

Esimerkit on tehty käyttäen Smith v 1.91 demo-ohjelmaa.

http://www.janson-soft.de/seminare/dh7uaf/smith_v191.zip

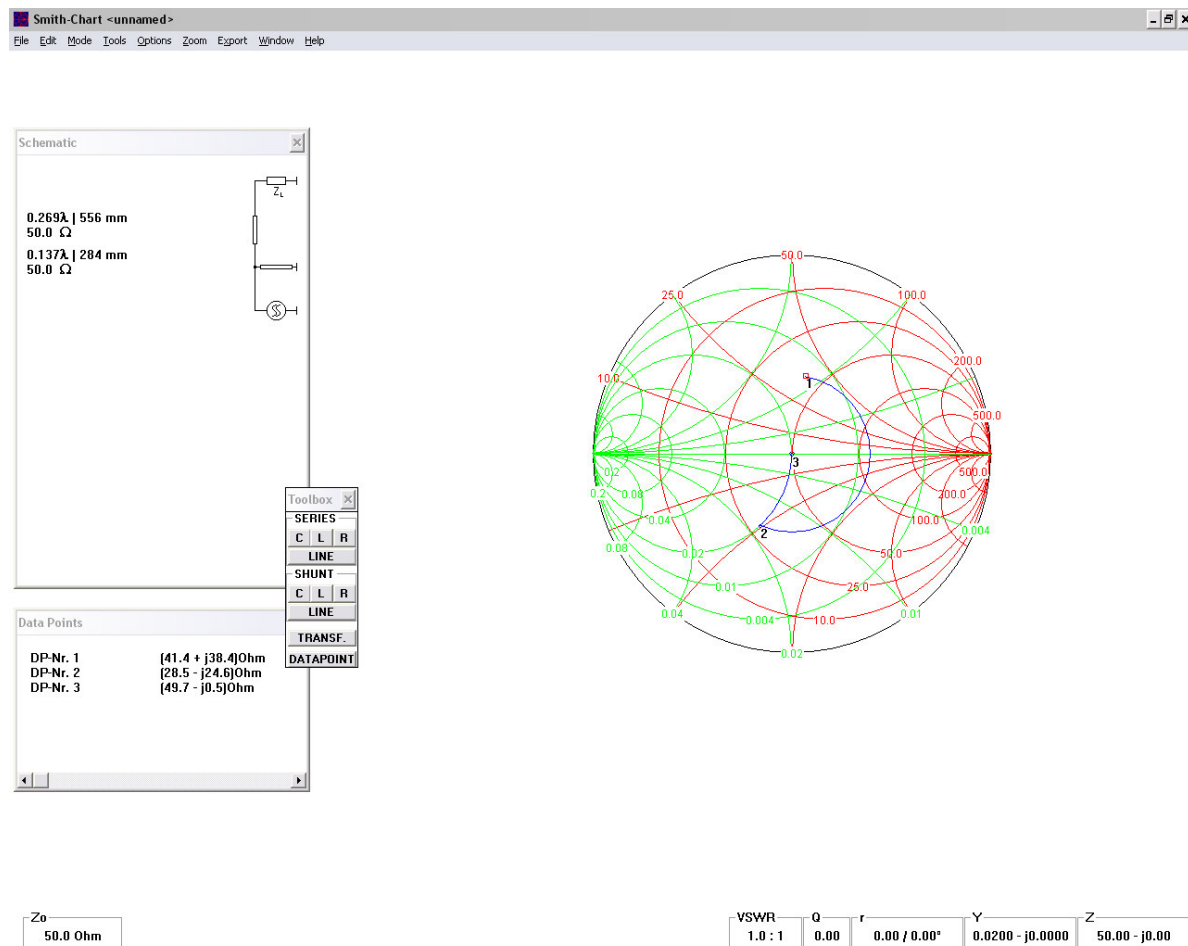
Esimerkki 1a. Stubisovituksen (= siirtokaapelisovitus) laskeminen Smithin kartan avulla

Lähtötilanne:

Antennianalysaattorisi antaa 50 MHz:n taajuudella Z:lle arvot Reaalia 41.4 ohmia ja reaktanssia +j38.4 omia. *). Käytössäsi on 50 ohmista RG213 koksia, jolla pitäisi saada antenni vireeseen.

Huom! Ennen kuin analysaattorista saatua impedanssia voidaan käyttää perinteisissä Smithin kartoissa (esim. paperiversiot) se pitää ensin muuttaa ns. normalisoituun arvoon. Se tapahtuu siten, että jaetaan sekä reaali- että imaginääriosat syöttökaapelin impedanssilla (50 ohms), jolloin esimerkissä normalisoidut arvot ovat 0,828+j0,768.

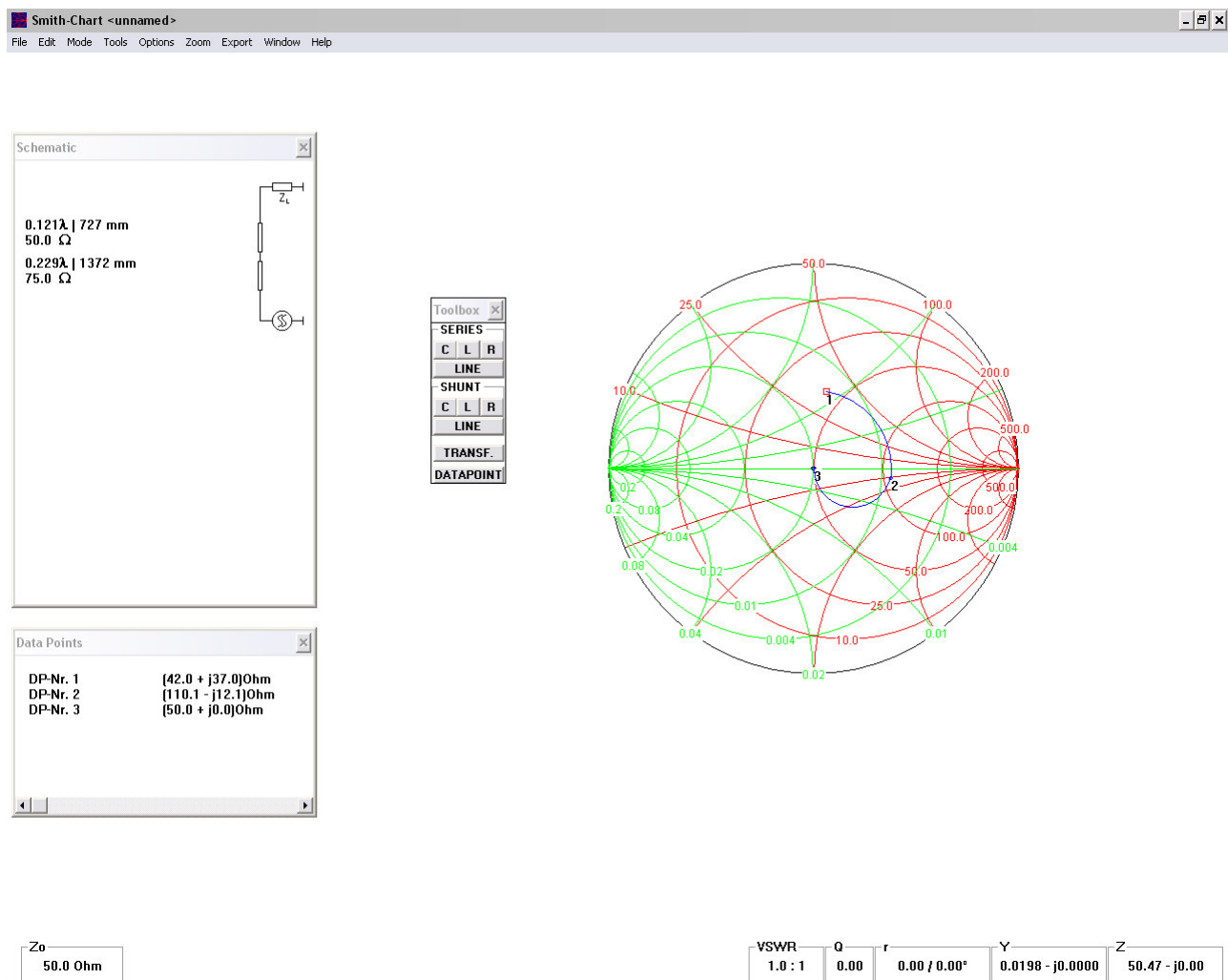
1. Syötä analysaattorista saadut impedanssiarvot (Datapoint-Nr.1) Smith- ohjelmaan (f=50 MHz), jolloin saat mm. VSWR:ksi arvon 2.3. Näkyy muiden arvojen joukossa näytön oikeassa alalaidassa, ollessasi siis kyseisessä datapisteessä 1. Huom! ohjelman näyttö pitää olla kokonainen.
2. Lisätään nyt siirtojohtoa (Toobox/ Series Line) sen verran, että päästään sellaiselle admitanssikäyrälle, joka johtaa meidät kohti ympyrän keskipistettä. Esimerkissä laitettu kohtaan Datapoint-Nr.2, jolloin ohjelma laski pätjän pituudeksi 556mm (=0.269 lamdaa). Tämä on ns. tulevan stubin paikka siirtojohdossa.
3. Valitse nyt Shunt Line (rinnakkainen pätkä), jolloin ohjelma kysyy haluatko avoimen vai oikosuljetun stubin. Oheisessa esimerkissä valittu oikosuljettu. Sen jälkeen siirrytään admitanssikäyrää pitkin ympyrän keskelle, joka vastaa tilannetta täydellinen sovitus. Se on siinä! . . Vai onko? Pitäisikö käytännössä huomioida mm. siirtokaapelin nopeuskerroin? .. Mieti sitä!



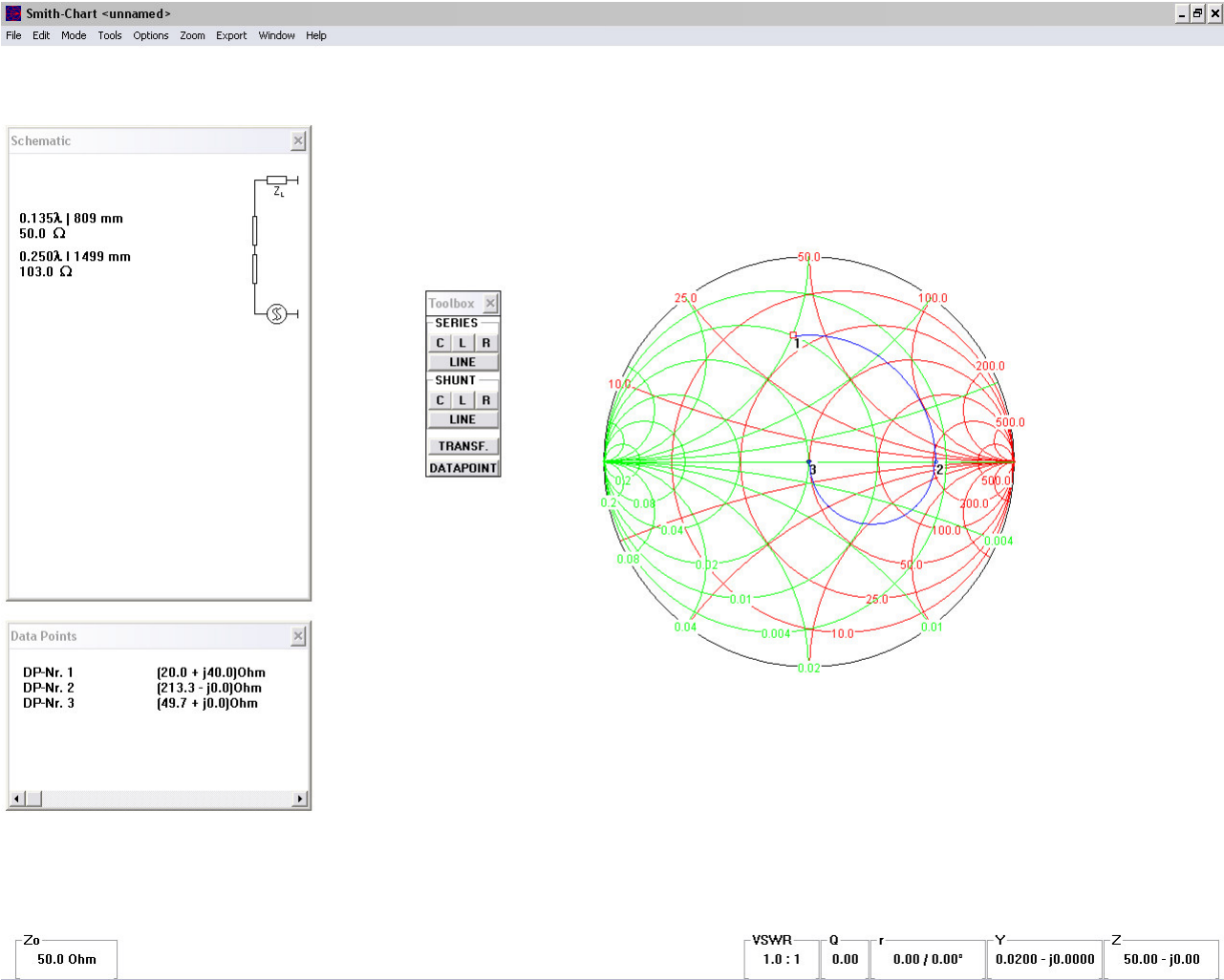
*) j = sähkötekniikassa käytetty imaginäärisen luvun tunnus = i matikassa. Käyttämällä j :tä varmistetaan, ettei se vahingossa sekoitu virran symboliin. Meillä koulussa aikanaan puhuttiin iivarista ja jiiivarista. Voit muuten samalla miettiä, milloin reaktanssi on kartalla kapasitiivista ja milloin induktiivista. Tämähän tietysti selviää etumerkistä, mutta se on kerrottu myös mm. Smithin kartan paperiversioissa. Siis sähköisesti lyhyt vaiko pitkä ja millä puolen karttaa kulloinkin ollaan?

Esimerkki 1b. Siirtokaapelisovitus

Kyseinen esimerkki selvittää, mitä tapahtuu jos siirtokaapelin tyyppiä muutetaan kesken matkan. Esimerkin impedanssiarvot (datapoint 1) = on otettu tehtävästä 1. $f = 50$ MHz. Esimerkissä on 50 ohmiseen syöttölinjaan lisätty tiettyyn paikkaan tietty määrä 75 ohmista kaapelia. Mitä havaitaan? Ainakin se, että syöttökaapelin impedanssia muuttamalla voidaan myös toteuttaa sovitus tai ainakin parantaa sitä. Toinen johtopäätös: Pätekin ”väärää” syöttökaapelia voi tehdä ei halutun epäsovituksen.



Esimerkki 1c. Siirtokaapelisovitus 3. 1/4 – aaltomuuntaja

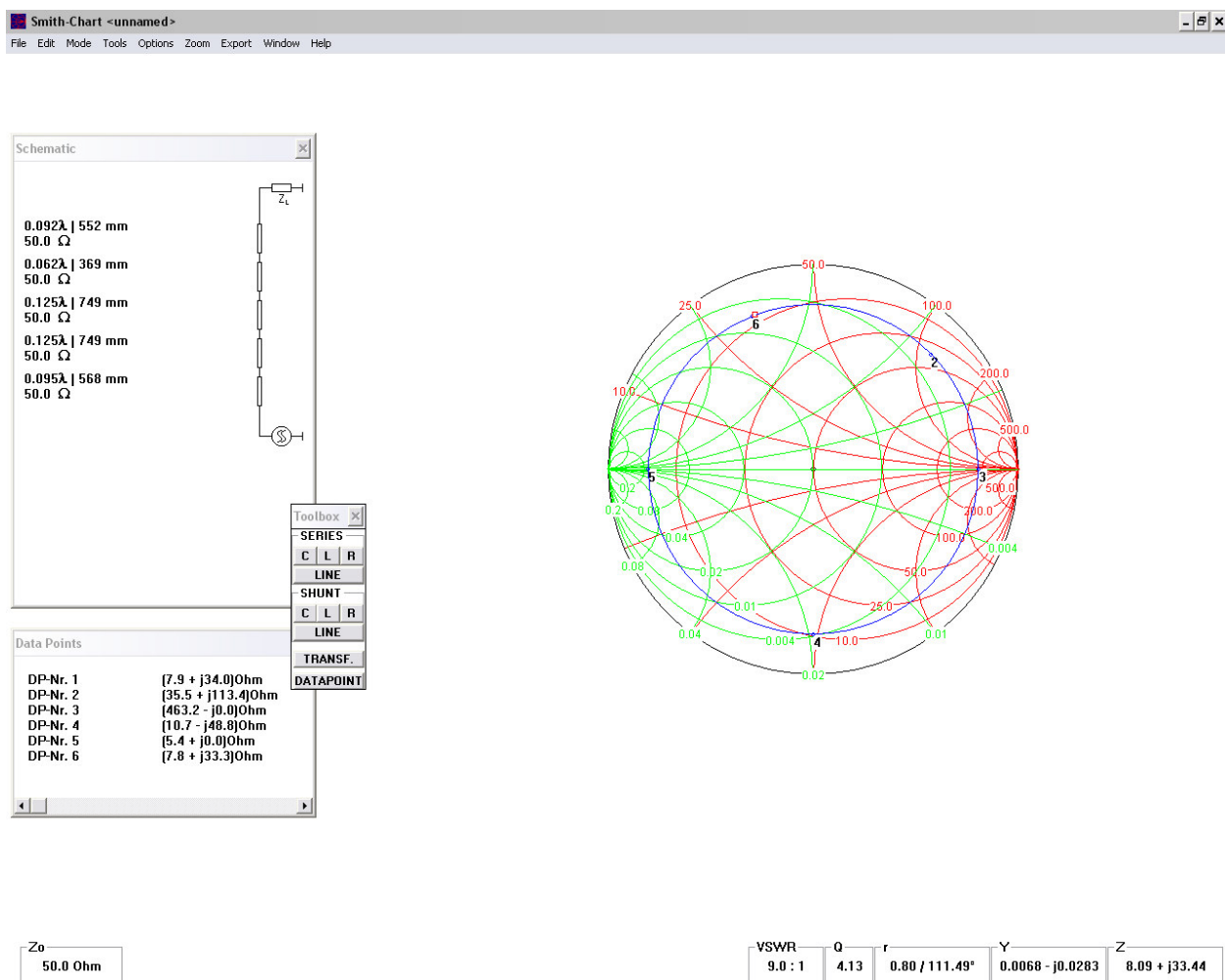


Esimerkki 2a. Siirtokaapelin pituuden vaikutus $\frac{1}{2}$ aallon matkalla

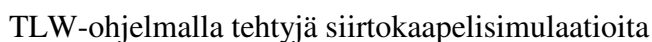
Oheisessa esimerkissä on otettu ”näytteitä” (datapisteet 1-6) siirtokaapelista $\frac{1}{2}$ -aallon matkalta. Siirtojohdossahan ilmiöt toistuvat $\frac{1}{2}$ aallon välein. Kyseistä ympyrää nimitetään mm. VSWR-ympyräksi.

1. Valitse datapoint
2. Valitse Series line (50 ohms).
3. Ohjelmalan avulla, Smithin kartalla voit nyt ”pyöritellä” eli (muuttaa kaapelin mittaa $\frac{1}{2}$ -aallon matkalla ja havainnoida, mitä siinä tapahtuu.

Käyrästä ilmenee mm. se, että kaapelin pituuden muuttaminen ei vaikuta VSWR:ään, eikä liioin heijastuskertoimeen. Sen sijaan siinä muuttuu mm. heijastuskertoimen vaihe. Samoin siitä ilmenee, että puolen aallon välein ollaan kapasitiivisella ja vuoroin induktiivisella puolelle karttaa.



Kaapelivaimennusten vaikutusta voi mainiosti havainnoida mm. ARRL:in TLW-ohjelmalla (alla), mutta kyllä sitä voi Smithin kartan avulla pohdiskella. Ajattelun lähtökohtana on se, että kaapelihäviöt voidaan pelkistetysti ajatella olevan sarjaresistanssia. Kun kaapelia ja siis sarjaresistanssia lisätään määräämättömästi, niin lopulta käy niin, että päästää kartan keskelle. Kyseisellä ohjelmalla ei pysty tekemään täydellistä, tasaisesti kehittyvää ”spiraalia”, mutta seuraava asteittainen esimerkki voi auttaa ajattelussa. Eli kuljettaessa pitkässä kaapelissa kohti generaattoria (lähetin), niin SWR:n arvo pienenee.



The figure displays three screenshots of the TLW software interface, showing the input parameters and the resulting plots for a transmission line calculation.

Left Window: TLW, Transmission Line Program for Windows

- Version 2.02, Copyright 2003-2004, ARRL, by N6BV, Sep 25, 2004
- Cable Type: **RG-213 (Belden 8267)**
- Length: **50 Meters** (12.636 Lambda)
- Frequency: **50.0 MHz**
- Characteristic Z0: **50.0 - j 0.19 Ohms**
- Matched-Line Loss: **5,154 dB/100 Meters**
- Velocity Factor: **0.66**
- Max Voltage: **3700 V**
- Total Matched-Line Loss: **2,577 dB**
- SWR at Line Input: **1.08**
- SWR at Load: **1.16**
- Rho at Load: **0.07303**
- Additional Loss Due to SWR: **0.019 dB**
- Total Line Loss: **2,596 dB**
- Impedance at Input: **47.42 + j 2.77 Ohms**
- Impedance at Load: **47.50 Ohms**
- SWR at Output: **3.34**

Middle Window: TLW, Series Resistance & Reactance Along Line

- RG-213 (Belden 8267)
- Load: **45 - j 5 SWR = 1,16**
- At 1500 W
- Max RMS Volt: **283.2 V**
- Max RMS Curr: **5.7 A**
- Plot: **Along the Transmission Line**
- Y-axis: **Resistance, Ohms** (Green line) and **Reactance, Ohms** (Red line)
- X-axis: **Length, in Meters, from Transmitter** (0 to 50)
- Bottom Status: **50.0 MHz Total Loss: 2,596 dB**

Right Window: TLW, Voltage/Current Graph Along Line

- RG-213 (Belden 8267)
- Load: **45 - j 5 SWR = 1,16**
- At 1500 W
- Max RMS Volt: **283.2 V**
- Max RMS Curr: **5.7 A**
- Plot: **Along the Transmission Line**
- Y-axis: **Voltage, Volts** (Red line) and **Current, Amps** (Green line)
- X-axis: **Length, in Meters, from Transmitter** (0 to 50)
- Bottom Status: **50.0 MHz Total Loss: 2,596 dB**

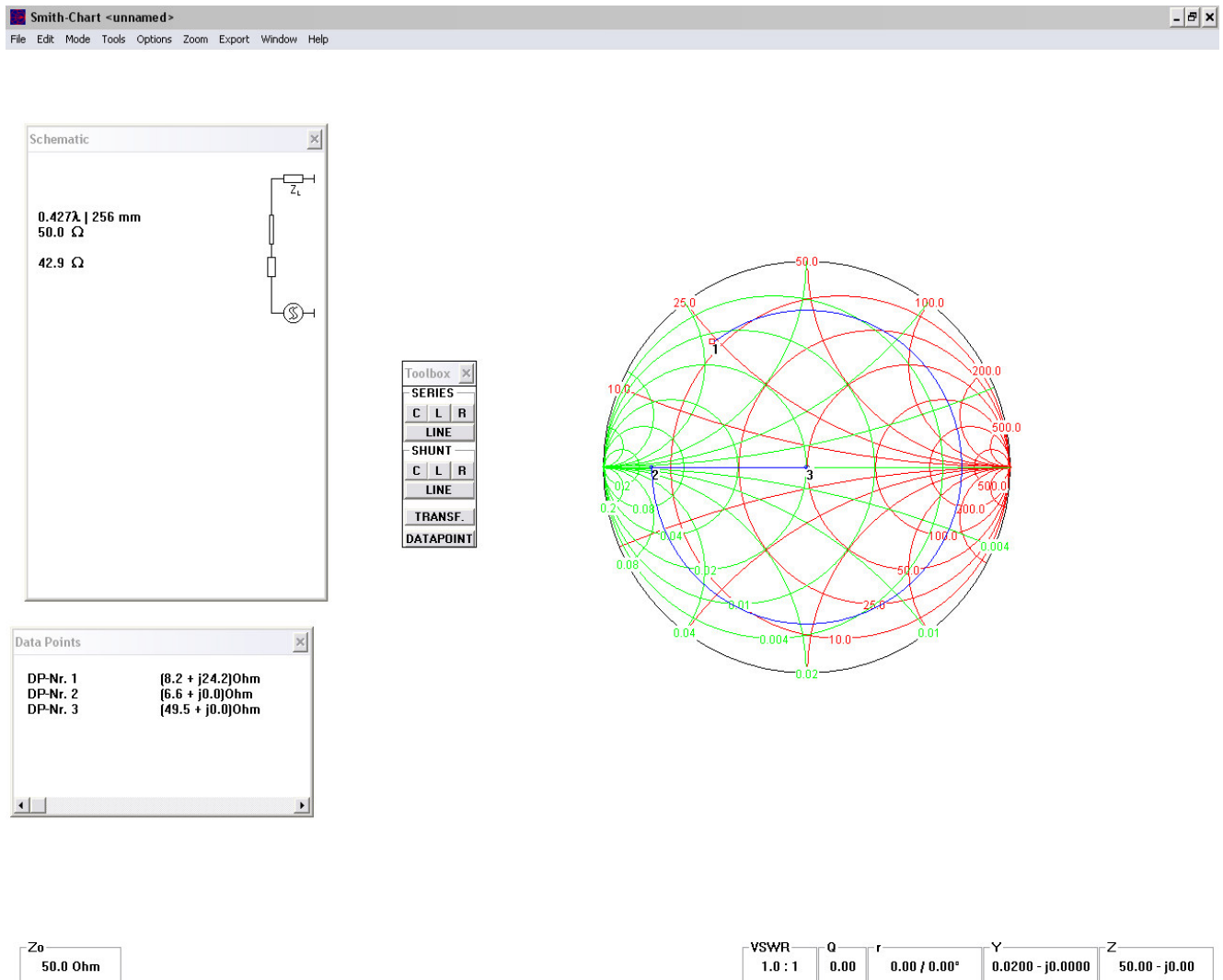
The figure consists of two side-by-side plots from a software application. Both plots are for a transmission line with RG-213 (Belden 8267) cable, a load of 45 - j 5 SWR = 1,16, and a frequency of 434.0 MHz. The total loss is 8.480 dB.

Left Plot: TLW. Series Resistance & Reactance Along Line
 The y-axis has two scales: Resistance (Ohms) on the right (44 to 57) and Reactance (Ohms) on the left (-6.0 to 7.0). The x-axis is Length in Meters (0 to 45). The plot shows two oscillating curves: a green curve for Reactance and a red curve for Resistance. Both curves show a general downward trend as length increases. Text on the right indicates: At 1500 W, Max RMS Volt. 275.3 V, Max RMS Curr. 5.5 A.

Right Plot: TLW. Voltage/Current Graph Along Line
 The y-axis has two scales: Voltage (Volts) on the right (100 to 260) and Current (Amps) on the left (2.0 to 5.0). The x-axis is Length in Meters (0 to 45). The plot shows two oscillating curves: a green curve for Current and a red curve for Voltage. Both curves show a general downward trend as length increases. Text on the right indicates: At 1500 W, Max RMS Volt. 275.3 V, Max RMS Curr. 5.5 A.

Esimerkki 3. Resisttiivinen sovitus

Eli voihan sovituksen seuraavastikin tehdä. Eriasia on, onko tarkoituksen mukaista? Mieti, mihin mahtaa perustua ns. laajakaistaiset antennit (esim. 30-100 MHz , SWR < 2) ...”tekniikka kehitty ...fyysiikan lait eivät”.



Esimerkki 4. Konjugaattisovitus

Tyypillinen virityslaitte (Tuner) toimii ns. konjugaattisella-periaatteella. Olkoon se sitten ns. pii tai T-viritin. Virittimen toiminnan ymmärtämisen kannalta, on eduksi jos tuntee jonkin verran kompleksilukumatikkaa. Tämä pätee muuten koko siirtolinjateemaan.

(<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kompleksiluku>). Tietoa saa vaikka lukion matikkakirjoista.

Itse virittimen ideahan on sellainen, että kompleksiseen impedanssiin Z esim. $(20-j30)$ lisätään sen konjugaattilukua vastaavat komponentit, jolloin imaginääriosat kumoavat toisensa.

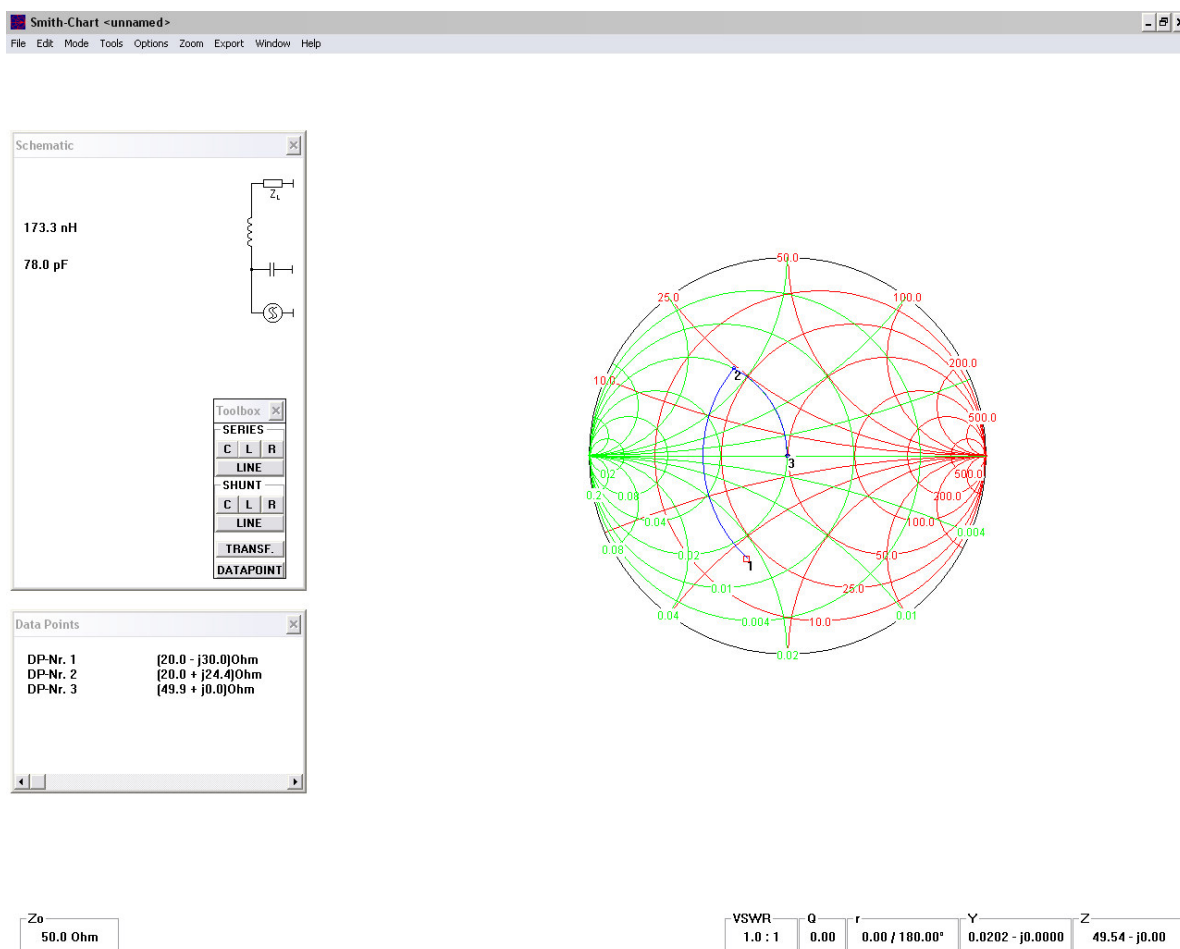
Kuten tiedetään, niin kela toimii induktanssina ja konkka kapasitanssina. Eli kun kytkentä (esim. antenni) on kapasitiivinen, niin virityksessä käytetään induktanssia ja visaversa. Teoreettisessa sähkötekniikassa menetelmästä käytetään nimitystä sovitusta keskitetyillä elementeillä.

Esimerkiksi olkoon Z $(20-j30)$ ohmia, joka vastaa normalisoituna lukua $0,4 -j0,6$. $(20/50, -30/50)$. Tuolloin konjugaatti on $0,6+j0,6$. Sovituksessa normalisoiduksi impedanssiksi halutaan $1+j0$, niin virityspiirin kompleksiluvuksi pitää valita sellainen luku joka toteuttaa tuon vaatimuksen. Eli $0,6+j0,6 \rightarrow \text{Re } 0,4+0,6=1$ ja $j-0,6+j0,6=j0$.

Smithin karttaohjelmalla em. toteutetaan esimerkiksi seuraavasti.

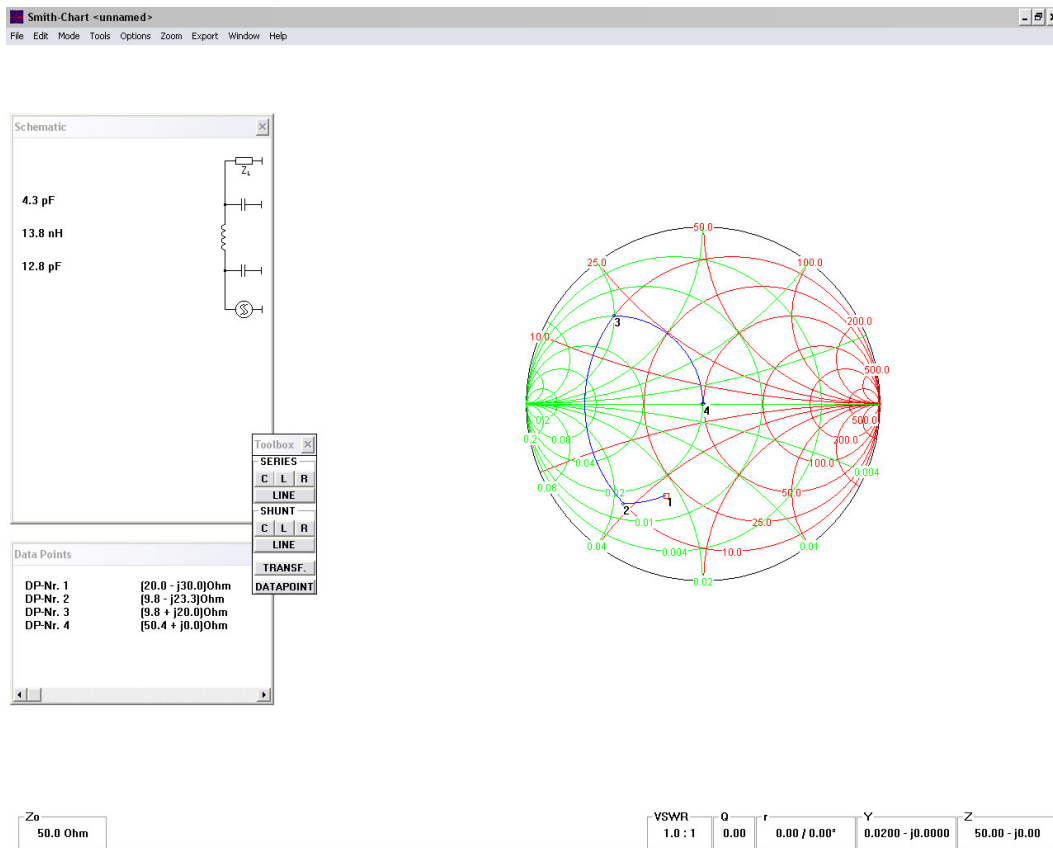
1. Syötä em. datapoint 1 (Impedance re, im) arvot näppäimistöllä $f=50$ MHz
2. Lisätään piiriin sarjainduktanssia, jotta päästään sellaista kohtaa rinnakkaissuspektanssia, joka johtaa keskipisteeseen $\rightarrow$ datapoint 2.
3. Lisätään em. suspektanssia, jotta päästään keskipisteeseen (datapoint 3), jossa SWR on 1.
4. Komponenttiarvot ohjelma laskee automaattisesti.

Mieti miten komponenttiarvot laskettaisiin ilman kompuutterin automatiikkaa.

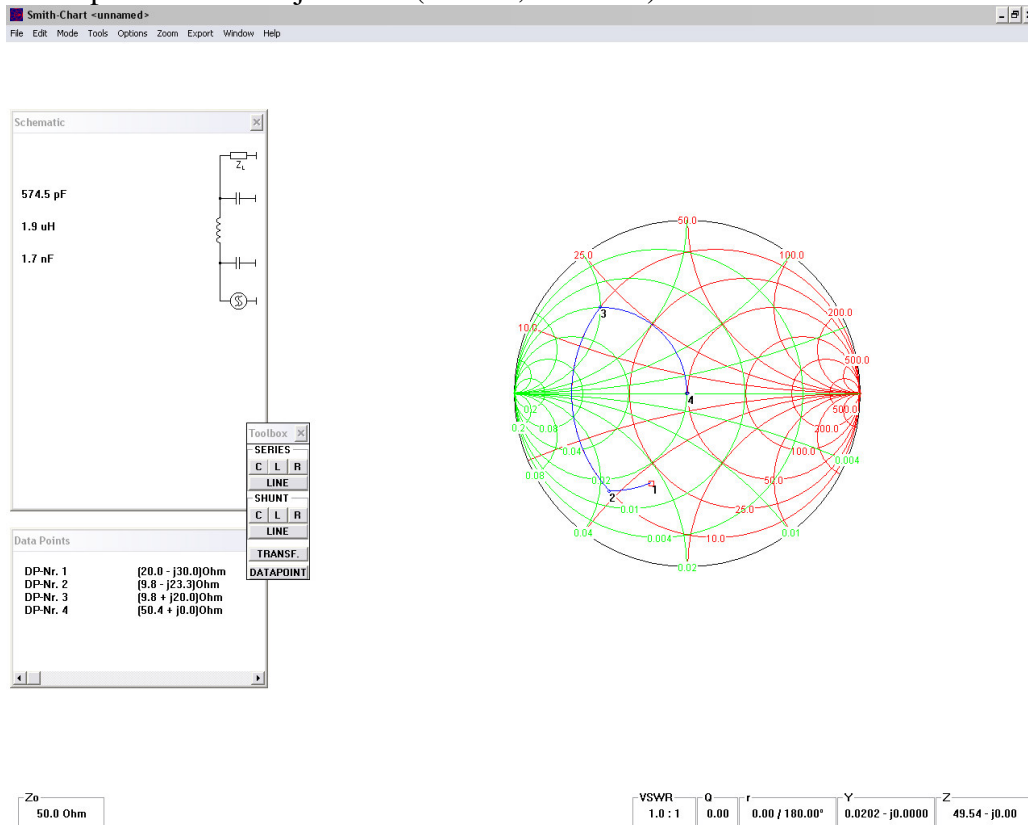


Esimerkki 4b. Pii-tunerilla virittäminen

Virityksen voisi tehdä vaikkapa seuraavasti ... Tämä on teoriaa. Esim. käytännössä 4,3pF:n konkka on aika pieni.



Mutta pienemmillä taajuuksilla (esim. 3,699 MHz) toteutus on ihan toteuttamiskelpoinen.



5a. Smithin kartan eri versiot

Ks. seuraavat linkit:

<http://www.sss-mag.com/smith.html>

<http://images.google.fi/images?q=smith+chart&hl=fi&client=firefox-a&rls=org.mozilla:fi:official&hs=dzg&um=1&sa=X&oi=images&ct=title>

Se perinteinen, ns. yksipuoleinen diagrammiversio, josta siis puuttuu admittanssipuoli, ei ole sen ”huonompi” kuin nyt esitetty kaksipuolinen diagrammi. Nämäkin kaikki esimerkit voidaan mainiosti tehdä yksipuoleisellakin diagrammilla ihan hyvin. Tällöin vain joudutaan käyttämään ehkä apukäyriä, peilaustekniikkaa jne. Pitää siis vaan muistaa, että impedanssi ja admittanssit ovat toistensa peilikuvia. Mikäli käytössä olisi pelkästään kynä, paperi ja harppi, niin yksipuoleisen diagrammin käyttö olisi joissakin tapauksissa ehkä selkeämpääkin. Vertaile vaikka paperiversiota. Kyllä se kaksipuolinen on ilman mitään datapistettäkin jo melkoinen hässäkkä?

Esimerkki 5b. Konjugaattisovitus kynä - paperi -harppi-menetelmällä.

1. Merkitään datapoint 1 kartalle (nyt pitää käyttää normalisoitua arvoa) $0,4 -j0,6$
2. Lisätään piiriin sarjainduktanssia, jotta päästään sellaista kohtaa rinnakkaissuspektanssia, joka johtaa keskipisteeseen $\rightarrow$ datapoint 2 ($0,4 + j0,48$). Esimerkissä olen piirtänyt avuksi sopivan admittanssiympyrän.
3. Lisätään em. suspektanssia, jotta päästään keskipisteeseen jossa siis SWR on 1. Tässä olen käyttänyt ns. peilaustekniikkaa ja piirtänyt datapisteen 2 impedanssia vastaavan admittanssin, josta tulee datapiste 3 ($1,0 - j1,2$).
4. Komponenttiarvot pitää nyt laskea datapisteitä hyödyntäen ihan itse.

$$L = xZ_0/\omega$$

$$Z_0 = \text{normalisoitu impedanssi}, \omega = 2\pi f \text{ (ohmega)}, x = \text{sarjareaktanssi}$$

$$C = b/\omega Z_0$$

$$b = \text{rinnakkaissuspektanssi}$$

$$f = 50 \text{ MHz}$$

$$L = (1,09 \times 50 \Omega) / (2\pi \times 50 \times 10^6 \text{ Hz}) = 173 \text{ nF}$$

$$C = 1,22 / (2\pi \times 50 \times 10^6 \text{ Hz} \times 50 \Omega) = 78 \text{ pF}$$

Normalisoitu impedanssi x ($1,09$) lasketaan seuraavasti: $x = j0,6 + j0,49$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design

1. $0,4 - j0,6$
2. $0,4 + j0,48$
3. $1,0 - j1,2$



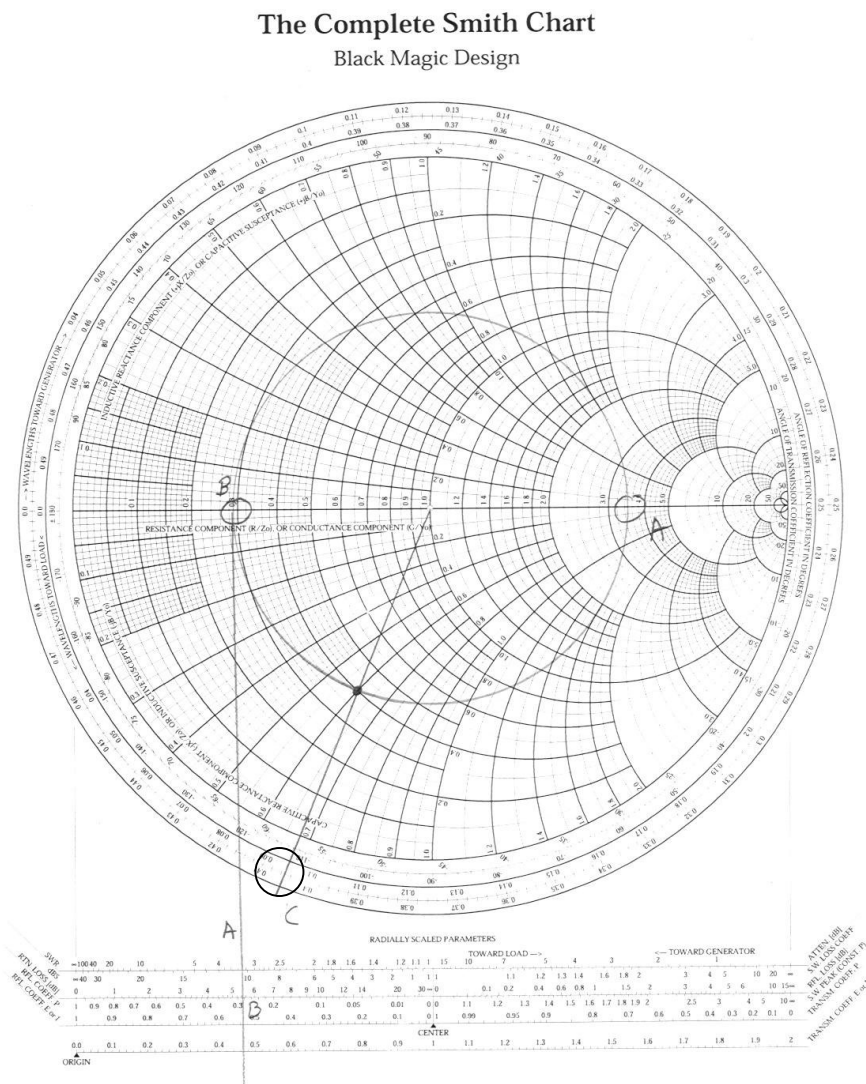
6. Vakioympyrä

Otetaan vielä yksi esimerkki, jossa piirretään ed. esimerkin datapointtia 1 vastaava vakioympyrä.

Ympyrästä nähdään heti mm. SWR A sekä heijastuskerroin B, samoin nähdään mm.

heijastuskertoimen vaihekulma C. Pienellä vaivalla tuosta olisi selvitettävissä input impedanssi tai kuorma admittanssi sekä minimi ja maksimi jne. jne.

5.6) VAKIOYMPYRÄ



Esimerkkejä Smithin kartasta voisi siis keksiä vaikka kuinka paljon ja aikaa palaa..
Kyllä Smithin kartta shudokut pesee mennen tullen.