



Häiriöt ja mittaaminen

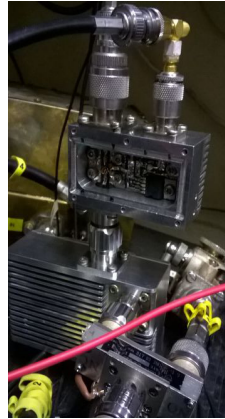
Kalvot: Eero Alkkio (OH6GMT), 2003
Tiiti Kellomäki (OH3HNY), 2009

Häiriötyypit

- sähkömagneettisesti kytkeytyvät
 - puutteellinen kotelointi
 - huonot liitokset
 - puutteelliset suodatukset
- kapasitiivisesti ja induktiivisesti kytkeytyvät
 - huono kaapelointi
 - liian pienet etäisyydet johtimien välillä
- galvaanisesti kytkeytyvät
 - nollapisteiden välillä potentiaalieroja
- muut häiriöt

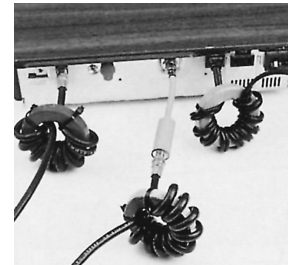
Sähkömagneettiset häiriöt

- Radiotekniikassa häiriötyypeistä merkittävin
- Tentissä häiriintyjät: (analogia-)tv ja GSM
- Harhaläheteistä perustaajuuksien harmoniset (2^{ta}taajuus, 3^{ta}taajuus) yleisin ongelma, niitä on aina
- Jos lähtetimen kotelointi ei ole tarpeeksi tiivis, suurtaajuinen teho karkaa helposti
 - Myös kaapeloinnit, mittarit ja tuuletusaukot ovat ongelmallisia ja ne pitää huolellisesti tiivistää
 - Rakennettava metallikoteloihin
- Syöttöjohto voi säteillä, jolloin sen vieressä oleviin laitteisiin tulee häiriöitä
 - Balunin puuttuminen, huono sovitus...
- RF-tehon pääsy sähköverkkoon ehdottomasti estettävä
- Maadoittaminen ehdottoman tärkeää



Sähkömagneettisten häiriöiden poistaminen

- Harmonisiin harhaläheteisiin ratkaisuna on erilaiset suotimet, tilanteen mukaan valitaan oikea tyyppi
 - Ylipäästö, alipäästö...
 - Harhaläheteitä voi vähentää huomattavasti pienentämällä lähetystehoa!!
- Liittimet, johtotus, kotelointi ja maadoitus kuntoon
- Digitaali- ja audiolinjoihin ferriittikuristimet
- Verkkolaitteen syöttöön verkkosuodin tai ferriittikuristin
- Loisvärähtelyä voidaan estää kuristimilla



Kapasiitiiviset ja induktiiviset häiriöt

- Vaikuttavat yhdessä, eivät niin merkittäviä radiotekniikassa (~ T2-tentissä)
- Haittaavat mittauksia, lähinnä audiolinjoihin ja digitaalisignaaleihin indusoituvia häiriöitä

Galvaaniset häiriöt

- Ilmenevät yleensä 50 Hz verkkohurina, syynä puutteellinen maadoitus
- Jos useita maadoituspisteitä, laitteiden välillä voi olla potentiaalieroja

Muut häiriöt

- Sähkötyksessä avainiskut, aiheutuvat liian jyrkistä nousu- ja laskuajoista
 - Jyrkkä nousu → laaja spektri
- Ylimodulaation ja ylideviaation aiheuttamat häiriöt (tai signaalin epäpuhtaudet) voivat tehdä lähetteen jopa täysin tunnistamattomaksi, ongelma sekä SSB:llä että FM:llä

Kapasiitiivisten ja induktiivisten häiriöiden poistaminen

- Kasvatetaan johdinvälejä
- Suojavaipalliset kaapelit, kierretyt parit

Galvaanisten häiriöiden poistaminen

- Maadoitus mielellään yhteen pisteeseen, kunnollinen potentiaalintasauskisko
- Maadoitus käyttäen kunnollisia kaapeleita ja mahdollisimman lyhyitä reittejä
- Laitteiden välinen maadoitus vähintään 2,5 mm², mielellään 4–8 mm² johdolla

Muiden häiriöiden poistaminen

- Avainiskuista, klikeistä päästään eroon avainnussuotimella lähettimessä
- Mikrofonivahvistus säädetään mikrofonikohtaisesti oikeaksi ja mielellään hieman alakanttiin, jolloin ylimodulaation vaaraa ei ole
- Vasta-asemilta kannattaa myös kysellä oman aseman äänenlaadusta
- Normaalioloissa puheprosessoria ei kannata käyttää

Toimiminen häiriötapauksissa

- Radioamatööri on aina velvollinen selvittämään mahdollisesti aiheuttamansa häiriön ja toimimaan sen estämiseksi
- Ensisijaisesti radioamatöörin tulee asentaa häiriösuotimet omaan lähettimeensä, ei häiriintyvään vastaanottimeen
- Välttämättä läheskään aina häiriöiden aiheuttaja ei ole radioamatööri, joten syytöksiin tulee suhtautua aina pienellä varauksella
- Lähetystehon vähentäminen on yleensä helpoin ja halvin keino torjua häiriöitä esimerkiksi naapurin tv-kuvassa
- Vaikeimmissa tapauksissa voi teoriassa ottaa yhteyttä SRAL:n häiriöneuvojaan

Vinkkejä häiriötapauksiin

- Toimi ystävällisesti... vaikka naapuri ei niin toimisi...
- Ferriitti on helppo tapa kokeilla.
- Isoloi häiriö. Mikä on sen todellinen lähde? Jos häiritsijä on oma lähettimesi, millä bandilla ja teholla?
- Mihin häiriö kytkeytyy?
 - Pientaajuusasteelle (kaiuttimeen)? Tunnistaa siitä, että häiriytyvien stereoiden äänenvoimakkuuden säätö ei vaikuta häiriöön. Ferriittiä kaiutinjohtoon.
 - Sähköverkon kautta? Maadoitukset kuntoon, ferriitti ensin oman laitteen sähköjohtoon ja sitten naapurille.
 - Naapurin antennijohtoon? Vaippavirran katkaisu voi auttaa, ferriitillä tai astetta paremmalla suodattimella. Erilaiset suodattimet käyttöön, taas ensin omiin ja sitten naapurin laitteisiin.
- Lähetystehon pienentäminen auttaa usein.
 - Joskus liika teho tukkii naapurin radiovastaanottimen kokonaan, vaikka amatöörin taajuus ei olisi lähelläkään kuuntelutaajuutta.

Surullinen totuus häiriöistä

- Tenttikysymyksissä häiritsijä = amatööri ja häiriintyjä = naapuri.
- Todellisuudessa amatööri on yleensä se, joka häiriintyy, varsinkin kaupungissa. Häiritsijöitä:
 - Taajuusmuuttajat
 - Rikkinäiset sähkölinjat
 - Rikkinäiset keskusantennivahvistimet
 - Hakkuripowerit, PC:t – myös omalla asemalla
 - Betoniautot...
- Mutta iloisiakin uutisia tulee joskus: OH3TR:n kontestiasemaa riivannut häiriö tuli jonkun valvontakameroista ja lähti ferriitillä jo toisella kokeilulla!

Vinkkejä tutkintoon

- Suodattimet ovat tärkeitä. Lue tarkkaan, onko yli/ali/kaistanpäästö/esto ja mihin suodatin aiotaan laittaa.
 - Auttaako "television taajuusalueelle viritetty kaistanpäästösuoletin lähettimen antenniinlajassa televisiohäiriöiden poistamisessa"?
 - Vai pitäisikö olla "television taajuusalueelle viritetty kaistanestosuodatin häiriytyvän television antenniinlajassa"?
- Harmoniset harhalähetteen tärkeimpänä häiritsijänä.
- Tärkeimpien häiriintyjien taajuudet kannattaa opetella suunnilleen:
 - matkapuhelinverkko esim. n. 900, 1800 MHz
 - tv 400–700 MHz
 - ULA 100 MHz ympärillä

Kysymyksiä häiriöistä

A) 70 cm lähettimesi harhalähete tukkii GSM-tukiaseman vastaanottimen. Häiriön poistamiseksi kannattaa muun muassa

1. asentaa alipäästösuoletin lähettimeesi
2. asentaa ylipäästösuoletin lähettimeesi
3. asentaa kaistanestosuodatin GSM:n taajuudelle lähettimeesi
4. vaatia teleoperaattoria asentamaan tarvittavat suodattimet omiin vastaanottiinnsa

B) Naapurisi TV:ssä näkyy häiriöitä, joiden arvellette johtuvan HF-alueen signaaleista. Koska et halua olla syyppä häiriöihin,

1. väität ylimalkaisesti häiriön johtuvan lähellä olevasta LA-radiolähettimestä
2. pyydät radioamatööriystäväsi apuun, ja tutkitte yhdessä naapurin kanssa, aiheuttaako HF-amatöörilähettimesi kyseiset häiriöt
3. kerrot, että lähettimesi ei voi aiheuttaa häiriöitä ja esität todisteeksi radioamatöörimääräysten kohdan 10.2 "Radioamatööriaseman käyttö häiritsemistarkoituksessa on kielletty."
4. lopetat radioamatööritoiminnan ja myyt laitteesi
5. epäilet, että naapurustossa on 27 MHz:llä toimiva suurtaajuuskuumennin

Vastaukset kysymyksiin

A) 70 cm lähettimesi harhalähete tukkii GSM-tukiaseman vastaanottimen. Häiriön poistamiseksi kannattaa muun muassa

1. asentaa alipäästösuoletin lähettimeesi (oikein)
2. asentaa ylipäästösuoletin lähettimeesi (väärin)
3. asentaa kaistanestosuodatin GSM:n taajuudelle lähettimeesi (oikein)
4. vaatia teleoperaattoria asentamaan tarvittavat suodattimet omiin vastaanottiinnsa (väärin)

B) Naapurisi TV:ssä näkyy häiriöitä, joiden arvellette johtuvan HF-alueen signaaleista. Koska et halua olla syyppä häiriöihin,

1. väität ylimalkaisesti häiriön johtuvan lähellä olevasta LA-radiolähettimestä (väärin)
2. pyydät radioamatööriystäväsi apuun, ja tutkitte yhdessä naapurin kanssa, aiheuttaako HF-amatöörilähettimesi kyseiset häiriöt (oikein)
3. kerrot, että lähettimesi ei voi aiheuttaa häiriöitä ja esität todisteeksi radioamatöörimääräysten kohdan 10.2 "Radioamatööriaseman käyttö häiritsemistarkoituksessa on kielletty." (väärin)
4. lopetat radioamatööritoiminnan ja myyt laitteesi (väärin...)
5. epäilet, että naapurustossa on 27 MHz:llä toimiva suurtaajuuskuumennin (oikein)

Mittalaitteet

- jännitemittari
 - virtamittari
 - resistanssimittari
 - oskilloskooppi
 - taajuuslaskuri
 - spektrianalysaattori
 - tehomittari
 - SWR-mittari...
- } yleismittari

Yleismittari

- Yleismittarissa on yleensä yhdistettyinä vähintään jännite-, virta- ja resistanssimittaukset
- Yleismittarissa voi mahdollisesti olla lisänä esimerkiksi taajuus-, johtavuus-, transistori-, diodi- ja lämpötilamittaukset
- Malliltaan joko analoginen tai digitaalinen, nykyisin digitaaliset huomattavasti halvempia, tarkempia ja yleisempiä
- On hyvä muistaa, että pelkällä jännitemittarilla voidaan suorittaa sekä virta- että resistanssimittaukset (shunttivastus ja vastusjako)

Yleismittarilla mittaaminen

- Jännitemittari kytketään mitattavan piirin rinnalle, "piirin yli vaikuttava jännite".
- Virtamittari kytketään mitattavan piirin kanssa sarjaan, "sama virta kulkee piirin ja mittarin läpi".
- Punainen mittausjohto kytketään jännitemittauksessa jännitereikään ja virtamittauksessa virtareikään.
- Musta johto on aina mustassa portissa.
- Mittarissa olevasta kytkimestä valitaan mitta-alue, esim. 2 Vdc, 10 Vac, 1 Adc.

Oskilloskooppi

- Analogiset mallit eivät varsinaisesti mittaa, vaan pelkästään näyttävät signaalin aaltomuodon ajan funktiona
- Aaltomuodosta voidaan oskilloskoopin ruudukoiden perusteella päätellä mm. jännite ja taajuus
- Oskilloskooppi soveltuu parhaiten jaksollisesti toistuvien ilmiöiden mittaamiseen ja havaitsemiseen
- Digitaaliset muistiskoot laskevat mallista riippuen lähes kaiken valmiiksi
- "Tavallinen oskilloskooppi" tentissä: 10 MHz

Taajuuslaskuri ja spektrianalysointilaite

- Taajuuslaskuria käytetään taajuuden tarkkaan määrittämiseen, perustuu jakajaan, laskuriin ja referenssioskillaattoriin
- Taajuuslaskurin kalibrointi on tärkeää, samoin taajuusreferenssin laatu (OCXO, TCXO)
- Spektrianalysointilaite on oskilloskoopin tyyppinen laite, mutta se mittaa esimerkiksi tehotasojen taajuuden funktiona, käytetään mm. harhalähetteen analysoinnissa

Tehomittari ja SWR-mittari

- Tehomittarilla mitataan yleensä lähettimen lähetysteho
- Tehon mittaamiseen on useita menetelmiä
- SWR-mittarilla mitataan seisovan aallon suhdetta eli lähettimen pääteasteen ja syöttöjohdon alapään välistä sovitusta
- SWR (=SAS) ei voi olla pienempi kuin 1!

Impedanssin mittaaminen, VNA

- Antennin tai esim. suodattimen sisäänmenoimpedanssin voi mitata piirianalysointilaiteella (VNA).
 - Mahdollisuus tarkastella kompleksista impedanssia taajuuden funktiona.
- Käyttämättömät portit päätettävä 50 ohmin päätteellä heijastusten välttämiseksi.
- Piirianalysointilaiteella voi mitata myös vahvistuksen ja isolaation.

RF-mittauksissa huomioitavaa

- Kaikissa RF-liittimissä pitää aina olla jotain kiinni: joko mittausjohto tai sovitettu pääte (50 ohm).
 - Muuten teho heijastuu ja aiheuttaa mittausvirheitä.
- Muista mittauslaitteiden tehon- ja DC:n kestot.
 - Vaimennin on hyvä olla varalla.
- Muista laitteiden kaistanleveydet.
- Labrageneraattorit eivät anna kovin suuria tehoja (+17 dBm) – saatat tarvita apuvahvistimen.

Lähetystehon mittaaminen oskilloskoopilla

- Mittauksessa tarvitaan riittävä 50 ohmin keinokuorma, oskilloskooppi ja mittapäänäin tarvittaessa riittävä vaimennus
- Uhh:stä (huipusta-huippuun-jännite) saadaan teho: $P = (U_{hh} / 2\sqrt{2})^2 / R$
- Sama sievennettynä: $P = U_{hh}^2 / 8R$
- Menetelmä on periaatteessa tarkka, mutta etenevä ja heijastunut teho siirtojohtossa tuottavat mittaukseen virhettä

Lähetystehon mittaaminen yleismittarilla

- Lähetysteho voidaan mitata kohtuullisen tarkasti myös yleismittarilla, periaate on sama kuin oskilloskooppimittauksissa, mutta kytkentä on erilainen
- Menetelmä ei ole kovin tarkka ja soveltuukin parhaiten matalille taajuuksille ja suurille tehoille
- Diodin kynnysjännite huomioitava

Efektiiinen säteilyteho, ERP

- Lähettimestä lähtee tehoa 100 wattia, siirtojohtoihin häviää 1,5 dB ja antennin vahvistus on 7,5 dBd. Mikä on efektiiinen säteilyteho?
- $10 \cdot \lg 100 = 20$ dBW
- $20 - 1,5 + 7,5 = 26$ (dBW)
- $10^{(26 / 10)} = 398.107... W \sim 400W$ ERP

Kysymyksiä mittauksista

A) Mittaat lähettimen tehoa 50 ohmin keinokuormaan oskilloskoopilla, jonka kaistanleveys on riittävä. Saat mittaustulokseksi Uhh = 100 voltia. Lähettimen teho on

1. 10 W
2. 25 W
3. 100 W
4. 200 W

B) Haluat saada selville HF-lähtetimen harmonisten taajuuskomponenttien tehot. Mittausta varten tarvitset

1. oskilloskooppiin liitettävän spektrianalysaattoriosan
2. tarkkuusvoltageittarin, joka antaa jännitetaso desibeleinä
3. ampeerimittarin lähettimen ottaman tehon määrittämistä varten
4. lähettimen koko tehon kestävän keinokuorman

Vastaukset kysymyksiin

A) Mittaat lähettimen tehoa 50 ohmin keinokuormaan oskilloskoopilla, jonka kaistanleveys on riittävä. Saat mittaustulokseksi Uhh = 100 voltia. Lähettimen teho on

1. 10 W (väärin)
2. 25 W (oikein)
3. 100 W (väärin)
4. 200 W (väärin)

B) Haluat saada selville HF-lähtetimen harmonisten taajuuskomponenttien tehot. Mittausta varten tarvitset

1. oskilloskooppiin liitettävän spektrianalysaattoriosan (oikein)
2. tarkkuusvoltageittarin, joka antaa jännitetaso desibeleinä (väärin)
3. ampeerimittarin lähettimen ottaman tehon määrittämistä varten (väärin)
4. lähettimen koko tehon kestävän keinokuorman (oikein)

Kysymyksiä mittauksista

A) Kiertokääntämittarissa on kaksi asteikkoa, 0 – 50 V ja 0 – 1 A. Ilman apuvälineitä voit sillä mitata

1. tasavirtaa
2. vaihtovirtaa
3. tasajännitettä
4. vaihtojännitettä

B) Haluat mitata radiolähtetimen virtalähteestä ottaman virran. Tarvitset

1. voltageittarin, joka on kytketty virtalähteeseen rinnan lähettimen kanssa
2. voltageittarin, joka on kytketty virtalähteeseen sarjaan lähettimen kanssa
3. ampeerimittarin, joka on kytketty virtalähteeseen sarjaan lähettimen kanssa
4. mittarin, joka on kytketty virtalähteeseen rinnan lähettimen kanssa

Vastaukset kysymyksiin

A) Kiertokäämimittarissa on kaksi asteikkoa, 0 – 50 V ja 0 – 1 A. Ilman apuvälaineitä voit sillä mitata

1. tasavirtaa (oikein)
2. vaihtovirtaa (väärin)
3. tasajännitettä (oikein)
4. vaihtojännitettä (väärin)

B) Haluat mitata radiolähtetimen virtalähteestä ottaman virran. Tarvitset

1. volttimittarin, joka on kytketty virtalähteeseen rinnan lähtetimen kanssa (väärin)
2. volttimittarin, joka on kytketty virtalähteeseen sarjaan lähtetimen kanssa (väärin)
3. ampeerimittarin, joka on kytketty virtalähteeseen sarjaan lähtetimen kanssa (oik)
4. mittarin, joka on kytketty virtalähteeseen rinnan lähtetimen kanssa (väärin)