

Sillan ollessa kytketty %-merkintää osoittavalle alueelle on sen potentiometrin kanssa yhdistetty rinnan vastus R_0 , jonka suuruus on siten valittu, että siltaa voidaan käyttää esim. vastuksien tai kondensattorien sarjavalmistuksissa esiintyviin toleranssimitauksiin. Tätä tarkoitusta varten onkin suhdeasteikon alapuolella — 20% ... + 25% jaettu asteikko. Näköviritysputki säädetään herkimmillään, normaali-vastus tai kondensattori yhdistetään naparuuveihin R (kuva 5: 2) sekä mitattava ruuveihin C . Siltä säädetään tasapainoon, jolloin prosenttiasteikko osoittaa mitattavan vastuksen tai kondensattorin suuruusero %:na käytetystä normaalista. Mittaustarkkuus on $\pm 0,1$ %. Esitetyllä tavalla voidaan myös määrätä keskiulosotolla varustetun muuntajan symmetria, kytkemällä sen alku- ja loppupäät äärruuveihin sekä keskiulosoton keskiruuviin. Edellä esitettyjen esimerkkien lisäksi voidaan sillalla vielä suorittaa monenlaisia mittauksia, joista lähempiä ohjeita saa mittaus sillan myyjältä.

4. Putkimittarit

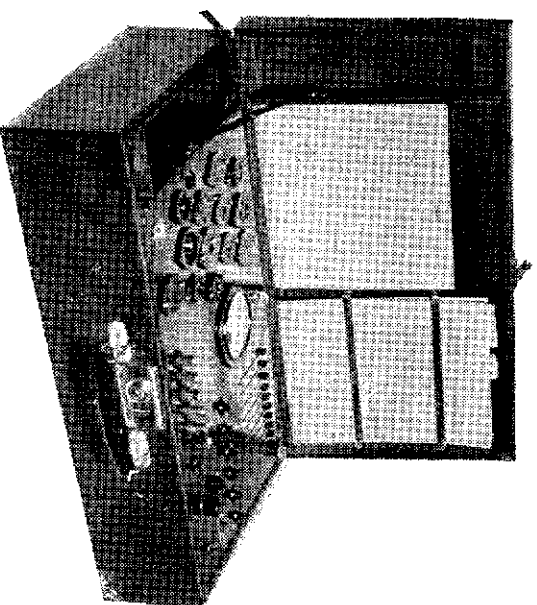
Radiohuolloissa joudutaan jatkuvasti tekemisiin putkimittauksen kanssa ja korjausten yhteydessä päätteleemään, onko jossakin vastaanottimen putkessa esiintyvä viallisuus vian aiheuttajana. Yksinkertaisin tapa on tietenkin vaihtaa epäilty putki uuteen, virheettömään. Riittävän suuren putkivaraston hankinta on kuitenkin useimmissa tapauksissa ylivoimaista, johtuen putkien lajirunsaudesta.

Toinen, hyvin yleisesti käytetty tapa on tutkia putki vastaanottimessa, mittaamalla sen elektrodille tulevat virrat ja jännitteet. Tämä on käytännössä kuitenkin hankalaa eikä anna luotettavaa kuvaa putken kunnosta. Kunnollinen putkimittari onkin tämän vuoksi välttämätön jokaisessa hyvinvarustetussa radiohuollossa ja -liikkeessä.

Putkimittareita on saatavissa useaa eri mallia, jotka perustuvat dynaamiseen tai staattiseen mittausperiaatteeseen. Tässä yhteydessä emme tutustu niiden rakenteisiin yksityiskohtaisesti, vaan selvittämme radiohuoltotyössä esiintyvien putkikokeiden ja mittausten pääperusteet. Nämä jaotellaan seuraavasti:

a. Esikokeet

1. hehkulangan tarkastus,
2. oikosulkujen toteaminen,
3. elektrodien välisen eristyksen tarkastus;



Kuva 5: 3. Kotimainen putkimittari (Elektron, malli EMP 1).

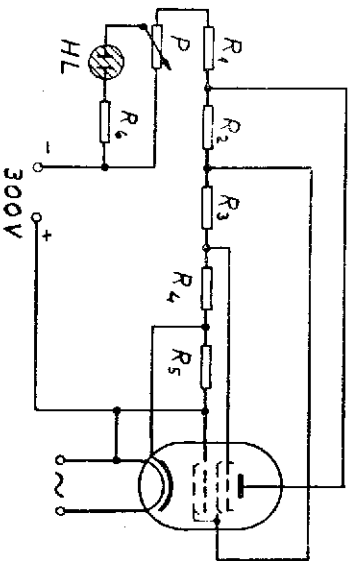
b. Sähköiset mittaukset

1. emissio- ja virtamittaukset,
2. jyrkkyyden mittaus,
3. tyhjiön kokeilu,
4. dynaaminen kokeilu vastaanottimessa.

a. Esikokeet

1. *Hehkulangan tarkastus* tapahtuu varminnin kytkemällä putkelle sen nimellisherkkijännite ja mittaamalla hehkulangan kautta kulkeva virta. Yksinkertaisimmassa putkimittareissa todetaan hehkulangan eheys hohtolampun tai ohimittarin avulla.

2. *Oikosulkujen toteaminen* tapahtuu useammalla eri menetelmällä. Kuvassa 5: 4 esitetystä tapauksesta suoritetaan se seuraavasti: hohtolamppu H_L on kytketty etuvastuksen R_0 ja suurohmisten vastusten $R_1 \dots R_6$ kautta sarjaan 300 V tasajännitteen kanssa. Potentionmetrillä P säädetään virtapiiriin jännite vähän alle hohtolampun syyttymisjännitettä. Tarkasteltavan putken elektrodit ovat kuvan osoittamalla



Kuva 5: 4. Elektrodién välisten oikosulkujen toteaminen hohtolampun avulla.

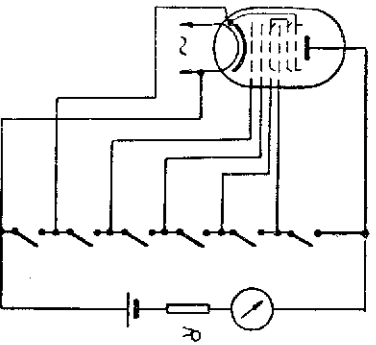
Kun kytkimiä vuorotellen avataan, tulee mittarin näyttää äärentöntä vastusta. Ellei näin tapahdu, on kyseisen kytkimeen yhdistettyjen elektrodién välillä oikosulku tai eristysvika.

Molempien mittauksen ajan tulee hekkujännitteen olla kytkettynä, ts. putken on oltava lämpimänä.

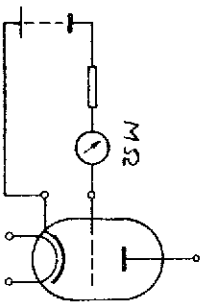
3. *Eristyksen tarkastus.* Elektrodién välisen eristyksen mittaus voidaan suorittaa suuria vastusarvoja mittaavalla ohmmittarilla (kuva 5:6). Tarkastus voidaan suorittaa myös tätä tarkoitusta varten rakennetulla mittasillalla, jonka kytkentäkaavio on esitetty kuvassa 5:7.

Mittaus suoritetaan 250 voltin tasajännitteellä, tasavirtamittasiltakytkenässä, näkövirityspotken toiminnassa indikaattorina.

Putken elektrodit ovat yhdistetyt



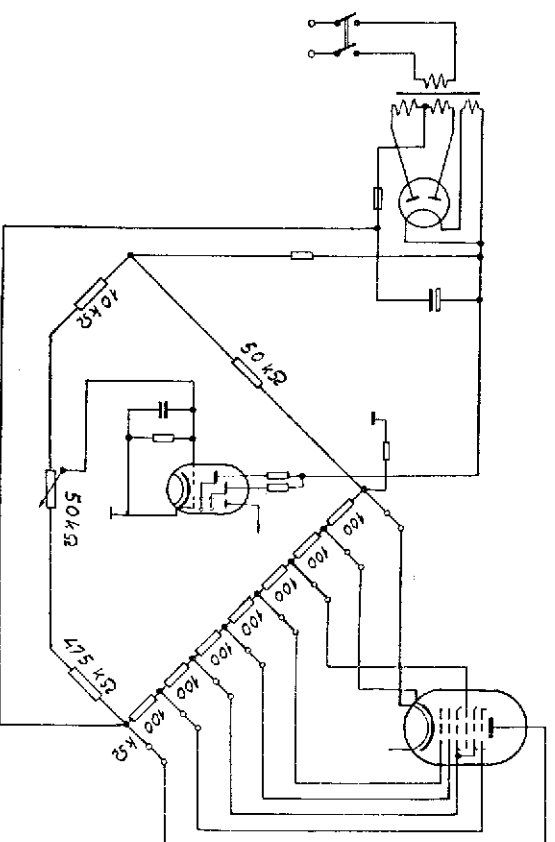
Kuva 5: 5. Elektrodién välisen oikosulkujen ja eristysvikojen toteaminen ohmmittarilla.



Kuva 5: 6. Putken eristyksen mittaus ohmmittarilla.

tavalla yhdistetyt vastuksien $R_1 \dots R_6$ väleihin. Jos jonkun elektrodién välillä on oikosulku tai eristysvika saa hohtolampun suuremman jännitteen ja syytty.

Kuvassa 5: 5 esitetään miten sama koe suoritetaan ohmmittarilla. Putken elektrodién väleihin sijoitetujen kytkimien ollessa oikosuljetut näyttää ohmmittari tietenkin oikosul-



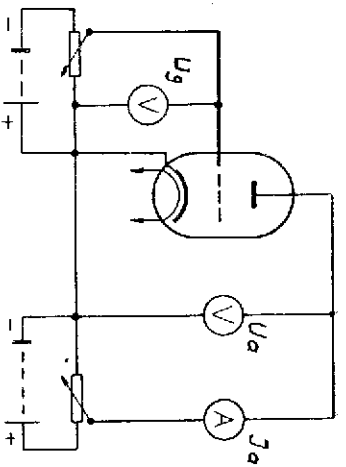
Kuva 5: 7. Mittasilta elektrodién välisen eristysvikojen tutkimiseksi.

oikosulkukytkimien välityksellä yhteen sifahaaraan sijoitettujen 7 kpl 100 k Ω vastusten väleihin, kuvan 5: 7 osoittamalla tavalla. Eri sifahaarojen välinen jännitesuhde on siten valittu, että jo 0,2 M Ω vastus aiheuttaa selvästi havaittavan poikkeaman näkövirityspotken näyttämässä. Jos joidenkin elektrodién välillä on oikosulku tai eristysvika, todetaan se täten. Kun näkövirityspotken näyttämä, kahta kytkintä samanaikaisesti avattaessa ei muutu, on näihin yhdistettyjen elektrodién välillä vuotoa. Jos taas näkövirityspotkien näyttämää palautuu alkuperäiseen asentoon, kun 3 tai useampia elektrodeja erotetaan sillasta, on putkessa todennäköisesti luono tyhjä.

b. Putkien mittaukset

Kun on todettu, että putkessa ei ole oikosulkuja eikä muita eristysvikoja, on seuraavana tehtävänä tutkia sen emissio, jolla ymmärämme putken hekkulangan tai katodin kykyä luovuttaa itsestään elektroneja.

1. *Emissionmittaus* tapahtuu mitaamalla katodilta lähtevät eri elektrodién kautta kulkevat virrat, putkitaulukoissa ilmoitetuilla anodi-, suojahila- ja hilaesijämittoililla (kuva 5: 8). Mittaustulosten perusteella voidaan tällöin päätellä, paljonko putki eroa tehtaan ilmoit-



Kuva 5: 8. Putken emissiion mittaus tasavirralla.

nössä esiinlyyvät hehkujännitteet 1,2... 110 V sekä 30 V vaihtojännite anodijännitteeksi. Kytkimellä S_1 valitaan mitattavalle putkelle oikea hehkujännite ja kytkimellä S_2 sopiva kuormitusvastus.

Kun putki on lämmentynyt, tasasuuntain vaihtojännitteen, jolloin kuormitusvastuksen ja mittarin (mA) kautta kulkee tasavirta, jonka voimakkuus on suhteellinen katodin emissiokykyyn.

Kuormitusvastuksien arvot on valittu seuraavasti:

$R_1 = 200 \Omega$, käytetään kaikkia verkkoputkia mitattaessa, lukuunottamatta ilmaisindioodeja;

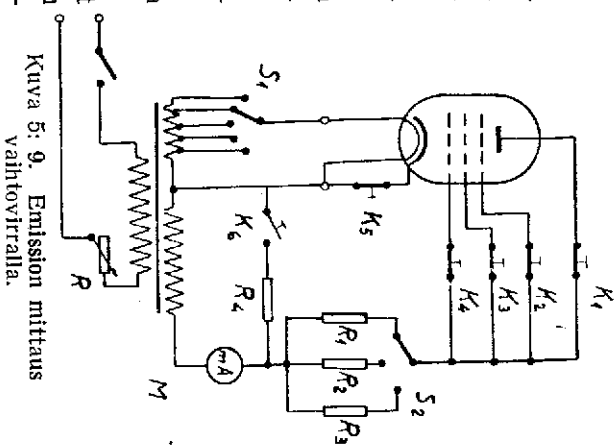
$R_2 = 1000 \Omega$, käytetään paristoputkia mitattaessa;

$R_3 = 5000 \Omega$, käytetään mitattaessa ilmaisindioodeja.

Mittarin asteikossa on merkinnät »Hyvä», »?» ja »Huono». Jos osoitin jää alueelle »Huono», on tämä merkinä putken elinajan päättymisestä. Tällainen putki on ehdottomasti poistettava käytännöstä.

101167

Helsinki 1951, Raittuskansan Kirjapaino Oy.



Kuva 5: 9. Emissiion mittaus vaihtovirralla.

RADIOHUOLTO

6. OPETUSKIRJE

II. Radiohuollon mittauslaitteet

4. Putkimitarit (jatkoa)

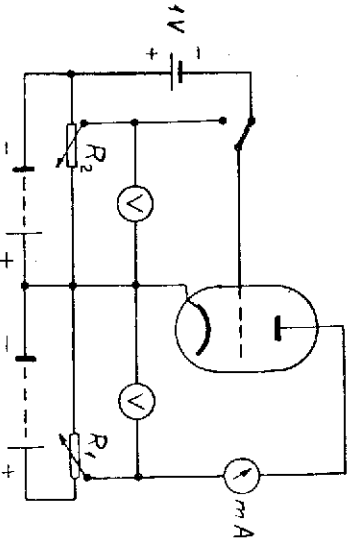
Tämänlaatuisella emissiomittarilla ei voida lukea mitään arvoa putken emissiokykyvystä, vaan näyttää se suhteellisen emissiion uuteen putkeen verraten.

2. *Jyrkkyyden mittaus.* Emissiokyvyn määrääminen ei suoranaisesti osoita putken vahvistus- ja värähtelyominaisuuksia, sillä nämä riippuvat putken jyrkkyydestä. Amerikkalainen RCA suosittelee seuraavia arvoja hylkäämisrajoiksi:

Pääteputket	70 %	alkuperäisestä jyrkkyydestä,
Esiasteputket	70 %	»
Sekoitusputket	60 %	»
Diodit	20 %	apuväähelijöiden jyrkkyydestä,
Tyhjätasasuuntajat	20 %	virran aleneminen, tyhjännitteellä,
Eliohopea	25 %	jännitteen aleneminen 20 °C lämpötilassa.

Kuten tiedämme, on putken staattinen jyrkkyyden suhdelu, mikä ilmoittaa määrätyn hilaesijännitteen muutoksen ja sen aiheuttaman muutoksen anodivirran, anodipiirin ollessa oikosulussa. Jyrkkyyden mittaus suoritetaan kuvan 6:1 esittämällä tavalla.

Vastuksella R_1 säädetään putkelle nimellisanodijännite

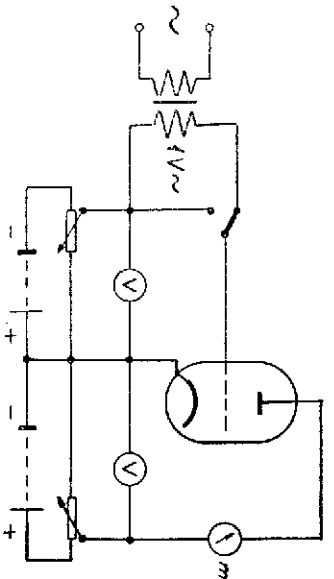


Kuva 6: 1. Putken staattisen jyrkkyyden mittaus.

ja vastuksella R_2 anodivirta negatiivisen hilaajännitteen avulla oikeaan arvoonsa. Kun hilaajännitettä korotetaan 1 V negatiivisemmaksi, alenee anodivirta määrättyssä suhteessa. Tämä anodivirran muutos on putken jyrkkyyden, joka ilmoitetaan millivoltin tai mikroampeereina 1 voltin hilaajännitemuutosta kohti. Englannin kielessä käytetään siitä nimitystä »Mutual Conductance» ja ilmoitetaan se »micromhos» tai millimhos-arvoina. Edellinen tarkoittaa jyrkkyyttä 1 voltia kohden mikroampeereina ja jälkimmäinen milliampeereina.

Esimerkki: Anodivirta laskee 1 voltin hilaajännitteen nousula 5 mA:sta 3,2 mA:iin. Jyrkkyyden S on siis $(5,0 - 3,2) \text{ mA/V} = 1,8 \text{ mA/V}$.

Dynaaminen jyrkkyyden määrätään käyttämällä hilan vaihtojännitteenä 1 V jännitettä. Mittauskytkennän näemme kuvassa 6: 2.



Kuva 6. 2. Dynaamisen jyrkkyyden mittaus.

Kun hilan kautta kulkeva virta μA -mittarilla (kuva 6: 3 a). Negatiivinen hilaavirta (hilaalta mittarin kautta katodiin kulkeva) aiheuttaa putkessa huonon tyhjiön johdosta esiintyvien kaasun- tai ilmajätteiden ionisoitumisesta.

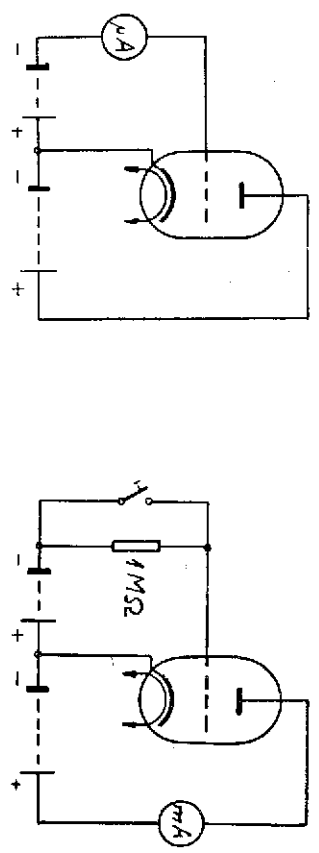
Käyttökelpoisten putkien hilaavirran yläraja on esiaiteputkille $1 \mu\text{A}$, pienemmillä päteputkilla $2 \dots 5 \mu\text{A}$ ja tehovahvistinputkilla $0 \dots 15 \mu\text{A}$.

Putkimittareissa käytetään yleisesti kuvan 6: 3 b esittämää tyhjiön mittaustapaa. Putken hilaapiiriin on yhdistetty $1 \text{ M}\Omega$ hilaavastus, joka on painonapin avulla oikosuljettavissa. Anodivirta muuttuu tällöin hilaavirran vastuksessa aiheuttaman jännitehäviön aikaansaamaan

Hilalle johdetun 1

voltin vaihtojännitteen synnyttämä anodivaihtovirta mitataan sähködynaamisella mA-mittarilla. Mittarin lukema vastaa tällöin putken dynaamista jyrkkyyttä, jos hilaavaihtojännite on tarkalleen 1 voltti.

3. Tyhjiön tarkastetaan mittaamalla put-



Kuva 6: 3. Tyhjiön tarkastuskytkennät: a) hilaavirran mittaamisen avulla, b) hilaavastuksen aiheuttaman anodivirran muutoksen avulla.

esijännitteen muutoksen johdosta. Anodivirran muutoksen perusteella määritellään putken tyhjiö. Hilaavastuksen ollessa $1 \text{ M}\Omega$, voidaan hilaavirta laskea seuraavasta yhtälöstä:

$$I_k = \frac{I_{a1} - I_{a2}}{R \cdot S}, \text{ jossa}$$

- I_k = hilaavirta μA
- $I_{a1} - I_{a2}$ = anodivirran muutos μA
- S = jyrkkyyden $\mu\text{A/V}$
- R = hilaapiirin vastus $\text{M}\Omega$

Tyhjiön ollessa huonon, aiheuttaa se tavallisesti hilaajännitteen pienenemisen hilaavastuksen kautta kulkevan negatiivisen hilaavirran johdosta. Tämä puolestaan lisää putken anodivirtaa, josta on päteasteessa seurauksena äänenvääristyminen. Suurjaksosteissa aiheuttaa hilaavirtapiirissä kulkeva virta häviötä, joka ilmenee vahvistuksen pienenemisenä ja selektiivisyyden huononemisenä.

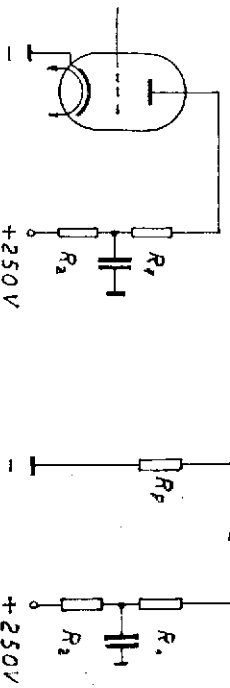
Olemme nyt lyhyesti tutustuneet huoltotyössä esiintyviin putkimittauksiin. Markkinoilla olevat putkimittarit on rakennettu näiden periaatteiden mukaan. Rakenteensa ja teknillisten yksityiskohtiensa puolesta eroavat ne kuitenkin suuresti toisistaan. Putkimittaria hankittaessa on varmistauduttava siitä, että sillä luotettavasti voidaan

määrillä mitattavien putkien kunto elektrodivikoihin, emissioon, jyrkkyyteen ja tyhjiön nähdessä. On myös tärkeätä, ettei putki mittauksen aikana joudu ylikuormittumaan. Tämän vuoksi on ennen mittarin ostoa huolellisesti tutustuttava sen ominaisuuksiin ja valittava paras mahdollinen. Hyvän putkimittarin tuottamaa varmuutta huoltotyöhön, samoin kuin sen taloudellista hyötyäkin huolto- ja radiolikkeissä, ei ole aliarvioitava.

4. *Putken tarkastus vastaanottimessa.* Putkimittareilla suoritettuja mittauksia ovat yleensä staattisia mittauksia, joissa ei oteta huomioon putken toimintaan käyttöolosuhteissa liittyviä kytkin- ja rakenneseosia. Putken toiminnassa vastaanottimessa ns. dynaamisessa olotilassa, saattaa siinä esiintyä vikoja, mitkä eivät käy ilmi putkimittarilla mitattaessa. Tämänlaatuista vikoja ovat mm. akustiset viat, kuten rahina, kohina, mikrofonisuus ym. Sähköisistä vioista mainittakoon dynaamisten tulo- ja menokapasitanssien muutokset. Tämän vuoksi on aina, milloin olosuhteet vain sallivat, syytä tutkia putkea vastaanottimessa, ennenkuin siitä annetaan lopullinen lausunto. Putken koputtelu pienellä kuminuujalla, sen ollessa vastaanottimessa, helpottaa usein edellä luoteltujen vikojen löytymistä. Näihin asioihin palaamme kuitenkin yksityiskohtaisemmin seuraavissa opetuskirjeissä.

5. Putkien jännitteiden mittaus

Mittaessa vastaanotinputkien anodien ja muiden elektrodien jännitteitä, on mittaustulosten luotettavuus riippuvainen mittarin ominaisuuksista, etenkin sen omasta virrankulutuksesta. Mitä pienempi tämä virrankulutus on, sitä vähemmän kuormitamme mitattavaa piiriä, ja sitä tarkempi on mittaustulos.



Kuvat 6: 4 ja 5. Putken käyttöjännitteiden määrääminen virtamittauksen avulla.

Volttimittarin sisäinen vastus riippuu paitsi mittarista myös käytetystä mittausalueesta. Mittarin vastus ilmoitetaan ohmeina mittausalueen volttia kohti. Yleisesti esiintyvät mittarivastukset ovat 1000 Ω/V , 10 000 Ω/V ja 20 000 Ω/V . Volttimittarin sisäisen vastuksen vaikutusta mittaustulokseen kuvaa seuraava esimerkki.

Esimerkki. Putki on kytketty kuvan 6: 4 esittämällä tavalla. Anodivirta on 2 mA, jännite ennen vastuksia R_1 ja R_2 on 250 V ja vastusten suuruudet anodivastus $R_1 = 50\,000\ \Omega$ ja suotovastus $R_2 = 25\,000\ \Omega$. Jännitehäviö vastuksissa on tällöin

$$U_1 = 2/1000 \cdot 75\,000\ \text{V} = 150\ \text{V}.$$

ja anodijännite

$$U_a = 250\ \text{V} - 150\ \text{V} = 100\ \text{V}.$$

Saadaksemme havainnollisemman kuvan tilanteesta, esitämme kytkentäkuvion uudelleen kuvassa 6: 5 siten, että putken tasavirtavastus korvataan vastuksella R_p . Tällöin on $R_p = \frac{2\ \text{A}}{100\ \text{V} \cdot 1000} = 50\,000\ \Omega$.

Kun kaikki 3 vastusta R_1 , R_2 ja R_p lasketaan yhteen, saamme:

$$50\,000 + 25\,000 + 50\,000\ \Omega = 125\,000\ \Omega.$$

Ohmin lain mukaan on jännitehäviö näin suuressa vastuksessa 2 mA:n virralla:

$$U = I \cdot (R_1 + R_2 + R_p) \text{ eli } \frac{2 \cdot 125\,000}{1000}\ \text{V} = 250\ \text{V},$$

mitkä tarkalleen vastaa käytettävänämme olevaa tasajännitettä.

Kun putken anoditasajännite mitataan mittarilla, jonka vastus on 1000 Ω/V käyttäen 250 V mitta-alueetta, on mittarin sisäinen vastus $R_m = 250 \cdot 1000\ \Omega = 250\,000\ \Omega$. Anodijännitteen mittauksen aikana on siis tämä vastus rinnan putken oman vastuksen kanssa (kuva 6: 6). Näiden yhteinen vastus on

$$R_p \cdot R_m \frac{R_p + R_m}{R_p + R_m} = \frac{250 \cdot 50}{250 + 50} \cdot 1000\ \Omega = 41\,666\ \Omega.$$

Kun putken vastuksen $R_p = 50\,000\ \Omega$ tilalle tulee 41 666 Ω , ei myöskään vastusten R_1 ja R_2 kautta kulkeva virta enää ole 2 mA, vaan

$$I = \frac{250 \cdot 1000}{250\,000 + 50\,000 + 41\,666}\ \text{mA} = \frac{250 \cdot 1000}{116\,666}\ \text{mA} = 2,14\ \text{mA}.$$