


---

## 8. Mittaaminen

---

### Sisällys

Tehomittauksia		Spektrianalyysi	8-10
<i>Heikki E. Heinonen, OH3RU</i>	8-2	Vahvistinmittauksia	8-11
Teholaskuja	8-5	Vahvistinmittauksia	8-12
Suurjännitemittauksia	8-6	Antennimittauksia	8-13
Oskilloskooppimittauksia	8-8	Rakentelua	8-14
Taajuusmittauksia	8-9	Mittaustuvun hakemisto	8-14

## Tehomittauksia

### Tehomittauksia T2:ssa

Jos aikoo rakentaa tai käyttää suuritehoisia lähettämiä, on oltava perillä tärkeimmistä radioteknillisistä mittauksista. Niitä varten on olemassa tarkoituksenmukaisia mittauslaitteita, kunhan vain osattaisiin mitata ja ymmärrettäisiin mitä ja miten mitataan. "Miten mitataan lähettimen lähtöteho (*output power*)?" oli aikanaan ylipääsemätön suora kysymys T2:n kokeessa, sillä vastaukseksi ei riittänyt "tehomittarilla". Katsotaanpa siis, miten Hessu aikanaan valisti Kallea moisissa laskutehtävissä.

Kalle: "En ymmärrä miksi tuollaista kysytään, onhan valmiissa rigissäni lähtevän tehon mittari ja sitäpaitsi seisovan aallon suhteen mittarissakin (*SWR meter*) näkyy olevan tuo tehoasteikko. Eivätkö ne anna riittävää tietoa lähettimeni tehosta?"

Hessu: "Vaihtosähkötehon mittaaminen ei ole ihan niin yksinkertaista kuin tasasähkötehon mittaaminen, ja mitä suuremmalla taajuudella tehoa siirretään, sitä suurempiin mittausvirheisiin on syytä varautua. Suurtaajuusjohdossa esiintyy etenevän eli lähettimestä antenniin menevän tehon lisäksi myös heijastunutta tehoa. Yksinkertainen

tehomittari ei pysty näitä erottelemaan, vaan ilmoittaa etenevän ja heijastuneen tehon summan. Mitä huonommin siirtojohto on sovitettu kuormaan, sitä suurempi on heijastuneen tehon osuus ja sitä suurempi mittausvirhe."

K: "Kai noista mainitsemistani mittareista jotakin hyötyä on, ei kai niitä muuten käytettäisi?"

V: "Jo toki! Perusluokkalaisen lähetysteho (kantoaalto-teho) saa olla 120 wattia. Jos säädät lähtötehon lähettimen omalla mittarilla tuohon arvoon, ei syöttöjohdon alapäähän mene missään tapauksessa enempää kuin sallitut 120 W, oli sovitus mikä tahansa, sillä tuo mittari näyttää etenevän ja heijastuneen tehon summaa. Jos lähettimen jälkeinen SAS-mittari näyttää samanaikaisesti ykköstä, näyttää tehomittari myös todellista lähtevää tehoa."

K: "Tuollaisessa valmiissa laitteessa ei siis periaatteessa tarvitse tietää, mihin tehonmittaus perustuu?"

H: "Aivan oikein, ei tarvitse. Mutta tilanne on toinen, jos teet lähettimen itse ja varsinkin, jos teet päätevahvistimen eli linukan. Omatekoinen lähetin voidaan varustaa lähtevän tehon mittarilla, mutta se on ennen käyttöä kalibroi-

tava. SAS-mittarin lukema on riippuvainen käytettävästä taajuudesta, joten on tiedettävä, miten se asetetaan kutakin taajuusaluetta varten. On siis hyvä tietää tehonmittauksen käytännön toteutus. Aloitetaanpa tehonmittauksen perusteista.

Oheinen kaava sanoo, että teho voidaan laskea, jos tunnetaan jännite ja virta tai jännite ja kuormitusresistanssi tai virta ja kuormitusresistanssi. Lähettimen lähtöteho mitataan tietysti resistiivistä kuormaa, keinokuormaa käytämällä. Sen resistanssin on oltava sama kuin lähettimen lähtöimpedanssi, joka tehdasteoissa laitteissa on 50 ohmia. Näet tässä kuvat kolmesta tehonmittaustavasta. Ensimmäisenä on virran mittamiseen perustuva tapaus."

K: "Mikä tuo kuumalankamittari on?"

H: "Kun metallilankaa kuumennetaan, se venyy. Kuumalankamittarissa läpimenevä suurtaajuusvirta kuumentaa lankaa, jonka piteneminen muutetaan mittarin neulan kääntymäksi. Mittaus vaatii aikaa useita sekunteja.

Antennivirran mittaus oli ennen vanhaan hyvin tärkeää, koska uskottiin suuren antennivirran olevan takeena antennin hyvälle vetämiselle. Olen itsekin alkuaikoina viritänyt antennin suurimpaan virtaan, mutta indikaattorina oli taskulampun polttimo antennin syöttölangan kanssa sarjassa. Kun minkäänlaista SAS-mittaria ei ollut käytössä, antoi mittaus vain uskoa antennin vetämiselle! Nykyisin ei kuumalankamittaria

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \quad P = U \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 \cdot R$$

$$U = \frac{u_{PP}}{2 \sqrt{2}}$$

## Tehomittauksia

### Tehomittauksia T2:ssa

Jos aikoo rakentaa tai käyttää suuritehoisia lähettäjiä, on oltava perillä tärkeimmistä radioteknisistä mittauksista. Niitä varten on olemassa tarkoituksenmukaisia mittauslaitteita, kunhan vain osattaisiin mitata ja ymmärrettäisiin mitä ja miten mitataan. "Miten mitataan lähettimen lähtöteho (*output power*)?" oli aikanaan ylipääsemätön suora kysymys T2:n kokeessa, sillä vastaukseksi ei riittänyt "tehomittarilla". Katsotaanpa siis, miten Hessu aikanaan valisti Kallea moisissa laskutehtävissä.

Kalle: "En ymmärrä miksi tuollaista kysytään, onhan valmiissa rigissäni lähtevän tehon mittari ja sitäpaitsi seisovan aallon suhteen mittarissakin (*SWR meter*) näkyy olevan tuo tehoasteikko. Eivätkö ne anna riittävää tietoa lähettimeni tehosta?"

Hessu: "Vaihtosähkötehon mittaaminen ei ole ihan niin yksinkertaista kuin tasasähkötehon mittaaminen, ja mitä suuremmalla taajuudella tehoa siirretään, sitä suurempiin mittausvirheisiin on syytä varautua. Suurtaajuusjohdossa esiintyy etenevän eli lähettimestä antenniin menevän tehon lisäksi myös heijastunutta tehoa. Yksinkertainen

tehomittari ei pysty näitä erottelemaan, vaan ilmoittaa etenevän ja heijastuneen tehon summan. Mitä huonommin siirtojohto on sovitettu kuormaan, sitä suurempi on heijastuneen tehon osuus ja sitä suurempi mittausvirhe."

K: "Kai noista mainitsemistani mittareista jotakin hyötyä on, ei kai niitä muuten käytettäisi?"

V: "Jo toki! Perusluokkalaisen lähetysteho (kantoaalto-teho) saa olla 120 wattia. Jos säädät lähtötehon lähettimen omalla mittarilla tuohon arvoon, ei syöttöjohdon alapäähän mene missään tapauksessa enempää kuin sallitut 120 W, oli sovitus mikä tahansa, sillä tuo mittari näyttää etenevän ja heijastuneen tehon summaa. Jos lähettimen jälkeinen SAS-mittari näyttää samanaikaisesti ykköstä, näyttää tehomittari myös todellista lähtevää tehoa."

K: "Tuollaisessa valmiissa laitteessa ei siis periaatteessa tarvitse tietää, mihin tehonmittaus perustuu?"

H: "Aivan oikein, ei tarvitse. Mutta tilanne on toinen, jos teet lähettimen itse ja varsinkin, jos teet päätevahvistimen eli linukan. Omatekoinen lähetin voidaan varustaa lähtevän tehon mittarilla, mutta se on ennen käyttöä kalibroi-

tava. SAS-mittarin lukema on riippuvainen käytettävästä taajuudesta, joten on tiedettävä, miten se asetetaan kutakin taajuusaluetta varten. On siis hyvä tietää tehonmittauksen käytännön toteutus. Aloitetaanpa tehonmittauksen perusteista.

Oheinen kaava sanoo, että teho voidaan laskea, jos tunnetaan jännite ja virta tai jännite ja kuormitusresistanssi tai virta ja kuormitusresistanssi. Lähettimen lähtöteho mitataan tietysti resistiivistä kuormaa, keinokuormaa käytämällä. Sen resistanssin on oltava sama kuin lähettimen lähtöimpedanssi, joka tehdasteoissa laitteissa on 50 ohmia. Näet tässä kuvat kolmesta tehonmittaustavasta. Ensimmäisenä on virran mittamiseen perustuva tapaus."

K: "Mikä tuo kuumalankamittari on?"

H: "Kun metallilankaa kuumennetaan, se venyy. Kuumalankamittarissa läpimenevä suurtaajuusvirta kuumentaa lankaa, jonka piteneminen muutetaan mittarin neulan kääntymäksi. Mittaus vaatii aikaa useita sekunteja.

Antennivirran mittaus oli ennen vanhaan hyvin tärkeää, koska uskottiin suuren antennivirran olevan takeena antennin hyvälle vetämiselle. Olen itsekin alkuaikoina viritänyt antennin suurimpaan virtaan, mutta indikaattorina oli taskulampun polttimo antennin syöttölangan kanssa sarjassa. Kun minkäänlaista SAS-mittaria ei ollut käytössä, antoi mittaus vain uskoa antennin vetämiselle! Nykyisin ei kuumalankamittaria

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \quad P = U \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 \cdot R$$

$$U = \frac{u_{PP}}{2 \sqrt{2}}$$

juurikaan taideta käyttää, mutta olkoon se tässä esimerkkinä tehon mittauksesta: jos mittarin lukema on 1 ampeeri ja keinokuorma 50 ohmia, on teho 50 wattia. Välissä olevan SAS-mittarin on näytettävä tietysti arvoa 1, jotta mitataan vain etenevää virtaa eli etenevää tehoa.”

K: “Entäs, jos pitää mitata pienempi teho, vaikkapa vain 30 wattia?”

H: “Äkkiähän tuo lasketaan: Virta toiseen = teho jaettuna resistanssilla, näppäillään taskulaskimeen 30 jaettuna 50:llä = 0,6, painetaan neliöjuurinäppäintä. Vastaus on 0,775 A. Tämmöistä mittaus- ta ei muuten kannata tehdä 432 MHz:llä, koska mittaus-

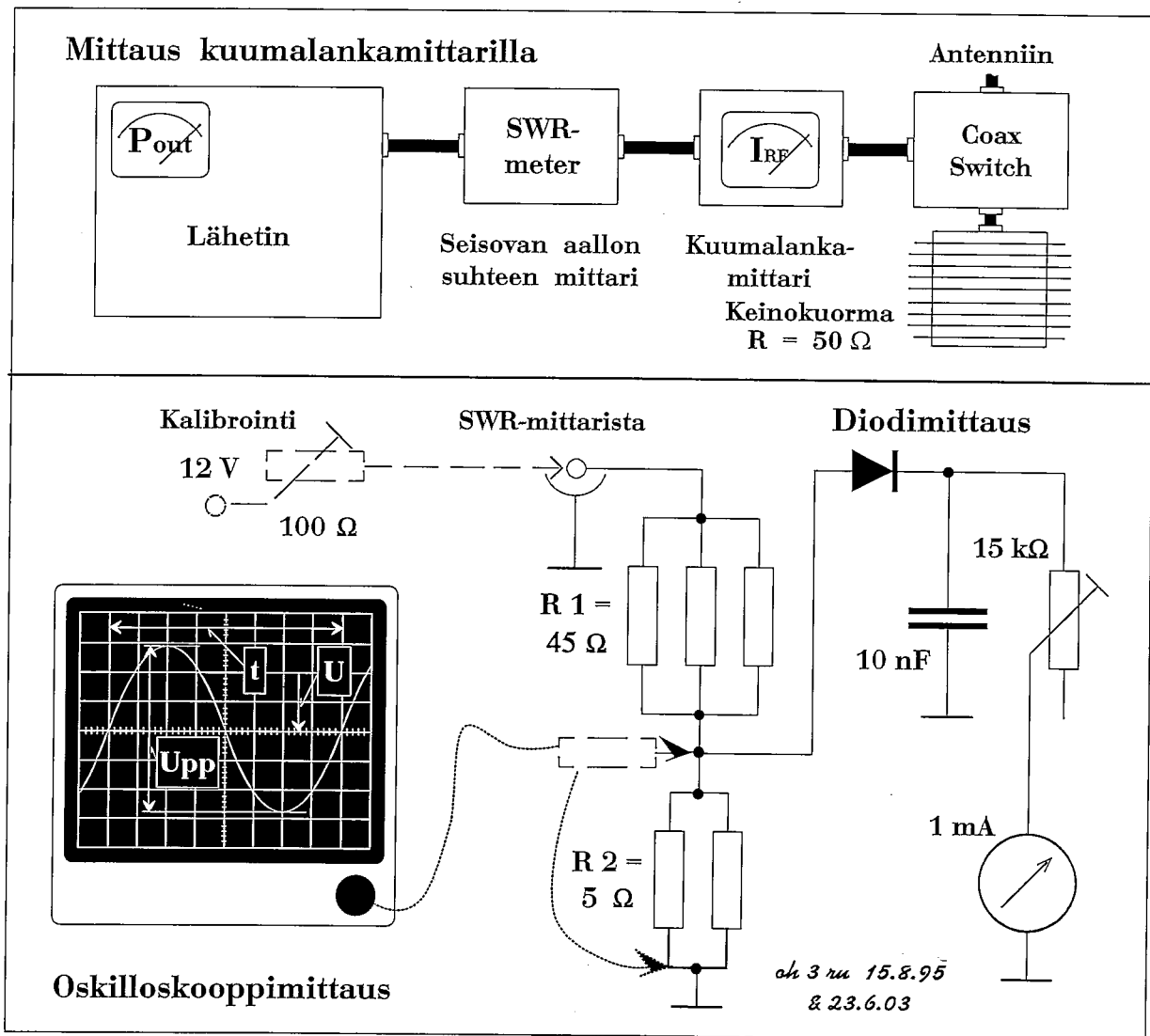
järjestely ei anna riittävän tarkkaa tulosta.”

K: “Tämä menetelmä taisi klaaraantua. Selitäpä tuota mittausta, missä tarvitaan näköjään 12 V tasajännitettä.”

H: “Saan kai jättää tuon 12 V loppupuolelle... Tässä käytetään kaikkein yksinkertaisinta ja herkintä tehonmittauselintä eli germaniumdiodia omatekoisessa mittarissa. Diodin virta on verrannollinen keinokuormassa vaikuttavan jännitteen huippuarvoon, tosin vain osalla diodin toimintakäyrää. Mittari ei kuitenkaan näytä sen paremmin virtaa kuin jännitettäkään, vaan se kalibroidaan näyttämään suoraan tehoa. Koska teho nyt on verrannollinen jännitteen toi-

seen potenssiin, saadaan epälineaarinen tehoasteikko, mikä ei kuitenkaan ole mikään negatiivinen seikka.

Teho tuodaan lähettimestä taas SAS-mittarin kautta. Asteikko voidaan kalibroida tasajännitteen avulla. Kuvasta näet, että diodille ei oteta mitattavaa jännitettä keinokuorman yli, vaan jännitteenjakajan R1-R2 avulla otetaan siitä kymmenesosa. Kun varsinainen mittauskytkentä on suuriohminen, kuormittaa se keinokuormaa vain vähän, mikä osaltaan parantaa mitaustarkkuutta. Mittari kannattaa kalibroida myös tarkkaan tehomittariin vertaamalla, jos sellainen on käytettävissä. Mittariin piirretään tie-



tokoneella uusi asteikko, jollain suhteellisen tarkka mitausjärjestelmä on valmis.”

K: “Ovatko tuollaiset keino-kuormat kalliita?”

H: “Kohtalaisen kalliita, jos menet kaupasta ostamaan sellaista, joka kestää jatkuvasti yleisluokan tehon eli koko kilowatin jatkuvaa tehoa. Keino-kuorman voi tehdä myös itse, jos saa vastuksia, joissa induktanssia on mahdollisimman vähän. Massavastuksista voi koota keino-kuorman vaikakapa 100 W tehoa varten: R1 on 50 kpl 2 W 2200 ohmin vastuksia eli 44 ohmia 100 W, R2 on 10 kpl 1 W 47 ohmin vastuksia eli 4,7 ohmia 10 W. Huomaa, että R2:n tehonkeston on oltava kymmenesosa R1:n tehonkestosta...”

K: “Eihän siitä tullut 50 ohmin keino-kuorma vaan 48,7 ohmia. Nythän osa tehosta heijastuu lähettimeen takaisin! Ja kuinka paljon se kestää jatkuvaa tehoa?”

H: “Siltähän se näyttää, kun laskimella lasketaan. Vastukset eivät kuitenkaan ole tarkasti 2200 tai 47 ohmia, vaan niissä on 10 % tarkkuus. Keino-kuormaa tehdessäsi tietysti mittaat vastusmittarilla, että R1 on mahdollisimman tarkasti 45 ohmia ja R2 5 ohmia. Jos se ei onnistu samankokoisilla vastuksilla, voit asetusvaiheessa käyttää sellaisia vastuksia, jotka antavat oikean vastusarvon. Tällaista keino-kuormaa voi hyvinkin käyttää matalilla taajuuksilla, mutta taajuuden kasvu lisää rakenteesta johtuvan induktanssin vaikutusta. En suosittele sen käyttämistä 432 MHz:llä.

Tämä keino-kuorma kestää

jatkuvaa tehoa 110 W. Vastukset toki kuumenevat, joten jollakin tapaa niitä pitää jäähdyttää. Jos haluat tehdä 600 wattia kestävä keino-kuorman, pitää R1:een etsiä 104 kpl 5 watin 4700 ohmin vastuksia ja R2:een 13 kpl 5 watin 68 ohmin vastuksia.”

K: “Diodimittari on nyt halpina. Mikäs tuo oskilloskoopin sijaan on?”

H: “Kuvasta näet, että diodimittauksen sijaan voidaan mitata keino-kuorman jännite oskilloskoopilla. Sen kuvaputkelle saadaan pysäytetyksi kuva toistuvasta signaalista eli tässä tapauksessa lähettimen antamasta sininmuotoisesta suurjännitteestä. Oskilloskoopin voit saada lainaksi esim. paikallisesta kerhosta taikka hyvinvarustautuneelta amatöörikaveriltasi. Tärkeintä on, että oskilloskooppi on riittävän nopea eli toimii taajuudella, jolla haluat tehoa mitata. Jos skoopille luvataan 50 MHz, niin voit sitä käyttää HF-lähettimeksi tehonmittaamiseen.

Skooppi antaa kuvan sinisignaalista. Siitä voidaan mitata jakson pituus, jonka käänteisarvo on taajuus. Sitä ei tässä tapauksessa tarvita, vaan tärkeä on jännitteen suuruus. Se otetaan mittaus-tarkkuuden maksimoimiseksi yleensä huipusta huippuun -arvona, *peak to peak*, *Upp*, josta teho saadaan oheisen kaavan mukaisesti. Otetaanpa esimerkki:  $Upp$  on 11,2 V, joten näppäilen  $11.2 x^2 : (2 \times 2 \sqrt{)} x^2 : 50 = 0,3136$ . Teho on siis noin 0,31 wattia. Skooppi on kuitenkin kytketty 1:10 jännitteenjakajaan, joten laskimeen pitääkin näppäillä  $112 x^2 : (2 \times 2 \sqrt{)} x^2 : 50 = 31,36$ . Keino-kuormaan menee

tehoa siis 31 W.”

K: “Mikäs on mittapään vaimennuksen vaikutus?”

H: “Haa, sinähän olet mitannut skoopilla ennenkin, kun osasit tuollaista kysyä! Jos mittapään vaimennus on 10 dB, tarkoittaa se, että mitaustulos (siis teho) on kerrottava kymmenellä. Keino-kuormaan menevä teho onkin siis noin 310 W.”

K: “Olipa vaikeaa tuo lopputuloksen saaminen. Saanko yksinkertaistaa: käytetään mittapäättä, jossa ei ole vaimennusta; mitataan skoopilla koko keino-kuorman jännite, jolloin oskilloskoopin näyttämä  $Upp$  onkin 354 V. Menikö oikein?”

H: “Lasketaanpas:  $354 x^2$  jaa  $8$  jaa  $50 = 313.6$ . Oikein näkyi menevän. Tämähän onnistuu, jos skoopilla voidaan mitata koko keino-kuorman yli vaikuttava jännite. On ehkä kuitenkin varmempaa käyttää tässä esitettyjä vaimennuskeinoja, vaikka laskut vaativatkin enemmän tarkkuutta!”

K: “Kiitoksia Hessu opetukselta. Kaipa nyt lokakuussa osaan ratkoa teholaskuja, jos niitä sattuu tulemaan.”

H: “Vielä viimeinen ohje: älä hätäile kokeessa! Lue tehtävät huolella, ennen kuin alat vastata. Älä vastaa luulon perusteella ja muista, että 6 desibeliä vastaa kerronta neljä. Sehän taas on sama kuin kahden S-yksikön suhde.”

*Kalle meni lokakuussa yleisluokan kokeeseen, jossa selvitti loistavasti sekä tekniikka kakkosen että CW kakkosen.*

Tämä Heikki E. Heinosen kirjoitelma ilmestyi perus- ja tietoliikenneluokan palstalla RA:ssa 9/95.

## Teholaskut jatkuvat

- Taas on päästy uuteen lukuun, mittauksiin. Aloitin sen vanhalla tarinalla, jossa *Tuimissä Hamssiksi* -kirjan Kallea valmennetaan vanhamuotoisen Tekniikka kakko- kokeeseen. Ja Kallehan pääsi kokeesta läpi hienosti. Aloitamme kysymykset helpommasta päästä kertaamalla desibelejä, *kysymys 58 016*.

- Vai naiset ensin! Kyllä minä jo alan hallita desibelit, ainakin nämä helpommat. Kolme deebetä on sama kuin kaksinkertainen,  $6 \text{ dB} = 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$  eli kaksi kertaa kaksi, siis neljä. Kolmas väite on oikea, muut eivät:  $- - + -$ .

- Tost saa helposti vastauksen *kysymykseen 580 30*: kunnousee kuus deebetä, teho kasvaa nelinkertaseksi eli sata wattia neljäkssadaks. Taas on kolmas väite oikea, riviksi tulee  $- - + -$ .

- Minullekin kiertyi vielä sama *nelinkertaisuus*; ettei vaan *kysymyksen 580 19* laatijaa ole vaivannut *yksinkertaisuus*. Kallejutun lopussa annoit valmiin vastauksen tähänkin kohtaan. Nyt on toinen väite oikea, muut ovat väärä. Rivi on  $- + - -$ . Helpo kun mikä sanois Kaapo.

- Nyt päästään sentään laskutehtäväänkin, *kysymys 580 13*. Kaapoko?

- *Minäminäminä...* Teenpä oikein kaavan teille muille, siit on sit helppo sanoo tulos.

$$P = \frac{U^2}{R} \quad U = \sqrt{P \cdot R}$$

$$U = \sqrt{50 \text{ W} \cdot 50 \Omega} = 50 \text{ V}$$

Oli muuten tääki älyn helppo, vai mitä Jaska?

- Kyllähän tällainen laskeminen meiltä tekniikan ihmisiltä sujuu; mistäs tiedät, että yksikkö on oikea eli tulee voltteja?

- No senhän tietää jo kaavasta, vai mitä Mirkku?

- Ei saa luottaa siihen, että automaattisesti tulee oikea yksikkö, vaan on tehtävä tarkastelu: neliöjuuressa on watti kertaa ohmi, se on sama kuin ( $V$  kertaa  $A$ ) kertaa ( $V$  jaettuna  $A$ :lla); Aat supistuvat pois, juuren alle jää  $V^2$ , siitä tulee neliöjuuren oton jälkeen  $V$ . Eikä ole talousmatematiikkaa.

- Mä menin mykäks. Ai nii, kolmonen oikein, muut väärin, rivi on  $- - + -$ .

- Desibelilaskut jatkuvat, *kysymys 580 20*. Jaska, OH!

- Vaikkei ollut konstruktoinnissa tällaisia, niin osaanpa hyvinnii. Otan ensin tehujen suhteen, isompi jaettuna pienemmällä, niin tulee tarvittava vaimennus:  $400 \text{ W} : 10 \text{ mW} = 40.000$ . Neljästä kymmenen potenssista tulee  $40 \text{ dB}$ , nelosesta  $6 \text{ dB}$ , yhteensä  $46 \text{ dB}$ . Kolmas väite on oikea, rivi on  $- - + -$ . Ähvä P.

- Ny mulle, *kysymys 580 18*.  $53 \text{ dB}$  on 2 kertaa  $10^5$ . Ku ensiks jakaa 100 wattia tolla potenssilla, tulee yks milliwatti, se jaettuna kahdella on  $0,5 \text{ mW}$  eli  $500 \mu\text{W}$ . Taas on kolmas oikein, rivi  $- - + -$ .

- Minua onnesti, kun *kysymys 580 23* on melkein sama kuin Jaskalla äsken.  $800 \text{ W} : 10 \text{ mW} = 8$  kertaa  $10^4$ ; tulee ensin neljästä kymmenen potenssista  $40 \text{ dB}$  ja sitten 8 on  $(3 + 3 + 3) \text{ dB}$  eli  $9 \text{ dB}$ . Oikea väite on  $49 \text{ dB}$  eli toinen. Riviksi tulee  $- + - -$ . □

58016 Kun teho kasvaa nelinkertaiseksi, nousu on desibeleinä

- 3 dB      -4 dB  
+ 6 dB      -8 dB S. 8-4, 5

58030 Kun 100 watin teho nousee 6 dB, on teho

- 25 W      - 100 W  
+ 400 W      - 1000 W  
S. 8-4, 5

58019 Jotta vastaanotettavan signaalin voimakkuus nousisi yhden S-yksikön (6 dB), on lähetystehon noustava

- kaksinkertaiseksi  
+ nelinkertaiseksi  
- kuusinkertaiseksi  
- kymmenkertaiseksi S. 8-4,5

58013 Mittaat 50 watin lähtimen tehoa 50 ohmin keinokuormasta. Jännite (vaihtojännitteen tehollisarvo) on

- 20 V      - 25 V  
+ 50 V      - 75 V S. 8-5

58020 7 MHz:n sähkötylähtimen (A1A) kantoaalto- teho on 400 W. Harhalähet- teiden vaimennusvaatimus- ten täyttämiseksi (10 mW) on toista harmonista vai- mennettava kantoaaltoa pienemmäksi vähintään

- 40 dB      - 43 dB  
+ 46 dB      - 50 dB S. 8-5

58018 Lähtimen kantoaalto- teho on 100 W. Lähet- teen toista harmonista (ker- rannaista) on vaimennettu 53 dB kantoaalttoon verrat- tuna. Toisen harmonisen teho on siis

- 100  $\mu\text{W}$       - 250  $\mu\text{W}$   
+ 500  $\mu\text{W}$       - 1 mW S. 8-5

58023 HF-alueen lähtimen lähtöteho A1A-lähetee- lä on 800 W. Kuinka paljon kolmannen harmonisen tehoa on vaimennettava kantoaaltotaajuiseen te- hoon verrattuna, jotta mää- räysten mukainen teho 10 mW ei ylittyisi?

- 46 dB      + 49 dB  
- 60 dB      - 61 dB  
S. 8-5

## Suurjännitemittauksia

Lisää jännitealuetta voltti-  
mittariin

- Kysymyksen tekijöitä on näköjään askarruttanut kilowatin pelin rakentaminen, kun pohditaan usean kilovoltin tasajännitteen mittaamista.

- Niin, *Tiimissä Hamssiksi kirjan sivulla 189* on asian mahdollinen lopputulos saanut ilmiäsun. Kannattaa taas tässäkin kohtaa toivottaa, että radioamatööritutkimus antaa oikeuden rakentaa suuritehoisia laitteita eli tasasuuntaajia ja lähettäjiä, jotka ovat todella hengenvaarallisia. Niinpä mittauksissakin kannattaa olla mieluummin ylivarovainen kuin varovainen.

*Kysymyksessä 580 07* on mitattavana 1500 voltin jännite. Käytettävissä on halpa, ilmeisesti yli puoli vuosisataa vanha yleismittari, jonka jännitteenmittaus päättyy 500 volttiin. Siinä virtamittarin täysnäyttämä on 0,5 mA...

- Mistäs sen nyt nappasit, on ilmoitettu 0-1 mA ja jokin mystinen 2 kilo-ohmia/voltti?

- *TH:n sivulla 170* on vastaava ilmoitus kiertokäämimittarista. Tuo ohmia per voltti

- lukema kertoo heti, miten herkästä mittarista on kysymys. Mitä suurempi lukema, sitä pienempää virtaa voi mitata ja sitä suurempi mittarin sisäinen resistanssi jännitteitä mitattaessa. Ennen vanhaan paremmat radiomiehet eivät suostuneet mittaamaan, ellei mittari ollut vähintään 20 kilo-ohmia/voltti.

Mutta takaisin asiaan. Tämä sama lukema on tärkeä silloin, kun mittari halutaan saada mittaamaan suurempaa jännitettä. Tällöin tarvitaan suurjännitemittapää, jonka vastuksen on syötävä mitattavasta jännitteestä pois se osa, mikä ei kulu yleismittarissa itsessään. Tässä tapauksessa ylimääräistä jännitettä on 1000 V, jolloin mittapään vastuksen suuruus on  $R_{mp} = 2 \text{ k}\Omega/\text{V} \times 1000 \text{ V} = 2 \text{ M}\Omega$ .

- Tätä hommaa ei sit saa tehdä nii, et pannaan kahden megan vastus yleismittarin naparuuviin kii ja vastuksen toiseen päähän johto jos o hauenleuka paljaana. *Oleminen koulussa jo se verran oppinnu.*

- Kaapo on sataprosenttisesti oikeassa, mittapää pitää olla,

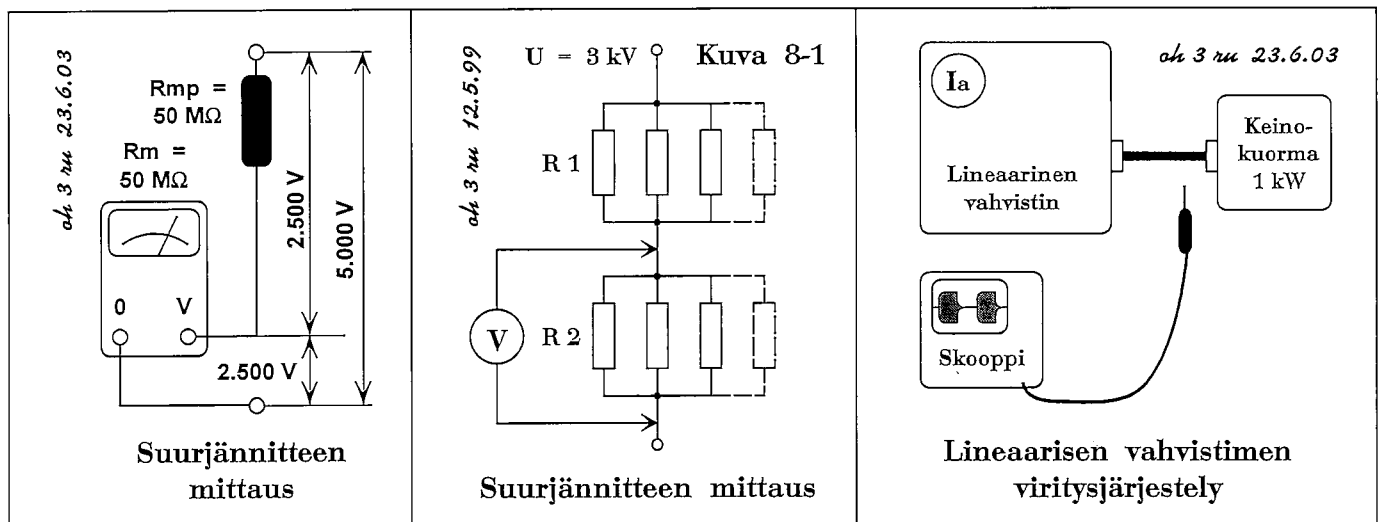
siinä on kunnan eristeet. Ruvetkaapa ratkomaan!

- Minä en ole päässyt sanomaan vielä mitään, joten nyt on hyvä todeta, että ykkösväite sanoo juuri saman, mitä on tuotu esille. Tarvitaan suurjännitemittapää, jossa on kahden megaohmin sarjavastus. Nyt on Jaskan vuoro.

- Kiitos, Mirkku. Sen verran luulen tietäväni elektroniikan komponenteista, ettei zenerdiodilla taida syntyä vaihtovirta-asteikkoa, tavallisella pn-diodilla kyllä. Kakkosväite on väärä.

- Joo, eikä virtamittaria saa herkistetyks pienellä sivuvastuksella vaan pienellä sisäisellä vastuksella - vai pitäiskö sanoa resistanssilla - olis liia helppoo ja halpaa tehdä huonosta mittarista hyvä. Kolmonen väärin.

- Kyllä viimeisen kohdan neuvo on paikallaan: helpointa on ostaa digitaalinen yleismittari, jos siinä on 1500 voltin asteikko. *TH:ssa* esitelmässäni *DigiMulti '97:ssä* ei näemmä päästä kuin tuhatteen volttiin. Neljäs väite on kyllä oikea.



- Ja rivi on + - - +.
- Sitten onkin tuhti peli mitattavana, kun jännitettä on neljä kilovoltia. Yleismittarilla saadaan mitatuksi sentään 2,5 kV, joten suurjännitemittapäälle jää hävitettäväksi 1,5 kV. Kannattaa kuitenkin varautua isompaan jännitteeseen, vaikka niin, että se olisi tasalukema 5000 voltia. *Kysymys 580 05.*
- Nyt näkyy olevan lehtorin mieleinen herkkyyys yleismittarissa. Mittapään vastus on, laskimellahan tämä käy äkkiä:  $R_{mp} = 20 \text{ k}\Omega/V \times 2500 \text{ V}$ , tulee 50000000; vastus on 50 M $\Omega$ . No niinhän ykkönen sanookin; se on oikea väitös.
- Sinä käytit taskulaskinta vastuksen laskemiseen; ei sitä mittaustuloksen tarkistamiseen tarvita. Kaksi on väärin.
- Sivuvastuksen lisääminen on hämäystä. Kolkka väärin.
- Radioamatööri saa rakentaa radiolaitteita ilman sähköasentajan pätevyyttä. Neljäs väite on väärä, mutta muistakaa silti varovaisuus kaikesa rakentelussa ja mittailussa.
- Riviksi tuli siis + - - -.
- Ollaan edelleen samoissa ympyröissä *kysymyksessä 580 12*. Nyt on mittapään sijasta päädytty jännitteenjakajan rakentamiseen. Jaska, ole hyvä.
- On tuhattava viisi kuudesosaa mitattavasta jännitteestä jakajan yläosassa, R1:n suuruus on siis viisi kertaa R2 - ihan päättelylaskulla. Ykköskohdassa R1 on 66 ja R2 23,5 kilo-ohmia. Suhde ei ole oikea, väite on väärä.
- Menipä hienosti, Jaska! Kauppalaskennolla pärjään varmaan kakkosväitteessä. R1 on 250 mutta R2 470 kilo-ohmia. Suhde on aivan väärä, samoin väite.
- Neloskohdasta näkee heti päältä, et se on väärin. R2 on taas suurempi kun R1, suhde on väärä, väite on väärä. Nyt täytyy kolmosesta tulla oikee tulos. Laskimella saan: neljä 3,3 megaa rinnan on 0,825 megaa, kaks 330 kilosta 165 kiloo; se on viidesosa R1:stä. 2 k $\Omega$ /voltti mittaria ei kyl saa käyttää, tulee suuri mittausrvirhe. Kato sä Jaska noi tehot.
- Tehon kaava... *U toiseen jaa R:llä*; R1:een jää 2,5 kV; 2,5 toiseen jaa 3,3:lla on 1,9... se on wattia - kakswattinen on naftisti riittävä. Sitten 500 toiseen jaa 330 kilolla... 0,75 ja wattia - yksi watti riittää hyvin. Kolmas väite on ihan oikea, rivi on - - + -.

## Linukan viritys

- *Kysymykseen 580 06* saa vastauksen piirtämästäni kuvasta. Vaikka edellä kuinka touhuttiin anodijännitteen mittaamiseksi, ei viritämissessä tarvita tietoa anodijännitteestä vaan anodivirrasta. Teho on ajettava keinokuorman, on liian aikaista ajaa teho virityslaitteen kautta antenniin, ennen kuin vahvistin on muuten viritetty. Oskilloskoopilla katsotaan, miten avainnus on onnistunut. Tarkemmin en piirtänyt, miten signaali saadaan oskilloskooppiin, mutta keinokuorman rinnalta se on otettava, koska signaali ei vielä pääse vapaaseen tilaan. - Sanon itse vielä oikean rivinkin, joka on nyt - + + - +.  $\square$

<p>58007 Radiopajassasi on vain yksinkertainen yleismittari (2 kilo-ohmia/voltti), jolla voi mitata tasavirtoja (herkin alue 0-1 mA) ja tasajännitteitä (ylin mitta-alue 0-500 V). Mittausten monipuolistamiseksi tarvitset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ suurjännitemittapään 1500 voltin tasajännitteen mittaamiseksi (2 megaohmin sarjavastus)</li> <li>- zenerdiodin vaihtovirta-asteikon aikaansaamiseksi</li> <li>- 5 ohmin sivuvastuksen tasavirtamittauksen herkistämiseen 0-0,1 milliampeeriksi</li> <li>+ 50-100 euroa rahaa nykyaikaisen digitaalimittarin ostamiseen</li> </ul> <p style="text-align: right;"><i>TH s. 170, S 8-6</i></p>	<p>58005 Olet rakentamassa kilowatin lineaarista vahvistinta, jonka anodijännite on n. 4000 voltia. Käytössäsi on yleismittari, jossa on 500 V tasajännitealue ja suurin tasajännitealue 2500 V sekä jonka takana on merkintä 20.000 ohmia/voltti. Mittauksissa tarvitset lisäksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ suurjännitemittapään, jossa on 50 megaohmin sarjavastus mitta-alueen laajentamiseksi</li> <li>- taskulaskimen oikeiden mittaustulosten varmistamiseksi</li> <li>- 5 milliohmin sivuvastuksen (<i>Shunt Resistor</i>)</li> <li>- sähkö tarkastusviranomaisen antaman suurjänniteasentajan pätevyystodistuksen</li> </ul> <p style="text-align: right;"><i>S. 8-7</i></p>		
<p>58012 Yleismittarin maksimijännitealue on 500 VDC. Kun mitaat 3 kV:n tasajännitettä, kokoat jännitteenjakajan R1 - R2 (kuva 8-1) erillisistä vastuksista. Oikea yhdistelmä on</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- R1 5 kpl 330 kilo-ohmia 0,5 W,</li> <li>- R1 4 kpl 1 megaohmi 1 W,</li> <li>+ R1 4 kpl 3,3 megaohmia 2 W,</li> <li>- R1 5 kpl 470 kilo-ohmia 0,25 W,</li> </ul> </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>R2 2 kpl 47 kilo-ohmia 0,5 W</li> <li>R2 1 kpl 470 kilo-ohmia 1 W</li> <li>R2 2 kpl 330 kilo-ohmia 1 W</li> <li>R2 2 kpl 470 kilo-ohmia 0,25 W</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"><i>TH s. 100, S. 8-7</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- R1 5 kpl 330 kilo-ohmia 0,5 W,</li> <li>- R1 4 kpl 1 megaohmi 1 W,</li> <li>+ R1 4 kpl 3,3 megaohmia 2 W,</li> <li>- R1 5 kpl 470 kilo-ohmia 0,25 W,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R2 2 kpl 47 kilo-ohmia 0,5 W</li> <li>R2 1 kpl 470 kilo-ohmia 1 W</li> <li>R2 2 kpl 330 kilo-ohmia 1 W</li> <li>R2 2 kpl 470 kilo-ohmia 0,25 W</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- R1 5 kpl 330 kilo-ohmia 0,5 W,</li> <li>- R1 4 kpl 1 megaohmi 1 W,</li> <li>+ R1 4 kpl 3,3 megaohmia 2 W,</li> <li>- R1 5 kpl 470 kilo-ohmia 0,25 W,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R2 2 kpl 47 kilo-ohmia 0,5 W</li> <li>R2 1 kpl 470 kilo-ohmia 1 W</li> <li>R2 2 kpl 330 kilo-ohmia 1 W</li> <li>R2 2 kpl 470 kilo-ohmia 0,25 W</li> </ul>		
<p>58006 1000 watin putkilinukan viritämisessä välttämättömiä mittalaitteita ovat</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- anodijännitemittari vahvistimen ottaman tasasähkötehon määrittämiseen</li> <li>+ anodivirtamittari</li> <li>- antennivirityslaite (<i>Tuner</i>)</li> </ul> </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ 1 kW keinokuorma</li> <li>+ oskilloskooppi avainnuksen säätöä varten</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>S. 8-7</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- anodijännitemittari vahvistimen ottaman tasasähkötehon määrittämiseen</li> <li>+ anodivirtamittari</li> <li>- antennivirityslaite (<i>Tuner</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 1 kW keinokuorma</li> <li>+ oskilloskooppi avainnuksen säätöä varten</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- anodijännitemittari vahvistimen ottaman tasasähkötehon määrittämiseen</li> <li>+ anodivirtamittari</li> <li>- antennivirityslaite (<i>Tuner</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 1 kW keinokuorma</li> <li>+ oskilloskooppi avainnuksen säätöä varten</li> </ul>		



## Oskilloskooppimittauksia

- Oskilloskooppimittauksia selostavat *TH:n sivut 176-7*. Otetaankin heti *kysymys 580 03*, Jaska.

- *TH:n* ensi lause *sivulla 176* antaa tiedon, jonka mukaan ykkösväite on oikea. Nelosväitekin on oikea, avainnukselta oli puhetta ihan äsken. Muut kohdat saat selittää itse.

- Katselin *TH:n* selostusta oskilloskoopista. Siinä ei missään mainita, että skoopilla voi mitata myös tasajännitettä; silloin kuvaruudulle saadaan vaakaviiva, jonka etäisyys nollatasosta kertoo jännitteen suuruuden. Toinen väite on väärä. Harmonisten jännitekomponentteja mitataan spektrianalysaattorilla, ei skoopilla, kolmas väite on väärä. Rivi on + - - +.

- Saanks mä *kysymyksen 580 27?* Siniaallon pituus on  $5 \times 10 \mu s = 50 \mu s$ . Taajuus on sen käänteisarvo. Laskimella tää on peruslaskentoo:  $50 \exp 6 \pm 1/x 20000$ . Tuli 20 kHz. Kakkonen oikee, muut ei, rivi - + - -. Sitäpaitti toi kymmenkertanen vaimennin on täs tarpeeton.

- Ratkaise sinä Jaska *kysymys 580 11*. Minä otan sitten seuraavan!

- Ookei, Mirkku. 50 MHz:n oskilloskoopilla kympin signaalia... kaistanleveys riittää tarpeeksi tarkkaan mittaukseen. Huipusta huippuun on 28,3 voltia... Teho on  $U^2/R$ ; se on  $(u_{pp} : 2 : \sqrt{2})^2 : R$ . Näppäilen  $(28,3 : 2 : 2 \sqrt{2})^2 : 50 = 2,00$ ... Tuli 2 W. Näkyy olevan vielä 10-kertainen vaimennin mittapäässä, mitat-

tava teho on 20 W. Viimeinen eli neljäs väite on siis oikea, muut kolme ovat väärä. Rivi on - - - +.

- Nyt pystyn vastaamaan *kysymykseen 580 09*, kun Jaska laski ensin. Kaistanleveys on riittävä, tiedän, että se on edellytys luotettavalle mittaukselle.  $U_{pp}$  on 100 V, keinokuorma on R eli R on 50 ohmia... Näppäilen  $(100 : 2 : 2\sqrt{2})^2 : 50 = 25$ . Sen on oltava wattia... Ei ole vaimennusta mittapäässä; lopullinen vastaus on siis 25 wattia. Toinen väite oikea, muut väärä, rivi on - + - -. Kiitos vielä Jaska hyvästä opastuksesta.

- Et kai tosissasi väitä, ettet muista mitään *TH:n* opeista-si? Enemmän sinä ennestään tiesit kuin minä. Mutta on hyvä, että voin olla apuna.

- Hyvin näkyy tiimityö sujuvan edelleen, kiitos vaan kaikille. Vielä on kuitenkin *kysymys 580 26*. Kaapon vuoro?

- Kyl kai sitte. Ku skoopin kaistanleveys on pienempi ku mitattavan signaalin taajuus, saadaan epäluotettava tulos jännitettä mitattaessa. Sillon ei saa tehoka tarkasti. Taajuus kyl saadaan skoopin antamalla tarkkuudella edelleen - sehän ei o mikään hirvee hyvä tarkkuus. Modulaation syvyydestä saa kans iha hyvän tuloksen, ku näköjään tutkitaan tavallista AM-signaalia. Yks ja kaks on oikeita väitteitä, kolme ja neljä väärä, rivi on + + - -.

- Siinäpä oskilloskooppikysymykset olivatkin. Kiitos! □

**58003 Oskilloskoopilla voidaan**

- + mitata jaksollisia signaaleja, esim. neliö- ja kolmioaaltoa *TH s. 176-7*
- kuvata vain vaihtojännitteitä
- eritellä signaalin harmonisten jännitekomponentit
- + tarkkailla HF-lähettimen avainnusta *S. 8-7, 8-8*

**58027 Oskilloskoopin mittapäässä on 10-kertainen vaimennin (10x). Aika-akselin jako-osaa vastaa 10 mikrosekuntia. Siniaallon pituus kuvaputkella on 5 jako-osaa. Siniaallon taa-juus on**

- 2 kHz + 20 kHz
  - 50 kHz - 200 kHz
- TH s. 176-7, S 8-8*

**58011 Mittaat 50 MHz:n oskilloskoopilla 50 ohmin keinokuormaan menevää kympin lähettimesi suurtaajuista lähtötehoa. Luet näyttöltä sininmuotoisen jännitteen huipusta huippuun arvoksi 28,3 V. Mittapään vaimennus on 10 dB. Teho on**

- 1,6 W - 2 W
  - 16 W + 20 W
- TH s. 176-7, S 8-6, 8-8*

**58009 Mittaat lähettimen tehoa 50 ohmin keino-kuormaan oskilloskoopilla, jonka kaistanleveys on riittävä. Saat mittaustulokseksi U<sub>hh</sub> = 100 voltia. Lähettimen teho on**

- 10 W + 25 W
  - 100 W - 200 W
- S. 8-8*

**58026 Oskilloskoopin kaistanleveys on 20 MHz. Et siis saa luotettavaa mittaustulosta, jos mittaat 28 MHz:n A3E-signaalin**

- + jännitettä
  - + tehoa
  - taajuutta
  - modulaatiosyvyyttä
- TH s. 60, s. 176-7, S. 8-8*

## Taajuusmittauksia

- *TH:n sivulla 178* on perustiedot taaajuuden mittaamisesta. Sitten vaan eka *kysymys 580 28*. Mirkku aloittaa?

- Kyllä vaan. Vastaanottimissa on digitaalinen näyttö, ja jos ei ole, sellaisen voi rakentaa. Näin tiedetään, milloin lähetin on bandilla. Yksi ja kaksi oikein. Nyt Kaapo.

- Ei lähettimes o kidekalibraattoria, se on vastaanottimessa. Oskilloskoopin taajuus tarkkuus on prosentti, sen tarkkuus ei riitä. Digimittarilla taas ei voi mitata noin suurta taajuutta. Kolme ja neljä väärin, rivi on + + - -.

- Lasken *kysymyksestä 580 17* tuloksen:  $20 : 50 \text{ M} = 20 : 50 \text{ exp } 6 = 0.0000004$ . Se on  $4 \cdot 10^{-7}$  eli 0,4 ppm. Kakkonen oikein, muut ei, rivi - + - -.

- Kiitos Jaska esilaskusta, nyt minä osaan *kysymyksen 580 21*. Siinä pitää kertoa tarkkuudella asetettava taajuus: näppäilen näin:  $1 \text{ exp } 6 \pm 144000 = 0,144$  ja kHz. Taa-

juusvirhe ensimmäisessä kohdassa on suurempi kuin etäisyys bandin rajasta, se on väärä väite. Muissa kohdissa ollaan bandin sisällä, 2, 3 ja 4 ovat oikein, rivi on - + + +.

- *Kysymys 580 04. TH:n sivu 178* lupaa laskurin toimivan 200 megahertsiin asti; sillä voi mitata HF-vastaanottimien PO-taajuudet. Ykköne oikein. 80 metrillä ne ei vastaa, jos taajuus heittää yli nelkyt hertsii. Laskurin kans on hyvä kattoo niit taajuuksii. Kakkone oikein. Jos menee tarkalle ni pitää tarkistaa laskuri mittalabrassa, kolme oikein. HF-lähettimen avainnusta neuvoit just äsken kattoon oskilloskoopilla, nelonen väärin. Sano itte tosta aikamerkkiasemasta.

- Aikamerkkiasemia on pitkillä aalloilla; siellä syntyy vähiten kulkuaikavääristymää. Voi rakentaa LF-asemaa kuuntelevan järjestelmän ja kalibroida laskurin. Korvakuulolla se ei

käy. Viitonen on oikein ja rivi on + + + - +. Jaskalle seuraa va kysymys.

- Kylläpä vaan, *kysymys 580 29*. Siinä todetaan, että digitaalinäytön oskillaattorikide ryömii 3 ppm vuodessa. Kun vastaanotin on 13,5 vuotta vanha, heittää lähetystaajuus 80 m SSB:llä  $13,5 \times 3 \text{ exp } -6 \times 3.700.000 \text{ Hz} = 150 \text{ Hz}$ . Kyllä moitteita tulee, jos yleensä suostuvat kuulemaan noin kaukana olevaa. Oikea väite. Kakkoskohdassa lasken, kuinka paljon taajuus heittää 15 m SSB:n yläpäässä:  $13,5 \times 3 \pm \times 21,45 = -869 \text{ Hz}$ . Siinä voi ajaa vain LSB:tä ja suurella teholla ajettaessa vielä 3 kHz alle bandirajan. Luiskahdusta ei tapahdu, koska virhe vie varmempaan suuntaan eli bandirajasta sisäänpäin. Väite on siis väärä. Kolmosessa taajuustarkkuus on 1130 Hz, joten äkkiä siitä bandin ulkopuolelle luiskahtaa. Väite on oikea, neljäs väite vastaavasti väärä. Rivi on + - + - . □

<p>58028 Käytät itsetehtyä CW-lähetintä (A1A) 3,5 MHz alueen alapäässä. Varmistuksesi, ettet mene alueen ulkopuolelle</p> <p>+ käytät digitaalisella taajuusnäytöllä varustettua vastaanotinta</p> <p>+ varustat vastaanottimesi digitaalisella taajuusnäytöllä</p> <p>- varustat lähettimesi kidekalibraattorilla</p> <p>- kalibroit lähettimesi taajuusasteikon oskilloskoopin tai digitaalisen yleismittarin avulla</p> <p style="text-align: right;"><i>TH s. 178, S 8-9</i></p>	<p>58004 Taajuuslaskuri</p> <p>+ käy ilman lisälaitteita HF-vastaanottimen paikallisoskillaattorin taajuuden tarkkaan mittaamiseen</p> <p>+ on tarpeen myös silloin, kun kahdeksallakymppin SSB:llä tulee kinaa oikealle taajuudelle virittäytymisestä</p> <p>+ vaatii kalibrointia erikoislaboratoriossa, jos sen lukevan perusteella aiotaan ryhtyä hiuksia halkomaan</p> <p>- soveltuu myös HF-lähettimen avainnuksen tarkkailemiseen</p> <p>+ voidaan kalibroida pitkäaaltoiseen aikamerkkiasemaan vertaamalla</p> <p style="text-align: right;"><i>TH s. 178, S. 8-7, 8-9</i></p>
<p>58017 20 Hz:n poikkeama nimellisestä taajuudesta 50 MHz:llä vastaa</p> <p>- <math>2 \times 10^{-8} = 0,02 \text{ ppm}</math> + <math>4 \times 10^{-7} = 0,4 \text{ ppm}</math></p> <p>- <math>2 \times 10^{-6} = 2 \text{ ppm}</math> - <math>2 \times 10^{-3} = 2500 \text{ ppm}</math></p> <p style="text-align: right;"><i>S. 8-9</i></p>	<p>58029 Käytät 13,5 vuotta vanhaa transeiveriä, jonka taajuusnäyttö perustuu kvartsikiteeseen. Vanheneemisesta johtuva kiteen taajuuden ryömiminen on -3 ppm/vuosi. Lähettimesi taajuus poikkeaa siis jonkin verran digitaalinäytön lukemasta, joten</p> <p>+ saat moitteita kahdeksallakymppillä, kun et osaa tulla SSB:llä oikealle taajuudelle</p> <p>- saatat luiskahtaa alueen ulkopuolelle 21 MHz:n SSB:llä alueen yläpäässä</p> <p>+ saatat luiskahtaa alueen ulkopuolelle 28 MHz:n CW-alueen alapäässä</p> <p>- taajuusnäyttö on edelleen luotettava kaikilla HF-amatöörialueilla</p> <p style="text-align: right;"><i>S. 8-9</i></p>
<p>58021 VHF-lähettimen sisään rakennetun taajuuslaskimen tarkkuus on <math>1 \times 10^{-6}</math>. Ylittämättä sallitun taajuusalueen rajaa voit työskennellä sähkötyksellä (A1A) laskurin näyttäessä</p> <p>- 144.000,1 kHz + 144.000,5 kHz S.</p> <p>+ 144.001,0 kHz + 144.001,4 kHz 8-9</p>	

## Spektrianalyysi. Vahvistinmittauksia

### Spektrianalyysi

Sähköistä signaalia voidaan kuvata kolmella suurella: ajallisella vaihtelulla, taajuudella ja amplitudilla. Alla on kolmiulotteinen kuva signaalista, joka muodostuu kahdesta sininmuotoisesta jännitteestä. Toisen taajuus on  $f_1$ , perusaalto, ja toinen on tämän taajuuden toinen harmoninen  $2 \cdot f_1$ . Signaali muodostuu siis kahdesta jännitteestä.

Ajallisesti vaihtelevaa sähköistä signaalia tarkastellaan oskilloskoopilla. Sen kuvaruudulla yllä kuvatut jännitteet näkyvät yhdistettynä kuviona. Perusaaltoa ja harmonisia ei oskilloskoopilla siis voi erotella. Taajuuden mukaan signaalit voidaan eritellä *spektrianalyysaattorilla*, jonka vaakakselilla on taajuus  $f$  ja pystyakselilla tavallisesti teho  $P$ , harvemmin jännite  $U$ .

Spektrianalyysaattori toimii esim. supervastaanotinperiaatteella. Oheisen kaavion analyysaattori on tarkoitettu välille 0-300 MHz. Alipäästösuotimen jälkeen signaali sekoitetaan 400 MHz välitaajuudelle. 1. paikallisoskillaattori on jänniteohjattu, ja se saa ohjausjännitteensä pyyhkäisygeneraattorilta. Samanlainen sahammasohjausjännite vieään myös näyttönä toimivan katodisädeputken vaakapoikkeutuslevylle.

Toinen välitaajuus on 10,7 MHz. Tällä taajuudella käytetään logaritmista vahvistinta, jolloin tehotasot voidaan esittää kuvaputkella dB-asteikolla. Vt-signaalista ilmaistu jännite ohjaa kuvaputken pystypoikkeutuslevyjä.

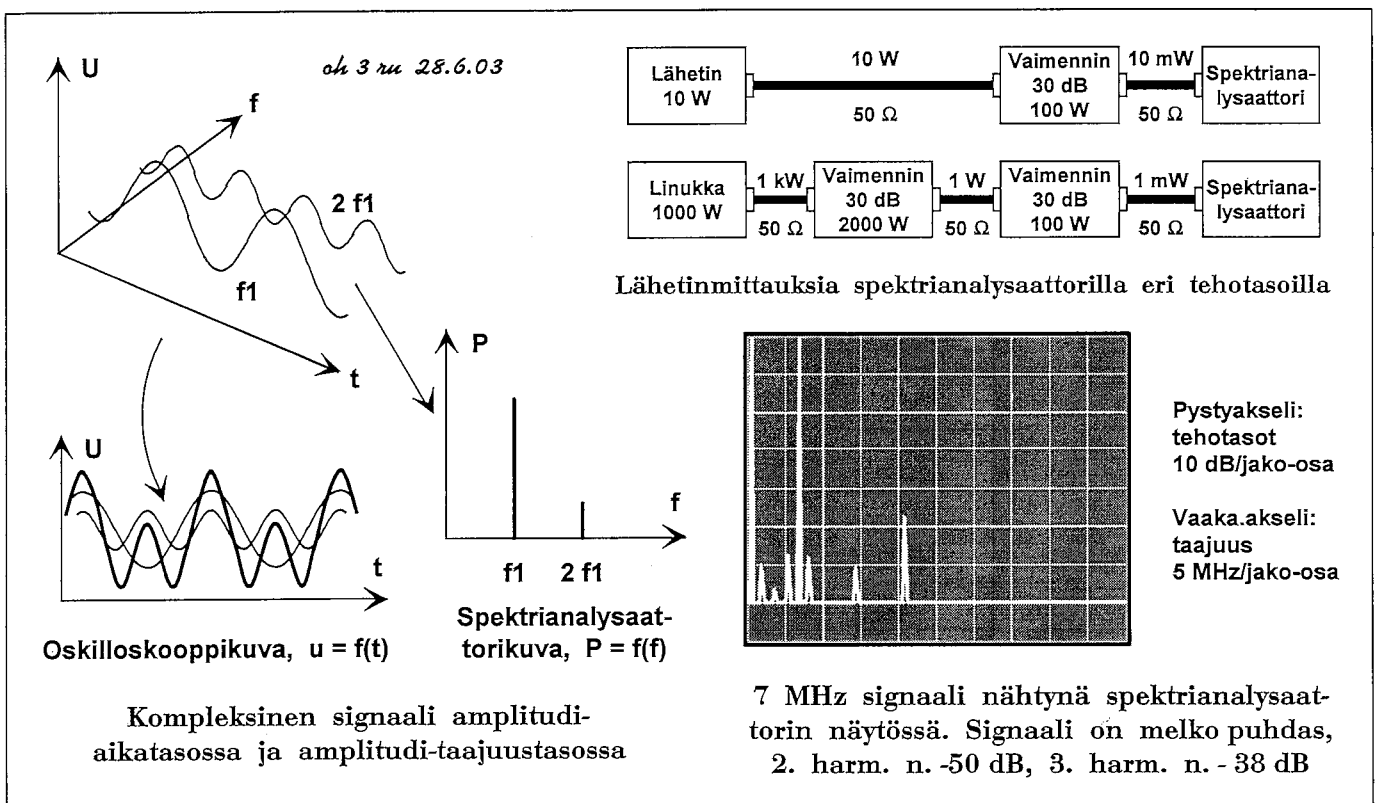
Spektrianalyysaattorilla voi mukavasti seurata lähettimen signaalin taajuuskomponentte-

ja. Allaolevassa kuvassa nähdään 7 MHz signaalin perusaalto, 2. ja 3. harmoninen sekä eräitä ei-toivottuja signaalikomponentteja.

Spektrianalyysaattori voi pyyhkäistä myös kapeata taajuuskaistaa, jolloin sillä esitetään esim. SSB-signaalia.

- Jaska on valmiina vastaamaan *kysymykseen 580 02*.

- Nappaan tämän heti, ennen kuin nuo toiset ehtivät. Tässä on näköjään peruskysymys ja perusväittämiä edellisestä teoriasta. Kolmas väite on väärä, aaltomuotoa katsotaan oskilloskoopilla. Spektrianalyysaattorista nähdään perusaallon ja harmonisten taajuudet, tosin aika epätarkasti, samoin nähdään tehot erikorkuisina viivoina. Tällainen kokonaisuus on juuri se spektri. 1, 2 ja 4 ovat oikeita väitteitä, rivi on + + - +.



- Mä otan sit *kysymyksen 580 01*. Oskilloskoopis voi olla spektrianalyysiosia, teho ajetaan keinokuorman tai sit niinku kuvassa vaimentimen läpi. Vaimentimen tai keinokuorman pitää kestää lähettimen koko teho. Yks ja neljä on oikeita väitteitä.

Toi tarkkuusvolttimittari vois kai olla semmonen selektiivinen putkivolttimittari kun käytettiin ennen. Tässä semmoista ei kuitenkaan tarvita kun on jo toi spektrianalyysaattori. Sitte on kans ihan tarpeetonta mittaa lähettimen ottoteho, ei siit harmoonisten tehoja saa irti millää. Kaks ja kolme vääriä. Rivi on + - - +.

- Kiitoksia, Jaska ja Kaapo, eihän tässä opettajan tarvitse juurikaan vaivautua, kun te lykkääte valmista tekstiä. No, onhan tässä jo ponnisteltukin, kun teorian viimeinen osa alkaa olla loppuillaan. - Nyt vielä esittelen joitakin asioita spektrin mittaamisesta.

Edellisen sivun kuvassa on pari mittausjärjestelyä, jotka liittyvät spektrianalyysiin. Analyysaattorille vietävä teho-taso on varsin pieni, joten lähettimen jälkeen tarvitaan riittävä vaimennus. Teho ei tällöin häviä ilmaan, vaan vaimentimien on pystyttävä ottamaan se vastaan ja siirtämään muodostunut lämpö pois. Ylemmässä tapauksessa on lähettimen teho vain kymmenen wattia; käytettävissä on näköjään 100 wattia kestävä vaimennin, vaikka pienempikin riittäisi. Vaimennusta on 30 dB, eli analyysaattorille menee 10 mW.

Toisessa tapauksessa lähettimen teho on täysi kilowatti, jolloin myös vaimentimen on kestävä tehoa riittävästi: se

onkin mitoitettu 2 kW:lle. 30 dB:n vaimennus pudottaa tehon yhteen wattiin, joten toinen 30 dB:n vaimennin on vielä tarpeen. Se on näköjään sama kuin pienempää tehoa mitattaessa. Vielä on huomattava, että mittauslinjan impedanssi on 50 ohmia eli lähettimen lähtöimpedanssi.

**Vahvistinmittauksia**

- Kun annetaan valmiuksia suuritehoisten lähettimien tekemiseen, on hyvä tietää miten niitä mitataan. Aikaisemmin on vilautettu paria tilanteeseen liittyvää kuvaa *sivuilla 8-3 ja 8-6. TH:n sivulla 179* on myös kuva, tosin 50 watin mittaamisesta.

Otetaan *kysymys 580 15*. Taitaa Mirku puhkua intoa?

- En minä sentään puhku, mutta voin kerrankin pohtia. Mitattava teho on 1 kW; taajuus on 14 MHz, ja käytettävissä on 10-30 MHz:n välillä toimiva 20 watin tehomittari. Teho on pudotettava melkein sadasosaan, se tarkoittaa 20 dB:n vaimennusta. Vaimentimen on kestävä koko kilowatti. Vielä tarvitaan keinokuorma, sen pitää olla vähintään 10 W, mieluummin vaikka 20 W. Oikeita väitteitä

ovat nyt yksi ja neljä. Mittausmuuntajaa en tiedä mikä se on, mutta ei sitä tarvita. 10 dB:n vaimennin ei riitä, väärä väite. Rivi on + - - +.

**58002 Spektrianalyysaattorilla voi mitata**

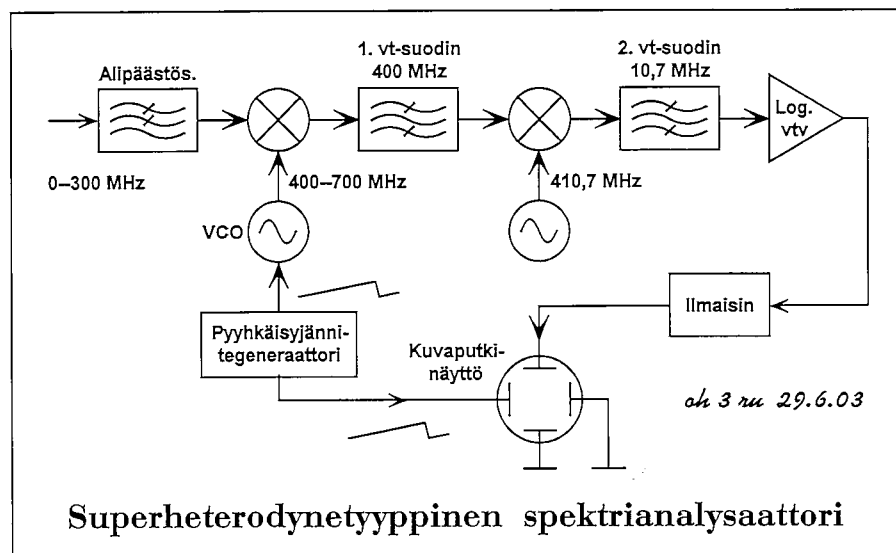
- + signaalin spektriä
- + harmonisten tehotasoja perusaaltoiseen tehoon verrattuna *S.8-10*
- signaalin aaltomuotoa
- + signaalin harmonisten komponenttien taajuudet

**58001 Haluat saada selville HF-lähettimesi harmoonisten taajuuskomponenttien tehot. Mittausta varten tarvitset**

- + oskilloskooppiin liitettävän spektrianalyysaattoriosan
- tarkkuusvolttimittarin, joka antaa jännitetason desibeleinä
- ampeerimittarin lähettimen ottaman tehon määrittämistä varten
- + lähettimen koko tehon kestävä keinokuorman *S. 8-11*

**58015 Kokoat mittausjärjestelmää 14 MHz:n lineaarisen vahvistimen (maksimiteho 1 kW) mittaamiseksi 10-30 MHz välillä toimivalla 20 W tehomittarilla. Tarvitavia lisälaitteita ovat**

- + 50 ohmin keinokuorma 100 W
- RF-mittausmuuntaja
- 10 dB:n vaimennin
- + 20 dB:n vaimennin *S. 8-11*



**Superheterodynetyyppinen spektrianalyysaattori**

## Vahvistinmittauksia.

## Lisää vahvistinmittauksia

- Piirrän vielä yhden vahvistinmittauksien *kysymykseen 580 14* liittyvän kuvan.

Vasemmalla on 144 MHz:n lähetin, josta lähtevä teho on 150 W. Lähtöimpedanssi on 50 Ω kuten mittauslinjan ominaisimpedanssi. 20 watin tehomittari on monen amatöörin hyvin varustetussa mittalaittevalikoimassa, sen mitta-alue on 100-300 MHz. Kun lähettimestä lähtee 150 wattia, tarvitaan väliin 10 dB vaimennin, joka pudottaa tehon 15 wattiin. Vaimentimeen jää tehoa 135 W, sen pitää kestää mielellään 200 W. Viimeisenä on 50 ohmin keino-kuorma, jonka on kestävä tehoa 20 W eli varaa on oltava värkeissä tässäkin kohtaa.

Mirkkuko on taas valmiina?

- Mikäs tässä on ollessa, kun piirsin kuvan ja ymmärsin selostuksesi tarkasteltavana olevasta mittauksesta. Kolme ensimmäistä väitettä on oikein. Neljäs on väärä väite, sillä lähettimen teho saadaan kertomalla tehomittarin näyttämä vaimennusta vastaavalla luvulla. Oikea rivi on + + + -.

- Helppo on myös *kysymys 580 24*. Tähän käy *TH:n sivun 179 kuva*, vaimennin vain puuttuu, mutta sehän on äsken piirretty kuvassa.

100 W keinokuorman yläosa voi olla 22 kpl 1 kΩ 5 W vastuksia ja alaosa 11 kpl 56 ohmin ½ watin vastuksia. On tehonkestoa 110 W, resistanssi melko tasan 50 Ω ja ulosotto melko tasan 10 % koko vastuksesta. Laskepas Mirkku tarkistuksen vuoksi.

- Minultahan tämä käy. Ensin  $1000 : 22 = 45.45... x \rightarrow M$ . Sitten  $56 : 11 = 5.09... M+$  ja edelleen  $RM 50.54... = 0,10...$  Koko vastus on 50,5 Ω ja suhde 0,10. Oikein hyvä tuli.

Kiitos, Mirkku! Sen 10 dB:n vaimentimen pitää kestää tehoa vähintään 720 W, eli ottaisin 1 kW kestoisen. Sen jälkeen on keinokuorma, jonka ulosottoon kytketään kalibroitu tasavirtamittari tilpehööreineen ihan kuvan mukaan. Oikeita kapineita ovat kohdissa 1-3 luetellut; nämä väitteet ovat siis oikeita. Mittauksen voisi saman kuvan mukaan tehdä myös oskilloskoopilla, mutta väitteen viisi skoopin kaistanleveys ei riitä. Väitteet 4 ja 5 ovat vääriä. Rivi on + + + - -.

- Minulle jäi maattohilavahvistinta koskeva *kysymys 580 25*. *Sivun 8-6 kuvassa* on melkein kaikki tarvittava, vain lähtötehon mittari puuttuu. Lineaarista vahvistinta viritettäessä tarvitaan ensiks keinokuorma, johon teho aje-

taan. Siitä lähettimeen päin on tehomittari ja sitä ennen vaimennin. Lähettimessä on anodivirtamittari. Jos linukas on piifilteri päässä ni viritetään niinku *TH:n sivulla 134* on neuvottu viritetään pienempitehonen putkivahvistin.

SAS-mittari on hyvä olla niinku *TH:n* kuvassa, mut sitä ei luetella tän kysymyksen väitteissä. Hilavirtamittaria ei tarvi ku on maattohilavahvistin, anodijännitteen mittauksella ei saa mitään viritettyä. Oikee rivi on - - + + +.

**58014** Kokoat mittausjärjestelmää 144 MHz:n lineaarisen vahvistimen (maksimiteho 150 W) mittaamista varten. Tarvittavia laitteita ovat

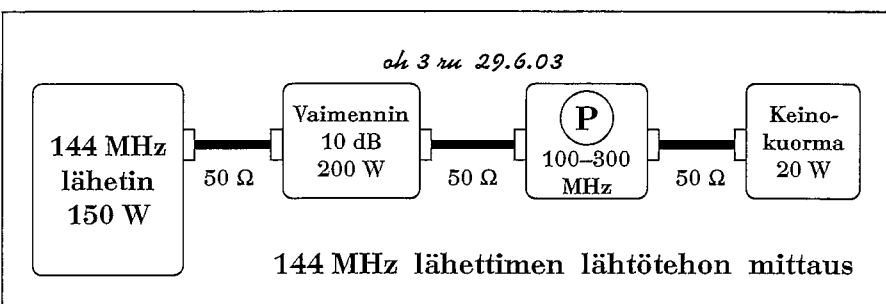
- + 20 W tehomittari välille 100-300 MHz
- + 50 ohmin keinokuorma 20 W S. 8-12
- + 10 dB:n vaimennin
- 0-200 W näyttämään kalibroitu tasavirtamittari

**58024** Kokoat mittausjärjestelmää 28 MHz:n lineaarisen vahvistimen (maksimiteho 0,8 kW) mittaamista varten. Tarvittavia laitteita ovat

- + 50 ohmin keinokuorma 100 W
- + 0-1000 W näyttämään kalibroitu, dioditasasuuntajalla varustettu tasavirtamittari *TH s. 179, S. 8-12*
- + 10 dB:n vaimennin
- 10 dB:n mittapä
- 20 MHz oskilloskooppi

**58025** Isoa maattohilavahvistinta viritettäessä ovat tarpeen

- hilavirtamittari
  - anodijännitemittari
  - + anodivirtamittari
  - + lähtötehon mittari
  - + kilowatin keinokuorma
- TH s. 134, S. 8-6, 8-12*



## Antennimittauksia

- Antennimittaukset alkavat näköjään klassisella kysymyksellä seisovan aallon suhteen mittauksesta. Jotenkin tuntuu tällaisesta ex-ammattilaisesta hassulta ainainen vänkääminen "äsväärästä" kaiken antennitietouden ylimmäisenä totuutena. Tämä Amerikoista peräisin oleva sovituksen mita on vielä sikäli hullu, että siinä esiintyy suhteen oikeana jäsenenä aina ykkönen (1). Sikäläiset ammattilehdet ja varsinkin SAS-mittarien (SWR-meter) valmistajat käyttävät pelkkää numeroarvoa.

Samanlainen suhde esiintyy myös amerikkalaisessa vedonlyönnissä "lyön vetoa kymmenen yhtä vastaan", jota meikäläinen ei voi käsittää, kun meillä vedonlyönnissä ilmoitetaan suoraan voittajakerroin. Olisi siis 80 metrin väittelyissä siirryttävä SAS:n numeroarvoon, jotta päästäisiin eroon nurinpäisistä suhteista muotoa 1:3 (yhden suhde kolmeen), jollaisia on esiintynyt jopa RA:n palstoilla.

- Tulipa pitkä litania, mutta sydämestä. Ratkaisen *kysymyksen 580 10*, jotta päästään oikeisiin mittausasioihin. Ensimmäinen väite on ainoa oikea: SAS-mittarilla mitataan lähettimen ja siirtojohdon alapään sovitus. Toinen väite on ilmeisesti lehtorimme pila ja aivan huuhaa-

ta, kolmas väite on suoraan kahdeksankymppin väittelyistä, mutta väärä: *ei antennin vetoa voi mitata*. Neljännessä tulee mieleeni 50 vuoden takainen fysiikan demonstraatio, jossa Lecher-lankojen avulla mitattiin lähettimen aallonpituus. Ei siinä kyllä SAS-mittaria käytetty. Rivi on + - - -.

- Sitten tulee lasku, *kysymys 580 22*. Hessu on piirtänyt uuden kuvan avolinjan syöttämisestä, siinä on näköjään RF-mittari kummassakin langassa; ne näyttävät molemmat samaa virtaa, kun antenni on viritetty. Nyt lasku:  $P = I^2 R$ , näppäily on  $.71 x^2 \times 600 = 302...$  Antenniin menee tämä teho, koska avolinja on häviötön. Nyt Kaapo.

- Okei. Säteilyteho on antennin vahvistus dipoliin nähden kertaa tuotu teho eli  $2 \times 300 W = 600 W$ . Kolmas oikein, muut ei. Rivi - - + -.

- Ja nyt on rakentajalle hyvä *kysymys 580 08*. Kun tuolaista antenninvahvistusta mitataan, on ensimmäinen ehto, että ollaan vapaassa tilassa. Toisessa väitteessä on sanottu erinomaisesti, miten kentänvoimakkuus mitataan. Dipoli on oltava jagin vaihtoehtona lähetyssä, ja hyvä on ottaa sähkö mukaan. 1-3 ja 5 ovat oikeita väitteitä. SSB:llä mittari hyppii, nelonen on väärä väite. Rivi on + + + - +. □

- Kiitoksia, tiimi! Olemme päässeet mittauksia käsittelevän luvan loppuun ja tyylikkäästi! Teorian osaatte vaikka toisille opettaa, mutta käytäntö se vasta varmuutta antaa.

*Muistakaa aina, kun mitaatte suuria jännitteitä, että vasen käsi taskussa estää turhan sähköiskun.* □

#### 58010 Seisovanaallonsuhteen mittarilla (SWR Meter) mitataan

- + lähettimen pääteasteen ja syöttöjohdon alapään välisestä sovitus
- antennin syöttöpisteeseen seisomaan jääneiden radioaaltojen tehoa
- antennin vetoa: jos SAS = 1:1, antenni vetää varmasti
- radioaallon tarkkaa pituutta nauhajohdossa nopeuskerroin määrittämiseksi

TH s. 34, 158-160, S. 6-10, 8-13

#### 58022 Sovitetun antennin syöttö tapahtuu avolinjalla, jonka ominaisimpedanssi $Z_0 = 600$ ohmia. Antennivirtamittari näyttää 0,71 A (tehollisarvoa). Avolinja on käytännöllisesti katsoen häviötön. Mikä on antennin säteilyteho (Erp), jos sen vahvistus on 3 dBd?

- 300 W
- 425 W
- + 600 W
- 1800 W

S. 8-13

#### 58008 Olet tehnyt kahdelle metrille pitkän jagin, jonka vahvistuksen haluat mitata. Tarvitset

- + korkealla olevan mittauspaikan ympäristövaikutuksen välttämiseksi
- + parin kilometrin päässä asuvan toverin, jolla on vastaanottimessaan tarkka signaalitehon mittari
- + dipolin vertailuantenniksi
- SSB-lähettimen
- + akun mittalähettimen virtalähteeksi

S. 8-13

#### Antennivirran mittaus avolinjassa

oh 3 ru 30.6.03



## Luku 8. Mittaaminen

58001 S. 8-11		58016 S. 8-4, 8-5	
58002 S. 8-10		58017 S. 8-9	
58003 S. 8-7, 8-8		58018 S. 8-5	
58004 S. 8-7, 8-9	TH s. 178	58019 S. 8-4, 8-5	
58005 S. 8-7		58020 S. 8-5	
58006 S. 8-7		58021 S. 8-9	
58007 S. 8-6	TH s. 170	58022 S. 8-13	
58008 S. 8-13		58023 S. 8-5	
58009 S. 8-8		58024 S. 8-12	TH s. 179
58010 S. 6-10, 8-13	TH s. 34, 158-160	58025 S. 8-6, 8-12	TH s. 134
58011 S. 8-6, 8-8	TH s. 176-7	58026 S. 8-8	TH s. 60, 176-7
58012 S. 8-7	TH s. 100	58027 S. 8-8	TH s. 176-7
58013 S. 8-5		58028 S. 8-9	TH s. 178
58014 S. 8-12		58029 S. 8-9	
58015 S. 8-11		58030 S. 8-4, 8-5	

Heikki E. Heinosen kirjoitus *Tehomittauksia* on ilmestynyt *Radioamatöörissä* 9/95 ja *RF-nuusku*. RA:ssa 7/98. Luvun etusivun kuva Taylor Junior yleismittarista on RA:sta 6/50.

## A simple RF sniffer eli RF-nuusku

on peräisin QST:ssä June 1998. Sen kyselypalstalla NEW HAM COMPANION. The Doctor is IN esitettiin mm. kysymys "Onko keinoja ilmaista kaapeleissa ja piireissä esiintyvää suurtaajuuskenttää (RF-kenttää) satsaamatta kalliisiin mittalaitteisiin?"

Oheiseen kuvaan on piirretty RF "sniffer" eli Nuusku. Vehje toimii niin hyvin, että se sisältyy myös ARRL:n Hand Bookiin. Nuusku on saanut nimensä toimintaperiaatteestaan - se todella nuuskii RF-kenttää.

Nuuskulla voi etsiä RF:ää sieltä, missä sitä ei saa esiintyä, esim. koaksiaalikaapelin vaipan ulkopuolelta ja tasasuuntaajista. Nuusku haistaa äräffän luvallistakin paikoista, esim. oskillaattoreista (peltikotelon sisäpuolelta).

Värkki koostuu herkästä tasavirtamittarista - leirin kirppikseltä voit löytää halvan sadan mikroampeerin mittarin; kyllä 1 mA:kin saattaa käydä. Sitten kaksi diodia, QST:n esimerkissä on toisen maailmansodan aikaiset 1N34-diodit. Kysykää Matilta kirppiksellä, käyvätkö hänen halvat diodinsa RF:n tasasuuntaa-

miseen... Diodit kytketään kuvan mukaan, alempi kuva antaa vinkkejä teknillisestä toteuttamisesta: mittarin naparuuveihin kierretään eristysaineholkit, holkin kummallekin puolelle pannaan juotoskorva, joihin diodi juotetaan. Diodien toiset päät juotetaan yhteen, sitten pannaan pätkä jäykkää lankaa antenniksi eli sondiksi - saa olla eristettyä, pää voi olla paljas. Jenkeille esitettiin jäykän langan tekemisen kahdesta ohuesta langasta (alakuva): ne kierretään yhteen ja päälle pujotetaan muoviputkea holkiksi. Meikäläinen löytää jostakin puoleltoista neljän asennusjohtoa, se käy mainiosti. Sitten vain nuuskimaan.

Ai miten tämä liittyy tekniikka kakkoeseen? Yleisluokan amatöörille saattaa tulla RF-ongelmia, jolloin tällaisesta todella halvasta ja yksinkertaisesta laittees-

ta on todellista hyötyä.

Käytin aikanaan vastaavaa systeemiä antennin virittämiseen. Lähettimen vieressä oli Ts-4212 yleismittari herkimmillä asteikollaan. Kun antenninvirityslaitetta säätö, näytti mittari, milloin teho meni antenniin ja siitä ympäristöön. Maksiminäyttämä vastasi virittimen ja lähettimen välisen SAS-mittarin miniminäyttämää... □

