kujutada?

**H.**: Miski ei võiks olla lihtsam (joonis 27). Pinge muutumine negatiivsest väärtusest $-U$ positiivse väärtuseni $+U$ peab toimuma püsiva kiirusega, selleks et täpp liiguks ekraanil samuti püsiva kiirusega. Järelikult pean oma joonisel seda kujutama sirgjoonega, mis läheb väärtusest $-U$ väärtuseni $+U$ aja $T$ vältel, mis võrdub ühe rea kestusega. Edasi kujutab vertikaalne sirglõik pinge hetkelist muutumist väärtusest $+U$ väärtuseni $-U$, mis põhjustab täpi tagasipöördumise vasakule. Ja kõik kordub taas algusest.



## Elektronsaag

**T.**: Kas joon, mille äsja joonistasin, meenutab sulle midagi?

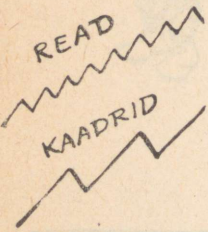
**H.**: Jah, meenutab küll. See kujund sarnaneb sae hammastikule.

**T.**: Õige. Seepärast nimetataksegi taolist pinget «saehammaspingeks» ehk lühemalt ja lihtsamalt «hammaspingeks».

**H.**: Arvan, et elektromagnetilise hälvitusega kineskoobi puhul tuleb kasutada sama kujuga v o o l u.

**T.**: Siin sa ei eksi.

**H.**: Samasugust saehammaspinget (või -voolu) tuleb kasutada ka täpi hälvitamiseks vertikaalsihis. Ainult et siin osutub sagedus tunduvalt madalamaks, sest antud juhul on tegemist vahetuvate piltide arvuga või — ülerealaotuse puhul — poolpiltide arvuga sekundis.




**T.**: Ma konstateerin rahuloluga, et oled antud küsimuse põhjalikult läbi mõelnud. Kuid sa pidid ju mulle oma «pöörleva hälviti» põhimõtet selgitama.

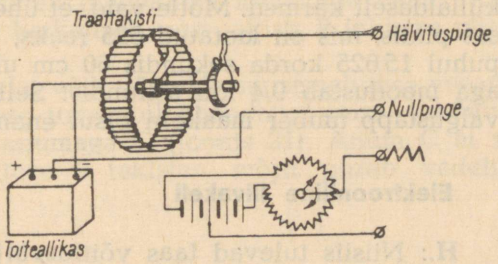



**H.**: Me läheneme sellele. Seadis, mida mul on au sulle tutvustada (joonis 28), on saehammaspingegeneraator valgustäpi horisontaalse ja vertikaalse hälvitamise jaoks elektronkiiretoru ekraanil. Põhilises osas on see isoleermaterjalist silinder, mis moodustab toroidina (rõngana) mähitud traattakisti aluse. Silindri teljele on asetatud pöörlev võll, mille külge on kinnitatud silindri siseküljel takistustraadiga kontakti andev liugur.

**T.**: Kuid see, mida sa mulle nii põhjalikult kirjeldad, on erakordselt sarnane kõige tavalisemate potentsiomeetritega, mida kasutatakse kõikides raadiovastuvõtjates.

**H.**: Seda poleks sul olnud vaja mulle öelda. Tõepoolest, mu hälviti on potentsiomeeter, mis erineb tavalistest ainult mehaaniliste piirajate puudumise poolest, et anda liugurile võimalus takistamatult pöörelda ühes ja samas suunas.

**T.**: Kuid millisel viisil see masinavärk töötab?




Joonis 28. «Pöörleva hälviti» konstruktsioon ja tema ühendusviis.

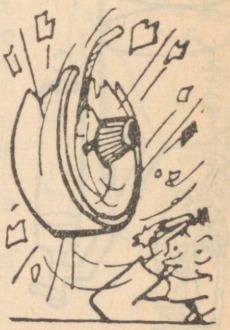
**H.**: Kuule, Targaste! Kas sa pole siiani taibanud, et ma ühendan takistustraadist mähise otstega küllaldase pingega toiteallika. Liugur liigub iga pöördega järjekorras pinge maksimaalsest negatiivsest väärtusest maksimaalse positiivse väärtuseni, seejärel asetub ta järsku pinge maksimaalsele negatiivsele väärtusele jne.

### Mehaanika puudused




**T.**: Õnnitlen sind leiutise puhul. See on ühtekokku üsna hästi välja mõeldud. Ma näeksin meelsasti, et raadiotehnika õpetamisel kasutataks koolides sinu idee põhjal valmistatud demonstreerimisseadet.

**H.**: Muide, ma pole veel oma selgitust lõpetanud. Mul on ette nähtud kasutada elektrimootorit, mis veab laotusseadise liugurit kiirusega 50 pööret sekundis, et sama sagedusega hälvitada täppi ekraanil vertikaalsuunas ja saada kaadrilaotust meile tarviliku ülerealaotusena. Hammasratasmehhanismi abil pannakse teise hälviti liugur pöörlema sellise kiirusega, et esimese hälvitaja kahele pöördele (s. o. täispildile) vastaks 625 teise hälviti pööret, ja saadakse niiviisi ka realaotus.

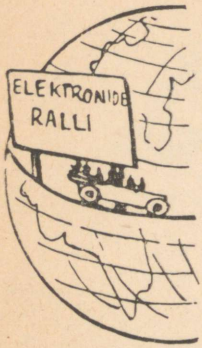


**T.**: Teoorias näib see väga kaunis. Kuid kas kujutad ette kiirust, millega peab pöörlema sinu realaotusseadise liugur?

**H.**: Seda pole raske välja arvutada. Televisioonistandardi 625 rida laotatakse 25 korda sekundis. See annab ühtekokku $625 \cdot 25 = 15\,625$ pööret sekundis.

**T.**: Ükski liugur ei suuda vastu panna nii kiirel pöörlemisel tekkivale tsentrifugaaljõule, vaid puruneb. Pealegi kuluks traattakisti liiga kiirelt.

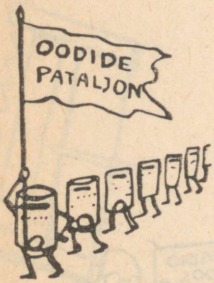
**H.**: Tõsijutt, sellele ma ei mõelnud! . . . Tõepoolest, mehaanika on oma aja ära elanud. Vean kihla, et sa sunnid mind heitma oma




hälvitusseadised vanarauahunnikusse, et neid asendada mingi sajaprotsendiliselt elektroonilise imesüsteemiga ...

**T.**: Sinu seadis sellisel kujul, nagu sa selle välja mõtlesid, on siiski kasutusel mõningates aeglaselt pöörlevates raadiolokatsiooniseadmetes, kuid televisiooni hälvitussagedustel võivad üksnes elektronid olla kõikide tekkinud probleemide lahendamiseks küllaldaselt kärmed. Mõtle vaid, et ühesainsas 30 sentimeetri laiuses pildis, mis on laotatud 625 reaks, jookseb valgustäpp iga rea puhul 15 625 korda sekundis 60 cm ulatuses edasi ja tagasi. See aga moodustab 9,4 km sekundis! Sellise kiiruse puhul jookseks valgustäpp ümber maakera pisut enam kui ühe tunniga.

### Elektrooniline liivakell




**H.**: Niisiis tulevad taas võitlusväljale kõik dioodid, trioodid, pentoodid ja muud «oodid»! Edasi, elektronpataljonid!

**T.**: Tõtt öelda täidavad lambid televisioonikujutise laotusseadistes, nagu nimetatakse hammaspingegeneraatoreid, üksnes abistavat ülesannet.

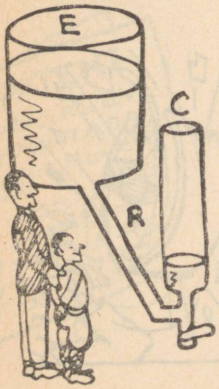
**H.**: Laotusseadis ehk hälvitusgeneraator kujutab enesest nähtavasti mingit liivakellataolist aparaati, kus liivaterad on elektronidega asendatud?





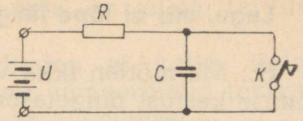
Joonis 29. Liivakella alumises anumas tõuseb liiva nivoo pidevalt kuni hetkeni, millal kell ümber pööratakse; pärast seda kordub kõik algusest. Sama toimub pingega hälvitusseadise kondensaatori klemmidel.

**T.**: See on hea võrdlus. Nagu liivakella puhul (joonis 29), kus liiva tase alumises anumas tõuseb pidevalt ja kui kogu liiv on sellesse siirdunud, pööratakse kell ümber ning selle uus alumine anum osutub hetkeliselt tühjenenuks, nii ka laotusseadistes laeb vool aegapidi kondensaatorit kuni hetkeni, millal see kiiresti tühjeneb. Seejärel muidugi kõik kordub.




**H.**: Tähendab, et laotusseadise põhiosaks on kondensaator, kui ma sind õigesti mõistsin. Kuid miks toimub selle tühjenemine kiiremini kui laadimine?

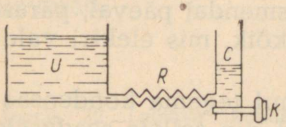
**T.**: Põhjusel, et kondensaatorit laetakse suure takistusega takisti kaudu ja tühjendatakse väga väikese takistusega vooluahela kaudu. Kujutle, Huviste, alalispingeallikat $U$, mis on takisti $R$ kaudu ühendatud kondensaatoriga $C$ (joonis 30). Sel hetkel, kui sa suled niisuguse ahela, tekib vool, mis püüab laadida kondensaatorit, s. o. luua tema plaatide vahel samasuguse potentsi-




Joonis 30. Hälvitusseadise põhimõtteskeem kõige üldisemal kujul.

aalide vahe, nagu see esineb pingeallika klemmide vahel. Kuid laadimine ei saa toimuda hetkeliselt, sest takisti *R* takistus piirab voolu.

**H.**: Arvan, et seda ahelat võib võrrelda suuremahulise veeanumaga *U*, mis on peenikese toru abil ühendatud teise, tunduvalt väiksemate mõõtmetega anumaga *C* (joonis 31). Anum *C* ei saa täituda hetkeliselt, sest toru *R* takistav mõju piirab vedeliku juurdevoolu.




Joonis 31. Joonisel 30 toodud skeemi hüdrauliline ekvivalent.

**T.**: Sinu võrdlus on seda õigem, mida suurema mahuga on anum-allikas *U* võrreldes anuma-kondensaatoriga *C*. Oleks halb, kui anuma *C* täitmisel vee nivoo anumas *U*, s. t. toiteallika pinge märgatavalt alaneks.

**H.**: Mulle näib, et laadimise kestus sõltub mitte ainult takistusest *R*, vaid ka mahtuvusest *C*. Mida suurem on mahtuvus, seda rohkem on vaja elektrone, et teda laadida. Ja mida suurem on minu hüdraulilises seadmes anuma maht *C*, seda rohkem on vaja aega, et sellesse suunduv vesi omandaks sama taseme kui anumas *U*.

**T.**: Seepärast nimetataksegi takistuse *R* ja mahtuvuse *C* korrutist ahela *ajakonstandiks*. Kui avaldada *R* oomides ja *C* faradites, siis see ajakonstant mõõdab aega sekundites, mis on tarvilik selleks, et pinge kondensaatori plaatidel kasvaks umbes kahe kolmandikuni toiteallika pingest *U*.

**H.**: Niiviisi on 10 000-oomise takistusega takisti ja 2-mikrofaradise mahtuvusega kondensaatori ajakonstant 20 000 sekundit.

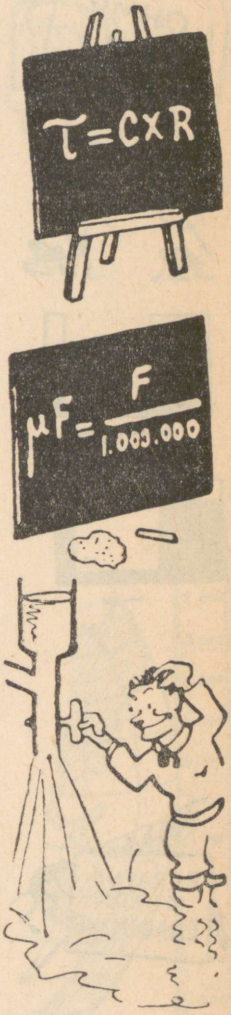
**T.**: Oi, Huviste, milline häbi! Mikrofarad on faradist miljon korda väiksem. Ja ahela ajakonstant on 10 000 korrutatud kahe miljondikuga ehk 0,02 sekundit.

**H.**: Vabanda minu pisiviga ... Nüüd ma mõistan, et kondensaatori hetkeliseks tühjendamiseks tuleb sellega ühendada väga väikese takistusega takisti või vooluahel.

**T.**: Praktiliselt saab seda teha, kui meie skeemis sulgeda lüliti *K*.

**H.**: Või minu hüdraulilises mudelis — eemaldada vesi anumast *C* suure läbilaskevõimega kraani *K* abil.

**T.**: Sinu võrdlus on täiesti paikapidav.






TRÜ Raamatukogu




**H.**: Ma mõtlen ikka veel ajakonstandist. Kui ta väljendab laadimise kestust pingetasemeni, mis vastab toiteallika pinge kahele kolmandikule, siis peaks laadimise üldkestus olema sellest pisut pikem. Nii on vaadeldud näites ajakonstant 0,02 sekundit. Tähendab, kondensaator peaks osutuma täielikult laetuks 0,03 sekundiga.

**T.**: Vale! Kolmekordselt vale! Pea meeles, et kondensaator ei laadu iialgi täielikult!

**H.**: Mis nali see on? Õigust öelda, ma ei suuda mõista, miks ei peaks küllaldase aja möödumisel kondensaatori $C$ plaatidel lasuv pinge küündima toiteallika pingega $U$ võrdse suuruseni.

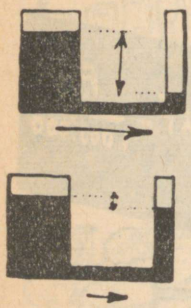
**T.**: Sa tead küll, et vanajumal lõi elektri maailma esmalt elektroni ja prootoni. Alles seejärel, nimelt seitsmendal päeval, pärast teisi tuntud töid, lõi ta Ohmi seaduse. Ja kõik, mis elektri valdkonnas toimub, põhineb sellel seadusel.

**H.**: Ma ei näe, mida peaks ta meie juhul tegema kondensaatori laenguga. Ilmselt peab ka laadimisvool siin sellele seadusele alluma. Kuid lisaks . . .

**T.**: Kas sa pead laadimisvoolu püsivaks?

**H.**: Kui juba toiteallika pinge $U$ on püsiv, samuti kui takistus $R$ ja mahtuvus $C$, siis pole mingit alust arvata, et vool muutuks.

**T.**: Aga alus selleks on just nimelt olemas. Põhjus, mis sunnib elektrone läbi takisti kondensaatori plaadile liikuma, on selle plaadi ja toiteallika negatiivse pooluse potentsiaalide erinevus. Laadimise alguses võrdub see potentsiaalide vahe toiteallika pingega $U$. Kuid niipea, kui laadimine on alanud, järelikult niipea kui mingi kogus elektrone on kondensaatori plaatidel ümber paiknenud, väheneb potentsiaalide vahe. Mis siis toimub vooluga?



**H.**: Nähtavasti peab ta vastavalt nõrgenema. Järelikult osutub edasise laadimise tempo seda aeglasemaks, mida laetum on kondensaator.

**T.**: Nii see ongi. Eeldame näiteks, et meie toiteallika pinge on 100 V. Kui ajakonstant on 0,02 sekundit, siis selle ajavahemiku möödumisel on kondensaatori plaatide vaheline pinge jõudnud tõusta 65 voldini. Mõõdame seda pärast järgmist 0,02 sekundit; näeme, et ta on suurenenud täiendavalt üksnes kahe kolmandiku võrra väärtusest $100 - 65 = 35$ volti, s. o. umbes 24 voldi võrra, moodustades sellel hetkel seega 89 V. Laseme mööduda veel 0,02 sekundil ja me saame kondensaatori pingeks 97 volti . . .




**H.**: Kuid see ei lõpe siis iialgi! Meil suureneb kondensaatori pinge iga antud ajavahemiku vältel ainult teatud osa võrra sellest, mis tal jääb vajaka toiteallika pingeni jõudmiseks. Laadimisvoolu olemasoluks on tarvis, et kondensaator poleks täielikult

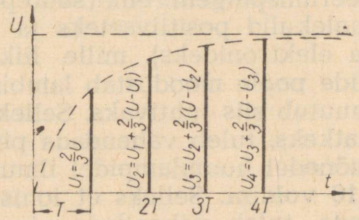
laetud. Aga selleks, et teda täielikult laadida, on jällegi tarvilik laadimisvool. Milline nõiaring!!!

**T.**: Jah, Huviste. Kondensaatori laadimine ei katke iialgi. Sajandid mööduvad, inimpõlved vahetuvad, impeeriumid tekivad ja hävinevad, kuid kondensaator ei lakka laadumast ...

**H.**: Ja minu anum *C* ei täitu samuti iialgi selle tasemeni nagu anum *U*. Selleks et vesi saaks voolata, peab olema nivoode vahe.

**T.**: Siin on graafik, mis väljendab kondensaatori pinge muutumist laadimise vältel (joonis 32). Seda kõverat nimetatakse eksponentkõveraks. Muide, tühjenemiskõver osutub taas täpselt samasuguseks eksponendiks.

**H.**: Kuid sellist pinge muutumist ei saa kasutada valgustäpi hälvitamiseks. Me vajame lineaarselt muutuvat pinget, mida graafiliselt kujutab sirgjoon ja hoopiski mitte need eksponentkõverad.

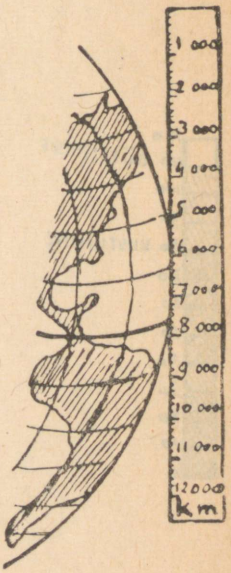



Joonis 32. Laetava kondensaatori plaatide vahel esineva pinge muutumise eksponentkõver. Iga ajaintervalli jooksul, mis võrdub ajakonstandiga *T*, suureneb pinge kondensaatoril kahe kolmandiku võrra sellest pingest, mis tal jääb veel toiteallika pingest *U* puudu.

**T.**: Teoreetiliselt on sul õigus. Siiski rakendatakse praktiliselt ka selliseid kõveraid, kuid tingimusel, et kasutatakse nendest ainult väikest algusosa, mida võib teatavas lähenduses vaadelda sirgena.

**H.**: Samalaadselt paistab väike osa maapinnast, mida suudame oma pilguga hõivata, tasapinnalisena, kuigi maakera on ümmargune.

**T.**: Veelgi enam, hälvituspinge lineaarsuse puudumist saab korrigeerida, kui anda talle tehislikult vastasmärgiline deformatsioon.




### Elektrooniline katkesti

**H.**: Pean kokku võttes ütlema, et laotusseadis on väga lihtne. Pingeallikas, kondensaator ja takisti on mulle hästi tuttavad. Mind häirib pisut ainult tühjendamislüliti. Kuidas õnnestub seda väga kiiresti avada ja sulgeda, nimelt 15 625 korda sekundis?

**T.**: Kahtlemata sa taipad, et selleks ei saa hoopiski olla mehaaniline seadis ...

**H.**: Jah, muidugi mitte. Elektroonika võidutseb kõikjal, mida siis veel oodata! Kuid milline vaakuumlamp hakkab antud juhul täitma seda õilsat ülesannet?



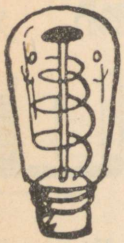

**T.**: See ei tarvitsegi olla vaakuumlamp, vaid võib olla hoopiski gaaslahenduslamp. Lihtsaimal juhtumil on selleks neoonlamp.

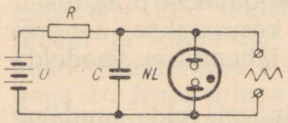
**H.**: Ei või olla! See on üks nendest valgusreklaami lampidest, millest ühe ma hiljuti purustasin, sest ta tekitas palju raadiohäireid? . . .

**T.**: Neoonlamp, mida meie kasutame, kuulub teise liiki. Ta on valmistatud väikese klaasballoonina. Selles on kaks ketta-, spiraali- või silindrikujulist elektroodi ja ta on täidetud madalal rõhul neooniga.

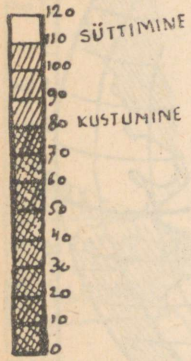
**H.**: Ja selles polegi kütteniiti?

**T.**: Just nii, Huviste. Muide, me oleme koos sinuga juba kasutanud neoonlampi, nimelt Nipkowi ketta taga, ja temalgi polnud hõõgniiti. Neoonlamp hakkab valgust andma siis, kui pinge tema kahe elektroodi vahel ulatub teatud väärtuseni, niinimetatud ioniseerimispingeni ehk süütepingeni. Sel hetkel lagunevad gaasi molekulid positiivseteks ja negatiivseteks osakesteks (ioonideks ja elektronideks), mille liikumine vastaspolaarsusega elektroodide poole moodustab lambis voolu. Elektroodide vaheline ruum muutub siis juhtivaks. Selleks et ionisatsioon (ning helendamine) katkeks, tuleb vähendada pinget teatava väärtuse võrra. Näiteks mõnedel huumlampidel ilmub ionisatsioon siis, kui pinge küünib 110 voldini. Selleks et ioniseerumine katkestada ja lamp kustutada, tuleb vähendada pinget 80 voldini.






Joonis 33. Hammaspingegeneraator neoonlambiga *NL*.

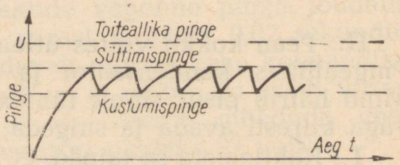



**H.**: Aga millisel viisil kasutaksid sa seda neoonlampi kondensaatori automaatse tühjendamisseadise ülesannetes?

**T.**: Asetan ta lihtsalt lüliti *K* asemele (joonis 33).

**H.**: Miks on neoonlambi skeemitähise sisse joonistatud punkt?

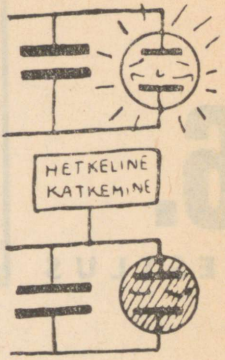
**T.**: Näitamaks, et tegemist on gaaslahenduslambiga.




Joonis 34. Joonisel 33 toodud skeemi väljundklemmidel ilmuv saehammaspinge.

**H.**: Mulle näib, et saan kõigest aru. Toiteallika *U* pinge on kahtlemata kõrgem neoonlambi ioniseerimispingest (joonis 34). Ja nii kaua, kui pinge kondensaatoril pole jõudnud veel ioniseе-

rimispingeni, kulgeb laadimine normaalselt. Kuid hetkel, mil kondensaatori pinge küünib ionisatsioonipingeni, lamp süttib, muutub juhtivaks ja kondensaator tühjeneb kiiresti. Kui kondensaatori pinge langeb väärtuseni, mille puhul kaob ionisatsioon, lakkab ka tühjenemine, jällegi hakkab toimuma laadimine jne.




**T.**: Õnnitlen. Sinu seletus on suurepärane. Meie poolt näitena kasutatud lambi puhul hakkab pinge selle elektroodidel kõikuma 110 ja 80 voldi vahemikku, mis annab amplituudiks 30 volti. Soovitav sagedus aga saadakse takisti takistuse ja kondensaatori mahtuvuse sobiva valiku teel.

**H.**: Arvan, et iga televiisor sisaldab kaks neoonlambiga laotusgeneraatorit: ühe horisontaalhälvituseks ja teise vertikaalhälvituseks.

**T.**: Ei, Huviste. Televiisorites ei kasutata kunagi neoonlambiga generaatoreid.

**H.**: Loomulikult, see oleks ju liiga hea ja liiga lihtne!

# 6.
# VESTLUS

On olemas mitmesuguseid hälvitusgeneraatoreid. Sageli on nende skeemid üsnagi lihtsad, kuid talitluspõhimõtted võivad seevastu osutuda võrdlemisi keerukateks. Sellele vaatamata õnnestub Huvistel mõista Targaste kannatlikke seletusi, mis käsitlevad gaaslahenduslampidega hälvitusgeneraatoreid. Samaaegselt puudutavad meie sõbrad laotusseadistes genereeritava võnkumise sünkroniseerimist ja «lineariseerimist». Niiviisi vaadeldakse vestluses järgmisi küsimusi:

**türatroniga hälvitusgeneraatorid, võretüürimistegur, võnkeamplituudi reguleerimine, sünkroniseerimisimpulsid, tühjenemise algus, lineariseerimine küllastusrežiimis dioodi abil, lineariseerimine pentoodi abil, vastupidise kõverusega tunnusjoont omava lambi kasutamine.**

## LAOTUSGENERAATORITE PÕHIMÕTTED

### Huviste kirjutab Targastele

*Kallis Targaste!*

*Igal kannatusel on omad piirid. Meie viimase vestluse lõpus katkes mu kannatus lõplikult. Kui mitu korda, juba pärast seda, kui sa tegelikult oled selgitanud mingit seadist, teatad äkitselt, et televisioonis niisugust ei kasutatagi. Just niiviisi sa toimisid kujutise mehaanilise ülekandesüsteemi ja elektrostaatilise hälvitusega elektronkiiretorude puhul. Ja kõige tagatipuks selgitasid mulle üsna kenasti neoonlambiga laotusgeneraatori talitlust, mida, nagu sa mulle ütlesid vestluse lõpul, ei kasutata televisioonis iialgi.*

*Mille nimel peaksime siis üldse jätkama? Ära siis imesta, kui sa ei kohta mind tavalisel ajal.*

*Sinu ärakurvastatud*
*Huviste.*

### Targaste vastab Huvistele

*Armas Huviste!*

*Sinu kiri näitab, et oled solvunud. See kurvastab mind väga. Kuid sa eksid, kui arvad, et irvitan sinu üle.*

*See on tõsi, et olen jutustanud sulle seadistest, mida televisioonis enam ei kasutata või pole kunagi kasutatud. Kuid niiviisi toimides pole ma sind hoopiski sundinud asjatult aega raiskama, sest käsiteldu analüüsimine hõlbustab tunduvalt keerukamate seadiste mõistmist.*

*Eriti kehtib see neoonlambi generaatori kohta. Seda ei kasutata põhjusel, et tema pinge võnkeamplituudi ei saa soovikohaselt reguleerida, võnkumise kuju on liiga moonutatud ja ta on raskesti sünkroniseeritav.*

*Siiski oli mul õigus, kui vaatlesin koos sinuga seda vä-*

*ga lihtsat skeemi. See andis meile võimaluse hõlpsalt mõista kõikide laotusgeneraatorite talitluspõhimõtet, milles kasutatakse kondensaatori laadimist takisti kaudu.*

*Võime öelda, et kõikidesse nendesse seadistesse kuulub kolm põhilist koostisosa:*

*1) laadimisahel (meie juhul — pingeallikas, takisti, mida läbib laadimisvool, ja kondensaator, mis kogub laengut);*

*2) ümberlüliti, mis lülitab sisse laadimisprotsessi ja katkestab selle tarvilikul hetkel (selleks on näiteks neoonlamp, mis täidab lüliti funktsiooni tänu ionisatsiooninähtustele);*

*3) lõpuks tühjendamisahel, mida antud juhul esindab seesama neoonlamp, mille võrdlemisi väike sisetakistus ioniseeritud olekus loob võimaluse kondensaatori kiireks tühjenemiseks.*

*Nüüd, kui sa oled aru saanud lihtsaima laotusgeneraatori talitluspõhimõttest, pole enam raske keerukamaid seadiseid uurida. Mida sa lausuksid näiteks võre asetamise kohta neoonlambi anoodi ja katoodi vahele?*

*Loodetava peatse kohtumiseni. Ära pahanda oma sõbra üle!*

*Targaste*



**Türatron — gaaslahendustriood**

**Targaste**: Olen rõõmus sind taas nähes, kallis Huviste.

**Huviste**: Kuidas suudaksin vastu panna ahvatlusele ja mitte hammustada sinu poolt neoontrioodi näol väljapandud sööta?! Seda seadist tuleb ju vist nii nimetada.

**T.**: Nagu soovid. Kuid inertgaasiga (neooniga, argooniga või heeliumiga) madalal rõhul täidetud trioodi tavaline nimetus on türatron.

**H.**: Sa sunnid mind gaaslahendusseadiste juures taas sammuma mööda seda rada, mille ma juba kunagi läbisin vaakumlampide puhul ja mis viis meid dioodi juurest oktoodi juurde?

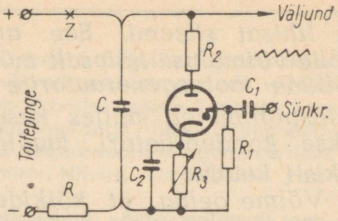
**T.**: Sellist ohtu pole ette näha. Türatroni kolmest elektroodist piisab täiesti, et saada laotusseadise tühjendamisahelale tarvilik ümberlüliti. Veel on olemas tetroodtüratronid, kuid nendest me siinkohal ei hakkagi kõnelema.

**H.**: Väga hea . . . Aga kuidas sa ühendad türatroni? Kas neoonlambi sarnaselt?

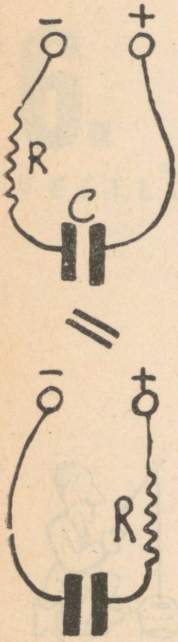
**T.**: Siin on vastav lülitusskeem (joonis 35). Nagu näed, erineb ta neoonlambiga skeemist üsna vähe. Kõigepealt näeme laadimisahelat, milles on sobiva pingega toiteallika klemmide vahele ühendatud järjestikune takisti *R* ja kondensaator *C*.

**H.**: Miks on takisti ühendatud kondensaatori ja toiteallika negatiivse pooluse, mitte aga positiivse pooluse vahele?

**T.**: Rangelt võttes ei muuda see tõepoolest midagi. Kondensaator ja takisti on ühendatud järjestikku. Erinevust pole siin




Joonis 35. Türatroniga laotusgeneraatori skeem. Vasakul on laadimisahel, paremal — tühjendamisahel.






mingit, kui üks on enne teist või vastupidi. Kui soovid, võiksid takisti $R$ ühendada punkti $Z$.

**H.**: Jah, mõistan, et pole oluline, millises järjestuses kohtavad elektronid oma teel laadimisahela üht või teist lülituselementi.

**T.**: Pöördume nüüd tühjendamisahela juurde. Nii nagu neoonlambi puhulgi, toimub kondensaatori tühjenemine gaaslahenduslambi vahemiku katood-anood kaudu.

**H.**: Mitte ainult selle kaudu. Ma näen veel kaht lambiga järjestikku ühendatud takistit $R_2$ ja $R_3$. Ja see kõik on ühendatud perioodiliselt tühjendatava kondensaatori plaatide väljaviikude vahele.

**T.**: Mõnesaja-oomise takistusega takisti $R_2$ on tühjendamisvoolu piiramiseks. Nimelt osutub voolu tekkimisel türatroni katoodi ja anoodi vaheline takistus nii väikeseks, et ilmub liiga tugev vool, mis võiks rikkuda lampi.

**H.**: Takisti $R_3$ kohta, mis on asetatud katoodi ja toiteallika negatiivse pooluse vahele, arvan, et ta on türatroni võre negatiivseks eelpingestamiseks, nii nagu seda tehakse võimendus-lülitustes.

**T.**: Sa ei eksi. Ahel $R_3C_2$ on tõesti klassikaline vahend eelpinge saamiseks. Lõpuks palun sind esialgu mitte omistada vähimatki tähelepanu kondensaatorile $C_1$, mis ühendab võret mingi salapärase «sünkroniseerimisega».

### Sõnaõigus antakse võrele

**H.**: Praktiliselt sarnaneb see kõik neoonlampgeneraatoriga. Arvan, et siingi jõuab pinge kondensaatoril $C$ laadimise ajal teatava väärtuseni, pärast seda ioniseerub lambis sisalduv gaas ja tema takistus väheneb järsult. Sellest hetkest hakkab kondensaator läbi lambi tühjenema, kuni pinge nendel on piisavalt vähenenud ja ionisatsioon katkeb. Lambi normaalne takistus taastub ja nüüd võib kirjeldatud tsükkel korduda.

**T.**: Kõik äsja öeldu vastab tõele.

**H.**: Kuid milleks lisada võre, kui see ei muuda gaaslahenduslambi talitluspõhimõtet?!

**T.**: See pole nii, sõbrake. Nimelt määrab just võrepinge ioni-

seerimiseks tarviliku anoodpinge. Kuni ionisatsioon pole veel areenile astunud, käitub lamp tavalise vaakuumtrioodina. Anoodvoolu tugevus sõltub siis võrepingest tunduvalt enam kui anoodpingest . . .

**H.**: Seda ma tean. Sellisel puhul näitab võimendustegur, mitu korda on võrepinge toime anoodvoolule suurem anoodpinge toimest.

**T.**: Täiesti õige . . . Lõpuks saabub hetk, millal anoodpinge on juba küllalt suur, et anda elektronidele kiirus, mille puhul nad on suutelised ioniseerima oma teel kohatavaid gaasimolekule . . .

**H.**: Ehk teiste sõnadega: põrkamisel saadud löögi tagajärjel lüüakse molekulidest välja üks või mitu elektroni ja anoodile suunduv elektronide voog suureneb.

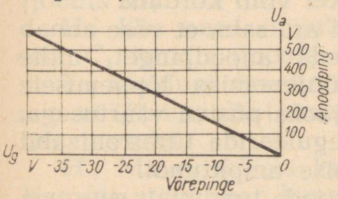
**T.**: Aga mis sinu arvates toimub sellise vigastatud molekuliga?

**H.**: Tänu elektronide amputeerimisele muutuvad molekulid positiivseteks ning alistuvad täielikult negatiivselt laetud elektroodide mõjule.

**T.**: Aga milline neist on meie lambis kõige negatiivsem?

**H.**: Ilmselt võre, sest sellele on antud negatiivne eelpinge.

**T.**: Järelikult ümbritseb seda elektroodi tõeline positiivsete ioonide pilv. Pöördume siiski tagasi. Anoodpinge, mille puhul tekib ionisatsioon, ei ole türatronil püsiv suurus (nii nagu neoonlampidel). Ta sõltub suurel määral võrepingest.



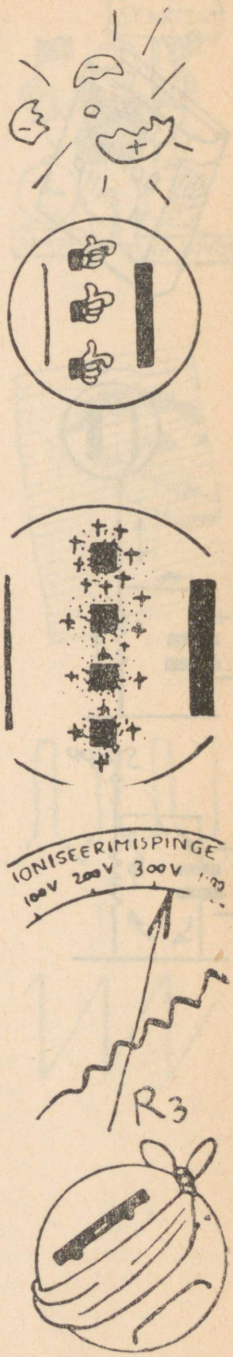

Joonis 36. Türatroni süttimispinge ja võre-eelpinge sõltuvus. Võretüürimistegur on 15.

**H.**: Arusaadav. Mida negatiivsem on võre laeng, seda rohkem tuleb tema pidurdava toime kõrvaldamiseks suurendada anoodpinget, et tekiks ionisatsioon (joonis 36).

**T.**: Jah, see on tõesti nii. Iga türatronitüübi jaoks kehtib ioniseeriva anoodpinge $U_a$ ja vastava võrepinge $U_g$ vahel kindel suhe. Seda suhet nimetatakse *võretüürimisteguriks.* Tavaliselt on selle väärtus 10 ja 40 piirides. Kuid gaaslahendustetroodide puhul võib ta tõusta kuni mitmesajani.

**H.**: Kui mõistsin sind õigesti, siis algab türatronis, mille võretüürimistegur on näiteks 20, ionisatsioon 15-voldise võrepinge puhul siis, kui anoodpinge küünib vähemalt $15 \cdot 20 = 300$ voldini.

**T.**: Sa said minust suurepäraselt aru, Huviste. Võre-eelpinge reguleerimisega saame soovi kohaselt valida türatroni ioniseerivat anoodpinget. Seepärast on takisti $R_3$ valmistatud reguleeritavana. Skeemil tähistatakse reguleeritavust kaldu läbi takisti tõmmatud noolega.



## Võrel pole enam sõnaõigust




**H.**: Arvan, et just võrepinge määrab ka selle anoodpinge, mille juures ionisatsioon lakkab.

**T.**: Ja sa eksid rängalt. Lugu on selles, et positiivsete ioonide pilvest ümbritsetud võre ei osuta elektronidele mingit mõju.

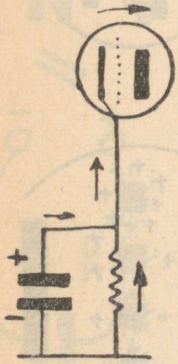
**H.**: Ka siis, kui negatiivset eelpinget tunduvalt suurendada?

**T.**: Isegi sellisel juhul mitte. Mida negatiivsemalt on võre laetud, seda rohkem tõmbab ta positiivseid ioone. Lamp kustub ja kaotab juhtivuse alles siis, kui anoodpinge langeb nii madala väärtuseni, mille puhul ionisatsioon enam ei säili.

**H.**: Kõik see meenutab mulle erakordselt sõda ja rahu ...

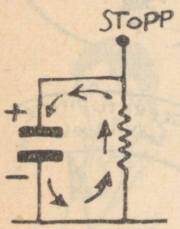
**T.**: Ma ei näe seost Tolstoi teose ja türatroniga hälvitusgeneraatori vahel.

**H.**: Loomulikult pole siin mingit seost. Kuid võre mängib siin samasugust rolli nagu ajakirjandus. Kui rahvusvaheline pinge kasvab, siis annab ajakirjandus ühiskondlikule arvamusele võimaluse kasvada sellise ohtliku ergutatuse astmeni, mille puhul tühjenemine tekib äkitselt verise konflikti näol.[5] Sellest momendist alates muutub tsensuuriga seotud ajakirjandus juba võimetuks seda lõpetama. Kuid sõda lõpeb ainult võitlejate puuduse läbi, siis kui tühjenemine on juba peaaegu lõppenud.



**T.**: Ja kõige hirmsam on, et see tsükkel võib korduda ...

**H.**: Kokkuvõtteks ütlen, kui ma õigesti aru sain, et võre annab võimaluse soovi kohaselt reguleerida seda anoodpinget, mille puhul algab tühjenemine, kuid mitte tühjenemise lõppemisele vastavat pinget, mis on antud türatroni jaoks püsiva väärtusega. Järelikult saame eelpinge muutmisega reguleerida türatroni abil genereeritava saehambakujulise võnkumise amplituudi.




**T.**: See on õige. Türatroni puhul võib saada tunduvalt suurema võnkeamplituudi kui neoonlambiga generaatoris.

**H.**: Järelikult võin arvesse võtta, et reguleeritav takisti $R_3$ joonisel 35 on saehammaste suuruse reguleerimiseks. Kondensaatori $C_2$ kohta arvan, et ta on anoodvoolu vahelduvkomponendi läbilaskmiseks.

**T.**: Tema ülesanne on tõesti selline. Ta peab siluma anoodvoolu suuri võnkeid, et võre ja katoodi vaheline pinge oleks küllaldaselt püsiv. Ioniseerumise momendil, kui tekib tugev vool, väheneb elektronide kogus kondensaatori ülemisel plaadil ja see osutub positiivselt laetuks. Kuid samal ajal suundub alumisele plaadile täiendavaid elektrone juurde. Kui tühjenemine katkeb, kahaneb anoodvool järsult. Kuid sel ajal hakkab kondensaator $C_2$ takisti $R_3$ kaudu tühjenema, säilitades sellel püsiva pingelangu, tänu millele katoodil säilib võre suhtes positiivne potentsiaal. Niiviisi eeldusel, et kondensaatori $C_2$ mahtuvus on küllaldane, ei muutu võre pinge katoodi suhtes võnkumise terve tsükli vältel.

[5] Autor mõtleb siin muidugi imperialistlikku ajakirjandust. *Tõlkija märkus.*

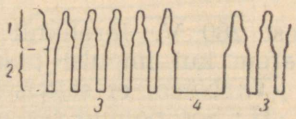
## Sünkroniseerimisimpulsid ja seljale patsutamine



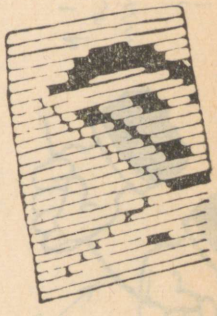

**H.**: Kas võiksid nüüd mulle avaldada sünkroniseerimise saladuse?

**T.**: Meelsasti, mu sõber. Sa tead, et kujutise laotamine vastuvõtjas peab olema sünkroniseeritud laotamisega saatjas. Teisiti öeldes: hetked, millal algab iga rea (või iga pildi) laotamine, peavad ajas rangelt ühte langema.

**H.**: Mõistan, et vähimagi erinevuse puhul muutub kujutis niisama arusaamatuks, nagu see toimuks orkestri poolt esitatava muusikapalaga, kui iga instrument jääks oma naabrist mõne sekundi võrra maha.



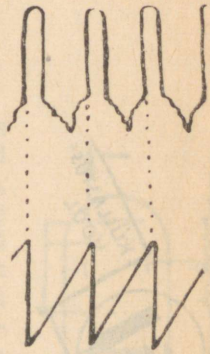

Joonis 37. Täieliku televisioonisignaali põhimõtteline kuju. See koosneb videosignaalist *1* ja sünkroniseerimisimpulssidest *2* (*3* — reasünkroniseerimisimpulsid, *4* — pildisünkroniseerimisimpulsid)



**T.**: Selleks et vältida taolist ... visuaalset kakofooniat, lisatakse ülekantavasse signaali lühikesed impulsid, mis tähistavad iga rea lõppu, ja samuti pisut pikemad impulsid (selleks et neid saaks eristada esimestest), mis tähistavad iga pildi (kaadri) lõppu (joonis 37).

**H.**: Kas need impulsid juhidki türatroni võrele kondensaatori $C_1$ kaudu (joonis 35)?

**T.**: Muidugi. See korraldatakse nii, et nad oleksid positiivsed, s. o. et iga impulsi toimel muutuks võre mingi hetke vältel vähem negatiivseks.



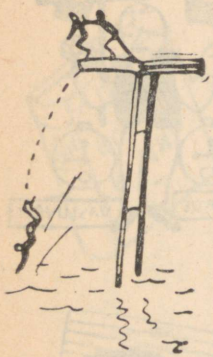
**H.**: Ma ei mõista küllaldaselt hästi, mis peab siin toimuma. Kas siis nüüd peab lamp asuma impulsse võimendama?

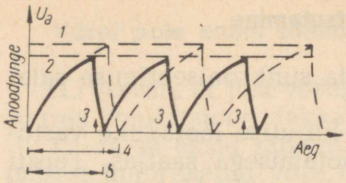
**T.**: Ei, Huviste. Sa oled juba jõudnud unustada, et võrepinge ja ionisatsiooni põhjustav anoodpinge on omavahel seotud.

**H.**: Andesta. Kui saabuv impulss muudab võre vähem negatiivseks, siis tekib ionisatsioon ilmselt madalamal anoodpingel.

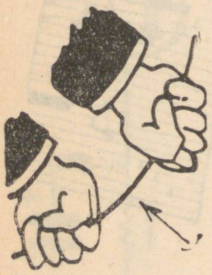
**T.**: Hälvitusgeneraatori omavõnkeperiood peab olema pisut pikem ühe rea (või pildilaotusgeneraatori puhul vastavalt ühe pildi) kestusest ehk, teisiti kõneldes, kahe järjestikuse impulsi vahemikust (joonis 38). Veel enne, kui pinge laetaval kondensaatoril $C$ (joonis 35) küünib lambi ionisatsioonipingeni, ilmub impulss, mis vähendab võre negatiivset laengut ja järelikult ka ionisatsioonipinget. Tänu sellele algab kondensaatori tühjenemine üheaegselt sünkroniseerimisimpulsiga.

**H.**: Arvan, et sain sinust õigesti aru. Võtame näiteks türatroni, mille võretüürimistegur on 20 ja võre-eelpinge —15 volti. Selle ionisatsioonipinge on järelikult 300 volti. Kui sünkroniseerimisimpulss on amplituudiga +1 volt, vähendab ta võrepinget —14 voldini. Selle tüürpinge puhul on aga ionisatsioonipinge kõi-






Joonis 38. Laotuse sünkroniseerimise protsess. Positiivne sünkroniseerimisimpulss lambi võrel vähendab süttimise anoodpinget ja tekitab impulsi saabumise hetkel kondensaatori enneaegse tühjenemise: *1* — süttimispinge anoodil sünkroniseerimisimpulsside puudumisel; *2* — sünkroniseerimisimpulsside toimel vähenenud süttimispinge; *3* — sünkroniseerimisimpulsside andmise hetked; *4* — laotusgeneraatori omavõnkeperiood; *5* — sünkroniseeritud laotusgeneraatori võnkeperiood.



gest 280 V. Järelikult hakkab nüüd kondensaator tühjenema varem kui impulsi puudumise korral.

**T.**: Näen, et said sellest õigesti aru.

**H.**: See polnud raske. Meil basseinis sünkroniseerib vettehüppajaid ujumisinstruktor.

**T.**: ?...

**H.**: Nojah. Kui nad hüppeks valmistudes trampliini serval veel pisut viivitavad, tõukab instruktor neid selja tagant... Ja nad siirduvadki vette, joonistades õhus suurepärase parabooli.

## Küllastatud dioodist pentoodini

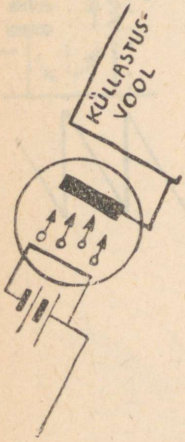
**T.**: Seni vaadeldud generaatorites oli meil tegemist eksponentkõveraga, mis peab siiski olema võimalikult sirge.

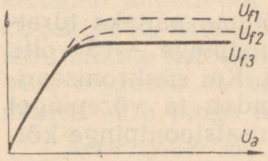
**H.**: Kas poleks mingil viisil võimalik hoida laadimisvoolu täiesti püsivana, selleks et pinge kondensaatori klemmidel kasvaks võrdeliselt ajaga?

**T.**: See on tõepoolest võimalik. Aga kas sina, Huviste, oskad leida sellise piiramisvahendi?

**H.**: Laadimistakisti *R* (joonis 35) tuleks asendada millegagi, mis ei lase läbi ettenähtust tugevamat voolu. Kas ei kõlbaks selleks lamp, kui kasutada laadimistakistina sellę vahemikku katood-anood?

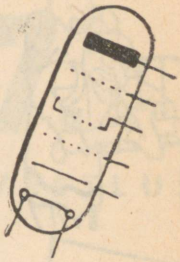
**T.**: Loomulikult. Võta diood (eelistatult vahetu küttega), mis töötab küllastusrežiimis, s. o. nii, et kõik kütteniidist emiteerunud



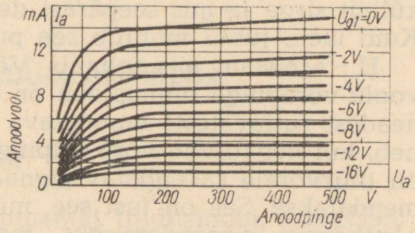

Joonis 39. Dioodi anoodvoolu sõltuvus anoodpingest kolme erineva küttepinge $U_f$ jaoks. Alates teatavast anoodpingest lakkab voolu suurenemine (ilmub küllastumisnähtus).

elektronid jõuavad anoodile (joonis 39). Siis ei saa anoodvool olla tugevam küllastusvoolust, mille moodustab kütteniidi terve elektronide emissioon. Muide, sa võid selle tugevust reguleerida, kui teatavates piirides muudad küttepinget.

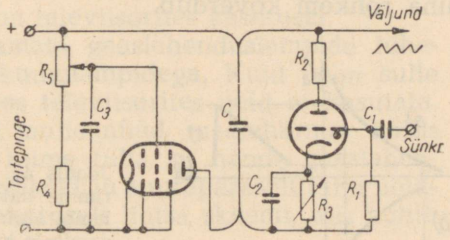


**H.**: Milleks on aga siin eelistatum vahetu küttega lamp?

**T.**: Sellepärast, et küllastumisnähtus ilmneb selles eredamalt kui kaudküttega lampides. Pealegi saab taolises lambis küttepinge muutmisega hõlpsalt reguleerida küllastusvoolu. Kui aga sulle ei meeldi vananenud lambitüübid, ei takista sind miski tavalist kaudküttega pentoodi kasutamast.



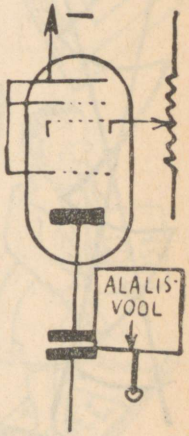

Joonis 40. Pentoodi anoodi tunnusjooned, mis näitavad anoodvoolu sõltuvust anoodpingest erinevatel võrepingetel $U_{g1}$. Alates teatavast väärtusest ei põhjusta anoodpinge $U_a$ suurenemine enam anoodvoolu $I_a$ praktiliselt märgatavat suurenemist.



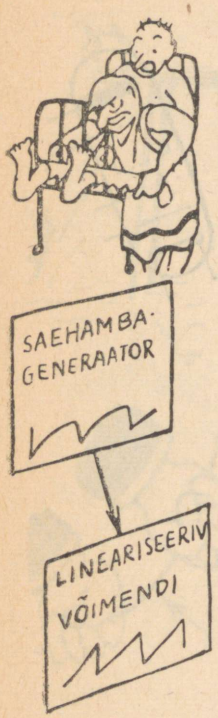

Joonis 41. Laadimistakistina toimiva pentoodi abil lineariseeritud hälvitusgeneraator.

**H.**: Kas see töötab samuti küllastusrežiimis?

**T.**: See termin pole siin just täiesti kohane, kuid lõpptulemus on samasugune. Kui vaadelda tunnusjooni, mis iseloomustavad anoodvoolu sõltuvust anoodpingest (joonis 40), siis võib märgata, et igal üksikul tunnusjoonel (mis vastab teatavale esimese võre pingele) muutub vool teatavast anoodpingest alates ainult vähesel määral. Tunnusjoone selles osas hakkab pentood kondensaatorit laadima püsiva tugevusega vooluga. Siin ongi laotusgeneraatori skeem (joonis 41), kus oleme laadimistakisti $R$ asendanud pentoodiga. Küllap märkad, et pentoodi varivõrepinget saab reguleerida potentsiomeetriga $R_5$, mis on koos järjestiktakistiga $R_4$ ühendatud anoodtoiteallika pooluste vahele. (Kondensaator $C_3$ on lahtisidestamiseks.)




**H.**: Arvan, et varivõrepinge muutmisega reguleerid sa välja pentoodi õige talitluspunkti ... Kõik küllastatud dioodid ja püsiva anoodvooluga pentoodid meenutavad mulle lugu Prokrustese sängist ... Siiski on kahetsusväärne, et täiendavat lampi tuleb kasutada üksnes pinge kuju lineariseerimiseks.

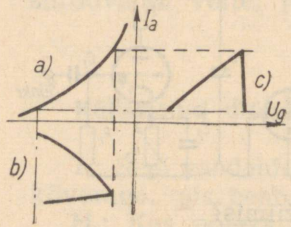



T.: Seepärast eelistataksegi anda see ülesanne võimenduslambile, mis on saehammaste nõutava amplituudi saamiseks nagunii tarvilik.

H.: Aga kuidas võimenduslamp sirgendab pingegraafiku kõverust?

T.: Lihtsalt painutades teda vastassuunas. Tõepoolest, võta arvesse, Huviste, et tuleb osata kasutada mitte üksnes inimeste voorusi ja esemete hüvesid, vaid ka nende puudusi ja pahesid. Mis võib olla ebameeldivam kui lamp, mille tunnusjoon pole küllalt sirge ja mis seepärast deformeerib võimendatavat pinget? Kuid meie juhul muutub see puudus vooruseks.

H.: Mõistan, mis toimub. Võtame sellise lambi, mille anoodvoolu-võrepinge tunnusjoon on kõver. See on üks meie vanadest headest tuttavatest: muudetava tõusuga lamp, mille tõus suureneb, kui negatiivne võre-eelpinge väheneb. Seega, mida tugevam on tüürvõrele rakendatav signaal, seda rohkem teda lambis võimendatakse. See on just see, mida vajame oma saehamba eksponentkõvera sirgendamiseks, mis harjale lähenemisel teatavasti üha rohkem kõverdub.




Joonis 42. Eksponentsiaalse saehamba lineariseerimine mittelineaarse tunnusjoonega võimenduslambi abil: *a* — lambi tunnusjoon; *b* — võimendamisele kuuluv pinge; *c* — lambi anoodvool.



T.: Vaata väikest graafikut (joonis 42). Sellelt näed selgesti, kuidas pinge saehambad lineariseeruvad (muutuvad sirgeteks). Kui lambi tunnusjoon ja pinge saehammas on sümmeetrilised, siis osutub vastastikune kõveruse kompenseerumine praktiliselt täiesti rahuldavaks. Lambi võre-eelpinge muutmisega saab alati valida kasutamiseks tunnusjoonest sellise lõigu, mille kõverus oleks just sobiv saehammaste mittelineaarsuse kompenseerimiseks.

Laialdaselt on levinud lineariseerimisskeemid, kus kasutatakse rohkem või vähem keerulisi negatiivse tagasisidestuse ahelaid. Üldiselt on see jäänud probleemiks, millele täiesti ammendavat lahendust ei ole seni leitud.

H.: Kardan, et käes on jälle paras aeg teatada mulle, et televisioonis ei kasutata iialgi ei türatronidega hälvitusgeneraatoreid ega lineariseerivaid võimenduslampe.

T.: Rahustu, nii ühed kui ka teised leiavad seal kasutamist.

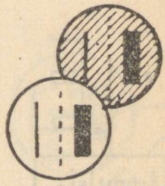
Kui eelnenud vestlus puudutas põhiliselt gaaslahenduslampidega (türatronidega) laotusgeneraatoreid, siis käesolevas vestluses analüüsitakse mitmesuguseid vaakuumlampidega laotusgeneraatorite skeeme. Nende tundmaõppimine nõuab Huvistelt (nagu ka lugejalt) küllaltki pingsat tähelepanu. Tõepoolest tuleb mõnikord jälgida mitme voolu ja pinge samaaegset muutumist, mis pole alati lihtne, kuid tänu sellele omandatakse järgmised mõisted:

**kondensaatori tühjendamine läbi vaakuumlambi, blokeergeneraator, tema talitlusfaasid, hälvituslülitused blokeergeneraatoriga, multivibraator, ristkülikulise kujuga võnkumine, katoodsidestuses multivibraator, hammaspinge formeerimine.**

# 7. VESTLUS

## LAOTUSGENERAATORID VAAKUUMLAMPIDEGA

### Huviste leiutatud laotusgeneraator



**Huviste**: Järgimata kindlakskujunenud traditsiooni, kinnitasid möödunud vestlust lõpetades, et türatronidega hälvitusgeneraatorid on väga õnnestunud ja nad on televiisorites kasutusel.

**Targaste**: Nii see on, vaatamata gaaslahenduslampide lühemale talitluseale võrreldes vaakuumlampidega. Kuid pean sulle siiski tunnistama, et kaasaegsetes televiisorites neid ei kasutata.

**H.**: Ära mõtle, et põhjustad mulle nüüd meelehärma, kallis Targaste. Olen kindel, et saab toime tulla ka nende gaaslahenduslampideta. Vaakuumlambid võiksid ju suurepäraselt täita neidsamu funktsioone. Koostasin erakordselt lihtsa skeemi, mis pühib maamunalt kõik türatronid.



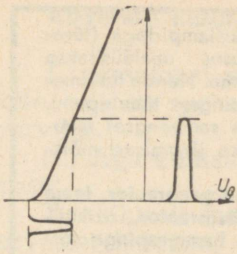

**T.**: Ma tahaksin väga sellega tutvuda, kuid hoiatan, et juba ammu enne sind on välja nuputatud palju vaakuumlampidega laotusgeneraatorite skeeme.

**H.**: Jällegi on kahju, et ma ei sündinud sada aastat varem. Mul pole enam lihtsalt midagi leiutada! ... Kuid siiski, siin on laotusgeneraator «tüüp Huviste». Selles on kasutatud vaakuumlampi — suure tõusuga trioodi, mille tunnusjoon on anoodvoolu tekkimisele vastava punkti läheduses kõver. Järelikult, kui lambi eelpinge on valitud selliselt, et anoodvool katkeb, kutsub positiivne impulss võrel esile teatava tugevusega anoodvoolu (joonis 43).



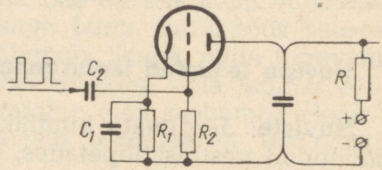

**T.**: Ma taipan, kuhu sa tüürid.

**H.**: See pole ju raske. Minu skeemis (joonis 44) on, nagu türatroniga skeemiski, takistist $R$ ja kondensaatorist $C$ koosnev laadimisahel. Tühjendamisahel moodustub trioodi vahemikust katood-anood. Normaalselt on tänu takistile $R_1$ (mis on sillatud kondensaatoriga $C_1$) trioodi võrel loodud just selline eelpinge, mille puhul anoodvool võrduks nulliga. Kuid kondensaatori $C_2$

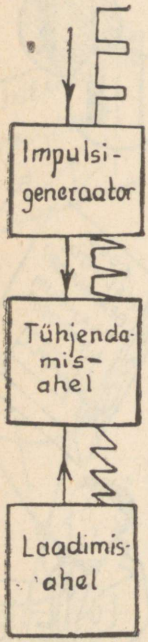



Joonis 43. Anoodvool, mis tekib lambi võrele antud positiivse impulsi toimel.

kaudu juhin võrele positiivse polaarsusega sünkroniseerimisimpulsid. Iga impulsi saabumisel tekib anoodvool, andes kondensaatorile $C$ võimaluse kiiresti tühjeneda. Mida sa sellest arvad? Eks sa esitad muidugi hulgaliselt vastuväiteid...




Joonis 44. Hälvitusseadis «tüüp Huviste», kus kondensaatori $C$ tühjenemine toimub vastavalt eelmisel joonisel kujutatud põhimõtetele.




**T.**: Hoopiski mitte, Huviste. Sinu skeem võib täiesti rahuldavalt töötada tingimusel, et vastuvõtjast saadavad sünkroniseerimisimpulsid oleksid küllaldase amplituudiga. Nii on see juhul, kui vastuvõtja on paigutatud saatja lähedusse. Kui aga saatja on kaugel, siis ei osutu vastuvõetava signaali pinge püsivaks, laotusgeneraatori kondensaatori tühjenemine hakkab toimuma erineva kiirusega ja saadav kujutis osutub moonutatuks. Lisaks sellele katkeb vastuvõetava signaali puudumisel kujutise laotus ja kestvalt paigal püsiv helendav täpp rikub vastava koha ekraanil.

**H.**: Kui ma õigesti aru sain, on mu idee siiski midagi väärt?

**T.**: No muidugi, Huviste, su skeem on täiesti kasutatav. Kuid ainult selle asemel, et kutsuda tühjenemist esile sünkroniseerimisimpulsside abil, mida antakse vahetult lambi võrele, oleks parem kasutada spetsiaalselt formeeritud positiivseid impulsse, mille amplituud oleks konstantne ning hõlpsasti reguleeritav ja mis oleksid vastuvõetavate impulssidega tarvilikul viisil sünkroniseeritud.

### Vana skeem uut ülesannet täitmas

**H.**: Üldiselt sa nähtavasti soovid, et töö teadusliku organiseerimise põhimõtted võidaksid, ja jaotad selleks otsustavalt ülesandeid. Laadimisahel, mis koosneb takistist ja kondensaatorist, teeb oma osa tööst. Lamp täidab tühjendamisahela ülesannet. Mingi salapärane seadis mõjutab selle võret positiivsete impulssidega,

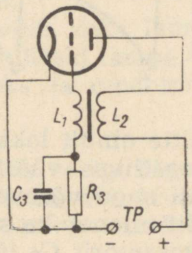
et vallandada tühjenemisprotsessi. Ja lõpuks tüürivad sünkroniseerimisimpulsid nimetatud seadise poolt toodetud impulsside rütmi täpsust.

**T.**: Jah, olukord on just selline. Ja et see salapärane seadis, millest oli juttu (nimetame seda impulsigeneraatoriks), tekitab oma impulsse ka sõltumatult sünkroniseerimisimpulsside olemasolust, siis isegi mõnede sünkroniseerimisimpulsside kaotsimineku korral — näiteks vaibumisnähtuse toimel laine levimisel — ei muutu televisioonikujutise laotuse rütm kuigi palju. Kujutise laotumine jätkub isegi telesaate puudumisel.

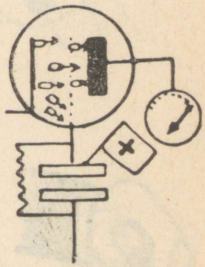



**H.**: Ent kuidas toota neid perioodilisi impulsse?

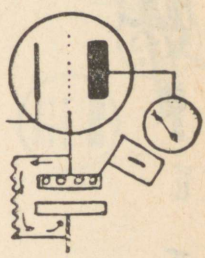
**T.**: Näiteks blokeergeneraatori abil. Siin on tema skeem (joonis 45).



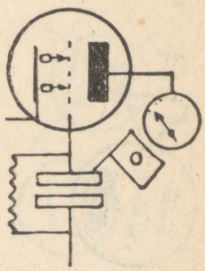

Joonis 45. Blokeergeneraatori skeem.



**H.**: Kuid, kallis Targaste, mida sa ometi joonistad? See on ju vana tuttav! Ma tunnen ära kõige klassikalisema generaatori, millel on tagasisidestusmähis anoodahelas ja takistiga sillatud kondensaator võreahelas. Sa lihtsalt vahetasid võremähise ja võrekondensaatori asukohad, kuid see ei muuda ju midagi, sest nad on ühendatud järjestikku. Sa oled mulle tema talitlust juba põhjalikult seletanud. Ja ma tean, et ta genereerib siinusvõnkumist, aga hoopiski mitte impulsse.



**T.**: See oleneb lülitusdetailide elektrilistest suurustest. Impulsside saamiseks kasutatakse võreahelas sellise mahtuvusega kondensaatorit $C_3$ ning sellise takistusega takistit $R_3$, mis oleksid siinusvõnkumise generaatoris tarvitatavatest tunduvalt suuremad. Võre- ja anoodmähise vaheline induktiivsidestus peab olema väga tugev.



**H.**: Ma ei mõista, miks isegi nendes tingimustes pole võimalik saada kauneid sinusoide. Kui anoodahelas tekib vool, muutub võre potentsiaal mähiste $L_1$ ja $L_2$ induktiivsidestuse mõjul positiivsemaks, mis muidugi suurendab anoodvoolu . . .

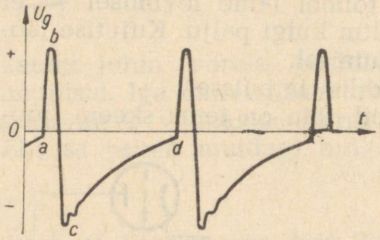
**T.**: Katkestan sind, sest sinu arutelu, mis seni oli õige, ähvardab muutuda ekslikuks, kui sa hakkad seda edasi arendama. Ära unusta, et sidestus mähiste $L_1$ ja $L_2$ vahel on väga tugev. Võre muutub järelikult positiivseks väga kiiresti. Seepärast hakkab ta tõmbama katoodilt emiteerunud elektrone.

**H.**: Kas ta ei hakka järsku uskuma, et on muutunud anoodiks?

**T.**: Üsnagi tõenäoliselt. Tõsiasi on selline, et elektronid laevad kondensaatorit $C_3$, mille mahtuvus tagab neile ideaalse ulualuse.

**H.**: Miks nad ei tõtta sealt kärmesti katoodile, tekitades võrevoolu?

**T.**: Nii see toimubki, kuid tänu takisti $R_3$ suurele takistusele üksnes vähesel määral. Sa ju näed (joonis 46), et võre potentsiaal pärast kiiret tõusmist (pingekõvera punktist *a* kuni punktini *b*)




Joonis 46. Pinge kuju blokeergeneraatori lambi võrel.

mitte ainult lakkab olemast positiivne, vaid isegi küünib teatava negatiivse väärtuseni (*c*). Anoodvool sellel momendil puudub (nii nagu võrevoolgi). Lamp osutub lukustatuks ehk blokeerituks (siit tuleneb ka seadise nimetus). Nüüd ei takista enam miski kondensaatorit $C_3$ tühjenemast läbi takisti $R_3$, mis tasapisi viib võre potentsiaali nullini (pingekõvera punktist *c* punkti *d*). Sellel hetkel ilmub anoodvool taas . . .



**H.**: . . . ja kõik algab uuesti. Üldiselt on meil tegemist võre potentsiaali järsu positiivse hüppega, mis moodustab selle, mida nimetad impulsiks; talle järgneb negatiivne osa, mis on võrratult kestvam ja täiesti kasutu.

**T.**: Näen, et sa said minu selgitusest hästi aru.

### Lihtsustamiselt lihtsustamisele

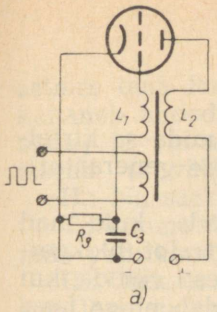
**H.**: Aga kuidas blokeergeneraatorit sünkroniseeritakse?

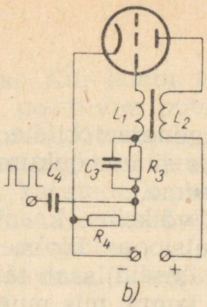
**T.**: Selleks antakse võrele positiivsed sünkroniseerimisimpulsid, mis soodsal hetkel kutsuvad esile blokeergeneraatori sama polaarsusega impulsi. Kui me juba hakkasime kõnelema sünkroniseerimisest, siis peab sulle ütlema, et impulsside sisestamiseks blokeergeneraatorisse on palju võimalusi (joonis 47); neid võib juhtida lambi võreahelasse kolmanda mähise abil, mis on võremähisega induktiivselt sidestatud, või ka vahetult kondensaatori kaudu lambi võrele, kuid ainult mitte $L_1$ ja $R_3$ ühenduspunktis, või lõpuks ka kondensaatori $C_4$ kaudu, mis on ühendatud võreahelasse katoodi poole ühendatud takisti $R_4$ ülemise otsaga.



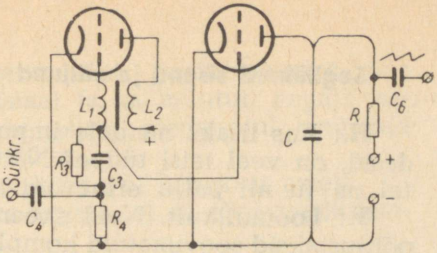
**H.**: Kui kasutada viimast meetodit, siis arvan, et blokeergeneraator koos tühjendamisahelaga näeb välja nii (joonis 48).

**T.**: Sinu skeem on täiesti õige.



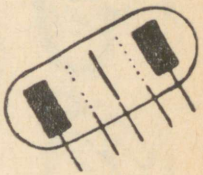

Joonis 47. Kaks meetodit sünkroniseerimisimpulsside sisestamiseks: *a* — trafosidestus; *b* — mahtuvussidestus.




Joonis 48. Kahelambiline blokeergeneraatoriga hälvitusseadis.

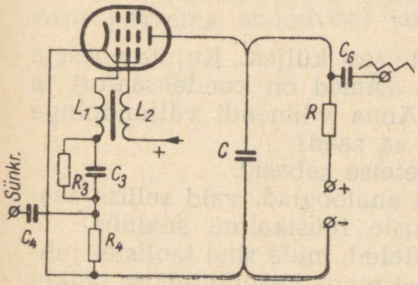
**H.**: Kuid teda ei saa siiski eriti lihtsaks pidada.

**T.**: Jah, ta polegi kõige lihtsam. Praktikas võib kaks lampi asendada ühega, milles on kaks trioodsüsteemi. Selliseid lampe — kaksiktrioode — valmistatakse ruumi säästmiseks ja omahinna vähendamiseks.

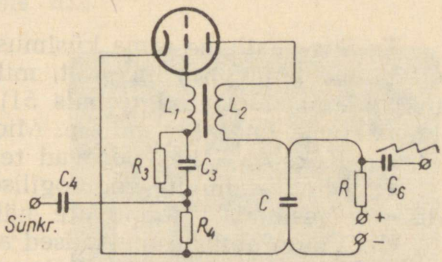


**H.**: Kuid see ei lihtsusta ju skeemi.

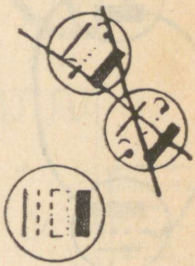
**T.**: Kui sa seda nii kangesti nõuad, võib toimida veelgi lihtsamini ja asendada kaks lampi ühe pentoodiga (joonis 49). Niisuguses blokeergeneraatoris kasutatakse anoodina lambi varivõret.




Joonis 49. Kaks lampi jooniselt 48 on koondatud üheks pentoodiks.

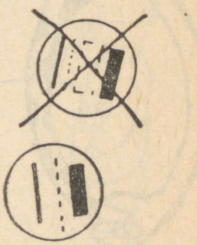



Joonis 50. Pentood jooniselt 49 on kaotanud kaks võret ja muutunud trioodiks.



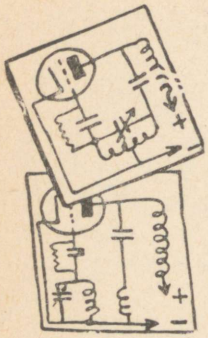
Katoodi ja tegeliku anoodi vahemikku kasutatakse endiselt kondensaatori *C* tühjendamiseks; seda kutsuvad esile lühikesed positiivsed impulsid, mis perioodiliselt saabuvad võrele.

**H.**: Kui juba niiviisi, kas siis ei saaks pentoodi asendada lihtsa trioodiga, kui ühendada varivõreahel anoodiga ja paigutada anoodmähis $L_2$ järjestikku laadimisahelasse?



**T.**: Sageli toimitaksegi nii (joonis 50). Kuid piirdugem sellega, sest kui sa kavatsed jätkata samas vaimus, siis jõuad äkki välja nii kaugele, et formeerid laitmatut hammaspinget lihtsalt taskulambipirni abil . . .

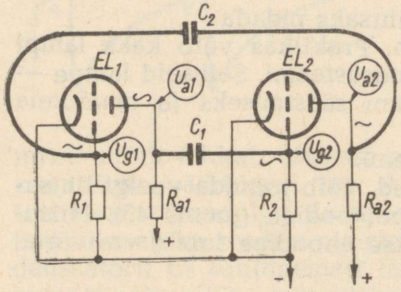
## Segiläinud sisend ja väljund



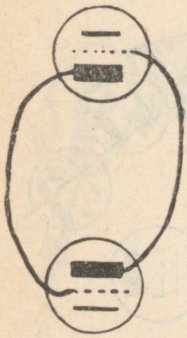
**H.**: Kas lisaks nendele impulsigeneraatoritele, mida sa kirjeldasid, on veel teisi tüüpe? Näiteks siinusvõnkumise generaatoritel on ju nii palju erinevaid skeeme.

**T.**: Loomulikult. Neid skeeme võiksime kasutada, kuid nad põhjustaksid soovimatuid komplikatsioone. Blokeertrafot (blokeergeneraatori tugevasti sidestatud mähiseid) saab täiesti vältida, kui tagasisidestamiseks kasutada teist lampi, mis muudab pinge faasi vastupidiseks. Sellisel juhul on see pinge esimese lambi sisendisse juhtimisel õiges, võnkumist toetavas faasis.

**H.**: Päris mõistetav see mulle veel pole.




Joonis 51. Kahelambiline võimendi, mille väljund ja sisend on sidestatud, moodustab multivibraatori. Väikesed siinusjooned kujutavad pingete faase.



**T.**: Siis vaatleme sama küsimust teisest küljest. Kujuta enesele ette kahe lambiga võimendit, mille astmed on kondensaatori ja takisti abil sidestatud (joonis 51). Anna võimendi väljundpinge tagasi tema enese sisendisse. Mida sa saad?

**H.**: Kaks ussi, kes purevad teineteise sabasid.

**T.**: Mind ei huvita zooloogilised analoogiad, vaid sellise seadise pingestamisel toimuvate nähtuste füüsikaline analüüs.



**H.**: Võtan abiks samalaadsed arutelud, mida sina taolistel juhtumitel tavaliselt kasutad. Oletame, et pinge sisselülitamise hetkel kasvab lambi $EL_1$ anoodvool. Koos sellega suureneb ka pingelang anoodtakistil $R_{a1}$ ning pinge anoodil $U_{a1}$ väheneb samavõrra. Sidestuskondensaatori kaudu antakse see pinge kahanemine edasi lambi $EL_2$ võrele, vähendades selle pinget $U_{g2}$. Kuna võre muutub negatiivsemaks, väheneb lambi $EL_2$ anoodvool. Järelikult kahaneb pingelang takistil $R_{a2}$ ja pinge selle lambi anoodil $U_{a2}$ suureneb. Sidestuskondensaatori kaudu juhitakse see pinge suurenemine esimese lambi võrele, mille toimel tema võre positiivne potentsiaal ja järelikult ka anoodvool suurenevad.

**T.**: Sa näed, et kõik need nähtused toimuvad samaaegselt. Peale selle on väga oluline täheldada, et võimendi väljundpinge ainult soodustab neid nähtusi, mis toimuvad sisendis. Teisiti kõneldes: impulsi polaarsus väljundis ja sisendis langevad ühte. Ja see on täiesti loomulik. Nimelt muudab signaal kummaski võimendus-

astmes oma faasi. Kui lambi võre muutub positiivsemaks, siis kahaneb anoodi positiivne potentsiaal (s. o. muutub negatiivsemaks) ja vastupidi. Järelikult kahe astme olemasolul langevad sisend- ja väljundsignaali faasid ühte.

**H.**: Nii saaks kasutada ka nelja, kuut või kaheksat astet?

**T.**: Loomulikult. Kuid siis võiks arvata, et sa oled raadiolampide vabrikandi sinasõber . . .

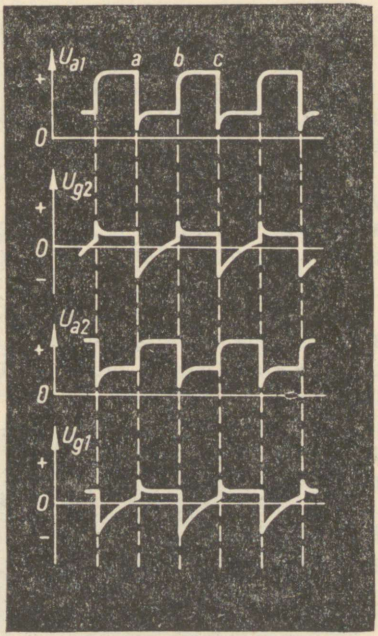
**H.**: Oleksin soovinud ikkagi teada, kas esimese lambi vool kasvab lõpmatuseni.

**T.**: Loomulikult mitte, sa ei riski ju põletada kaitsmeid läbi. Esimese lambi anoodvoolu kiire kasv annab teise lambi võrele kõrge negatiivse potentsiaali ja viib selle anoodvoolu nullini (joonisel 52 hetk *A* kõveratel $U_{a1}$, $U_{g1}$, $U_{a2}$, $U_{g2}$). Sellest momendist ei saa enam miski esile kutsuda lambi $EL_1$ võre positiivse potentsiaali suurenemist; see säilitab oma suuruse. Selle lambi anoodvool osutub üsna suureks, kuid pinge tema anoodil madalaks. Negatiivselt laetud kondensaatori $C_1$ kohta saab öelda, et ta hakkab tühjenema läbi takisti $R_2$ (lõik *AB* kõveral $U_{g2}$).

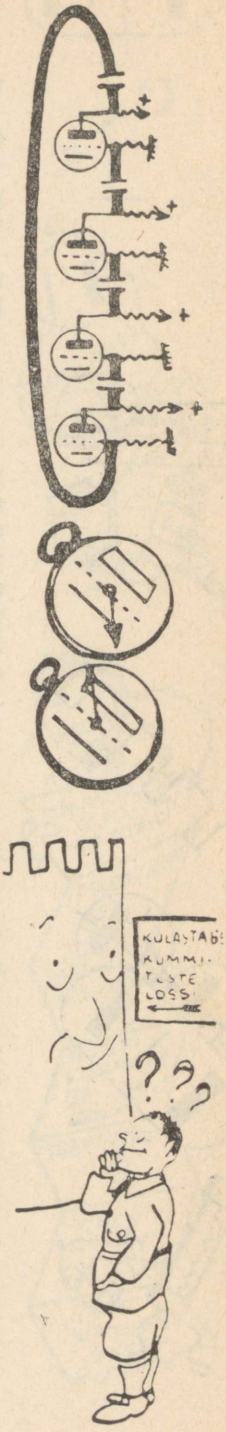
**H.**: Tunnistan, et mul on raske jälgida nii paljusid samaaegselt toimuvaid nähtusi.

**T.**: Ma mõistan sind. Kuid arvan, et minu joonestatud kõverad peaksid arusaamist hõlbustama.

**H.**: Kui kondensaator $C_2$ on tühjenenud, tekib ja hakkab kiiresti kasvama anoodvool lambis $EL_2$.




Joonis 52. Graafik, mis võimaldab hõlpsalt jälgida pingete samaaegset muutumist joonisel 51 kujutatud multivibraatori lampide elektroodidel.



T.: Just nii. Ja samal ajal (punkt *B* kõveratel) on lamp $EL_2$ nendes tingimustes, nagu oli lamp $EL_1$ hetkel *A*.

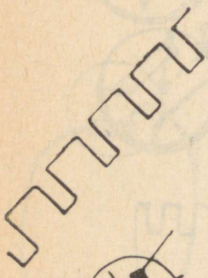
H.: Teisiti kõneldes, pinge $U_{a2}$ langeb, sidestuskondensaator $C_2$ annab selle vähenemise edasi lambi $EL_1$ võrele, mille anoodvool kahaneb nullini; see aga omakorda põhjustab tema anoodpinge suurenemise ning vastavalt ka lambi $EL_2$ võrepotentsiaali suurenemise.

T.: Peatu, Huviste, sest meie multivibraator ei peatu. Sellise nimetusega generaator toodab erikujulist perioodilist pinget. Kummaski lambis korduvad üks poolperiood kestva intervalliga täpselt samasugused nähtused, nagu seda näitab ka pinge- ja voolukõverate tähelepanelik vaatlemine. Kord üks, siis jällegi teine lamp juhib vaheldumisi voolu ning lukustub.




H.: Kuid meie multivibraator ei anna hammaspinget.

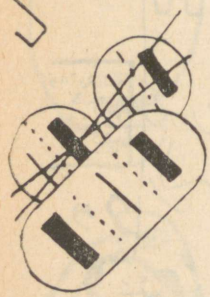
T.: Jah, nii see on: tema lampide anoodidelt võib saada pigemini ristkülikulise pinge. Selline võnkumine leiab rohket kasutamist, muuhulgas ka televisioonitehnikas ja veelgi enam elektrotehnikas üldse. Positiivsed ja negatiivsed poolperioodid on kestuselt võrdsed, kui multivibraatori kummagi astme lülituselemendid on elektrilistelt suurustelt võrdsed. Kui nad teineteisest erinevad, siis on skeemi sümmeetria rikutud. Niiviisi võib saada lühikese kestusega impulsse, mida eraldavad suhteliselt pikad ajaintervallid. Nii võib toota sünkroniseerimisimpulsse.



### Tagasipöördumine saehammaste juurde

H.: Kas ei saaks ka multivibraatori mõlemad lambid asendada üheainsa kaksiktrioodiga, nagu see õnnestus blokeergeneraatori puhul?

T.: Loomulikult on see võimalik. Veelgi enam, kummagi astme vahelise sidestuse, mida tavaliselt toimetatakse kondensaatori $C_1$ abil, võib asendada sidestusega, mis tekib ühise takisti *R* ühendamisel kummagi lambi katoodahelasse (joonis 53).



H.: Ma ei mõista, kuidas takisti võib asendada kondensaatorit.

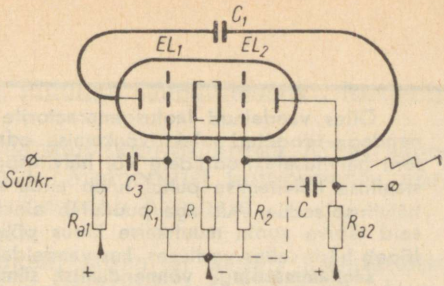
T.: Kuid oma läbinägelikkusele toetudes võid sa vaevata sukelduda katoodsidestuse saladusse. Siin on ju ometi nii, et ühe trioodi anoodvoolu suurenemine — ära unusta, et see vool läbib takistit *R* — suurendab pingelangu sellel takistil, muutes ta teise lambi võrega ühendatud otsa negatiivsemaks. Järelikult väheneb selle anoodvool. Ilmselt on sidestuskondensaatori mõju samasugune.



H.: Nüüd ma mõistan. Sealjuures järeldub skeemist, et trioodi $EL_1$ võre pole kuhugi ühendatud ja seepärast juhidki sünkroniseerimisimpulsid kondensaatori $C_3$ kaudu sellele elektroodile.

T.: Multivibraator sünkroniseerub väga hõlpsalt.

H.: Vabanda, Targaste, kuid hetkest, millal ilmnes, et su multi-




Joonis 53. Katoodsidestuses multivibraator. Kriipsjoonega on kujutatud see osa skeemist, mis võimaldab saada saehambakujulist pinget.

vibraator ei tekita hammaspinget, ei vaimusta mind enam tema muud voorused.

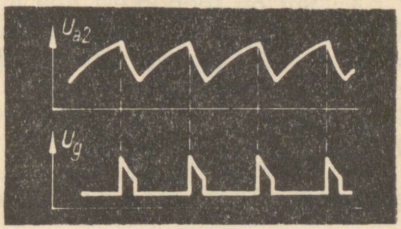
**T.**: Kui sa, Huviste, juba nii otsustavalt nõuad saehammastikku, siis võid ta ju ka saada (joonis 54). Selleks täienda skeemi kondensaatoriga *C* (vaata ühendust, mis joonisel 53 on kujutatud kriipsjoonega) multivibraatori ühe anoodi ja anoodtoiteallika negatiivse pooluse vahel. Täiendavalt olgu selle trioodi anoodtakisti $R_{a2}$ takistus tunduvalt suurem kui teise trioodi anoodtakisti $R_{a1}$ takistus. Ja sa saadki $R_{a2}$ otstel saehambakujulise pinge.

**H.**: Mulle näib, et taas algab vana lugu takisti $R_{a2}$ kaudu laetavast kondensaatorist *C*.

**T.**: Jah, see nähtus on olemuselt selline. Kuna takisti $R_{a2}$ takistus on suur, siis algul vool ei läbi trioodi $EL_2$. Kuid niipea, kui pinge kondensaatoril *C* küünib teatava kõrguseni, tekib lambi katoodi ja anoodi vahel vool, mis tühjendab kondensaatori *C*. Kuid samas pääseb valla terve laviin! Voolu tekkimisega trioodis $EL_2$ saab triood $EL_1$ ühise katoodtakisti *R* toimel negatiivse eelpinge. Selle anoodvool kahaneb ja tänu sidestusele kondensaatori $C_1$ kaudu kasvab trioodi $EL_2$ võrepotentsiaal, kiirendades tühjenemist. Kui kondensaator *C* on niiviisi tühjenenud, lakkab vool trioodi $EL_2$ läbimast ja kõik algab uuesti.

**H.**: Olgu pealegi. Kas tunnen nüüd juba kõiki seadiseid hammaspinge saamiseks?

**T.**: Oma suurimaks kahetsuseks pean sind kurvastama. Neid on õige rohkesti. Kuid türatroni, blokeergeneraatori ja multivibraatori näol oled tutvunud põhilistega nendest. Ülejäänud toetuvad juba vaadeldud põhimõtetele. See aga tähendab, et nendega tutvumine ei tekita sulle enam raskusi. Tänu sellele võime oma järgmises vestluses puudutada märksa paeluvamaid küsimusi, kui seda on laotusgeneraatorid.




Joonis 54. Pingete graafik parempoolsel anoodil ja katoodil kondensaatori *C* ühendamisel multivibraatori lülitusse vastavalt joonisele 53.

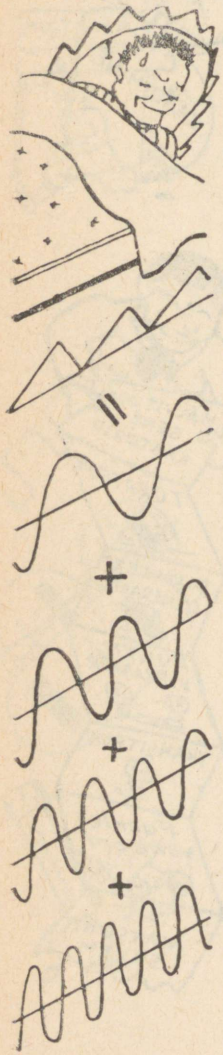


# 8.

## VESTLUS

Olles vaadelnud laotusgeneraatorite põhitüüpe, asuvad sõbrad uurima nendega toodetud elektrivõnkumise edasiandmise võimalusi elektronkiiretoru hälvituselektroodidele või hälvituspoolidesse. Nad näevad, et elektrostaatilise hälvitamise puhul tuleb anda sümmeetrilised signaalid kummalegi hälvitusplaadile. Mis aga puudutab elektromagnetilist hälvitamist, siis mähiseid läbiva voolu muutumise kiirus põhjustab teatavaid raskusi. Kuid kõik lõpeb hästi selles vestluses, kus vaadeldakse

**saehammaspinge võimendamist, sümmeetriliste pingete saamist, polaarsuse muutmist lambi abil, hälvitava magnetvälja tugevust, hälvituspoolide induktiivsust, voolu tugevnemist ja nõrgenemist, ülepingete kõrgust, väikese induktiivtakistusega poole, sobitustrafot, ettevaatusabinõusid isoleerimise osas, pildilaotust, parasiitvõnkumisi, summutusdioodi.**



### SAE HAMBAD TÖÖS

#### Võimendi, millel on kõik voorused

**Huviste**: Viimati, Targaste, kui me lahkusime, lubasid kõnelda paeluvamatest asjadest, kui seda on laotusgeneraatorid, mis jälgivad mind nüüd ka unenäos. Ma ei tea, mida sa kavatsed. Kuid ma ei oska seni enesele täpselt ette kujutada, kuidas saab saehambakujulist pinget anda elektrostaatilise hälvitusega elektronkiiretorude elektroodidele või elektromagnetilise hälvitusega torude poolidesse.

**Targaste**: Sul on õigus, Huviste. Nende amplituudist tavaliselt ei piisa, et sundida helendavat täppi liikuma üle kogu luminestseeriva ekraani. Seepärast tuleb neid pingeid võimendada.

**H.**: Aga see on juba üpris lihtne, sest kõne all on suhteliselt madala sagedusega pinged.

**T.**: Sa kiirustad otsuse langetamisega! Hälvituspinge põhisagedus ei ole tõesti kuigi kõrge. Kuid et selle pinge on sinusoidist väga erinev, sisaldab ta rikkalikult harmoonilisi sagedusi . . . Kas sa aga mäletadki veel, mida tähendavad harmoonilised sagedused?

**H.**: Loomulikult. Need on komponentvõnkumised, mille sagedused on põhisageduse täisarvkordsed.

**T.**: Sul on tõepoolest hea mälu. Saehambakujulised pinge- või vooluvõnked, mis on rikkad harmoonilistest sagedustest, nõuavad selliseid võimendeid, mis suudavad läbi lasta väga avara sagedusriba. Vastasel korral võime nõrgendada või hoopiski kaotada kõrgemate sagedustega harmoonilised komponendid, sellega sae hambaid deformeerides.

**H.**: Kui ma õigesti mõistan, siis selline võimendi, mis lõikab ära kõik kõrgemasageduslikud harmoonilised võnkumised ja

jätab alles ainult põhisageduse, muudab saehammastiku tõenäoliselt siinusjooneks?

**T.**: Just nii. Kuid sa vaatled äärmuslikku olukorda. Kõige sagedamini juhtub nii, et kõrgemaid harmoonilisi komponente nõrgendades võimendi vaid pisut ümardab hambaid.

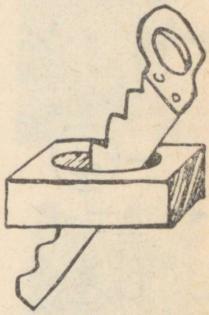
**H.**: Nii saame kulunud sae!

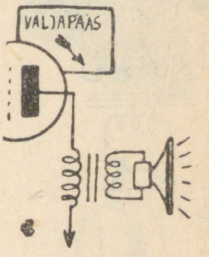
**T.**: Teisest küljest meenutaksin sulle, et sageli kasutatakse võimendit, milles teadlikult moonutatakse sae hammaste kuju, selleks et muuta vajalik osa eksponentkõverast sirgjooneks.

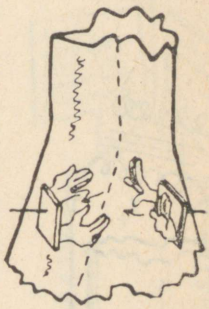
**H.**: Näen, et kiirustasin liigselt, kui kinnitasin, et laotusvõimendi on väga lihtne seade.

**T.**: Ta on tõesti lihtne. Kuid ülesanded, mida ta peab täitma, on mitmekülgsed. Ta peab võimendama, sealhulgas ka kõrgemaid harmoonilisi võnkumisi, ja sirgendama hammaste kõverust. Ja see pole veel kaugeltki kõik! Elektromagnetilise hälvituse puhul peab ta andma ka võimsust...

**H.**: ...nagu kõige tavalisem raadiovastuvõtja väljundaste, mis toidab valjuhääldajat. Õnneks on elektrostaatilise hälvituse puhul ülesanne tunduvalt lihtsam; võimendi peab andma üksnes suhteliselt kõrget pinget ilma nimetamisväärse vooluta ja järelikult ka praktiliselt võimsuseta.





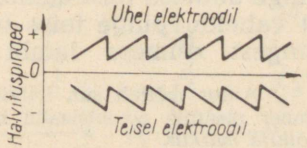



### Risti ja põiki

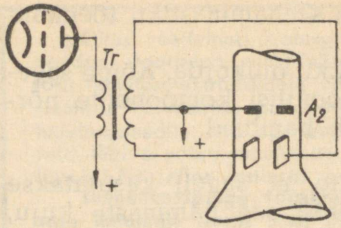
**T.**: Jah, kõne all on pingevõimendi. Kuid sellelgi juhul ei kujune ülesanne lihtsamaks, sest elektronkiiretoru hälvituselektroodide paarile tuleb anda vastandpolaarsusega pinged: samal ajal, kui ühe elektroodi potentsiaal suureneb (joonis 55), peab teise elektroodi potentsiaal vähenema, seejärel peavad mõlemad järsku omandama esialgsed lähteväärtused ja kõik peab algama uuesti.

**H.**: Kokku võttes, sel ajal kui parempoolne elektrood tõukab elektronkiirt ja valgustäppi endast eemale, tõmbab vasakpoolne teda enese poole ja niiviisi nende jõupingutused ühinevad... Kuid niisugusel juhul tuleb selliste pingete saamiseks tõenäoliselt kasutada kummagi elektroodipaari jaoks kombinatsiooni kahest sünkroniseeritud hälvitusgeneraatorist, mis annavad identseid, kuid vastandpolaarsusega pingeid? See läheb ju koletult keerukaks!

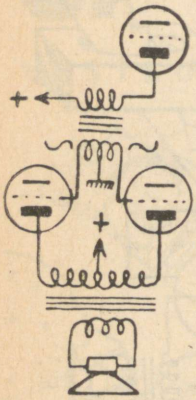
**T.**: Rahustu, Huviste: ka ühest hälvitusgeneraatorist võib ammutada kaks vastandpolaarsusega pinget. See küsimus pole




Joonis 55. Hälvitusplaatide paarile antavad pinged.



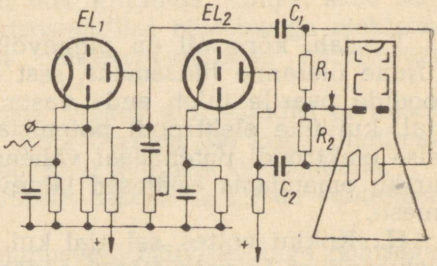

Joonis 56. Võimenduslambi ja hälvitusplaatide vahelise trafosidestuse harva kasutatav skeem. Teine anood ($A_2$) on ühendatud kõrgepingeallikaga.



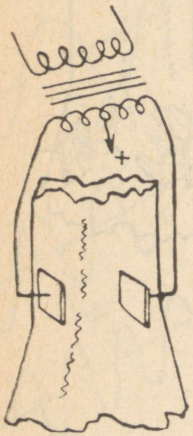

uus. Tuleta meelde, me oleme selle juba varem lahendanud, kui vaatlesime vastastaktvõimendeid. Sealgi pidime vastastaktastme kummagi lambi tüürvõrele andma võrdsed, kuid vastandpolaarsusega signaalid.

**H.**: Tõepoolest. Ja me leidsime lihtsa lahenduse lampidevahelise sidestustrafo näol, mille sekundaarmähisel on keskväljavõte.

**T.**: Seda kõlbab kasutada ka elektrostaatilise hälvitusega elektronkiiretoru puhul. Trafo primaarmähis (joonis 56) ühendatakse pingevõimenduslambi anoodahelasse. Sekundaarmähise mõlemad otsad, millel tekivad vastandpolaarsusega pinged, ühendatakse hälvituselektroodide plaadipaariga. Mähise keskväljavõte tuleb ühendada elektronkiiretoru viimase anoodiga, et anoodi ja hälvitusplaatide vahel ei tekiks potentsiaalide vahet[6].




Joonis 57. Hälvitusplaatide sümmeetriline pingestamine. Lamp $EL_1$ on võimendamiseks ja $EL_2$ pinge polaarsuse muutmiseks.




**H.**: Kas elektronkiiretorude hälvitusplaatide pingestamisel võiks pinge polaarsust muuta lambi abil?

**T.**: Iseenesestki mõista. Siin on tavaline skeem (joonis 57), kus esimene lamp toimib võimendajana, samal ajal kui teise ainsaks ülesandeks on muuta pinge polaarsust. Ühele elektronkiiretoru hälvitusplaadile antakse võimendatud vahelduvpinge vahetult esimese lambi anoodilt. Vastandpolaarsusega muutuv vahelduvpinge antakse teise lambi anoodilt teisele hälvitusplaadile. Selleks et vahelduvpinge teise lambi väljundis poleks kõrgem vahelduvpingest esimese lambi väljundis, vähendatakse teise lambi

[6] Autor mõtleb siin hälvitusplaadipaari keskmist a l a l i s potentsiaali, mille ümber plaatide potentsiaalid hälvitusvõnkumise taktis sümmeetriliselt kõiguvad. *Tõlkija märkus.*

sisendpinget pingejaguri abil. Kondensaatorite $C_1$ ja $C_2$ kaudu satuvad hälvitusplaatidele ainult saehambakujulise pinge vahelduvkomponendid. Nende elektroodide keskmine potentsiaal võrdub elektronkiiretoru viimase anoodi potentsiaaliga, sest mõlemad plaadid on takistite $R_1$ ja $R_2$ kaudu selle elektroodiga ühendatud.




### Huvistele tundub kõik lihtne

**H.**: Kõik see ei näi mulle eriti imelikuna. Kui juba oled raadioasjandusega hästi kursis, siis ei valmista televisioon erilisi üllatusi.

**T.**: Seda me veel näeme, kui asume magnetilise hälvituse skeemi vaatlema. Võimenduslamp peab siis andma ka teatavat võimsust. Tekitatav magnetväli sõltub nii hälvitusmähiste keerdude arvust kui ka voolust, mis neid läbib.

**H.**: Tean, Targaste. Ja ma olin väga rahul, kui sain teada, et praktikas iseloomustatakse magnetvälja amperkeerdudega, s. o. voolu ja mähise keerdude arvu korrutisega. Hakkaksin meelsamini kõnelema amperkeerdudest, kui sellistest mõõtühikutest, mille nimed on gauss või örsted ja mis mulle tõesti midagi ei ütle.

**T.**: Niisiis sa tead, et 1000 keerdu sisaldav pool, mida läbib vool 0,12 amprit . . .

**H.**: . . . tekitab magnetvoo tugevusega $0{,}12 \cdot 1000 = 120$ amperkeerdu.

**T.**: Samasuguse välja võiksime muide saada ka 200 keerdu sisaldava pooliga . . .

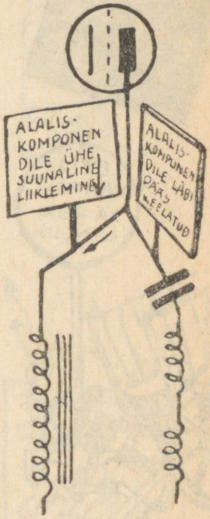
**H.**: . . . ja vooluga 0,6 amprit. Kuid kas need arvud vastavad ka millelegi konkreetsele televisiooni valdkonnas?

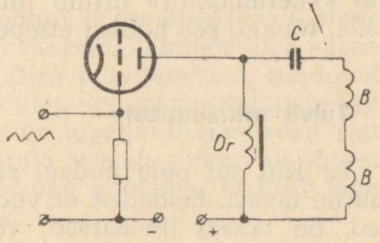
**T.**: Jah, sellesse suurusjärku kuulub umbes 110° hälvitusnurgaga kineskoobi jaoks tarvilik magnetväli.

**H.**: Kui ma mõistan seda õigesti, peab magnetväli muutuma nullist kuni 120 amperkeeruni, selleks et valgustäpp liiguks üle kogu ekraani.

**T.**: Selleks et täpp läbiks soovitud tee, peab 1000-keerulist pooli läbiv vool ühtlaselt suurenema nullist kuni 0,12 amprini, seejärel väga kiiresti langema nullini (et täpp tagastuks rea või pildi algusesse) jne.

**H.**: See ei pruugi olla raske. Tuleb vaid võtta küllalt võimas lamp. Siis ühendatakse hälvituspoolid tema anoodahelasse . . .




Joonis 58. Induktiivkoormusega võimendi skeem magnetilise hälvituse poolide *B* toitmiseks. Seda kasutatakse eelistatult vertikaalhälvituse (pildilaotuse) jaoks.

T.: ... ja anoodvoolu alaliskomponent loob sellise püsiva magnetvälja, et täpp hälbib kaugele ekraani serva taha ...

H.: See on tühine asi. Lambi ja kummagi hälvituspooli *B* sidestamiseks võiks kasutada näiteks induktiivpooli (paispooli) *A* ja kondensaatorit *C*, mis ei lase anoodvoolu alaliskomponenti hälvituspoolidesse (joonis 58).

T.: Suurepärane, Huviste. Aga mida sa hakkaksid peale poolis tekkiva eneseinduktsioonivooluga?

H.: Praegu ma ei taipa veel päris hästi, mida ta sealt otsib.

## Mõtteid eneseinduktsioonist




T.: Keskmiselt 1000 keerdu sisaldavate mähiste induktiivsuse võib lugeda ligikaudselt võrdseks 0,15 henriga. Voolu järsk muutumine tekitab nendes poolides eneseinduktsioonivoolu.

H.: Jah, õige, mulle meenub meie vana väljend: induktiivsus põhjustab vastumõju. Kui vool mähises muutub, sünnitab eneseinduktsioon oma voolu, mis toimib indutseeriva voolu muutustele vastu. Kui viimane suureneb, kulgeb indutseeritud vool vastupidises suunas. Kui aga indutseeriv vool väheneb, teeb indutseeritud vool kõik mis suudab, et teda säilitada ja seepärast kulgeb ta samas suunas.

T.: Sinu suurepärane mälu lihtsustab minu ülesannet tublisti. Sa mõistatad hõlpsasti, millest sõltub indutseeritud voolu põhjustava eneseinduktsioonipinge kõrgus.

H.: Arvan, et ta on võrdeline mähise induktiivsusega *L*.

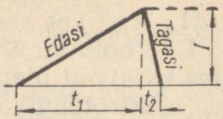
T.: Ja sa ei eksi. Kuid ta sõltub veel teisestki tegurist, nimelt voolu muutumise kiirusest, või mis põhimõtteliselt on seesama, ajast *dt*, mille jooksul vool muutub suuruse *di* võrra.



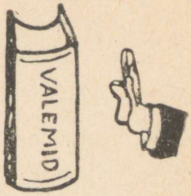

H.: Selge. Kui vool muutub väga aeglaselt, on see praktiliselt sama, nagu oleks ta alalisvool. Kuid vastupidi, mida kiiremad on muutused, seda tugevamat toimet avaldab induktiivsus. Kunagi sa võrdlesid induktiivsust täiesti õigesti inertsiga. Noh, see võrdlus jääb siingi kehtima. Kui raske koorma ette rakendatud hobune tõmbab seda üsna aegamööda, on kõik parimas korras. Kui aga hobune hakkab perutama, siis sel momendil, kui ta järsult püüab koormat edasi sikutada, ei liigu see peaaegu üldse paigast. Juhul kui «kaeramootor» üritab juba liikuma pandud koormat pidurdada, tõukab see hobust ettepoole. Ja tõuge võib olla väga tugev.

## Tulvil aritmeetikat

T.: Kui sul pole midagi selle vastu, pöördume oma mähiste juurde tagasi. Eeldades, et voolu saehambad, mis neid poole läbivad, on täiesti lineaarsed, võib öelda, et induktiivsuse toimel



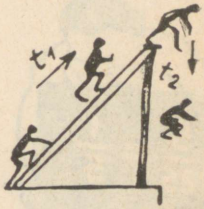

Joonis 59. Hälvitusvoolu periood, mis koosneb kiire edasiliikumisekestusest $t_1$ ja sellest tunduvalt lühemast tagasijooksukestusest $t_2$.




tekkiv pinge on seda suurem, mida lühem on voolu $I$ muutumise kestus $t$.

**H.**: Ma ei saa väita, et ma eriti armastaksin valemeid. Kuid arvan, et kui tähistada mähise otstel eneseinduktsioonist põhjustatud pinge tähega $u$, võiksin öelda, et

$$u = \frac{LI}{t}.$$




**T.**: Suurepärane, Huviste. Su valem on täiesti õige. Järelikult võid arvutada pinge induktiivsuse $L = 0{,}15$ H ja voolu $I = 0{,}12$ A puhuks.

**H.**: Kuid millega võrdub aeg $t$? Mulle näib, et tuleks ikkagi eristada kaht olukorda: suhteliselt kaua kestvat voolu kasvu ja tema kiiret kahanemist (joonis 59).



**T.**: See on õige. Võtame näiteks realaotuse. 25 pildi puhul sekundis ja 625 rea jaoks igas pildis on meil 15 625 saehammast sekundis. See tähendab, et iga rida kestab kõigest 0,000064 sekundit ehk 64 mikrosekundit, kusjuures täpi vasakult paremale edasiliikumine (hälvitusvoolu suurenemine) kestab 53 mikrosekundit ja tagasiliikumine 11 mikrosekundit. Nii ongi sul olemas kõik arvutuseks tarvilikud andmed. Püüa mitte eksida.

**H.**: Pinge, mis tekib elektronkiire edasiliikumisel,

$$u_1 = \frac{IL}{t_1} = \frac{0{,}12 \cdot 0{,}15}{0{,}000053} \approx 340 \text{ V}$$

ja pinge, mis tekib kiire tagasiliikumisel,

$$u_2 = \frac{IL}{t_2} = \frac{0{,}12 \cdot 0{,}15}{0{,}000011} = 1640 \text{ V}.$$




Kuid see on ju vapustav!

**T.**: Kõige üllatavam pole mitte taoline ülepinge, vaid asjaolu, et sa ei eksinudki arvutuskäigus.

**H.**: Arvan, et sul on õigus, kui nimetasid seda «ülepingeks». Ma poleks kunagi uskunud, et suhteliselt väike, ehkki kiire voolu muutumine võiks tekitada sellise tohutu eneseinduktsioonipinge.

**T.**: See pole veel midagi. Tuleb ju suurema läbimõõduga ekraaniga kineskoopide puhul kasutada kiire hälvitamiseks tunduvalt tugevamaid voolusid. Ja siis küünib ülepinge mitme tuhande voldini. Isegi meie juhul on ta arvutatust tegelikult tunduvalt suurem, sest saehammaste tõelisele kujule vastab tunduvalt kiirem voolu muutumine kui me aluseks võtsime, eeldades, et kiire tagasijooks toimub lineaarselt.

**H.**: Aga kas see ei muutu ohtlikuks?

**T.**: Voolu järskudest muutustest induktiivsusi sisaldavates ahelates tekkivad ülepinged kujutavad enesest üht suurimatest ohtudest elektrotehnikas! Selle nähtuse tulemusena on toimunud palju õnnetusi. Meie juhul viibivad hälvitusmähised väga keerukas olukorras. Nende üsnagi piiratud välismõõtmed ei luba neid mähkida küllalt paksu isolatsiooniga traadist. Tuleb rahulduda suhteliselt nõrga isolatsiooniga, mis võib ülepingele järele anda ja läbilöögi puhul põhjustada suurepärase tulevärgi.




## Huvistel on hüva idee

**H.**: Milline kurb perspektiiv! Kas poleks asjale kasuks, kui vähendada mähise keerdude arvu, samaaegselt voolu vastavalt suurendades, et tarvilik amperkeerdude arv säiliks?

**T.**: Muidugi võiks seda teha. Kuid mis sellest kasu oleks?

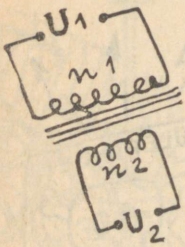
**H.**: Kui näiteks vähendada keerdude arvu viis korda, siis väheneks induktiivsus 25 korda. Järelikult, vaatamata sellele et voolu tuleks nüüd suurendada 5 korda, väheneks ülepinge lõppude lõpuks ometi 5 korda. Ja kõige tagatipuks saaks kasutada paremat isolatsiooni, sest 200 keerdu mahuvad nüüd kasutatavasse ruumalasse lahedamalt.



**T.**: Suurepäraselt välja mõeldud, Huviste. Ilmselt oled sa mõttesportlasena täna eeskujulikus vormis!

**H.**: Kuid ma näen ka üht raskust. Vähendades keerdude arvu 5 korda, peame suurendama voolu sama arv kordi. Ja see annab meile $0{,}12 \cdot 5 = 0{,}6$ A. Kust võtta niisugust lampi, mille anoodahelast saaksime sellist tugevat voolu.

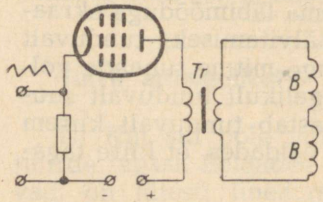
**T.**: On ka lihtsam võimalus. Kuna meil on nüüd 5 korda vähem keerde ja induktiivsus kahanes 25 korda, saame 5 korda suurema voolu ka siis, kui anname mähisele pinge, mis samuti on 5 korda väiksem.




**H.**: Oota, Targaste, minu pea läheb kirjuks.

**T.**: Mõtle ise, Huviste. Mähise induktiivtakistus väheneb 25 korda. Järelikult ühe ja sama pinge puhul hälvituspoolide mähiste otstel suureneb vool 25 korda. Seda on liiga palju! Vähenda pinget 5 korda ja saadki soovitud voolu.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$




Joonis 60. Võimenduslambi ja hälvituspoolide *B* vahelise trafosidestuse skeem.

**H.**: Nüüd ma mõistan. Kuidas aga pinget vähendada?

**T.**: Kas sa pole iialgi kuulnud esemest, mida nimetatakse trafoks?

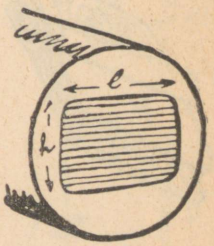
**H.**: Vabanda, kuid see vana tuttav ei meenunud mulle õigel ajal. Ilmselt annab pingemadaldustrafo meile ideaalse lahenduse (joonis 60). Selle abil saadakse sekundaarmähises nii mitu korda väiksem pinge, kui mitu korda vool on tugevam.

**T.**: Trafosidestust kasutatakse nii rea- kui ka pildilaotusgeneraatorites. Tõsi küll, pildilaotuse puhul kasutatakse viimase võimenduslambi anoodkoormusena ka induktiivpooli (joonis 58). Mõnikord asendatakse induktiivpool *A* isegi lihtsa takistiga.

### Ülepingete teised ebameeldivused

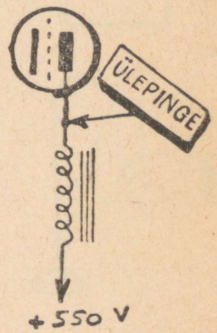
**H.**: Aga kas vertikaalhälvituse puhul ei tule karta ülepingeid?

**T.**: Tunduvalt väiksemal määral ja seda kahel põhjusel. Ühelt poolt on magnetvälja tarvilik muutumine siin mõnevõrra väiksem kui realaotuse puhul, sest kujutise kõrgus on väiksem kui laius. Järelikult on teekond, mille laotatav valgustäpp läbib ekraanil vertikaalsihis, lühem tema horisontaalsest ümberpaigutumisest.



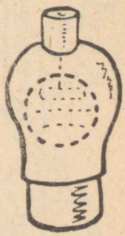

**H.**: Kuid vahe pole siin kuigi suur.

**T.**: Jah, muidugi. Nii on siin sootuks väiksemate ülepingete tekkimise peamiseks põhjuseks voolu muutumise tunduvalt väiksem kiirus. Kui horisontaalhälvituse jaoks tuleb tekitada tervelt 625 saehammast, on neid pildi laotamiseks ülerealaotuse puhul sama aja jooksul tarvis kõigest kaks. See näitab, et vertikaalhälvitusseadis ei vaja ülepingete seisukohalt erilisi ettevaatusabinõusid. Kuid horisontaalhälvituse protsessis tekkivad ülepinged muudavad kõik keerukaks, kaasa arvatud ka vastava võimendi talitluse.




**H.**: Ma ei mõista, milles on asi.

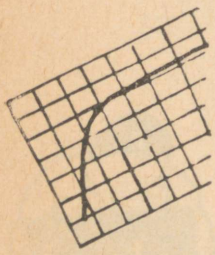
**T.**: Kas sulle pole selge, et ülepinged liituvad anoodpingega, olles sellega kord samasuguse, kord jällegi vastupidise polaarsusega, sõltumata väljundi lülitusviisist. Induktiivsidestuse puhul (joonis 58) läbib ülepinge kondensaatorit *C*. Trafoga skeemi puhul (joonis 60) transformeeruvad nad tagasi selle primaarmähisesse. On nüüd sul selle mõte selge?



**H.**: Sel ajal, kui vool kasvab, s. o. valgustäpi edasiliikumisel on eneseinduktsiooni vool anoodvooluga vastassuunaline ja takistab selle suurenemist. Järelikult vähendab elektronide juurdevoolamine anoodile samavõrra tema positiivset pinget. Meie hiljutises näites oli ülepinge 340 volti. Selleks et anoodile jääks tarvilik pinge, näiteks 100 V, on niisiis tarvilik, et tema toitepinge oleks vähemalt 440 V.

**T.**: Kogu su mõttekäik on täiesti õige. Vaatleme nüüd nähtusi, mis tekivad täpi tagasiliikumisel.

H.: Anoodvool peab järsult nõrgenema. Eneseinduktsiooninähtus hakkab sellele vastu toimima, tekitades tunduva voolu samas suunas ja viies elektrone anoodilt ära. Anood muutub niiviisi positiivsemaks. Ülepinge, mis ilmub elektrontäpi tagasiliikumisel, liitub anoodpingega. Meie juhul annavad 1640-voldine ülepinge koos 440-voldise toitepingega anoodil tervelt 2080 volti.



T.: Seepärast tuleb eelistatult kasutada lampe, mille anood on hästi isoleeritud. Eelistatakse neid, kus anood on välja toodud läbi ballooni klaasseina.

H.: Ma küsin eneselt, kuidas saab võimendi üldse töötada anoodpinge nii suure kõikumise juures. See vapustaks ka kõige vastupidavama lambi närve.

T.: Praktiliselt pole selle tulemusel ilmuvad moonutused eriti suured, kui kasutatakse lampe, mille anoodvool sõltub vähe anoodpinge suurest kõikumisest.




H.: See tähendab lampe, mille sisetakistus on suur, sest lambi see parameeter on juba definitsiooni kohaselt anoodpinge muutuse ja vastava anoodvoolu muutuse suhe.

T.: Sa hämmastad mind täna, Huviste. Kas oled juba hommikust söönud?

H.: Ainult karbi sardiine.

T.: See selgitabki kõik: fosfor! Hea küll, kui su ajud on täiesti laetud, kas võid öelda, millistel lampidel on suur sisetakistus?

H.: Loomulikult pentoodidel, kallis sõber! Kokku võttes, kui ma õigesti mõistsin, kasutatakse ridade hälvitamiseks pentoodiga võimsusvõimendusastet, mis on kineskoobi hälvituspoolidega ühendatud pingemadaldustrafo kaudu; kõik see peab nende vastikute ülepingete pärast olema hästi isoleeritud.

T.: Ära kõnele ülepingetest liiga halvustavalt. Edaspidi näed, et ka neid õnnestub üsnagi teravmeelsel meetodil kasutama hakata, et saada kineskoobi viimase anoodi toitmiseks tarvilikku kõrget pinget.

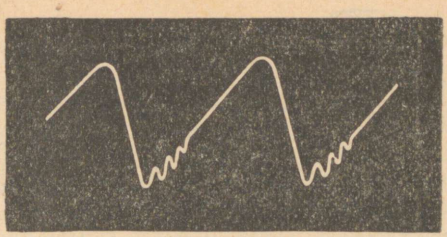
H.: Ei ole halba heata! . . .

T.: Kuna ülepinged, millest kõneleme, on pildilaotusgeneraatoris tunduvalt vähem ohtlikud, siis sellisel juhul ei takista miski pentoodi asendamast lihtsa induktiiv- või aktiivkoormusega trioodiga.

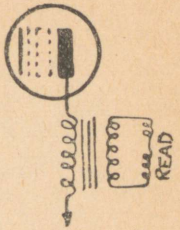
### Kustuvad võnkumised

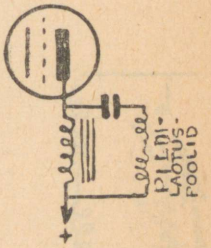
H.: Ma ei tea, kas kõnelen taas rumalust. Üks asi paneb mind hämmastama. Kuidas on see võimalik, et sellist suurt induktiivsust sisaldavas ahelas saab vool üldse muutuda nii kiiresti, nagu see on tarvilik realaotuse tagasijooksuks?

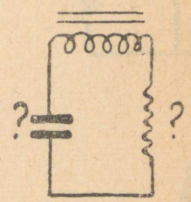
T.: Su küsimus on täiesti loomulik. Sa ju tead, et voolu kiire muutumise eest tuleb tasuda tunduva ülepingega, mida see põh-



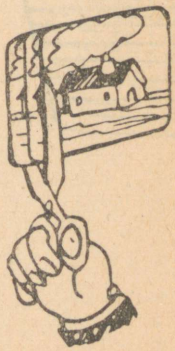
Joonis 61. Parasiitvõnkumine, mis moonutab hälvitusvoolu kuju.







justab. Me loome voolule võimaluse kiireks muutumiseks sel teel, et muudame ahela sumbuvuse väga väikeseks. Õigupoolest on see tõeline induktiivsusega, mahtuvusega ja takistusega võnkering.

**H.**: Kuid ma ei näe siin ei kondensaatorit ega takistit.

**T.**: Need pole lihtsalt skeemile välja joonestatud: nähtamatud skeemidetailid, mis aga iialgi ei puudu. Kas võid ette kujutada pooli, mille mähisel poleks ei takistust ega hajutatud mahtuvust?

**H.**: Palun vabandust, tunnistan, et hälvitusmähised ja samuti trafomähised omavad nii takistust kui ka hajutatud mahtuvust.

**T.**: Kui takistus pole liiga suur, saadakse kõige ehtsam võnkering. Elektronide kärmas liikumine valgustäpi tagasihälvitamise ajal hõlbustub siin erakordselt, sest see toimub otsekui osana võnkumisest võnkeringis.

**H.**: Küll see on hea! Loodetavasti katkeb võnkumine otsekohe pärast kiire tagasijõudmist.

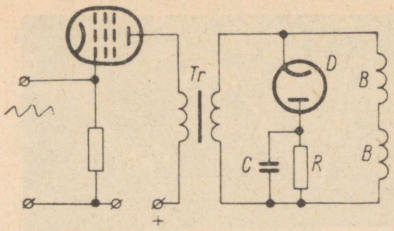
**T.**: Oh ei! See ongi medali teine külg. Kui elektronid pandi võnkeringis juba kord liikuma, peatuvad nad alles pärast mitut võnget, mis üha nõrgenevad, nagu seinakella pendel peatub pärast üksikut tõuget (joonis 61).

**H.**: Kuid mida tulusat saab sellest praktiliselt järeldada?

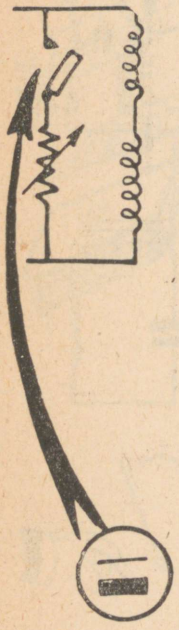
**T.**: Ei midagi head. Saehambale lisandub väike parasiitne sumbuv siinusjoonetaoline lainetus, mis pärast elektronkiire tagasiliikumise lõppemist hakkab häirima selle järgmise edasiliikumise algust. Selle asemel et hakata kujutise vasakust servast püsiva kiirusega paremale liikuma, hakkab valgustäpp ekraanil otsekui valssi tantsima (kolm sammu paremale, kaks vasakule, poolteist sammu paremale, üks vasakule jne.) ning alles pärast seda jätkab ühtlast edasisööstmist paremale. Need väikesed võnked muutuvad ekraani vasakus osas nähtavaks väga ebameeldivate püstjoontena, mis meenutavad kardina volte.

**H.**: Kas ütleksid, millist ravimit saab kasutada selliste parasiitsete võnkumiste vastu, mis minu arvates sarnanevad endaergutusega?

**T.**: Just nagu raadiotehnikaski, aitab sellisel juhul sumbuvus! See tähendab, et ahelast tuleb kõrvaldada küllaldane energiahulk, et võnkumine lakkaks. Nii ei saa parasiitvõnkumine ilmuda.




Joonis 62. Dioodi *D* ja takisti *R* järjestiklülitus summutab tarvilikul hetkel parasiitvõnkumise võnkeringis.



**H.**: Ja ma olen veendunud, et see energia neelamine usaldatakse takistile, mis ühendatakse rööbiti hälvituspoolidega.

**T.**: Tõepoolest, see on kõige lihtsam ja odavam meetod. Summutustakisti takistust järk-järgult vähendades läbib seda üha suurem vool. Niiviisi määratakse täpne takistus, mis on just küllaldane tarviliku sumbuvuse lisamiseks võnkeringi ja parasiitvõnkumise likvideerimiseks.

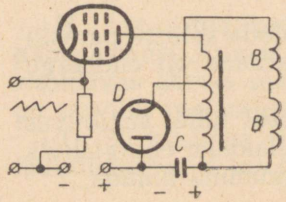
**H.**: Kahju, et takisti neelab energiat kogu perioodi vältel. Oleks imetore kasutada mingit kiirelt toimivat lülitit, mis tarvilikul hetkel ühendaks parasiitvõnkumise summutamiseks ahelasse takisti ja eemaldaks selle valgustäpi tagasiliikumise ajaks, et siis vähendada võnkeringi sumbuvust ja hõlbustada kiire tagasihälvitamist.

**T.**: Pole midagi lihtsamat, Huviste. Ühenda šunteeriva takistiga järjestikku sobivas suunas lülitatud diood, s. o. nii, et ta laseks voolu läbi negatiivsete poolperioodide ajal ja tõkestaks positiivseid (joonis 62). Sel puhul suureneb sumbuvus elektronkiire tagasiliikumise lõpu ja edasiliikumise alguse, s. o. «ohtliku» talitlusfaasi vältel.

**H.**: Tõesti erakordselt teravmeelne lahendus see sinu summutusdiood. Kuid milleks on dioodiga järjestikuse takistiga ühendatud rööbiti kondensaator *C*?

**T.**: Kondensaator säilitab läbi takisti tühjenedes teatava negatiivse eelpinge dioodi anoodil ja tänu sellele laseb diood voolu läbi ainult siis, kui pingeamplituud mähisel ületab selle eelpinge. Tänu sellisele tehislikule viivitusele säilitab ahel võnkeringi omadused mõnevõrra kauemaks. Seepärast pikeneb elektronkiire tagasiliikumise vältel võnkumise negatiivne poolperiood, mis tagab suurema amplituudiga laotuse. Sel viisil saab meie käsutuses olevat energiat tulusamalt rakendada.

**H.**: Tõtt öelda rahuldab see skeem mind ainult poolenisti.




Joonis 63. Realaotusseadise väljundastme skeem. Väljundtrafo asemel on kasutatud odavamat autotrafot, mis lisaks sellele tagab hea energiaülekande.

**T.**: Miks, mu sõber?

**H.**: Kas poleks võimalik vältida asjatut võimsuskadu takistis *R*?

**T.**: Sa kiirustasid asjatult ja ennetasid minu selgitusi. Kõikides kaasaegsetes televiisorites kasutatakse kondensaatoril *C* kujunevat pinget laotusgeneraatori väljundlambi anoodpinge suurendamiseks (joonis 63). Sel puhul toimib takisti *R* asemel väljundlamp ise. Skeemis toimub nüüd otsekui võimsuse taastamine, sest osa sellest võimsusest, mis varem takistil *R* asjatult hajus, kasutatakse ära. Hälvituspinge amplituud suureneb sealjuures märgatavalt ja väljundlambi tootlikkus paraneb.

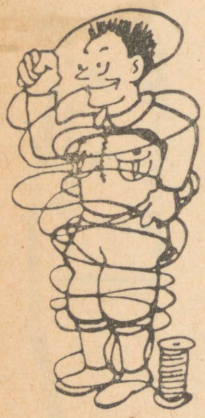
**H.**: Seevastu tunnen juba, et minu ajude tootlikkus hakkab langema, sest teda summutavad kõik need mõisted, mida pidin täna alla neelama ja milleks ta ei avaldanud vähimatki takistust.

# 9.

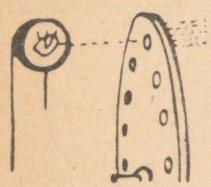
## VESTLUS

Jätnud ajutiselt kõrvale televisiooni vastuvõtu probleemi, vaatlevad Targaste ja Huviste meetodit, mille abil kujutis saateprotsessis muundatakse videosignaaliks. Selleks otstarbeks kasutatakse rohkesti eritüübilisi televisiooni-saatetorusid. Selle asemel, et uhkeldada oma eruditsiooniga neid kõiki loetledes, vaatleb Targaste ainult kõige tüüpilisemaid kaasaegseid saatetorusid. Seoses sellega puudutab ta järgmisi küsimusi:

**fotoelemendi valgustamise kestus, pideva ja katkendliku valgustamisega meetodid, laengute kogumine, ikonoskoop, valgustundlik mosaiik, elektronkommutaator, sekundaaremissioon, superikonoskoop, superortikon, elektronkordisti.**







### SAATJA POOLEL

#### Mikrosekundite vallas

**Huviste:** Kas tohin sulle midagi üles tunnistada, Targaste?

**Targaste:** Ära pelga, sõbrake.

**H.:** Tead, ma olen lausa kõrini laotusgeneraatoritest ja kõikidest hälvitamisega seotud küsimustest. Kas sa ei pea võimalikuks vestluse teemat muuta?

**T.:** Sama mõte oli minulgi. Me valmistasime ette pinna, et saaksime nüüd põhjalikult siirduda televisiooni põhiküsimuste juurde. Siiski oli tarvis sulle selgitada, millisel viisil toimub kujutise laotamine nii saate kui ka vastuvõtu puhul.

**H.:** Loodan ikkagi, et võime nüüd ometi hakata uurima vastuvõtjaid, sest ma tahan võimalikult kiiresti hakata enesele televiisorit ehitama. Ma juba ostsin osa materjale — 10 meetrit montaažitraati.

**T.:** Kardan, et kõik muu läheb tunduvalt kallimaks... Kas poleks parem enne vastuvõtutehnikale pühendumist pisut vaadelda, mis toimub saatja poolel?

**H.:** Tean, olen sellest ühes ajakirjas lugenud. Televisioonistuudioid valgustatakse nii võimsate prožektoritega, et näitlejad saavad päikesepiste ja nende näonahk hakkab kestendama.

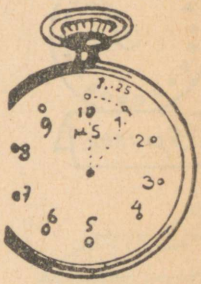
**T.:** Sinu ajakiri on iganenud. Üeldu kehtis televisioonitehnika alguspäevil. Kaasaegsed televisioonikaamerad on niisama tundlikud nagu inimsilmgi ning ei vaja nii intensiivset stuudio valgustamist.

**H.:** Kas vahepeal on õnnestunud suurendada fotoelementide tundlikkust?

**T.:** Tõtt öelda pole sellel alal olnud erilisi saavutusi. Kuid olemasolevaid fotoelemente on õpitud paremini kasutama. Selle asemel et valgustada neid ainult lühikese hetke vältel...

**H.:** Kuidas nii?

**T.**: Kas sa siis ei mäleta enam, et on olemas mehaaniline saatemeetod, millest jutustasin sulle meie teises vestluses. Fotoelement saab igal hetkel ainult seda valgust, mis läbi tema ees asetseva Nipkowi ketta augu tuleb kujutise ühest punktist. Järelikult, kui sellel meetodil õnnestuks kujutis laotada 625 reaks, siis saaks kasutada kujutise iga elemendi valgusvoogu pildilaotuse perioodist ainult kõigest 0,064 mikrosekundi vältel.



**H.**: Jah, seda pole tõepoolest kuigi palju. 25 kujutise puhul, mida sekundis üle kantakse, tuleb kujutise igalt punktilt ühe sekundi jooksul ainult 1,6 mikrosekundit kasulikku valgust.

**T.**: Tähendab, et süsteem, mis annab teoreetilise võimaluse kasutada valgust pidevalt, peaks olema nii mitu korda tundlikum, kui mitu korda 1,6 mikrosekundit mahub 1 sekundisse.

**H.**: Kui sa loodad mind eksitada, siis pettud. Kui üks sekund, s. o. miljon mikrosekundit, jagada 1,6-ga, siis saadakse 625 000.

**T.**: Tegelikult ei õnnestu selleni jõuda. Siiski muutub tundlikkus paremaks ligikaudu 100 000 korda.

**H.**: Meie aegadel ei saa loobuda isegi sellisest «tagasihoidlikust» tundlikkuse suurendamisest. Kuidas toimida, et kujutise iga punkt valgustaks fotoelementi pidevalt?

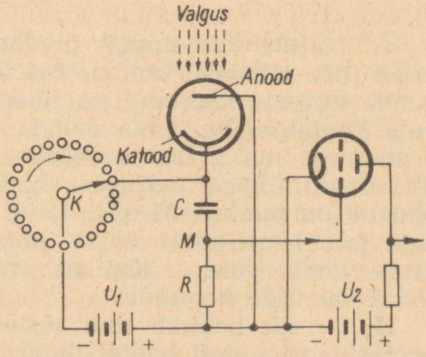
## Üks miljonite hulgast



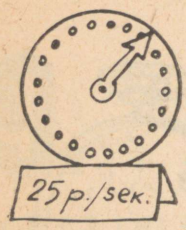

**T.**: Selleks ei kasutata hoopiski mitte ühtainsat fotoelementi, Huviste, vaid miljoneid! Ja objekti iga punkt valgustab tervet fotoelementide gruppi.

**H.**: Sa pilkad mind taas?

**T.**: Mitte põrmugi! Otsekohe näed, et see pole üldse ülepakkumine ja et miljonid fotoelemendid ei võta palju ruumi. Kuid enne, kui sellist tohutut fotoelementide kogust kasutama hakata, võtame nendest ühe (joonis 64) ja vaatleme tema talitluspõhimõtet. Fotoelemendi valgustundlikku katoodi valgustatakse p i d e v a l t.




Joonis 64. Skeem, mis illustreerib kujutise ühe elemendi heleduse ülekandmise meetodit.



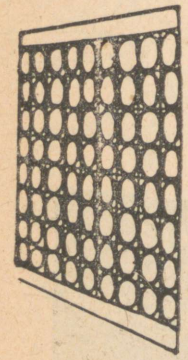

Sõltuvalt valgustatusest emiteerib katood suurema või väiksema hulga elektrone, mis tõmbuvad positiivse potentsiaaliga anoodile. Seepärast osutub kondensaatori $C$ ülemine plaat laetuks ...

**H.**: ... rohkem või vähem positiivselt, sest katood kaotas negatiivse laenguga elektrone.

**T.**: Ümberlüliti $K$, mille liugkontakt pöörleb 25 korda sekundis, ühendab fotoelemendi katoodi väga lühikeseks ajaks toiteallika negatiivse poolusega. Mis sel puhul toimub?

**H.**: Arvan, et kõrgepingeline toiteallikas $U_1$ annab siis voolu kondensaatori $C$ ülemise plaadi laengu täiendamiseks sellel puudujäävate elektronidega.

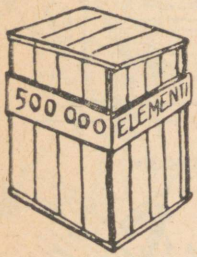
**T.**: Õige. Selle tulemusel ilmub elektronide vool, mis, lähtudes toiteallika negatiivselt pooluselt, jõuab läbi ümberlüliti $K$ kondensaatorile $C$, neutraliseerib selle ülemise plaadi positiivse laengu ja eemaldab niiviisi alumiselt plaadilt need liigsed elektronid, mis on sinna meelitatud teise plaadi positiivse laengu poolt. Need elektronid rändavad läbi takisti $R$ toiteallika positiivsele poolusele.



**H.**: Ma kujutan täpselt ette, kuidas sinu arutelu jätkub. Vool osutub fotoelemendi valgustatusele vastavalt kas tugevamaks või nõrgemaks. Takistil $R$ tekib pingelang; selle ühe otsa $M$ ühendamisel võimenduslambi võrega saame hakata võimendama signaalipinget, mis on võrdeline valgustatusega. Kuid kas siis võre ei omandagi kõrget positiivset potentsiaali?

**T.**: Tal on kõrge pinge toiteallika $U_1$ suhtes, mida kasutatakse ainult fotoelemendi jaoks. Kuid tal pole mingit pinget toiteallika $U_2$ suhtes, mis ongi kasutusel just võimenduslambi anoodahela toitmiseks. Lambi katood ja võre on täiesti normaalsel viisil ühendatud selle toiteallika negatiivse poolusega.

**H.**: Nõustun. Kuid mul pole selge, millise kavaluse teel õnnestub selliste fotoelementide abil kujutisi edasi anda.






### Miljonid fotoelemendid! Võimatu!

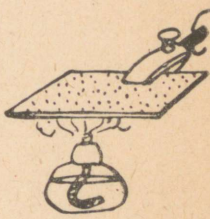
**T.**: Kujuta ette mingit pinda, mis on täielikult kaetud meie poolt juba lähemalt tundma õpitud fotoelementidega. Eeldame, et nende kõikide katoodid on ühendatud ümberlüliti $K$ paigalseisvate kontaktidega, mida mööda 25 korda sekundis liugleb selle lüliti liugkontakt. Lisaks eeldame veel, et iga selline katood on ühendatud ühega paljudest kondensaatoritest $C$. Nende teised plaadid on punktis $M$ ühendatud kokku ühe ja sellesama, kõikidele fotoelementidele ühise takistiga $R$ ning võimendi esimese astme lambi võrega. Kui me projitseerime oma kujutise nende fotoelementide kogumile ...

**H.**: ... siis hakkab sinu süsteem suurepäraselt töötama. Tõepoolest, igal antud hetkel ilmub punktis $M$ pinge, mille väärtus

on võrdeline sellel hetkel ümberlüliti *K* ahelasse ühendatud fotoelemendi valgustatusega.

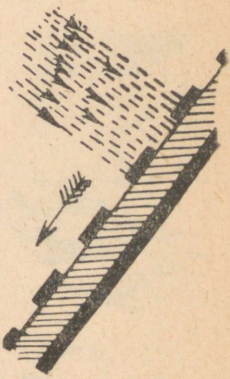
**T.**: Näen, et taipasid. Kuid kas annad enesele aru sellest, et valgus mõjutab kõiki fotoelemente pidevalt ja et saadud pinged kujunevad laengute kogunemise tulemusena kahe teineteisele järgneva tühjendamise vahemikus? Just see kogunemisnähtus annabki meie seadisele suure tundlikkuse.

**H.**: Kuid see on teostamatu! Ei saa ju tõemeeli kokku monteerida oma pool miljonit fotoelementi, sest vähemalt sellisel hulgal läheb neid tarvis kujutise laotamisel 625 reaks. Veelgi ebareaalsem oleks kujutada ette ümberlülitit, mis $^1/_{25}$ sekundi jooksul lülitaks ümber 500 000 kontakti. Kõik see, nagu sa ise hästi taipad, on lausa võimatu.



### Miski pole võimatu

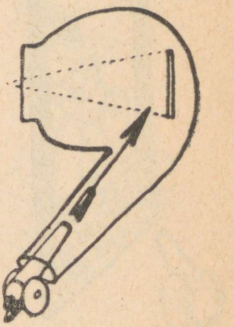
**T.**: Vaatamata kõigele on see Zworykini poolt suurepäraselt praktikasse rakendatud tema i k o n o s k o o b i s. Selle teravmeelse seadise südameks on valgustundlik mosaiik. Õhukesele vilkplaadile kantud mosaiik on valmistatud järgmisel viisil. Kõigepealt aurustatakse plaadile õhuke hõbedakiht. Seejärel kuumutatakse plaati, mistõttu kiht otsekui praguneb ja hõbekate jaguneb üksikuteks ülipisikesteks osakesteks, mis on üksteisest isoleeritud. Nende osakeste pinnad muudetakse tseesiumi pealesadestamise teel valgustundlikuks.



**H.**: Olen mõõteriistade korpustel näinud väga efektset lakki, mis lasti ahjus praguneda. Kuid pragunenud hõbe on minu jaoks midagi sootuks uut. Tähendab, selles peitubki võimalus miljonite pisitillukeste fotoelementide saamiseks.

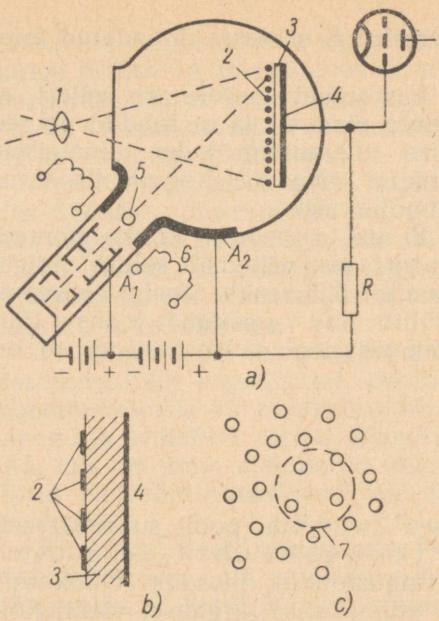
**T.**: Nojah. Niiviisi valmistatakse igatahes katoodid — nende fotoelementide kõige olulisemad osad. Valguse toimel katoodi mosaiigilt emiteerunud elektronid tõmbuvad täiesti tavalisele anoodile.

**H.**: Aga meie fotoelementide juurde kuuluvad kondensaatorid?



**T.**: See küsimus on siin lahendatud väga teravmeelselt. Osutub küllaldaseks katta vilkplaadi teine külg metallikihiga, nii et iga katood moodustaks koos selle ühise plaadiga vastava fotoelemendi jaoks individuaalse kondensaatori. Võib muuhulgas märkida, et katoodid ei tarvitse olla absoluutselt ühesuurused, sest ülekantava kujutise iga punkt on nendest siiski suhteliselt suurem ja mosaiigile projitseerituna hõlmab alati mitut elementaarset fotoelemendikest. Peale selle on individuaalsete kondensaatorite mahtuvused põhimõtteliselt võrdelised katoodi mosaiigi vastava elemendi pindalaga ja niiviisi ühtlustuvadki kujutise laotuse iga punkti kohta tulevad mahtuvused.

**H.**: See on tõeliselt oivaline! Ma juba aiman, et ümberlüliti,




Joonis 65. Ikonoskoop: *a* — lülitusskeem; *b* — märklaua ristlõige; *c* — mosaiigi valgustundlike elementide paiknemine (tegelikult on täpi mõõtmed mosaiigi osakestega võrreldes tunduvalt suuremad); *1* — objektiiv; *2* — mosaiik; *3* — viikplaat; *4* — metallist kattekiht, mis toimib anoodina; *5* — vertikaalhälvituspoolid; *6* — horisontaalhälvituspoolid; *7* — elektrontäpp.



mis peab tohutu kiirusega üle käima miljonitest kontaktidest, pole muud midagi kui sobival viisil hälvitatav elektronkiir.

**T.**: Sinu mõttevälgatus kaotab väärtuse, sest sa nägid pealt, kui joonestasin välja ikonoskoobi ehituse põhimõtte (joonis 65).

**H.**: Ikonoskoobi balloon on küllaltki veidra kujuga.

**T.**: Sellist ballooni vajatakse põhjusel, et katoodi valgustundlikku mosaiiki saaks samaaegselt allutada nii valguse kui ka elektronkiire toimele. Selleks et objektiiv saaks ülekantava objekti kujutist mosaiigile projitseerida, peab üks ballooni seintest olema täiesti tasapinnaline. Teisest küljest paigutatakse elektronkiirt tekitav elektronkahur torusse, mis moodustab mosaiikkatoodi pinnaga umbes 45° nurga. Pööra muuhulgas tähelepanu sellele, et teiseks anoodiks $A_2$ on metallikiht, mis katab osa ballooni sisepinnast.




**H.**: Näen, et elektrontäpi fokuseerimine toimub ikonoskoobis elektrivälja toimel, samal ajal kui hälvitamine toimub magnetvälja abil.

**T.**: Oleks võidud toimida ka vastupidiselt. Ikonoskoobi olulised iseärasused ei tulene sellest. Tähtis on see, et katoodi mosaiigi kõik tillukesed fotoelemendid on kujutise vastavatelt punktidelt peegeldunud valguskiirtega p i d e v a l t valgustatud. See aga tähendab, et tänu elektronide emiteerimisele katoodilt valguse toimel on laengute tekkimine katkematu.

**H.**: Aga mis saab nendest elektronidest?

T.: Neid tõmbab anood $A_2$. Mis puutub mosaiigile kogunevatesse positiivsetesse laengutesse, siis need tekitavad tõelise «elektroonilise kujutise». Elektronkiir neutraliseerib kujutise laotamisel selle iga punkti laengu (sellisele punktile vastab, nagu juba teame, terve grupp fotoelemente) iga $^1/_{25}$ sekundi tagant. Tühjendamisega kaasnev vool läbib takistit $R$ ja tekitab selle otstel pingelangu . . .



H.: . . . mis oleneb kujutise vastaval hetkel laotatava elemendi valgustatusest. Ma saan ikonoskoobi talitluspõhimõttest suurepäraselt aru. Õigupoolest on see üsna lihtne.

### Pahede rakendamise kunst

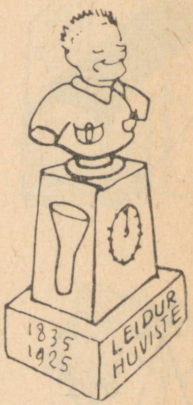
T.: Tõele au andes on see siiski pagana keerukas. Sekundaaremissiooninähtus häirib tunduvalt seda näilist lihtsust, millega sa äsja uhkeldasid.

H.: Mulle meenub, et kõnelesime sekundaaremissioonist siis, kui uurisime tetroode. Siis tõdesime, et anoodile saabuvad suure kiirusega elektronid löövad sellest välja rohkesti uusi elektrone, millest osa tõmbub varivõrele. Just seda paljude sekundaarelektronide väljapaiskumist primaarelektroni löögi toimel nimetatakse sekundaaremissiooniks.



T.: Tõepoolest, sinu mälu ei vea sind iialgi alt! Nojah, ikonoskoobis pommitavad mosaiiki suure kiirusega lendavad elektronid, mis löövad sellest välja palju sekundaarelektrone. Osa nendest elektronidest tõmbub teisele anoodile. Teine osa tagastub mosaiigile otsekui vihmana, muutes selle kergelt negatiivseks. Nii osutuvad ikonoskoobis praktiliselt kõik nähtused palju keerukamateks, kui see võis esialgu näida.

H.: Sa kõnelesid mulle, et parim oskus elus on võime muuta pahesid voorusteks; see kehtib nii inimeste kui ka esemete kohta. Mul tärkas mõte, et sekundaaremissioon võiks leida väga huvitavaid kasutamisviise. Nimelt, kui üksainus elektron võib välja lüüa mitut, siis võiks seda nähtust rakendada omamoodi võimendamiseks.



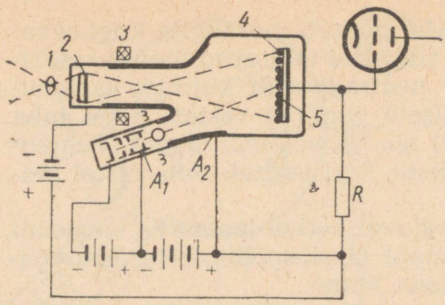

T.: Oh mu vaene Huviste, sa oled tõepoolest liiga hilja ilmunud sellesse hädade orgu! Oleks see toimunud sajand varem, oleksid saanud osa Edisoni kuulsusest.

H.: Praegu aga, oh õnnetust, iga kord kui mul tekivad suurepärased ideed, siis ilmneb, et teised on need minult ära näpanud juba rea aastate eest! Niisiis, sekundaaremissiooni kasutatakse tõepoolest võimendamiseks?

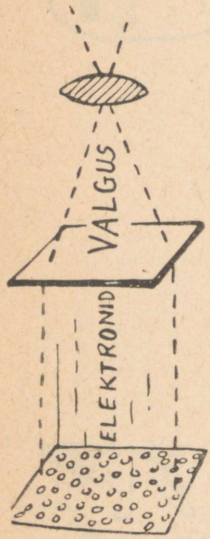
T.: Nii see on, Huviste. Ja juba ammu. Selliselt täiustati näiteks ikonoskoopi, lahutades selles fotoemissiooni ja sekundaaremissiooni ülesandeid.

H.: Millisel viisil?

T.: Niinimetatud superikonoskoobis (joonis 66) projitseeri-




Joonis 66. Superikonoskoobi ehitus: *1* — objektiiv; *2* — fotokatood; *3* — fokuseerimispool; *4* — mosaiik; *5* — anood.



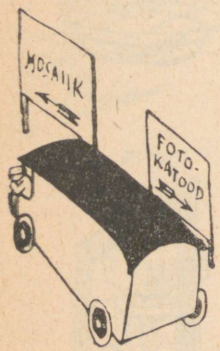

takse kujutis pidevale, s. o. mikroskoopilisteks iseseisvateks aladeks pragunemata valgustundlikule kihile — fotokatoodile, mis on moodustatud vilkplaadile kantud ja tseesiumi abil valgustundlikuks muudetud väga õhukesest ning seetõttu poolläbipaistvast hõbedakihist.

**H.**: Järelikult pole enam mosaiigi pinda vajagi killustada?

**T.**: Ei, pole vaja. Superikonoskoobi fotokatood erineb ikonoskoobi mosaiigist just selle poolest, et ta ei tarvitse koosneda pisimatest eraldatud pinnaosakestest. Seepärast kasutatakse tervet valgustatavat pinda ja saadakse suurem tundlikkus.

**H.**: Sinu joonisel näen toru paremal pool fotokatoodi vastas siiski mosaiiki, mis sarnaneb ikonoskoobis kasutatuga.

**T.**: Ja siiski on see sarnasus petlik, sest vaadeldu pole tundlik valguse, vaid hoopiski elektronkiire suhtes, ehk siis teisiti väljendudes, ta võib elektronide löökide toimel anda tugeva sekundaaremissiooni.




**H.**: Sa ei taha ometi öelda, et mosaiiki otsekui märklauda hakkavad pommitama fotokatoodilt kiirgunud elektronid?

**T.**: Just nii see on. Muide, tehnilises kõnepruugis nimetataksegi seda mosaiiki sageli märklauaks. Sa näed, et teiseks anoodiks $A_2$ on siin taas ballooni sisepinna teatava osa metallkate. Teine anood tõmbab fotokatoodilt valguskiirte toimel eraldunud elektrone. Kuid fokuseerimispool, mis osutub omapäraseks magnetläätseks, takistab neid selle anoodi embusse langemast. Selle elektroodi positiivne pinge ainult kiirendab elektrone, mis magnetvälja poolt suunatuna sööstavad parimas rivikorras mosaiigile.

**H.**: Mida kujutab sinu väljend «parimas rivikorras»?



**T.**: Ma kõnelesin sulle äsja elektroonilisest kujutisest, mille moodustab fotokatoodi valgustundlikust pinnast eemaldatud elektronide kogum. Elektronide jagunemine selles vastab täpselt kujutise punktide heledusele. Just selline elektrooniline kujutis projitseeritaksegi siin mosaiigile-märklauale täpselt samalaadselt nagu fotoaparaadi mattklaasile või filmile.

**H.**: Ilmselt ei tunne televisioonispetsialistid mingeid tõkkeid! Ma juba mõistan, mis järgneb. Fotokatoodi iga elektron lööb mosaiigi elementidele sattudes nendest välja mitu sekundaar-

elektroni, mis lendavad teisele anoodile. Elektronkahuri kujutist laotav elektronkiir peab neutraliseerima siin tekkivad positiivsed laengud, mis on tunduvalt suuremad kui lihtsa ikonoskoobi puhul. Sekundaaremissiooni nähtus kordistab neid imepäraselt.

**T.**: Sa, Huviste, oledki aru saanud superikonoskoobi, selle suurepärase, lihtsast ikonoskoobist märksa tundlikuma seadise talitluse olulisematest joontest.



### Saatetoru on küll lihtsa ehitusega...

**H.**: Nähtavasti kuulutad nüüd sinule täiesti omase kahjurõõmuga, et superikonoskoopi enam ei kasutata.

**T.**: Tõele au andes hakkab ta tõesti juba iganema. Kuid kasutusel on seadis, millele tuleb pöörata erilist tähelepanu. See on kujutise siirdamisega ortikon ehk superortikon, mis on tänu suuremale tundlikkusele rohkem levinud.

**H.**: Ma näen (joonis 67), et selle saatetoru balloon ei ole nii originaalse kujuga kui ikonoskoopide erinevatel mudelitel.

**T.**: Selles avaldubki selle seadise üks eeliseid, sest kujutise laotamist saab siin toimetada elektronkiirega, mis on risti laotuspinnaga; see on otstarbekam kui kaldu asetatud kiire puhul.

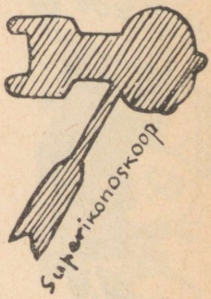
**H.**: Täheldan, et siingi on toru esikülje sisepinnal fotokatood, mis sarnaneb superikonoskoobi fotokatoodiga.

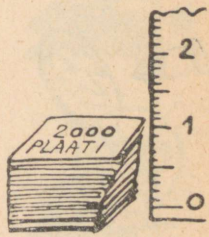
**T.**: Õige. Selle negatiivne potentsiaal märklaua suhtes on —600 V. Märklauaks on äärmiselt õhuke klaasplaat.

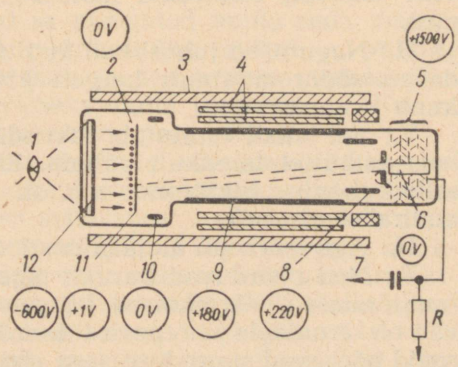
**H.**: Nii õhuke nagu sigaretipaber?

**T.**: Tunduvalt õhem: on ju kahe tuhande sellisest klaasist plaadi kogupaksus kõigest 1 cm.

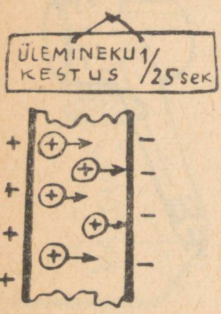
**H.**: Milleks tuleb, pagana pihta, kasutada nii õhukest klaasi?




Joonis 67. Kujutise siirdamisega ortikoni pikilõige (ringides on näidatud pinged vastavatel elektroodidel): *1* — objektiiv; *2* — märklaud; *3* — fokuseerimispool; *4* — vertikaal- ja horisontaalhälvituspoolid; *5* — elektronkordisti; *6* — katood; *7* — väljund; *8* ja *9* — anoodid, *10* — aeglustuselektrood; *11* — ekraan; *12* — fotokatood.




T.: Selleks et tema pinnal kujunevad laengud jõuaksid klaasi läbides neutraliseeruda sellise aja vältel, mis on võrdne kujutise kahe järjestikuse laotamise vahelise intervalliga, s. o. $^1/_{25}$ sekundiga.

H.: Aga kuidas need laengud tekivad?

T.: Kui sa mind ühtepuhku katkestad, Huviste, ei saa ma sinu uudishimu üldsegi rahuldada. Tänu sellele, et potentsiaal märklaual on 600 V kõrgem kui fotokatoodil, tõmbab märklaud fotokatoodist valguse toimel eraldunud elektrone enesele. Elektronkujutis siirdub märklauale tervikuna, sest tänu fokuseeriva pooli magnetvälja toimele säilib elektronide omavaheline asend. Sattunud märklauale, löövad elektronid sellest välja rohkesti sekundaarelektrone. Neid hakkab tõmbama tihe võre, mis on asetatud märklauast kõigest $^1/_{20}$ mm kaugusele ja millel on tema suhtes potentsiaal +1 V. Samal ajal ei tõkesta üliväikeste silmadega võrgust koosnev võre neid fotokatoodilt märklauale tõttavaid kiireid elektrone.




H.: Ja kui ma sind õigesti mõistsin, peavad märklaua teisel küljel tekkima positiivsed laengud, mis on võrdelised kujutise vastavate punktide heledusega.

T.: Õige. Need laengud siirduvad üsna aeglaselt läbi klaasi ja neutraliseeruvad negatiivsete laengutega, mida laotav elektronkiir toob selle teisele küljele. Käesoleval juhul on tegemist aeglaste elektronidega saatetoruga. Pööra tähelepanu sellele, et katoodilt emiteeruvad elektronid omandavad esimese anoodi tühise, +220-voldise potentsiaali tõttu ainult väga tagasihoidliku kiirenduse. Teine anood on madalama potentsiaaliga kui esimene ja märklaua naabrusse asetatud rõngakujuline elektrood, millel on katoodi potentsiaal, pidurdab veelgi elektronide voogu. Niiviisi jõuavad elektronid märklauale kiirusega, mis on peaaegu null.



H.: Nagu need juhuslikud kuulid, mis oma teekonna lõpul suudavad sõdureid ainult kergelt kriimustada ja mida võib isegi kuub peatada?

T.: Sel viisil õnnestub sekundaaremissiooni tekkimist märklaua esiküljel täielikult vältida. Elektronkiir toob kohale ainult sellise koguse elektrone, mis on tarvilik positiivsete laengute neutraliseerimiseks.




H.: Aga mis saab ülejäänutest?

T.: Nad pöörduvad kurvalt tagasi, otsekui eksamil läbikukkunud õpilased. Järjekorras kõrgenevad pinged anoodidel annavad elektronidele kiireneva liikumise, mille tulemusel need elektronid põrkavad suure kiirusega elektronkordisti esimese märklaua vastu.

H.: Mis asi see on?

T.: See on seadis, mille sinagi oleksid võinud ilma suurema vaevata leiutada, kuid mis oli paraku olemas juba enne seda, kui nägid esmakordselt maailmavalgust.

H.: Ikka üks ja seesama... Kuid enne kui kõnelda sellest kordistist, tahaksin võtta kokku kõik sinult kujutise siirdamisega ortikoni ehk superortikoni kohta seni kuuldu. Ta meenutab mulle mõneti superikonoskoopi. Nagu selles, on ka ortikonis terviklik killustamata fotokatood, millelt elektronkujutis kantakse märklauale, kus sekundaaremissioon põhjustab laengute märgatavat suurenemist. Need laengud neutraliseeritakse kujutist laotava elektronkiirega, mis toob kohale selleks tarvilikud elektronid. Need elektronid, mis jäävad üle, pöörduvad tagasi elektronkordistisse. Mis masinavärk see aga on?

T.: Loodan, et sa ei ole traavivõistluse totalisaatoril iialgi kaasa mänginud?

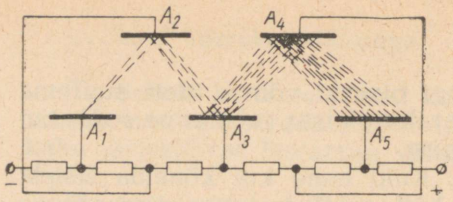
H.: Ei... Kuid ma ei näe mingit seost...

T.: Järgnev näide ei pea sind suunama seda hukatuslikku maaniat jäljendama, mis alati lõpeb aja- ja rahakuluga. Eeldame, et tulid hipodroomile, kümme franki taskus, ja et sa tegid panuse hobusele, kes võitis esimese jooksu. Sellega võitsid 50 franki. Selle asemel, et nüüd kuulata mõistuse häält ja põgeneda sellest hukutavast paigast, sa lähed kangekaelselt edasi mööda oma eksiteed ja paigutad kõik 50 franki hobusele, kes teises jooksus jällegi tuleb esikohale ja toob sulle sisse juba 250 franki. Nüüd aga ei ole enam ühtki jõudu maailmas, mis suudaks sind takistada oma võiduga jällegi riskimast. Panus hobusele, kes kolmanda jooksu võidab, annab sulle 1250 franki. Ja alles viienda jooksu järel, olles trotsinud südametunnistuse häält ja tallanud jalge alla moraali põhiprintsiibid, lahkud ratsavõistluselt summaga, mis küünib 31 250 frangini...

H.: Andesta, Targaste, kuid sa meenutad mulle seda maadeuurijat, kes Aafrika südames pöördus ühe neegri... väikese neegri poole: «Minä juua tahtma!» ja see neeger vastas: «Kui härra võtaks vaevaks ning suvatseks mulle järgneda»... Kas sa siis mõtled, et ma ei tunne geomeetrilist progressiooni?

T.: Ära solvu, Huviste. Jutustasin sulle selle ebatõepärase loo ainult selleks, et sa paremini saaksid aru elektronkordisti talitluspõhimõttest. Ta koosneb mitmest märklauast — elektroodist, mille potentsiaalid järgemööda suurenevad (joonis 68). Esimesele märklauale langev elektron lööb sellest välja näiteks 5 sekundaarelektroni. Järgmise märklaua kõrgema potentsiaali poolt tõmmatavatena ja kiirendatutena löövad nad sellest välja juba $5 \cdot 5 = 25$ sekundaarelektroni. Sama toimub igal järgmisel märklaual. Niiviisi vastab väga nõrgale elektronide voolule elektronkordisti sisendis võrratult tugevam vool väljundis.






Joonis 68. Elektronkordisti, mis sisaldab viis järjestikku suurenevate potentsiaalidega anoodi.

**H.**: Ja selline seadis paigutatakse ortikoni katoodi juurde?

**T.**: Jah. Selle saatetoru elektronkordisti on tavaliselt viieastmeline. Viimase elektroodi potentsiaal võib olla kuni +1500 V. Vahepealsete elektroodide pinged saadakse takistitest koostatud pingejagurilt, mis on monteeritud vahetult ortikoni ballooni sisse.

**H.**: Sellise saatetoru tundlikkus peab olema erakordselt suur.

**T.**: Nii see ongi. Superortikoni kasutamisel võib stuudios piirduda üheainsa küünla valgusega. Objekti heledama valgustatuse korral võib saatekaamera objektiivi diafragmeerida, et suurendada sügavusteravust.

Pärast mitmete saatetorudega tutvumist kirjeldab Targaste televisioonisaatja üldist ehitust. Teataval määral sarnaneb see ringhäälingusaatjaga, kuid on viimasest tunduvalt keerukam. Kandelainet tuleb siin moduleerida mitte ainult videosignaaliga, vaid ka sünkroniseerimisimpulssidega iga rea ja pildi lõpul. Reasünkroniseerimisimpulsid on kujult lihtsad, kuid seda ei saa öelda pildisünkroniseerimisimpulsside kohta. Niiviisi kujunevad täna Huviste ja Targaste vestluse teemaks järgmised küsimused:

**saatja üldine skeem, elektrooniline pildiotsija, tervikliku televisioonisignaali kuju, amplituudi eraldamine, tagasiliikuva kiire kustutamine, rea- ja pildisünkroniseerimisimpulsside kuju, videosagedusriba, saade ühel külgribal, kasutatavad kandesagedused, kujutise ja heli sagedusspekter.**

# 10. VESTLUS



## SÜNKRONISEERIMISIMPULSID JA LAINED

### Saatja konservikarpides

**Targaste:** Milleks see suur leht valget paberit, mille paigutasid lauale, Huviste? Kas kavatsed hakata maalima mingit plakatit?

**Huviste:** Ei. Kuid ma olen ettenägelik. Olen sind hästi tundma õppinud ning ootan, et täna joonistad mulle televisioonisaatja tervikliku skeemi. Kui arvestada selle keerukust, siis pole minu paberilehe suurus hoopiski mitte ülemäärane.

**T.:** Meil pole mingit vajadust tunda saatja ehitust ja talitluspõhimõtteid kõigis üksikasjades. Sa pead tundma väljakiirguvate signaalide kuju ja televisioonisaate üldisi põhimõtteid. Selleks kirjeldasingi hiljuti mitmeid televisiooni saatetorusid. Kuid skeemi joonestan su paberipoogna nurgale, sest ta osutub üsna ... skemaatiliseks.

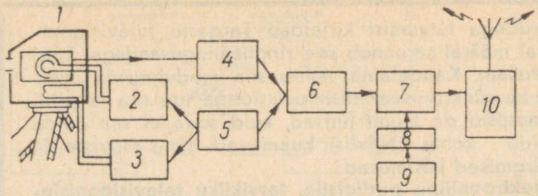
**H.:** See on ju see, mida mina nimetan «konservikarpidest skeemiks». Iga sinu väike karp on tegelikult üksikult võttes keerukas terviklik lülitustehniline blokk. Kuid tunnistan, et sellisel viisil kujutades saab tervikseadme ehitus arusaadavamaks, samuti ka vastastikused seosed tema põhiliste osade vahel.

**T.:** Siin ongi «konservikarbid», mis kokku moodustavad televisioonisaatja (joonis 69). Ma ei hakka kujutama mitmesuguseid toiteallikaid, kaasa arvatud ka saatetoru toitmine. Televisioonikaamera on samuti joonistatud võimalikult skemaatiliselt. Näiteks jätsin ära elektroonilise pildiotsija.

**H.:** Mida sa selle all mõtled?

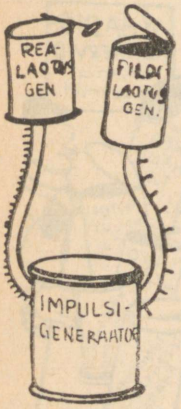
**T.:** Fotoaparaadi optilisele pildiotsijale vastavat seadist, mis annab teleoperaatorile võimaluse hästi näha ning kadreerida võtteobjekti ja seda fokuseerida. Selleks kasutatakse lihtsaimat televiisorit, mis on ehitatud saatekaamerasse ja mis töötab vastavalt võimendilt saadava videosignaaliga. Jälgides kujutist väikese






Joonis 69. Televisioonisaatja lahterskeem: *1* — saatekaamera; *2* — pildilaotusgeneraator; *3* — realaotusgeneraator; *4* — videovõimendi; *5* — impulsigeneraator; *6* — segusti; *7* — modulaator; *8* — kõrgsagedusvõimendi; *9* — ostsillaator; *10* — kõrgsageduse võimsusvõimendi.






kineskoobi ekraanil, millega see pisiteleviisor on varustatud, näeb teleoperaator kõike seda, mida samal ajal näevad miljonid televisioonivaatajad. Järelikult saab ta hästi kadreerida ülekantavat stseeni, samuti reguleerida objektiivi ja diafragmat, et saavutada soovitud teravust kujutise kõikides plaanides.

**H.**: Näen, et kaamera mõlemad laotusgeneraatorid on ühendatud impulsigeneraatoriga. Kas see seade toodabki sünkroniseerimisimpulsse?

**T.**: Jah, see on sünkroniseerimisgeneraator — küllaltki keerukas seade, mis peab samaaegselt tootma iga rea ja iga pildi lõpul spetsiaalseid signaale. Pildisünkroniseerimisimpulsside sagedus 25 kujutise puhul sekundis ülerealaotuse kasutamisel on 50 hertsi. Reasünkroniseerimisimpulsside sagedus on tunduvalt kõrgem. Ta võrdub igas pildis sisalduvate ridade arvu ja sekundis ülekantavate piltide arvu korrutisega.

**H.**: Kas nende kahe erineva sagedusega signaali jaoks kasutatakse ka kaht sõltumatut generaatorit?

**T.**: Ei. Lähtesuuruseks on üks ühine sagedus, mida nõutavate signaalide saamiseks kordistatakse või jagatakse.

**H.**: Niiviisi osutub tagasihoidliku etiketiga «Sünkroniseerimisgeneraator» varustatud «konservikarp» üpris kavalaks seadiseks.

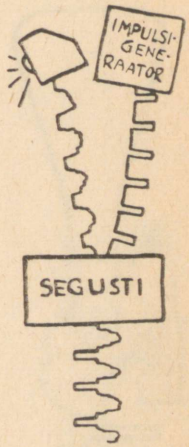
**T.**: Ära unusta, et tema ülesanded ei piirdu ainult ridade ja piltide laotuse tüürimisega televisioonikaameras. Sünkroniseerimisgeneraatori impulsid tuleb paigutada ka ülekantavasse televisioonisignaali, et tagada kõikides vastuvõtjates täiuslikult sünkroonset kujutise laotamist.

**H.**: Arvan, et see toimub «segustis», kuhu sisestatakse kaamera videovõimendit läbinud väljundsignaal.

**T.**: Õige. Samuti võid näha, et terviklik televisioonisignaal juhitakse saatjas ka tavalistest televiisoritest lihtsamasse kontrollvastuvõtjasse, milles pole kõrgsagedusosa. Terviklikku televisioonisignaali kasutatakse nagu ringhäälingu puhul ka madalsagedussignaali saatja moduleerimiseks, milleks ta sisestatakse modulaatorastmesse. Seal toimub ergutusgeneraatoris tekitatud väga

stabiilse sagedusega kõrgsagedusvõnkumise amplituudi muutmine moduleeriva signaali kohaselt. Lõpuks juhitakse moduleeritud kõrgsagedusvool pärast võimsuse võimendamist antenni, kus selle energia kiirgub laiali elektromagnetiliste lainetena.

**Valgus ilmub allpool 75%**




**H.**: Kui nõustuksid, siis järgiksime nende lainete eeskuju ja lahkuksime saatjast, et tulla tagasi vastuvõtja juurde.

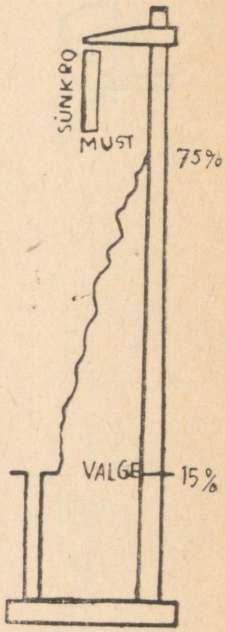
**T.**: Arvan, et kõige kasulikum on ajutiselt peatuda kusagil saate- ja vastuvõtuantenni vahel, et lähemalt tutvuda täieliku televisioonisignaali kujuga, mida laine kannab vastuvõtjateni.

**H.**: Kas me ei kõnelnud juba, et see moduleeritud signaal annab edasi kujutise järjestikuselt laotatavate elementide heledusi?

**T.**: Sa unustasid, et videosignaalile lisandatakse saatjas ka sünkroniseerimisimpulsid.

**H.**: Jah, õigus. Sinu põgusa selgituse järel ma mõtisklesin selle küsimuse üle. Paljugi tundub mulle selles valdkonnas ebaselgena. Kuidas näiteks saab sünkroniseerimisimpulsse videosignaalist eraldada? Teiselt poolt, kuidas saab eristada reasünkroniseerimisimpulsse pildisünkroniseerimisimpulssidest?

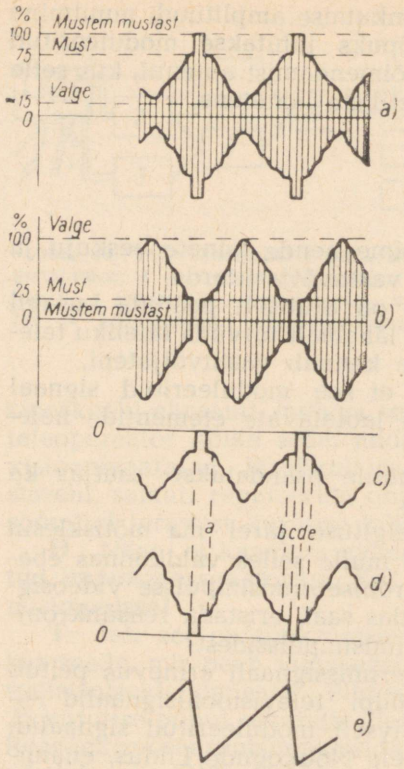
**T.**: Videosignaali ja sünkroniseerimissignaali erinevus peitub amplituudis. Kasutusel on kaht tüüpi televisioonisignaalid — negatiivselt moduleeritud ja positiivselt moduleeritud signaalid. Negatiivmeetod on võetud kasutusele Nõukogude Liidus, enamikus Euroopa maades ja Ameerika Ühendriikides, positiivne — Prantsusmaal ja Inglismaal.




Negatiivselt moduleeritud televisioonisignaali (joonis 70) iseloomustab see, et sünkroniseerimisimpulsid hõivavad pingeamplituudide piirkonna 75 kuni 100% ja kujutist ülekandvad signaalid — piirkonna 75 kuni ligikaudu 15% maksimaalamplituudist. Piirkond 15 ja 0% vahel jääb moduleerimata. Sealjuures vastab musta nivoole 75% ja valge nivoole kõigest 15% maksimaalamplituudist. Kujutise kogu heledusgradatsioon ehk pooltoonide astmestik võtab enese alla amplituudide piirkonna nende kahe piirväärtuse vahel. Järelikult vastab negatiivmodulatsiooniga televisioonisignaalis kujutise heleduse suurenemisele signaali kahanemine ja vastupidi. Siit ka taolise moduleerimisviisi nimetus.

**H.**: Ma järeldan, et positiivselt moduleeritud televisioonisignaalil on vastupidine iseloom. Sünkroniseerimissignaalide jaoks vajatakse piirkonda 0 kuni 25% ja tegelik kujutist ülekandev videosignaal hõivab 25 kuni 100%. Niiviisi vastab sellel juhul heleduse suurenemisele signaali tugevnemine. Milles väljendub nende kahe saatemeetodi erinevus?

**T.**: Negatiivse modulatsiooni meetodil on mõned tõsised eeli-




Joonis 70. Mitmesugused televisioonisignaalid (näidatud on kaks rida): *a* — negatiivsaade; *b* — positiivsaade; *c* — negatiivne videosignaal; *d* — positiivne videosignaal; *e* — realaotuspinge.

sed. Kõigepealt antakse sünkroniseerimissignaale edasi võimsuse suure taseme juures, tänu millele häired mõjutavad vastuvõtjate sünkroniseerimist vähem. Lisaks sellele tekitavad impulsshäired, mis suurtes linnades on mõnikord väga intensiivsed, televiisori ekraanil vähem märgatavaid musti laike, mitte aga heledalt säravaid sähvatusi. Lõpuks on negatiivselt moduleeritud saate puhul lihtsam teostada heli vastuvõttu kandesageduste interferentsi väga tänuväärse menetluse abil, millest kõneleme edaspidi.

Hiljem näed samuti, et saatemeetodist sõltumata (olgu tegemist kas negatiiv- või positiivmodulatsiooniga) võib pärast detekteerimist hõlpsalt saada videosignaali vastavalt vajadusele kas positiivsena, s. o. negatiivses suunas asetsevate sünkroniseerimisimpulssidega, või negatiivsena, pingete positiivsete väärtuste poole suunatud sünkroniseerimisimpulssidega. Esimesel juhul vastab kujutise heledamatele osadele positiivsem, teisel juhul aga negatiivsem signaal kui tumedamatele osadele.

**H.**: Kuid milline videosignaal antakse vastuvõtjas elektronkiiretoru tüürelektroodile? Ta peab ju muutma valgustäpi hele-

dust ekraanil maksimumi ja sellise miinimumväärtuse vahel, mis tekib valguse täielikul puudumisel ja mida nimetame mustaks.

**T.**: Videosignaali saab kineskoobis anda nii modulaatorelektroodile kui ka katoodile. Põhimõtteliselt on see täiesti ükskõik. Loomulikult videosignaali pinge suurenemisel positiivses suunas valgustäpi heledus ekraanil esimesel juhul suureneb ja teisel juhul väheneb.

**H.**: Näib, et mõistsin. Õige positiiv- ja mitte negatiivkujutise saamiseks kineskoobi ekraanil tuleb selle modulaatorelektroodile anda positiivne või katoodile negatiivne tüürimissignaal. Kumb on parem?

**T.**: Selle või teise meetodi valimine kineskoobi valgustäpi heleduse tüürimiseks sõltub peamiselt televiisori skeemi iseärasustest: videovõimendi ning amplituudieraldaja tüübist ja muust. Muide, videovõimendi lambi anoodahela vahetul sidestamisel elektronkiiretoruga tuleb eelistada signaali andmist katoodile, sest sel juhul, nagu hiljem näed, on kineskoop vähem ohustatud.

**H.**: Loodan, et sünkroniseerimisimpulsid ei satu koos videosignaaliga kineskoopi. Sellisel juhul muutuks täpp mustast mustemaks, kui tohiksin niiviisi väljenduda.

**T.**: Nii kõneldakse tõepoolest. Kuid sinu ennatlikku oletust trotsides satuvad sünkroniseerimisimpulsid siiski koos videosignaaliga kineskoopi. Milles näed sa siin ebameeldivust? See tõsiasi, et valgustäpp kustub sünkroniseerimissignaalide üleandmise ajal ja muutub nähtamatuks, osutub tegelikult suureks vooruseks.

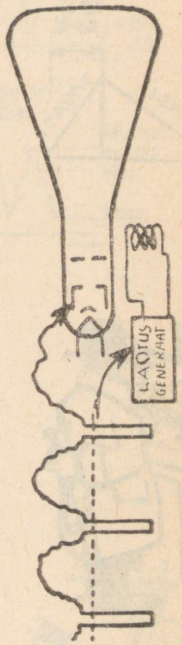
**H.**: Ma ei saa sellest aru.

**T.**: Ei, täna pole sa tõesti kuigi taiplik. Mõtle elektrontäpi liikumissuuna üle sünkroniseerimisimpulsside ajal.

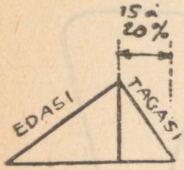
**H.**: Ta alustab oma tagasiliikumist ridade või piltide lõpul. Ohoo! Nüüd ma mõistan! On ju ülitarvilik, et elektronkiire tagasihälvitamine ei jätaks ekraanile jälge. Seepärast opereeritaksegi sünkroniseerimissignaalidega, mille väärtus on «mustem mustast» ja mis lähtuvad musta nivool paiknevalt pingelt (joonis 70).

**T.**: See pole ainus põhjus. Amplituudide erinevus loob soodsa võimaluse eristada vastuvõtjas videosignaalist sünkroniseerimisimpulsse, et juhtida need vastavatesse hälvitusgeneraatoritesse.

**H.**: Nüüd saab kogu see lugu «mustemas kui mustas» alas ülekantavatest signaalidest selgeks. Täielik televisioonisignaal antakse kineskoopi selleks, et muuta valgustäpi heledust ekraanil vastavalt ülekantavale kujutisele ja kustutada seda tagasihälvitamise ajaks. Teisest küljest annavad terviksignaalist eraldatud sünkroniseerimisimpulsid televiisori rea- ja pildilaotusgeneraatoritele oma rütmi.



## Signaalid ridade lõpul




**H.**: Kui suur on aga sünkroniseerimisimpulsi kestus?

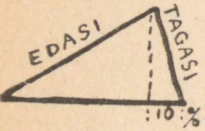
**T.**: Koos musta alaga *d*—*e* (joonis 70), mis järgneb impulsile *c*—*d*, peab impulsi kestus pisut ületama elektronkiire tagasihälvitamise kestuse, et valgustäpp jääks selle terves ulatuses nähtamatuks. Vastavalt kasutatavale süsteemile hõivavad ridade lõpu signaalid 15 kuni 20% rea üldkestusest. Kui kõnelesime kujutise 625-realisest laotusest, kus iga rea kogukestus on 64 mikrosekundit, võtsime valgustäpi tagasiliikumise kestuseks 11 mikrosekundit. Tagasiliikumise tegelik kestus on siiski pisut väiksem. Kuid 11 mikrosekundit on reakustutussignaali üldine kestus, mis on sünkroniseerimisimpulsi ja kummagi musta ala (algus *b*—*c* ja jätk *d*—*e* joonisel 70) jaoks eraldatud.



**H.**: Järelikult koosneb rea lõpu signaal 11-mikrosekundise kestusega impulsist.

**T.**: Ära kiirusta, Huviste. Selle impulsi kestus on kõigest 5 mikrosekundit. Temale eelneb ja järgneb lühike horisontaalne ala musta tasemel, millest juba kõnelesime.

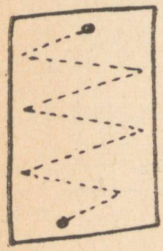
**H.**: Kui sul midagi selle vastu pole, siis kordan kõike, mis toimub ühe rea vältel. Esiteks annab videosignaal tema kestusest 80 kuni 85% jooksul edasi kujutise vastavate punktide heledusi (*a*—*b*). Vastuvõtja ja saatja laotusgeneraatorid tekitavad sel ajal hälvituspinge või -voolu saehamba tõusuosa. Seejärel hoitakse signaal lühikese ajavahemiku vältel (*b*—*c*) musta nivool, samal ajal kui valgustäpi liikumine ekraanil jätkub veel esialgses suunas. Nüüd ilmub sünkroniseerimisimpulss. Selle tekkimise hetkel (*c*) hakkab tühjenema hälvitusseadise kondensaator; pinge sellel langeb kiiresti, viies elektrontäpi tagasi rea algusse. Tagasihälvitus lõpeb umbes sel hetkel, kui impulss katkeb (*d*). Veel on ette nähtud lühike reservaeg (*d*—*e*), mille kestel täpp pole veel nähtav, kuni ta ilmub taas ekraanile, kuid juba järgmise rea väljajoonistamiseks.




**T.**: Ma märkan üllatusega, et «joonised on märksa ilmekamad kui minu pikk jutt», nagu lausus Napoleon. Nii hakkasidki joonistele tuginedes ridade hälvitamise olemust mõistma.

**H.**: Aga kas saatjas antakse saatetorude tüürimiselektroodidele samuti spetsiaalseid impulsse, et elektrontäppi kustutada?

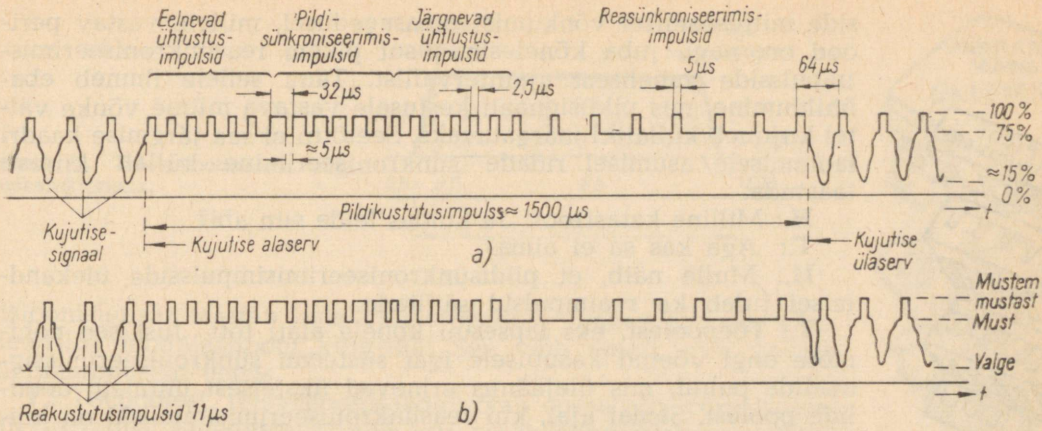
**T.**: Loomulikult. Tänu sellele ei saa elektronkiir tagasiliikumise ajal rikkuda laengute jagunemist märklaual.



## Signaalid piltide lõpul

**H.**: Arvan, et pildilaotuse sünkroniseerimiseks kasutatavad impulsid on identsed ridade sünkroniseerimise impulssidega.

**T.**: Jah, kuid ka ei. Põhimõte on seesama. Kuid pildiimpulsid




Joonis 71. Täieliku televisioonisignaali kuju pildikustutusimpulsi kahe kõrvutise poolpildi jaoks, mida kasutatakse 625-realise standardi puhul. Tänu ühtlustusimpulsside olemasolule on vahe pildisünkroniseerimisimpulsside ja vahetult eelnevate ning järgnevate reasünkroniseerimisimpulsside vahel võrdne nii paarisarvulistest kui ka paarituarvulistest ridadest moodustunud poolpiltide jaoks. Seepärast jääb pildiimpulsside kuju pärast integreerimist samasuguseks, mis on tarvilik täpseks ülerealaotuseks (*a* — paarisarvulistest ridadest moodustunud poolpilt; *b* — paarituarvulistest ridadest moodustunud poolpilt).

ja reaimpulsid on kestuselt erinevad, tänu millele saabki neid vastuvõtjas niiviisi eraldada, et vastavasse hälvitusseadisesse läheksid just tarvilikud impulsid.

**H.**: Kuna pildilaotuse iga perioodi kestus ületab paljukordselt üksiku rea hälvituse kestuse, siis arvan, et pildisünkroniseerimisimpulsid on pikemad.

**T.**: Loomulikult. Siingi on tarvis, et täpp oleks tagasiliikumise vältel kustutatud. Kuid täpi alt üles tagastamiseks tarvilik aeg on ligi 10% pildilaotuse kogukestusest. See aga tähendab, et selle aja jooksul joonistaks täpp paarkümmend rida.

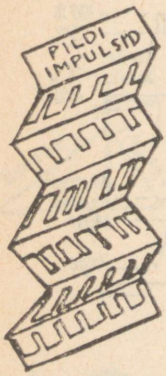
**H.**: Mida aga teeb samal ajal realaotusgeneraator? Kas ta katkestab oma töö?

**T.**: Mispärast? Selles pole ju midagi halba, kui täpi tagasihälvitamisel alt üles jätkab ta ka oma liikumist vasakult paremale. Tagasiliikumine sarnaneb purjus inimese liikumisega, kes hilisõhtul naaseb koju mööda sakilist joont . . . Kuid tagasihälbiv täpp pole üldse nähtav, sest signaali amplituud asetseb siis mustas või isegi mustast mustemas piirkonnas.

**H.**: Järelikult antakse iga pildi lõpul edasi üks suhteliselt pikema kestusega impulss?

**T.**: Vastuseks on jällegi nii jah kui ka ei, Huviste. Nimelt ei saa pildi tagasihälvitamise ajaks realaotust jätta iseenese hooleks. Hälvitusgeneraator jätkab tegelikult ka sünkroniseerimisimpuls-






side mittesaamisel võnkumist omasagedusel, millele vastav periood on, nagu juba kõnelesin, pisut pikem reasünkroniseerimisimpulsside vahelisest ajaintervallist. Tänu sellele ilmneb ebaühildumine, mis pildisignaali kestusele vastava mitme võnke vältel kujuneb küllaltki märgatavaks. Seetõttu ei saa järgmise kaadri laotamisele asumisel ridade sünkroniseerimine küllalt kiiresti taastuda.

**H.**: Milline katastroof! Ja kuidas leida siin abi?

**T.**: Aga kas sa ei aima?

**H.**: Mulle näib, et pildisünkroniseerimisimpulsside ülekandmisel tuleb ka reaimpulsid säilitada.

**T.**: Tõepoolest, eks lapsesuu kõnele alati tõtt. Just see põhimõte ongi võetud kasutusele igat süsteemi sünkroniseerimissignaalide puhul, mis ülejäänus erinevad üksteisest mitmete detailide poolest. Samal ajal, kui reasünkroniseerimisimpulsid on kõikides süsteemides peaaegu sarnased, esineb väga erinevaid pildisünkroniseerimisimpulsse. Sul ei ole tarvis neid põhjalikult uurida. Piisab, kui tead, et pildilaotusgeneraatoris kutsub kondensaatori tühjenemise esile reasünkroniseerimisimpulsist tunduvalt kestvam impulss. Näitan sulle 625-realise laotuse puhul kasutatava täieliku televisioonisignaali kuju pildisünkroniseerimisimpulsi piirkonnas kahe teineteisele järgneva poolpildi puhul (joonis 71).

### Transpordivahendid

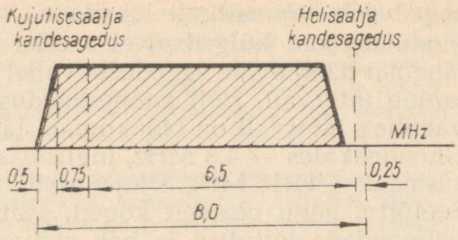
**H.**: Millistest arvukatest detailidest koosneb televisioonisignaal! See meenutab mulle pisut mõistatusmängu, mida vanemad sundisid mind mängima, kui olin laps, ja mis vastupidiselt nende lootustele ei paelunud mind iialgi. Karbis lebas hulk piltide tükke, mis tuli kujutise rekonstrueerimiseks kokku seada.

**T.**: Televisioonisaatja signaal on keerukam kui sinu lapsepõlve mõistatusmängud. Ta sisaldab mitte ainult kujutise elemente, vaid sünkroniseerimisimpulsside näol ka nende «tarvitamisõpetust», s. o. nende kokkuseadmise meetodit.

**H.**: Ja kõike seda transporditakse ühesainsas karbis, milleks osutub kandelaine kõrgsagedusvõnkumine. Meie esimese vestluse ajal sa näitasid, et televisioonisignaal võtab enese alla väga avara sagedusriba ja seepärast tuleb tema ülekandmiseks kasutada väga kõrge sagedusega kandelainet. Kas sa võiksid tuua mõningaid täpsemaid arvandmeid?

**T.**: 625-realise standardi puhul on televisioonisignaali maksimaalseks sageduseks umbes 6 000 000 hertsi. Prantsuse 819-realise standardi jaoks ületab ta 10 000 000 Hz ja inglise 405 rea puhul on kõigest 2 500 000 Hz.

**H.**: Sa paned mu pea ringi käima. Mõtelda vaid, terviklik tele-




Joonis 72. Televisioonisaatja sageduskarakteristik.

visioonisignaal tekitab oma kandesageduse ümber ju kaks sümmeetrilist modulatsiooni külgriba! See võib ometi viia tohutu ruuminappuseni eetris.

**T.**: Tõepoolest, televisioonisaade võtab enese alla võrreldamatult avarama sageduspiirkonna kui ringhäälinguülekanne. Kuid siin võib leida abi ühe külgriba meetodi rakendamisest.

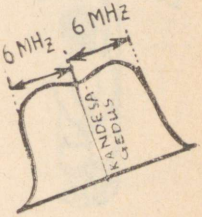
**H.**: Kas siis üks kummastki külgribast hävitatakse täielikult?

**T.**: Ei, see kutsuks esile märgatavaid moonutusi ülekantavas kujutises. Tehakse nii, et eemaldatakse ainult tunduv osa ühest külgribast (joonis 72).

**H.**: Aga millised on televisioonis tegelikult kasutatavad kandesagedused?

**T.**: Nende jaoks on eraldatud mitu rahvusvaheliste kokkulepetega fikseeritud laineastmikku. Need paiknevad sagedusvahemikus 48 kuni 230 megahertsi ehk lainepikkuste vahemikus 6,2 kuni 1,8 meetrit. Viimasel ajal tuli suurele hulgale uutele televisioonisaatjatele ruumi leidmiseks täiendavalt eraldada laineastmik 470 kuni 910 MHz, mis vastab lainepikkustele 64 kuni 31 cm.

Nõukogude televisioonisaatjad võivad töötada vastavalt lainepikkusele 26 kanalil; nendest esimese (kõige pikemalainelisema) sagedusriba on 48,5 . . . 56,5 megahertsi ja keskmine lainepikkus 5,72 meetrit ning 26. (kõige lühemalainelisema) kanali sagedusriba on 574 . . . 582 megahertsi ja keskmine lainepikkus 0,518 meetrit.




### Ja televisioon hakkas kõnelema

**H.**: Kuid meie kujutised on tummad. Kas ei saa lisada meie piltmõistatusele kitsast helisageduslikku modulatsiooniriba, et kujutist elustada?

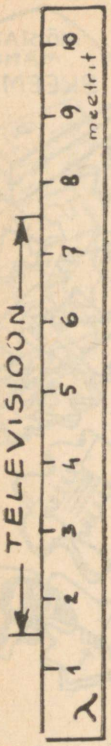
**T.**: On meetodeid heli ülekandmiseks kujutisega ühise kandesageduse abil. Kuid siiski eelistatakse kasutada selle jaoks iseseisvat saatjat, mis on mõeldud ainult heli ülekandeks.

**H.**: Mulle näib, et tema sagedus peab olema täiesti erinev kujutisesaatja sagedusest.

**T.**: Vastupidi, selleks valitakse sagedus, mis on kujutisesaatja






sagedusele võimalikult lähedane, kuid siiski selline, et kummagi modulatsiooni külgribad ei satuks teineteisele. Külgribade kõige lähemal paiknevate sageduste vahel säilitatakse kuni miljoni hertsi laiune intervall. Heli kandesageduse ja kujutise kandesageduse vaheline intervall on Nõukogude Liidus 6,5 megahertsi, Ameerika Ühendriikides — 4,5 MHz, Inglismaal — 3,5 MHz ja lõpuks, Prantsusmaal — 11,15 MHz. Ülejäänud Euroopa maades on see 5,5 MHz. Seetõttu, nagu peatselt koged, saab kasutada ühist antenni ning võimendada kujutise ja heli signaale ühiselt vastuvõtjate samades astmetes, enne kui need teineteisest eraldada.

**H.**: Aga milline on helisaatja sagedusriba? Kas siingi leiavad rakendamist needsamad ranged seadused, mis tavalise ringhäälingu puhul piiravad lubatud sagedusriba 4500 hertsiga?

**T.**: Õnneks pole siin sellest juttu. Nii kõrgete kandesageduste puhul ei oma mingi tühine paar tuhat hertsi enam erilist tähtsust. Seepärast kasutatakse tervet kuuldavate helisageduste riba, s. o. kuni 15 000 hertsini. Pealegi kantakse enamasti, välja arvatud Prantsusmaal ja Inglismaal, heli üle sagedusmodulatsiooni abil.

**H.**: Niisiis saame televisiooniülekande puhul õigustatult kõnelda kõrgest helikvaliteedist?

**T.**: Täiesti põhjendatult, kuid tingimusel, et televiisori helikanal on hea kvaliteediga.

**H.**: Kui ma mõistsin õigesti, siis osutub just heli televisiooni peamiseks ehteks . . .

Pöördudes tagasi vastuvõtjatega seotud probleemide juurde, analüüsivad Targaste ja Huviste nende ehitust algul üldjoontes, enne kui hakkavad detailselt selle üksikuid astmeid vaatlema. Nii nagu ringhäälinguvastuvõtjate puhul, tutvuvad nad siingi otsevõimenduslülituses ja sagedusmuunduriga televiisorite skeemidega. Lugeja peab tähelepanelikult jälgima signaali muundumisi, vaadeldes järgmisi küsimusi:

**otsevõimendus- või superlülitus, heli vastuvõtublokk, kõrgsagedusastmed, tundlikkus ja heli ning kujutise eraldamine, vastuvõtt ühel külgribal, alaliskomponendi taastamine, amplituudi eraldamine ja vastavad skeemid, kujutise ja heli ühine võimendamine kõrgsageduse osas, kujutise ja heli eraldamine supervastuvõtjas, ostsillaatori sageduse triivimise mõju vastuvõtule.**

# 11.

# VESTLUS

## KONSERVIKARPIDEST TELEVIISORID

### Emb-kumb valida?



**Huviste**: Kas tead, kulla Targaste, mul on selline tunne nagu emal, kes on jätnud oma lapsed üksinda koju tikkude ja kääridega mängima.

**Targaste**: Miks siis, mu vaene sõber?

**H.**: Noh seepärast, et eelmine kord jätsime kujutise elemendid ja sünkroniseerimissignaalid ning heli ülekandvad lained kuhugi taeva ja maa vahele.

**T.**: Teiste sõnadega, sa tõttad seda kõrgsagedusgeneraatorit koondama . . .

**H.**: . . . televiisorisse, mille ehitamist ma lõppude lõpuks ometi tahaksin alustada.

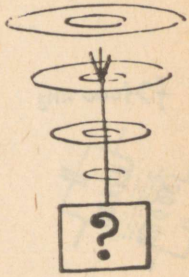



**T.**: Aga kas oled juba otsustanud teatava kindla skeemitüübi kasuks? Kas otsevõimenduslülitus või sageduse muundamine? Üks või kaks külgriba?

**H.**: Pea kinni. Ma ei tea, mida tuleks valida.

**T.**: Terve elu, Huviste, on lõputult korduv valik.

**H.**: Paluksin, mu sõber, ilma sententsideta; selgita parem öeldut lähemalt. Arvan, et iga televiisori ülesandeks — olgu ta milline tahes — on saatja signaali vastuvõtmine ja sellest videosageduspinge saamine (mis antakse elektronkiiretoru modulaator-elektroodile) ning sünkroniseerimisimpulsside eraldamine, millede ülesanne on säilitada kummagi laotusgeneraatori õiget sagedust (nii ridade kui ka piltide jaoks).




**T.**: Jah, nendel tingimustel saad päris kindlasti oma televiisori kineskoobi ekraanil reprodutseerida ülekantud kujutist.

**H.**: Kuid see, mida sa äsja mulle ütlesid, sunnib mind oletama, et antennis vastu võetud kõrgsageduspinget saab kas võimendada vahetult, et sellest detekteerimisega hiljem eraldada videosignaal,

või siis alustada vastuvõetud pinge sageduse vähendamisest, nagu seda tavaliselt tehakse supervastuvõtjates, et luua tunduvalt hõlpsam võimalus signaali võimendamiseks enne detekteerimist.

T.: Kumbki meetod on televisioonis olnud tõepoolest kasutusel, kuigi otsevõimenduslülitusi praegusel ajal enam peaaegu ei kohta; need jättis varju sagedusmuundur. Vaatleme kumbagi skeemitüüpi, et anda sulle nendest täielik ettekujutus.



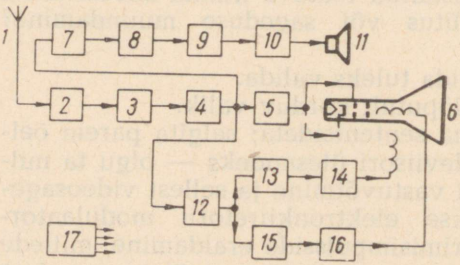
### Eelkõige muusika

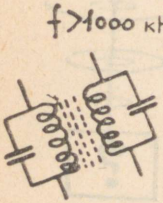
H.: Sa joonestad jälle skeemi, mille kohta ütlesin, et ta koosneb «konservikarpidest» (joonis 73)?

T.: Televiisori ehitusest üldise ülevaate andmiseks on selline skeem kõige sobivam. Kui tahan provintsist saabunud sõbrale või välismaalasele tutvustada Pariisi, ei alusta ma vanade tänavakeste maalilise labürindi näitamist enne, kui olen ta viinud Eiffeli torni kolmandale platvormile. Sealt laiub pilgu ees linna terviklik ansambel. Kui tema mälus on niiviisi kinnistunud linna üldine kuju, näitan talle detailsemalt selle üksikuid kvartale. Meiegi toimime niisamuti televisioonivastuvõtja ehituse selgitamisel. Kui joonestaksin juba algul detailse skeemi, siis sa kindlasti upuksid sellesse!

H.: Ma ei saa öelda, et sinu meetod ei meeldiks mulle, sest ma ei tunne konservikarpide suhtes mingit vastumeelsust. Vaadeldes nende kogumit, mis usutavasti kujutab otsevõimendusega televiisorit, saan ainult aru, et antenn on siin ühine nii kujutise kui ka heli vastuvõtublokile.

Miks sa paigutasid helikanalisse vahesagedusvõimendi, kui



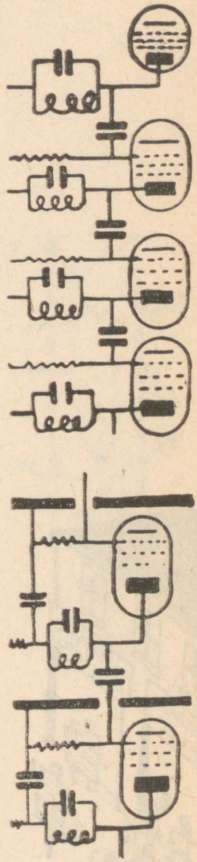




Joonis 73. Otsevõimenduslülituses televiisori lahterskeem: *1* — antenn; *2* — kõrgsagedusvõimendi; *3* — videodetektor; *4* — videovõimendi; *5* — alaliskomponendi taastamise blokk; *6* — elektronkiiretoru; *7* — heli vahesagedusvõimendi (6,5 MHz); *8* — amplituudipiiraja; *9* — sagedusdetektor; *10* — madalsagedusvõimendi; *11* — valjuhääldaja; *12* — amplituudieraldaja; *13* — reaalotusgeneraator; *14* — reaalotusvõimendi; *15* — pildilaotusgeneraator; *16* — pildilaotusvõimendi; *17* — toiteblokk.

see vastuvõtja on otsevõimendusega ja skeemis pole üldse ostsillaatorit? Miks võetakse signaalipinge helikanalisse mitte antennist ja kõrgsagedusvõimendist, vaid pärast videodetektorit ja videovõimendit, kus juba pole enam mingit kõrgsagedust?

**T.**: Asi on antud juhul selline, et helisignaal võetakse siin vastu kandesageduste interferentsi meetodil, mispuhul heli vahesagedus kujuneb kujutise ja heli kandesageduste vahel tekkiva tuiklemise tulemusena.

Kõrgsagedusvõimendi võimendab, nagu võid skeemi vaatlemisel veenduda, nii heli- kui ka kujutisesignaale, mille kandesageduste erinevus (sellest me juba kõnelesime) on 6,5 MHz (või sellele lähedane väärtus mõnedes teistes maades kasutatavate televisioonistandardite puhul). Kandesagedused tekitavad tuiklemise, mille piirdekõverale vastav pinge eraldatakse pärast tervikliku televisioonisignaali detekteerimist ja videovõimendis võimendamist. Tuiklemissagedusega 6,5 MHz signaal on samal ajal amplituudilt moduleeritud videosignaaliga ja sageduselt moduleeritud helisignaaliga.



**H.**: Ilmselt taipan juba, millele sihid. Kumbagi signaali pole nüüd enam kuigi raske vastavat tüüpi detektoriga eraldada, eks ole see nii, Targaste?

**T.**: Su mõttelend kulgeb õiges suunas, ehkki kohtab oma teel veel mitmeid tülikaid tõkkeid. Kui võtta selline sagedusdetektor, mis üldse ei reageeriks amplituudmodulatsioonile, siis pärast sagedusdetekteerimist eralduks tõepoolest ainult helisagedussignaal. Et aga siiski peaaegu kõik sagedusdetektorid suuremal või väiksemal määral detekteerivad ka amplituudmoduleeritud võnkumist, võib selle tõttu videosignaal sattuda helikanalisse ja seda hakatakse kuulma häiriva 50-hertsise sagedusega mürana. Sellest tõsisest ebameeldivusest vabanemiseks paigutatakse tavaliselt enne sagedusdetektorit amplituudipiiramisaste.

Sulle peaks meenuma, et negatiivmeetodil moduleeritava saate puhul jäetakse televisioonisignaali amplituudid vahemikus 0 kuni 15% moduleerimata. Kui lõigata amplituudipiiraja abil ära kõik, mis on kõrgemal 15 protsendist, satub sagedusdetektorisse üksnes pinge, mis on moduleeritud ainult helisagedusega. Sealjuures ei saa amplituudipiiraja põhjustada moonutuse ilmumist helisignaalis, sest see on sagedus- ja mitte amplituudmoduleeritud.

**H.**: Ringhäälinguvastuvõtjate puhul olen harjunud otsevõimendusskeeme nägema superitest lihtsamatena; siin aga ajab su «lihtne» otsevõimendusega televiisor mu pea lausa kirjuks!

**T.**: See pole veel kaugeltki kõik ... Muidugi saab helikanalis kasutada kas super- või otsevõimenduslülitust. Siiski on kandesageduste interferentsi meetodit kasutava skeemi erakordne lihtsus ja talitluskindlus toonud enesega kaasa kõikide teiste skeemitüüpide peaaegu täieliku väljatõrjumise.

**H.**: Erakordne lihtsus... Oi-oi! Noh, hüva. Ütle parem, kas madalsagedusvõimendi on samuti millegi poolest iseäralik?

**T.**: Ära unusta, et tänu ultralühilaine kasutamisele telesaateks pole ülekantavate helisageduste riba siin ahendatud nagu ringhäälingusaatjates pikk-, kesk- ja lühilaineil. Järelikult oleme huvitatud kõikide moduleerivate sageduste säilitamisest. Selleks peab aga vahesagedusvõimendi läbilaskeriba olema küllalt avar ja madalsagedusvõimendi ning valjuhääldaja tõepoolest kõrgekvaliteedilised.

**H.**: Olgugi et see näib paradoksaalsena, on televisioonispetsialistid nähtavasti ka suured madalsageduse tundjad?

**T.**: Vähemalt nad peaksid seda olema...

### Kui helid ja kujutised segunevad

**H.**: Pöördume nüüd kujutisekanali juurde. Näen, et ta algab kõrgsagedussignaali võimendamisest.

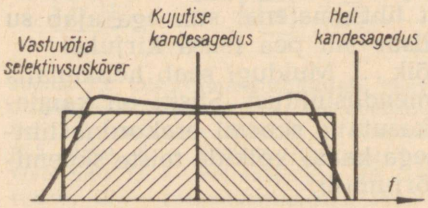
**T.**: Jah, kõigepealt on kolm või neli häälestatud võnkeringidega kõrgsagedus-võimendusastet. See arv võib näida liiga suurena. Kuid nad on tarvilikud küllaldase võimenduse saamiseks, sest siin kasutatavatel sagedustel, võttes pealegi arvesse ülekantava sagedusriba avarust, ei saa ühe võimendusastme võimendus olla kuigi suur.



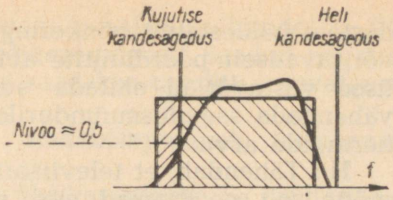

**H.**: Kuidas pean sind mõistma, Targaste? Hiljuti sa kõnelesid, et peaaegu võimatu on kasutada koos enamat kui kaht häälestatud kõrgsagedusvõimendusastet, sest astmete vahel esineva parasiitsidestuse tõttu võib tekkida eneseergutumine. Ja nüüd sa kõneled täiesti külmavereliselt kolme- või neljaastmelistest võimenditest!!!

**T.**: Nii mitut astet saab kasutada ainult tänu sellele, et nende võimendus on väga väike. Kuid siingi pole välistatud võimalus, et tekib parasiitvõnkumine. Seepärast on nende seadmete konstrueerimisel tarvilikud teatavad ettevaatusabinõud: astmete hoolikas varjestamine, efektiivsed lahtisidestusahelad, detailide otstarbekas paigutamine ning montaaž jne. ...

**H.**: Kuid miks siis üldsegi kasutatakse häälestatud võnkeringe? Kui soovitakse läbi lasta väga laia sagedusriba, siis sobiks ju aperioodiline sidestus suurepäraselt ja eneseergutumise oht oleks tunduvalt väiksem.




Joonis 74. Sageduskarakteristik kahe külgriba vastuvõtul.




Joonis 75. Sageduskarakteristik ühe külgriba vastuvõtul.

**T.**: Häälestatud sidestusahelate puudumisel ei piisaks võimendusest. Peale selle peame tagama vastuvõtja teatava selektiivsuse (eraldusteravuse): telesaatjaid on kindla vastuvõtu tsoonis tänapäeval enamasti rohkem kui üks. Kuid see on võrdlemisi keerukas probleem. Võimendi peab võrdselt läbi laskma televisioonisignaali kõiki sagedusi ning lisaks sellele vältima heli kandesageduse ja külgribade sattumist kujutisekanalisse (joonis 74). Kuid kujutise- ja helisignaali kandesageduste erinevus on tühiselt väike. See tähendab, et kujutise vastuvõtubloki selektiivsuskõver peab olema lai ja lame ning samal ajal võimalikult järsunõlvaline. Vastasel juhul tungib heli kujutisse ja see on juba katastroof!

**H.**: Usutavasti hakkab vastuvõtja kineskoobi ekraan heli sagedusega vibreerima?

**T.**: Ära kõnele selliseid rumalusi, Huviste. Videosignaaliga segunev helisagedusvõnkumine tekitab kujutisele segavad horisontaalsed tumedad ribad, mille tihedus ja asend ekraanil pidevalt muutuvad.

**H.**: Kuidas saab seda häiret vältida?

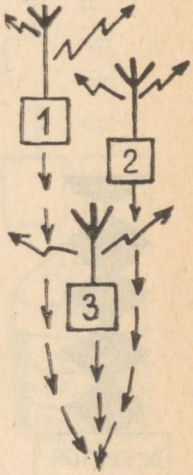
**T.**: Selektiivsuskõverale tuleb anda selline kuju, et terve videomodulatsiooniriba läbiks võimendit, kuid helimodulatsioon ei pääseks sellest läbi. Peab ütlema, et see on võrdlemisi tülikas. Sageli tuleb televiisorites võtta kasutusele tõkestusfiltrid, mis soodustavad heli ja kujutise signaalide eraldamist.

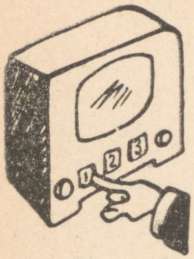
**H.**: Kuidas aga teha seda ühel külgribal toimuva saate puhul, millest kõnelesid eelmises vestluses?

**T.**: Sellisel juhul (joonis 75) valitakse niisugune selektiivsuskõver, et heli kandesagedusele lähemal asetsev külgriba ja osa teisest külgribast saaksid võimendit läbida. See hõlbustab ühe antenni ja ühiste sisendusastmete kasutamist kujutise ja heli vastuvõtuks. Nii saab kerge vaevaga hoida helimodulatsiooni väljaspool kujutisekanali läbilaskeriba.

**H.**: Sa rahustasid mind, Targaste. Kuid mind painab veel üks küsimus: kui häälestatud astmeid on nii rohkesti, eks siis kujuneb erinevatele saatjatele häälestamine väga tülikaks.

**T.**: Kuni suhteliselt hilise ajani ei tekkinud Euroopas sellist küsimust üldse. Kuid saatjate arvu kiire suurenemise tõttu anti televaatajatele võimalus valida soovitud saadet. Selleks otstarbeks varustati nende vastuvõtjad juba eelnevalt tarvilikele sage-





dustele häälestatud võnkeringidega, mida saab valida surunupp- või tavaliselt pöördlülitite abil. Ilmselt eelistatakse mitmekanalilised vastuvõtjad ehitada superheterodüünlülituses, et niiviisi vähendada sagedusmuundurile eelnevate ümberlülitatavate võnkeringide arvu.

**H.**: Tähendab, et televiisori ümberlülitatavad kanalid on põhimõtteliselt needsamad mis ringhäälingu puhul laineastmikud, s. o. pikk-, kesk-, lühi- ja ultralühilaine?

**T.**: Peaaegu, kuid mitte täiesti. Ringhäälingu laineastmikud on tulvil erinevaid saatjaid, kuid iga televisioonikanal sisaldab ainult ühte saatjat.

**H.**: Kuid siis võib kogu maailmas töötada ainult poolsada televisioonisaatjat? . . .

**T.**: Eksid, Huviste. Sama kanalit (laineriba) võivad üheaegselt kasutada saatjad, mis paiknevad üksteisest eemal ja mille vastuvõtutsoonid ei saa seetõttu üheski punktis kattuda.




### Päike kohtub Kuuga

**H.**: Nagu igas enesest lugupidavas vastuvõtjas, saabub meiegi kõrgsagedusele lõpp detektoris, kus ta avaneva ja nukust vabaneva kookoni sarnaselt tagastab saatja moduleerimisel sellesse suletud videosignaali.

**T.**: Sinu poeetiline võrdlus on siin isegi täiesti kohane. Terviklik televisioonisignaal, mis sisaldab nii videosignaali kui ka sünkroniseerimisimpulsse, antakse eelnevalt võimendatuna televiisori kineskoobi modulaatorelektroodile või katoodile.

**H.**: Kuidas? Koos sünkroniseerimisimpulssidega?

**T.**: Just nii. Tänu sellele, et nende pingenivoo vastab «mustemale mustast», kustutavad nad valgustäpi just õigel hetkel: sellel ajal, kui read või pildid lõpevad ja elektronkiirt tagasi hälvitatakse.

**H.**: Sellest oled mulle juba kõnelnud. Aga mis konservikarp see on, mille tähistasid alaliskomponendi taastamise blokina?

**T.**: Siin on tegemist skeemiga, mis taastab kineskoobi modulaatorelektroodile antava pinge alaliskomponendi. Videosignaal koosneb vahelduvkomponendist, mis vastab kujutise üksikute punktide heledusele, ja alaliskomponendist, mis on võrdeline kujutise heleduse keskmise tasemega.



**H.**: Kui ma mõistsin õigesti, on alaliskomponendil siin sama ülesanne nagu foto suurendamisel särituskestusel. Ühe ja sellesama vahelduvkomponendiga — tahan öelda: ühe ja sellesama negatiiviga — saab suurendamisel valmistada heledama või tumedama pildi vastavalt sellele, kas särituskestus on lühem või pikem.

**T.**: Kõik on täpselt niiviisi. Ma võin sulle veel avaldada suure-

päraste kuuvalguse võtete jäädvustamise saladuse fotodel ja filmis: need tehakse vastu heledat päikesevalgust! Saadud negatiivilt suurendamisel või kopeerimisel saadakse tarvilik kuuvalguse efekt ülesäritamisega.

**H.**: Kuidas on aga koostatud alaliskomponendi taastamise bloki skeem?

**T.**: Täna me ei kavatse tungida üksikasjadesse. Sa said teada, milleks ta on ja nüüdsest oskad talle leida koha skeemis. Me pöördume alaliskomponendi taastamise juurde veel kord tagasi, kui hakkame ükshaaval vaatlema televiisori blokke.

**H.**: Sellisel juhul ei hirmuta mind sinu skeemi ülejäänud osa enam. Näen, et videosignaal juhitakse samuti amplituudieraldajasse. Kahtlemata on siin tegemist seadisega, kus sünkroniseerimisimpulsid sõna otseses mõttes eraldatakse videosignaalist, s. o. televisioonisignaali sellest osast, mis annab üle kujutise elementide heledusi?

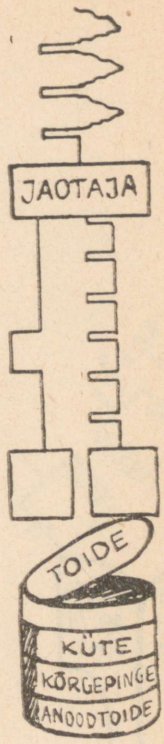
**T.**: Jah. Peale selle sorteeritakse seal reasünkroniseerimisimpulsid pildisünkroniseerimisimpulssidest . . .

**H.**: . . . selleks et suunata mõlemat liiki impulsid vastavasse laotusgeneraatorisse. Ja nende seadiste väljundis näen võimendeid ning hälvitusmähiseid. Seal me juba tunneme teed nagu oma koduõues.

**T.**: Hiljem vaatleme impulsieraldajate skeeme ja talitluspõhimõtteid lähemalt. Kuid kas sa ei arva, et meie televiisori erinevates astmetes kasutatav suur hulk lampe vajab ka toidet?

**H.**: Ah siis selleks reserveerisidki kõige suurema konservikarbi. Milline «toit» on siis sellesse mahutatud?

**T.**: Kütte-, anoodtoite- ja sageli ka kõrgepingeallikad. Elektronkiiretoru viimase anoodi toiteks vajatakse kõrget, mitme kuni mitmekümne tuhande voldilist pinget. Sellist pinget võib saada mitme meetodi abil ja meil seisab veel ees võimalusi nendega tutvumiseks.

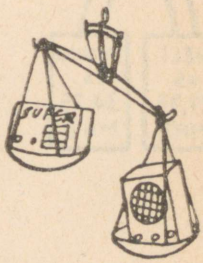


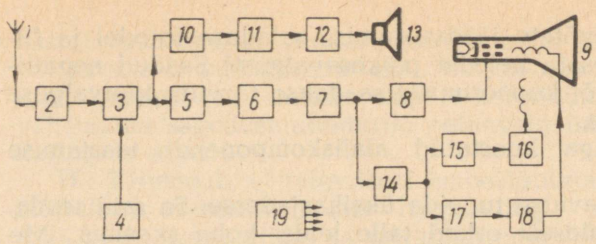

### Vaekaussidel on super- ja otsevõimenduslülitus

**H.**: Hakkasin vaatlema sinu joonestatud sagedusmuunduriga televiisori skeemi (joonis 76). Tõele au andes ei saanud ma sellest mõhkugi aru!

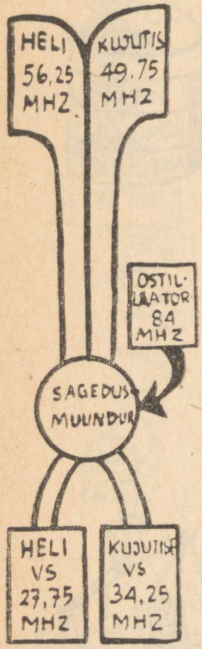
**T.**: Miks siis, mu vaene Huviste? Kui mitte arvestada seda osa skeemist, mis eelneb detekteerimisele, on kõik ülejäänu varem tundmaõpituga üsnagi sarnane.

**H.**: Loomulikult. Kuid ma ei taipa, kuidas võib kõrgsageduse eelvõimendamine ja sageduse muundamine koos ostsillaatoriga olla nii heli kui ka kujutise jaoks ühine. Siit võib saada küll mõningat säästu, aga kuidas see kõik töötama hakkab?






Joonis 76. Superlülituses televiisori lahterskeem: *1* — antenn; *2* — kõrgsagedusvõimendi; *3* — segusti; *4* — ostsillaator; *5* — kujutise vahesagedusvõimendi (34,25 MHz); *6* — videodetektor; *7* — videovõimendi; *8* — alaliskomponendi taastamise blokk; *9* — kineskoop; *10* — heli vahesagedusvõimendi (27,75 MHz); *11* — sagedusdetektor (sageli koos amplituudi piiramisega); *12* — madalsagedusvõimendi; *13* — valjuhääldaja; *14* — amplituudieraldaja; *15* — pildilaotusgeneraator; *16* — pildilaotusvõimendi; *17* — realaotusgeneraator; *18* — realaotusvõimendi; *19* — toiteblokk.




**T.**: Kinnitan sulle, et laitmatult. Pane ennekõike tähele, et kõrgsagedusvõimendi läbilaskeriba on küllaldaselt avar selleks, et hõivata enesesse nii heli kandesagedust koos tema modulatsiooni külgribadega kui ka kujutise kandesagedust koos tema mõlema külgribaga või ühe külgriba vastuvõtu puhul vähemalt sellega nendest, mis paikneb sagedusskaalal heli kandesagedusele lähemal.

**H.**: Hästi. Ent kuidas ikkagi õnnestub pärast sageduse muundamist eraldada heli ja kujutist?

**T.**: Imesid siin pole. Ostsillaatori sagedus tekitab koos heli- ja kujutisesignaalide sagedustega interferentsi ning annab kaks erinevat sagedust, mida pole raske häälestatud võnkeringide abil eraldada.

**H.**: See pole mulle kaugeltki selge.

**T.**: Võtame arvnäite. Oletame, et heli kantakse üle sagedusel 56,25 MHz ja kujutist sagedusel 49,75 MHz. Kui televiisori ostsillaator häälestada sagedusele 84 MHz, siis millisteks osutuvad pärast sageduse muundamist saadavate sageduste vahed?

**H.**: Heli jaoks saame $84 - 56{,}25 = 27{,}75$ MHz, kujutise jaoks aga $84 - 49{,}75 = 34{,}25$ MHz.

**T.**: Noh näed, kui helikanali vahesagedusvõimendi ja kujutisekanali vahesagedusvõimendi häälestada kumbki vastavale sagedusele, siis saab signaale hõlpsasti eraldada. On see arusaadav?

**H.**: Jah, seekord sai kõik selgeks. Kuid mind hämmastab sagedusele 34,25 MHz häälestatud vahesagedusvõimendi.

**T.**: Miks siis? Kui kõneleme sellest, et läbilaskeriba peab olema umbes 6 MHz laiune, on madalamat vahesagedust raske kasutada. Peale selle peab vahesagedusvõimendi läbilaskekõver

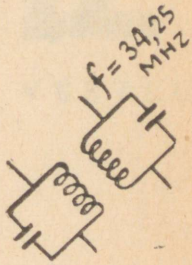
vastama nendele nõuetele, mis otsevõimenduse puhul esitatakse kõrgsagedusvõimendile.

**H.**: Kumba meetodit tuleks siis lõppude lõpuks eelistada?

**T.**: Ülekaal on läinud kindlalt selle vaekausi poole, millel on sagedusmuunduriga lülitus. Nimetatu on otsevõimenduslülitusest tavaliselt tundlikum ja seepärast kaugete saatjate signaalide vastuvõtmiseks sobivam. Kuid oma põhimõttelt kaldub ta tekitama tuiklemis- (interferentsi-) häireid, mis ilmnevad . . .

**H.**: . . . vile kujul!

**T.**: Ringhäälingutehnikas küll. Siin aga rööbitiste ribade, võrgu ja teiste moonutuste lisandumisena ülekantavasse kujutisesse. Selle eest on supervastuvõtjas aga tunduvalt hõlpsam saada tarvilikku selektiivsuskõverat. Ja niiviisi on ka kergem heli kujutisest eraldada. Vastuvõtja ostsillaator peab olema küllalt stabiilne. Kui tema sagedus pisut kõigub, siis ei avalda see kujutisele peaaegu mingit toimet, kuid heli jaoks, mille läbilaskeriba on palju kitsam, osutub hukatuslikuks.




**H.**: Ma ei näe, miks on see hukatuslik?

**T.**: Kui meie näites ostsillaatori sagedus hälbib 84 megahertsilt 84,05 megahertsile, on see muutus tühine. Kujutise ülekandele selline nihe mõju ei avalda, küll aga helile. Heli vahesagedus libiseks siis 84,05 — 56,25 = 27,8 megahertsile. Ja kui heli vahesagedusvõimendi läbilaskeriba ulatub ettenähtud keskmisest sagedusest kummalegi poole 15 kilohertsi, hõivab ta sagedusala 27,765 ja 27,735 megahertsi vahel. Ostsillaatori väärhäälestus tõukaks heli vahesageduse alasse 27,815 kuni 27,785 megahertsi. Kuid see on võimendi läbilaskeriba piiridest juba täiesti väljas. See tähendab, et heli kuuldavus lakkab.

**H.**: Kui sul tuleb tegemist kauni naisega, kes laulab valesti, siis ei osutu see katastroofiliseks. Hoopis vastupidi! Televisioon realiseerib meeste ammuse unistuse: ole ilus ja vaiki!

**T.**: Sa hälbisid meie ainevallast väga kaugele, Huviste. Selle asemel et jutustada mulle kahtlase maitsega nalju, teeksid paremini, kui soovitaksid mõnda abinõu.

**H.**: Ostsillaatori sagedus vajaks paremat stabiliseerimist.

**T.**: Muidugi. Tavaliselt avardatakse heli vahesagedusvõimendi läbilaskeriba — tehakse ta laiem kui oleks õigupoolest vajalik helisageduste ülekandmiseks. Niiviisi varutakse sagedusriba servades teatav «sagedusruum» tagavaraks, juhuks kui ostsillaatori sagedus peakski pisut kõikuma. Kaasaegsetes televiisorites kasutatake ka ostsillaatori sageduse automaatse täppishäälestuse lülitusi.

**H.**: See on ju tore! Kõik ülesanded anname robotitele ja automaatidele!

**T.**: Siiski on olemas ka lihtsam võimalus. Tuleb loobuda heli võimendamisest iseseisval vahesagedusel ja siirduda sellise lülitustehnilise võtte juurde, kus kasutatakse kandesageduste tuik-

lemist. Sellisel juhul osutub helikanal täiesti identseks skeemiga joonisel 73. Väga paljudes kaasaegsetes televiisorites kasutatakse seda põhimõtet.

Sa mõistad hõlpsalt, et niisuguse lülituse puhul põhjustab ostsillaatori sageduse triivimine heli ja kujutise vahesageduste täiesti ühesuguse muutumise, nii et nende tarvilik erinevus 6,5 MHz säilib igal juhul. Seepärast ei mõjutagi ostsillaatori sageduse triivimine peaaegu üldse heliülekannet.

**H.**: Ma ei tulnud selle peale.

**T.**: See tõendab, et oled juba väsinud ja et parem on jätkata meie vestlust järgmine kord.

Vastuvõetud signaali võimendamine ja detekteerimine on televisioonitehnikas tunduvalt keerukam ülesanne kui ringhäälingutehnikas. Kandelaine väga kõrge sagedus ja modulatsiooni külgribade suur laius muudavad küsimuse olemust märgatavalt. Siirdudes vastuvõtja süstemaatilisele tundmaõppimisele, vaatlevad meie sõbrad selles vestluses kõike, mis puudutab kõrgsagedust, kaasa arvatud sagedusmuundur ja vahesagedusvõimendi. Selleks uuritakse järgmisi küsimusi:

**võimendus ja eraldusteravus (selektiivsus), vajadus kasutada mitut kõrgsagedusvõimendusastet, mürad televisioonis, nende vähendamine kõrgsageduse eelvõimendamise teel, peegelsignaali summutamine, suhe *L/C* häälestatud võnkeringides, südamikuta, kuid ka ferromagnetilise ja vasksüdamikuga pooli häälestamine, summutustakisti, lahtisidestamine, lahkuhäälestatud võnkeringide meetod, kontrastsus, sageduse muundamine, Colpittsi lülituses ostsillaator, heli ja kujutise eraldamine.**

# 12.

## VESTLUS

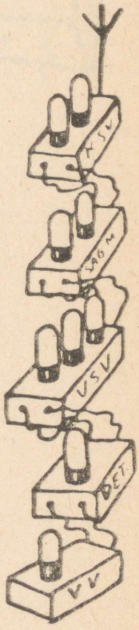
## NÕRK SIGNAAL SAAGU TUGEVAKS

### Halvad võnkeringid on head

**Huviste**: Viimati süvenesime televiisori ehitusse otsekui Eiffeli torni kõrguselt — kõige üldisemates joontes, olgu sellel televiisoril siis otsevõimendusega või sageduse muundamisega skeem. Niipalju kui sind tunnen, Targaste, hakkad sa nüüd mind käe otsas talutama mööda tema erinevate ahelate detaile.

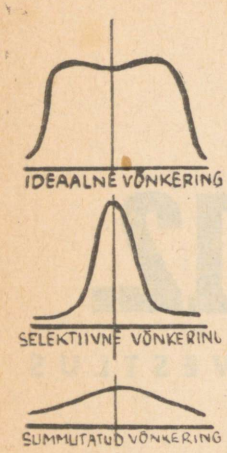
**Targaste**: Minu poolt ei oleks kena sind su ootustes petta. Kui soovid, vaatleme praegu skeemist antenni ja kineskoobi vahelist osa, mille ülesanne on võimendada signaali, kuid jätame esialgu kõrvale sünkroniseerimis- ja toiteblokid.

**H.**: Niisiis käesoleval momendil huvitavad meid otsevõimendusvastuvõtja puhul kõrgsagedussignaali võimendamine, detekteerimine, seejärel videosignaali võimendamine. Ja kui tegemist on supervastuvõtjaga, siis peame tundma õppima kõrgsagedussignaali võimendamist, sageduse muundamist, vahesageduse võimendamist, detekteerimist ja videosignaali võimendamist. Raadiovastuvõtjaga võrreldes on siin ainult üks erinevus: madalsagedussignaali asemel on meil tegemist videosignaaliga.




**T.**: Et ma tulevikus ei kuuleks enam sinult niisuguseid sõnu! Kuidas sa võid võrrelda kokku kõigest kümmekonda kilohertsi hõivavate külgribadega ringhäälingut televisiooniga, kus videosageduste riba laiub üle mitme megahertsi! See muudab otsustavalt võnkeringide ehituspõhimõtteid.

**H.**: Nähtavasti ei tarvitse me kõnelda sellest, et nad peaksid olema niisama selektiivsed kui raadiovastuvõtjates!




**T.**: Milline eksitus! Kui ringhäälingutehnikas valitseb vastuvõtu osas võitlus selektiivsuse ja helikvaliteedi vahel, siis televisioonis põrkame mitte vähem teravale võitlusele v õ i m e n d u s e ja s e l e k t i i v s u s e vahel.

**H.**: Kui ma sind õigesti mõistsin, vajame siin väga väikese selektiivsusega võnkeringe, et nad võiksid läbi lasta vastavalt väga avarat sagedusriba. Kui mõtlen, millise hoolitsusega ümbritsetakse võnkeringe raadiotehnikas, et saada vajalikku selektiivsust, hakkab mulle näima, et seda vähendada polegi nii raske. Ilmselt pole vaja muud, kui kasutada halvakvaliteedilisi võnkeringe.

**T.**: Täpselt nii. Kuid paraku ei saa halbade võnkeringidega tagada suurt võimendust. Samal ajal pürime kõigepealt selle poole, et saaksime elektronkiiretoru modulaatorelektroodile anda mitmekümne voldise videosignaali, kuigi kõrgsageduspinge televiisori sisendis on sageli madalam millivoldist. See tähendab, et üldine pingevõimendus peab olema umbkaudu 50 000.

**H.**: Tähendab, just seepärast kasutatakse televisioonis nii suurt hulka võimendusastmeid?

**T.**: Täiesti enesestmõistetavalt.

### Kõrgsageduse eelneva võimendamise hüved

**H.**: Kokku võttes, sageduse muundamisega televiisoris võib olla mitu kõrgsageduse võimendusastet, mitu vahesageduse võimendusastet ja lõpuks veel mitu videovõimendusastet.

**T.**: Videovõimendis kasutatakse rohkem kui kaht astet harva. Tavaliseks on üks kõrgsagedusaste ja kolm-neli vahesagedusastet. Nende ehituses pole olulisi erinevusi. Kas taipad, Huviste, et kui vahesagedusastmed häälestatakse 10 megahertsist kõrgemale sagedusele, ei erine nad praktiliselt üldse kõrgsagedusastmetest. Seepärast võimegi neid vaadelda üheskoos.

**H.**: Sel juhul ei näe ma võimenduse jaotamises kõrgsagedus- ja vahesagedusastmete vahel mingit mõtet. Kas poleks tulemused samad, kui kasutada viie vahesagedusastmega supervastuvõtjat?

**T.**: Lisaks asjaolule, et nende võimendus pole kuigi suur, võib niisuguses astmete rodus tekkida eneseergutus. Kui aga võimendus jaotada kahe erinevatele sagedustele häälestatud astmete kaskaadi vahel, ei ilmne sellist ohtu. Kõrgsageduse eelvõimendamisel on muide ka teisi eeliseid. Ta võimaldab vähendada signaali ja müra suhet.

**H.**: Millisest mürast küll saame kõnelda kujutise vastuvõtjas?

**T.**: Palun vabandust niisuguse oskussõna kuritarvitamise pärast, millel on tähttäheline mõte ainult ringhäälingutehnikas. Seal nimetatakse niiviisi võimendatud voolu juhuslikku laadi eba-

ühtlust (fluktuatsiooni), mis väljendub valjuhääldajas kahinana kuuldava mürana. See häire on eriti märgatav saate puudumisel. Müra põhjuseks võivad olla soojuslik fluktuatsioon takistites ja võnkeringides, kuid ka võimenduslampide katoodide elektroniemissiooni ebaühtlus.

**H.**: Aga see sinu «müra» pole ometi televisioonis kuuldav!

**T.**: Jah, kuid see-eest on ta nähtav. Kineskoobi modulaatorelektroodile antud võimendatud pinge fluktuatsiooni tõttu lisandub valgustäpi heleduse modulatsioonile ka elektronkiire tugevuse parasiitne modulatsioon. Selle tagajärjel tekkivat nähtust võiksime nimetada televisioonikujutise «teralisuseks» (analoogiliselt fotograafilise emulsiooni teralisusega, mis muutub nähtavaks suurte suurenduste korral ja kinolinal).




**H.**: Tähendab, kõrgsageduse eelvõimendamine vähendab seda kujutise «müra»?

**T.**: Jah, samuti nagu raadiovastuvõtjas vähendab ta kuuldavat müra . . . Kuid sellega veel ei piirdu sagedusmuunduri ette asetatud kõrgsagedusvõimendusastmete eelised. Need astmed vähendavad televiisori ostsillaatori sageduse ebasoovitavat väljakiirgumist antenni kaudu ja vastavalt ka naabervastuvõtjate häirimist. Lõpuks, vaatamata väikesele selektiivsusele, vähendavad nad ohtlikku interferentsi naabersagedustega.

**H.**: Kuid televisioonisaatjate väikese arvu juures see hädaoht veel ju ei ähvarda?

**T.**: Televisioonisaatjate arv on juba nüüd küllaltki suur. Peale selle võib tekkida interferents peegelsagedustega.

**H.**: Mulle meenub, et nii nimetatakse supervastuvõtja puhul sagedusi, mis sagedusskaalal paiknevad ostsillaatori sageduse suhtes vastuvõetava saatja sagedusega sümmeetriliselt.

**T.**: Milline eeskujulik mälu! Niisiis, kui võtta vastu 49,75-megahertsise sagedusega signaali ostsillaatoriga, mis on häälestatud sagedusele 84 MHz, et saada vahesagedus $84 - 48{,}75 = 34{,}25$ MHz, siis annab ka sootuks võõras signaal sagedusega 118,25 MHz sellesama ostsillaatorisagedusega tuiklemise tulemusena vahesageduse $118{,}25 - 84 = 34{,}25$ MHz.

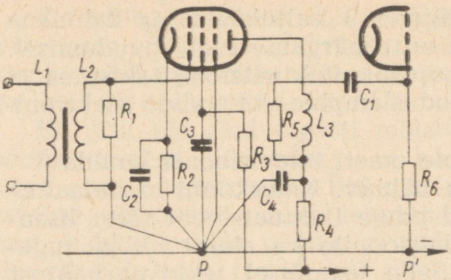
**H.**: Et aga signaal sagedusega 118,25 MHz vastab lainepikkusele 2,54 m, asume täielikult meeterlainete piirkonnas.

**T.**: Nüüd näed, millist ohtu saab selektiivsete kõrgsagedusastmete kasutamisega vältida: need ei lase läbi resonantsisagedusest nii erineva sagedusega signaali.

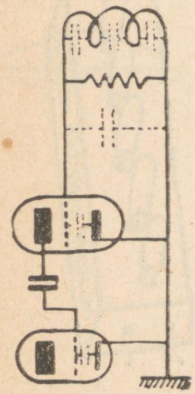
### Nähtamatute elementidega skeem

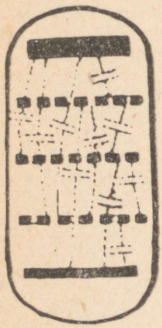
**H.**: Kas sa joonestaksid kõrgsagedusvõimendusastme skeemi?

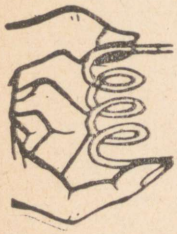
**T.**: Siin on lülitus (joonis 77), mida kasutatakse nii otsevõimendusvastuvõtjates kui ka enne sageduse muundamist super-




Joonis 77. Kõrgsagedusvõimendi tüüpiline aste.







vastuvõtjates. Kasutusel on klassikaline sidestusviis häälestatud võnkeringiga anoodahelas.

**H.**: Kas sa jällegi irvitad minu üle, Targaste? Ega sa ometi ei kavatse mind uskuma sundida, et induktiivpool $L_3$ koos takistiga $R_5$ moodustavad võnkeringi!

**T.**: Minu meelest on meil juba varemgi olnud küllalt juhust kõnelda «nähtamatutest» elementidest, mis esinevad skeemides peidetud kujul? See kehtib ka mahtuvuse kohta, mis koos pooli $L_3$ mähise induktiivsusega moodustab häälestatud võnkeringi. See mahtuvus koosneb kõikide parasiitmahtuvuste summast, mis on ühendatud rööbiti mähisega: tema enese hajutatud mahtuvusest, montaaži mahtuvusest, lampide elektroodidevahelistest mahtuvustest...

**H.**: Kuid mispärast ei kasutata siin tõelist kondensaatorit, nii nagu igas enesest lugupidavas võnkeringis?...

**T.**: Seepärast et vähegi mõistliku võimenduse tagamiseks peab võnkeringi induktiivsus olema suur ja mahtuvus võimalikult väike. Sellel eesmärgil püütakse montaaž teostada võimalikult «õhulisena» ja väga lühikeste ühendusjuhtmetega, et vähendada parasiitmahtuvusi.

**H.**: Induktiivpool $L_2$ osutub samuti häälestatud võnkeringiks, eks?

**T.**: Jah, nii nagu ka induktiivpool $L_3$. Meie skeemis on ta muide veel antennimähisega $L_1$ induktiivsidestuses.

**H.**: Aga kuidas saab tegelikult üldse häälestada selliseid võnkeringe, kui nendes pole muudetava mahtuvusega kondensaatoreid?

**T.**: Nende poolide induktiivsuse muutmisega. Nii kõrgetel sagedustel kasutatavad südamikuta mähised koosnevad paarist jäiga traadi keerust, mis moodustavad solenoidi. Induktiivsuse suurendamiseks või vähendamiseks piisab nende keerdude mõningast lähendamisest või eemaldamisest. Kuid kasutatakse ka pulbrilisest rauast või vasest südamikke.

**H.**: Ferromagnetilised südamikud on mulle juba tuttavad, sest need on raadiovastuvõtjates samuti kasutusel. Kuid vask pole

ometi magnetiline metall ja ma ei mõista, kuidas saab tema juuresolek muuta pooli induktiivsust.

**T.**: Vasest südamik avaldab sellele mõju tänu voolule, mis temas indutseerub. See on niinimetatud pöörisvool ehk fukoovool, mis omalt poolt loob induktiivpooli magnetväljale vastassuunalise magnetvälja ja indutseerib selles esialgset voolu nõrgendava voolu. Kõik toimub järelikult niiviisi, nagu oleks mähise induktiivsus väiksem kui vasksüdamiku puudumisel.

**H.**: See meenutab mulle Röövlite koopa külastamist ...

**T.**: Tunnistan, et mõtteline seos selle seigaga pole mulle mõistetav.

**H.**: Kui ma läksin sellesse kurikuulsasse koopasse, polnud ma kuigi rahulik. Ja selleks, et enesele sisendada julgust, hakkasin karjuma. Õnnetuseks vastas mulle kaja. See hirmutas mind sedavõrd, et põgenesin koopast nii kiiresti kui jalad kandsid.

**T.**: Jah, tõepoolest on pöörisvoolude ja sinu Röövlite koopa kaja vahel teatav sarnasus. Tuleb märkida, et elektrit juhtivast materjalist, näiteks vasest või valgevasest südamiku induktiivsust vähendav toime on täiesti vastupidine magnetilisest materjalist poolisüdamiku toimele, mis suurendab mähise induktiivsust.

**H.**: Vasksüdamiku kasutamisel tekib vist praktiline raskus. Kuidas saab selliste südamike asendit reguleerida, et võnkeringi soovitud sagedusele häälestada? Kui neid nihutada mähise sees edasi-tagasi hariliku terasest kruvikeeraja abil, muudaks see tööriist häälestust põhjalikult.

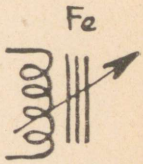
**T.**: Väga asjalik vastuväide. Just seepärast häälestataksegi poole isoleermaterjalist kruvikeeraja abil.

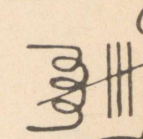
**H.**: Võid täheldada, et mina mõtlen kõigele! ... Kuid pöördugem taas meie skeemi juurde. Rööbiti võnkeringidega $L_2$ ja $L_3$ oled ühendanud takistid $R_1$ ja $R_5$. Loodan, et nende takistus on küllalt suur. Vastasel korral nad neelaksid tubli osa meie võnkeringide energiast.

**T.**: Ei, Huviste, need takistid on suhteliselt väikese takistusega, keskeltläbi kusagil 2000 oomi piirides. Ja nagu sa juba väga õigesti märkisid, neelavad nad võnkeringide energiat. Tulemus on see, mida tehnikud nimetavad võnkeringi sumbuvuse suurendamiseks. Ja just sumbuvuse suurendamisega saadaksegi lamedam selektiivsuskõver, s. t. avaram läbilaskeriba.

**H.**: Sellega sa kurvastad mind väga. Kõikide modulatsioonisageduste läbilaskmise huvides tuleb ohverdada juba niigi pisikesed kõrgsagedusenergia raasukesed, mis on kogutud võnkeringidesse. Ja mida tehakse selle energiaga? Hajutatakse soojusena summutustakistites! See kõrgsageduslik korterite kütmise meetod on ennekuulmatu raiskamine!

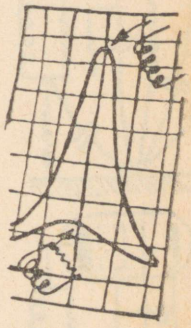
**T.**: Paraku oleme sunnitud niiviisi toimima. Nüüd saab sulle mõistetavaks, miks on taolise astme võimendus väike. Selle suu-







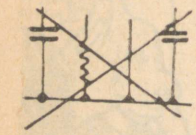


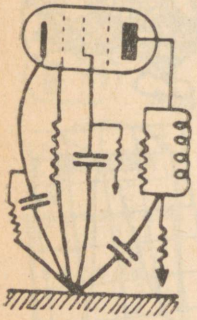
rendamiseks tuleb kasutada suure tõusuga lampe[7]. Õnneks on olemas pentoode tõusuga tublisti üle 10 mA/V, mis tänu sellele tagavad vajaliku võimenduse.

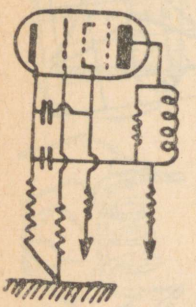
### Maandamise probleemid

**H.**: Sinu joonistatud skeemis on üht kui teist ebatavalist. Sul on harjumus joonestada alati kõik vertikaalsed ja horisontaalsed ühendused rööpjoonlaua ja kolmnurga abil. Kuid siin on viltuste joonte maaliline kimp, mis suunduvad ühte šassii punkti. Miks on see nii?

**T.**: Kujutades niiviisi kõiki ühe ja sellesama astme elementide ühendusi anoodtoiteallika miinuspoolusega, tahtsin rõhutada tarvidust eriti hoolikalt jälgida ühiste ahelate kaudu tekkida võivate parasiitsidestuste vältimist, pakkudes selleks voolude vahelduvkomponentidele kõige lühemat teed. Raadiovastuvõtjate monteerimisel varasematel aegadel tavaks olnud moodusel — ühendada anoodtoiteallika negatiivse pooluse külge minevad ahelad šassii kõige erinevamatesse punktidesse — ei tohi olla kohta televisioonis. Siin peavad vahelduvkomponendid otsekohe igas ahelas joonduma nii, et šassiis ei tekiks erinevate astmete voolude jaoks ühiseid teid. Vastasel korral tekib eneseergutus!







**H.**: Täiesti õige. Ma näen, et lambi varivõre on $R_3$ ja $C_3$ abil ning anoodahel $R_4$ ja $C_4$ abil lahti sidestatud, ning et vahelduvkomponendid siirduvad läbi kondensaatorite $C_3$ ja $C_4$ ühisesse punkti, kust nad saavad läbi eelpingestustakistiga $R_2$ rööbitise

---

[7] Meenutame, et astme võimendus, s. o. sisendpinge ja väljundpinge suhe,

$$K = \frac{R\mu}{R_i + R},$$

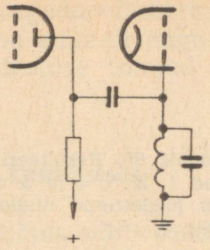
kus $R$ on koormustakistus, $R_i$ — lambi sisetakistus, $\mu$ — tema võimendustegur. Lugeja ja nimetaja jagamisel väärtusega $R_i$ saame:

$$K = \frac{R\,\frac{\mu}{R_i}}{1 + \frac{R}{R_i}} = \frac{RS}{1 + \frac{R}{R_i}},$$

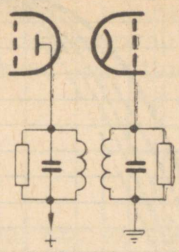
sest $\frac{\mu}{R_i} = S$ (lambi tõus). Kui $R$ on, võrreldes $R_i$-ga, väga väike (nii nagu vaadeldavalgi juhul), siis võib jätta ära suhte $R/R_i$ ja võimendus

$$K = RS.$$

Kui anoodkoormuse takistus on näiteks 1200 oomi ja lambi tõus 8 mA/V (ehk 0,008 A/V), siis võimendus $K = 0{,}008 \cdot 1200 = 9{,}6$, kuid tavalise pentoodi puhul, mille $S = 1{,}5$ mA/V, langeb võimendus kuni $K = 0{,}0015 \cdot 1200 = 1{,}8$. Sellisest astmest poleks kuigi palju kasu.



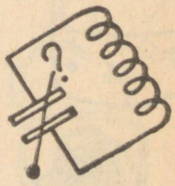
Joonis 78. Mahtuvussidestus häälestatud võnkeringiga võreahelas.



Joonis 79. Trafosidestus häälestatud primaar- ja sekundaarmähisega trafo abil.

lahtisidestuskondensaatori $C_2$ katoodile tagasi pöörduda (joonis 77).

**T.**: Tõtt öelda osutuks lahtisidestus efektiivsemaks, kui $C_3$ ja $C_4$ oleksid vahetult katoodiga ühendatud. Kuid lülitust on hõlpsam monteerida, kui kasutada igas astmes omaette valitud ühiste punktide meetodit. Niiviisi osutub meie skeemis *P* ühiseks maanduspunktiks esimese astme jaoks.



**H.**: Mis siis ikka, nüüdsest peale tuleb nähtavasti televiisorite skeeme hakata sellisel viisil joonistama?

**T.**: Selleks pole tarvidust, kui minu selgitatud põhimõte on juba tuntud ja kasutusele võetud. Nii näiteks joonisel 78 ja 79 olen joonestanud tavalisel viisil kaks kõrgsagedus- ehk vahesagedusastmete skeemivarianti.

**H.**: Ma tunnen siin erilise vaevata ära võreahelas asetseva häälestatud võnkeringiga skeemi (mis on täiesti sarnane sellega, mida äsja vaatlesime). Sidestamine toimub siin kondensaatori häälestatud primaar- ja sekundaarmähisega trafo abil. Pea kinni! Siin on sul olemas ka rööbitine kondensaator.

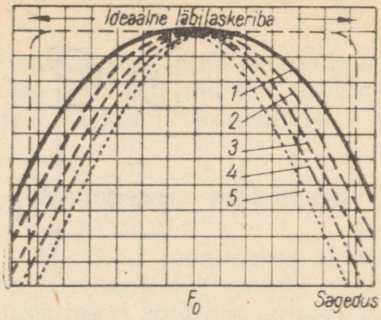
**T.**: Jah, sellist skeemi kasutatakse mõnikord vahesagedusvõimendis, seal aga võib võnkeringi kuuluda ka väike seadekondensaator.

**H.**: Sidestatud võnkeringidega skeemil on tõenäoliselt see eelis, et kogu seadme selektiivsus paraneb.

### Mitmeküüruline kaamel



**T.**: Mu vaene Huviste, sa mõtled ja väljendud otsekui hea ja korralik vanaaegne raadiotehnik. Kuid televisioon on raadioga võrreldes seesama, nagu raadio tugevvoolutehnikaga võrreldes. Mõtlemisviisi tuleb täielikult muuta. «Selektiivsuse parandamine», nagu sa armastusväärselt väljendusid, on meie jaoks täielik õnnetus. Ja häälestatud võnkeringide arvu suurendamine lähendab meid sellele hukatusele kõige saatuslikumal viisil. Sinu




Joonis 80. Resulteerivad selektiivsuskõverad 1, 2, 3, 4 ja 5 võnkeringi jaoks, mis on häälestatud ühele ja samale sagedusele $f_0$.

paremaks veenmiseks kujutasin (joonis 80) üksiku võnkeringi selektiivsuskõvera ning kahele, kolmele, neljale ja viiele samasugusele võnkeringile vastavad kõverad. Läbilaskeriba muutub, nagu näed, üha kitsamaks ja kitsamaks. Videomodulatsiooni läbipääsemiseks jäävad võimalused üha väiksemaks ja väiksemaks.

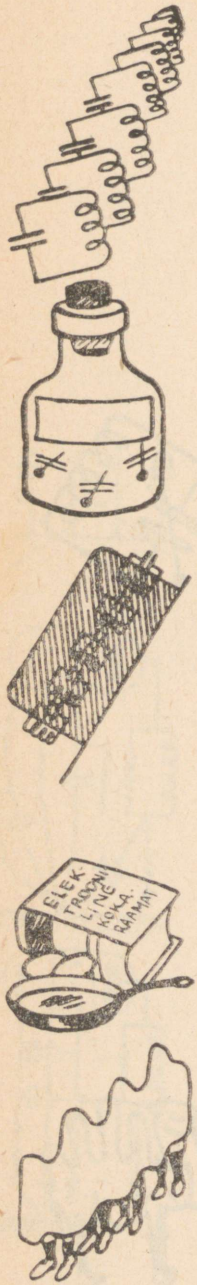
**H.**: See on hirmus! Ent kuna sa demonstreerisid mulle seda rusuvat pilti, tean, et sul on tagavaraks mingisugune radikaalne abinõu. Siis kiiresti! Reeda oma kõiketervendava ravimi koostis!

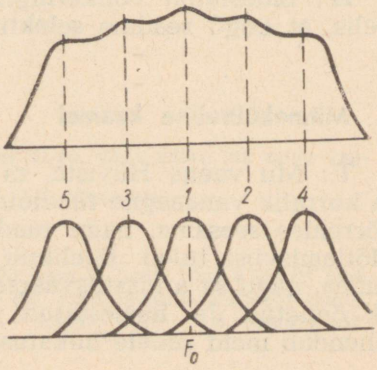
**T.**: Riku võnkeringide kokkuhäälestus (joonis 81)!

**H.**: Kuidas? Mitte häälestada võnkeringid ühele ja samale moduleerivate sageduste spektri kesksagedusele? Tahtlikult toimida selliselt, nagu seda ise soovimata teevad kehvad raadiovastuvõtjate reguleerijad? ...

**T.**: Just nii. Jaotades mitme võnkeringi häälestussagedused sobival viisil laiali, saadakse ühine selektiivsuskõver, mis on ideaalse kujuga võrdlemisi sarnane. Loomulikult väheneb seetõttu võimendus pisut, kuid pool muna on ikkagi parem kui tühi koor.

**H.**: Need nihutatud selektiivsuskõverad meenutavad mulle, kuidas lapsepõlves mängisin koos sõpradega kaamelit. Me asetusime haneritta üksteise taha ja katsime ennast laudlinaga. Niiviisi saadud üsnagi liikuv fantastiline olend oli väga sarnane sinu resulteerivale kõverale ... Kas niiviisi saab toimida ainult kõrgsagedusvõimendis?



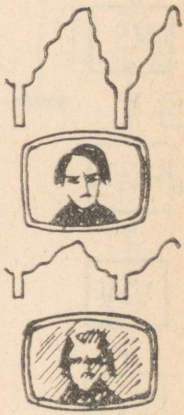

Joonis 81. Lahkuhäälestatud võnkeringide meetod. All — viie kasutatava võnkeringi individuaalsed resonantsikõverad, üleval — resulteeriv kõver.

T.: Ei. Vahesagedusvõnkeringide resonantsisagedusi nihutatakse täpselt sama edukalt nagu kõrgsagedusvõnkeringide puhul. Sellise lahkuhäälestuse toimed liituvad ja annavad soovitud kujuga kõvera.

### Tundlikkus ja kontrastsus

H.: Minu küsimus võib tunduda sulle naiivsena. Ma sooviksin teada, kas kõrgsagedus- või vahesagedusvõimendi võimendus ja koos sellega ka tundlikkus on püsiv või on televiisoril nupp selle reguleerimiseks?

T.: Võimendus tehakse reguleeritavaks väga sageli. Selleks kasutatakse üht tavalistest meetoditest, nagu näiteks pentoodide esimese võre potentsiaali (eelpinge) muutmist eraldi allikast saadava pingega, või, mis on veelgi lihtsam, katoodtakisti takistuse reguleerimisega.



H.: Aga milles avaldub tundlikkuse reguleerimine? Arvan, et ta väljendub kujutise heleduse muutumisena. Nii nagu raadiovastuvõtjas, kus saab heli muuta valjemaks või vaiksemaks, peaks kujutis televiisori ekraanil muutuma heledamaks või tumedamaks.

T.: Sa eksid õige tublisti, Huviste. Kujutise keskmist heledust doseeritakse lihtsalt kineskoobi eelpingestamisega. Muide, sellest kõneleme hiljem. Tundlikkuse reguleerimine muudab aga tüürpinge amplituudi kineskoobi modulaatorelektroodil või katoodil. Kui amplituud on väike...

H.: ...on ka valgustäpi heleduse muutused tühised.

T.: Ilmselt. Ja vastupidisel juhul, kui signaalipinge toru tüürelektroodil muutub tunduvalt, omandab täpp kõik heledused alates kõige tugevamast helendamisest kuni täieliku kustumiseni.

H.: Järelikult saadakse esimesel juhul täiesti hall kujutis, kuna aga teisel juhul osutub ta väga kontrastseks. Need on otsekui fotod, mis on suurendatud pehmele või kontrastsele paberile.

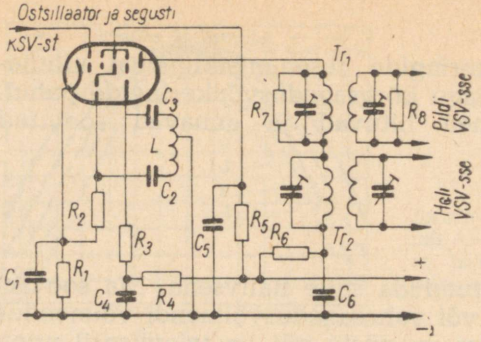
T.: See võrdlus on täiesti paikapidav. Ja sa ei tarvitse imestada, kui saad teada, et televiisoris nimetatakse tundlikkuse reguleerimist tunduvalt tabavamalt kontrastsuse reguleerimiseks.

H.: Mulle näib, et seda reguleerimist võib võrdse eduga sooritada nii kõrgsagedus- kui ka vahesagedusvõimendis.

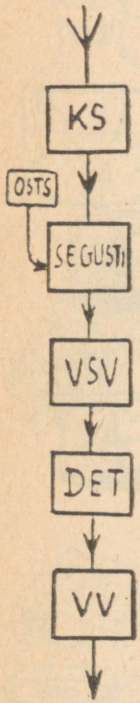
### Kõrgsagedusest vahesageduseks

T.: Just nii. Seda võib teha isegi nende kahe võimendi vahel paiknevas segustusastmes, juhul kui sagedust muundatakse kahe lambi abil.

H.: Kas kahelambiline muundusaste pakub televiisoris mingeid eeliseid?



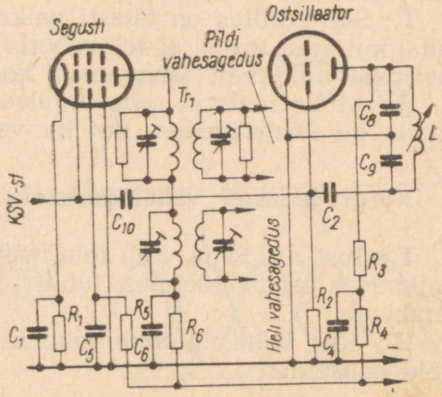

Joonis 82. Sagedusmuundur triood-heksoodiga.




**T.**: Selles pole mingit kahtlust. Mõnikord kasutatakse selleks samuti nagu raadioteski liitlampi, näiteks triood-heksoodi või triood-heptoodi. Kuid sellise sagedusmuunduri võimendus on üsna tühine. Seepärast eelistatakse paljudes televisioonivastuvõtjates segustina kasutada suure tõusuga pentoodi; ostsillaatoriks on iseseisev triood, milles tekitatud võnkumine antakse vastava vahelduvpingena kas pentoodi kolmandale võrele või siis koos eelnevalt võimendatud kõrgsagedussignaaliga tema esimesele võrele. Näitena vaatleme kumbagi tüüpi muundusastmeid: ühe ja kahe lambiga skeeme (joonised 82 ja 83). Kandesageduste interferentsi meetodil toimuva vastuvõtu puhul langeks ära tarvidus heli vahesagedustrafo järele.

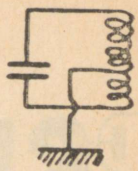
**H.**: Kummaski skeemis näen vanu tuttavaid. Siin on: automaateelpingestamine katoodtakistiga $R_1$, mis on sillatud kondensaatoriga $C_1$; takisti $R_5$ takistus määrab varivõrepinge, see ahel on lahti sidestatud kondensaatoriga $C_5$; anoodpinge antakse ostsillaatorile takistite $R_3$ ja $R_4$ kaudu koos lahtisidestuskondensaatoriga $C_4$; anoodahela lahtisidestusfilter on $R_6$ ja $C_6$.

Ühe lambiga muunduri puhul tunnen ilma pikemata ära kolmpunktlülituse. Ostsillaatori võnkeringi pooli $L$ väljavõte on nii ise-

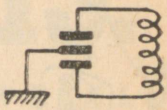



Joonis 83. Sageduse muundamine kahe lambi abil.

loomulik! Kuid mis ostsillaator see on, mida sa kasutad eraldi trioodiga skeemis? Näen, et induktiivpoolil $L$ pole üldse väljavõtet.

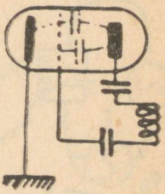


T.: Seda nimetatakse Colpittsi lülituseks, ja temaski on omamoodi väljavõte võnkeringist. See väljavõte on aga tehtud mitte induktiivpoolist, vaid võnkeringi mahtuvusest. Vaata, selle mahtuvus koosneb kahest kondensaatorist $C_8$ ja $C_9$. Nende ühine punkt moodustab üldise mahtuvuse «elektrilise keskpunkti». See punkt on ühendatud lambi katoodiga. Skeem on ekvivalentne induktiivse kolmpunktlülitusega ehk Hartley' skeemiga, seda aga sa tunned hästi.



H.: Loomulikult peavad mahtuvused $C_8$ ja $C_9$ meie juhtumil olema väga väikesed?

T.: Nii väikesed, et sageli jäetakse need kondensaatorid sootuks ära.



H.: Kuid siis ...

T.: Kõik töötab suurepäraselt, sest kondensaatori $C_8$ ülesande võtab enesele lambi anoodi ja katoodi vaheline parasiitmahtuvus ning kondensaatorit $C_9$ asendab võre ja katoodi vaheline mahtuvus.

### Helid kujutisteta ja kujutised helideta

H.: Kokku võttes annab televisioon võimaluse edukalt kasutada isegi lampide puudusi, s. o. nende elektroodide vahelisi mahtuvusi ... Siiski tahaksin pöörduda tagasi sinu skeemide juurde, selleks et märkida, et oled segustusastme ühte ja samasse anoodahelasse ühendanud kaks vahesagedustrafot järjestikku. Üks nendest ($Tr_1$) on häälestatud kujutise vahesagedusele ja teine ($Tr_2$) heli vahesagedusele. Miks viimasel pole summutavat rööptakistit?

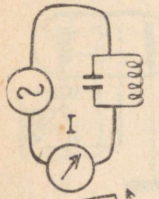


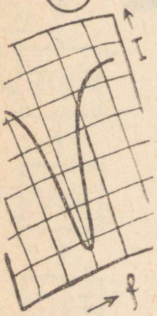

T.: Heli vahesageduse võnkeringid peavad olema kitsama riba tõttu selektiivsed, järelikult ei tohi nendel olla sellist sumbuvust kui kujutise vahesageduse võnkeringidel. Seepärast võib siin kasutada «reaalsete» kondensaatoritega võnkeringe.

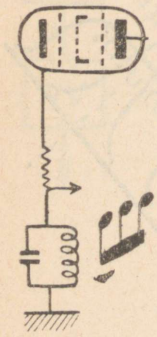
H.: Kas see on ainus võimalus heli ja kujutise vahesagedussignaalide eraldamiseks?

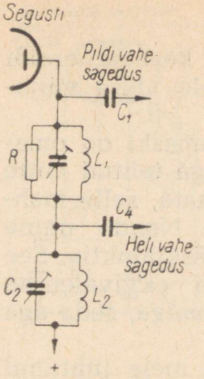
T.: Ei. Selleks võib kasutada ka teisi meetodeid. Häälestatud primaar- ja sekundaarmähistega trafode abil sidestamise asemel kasutatakse sageli (joonis 84) häälestatud anoodvõnkeringide abil sidestamist ($L_1$ kujutise vahesageduse jaoks ja $L_2C_2$ heli vahesageduse jaoks) kondensaatorite $C_1$ ja $C_4$ kaudu, mis viivad vastavalt kujutise- ja helikanali vahesageduse võimenduslampide võrele. Ka võib juhtida mõlemad vahesageduskomponendid ühe lambi võrele ja eraldada need võnkeringiga $L_3C_3$, mis on häälestatud heli vahesagedusele ja ühendatud katoodahelasse (joonis 85).



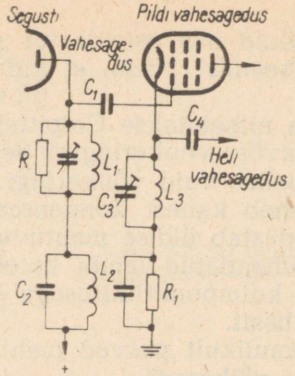









Joonis 84. Heli- ja kujutisesignaali eraldamine sagedusmuunduri anoodahelas.




Joonis 85. Heli- ja kujutisesignaali eraldamine selektiivse negatiivse tagasisidestuse abil vahesagedusvõimendi esimese lambi katoodahelas.

**H.**: Ma ei mõista, kuidas see kõik tööle hakkab.

**T.**: Sa ju tead, et häälestatud võnkering laseb hõlpsalt läbi kõikide sagedustega voolusid . . .

**H.**: . . . välja arvatud seda, millele ta on häälestatud. Sa õpetasid mulle juba iidsetel aegadel, kuidas käitub rööbitine võnkering.

**T.**: Suurepärane. Nüüd mõistad, et kõikide signaalide jaoks, välja arvatud heli vahesagedussignaal, määrab eelpinge kõrguse ainult takisti $R_1$, mis tagab maksimaalse võimenduse. Nii on lugu eriti kujutise vahesagedusega pinge jaoks, mida vastavalt võimendatuna saadakse anoodahelast.

**H.**: Ma juba aiman, millega see arutelu jätkub. Heli vahesageduspinge jaoks on lugu kehvavõitu, sest tema jaoks lisandub katoodtakisti $R_1$ takistusele võnkeringi $L_3C_3$ suur resonantsitakistus. Tulemuseks on võimenduse tunduv vähenemine selle õnnetu sageduse jaoks.

**T.**: Täpselt õigesti. Niiviisi kaob ta anoodahelast sootuks. Tänu kondensaatorile $C_4$ saab heli vahesagedusvõimendi lambi võrele juhtida pinge, mis on terviksignaalist võnkeringiga $L_3C_3$ välja nopitud.

**H.**: Kas siin ei ilmne negatiivse tagasisidestuse nähtus?

**T.**: Jah, loomulikult, ja isegi veel enam, selektiivse negatiivse tagasisidestuse nähtus, mis avaldub ainult ühe kindla sageduse lähimas ümbruses.

**H.**: Kõik see näib mulle pagana keerulisena!

**T.**: Sa pole lihtsalt veel neid meetodeid põhjalikult läbi mõelnud. Tegelikult on kõik see imelihtne. Selektiivset negatiivset tagasisidestust kasutatakse sageli mingi sagedusega signaali allasurumiseks.

Jätkates televiisori astmete süstemaatilist uurimist, tutvuvad Targaste ja Huviste detekteerimisega (kus nad kohtuvad polaarsuse probleemiga) ja videosagedussignaali võimendamisega (kus parasiitmahtuvused mängivad erakordselt hukatuslikku rolli). Siin, nagu ka kõrgsagedus- ja vahesagedusvõimendites, tuleb samuti läbilaskeriba avardamise huvides ohverdada võimendust. Kuid on olemas võimalus kasutada korrigeerimisahelaid... Kokku võttes moodustab selle vestluse sisu:

**positiivse ja negatiivse polaarsusega väljundpingega detekteerimine, videosignaali polaarsus ühe ja kahe videovõimendusastme puhul, detektoriahela parameetrid, sümmeetriline skeem, võimenduse suurus videosagedusel, parasiitmahtuvuste toime, koormustakisti takistus, korrektsiooni järjestik-, rööp- ja segaskeem, resulteeriv sageduskarakteristik.**

# 13.

## VESTLUS

### KÕRGSAGEDUSEST KINESKOOBINI

#### Mägiradadel

**Huviste**: Aeg-ajalt sunnivad meie vestlused mind meenutama ronimist mägiradadel.

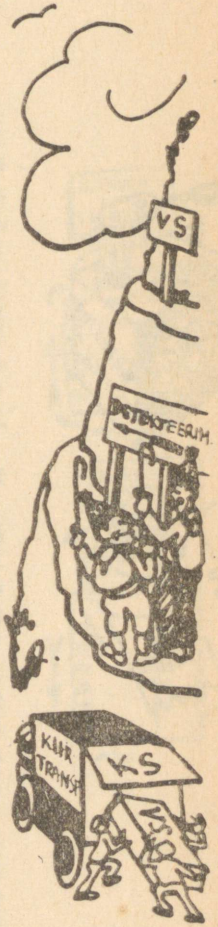
**Targaste**: Kas mitte seepärast, et mõtlemisraskused meenutavad sulle alpinistide saavutustega kaasnevaid hädaohtusid?

**H.**: Ei, ma ei vihja hoopiski sellele. Sa tead küll neid looklevaid radasid, mis tasapisi tõusevad mööda mäeveeru ja kus alatasa tundub, et taas ja taas läbid neidsamu kohti, kuigi sa tegelikult tõused pidevalt kõrgemale. Mulle näib mõnikord, et kordan taas raadiotehnika kursust, sest mõisted, mida nüüd vaatleme — kui võiksin niimoodi väljenduda — on «rööbitised» mõistetega raadiotehnikast. Kas me ei kõnelnud viimati kõrgsagedus- ja vahesagedusvõimendusest ja sageduse muundamisest?

**T.**: Võttes omaks sinu võrdluse, lähen veelgi kaugemale ja kinnitan, et vastavalt mäkketõusmisele muudab sealt avanev vaade oma iseloomu, sest silmapiir muutub üha avaramaks. Ja kui sa uurid televiisori erinevate astmete skeeme, siis põrkad hoopiski suurematele raskustele kui raadiotehnikas. Nimelt on siin nii ülekantava signaali kui ka kandevõnkumise sagedused tunduvalt kõrgemad.

**H.**: Ma ei taha kujutada prohvetit, kuid ütlen siiski, et tõenäoliselt siirdume praegu nendele teeradadele, millel on viidad «Detekteerimine» ja «Madalsageduse võimendamine».

**T.**: Muidugi, täna alustame oma vestlust detekteerimise probleemidest. Tõepoolest, pärast seda kui antennis vastuvõetud signaali on kõrgsagedus- ja real juhtudel ka vahesagedusvõimendis küllaldaselt võimendatud, jõuab kätte aeg eraldada kandevõnkumisest modulatsioon, mida ta sisaldab. Silmist ei tule kaotada seda, et kõrgsagedusvõnkumise ülesanne on täiesti kõrvaline, ta on



ainult transpordivahend ... küll väga kiire, kuid see on ka kõik. Täpselt samuti kui veoauto laotakse täis ainult selleks, et otsekohe sihtpunkti saabumisel teda koormast tühjendada, nii ka saatjas lisandatakse videosignaal kõrgsageduslikule kandevõnkumisele. Lõpuks saabub aeg seda sealt kätte saada ja selles ongi detekteerimise ülesanne.

**H.**: Usun, et pärast seda võimendatakse detekteeritud signaali veel madalsagedusvõimendis?

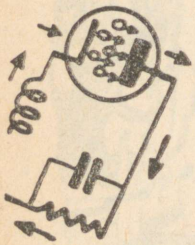
**T.**: Üpris väär oleks nimetada «madalsageduseks» videosignaali, mis sisaldab sagedusriba alates nullist kuni mitme miljoni hertsini. Seepärast on õigem kõnelda siin videosagedusvõimendist ehk videovõimendist.

### Polaarsuse probleem




**H.**: Sul on täiesti õigus. Kuid ärgem rutakem ette ja kui sul pole midagi selle vastu, siis alustaksime detekteerimisest. Arvan, et televisioonis võime rakendada neidsamu detekteerimise viise nagu raadiotehnikas, s. o. kasutada kristalldioodi, lampdioodi või kolme elektroodiga lampi, ja lõpuks ka võre- või anooddetekteerimist.

**T.**: Seda kõike võib kasutada. Kuid kõige sagedamini kohtame dioodi, tunduvalt harvemini anooddetekteerimist. Lampdiood asendatakse sageli pooljuhtdioodiga, mis tänu väikesele sisemahtuvusele ja tühisele sisetakistusele kõlbab väga kõrgete sageduste detekteerimiseks. Just seepärast kasutatakse seda ka sentimeeterlainetel töötavates raadiolokatsiooniseadmetes.

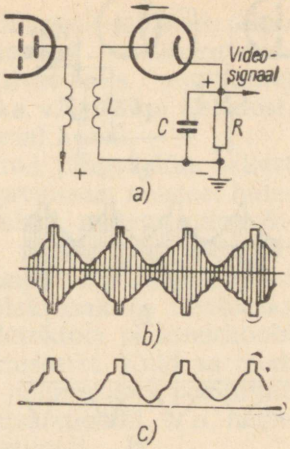


**H.**: Aga kas televiisoris kasutatava diooddetektori skeem erineb milleski raadiovastuvõtja detektorist?

**T.**: Ei millegi poolest. Vaata ise (joonis 86 ja 87). Dioodile mõjub induktiivpoolist *L* ja tema omamahtuvusest moodustatud võnkeringis esinev kõrgsageduslik või vahesageduslik televisioonisignaal, mis on amplituudis moduleeritud videosignaaliga ja sünkroniseerimisimpulssidega. Diood on aga ühendatud järjestikku koormusahelaga *RC*.

**H.**: Milles on kummagi skeemi sisuline erinevus? ... Oota, seda näen isegi, et dioodid nendes on ühendatud erinevas suunas. Kas pole see sootuks ükskõik, kumma poole kandevõnkumisest alles jätame ja kumma poole hävitame, kas pingegraafiku nullteljest üle ulatuva või selle alla jääva osa?

**T.**: Jah, ühel juhtumil (joonis 86) jätab meie videodetektor alles televisioonisignaali pingegraafiku ülemised poolperioodid ja teisel juhul (joonis 87) selle alumised poolperioodid. Igatahes toimub detekteerimine põhimõtteliselt niiviisi, et vool dioodis tekib ainult siis, kui selle anood on katoodi suhtes positiivne. «Lubatud»




Joonis 86. Videodetektori skeem (*a*), negatiivselt moduleeritud televisioonisignaali põhimõtteline graafiline kuju (*b*) ja selle detekteerimisel saadud signaal (*c*).

voolule vastav elektronide liikumise suund (mis on kokkuleppelisele voolusuunale vastupidine) on joonistel tähistatud noolega.

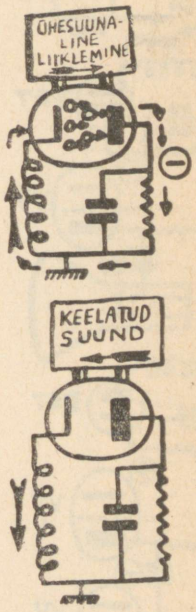
**H.**: Järelejäänud kõrgsageduspinge poolperioodid kaotavad ilmselt oma isikupära ja tänu kondensaatori *C* laengut koguvale toimele liituvad, muutudes videosignaali ja sünkroniseerimisimpulsse sisaldavaks detekteeritud signaaliks.

**T.**: Võin rahuloluga märkida, et sa pole midagi unustanud sellest, mida olen sulle varematel aegadel kõnelnud raadiotehnikast.

**H.**: Tänan komplimendi eest. Kuid nüüd märkan, et oled joonistel 86 ja 87 asetanud takisti *R* ülemise otsa juurde vastavalt pluss- ja miinusmärgi. Milleks need?

**T.**: Õnnetu algaja! Sellele lihtsale seigale peaksid ka iseseisvalt selgituse leidma.

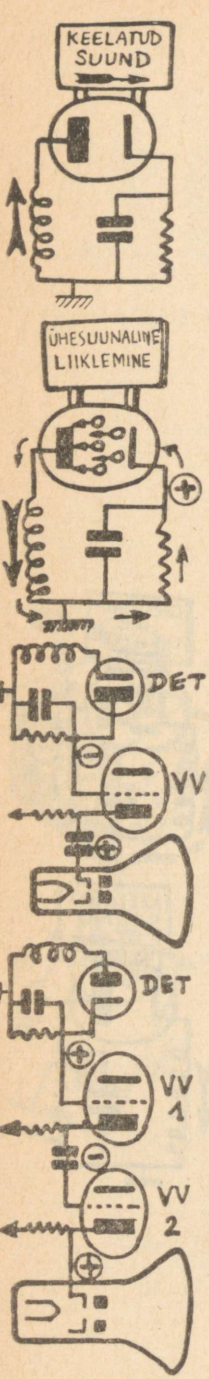
**H.**: Heureka! Leidsin! Detekteeritud voolu poolperioodide suunad koormustakistis *R* on mõlema skeemi puhul vastupidised, järelikult on seda ka tekkivad pingelangud. Joonisel 86 osutub takisti ülemine ots üldjuhtme suhtes positiivseks ... seda positiivsemaks, mida suurem on televisioonisignaalis sisalduva moduleeriva videosignaali amplituudi hetkväärtus. Seevastu joonisel 87 osutub takisti *R* ülemine ots üldjuhtme suhtes negatiivseks.

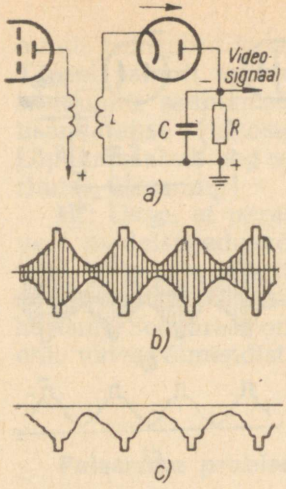



**T.**: Detekteeritud signaali potentsiaal huvitab meid edaspidi võrdlemisi vähe. Kui sidestame detektori väljundi järgneva videovõimendi sisendiga kondensaatori kaudu ...

**H.**: ... siis pääseb sellest ikkagi läbi üksnes videosignaal ise, s. o. detekteeritud pinge vahelduvkomponent, jättes kurvana maha alaliskomponendi.

**T.**: Jah, kuid esimesel juhtumil (joonis 86) vastab moduleeritud televisioonisignaali amplituudi suurenemisele samuti vastuvõtjas detekteerimisel saadud videosignaali positiivsemaks muutumine, seega potentsiaali suurenemine. Et aga meil kasutatava nega-




Joonis 87. Videodetektori skeem, mis erineb joonisel 86 toodud skeemist ainult dioodi lülitamise suuna poolest (*a*), negatiivselt moduleeritud televisioonisignaali põhimõtteline graafiline kuju (*b*) ja selle detekteerimisel saadud signaal (*c*).

tiivmoduleerimismeetodi korral vastab, nagu teame, videosignaali amplituudi suurenemine, s. o. positiivsemaks muutumine kujutise heleduse vähenemisele, siis vastab pinge positiivsemaks muutumine detektori väljundis siin kujutise heleduse vähenemisele. Kui nüüd juhtida detekteeritud signaal kineskoobis modulaatorelektroodile, siis . . .

**H.**: . . . saame ekraanil sootuks negatiivkujutise, sest modulaatorelektroodi potentsiaali muutmine positiivsemaks suurendab elektronkiire voolu ja annab ekraanil heledama valgustäpi.

**T.**: Sinu arutelu on laitmatu!

**H.**: Arutelu aruteluks, kuid ma ei soovi päevast päeva televisioonisaates näha valgeid neegritena ja neegreid valgetena. Kujutle segadust, mis tekiks veel malevõistluste teleülekandel! Mida teha?

**T.**: Võiksime kasutada teisesuunaliselt lülitatud dioodiga detektorit (joonis 87). Siin vastab saatja kandevõnkumist moduleeriva videosignaali amplituudi suurenemisele (tumedamate pildielementide ülekandmisele) vastuvõtjas detekteerimisel saadud videosignaali negatiivsemaks muutumine, seega vähenemine. Kineskoobi modulaatorelektroodile rakendatuna vähendab see tüürpinge kiire voolu ja annab niisiis tumedama pilditäpi.

**H.**: Niiviisi ilmukski ekraanil õige, positiivkujutis, eks?

**T.**: Jah, loomulikult.

**H.**: Kuid kas on siis üldse mõtet meie vaadeldud esimesel detekteerimisskeemil (joonis 86), kui selle puhul saaksime ekraanil näha ainult selliseid kujutisi, kus valge osutub mustaks ja vastupidi?

**T.**: Kas oled juba unustanud, et detekteeritud videosignaali võime juhtida mitte kineskoobi modulaatorelektroodile, vaid selle asemel katoodile (kui modulaatorelektroodile anda püsiv potent-

siaal)? Mõnikord on see soodsam. Nagu sa hõlpsalt mõistad, tekib sellisel juhul ekraanil negatiivkujutise asemel positiivkujutis: katoodi potentsiaali suurendamine (positiivsemaks muutmine) vähendab elektronkiire voolu ja vastavalt ka valgustäpi heledust. Siis on joonisel 86 näidatud skeem täiesti omal kohal.

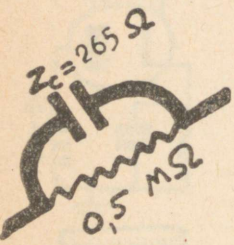
**H.**: Ütle palun, kui suur on detekteeritud pinge? Kas sellest üldse jätkub kineskoobi läbitüürimiseks sügavaimast mustast heledaima valgeni? Ennist sa vilksamisi mainisid midagi videovõimendite kasutamisest.

**T.**: Tavaliselt on detekteeritud pinge amplituud kõigest mõni volt ja sellest otseselt muidugi ei piisa elektronkiire täielikuks moduleerimiseks. Nii tulebki televiisoris detektori ja kineskoobi vahele lülitada üks või kaks videovõimendusastet. Kuid sa tead, et iga võimendusaste muudab signaali polaarsust: positiivne impulss lambi võrel tekitab pinge kahanemise anoodil, s. o. negatiivse impulsi ilmumise anoodahelas, ja vastupidi.

**H.**: Juba mõistatasin, kuhu sihid. Kui meil on üks videovõimendusaste ja kasutame detektoris dioodi joonisel 86 näidatud suunas, siis tuleb kineskoopi tüürida videovõimendi väljundpingega ilmselt modulaatorelektroodilt, et saada ekraanil õige, positiivkujutis. Joonisel 87 esitatud skeemiga detektori ja sellele järgneva ühe videovõimendusastme puhul tuleb aga kineskoopi tüürida katoodilt. Kaheastmelises videovõimendis muutub seevastu signaali polaarsus kaks korda ja jääb järelikult endiseks. Siis tuleb televiisori videokanali lülitusviis kombineerida selliselt, nagu polekski detektori ja kineskoobi vahel kasutatud võimendit.

**T.**: Täiesti õige ja loogiline mõttekäik! Lõpuks jäta enesele veel hästi meelde, et detekteeritud televisioonisignaali, milles sünkroniseerimisimpulsid on suunatud positiivse potentsiaali vähenemise ehk negatiivse potentsiaali suurenemise poole, nimetatakse *positiivsignaaliks*, signaali aga, milles sünkroniseerimisimpulsid on suunatud positiivse potentsiaali suurenemise ehk negatiivse potentsiaali vähenemise poole, nimetatakse *negatiivsignaaliks*. Neid termineid ei tohi segi ajada terminitega «positiivse polaarsusega signaal» ega «negatiivse polaarsusega signaal». Need tähendavad nimelt signaali, mis tervikuna paikneb potentsiaali vastavalt positiivsete või negatiivsete väärtuste alas. Nii näiteks võib positiivsignaal (s. o. potentsiaali vähenemise suunas, või mis on sellega võrdväärne, negatiivse potentsiaali suurenemise suunas paiknevate sünkroniseerimisimpulssidega signaal) tervikuna olla paigutatud potentsiaalide negatiivsesse alasse (joonis 87, *c*). Samalaadselt võib negatiivsignaal tervikuna paikneda positiivsete potentsiaalide alas (joonis 86, *c*).

**H.**: Siit tuleneb kenake paradoks: selleks et ekraanil saada positiivkujutist, tuleb real juhtudel kasutada negatiivsignaali.

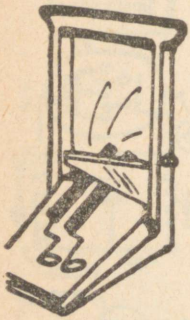



T.: Ära mängi sõnadega, Huviste. Püüa parem määrata detektori koormustakisti *R* takistust ja kondensaatori *C* mahtuvust.

H.: Arvan, et klassikalised väärtused 100 pikofaradit ja 0,5 megaoomi, mida kasutatakse kõikides raadiovastuvõtjates, kõlbavad ka televisiooni jaoks.

T.: Ma ei jaga sinu seisukohta hoopiski. Mõtle sellele, et detekteeritavas videosignaalis on mitme megahertsini küündivaid sagedusi. Kas sa oskad arvutada oma väikese 100-pikofaradise kondensaatori mahtuvustakistust näiteks sagedusel 6 MHz?

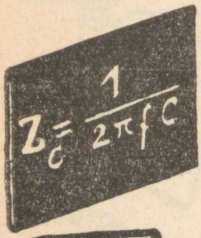
H.: Las ma mõtlen . . . Niisiis . . . saame 265 oomi. Ons see võimalik?



T.: Kahtlemata. Aga mis on need 265 oomi võrreldes takisti *R* takistusega, mis võrdub 0,5 megaoomiga?

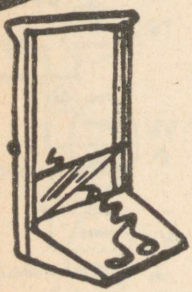
H.: Ilmselt osutub takisti kondensaatori kaudu praktiliselt lühistatuks. Seepärast muutub pinge takistil nulliks ja järelikult ei saa teda ka videovõimendisse juhtida.

T.: Liiga ennatlik otsus, sõbrake. Videosignaali madalamad sagedused detekteeruvad ometi märgatava nõrgenemiseta. Kõrgemate sageduste nõrgenemine avaldub ilmselt kujutise peente detailide puudumisena, vähemalt realaotuse suunas. Nii saadakse uduselt laialivalguv kujutis, nagu see toimub iga kord, kui ülekantava videosignaali sagedusriba mingil põhjusel aheneb.




H.: Mida siis teha? Kas tuleb tõhusalt vähendada kondensaatori mahtuvust selleks, et tema mahtuvustakistus oleks ka kõrgetel sagedustel küllalt suur?

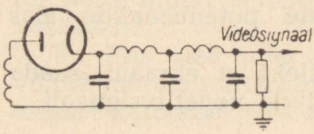
T.: Selline lahendus on vajalik. Siiski ei saa siingi liiga kaugele minna. Kondensaatori *C* mahtuvus peab jääma suuremaks dioodi katoodi ja anoodi vahelisest mahtuvusest, et valdav osa detekteeritud pingest eralduks takistil *R*. Tavaliselt valitakse mahtuvus umbes 20 pF. Võttes arvesse ka parasiitmahtuvuste olemasolu, jätkub kondensaatorist, mille mahtuvus on 10 pF. Sageli loobutakse sellest hoopis, jättes kondensaatori ülesande sootuks parasiitmahtuvustele.



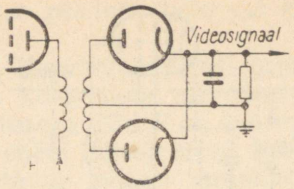
H.: Kahtlemata on see tulusam. Kuid mulle näib, et isegi 20 pikofaradi puhul osutub mahtuvustakistus, võrreldes takisti *R* takistusega, liiga väikeseks (1330 oomi sagedusel 6 MHz).

T.: Seepärast tuleb vähendada selle takisti takistust, näiteks suuruseni 1000 . . . 4000 oomi.

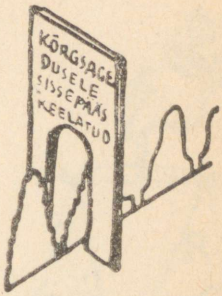
H.: Mulle näib, et niivõrd väikese koormustakistuse puhul jääb detektori kasutegur ideaalsest kaugele.




Joonis 88. Madalläbivusfilter kõrgsageduslike komponentide summutamiseks detekteeritud signaalis.



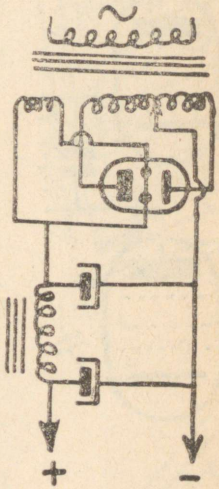

Joonis 89. Täisperioodidetekteerimine kahe dioodiga sümmeetrilises skeemis.




T.: Loomulikult, siin pole lootustki kätte saada 90% detekteeritavast pingest (eeldusel, et modulatsioonisügavus on 100%) nagu raadiovastuvõtjates. Kuid spetsiaalselt televisiooni otstarbeks konstrueeritud dioode kasutades, millel on lisaks katoodi ja anoodi vahelisele väikesele mahtuvusele ka väike sisetakistus, võib saada takistil *R* siiski tubli poole detekteeritavast pingest.

H.: Niisiis on televiisori detektoril samasugune skeem nagu raadiovastuvõtja omalgi, kuid takisti ja kondensaator on vastavalt väiksema takistuse ja mahtuvusega.

T.: Täiesti õige. Peale selle kasutatakse nende järel palju sagedamini kui raadiotes madalläbivusfiltrit, et nõrgendada kõrgsagedus- ja vahesageduskomponentide jääkide toimet (joonis 88).



H.: Filter, mille skeemi sa praegu joonistasid, sarnaneb hämmastavalt toiteseadmete silumisfiltriga.

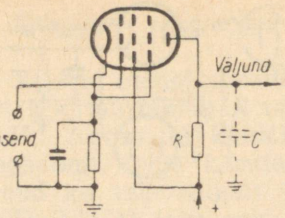
T.: Selles pole midagi üllatavat, Huviste, sest kummalgi juhul on tegemist tarviliku voolu sagedusest kõrgemasageduslike komponentide amplituudide nõrgendamisega. Mittevajalike komponentide jaoks on paispoolide induktiivtakistus väga suur (see kasvab koos sagedusega), kuid kondensaatorid (mille mahtuvustakistus sageduse suurenemisel väheneb) tekitavad lühiseid.

H.: Kui filter sarnaneb klassikalise toitefiltriga, kas siis ei saaks detektoris kasutada täisperioodalaldamist, pannes vaheldumisi tööle kaks dioodi?

T.: Sinu idee on täiesti teostatav. Sobiva trafo lülitamisel sisendisse (joonis 89) osutub sellise detektori kasutegur mõnevõrra kõrgemaks kui poolperioodalaldamisel. Peale selle hõlbustub filtreerimine.

## Videosagedus pole madalsagedus

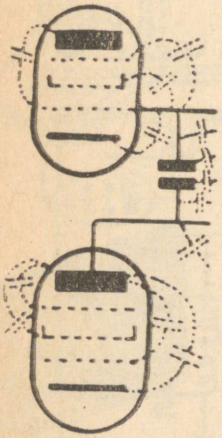
H.: Nüüd, kus meil lõpuks õnnestus detektori abil videosageduskomponente eraldada, jääb veel ainult üle neid võimendada. Arvan, et see toimub samades tingimustes nagu raadiovastuvõtjates madalsagedussignaali puhul, ainult selle erinevusega, et võimendatava signaali sagedusriba ulatub siin mitme miljoni hertsini. Kardan, et selliste sageduste puhul põhjustavad parasiitmahtuvused tõsiseid raskusi.




Joonis 90. Takistisidestuses võimendusastme põhimõtteskeem.

**T.**: Sa ei eksi. Kuid need raskused ei piirdu üksnes üsna avara sagedusriba võimendamise probleemiga. Õnneks kergendavad ülesannet kaks asjaolu. Esiteks vajatakse võimendi väljundist kineskoobi tüürelektroodi jaoks ainult p i n g e t ja mitte võimsust nagu valjuhääldaja puhul. Muide, nagu näed, tuleb siiski teatav võimsus eraldada anoodkoormustakistil.

**H.**: Üldiselt tekitame siin volte ja mitte vatte. Minagi eelistan seda, sest niisugusel juhul on arvutused kahtlemata lihtsamad. Aga mis on videovõimendi teine iseärasus?



**T.**: See tõsiasi, et võimendus ei pea siin olema eriti suur. Tavaliselt jätkub valgustäpi heleduse täielikuks moduleerimiseks pinge 20- . . . 30-voldisest muutusest. Loomulikult kõnelen suurustest, mis asetsevad musta ja valge nivoode vahemikus, s. o. 75 ja 15% maksimaalpingest. Detektori väljundis kujuneb umbes 1 voldi kõrgune pinge. Niiviisi, vaatamata ebasoodsatele tingimustele, milles töötab videovõimendi ja mis ei luba saada suurt võimendust, piisab tavaliselt ühest võimendusastmest. See aga lihtsustab probleeme oluliselt. Mõnikord kasutatakse siiski ka kaht astet.

**H.**: Mulle näib, et nii nagu detekteerimisel, tekitavad siingi kõrgematel sagedustel ebameeldivusi mahtuvused.

**T.**: Jah, muidugi. Videovõimendis kasutatakse klassikalist takistisidestuses lülitust (joonis 90). Rööbiti koormustakistiga *R* toimib umbes 30-pikofaradine parasiitmahtuvus, mis moodustub mitmest osamahtuvusest.

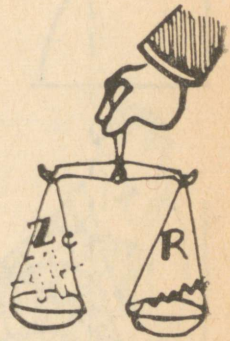
**H.**: Näen neid: väljundlambi anoodi ja teiste elektroodide vahelist mahtuvust ja montaažimahtuvusi.

**T.**: Sa unustasid veel mahtuvuse kineskoobi modulaatorelektroodi ja katoodi vahel (juhul kui võimendusastme väljundpinge juhitakse kineskoopi) või siis järgneva astme lambi võre ja katoodi vahel (kui vaatleme kaheastmelise videovõimendi esimest astet).

**H.**: Ilmselt avaldab maksimaalsel videosagedusel 6 MHz kogu see parasiitmahtuvuste kogum anoodvoolule mahtuvustakistust alla 1000 oomi. Kui kasutada koormustakistit *R* takistusega 100 000 oomi nagu raadiovastuvõtjates, siis kõik signaali kõrgete sagedustega komponendid läbivad selle omamoodi mahtuvusliku lühise ja võimendus väheneb nende jaoks peaaegu nullini. Järelikult kaotame kujutise kõik peened detailid.

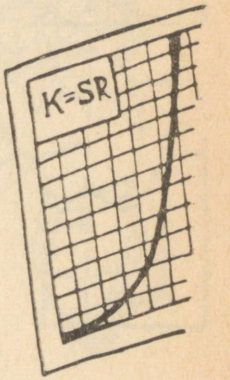
**T.**: Kui sa nii hästi analüüsisid haiguse põhjusi, pole sul ka raske soovitada sobivat ravimit.

**H.**: Juba jälle tuleb nõustuda ohvriga. Koormustakistust tuleb tunduvalt vähendada, et ta oleks kõige kõrgematel sagedustel võrreldav kondensaatori $C$ mahtuvustakistusega. Kui $R$ on suurusjärgus umbes 2000 oomi, pole võimendus enam ilmselt kuigi suur. Kuid väikese takistuse puhul saab nõutavat pinget arendada ainult küllalt tugev anoodvool. Järelikult peab lamp andma teatavat võimsust.




**T.**: Kõik see on õige. Ja nagu kõrgsagedus- või vahesagedusvõimendis, on siingi kõige tulusam kasutada võimalikult suure tõusuga pentoodi, mis ilmselt peab ka olema piisavalt võimas, sest ka sel juhul võrdub võimendus praktiliselt tõusu ja koormustakisti takistuse korrutisega.

**H.**: Kokku võttes võin öelda, et televisioon põhineb raiskamisel igas astmes. Võetakse kõige suurepärasemad lambid, kuid kasutatakse nende võimendusomadustest ära kõige tühisem osa, küll šunteerides võnkeringe, mis halvendab nende resonantsiomadusi, küll vähendades koormustakistite takistusi. Milline närune ajastu! . . .

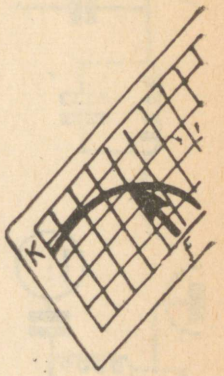


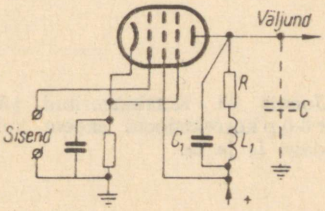

**T.**: Ära halise, Huviste, sest kõigele vaatamata televiisorid ometigi töötavad ja eriti tuleb märkida, et videovõimendi väikesest võimendusest siiski piisab.

## Korrektsiooni kasutamine kõvera sirgendamiseks

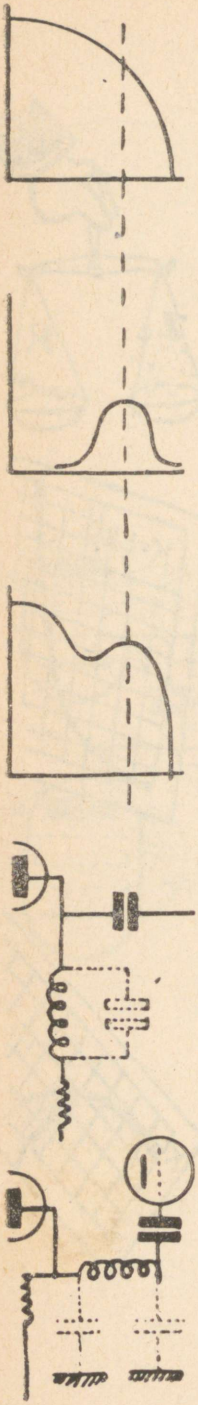
**H.**: Nagu tavaliselt, tahaksin kasutada analoogiat raadiotehnikast. Seepärast esitan küsimuse, kas pole vahendeid videovõimendi sageduskarakteristiku parandamiseks, et seda kõrgetel sagedustel tõsta?

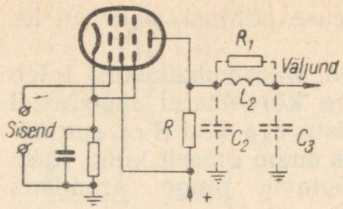
**T.**: Esitades enesele niisuguse küsimuse, toimid sa õigesti, sest tõepoolest praktiseeritakse enamasti sellist parandamist. Selleks on väikese induktiivsusega poolid, mis ühendatakse parasiitmahtuvustega rööbiti või järjestikku, kuid kasutatakse ka koraga mõlemat võimalust. «Rööpkorrektsiooni» puhul (joonis 91) on koormustakistiga $R$ järjestikku ühendatud induktiivpool $L$ häälestatud mahtuvuste $C$ ja $C_1$ abil. Induktiivpooli $L_1$ sobiva




Joonis 91. Sageduskarakteristiku korrigeerimise meetod parasiitmahtuvusega rööbiti ühendatud induktiivpooliga $L_1$.






Joonis 92. Järjestikkorrektsiooni skeem induktiivpooli $L_2$ abil.

induktiivsuse puhul õnnestub sageduskarakteristikut oluliselt parandada, tõstes teda kõrgete sageduste piirkonnas.

**H.:** Arvan, et võnkering $L_1C_1$ häälestatakse nendele kõrgetele sagedustele, mida tuleb tugevdada; järelikult selle üldtakistus, mis on ülejäänud sagedustel väike, kasvab kõrgetel sagedustel tunduvalt ja, lisandudes koormustakisti takistusele $R$, tuleb õigel ajal appi, et astme võimendust suurendada.

**T.:** Niiviisi kõik see tõesti ongi. Veelgi enam, korrigeerimispooli $L_1$ olemasolu neutraliseerib teataval määral parasiitmahtuvuse $C$ toimet, võimaldades suurendada koormustakisti $R$ takistust ja järelikult ka võimendust terves sagedusribas.

**H.:** Kokku võttes omandab meie karakteristik rahuldavama kuju ja tõuseb tervikuna pisut?

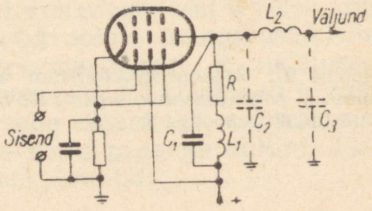
**T.:** Õige. Sama või isegi mõnevõrra parem resultaat saadakse ka «järjestikkorrektsiooniga» (joonis 92), kus induktiivpool $L_2$ on paigutatud astme väljundisse sellise arvestusega, et jaotada parasiitmahtuvus $C$ kaheks osaks ($C_2$ ja $C_3$). Teatavatel juhtumitel võib poolile lisandada veel rööbiti lülitatud takisti $R_1$, mille takistus on samas suurusjärgus kui takistil $R$.

**H.:** See on väga sarnane madalläbivusfiltriga.

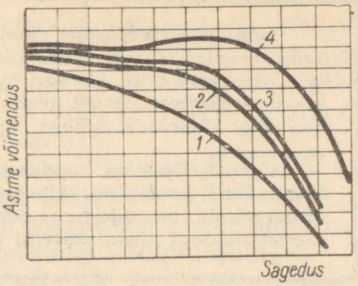
**T.:** See on tõepoolest madalläbivusfilter, kuid ta laseb läbi signaali kuni küllaltki kõrgete sagedusteni. Sellise skeemi reguleerimine on võrdlemisi keerukas. Efektiivsuse tagamiseks tuleb hoolitseda selle eest, et mahtuvused $C_2$ ja $C_3$ oleksid teatavas sobivas vahekorras. Noh, aga soovimatute parasiitmahtuvuste puhul ei saa ju millegi peale olla kindel...

**H.:** Sa ütlesid ometi, et äsja vaadeldud korrigeerimismooduseid saab omavahel kombineerida.

**T.:** Loomulikult. Ja kui ta on hästi teostatud, on järjestikrööpkorrektsioon (joonis 93) üsna efektiivne. Ta annab väga




Joonis 93. Kombineeritud järjestikrööpkorrektsiooni skeem induktiivpoolidega $L_1$ ja $L_2$.




Joonis 94. Videovõimendi sageduskarakteristikud: *1* — korrektsioonita (skeem jooniselt 90); *2* — rööpkorrektsiooniga (jooniselt 91); *3* — järjestikkorrektsiooniga (jooniselt 92); *4* — järjestik-rööpkorrektsiooniga (jooniselt 93).



hea kujuga sageduskarakteristiku (joonis 94) ja võimaldab tõsta üldist võimendust takisti *R* takistuse täiendava suurendamise arvel. Siin on aga tarvis, et kõik lülituselemendid oleksid hoolikalt arvutatud ja valmistatud.

**H.**: Kas selliseid skeeme rakendatakse ka kaheastmelistes videovõimendites?

**T.**: Muidugi. Peale selle saab niisuguseid korrektsioonilülitusi kasutada sidestusahelas detektori ja videovõimendusastme vahel.

**H.**: Kui me juba võrdlesime videosagedust madalsagedusega, siis tekib küsimus, kas videosageduse võimendusastmetes kasutatakse võimenduse reguleerimist, mis on analoogiline helitugevuse regulaatori toimega?

**T.**: Mõnedes televiisorites reguleeritakse videovõimendi võimenduse muutmisega kujutise kontrastsust. Loomulikult ei toimetata seda reguleerimist võreahelasse asetatud potentsiomeetriga (nagu raadiovastuvõtjate madalsagedusvõimendites), sest potentsiomeetri sisemahtuvus põhjustaks kõikide kõrgete sageduste kadumise videosignaalist. Kõige sagedamini reguleeritakse selleks muudetava tõusuga lambi eelpinget katoodtakisti abil.

**H.**: Mis puutub tõusu, siis minu taiplikkuse tõus muutub samuti ja nimelt nulli, see on une poole, sest aeg on juba hiline.



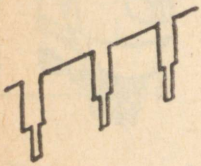
# 14.

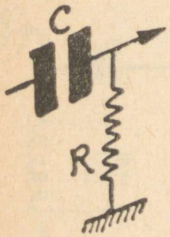
## VESTLUS

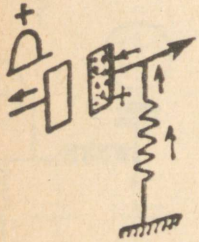
Sidestuskondensaatorit läbides kaotab videosignaal alaliskomponendi. Selle tulemuseks on kujutise keskmise heleduse ebatäpne reprodutseerimine ja sünkroniseerimise häired. Mõnedel juhtumitel võib toime tulla sidestuskondensaatoriteta. Sageli tuleb aga abiks võtta alaliskomponendi taastamine. See ongi käesoleva vestluse teemaks, mille jooksul vaadeldakse järgmisi probleeme:

**signaali läbimine kondensaatorist, mittesümmeetrilised signaalid, alaliskomponendi kaotamine, selle toime kujutise keskmisele heledusele ja sünkroniseerimisele, otsesidestuses lülitus, alaliskomponendi taastamine dioodi abil, taastamisdioodi ühendamisviis, eelpingestamine unipolaarsignaalide puhul.**








### NÄPPAMINE JA TAGASTAMINE

#### Elektronide rahulik kiikumine

**Huviste**: Viimati videosagedussignaali võimendamist vaadeldes rõhutasid eriti kõige kõrgemate sageduste probleemi. Kuid usun, et ka sageduspiirkonna teises otsas peavad samuti esinema raskused.

**Targaste**: Mida sa sellega tahaksid öelda?

**H.**: Ma küsin eneselt, kas mõnedel juhtumitel ei muutu videosignaal lihtsaks alalispingeks. Näiteks siis, kui kujutiseks on lihtsalt ühetooniline foon. Egas alalispinget ei saa ju üle kanda astmete vahel asetsevate sidestuskondensaatorite kaudu.

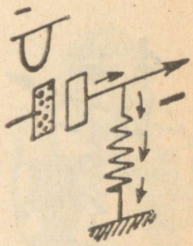
**T.**: See raskus ilmuks tõepoolest siis, kui puuduksid sünkroniseerimisimpulsid. Tegelikult aga annavad need impulsid iga rea ja poolpildi lõpul pinge hüppe. Seepärast ei saa televisioonisignaal omada püsivat väärtust (alaliskomponenti) isegi juhul, millest kõneled. Loomulikult tuleb kasutada küllaldase mahtuvusega sidestuskondensaatoreid, et madalamate sagedustega komponendid läbiksid neid vabalt. Kuid nagu sa väga asjalikult ütlesid, ei saa alaliskomponent kondensaatorit läbida. Ja see põhjustab pisut teist laadi raskusi.

**H.**: Kui sa suvatseksid olla vähem salapärane, siis õnnestuks mul tõenäoliselt neid raskusi mõista, ja kes teab, võib-olla isegi võita.

**T.**: Noh, mis siis ikka, mõtle pisut selle üle, millisel viisil antakse vahelduvpinget läbi kondensaatorist *C* ja äravoolutakistist *R* koosneva klassikalise sidestusahela.

**H.**: Kunagi varem oleme seda juba selgitanud. Pole midagi lihtsamat. Vahelduvpinge juhitakse kondensaatori vasakule plaadile. Positiivse poolperioodi ajal kujuneb seal elektronide hõrendus. Seepärast, tänu külgetõmbele, mis mõjub elektronidele positiivsete (elektronidevaeste) aatomite toimel, tõmbuvad nad

parempoolsele plaadile. Kust need elektronid võivad tulla? Ilmselt šassii massist. Järelikult läbivad nad takistit *R* alt üles, tekitades sellise pingelangu, et takisti ülemine ots muutub positiivseks. Kõik toimub sellisel viisil, otsekui oleks vool positiivse poolperioodi ajal tõepoolest läbinud kondensaatorit.

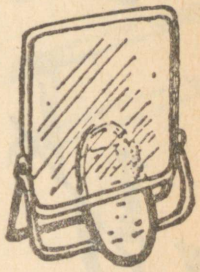


**T.**: Ainult selle erinevusega, et kui vahelduvkomponendile on lisandunud alalispinge, nagu see on ka näiteks anoodahelas, kus esineb alaline toitepinge, siis ei kandu alaliskomponent läbi kondensaatori. Mis aga toimub nüüd negatiivse poolperioodiga?

**H.**: Elektronid sööstavad vasakule plaadile ja järelikult tõrjuvad välja sama koguse elektrone parempoolselt, sest elektroni jaoks pole midagi vastikumat kui teine elektron. Niiviisi väljasaadetud elektronid suunduvad šassii massi, läbides takistit *R* sellisel viisil, et tema ülemine ots muutub pingelangust negatiivseks. Ja nüüdki toimub kõik taas selliselt, otsekui oleks kondensaatori asemel juhe.

**T.**: Kõik see on õige. Ja sa märkad, et elektronid kiiguvad rahulikult ja sümmeetriliselt otsekui lapsed kiigel.

### Sümmeetria ja tasakaal

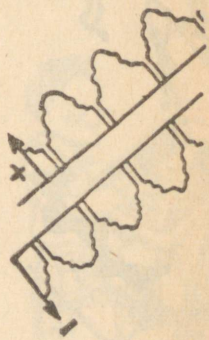


**H.**: Seda tean juba ammugi. Miks sa kõiki neid mõisteid taas mulle otsast peale korrutad?

**T.**: Seepärast et videosignaali puhul hargneb see kõik pisut teisiti.

**H.**: Miks?

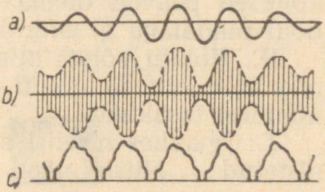
**T.**: Erinevalt moduleeritud kõrgsagedussignaalide ja madalsagedussignaalide kujust heli ülekandel on televisioonisignaal ebasümmeetriline (joonis 95), s. o. ei koosne üksteisega sarnastest negatiivsetest ja positiivsetest poolperioodidest.



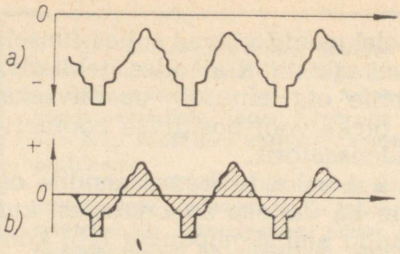
**H.**: Tõepoolest, videodetektori väljundis saadav signaal satub vastavalt dioodi ühendamise polaarsusele täielikult kas positiivsete või negatiivsete potentsiaalide alasse. Sellistel signaalidel ei saa olla sümmeetriatelge.

**T.**: Püüa nüüd mõista, kuidas kanduvad sellised signaalid takistus-mahtuvusliku sidestusahela *CR* kaudu detektorist videovõimendisse.

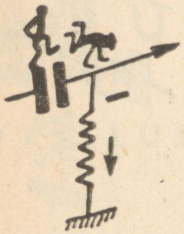
**H.**: Kas kasutada detektori väljundis positiiv- või negatiivsignaali (vrd. lk. 133)?

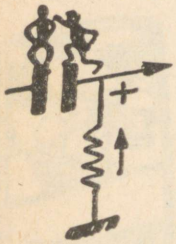



Joonis 95. Kõrgsagedussignaali (*a*) ja moduleeritud kõrgsagedussignaali (*b*) pinged on sümmeetrilised, videosignaali pinge (*c*) on ebasümmeetriline.




Joonis 96. Negatiivsignaal detektori väljundis omab kõvera *a* kuju. Pärast sidestuskondensaatori läbimist omandab ta kuju, mida kujutab kõver *b*, kus viirutatud positiivsete ja negatiivsete poolperioodide pinnad on omavahel võrdsed.









**T.**: Eeldame, et vaatluse all on kõige levinum olukord, kui vastuvõtjas on üksainus videovõimendusaste ja selle väljundpinge antakse kineskoobi katoodile. Detekteerimine on siis . . .

**H.**: . . . selline, et sünkroniseerimisimpulsid on suunatud positiivse potentsiaali poole. Meil tekib vasakul plaadil elektronide liig, välja arvatud kujutise kõige heledamate punktide ülekandmise lühikesed hetked. Järelikult eemaldub parempoolselt plaadilt rohkem või vähem elektrone.

**T.**: Täiesti õige. Kui detekteeritud signaali pinge küünib maksimumini (sünkroniseerimisimpulsside tipud), eemaldatakse parempoolselt plaadilt elektrone kõige rohkem, et suunata need läbi takisti šassii massi. Selle aja jooksul on takisti ülemine ots negatiivne.

**H.**: Näen, kuhu kavatsed tüürida. Kui pinge on vähem negatiivne, nagu näiteks kujutise valgete elementide ülekandmisel, tagastub osa varem väljavisatud elektrone parempoolsele plaadile. Vool, mis neid šassii massist sinna kannab, läheb vastupidises suunas ja tänu sellele muutub takisti ülemine ots positiivseks.

**T.**: Sa näed (joonis 96), et kondensaatorit läbinud pingel on samasugune kuju nagu detekteeritud signaalil, kuid ta pole enam täielikult negatiivne (või positiivne, sõltuvalt dioodi ühendamise suunast). Kuigi pinge videovõimendi lambi võrel pole sümmeetriline, on tal siiski positiivsed ja negatiivsed poolperioodid, mis jagunevad sobivalt ümber šassii nullpotentsiaali.

**H.**: Aga mida mõistad selle all, kui ütled «sobivalt»?

**T.**: Seda, et nende elektronide üldkogus, mis lahkuvad parempoolselt plaadilt (negatiivne poolperiood), peab olema võrdne sinna tagasi pöörduvate elektronide kogusega (positiivne poolperiood). Püüan tasakaalustada sissetulekut ja väljaminekut nagu hea raamatupidaja. Ja kui selle üle järele mõtelda, isegi integraalarvutust abiks võtmata, siis võib avastada, et need elektronide kogused peavad olema võrdelised vastavalt kummagi poolperioodi pindalaga graafikul.

**H.**: Kokku võttes tuleb nullpotentsiaali telje leidmiseks kõver noa abil jaotada pikuti kaheks pooleks selliselt, et kõver jääks noateral tasakaalu.

**T.**: Igatahes niiviisi saab kontrollida, kas telg on õigesti joonistatud . . . Niisiis näed, et kui juhtisime oma detekteeritud sig-

naali läbi sidestuskondensaatori, siis muutsime ta vahelduvvooluks, võttes temalt ära teatava kindla polaarsuse, ja mis kõige tähtsam, nihutasime sünkroniseerimisimpulsid ära nende püsivalt pingenivoolt.



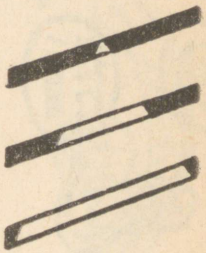
### Mahtuvuse uued salasepitsused

**H.**: On olukord väga tõsine?

**T.**: See on katastroofiline! Vastavalt signaali kujule, s. o. ülekantavale kujutisele, hakkab sünkroniseerimisimpulsside tippude tase kõikuma. Sealjuures ei õnnestu enam garanteerida õiget sünkronisatsiooni. Peale selle võivad kujutise pooltoonid osutuda moonutatuteks.

**H.**: Miks siis?

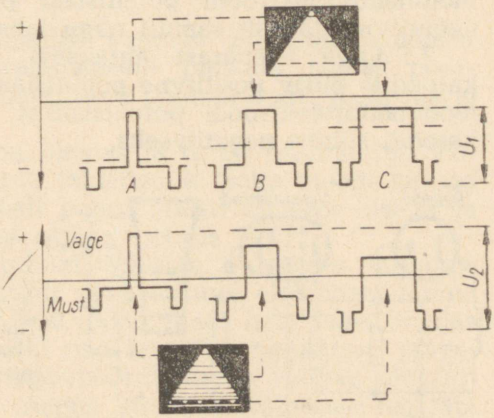
**T.**: Et sa oskaksid paremini mõista selle ebameeldivuse suurust, toon konkreetse ja väga lihtsa näite. Oletame, et kujutis koosneb täiesti valgest võrdkülgsest kolmnurgast täiesti mustal foonil. Katsume joonistada detekteeritud signaali kuju (joonis 97) kolme laotusrea jaoks, millest üks asetseb üleval, teine keskel ja kolmas all.



**H.**: See pole raske. Esimese rea puhul tuleb esmalt sünkroniseerimisimpulss 100% maksimaalamplituudist, seejärel järgneb musta signaal nivool 75%, välja arvatud lühike miinimum nivooga 15%, mis vastab valge kolmnurga tipule. Keskmise rea puhul lõheneb horisontaalala musta nivool ja annab ruumi sellele lõigule, mis vastab valge nivoole. Kuid viimase rea puhul võtab valge nivoo peaaegu kogu ruumi enesele.

**T.**: Väga hea. Kas saad nüüd igale nendest kolmest reast tõmmata punktiirjoonega nullpotentsiaali teljed niiviisi, nagu nad asetuksid pärast signaalide läbimist kondensaatorist?

**H.**: Muidugi. Arvan, et minu joonise positiivsed ja negatiivsed alad on üsna hästi tasakaalustatud.




Joonis 97. Ülal joonistatud kujutise kolm rida annavad detektori väljundis pinged *a*, *b* ja *c*, mis on kujutatud esimesel graafikul. Pärast läbiminekut kondensaatorist nihkuvad need pinged (alumine graafik). Kui ei kasutata vastavaid abiõusid, siis omandab kujutis televiisoriekraanil joonise allosas näidatud välimuse.



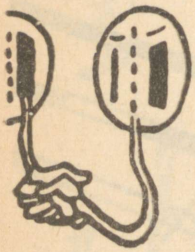


T.: Jätkame oma graafilisi harjutusi. Kas sa joonestaksid taas need signaalid, kuid asendites, nagu nad jäävad nullpotentsiaali telje suhtes pärast sidestuskondensaatorist läbiminekut.

H.: See on lihtne. Siin nad ongi kõigi kolme rea jaoks.

T.: Nüüd võid tõdeda, et sünkroniseerimisimpulsside tipud paiknevad erinevatel pingenivoodel, see aga hakkab laotusgeneraatorite talitlust häirima. Kuid see pole veel kaugeltki kõik. Kui anda signaal sellisel kujul kineskoobi tüürimiseks tema katoodile ja taotleda esimese rea jaoks heledusvarjundite õiget gradatsiooni mustast kuni valgeni, siis ülejäänud ridade puhul ei vasta kujutise pooltoonide vahekorrad enam tegelikkusele. See, mis peaks olema valge keskmises reas, osutub halliks ja valge ala viimases reas osutuks veelgi tumedamaks halliks. Lõpptulemusena ei osutu meie kolmnurk kaugeltki ühtlaselt valgeks. Mida madalamal, seda tumedamaks ta muutub.

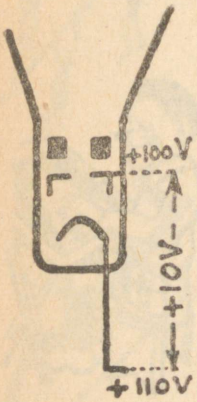
### Maha kondensaatorid!



H.: Sa viid mind meeleheitele. Ükspuha, kas kõneleme põrandaalustest parasiitmahtuvustest või reaalselt esinevatest kondensaatoritest, kõik nad on televisiooni puhul ikka väga saatuslikud. Mis aga siis juhtub, kui nad sootuks ära jätta?

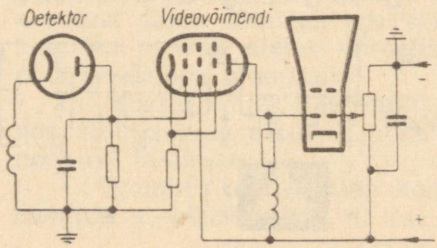
T.: See, millest sa praegu kõneled naljatoonis, leiab tõepoolest kasutamist otsesidestusega ehk, nagu seda veel nimetatakse, galvaanilise sidestusega skeemides. Miski ei takista meid sidestuskondensaatorit detektori ja videovõimenduslambi võre vahelt kõrvaldamast.

Mõnevõrra keerukam on vahetult sidestada võimendi lambi anoodi ja näiteks kineskoobi modulaatorelektroodi. Kondensaatori puudumisel omandaks see elektrood videovõimendi lambi kõrge positiivse potentsiaali (joonis 98).




H.: Kuid see on võimatu! Sa ju kõnelesid mulle, et kineskoobi modulaatorelektroodi potentsiaal peab katoodi suhtes olema negatiivne, täpselt samuti nagu labase trioodi tüürvõre puhulgi.

T.: Õige. Seepärast antaksegi sellises skeemis kineskoobi katoodile püsiv positiivne potentsiaal, mis on pisut kõrgem tema modulaatorelektroodi potentsiaalist. Tüürelektrood osutub nüüd katoodi suhtes negatiivseks.




Joonis 98. Alaliskomponendi säilitamise lihtsaim skeem vahetu sidestuse kasutamisega detektorile järgnevate astmete vahel.

**H.**: Ja polegi enam sidestuskondensaatoreid! Ma ei uskunud, et lahendus osutub nii hõlpsaks.

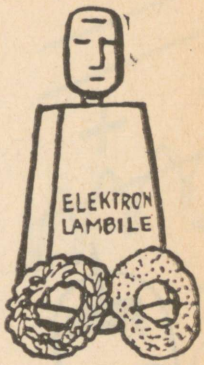
**T.**: Ära hõiska enne õhtut! Tegelikkuses pole need asjad nii lihtsad. Kirjeldatud skeemil on ka olulisi puudusi. Kineskoobi elu on käesoleval juhul teatavas ohus.

**H.**: Tohoo tont, miks siis?

**T.**: Oletame, et mingitel põhjustel, kas või näiteks kütteniidi läbipõlemise tõttu, lakkab videovõimendi lamp töötamast. Siis suureneb pinge selle anoodil tunduvalt, sest anoodvoolu puudumisel kaob ka pingelang koormustakistil.

**H.**: Näen juba, milles peitub tragöödia. Pinge videovõimendi lambi anoodil ja järelikult ka kineskoobi modulaatorelektroodil saab anoodtoiteallika pingega võrdseks. Modulaatorelektroodil ilmub katoodi suhtes kõrge positiivne potentsiaal. Katood kaotab emissiooni ja kineskoop kõlbab veel ainult prügikasti jaoks. Mida siis teha?

**T.**: On ka teisi märksa keerukamaid vahetu sidestuse skeeme, kus see puudus, samuti nagu mitmed muud, on kõrvaldatud. Kui näiteks juhtida videosignaal mitte modulaatorelektroodile, vaid katoodile, siis pole kineskoop ohustatud. Muide, vahetu sidestuse kõrval on ka teisi võimalusi, et taastada videosignaali kuju pärast tema läbiminekut sidestuskondensaatoritest.







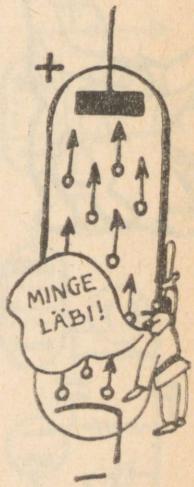
### Lihtne taastamine

**H.**: Minagi tahaksin nendega tutvuda, kui nad vaid ei osutu headest vahetu sidestusega skeemidest palju keerukamaks.

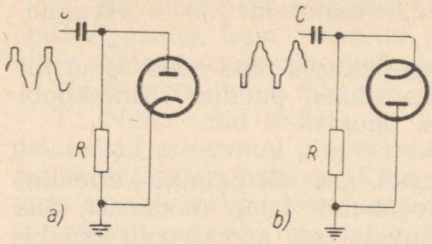
**T.**: Sa märkisid äsja, et kõikide sidestuskondensaatoritest tekitatud ebameeldivuste põhjuseks on see, et elektronid läbivad takistit kahes suunas. Nendest vooludest põhjustatud pingelang osutubki positiivsete ja negatiivsete poolperioodide tekkimise põhjuseks.

**H.**: Ilmselt, kui oleks võimalik sundida elektrone takistist möödudes kondensaatori parempoolsele plaadile tagasi pöörduma, siis poleks enam ka positiivseid poolperioode. Kuid ma ei näe sellist võimalust.

**T.**: Kuid vastav meetod on olemas ja ta on hästi lihtne. Piisab dioodi ühendamisest rööbiti takistiga *R*. Selle dioodi katood tuleb ühendada negatiivsignaali puhul takisti alumise otsaga ja positiivsignaali puhul ülemise otsaga (joonis 99).




**H.**: Sellele mõttele ma ei tulnud! Mõistan, et nendes tingimustes võivad parempoolselt plaadilt väljatõrjutud elektronid minna šassii massi ainult läbi takisti, sest diood ei saa neid selles suunas läbi lasta. Järelikult tekitavadki nad tarviliku negatiivse pingelangu. Kuid sellele plaadile tagasipöördumiseks valivad elektronid takisti *R* suure takistuse asemel võrratult hõlpsama tee läbi




Joonis 99. Taastamisdioodi ühendusskeem negatiivsignaali (*a*) ja positiivsignaali (*b*) puhul.




dioodi vahemiku katood-anood. Ja selle küllaltki väikesel takistusel ilmub täiesti tühine positiivne pinge.

**T.**: Õigupoolest pole selles algelises ahelas tekkivad nähtused nii lihtsad. Kondensaatori *C* laengut moodustavad elektronid ei saa takistit *R* täiesti hetkeliselt läbida. Dioodi ülesanne on järelikult selles, et luua kondensaatori parempoolsel plaadil küllaldane laeng. Siis asetub terve televisioonisignaal negatiivsete pingete piirkonda ja ainult selle sünkroniseerimisimpulsid ulatuvad nullnivooni. Tänu dioodi toimele osutub nullnivoo mitte signaali keskmiseks, vaid maksimaalväärtuseks.

**H.**: Kas elektronid läbivad dioodi iga üksiku pildi laotamisel?

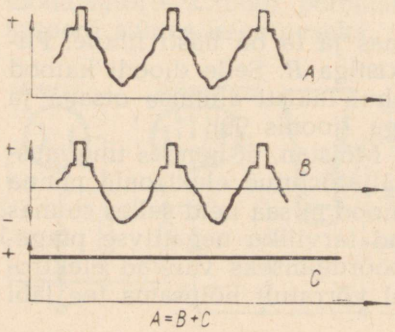
**T.**: Mitte tingimata; kui kahe teineteisele järgneva pildi videosignaal on sama kujuga, või täpsemini: tekitab samasuguse laengu, jääb diood pärast kondensaatori vastavat laadumist vooluta. Kui aga ilmub suurem elektronide hulk, siis laseb diood need laengu täiendamiseks läbi. Seevastu laengu vähenemisel voolab elektronide ülejääk läbi takisti *R*. Igal juhul aga taastamisdiood . . .

**H.**: Kas seda nimetataksegi niiviisi?

**T.**: Jah, unustasin sind temaga tutvustada. Niisiis, mul on suur au esitleda sulle alaliskomponendi taastamise dioodi, nagu teda ametlikult hüütakse.

**H.**: Aga mis alaliskomponent see on, millest kõneleme?

**T.**: Unipolaarset (niiöelda täiesti positiivse või täiesti nega-




Joonis 100. Signaali, mida kujutab graafik *A*, võib vaadelda kui sümmeetrilise signaali *B* ja alaliskomponendi *C* summat.

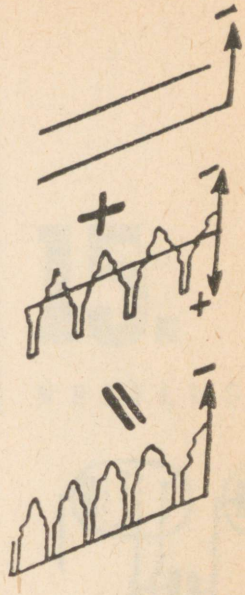
tiivse polaarsusega) videosignaali, mis kujuneb pärast detekteerimist, võib vaadelda (joonis 100) otsekui kahe pinge summana: vahelduvpingena, milleks osutub signaal pärast sidestuskondensaatorist läbiminekut, ja küllaldase suurusega vastavamärgilise alaliskomponendina, et pärast nende liitumist «mahuks» see vahelduvpinge täielikult vastavalt kas positiivsete või negatiivsete pingete piirkonda.

**H.**: Arvan muuhulgas, et kõnealune alalispinge võrdub sellega, mille joonestasin oma graafikule punktiirjoonega, kui jaotasin signaali kõverat võrdseteks pindaladeks.

**T.**: Sul on jällegi õigus, Huviste.

**H.**: Seni vaatlesime negatiivsignaali juhtumit. Kuidas tuleks toimida vastupidisel juhul?

**T.**: Pole midagi lihtsamat. Positiivsignaali puhul pööra taastamisdiood ümber, s. o. ühenda tema anood sassiiga ja katood takisti ülemise otsaga. Korda selleks puhuks veelkord tervikuna meie arutelu ja sa näed, et skeem töötab niisama hästi ... ning lisaks sellele teed veel kasulikku ajude gümnastikat.



### Diood siin ja diood seal...

**H.**: Millises videosageduskanali kohas tuleb alaliskomponent taastada? Arvan, et piisab, kui seda teha võimendi viimase astme väljundis, kineskoobi valgustäpi heleduse tüürimise ahelas.

**T.**: Sellega võiks rahule jääda tingimusel, et sünkroniseerimisimpulsid eraldatakse videosignaalist samas punktis, mida ka sageli tehakse. Niisama hästi võib kasutada mitut taastamisdioodi: üht pärast detektorit, teist pärast videovõimendit ja kui on kaks videosageduse võimendusastet, siis paigutatakse kolmas diood teise astme järele.

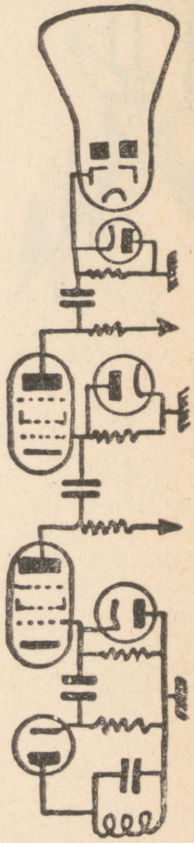
Kuid pöördume tagasi näite juurde, mida me just äsja vaatlesime (joonis 97). Kas sa ei näe, et dioodi puudumisel ületab signaali poolt hõivatud pingete piirkond $U_2$ tunduvalt piirkonda $U_1$, millest jätkub juhul, kui sünkroniseerimisimpulsside tipud on tänu dioodi toimele ühtlustatud.

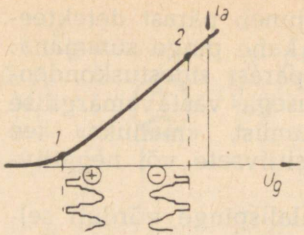
**H.**: Miks aga tuleb vältida signaali sellist venitamist mööda pingete skaalat?

**T.**: Videovõimendid töötavad teatavasti vähesoodsates tingimustes ja pole mõtet anda neile seedida signaali, mis jaguneb nii laiale võrepingete alale. Loomulikult aga ei tule signaali küllalt väikeste amplituudide puhul dioode kuritarvitada.

**H.**: Oleks huvitav teada, kuidas tuleb eelpingestada videovõimendi lampe, kui tegemist on mittesümmeetriliste ja eriti just «unipolaarsete», ühes kindlas polaarsuses signaalidega?

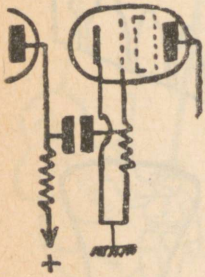
**T.**: Küsimus on püstitatud õigesti. Sellisel juhul on tõesti kasutu talitluspunkti paigutada tunnusjoone negatiivsete võrepin-






Joonis 101. Videovõimendi lambi eelpinge tuleb seadistada nii, et unipolaarne signaal paikneks tunnusjoone sirgosas (siin on kujutatud talitluspunktid positiiv- ja negatiivsignaali jaoks).

gete ala sirgosa keskele. Negatiivsignaali jaoks valitakse talitluspunkt võrepingete nulli ja —1 V vahele (joonis 101). Kui aga tegemist on positiivsignaaliga, siis peab talitluspunkt paiknema tunnusjoone sirgosa kõige negatiivsemas otsas. Kummalgi juhul saab tänu sellisele eelpingele kasutada signaali jaoks tunnusjoone sirgosa maksimaalset pikkust.



**H.**: Kokku võttes võib veel kord öelda, et ühe videovõimendusastmega televiisoris tuleb valgustäpi heledust moduleeriva tüürpinge andmisel kineskoobi katoodile detekteerida niiviisi, et saadakse negatiivsignaal. Siis piisab ühest taastamisdioodist, mis on ühendatud rööbiti kineskoobi tüürelektroodi äravoolutakistiga.

**T.**: Pea meeles ka edaspidiseks, et negatiivsignaali korral võib dioodi asendada võimenduslambi vahemik katood-võre. Kui omal ajal analüüsisime võredetekteerimise mehhanismi, siis kogesime, et lambi võre võib eelpinge puudumisel toimida väikese dioodi anoodina. Negatiivsignaali puhul osutuvad võre ja katood skeemi ühendatuks selliselt, et võivadki taastamisdioodi asendada.

**H.**: Mina aga tahtsin sind süüdistama hakata massilise propaganda tegemises dioodide heaks.

Meie sõprade käesolev dialoog kujuneb ebatavaliselt pikaks. Aruteldav küsimus väärib tõepoolest erilist tähelepanu. Siin vaadeldakse sünkroniseerimisimpulsside eraldamist terviklikust televisioonisignaalist, samuti ka rea- ja pildisünkroniseerimisimpulsside lahutamist. Nende küsimuste uurimine viib Targaste järjestikku ühendatud takistist ja kondensaatorist koosneva väga lihtsa ahela tähelepanuväärivate omaduste analüüsimiseni. Selle kõrval vaatlevad sõbrad järgmisi küsimusi:

**tarvidus impulsside eraldamiseks, piiramine, amplituudieraldaja asukoht, rööp- ja järjestikdioodiga amplituudieraldaja, skeem pentoodiga, polaarsuse küsimused, taastamisdioodi kasutamine, kestuse muundamine amplituudiks, diferentseerimine ja integreerimine, ajakonstandi toime, diferentseeritud ja integreeritud signaalide kuju, praktilised skeemid.**

# 15. VESTLUS

## ERALDAMINE JA SORTEERIMINE

### Amplituudi piiramine



**Huviste**: Mulle näib, et nüüd tean juba kõike.

**Targaste**: Kõike? Mida tähendab see tagasihoidlikkusest tulvil väide?

**H.**: Tahan öelda, et nüüd tunnen televiisori kõiki astmeid, alates kõrgsagedusvõimendist kuni videovõimendi viimase astmeni, mis on sidestatud kineskoobiga. Ja peale selle pole ma midagi unustanud laotusseadistest. Mul on mõnus tunne, et nüüd ometi mõistan seda keerukat tehnikat terviklikult, mis . . .

**T.**: Ära satu eksiteele, mu õnnetu Huviste. Sa pead veel palju õppima. Noh, kas või nendesamade laotusseadiste sünkroniseerimise meetodeid, millele sa nii muuseas vihjasid.

**H.**: Praegu meenub mulle tõesti, et ridade ja piltide lõpul ülekantavad impulsid on vastuvõtja kummagi laotusseadise sünkroniseerimiseks saatja laotusgeneraatoriga. Kuid kas pole küllaldane, kui selleks juhtida laotusseadistesse terve televisioonisignaal?

**T.**: Sellega kaasneksid kõige ebameeldivamad tagajärjed. Kujutisesignaali segu ridade ja piltide sünkroniseerimisimpulssidega vallandaks kummagi laotusseadise töötsükli kõige ebasobivamatel hetkedel. Selles valdkonnas, kus aega mõõdetakse mikrosekundi murdosaga, peab kõik olema täpne ja selge. Kumbki hälvitusseadis peab saama ainult rangelt tema jaoks ettenähtud sünkroniseerimisimpulsse, kusjuures iga muu signaal peab olema kõrvaldatud. Laotusseadis võib rakenduda isegi kõige väiksematest pingekõikumistest sellesse kuuluva lambi võrel.

**H.**: Juba näen, kuhupoole sa tüürid: sünkroniseerimisimpulsid tuleb eraldada kujutise heledust kandvast videosignaalist.

Muide, siis kui proovisime joonestada televiisori lahterskeemi, varustasid sa selle amplituudieraldusastmega.

**T.**: Loodan, et saad üsna hõlpsalt jagu põhimõttest, mille kohaselt selline eraldamine saab toimuda.

**H.**: Mulle näib, et tegemist on mingi elektroonilise ümberlülitiga, mis tarvilikel momentidel juhib signaalid vastavate laotusseadiste sisenditesse. Näiteks antakse iga rea lõpul sünkroniseerimisimpulss realaotusgeneraatorile ja . . .

**T.**: Ei, Huviste, sinu ümberlülitit oleks väga raske valmistada, sest õigeks töötamiseks tuleks ka teda ennast sünkroniseerida. Sa satuksid oma projektiga nõiaringi . . . Kas sa ei näe kujutiseimpulsside ja sünkroniseerimisimpulsside eraldamiseks mõnda teist võimalust, mis põhineb näiteks nende signaalide põhimõttelisel erinevusel?

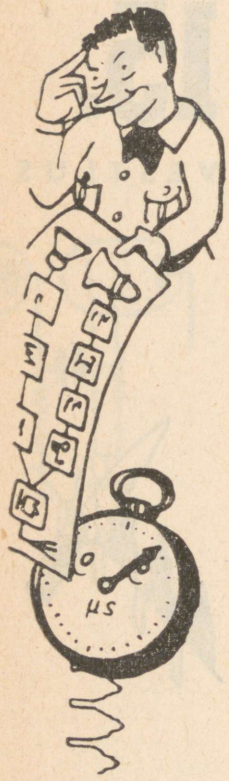
**H.**: See avaldub nähtavasti amplituudide erinevuses . . .

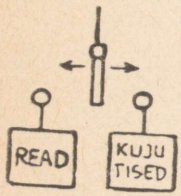
**T.**: See on kahtlemata põhiline. Nüüd oled sa õigel teel. Jätka.

**H.**: Negatiivselt moduleeritud televisioonisignaalis võtavad sünkroniseerimisimpulsid enese alla vahemiku 75 kuni 100% signaali võimalikust maksimaalsest amplituudist. Kõik, mis on sellest madalamal, s. o. 75 ja 15% vahel, vastab tervele kujutise heledusastmikule mustast kuni valgeni. Kuid positiivselt moduleeritud televisioonisignaalis hõivavad sünkroniseerimisimpulsid enesele ala 0 kuni 25% võimalikust maksimaalamplituudist. Järelikult tuleb vaid ära lõigata pinged, mis negatiivselt moduleeritud videosignaali puhul paiknevad madalamal kui 75%, või positiivselt moduleeritud videosignaali korral ületavad 25%, et jääksidki järele ainult sünkroniseerimisimpulsid.

**T.**: Täiesti õige arutelu, Huviste! Terviklikust televisioonisignaalist tuleb otsekui noaga ära lõigata videosignaalide jaoks eraldatud ala. Pinge sellist osalist amputeerimist nimetatakse amplituudi piiramiseks.

**H.**: Ja kuidas seda teha?




### Kannatlikkuse piirid

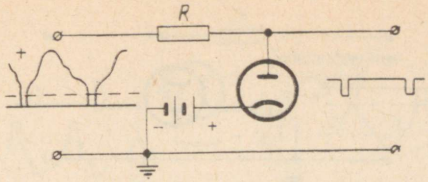
**T.**: Signaal antakse lambile, mis võimendab seda vastutulelikult mingi teatava nivooni, kuid keeldub seda piiri ületamast.

**H.**: Täpselt nagu minu onu Jules, kes kannatlikult talus minu trompetimängu, kuid hakkas pahandama niipea, kui katsusin oma talenti rakendada trummimängu õppimiseks . . . Kuid millisel lambitüübil on meile sobivad kannatlikkuse piirid?

**T.**: Tavaliselt kasutatakse pentoode. Kuid võrede suur hulk pole nõutav ja odavamates seadmetes täidab ka lihtne diood paremini või halvemini seda ülesannet.

**H.**: Kuhu asetatakse amplituudieraldaja?

**T.**: Teoreetiliselt võiks anda sellesse signaalipinget juba enne




Joonis 102. Paralleeldioodiga amplituudieraldaja positiivsignaali jaoks.

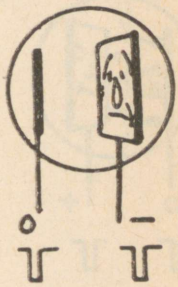


detekteerimist, sest siis samaaegselt piiramisega ta ka detekteeriks seda. Kuid selline amplituudieraldaja oleks mittepiisava talitluskindlusega. Soodsam oleks sellesse sisestada võimalikult suurema amplituudiga signaali. Seepärast paigutatakse amplituudieraldaja võimenduskanali lõppu, näiteks videovõimendi viimase astme väljundisse, või erandjuhtumitel, kui videovõimendi puudub, detektori väljundisse.

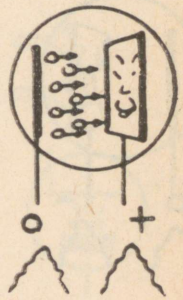
**H.**: Kas peab see tähendama, et amplituudieraldajasse juhitud detekteeritud televisioonisignaal võib olla nii positiiv- kui ka negatiivsignaal, vastavalt sellele, kas viimase astme väljundiga on ühendatud kineskoobi modulaatorelektrood või katood?

**T.**: Peame vaatlema kumbagi juhust eraldi.

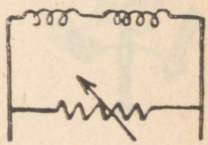
**H.**: Eeldame esmalt, et meil on positiivsignaal, mis tervikuna paikneb positiivsete potentsiaalide alas. Seega tema sünkroniseerimisimpulsid «toetuvad» nullpotentsiaalile ja ülejäänud signaal kerkib positiivsete pingete alasse. Kuidas sellisel juhul saab dioodi abil eraldada sünkroniseerimisimpulsse?




**T.**: Selleks otstarbeks kasutatavaid skeeme on rohkesti. Kõige lihtsamad sisaldavad signaali pinge suhtes rööbitist eelpingestatud dioodi. Positiivse potentsiaali alas paikneva signaali puhul (joonis 102) antakse dioodi katoodile selle anoodi suhtes madal positiivne eelpinge. Seni kuni dioodi anoodil ei mõju pinge, mis ületaks eelpinge suurust, ei läbi vool seda. Kuid niipea, kui anoodpinge muutub katoodi suhtes positiivseks, hakkab ringlema vool. Diood tekitab ahelas tõelise lühise, mille tagajärjel ei saa lülituse väljundis ilmuda suuremat pinget kui see, mis tekitab dioodis voolu.



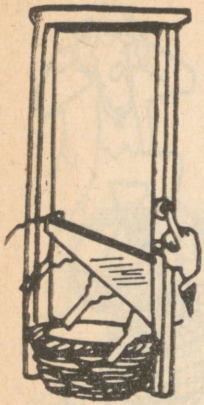

**H.**: Nähtavasti mõistsin: eelpinge valitakse selliselt, et ta oleks pisut madalam sünkroniseerimisimpulsside pingeamplituudist. Siis ei avalda diood impulssidele mingit toimet ja nad suunduvad häirimatult väljundisse. Niipea aga, kui signaalipinge, mis vastab tegelikule videosignaalile, ületab eelpinge, hakkab giljotiin tööle ja kogu signaal läbib dioodi, hoopiski mitte väljundini jõudes. Milleks on aga takisti *R*?

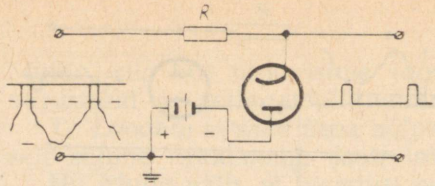


**T.**: Eelneva astme koormustakisti lühistumise vältimiseks dioodi kaudu.

**H.**: Sellele ma ei mõelnud . . . Kas sa võiksid mulle joonestada skeemi, mida kasutatakse negatiivsignaali puhul? Mulle näib, et siis tuleb dioodi lülitussuunda muuta.

**T.**: Loomulikult. Ja taas on, nagu näed (joonis 103), dioodi anood katoodi suhtes negatiivne. Sünkroniseerimisimpulsside kes-






Joonis 103. Rööpdioodiga amplituudieraldaja negatiivsignaali jaoks.

tel on katood anoodi suhtes positiivne, diood ei lase voolu läbi ja ei avalda järelikult mingit toimet sünkroniseerimisimpulsside pingele; need aga kanduvad muutumatutena väljundisse. Kuid videosignaal annab katoodile anoodi suhtes negatiivse potentsiaali. Siis tekib vool ning dioodi poolt lühistatud väljundis puudub videosignaal. See ongi rööpdioodiga amplituudieraldaja talitluspõhimõte, ehkki mõnevõrra lihtsustatud kujul.

**H.**: See sunnib mind eeldama, et on olemas ka järjestikdioodiga lülitus. Kuidas on see ehitatud?

**T.**: Skeem on erakordselt lihtne (joonis 104). Selles kasutatakse dioodi, mille anood on tänu anoodtoiteallika negatiivse ja positiivse pooluse vahele ühendatud kahest järjestiktakistist $R_3$ ja $R_4$ koosnevale pingejagurile pisut positiivne. Piisava mahtuvusega kondensaator $C$ on voolu vahelduvkomponendi läbilaskmiseks.

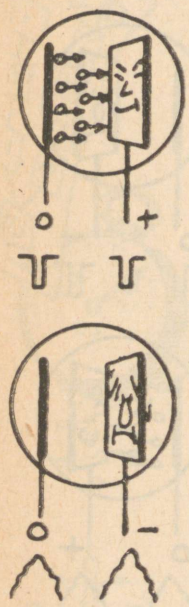
**H.**: Kuid dioodi hakkab läbima ometigi alalisvool, kui tema anood on katoodi suhtes positiivne.

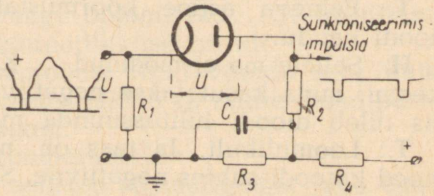
**T.**: Nii on see ainult lülituse sisendisse antava signaali puudumisel. Ja ära arva, et see vool võiks väga tugevaks kujuneda. Ta tekitab koormustakistil $R_2$ sellise pingelangu, et anoodi ja katoodi vahel jääb mõjuma suhteliselt väike potentsiaalide vahe $U$. Valides sobivalt $R_3$ ja $R_4$ takistused, seadistatakse $U$ sünkroniseerimisimpulsside pingest mõnevõrra väiksemaks.

**H.**: Kuid milleks on siin takisti $R_1$?

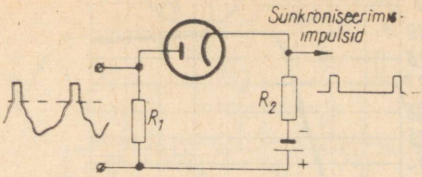
**T.**: Eelneva astmega sidestamiseks; ma joonestasin ka selle skeemile, sest dioodi ahel peab olema täielikult suletud.

**H.**: Mulle näib, et taipan täiesti raskusteta, mis selles lülituses toimub. Seni kuni videosignaali pinge, mis antakse katoodile, on madalam potentsiaalide vahest $U$, s. o. sünkroniseerimisimpulsside vältel, jääb anood katoodi suhtes positiivseks ja vool läbib dioodi. Kuid nendest lühikestest hetkedest ülejäänud ajal on katoodil toimiv pinge kõrgem kui pinge $U$, mille tagajärjel anood




Joonis 104. Järjestikdioodiga amplituudieraldaja positiivsignaali jaoks.




Joonis 105. Järjestikdioodiga amplituudieraldaja negatiivsignaali jaoks.




osutub katoodi suhtes negatiivseks. Siis on diood suletud, s. t. ta ei lase voolu läbi.

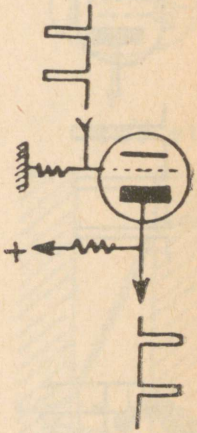
**T.**: Sinu arutelu on õige. Sa näed, et meie lülituses saab vool esineda ainult sünkroniseerimisimpulsside ajal. Iga vooluimpulss loob takistil $R_2$ pingelangu, mis tekitab anoodilt saadava negatiivse pingeimpulsi.

**H.**: Kas see on tulus? Meenub, et mõned hälvitusseadised vajavad tingimata positiivseid sünkroniseerimisimpulsse, samal ajal kui negatiivsed on nendele vähem sobivad.

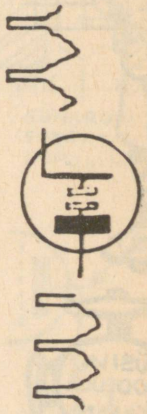
**T.**: Vajaduse korral saab impulsside polaarsust muuta faasi pöörava lambi abil.

**H.**: Kuidas aga tuleb toimida negatiivsignaali puhul?

**T.**: Põhimõte jääb endiseks. Siin tuleb vaid pöörata diood ümber (joonis 105) ja anda tema katoodile väike negatiivne eelpinge. Ka sel juhtumil juhib diood ainult sünkroniseerimisimpulsside vältel. Videosignaal muudab anoodi katoodi suhtes negatiivseks, mille toimel vool katkeb. Iga sünkroniseerimisimpulss tekitab koormustakistil positiivse pingeimpulsi.



### Kolm võret rohkem



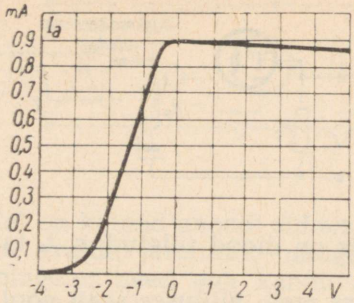
**H.**: Ma konstateerin, et diood ei muuda impulsside polaarsust. Igal juhul näivad need skeemid mulle ahvatlevalt lihtsatena ja ma ei näe põhjust, miks tuleb nendele eelistada teisi, vaieldamatult keerukamaid, milles kasutatakse pentoode.

**T.**: Mitte alati ei liitu tehnikas lihtsusega täiuslikkus. Nii ka dioodiga amplituudieraldajad ei hiilga kaugeltki oma voorustega. Eraldamine, mida nad tagavad, pole täiuslik. Nimelt satub heleduse väga kiirel muutumisel esinev kõrge sagedusega videosignaal läbi dioodi anoodi ja katoodi vahelise parasiitmahtuvuse laotusseadistesse, häirides laotuse sünkroonsust. Teisest küljest saame dioodilt kätte ainult selle, mida temale antakse, ja sedagi mitte täielikult. Väga tulus oleks aga kasutada lisaks veel pentoodi võimendusomadust; pealegi on selle võre ja anoodi vaheline mahtuvus teatavasti tühiselt väike.

**H.**: Ent kuidas kasutada pentoodi kannatlikkust?

**T.**: See «kannatlikkus» avaldub asjaolus, et anoodvoolu saab kahelt poolt piirata (joonis 106). Ühelt poolt — negatiivsete võrepingete piirkonnas. Nagu sa tead, on seal võrepinge-anoodvoolu






Joonis 106. Pentoodiga amplituudieraldaja tunnusjoon.

tunnusjoone alumine põlvik. Teiselt poolt paikneb umbes 0-voldise võrepinge lähikonnas selle tunnusjoone küllaltki järsk ülemine põlvik, millele järgneb horisontaalne ala.

**H.**: Siin võin järeldada, et võrepinge suurenemine üle nulli ei saa enam mingit anoodvoolu muutumist põhjustada?

**T.**: Täiesti õige, samuti kui signaali amplituudi langemisel alla anoodvoolu tekkimisele vastava võrepinge ei toimu enam anoodvoolu mingit muutumist.

**H.**: Hakkan juba ära arvama seda, mida saab nende kahe piirjoone vahelt ammutada. Kuid ennekõike tahaksin teada, milliste riugaste abil õnnestub meil pentoodi sellist tunnusjoont kasutada.

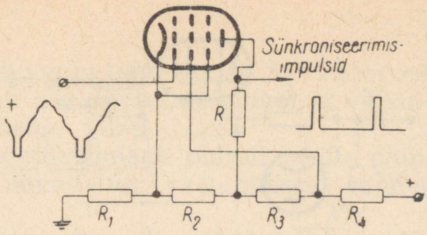
**T.**: Lõplik eesmärk on takistada anoodvoolu suurenemist üle teatava kindla väärtuse, milline ka poleks võre kui omapärase «elektronide kraani» avamus. See saavutatakse sobivate pingete rakendamisega anoodile ja varivõrele. Näiteks siis, kui positiivne anoodpinge on väga madal (umbes 5 volti) ja varivõre saab 30-kuni 40-voldise pinge.



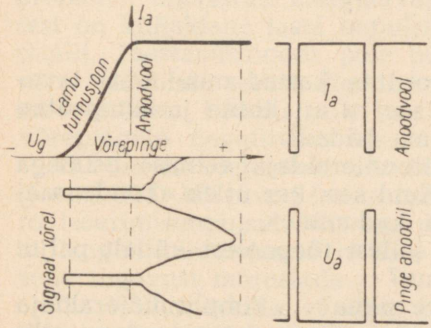

### Impulsid üles ja impulsid alla

**H.**: Arvan, et kõik pentoodiga amplituudieraldajad on rakendatud selliselt, et sünkroniseerimisimpulsid hõivaksid võrepingete ala, mille ulatuses anoodvool muutub, ehk teisiti kõneldes, tunnusjoone tõusva osa. Kooskõlas sellega langeb videosignaal loomulikult kas tunnusjoone ülemisele rõhtsale osale või siis nullisele anoodvoolule vastavasse suurte negatiivsete võrepingete alasse. Kummalgi juhul võimendab lamp ainult sünkroniseerimisimpulsse, samal ajal kui videosignaal ei saa anoodvoolu muutumist põhjustada.

**T.**: Sa sõnastasid pentoodiga amplituudieraldaja talitluspõhimõtte lausa suurepäraselt. Seepärast pole minul enam raske sulle seda lülitust tutvustada. Kui soovid, siis võtame näitena positiivsignaali (joonis 107). Pentoodi anoodil on takistitest $R_1$ kuni $R_4$ koosneva pingejaguri tõttu potentsiaal väga madal, varivõrel aga kõrgem. Tänu takistil $R_1$ arenevale pingelangule on katood tüür-




Joonis 107. Pentoodiga amplituudieraldaja skeem positiivsignaali jaoks, milles kasutatakse madalat anoodpinget. Selguse mõttes on lahtisidestuskondensaatorid ära jäetud.




Joonis 108. Pentoodiga amplituudieraldaja talitluspõhimõte positiivsignaali korral.

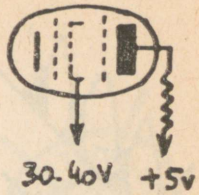
võre suhtes positiivne, ehk, mis on sellega võrdväärne, tüürvõrel on katoodi suhtes negatiivne eelpinge.

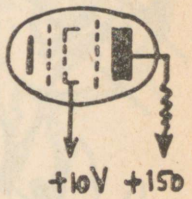
**H.**: Kõik see on selge. Kuid milleks vajatakse siin eelpinget?

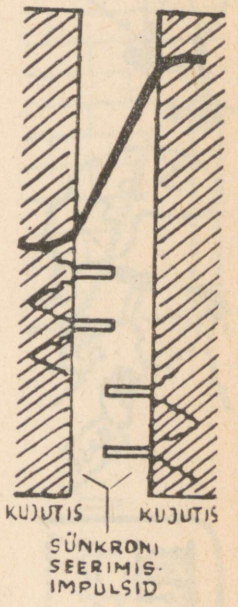
**T.**: Vaata lambi tunnusjoont (joonis 108). Eelpinge seadistatakse selliselt, et lambi talitluspunkt asetseks üsna tunnusjoone alguses, kui anoodvool alles hakkab tekkima. Niiviisi hõivavad sünkroniseerimisimpulsid enesele kogu selle võrepingete ala, mille piirides lamp võimendab (tunnusjoone tõusva osa). Muide, on tarvilik, et impulsid ulatuksid tunnusjoone ülemise põlvikuni või isegi ületaksid seda. Kuid signaali see osa, mis vastab ülekantavale kujutisele, satub samas tervikuna tunnusjoone horisontaalosale, kus anoodvool on praktiliselt muutumatu. Niiviisi osutuvad siin ainult sünkroniseerimisimpulsid võimendatuiks, sest igas impulsis langeb vool nullini ja omab kogu ülejäänud aja maksimaalväärtust.

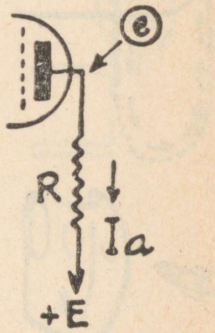
**H.**: Kuna pingelang koormustakistil *R* oleneb anoodvoolust, mis ka määrab anoodil tegelikult toimiva pinge, siis impulsside ajal — voolu puudumisel — muutub see pingelang nulliks. Nendel hetkedel kasvab pinge lambi anoodil loomulikult toitepingeni. Järelikult saame negatiivsete sünkroniseerimisimpulsside asemel, mida andsime võrele, anoodahelast positiivsed impulsid.

**T.**: Kas see üllatab sind? See on ju igivana lugu pinge faasi muutumisest, mis lambis kaasneb võimendamisega. Nüüd aga, riskides sulle pettumust valmistada, pean tunnistama, et minu poolt joonestatud skeemi järgi valmistatud amplituudieraldaja ei saa õigesti töötada.

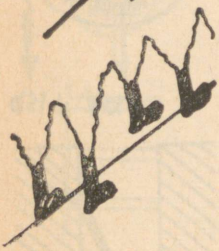


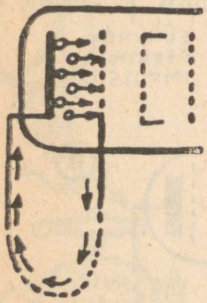



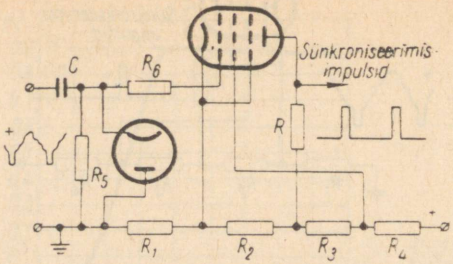











Joonis 109. Taastamisdiood, millega on täiendatud joonisel 107 esitatud skeemi. Lahtisidestuskondensaatorid on ära jäetud.

**H.**: Oh sind, Targastet, iga kord sa kastad mind oma tavalise külma dušiga üle. Ometi on see ju nii lihtne ja sümpaatne seadis! Miks peavad teda vaevama hädad?

**T.**: Ennekõike on meie amplituudieraldaja eelmise astmega sidestatud kondensaatori kaudu. Kuid see, kes ütleb «kondensaator», ütleb ka «alaliskomponendi kadumine».

**H.**: Eelmine kord kõnelesime sellest tõepoolest küllalt palju. Kuid miks häirib see antud juhul?

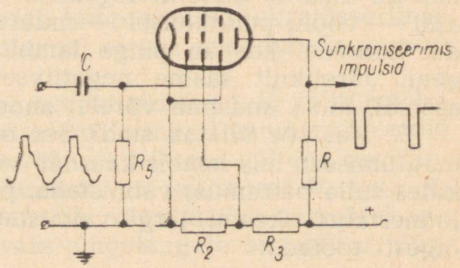
**T.**: Kas see ei paista sulle kohe silma? ... Amplituudieraldaja kogu toime seisneb impulsside jalamite täpses tasandamises sellisel võrepinge tasemel, mis vastab anoodvoolu tekkimisele. Kui alaliskomponendi puudumisel alustavad impulsside «jalad» mingi korrapäratu balleti taolist tantsu ja asetuvad videosignaali kujule vastavalt erinevatele tasemetele, siis hakkab anoodvool sellest pingest sõltuma, sünkroniseerimisimpulsid muutuvad ebaühtlaseks ja hälvitusseadised sünkroniseeruvad ebaõigesti, sest videosignaali pinge hakkab amplituudieraldajast läbi pääsema.

**H.**: Milline õudus! Kas ei saa leida siin abi meie hea taastamisdioodi ühendamisest rööbiti võreäravoolutakistiga $R_5$?

**T.**: Nii tehaksegi ja kõik saab joonde (joonis 109), õieti küll peaaegu joonde, sest alles jäävad häired, mis tekivad võrevoolust ...

**H.**: Mis pagan need veel on?

**T.**: Nagu võid näha, tekitab videosignaal võrel küllaltki suure positiivse pinge. Nendes tingimustes hakkab võre toimima anoodina, s. o. temale langeb elektrone. Niiviisi ilmub elektronide vool, mis välisahelas suundub võrelt katoodile. Selle puuduse




Joonis 110. Dioodita ja madala varivõrepingega pentoodiga amplituudieraldaja skeem. Negatiivsignaali puhul pole taastamisdioodi vaja.

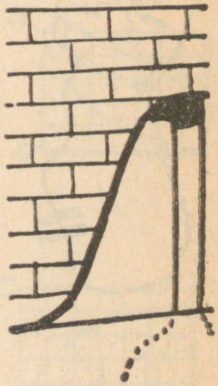
mõju vähendamiseks ühendatakse voolu teele takisti $R_6$. Võrevool tekitab pingelangu, mis suurendab negatiivset eelpinget ja vähendab niiviisi positiivseid potentsiaale võrel.

**H.**: Kuidas aga toimitakse negatiivsignaali puhul? Mulle näib, et taastamisdiood peab olema ühendatud vastupidises suunas ja et . . .

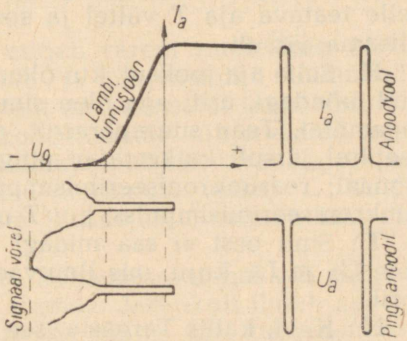
**T.**: Ei mingeid dioode! Negatiivsignaali puhul (joonis 110) probleem lihtsustub märgatavalt. Eelpinge järele kaob tarvidus, sest on küllaldane lasta impulsside «jalgadel» puhata nullpotentsiaalil. Taastamisdioodi pole tarvis, sest eelpingestamata lambi võre toimib ise sellise dioodi anoodina, nagu kogesime ka eelmises vestluses. Lõpuks pole karta ka võrevoolu, sest kõik toimub võrepingete negatiivses alas.



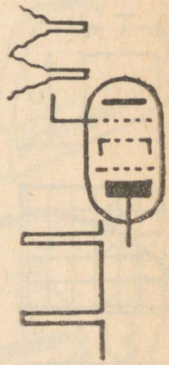

**H.**: See on tõepoolest märkimisväärne! Näen, et ka sellel juhul (joonis 111) hõivavad lambi tunnusjoone tõusva osa ainult sünkroniseerimisimpulsid. Mis aga puudutab videosignaali ennast, siis ta langeb tunnusjoone nullise anoodvoolu piirkonda ja ei saa selle tugevust mõjustada.



**T.**: Võib märkida, et siingi on sisend- ja väljundsignaalid vastassuunalise polaarsusega. Sünkroniseerimisimpulsid tekitavad anoodvoolu impulsse, mis koormustakistil ilmuva pingelangu toimel annavad anoodil negatiivsed pingeimpulsid.




Joonis 111. Pentoodiga amplituudieraldaja talitluspõhimõte negatiivsignaali puhuks.

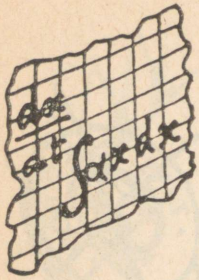


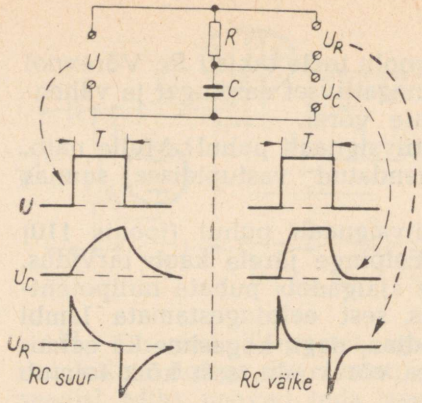
## Leebe kondensaator ja riiakas takisti

**H.**: Nüüd oskame lõpuks dioodide või pentoodide abil eraldada positiivseid ja negatiivseid sünkroniseerimisimpulsse. Kuid mida tuleks teha, et reasünkroniseerimisimpulsse pildisünkroniseerimisimpulssidest lahutada?

**T.**: Peaksid juba teadma, milles peitub nende erinevus, nimelt kestuses. Impulsside eristamise põhimõte seisneb nende kestuse muundamises amplituudiks.

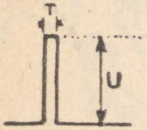
**H.**: Noh, see on küll häbemata selge! Isegi kreeka püütiad ei väljendunud nii kahemõtteliselt . . .

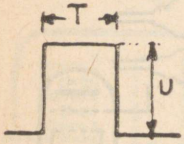


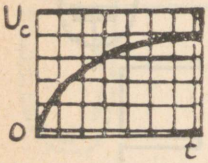


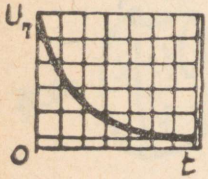

Joonis 112. Ristkülikulise signaali moonutumine järjestikku ühendatud kondensaatorist ja takistist koosnevas ahelas (vasakul suure, paremal — väikese ajakonstandi puhul).






**T.**: Kuid see osutub imelihtsaks. Kõige sagedamini kasutatakse selleks integreerimis- ja diferentseerimismeetodeid.

**H.**: Taga targemaks! Nüüd peaksin ma loomulikult asuma diferentsiaal- ja integraalarvutust õppima, et sinu selgitusi mõista . . .

**T.**: See pole üldse vajalik. Need terminid, mis avaldasid sinule sellist masendavat muljet, kirjeldavad antud juhtumil signaali käitumist järjestikku ühendatud takistist ja kondensaatorist koosnevas lihtsaimas ahelas (joonis 112). Selgitame, mis juhtub, kui rakendame järsult sellise ahela klemmidele pinge $U$, säilitame selle teatava aja $T$ vältel ja seejärel katkestame pinge andmise niisama järsult.

**H.**: Selle aja jooksul, kui olen sinuga kohtunud, olen teada saanud mõndagi, eriti aga olen sinu jutust õppinud otsima peidetud tagamõtet. Tean suurepäraselt, mis on see järsult rakendatav ja seejärel järsult katkestatav pinge. See on tavaline ristkülikuline signaal; reasünkroniseerimisimpulss, kui $T$ on lühike, või pildisünkroniseerimisimpulss, kui $T$ on kestvam. Ons see nii?

**T.**: Sinu eest ei saa midagi varjata, Huviste! Vaatleme pingete $U_R$ ja $U_C$ kuju, mis ilmuvad vastavalt takistil ja kondensaatoril.

**H.**: Kuid, kallis Targaste, see pole minu jaoks kaugeltki enam uus probleem. Oleme seda oma viiendas vestluses juba vaadelnud, kui puudutasime hälvitusseadiseid. Pinge $U$ rakendamisel hakkab kondensaator $C$ läbi takisti $R$ laaduma. Pinge $U_C$ kondensaatori plaatidel kasvab eksponentkõvera kohaselt kas aeglasemalt või kiiremini, vastavalt ahela ajakonstandile, milleks on korrutis $RC$.

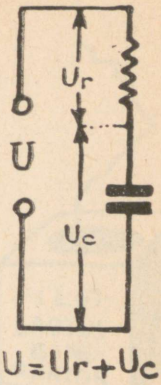
**T.**: Sinu suurepärane mälu hõlbustab märgatavalt minu selgitusi. Tegelikult on lood sellised, et sõltuvalt sellest, kas takisti takistus ja kondensaatori mahtuvus on suured või väikesed (joonisel olen kujutanud kummagi juhtumi), hakkab kondensaator laaduma aeglasemalt või kiiremini. Kas võid mulle öelda, mis toimub sel ajal takistis $R$?

**H.**: Noh, miks mitte. Laadimise algul läbib seda maksimaalne vool, mis tekitab suure pingelangu $U_R$. Vastavalt kondensaatori laetusele vool ja järelikult ka pinge $U_R$ vähenevad eksponentkõvera järgi.

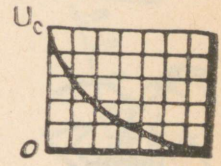
**T.**: Pea silmas ka nõuet, et pingete $U_R$ ja $U_C$ summa peab igal hetkel võrduma üldpingega $U$.

**H.**: Kui seda arvestada, siis saab ilmselt ehitada $U_R$ muutumise kõvera $U_C$ muutumise kõvera abil ja vastupidi, sest nende summa peab tingimata andma horisontaalse joone.

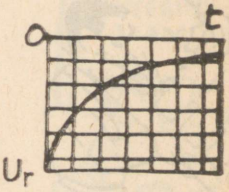
**T.**: Ma joonestasin pingete kõverad esiteks sellise ajakonstandi $RC$ puhuks, mis on ristkülikulise impulsi kestusest $T$ suurem, kuid ka $RC$ väikese väärtuse jaoks. Esimesel juhul eeldan, et kondensaatori laadumine lõpeb praktiliselt ajaintervalli $T$ lõpul. Teisel juhul lõpeb see väga kiiresti, sest pingete $U_C$ ja $U_R$ kiiretele hälvetele järgnevad horisontaalsed alad. Nüüd siirdume aga draama teise vaatuse juurde: ahelale rakendatud pinge $U$ langeb nullini.




$U = U_r + U_c$




**H.**: Sellel hetkel hakkab kondensaator $C$ tühjenema takisti $R$ ja pingeallika kaudu. Tühjenemisvoolu tulemusel hakkab pinge $U_C$ kahanema samuti eksponentkõvera kohaselt ja sama ajakonstandiga. Kui ajakonstant on küllalt suur, kohtume taas oma vanade heade tuttavatega — saehammastega, esialgu õieti küll ühega nendest hammastest, milledesse olime hälvitusseadiste uurimisel kaelani uppunud.




**T.**: Meie praegune saehammas erineb varem vaadelduist selle poolest, et kondensaatori laadumine ja tühjenemine toimuvad ühe ja sama seaduse järgi (ajakonstant on kummalgi juhul ühine). Hälvitusseadistes seevastu toimub kondensaatori tühjenemine teatavasti tunduvalt kiiremini kui laadimine (tühjenemisahela takistus on väga väike ja selle ajakonstant samuti väike) ... Kuid pöördume siiski tagasi oma pingete juurde. Mis toimub takistil areneva pingega $U_R$?




**H.**: Hämmastavad nähtused! Kui kondensaator hakkab tühjenema, muudab vool takistis $R$ oma suunda. Järelikult ilmub negatiivne pingelang; vool ja järelikult ka pinge, mis tühjenemise algul olid küllalt suured, vähenevad seejärel eksponentkõvera kohaselt, mis nähtavasti osutub televisioonis kõige kõrgemaks seaduseks ...



**T.**: Ära imesta, et takistil $R$ tekkiv pingelang muutub just niiviisi. Teatava loogikavõime olemasolul sa oleksid võinud ju seda isegi ette näha. Nimelt peab kehtima võrdus $U_R + U_C = U$. Kui $U$ langeb nullini, siis selle võrduse säilitamiseks on tarvilik, et $U_R$ muutuks negatiivseks, juhul kui $U_C$ on positiivne. Vastupidisel juhtumil ei saa nende summa võrduda nulliga ...

**H.**: See on selge. Kuid erinevalt sinust puudub mul matemaatiline soon ja füüsikalised arutelud on minu jaoks võrratult veenvamad. Sinu teaduslikud terminid ...

T.: Ärgu need sind hirmutagu. Kõneldakse, et pinget $U$ integreeritakse, kui kasutatakse kondensaatori pinget $U_C$. Pinge kuju muutub selles mõttes, et kõik ümardub. Äkilised muutused pehmenevad. Vastupidiselt sellele avalduvad kõik need muutused rõhutatult diferentseeritud pinges $U_R$, mida võetakse takistilt.

H.: Kokku võttes on kondensaator niisiis leebe aeglasevõitu paksuke, kes kõiges näeb ainult head. Seevastu takisti on riiakas järskude liigutustega vana nõid, keda tabavad koleerilised vihahood . . .

### Diferentseerivad ja integreerivad ahelad töös

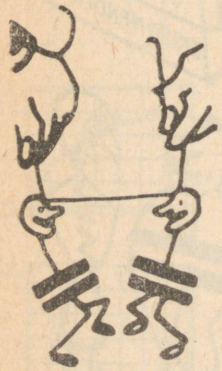


T.: Sinu antropomorfism kurvastab mind . . . Jäta meie poolt kõneldust meelde järgmist: üks ja seesama ahel võib toimida nii diferentseerivana kui ka integreerivana, sõltuvalt sellest, kust võetakse pinget — kas takistilt või kondensaatorilt. Kuid diferentseerimisahelas peavad $R$ ja $C$ olema suhteliselt väikesed. Nende korrutis, s. o. ajakonstant ei tohi ületada umbes viiendikku impulsikestusest $T$. Seevastu peavad integreerimisahelas $R$ ja $C$ olema suured, et ajakonstant oleks vähemalt paar korda pikem impulsikestusest $T$.

H.: Järelikult, kui ma õigesti mõistsin, kasutatakse praktiliselt eraldi ahelaid diferentseerimiseks ja integreerimiseks. Ja siiski pean tunnistama, et mul pole kuigi selget ettekujutust, kuidas neid kasutatakse.

T.: Kuid sa oled omandanud juba küllalt teadmisi selleks, et niisugust asja mõista. Joonesta korraks amplituudieraldaja väljundist saadavate sünkroniseerimisimpulsside kuju.

H.: Näe, nad seisavad sirge rivina (joonis 113). Ma joonestasin kaks reaimpulssi, nende järele pikemad pildiimpulsid, siis jällegi reaimpulsid[8].



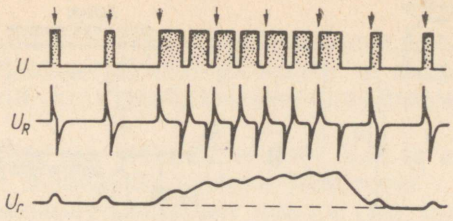
T.: Mina täiendan omalt poolt su joonist, märkides nooltega realaotuse algushetked. Meenutan möödaminnes, et realaotuse sünkroniseerimine jätkub ka pildisünkroniseerimisimpulsside ülekandmise ajal. Kas sa oskad nüüd joonestada diferentseeritud pinge kuju?

H.: Vastavalt sellele, mida sa äsja kõnelesid, eeldan, et ajakonstant on väga väike, lühem kui viiendik impulsside kestusest . . . Kuid millistest?

T.: Kõige lühematest impulssidest, reasünkroniseerimisimpulssidest.

H.: Diferentseeritud signaal ilmub lühikeste ja teravate impulssidena, mis on polaarsuselt positiivsed või negatiivsed, ole-

[8] Kahekordse reasagedusega ühtlustusimpulsid, millel on ainult kõrvaline tähtsus, on siin joonise lihtsustamise mõttes välja jäetud. *Toimetaja märkus.*




Joonis 113. Sünkroniseerimisimpulsside lahutamine joonisel 114 esitatud skeemi abil.

nevalt sellest, kas nad vastavad esialgsete impulsside algusele või lõpule.

**T.**: Need signaalid, mis on nii teravad nagu habemenoa tera, on väga sobivad realaotuse täpseks sünkroniseerimiseks. Lihtsamates televiisorites kasutatakse neid vahetult blokeergeneraatori või multivibraatori sünkroniseerimiseks, millest me oleme juba kõnelnud. Paremates televiisorites tüürivad need impulsid realaotussageduse automaatreguleerimise blokki, mis annab suure häirekindluse. See on aga eriti tarvilik kaugvastuvõtul nõrga sisendsignaali tingimustes.

Nüüd aga proovi joonestada signaalide kuju integreerimisahela väljundis.

**H.**: Arvan, et selle ajakonstant peab ületama pildisünkroniseerimisimpulsi kestuse. Sellisel tingimusel ei suuda reasünkroniseerimisimpulss veel midagi erilist korda saata. Tõepoolest, niipea kui kondensaator hakkab laaduma, peab juba algama ka selle tühjenemine. Õnnetu paksuke ei jõua koguda kuigi märgatavat pinget, kui see hakkab juba langema.

**T.**: Seda parem, Huviste! See, et reasünkroniseerimisimpulsid peaaegu ei jõuagi integreerimisahela väljundisse, on suurepärane, sest see ahel võimaldab meil niiviisi eraldada pildisünkroniseerimisimpulsse. Vaata nüüd, kuidas ta nendele reageerib.

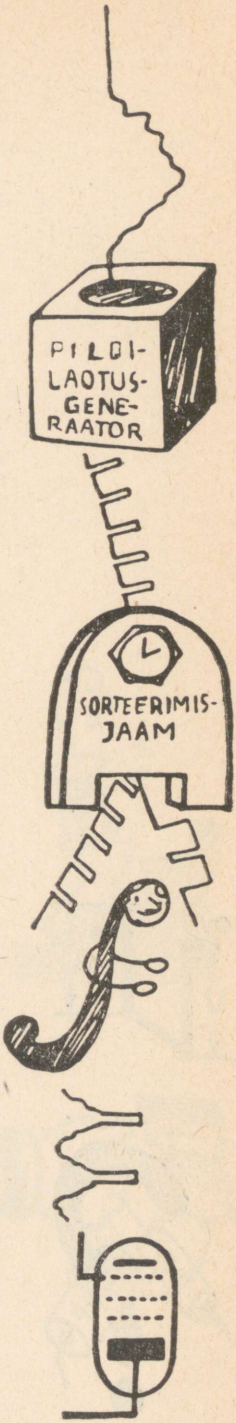
**H.**: Kuna nende kestus on pikem, jõuab kondensaator omandada teatava laengu. Kuid esimese impulsi lõpul hakkab ta pisut tühjenema, mis kestab kuni järgmise impulsi alguseni. Seejärel hakkab tema pinge teise impulsi vältel taas tõusma. Järgneb lühike tühjenemine, siis uus laadumine jne. See kõik sarnaneb niisuguse tantsuga, milles tehakse kolm sammu edasi, seejärel üks samm tagasi, siis jällegi kolm sammu edasi jne.

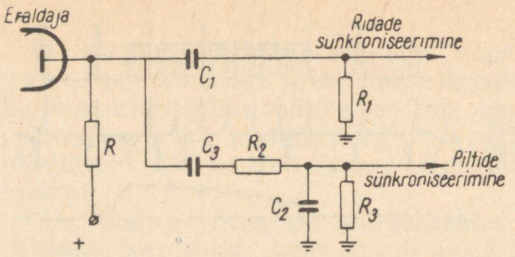
**T.**: Kuid ainult selle erinevusega, et pinge suurenemisel muutuvad sammud lühemaks.

**H.**: Loomulikult, sest siin allub kõik sellele vältimatule eksponendiseadusele . . . Kuid varem või hiljem peab kõigele ikkagi saabuma lõpp. Kui pildisünkroniseerimisimpulsside rivi lõpetab oma rongkäigu, tühjeneb kondensaator kõige kaunima eksponentkõvera järgi.

**T.**: See polegi nii kaunis, ja nimelt väikeste kühmude tõttu, mis tekivad viimaste reasünkroniseerimisimpulsside toimel.

**H.**: Üldiselt annab pildisünkroniseerimisimpulsside kogum





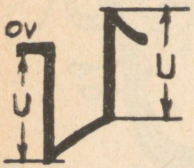

Joonis 114. Diferentseerimisahel reasünkroniseerimisimpulsside lahutamiseks ja integreerimisahel pildisünkroniseerimisimpulsside eraldamiseks.

tänu integreerimisahelale pika ja kõrge saehamba, kus reasünkroniseerimisimpulsid praktiliselt kaovad. Mida aga tehakse selle integreeritud pingega?

**T.**: See antakse pildilaotusseadisesse ja soodsal juhul osutubki see õigesti sünkroniseerituks nende impulssidega, mis ilmuvad ülerealaotuse iga paaris- ja paarituarvuliste ridade kogumi ehk poolpildi lõpul. Et see toimuks paremini, võib kasutada eelpingestatud dioodi, mis laseb läbi ainult impulsside tipud ja kõrvaldab niiviisi reasünkroniseerimisimpulsside jäänused. Kuid tavaliselt pole seda tarvis. Kõige sagedamini kohtame pildi- ja reasünkroniseerimisimpulsside lahutusahelat tema lihtsaimal kujul (joonis 114), kus amplituudieraldaja koormustakistilt $R$ saadav pinge antakse nii realaotusseadisega ühendatud diferentseerimisahelasse $R_1C_1$ kui ka pildilaotusseadisega ühendatud integreerimisahelassse $R_2C_2$.

**H.**: Milleks on aga kondensaator $C_3$ ja takisti $R_3$?

**T.**: Kondensaator $C_3$ on sidestuskondensaator, mis ei luba amplituudieraldusastme lambi anoodpingel sattuda pildilaotusgeneraatori sisendisse. Takisti $R_3$ on aga selle astme võretakisti.




**H.**: Kõik see on väga tore! Kuid kas $C_3$ ja $R_3$ ei moodusta midagi diferentseerimisahela taolist, mis lisandub integreerimisahelale ja hakkab seda segama?

**T.**: Ei mingil määral, Huviste. Vastavate lülitusdetailide mahtuvus ja takistus on nii suured, et nende diferentseeriv toime on täiesti tühine.

## Eksponenttrepp




**H.**: Mida sa mõtlesid, kui ebamääraselt naeratades väitsid, et pildilaotusseadis sünkroniseerub integreerimisahela abil ainult «soodsal juhul» õigesti?

**T.**: Asi on selles, et ma ei armasta neid ahelaid. Nendest saadavad signaalid on ebaselged: kõik on loid, vormitu, kõik on ümardatud ... Näita mulle integreerimisahelat, kus mis tahes signaal ei valguks laiali kogu oma laiuses!

**H.**: Kuid kas sa ei sooviks kasutada ka pildisünkroniseerimisimpulsside eraldamiseks diferentseerimisahelat?

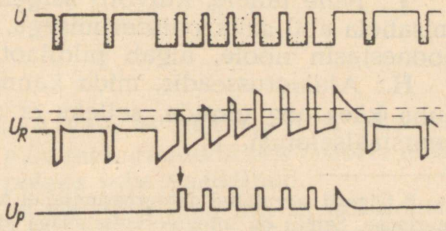
**T.**: Kuid miks ka mitte? Ainult et selleks võtan küllaldase mahtuvusega kondensaatori ja küllaldase takistusega takisti, et saada tunduvalt suuremat ajakonstanti kui reasünkroniseerimisimpulsside diferentseerimisahelas.

**H.**: Ma ei mõista, kuidas kõik see töötama hakkab. Kas sa ei saaks seegi kord arusaadavust hõlbustada vastava joonisega?

**T.**: Võtame negatiivse polaarsusega impulsid (joonis 115), kui amplituudieralduslambile antakse negatiivselt moduleeritud televisioonisignaal. Katsu joonestada takistil ilmuva pinge kuju.

**H.**: Hetkel, kui reasünkroniseerimisimpulsi negatiivne pinge tekib, ilmub takistil maksimaalne pinge. Selle poolt määratud laadimisvool hakkab ahela ajakonstandi toimel aeglaselt vähenema ja . . .

**T.**: Kuid, kallis Huviste, laadimine ei saa kesta kaua, sest seda määrav reasünkroniseerimisimpulss on kestuselt väga lühike.




Joonis 115. Pildisünkroniseerimisimpulsside eraldamine integreerimisahela ja amplituudipiirajaga.

**H.**: Nii see muidugi on. Seepärast peatselt pärast laadimise algust ja pinge tühist kahanemist takistil suureneb pinge reaimpulsi lõppemisel taas ja siirdub tagasi nulltasemele.

**T.**: Oled selles veendunud? Kui signaalipinge muutub väärtuselt —*U* volti kuni nullini, siis ta s u u r e n e b *U* voldi võrra. Ja sama toimub ka pingega takistil. Järelikult, kuivõrd ta on pärast laadimise algust juba tasemelt —*U* volti pisut tõusnud, küünib pinge impulsi lakkamise hetkeks teatava positiivse väärtuseni. Kondensaatori tühjenemise käigus pinge takistil langeb nullini.



**H.**: Oi, millised keerulised nähtused võivad toimuda nii lihtsas ahelas — kondensaatoriga ühendatud takistis!

**T.**: Kõik see on tunduvalt lihtsam kui esimesel pilgul näib. Vaatleme nüüd, mis toimub pildisünkroniseerimisimpulssidega.



**H.**: Põhimõtteliselt seesama mis reasünkroniseerimisimpulssidega. Kuid iga impulsi puhul kestab laadimine kauem. Niiviisi jääb pingele suurenemiseks rohkesti aega. Impulsi igal lakkamisel muutub pinge takistil üha positiivsemaks. Ja seda enam, et kahe järjestikuse pildisünkroniseerimisimpulsi vahemikus ei jää kondensaatoril peaaegu üldse aega tühjenemiseks.

**T.**: Võid näha, kuidas pinge kasvab, moodustades midagi trepitaolist . . .

**H.**: ... eksponenttrepi taolist, olen selles veendunud. See protsess kestab kuni pildisünkroniseerimisimpulsside lõpuni ja alles seejärel võib kondensaator lõpuks ometi tühjeneda, öeldes kergendustundega: «Oh!» ...

**T.**: Nüüd sa näed, et küllalt suure ajakonstandiga diferentseerimisahela abil õnnestus eraldada pildisünkroniseerimissignaale impulsside reana, mis ilmselt kõrguvad silmapiiri kohale. Mida tuleb veel teha, et neid saaks kasutada ka laotusgeneraatori sünkroniseerimise jaoks?

**H.**: Oletan, et olles lõiganud ära kõik, mis paikneb väljaspool meie joonisel kahe punktiiriga kujutatud amplituudide nivooga piiratud vahemikku, saadakse graafikul joonestatud pinge $U_p$. Seda võib teha dioodidega või pentoodidega amplituudipiirajate abil. Niiviisi saadud pinget võib kasutada pildilaotusgeneraatori sünkroniseerimiseks.

**T.**: Pane tähele, kuivõrd selgem see on, võrreldes integreerimisahela abil sünkroniseerimisega. Esimese impulsiga, sealt, kuhu joonestasin noole, algab pildilaotus väga täpselt[9].

**H.**: Ajalaotusseadis, mida kannan randmel, näitab, et mul on juba käes aeg uinuda, selleks et saaksin integreerida sinu diferentsiaalseletusi.

---

[9] Õigesti arvutatud integreerimisahel võib tagada täiesti laitmatu sünkroniseerimise. Samas on integreerimisahelaga amplituudieraldaja lihtsam kui diferentseerimisahelaga amplituudieraldaja, mis vajab amplituudipiiramislülitusi. Ka allub integreerimisahel impulsshäiretele vähem kui diferentseerimisahel ja leiab seetõttu eelistatud kasutamist. *Venekeelse väljaande toimetaja märkus.*

Televiisorite puhul on toiteprobleem niisama tähtis nagu inimestegi jaoks. Puuduliku toite puhul annab televiisor kahvatu ja kidura kujutise. Raadiovastuvõtjast aplamana nõuab ta suuremaid pingeid ja võimsusi. Mitmesugused meetodid, mis sageli on väga teravmeelsed, annavad võimaluse saada kineskoobi viimase anoodi toiteks väga kõrgeid pingeid.

Neid mitmekülgseid küsimusi vaadeldes puudutavad meie sõbrad järgmisi teemasid:

**anoodtoide, filtreerimine, fokuseerimine ja heleduse reguleerimine, ühe anoodiga alalduslambiga kõrgepingealaldi, ettevaatusabinõud ja ohud kõrgepingega töötamisel, maksimaalne vastupinge, pooljuhtalaldid, pingekahekordisti, elektrostaatilise tüürimisega elektronkiiretoru toitmine, madalsagedus- ja kõrgsagedusgeneraatoritest saadav kõrgepinge, ridade tagasijooksul tekkiva ülepinge kasutamine.**

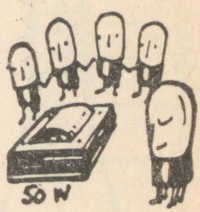
# 16. VESTLUS

## TOITUMISPROBLEEMID

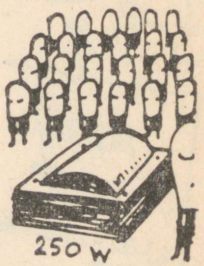
### Klassika valdkonnas

**Huviste**: Noh, egas midagi. Arvan, et hakkab juba piisama. Kui palju ma ka poleks järele mõelnud, ei suuda televiisoris leida enam ühtegi detaili, mida me poleks juba vaadelnud.

**Targaste**: Teataval määral on see tõsi. Aga kui sa koostaksid televiisori ainuüksi nendest lülitustehnilistest sõlmedest, mida oleme koos sinuga uurinud, ei hakkaks ta ikkagi tööle otsekui inimene, kellel puudub toit.



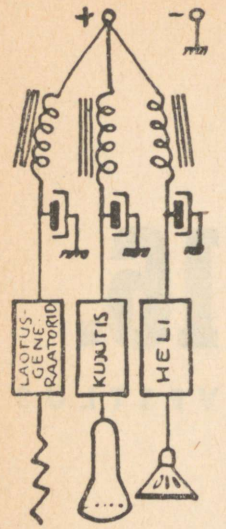

**H.**: Jah, muidugi, me pole veel puudutanud toiteprobleemi. Kuid arvan, et raadiovastuvõtjate puhul kasutatavad klassikalised lahendused sobivad ka televiisoritele. Ma mõistan suurepäraselt, et televiisori 20 või 25 lampi vajavad suuremat võimsust kui tavaline neljalambiline supervastuvõtja. Kuid võimsa, 250-vatise või suuremagi trafoga ja vastava alalduslambiga on kõik hõlpsalt teostatav.

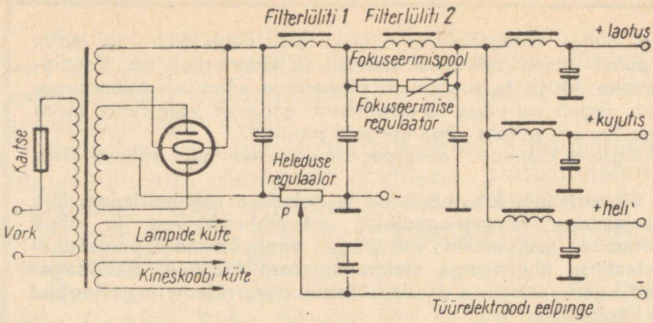



**T.**: See, millest kõneled, on üsna arukas, kuigi peamine raskus on nähtavasti sul märkamatuks jäänud.

**H.**: Ja see on? . . .

**T.**: Mitme tuhande voldine pingeallikas, mida vajab televiisori kineskoobi viimane anood. Kuid esialgu jätame selle küsimuse lahendamata. Õige on, et televiisori ülejäänud blokkide jaoks sobib toiteseadis, mis sarnaneb raadiovastuvõtjates kasutatavaga, ehkki peab olema sellest võimsam. Siiski tuleb skeem varustada täiendavate filtreerimisahelatega kõrg- ja vahesagedusvõimendi toitmiseks ja iseseisva filtriga madalsagedusvõimendi väljundastme lambi jaoks (joonis 116). Vastasel korral hakkavad tarbitava toitevoolu järsud ja tugevad muutused, mis tekivad laotusseadistes saehammaste moodustamisel ja madalsagedusvõimendis,



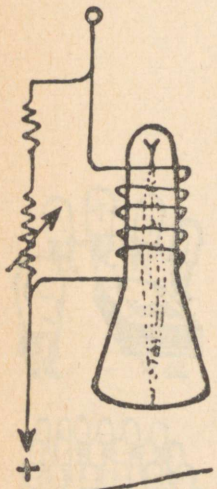

Joonis 116. Televiisori toitebloki skeem. Kõrgepingeallikat kineskoobi anoodi toitmiseks ei ole sellel skeemil kujutatud.

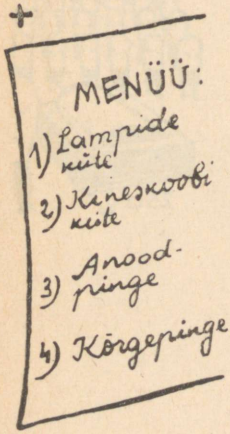
mõjutama videovõimendi ja helisagedusvõimendi toitepinget (valjuhääldaja hakkab tugevasti undama ja kujutis on moonutatud). Täiendavates filterlülides kasutatakse paispoolide asemel takisteid $R_2$ ja $R_3$. Toiteahela üldjuhtmes paikneval takistil $R_1$ tekkivat pingelangu kasutatakse eelpingestamiseks. Vanades, magnetilise fokuseerimisega kineskoopidega varustatud televiisorites ühendati takisti $R_1$ asemele sageli kineskoobi fokuseerimispool.

**H.**: Samuti nagu noaaegsetes raadiovastuvõtjates oli anoodtoite filtri paispooli asemel elektrodünaamilise valjuhääldaja ergutusmähis? Miks on meie trafo varustatud eraldi mähisega kineskoobi kütteniidi toitmiseks?

**T.**: See on tulus ettevaatusabinõu, eriti juhul, kui kineskoobi katoodil ja tüürelektroodil on videovõimendi väljundastme lambi anoodi potentsiaal.

**H.**: Nii või teisiti on toiteprobleem minu jaoks juba praktiliselt lahendatud, sest ma tean, kuidas anda tarvilikke pingeid kõikidele elektroodidele, välja arvatud kineskoobi viimasele anoodile. Millised maiuspalad peaksime tema menüüsse kirjutama?






## Kilovoltide maal

**T.**: See anood ei ole eriti ablas, kuid tal on peen maitse. Elektrostaatilise fokuseerimisega ja hälvitusega elektronkiiretorudes vajab ta 800 kuni 4000 volti. Elektromagnetilise hälvitusega kineskoopides, mida televisioonis eelistatult kasutatakse, on tarvis 5000 kuni 20 000 volti. Ja suurele ekraanile projitseerimiseks kasutatavad kineskoobid, millest kõneleme hiljem, vajavad anoodpinget 25 000 volti ja mõnikord sellest isegi 2 või 3 korda kõrgemat . . .

**H.**: Kuid energiaarvesti mu esiku seinal lendab õhku sellisest kilovoltide hulgast!

T.: Siin pole vähimatki ohtu, vähemalt mitte elektriarvesti jaoks, sest need kilovoldid ei õgi hoopiski kilovatte. Kineskoopide anoodvoolu mõõdetakse mikroamprites. Reeglina on see milliamprist väiksem. Näiteks vajab 43-sentimeetrise ekraaniga kineskoop pingel 12 000 V voolu mitte üle 0,1 mA, mis vastab võimsusele 1,2 W. Su energiaarvesti vaatab sellisele minivõimsusele ilmse põlastusega . . .

H.: Kui see on nii, siis arvan, et kõrgepinge saamiseks elektrivõrgust pole mingit raskust. Kõik tavalised anoodtoite skeemid peaksid sobima ka kõrgepinge saamiseks?

T.: Kahtlemata. Kuid võttes arvesse tühiselt väikest voolu ja vastavalt sellele ka filtreerimise hõlpsust, piisab kõige lihtsama alaldi kasutamisest, nimelt ühe alaldusdioodiga poolperioodalaldist (joonis 117).

H.: Filter sinu skeemis näib väga primitiivsena: selles on kõigest üks kondensaator ja kaks takistit.

T.: Tegelikult piisaks ka ainuüksi kondensaatorist. Ta laadub 50 korda sekundis, kuid jõuab kahe järgneva laadumise vahel sedavõrd vähe tühjeneda, et pinge tema plaatidel jääb praktiliselt püsivaks ja peaaegu võrdseks pingeamplituudiga trafo kõrgepingelisel sekundaarmähisel. Kondensaatorist, mille mahtuvus on 0,1 . . . 0,25 mikrofaradit, piisab siin täiesti.

H.: Sellisest pisitillukesest kondensaatorist?

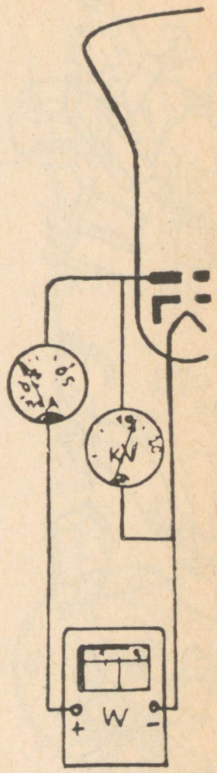
T.: Pisikesest mahtuvuse mõttes, kuid hoopiski mitte välismõõtmete osas, sest ta peab olema suurepäraselt isoleeritud, et läbilöögi ohuta taluda plaatide vahel tuhandete voltideni küündivaid pingeid. See on võimalik ainult dielektriku küllaldase paksuse ja järelikult kondensaatori soliidselt suurte mõõtmete juures.

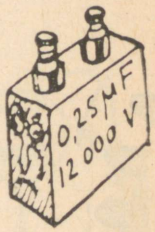
H.: Usun, et takisti *R* mõjub kondensaatori filtreerivale toimele soodustavalt.

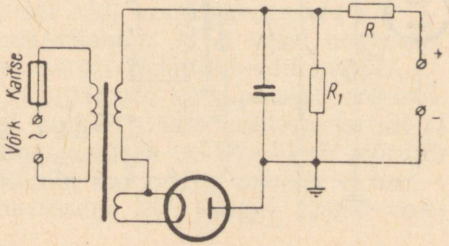
T.: Ei, tal on teine ülesanne. See takisti, mille takistus on 50 . . . 100 kilo-oomi, peab voolu piiramise teel kaitsma alalduslampi ja trafot kõrgepingeahela ootamatu lühistumise juhul.

H.: Milleks on aga rööbiti kondensaatoriga *C* ühendatud takisti?

T.: Veelgi üks kaitsevahend, kuid seekord selleks, et kaitsta tehnikut. See suure takistusega (umbes 20 megaoomi) takisti on kõrgepingelise kondensaatori *C* tühjendamiseks pärast vastuvõtja




Joonis 117. Ühe anoodiga alalduslambiga alaldi skeem.



väljalülitamist. Kuival aastaajal võib kondensaator tundide kaupa säilitada laengu. Sellise 0,25-mikrofaradise kondensaatori klemmide puudutamine, kui ta on laetud 12 000 voldini, võib põhjustada surma või paremal juhul tõsise šoki. Need remonditehnikud, kes nalja pärast annavad sulle kätte raadiovastuvõtja alaldist kuni 300 voldini laetud kondensaatori, teevad vea, lubades enesele selliseid rumalaid nalju. Kuid pinge, mis on sellest 40 korda kõrgem, ei tõota midagi head, usu minu isiklikke kogemusi ...

**H.**: Kuid tühjendamistakisti $R_1$ olemasolul ei ähvarda siin enam mingi oht.

**T.**: Üks hüva nõuanne, Huviste: ära iialgi puuduta sisselülitatud kõrgepingealaldit ja isegi pärast toite väljalülitamist ära usalda kaitsetakistit $R_1$, sest see võib olla ootamatult rikki läinud või lahti ühendunud. Alusta alati sellest, et lühista kondensaatori $C$ klemmid kruvikeeraja metallosaga, mida sa loomulikult hoiad isoleerivast käepidemest. Ja kui sa kuuled suure sädeme praginat, täna mõttes oma head sõpra Targastet, kuid samuti ... hoolitse uue kondensaatori saamise eest. Nimelt esineb juhtumeid, kus järsk tühjendamine rikub kõrgepingekondensaatori, kuigi ta pole nii õrn nagu inimese organism ...



**H.**: Tänan, Targaste, et sa hoiatasid mind televiisori sisemuses peituva surmaohu eest ...



### Rohked hädaohud kõrgepingealaldis

**T.**: On ka teisi ohtusid, mis ähvardavad tema enese detaile. Nii näiteks peavad alalduslamp ja kõrgepingetrafo taluma väga kõrgeid pingeid, mis panevad need tõsiselt proovile.

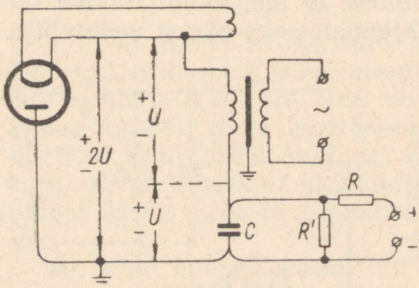
**H.**: Loomulikult, on ju pinge amplituud kõrgepingelisel sekundaarmähisel väga kõrge.

**T.**: Ütle parem: selle pinge kahekordne väärtus.

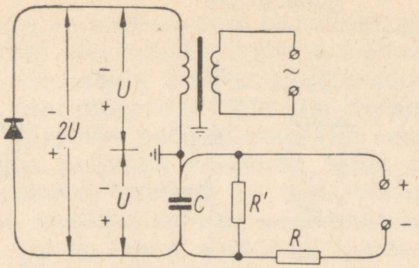
**H.**: Ma lakkan taas sind mõistmast. Miks kahekordne väärtus?

**T.**: Et see oleks sulle selgem, joonestan jällegi alaldi skeemi, kuid tavalisest pisut erinevana (joonis 118).

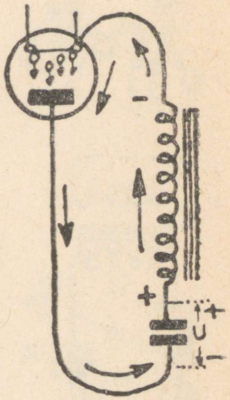





Joonis 118. Joonisel 117 esitatuga analoogiline skeem, mis selgitab vastupinge kahekordistumise protsessi.




Joonis 119. Pooljuhtdioodiga alaldi, mis võimaldab kahekordselt vähendada pinget trafo mähise ja südamiku vahel.




**H.**: Selliselt joonestatud skeem meenutab mulle pisut laotusseadiste skeeme: vasakul on näha laadimisahel, kus sekundaarmähise vahelduvpinge tekitab voolu, mis pärast alalduslambi abil ühesuunaliseks muutmist laeb kondensaatori *C*; viimane tühjeneb seejärel paremal paikneva ahela kaudu.

**T.**: Selline arutelu on võrdlemisi huvitav ja võib sind ilmselt abistada filtreerimise mehhanismi mõistmisel. Kuid praegu tahaksin valgustada mõningaid teisi nähtusi. Kasutaksime selleks oma tavalist meetodit.

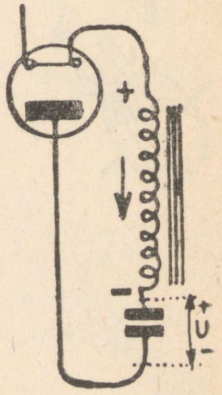
**H.**: Sa tahad vaadelda kummalgi poolperioodil tekkivaid olukordi eraldi? See pole kuigi raske. Võtame esmalt selle poolperioodi, mille vältel vool läbib alalduslampi. Elektronid liiguvad siis sekundaarmähises selle ülemise otsa suunas, s. o. sekundaarmähise ülemine ots muutub alumise otsa suhtes negatiivseks.




**T.**: Suurepärane, Huviste. Võib arvata, et sa taipad juba, kuidas kavatsen arutelu jätkata.

**H.**: Tõtt öelda — ei taipa. Kuid näen, et elektronid siirduvad alalduslambi katoodilt anoodile takistamata ja laevad kondensaatori selle pinge amplituudväärtuseni *U*, mida annab sekundaarmähis, kusjuures alumise plaadi potentsiaal on ülemise suhtes negatiivne.

**T.**: Vaata nüüd, mis toimub järgmise poolperioodi vältel; kujuta ka see olukord skeemil.

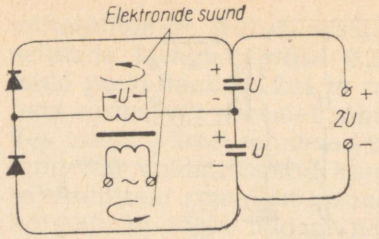



**H.**: Minu arvates ei toimu siin midagi, sest nüüd on pinge polaarsus sekundaarmähise otstel vastupidine. Selle ülemine ots on alumise suhtes positiivne ning tekkiv pinge võrdne *U*. Elektronid ei saa anoodilt katoodile siirduda. Järelikult puudub ahelas vool.

**T.**: Ilmselt. Kuid mis toimub sel ajal kondensaatoriga *C*?

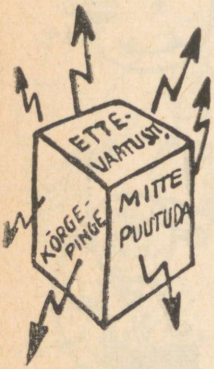
**H.**: Ta tühjeneb läbi tühjendamisahela, kuid väga aeglaselt. Praktiliselt säilitab pinge kondensaatori plaatidel väärtuse *U*.

**T.**: Noh, mis siis ikka, vaata, kuidas see kõik paistab skeemil. Sul on kaks järjestikku toimivat pinget: pinge kondensaatoril *U* ja pinge kõrgepingelisel sekundaarmähisel *U*. Järelikult võrdub maksimaalne vastupinge alalduslambi katoodi ja anoodi vahel — seda nimetatakse niiviisi — väärtusega *2U*. Pingel 12 000 volti



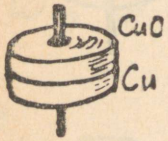

Joonis 120. Pinge kahekordisti skeem, mis on talitluspõhimõtte selgitamiseks joonestatud pisut ebatavaliselt.

vastab sellele alalduslambi poolt tõkestatavate poolperioodide ajal maksimaalväärtus 24 000 volti. Selleks et alalduslambis ei tekiks sädemeid või isegi kaarlahendust, tuleb kasutada spetsiaalset lampi, mis talub elektroodide vahel selliseid pingeid. Lisaks sellele on nii montaažis kui ka trafos vajalik spetsiaalne isolatsioon. Sa võid näha, et vastupinge rakendub küttemähise ja trafo šassiiga ühendatud südamiku vahele.




**H.**: Üldiselt on meie seadis nii inimestele kui ka lülitusdetailidele võrdselt ohtlik. Kuidas toimida?

**T.**: Olukorda saab mõnevõrra parandada, kui kasutada pooljuhtalaldeid (seleen- või germaaniumdioode). Kuna nendes küttenii puudub, võib kasutada skeemi, mille ma jällegi esitan mitte täiesti tavalisel viisil (joonis 119). Alaldusdioodi ehk ventiili kujutatakse skeemis noolena, mille teravik näitab kokkuleppelise voolusuuna kohaselt dioodi juhtivat suunda. (Elektronide liikumine ahelas võib seega toimuda ainult vastu noolt.) Ka selles skeemis peab alalduselement taluma vastassuunalist tipp-pinget $2U$. Kuid maksimaalne pinge trafo sekundaarmähise ja südamiku vahel ei ületa väärtust $U$.





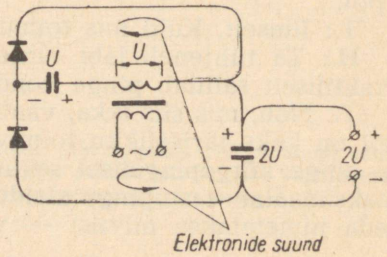


**H.**: Kõik see pole kaugeltki rahustav. Kui kõneleme nii kõrgetest pingetest, peavad isoleerimise küsimused põhjustama väga suurt peamurdmist!

**T.**: Siis tuleb eelistada pingekordisteid.

**H.**: Mis need küll on? Nendest pole sa mulle veel kunagi kõnelnud.

**T.**: Pinge kahekordisti talitluspõhimõtet pole raske mõista (joonis 120). Jätan sulle võimaluse aruteluks, nagu tavaliselt, meie meetodi järgi.




Joonis 121. Pinge kahekordisti skeem, mis koosneb samadest, kuid pisut erinevalt ühendatud elementidest kui skeem joonisel 120.

**H.**: Tänan mulle osutatud suure au eest! Arvan, et näiteks esimese poolperioodi vältel surutakse elektronid sekundaarmähises vasakult paremale. Nad võivad siis läbida ülemist alaldusdioodi ja laevad ülemise kondensaatori kuni pingeni $U$, kuid läbi alumise alaldusdioodi nad ei saa minna. Järgmise poolperioodi ajal surutakse elektronid sekundaarmähises paremalt vasakule. Nüüd on nendele tee läbi ülemise alaldusdioodi suletud ja nad võivad minna läbi alumise alaldusdioodi, laadides alumise kondensaatori pingeni $U$. Oi, ausõna, Targaste, sul on õigus! Kummagi kondensaatori pinged liituvad ja väljundis saadaksegi pinge $2U$. See on tõepoolest geniaalne!

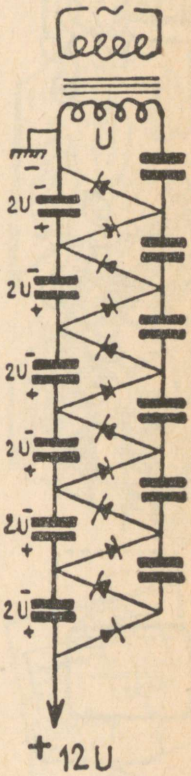
**T.**: Võib kasutada sellest pisut erinevat skeemi (joonis 121), kus esimese poolperioodi ajal vool läbib ülemist alaldusdioodi ja laeb kuni pingeni $U$ sekundaarmähisega järjestikku ühendatud kondensaatori. Järgmise poolperioodi ajal lisandub selle kondensaatori pinge sekundaarmähise pingele, nii et väljundis paikneb kondensaator laadub alumise alaldusdioodi kaudu pingeni $2U$ volti.

**H.**: Kõik see sarnaneb otsekui mingi nõidusega.

**T.**: Kaasaegsetes aatomite lõhustamise seadmetes, mille nimed lõpevad liitega «-tron», saadakse pingeks miljonid voldid, kui ühendatakse kaskaadiks rida pingekordisteid.

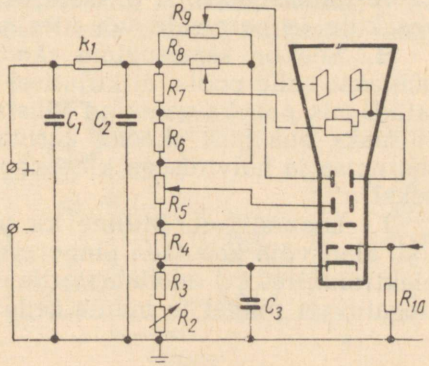
**H.**: Ma olen küllalt kuulnud nendest igasorti tsüklotronidest ja beetatronidest. Kuid pöörduksime ehk siiski oma tagasihoidlike kineskoopide juurde, mille auahnust ei mõõdeta megavoltides, vaid lihtsates kilovoltides.



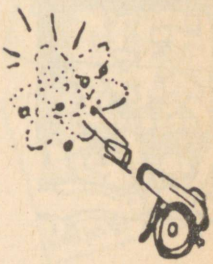



## Rohkesti takisteid

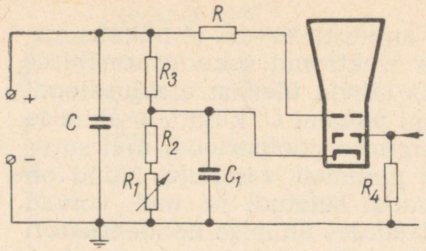
**T.**: Trafost ja alaldusdioodist koosneva klassikalise skeemi uurimise lõpetamiseks tuleb märkida, et ta pole kaugeltki ohutu ja seda tavaliselt enam ei kasutata, vähemalt mitte nendel juhtu-




Joonis 122. Elektrostaatilise fokuseerimise ja hälvitamisega elektronkiiretoru toitmise skeem.

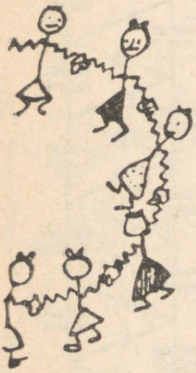




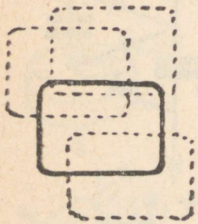




Joonis 123. Pingejaguri skeem, millega saab katoodile anda reguleeritavat positiivset pinget.

del, kui tegemist on väga kõrgepingeliste kineskoopidega. Kuid selle eest on ta täiesti sobiv elektrostaatilise fokuseerimise ja hälvitamisega elektronkiiretorude toitmiseks. Nii näiteks (joonis 122) esitan sellise toiteseadise skeemi, kus alaldatud ja filtreerimisahelaga ($C_1$, $R_1$, $C_2$) silutud kõrgepingest saadakse kõik tarvilikud pinged pingejaguri abil.



**H.**: Jah, näen katoodi, millele antakse reguleeritava takisti $R_2$ abil šassii suhtes positiivne potentsiaal. See takisti on ühendatud järjestikku püsitakistiga $R_3$. Elektronkiiretoru tüürelektroodil on tänu äravoolutakistile $R_{10}$ šassii potentsiaal ja ta on seetõttu anoodi suhtes negatiivne. Takisti $R_2$ toimib kujutise keskmise heleduse regulaatorina. Kolme anoodi järjekorras suurenevad potentsiaalid võetakse järjestiktakistite ahelast $R_4 \ldots R_7$; potentsiomeetri $R_5$ abil saab muuta teise anoodi potentsiaali, et reguleerida valgustäpi fokuseerimist ekraanil. Kuid ma ei taipa ikkagi, milleks on potentsiomeetrid $R_8$ ja $R_9$.



**T.**: Nende potentsiomeetrite liugkontaktid on sama potentsiaaliga nagu kineskoobi kolmas anoodki (sest $R_6 = R_7$). Potentsiomeetrite abil saab hälvitusplaatide keskmist potentsiaali muuta viimase anoodi pingest pisut madalamaks või pisut kõrgemaks (kummastki plaadipaarist ühe plaadi potentsiaali muudetakse, samal ajal kui teine plaat on ühendatud kolmanda anoodiga). Niiviisi saab reguleerida valgustäpi keskasendit nii horisontaal- kui ka vertikaalsuunas, s. o. tsentreerida kujutist selle nihutamisega vasakule ja paremale või üles ja alla.



**H.**: See on samasugune «kadreerimine» nagu kinoski, kus püütakse selle poole, et kujutisel poleks objektid rumalasti poolitatud, mis paneks vaatajad vilistama ... Kuid ütle, Targaste, kas ei saaks niisugust skeemi kasutada ka elektromagnetilise fokuseerimise ja hälvitusega kineskoopide modulaatori eelpingestamiseks?

**T.**: Loomulikult. Milline ka poleks kõrgepinge saamise meetod, alati võib kasutada pingejagurit (joonis 123), mis lubab anda elektronkiiretoru modulaatorile reguleeritavat katoodi suhtes negatiivset pinget ja muuta selle abil kujutise heledust.

## Vahelduvvoolu tootmine kohapeal

**H.**: Sa andsid mulle täiesti selgesti mõista, et lisaks klassikalisele kõrgepinge saamise skeemile, mis nähtavasti sulle absoluutselt ei meeldi, on olemas ka teised. On see nii?

**T.**: Loomulikult. Klassikalise skeemi põhiliseks puuduseks on alaldatud voolu liiga madal sagedus, mille tõttu tuleb kasutada suhteliselt suure mahtuvusega filterkondensaatoreid. Laeng, mis on veerandisse mikrofaradisse kogutud kümmekonna kilovoldi juures, võib osutuda surmavaks, nagu ma juba kõnelesin. Aga kui alaldada voolu, mille sagedus on näiteks 10 000 Hz, siis jätkub mahtuvusest, mis on 200 korda väiksem. Sellise kondensaatori laeng ei põhjusta enam erilist ohtu, eriti just siis, kui laadimisvool on piiratud.

**H.**: See näib ahvatlevamana. Kuid ma ei arva, et elektrijaamade insenerid suurendaksid lihtsalt sinu telefonikõne peale generaatori pöörlemiskiirust, et varustada sind 10 000-hertsise sagedusega.

**T.**: Ma ei jäta sulle selles osas mingeid illusioone. Nimelt hakkan iseenesele vahelduvvoolu valmistama.

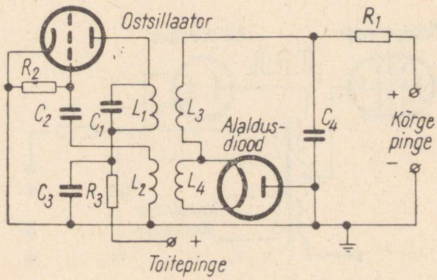
**H.**: Või nii! Televiisorisse tuleb paigutada väike vahelduvvoolumasin! . . .

**T.**: Jah, kuid rahustu, sest see vahelduvvoolumasin on elektrooniline. Tuleb lihtsalt kasutada generaatorlampi, mille tarvilikul sagedusel toimuvat võnkumist kasutatakse televiisori kineskoobi anoodahela toitmiseks. Pole oluline, milline on generaator — kas häälestatud võreahelaga või anoodahelaga, elektronsidestusega või muud tüüpi —, kasutada võib millist tahes. Tarvis on ainult, et tekiks vahelduvvool, mida juba saab alaldada samal viisil nagu klassikalise alaldi skeemi puhul.

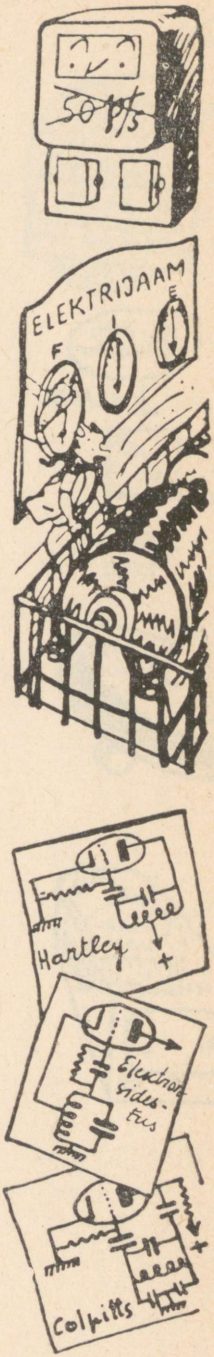
**H.**: Kuidas siis?

**T.**: Suure keerdude arvuga sekundaarmähise abil tõstetakse pinge tarviliku kõrguseni ja alaldatakse seejärel ühe anoodiga alalduslambis (joonis 124).

**H.**: Näen, et sa kuumutad alalduslambi kütteniiti samuti generaatori vooluga selleks spetsiaalselt ette nähtud väikesest mähisest.




Joonis 124. Kõrgepingealaldi skeem, milles kasutatakse kohalikku generaatorit ja alaldit koos silumisfiltriga.



T.: Noh, ja mis siis? See on elegantsem kui spetsiaalse sekundaarmähise kasutamine toitetrafol.

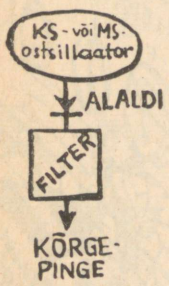
H.: Millisele sagedusele tuleb generaator häälestada?

T.: Võib kasutada madalaid sagedusi, lähtudes 500 hertsist kuni kõrgeteni, näiteks 250 000 hertsini. Esimesel juhul peab trafo olema raudsüdamikuga, kuid kõrgsagedusgeneraatoris võib sellest loobuda, mis muidugi lihtsustab isoleerimist.

H.: Kas siingi kohtume selle probleemiga?

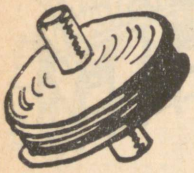
T.: Ja kuidas veel! Muide, selleks et vältida mähise naaberkihtide vahel liiga suure pinge tekkimist, eelistatakse sageli mähkida pool lapiku kettana, millel on palju kihte, kuid igas kihis vähe keerde.

H.: Pean tunnistama, et tarviliku voolu tootmine kohapeal näib mulle üsnagi teravmeelse mõttena.



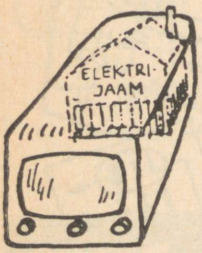

### Pahe muutub vooruseks

T.: Loomulikult, kuigi elektronostsillaatori energeetiline kasutegur pole eriti kõrge. Kuid lõppude lõpuks saab toime tulla ka selleta. Tõepoolest, milleks valmistada veel üks selline väike vahelduvvoolugeneraator, kui ta on juba televiisori sisemuses olemas.



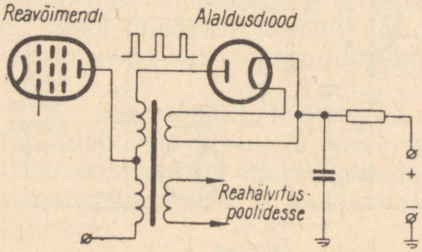
H.: Täna oled sa nähtavasti otsustanud kõnelda mõistatuste keeles, et minu uudishimu kõige kõrgemale tasemele kruvida. Egas sa ometi ei viita sagedusmuunduri ostsillaatorile?

T.: Ei, mu armas, kuigi põhimõtteliselt võiks ka seda vahelduvvoolu allikana kasutada, kui valmistada ostsillaator küllalt võimsana. Seekord mõtlesin sootuks millestki muust. Meenuta ülepingeid, mis tekivad elektronkiire tagasiliikumise vältel horisontaalhälvituspoole realaotusgeneraatoriga sidestava väljundtrafo primaarmähises.




H.: Jah, tõepoolest. Kirjeldatud ülepingeid realaotusgeneraatori pentoodi anoodahelasse ühendatud trafo primaarmähises põhjustab pinge saehamba langus. Mulle meenub, kuidas sa kõnelesid, et pahe võib muutuda vooruseks, kui kasutada neid ülepingeid kõrgepinge allikana.

T.: Tohoh! Sinu mälu vaimustab mind üha enam. Näed, et meie




Joonis 125. Reahälvituse tagasiliikumisel tekkivate kõrgepingeimpulsside alaldamise skeem.

käsutuses on kõrgepingelised impulsid, mis ilmuvad realaotuse sagedusega. Vajaduse korral võime veelgi suurendada nende impulsside pinget lisamähise abil, mis moodustab pinget tõstva autotrafo (joonis 125).




**H.**: Nüüd ma näen, et jääb veel üle see pinge tavalisel viisil alaldada. Ja siingi kuumutad alalduslambi kütteniiti samal trafol asetsevast mähisest.

**T.**: Pööran su tähelepanu, Huviste, sellise kõrgepingeallika täiendavale voorusele. See on kõikidest täiuslikum ja on leidnud kaasaegsetes televiisorites kõige laiemat kasutamist. Kui laotusseadis peaks mingil põhjusel rikki minema, võib paigalpüsiv valgustäpp selles punktis rikkuda ekraani, põletades luminestseerivasse kihti augu. Kuid juhul, kui kõrgepinget saadakse realaotuse tagasiliikumise ülepinge arvel, kaob kineskoobi anoodpinge laotusseadise riknemisel ja järelikult kustub siis ka helendav täpp ekraanil.

**H.**: Tähendab, niisuguse süsteemi puhul ei jäta me kineskoopi saatuse hooleks. See on lõpuks ometi üks rahustav sõna pärast neid kõiki ohtusid, millest sa täna kõnelesid ... Palju tänu!

# 17.

## VESTLUS

Vastuvõtuantenni probleem, millele ringhäälinguvastuvõtul ei pöörata erilist tähelepanu, on televisioonis suure tähtsusega. Koguda võimalikult rohkem kõrgsagedusenergiat terves läbilaskeribas nii, et häired ja mitmesugustelt tõketelt peegeldunud lained ei segaks — selline on vastuvõtuantenni ülesanne.

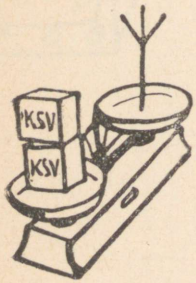
Milline peaks olema hea antenn? Sellele küsimusele vastamiseks vaatlevad Targaste ja Huviste järk-järgult järgmisi küsimusi:

**meeterlainete levimine, poollaineantenn, läbilaskeriba probleem, elektromagnetilise välja polarisatsioon, voolu intensiivsuse jagunemine, vibraator ja toiteliin, peegeldumine, takistuste sobitamine, lainetakistus, toiteliini ühendamine, erinevad antennitüübid, silmusantenni iseärasused, kõrvalkujutised, suundantennid, peegeldi toime, suunaja, passiivsete elementide mõõtmed.**










### LÕKS LAINETE JAOKS

#### Vaimutoit

**Huviste**: Nüüd, kui juba tean, kuidas tuleb televiisorit toita kütte-, anood- ja kõrgepingega . . .

**Targaste**: Kas arvad, et sellest on küllalt? Kas sa, kulla sõber, suudaksid rahulduda ainuüksi materiaalse toiduga?

**H.**: Tõtt öelda, ma ei taipa, millist vaimutoitu televiisor veel vajab.

**T.**: Sa lihtsalt unustasid. Puudub see, mis lõppkokkuvõttes peab ekraani elustama. Nimelt kandesagedusel üle kantud televisioonisignaal.

**H.**: Ilmselt. Kuid see toiduliik häirib mind kõige vähem. Nii nagu raadiovastuvõtja juures, võtan siingi kasutusele traadijupi, mida uhkeldavalt nimetatakse antenniks.

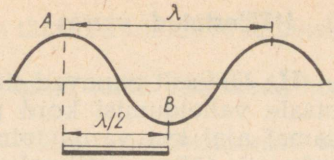
**T.**: Mina aga pole selles hoopiski veendunud, et lihtsast traadijupist piisab. Ainult ehk sel juhul, kui vastuvõtja paikneb saatja vahetus naabruses, kus elektromagnetiline väli on väga intensiivne. Üldjuhul osutub sinu traadijupp siiski väga viletsaks antenniks.

**H.**: Mina küll ei näe siin raadioga võrreldes mingit erinevust.

**T.**: Ära unusta, et televisioonis kasutame meeterlaineid, mis juba põhimõtteliselt ei levi eriti kaugele; täiesti usaldatavalt saab neid vastu võtta ainult nähtava horisondi ulatuses. Elektrit juhtivast materjalist tõkked takistavad või nõrgendavad neid levimisel tublisti, sest nendel lainetel pole sirgjoonelise iseloomu tõttu pikematele lainetele omast paindlikkust, mis lubaks ka tõketest mööduda. Selles ongi detsimeeterlainete kasutamise raskus.

**H.**: Siit järeldub, et televisiooniantennidesse tuleb suhtuda väga hoolikalt.

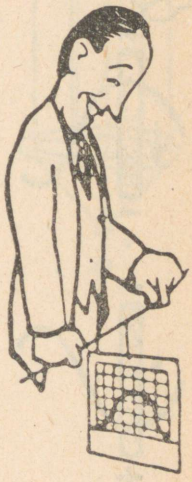
**T.**: Jah, Huviste, televisioonis on antenn erakordselt tähtis vastuvõtuseadme detail. Kui ta on hästi ehitatud, siis saab edukalt




Joonis 126. Potentsiaalide vahe punktide *A* ja *B* vahel, mis asetsevad teineteisest poole lainepikkuse kaugusel, on maksimaalne. Varras pikkusega $\lambda/2$ on poollaineantenn, -vibraator ehk dipool.

säästa ühe, isegi kaks kõrgsagedus- või vahesagedusvõimendusastet. Seepärast ongi tarvis, et me tegeleksime tõsiselt antennide tundmaõppimisega... Samal ajal kui raadiotehnikas on antenni pikkus tunduvalt väiksem vastuvõetava laine pikkusest, on televisioonis need pikkused enam-vähem võrdsed. Tänu sellele saab antenni vastuvõetavale sagedusele häälestada.

**H.**: Ega sa ei hakka kinnitama, Targaste, et kahe korstna vahele pingutatud traat osutub võnkeringiks, millel on oma häälestussagedus ja resonantsikõver?!



**T.**: Kahtlemata hakkan. Kõigele lisaks on veel tarvis, et resonantsikõver oleks küllalt lai mitte ainult terve videomodulatsiooni sagedusriba läbilaskmiseks, vaid ka helisaate jaoks, mida kantakse üle naaberlainepikkusel. Kujutist ja heli tuleb nimelt vastu võtta ühe ja sama antenniga.

**H.**: Võib arvata, et kõikidele nendele nõuetele vastavad antennid on küllaltki keerukad. Need peavad olema varustatud häälestuskondensaatoritega ja läbilaskeriba avardavate summutustakistitega.

**T.**: Mitte midagi sellesarnast, Huviste! Tõde on tunduvalt lihtsam. Sa avastad selle, kui arutled loogiliselt. Kas tead, mis on raadiolaine?

**H.**: See koosneb elektromagnetilistest väljadest, mida tekitab saateantennis võnkuv kõrgsagedusvool. Need väljad tõttavad jalutuskäigule, eemaldudes antennist tohutu kiirusega — 300 000 km sekundis.

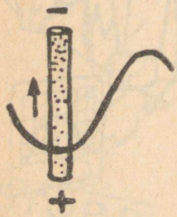
**T.**: Sinu määratlus on õige olemuselt, kuigi mitte terminoloogia seisukohalt. Sa tead, et need lained tekitavad pinge kõikides elektrijuhtides, mida nad oma teel kohtavad. Kas võid mulle öelda, milline on minimaalne kaugus kahe sellise punkti vahel ruumis, kus laine tekitab juhtmes kõige suurema potentsiaalide vahe?

**H.**: Selle kindlakstegemiseks piisab, kui ettekujutuses näha välja mingil teataval hetkel tardunud siinusjoonena: maksimaalne potentsiaalide erinevus valitseb võnkumise positiivse ja negatiivse poolperioodi tippude ehk amplituudide vahel ning need tipud on teineteisest poole lainepikkuse kaugusel (joonis 126).

**T.**: Ja kui võtta metallvarras, mille pikkus võrdub poolega lainepikkusest, siis saame tema otste vahel maksimaalse pinge. Selline varras osutub p o o l l a i n e a n t e n n i k s.







**H.**: Üldiselt annavad sinu vardast mööduvad lained selle ühele otsale vaheldumisi kord positiivse, kord negatiivse potentsiaali, samal ajal kui varda teine ots muutub vastavalt kord negatiivseks, siis jälle positiivseks. Niiviisi liiguvad ühe poolperioodi vältel elektronid varda ühest otsast teise ning seejärel tulevad järgmisel poolperioodil taas vastupidises suunas tagasi.

**T.**: Ja tähelda veel, et aeg, mille jooksul vool läheb selle poollaineantenni ühest otsast teise, võrdub täpselt laine poolperioodiga, sest voolu levimise kiirus võrdub raadiolaine levimise kiirusega.

**H.**: Kui ma õigesti taipasin, siis toimub elektronide võnkumine piki varrast loomulikult selle laine taktis, mis põhjustab voolu. Just seepärast ütlesidki, et televisioonis kasutame häälestatud antenne.

**T.**: Seda terminit kasutasin just selles tähenduses. Kui mingi algimpulss häiriks elektronide ühtlast jagunemist piki varrast, siis võnguksid nad iseenese hooleks jäetuna selle sagedusega . . . Tõsi, mu arutelu on pisut kuiva teadusliku maiguga, sest ta kehtib teoreetiliselt ainult tühjusse, teistest elektrijuhtidest eemale riputatud väga peenikese varda puhul. Tegelikult lisanduvad tugikonstruktsiooni, katuse ja maapinna naabruse tõttu mahtuvused, mis suurendavad varda omavõnkeperioodi. Selleks et antenni häälestada täpselt vastuvõetavale lainele, tuleb varrast pisut lühendada. Keskmiselt peab tema pikkus olema 6% väiksem poolest lainepikkusest.

**H.**: Tähendab, kui tahan võtta vastu lainet pikkusega 6,03 m, mis vastab sagedusele 49,75 MHz, siis tuleb kasutada varrast, mille pikkus on 6% vähem kui 3,015 meetrit, s. o. umbes 2,83 m.

**T.**: See pole täiesti täpne, sest lisaks kujutisele tuleb sama antenniga võtta vastu ka heli, mida kantakse üle sagedusel 56,25 MHz, s. o. lainel pikkusega 5,34 m. Seepärast tuleb varda pikkus valida veelgi väiksem, umbes 2,75 m.

**H.**: Kuid siis tuleb tagada küllalt lai läbilaskeriba. Millest see sõltub?

**T.**: Varda läbimõõdust, ehk täpsemini — tema pikkuse ja läbimõõdu suhtest. Küllaldase ribalaiuse saamiseks ei tohiks varda läbimõõt olla liiga väike. Praktikas valmistatakse televisiooniantennid umbes 1 . . . 2-cm läbimõõduga torust, sest seest täis vardaid pole mõtet kasutada.

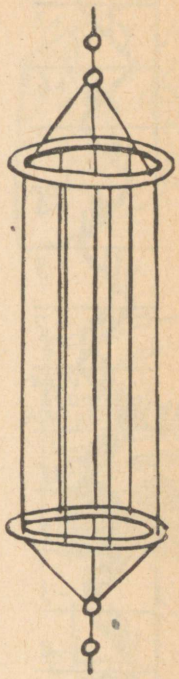
**H.**: Mulle meenub, et kõrgsagedusvoolud levivad ainult mööda elektrijuhi pinda. Sa nimetasid seda pinnanähtuseks. Huvitav, kas ei saaks valmistada antenni paljudest rööpsetest traatidest, mis moodustavad midagi silindri taolist?

**T.**: Selliseidki antenne kasutatakse edukalt. Pinguta kümmekond traati 10-sentimeetrise läbimõõduga rõngastele ja sa saad

suurepärase poollaineantenni, millel on täiesti küllaldane läbilaskeriba.

**H.**: Teine küsimus. Kas sellised antennid tuleb paigutada horisontaalselt või vertikaalselt?

**T.**: See oleneb elektromagnetilise välja orientatsioonist ehk nagu kõneldakse, selle polarisatsioonist. Vertikaalne saateantenn kiirgab vertikaalselt polariseeritud lainet. Seda tuleb ja saab vastu võtta ainult vertikaalsete antennidega. Selliseid antenne kasutavad meeterlainete astmikus töötavad 405-realised Inglise saatjad. Kõikides ülejäänud maades, välja arvatud mõned vanad Prantsuse saatjad ja üksikud mägirajoonides paiknevad saatjad, kasutatakse horisontaalset polarisatsiooni.



**H.**: Kui ma õigesti mõistsin, peavad sellel juhul nii saatjate kui ka vastuvõtjate antennid paiknema horisontaalselt?

**T.**: Loomulikult. Kuid laine levimine on küllaltki kapriisne nähtus ja polarisatsioonitasand võib teel muutuda. Seepärast õnnestub mõnikord saate nähtavust parendada, kui vastuvõtuantenni pisut kallutada.

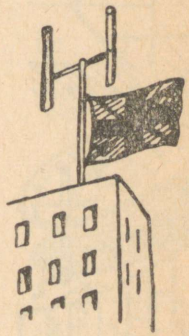
### Aatomiajastu maja

**H.**: Mulle näib, et sisestusliin, mis juhib antennivoolu vastuvõtjasse, tuleb ühendada varda otsaga.

**T.**: Kas sa tõepoolest mõtled täiesti tõsiselt, et selles punktis võiks esineda vool?

**H.**: Ilmselt! On ju antennivarda otste vahel potentsiaalide erinevus suurim.

**T.**: Jah, kuid kas oled kunagi tähelepanu pööranud sellele, kus on sinu maja trepikojas vaip kõige rohkem kulunud?

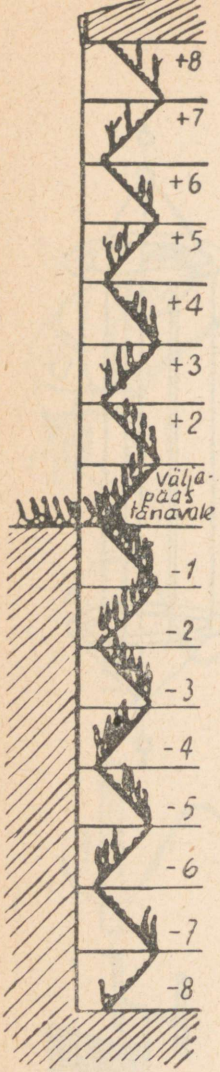


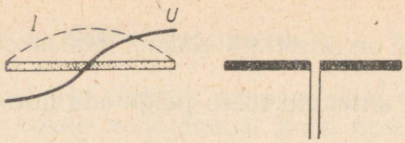
**H.**: Milleks taas selline mõttetu küsimus?

**T.**: Tahan sulle näitlikult kujutada pinge ja voolu jagunemist vardas. Kujuta enesele ette erilist maja, mis on ehitatud aatomisõdasid ette nähes ja millel on kaheksa maapealset ja kaheksa maa-alust korrust. Kõigil 16 korrusel eluneb üürilisi enam-vähem võrdselt. Kas sa arvad, et vaip trepil kulub täiesti ühtlaselt tema kogu pikkuses?

**H.**: Ei. Viimastel korrustel kasutavad treppi ainult need, kes ise seal elavad: need, kes armastavad viibida kõrgel taeva all, ja need, kes kardavad pommitamist. Vaiba sellel osal, mis asetseb esimesel korrusel maapinna kõrgusel välisukse juures, käivad kõik elanikud, nii päevavalguse armastajad kui ka troglodüüdid, kes kasutavad üksnes elektrivalgustust. Selles kohas on vaip märgatavalt rohkem kulunud.

**T.**: Aga kas sa ei märka sarnasust meie aatomiajastu maja elanike ja antennivarda elektronide vahel?




Joonis 127. Vool *I* on maksimaalne poollainevibraatori keskel, kuid potentsiaalide vahe *U* on maksimaalne tema otste vahel. Maksimaalse voolu saamiseks lõigatakse varras keskelt pooleks ja ühendatakse selle kohaga kahejuhtmeline sisestuskaabel.

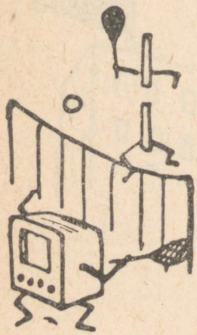
**H.**: Mõistsin! Varda otstes liiguvad ainult need vähesed elektronid, mis seal «elunevad». Kuid varda keskpunktile lähenemisel suureneb vastavalt ka voolu moodustavate elektronide hulk; nendele lisanduvad kõik varda vahepealsete osade elektronid. Keskel on vool kõige intensiivsem, seal tungleb terve elektronide rahvamurd (joonis 127).

**T.**: Näed, minu «mõttetu küsimus» hõlbustas tunduvalt selle olulise nähtuse selgitamist. Nüüd, kui sa tead, kus on vool kõige intensiivsem, mõistad ka, et teda tuleb vastuvõtjasse suunamiseks välja juhtida just antennivarda keskelt.

**H.**: Kuid, kallis Targaste, kuidas sa mõtled seda teha? Antennis võnkuva voolu kasutamiseks tuleb ometi vastuvõtja sisendahel mingil viisil ühendada varda keskpunktiga. See on aga võimatu!

**T.**: Miks võimatu? Poolita varras keskelt ja juhi vool televiisori sisendahelasse kahe rööbitise juhtme abil. Siis saad klassikalise ja kõige levinuma televisiooniantenni: poollaineantenni ehk -vibraatori, mis moodustub kahest veerandlaine pikkusest vardast. Tõsi, vardad on tegelikult 6% lühemad kui veerand lainepikkust. Varraste sisemiste otste vahekaugus peab olema paar sentimeetrit ja nad kinnitatakse isolaatorite abil kandemasti külge. Sageli nimetatakse seda antenni ka dipooliks.

### Mõtteid peegeldumisest



**H.**: Selliseid antenne olen peaaegu et igal katusel küllalt näinud. Ka olen märganud, et sisestuskaabel lähtub tõepoolest antenni keskosast.

**T.**: Õige. Sisestusjuhtmete (toiteliini ehk fiidri) ülesanne on erakordselt oluline. Tuleb hoolitseda, et sisestusliin annaks antennist saadava energia parimal viisil edasi vastuvõtjasse. Nii kõrgetel sagedustel, mida televisioonis kasutame, pole see küsimus lihtne. Eriti tuleb püüda vältida energia peegeldumist.

**H.**: Mida sa selle all mõtled?

**T.**: Kui toiteliin on ühelt poolt antenniga ja teiselt poolt vastuvõtja sisendahelaga halvasti sobitatud, siis võib antenni dipooli tabanud laine kõrgsagedusenergia kanduda sisendahelasse ainult osaliselt. Ülejäänud osa peegeldub toiteliinis antenni suunas

tagasi, see aga omakorda peegeldab seda osaliselt taas vastuvõtja suunas jne.

**H.**: Kokku võttes saame kehva saate, mis saabub kohale mitmes osas, selle asemel et ta toimuks üheaegselt. Kuidas see nähtus praktiliselt avaldub?

**T.**: Ekraanil tekib mitmekordne kujutis. Lisaks põhilisele kujutisele, mida reprodutseeritakse esimesena kõige tugevama signaalienergia abil, ilmuvad järjestikusel energia peegeldumisel uued kujutised, mis on nõrgemad ja esimese suhtes pisut paremale nihutatud. Nihe tekib sellest, et küllalt lühikese ajaintervalli jooksul jõuab elektrontäpp rida mööda ainult pisut edasi liikuda. Tavaliselt nimetatakse selliseid nihutatud kujutisi peegeldunud kujutisteks ehk kõrvalkujutisteks.



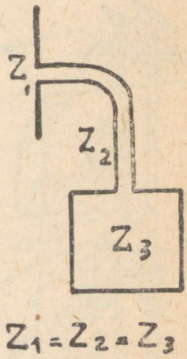
**H.**: Vastu enese tahtmist olen minagi selliseid kujutisi-peegeldusi saanud, kui tegelesin fotograafiaga. Tarvitseb vaid kopeersuurendamisel säritamise ajal pisut-pisut nihutada paberit suurendusaparaadi all, kui ongi käes analoogiline resultaat.




**T.**: Vaatamata sellele et nähtus on huvitav, tuleb teda siiski iga hinna eest vältida. Selleks peab ühelt poolt toiteliini lainetakistus võrduma antenni näivtakistusega selle keskpunktis ja teiselt poolt vastuvõtja sisendi näivtakistusega.

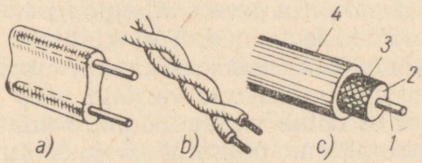
**H.**: Vannun elektroodi nimel! Mida need siis endast kujutavad, kõik need näivtakistused?

**T.**: Ma võiksin vastata sulle väga elegantse kõrvalepõikega, öeldes, et kooskõlas elektrotehnika kõrgeima seadusega — Ohmi seadusega — on kummalgi juhul tegemist pinge ja voolu suhtega. See ei selgitaks sulle nimetatud küsimust kuigivõrd. Nii ongi parem öelda, et igal antennil on takistus, mahtuvus ja induktiivsus ning vastavalt sellele ka teatav näivtakistus. Poollainevibraatori näivtakistus keskpunktis on umbes 72 oomi. Sisestusliinil on samuti takistus, mahtuvus ja induktiivsus, mis on hajutatud tema tervele pikkusele. Resulteerivat näivtakistust nimetataksegi lainetakistuseks. Ja lõpuks on ka vastuvõtja sisendahelal, nagu mainisin, teatav näivtakistus.

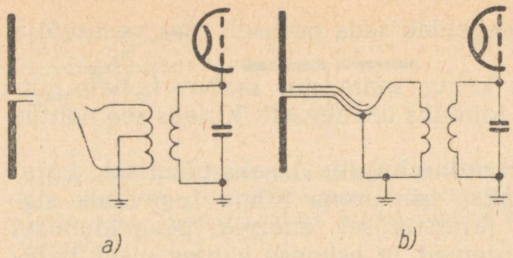



**H.**: Kui ma sind õigesti mõistsin, siis selleks, et kõik läheks hästi ja antennist saaks energiat peegeldumiseta vastuvõtjasse



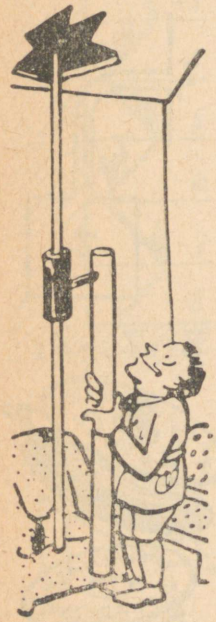

Joonis 128. Antenni sisestuskaablite tüüpe: *a* — sümmeetriline kahejuhtmeline kaabel, mis on isoleeritud polüetüleenlindiga; *b* — kokkukeerutatud juhtmed; *c* — koaksiaalkaabel (*1* — keskjuhe, *2* — dielektrik, *3* — metallvarje, *4* — kaitsev isoleerkiht).




Joonis 129. Antenni sidestamine televiisoriga: *a* — sümmeetrilise kaabli puhul; *b* — mittesümmeetrilise koaksiaalkaabli puhul.

juhtida, piisab, kui toiteliini lainetakistus ja vastuvõtja sisendi näivtakistus võrduksid 72 oomiga.

**T.**: Sa ei eksi. Toiteliinide ehitamiseks on olemas mitut tüüpi sobiva lainetakistusega kaableid (joonis 128): kahejuhtmelised liinid, mis koosnevad kahest polüetüleeni paigutatud rööpjuhtmest; kahejuhtmelised liinid, mida ümbritseb kaitsev metallkate (varje); kokkukeeratud juhtmed, mis sarnanevad elektriseadmete toitejuhtmetega; ning lõpuks koaksiaalkaablid, mis koosnevad sisemisest juhtmest ja sellest isoleeritud välisest metallvarjest, mis on veel kaetud kaitsva isoleerkestaga. Kõikide kahejuhtmeliste toiteliinide puhul kasutatakse sümmeetrilist sisendahelat, mille sisendtrafo primaarmähise keskväljavõte on ühendatud šassiiga. Koaksiaalkaabli kasutamisel ühendatakse tavaliselt šassiiga selle metallvarje ja vastavalt ka üks sisendmähise ots (joonis 129).



### Näivtakistuste küllus

**H.**: Kas antenn tuleb tingimata asetada katusele?

**T.**: Mitte alati. Soodsas olukorras, nimelt suhteliselt lähedal asetseva saatja puhul, võib piirduda toaantenniga.

**H.**: Kuid olenevalt lainepikkusest, millel saatja töötab, võib vibraator osutuda 2 . . . 3 meetri pikkuseks. Selline antenn ei seostu parimalgi tahtmisel ettekujutusega mingist hubasest elutoast.

**T.**: Vibraatorit saab tunduvalt lühendada, kui suurendada antenni induktiivsust vibraatori kummagi varda vahele ühendatud induktiivpooli abil (joonis 130). Kõik see kokku häälestatakse tarvilikule lainele. Tõsi küll, sel juhul osutub antenni efektiivsus mõnevõrra väiksemaks kui normaalse vibraatori puhul. Toaantenni vibraatori vardaid võib ka asetada V-kujuliselt nurgeti, siis ta võtab vähem ruumi. Mainiksin veel kahte väikesemõõtmelist antenni: pööratud T- ja V-kujulist antenni. Viimati nimetatut on väga mugav katuse alla pööningule asetada.

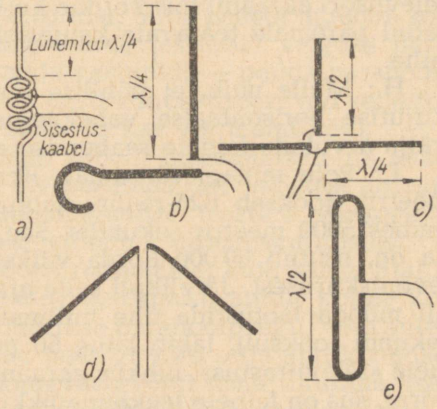
**H.**: Aga mis teha, kui vastuvõtja sisendtakistus on suurem kui 72 oomi? Kas võib siis kasutada sobitustrafot?

**T.**: Jah, nii tehaksegi mõnikord. Kuid on ka teisi antennitüüpe,

millel on suurem takistus. Näiteks kui ühendada poollainevibraatori otstega veel üks niisama pikk rööbitine varras, siis saadakse silmusantenn, mille takistus keskpunktis võrdub 300 oomiga. Silmusantenn on huvitav selle poolest, et tema takistust saab muuta vibraatori ja sellega rööbitise varda läbimõõtude suhte valiku teel.

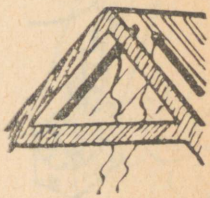
**H.**: Millegipärast kardan väga, et televiisori antennidega toimub sama mis nohuvastaste arstimitega. Juba nende rohtude loendamatu hulk tõestab, et ükski nendest pole radikaalne. Ega vist ka televisioonis pole ideaalseid antenne?

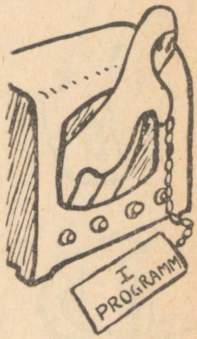
**T.**: Nagu teistelgi aladel, pole ideaal ka siin peaaegu kunagi saavutatav. Kuid need lihtsaimad antennid, mida sulle kirjeldasin, annavad tavaliselt hea vastuvõtu, muidugi siis, kui vastuvõtukohas on elektromagnetiline väli küllaldaselt intensiivne ja kui pole põhjust karta mitmekordsete kujutiste, omamoodi vaimude tekkimist.




Joonis 130. Veerandlainevibraatoriga antenne: *a* — täiendava induktiivsusega; *b* — L-antenn; *c* — pööratud T-antenn; *d* — pööratud V-antenn; *e* — silmusantenn.






## Lood vaimudest

**H.**: Kas siis televiisori ekraanil võib näha vaime nagu ajaloolistes lossides kummitusi? Jääb mulje, et sa vist kuritarvitad minu kergeusklikkust . . .

**T.**: Sellist kavatsust mul pole. Üleloomulike kummitustega siin tegemist ei ole, kõik nähtused leiavad hõlpsa seletuse, kui pisutki järele kaaluda . . . Sa ometi tead, et juhtivad kehad, mille mõõtmed on lainepikkusest mitu korda suuremad, on võimelised lainet peegeldama.

**H.**: Tean, on ju see raadiolokatsiooni põhimõte. Seal kasutatakse küllalt lühikesi laineid, et need peegelduksid ka sellistelt suhteliselt väikestelt objektidelt, nagu lennukid. Pikemad lained võivad peegelduda atmosfääri ioniseeritud kihtidelt, kuid mingi tühine lennuk ei saa enam nende jaoks olla peegliks.

**T.**: Järelikult sa mõistad, et televisioonis kasutatavad meeter-





lained võivad peegelduda paljudelt juhtivatelt pindadelt: metallsildadelt, plekk-katustelt, metallist vabrikukorstnatelt või isegi tavaliselt raudbetoonist ehitistelt. Tänu nendele peegeldumistele, mida on eriti rohkesti suurtes asustatud punktides, võtab televiisoriantenn vastu lisaks otse saatjast lähtuvatele lainetele ka neid, mis jõuavad pärale alles pärast peegeldumist (isegi pärast kaht peegeldumist). Et aga peegeldunud lainete teekond on pikem kui otsesel lainel...

**H.**: ...Luba minul see arutelu lõpetada; olen sellega juba kunagi varem kokku puutunud, kui vaatlesime vaibumisnähtust. Kuna need kaks teekonda pole võrdsed, siis pole saabuvad lained enam samas faasis. Kui nad jõuavad antenni vastandfaasis, siis on selle tulemuseks nõrgenemine. Kui lained saabuvad koosfaasis, siis nad tugevnevad vastastikku ja kõik on korras!

**T.**: Eksid, Huviste, isegi sel juhul ei oleks kõik korras. Nimelt ilmub otselaine ja peegeldunud laine saabumise ajalise nihke tõttu televiisori ekraanil teistkordne kujutis. See on esimese suhtes nihutatud paremale teatavale kaugusele, mille määrab lainete ajaline nihe.

**H.**: Mulle näib, et põhilise kujutise ja viirastuse, teistkordse kujutise horisontaalse vahekauguse mõõtmisega ekraanil saaks välja arvutada lainete saabumise ajalise erinevuse.

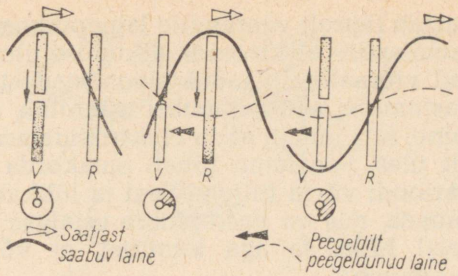
**T.**: Pole midagi lihtsamat. Ekraanil, mille laius on 30 sentimeetrit, jookseb 625-realise laotuse puhul valgustäpp kiirusega umbes 5000 meetrit sekundis. See kiirus, nii austusväärne kui ta ka on, osutub 60 000 korda väiksemaks elektromagnetilise laine levimiskiirusest. Järelikult selle aja jooksul, kui täpp liigub ekraanil mööda laotusrida ühe millimeetri (see aga toimub $^1/_{5\,000\,000}$ sekundi jooksul), läbib laine 60 meetrit. Kui teistkordne kujutis, meie «televiirastus», nihkus ekraanil põhikujutisest paremale 5 mm võrra, siis on lainete teekonnapikkuste erinevus 300 meetrit. Sageli annab selline lihtne arvutus võimaluse täiesti usaldatavalt määrata selle juhtiva-peegeldava pinna asukohta, mis põhjustab «televiirastusi».

**H.**: Kui see on aga mingi suur mahuti või metallist toru, siis ei jäägi muud üle, kui pean selle dünamiidiga õhku laskma.

**T.**: Kõrvalkujutise vältimiseks pole hoopiski tarvis abi otsida sellistest barbaarsetest vahenditest. Sageli jätkub suundantenni kasutamisest, et peegeldunud laine toimel ilmuvat korduvat kujutist tunduvalt nõrgendada või isegi täiesti likvideerida.

### Täht H katustel

**H.**: Teadsin, et laine levimise parendamiseks teatavas suunas kasutatakse saatjais suundantenne. Tean veel, et tänu peegeldile saab lühilainet koondada kitsasse vihku, sarnaselt tuletorni val-



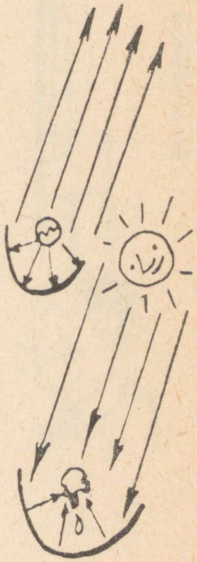

Joonis 131. Saatjast saabuva ja peegeldil peegeldunud laine asendid ja elektronide liikumine vibraatoris *V* ning reflektoris (peegeldis) *R* kolme järjestikuse hetke jaoks, mis erinevad üksteisest veerandperioodi võrra.

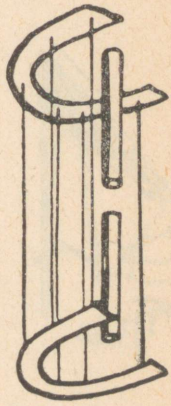
guskiirte vihuga, mis saadakse paraboolpeeglitega. Kuid ma ei teadnud, et televisiooni vastuvõtuantenn võib samuti olla suunatud ja võimeline võtma vastu eelistatult ettenähtud suunast saabuvaid laineid.

**T.**: Suur hulk füüsikanähtusi on pööratavad. Äsja sa kõnelesid paraboolpeegliga varustatud tuletornist, mille peegel muudab selle optilises fookuses asetseva valgusallika tekitatud valguse paralleelseteks kiirteks. Kui aga toimida vastupidi — püüda paraboolse nõguspeegli abil päikesekiiri, siis need kontsentreeruvad selle fookuses, kus tekkiv soojus võib sulatada kas või metallitüki.

**H.**: Tähendab, et suundantenn töötab samaväärselt nii saatel kui ka vastuvõtul. Jääb ainult üle kasutada üht sellistest antennidest, mis on varustatud paraboolpinnalise traatide võrguga — peegliga — ja me vabaneme peegeldunud viirastuskujutistest.

**T.**: Selline lahendus oleks tõesti radikaalne, kuid samal ajal ka küllaltki kulukas. Siiski, kasutades ühtekokku ainult kolme kuni viit juhet, mis moodustaksid silindrilise paraboolpeegli, võib antennile anda küllaldase suunatoime; pealegi võib selle abil koondada rohkem energiat, mis osutub kaugvastuvõtul üsna tulusaks. Isegi üksainus peegeldav traat toob võimenduse osas tunduvat tulu ja loob teatava suunatoime. See juhe — peegeldi — on vibraatorist pisut pikem ja paigutatakse selle taha umbes neljandiku lainepikkuse kaugusele.

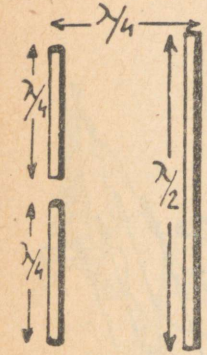




**H.**: Nüüd aga, Targaste, ei saa ma enam millestki aru. Võiks ju kuidagiviisi eeldada, et kolm peegeldavat juhet sarnanevad veel pisutki paraboolreflektoritega. Kuid üksainus! . . .

**T.**: Sa, Huviste, mõtle pisut. Püüa taibata, et peegeldi võtab samuti nagu dipool vastu laineid ja need tekitavad temas voolu. Vool omakorda tekitab laine, mis peegeldi vahetusse lähedusse paigutatud vibraatorisse sattudes muudab voolu selles tugevamaks.

**H.**: Võib-olla on sul isegi õigus. Kuid ma eelistan oma analüüsimismeetodit, mida kavatsen ka praegu kasutada. Eeldan, et mingil teataval hetkel sunnib vibraatorini jõudnud laine selles elektrone ülevalt alla liikuma. Seesama laine jõuab peegeldini veerand perioodi võrra hiljem, sest teda vibraatorist eraldav vahekaugus




vastab täpselt veerandile lainepikkusele. Siin põhjustab ta muidugi samalaadse elektronide liikumise ülevalt alla (joonisel 131 kujutatud vibraatoris). Induktsiooniseaduste kohaselt (mis teatavasti on vastumõju sünonüümiks) sünnitab selline elektronide liikumine laine, mis püüab anda elektronidele vastassuunalise liikumise, s. o. alt üles. See laine jõuab omakorda vibraatorini veelgi veerandperioodi võrra hiljem. Seal ta lükkab elektrone alt üles, järelikult suunas, mis on vastupidine esialgse laine poolt tekitatud liikumisele! Miks sa aga kinnitad, et võnkumine antenni vibraatoris tugevneb?

**T.**: Mu vaene sõber! Sinu nii hästi alustatud arutelu lagunes koos kõikide järeldustega kildudeks ainuüksi seepärast, et sa unustasid ühe olulise tõsiasja. Nende hetkede vahel, kui esialgne laine möödus vibraatorist ja uus laine jõudis peegeldist tagasi, on möödunud ajavahemik, mis vastab ühele poolperioodile (joonis 131). Niiviisi hetkel, kui peegeldilt saabunud laine hakkab vibraatori elektrone paigutama alt üles, on see laine, mis jõuab samal ajal kohale saatjast, juba esialgsele vastandfaasis: möödunud on ju pool perioodi. Ja tema hakkab samuti . . .

**H.**: . . . elektrone alt üles tõukama! Sul on tuline õigus! Nüüd mõistan, et peegeldi suurendab antenni võimekust. Ja ma mõistan, et võimekus peab olema maksimaalne selle laine jaoks, mis saabub vibraatori poolt. Laineallikate jaoks, olgu need siis saatjad või lihtsalt «viirastusi» peegeldavad pinnad, mis paiknevad antenni külgedel või taga, pole ta efektiivne.

**T.**: Peegeldiga antenn on üsna levinud. Koos kinnituslatiga — noolega — moodustavad vibraator ja peegeldi otsekui suurtähe H. Majade katused on kaetud lausa tähtede H metsaga.

### Televiisoriantenni «objektiiv»



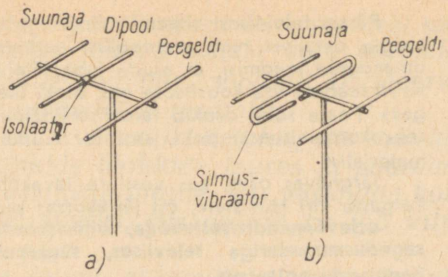
**H.**: Kahju, et laineid saab kontsentreerida ainult peegeldite, mitte aga objektiivide abil nagu optikas. Siis tekiks täielik analoogia astronoomide teleskoopide ja pikksilmadega.

**T.**: Liiga kaugele minevate analoogiate otsimist tuleb vältida. Kuid on olemas ka üks abinõu, mida laias laastus võiks isegi objektiividega sarnastada: see on suunaja ehk direktor.

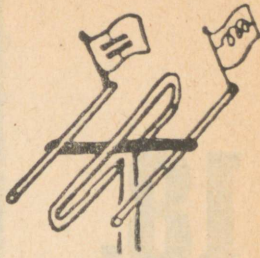
**H.**: Ega sa ei mõtle selle all televisioonikeskuse direktorit?

**T.**: Jäta see kohatu sõnademäng. Direktoriks nimetatakse juhet, mis on vibraatorist pisut lühem ja paikneb sellega rööbiti saatja pool. Nagu mäletad, on peegeldi ehk reflektor vibraatorist pisut pikem ja asetseb selle taga. Üksnes harva kasutatakse suunajat koos ainult vibraatoriga; enamasti lisatakse ta dipoolist ja peegeldist moodustatud H-kujulisele antennile, mille suunatoimet kui ka võimekust see siis parendab (joonis 132).

**H.**: Kuid vaatamata mõõtmete väikesele erinevusele on suu-




Joonis 132. Peegeldi ja suunajaga suundantenn: *a* — poollainevibraatoriga; *b* — silmusvibraatoriga.



naja ning peegeldi täpselt sarnased: nad on otsekui kaksikud. Millest siis tuleneb, et nende toime kujuneb vastandlikuks?

**T.**: See tühiselt väike erinevus mõõtmetes, millest kõneled, ongi kaksikvendade eristamisel otsustava tähtsusega. Peegeldi on vibraatorist pikem ja tema näivtakistusel on induktiivne iseloom. Suunaja on aga lühem ja tema näivtakistusel on mahtuvuslik iseloom. See tähendab, et nendelt peegeldunud lainete faas muutub erinevalt. Sukeldumata nähtuse detailsesse analüüsimisse, märgin ainult, et peegeldite ja suunajate mõõtmed (neid nimetatakse antenni aktiivsest elemendist — vibraatorist — eristamiseks passiivseteks elementideks) on küllaltki kriitilised. Peale selle väheneb nende olemasolul antenni näivtakistus selle keskpunktis ja seda märgatavamalt, mida lähemal asetsevad antenni passiivsed elemendid vibraatorile, sest veerandlaine pikkuse vahekauguse säilitamine ei ole kohustuslik. Selleks et antenni näivtakistus ei osutuks liiga väikeseks, asendatakse lihtne vibraator sageli silmusvibraatoriga.



**H.**: Mulle näib, kallis Targaste, et täna oled sa pisut kurjasti kasutanud selle antenni võimekust, milleks on antud juhul minu vaesed ajud . . .



# 18.

## VESTLUS

Pärast televiisori skeemi mitmesuguste koostisosade anatoomia ja füsioloogia detailset ning metoodilist uurimist kasutavad Targaste ja Huviste omandatud teadmisi, et asuda juba täielikku skeemi vaatlema. Niiviisi saab tervikseadme iga koostisosa ehk bloki ülesanne ja asukoht skeemis hästi selgeks. Peale selle osutub televiisori täieliku skeemi analüüsimine suurepäraseks kordamisharjutuseks, sest ta puudutab suurt osa varem tundmaõpitud materjalist.

Järgnevas osas, kus vestluse tavakohast kahekõnet asendab erandlikult Targaste kiri Huvistele, on järjekorras puudutatud selliseid küsimusi: **otsevõimendusvastuvõtja, lülitusskeemi mitmesuguste blokkide uurimine, sagedusmuunduriga televiisor, sünkroniseerimisimpulsside võimendamine, impulsside polaarsus.**

## KAKS TÄIELIKKU TELEVIISORI SKEEMI

### Targaste kirjutab Huvistele

*Mu armas Huviste!*

*Sain Sinult kirja, mis mind väga kurvastas. Pidi see gripp Sind tabama just sellisel sobimatul ajal! Just siis, kui lõpetasime televiisori lülitustehniliste blokkide uurimise ja võisime hakata, nagu oma läkituses täiesti õigesti märgid, kokku koguma laialipillatud telliskive, et nendest ehitada terviklik hoone, pidid sa, vennike, haigestuma!*

*Kui gripipalavikust jagu saamiseks tuleb tarvitada aspiriini, siis Sind närivat kannatamatuse palavikku ei saa vaigistada teisiti kui täielike televiisoriskeemide suurte annustega. Sa palusid mind panna paberile üks täielik televiisori skeem. Teen veelgi paremini — saadan neid Sulle korraga kaks.*

*Esimesel skeemil näed keskmise tundlikkusega otsevõimendusvastuvõtjat. See sobib ainult nendele televaatajatele, kes elunevad saatja lähikonnas või kasutavad eriti mõjusat antenni. Ka on see skeem sobivam pikemate lainete puhul. Sellegi poolest hakkame uurima ka seda skeemi, ja eeskätt õppeülesandena, et saaksime varem omandatud teadmisi rakendada.*

*Teise skeemi järgi valmistatud televiisor sisaldab 22 lampi (seega kolm lampi rohkem kui esimeses skeemis), elektronkiiretoru pole siin kaasa arvatud. Siin kasutame sageduse muundamise põhimõtet. See annab suurema tundlikkuse kui otsevõimendus-lülitus ja on järelikult kohasem kaugvastuvõtuks nendel lühikestel lainetel, mida televisioonis tegelikult kasutatakse.*

*Kumbagi skeemi analüüsides võid märgata, mu hüva sõbramees Huviste, et need koosnevad peamiselt meie poolt juba varem tundma õpitud lülitustehnilistest blokkidest. Minu käesolevas kirjas ei leidu seega uusi mõisteid. Sellele vaatamata on aga Sulle*

*ülikasulik kogeda, kuidas mitmesugustest skeemielementidest saab moodustada harmoonilise terviku. Lisaks sellele võib skeemide põhjaliku uurimisega, mida Sulle soovitan, soodsalt revideerida meie eelmiste vestluste vältel omandatud teadmisi.*

*Et selline uurimine oleks Sulle võimalikult tulus, siis soovitan põhjalikult peatuda skeemi kõikide blokkide juures ja pöörduda mõttes iga kord tagasi nende vestluste juurde, kus vastavaid küsimusi puudutasime. Kui toimid niiviisi, siis osutub ka töö viljakamaks.*

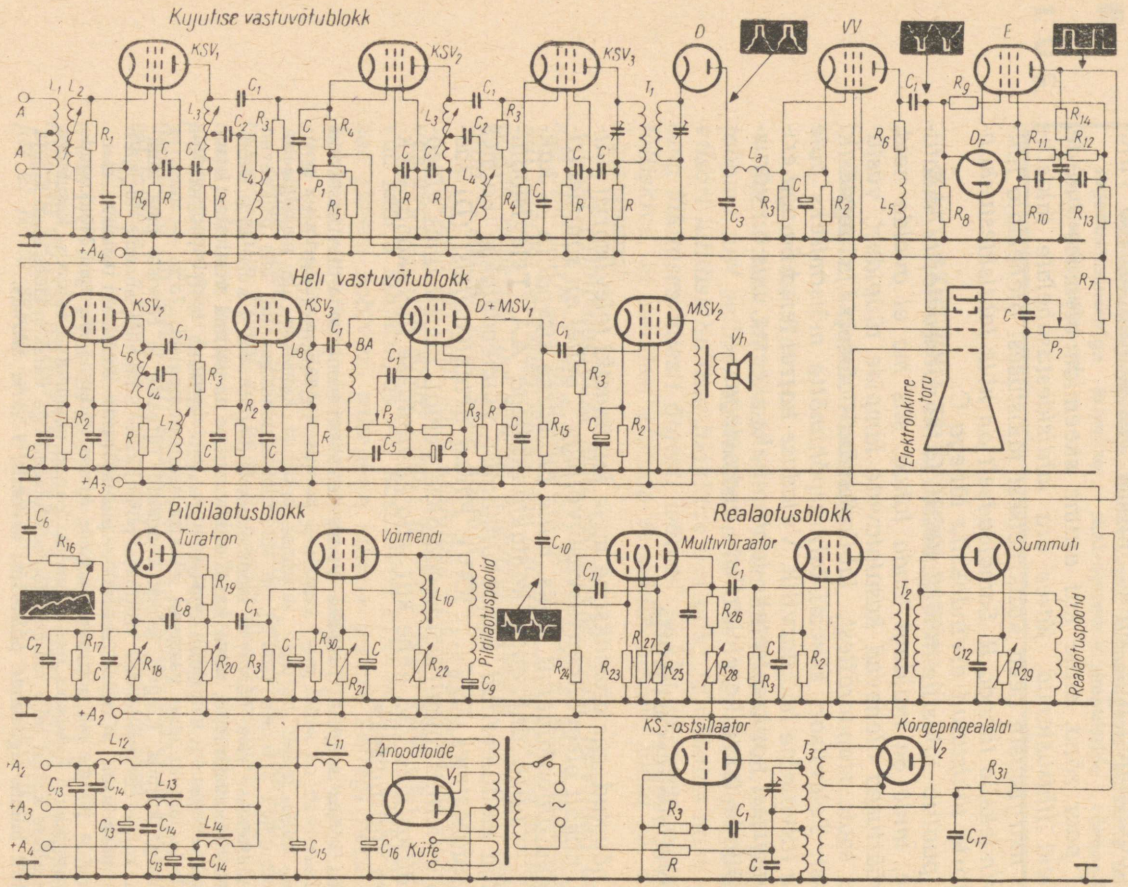
*Veel paar sõna, enne kui asume skeemide olemuse juurde. Olen neid lihtsustanud, jättes ära lahtisidestusahelate takistite tähised: märgistasin need konkreetsest takistusest olenemata lihtsalt arvindeksita tähega R. Samalaadselt on kõik lahtisidestuskondensaatorid tähistatud arvindeksita tähega C.*

*Mis puutub takistite takistustesse ja kondensaatorite mahtuvustesse, mida Sa muidugi teada tahad, siis ma ei avalda neid. Need väärtused olenevad kasutatavate lampide tüüpidest, vastuvõetava saate standarditest, läbilaskeriba laiusest ja teistestki teguritest. Televiisori skeemi talitluspõhimõtte mõistmiseks pole nendega tutvumine hädatarvilik. Vajaduse korral leiad Sa aga erialakirjandusest konkreetseteks juhtumiteks skeeme, mis on varustatud kõikide tarvilike elektriliste andmetega.*

## Otsevõimendusvastuvõtja

*Kui nõustud, siis alustaksime meie kummastki televiisorist lihtsamaga, nimelt otsevõimendusvastuvõtjaga*[10]*. Sellel on sümmeetriline sisend dipoolantenni jaoks, mille bifilaarne sisendliin — kaksikjuhe — tuleb ühendada kontaktpuksidega AA. Televisioonisignaaliga moduleeritud kandevõnkumist võimendatakse kolmes kõrgsagedusastmes* $KSV_1 \ldots KSV_3$*. Pärast detekteerimist (D) saadud televisioonisignaali võimendatakse veelgi, nimelt ühes videovõimendusastmes VV, enne kui seda kasutatakse kineskoobi elektronkiire tüürimiseks.*

[10] Oma kirjas selgitab Targaste Prantsuse televisioonistandardile vastavaid skeeme. Teatavasti on sellel maal kasutusel kujutisesignaali moduleerimisel positiivmeetod, mille puhul kujutise suurimat heledust kantakse üle maksimaalse vooluamplituudiga antennis (100%), ja sünkroniseerimissignaalid, mis paiknevad «mustast mustemas» alas, hõivavad modulatsiooni amplituudid 0 kuni 25%. Nõukogude televisioonistandard, mida ka käesoleva teose ülejäänud vestlustes kasutatakse, on Prantsuse meetodile vastupidine: moduleeritud televisioonisignaali maksimaalsele amplituudile vastavad sünkroniseerimisimpulsid; 75% — must ja 15% — valge kujutis. Kõigest sellest kõnelesid Targaste ja Huviste oma kümnendas ja kolmeteistkümnendas vestluses põhjalikult. Siinkohal anname lugejale võimaluse praktiliselt võrrelda skeemide pisi-iseärasusi kummagi erineva standardi puhul ja jätame sel põhjusel Targaste kirjas leiduvad skeemid Nõukogude televisioonistandardi kohaseks teisendamata. Varem omandatud teadmisi kasutades ja neid vajaduse korral selle raamatu tagasilehitsemisega värskendades saab lugeja takistamatult muuta signaalide polaarsusi skeemis. *Tõlkija märkus.*




Joonis 133. Keskmise võimendusega otsevastuvõtja skeem. Märkigem, et sarnaste ülesannetega skeemielemendid on tähistatud identselt, ehkki nende elektrilised suurused võivad erineda.

*Televiisori lülituses olev impulsieraldaja lubab sünkroniseerimissignaale rakendada kaheti — RC-ahelate abil lahutatutena juhitakse sünkroniseerimisimpulsid ühelt poolt türatroniga pildilaotusgeneraatorisse, millele järgneb pentood, teiselt poolt aga kaksiktrioodiga multivibraatorisse — realaotusgeneraatorisse, millele samuti järgneb pentood.*

*Anoodtoite saamiseks on kahe anoodiga vaakuumdiood $V_1$, mille vool jaguneb kujutise ja heli vastuvõtublokkide ning hälvitusseadiste varustamiseks kolme harusse.*

*Mis aga puutub kõrgesse pingesse, mida vajab elektronkiiretoru teine anood, siis saab seda toota kõrgsagedusostsillaatori abil, millele järgneb ühe anoodiga alaldusdiood.*

*Selline on siis põhijoontes meie esimene televiisor. Alustame nüüd tema skeemi detailset uurimist.*

**Kujutise vastuvõtublokk**

*Sisendis on kõrgsagedustrafo $L_1L_2$, mille magnetsüdamikuga häälestatav sekundaarvõnkering on rööptakistiga $R_1$ summutatud. Üksnes meenutamiseks mainin eelpingestustakistit $R_2$ ja varivõre lahtisidestusahelat RC. Vaatleme pigemini, mis toimub anoodil, sest meie võimendusaste sarnaneb 12. vestluse joonisega 77 nagu kaks tilka vett.*

*Anoodahela kogutakistuse moodustab reguleeritava magnetsüdamiku abil häälestatav induktiivpool $L_3$ (Tekkiva võnkeringi mahtuvuseks on pooli omamahtuvus koos ühendusjuhtmete mahtuvusega.) Pane tähele, et väljavõte pooli $L_3$ mähiselt on ühendatud järjestikusest kondensaatorist $C_2$ ja induktiivpoolist $L_4$ koosneva ahelaga. Samal ajal kui $L_3$ on häälestatud kujutise kandesagedusele, on ahel $C_2L_4$ häälestatud heli kandesagedusele. Sellel ahelal on kaks ülesannet. Ühelt poolt eraldab ta helisignaali, tõkestades selle pääsu järgnevatesse võimendusastmetesse. Teiselt poolt kasutatakse pooli $L_4$ mähise otstel arenevat pinget heli vastuvõtubloki sisendsignaalina.*

*Kaks järgmist võimendusastet $KSV_2$ ja $KSV_3$ sarnanevad esimese astmega $KSV_1$. Teine heli kandesageduse tõkestusfilter $C_2L_4$ paikneb $KSV_2$ anoodahela induktiivpooli $L_3$ haruühenduses ja kõrvaldab niiviisi laiaribalist sisendahelat läbinud heli kandevõnkumise jäänused.*

*Teiselt poolt märkad, et potentsiomeeter $P_1$ võimaldab muuta potentsiaali lampide $KSV_2$ ja $KSV_3$ katoodidel ühelt poolt peaaegu nullini (minimaalse potentsiaali määrab katoodahela lahtisidestustakisti $R_4$ takistus) ja teiselt poolt mingi positiivse pontentsiaalini, mille määrab potentsiomeetrit $P_1$ anoodtoiteallika plusspoolusega ühendava takisti $R_5$ takistus. Järelikult on nende kahe lambi või-*

*mendus reguleeritav. Võid hõlpsasti mõista, et potentsiomeetriga $P_1$ saab reguleerida kujutise kontrastsust ekraanil.*

*Astme $KSV_3$ väljundis on häälestatud primaar- ja sekundaarmähisega trafo $Tr_1$, mis suunab võimendatud kõrgsagedussignaali detektordioodile. Diood on aga niisuguses lülituses, et tema anoodil ilmub negatiivne videosignaal (vaata meie 13. vestlust!). Kõrgsageduskomponent kõrvaldatakse madalläbivusfiltriga, mis koosneb induktiivpoolist $L_a$ ja kondensaatorist $C_3$. Detekteeritud videosignaali võimendatakse lambiga, mis töötab rööpkorrektsiooniga lülituses (13. vestluse joonis 91), kus korrektsioonipool $L_5$ on koormustakistiga $R_6$ järjestikku.*

*Vahetu sidestuse olemasolu tõttu detektori ja videosignaali võimendusastme vahel poleks alaliskomponenti tegelikult tarviski taastada. Seevastu sidestus videovõimendi lambi ja amplituudieraldaja E vahel toimub läbi sidestuskondensaatori $C_1$, mis muidugi nõuab taastamisdioodi $D_r$ kasutamist, kuivõrd detektorile järgnev videovõimendusaste VV muudab signaali vastupidiseks, s. o. positiivseks.*

*Selle signaali juhimegi terviklikult ja tänu taastamisdioodile õige nivoo juures elektronkiiretoru tüürelektroodile. Kujutise keskmist heledust saab reguleerida potentsiomeetri $P_2$ abil, mis määrab kineskoobi katoodi K potentsiaali. Olles ühendatud rööbiti kõrgepingeallikaga (läbi eeltakisti $R_7$), saab $P_2$ abil kineskoobi katoodi muuta rohkem või vähem positiivseks tüürelektroodi suhtes, mille keskmise potentsiaali määrab kõrgepingeallika negatiivse poolusega ühendatud takisti $R_8$.*

*Lõpuks on siin veel impulsieraldaja koos alaliskomponendi taastamise dioodiga, milles võid hõlpsalt ära tunda skeemi 15. vestluse jooniselt 109. Selles kasutame pentoodi, mille varivõrel on kõrgem potentsiaal kui anoodil. Küllap Sa tead, mis sellest järeldub. Kuid sünkroniseerimisimpulsside jälitamisele asumise eel vaatleksime põgusalt ...*

### ... heli vastuvõtublokki

*Samal ajal kui lamp $KSV_1$ võrdse agarusega võimendab nii kujutise kui ka heli kandevõnkumist, siis tänu kondensaatorile $C_2$ ja induktiivpoolile $L_4$ tegeleb ülemine $KSV_2$ ainult kujutise kandevõnkumisega. Heli kandevõnkumine saabub alumise lambi $KSV_2$ tüürvõrele. Selle lambi anoodahelas kohtame induktiivpooli $L_6$, mida saab reguleeritava asendiga magnetsüdamiku abil häälestada heli kandesagedusele. Mis puutub kujutise kandevõnkumise viimastesse jääkidesse, siis need kõrvaldatakse täpselt sellele sagedusele häälestatud tõkestusfiltriga $C_4L_7$.*

*Loodan, et Sa pole unustanud, et järjestikune võnkering avaldab resonantsisagedusega voolule (millele ta on häälestatud) väga*

*väikest takistust (see piirdub ainult võnkeringi aktiivtakistusega). Antud juhtumil moodustub ahelast $L_4C_7$ kujutise kandesagedusega voolule tõeline lühis, mis niiviisi kõrvaldataksegi halastamatult.*

*Astmes $KSV_1$ võimendatud helisignaali kandev kõrgsagedus-pinge suunatakse veel kolmandasse võimendusastmesse $KSV_3$, seejärel detekteeritakse*[11] *ja võimendatakse diood-pentoodiga. Lõpuks võimendatakse detekteeritud signaali veel võimsusvõimendusastmes $MSV_2$, mis toidab valjuhääldajat VH.*

*Televiisori ehitamisele asumisel teeksid mulle headmeelt, Huviste, kui valiksid hea kvaliteediga valjuhääldaja. Nimelt kantakse televisioonikujutise saateheli üle küllalt avaras sagedusribas, mis tagab suurepärase helikvaliteedi. Ja olgu märgitud, et heli on televisioonis sageli isegi parem kui kujutis...*

## Hälvitusseadised

*Nüüd aga pöördun kujutise vastuvõtubloki juurde meie skeemis. Sünkroniseerimisimpulsid eraldatakse ja lahutatakse integreerimis- ning diferentseerimisahelatega, mis sarnanevad 15. vestluse joonisel 114 kujutatutega. Tänu takistite ja kondensaatorite $C_6$—$R_{16}$ ning $C_7$—$R_{17}$ koostoimele juhitakse pildisünkroniseerimisimpulsid türatroni võrele. See on aga lülituses, mis täpselt vastab 6. vestluse joonisel 35 kujutatud laotusseadise skeemile. Siiski kohtad Sa mõningaid raskusi skeemide võrdlemisel, sest olen alati püüdnud algelised skeemid joonestada sellistena, et maksimaalselt hõlbustada nende talitluspõhimõtete mõistmist. Olen varemgi Su tähelepanu juhtinud asjaolule, et laadimistakisti $R_{20}$ võib olla ühendatud positiivsesse juhtmesse (punkt Z meie 6. vestluse joonisel 35).*

*Reguleerides selle takisti ($R_{20}$) takistust, saame valida kohase pildilaotussageduse. Tekitatud pildilaotussignaali amplituudi ja järelikult ka ekraanil saadava kujutise kõrguse määrab reguleeritava eelpingestustakisti $R_{18}$ takistus.*

*Türatroniga laotusgeneraatorile järgneb siin üks aste pentoodiga, mis samaaegselt võimendamisega lineariseerib genereeritava pinge pisut kooldunud saehambaid. Pentoodi tunnusjoonte kuju on selleks otstarbeks täpsustatud eelpingetakisti $R_{30}$, varivõretakisti $R_{21}$ ja anoodtakisti $R_{22}$ takistuste väärtustega. Selleks peab aga olema pagana hea kannatus, et osata pingehammaste kõverust kompenseerida lambi tunnusjoone vastupidise, kuid täpselt samasuguse kõverusega!...*

---

[11] Vastavalt Prantsuse televisioonistandardile toimub heli ülekanne amplituudmodulatsiooni vahendusel; seepärast sisaldab käesoleva televiisori vastuvõtublokk dioodiga (diood-pentoodi dioodsüsteem) amplituuddetektorit. Nõukogude televisioonistandardi puhul kasutatakse heli ülekandmiseks sagedusmodulatsiooni, mis tingib muidugi sagedusdetektori kasutuselevõtmise. *Tõlkija märkus.*

*Võimendatud pildilaotuspinge saadakse induktiivpooli $L_{10}$ otstelt, juhitakse kineskoobi vertikaalhälvituspoolidesse ning sealt läbi kondensaatori $C_9$ anoodtoiteallika negatiivsele poolusele. Kondensaatori mahtuvus peab seoses selle ahela voolu suhteliselt madala sagedusega olema küllalt suur, järelikult sobib siia elektrolüütkondensaator.*

*Realaotusimpulsid saadakse diferentseerimisahelast $R_{23}C_{10}$. Kas meenub Sulle kaksiktrioodiga multivibraatori skeem meie 7. vestluse jooniselt 53? Seda kasutame reahälvitusgeneraatori jaoks siingi. Võnkesagedus on reguleeritav muudetava takistusega takisti $R_{25}$ abil. Amplituudi ja järelikult kujutise laiuse ekraanil määrab reguleeritava takisti $R_{28}$ takistus.*

*Siingi kasutame veel üht pentoodi, mis võimendab reahälvituse hammaspinget enne selle juhtimist kineskoobi horisontaalhälvituspoolidesse. Sarnaselt 8. vestluse joonisel 62 esitatud skeemile on siin kasutusel ka summutusdiood.*

**Toiteblokk**

*Jääb veel üle uurida üht väga igapäevast probleemi — meie vastuvõtja üksikute sõlmede toitmist.*

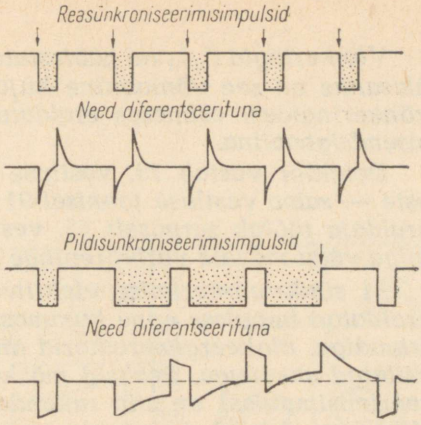
*Anoodtoitepinge saadakse kahe anoodiga alalduslambiga $V_1$ klassikalise alaldi abil. Alaldatud voolu filtreeritakse esmalt induktiivpooli $L_{11}$ ja kahe elektrolüütkondensaatori $C_{16}$ ning $C_{15}$ abil. Selle järel jaguneb silutud vool kolme harusse, et toita vastavalt laotusgeneraatoreid ning heli ja kujutise vastuvõtublokke. Igas harus on veel täiendav silumis- ja lahtisidestusfilter, milles on induktiivpool ($L_{11}$, $L_{12}$, $L_{13}$, $L_{14}$) ja elektrolüütkondensaator $C_{13}$. Viimasele on lisatud veel rööbitine paberdielektrikuga kondensaator $C_{14}$, mis on mõeldud kõrgsageduskomponentide lühistamiseks (elektrolüütkondensaator avaldab nendele konstruktiivsetel põhjustel suuremat takistust).*

*Väga kõrge pinge, mida vajab kineskoobi viimane anood, tekitatakse kõrgsagedusostsillaatoriga ja dioodiga $V_2$ poolperioodalaldi abil. Kasutatav skeem on analoogiline 16. vestluse joonisel 124 esitatuga.*

*Niiviisi näedki, kulla Huviste, et meie televiisori näiliselt keerukas skeem koosneb tegelikult Sulle küllaltki hästi tuntud sõlmedest ega tohiks Sind põrmugi hirmutada.*

**Ja veel teinegi skeem ...**

*Nüüd aga, kus olen meie esimese skeemi põhjalikult lahti mõtestanud, jätan teise skeemi analüüsimise Sinu enese hooleks — see oleks Sulle väga heaks harjutusülesandeks.*




Joonis 134. Sünkroniseerimisimpulsside eraldamine.

*Siiski hõlbustaksin selle ülesande lahendamist paari näpunäitega. Esmalt aga heidame skeemile üldise pilgu.*

*Kujutise vastuvõtublokis on üks kõrgsagedusvõimendusaste $KSV_1$ ja iseseisva ostsillaatoriga Osts sagedusmuundur SM. Siiani lähevad nii heli- kui ka kujutisesignaal ühist teed mööda. Nende eraldamine toimub sagedusmuundurist väljumisel. Kujutisekanalis on neli vahesagedusvõimendusastet $VSV_1 \ldots VSV_4$, samal ajal kui helikanalis piisab kahest (alumised $VSV_1$ ja $VSV_2$), mis muide ei vaja lähemat vaatlemist.*

*Detekteeritud videosignaal on positiivse polaarsusega. Detektorile D järgneb üks videovõimendusaste VV koos impulsieraldajaga. Kuna detekteerimine toimub positiivse polaarsusega, siis on videovõimendusastme väljundis negatiivsignaal ja see tuleb rakendada kineskoobi katoodile.*

*Sünkroniseerimisimpulsid eraldatakse ja juhitakse pentoodiga blokeergeneraatorisse.*

*Skeemist olen välja jätnud täiesti tavalise toiteseadise. Siin võid näha, et kineskoobi viimase anoodi toitmiseks tarvilik kõrgepinge saadakse ühe anoodiga alaldusdioodi abil realaotuse tagasijooksul tekkivast ülepingest.*

*Pärast meie põgusat rännakut mööda skeemi keerdkäike uurime veel lähemalt selle mõningaid detaile.*

*Televiisori sisend on mõeldud antenni sidestamiseks koaksiaalkaabli abil. Kõrgsagedus- ja vahesagedusvõimendusastmed on täiesti igapäevased; nendest oleme kõnelnud oma 12. vestluses. Sageduse muundamine toimub väga lihtsalt, kuid efektiivselt. Muundusastme pentoodi tüürvõrele antakse lisaks vastuvõetavale signaalile ka ostsillaatoris (see töötab kolmpunktlülituses) genereeritud võnkumine.*

*Nelja vahesagedusastme võimendus on muudetav potentsiomeetriga $P_1$; sellega saab järelikult reguleerida kujutise kontrastsust.*

*Võnkeringid $C_1L_1$ on häälestatud heli kandesagedusele ja nende ülesanne on see võnkumine kujutisekanalist eemaldada. Nendest võnkeringidest esimeses eraldatud pinget kasutatakse helikanali sisendsignaalina.*

*Detektor vastab 13. vestluse joonisel 86 ja videovõimendusaste — sama vestluse joonisel 91 kujutatud skeemile. Amplituudieraldaja töötab sarnaselt 15. vestluse joonisel 110 esitatud skeemiga väga madala varivõrepinge juures.*

*Et sünkroniseerimise efektiivsust suurendada, võimendatakse eraldatud impulsse enne kummassegi hälvitusblokki juhtimist ühe trioodiga. Blokeergeneraatorid on sarnased 7. vestluse joonisel 49 esitatud skeemiga. Peaksid märkama, kulla Huviste, et sünkroniseerimisimpulsid on siin rakendatud pildilaotusgeneraatori anoodile, samal ajal kui realaotusgeneraatoris on nad rakendatud võrele. Millest selline erinevus?*

*Kahtlemata mäletad, et blokeergeneraatorid tuleb sünkroniseerida lambi võrele rakendatud positiivsete impulssidega. Kuid millised on meie kasutada olevad impulsid?*

*Amplituudieraldaja väljundis on impulsid negatiivsed. Neid realaotuse jaoks diferentseerides saame vahelduvad negatiivsed ja positiivsed impulsid. Kuid kasutatavad on ainult esimesed, sest need peavad määrama hälvituse täpse alguse. Ainult siis, kui reaimpulsside võimendi muudab impulsside faase, pöörates need positiivseteks, saab neid sünkroniseerimisimpulsse vahetult hälvitusgeneraatori lambi võrele rakendada.*

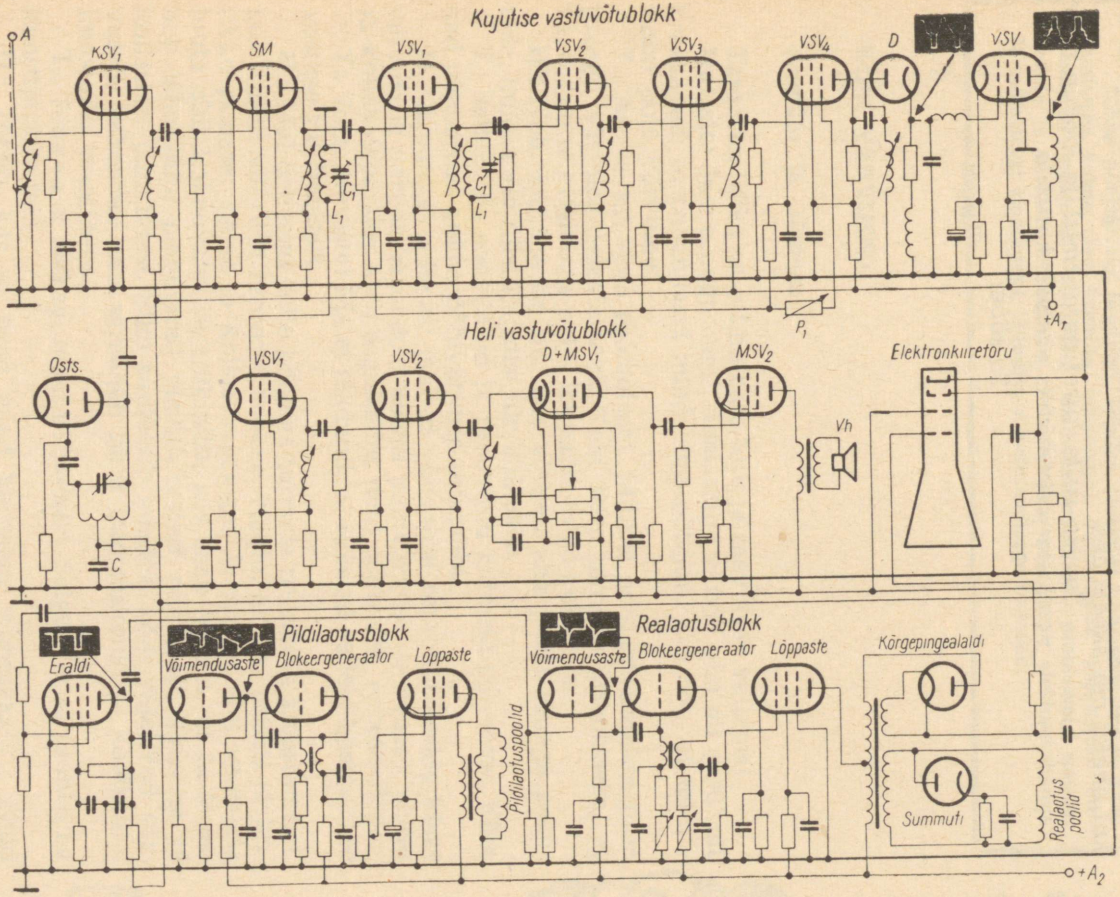
*Kuid pildisünkroniseerimisimpulsside eraldamise osas ei kulge kõik samal viisil. Kui hakkad mõttes analüüsima seda, mida said teada 15. vestluse lõpus (meenutan Sulle joonist 115), võid nentida, et diferentseerimisel eraldatud pildisünkroniseerimisimpulsside polaarsus on vastupidine sünkroniseerimisimpulsside polaarsusele diferentseerimisahela sisendis. Meie skeemis on pildisünkroniseerimisimpulsid negatiivsed, kui amplituudieraldajast saadud signaal on positiivne. Kuid pärast võimendi läbimist muutuvad nad negatiivseteks. Mida teha?*

*Rakendan sünkroniseerimissignaali lihtsalt blokeergeneraatori lambi anoodile. Õigupoolest ei avalda ta sellele elektroodile küll peaaegu mingit toimet, kuid trafo kaudu mõjuvad need sünkroniseerimisimpulsid võrele vastandsuunalistena, seega just tarviliku positiivse polaarsusega.*

*Näed, et siin on kõik imelihtne — tuleb ainult pisut mõelda!*

*Lõpetuseks tuleb märkida, et skeemil näitamata anoodtoiteseadis peab toitma kujutise ja heli vastuvõtublokke ning laotusgeneraatoreid ja omama selleks vastavalt kaks vooluharu: $+A_1$ ning $+A_2$.*

*Kineskoobi viimase anoodi toitmiseks tarvilik kõrgepinge saadakse siin, nagu juba eespool märkisin, autotrafo ja alalduslambi*




Joonis 135. Sagedusmuunduriga tundliku televiisori skeem.

*abil realaotuse tagasijooksu ülepingest, kusjuures kasutatav skeem on identne 16. vestluse joonisel 125 kujutatuga.*

*Sa märkad veel, et valgustäpi heledust ekraanil saab reguleerida potentsiomeetri abil, millega antakse kineskoobi tüürelektroodile madalam potentsiaal kui valitseb kineskoobi videovõimendi lambi anoodiga sidestatud katoodil.*

*Kui Su gripp juba võimaldab, analüüsi üksikasjalikult iga üksikut ahelat mu skeemides.*

*Soovin sulle kiiret paranemist ja loodan meie vestluste jätkamiseks peatselt kohtuda.*

*Su sõber*

*Targaste.*

Siiani uurisid Targaste ja Huviste ühevärviliste ehk must-valgete kujutiste ülekandmise tehnikat. Järgides kinotehnika eeskujule, on televisioon meie päevadel samuti muutumas värviliseks, andes võimaluse reprodutseerida kujutisi nende loomulikes värvides.

Värviliste kujutiste ülekandmine on väga keerukas probleem, mille lahendamiseks on mitu meetodit. Neid kirjeldabki Targaste käesolevas vestluses. Ta vaatleb:

**kolme põhivärvuse printsiipi, kujutise jaotamist põhivärvusteks ja selle taastamist, kolme värvi kujutiste samaaegset ülekandmist, järjestikuse ülekandmise meetodit, ketasfiltrit, modulatsiooniribade probleemi, rastrite, ridade ja punktide vaheldumist, kolmevärviekraani, kolme elektronkahuriga ja aukmaskiga kineskoopi, järjestikuse mäluseadisega süsteemi.**

# 19.

# VESTLUS

## KÕIK VÄRVUSED

### Analüüs ja süntees



**Targaste:** Miks on sul nii halb tuju ja raevutsev välimus?

**Huviste:** Just praegu nägin filmi, mille värvid olid nii vastikult kriiskavad, et pahandasid mind hingepõhjani. Kui hea, et televisioon pole värviline!

**T.:** Ära sa nii väga rõõmutsegi. Mitmel pool kasutatakse juba praegu värvilist televisiooni. Kuid lisan sinu rahustamiseks, et värvid on televisioonis palju loomulikumad kui kinos.

**H.:** Noh, kui see on nii, kas võiksid ehk paari sõnaga selgitada, kuidas värvilisi kujutisi üle kantakse.

**T.:** Selleks on soovitatud ja proovitud mitmeid süsteeme. Kõik nad põhinevad kolme põhivärvuse printsiibil.



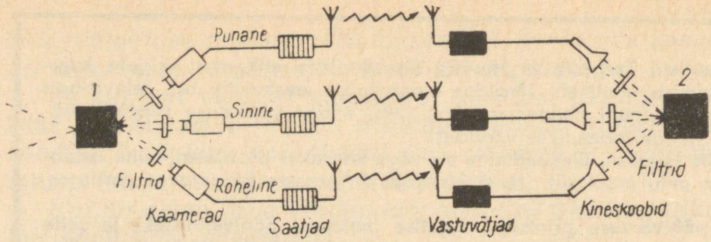

**H.:** Arvan, et selle all mõtled võimalust reprodutseerida kõiki värvusi ja värvusvarjundeid kolme põhivärvuse — punase, sinise ja kollakasrohelise abil, segustades neid sobivates vahekordades.

**T.:** Tore, Huviste! Ma ei teadnud, et sa leiad sellele küsimusele vastuse nii hõlpsalt.

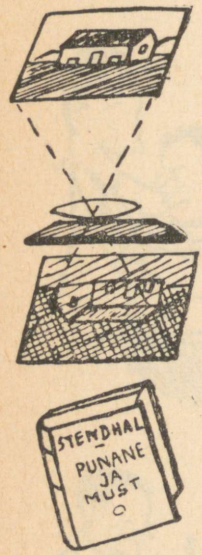
**H.:** Mul õnnestus selle kõigega tutvuda trükikoja külastamisel, kus trükiti värvilisi reproduktsioone. Nägin, et seal trükiti järjestikku punase, sinise ja kollase värviga. Ja muide, kui vaadelda luubi abil kolmevärvilist trükipilti, siis saab tõdeda, et ta koosneb lähestikku paigutatud pisitillukestest punastest, sinistest ja kollastest punktidest. Silm sünteesib nendest kõik vajalikud värvused. Tähendab, see sarnaneb pisut impressionistide koolkonna kunstnike maalidega.

**T.:** Täna sa ei lakkagi mind üllatamast. Selgub, et sa tunned ka kunstiprobleeme!

**H.:** Tohoo, kas sa pead mind harimata inimeseks? . . . Kuid




Joonis 136. Värviliste kujutiste ülekandmise süsteem kolme täieliku kanali kaudu, kus kolme põhivärvusega kujutised kantakse üle samaaegselt: *1* — optiline süsteem, mis jaotab kujutise kolmele kaamerale; *2* — optiline süsteem, mis ühitab kolm osakujutist.






pöördugem tagasi meie vestluse teema juurde. Arvan, et värvilise kujutise ülekandmiseks tuleb teha sedasama mis trükikojas: jaotada see kolmeks põhivärvustes kujutiseks ja asetada need sünteesimiseks ülestikku üksteisele.

**T.**: Üldiselt tuleks sinu arvates värvilise kujutise saamiseks alustada kolmest kujutisest: punasest, sinisest ja rohelisest. Kuidas sa seda teeksid?

**H.**: Vastavavärviliste filtrite abil. Näiteks kujutist läbi punase klaasi projitseerides saame punase kujutise, kus iga detaili heledus sõltub punase valguse hulgast, mida peegeldab ülekantava objekti vastava värvusega pind. Niiviisi osutuvad läbi punase filtri vaadeldava kujutise punased osad antud juhul kõige heledamateks, kuid vastupidisel juhul muutuvad täiesti mustadeks, sest punane valgus ei peegeldu sinistest ja rohelistest kujutise osadest.

**T.**: Jah, see on õige. Järelikult saame kolm kujutist, mida nimetame punaseks, siniseks ja roheliseks osakujutiseks. Mida sa nendega teeksid?

**H.**: Pole midagi lihtsamat (joonis 136). Ma kannan need üle tavalisel televisioonisaate põhimõttel. Vastuvõtukohas reprodutseeritakse iga kujutist vastava iseseisva kineskoobiga. Kuid mul on punane klaas selle kujutise ees, mis peab olema punane, sinine klaas — sinise ees ja roheline — rohelise ees. Kõik kolm kujutist koondan optiliselt üheks, paigutades need ülestikku (võimalus selleks on ju ometi olemas). Selliselt taastangi esialgse kujutise tema loomulikes värvides... Kas ütlesin midagi rumalasti?

**T.**: Oh ei. See, mida kõnelesid, on täiesti arukas. Sellist värvitelevisiooni süsteemi kasutatakse sageli kujutiste ülekandmiseks juhtmeid mööda, kui seda tahetakse suurele ekraanile projitseerida. Niisugust meetodit vajatakse näiteks siis, kui tuleb anda võimalus paljudele arstiteaduse üliõpilastele jälgida demonstreeritavate kirurgiliste operatsioonide kulgu.

## Samaaegselt või järjestikku!

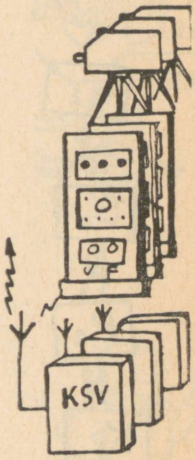
**H.**: Miks aga mitte kasutada sedasama süsteemi ka televisioonis? Kas loob see mingeid ebameeldivusi?

**T.**: Kuid kas sa ise pole selle peale veel tulnud? Mõtle vaid, selleks tuleb kolmekordistada kõik ülekandekanali detailid: kasutada kolme telekaamerat, kolme videovõimendit, kolme saatjat, kolme vastuvõtjat ja kolme kineskoopi! . . .

**H.**: Tunnistan, et see läheb tõepoolest kalliks ja peale selle koormaks tohutult lainealasid . . . Milline lahendus võiks paremaks osutuda?

**T.**: Pöördu tagasi esimese algelise ettekujutuse juurde, mille andsin sulle televisioonist. Tollal said teada, et kujutise kõikide punktide samaaegse ülekandmise asemel . . .

**H.**: . . . lähetatakse need vastuvõtjate poole teele järjestikku! Mõistsin! Lahendus on siin selles, et ühe ja sellesama ülekandekanali kaudu anda edasi järjestikku punane, sinine ja roheline osakujutis. Järjestikuse ülekandmise küllalt kiire rütmi puhul tekib silmas tänu nägemisaistingu inertsile värviline kujutis.

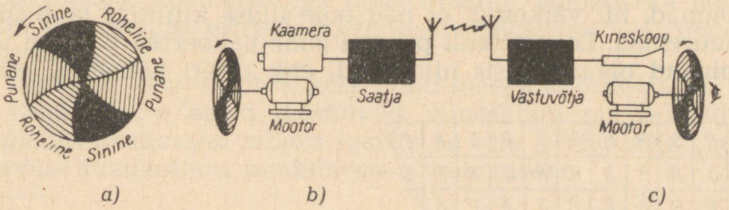



**T.**: Just seda põhimõtet kasutatigi esimestes värvitelevisiooni süsteemides. Värvuste järjestikuse ülekande näitena kirjeldan sulle süsteemi (joonis 137), milles kasutatakse televisioonikaamera saatetoru ning kineskoobi ekraani eest järjestikku ja sünkroonselt mööduvaid värvusfiltreid. Filtrid koosnevad pöörlevatele ketastele paigutatud värvilistest klaasidest. Loomulikult tuleb tagada ketaste pöörlemise range sünkroonsus nii saatjas kui ka vastuvõtjates. Selleks kantakse iga pöörde algul üle vastav sünkroniseerimissignaal.



**H.**: Näen, et kettale on paigutatud kuus filtrit: punane, sinine, roheline, seejärel jälle punane, sinine ja roheline. Minu arvates jätkuks ka kolmest filtrist.

**T.**: Kahtlemata. Kuid kuue filtri puhul väheneb pöörlemiskiirus kaks korda; see on aga oluline, sest kettas arenev tsentrifugaaljõud on küllaltki suur ja võib selle purustada. Võta arvesse, et kaks korda suuremal pöörlemiskiirusel see jõud neljakordistub.

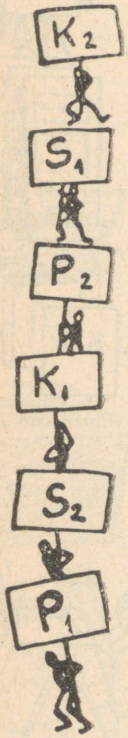



Joonis 137. Värviliste kujutiste järjestikuse ülekande süsteem: *a* — saatja värvusfiltritega ketas; *b* — saatmine; *c* — vastuvõtmine.



**H.**: Kokku võttes, seni kuni üks teatava värvusega filter asetseb saatekaamera ja kineskoobi ees, ei laotata ilmselt mitte terviklikku kujutist, vaid ainult üht selle poolpilti, tähendab kas ainult paarisarvulisi või paarituarvulisi ridu.

**T.**: Täpselt nii. Ja kui sa oma ajusid pisut pingutaksid, õnnestub sul võib-olla määrata, kuidas toimub kujutise laotamine ketta ühe pöörde vältel.




**H.**: Alustame sellest, et kaamera ees asetseb värvusfiltri punane sektor ja et pildi laotus algab paarituarvuliste ridade poolrastriga. Nii saame kuus järjestikust faasi: 1) punane, paarituarvulised read; 2) sinine, paarisarvulised read; 3) roheline, paarituarvulised read; 4) punane, paarisarvulised read; 5) sinine, paarituarvulised read; 6) roheline, paarisarvulised read. Seejärel aga algab kõik taas otsast peale.

**T.**: Võid täheldada, et selle süsteemi puhul laotub ketta täispöörde kohta iga kujutis nii paaris- kui ka paarituarvuliste ridade poolpildi osas täielikult kõigis kolmes põhivärvuses. Kuid pildid vahelduvad. See on niinimetatud ülepildilaotus.

**H.**: Tunnistan, et sinu pakutud piltide järjestikune ülekanne pöörleva valgusfiltrite kettaga ei vaimusta mind. Selles mehaanika ja elektroonika segus pole midagi meeldivat . . .

**T.**: Sulatõde. Pealegi kolme tervikkujutise ülekandmisel paisutame tarviliku sagedusriba laiuse kolmekordseks.

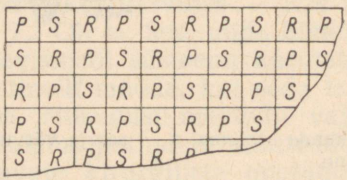
### Huviste suur avastus



**H.**: Kõik see on üpris keerukas. Mulle lõi pähe võrratult lihtsam idee, mis — kinnitan seda kogu oma tagasihoidlikkusega — annab värvitelevisiooni probleemile lõpliku lahenduse. Kõnelen sellest sulle suure saladuskatte all.

**T.**: Tunnistan, et sa oskad minus huvi äratada. Milline on siis see võrratult lihtsam idee, mis ühel hoobil lahendab värvitelevisiooni probleemi?

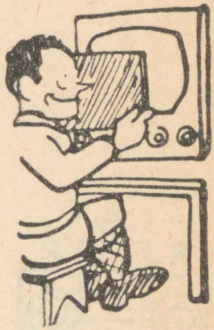
**H.**: Selle idee andsid mulle katedraalide vanaaegsed vitraažid, need imetoredad paljuvärvilised mosaiigid. Kujutle filtrit, mille igas reas vahelduvad pisitillukesed punased, sinised ja rohelised pinnad, nii väikesed, et nad pole üldse kujutise laotuspunktidest suuremad. Loomulikult peavad kahe naaberrea vastava värvusega pinnad olema faasis nihutatud, ehk teisiti kõneldes, esimese rea




Joonis 138. Laotusviis juhul, kui punktid asetsevad järjestuses punane-sinine-roheline.

punase filtri all peab olema teise rea sinine ja kolmanda rea roheline filter jne. (joonis 138).

**T.**: Kõik see on suurepärane. Kuid mis saab edasi?



**H.**: Vaat mis. Eeldame, et sellisel viisil koostatud filter on tavalises televisioonisaatjas paigutatud ülekandekaamera saatetoru valgustundliku pinna ette, aga teine sellega sarnanev filter vastuvõtja kineskoobi ette.

**T.**: Ausõna, sul on õigus. Tõepoolest, kui saatmise ajal analüüsitav kiirtevihk läbib filtri punast osa ja videosignaal annab edasi sellele vastava heleduse, on kineskoobi ekraanil valgustäpi heledus samuti sellele vastav ja seda näeme samuti läbi filtri punase osa . . . Õnnitlen, Huviste! Sa tegid sensatsiooniliselt lihtsa avastuse.

**H.**: Pane tähele, et see lubab kõik must-valged televiisorid hõlpsalt muuta värviteleviisoriteks.

**T.**: Oota, Huviste, ära hõiska enne õhtut.

**H.**: Kas jälle tuleb see paratamatu «kuid»?

**T.**: Tõepoolest, ja üsnagi põhjapanev. Selleks et sinu süsteem võiks laitmatult töötada, tuleb kujutise laotamiseks hälvitatavate kiirte liikumine nii saatjas kui ka vastuvõtjas ideaalselt kooskõlastada. Vähimgi faasinihe osutuks siin katastroofiliseks, sest see rikuks värvuste igasuguse tõepärasuse. Samal ajal pole olemas küllalt lineaarseid hälvitusseadiseid, mis suudaksid tagada nii suurt täpsust. Seepärast pole sinu idee tänapäeva tehnika käsutuses olevate vahenditega realiseeritav. Kuid kes teab, võib-olla ühel ilusal päeval kuuleme meiegi «Huviste süsteemist»[12].




**H.**: Mina aga mõtlesin . . .

### Kolmest kahurist koosnev patarei

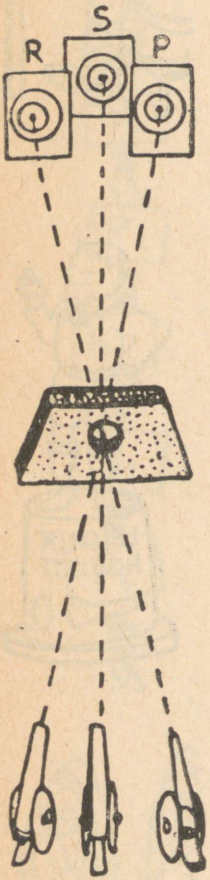
**T.**: Sinu ideel on mõningane sarnasus ühe teise, kergemini teostatavaga, mis on tänapäeval leidnud rohket kasutamist. Ülepunktilaotusega süsteemides võib vastuvõtuks kasutada kineskoopi, mille ekraan suudab ise reprodutseerida kolme põhivärvust. See ekraan on valmistatud mosaiigina, mis sarnaneb sinu leiutatud filtriga, kusjuures iga elementaarne pinnaosake helendab tänu luminofoori erilisele keemilisele koostisele ühe teatava põhivärvusega.

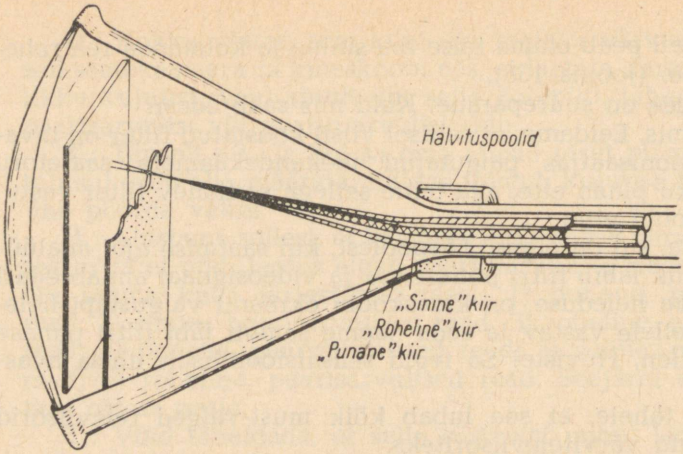
**H.**: Õige jutt: seni on veel kõik minu ideega kooskõlas.

**T.**: Kuid hiljem asjad muutuvad. Kineskoop on varustatud kolme elektronkahuriga, millest igaüks on ette nähtud ühe kindla põhivärvuse luminofoori punktikeste ergutamiseks.

---

[12] Targaste on lausa prohvet. Äsjaloetud lõik esineb käesolevas raamatus muutumatult juba selle esimesest, 1952. aastal ilmunud trükist. Mitu aastat hiljem patenteeriti televisioonisüsteem, mis igati sarnaneb Huviste «leiutisega». Ometi ei leidnud see praktilist rakendust.

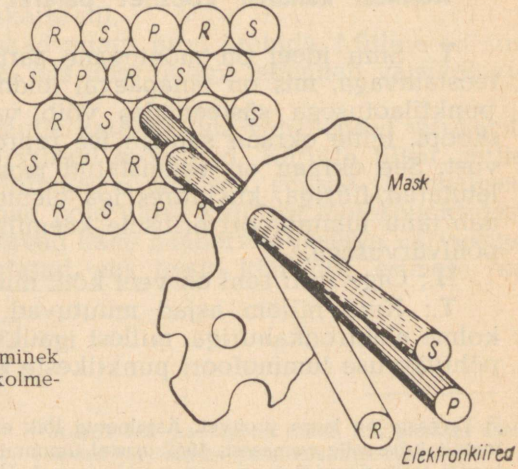



Joonis 139. Kolme elektronkahuriga kineskoobi lõige. Iga elektronkahuri elektronkiir tabab läbi maski aukude ainult neid punkte ekraanil, mis vastavad ühele kindlale põhivärvusele.

**H.**: Kuidas aga teha, et iga kahuri «mürsud» (elektronid) langeksid ainult ekraani sobiva värvusega valgust kiirgavatesse punktidesse?

**T.**: Selles peitubki põhiline kavalus. Elektronkahurite ja ekraani vahele on paigutatud mask (joonis 139), mis on konstruktsioonilt otsekui paljuauguline sõel. Igaüks nendest kolmest kiirest, mis kindla nurga all läbib maski avasid, võib sattuda ekraani mosaiigi elementidest ainult vastavat kindlat värvust kiirgavale luminofoorile.




Joonis 140. Elektronkiirte läbiminek maskist ja ekraanile suubumine kolmevärvilises kineskoobis.

**H.**: See on vaieldamatult teravmeelne.

**T.**: Loomulikult. Kuid teostada seda on keerukas ja kallis. Kujuta ette kineskoopi, mille 59-sentimeetrise läbimõõduga ekraan on valmistatud 400 000 luminestseerivast laotuselemendist-punktikolmikust koosneva mosaiigina. Maski aukude läbimõõt on 0,25 mm, kusjuures kahe naaberaugu vahekaugus on 0,6 mm. Mask asetseb umbes 15 mm kaugusel ekraani taga. Iga auk paikneb ekraani mosaiigi punasest, sinisest ja rohelisest luminofoorist koosneva punktikolmiku keskkoha ees. Tänu sellisele paigutusviisile «näeb» iga elektronkahur läbi maski aukude ainult seda värvust kiirgava luminofoori punktikesi, mille jaoks ta on mõeldud (joonis 140).

### Kahekordne ühildumine



**H.**: Sellise kineskoobi kasutamisel on järelikult küllaldane, kui üle kanda kujutised kolme põhivärvuse filtritega varustatud kolmest kaamerast selleks, et . . .

**T.**: Ei, sõbrake, niisugusel juhul langeksime taas patuteele, sest peaksime sagedusriba laiuse kolmekordistama. Pealegi ei jääks kahekordse ühildumise põhimõttest midagi üle.

**H.**: Mis arusaamatu kahekordne põhimõte see jällegi on? Aiman, et sellega muudad juba niigi keerulise probleemi veelgi hullemaks.

**T.**: See põhimõte tuleneb nõudest tagada värvitelevisiooni ja must-valge televisiooni rahulik kooseksisteerimine. Nimelt on tarvis, et tavalise must-valge televiisori omanik võiks näha ka värvitelevisiooni programmi.

**H.**: Kuid tema näeb kujutisi muidugi ainult must-valgetena, on see nii?

**T.**: Loomulikult. Ja teiselt poolt tuleb silmas pidada, et värviteleviisori omanik saaks näha ka must-valgeid saateid, neid muidugi mitte värvilistena, vaid must-valgetena.

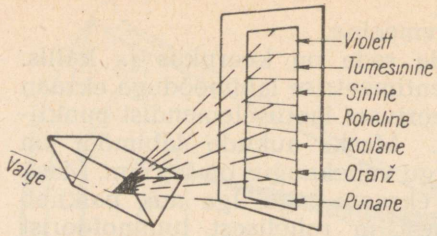
**H.**: Ilmselt tuleb siin kasutada mingit riugast; ma ei leia selle kahekordse ühildumise nõude täitmiseks mingit võimalust.

**T.**: See riugas, millele viitasid, on tegelikult lihtne. Kolmest signaalist *P* (punasest), *S* (sinisest) ja *R* (rohelisest), mis moodustatakse näiteks kolme vastavate filtritega varustatud saatetoru abil, saadakse täpselt selline signaal, mida annab ka tavaline must-valge televisioonikaamera . . . Kuule, Huviste, kas sa ei mõistata, kuidas seda tehakse?

**H.**: Tõele au andes, ei taipa.

**T.**: Selleks tuleb signaalid *P*, *S* ja *R* lihtsalt liita.

**H.**: Vaat kus nali! Loomulikult . . . Kuidas ma küll ise selle peale ei tulnud . . . Valge valgus, nagu see on suurepäraselt teada, koosneb kõikide värvuste segust. Meie füüsikaõpetaja tõestas




Joonis 141. Valge valguskiire lagundamine spektrivärvusteks prisma abil.

seda, lagundades päikesekiire prisma abil värviliseks spektriks (joonis 141).

**T.**: Loomulikult, Huviste! Nüüd sa ei imesta, kui ütlen, et doseerides kolme signaali *P*, *S* ja *R* ning arvestades sealjuures ka inimsilma ebaühtlast tundlikkust erinevate värvuste suhtes (rohelisetundlikkus on suurim), saadakse niinimetatud heledussignaal *H*, mis koosneb summast

$$H = 0{,}30P + 0{,}59R + 0{,}11S.$$

**H.**: Mul on tunne, et just see heledussignaal, mida kiirgab värvitelevisioonisaatja, loob võimaluse saada kujutist ka must-valgetes televiisorites ja niiviisi rahuldada üht sinu ühildamisnõuetest.

**T.**: Enam täpsemini ei saagi väljenduda, mu armas ja õpetatud sõber. Tõepoolest, värvitelevisioonisaatja kandelaine on moduleeritud heledussignaaliga (amplituudmodulatsioon).

**H.**: See on väga meeldiv. Kuid mida sa teeksid, et varustada värviteleviisorite omanikke värviliste kujutistega?

**T.**: Rahustu! Neidki pole unustatud. Nendele antakse värvussignaalid (nii nimetatakse signaale *P*, *S* ja *R*) abikandesageduse abil.




## Värvuste akrobaatika

**H.**: Üha hullemaks läheb! Sa oled täna otsustanud mind uute terminitega lausa üle puistata. Abikandesagedus . . . Tänan väga!

**T.**: Selles pole midagi ebatavalist. Tegemist on kõrgsagedusliku siinuspingega (rahvusvaheline kokkulepe määrab selleks 4,43 MHz), mis moduleerib kandesageduse amplituudi. Kuid tema ise on vastavalt kasutatavale süsteemile värvussignaalidega kas sagedus- või amplituudmoduleeritud.

**H.**: Oota, Targaste. Ma üritan sellest aru saada. Sinu põhikandesagedus, nagu võin täheldada, on samaaegselt allutatud kahele moduleerimisele. Ühelt poolt moduleeritakse teda heledussignaaliga, teiselt poolt moduleerib teda abikandesagedusvõnkumine, mis omakorda on moduleeritud värvussignaalidega. See meenutab mulle akrobaatide gruppi, kes on astunud oma kõige suurema

kaaslase õlgadele. Alumise akrobaadi nimi on Kandja. Näen, kuidas ta kannab kaht poissi, keda nimetatakse Heledussignaaliks ja Abikandesagedusvõnkumiseks. Teine nendest poistest kannab aga omakorda kolme akrobaati, kelle nimed on Punane, Sinine ja Roheline.

**T.**: Sinu poolt kirjeldatud pilt on väga efektne . . ., kuid tegelikust küllaltki kauge. Mõtle kõigepealt sellele, et pole üldse tarvidust kõiki kolme värvussignaali üle kanda; jätkub ainult kahest — tavaliselt on nendeks *P* ja *S*.

**H.**: Mida aga teed sa signaaliga *R*? Roheliseta ei saa ju värvusi õigesti reprodutseerida.

**T.**: Ma ei kavatse loobuda rohelisest, looduse värvusest. Kuid seda on vastuvõtjas kerge taastada, kui heledussignaalist *H* lahutada signaalid *P* ja *S* sobivas vahekorras.

**H.**: See on õige. Oleksin pidanud mõtlema sellele, et *R* osutub *H* koostisosaks . . . Ent kuidas saad ainult üht abikandesagedust moduleerides üle kanda kaht signaali *P* ja *S*?

### Žongleerimine värvustega



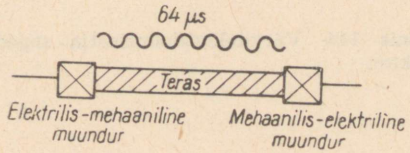

**T.**: Väga lihtsalt — järjestikku, s. o. vaheldumisi nende kahe signaaliga moduleerides. See on prantsuse süsteemi SECAM põhimõte (SECAM — lühend prantsuskeelsest nimetusest séquentiel à mémoire — järjestikku koos meelespidamisega).

**H.**: Kui aga kanda signaalid *P* ja *S* üle järjestikku, siis jääb alatasa üks ikkagi puudu.

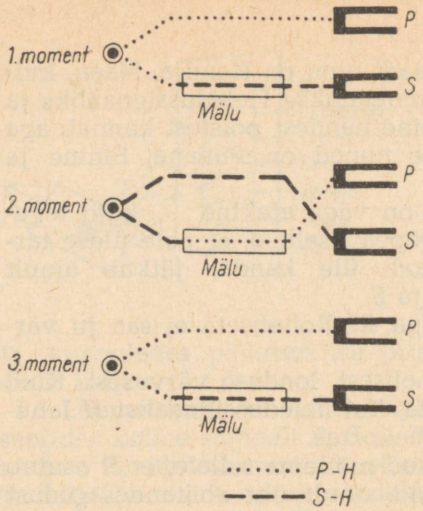
**T.**: Tõepoolest, ühe rea vältel kantakse üle signaal *P*, seejärel järgmise rea vältel signaal *S*, siis jälle *P*, taas *S* jne. Selleks et samaaegselt oleks kasutada kumbki signaal, kasutatakse mäluseadist.

**H.**: Olen lugenud, et elektronarvutites kasutatakse magnetilist «mälu».

**T.**: Siin on meil tegemist hoopis teist tüüpi mäluseadisega, nimelt viivisliiniga. Selleks on terasplaat (joonis 142), mis juhib mehaanilise võnkumise oma ühest otsast teise täpselt 64 mikrosekundi möödumisel, s. o. 625-realise standardi ühe rea laotamise kestuse järel. Kui saabub signaal *P*, suunatakse ta ühekorraga tüüriva impulsina kineskoobi vastavale elektronkahurile ja viivisliini sisendisse, kus signaali vahelduvpinge muundatakse analoogiliseks mehaaniliseks võnkumiseks. See võnkumine jõuab viivis-




Joonis 142. Viivisliin.




Joonis 143. Värvussignaalide poolperiood, nagu neid kantakse üle süsteemis SECAM. Tänu viivisliini mälule toidetakse elektronkahureid *P* ja *S* pidevalt vastavate signaalidega, samal ajal kui neid signaale kantakse üle ülerealiselt.

liini teise otsa 64 mikrosekundi pärast. Siin aga muundatakse see jällegi elektrivõnkumiseks, mida taas kasutatakse kineskoobi «punase» elektronkahuri tüürimiseks.



**H.**: Aga sel hetkel toob abikandesagedusvõnkumine meile hoopiski signaali *S*.

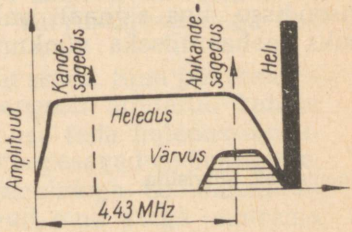
**T.**: Just nii. Ja seegi suunatakse vastavasse kahurisse ning viivisliini sisendisse (joonis 143).

**H.**: Selge! Sain aru!!! Tänu «mälule» viivisliini kujul hakkavad mõlemad värvussignaalid *P* ja *S* toimima samaaegselt. Kui üks nendest lendab abikandesageduse tiibadel, siis teine, mis saabus eelneva rea hälvitamise alguses viivisliini sisendisse, on selle väljundis samuti juba tegutsemiseks valmis . . . See meenutab mulle žonglööri . . .

**T.**: Muidugi-muidugi, võrdlus tsirkusega sobib siia hästi . . .

**H.**: Kindlasti: see on otsekui žonglöör, kellel on kaks kuuli — punane ja sinine. Kui üks nendest tõuseb üles, siis teine langeb alla. Kuid mõlemad on samaaegselt õhus.

**T.**: Enne kui abi saamiseks siirduda lõvitaltsutajate ja klounide juurde, teeksid paremini, kui asuksid põhiprobleemi — sagedusriba laiuse kallale.




Joonis 144. Värvitelevisioonisaatja sagedusspekter.

**H.**: Ma ei näe, kuidas sinu süsteemis seda lahendatakse.

**T.**: Sul on silmad peas, kuid sa ei näe ikka veel midagi... Soovitud lahenduse annab heledus- ja värvussignaalide eraldamine. Heledus antakse üle maksimaalse detailide arvuga, kasutades selleks tervet sagedusriba, täpselt samasugust nagu must-valge saate puhul. Värvussignaalide jaoks jätkub kitsast sagedusribast (joonis 144).

**H.**: See on räbal! Värvuste täpsus ja selgus osutub meie kujutistel halvaks ja värvused laialivalguvateks. Milleks siis...

**T.**: See pole üldse oluline. Meie nägemisel on väga huvitav psühhofüsioloogiline omadus. Kui silm on must-valgete kujutiste teravuse suhtes väga tundlik, siis tajub ta seda viletsamini teravuse puudumist värvuste osas.

**H.**: Kuid seda ma tean juba oma lapsepõlvest.

**T.**: ?...

**H.**: No-jah. Kui mulle anti album värvitavate piltidega, siis ma määrisin sellele laiad värvilised laigud. Vaatamata sellele säilisid piltidel selgetena kõik detailid, mis olid suurepäraselt trükitud musta värviga.

**T.**: Nähtavasti olid sinu piltide mustad kontuurid, s. o. «heledussignaalid» tunduvalt tähtsamad kui «värvussignaalid»...

# 20.

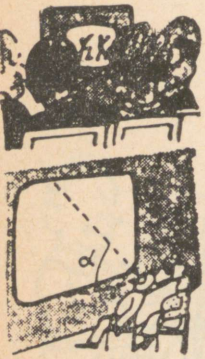
## VESTLUS

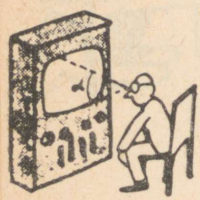
Oma vestluste seeria lõpul vaatlevad meie sõbrad televisiooni viimast olulist probleemi: vastuvõttu suurel ekraanil.

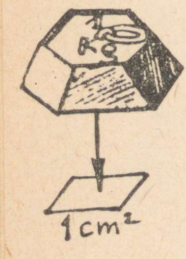
Kineskoobi luminestseerival ekraanil saadavate kujutiste mõõtmed võivad rahuldada üksikvaataja nõudeid. Kollektiivne vastuvõtt vaatesaalis tekitab vajaduse kujutiste projitseerimiseks suurele ekraanile. Targaste ja Huviste vaatlevad järgmisi suurte kujutiste saamise raske probleemi mitmesuguseid aspekte, nagu:

**kineskoopide piiratud mõõtmed, objektiivi abil projitseerimine, heleduse probleem, spetsiaalsed projektsioonkineskoobid, peegeldavad optilised süsteemid, televisiooni areng, analüütilise meetodi hüved.**

### KUJUTIS MUUTUB SUUREKS








#### Mõõtmed ja raskused

**Huviste:** Jätame ajutiselt tehnikaküsimused kõrvale. Mind häirivad kujutise liiga väikesed mõõtmed.

**Targaste:** See tekib televiisoriekraani tahtmatust võrdlemisest kinoekraaniga.

**H.:** Televiisoriekraan näib kinoekraaniga võrreldes täiesti ilmselt tühiselt väikesena.

**T.:** Ja siiski on tegeliku tähtsusega ainult nurk, mille all kujutist näeme. Kummalgi juhul võib vaatenurk olla võrdne või televiisori vaatamisel osutuda isegi suuremaks. See oleneb ainult ekraani kaugusest. Kuid siis asetuksid sa liiga lähedale ja kujutise laotusread muutuksid liiga hästi eristatavateks. Seda tuleb aga vältida . . . Siiski tunnistan, et kujutise mõõtmete suurendamine on mitmest seisukohast soovitav.

**H.:** Miks ei toodeta väga suuri kineskoope?

**T.:** Aga kas oled juba unustanud, mida me kunagi varem kõnelesime atmosfääri rõhust elektronkiiretoru balloonile?

**H.:** Tean, et atmosfäär rõhub kineskoobi pinna igale ruutsentimeetrile 1-kilogrammise jõuga. Me arvutasime isegi, et rõhk 40-sentimeetrise läbimõõduga kineskoobile on 3 tonni!

**T.:** Tõsi, saab valmistada kineskoope, mille ekraani läbimõõt on kuni 75 cm; nende kolvi kooniline osa on valmistatud terasest; sel puhul tuleb muidugi usaldatavalt tagada tema hermeetiline liitumine klaasekraaniga.

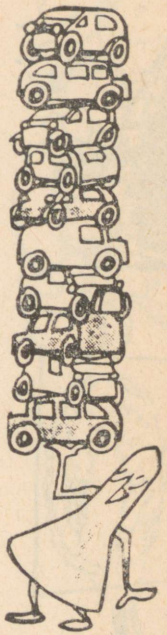
**H.:** Kui ma ei eksi, on rõhk, millele selline kineskoop allub, ligikaudu 10 tonni. Peaaegu pool sellest survest lasub ekraanil, mis peab järelikult taluma kuue korraliku sõiduauto raskust.

**T.:** Saab ehitada ka kineskoope, mis taluvad suurematki rõhku. Hoopis üks teine tegur piirab ekraani ülemäärast suurendamist. Kas aimad, mida mõtlen?

**H.**: Omahind?

**T.**: Ka see on takistuseks. Kuid kas mõtlesid sellele, et tavaliste uste laius on keskmiselt 75 cm ja suuremõõtmelise kineskoobi viimine ühest toast teise või isegi korterisse toomine muutuks võimatuks?

**H.**: Jah, sellele ma tõepoolest ei mõelnud. Veel üks küsimus. Kuidas saada küllalt suurt televisioonikujutist, mida võiks jälgida vaatesaalis?



### Murdumine ja peegeldumine projektsioonis

**T.**: Tuleb teha sedasama mida fotograafiaski, kus negatiivide mõõtmetel on vähenemistendents, samal ajal kui positiivide mõõtmed võivad peaaegu piiramatult suureneda.

**H.**: Suurendamine?

**T.**: Just nimelt.

**H.**: Kindlasti! Oleksin pidanud ise sellele tulema. Tõepoolest, pole midagi lihtsamat. On ju fotosuurendi õigupoolest meie vanaisadeaegne mõnus «laterna magica», võlulatern. Kineskoobi ette tuleb niisiis asetada projektsiooniobjektiiv, et projitseerida kujutis kui tahes suurte mõõtmetega ekraanile (joonis 145). See on tõepoolest väga lihtne!

**T.**: Isegi liiga lihtne! Su kujutis jääb lubamatult kahvatuks. Kujutise näiteks 8-kordsel suurendamisel tuleb esialgne valgushulk jaotada ekraanile, mille pindala on kasvanud 64 korda. Kui katoodtoru ekraanil on kujutis mõõtmetega $18 \cdot 24 = 432$ cm$^2$ ja see on projitseeritud ekraanile, mille mõõtmed on $144 \cdot 192 = 27\,648$ cm$^2$, siis sama valgusekogus tuleb jaotada 64 korda suuremale pinnale.



**H.**: Elektronlambi nimel! Nii saame tõesti päris tuhmi kujutise!

**T.**: Veelgi tuhmima, kui sa arvad. Nimelt laseb objektiiv valgusvoost läbi ainult teatava osa. Järelikult osutub projitseeritud kujutise heledus veelgi väiksemaks.

**H.**: Kas heleduse suurendamiseks pole vahendeid?

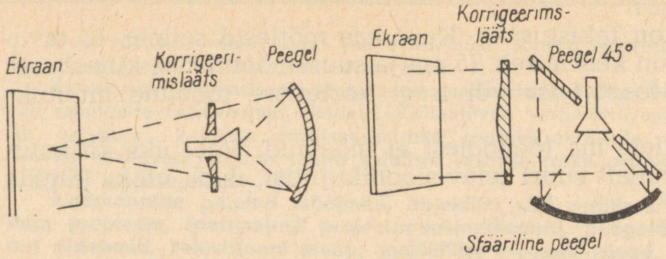
**T.**: Seda just tehaksegi spetsiaalsetes projitseerimiseks mõeldud kineskoopides. Nendes saadakse kujutise suur heledus elektronide kiiruse tunduva suurendamise teel, kasutades selleks kõrgeid anoodpingeid (mitukümmend kuni sada tuhat volti). Tabades fluorestseerivat ekraani, annavad need kiired elektronid väga



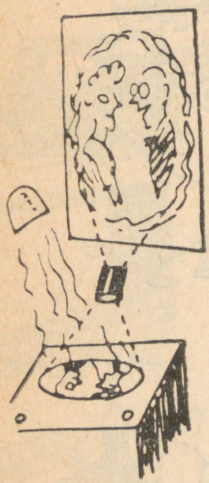

Joonis 145. Objektiivi abil suurele ekraanile projitseerimise süsteem.








Joonis 146. Sfäärilise peegli abil projitseerimise süsteem. Vasakul — lineaarsüsteem, mille puhul kaotatakse teatav hulk valgust, sest kineskoop varjab osaliselt ekraani; paremal — 45° nurga alla paigutatud peegel lubab teataval määral vältida seda ebameeldivust.



heleda valgustäpi. Paraku ei allu nad oma suure kiiruse tõttu hälvitusele kuigi hõlpsalt ja seetõttu jääb hälvitusnurk võrdlemisi väikeseks. Üldiselt on projektsioonkineskoobid väikese ekraaniga. Ka on niisuguste kineskoopide eluiga lühike. Siiski õnnestub taolisel viisil luua kinoekraanisuuruste mõõtmetega televisioonikujutisi.

**H.**: Võib-olla kõnelen rumalust. Aga kui objektiiviga projektsioonisüsteemi saab võrrelda astronoomilise refraktoriga, kas siis ei saaks kasutada mingit peegelteleskoobi-taolist seadist, s. o. kasutada peegeldumist ühes või mitmes peeglis.

**T.**: Sinu idee pole üldse naeruväärne. On ka peeglitega projektsioonisüsteeme, millel on objektiivsüsteemidega võrreldes olulisi eeliseid (joonis 146). Sfäärilise peegli ja korrigeerimisläätsega optilise süsteemi valguse ülekandetegur on 4 korda suurem kui tavalisel objektiivil. Nii peegel kui ka korrigeerimislääts on sama kvaliteediga objektiivist lihtsamad valmistada ja odavamad. Kui kasutada 45° kaldega peeglit, siis saab pikendada valguskiire teekonda ja vähendada niiviisi terve seadmestiku mõõtmeid.

**H.**: Üldiselt, tulevik on peeglitega projitseerimise päralt?

**T.**: Selles valdkonnas, kus tehnika peab veel palju korda saatma, pole kerge kindlat vastust anda. Kujutise suurendamise eesmärgil kasutatakse ka skiatroni . . .




### Huviste lausub lõpusõnad

**H.**: Tunnen, et me sukeldusime väga kiiresti arenevasse tehnikaalasse.

**T.**: Täiesti õige. Televisioonitehnika pole kaugeltki veel stabiliseerunud ja on alles lõplike lahenduste otsimise staadiumis. Televisioon on jõudnud kinotehnika täiuseni. Nii nagu kino, on ka

televisioon varustatud heli ja värvustega. Nii nagu kinoski, pole enam raske allutada kolmandatki mõõdet, sest ruumiliste kujutiste saamise tehnilised võtted, mida kasutatakse kinos, sobivad ka televisioonis. Meie päevil on üks uustulnuk, transistor, hakanud edukalt asendama elektronlampe. Kuid paljugi jääb veel teha ja kui see uudne tehnika sind veetleb, võiksid oma noort jõudu siin tulusalt rakendada.



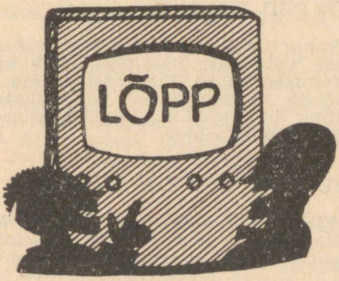
**H.**: Kas sa pead minu teadmisi küllaldaseks selleks, et jalamaid asuda viljakale teaduslikule uurimistööle?

**T.**: Minu põhiliseks eesmärgiks oli anda sulle oskused mõista skeemi erinevate osade ülesannet ja talitluspõhimõtet. Nüüd ei saa sind enam ükski skeem ehmatada, olgu see esimesel pilgul ükskõik kui keeruline.

**H.**: Tean, mida sa nüüd ütled. Sa oled alati soovitanud jaotada niisugune skeem mitmeks algeliseks seadiseks, milliseid oleme koos sinuga põhjalikult vaadelnud.

**T.**: Täiesti õige. Ja kui sa õpid niiviisi toimima, kui sa jätkad televisioonitehnika arengu jälgimist, kui loed erialaseid raamatuid ja ajakirju, siis võid veenduda, et televisioon . . .

**H.**: Televisioon? . . . See on imelihtne!



SISUKORD

Saateks eestikeelsele väljaandele . . . . . 5

Eessõna . . . . . 7

**Esimene vestlus.** VIDEOSAGEDUS JA KÕRGSAGEDUS . . . . . 9

Meeterlained ja nende levimine. Televisioonisaatja tegevuskaugus. Modulatsiooni külgribad. Kujutise elementide järjestikuse ülekandmise põhimõte. Videosignaal. Ristkülikulise signaali moonutamine ja selle muundumine sinusoidiks. Maksimaalne videosagedus. Ruumipuudus eetris. Meeterlainete kasutamine. Kande- ja moduleerivsageduste vahekord.

**Teine vestlus.** RETK MINEVIKKU . . . . . 20

Nipkovi ketas. Kujutise laotamine. Ülerealaotus. Fotoelement. Kujutise saatja. Sünkroonsus. Neoonlambiga vastuvõtja. Mehaaniliste televisioonisüsteemide puudused.

**Kolmas vestlus.** ELEKTRONID TÜHJUSES . . . . . 28

Elektroonika. Elektronkahuri ehitus. Atmosfääri rõhumine elektronkiiretorule. Selle purunemise võimalus. Luminestseeriv ekraan. Elektronoptika. Elektrostaatiline fokuseerimine. Elektrostaatiline lääts. Elektrontäpp. Elektronide kiirus. Nende tagastumine toiteallikasse. Alumineeritud ekraanid. Elektrostaatiline hälvitamine. Horisontaalsed ja vertikaalsed hälvitusplaadid. Kujutise formeerimine.

**Neljas vestlus.** JALUTUSKÄIK MÖÖDA VÄLJASID . . . . . 37

Elektroni magnetväli. Elektri- ja magnetvälja kuju. Magnetväljade koostoime. Hälvituspoolid. Magnetiline fokuseerimine. Elektrostaatilise ja elektromagnetilise tüürimisega torude võrdlus. Hälvituse tundlikkus. Maksimaalne hälvitusnurk.

**Viies vestlus.** SAAG AJA TÜKELDAMISEKS . . . . . 47

Saehammaspinge. Selle formeerimine mehaanilise seadise abil. Peaaegu tunniga ümber maailma. Kondensaatori laadimine ja tühjenemine. Ajakonstant. Eksponentkõver. Neoonlambiga hälvitusgeneraator.

**Kuues vestlus.** LAOTUSGENERAATORITE PÕHIMÕTTED . . . . . 56

Türatroniga hälvitusgeneraatorid. Võretüürimistegur. Võnkeamplituudi reguleerimine. Sünkroniseerimisimpulsid. Tühjenemise algus. Lineariseerimine küllastusrežiimis dioodi abil. Lineariseerimine pentoodi abil. Vastupidise kõverusega tunnusjoont omavate lampide kasutamine.

**Seitsmes vestlus.** LAOTUSGENERAATORID VAAKUUMLAMPIDEGA . . 65

Kondensaatori tühjendamine läbi vaakuumlambi. Blokeergeneraator. Tema talitlusfaasid. Hälvituslülitused blokeergeneraatoriga. Multivibraator. Ristkülikulise kujuga võnkumine. Katoodsidestuses multivibraator. Hammaspinge formeerimine.

**Kaheksas vestlus.** SAE HAMBAD TÖÖS . . . . . 74

Saehammaspinge võimendamine. Sümmeetriliste pingete saamine. Polaarsuse muutmine lambi abil. Hälvitava magnetvälja tugevus. Hälvituspoolide induktiivsus. Voolu tugevnemine ja nõrgenemine. Ülepingete kõrgus. Väikese induktiivtakistusega poolid. Sobitustrafo. Ettevaatusabinõud isoleerimise osas. Pildilaotus. Parasiitvõnkumine. Summutusdiood.

**Üheksas vestlus.** SAATJA POOLEL . . . . . 86

Fotoelemendi valgustamise kestus. Pideva ja katkendliku valgustamisega meetodid. Laengute kogumine. Ikonoskoop. Valgustundlik mosaiik. Elektronkommutaator. Sekundaaremissioon. Superikonoskoop. Superortikon. Elektronkordisti.

**Kümnes vestlus.** SÜNKRONISEERIMISIMPULSID JA LAINED . . . . 97

Saatja üldskeem. Elektrooniline pildiotsija. Televisioonisignaali kuju. Amplituudi eraldamine. Tagasiliikuva kiire kustutamine. Rea- ja pildisünkroniseerimisimpulsside kuju. Videosagedusriba. Saade ühel külgribal. Kasutatavad kandesagedused. Kujutise ja heli sagedusspekter.

**Üheteistkümnes vestlus.** KONSERVIKARPIDEST TELEVIISORID . . . 107

Otsevõimendus ja superlülitus. Heli vastuvõtublokk. Kõrgsagedusastmed. Tundlikkus ja heli ning kujutise eraldamine. Vastuvõtt ühel külgribal. Alaliskomponendi taastamine. Amplituudi eraldamine. Vastavad skeemid. Kujutise ja heli ühine võimendamine kõrgsageduse osas. Kujutise ja heli eraldamine supervastuvõtjas. Ostsillaatori sageduse triivimise toime heli vastuvõtule.

**Kaheteistkümnes vestlus.** NÕRK SIGNAAL SAAGU TUGEVAKS . . . 117

Võimendus ja eraldusteravus (selektiivsus). Vajadus mitme kõrgsagedusastme järele. Mürad televisioonis. Nende vähendamine kõrgsageduse eelvõimendamisega. Peegelsignaali summutamine. Suhe $L/C$ häälestatud võnkeringides. Südamikuta, kuid ka ferromagnetilise ja vasksüdamikuga pooli häälestamine. Summutustakisti. Lahtisidestamine. Lahkuhäälestatud võnkeringide meetod. Kontrastsus. Sageduse muundamine. Colpittsi lülituses ostsillaator. Heli ja kujutise eraldamine.

**Kolmeteistkümnes vestlus.** KÕRGSAGEDUSEST KINESKOOBINI . . . 129

Positiivse ja negatiivse polaarsusega väljundpingega detekteerimine. Polaarsus ühe ja kahe videovõimendusastme puhul. Detektoriahela parameetrid. Sümmeetriline skeem. Võimenduse suurus videosagedusel. Parasiitmahtuvuste toime. Koormustakisti takistus. Korrektsiooni järjestik-, rööp- ja segaskeem.

**Neljateistkümnes vestlus.** NÄPPAMINE JA TAGASTAMINE . . . . 140

Signaali läbimine kondensaatorist. Mittesümmeetrilised signaalid. Alaliskomponendi kaotamine. Selle toime kujutise keskmisele heledusele ja sünkroniseerimisele. Otsesidestuses lülitus. Alaliskomponendi taastamine dioodiga. Taastamisdioodi ühendamisviis. Eelpingestamine unipolaarsignaalide puhul.

**Viieteistkümnes vestlus.** ERALDAMINE JA SORTEERIMINE . . . . 149

Tarvidus impulsside eraldamiseks. Piiramine. Rööp- ja järjestikdioodiga amplituudieraldaja. Skeem pentoodiga. Polaarsuse küsimused. Taastamisdioodi kasutamine. Kestuse muundamine amplituudiks. Diferentseerimine ja integreerimine. Ajakonstandi toime. Diferentseeritud ja integreeritud signaalide kuju. Praktilised skeemid.

**Kuueteistkümnes vestlus.** TOITUMISPROBLEEMID . . . . . 165

Anoodtoide. Filtreerimine. Fokuseerimine ja heleduse reguleerimine. Ühe anoodiga alalduslambiga kõrgepingealaldi. Ettevaatusabinõud ja ohud kõrgepingega töötamisel. Maksimaalne vastupinge. Pooljuhtalaldid. Pingekahekordisti. Elektrostaatilise tüürimisega elektronkiiretoru toitmine. Madalsagedus- ja kõrgsagedusgeneraatorites saadav kõrgepinge. Ridade tagasijooksul tekkiva ülepinge kasutamine.

**Seitsmeteistkümnes vestlus.** LÕKS LAINETE JAOKS . . . . . 176

Meeterlainete levimine. Poollaineantenn. Läbilaskeriba probleem. Elektromagnetilise välja polarisatsioon. Voolu intensiivsuse jagunemine antennis. Vibraator ja toiteliin. Peegeldumine. Takistuste sobitamine. Lainetakistus. Toiteliini ühendamine. Erinevad antennitüübid. Silmusantenni iseärasused. Kõrvalkujutised. Suundantennid. Peegeldi toime. Suunaja. Passiivsete elementide mõõtmed.

**Kaheksateistkümnes vestlus.** KAKS TÄIELIKKU TELEVIISORI SKEEMI . . 188

Otsevõimendusvastuvõtja. Lülitusskeemide blokkide uurimine. Sagedusmuunduriga televiisor. Sünkroniseerimisimpulsside võimendamine. Impulsside polaarsus.

**Üheksateistkümnes vestlus.** KÕIK VÄRVUSED . . . . . 199

Kolme põhivärvuse printsiip. Kujutise jaotamine põhivärvusteks. Kujutise taastamine. Kolme värvi kujutise samaaegne ülekandmine. Järjestikuse ülekandmise meetod. Ketasfilter. Modulatsiooniribade probleem. Rastrite, ridade ja punktide vaheldumine. Kolmevärviekraan. Kolme elektronkahuriga ja aukmaskiga kineskoop. Järjestikuse mäluseadisega süsteem.

**Kahekümnes vestlus.** KUJUTIS MUUTUB SUUREKS . . . . . 210

Kineskoopide piiratud mõõtmed. Objektiivi abil projitseerimine. Heleduse probleem. Spetsiaalsed projektsioonkineskoobid. Peegeldavad optilised süsteemid. Televisiooni areng. Analüütilise meetodi hüved.

Э. Айсберг. ТЕЛЕВИДЕНИЕ? . . . ЭТО ОЧЕНЬ ПРОСТО! На эстонском языке. Перевел с французского Х. Педусаар. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja L. Abo. Kunstiline toimetaja M. Niin. Tehniline toimetaja E. Toomsalu. Korrektorid M. Maide ja A. Lember. Laduda antud 22. X 1969. Trükkida antud 6. I 1970. Kohila Paberivabriku trükipaber nr. 2, 70×90/16. Trükipoognaid 13,5. Tingtrükipoognaid 15,8. Arvestuspoognaid 15,63. Trükiarv 10 000. Tellimuse nr. 6255. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk t. 2. Hind 89 kop.

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00901589 4