

IMPEDANSSINSOVIITTIMISTA

Rauno, OH3FR

Vastuuvapauslauseke:

Tässä artikkelissa annetut työohjeet, raja-arvot, työ- ja sähköturvallisuuteen liittyvät huomiot ja toteamukset ovat yleisiä ja perustuvat vain ja ainoastaan kirjoittajan kertaluonteisiin kokemuksiin. Niiden relevanttius ja merkitys eri tilanteissa voi poiketa huomattavasti tässä esitetystä. Myös niiden noudattamisesta tai noudattamatta jättämisestä johtuvat seuraukset ovat jokaisen henkilökohtaisella vastuulla.

PERUSTEET JA TEORIAPALA

Antennijärjestelmään kuuluu syöttölinja ja antenni sekä mahdolliset muuntajat ja yhteismuotoisten häiriöiden kuristimet. Tässä jutussa kerron sovittamisen perusteista hyvin yleisesti ja erilaisten sovittimien ominaisuuksista mittauksiin perustuen. Kansankielellä puhutaan ”antennin virittämistä”, mutta radion päässä oleva sovitin ei viritä antennia, vaan koko antennijärjestelmän.

Sähköteho siirtyy häviöittä piiristä toiseen, kun kummankin rajapinta on impedanssiltaan puhtaasti resistiivinen ja arvoltaan yhtä suuri. Häviöt ovat loistehoa, joka muuttuu lämmöksi eikä se siirrä haluttua radiotaajuista tehoa piiristä toiseen. Piirit pitää sovittaa toisiinsa niin, että loisteho saadaan minimoitua. On siis perin ilmeistä, että radion ja antennijärjestelmän impedanssit on sovittettava toisiinsa mahdollisimman hyvin, jotta lähettimestä ei tule siniset käyttösavut ulos, mahdollisimman suuri osa tehosta saadaan antenniin säteilemään ja vastaanotettu signaali on paras mahdollinen.

Impedanssi muodostuu aina sekä resistiivisestä, että reaktiivisesta osasta. Resistiivisen osan vastus on taajuudesta riippumaton. Reaktiivinen vastus on kapasitiivinen tai induktiivinen. Se ilmenee vain vaihtovirralla ja on taajuudesta riippuva. Kapasitiivinen reaktanssi pienenee taajuuden kasvaessa ja induktiivinen vastaavasti kasvaa. Resistiivinen osio on tässä tapauksessa häviötön ja reaktiivinen osa saa aikaan erilaisia taajuudesta riippuvia ei-toivottuja häviöitä. Impedanssin yksikkö on ohmi (Ω) ja se ilmaistaan kaavalla:

$$Z = R \pm jX,$$

jossa R on impedanssin resistiivinen osa ja $\pm jX$ reaktiivinen. Jos j on positiivinen, on kyseessä induktiivinen reaktanssi ja jos se on negatiivinen, niin kapasitiivinen reaktanssi. Reaktanssit ovat taajuudesta riippuvia seuraavasti:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f}$$

Antennijärjestelmään sovittamaton radio näkee puhtaan taajuudesta riippumattoman vastuksen lisäksi kelan tai kondensaattorin. Ja sehän ei passaa, koska radion suurtaajuusrajapinnan oletetaan yleisesti olevan taajuudesta riippumatta 50Ω ja puhtaasti resistiivinen. Antennijärjestelmän impedanssi sen sijaan on aina myös reaktiivinen ja impedanssiltaan taajuudesta riippuva, joten se pitää saada toimintataajuudella näyttämään radion suuntaan resistiiviseltä 50Ω kuormalta. Silloin suurin mahdollinen osuus energiasta siirtyy puhtaasti radion ja antennijärjestelmän välillä. Myös puhtaasti resistiivisen, mutta 50Ω :sta poikkeava arvo lisää häviöitä radion ja antennin välillä. Epäsovitus saa osan radion ja antennin välillä kulkevasta tehosta palaamaan lähtöpisteeseensä.

Mikäli paluuteho on lähetettäessä suuri eli seisovan aallon suhde (SAS, SWR) on korkea, lähetin kärsii lähetystehon ja takaisinheijastuneen tehon summasta ja käry voi nousta. Yleisesti ottaen yli 1:3 seisovan aallon suhde ei ole enää lähettimen kannalta turvallinen. Kaupallisten radioiden sisäiset automaattivirittimet virittävät tyypillisesti juuri tuon 1:3 suhteen kohti 1:1:tä. Niiden kanssa on siten syytä olla varovainen, että ei aja kaikkea ulos saatavaa tehoa ensimmäisellä kerralla tuntemattomaan antenniin. Sovitin ei välttämättä silloin pysty tekemään työtään kunnolla. Joskus jopa paljon pienemmätkin SAS:t on pääteasteelle turmiollisia. Etenkin silloin, kun pääteasteesta on revitty viimeisetkin tehot ulos ajamalla sitä komponenttien reuna-arvojen äärirajoilla. Vastaanotossa asialla ei ole niin suurta merkitystä. Etenkin, jos sovitin ei ole ihan pielessä. Huonosti sovitettu antenni heikentää kuitenkin aina vastaanotettavan signaalin voimakkuutta. Automaattivirittimen radion kanssa voi olla joskus hyvä käyttää ”esiviritykseen” myös ulkoista sovitinta, jolla saadaan antennijärjestelmän SAS laskemaan alle 1:3 ennen automaattitunerin käyttöä. Lähettimen mahdollista suojausta lukuun ottamatta muuta apua tästä ei kuitenkaan ole, sillä sovituslaite vaimentaa läpi kulkevaa signaalia aina jonkin verran.

Jotta siis saadaan pidettyä lähettimen pääteaste kunnossa, lähetysteho siirrettyä tehokkaasti antenniin saakka ja signaalin voimakkuus vastaanotettaessa mahdollisimman hyvänä, on asialle eduksi laittaa radion ja antennijärjestelmän väliin impedanssin sovitin. Antennijärjestelmään kuuluu lähes aina varsinaisen antennin lisäksi syöttöjohto. Syöttöjohto on yleensä joko koaksiaalikaapeli tai avojohto. Lanka-antennia (esim. ”random wire”) voidaan syöttää myös suoraan tai muuntajan kautta ilman erillistä syöttöjohtoa.

Koaksiaalikaapelin impedanssi voi vaihdella. Radioamatööritoiminnassa käytetään tyypillisesti noin 50 Ω kaapelia. Koaksiaalikaapelissa on aina vaimennusta. Vaimennusarvot (ja myös tarkka impedanssi) kannattaa tarkastaa valmistajan verkkosivuilta. Vaimennus on huomioitava erityisesti, kun toimitaan VHF/UHF tai ylemmillä taajuuksilla tai jos kaapeli on pitkä. Vaimennus tarkoittaa, että osa lähetystehosta jää kaapeliin ja luonnollisesti myös vastaanotetun signaalin taso heikkenee. Epäsovitustilanteessa takaisin lähtöpisteeseen palaava teho vaimenee myös mennessä tullen, joten SAS-mittari näyttää pienempää SAS-arvoa, kuin antennin ja syöttöjohtojen välissä oikeasti on. Antenni siis toimii huonosti, vaikka SAS näyttää hyvältä. Silloin ei radion ja antennijärjestelmän välissä oleva sovitin voi tilannetta parantaa, vaan viritin on sijoitettava antennin ja syöttölinjan väliin. Tällainen ratkaisu on perin harvinainen.

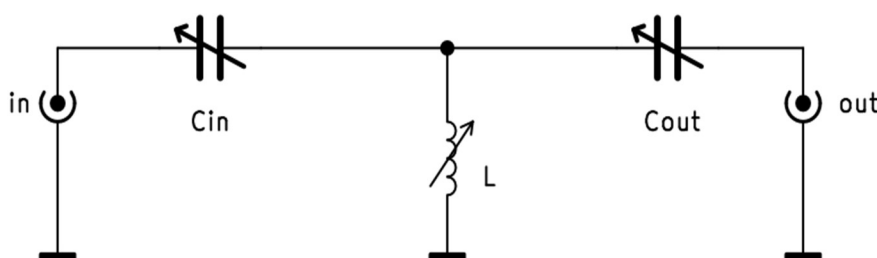
Syöttöjohto voi olla myös avojohto. Siinä kaksi rinnakkain toisistaan vakioetäisyydellä olevaa johdinta muodostaa ulospäin säteilemättömän siirtolinjan. Mitä lähempänä toisiaan johtimet ovat, sitä pienempi on impedanssi. Tavallinen rautakaupasta saatava kaiutinjohdo (johtimet aivan vierekkäin) on impedanssiltaan noin 120 Ω ja ns. ”tikapuulinja” yleensä noin 600 Ω . Avojohtojen vaimennus on hyvin pieni, mutta se ei saa olla minkään johtavan, kuten peltikaton välittömässä läheisyydessä. Avojohtojen käyttö edellyttää impedanssinsovitinilta balansoitua rajapintaa, jossa avojohtojen molempiin johtimiin syötetään tehoa vastakkaisissa vaiheissa (180°). Tällöin siirtolinja ei säteile, vaan vain kuljettaa kiltisti signaalin radion ja antennin välillä. Lisäksi antennin impedanssi pitää olla liitospisteessä sovitettu avojohtojen impedanssiin. Silloin tarvitaan siirtolinjan ja antennin väliin muuntaja, jolla tarvittava impedanssimuunnos tehdään. Avolinjan radion päässä oleva impedanssin sovitin ei siis viritä tässäkään tapauksessa antennia, vaan antennijärjestelmän.

Impedanssin sovittimen tehtävä on mahdollisimman pienin häviöin saada antennijärjestelmä näyttämään radion mielestä 50 Ω häviöttömältä kuormalta. Sovituslaitteita on kovin erilaisia. Tässä jutussa on esillä sovittimet, jotka toimivat ylipäästö-, alipäästö- tai kaistanpäästöperiaatteella. Näissä kaikissa on reaktiiviset komponentit (kelat ja kondensaattorit) järjestettynä niin, että antennijärjestelmässä olevat reaktanssit yhdessä sen säteilyvastuksen kanssa saadaan muodostamaan radion haluama 50 Ω resistiivinen kuorma. Näin sovittimen tarkoitus täyttyy.

T-SOVITIN

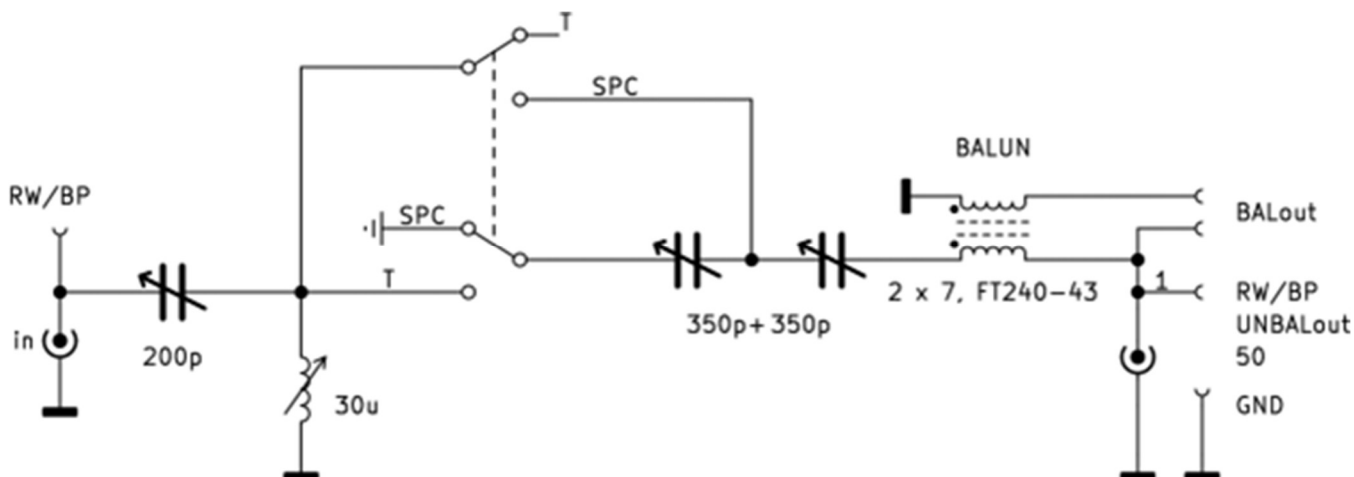
T-sovitin on ylipäästösuodatin. Nimi tulee sen muodosta, kun se T-kirjainta muistuttaa. Siinä tulon ja lähdön yhdistää sarjakondensaattorit, joiden liitospisteestä on kytketty kela maihin. Peruskytkentä sellaisenaan palvelee koaksiaali/koaksiaali sekä koaksiaali/yksilanka-syöttöisiä antennejä. Balansoitu lähtö saadaan aikaan esimerkiksi 1:1 virtabalunilla. Voi käyttää myös esimerkiksi 1:4 virtabalunia, jolloin sovittaminen erilaisiin avojohdolla syötettyihin antennijärjestelmiin helpottuu. Jännitebalun on muuntaja, joka pelkästään muuntaa impedanssia. Virtabalun sen sijaan (myös) tasaa siihen käämittyjen johtimien virrat yhtä suuriksi. Jos ne vielä sen lisäksi käännetään vaiheeltaan vastakkaisiksi, saadaan balansoitu lähtö, jolloin avolinja ei säteile ja myös yhteismuotoiset häiriöt vastaanotettaessa pienenevät.

T-sovittimen perusrakenteen kytkentä on kuvassa 1.



Kuva 1. T-sovitin.

Ylipäästösuodatinhan se siinä. Tällä pärjää varsin mainiosti, mutta muunnoksia voi tehdä. Aloitin oman projektini vaatimuksista, että 160 – 10 m pitää saada katettua minun antenneilani ja tehoa pitää kestää vähintään 250 W. Minulle kävi niin, että perus-T ei riittänyt virittämään omia lanka-antenniviritelmäni ihan kaikilla bandeilla, joten muuntelin hiukan. Kuvassa 2 on käyttämäni T/SPC-sovittimen kaavio.

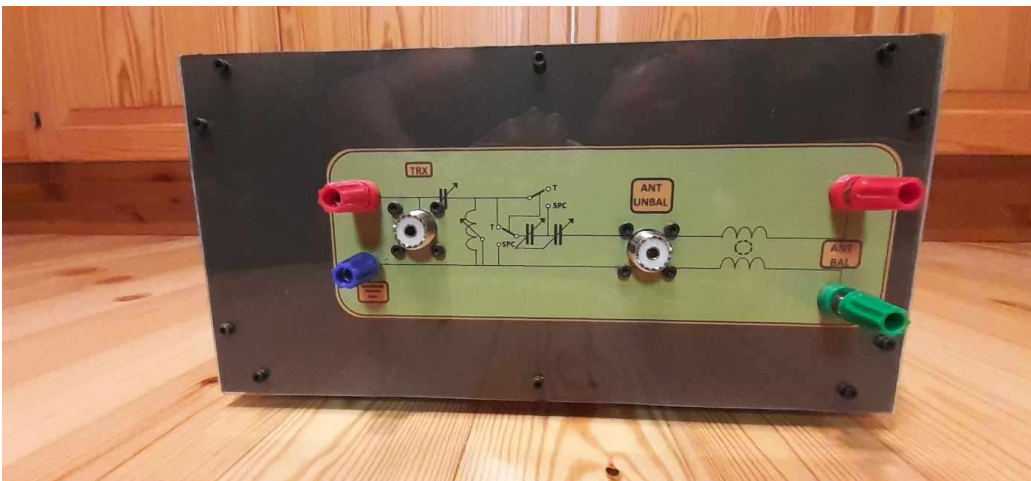


Kuva 2. Esimerkki käytännön T-sovittimesta. RW/BP liittimet yhteen kytkemällä voidaan sovitin oikosulkea. Sitä voidaan käyttää joissain tapauksissa ohittamaan sovitin, kun kondensaattorit käännetään samalla minimiin ja kela tarvittaessa maksimiin.

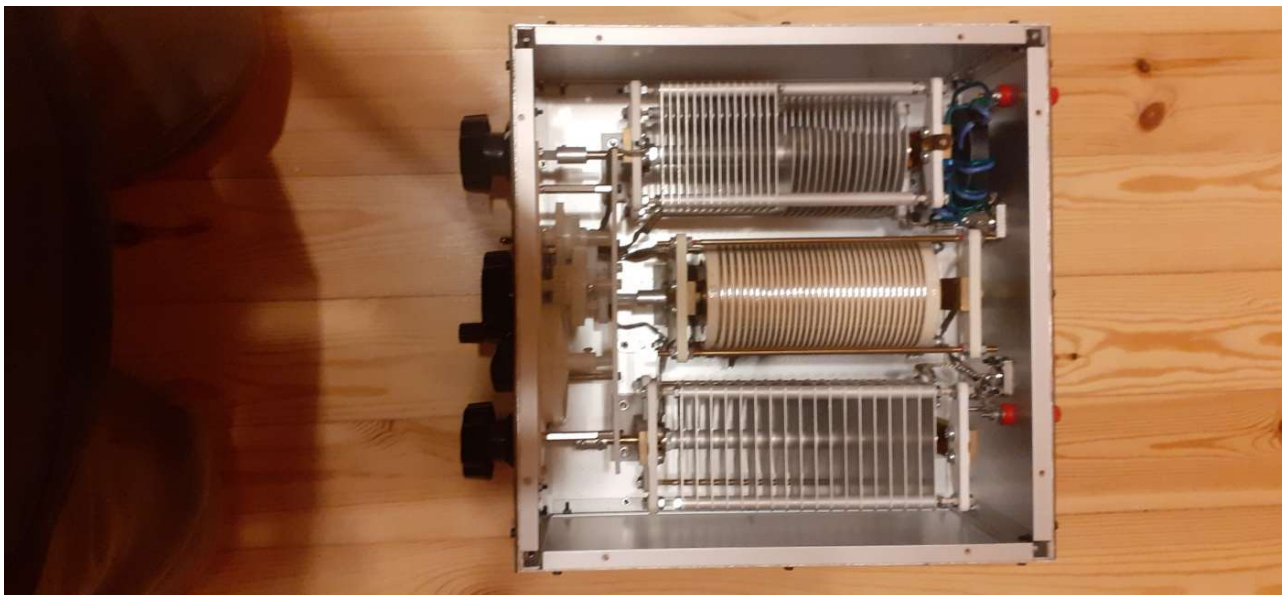
SPC-sovittimessa lähtöpuolen kondensaattorista puolet kytketään kelan rinnalle. Se kuitenkin säätyy yhtä aikaa lähtöpuolen kondensaattorin kanssa. Lisänä on lähtöpään 1:1 virtabaluni, joka muuttaa yksipäisen lähdön kelvolliseksi avolinjasyöttöä varten. Sen verran järeistä komponenteista tuon rakensin, että kestänee mahdollisesti kilowatin (?) lähetystehoa. Kuvat 3 - 6 esittävät käytännön rakennetta.



Kuva 3. T-sovittimen hallintalaitteet. Signaalitie kulkee oikealta vasemmalle. Oikealla on siten tulopuolen sarjakondensaattori ja vasemmalla lähtöpuolen kondensaattori. Keskellä on rollerikelan säätökampi ja siitä yläoikeaan on kelan asteikko. Kytin keskellä alhaalla vaihtaa T- SPC-toimintojen välillä.



Kuva 4. T/SPC-sovittimen kytkentärajapinta takalevyssä. Signaali etenee vasemmalta oikealle. Signaalia voi syöttää myös pelkillä johtimilla UHF-koaksiaaliliittimen lisäksi. Sininen naparuuvi on maadoitus. Keskellä on 50 Ω balansoimaton lähtö ja oikealla avolinjasyöttöä varten balansoitu lähtö. Taustalla on kytkentäkaavio, joka helpottaa kytkemistä. Sovitinta voi käyttää myös "väärinpäin", eli syöttää teho oikealta ja ottaa se ulos vasemmalta. Voi auttaa joskus impedanssiltaan haastavien antennijärjestelmien virittämistä.



*Kuva 5. Piiritekninen toteutus. Tulopään 200 pF kondensaattori alhaalla, 30 uH rollerikela keskellä ja lähtöpään 2*350 pF kondensaattori ylhäällä. 1:1 virtabaluni balansoitua lähtöä varten näkyy ylhäällä oikealla. Vaikka kytkentäjohtimet yritettiin pitää mahdollisimman lyhyinä, kertyi niille tässä konstruktiossa pahimmillaan mittaa n. 15 -20 cm.*



Kuva 6. Rollerikelan indikaattorin 1:30 hammaspyörävaihteisto.

Koko vehje on 30*30*15 cm alumiinilaatikossa. Kela käsittää 30 kierrosta hopeoitua kuparilankaa. Koska säätönuppi kiertää 30 kertaa ympäri kelan minimi- ja maksimi-induktanssin välillä, piti asteikkoindikaattoriin rakentaa 1:30 alennusvaihte. Se syntyi vanhan printterin hammaspyörästä ja muovilevystä. Kondensaattorien akselit pitää tässä sovitintyyppissä olla eristetyt rungosta ja virittäjän sormista, joten niissä on eristeaineesta tehdyt akselinjatkot. Kytkennät ovat 10 mm litistettyä kuparisukkaa. Koska rakenne on järeä, niin komponenttien väliset etäisyydet ja edelleen kytkennät ovat hyvin pitkät, jopa 20 cm. Hajainduktanssit ovat suuret, luokkaa yli 150 nH, jolla on jo vaikutusta HF-alueen yläpäässä. Viritys tapahtuu niin, että jompikumpi kondensaattori laitetaan maksimiarvoon ja sen jälkeen kelaa ja toista kondensaattoria säätämällä etsitään sovituskohda. Näin yleensä tapahtuukin. Joissain tapauksissa molempia konkkia pitää käyttää.

Alla taulukko, jossa on mittaustulokset, kun sovitetaan 50 Ω resistiivinen kuorma 50 Ω resistiiviseen syöttöön. Siis ajetaan läpi radion normi-impedanssia. Tällä menettelyllä saadaan selville sovittimen

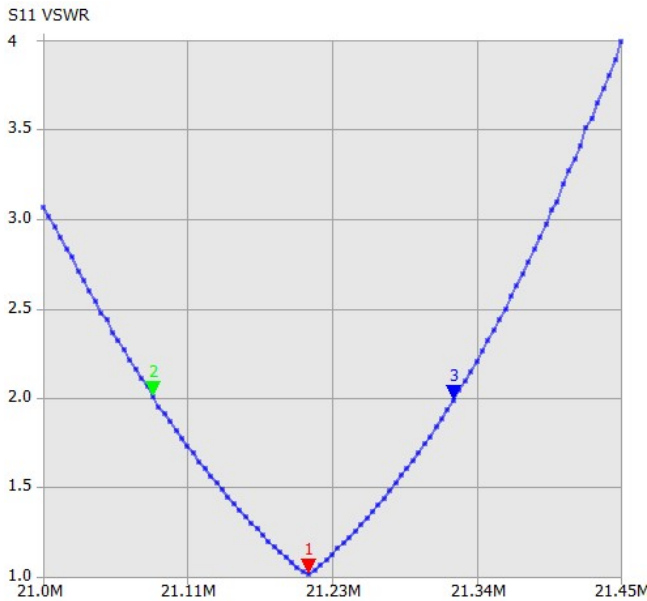
vaimennus sekä sen kyky toimia suunnitelulla taajuusalueella. Mittaukset tehtiin NanoVNA piirianalysaattorilla. Taulukossa on sovittimen ominaisarvoja eri bandeilla.

Taulukko 1. T/SPC-sovittimen ominaisarvoja. Punaisella ympyröity alueet, joilla sovitin ei toimi riittävän hyvin tai ollenkaan.

50Ω:50Ω		T			SPC		
bandi (m)	taajuus (kHz)	SWR (1:x)	A (dB)	B(kHz) (SWR 1:2)	SWR (1:x)	A (dB)	B (kHz) (SWR 1:2)
160	1840	1,0	0,0	76	1,0	0,0	59
80	3650	1,0	0,5	372	1,0	0,7	222
60	5370	1,0	0,3	750	1,0	0,4	410
40	7100	1,0	0,2	1370	1,0	0,2	leveä
30	10125	1,0	0,2	3720	1,0	0,2	leveä
20	14100	1,0	0,6	leveä	1,0	0,3	leveä
17	18100	1,0	0,4	leveä	1,0	0,9	3200
15	21100	1,0	1,3	leveä	1,0	3,7	2900
12	24900	-	-		1,3	8	12
10	28200	-	-		1,0	0,6	4320

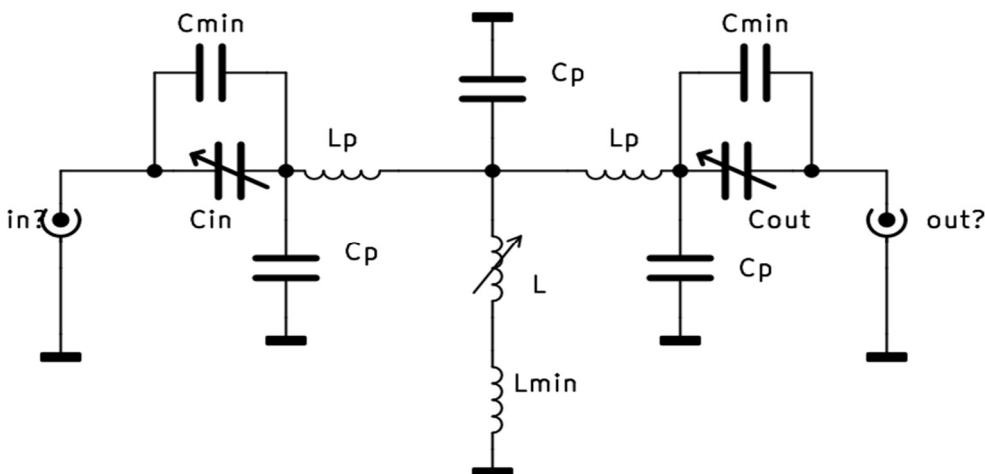
Huomataan, että sovitin toimii 15 m:lle saakka. Siitä ylöspäin ei tässä mittaustapauksessa laite toimi kunnolla. Syy on liian suuret hajainduktanssit, jotka ovat sarjassa kondensaattorien kanssa ja hajakapasitanssit myös konkkien ja kelan rinnalla. Ne muodostavat resonansseja varsinaisten säätökomponenttien kanssa tai keskenään ja sovitus ei ota toimiakseen. Muuten sovitus toimii ja vaimennus pysyy T-virittimellä keskimäärin n. 0,4 dB:n tienoilla ja SPC-asennossa n 0,7 dB:ssä. Kilowattia ajettaessa SPC-asento hukkaa kuitenkin sovittimeen keskimäärin 150 W ja T-asennossakin melkein 100 W.

Tilanne voi olla erilainen, kun sovitetään oikeasti impedanssia eikä vain ajeta sitä läpi. Kuvassa 7 on mittaustulos virityksen luonteesta 15 m:llä. SWR 1:2 saavutetaan noin 200 kHz leveydeltä, kun antennina on 400 Ω avolinjalla syötetty 60 m pitkä vaakaluuppi 6 m korkealla. Virityksen kanssa on vaikeuksia kuitenkin 10 ja 12 m:llä. Se kertoo piiritoteutuksen tuomien hajareaktanssien olevan olemassa. Windom-tyyppisen avolinjalla syötetyn dipolin laite kuitenkin pystyy saattamaan vireeseen kaikilla bandeilla. Läpäisyvaimennuksia ei voida mitata, joten todellinen hyötysuhde jää varmistamatta.



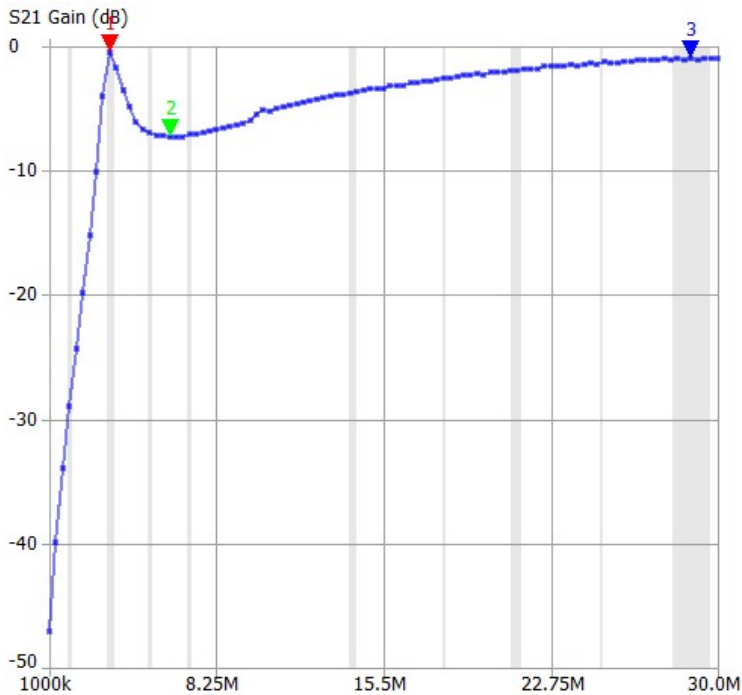
Kuva 7. T-sovittimen virityskäyrä 15 m:llä 60 m vaakalooppiin.

NanoVNA:n mittauksissa näkemä impedanssi ja myös virityskomponenttien asennot käyttäytyvät tässä sovittimessa HF:n yläbandeilla omintakeisesti, joten hajareaktanssit ovat ilmeisen syylliset moiseen. Kuva 8 selventää ilmiötä.



Kuva 8. T-sovittimen hajareaktansseja. C_{min} ja L_{min} ovat säätöelementtien minimiarvot. Ne on hyvä mitata jo suunnitteluvaiheessa. C_p :t ovat piiriteknisestä toteutuksesta sekä komponenteista itsesään johtuvia hajakapasitansseja. Ne voivat olla useita pF, jopa 20 - 30pF. L_p :t ovat hajainduktansseja johtuen samoista systä. Yleisesti 1 cm mittaisella johtimella on 10 nH induktanssi. Leveillä ja litteillä kaapeleilla voi tätä ilmiötä hiukan pienentää. Se kuitenkin lisää mahdollisuutta kaapeloinnista johtuviin hajakapasitansseihin. Säätökondensaattorin runko päästä päähän muodostaa myös induktanssin, joka voi olla jopa 30 nH. On siis hyvä tehdä kaikki impedanssisovitukseen vaikuttavat kytkennät samaan liitokseen samassa komponentissa. Hajareaktanssit on hyvä mitata jo piiritekni sen toteutuksen suunnitteluvaiheessa.

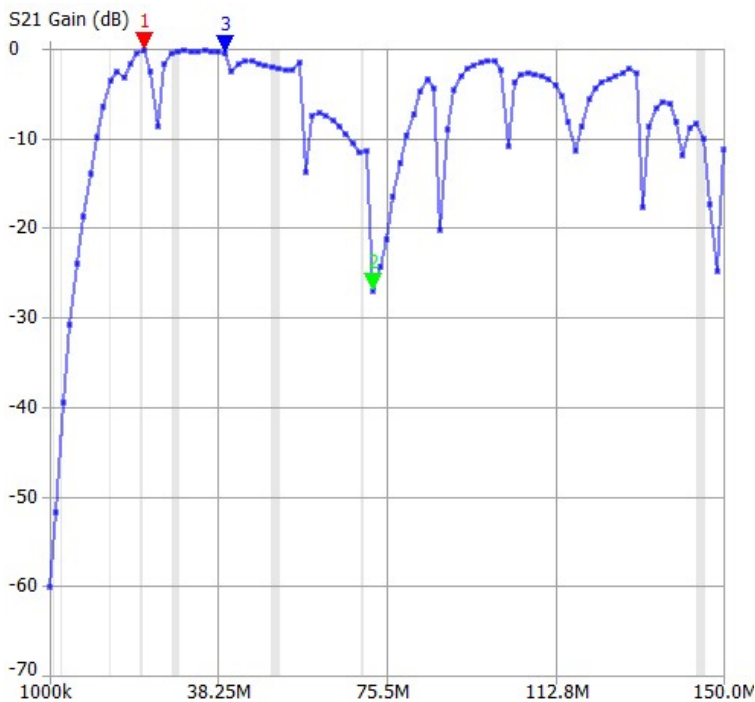
T-sovitin on todellakin ylipäästäsuodatin. Tämä näkyy kovin selvästi kuvista 9 ja 10. 80 m:llä kerrannaisten vaimennus on korkeintaan 6 dB. Siitä se vain pienenee taajuuden kasvaessa. Lähettimen omien alipäästäsuotimien on syytä olla hyvät, että määräysten mukaiset vaimennusrajat voidaan saavuttaa. Vastaanotossa yläpuolisten naapuribandien vahvat läheteet eivät käytännössä vaimene, joten myös vastaanottimen kaistasuodatinten pitää olla riittävän hyvät.



Kuva 9. 80 m:lle viritetyn T-sovittimen päästösuunnan vaimennus testitilanteessa HF-alueella.

Kuvassa 10 on tilanne virityksen ollessa 15 m:llä aina 150 MHz:iin saakka. Satunnaisesti vaimennusta on jopa yli 20 dB, mutta pääosin ollaan muutamassa dB:ssä. Edelleen radion filttäreiden on oltava kunnolliset. Kuva ilmentää myös sitä, että:

1. vähintään jonkinasteinen sovitus kuhunkin antenniin voi tapahtua useilla eri komponenttien arvoilla ja
2. hajareaktanssit vaikuttavat sovittimen toimintaan korkeilla taajuuksilla.



Kuva 10. 15 m:lle viritetyn T-sovittimen VHF-alueen läpäisyvaimennus testitilanteessa.

Mitä opimme tästä? T-sovittimella on hyviä ja huonoja puolia – luonnollisesti. Palaan niihin kohti. Mutta ensin pari huomiota laitteen rakentamisesta ja erityisesti piiriteknisestä toteutuksesta:

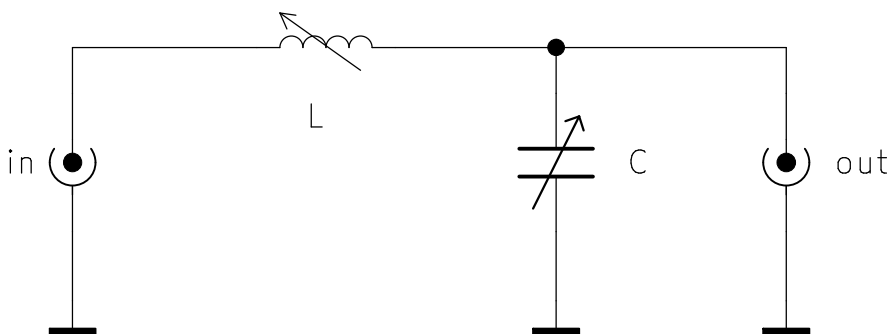
- Ilmaeriteinen rollerikela tarvitsee ympärilleen sähköisesti vapaata tilaa noin puolet sen halkaisijasta, jotta ei pääse syntymään hajakapasitanssia ja induktanssi ei muutu. Metallisesta kotelosta voi siis tulla suuri ja kondensaattorien sijoittelu voi olla haasteellista.
- Kytkenä pitää yrittää sijoittaa signaalitien suhteen loogisesti, jotta komponenttien väliset johtimet ovat mahdollisimman lyhyet. 1 cm johdin vastaa noin 10 nH induktanssia. 10 cm on jo 0,1 uH, joka on HF-alueen yläpäässä paljon.
- Komponenttien jännite- ja virtakesto on hyvä yrittää pitää ”reunalla”, mutta turvallisesti kuitenkin sen yläpuolella, niin että ei käytä tarkoitukseen nähden liian järeitä komponentteja, jolloin niiden välimatkat kasvavat ja edelleen hajainduktanssit myös.
- Rakenne on hyvä pitää niin yksinkertaisena, kuin mahdollista.
- Jännitteet ja virrat voivat olla suuria erityisesti silloin, kun viritys *ei* ole kohdallaan. Eristysten pitää olla riittävät, jottei synny savua ja tulta tai operaattori saa suurtaajuussähköä sormilleen.

Näillä pääsee ehkä eteenpäin. Aika geneerisiä ohjeita kaikkien sovittimien osalta. T-sovittimen plussat ja miinukset:

- + virittää lähes mitä tahansa
- + yksinkertainen rakenne
- + loivahko viritys
- + komponenttien arvot eivät ole kovin kriittiset
- ylipäästösuodatin, joten ei vaimenna yliaaltoja
- ei ihan mitätön läpimenovaimennus
- vaatii käytännössä rollerikelan

L-SOVITIN

L-sovitin on alipäästösuodatin. Siinä on signaalitien kanssa sarjassa kela ja sen jommassakummassa päässä signaalitien rinnalla kondensaattori. Se on ”typistetty” versio π -suodattimesta, sillä kondensaattori on vain toisessa päässä kela, ei molemmissa. L kuvaa suodattimen muotoa, joka jollain tapaa on mielleltävissä kaadetun L-kirjaimen muotoiseksi. Tässäkin peruskytkentä toimii koaksiaali/yksilankaisessa (balansoimattomassa) signaalitiessä. Luonnollisesti maadoitus vaaditaan. Jälleen esimerkiksi 1:1 tai 1:4 virtabalunilla saadaan aikaan balansoitu lähtö. L-sovitin voidaan kytkeä kummin päin tahansa, kondensaattori joko radion tai antennijärjestelmän puolella. Suunta riippuu siitä, onko antennijärjestelmän impedanssi suurempi vai pienempi kuin radion. Jos suurempi, niin kondensaattori on antennijärjestelmän puolella. Kuvassa 11 on L-sovittimen peruskytkentä. Aika yleisesti automaattivirittimet ovat tämän kaltaisia. Niissä kelan ja kondensaattorin arvot säädetään relekytketyillä komponenteilla.





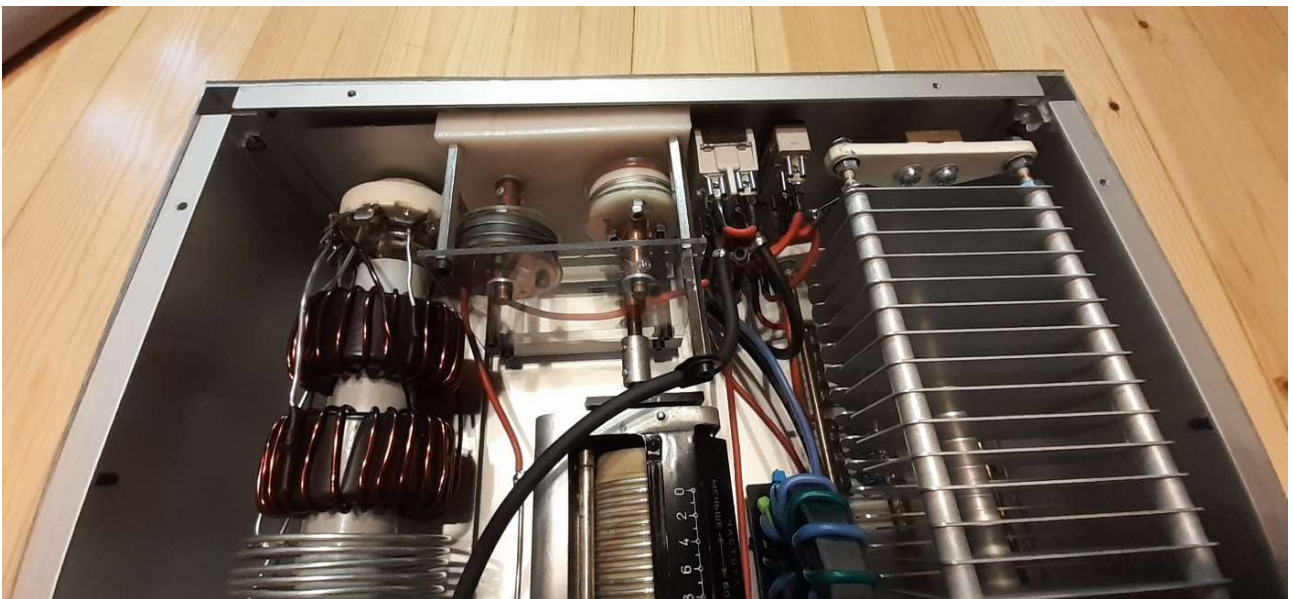
Kuva 13. L-sovittimen hallintalitteet. kondensaattori on vasemmalla, välissä valintakytkimet, keskellä säätökela ja sen asteikkonäyttö ja lopulta kelan stepperi.



Kuva 14. KytKentärajapinta takalevyssä. Vasemmalta sisään ja oikealta ulos.



Kuva 15. Piiritekninen toteutus. Oikealla kondensaattori, keskellä rolleri ja vasemmalla lisäkelat. Lähdön baluni on konkan ja rollerin välissä.



Kuva 16. Lähikuva kytkennöistä ja rollerin indikaattorin vaijerivaihteesta. Lisäkelojen punaiset toroidit on kääritty vulkanoituvaan teippiin lisäeristyksen saamiseksi.

Piiritekninen rakenneratkaisu johti lopulta liian pitkiin kytkentäjohtoihin, vaikka kovasti yritin niitä pitää lyhyenä. Johdotus on tehty teflon-eristeisestä sähköjohdosta ja 2 mm tinausta kuparilangasta. Erilaisten toimintojen kytkinten takia hajainduktansseja tuli säätölinjaan varmaan yli 300 nH, joka on kovin paljon. Kytkentäjohtot menevät joissain tapauksissa edestakaisin kytkinten ja säätökomponenttien välillä. Hajainduktanssit myös jakautuvat useampaan paikkaan, joten sisäisiä resonansseja syntyi. Onneksi yksikään ei ole bandilla.

Sovitin mitattiin jälleen 50/50Ω läpiajoperiaatteella. Mittaus tehtiin myös syöttämällä piirianalysoittorin signaali tulopuolelle ja ottamalla se ulos balansoidun lähdön balunin kautta lyhyillä kytkentäjohtoilla. Näin saatiin tietoa siitä, miten tuo virtabaluni vaikuttaa ominaisarvoihin ja sovitin käyttäytymiseen. Tulokset

on kuvattu taulukossa 2. Impedanssikytkin oli asennossa Hi, joten sarjakela on ensin ja shunttikondensaattori sen perässä. Asetuksella Lo, eli matalamman impedanssin suuntaan, ei sovitin toiminut tässä mittauksessa.

Taulukko 2. L-sovittimen ominaisarvoja.

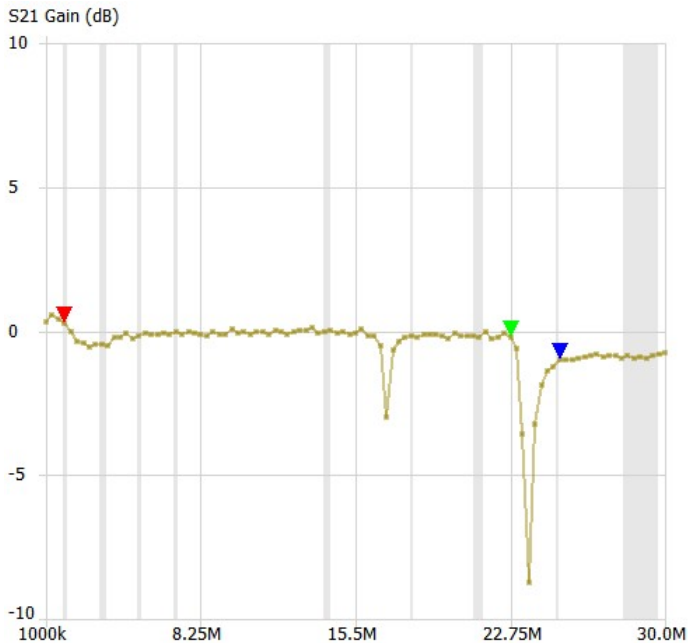
50Ω:50Ω		suora		balun	
bandi (m)	taajuus (kHz)	SWR (1:x)	A (dB)	SWR (1:x)	A (dB)
160	1840	1,0	0,0	1,1	0,2
80	3650	1,0	0,0	1,1	0,2
60	5370	1,0	0,0	1,0	0,0
40	7100	1,0	0,0	1,0	0,0
30	10125	1,0	0,0	1,0	0,0
20	14100	1,0	0,0	1,0	0,1
17	18100	1,0	0,0	1,0	0,2
15	21100	1,0	0,1	1,0	0,2
12	24900	1,0	0,7	1,5	0,6
10	28200	-	-	1,6	0,6

Sovitin virittyy loivasti, joten se on helppo säätää kohdalleen. Loppuvirityksessä konkalla säädetään taajuutta ja kelalla asetetaan impedanssia kohdalleen. Antennimittalaitteen kanssa on hyvä etukäteen etsiä antenni- ja bandikohtaiset komponenttiarvot ja taulukoida ne. Läpäisyvaimennusta ei käytännössä ole tilanteessa, jossa laite pääsee sovittamaan impedanssit kohdalleen! Tulos oli perin yllättävä. Varsin kelpo konfiguraatio siis tämä L-sovitin! Pysyviä teräviä resonansseja löytyi kolme, 23,5 MHz, 16,8 MHz ja 7,5 MHz. Laitteen ylärajataajuus on n. 23 MHz, jonka jälkeen läpäisyvaimennus kasvaa n. 1dB:n tasolle.

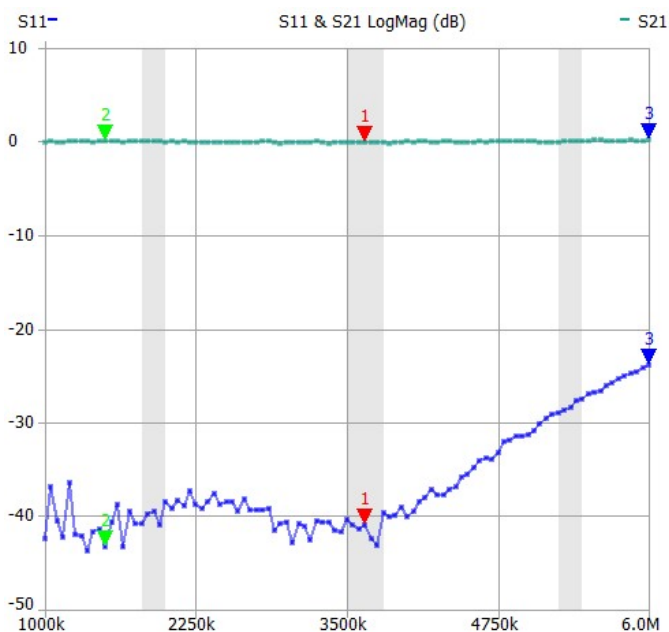
Alarajataajuus tässä tehdyllä mittausjärjestelyllä oli suoraan kytketyssä jossain 1 MHz tienoilla ja balunin kanssa n. 5 MHz, joiden alapuolella ei säädöillä enää ollut vaikutusta. Alipäästöominaisuus kuitenkin tässä mittaustapauksessa salli signaalin siirtymisen kohtuullisen hyvin. Nämä rajataajuudet näkyvät myös taulukosta 2. Alarajan reunan määritti kondensaattorin maksimiarvo (500 pF) ja yläreunan kelan minimiarvo, joka johdotuksen hajainduktanssien vuoksi on lähemmäs 0,5 uH. Reuna-alueet on korostettu punaisella raamilla taulukossa 2. Paremmalla johdotuksella (lue yksinkertaisemmalla piiriteknisellä toteutuksella) ylärajan saa 30 MHz:n saakka. On kuitenkin huomioitava, että kyseessä on vain yksi mittaustilanne. Käytössäni olevat avolinjalla syötetyt lanka-antennit virittyvät 17 m bandia lukuun ottamatta varsin kiltisti.

Balunin vaikutus näkyy taulukossa aika selvästi. Käytännössä alataajuuksilla se vaikutti impedanssiin niin, että shunttikondensaattorin kapasitanssi loppui kesken. Olisi pitänyt olla n. 1500 pF, jotta olisi riittänyt. SWR heikkenee marginaalisesti ja vaimennusta tulee hiukan. Mikäli alipäästösuodattimen reunataajuus saadaan kohdalleen, niin vaimennus poistuu, kuten huomataan ilman balunia tehdystä mittauksesta. Samoin alkaa balun tehdä hiukan häviötä taajuuden kasvaessa. Lisäys on kuitenkin marginaalinen.

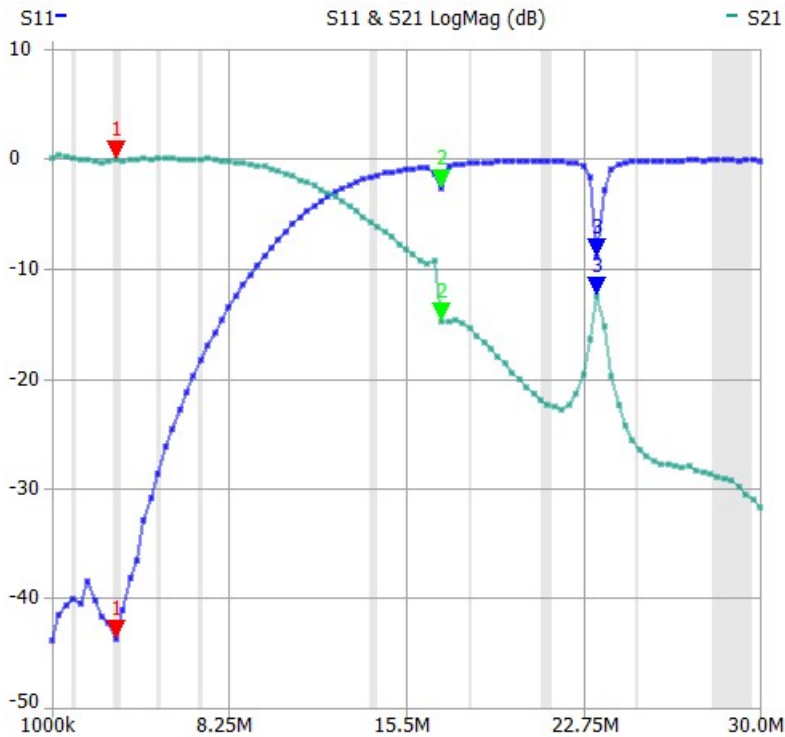
Kuvissa 17 – 21 on muutamia L-sovittimen ominaisuuksia valottavia graafeja. Kuvaukset ovat kuvateksteissä.



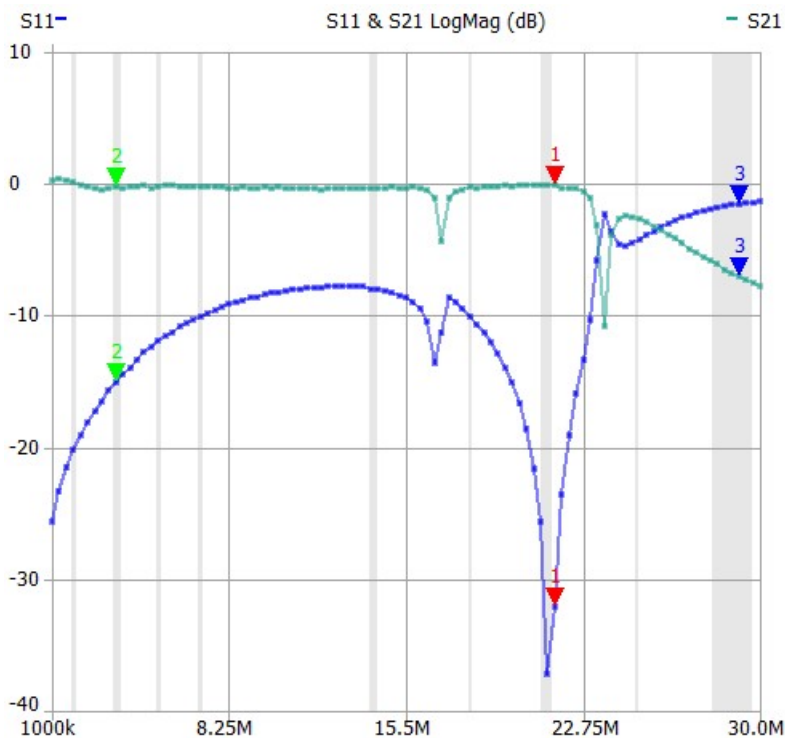
Kuva 17. L-sovittimen läpäisyvaimennus balunin kanssa, kun säätöelementit on asetettu minimiarvoihinsa. Tämä näyttää selvästi sen, miksi kahdella ylimmällä bandilla on liikaa vaimennusta. Piiriin syntyy hajareaktanssien vuoksi suodatinrakenteita, joista ainakin ylimmällä taajuudella olevalla on lievä alipäästövaikutus tai muita häviöitä. 23,5 MHz loisresonanssin yläpuolella pitää varautua n. 1 dB:n vaimennukseen huolimatta siitä, että impedanssisovitus onnistuu. 16,8 MHz loisresonanssi selittää luultavasti sen, että 20 m yläreunalla ja 17 m:llä ei sovitus tahdo aina onnistua järkevällä tavalla. 7,5 MHz resonanssi ei näy mittalaitteen karkean resoluution vuoksi.



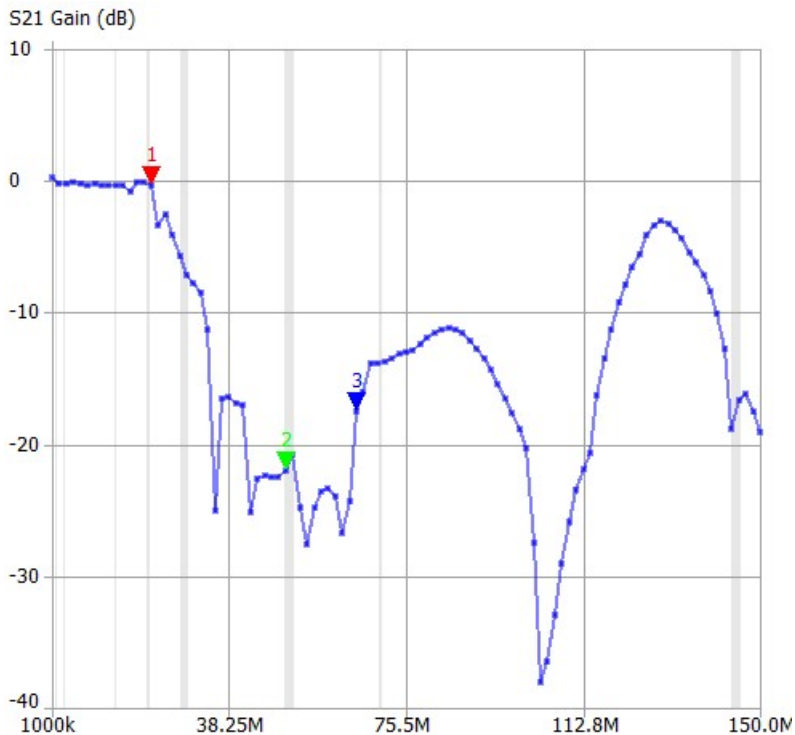
Kuva 18. Läpäisyvaiennus ja heijastusvaimennus, kun sovitin on viritetty 80 m:lle ilman virtabalunia. Vihreä käyrä nollan tuntumassa on läpäisyvaimennus ja sinisestä heijastusvaimennuskäyrästä näkyy, että alipäästötoiminto alkaa hissukseen 80 m bandin yläpäästä.



Kuva 19. HF-alueen kattava mittaustulos läpäisyvaimennuksesta (vihreä) ja alipäästö-ominaisuuden käyttäytymisestä sininen heijastusvaimennuskäyrä). Punainen kursori osoittaa virityspisteen 80 m kohdalla ja vihreä ja sininen näyttävät sisäiset loisresonanssit. Alipäästösuodattimesta on selvästi kysymys. Aika loiva se on, mutta mitä muuta voi kaksielementtiseltä odottaakaan. Vaimentaa kumminkin 30 dB 10 m kohdalla.



Kuva 20. Kuten kuva 19, mutta viritys on 15 m:llä. Edelleen alipäästösuodatin, kuten vihreä käyrä osoittaa, mutta ei enää tarjoa koko alipäästöalueella vakaata 50 Ω näkyvyyttä radiolle. Heijastusvaimennus on huonoimmillaan alle 10 dB, joten siellä SWR ei ole enää 1:1 ja radio näkee vastuksen lisäksi kelan tai kondensaattorin.



Kuva 21. Läpäisyvaimennus VHF-alueella, kun sovitin on viritetty 15 m:lle. Jossain 60 MHz kohdalla kytkentä alkaa vuotaa läpi (tai ohi) ja osa signaalista hulahtaa joillain taajuuksilla helposti tulosta lähtöön. Yleisradioalue näyttää kuitenkin vaimenevan ainakin jollain tapaa. Piiritekninen toteutus ei siis ole ihan optimaalinen. Tällaisenaan tämä kaipaa lisäksi VHF-alueen alipäästösuotimen.

Mitäpä tästä sitten opimme? Edelleen korostuu piiriteknisen toteutuksen kriittisyys, mitä tulee hajareaktansseihin. Tässä kytkennässä niiden vaikutus on kovin ilmeinen ja ne käytännössä rajaavat laitteen toimintapiiristä bandeja pois. Kun kuvan 12 kytkentäkaavioon kun piirtää keskeisimmät hajainduktanssit ja -kapasitanssit, asiasta tulee aika ilmiselvä. Enpä sitä kuitenkaan laitetta rakentaessani tehnyt, joten tulos on se mitä on. Yksinkertainen on kaunista ja oppiminen on iloinen asia.

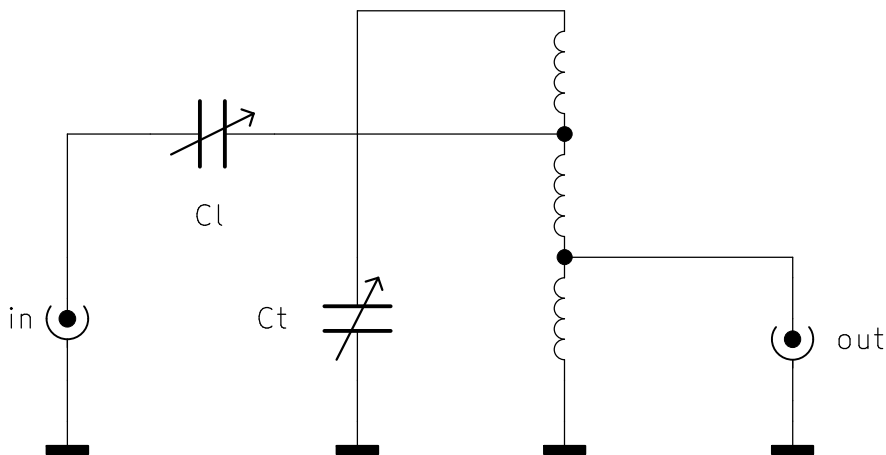
L-sovittimen plussat ja miinukset:

- + todella pieni läpäisyvaimennus – käytännössä sitä ei näytä olevan
- + yksinkertainen rakenne
- + loiva viritys
- + alipäästösuodatin
- käytännössä rollerikela on huomattavasti eduksi laitteen toimivuudelle
- komponenttien arvot osittain kriittiset, koska riippuvat sovitustarpeesta, joten ihan kokonaan yleiskäyttöistä L-sovitinta voi olla haasteellista konstruoida

I- (A)- (Z)-SOVITIN

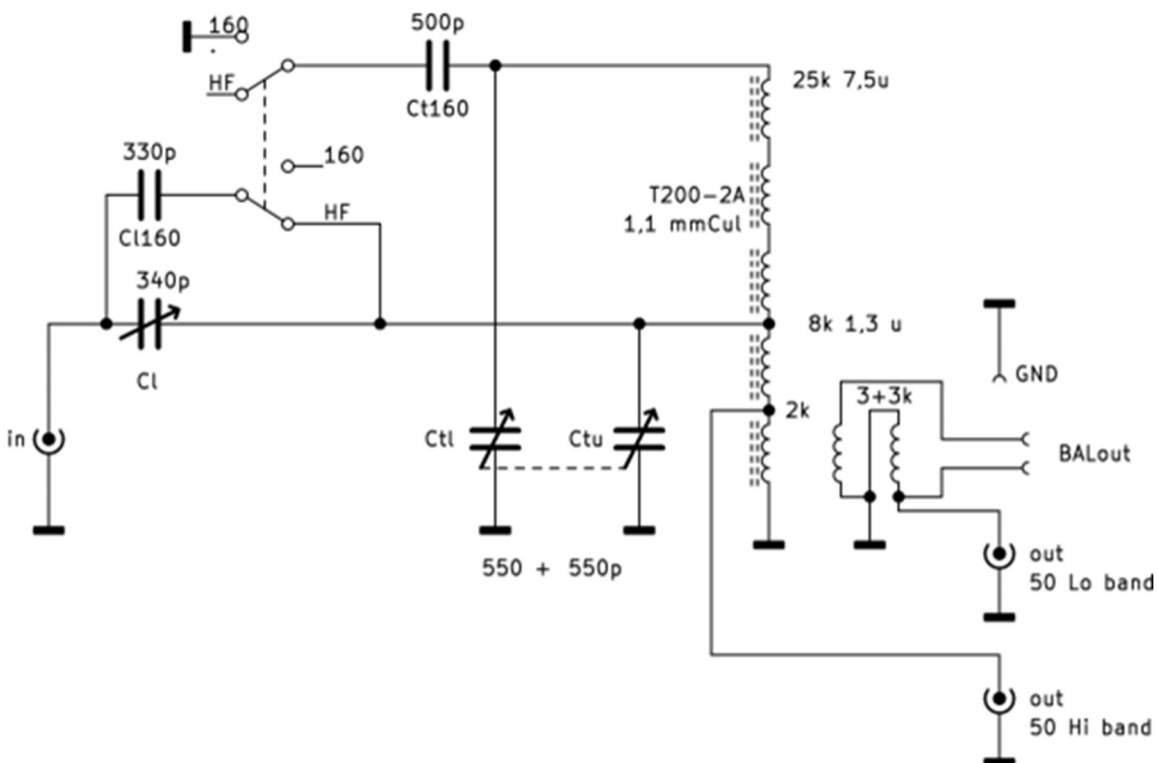
T- ja L-sovittimet ovat saaneet nimensä niiden muodon muistuttaessa jotain kirjainta. Tässä esiteltävä sovitin kulkee tyypillisesti Z-matchin nimellä ja on siten monopolisoitu itselleen impedanssin symbolin. Kaikki sovittimet sovittavat impedanssia, joten joku muu nimitys voi olla omiaan erottamaan tämän kaikista muista. Kytkentä itsessään on rinnakkaisresonanssiipiiri, johon tuodaan ja sieltä lähtee suurtaajuinen sähkö resonanssiipiiriin tehdyn sovitusratkaisun kautta. Rinnakkaisresonanssiipiiri on tässä keskeinen komponentti, joten tämä voi olla I-sovitin tai rinnakkaisresonanssiipiiriä jollain tapaa kuvaava A-sovitin. Olen päätenyt I-sovittimeen, koska I on myös impedanssin ensimmäinen kirjain. Joten olkoon siis tässä artikkelissa I-sovitin.

I-sovitin on rinnakkaisresonanssipiirinä kaistanpäästösuodatin. Sen yksinkertaistettu kytkentäkaavio on kuvassa 22.



Kuva 22. I-sovittimen peruskytkentä. Sen voi tehdä myös kaksoiskondensaattorilla viritettäväksi, jolloin sen taajuusalue kasvaa oleellisesti. Tällöin tuplakonkan toinen puolisko kytketään sopivaan kohtaan kela, tyypillisesti noin $1/3 - 1/4$ osaan kokonaiskierroksista maapäästä laskien.

Tämän sovittimen suunnittelun ja rakentamisen lähtökohtana oli tietenkin kokeilunhalun lisäksi se, että sain haltuuni sopivat säätökondensaattorit, joille tämä konstruktio antoi uuden elämän. Tahdoin myös kokeilla, miten iso toroidi sopii tällaisen kelaksi. Luonnollisesti laitteen piti kattaa bandit 160 – 10 m. Tehonkeston suhteen lähdin avoimin mielin. Toroidi on hiukan haasteellinen, koska sen permeabiliteetillä on taipumus romahtaa, jos jännite ylittää sen sietokynnyksen. Tehonkesto jää siten nähtäväksi myöhemmissä kokeiluissa. Piirtelin kuvan 22 mukaisen kytkentäkaavion.



Kuva 22. I-sovittimen käytännön kytkentä. Tässä on pyritty niin yksinkertaiseen rakenteeseen, kuin mahdollista. Kela on käämitty yhdelle toroidirungolle niin, että sen maapäässä on myös lähdön balansoitu 2x3 kierroksen muuntaja peruskelan käämien välissä.

Tein tästä kaksoisviritetyn, joten koko kelan mitta 25 kierrosta 1,1 mm lakattua kuparia, n. 7,5 uH virittyy Ctl:llä 160 – 40 m:lle ja 8 kierroksen väliulosoton 1,3 uH kela Cth:lla 30 – 10 m:lle. Lähtö kelan 2 kierroksen väliulosotossa on tarkoitettu suurille taajuuksille 50 Ω :lla. Pienemmille taajuuksille vastaava lähtö otetaan balansoidun lähdön toisesta navasta. Balansoitu lähtö on toteutettu keskeltä maadoitettuna ratkaisuna toiveena, että se samalla toimii yhteismuotoisten häiriöiden vaimentimena. Ja todellakin, näin tapahtuikin. Enimmillään jokunen dB avolinjan suhinoista vaimeni. Parinkin dB:n etu saa jo heikoimmat signaalit kuuluviin. Lanka-antennin voi kytkeä kumpaan balansoidun lähdön liittimeen tahansa. Käytäntö osoitti, että tuo 2 kierroksen lähtö antoi viritysetua vain 12 ja 10 m:llä, muutoin 3 kierroksen lähtö oli sähköisesti parempi.

Sovitin on 17x20x8 cm alumiinirunkoisessa laatikossa. Kansi on teräspeltiä. Kuvat 23 – 25 näyttävät rakenteen.



Kuva 23. I-sovittimen hallintalaitteet. Laite on perin teräväviritteinen, joten se kaipaisi planeettavaihteita säätöakseleihin. Minulla ei semmoisia ollut, joten laitoin tosi isot nupit. Asteikot ovat ympyrän asteita (0-180°), eivät kapasitanssiarvoja tällä kertaa.



Kuva 24. Sovittimen liitosrajapinta takalevyssä. vasemmalta sisään ja oikealta ulos. Maadoitus on tehty naparuuvien sijaan kunnon siipimutterilla. Huomaa lähtöpuolen kunnolliset Amphenolit. Eivät ole eristeet muovia niissä.



Kuva 25. Sovittimen piiritekninen toteutus. Vahingoista viisastuneena tein niin yksinkertaisen kuin kykenin. Komponenttien väliset kytkennät on tehty 8 mm litistetyistä kuprisukasta niin lyhyiksi, kuin oli suinkin mahdollista. Toroidi istuu lasikuituisella turrettilevyllä kuin tatti. Ei heilu. Alhaalla näkyy 160 m:n nappikonkat ja niiden kytkin. Kuormituskondensaattorin akselissa on eristeenä potikan muovisesta akselistä otettu pala kahden akselijatkon välissä. Kaikesta yrittämisestä huolimatta hajainduktansseja on 30 – 60 nH. Kondensaattoreissa minimikapasitanssi on n. 20 pF konkkaa kohden. Nämä asettavat ylärajan taajuudelle, jolla sovitin vielä toimii.

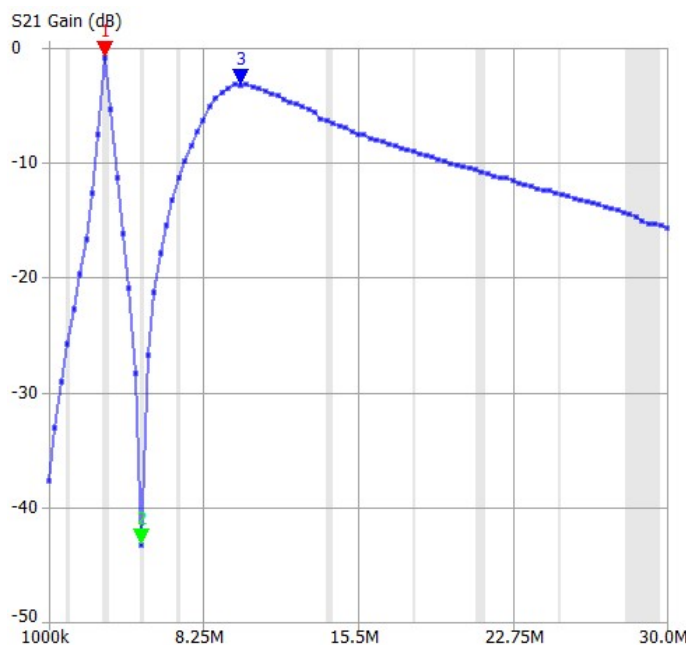
Sovitin otti kiltisti vastaan 50/50 Ω testiasetelman ja virittyi pääosin hyvin. Virityskohta on erittäin jyrkkä. Sitä joutuu hakemaan kääntämällä nuppeja millimetrin osia kerrallaan. Ja sittenkin menee usein yli. Ne planeettavaihteet 1:5 tai 1:10 olisivat tosi hyvät tässä. Tein nanoVNA:lla viritystaulukot käytössäni oleville antenneille. Niiden avulla voi säätää konkat pääpiirtein kohdalleen etukäteen, jolloin hienosäätö jää tehtäväksi pienellä teholla ja tarkalla sormeilulla SWR-mittaria tuijotellen. Viritys on hyvin suoraviivainen. Se noudattaa periaatetta Pieni taajuus - isot konkat, ja päinvastoin. Toisin kuin T-sovitin, tämä on kovin looginen. Virityskonkalla laitetaan resonanssitaajuus kohdalleen ja kuormituskonkalla sovitetaan radio näkemään 50 Ω . Hiukan pitää vuorotellen nuppeja edestakaisin käännellä. Tässä suhteessa se muistuttaa L-sovitinta. Mutta mitä kertovatkaan mittaustulokset? Taulukossa 3 ovat löydetty ominaisarvot.

Taulukko 3. I-sovittimen ominaisarvoja. Mitattu sekä Hi että Lo lähdöistä.

50Ω:50Ω		Lo			Hi		
bandi (m)	taajuus (kHz)	SWR (1:x)	A (dB)	B(kHz) (SWR 1:2)	SWR (1:x)	A (dB)	B (kHz) (SWR 1:2)
160	1840	1,3	1,1	28	1,2	2,5	23
80	3650	1,0	0,6	130	1,0	1,1	70
60	5370	1,0	0,2	280	1,0	0,6	140
40	7100	1,0	0,1	500	1,0	0,4	260
30	10125	1,0	0,5	590	1,0	1,0	380
20	14100	1,0	0,2	1100	1,0	0,6	660
17	18100	1,0	0,2	1600	1,0	0,5	1000
15	21100	1,0	0,2	2100	1,0	0,5	1400
12	24900	1,0	0,3	2800	1,0	0,5	1900
10	28200	1,6	0,6	2800	1,7	0,8	1500

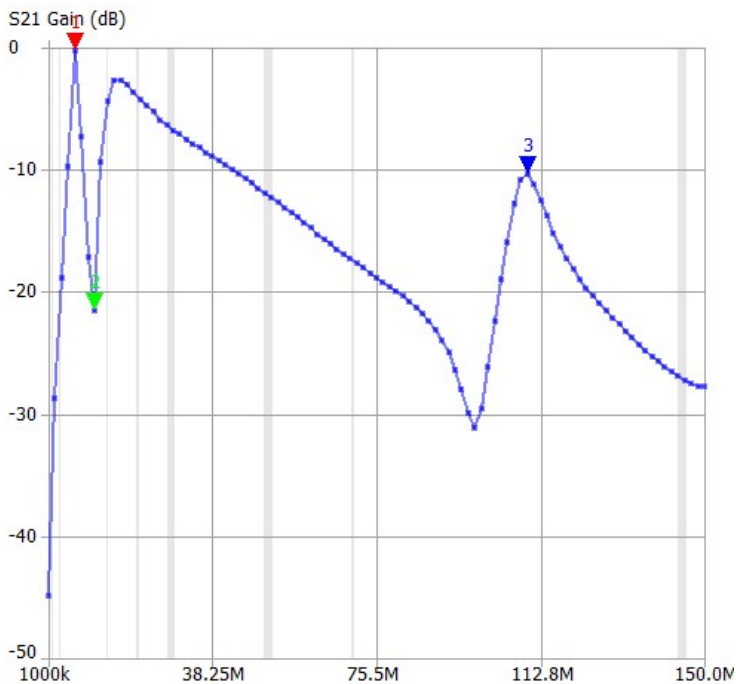
Mittaustulokset osoittavat, että Lo-lähdössä laite toimii oleellisesti paremmin tässä testitilanteessa. Läpäisyvaimennus jää keskimäärin n. 0,4 dB:n tasolle. SWR 1:2 sisällä kaistanleveys on n. 1,5 – 2,6 %. Hi-lähdössä vaimennus lähes kaksinkertainen. Kaistanleveys on vastaavasti pienempi, n. 1 – 2 %. 10 m:llä on vaikeuksia. Siellä ei tahdo enää virityskonkka riittää, kun sen pohjakapasitanssi on liian suuri.

Saattaa olla, että 4+4 kierrosta balansoidussa lähdössä voi auttaa läpäisyvaimennuksen suhteen. Lähtökuormituksen kasvattaminen tällä tavalla kuitenkin kasvattaa myös kuormituskondensaattorin kapasitanssitarvetta. Minulla oli käytössä tuo 340 pF, joten reunaehto oli siinä. Kuvissa 26 – 28 on mittausrakenteita, jotka jälleen kertovat sovittimen ominaispiirteistä.

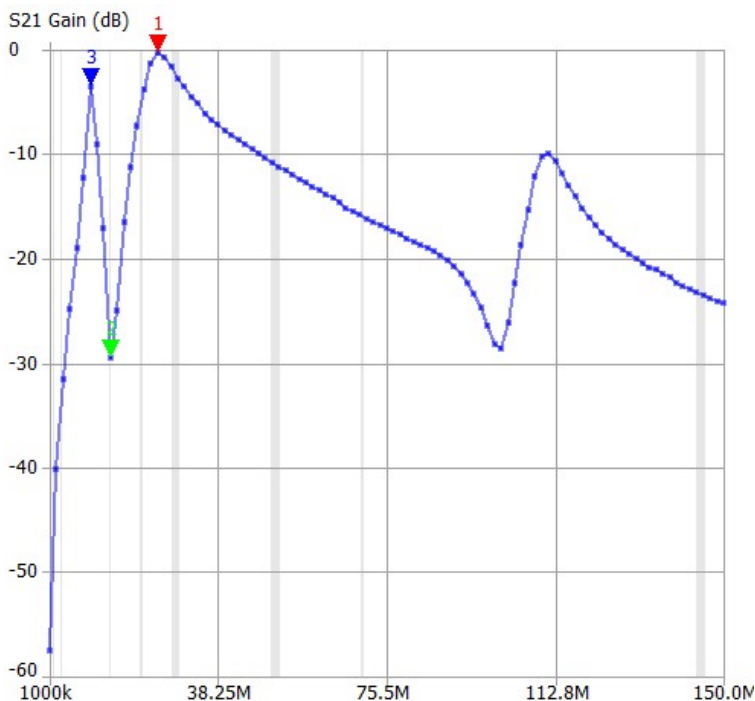


Kuva 26. Läpäisyvaimennuksen ominaiskäyrä, kun viritys on tehty 80 m:lle. Kuvasta näkyy erittäin terävä virityskohta 80 m:llä (punainen kursori) ja sen jälkeinen dippi (vihreä kursori). Näkyy myös loivempi resonanssi n. 9 MHz taajuudella (sininen kursori). Se tulee suuremman taajuuden resonanssista, jonka muodostaa 1,3 uH kela ja Cth. Kun molempien resonanssiipiirien induktanssien suhde on $7,6/1,3 = 5,85$, niin resonanssitaajuuksien suhde tässä tapauksessa, jossa virityskondensaattorit ovat yhtä suuret, noin 2,4

(neliöjuuri induktanssien suhteesta). Koska kuormaa ei ole sovitettu tähän toiseen resonanssiin, niin vaimennus on suurempi, tässä noin 4 dB.



Kuva 27. VHF-alueelle ulottuva läpäisyvaimennus, kun viritys on 40 m:lle. Kuvassa tulee esiin n 110 MHz loisresonanssi (sininen kursori), joka syntyy piiriteknisestä toteutuksesta. Jossain on semmoiset reaktanssit, että ne tekevät virityspiirin 110 Mhz:lle. Edelleen siis kaivataan radioon VHF-alueen alipäästösuodatinta.



Kuva 28. Läpäisyvaimennus, kun Sovitin on viritetty 15 m:lle. Nyt näkyy toimen resonanssi varsinaisen alapuolella n. 9 MHz taajuudella (sininen kursori). Se on alapuolella siksi, että 15 m:llä viritetään 1,3 uH osuutta eikä koko kela. Edelleen kuvassa on 110 MHz loisresonanssi.

I-sovitin on perusteiltaan kaistanpäästösuodatin. Sen ylipäästöosuus on aika jyrkkä, mutta alipäästöominaisuudet ovat loivat. Mikäli laite toteutetaan kaksoisviritettäväksi, saadaan laajempi viritysalue, mutta samalla kaistanpäästöominaisuudet kärsivät edelleen. Laite saadaan kohtuullisen helposti rakennettua kattamaan koko alue 160 – 10 m. Sitten jälleen plussat ja miinukset:

- + helppo saada kattamaan laaja taajuusalue
- + virtabalunin voi sijoittaa suoraan kelan rakenteisiin, jolloin saa helposti balansoidun lähdön
- + suoraviivainen virityslogiikka
- + ei tarvitse rollerikela
- erittäin tarkka viritettävä, edellyttää käytännössä planeettavaihteet säätönuppeihin
- hiukan kriittinen lähdön impedanssisovituksille
- ei ihan mitätön läpäisyvaimennus

TOTEUTUS

Luonnollisesti tämän jälkeen sitten varmaan nousee into rakentaa impedanssin sovitin. Jotta ei ihan mene aika hukkaan, niin jokunen asia on hyvä huomioida. Alla lista:

1. Suunnittelu:

- a. Millaisille antennijärjestelmille ja maksimiteholle sovitin tarvitaan? Teho määrittelee komponenttien jännitteen ja virrankeston tarpeen.
- b. Jos 160m ei ole ihan välttämätön, niin se kannattaa jättää pois, koska silloin pärjätään puolta pienemmillä säätökomponenttien arvoilla.
- c. Onko yhteismuotoisten häiriöiden poisto jo hoidossa vai pitääkö se sisällyttää sovittimeen?
- d. Avolinjasyötön saa aikaan myös virtabalunilla.
- e. Mistä ja millä hinnalla säätökomponentit ovat saatavilla?

2. Toteutus:

- a. Konstruktion pitää olla niin yksinkertainen, kuin mahdollista ja pitää miettiä, mitä kaikkia ominaisuuksia sovittimelta todellisessa käyttötilanteessa edellytetään.
- b. Piiriteknisen toteutuksen pitää olla semmoinen, että hajakapasitanssit ja hajainduktanssit voidaan minimoida niin pieniksi, kuin ylärajataajuus edellyttää.
- c. Säätökondensaattorin minimikapasitanssia voi pienentää oleellisesti, kun käyttää ”perhoskonkkaa” kytkemällä sen staattorit sarjaan ja jättämällä roottori säätöelementiksi. Samalla kondensaattorin jännitekesto kasvaa kaksinkertaiseksi, mutta kapasitanssi vastaavasti puolittuu.
- d. Ilmakela edellyttää ympärilleen tyhjää tilaa puolet sen halkaisijasta.
- e. Kaikkien eristysten pitää olla suhteessa käytettävään maksimitehoon. Eristysten (ja kotelon) on suojattavaa myös käyttäjää ja muita otuksia siltä radiotaajuiselta energialta, joka sovittimessa ja antennijärjestelmässä on.
- f. Maadoituksen mitoitus on riittävä.
- g. Yksityiskohta: 1:4 virtabalunin voi käämiä 120 Ω kaiutinjohdosta – se on impedanssiltaan näppärästi aika keskellä 50 Ω ja 200 Ω tuloa ja lähtöä.

3. Käyttöönotto:

- a. Antennimittari tai piirianalysointilaite on kovin tarpeen, niiden avulla voi todentaa sovittimen toiminnan ja tehdä viritystaulukot.
- b. Esiviritys katsotaan em. talukosta, sitten kokeillaan vastaanottimella, sen jälkeen pienellä teholla ja vasta sitten röpötellään täydellä gallonalla.

Tämä toki oli vain perin yleinen muistirunko. Interveppi on täynnä asiaan liittyvää tietoa, ohjeita ja kokemuksia. Surffaus avartaa. Tai sitten voi mennä tunerikauppaan. Pääsee heti ääneen.

MINKÄ OTTAISIN?

Antennijärjestelmä kannattaa sovittaa radioon. Siitä ei ole koskaan mitään haittaa, mutta etuja on. Vastaanotettaessa signaalin laatu paranee ja naapuribandien häiriöt vaimenevat. Lähetettäessä yliaallot vaimenevat ja radion pääteaste pääsee helpommalla. Antennijärjestelmään kannattaa laittaa myös yhteismuotoisten häiriöiden vaimentimet (vaippavirran katkaisuksikin kutsuttu toiminto), koska impedanssinsovitin ei sitä tee, ellei vaippavirran katkaisua ole sinne sisään rakennettu. Antennin pitää olla myös semmoinen, että sillä on edellytys toimia järkevänä antennina halutuilla taajuuksilla. Siirtolinjan ja antennin pitää olla myös sovitettu mahdollisimman hyvin toisiinsa. Huonoa antennia tai sen huonoa sovitusta siirtolinjaan radion päässä oleva impedanssin sovitin ei korjaa. Sen sijaan hyvän antennin hyvät ominaisuudet sen avulla voidaan saada täysimääräisesti käyttöön.

Sovitin on aina kompromissi. Kaikkea ei saa. Jos tahtoo laajakaistaisen ja laajan impedanssikirjon sovittavan käikäleen, niin on oltava valmis kärsimään läpäisyvaimennuksesta ja välillä ei ihan optimaalisesta sovituksesta. Jos tarve on sovittaa muutamalle bandille jo valmiiksi vakioimpedanssisen antennin, niin sovittimen voi optimoida siihen tarkoitukseen. Ja kaikkea siltä väliltä.

Sovitin tulee aina tarpeeseen, ellei sitten tahdo ihan vaan kokeilunhalusta tehdä ja kokeilla ja mitailla erilaisia konstruktioita. Semmoisiakin meitä on.

Minkä minä ottaisin? Ehkäpä kuvan 11 kaltaisen L-sovittimen, jossa on 10uH rollerikela ja 500+500pF säätökondensaattori. Lähdössä olisi sekä koaksiaali- että 1:4 virtabalunilla toteutettu avolinjasyöttö. Semmoisen ehkä joskus sitten rakennan, kun muilta projekteilta maltan.

73 ja iloista rakentelua kaikille

de Rauno OH3FR