

tävä katodi. Putkessa (a) on katodin ja positiivisen jännitteen (noin 200 V) omaavan hohtoanodin välillä pieni katodisäteitä ohjaava ohjausanodi (B). Kuten pienempi tämän ohjausanodin positiivinen jännite on sitä suuremmaksi tulee hohtoanodilla oleva väritön alue. Putkessa (b) nähdään taas kaksi tällaista ohjausanodia. Lisäksi nähdään näiden ja katodin välillä pieni apuhila. Tämän tarkoituksena on vaikuttaa hohtoanodiin suuntautuvaan elektronivirtaukseen hidastavasti niin, että putken herkkyyks saadaan nousemaan. Herkkyyks on nimittäin sitä pienempi mitä suurempi elektronien nopeus on, sillä sitä vähemmän ne silloin seuraavat ohjausanodien kenttää. Tällaista kahdella ohjausanodilla varustettua näköviritysputkea kutsutaan myös kaksikerkkyyksiputkeksi. Putken yhteyteen rakennettuna vahvistinosaa voidaan tavallisesti käyttää joko erikseen tai ysinomaan poikkeuttamisjännitteen vahvistamiseen. Kuva 173 esittää erästä näköviritysputken kytkentää.

## VASTAANOTTIMET

### A. Suorakytkentävastaanottimet.

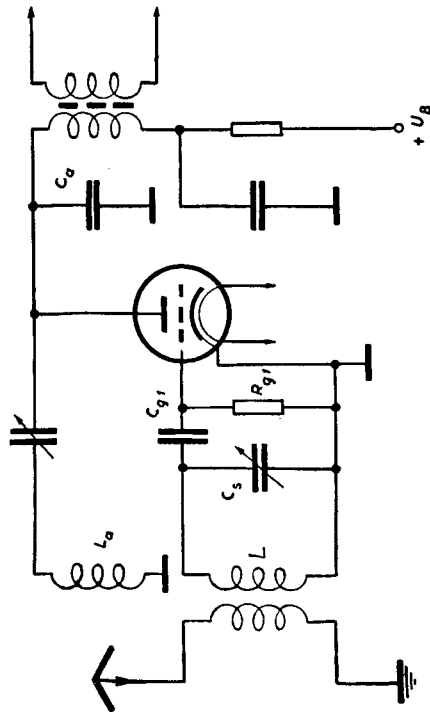
Yksinkertaisimman putkivastaanottimen muodostaa takaisinkytketty hila tai anodi-ilmaisim. Näistä on edellinen kuitenkin eniten käytetty suuren herkkyytensä vuoksi, joten seuraavassa lieneekin paikallaan tarkastella tätä hieman lähemmin. Takaisinkytkentä on varsinaisesta ilmaisusta erillinen ilmiö, jonka tarkoituksena on lisätä vastaanottimen herkkyyttä ja tehdä modulaattomien läheteiden vastaanotto (ilmaisimen itsevärähdellessä) interferenssin kautta mahdolliseksi. Tällaista takaisinkytkettyä ilmaisinta kutsutaan suorakytkentävastaanottimeksi (kuva 174).

Tarkastellaan ensin ilmaisimen toimintaa sellaisenaan. Hilailmaisimessa tapahtuu varsinainen tasasuuntaus hilalla. Tälle annetaan sellainen etujännite, että lepopiste asettuu ominaiskäyrän suoralle yläosalle kohtaan, jossa vastaavasti hilavirtakäyrän kaarevuus on suurimmillaan. Tasasuuntaus tapahtuu siis hilavirtaominaiskäyrän mukaan. Moduloitu suurjaksajännite johdetaan hilalle kuvan 174 mukaan  $R_g C_g$ -elimen kautta, jonka aikavakio on valittu niin suureksi, ettei kondensaattorin purkaus ehdi seurata suurjaksosvärehtelyä, mutta sensijaan mahdollisimman tarkoin moduloivaa pienjaksajännitettä. Tällöin tasasuuntautuu suurjaksajännite ja  $R_g$ -llä jää pohjimmitaan vaikuttamaan hilaan nähden negatiivinen tasajännite, jonka suuruus riippuu suuren jaksajännitteen amplitudista ja hilavirtakäyrän jyrkkyydestä. Toimintapääsiirtyy siis vasemmalle, sitä enemmän, mitä suuremmaksi suurjaksosamplitudi tulee. Koska suurjaksosamplitudi vaihtelee modulaatiojaksoluvun tahdissa joutuu siis edellämainittu tasajännite ja tämän kautta myös toimintapäävaihtelemään sen mukaisesti ja aiheuttamaan vastaavia muutoksia anodivirrassa. Anodivirta seuraa siis hilalla vaikuttavaa pienjaksosista jännitettä joka tämän kautta samalla vahvistuu.

Hilailmaisimen toiminta on suuresti riippuvainen mainitusta aikavakiosta

$$\tau = \frac{C_g \cdot R}{1 \text{ pF} \cdot 1 \text{ M}\Omega} \mu\text{s}.$$

Tarkastellaan hieman tämän valitsemista. Aikavakion suuruutta joutuu rajoittamaan lähinnä korkeammat modulaatiojaksoluvut. Myöskin vaikuttaa asiaan modulaatioisyvyys, koska kondensaattorin purettavaksi silloin tulee suurempi sähkömäärä samassa ajassa. Yleensä on 5000 Hz:ä pidetty korkein



Kuva 174.

pana jaksolukuna, joka pystyy moduloimaan lähetintä 100 %:a ja siksi myöskin asetettu lähtökohdaksi ilmaisimien aikavakioiden valitsemisessa. Se sinimuotoisen käyrän osan pituus, jonka aikana kondensaattori lyhyimmässä ajassa joutuu purkamaan suurimman sähkömäärän, on suunnilleen  $1/4 \cdot T$ , jos  $T$  on yhteen jaksoon menevä aika. Tällöin saadaan

$$\tau = \frac{1}{4} \cdot T = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{f_{pj}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{5000} \text{ s} = 50 \mu\text{s}.$$

Tämän suuruiseksi siis aikavakioa enintään tehdään. Kun  $R_g = 1 \text{ M}\Omega$ , saadaan silloin  $C_g$ :lle arvo

$$C_g = \frac{\tau/\mu\text{s}}{R_g/1 \text{ M}\Omega} \text{ pF} = 50 \text{ pF}.$$

Tarkastellaan sitten, miten tämä aikavakio suhtautuu, kun esim.  $f_{pj} = 10\,000$  Hz ja  $f_{sj} = 500$  kHz. Saamme ensimmäinkin vastaaviksi jaksonajoiksi

$$T_{pj} = \frac{1}{f_{pj}} = \frac{1}{10^4} \text{ s} = 100 \mu\text{s}$$

ja

$$T_{sj} = \frac{1}{f_{sj}} = \frac{1}{5 \cdot 10^5} \text{ s} = 2 \mu\text{s}$$

sekä aikavakion ja näiden väliseksi suhteiksi

$$\frac{T_{pj}}{\tau} = \frac{100}{50} = 2$$

ja

$$\frac{T_{sj}}{\tau} = \frac{2}{50} = 0,04.$$

Koska kondensaattori purkautuu eksponentiaalilain mukaan, saadaan suurkan purkautuneen osan suuruudeksi

$$1 - e^{-\frac{T_{sj}}{\tau}} = 1 - \frac{1}{e^{0,04}} = 0,04 = 4\%$$

ja modulatiojaksoluvun purkautuneen osan suuruudeksi

$$1 - e^{-\frac{T_{pj}}{\tau}} = 1 - \frac{1}{e^2} = 0,865 = 86,5\%$$

joten modulatiojaksoluku on päässyt melkein kokonaisuudessaan vaikuttamaan hilajännitteeseen. Aikavakio on siis näillekin jaksoluville katsotta sopivaksi.

Toisaalta on  $C_g$ :n valinnassa myös huomioitava se, että virityspiiri vaikuttava jännite mahdollisimman häviöttömästi saadaan hilalle. Yleensä pidetään sallittuna rajana 2 % häviötä  $C_g$ :llä, jolloin  $C_g$ :n arvo voidaan tarkistaa yhtälöstä

$$C_g = \frac{1}{2\pi \cdot f_{sj} \cdot 0,2 \cdot R_g}.$$

Kaavasta nähdään, että myöskin  $R_g$  olisi pyrittävä saamaan mahdollisimman suureksi. Tälle asettaa kuitenkin aikavakioyksitys rajan. Yleensä määrätään putkitaulukoiden mukaan. Kuvassa 174 nähdään  $R_g$ :n kytkemisen hilan ja katodin välillä. Tästä aiheutuu värähtelypiirille rinnakkainen vaimennusvastus, jonka suuruus on noin

$$R_v = \frac{R_g}{3}$$

Vaimennus saadaan jonkun verran pienemmäksi jos  $R_g$  kytketään  $C_g$ :n kannan rinnakkain, jolloin

$$R_v = \frac{R_g}{2}$$

$R_g$ :n kautta tällöin aiheutunut piirin lisävaimennus voidaan merkitä lausekkeella

$$d_v = \frac{1}{\omega C \cdot R_v} = \frac{\omega L}{R_v},$$

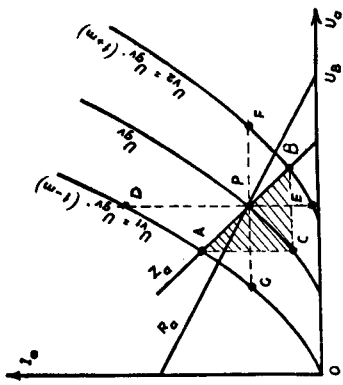
missä  $C$  = säätökondensaattorin kapasitanssi,  $L$  = piirikelan induktanssi  $\omega = 2\pi \cdot f_{sj}$ . Jos piiriin oma vaimennus on

$$d_0 = \frac{R}{\omega L},$$

saadaan siis kokonaisvaimennukseksi  $d = d_0 + d_v$ .

Tarkastellaan sitten hilailmaisimesta saatavia pienjakojoännitteitä ja toja. Hilailmaisim, jonka anodipiirin pienjaksosoinen kuormitusvastus on ja putken sisäinen vastus pienjakoisille virroille  $R_{ip}$ , luovuttaa

$$U_{pj} = \mu \cdot m \cdot U_{gsj} \cdot \frac{Z_a}{R_{ip} + Z_a}$$



Kuva 175.

suuruisen pienjakoännitteen. Pienjakoavahvistukseksi saadaan siis tämän mukaan

$$V_{pj} = \frac{U_{pj}}{m \cdot U_{gsj}} = \mu \cdot \frac{Z_a}{R_{ip} + Z_a}.$$

$U_{pj}$  voidaan määrätä myös grafisesti kuvan 175 mukaisella tavalla, kun ilmaisimen  $I_a = f(U_a; U_{gsj})$  käyrät on ensin mitattu kuvan 176 mukaisen yksinkertaisen mittauskytkennän avulla. Kuvassa olevin merkinnöin on silloin pienjakoisille virroille putken tehollinen sisäinen vastus

$$R_{ip} = \frac{GF}{DE}$$

sekä

$$I_{pj} = \frac{AC}{2}$$

ja

$$U_{pj} = \frac{BO}{2}.$$

Kuvan perusteella voidaan myöskin määrätä ilmaisimen särökerroin

$$k_s = \frac{AP - BP}{2 \cdot AB}.$$

Kuten alussa mainittiin voidaan ilmaisimen vahvistusta huomattavasti lisätä käyttämällä sen yhteydessä takaisinkytkentää. Tämän avulla siirretään määrätyn suuruisen anodivirrasta riippuvainen takaisinkytkentäjännite tarkalleen samantavaiseksi takaisin hilapiirille, jonka vaimennus tämän kautta pienenee ja herkkyys kasvaa. Hilapiirin sanotaan tällöin saavan vastavaiennusta. Jos merkitään hilapiirillä vaikuttavaksi vaihtojännitteeksi ilman takaisinkytkentää  $U_{gv}$  ja takaisinkytkentäjännitteeksi  $U_{gk}$ , saadaan hilapiirin jännitteeksi takaisinkytkennän kautta

$$U'_{gv} = U_{gv} + U_{gk} = U_{gv} + k_0 \cdot I_{av}$$

missä  $I_{av}$  on anodivaihtovirta ja  $k_0 = \frac{U_{gk}}{I_{av}}$  kytkentäkerroin. Jos kytkentäkerrointa lisätään, saavutetaan viimein arvo

$$k_{0r} = \frac{d_0}{S_0} \cdot \sqrt{\frac{L}{L_a} \cdot \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{a}},$$

jolloin piirivaimennus häviää ja laite alkaa itsevärähdellä. Tässä on

$$\alpha = \frac{1}{1 + \left( \frac{\omega L_a - 1/\omega C_a}{R_i} \right)^2} = \frac{1}{1 + \left( \frac{\omega L_a}{R_i} \right)^2 \cdot \left( 1 - \frac{1}{\omega^2 L_a C_a} \right)^2},$$

ja

$$d_0 = R \cdot \omega C = \frac{R}{\omega L}, \quad (\omega = 2\pi \cdot f_{sj})$$

sekä  $S_0$  putken staattinen jyrkkyys.

Jos  $k_0 < k_{0r}$ , mikä onkin suorakytkentävastaanotossa moduloitua lähetystä kuunnellessa tarkoitus, saavutetaan takaisinkytkennän kautta eräs lisävahvistus

$$V_k = \frac{1}{1 - k_0/k_{0r}},$$

jota sanotaan takaisinkytkentävahvistukseksi. Tällöin on moduloimattomalla kantoaallolla esim.

$$U'_{gv} = U_{gv} \cdot V_k$$

ja kokonaisvahvistus moduloimilla

$$V = \frac{V_{pj} \cdot V_k}{d_0}.$$

Takaisinkytkentäkelan induktanssin ja piirikelan induktanssin välinen suhde  $L/L_a$  on tavallisimmin 4.  $L_a$  voidaan kuitenkin likimääräisesti erikseenkin laskea yhtälöstä

$$L_a = \frac{d \cdot C/pF}{k_{0r}^2 \cdot S/mA/V} \cdot \mu H.$$

Anodikondensaattori  $C_a$ , jonka tarkoituksena on suodattaa anodivirran suurjako-osa pois voidaan määrätä yhtälöstä

$$C_a = \frac{R_{ip} + R_a}{\pi \cdot f_y \cdot R_{ip} \cdot R_a}$$

ja kytkentäkondensaattori  $C_k$  yhtälöstä

$$C_k \geq \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_a \cdot R_{ga}}$$

Yhtälöissä on  $f_a$  alin ja  $f_y$  ylin pienjakoisen rajajaksoluku.  $R_{ga}$  tehdään tavallisesti noin  $(5-10) \cdot R_a$  suuruiseksi.