

Riihimäen Kolmoset ry:n tiedotuslehti

# Rixun Kolmonen

Numero 1/2025 #98 4.3.2025

OH3AD



Riihimäen  
Kolmoset ry:n

OH3AD



## KEVÄTKOKOUS

26.03.2025 kello 18:30

OH3AD kerhotalo, Eprantie 25

Esillä kerhon sääntömääräiset asiat, johon kuuluvat mm. kuluneen kauden toimintakertomus ja tilinpäätös.

Tarjolla perinteiset pullakahvit ja virvokkeet  
**TERVETULOA!**



# Kevättervehdys OH3AD

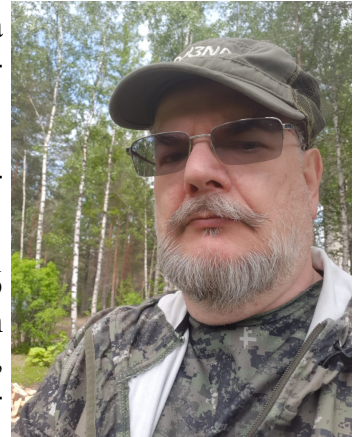
Keke, OH3NDH

1.03.2025

Taas on aika kokoontua kevätkokoukseen päättämään toimintakertomuksesta ja tilinpäätöksestä kerhon tilintarkastajien niistä antamaan lausuntoon pohjautuen.

Kerhon hallitukselle on tärkeää tilinpäätöksen vahvistaminen ja vastuuvapauden myöntäminen, joten toivomme runsasta osallistumista.

Kerholla on edessään normaali toimintavuosi, jossa mm. valmistellaan 2026 SRAL:n kesäleiriä Räyskälään ensisijaisesti. Valmisteluja tehdään alkuun pienessä työryhmässä ja sitten koko osallistujaporukan voimin. Kerho toivoo, että vapaaehtoisia kesäleirille talkoolaisia löytyy kerhon sisältä runsaasti. Ilmoittautua saa milloin tahansa mukaan.



Myös uuden maston valmisteluun paneudutaan pienen työryhmän voimin, jotta se vihdoin saataisiin pystytettyä ja VHF / UHF -asema toimintaan. Toivottavasti kesällä päästään mastoa talkoilla nostamaan.

Kerhon DMR -toistin on korjauksen alla ja toivottavasti kevätkokouksen aikaan taas takaisin toiminnassa.

Tervetuloa kokoukseen, jossa pullan ja kahvin myötä saamme hyviä päätöksiä aikaiseksi.

73 de Keke OH3NDH

## Osattiin sitä ennenkin

Ilokseni huomasin, että kaikkien HF –kisojen äiti CQ WW on kaivanut listoille esiin varsin vanhojakin osallistumistietoja. Sieltä löytyy merkintöjä myös kerhon kutsuilla ja omalla haulla vanhin loki-merkintä löytyy vuodelta 1959 (SSB) ja 1960 (CW). Vanhin sertifikaattiin oikeuttanut löytyy julkaisun etusivulta eli CQ WW SSB kisan pahvi vuodelta 1977. Workkijoina olleet tuolloin; OH3HS, OH3HY, OH3IB, OH3KL, OH3HZ, OH2BOI, OH2BOB ja OH2GGZ.

Viimeisimpinä vuosina on uuden kerhotalon kaluston myötä osallistuttu kisoihin epäsäännöllisen säännöllisesti, lähinnä RTTY:llä ja CW:llä. Suuri menetys oli Pekan, OH7MRU:n siirtyminen viime vuonna taivaallisten titareiden kaartiin. Hän oli yksi niistä, jonka sai aina remmiin mukaan, kun kisaa oli käsillä.

Kerhon nykyinen kalusto on siinä kunnossa, että jos nyt ei ihan maailman luokan tuloksia tavoitella, niin ainakin ihan säällisiä tuloksia saadaan aikaan. Kun kilpailupuoli aiheuttaa värinää sielussasi, niin ota yhteyttä Jukkaan, OH3JP.

Jos taas asemalla muuten workkiminen tuntuu vieraalta, niin ota puolestaan yhteyttä Jukkaan, OH3OJ ja opastusta on luvassa HF –asemaan / softiin.

73's / 5NN de Jukka, OH3OJ

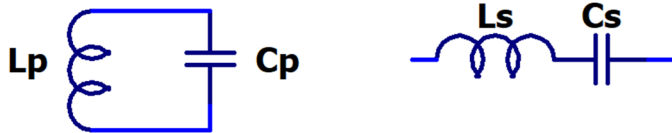
# Resonanssi piirin salat

Reino, OH3mA

17.02.2025

## Taustaa

Radioamatööritutkinnon vaatimuksissa on resonanssi piirit, sarjaresonanssi- ja rinnanresonanssi piirit, kuva 1.



Kuva 1: Rinnakkais- ja sarjaresonanssi piirit

Resonanssi piirejä käytetään suodattimissa, vaiheensiirtimissä, kuluaikakorjaimissa ja impedanssivittimissä muutamia alueita mainitsemakseni. Radioamatöörikoulutuksessa ei mennä piirisuunnitteluun ja muutenkin resonanssi piirin toimintaa sivutaan vain kevyesti. Sen verran kerrotaan, että rinnakkaisresonanssi piiri on suuri impedanssi ja vastaavasti sarjaresonanssi piiri on pieni impedanssi. Katsotaanpa varovasti hieman pidemmälle resonanssi piirin sielunelämään.

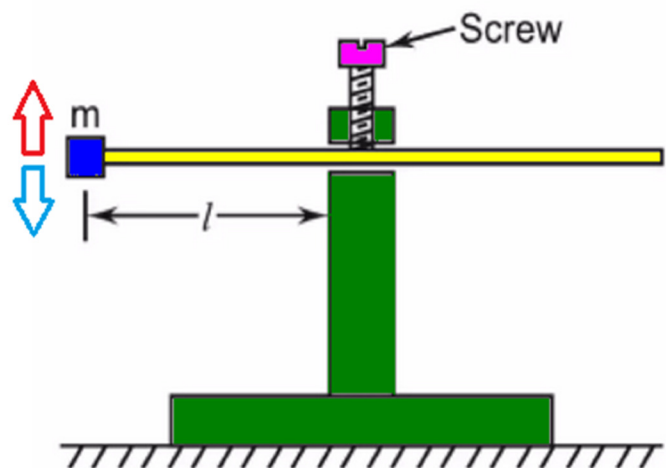
## Resonanssi

Eräs tapa tutkiskella miten resonanssi piiri toimii on alkaa aivan alusta ja käyttää ihmisen kekseliäisyyden luomia analogioita. Resonanssi on hyvin yleinen ilmiö, joskus se on hauska ja joskus vaarallinen. Otan ensimmäiseksi esimerkiksi keinun. Keinun heilahtelee puolelta toiselle saatuaan vauhtia tönnijältä, kuva 2. Keinun heilahtelu on varsin säännöllistä ja sen heilahduskulma ajan funktiona on lähellä siniaaltoa. Teknisempi vehje olisi heilurikello tai Fullartonin takometri. Noissa kaikissa värähtelyn ylläpito vaatii jonkin ulkoisen voiman, koska vähintään ilmanvastus kuormittaa värähtely piiriä.



Kuva 2: Keinun.

<https://innovativesportsurfacing.com/blog/comprehensive-guide-to-different-swing-types/>



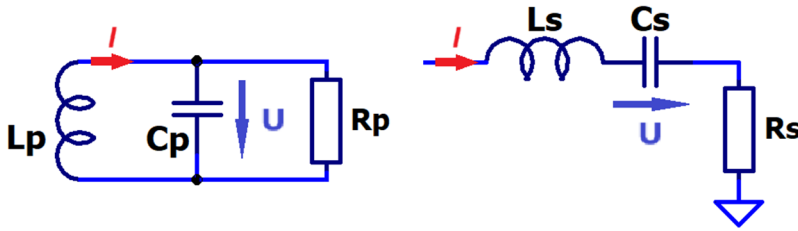
Kuva 3: Fullartonin takometri.

Fullartonin takometrissä kieli lähtee värähtelemään massan ( $m$ ), kielen pituuden ( $l$ ) ja kielen jäykkyyden määräämällä taajuudella, kun se asetetaan jonkun värisevän vimpaimen, vaikkapa auton moottorin päälle, kuva 3. Resonanssissa värähtelyn voimakkuus kasvaa ja siten voidaan mitata värinän taajuus säätämällä kielen pituus resonanssiin. No tuo alkaa olla historiaa, koska mittaus voidaan tehdä sähköisellä anturilla ja tulos voidaan esittää spektrinä kerralla, niin kuin rigin bandiskooppi kertoo asemien paikat ja voimakkuudet.

Mitäs noilla sitten on tekemistä resonanssi piirien kanssa. Lisätään resonanssi piirien virrat ja jännitteet ja määritellään miten aikaisempien kuvien mekaaniset liikkeet kuvautuvat niihin, kuva 4.

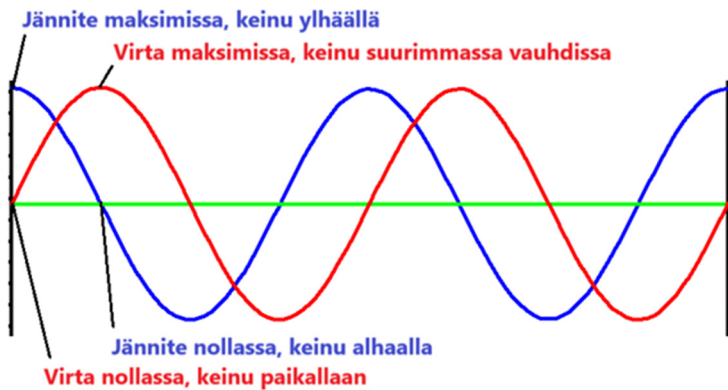


# Resonanssipiirin salat



Kuva 4: Resonanssipiirien virrat ja jännitteet.

Otetaan avuksi miten ajan kuluessa keinu heiluu vasemmalta ylhäältä oikealle ylhäälle ja miten vastaavasti värähtelypiirissä jännite ja virta vaihtelevat. Keinun potentiaalienergia eli kuinka korkealla keinu on vastaa jännitettä ja keinun liike-energia eli kuin suurella nopeudella keinu liikkuu vastaa piirin virtaa. Valitaanpa kun keinu on vasemmalla, niin jännite on positiivinen ja vastaavasti keinun ollessa oikealla jännite on negatiivinen. Keinun heiluessa vasemmalta oikealle virta on positiivinen ja päinvastoin. Tuloksena on jännitteen ja virran sinimuotoiset kuvaajat, kuva 5. Teknisessä mielessä käyrillä on 90 asteen eli neljäsosajakson vaihe-ero.

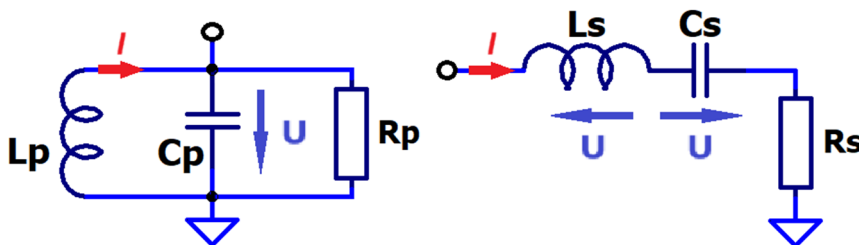


Kuva 5: Keinun asento ja resonanssipiirin jännite ja virta.

Energiamielessä tuo tarkoittaa sitä, että kelan ja kondensaattorin yli olevan jännitteen maksimikohdissa kaikki energia on varastoitunut kondensaattoriin (sähkökenttään). Vastaavasti kondensaattorin jännitteen ollessa nollassa on koko energia varastoitunut kelaan (magneettikenttään). Alkuun päästyään energia värähtelisi kelan ja kondensaattorin välillä loputtomasti ellei piireissä olisi kuorma- ja/tai häviövastuksia. Niinhän se keinukin hiljaksen pysähtyy lähinnä ilmanvastuksen johdosta. Mielenkiintoista olisi katsoa miten keinoja saa lisää vauhtia omin voimin ilman tönijää. Lyhyt vastaus on: keinoja nostaa itseään ja siten lisää keinun ja keinujan potentiaalienergiaa.

## Resonanssipiirin toiminta

Itsekseen värähtelevät resonanssipiirit olisivat kuriositeetti, joten liitetään resonanssipiirit tehollähteisiin ja kuormiin.



Kuva 6: Resonanssipiirien virrat ja jännitteet.

Rinnakkaispiiriin syötetään virta tuosta pompulasta, kuva 6 vasemmalla. Tässä kela ja kondensaattori ovat ideaalisia eli niissä ei ole häviövastuksia. Kun syötetyn vaihtovirran taajuus on sama kuin piirin resonanssitaajuus, niin silloin silloin Lp-Cp rinnakkaisresonanssipiirissä kulkee suurin virta  $I$  ja piirin yli vaikuttaa jännite  $U$ . Sama jännite on tietysti vastuksen  $R_p$  yli ja siinä kulkee virta  $U/R_p$ . Tässä tilanteessa kaikki piiriin pompulasta tuleva virta menee vastukseen  $R_p$  ja virta  $I$  pyörii resonanssipiirissä kuin se olisi vauhtipyörä. Tuo virta  $I$  on reaktiivinen virta, jonka itseisarvo on  $U/X_L$  tai  $U/X_C$ . Tuon reaktiivisen virran ja vastuksessa  $R_p$  kulkevan virran suhde on sama kuin piirin hyvyysarvo  $Q$  ja

# Resonanssipiirin salat

on määritelty kaavalla  $Q = R_p/X_L$  tai  $Q = R_p/X_C$ . Tuo on sama kuin piiriin varastoituneen energian suhde häviötehoon. Tuota varastoitunutta energiaa kutsutaan vahvavirtamiesten kesken loistehoksi. Miksi rinnakkaisresonanssipiirin syöttäminen jännitelähteellä ei ole mielenkiintoista?

Sarjaresonanssipiirissä, kuva 6 oikealla, tilanne on muuten sama, mutta kuormavastus  $R_s$  on sarjassa reaktiivisten komponenttien kanssa ja kaikkien läpi kulkee sama virta. Sitä syötetään jännitelähteellä. Piirin hyvyysluku määräytyy nyt reaktiivisen jännitteen  $I \cdot X_L$  tai  $I \cdot X_C$  ja vastuksen  $R_s$  jännitteen  $I \cdot R_s$  suhteena ja on  $Q = X_L/R_s$  tai  $Q = X_C/R_s$ . Kuvaan olen laittanut kelan  $L_s$  ja kondensaattorin  $C_s$  yli olevat jännitteet eri suuntiin, koska ne ovat reaktiivisia jännitteitä ja sen takia eri suuntaisia saman virran kulkiessa niiden läpi. Silloin jännite virran syöttöpumpulan ja kuormavastuksen  $R_s$  yläpään välillä on nolla resonanssitaajuudella. Sen sijaan kelan ja kondensaattorin liitoskohdasta maahan on varsin suuri eli  $Q + 1$  kertainen jännite.

Rinnakkaisresonanssipiirissä reaktiivinen virta on  $Q$  kertainen kuormavirtaan nähden, kuva 6 vasemalla. Vastaavasti sarjaresonanssipiirissä reaktiivisen komponentin yli oleva reaktiivinen jännite on  $Q$  kertainen kuormajännitteeseen nähden. Nuo ovat perusominaisuuksia, joita hyödynnetään impedanssisovituksissa.

## Impedanssisovitus

Edellä kuorma oli rinnakkaispiirin rinnalla ja vastaavasti kuorma oli sarjapiirin kanssa sarjassa. Impedanssisovituksessa käytetään näiden piirien ”yhdistelmää”. Kun halutaan muuttaa impedanssi suuremmaksi käytetään pienemmän impedanssin puolella sarjakytkentää ja suuremman impedanssin puolella rinnakkaisytkentää. Tuosta yhdistelmästä käytetään nimeä L-sovitus, kuva 7. Vähän sitä pitää käänellä ennen kuin siitä saa L-kirjaimen, ihan sama kääntely tarvitaan L-antennin kanssa. Kuvan 7 piirit muuntavat  $10 \Omega$  impedanssi  $50 \Omega$  impedanssiksi tai päinvastoin.

Koska muunnos tehdään yksinkertaisella resonanssipiirillä, niin muunnos on tarkka vain yhdellä taajuudella (esimerkissä 3,2 MHz) eli muunnos on kapeakaistainen. Kaistaleveys riippuu muuntosuhteesta ja tulee varsin pieneksi suurella muuntosuhteella. Seuraavat kaavat ovat niille, joita ne kiinnostavat. Itse olen noita tuijotellut vuosien varrella ja vasta nyt alan ymmärtää miten helppoa niillä on laskea tarvittavat sovituskomponentit, kun lähde ja kuorma ovat reaalisia eli vastuksia.

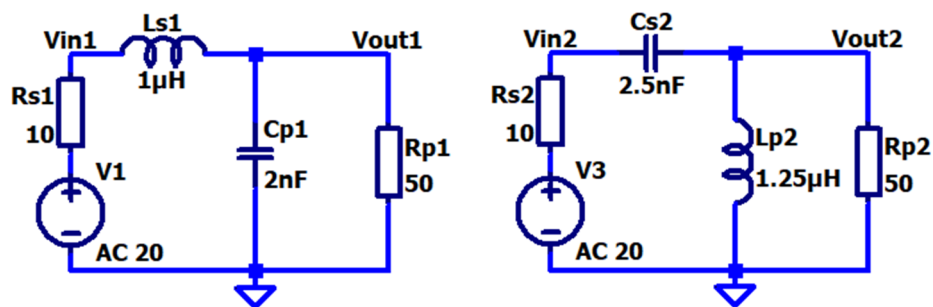
Edellä puhuttiin piirin  $Q$ -arvosta. Sovituspiireille on omaista, että tarvitaan sitä suurempi  $Q$ -arvo mitä

suurempi on sovitettavien impedanssien suhde. LC-piirin sovitukseen tarvittava komponenttien  $Q$ -arvo saadaan kaavasta missä  $R_p$  on suurempi impedanssi ja  $R_s$  on pienempi impedanssi. Tässä tarkastelussa  $10 \Omega$  ja  $50 \Omega$  ovat reaalisia eli niiden reaktanssit ovat nollia. Kaavasta saadaan  $Q = 2$ , kun vastuksien suhde on 5.

$X_{Ls1} = Q * R_{s1} = 20 \Omega$  Kahdella komponentilla syntyy joko alipäästö- tai ylipäästötyyppinen sovituspäästöpiiri. Alipäästö L-sovituksessa sarjakelan  $L_{s1}$  reaktanssi

$X_{Cp1} = \frac{R_{p1}}{Q} = 25 \Omega$  ja rinnakkaiskondensaattorin reaktanssi .

# Resonanssipiirin salat



Kuva 7: Impedanssin muunnokset alipäästö (LP) ja ylipäästö (HP) versiot.

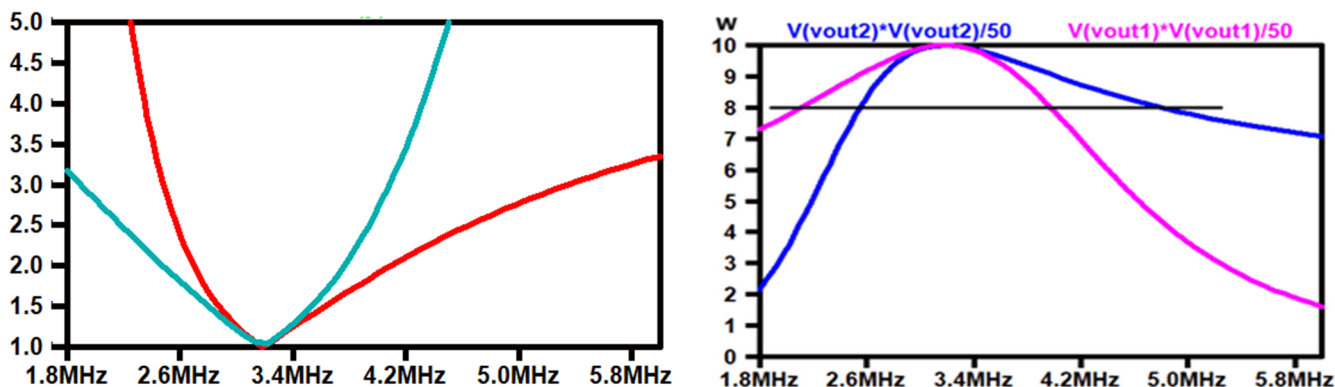
Ylipäästö L-sovitustaajuudella saadaan aikaan vaihtamalla kelan ja kondensaattorien paikat keskenään, kuva 7 oikealla. Kondensaattorin ja kelan reaktanssit lasketaan samoilla kaavoilla

$$X_{Cs2} = Q * R_{s2} = 20 \Omega \quad \text{ja rinnakkaiskela} \quad X_{Lp2} = \frac{R_{p2}}{Q} = 25 \Omega$$

Sillä ei ole väliä reaktanssien laskennan kannalta onko kyseessä induktanssi vai kapasitanssi, oleellista on, että sarjassa ja rinnan olevat ovat eri tyyppiä. Eipä tarvitse sotkea sähkömiehen ”j”-merkkiä mukaan. Itse piireissä on merkitty komponenttien arvot suunnittelutaajuudella 3,2 MHz. Muistutukseksi kelan ja kondensaattorin laskukaavat:

$$\text{Eiköhän tämä riittää kaavoista ainakin hetkeksi.} \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad \text{ja} \quad C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

Katsotaan miten hyvä sovitustaajuudella saadaan tuolla piirillä. Vihreä on alipäästöversio (LP) ja punainen ylipäästöversio (HP), kuva 8. SWR on alle 1,5 n. 800 kHz taajuuskaistalla eli 25 %. On huomattava, että tässä on taajuudesta riippumaton kuorma; ei vaikkapa antenni.



Kuva 8: SWR taajuuden funktiona, vihreä alipäästö (LP), punainen ylipäästö (HP). (vasen)

Kuva 9: Lähtöteho taajuuden funktiona, punainen alipäästö (LP), sininen ylipäästö (HP). (oikea)

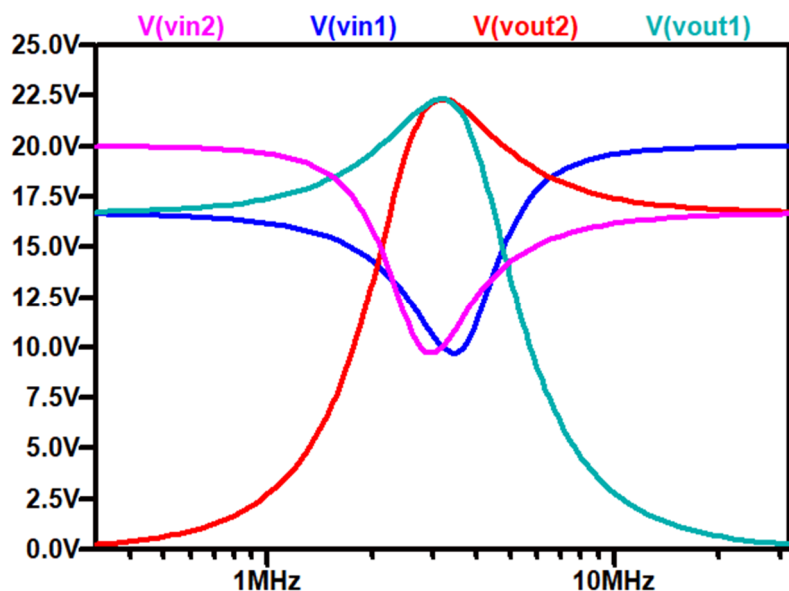
Mitenkäs sitten lähtöteho vaihtelee taajuuden mukaan? Sovitustaajuudella sen tulee olla 10 W. Kuvassa 9 musta vaakaviiva on -1 dB tehotaso eli murto-osa yhdestä S-yksiköstä. Sovituskuvaan verrattuna tuo -1 dB alue vastaa n. SWR arvoa 1:2,6 eli suuri SWR haittaa enemmän lähettimen päätevahvistimen toimintaa kuin tehovaimennusta lineaarisessa laitteessa. Tunnetusti pieni SWR pitää lähettimen tyytyväisenä.

Katsotaan laajemmalla taajuusalueella miten syöttöpistejännitteet Vin1 ja Vin2 vaihtelevat taajuuden funktiona, kuva 10. Sovitustaajuudella sen tulee olla 10 V, koska teho on 10 W. Vastaavasti kuormajännitteiden Vout1 ja Vout2 tulee olla 22,4 V.

Kuvassa 10 on tällä kertaa logaritminen taajuusasteikko ja pystyasteikko on volteissa. Olen tunkenut sekä sisäänmeno- että kuormajännitteet yhteen kuvaan ja yritän erotella ne väreillä. Oikeastaan etenkin sisäänmenojännite olisi vielä pitänyt jakaa kahdeksi osaksi resistiivinen ja reaktiivinen osa, mutta tyydytään itseisarvoon.

# Resonanssipiirin salat

Pienillä taajuuksilla alipäästösuodattimen syöttöpisteen (sininen) ja kuormapisteen (vihreä) jännitteet ovat piirin vastusjaon ( $10 \Omega$  ja  $50 \Omega$  sarjassa) mukaisesti  $16,7 \text{ V}$ , koska kela on likimain oikosulku ja kondensaattori on vastaavasti katkos. Ylipäästösuodattimen tapauksessa syöttöpisteen (violetti) ja kuormapisteen (punainen) jännitteet ovat samat suurilla taajuuksilla, koska siellä kondensaattori on oikosulku ja kela on katkos ja vastusjako määrää jännitteen. Sovitus kummassakin tapauksessa on tarkka vain suunnittelutaajuudella.



Kuva 10: Sovituspiirien taajuusvasteita.

Kuvasta 10 näkee kuinka ylipäästöisen sovituspierin vaste on logaritmisella taajuusasteikolla täydellinen peilikuva sovitustaajuuden suhteen ( $3,2 \text{ MHz}$ ) alipäästötyyppisesen sovituspierin vasteista.

Jos oletetaan kelan ja kondensaattorin olevan häviöttömiä, niin silloin sovitustaajuudella vastuksissa  $R_{s1}$  ja  $R_{p1}$  häviää sama teho  $10 \text{ W}$ . Siitä laskemalla saadaan virrat  $R_{s1}$  vastuksessa  $V_{in1}/R_{s1} = 1,0 \text{ A}$  ja vastuksessa  $R_{p1}$   $0,45 \text{ A}$  ja jännite  $V_{out1} = 22,4 \text{ V}$  kuten aikaisemmin oli laskettu.

## Välihuomio

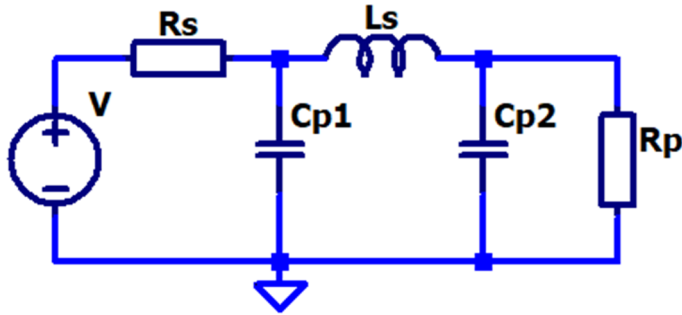
Juttu taitaa mennä hivenen pitemmälle kuin vain värähtelypiirin reaktiivisen virran taikavoiman selittämiseen. Toinenkin välihuomio, joka on jokapäiväistä leipää piirisuunnittelijolle. Tuo sovituspieri voidaan jakaa kahteen puoliskoon: vastus ja reaktanssi sarjassa ja vastus ja reaktanssi rinnakkain. Jotta noiden osien liittäminen yhteen toisi impedanssisovituksen, niin kummankin  $Q$ -arvo pitää olla sama. Tuon tiedon perusteella on johdettu edellä olevat kaavat. Tarkemmin asiaa tutkittaessa kuvaan tulee kuitenkin piirimuunnos, joita ei ollut tarkoitus käsitellä tässä jutussa, mutta kiinnostuneet voivat katsoa liitettä 1.

Laajennetaan kytkentää hieman monimutkaisempaan ”värähtelypiiriin” pii-sovittimeen tai pii-suodattimeen.

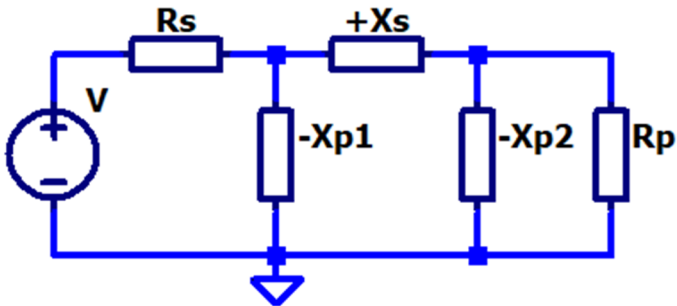
## Pii-sovitin

Radioamatöörille pii-suodatin tuo mieleen putkilinukan ja miten pii-suodattimella muutetaan antennin syöttöjohdon impedanssi putken anodille sopivaksi, kuva 11. Tuon kuvan voi yleistää korvaamalla kela ja kondensaattorit reaktansseilla, kuva 12. Muistisääntönä on kelat ovat positiivisia ja kondensaattorit negatiivisia reaktansseja, siinä mielessä kuvat 11 ja 12 vastaavat toisiaan.

# Resonanssipiirin salat

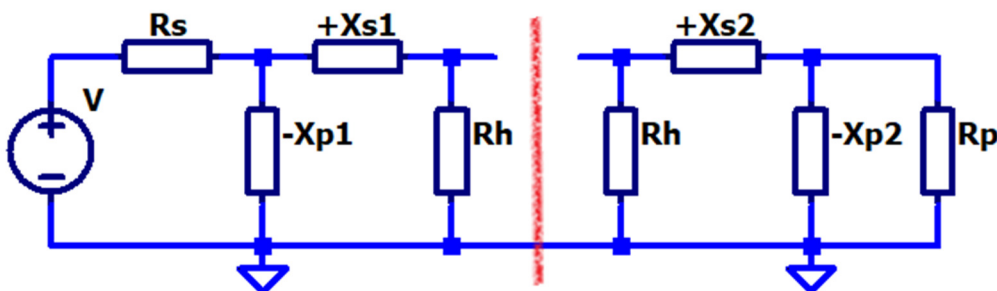


Kuva 11: Pii-suodatin kondensaattoreilla ja kelalla.



Kuva 12: Pii-suodatin reaktansseilla.

Ei tarvita paljonkaan mielikuvitusta havaita, että tyypillinen piisuodatin tai piisovitin on kaksi L-piiriä peräkkäin kunhan kelat käännetään toisiaan kohti, kuva 13. Silloin sovitus syöttö- ja lähtöimpedanssien välillä tehdään kahdessa vaiheessa lisäämällä liitoskohtaan haamuvastus (virtual Resistor) ja sovitettamalla siihen erikseen lähdevastus  $R_s$  ja kuormavastus  $R_p$ . Sen jälkeen haamuvastus haihdutetaan ja reaktanssit  $-X_{s1}$  ja  $-X_{s2}$  lasketaan yhteen. Yksinkertaista, eikö totta!

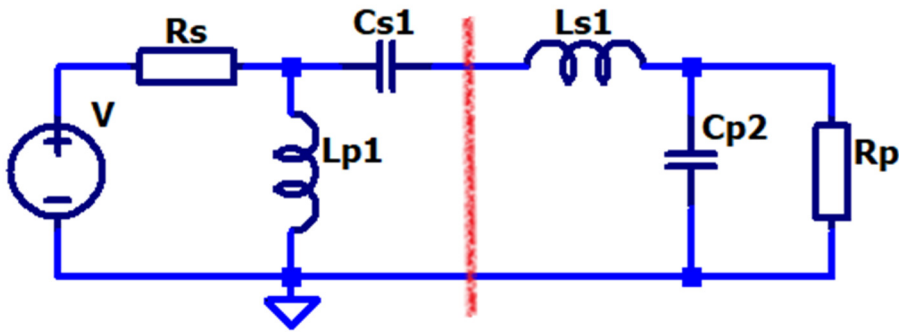


Kuva 13: Jaettu pii-suodatin ja haamuvastukset, lähde /2/.

Kuvassa 13 impedanssien etumerkillä esitetään, että L-osuuksien sarja- ja rinnanimpedanssien pitää olla vastakkaismerkkiset, sillä ei ole väliä onko esim.  $X_{p1}$  kondensaattori vai induktanssi. Toisen haaran kondensaattori ja kela voivat olla toisinpäin. Tuloksena saadaan impedanssisovituksen lisäksi alipäästö-, ylipäästö tai kaistanpäästösuodatin. Kuvassa 14 on eräs mahdollisuus kaistanpäästöversiosta, se on samalla "minimisovitin", koska kela  $L_{p1}$  voi olla anodi- tai drainkuristin,  $C_{s1}$  erotuskondensaattori ja loput alipäästösuodatin.



# Resonanssipiirin salat



Kuva 14: Kaistanpäästösovitus.

Laskentaa varten pitää tietää hivenen pii-suodattimen periaatteen toiminnasta. Edellä tuli toivottavasti selväksi, että L-piirin sarjapuolella on pienempi impedanssi kuin rinnakkaispuolella. Siitä johtuu, että haamuvastuksen tulee olla pienempi kuin kumpikaan sovitettavista impedansseista. Olipas ensin vaikea tajuta, hi. Siis haamuvastus on **pienempi** kuin lähde- ja kuormavastukset.

Se lasketaan kaavalla  $R_h = \frac{R_{max}}{Q^2 + 1}$ , missä  $R_{max}$  on suurempi vastuksista  $R_s$  ja  $R_L$  ja  $Q$  on piirin haluttu hyvyysluku. Mitä sitten tuo hyvyysluku kertoo piirin kaistaleveydestä on minulle hämärän peitossa; siis muuta kuin mitä suurempi kuormitettu  $Q$ -arvo sitä kapeampi kaistaleveys. Piirin hyvyysluvun tulee olla suurempi kuin impedanssimuunnokseen tarvittava minimiarvo ,

$$Q = \sqrt{\frac{R_L}{R_S} - 1}.$$

Pii-suodattimen etu L-suodattimeen nähden on käytettävissä uusi vapausaste piirin suunnittelussa eli hyvyysluku voidaan valita piirin muiden ominaisuuksien perusteella. Varsinkin alipäästötyyppisen sovituspiirin ominaisuus harmoonisten vaimentimena paranee, kun piirin  $Q$ -arvoa kasvatetaan. Kuitenkin on huomattava, että samalla piirin reaktiivinen virta kasvaa  $Q$ -arvon kasvaessa ja piirin häviövastuksissa, kuten kelassa, häviöteho kasvaa.

Tapasin suosituksen joosa  $Q$  korkeintaan 7, tuolla saadaan aikaan korkeintaan impedanssisuhde 50, vaikkapa  $50 \Omega \rightarrow 2500 \Omega$ . Tuollakin päästää putkilinukassa sallittuun tehoon. Aikaisemmissa muistikuvissa putkilinukoissa puhuttiin  $Q$ -arvosta 15 - 20. Syynä lienee halu suodattaa yhdellä ainoalla suodattimella lähettimen harmooniset riittävän pieniksi.

Laskin piisuodattimen, kun putkilinukan  $1500 \Omega$  sovitetaan syöttöjohdon  $50 \Omega$  ja vertasin tulosta ARRL Handbookin tarkkoihin laskentakaavoihin. Käytin  $Q$ -arvoa 10. Eipä tullut oleellista eroa, kaukana estoalueella vaimenneus on vajaa puoli dB pienempi ja päästöalueen kaistaleveys on n. 5 % suurempi. Katselin miten simuloidun piirin kaistaleveys ja  $Q$ -arvo vastaavat toisiaan ja tulos oli 5,3, mikä vastaa kuormitettua  $Q$ -arvoa.

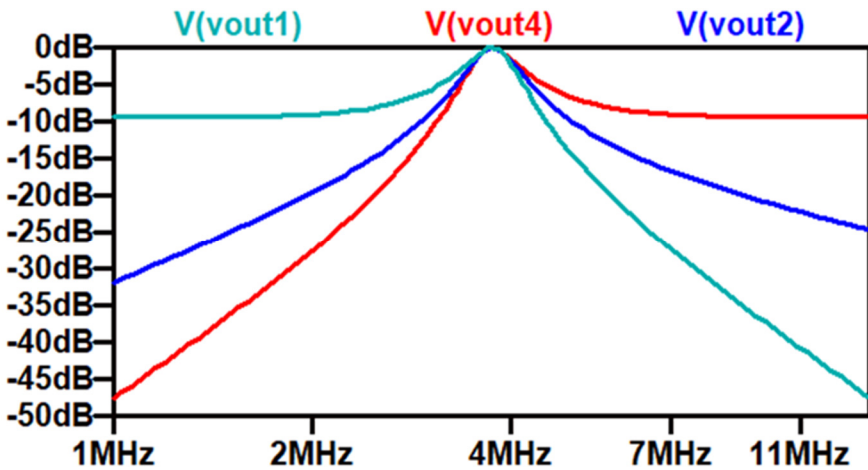
Päästyäni laskennan makuun, tietysti käyttämällä Exceliä, suunnittelin samoilla lähtöarvoilla vielä yli- ja alipäästö-, kela-kondensaattori-kela, ja kaistanpäästöversiot. Kuvassa 15 on lopputulokset.

$$Q = \frac{f}{\Delta f}$$

Tutulla kaavalla (vas.) lasketut kuormitetut  $Q$ -arvot ovat alipäästö 5,39, yli- ja alipäästö 5,21 ja kaistanpäästö 5,58; varsin lähellä toisiaan.

Tässä vaiheessa voi kiinnostaa kuin paljon eri ratkaisut vaimentavat harmoonisia 7,5 MHz ja 11,25 MHz. Kuva 15 näyttää eri vaihtoehtojen taajuusvasteet, tällä kertaa dB asteikolla, jotta estoalueet tulevat paremmin esiin.

# Resonanssipiirin salat



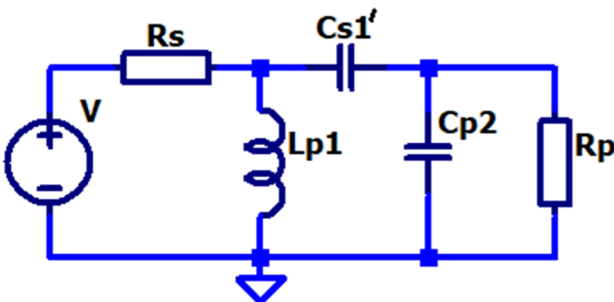
Kuva 15: Alipäästön (vihreä), ylipäästön (punainen) ja kaistanpäästön (sininen) taajuusvasteet.

Tulokset ovat odotuksen mukaiset ja lähettimen päätteessä alipäästö riittää pienellä teholla harmoonisten vaimentamiseen. Kaistanpäästö häviää sille 12 dB toisella harmoonisella ja 19 dB kolmannella harmoonisella. Kaistan- ja ylipäästösovittimet vaativat harmoonisten lisäsuodatusta päätteestekäytössä.

	Perus	Harm. 2x	Harm. 3x
Alipäästö	0 dB	30 dB	41 dB
Kaistanpäästö	0 dB	18 dB	22 dB
Ylipäästö	0 dB	9 dB	9 dB

## Kondensaattorijännitejako

Kuvan 14 ”minimisoitus” ei olekaan vähäisintä määrää osia käyttävä kaistanpäästösovitus. Tarkkaavainen lukija ja kirjoittaja huomaa, että siinä on samassa haarassa sarjassa kaksi reaktanssia  $Cs1$  ja  $Ls1$ . Nuo voidaan yhdistää yhdeksi reaktanssiksi  $Cs1'$ , joka on negatiivinen eli kapasitanssi. Lopputuloksena saadaan kuvan 15 mukainen piiri. Todellisuudessa kuvan 14 alipäästöosuus on nimellinen ja vaikuttaa vain vähän estoalueella.



Kuva 15: Kondensaattorijännitejako.

Suurennuslasia käyttäen kuvan 14 piiriin voi esittää muodossa, jossa on sekä induktiivinen että kapasitiivinen jännitejako. Jätetään lukijan ihmeltäväksi.

## T-sovitin

Monissa käsin säädettävissä ”antennisovittimissa” käytetty ratkaisu, jossa on kondensaattori – kela – kondensaattori. Kondensaattorit ovat jatkuvasti säädettäviä ja kela säädetään portaatin kytkimellä. Laskennallisesti tuo on kaksi L-sovitinta, jotka sovittavat kelan rinnalle laitetun sovittavia vastuksia **suuremman** haamuvastuksen kumpaakin päähän erikseen. Tuo merkitsee, että kelan yli voi syntyä varsin suuri jännite.

# Resonanssipiirin salat

## Reaktiivinen virta ja jännite

Reaktiivinen virta on tärkeä tekijä resonanssipiireistä tehdyistä suodattimista ja sovittimista. Vahva-virtamiehet kutsuvat reaktiivista virtaa ”loisvirraksi”. Meillä taas siinä on kyseessä työjuhta, joka tekee työt, jotta energiaa kuluisi vain halutulla taajuudella ja vastusarvolla.

## Vaarallinen resonanssi

Vielä sananen resonanssin vaarallisuudesta. Kaikki taitavat tietää, että sotilaat eivät marssi tahdissa useimpien siltojen yli. Yksi kuuluisa siltaresonanssi on Tacoman ”laukkaava Kerttu”, /1/.

Kuvassa ”keinu” likimain ääriasennoissaan sillan olllessa kokonaisena. Youtubesta voi katsoa katastrofin etenemistä /1/.



On niitä vaarallisia resonansseja radioamatööritoiminnassakin. Ehkä yleisin on putkilinukan anodikuristimen resonanssit ja liekehtivät savut. Itse olen onnistunut käräyttämään antenninsovitussaitteen kokelasikana 15 W anoditeholla, yksilankasyötetty Windomi ei oikein virittynyt 15 m bandille. Yleensä anodikuristimen suunnittelussa asia otetaan huomioon vähintään siten, että elektroniikkasavua aiheuttavat resonanssit eivät satu radioamatöörialueille.

Samantapainen resonanssi löytyy helposti vahvistimen tasajännitesyötöstä, jolloin kytkentä voi muuttua oskillaattoriksi. Monesti nuo resonanssit voivat olla huomattavasti käyttötaajuutta suuremmalla taajuudella ja silloin puhutaan ”parasiittivärähtelystä”.

## Liite 1: Rinnakkais-sarjamuunnos

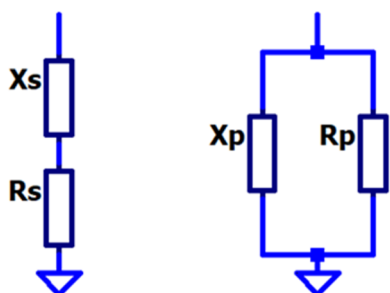
Tutkitaan mikä on sarja-rinnakkaismuunnos. Muunnoksella muutetaan sarjaankytketyt vastus ja reaktanssi rinnakkainkytketyiksi vastukseksi ja reaktanssiksi tai päinvastoin. Kuva L1-1 esittää vastuksen ja reaktanssin muodostamat sarja- ja rinnakkaispiirit. Jotta niiden impedanssit olisivat samat pitää reaali ja imaginaariosien kummankin erikseen olla yhtä suuret. Muodostamalla niistä yhtälöt voidaan ratkaista muunnoksen impedanssit ja laskea komponenttiarvot.

Tuon ratkaisu on helppo tehdä ja esimerkki löytyy vaikka viitteestä /5/. Muunnoksessa komponenttiarvot muuttuvat seuraavasti:

$$R_p = (Q^2 + 1)R_s \text{ kaava 1, ja } X_p = \left(1 + \frac{1}{Q^2}\right)X_s \text{ kaava 2, missä}$$

$$Q = \frac{X_s}{R_s} \text{ kaava 3 tai } Q = \frac{R_p}{X_p} \text{ kaava 4, muunnoksen suunnasta riippuen.}$$

Suurella Q-arvolla reaktanssin arvo säilyy likimäärin ja rinnakkaisvastus on  $Q^2$ -kertainen. Tämä muunnos on laajakaistainen, kunhan tarkasteltavalla taajuusalueella Q on selvästi yli yhden.

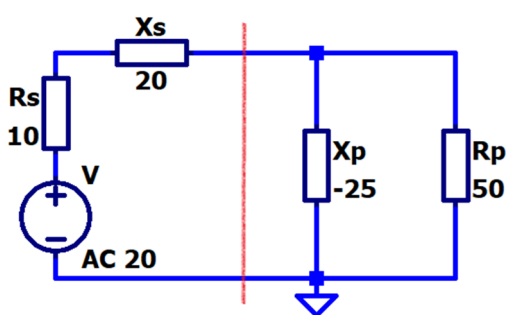


Kuva L1-1: Sarjapiiri ja rinnakkaispiiri.

# Resonanssipiirin salat

## Sovellusesimerkki

Käytetään muunnosta  $10 \Omega$  vastuksen sovittamiseen  $50 \Omega$  kuormaan taajuudella  $3,18 \text{ MHz}$ . Valitaan L-piiri, kuva L1-2, ja lasketaan kaavasta 1 tarvittava Q-arvo käännteiskaavalla, kaava 1b. Kaavalla 3 saadaan vasemman puolen sarjareaktanssiksi käännteiskaavalla 3b ja oikean puolen rinnakkaisreaktanssiksi kaavan 4 käännteiskaavalla, kaava 4b



$$Q = \sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1} = 2$$

Kaava 1b

$$X_s = Q * R_s = 20 \Omega$$

Kaava 3b

$$X_p = \frac{R_p}{Q} = 25 \Omega$$

Kaava 4b

Kuva L1-2: L-sovituspääpiiri.

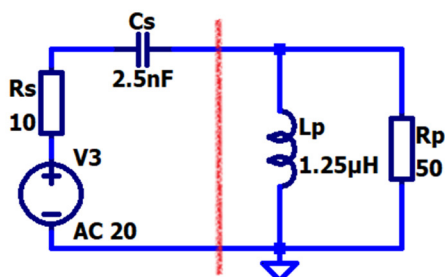
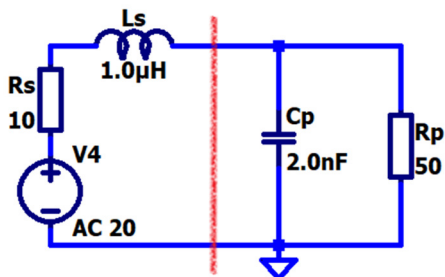
Noissa laskentakaavoissa ei ole otettu mitään kantaa reaktanssien tyyppisiin eikä taajuuteen, mutta reaktanssien tulee olla erimerkkisiä. Kuvassa L1-2 on valittu etumerkeillä  $X_s$  induktanssiksi ja  $X_p$  kapasitanssiksi eli kyseessä on alipäästöpiiri. Seuraavaksi lasketaan reaktanssien arvot suunnittelu- ja taajuudella, kelat kaavalla LI-3a ja kondensaattorit kaavalla LI-3b. Tu- loksena on kuvan L1-3 mukainen sovituspääpiiri, vasen piirikaavio.

Kaava LI-3-a

$$L = \frac{X_s}{2 * \pi * f}$$

Kaava LI-3-a

$$C = \frac{1}{2 * \pi * f * X_p}$$



Kuvan L1-3: Punaisten viivojen vasemmalla komponenttien sarjakytkennät ja oikealla rinnankytkennät.

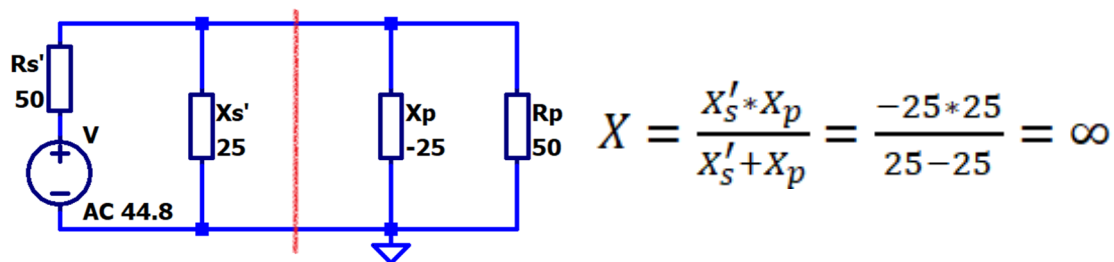
Kuvan L1-2 mukaiset reaktanssiarvot pätevät etumerkit vaihtamalla ylipäästötyyppiseen sovituspääpiiriin, kuvassa piirikaavio L1-3 oikealla.

Tehdään vielä yksi piirimuunnos, jolla kuvan L1-3 vasemman piirikaavio sarjakytkentä muunnetaan rinnankytkennäksi, jolloin saadaan kuvan L1-4 mukainen rinnakkaispiiri. Sama piiri komponenttiarvoineen on kuvassa L1-5. Siinä rinnakkaiskelan arvo on kasvanut 25 % ja lähteen puolen rinnakkaisvastuksen arvo tulee viisinkertaiseksi, kuten pitikin. Nyt lähde- ja kuormavastukset ovat samansuuruiset eli siltä osin sovituspääpiiri on kunnossa. Katsotaan vielä reaktiivinen osa impedanssia. Tehdään se ensin epäsuorasti laskemalla piirin resonanssitaajuus tutulla kaavalla:  
 $= 3,18 \text{ MHz}$ , tulos on kuten pitääkin.

Tuolla resonanssitaajuudella rinnakkain olevat reaktanssit yhdistetään yhdeksi reaktanssiksi samalla a.o. kaavalla kuin rinnakkain kytketyt vastukset: eli reaktiivinen osa häviää kuvasta.

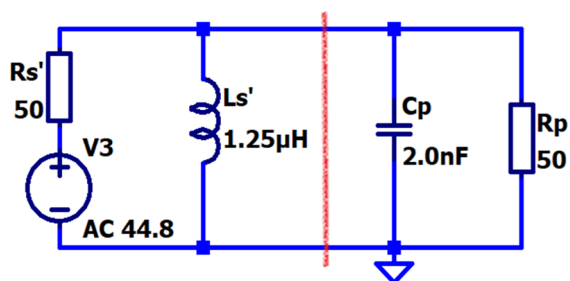
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

# Resonanssipiirin salat



Kuva L1-4: L-piirin vasen puoli muunnettuna rinnankytkennäksi.

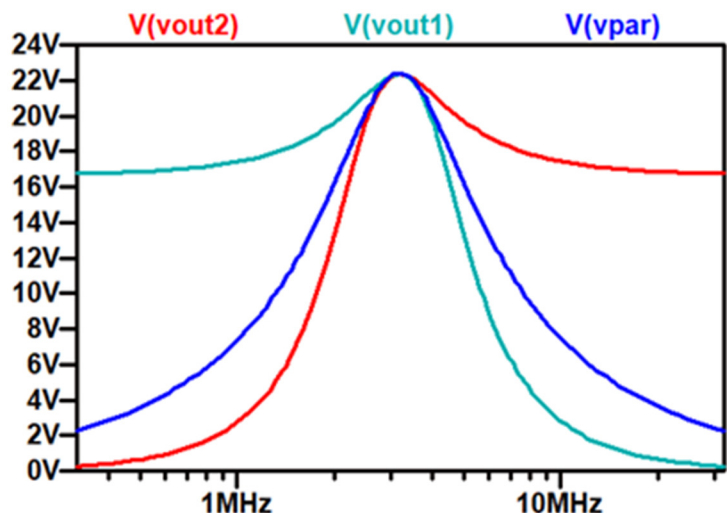
Edellä olevissa piirikaavioissa on myös näkyvissä jännitelähteet, joiden avulla on laskettu piirien taajuusvasteet. Jännitteiden arvo on laskettu siitä, että kuormaan tulee 10 W teho. Sen takia kuvassa L1-4 on jännitteeksi asetettu 44.8 V, joka aiheuttaa vastuksessa Rp jännitehäviön 22.4 V ja 10 W tehohäviön.



Kuva L1-5: L-piirin rinnankytkennän komponenttiarvot.

No mitäs sarja-rinnanmuunnoksella on tekemistä resonanssin kanssa? Yksinään ei mitään, koska resonanssiin tarvitaan kaksi erimerkkistä reaktanssia. Sen sijaan impedanssisovituksessa se on hyvä työkalu ja sitä kautta resonanssi palaa takaisin, kun muunnosta tarkastellaan muun piirin kanssa.

Tarkka lukija on varmaan tuijotellut edellä olevia sovituspirejä kuvassa L1-3, joissa toisessa on 1,0  $\mu\text{H}$  kela ja 2,0 nF kondensaattori ja toisessa 1,25  $\mu\text{H}$  kela ja 2,5 nF kondensaattori. Kuitenkin niillä syntyy sama sovitustaajuus, vaikka tuttu resonanssiapiirin kaava antaa kaksi eri resonanssitaajuutta 5,0 MHz ja 2,8 MHz. Tässä kohtaa tuo rinnakkais-sarjamuunnos ja sarja-rinnakkaismuunnos tulee mukaan kuvioon. Edellä muunnettiin alipäästösuodattimen sarjapiiri rinnakkaispiiriksi ja todettiin sen resonanssitaajuuden olevan 3,18 MHz. Samalla tavalla muunnetaan alipäästösuodattimesta sen rinnakkaisosa sarjapiiriksi, jolloin sarjavastukseksi Rp' tulee 10  $\Omega$  ja kondensaattoriksi tulee 2,5 nF, joka 1  $\mu\text{H}$  kelan kanssa resonoi taajuudella 3,18 MHz.



Normaalisti käytetty resonanssiapiirin taajuuden laskentakaava on likiarvo, joka ei ota huomioon resonanssiapiirin komponenttien kanssa sarjassa olevien vastusten vaikutusta resonanssitaajuuteen. Siitä johtuen pienillä Q-arvoilla kelasta ja kondensaattorista laskettu taajuus poikkeaa piirin sovitustaajuudesta.

Kuvassa L1-6 on esitetty ali-, yli- ja kaistanpäästösuodattimien taajuusvasteet. On huomattava, että kaistanpäästösuodatin ei tee impedanssisovitusta ja on mukana vertailua varten.

Kuva L1-6: Taajuusvasteet alipäästö vihreä, ylipäästö punainen ja kaistanpäästö sininen.



# Resonanssipiirin salat

	Perus	Harm. 2x	Harm. 3x
Alipäästö	0 dB	9 dB	17 dB
Kaistanpäästö	0 dB	5 dB	9 dB
Ylipäästö	0 dB	1,6 dB	2 dB

Alipäästö- ja ylipäästösovittimien Q-arvo on niin pieni, että ei voi määrittellä sen kaistaleveyttä normaalin -3 dB kaavan perusteella. Katsotaanpa mikä kaistaleveys tulee muunnetulle sarjaresonanssipiirille. Simulointi antaa tulokseksi 3,18 MHz. Miksi kaistaleveys on sama kuin keskitaajuus eli Q onkin yksi eikä komponenttien kaksi? Kyseessä on piirin kuormitettu Q-arvo, jonka määräävät piirin kaikki häviövastukset mukaan lukien teholähteen vastus kuorman lisäksi.

## Lähteitä ja innotuksia

/1/ Tacoma Narrows Bridge Collapse "Gallop'n' Gertie",

<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=tacoma+bridge+collapse+video#fpstate=ive&vld=cid:0f1e7f57,vid:j-zczJXSxw,st:0>

/2/ The Pi-shaped Matching Network,

<https://www.impedans.com/the-pi-shaped-matching-network/>

/3/ Silicon Labs AN1275: Impedance Matching Network Architectures,

<https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/an1275-imp-match-for-network-arch.pdf>

/4/ Matching Networks, Q, Smith Charts,

[https://users.cecs.anu.edu.au/~Gerard.Borg/engn4545\\_borg/lectures/lecture9.pdf](https://users.cecs.anu.edu.au/~Gerard.Borg/engn4545_borg/lectures/lecture9.pdf)

/5/ A Journey from Resonance to Impedance Matching,

<https://www.rfinsights.com/insights/design/concepts/series-to-parallel/>



Artikkelin kirjoittaja Reino, OH3mA rakentamassa kerhon DMR settiä

# OH3AD:n jäsenluettelo 1.1.2025

80 jäsentä, joista neljä **kunniajäsentä**

OG2M	Turunen Pertti	<b>OH3EX</b>	<b>Heinonen Jorma</b>	OH3UU	Lund Risto
OH1LXF	Ronkainen Ilkka	OH3EYR	Korhonen Jari	OH3WTF	Strähle Jarkko
OH2AWK	Vanhala Kari	OH3FGV	Piittinen Ari	OH3YY	Virtanen Jouko
OH2BEC	Laine Osmo	OH3FKY	Pohjolainen Jyrki	OH3YZ	Virtanen Aila
OH2BMH	Tapaninen Timo	OH3FQB	Hallikainen Seppo	OH4RM	Korhonen Risto
OH2BMU	Mäkinen Urpo	OH3GCI	Sirén Kauko	OH5HQN	Koivuniemi Mika
OH2BQP	Koivisto Reima	OH3GLY	Piho Kai	OH6BRO	Raunio Jami
OH2BS	Heinonen Markku	OH3GPD	Liski Juha	OH6MW	Vepsäläinen Ari
OH2BZG	Venäläinen Esko	OH3HBY	Kettinen Petri	OH7JR	Räisänen Jarmo
OH2EDC	Soini Oiva	OH3HMM	Hallikainen Simo	OH8MSG	Valkama Hannu
OH2EKG	Torvasti Juha	OH3HOA	Sandberg Minna	OH8WM	Wirtanen Marko
OH2FTA	Mäkinen Matti	OH3HS	Kaipainen Timo		Heinonen Jouni
OH2FUZ	Alanko Eero	OH3HY	Vesterinen Markku		Heiskanen Timo
OH2HCX	Saxlin Taisto	OH3JAJ	Kurkela Lasse		Korjonen Mika
OH2HOH	Nurmi Pekka	OH3JF	Tamminen Heikki		Pesonen Sari
OH2JVA	Toivanen Seppo	OH3JP	Suonpää J-P		Pihkala Aaro
OH2KI	Saloranta Jorma	OH3JR	Olander Henri		Rautamäki Matti
OH2LGW	Päätaalo Marko	OH3KDO	Kostamo Jorma		Ylirotu Nikolai
OH2LQJ	Nurminen Juha	OH3KHP	Jaakkola Kaarle		
OH2LRD	Saarela Marko	OH3KYJ	Haitto Tuomas		
OH2LYW	Häkkinen Sami	<b>OH3MA</b>	<b>Talarmo Reino</b>		
OH2MTX	Tikka Timo	<b>OH3MF</b>	<b>Aalto Rauno</b>		
OH2NC	Sarnet Kalevi	OH3MKH	Sunikka Seppo		
OH2NSM	Ylä-Jääski Oiva	OH3NDH	Hakala Keijo		
OH2YL	Lähdes Anne	OH3NI	Karjakoski Seppo		
OH3AVG	Hartikainen Erkki	OH3NK	Kelzenberg Noora		
OH3AZL	Nurminen Matti	OH3NZN	Haitto Hannu		
OH3BQX	Luukko Seppo	<b>OH3OJ</b>	<b>Tamminen Jukka</b>		
OH3EGY	Pyykkönen Matti	OH3PYY	Pyy Pekka		
OH3ENM	Gäddala Pauli	OH3SW	Juvonen Timo		
OH3EOA	Tamminen Tero	OH3TK	Järvi Arto		

## Onkos tarvetta kokoustilalle?

Riihimäen Kolmoset ry:n toimitila on vuokrattavissa kokousten pitoa varten.

Käytettävissä ovat tupakeittiö, huone ja toilettitila seuraavin varustein:

- kaksi taulutelevisiota kokousesityksiä tai vaikka videoita varten.
  - tietokoneliitäntä on HDMI.
- kerholla on käytettävissä nettiyhteys.
- kokoustilassa on mikroaaltouuni, kahvikeitin ja vedenkeitin.
- lyhytaikaista kylmäsäilytystä varten on jääkaappi.

Tarkempia tietoja kerhon hallitukseen osoitteella [OH3AD-hallitus@groups.io](mailto:OH3AD-hallitus@groups.io).

Yhteydenottoon voi käyttää nettisivujemme [oh3ad.fi](http://oh3ad.fi) Yhteystiedot – Ota yhteyttä kaavaketta.

Etusivun alaosassa on kalenteri, josta voi alustavasti katsoa vapaita aikoja.

OH3AD kerhoilta on keskiviikkoisin n. 18:00 alkaen. Myös muina aikoina kerhotiloissa käy kerholaisia mm. työskentelemässä kerhoasemalla tai hoitamassa QSL-korttien välitystä. Kerhon radioasema on erillisessä huoneessa.

Tilan vuokra-aika klo 08:00 – 16:00 on 50 € arkipäivinä ja viikonvaihteessa 100 €/päivä. Muut ajankohdat sopimuksen mukaan. Kesäaikaan mahdollisuus ulkogrillaukseen.

Mahdollinen tilan ylimääräinen siivous 75 €.

### OH3AD sähköpostilista

Sähköpostilistamme [oh3ad@groups.io](mailto:oh3ad@groups.io) listalla on nyt 59 tilaajaosoitetta. Muutamalla useampi osoite, mutta siitä huolimatta lista tavoittaa yli puolet kerholaista.

Lisää listalle jäsenistöä kaivataan eli kaikessa yksinkertaisuudessaan lähetät viestin Jukalle, [oh3oj@sral.fi](mailto:oh3oj@sral.fi) siitä sähköpostiosoitteesta, johon haluat kerhoviestit vastaisuudessa tulevan. Lähetän sinulle kutsuviestin em. osoitteeseesi johon vastaat ja liityt näin listalle. Ilmoitathan myös kun osoitteesi poistuu käytöstä tai muutat liikenteen uuteen osoitteeseen.

Jos sinulla on hallitukselle kysyttävää, kommentoitavaa, neuvoja jne. voit laittaa ne osoitteella [oh3ad-hallitus@groups.io](mailto:oh3ad-hallitus@groups.io)

### Copyright

Jos sinulla syntyy tarvetta julkaista tämän julkaisun materiaalia toisaalla on vähintäänkin asiallista mainita lainauksen olevan kotoisin Rixun Kolmosesta ja mainita myös aineiston kirjoittajasta, mikäli se on mainittu. Kohteliasta on toki kysyä myös artikkelin kirjoittajan suostumus hengentuotteensa lainaamiseen.