

# SMITH CHART

## in the amateur radio practise

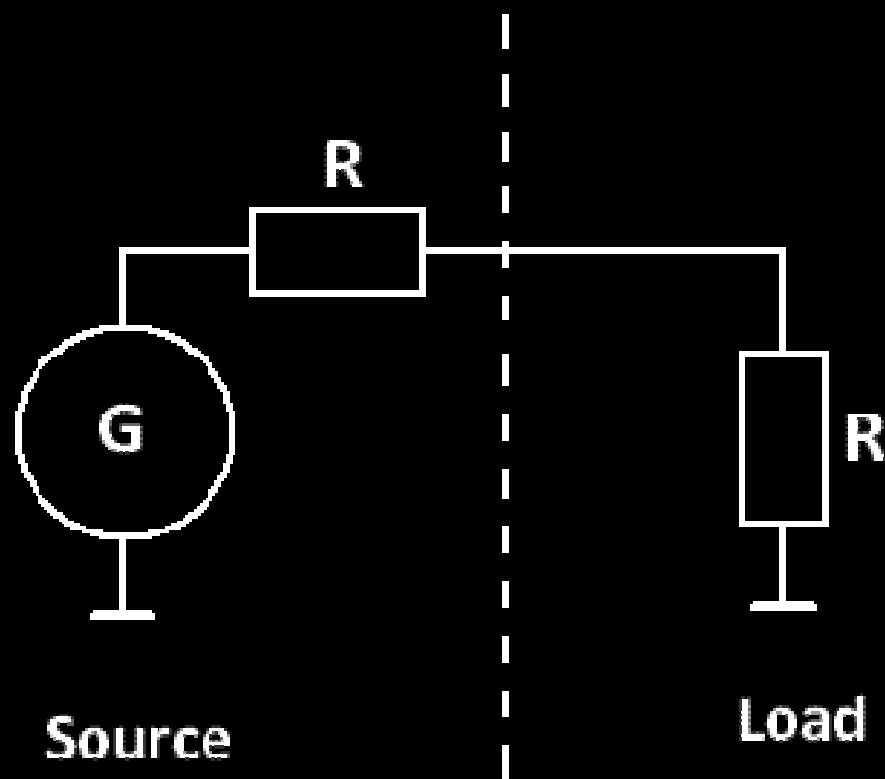
(trochu zjednodušeně...)

Vladimír Petržílka, OK1VPZ

[www.ok2kkw.com](http://www.ok2kkw.com)

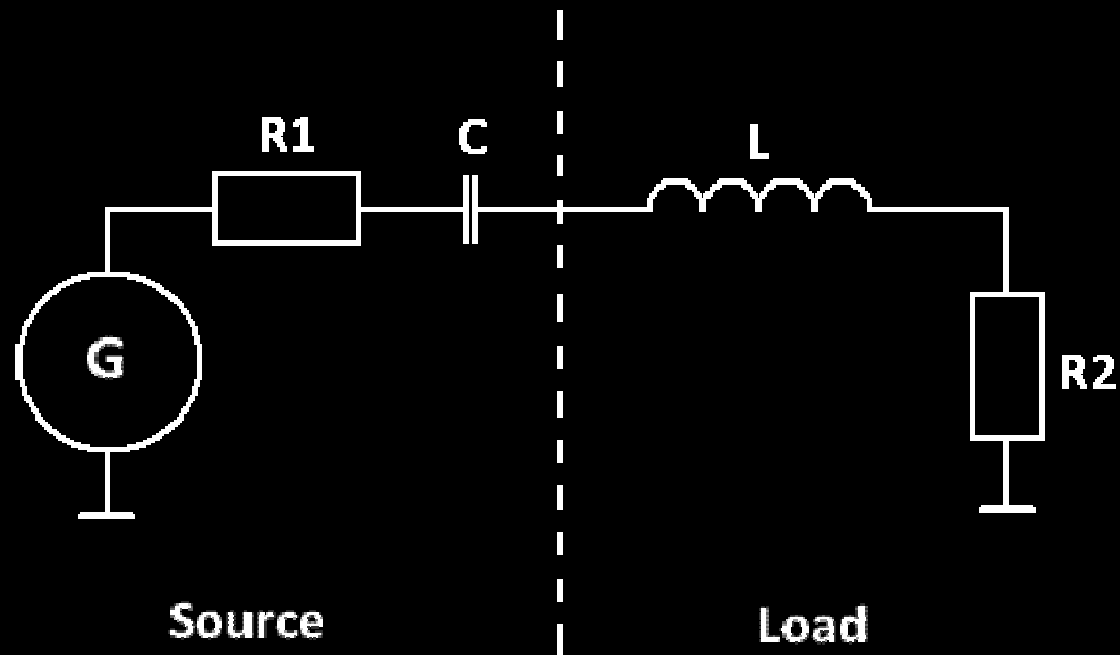
## Basic utility focused to the matching between source and the load

V praxi radioamatérského konstruktéra stále potřebujeme navrhovat nějaké to přizpůsobení, protože je dobře známo, že optimální přenos energie nastane při stavu, kdy impedance zdroje je rovna impedanci zátěže. Podívejme se na ilustrativní obrázky:

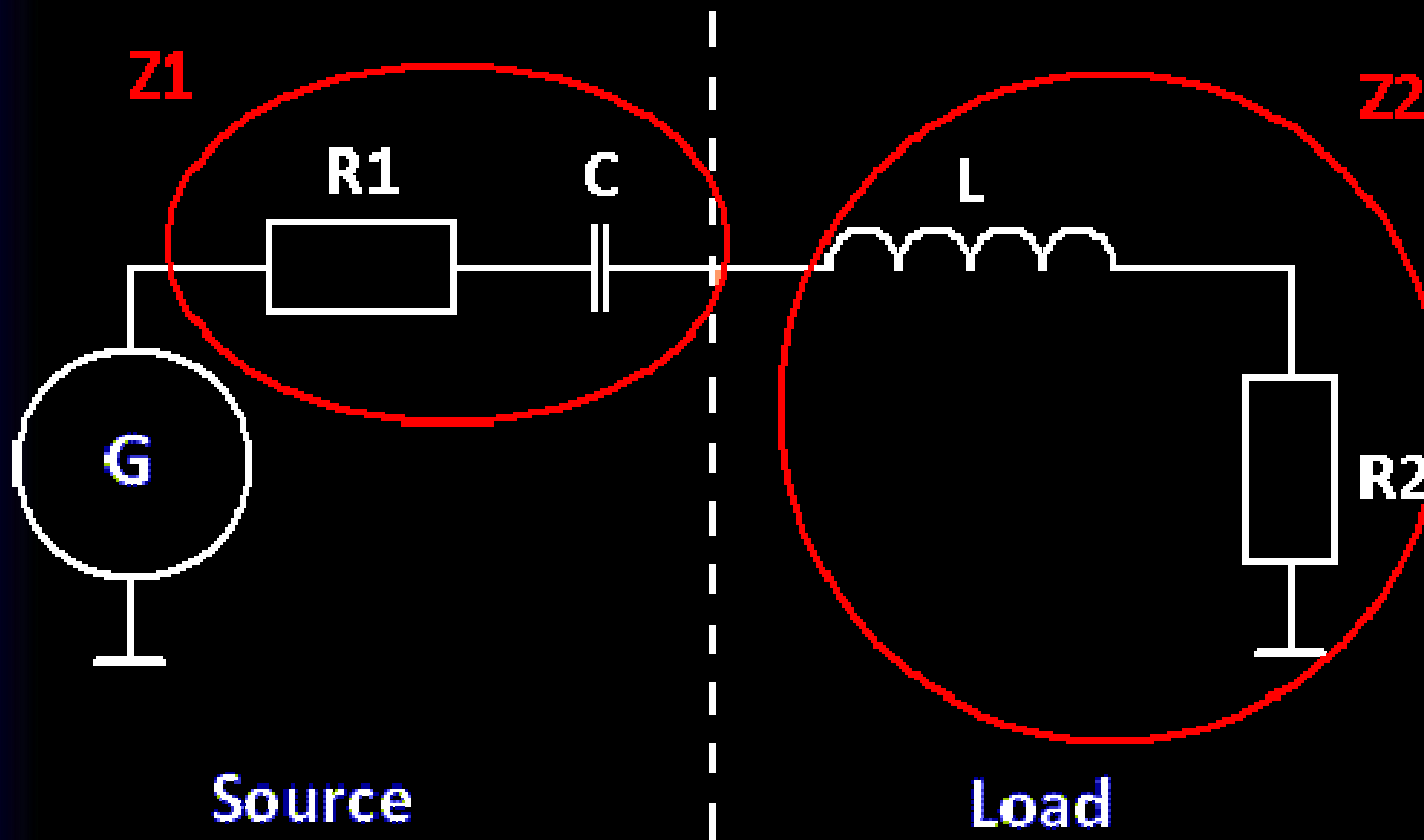


## Basic utility focused to the matching between source and the load

Na obrázcích je poněkud zidealizovaný stav: zdroj signálu má pro jednoduchost svou vnitřní impedanci, která se blíží nule, v serii vidíte nasimulovaný odpor s kombinací LC prvků, jenž představuje úhrnem vnitřní impedanci zdroje. A vpravo je zátěž.



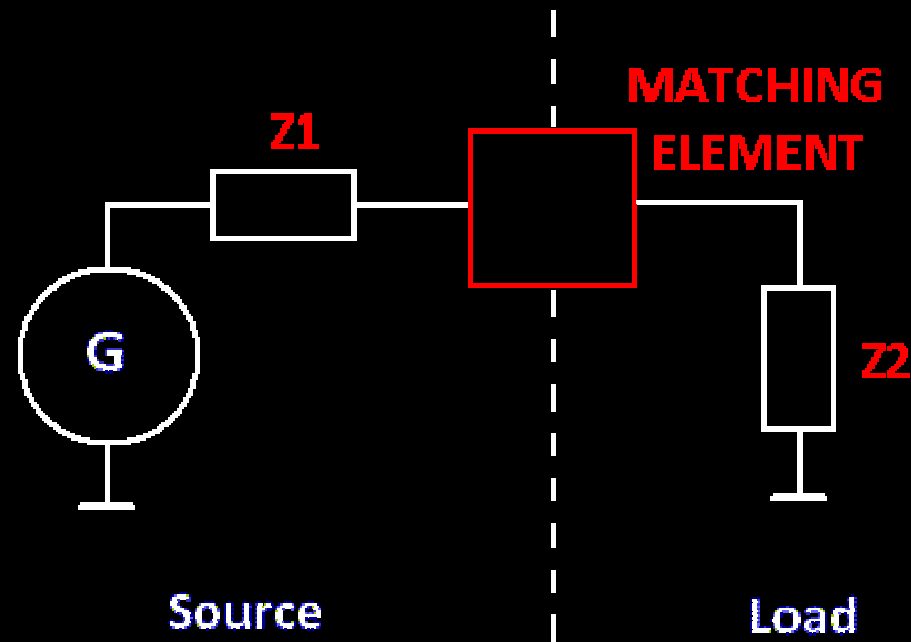
Basic utility focused to the matching between source and the load



## Basic utility focused to the matching between source and the load

Úkolem pro konstruktéra je navrhnout přizpůsobovací obvod, který se zařadí mezi zdroj signálu (například elektronka v PA) a zátěž (anténa, nebo vstup dalšího koncového PA).

Principem přizpůsobovacích obvodů je vzájemně vyrovnat reálnou část impedance (resistance) ve zdroji signálu a zátěži a vyrezonovat komplexní část impedance (kapacitanci a induktanci).



Můžeme přitom zvolit různé sofistikované výpočty, nebo tuto úlohu vyřešit jen graficky na papíře. V praxi je však nejdůležitější vědět, jaké impedance vzájemně přizpůsobujeme!

## ...ance

Na úlohu přizpůsobení můžeme pohlížet z pohledu impedance (Z), nebo admitance (Y). Admitance je:

$$Y=1/Z$$

Odpor  $100 \Omega$  má impedanci  $100 \Omega$  (Ohmů), ovšem ve vyjádření admitance bude mít vodivost  $0,01 \text{ S}$  (Siemensu). Protože pro radioamatérskou praxi je bližší používat impedance, přizpůsobíme se tomu i v této přednášce. Ovšem impedance je v praxi jen málo kdy reálná (obvykle nemá pouze reálnou složku), většinou je doprovázena jakousi komplexní impedancí imaginárního typu (...ance).

Tak např.  $100 \Omega$  odpor, jenž bude mít seriově zařazenou kapacitu  $10\text{pF}$  bude mít na  $70\text{cm}$  celkovou impedanci:

$$100 - (1/j\omega C) \Omega = 100 - j 37 \Omega$$

## ...ance

Podobné je to v případě kombinace R a L (10nH, 70cm):

$$100 + j\omega L \Omega = 100 + j 27 \Omega$$

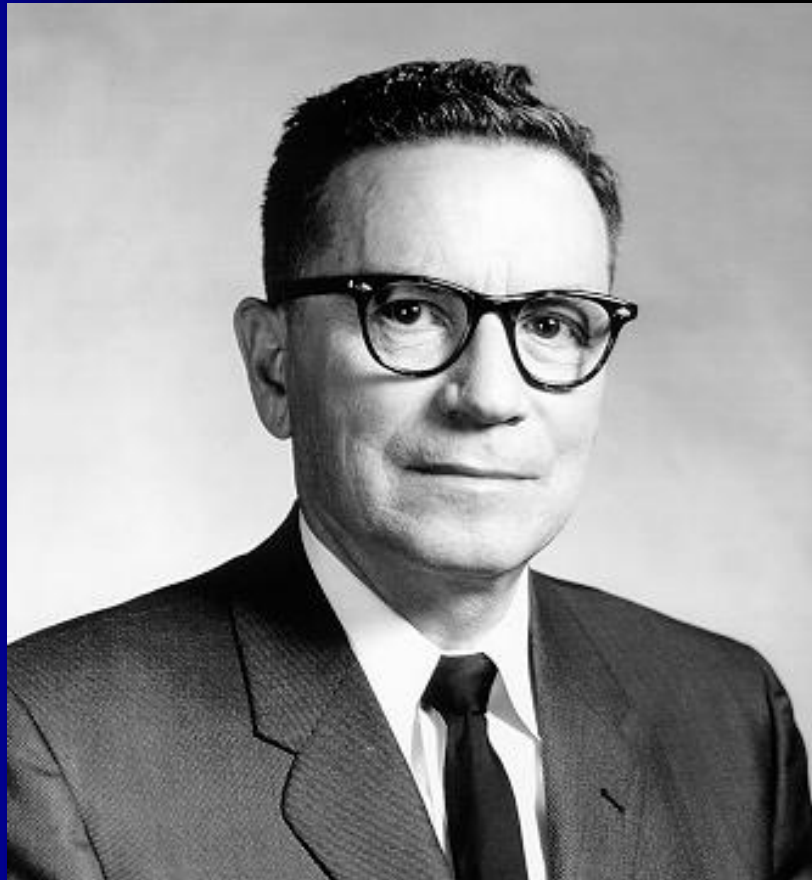
Komplexní (imaginární) impedanci kapacitního typu nazýváme kapacitancí, v případě indukčnosti je to induktance.

Pokud jsme si zvolili impedanční model, budeme pracovat s názvy impedance, resistance, reaktance, kapacitance a induktance.

V případě, že bychom si zvolili admitanční (vodivostní) model, setkáme se navíc s názvy susceptance. Celkem je to tedy 7 ancí, na které nadpis odkazuje, hi.

Když už známe názvy, pokusíme se podívat, jak s tím pracovat. Asi nejjednodušší je vypomoci si geniálním grafickým nástrojem pana Smithe.

# Smith chart



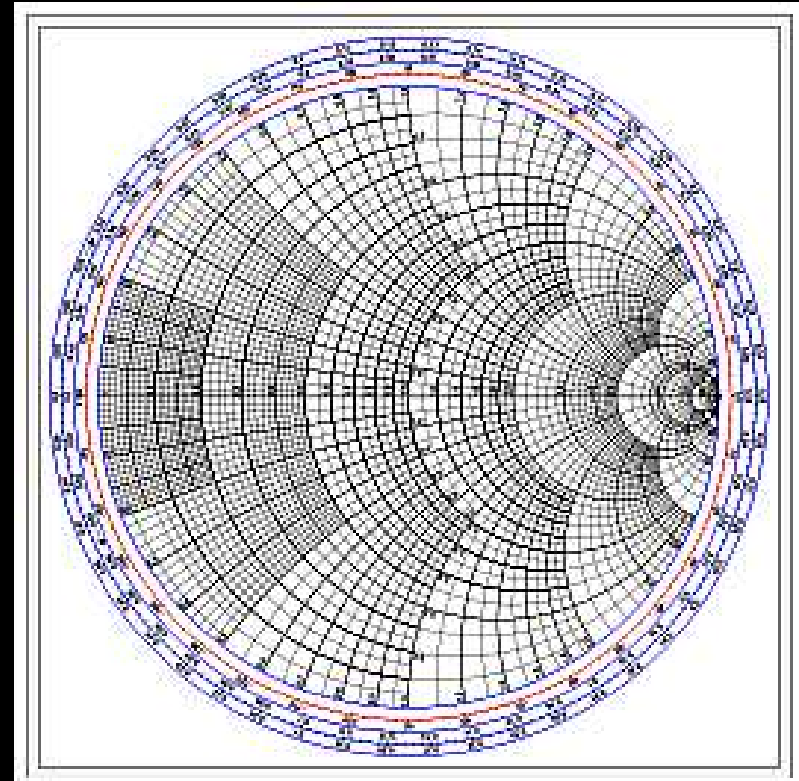
Tento vědecký pracovník (Phillip H. Smith, W1ANB, SK 1987) amerických Bellových laboratoří (později RCA) na začátku roku 1937 učinil jeden geniální kouzelnický trik:

Zdeformoval lineární grafické vyjádření impedančního grafu (resistance na ose X a reaktance na ose Y) velice zajímavým způsobem:



## Smith chart

Vzal XY graf reálných a komplexních impedancí, označil jeho osy v logaritmické míře (v lineárním měřítku se nekonečno nevejde na papír), odříznul zápornou část resistance, vzal konce (kladné a záporné nekonečno) imaginární osy a ohnul je do tvaru kruhu tak, že kladné i záporné nekonečno se potkalo s nekonečnem na horizontální ose resistance. Vzniknul tak kruh, známý jako Smithův kruhový diagram.



## Smith chart

Výsledkem této "deformace" planárního grafu vzniknul graf neobyčejných vlastností:

- jakýkoli impedanční bod lze v grafu přímo znázornit (včetně jeho komplexních složek) a střed kruhu lze normovat jako jednotkovou impedanci (v našem případě většinou, ale ne výhradně) jako  $50 \Omega$
- pohyb okolo středu po kružnici, procházející zadaným bodem znázorňuje možnost změny impedance pomocí vedení zadané vlnové délky (celý okruh je  $\lambda/2$ ) a to lze použít k transformaci impedance.
- pohyb po kružnici ze zadaného bodu tak, že jeden bod kružnice prochází tímto bodem a druhý prochází nulou, nebo nekonečnem, prezentuje zařazení (paralelní, nebo seriové) kapacity, nebo indukčnosti.

Odtud už vede jednoduchá cesta k tomu, jak přizpůsobit dvě zcela rozdílné impedance. Sice je to možné udělat i pomocí papírového grafu a kružítka, ale jednodušší bude to znázornit na počítači díky softwarovým nástrojům.

## Smith chart

Doporučuji navštívit web profesora Fritze Dellspergera:

<http://www.fritz.dellsperger.net/>

kde je možné bezplatně stáhnout rozsahem trochu omezenou verzi jeho SW pro PC simulaci Smithova kruhového diagramu. Starší, DOSovou verzi si můžete stáhnout také zde:

<http://www.ok2kkw.com/smith.zip>

A teď se podíváme, jak se s tímto nástrojem v radioamatérské praxi pracuje. Je to neočekávaně snadné:

Zkusíme například namodelovat přizpůsobení vstupu 70cm kW PA s populární elektronikou GS35b:

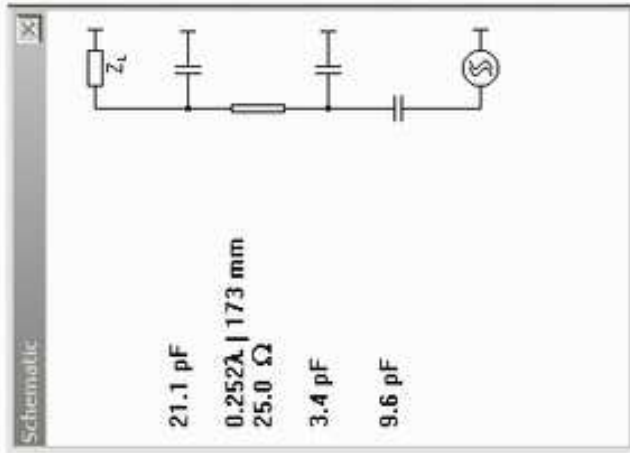
## GS35b na 70cm

Vstupní impedance elektronky je dána především její strmostí - to platí pro reálnou část impedance (katalog ji pro třídu A uvádí v hodnotě cca 30 mA/V). Strmost je vlastně admitance, tedy převrácená hodnota impedance vstupu PA s GS35b bude cca  $26 \Omega$  (reálná část).

Ovšem je třeba ještě zjistit komplexní část impedance, kterou zde představuje zejména kapacita katoda - mřížka (stavíme PA s uzemněnou mřížkou). Katalog uvádí kapacitu cca 21pF, což můžeme přepočítat na impedanci (bude mít zápornou komplexní hodnotu), nebo obvod namodelovat tak, že vstupní impedance elektronky je reálných  $26 \Omega$  v kombinaci s paralelně připojenou kapacitou 21pF.

Přizpůsobovat budeme na 50 Ohmů vstupního konektoru.

Jak to namodelovat ve Smithově diagramu?



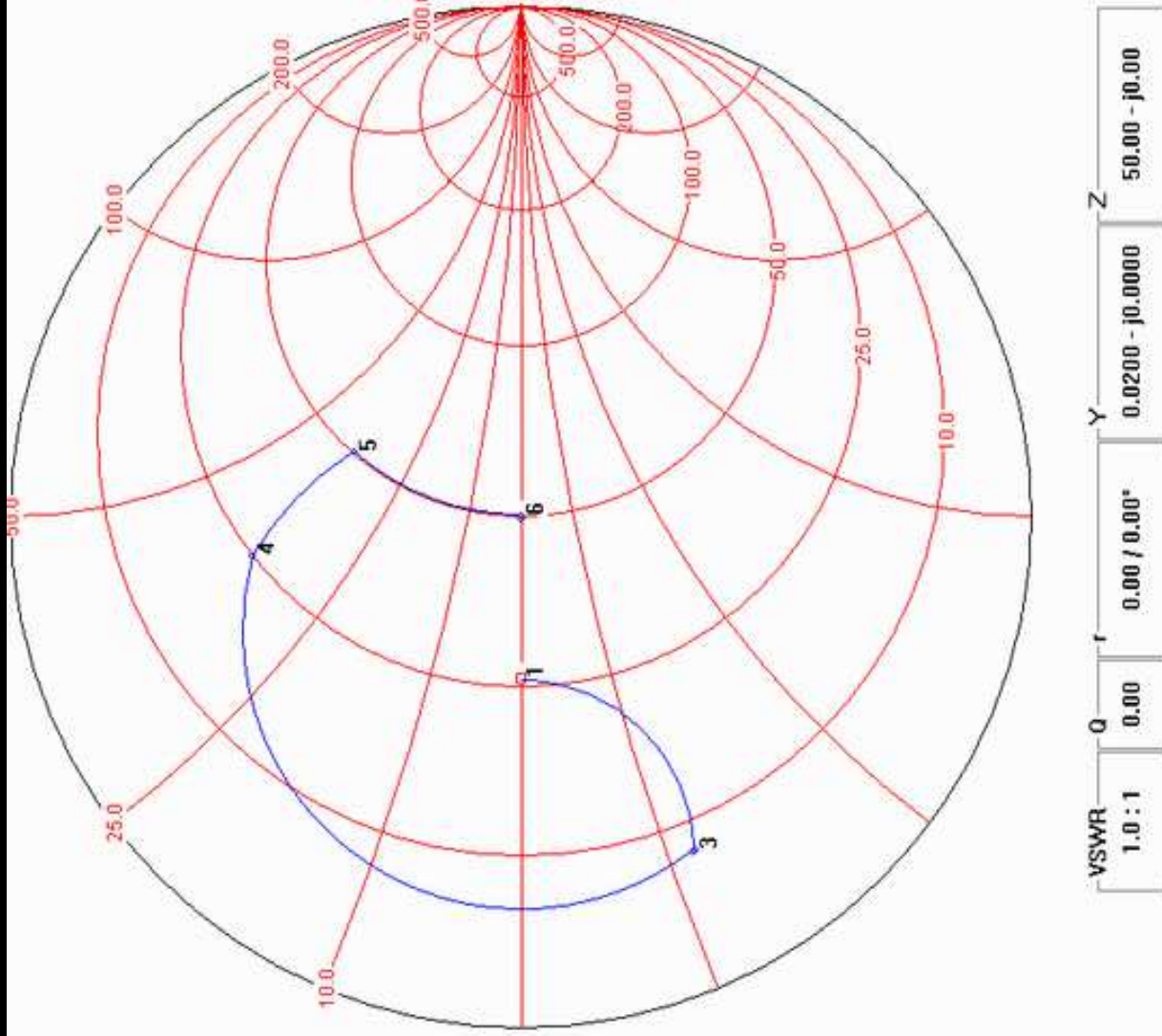
Data Points

DP-Nr. 1	[26.0 + j0.1]
DP-Nr. 2	[8.1 - j11.8]
DP-Nr. 3	[8.0 - j12.0]
DP-Nr. 4	[24.8 + j36]
DP-Nr. 5	[50.4 + j38]

Z<sub>0</sub> 50.0 Ohm

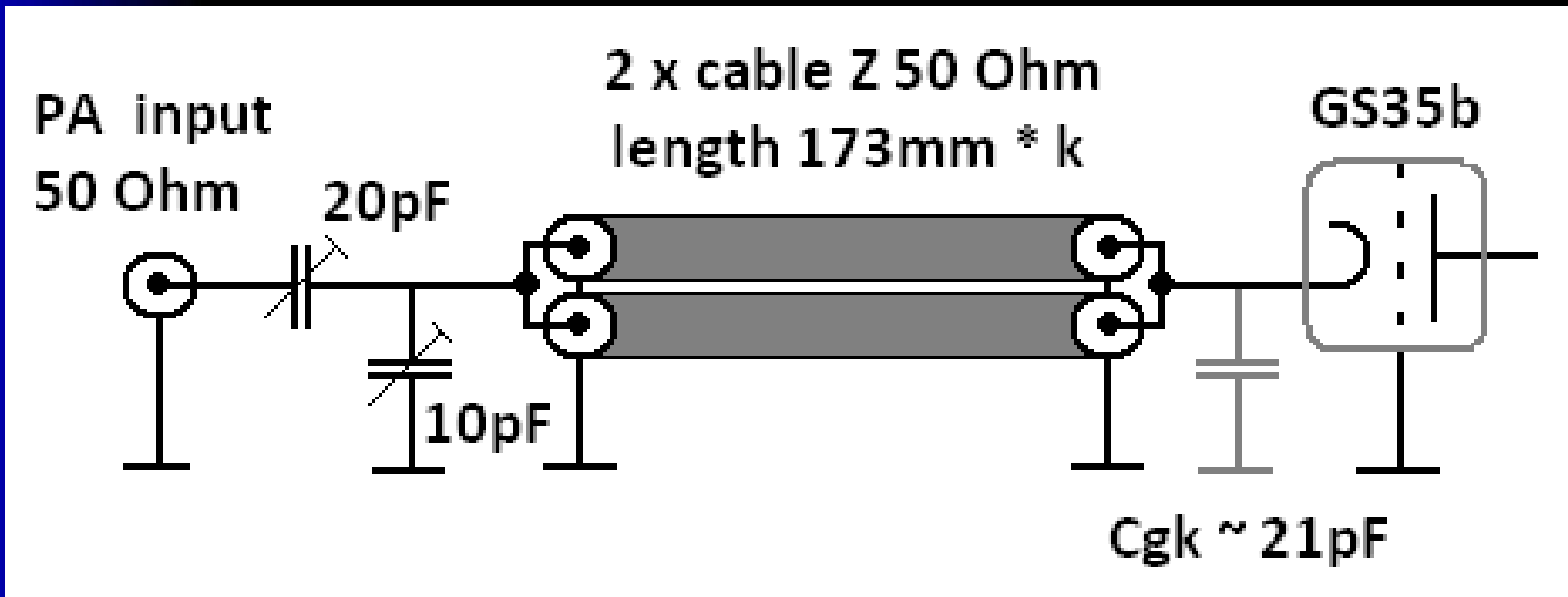
Toolbox

SERIES		
C	L	R
LINE		
SHUNT		
C	L	R
LINE		
TRANSF.		
DATAPoint		



## GS35b na 70cm

Výsledkem bude přizpůsobovací obvod, který může vypadat například takto:



## GS35b na 70cm

Tím ovšem naše hra s tímto nástrojem nekončí. Můžeme podobným způsobem navrhovat anodový obvod, dolní propust na výstupu vysílače, dělicí obvody v případě, že z jednoho zdroje budíme více PA současně a pochopitelně i další elektronické obvody. M.j. třeba i oblast stability LNA...

Odkazy:

[http://www.ok2kkw.com/xyz/smith/smith\\_splitter.htm](http://www.ok2kkw.com/xyz/smith/smith_splitter.htm)

[http://www.ok2kkw.com/00003016/dp144/coilfree\\_lpf/nocoils\\_lpf.htm](http://www.ok2kkw.com/00003016/dp144/coilfree_lpf/nocoils_lpf.htm)

<http://www.johng4bao.webspace.virginmedia.com/Files/Orebro2011.pdf>

Smithův kruhový diagram ovšem nemá použití pouze v elektronice, dají se s ním řešit i další úlohy například při konstrukci mechanických zařízení, a to jak při jejich návrhu, tak například i při zjišťování příčin havárií způsobených například únavovými lomy...

Ale to už je úplně jiná historie a já nejsem žádný vědec, ale jen obyčejný radioamatér. Zkuste si raději práci se Smithovým kruhovým diagramem i vy doma. Je to totiž zábava!

**Děkuji za pozornost!**

**Prezentaci najdete jako obvykle na webu OK2KKW.**

**[http://www.ok2kkw.com/gro\\_cz.htm](http://www.ok2kkw.com/gro_cz.htm)**

**73 de OK1VPZ**

**member of OK2A / OK2KKW Contest team.**