

SMITH CHART

w praktyce amatorskiej

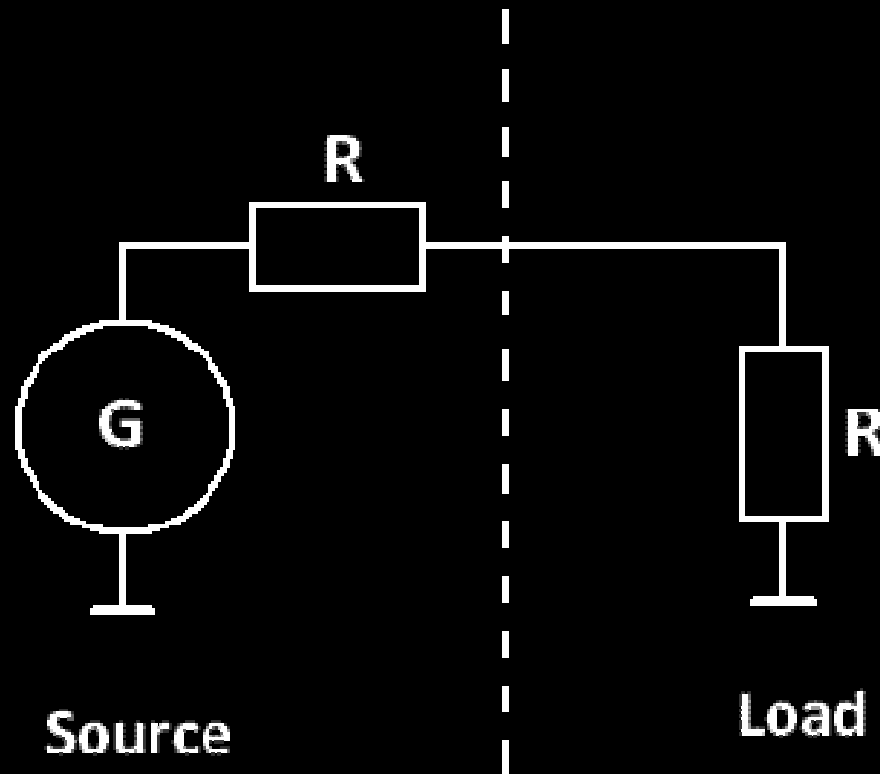
Vladimír Petržílka, OK1VPZ

www.ok2kkw.com

Tłumaczenie SP5CCC

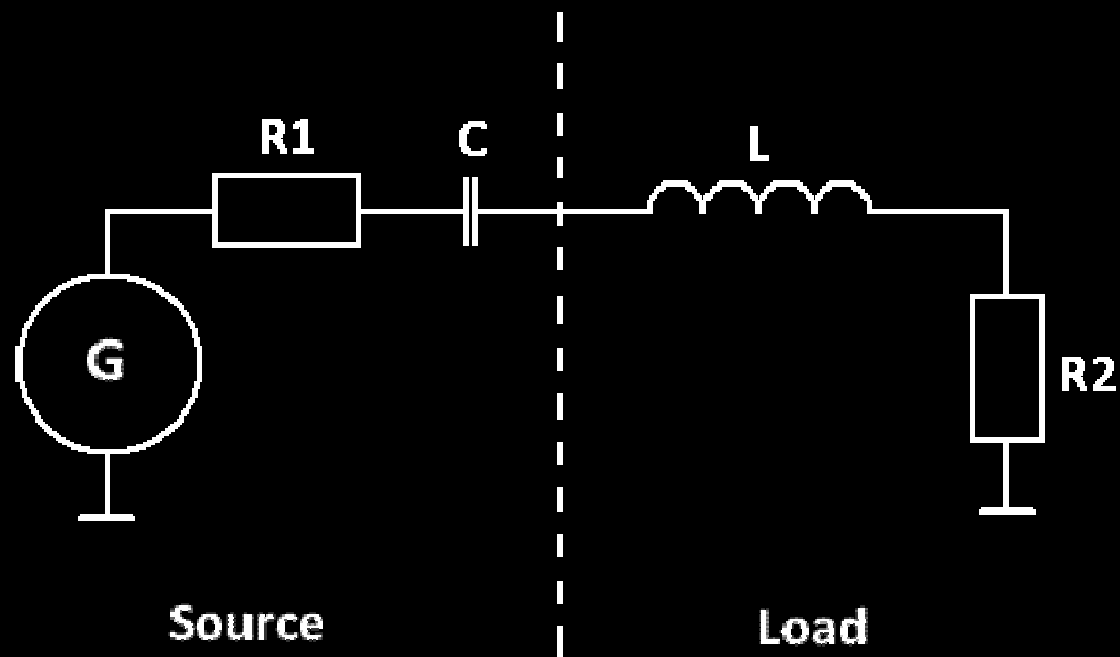
Przydatność wykresu przy dopasowaniu źródła i obciążenia dla sygnałów w.cz.

W praktyce amatorskiej często istnieje potrzeba zaprojektowania jakiegoś dopasowania. Każdy wie, że optymalne przeniesienie energii (mocy w.cz.) wystąpi tylko wtedy, gdy impedancja źródła jest równa impedancji obciążenia. Sprawdźmy to dla kilku podstawowych układów:

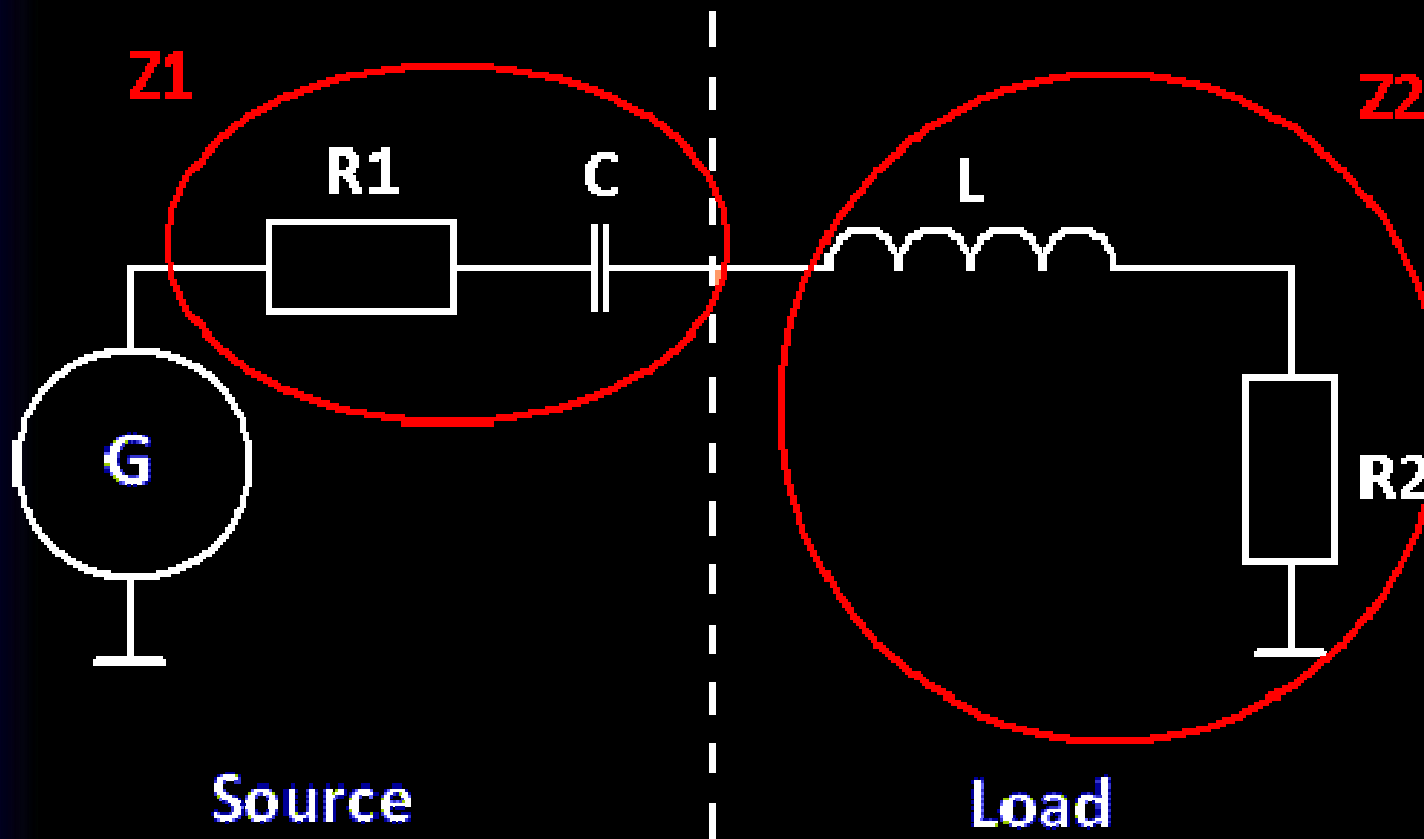


Przydatność wykresu przy dopasowaniu źródła i obciążenia dla sygnałów.cz.

Poniższy schemat przedstawia sytuację idealną: generator w.cz. ma impedancję wewnętrzną bliską zera, impedancję źródła prezentuje symulowany rezystor i kombinacja elementów LC. Po prawej stronie mamy obciążenie.



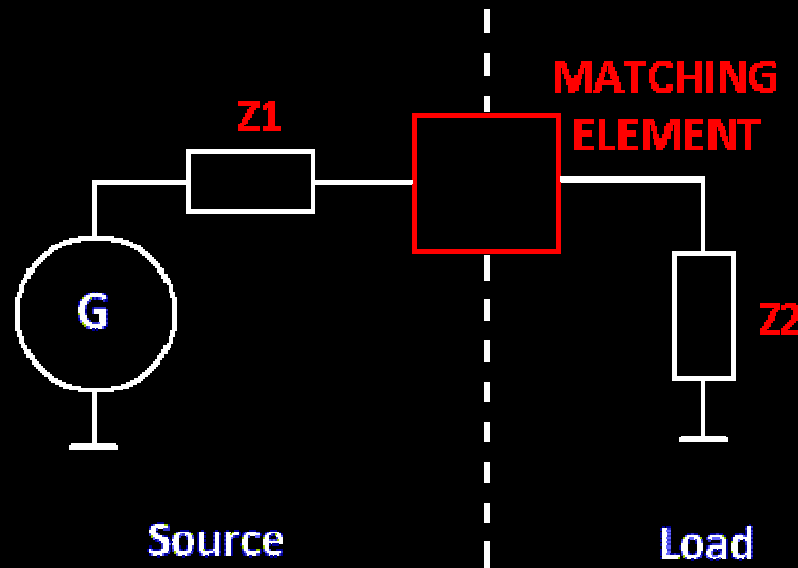
Przydatność wykresu przy dopasowaniu źródła i obciążenia dla sygnałów w.cz.



Przydatność wykresu przy dopasowaniu źródła i obciążenia dla sygnałów w.cz.

Zadaniem projektanta jest opracowanie układu dopasowania, włączonego pomiędzy źródło sygnału w.cz. (np. anoda lampy) i obciążenie (np. antena lub wejście ostatniego stopnia PA).

Zasada dopasowania obwodów oparta jest na zrównaniu rzeczywistej części impedancji (rezystancji) źródła sygnału i obciążenia. Ponadto doprowadzenie do rezonansu impedancji zespolonej obciążenia i źródła (części pojemnościowej i indukcyjnej).



Do powyższych obliczeń możemy korzystać z różnych skomplikowanych wzorów, lub wykreślić rozwiązanie w postaci graficznej. Ale zawsze najważniejsza jest wiedza , jakie są wartości impedancji jakie chcemy dopasować!

7...cja

Na zagadnienie dopasowania możemy spojrzeć z perspektywy impedancji (Z), lub admitancji (Y).

Admitancja to:

$$Y = 1 / Z$$

Na przykład: - rezystor 100 Ω ma (teoretycznie) impedancję 100 Ω (czysta rezystancja), jednak w wymiarze admitancji będzie mieć przewodność 0,01 S (Siemensa).

W praktyce radioamatorskiej powszechnie używamy pojęcia impedancji , stąd w całej mojej prezentacji będę korzystać w tego określenia.

Uwaga: w praktyce impedancja rzadko ma charakter rzeczywisty, najczęściej występuje jako impedancja zespolona (część rzeczywista i część urojona). (to stąd ta ...cja w tytule).

Na przykład rezystor 100 Ω połączony z rzędu z pojemnością 10 pF na 70cm będzie wyrażony jako impedancja zespolona:

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

7...cja

Podobnie jest w przypadku kombinacji R + L (10nH dla 70cm):

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

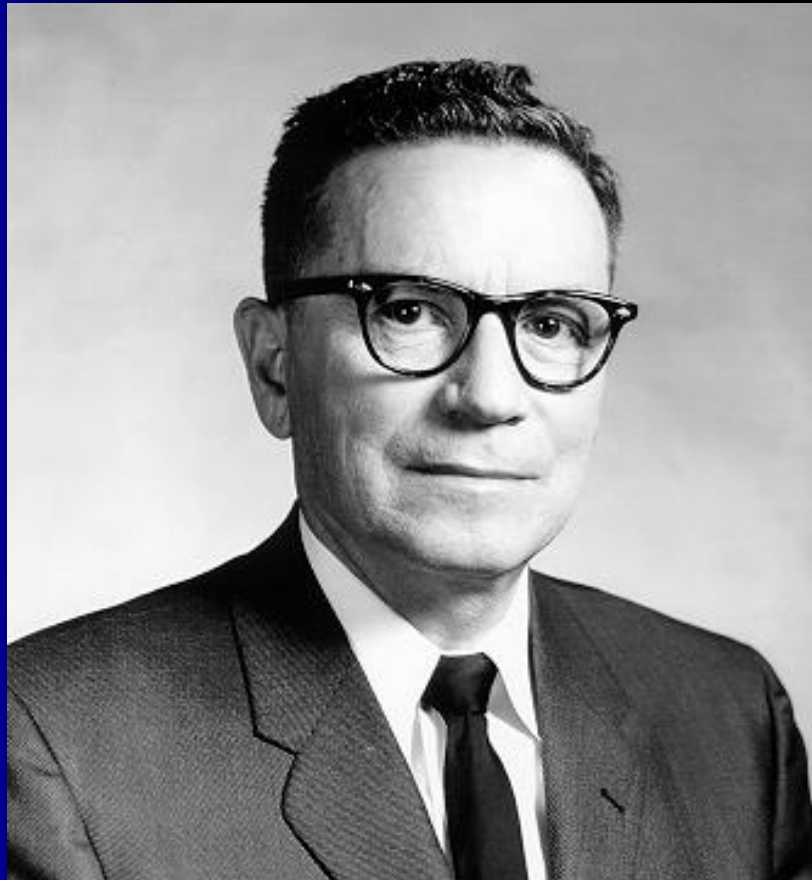
Impedancja urojona jeżeli jest ujemna ma charakter pojemnościowy, jeżeli jest dodatnia charakter indukcyjny.

Kiedy wybraliśmy model impedancji, będziemy używać w naszej prezentacji następujące terminy: **impedancja, rezystancja, reaktancja, pojemność i indukcyjność**.

W przypadku wyboru modelu przewodnictwa, będziemy używać terminów: **admitancja i susceptancja**. Mamy więc razem siedem „...cja”, które są wymienione w tytule, hi.

Kiedy mamy zdefiniowane te nazwy spójrzmy, jak ich używać. Pośród kilku sposobów obliczania dopasowania, najbardziej przydatne jest użycie genialnego narzędzia pana Smith-a, znanego jako wykres Smith-a.

Wykres Smith-a

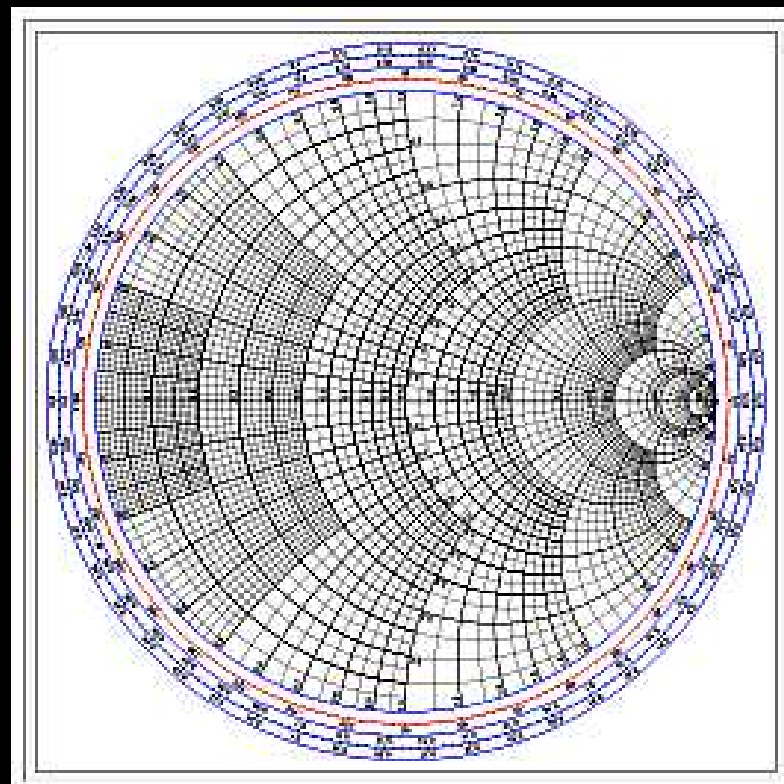


Phillip H. Smith, W1ANB, (SK 1987), naukowiec z laboratorium firmy Bell (później RCA) na początku roku 1937 zastosował pewien genialny trick.

Smith zmodyfikował płaski i liniowy wykres impedancji (rezystancja na osi X a reaktancja na osi Y) w bardzo ciekawy sposób przez:

Wykres Smith-a

Biorąc płaski wykres z osiami XY przedstawiający rzeczywiste i zespolone wartości impedancji w skali liniowej, zastosował dla obu osi skalę logarytmiczną (liniowa skala często nie mieściła się na nawet dużej kartce papieru), a następnie odciął część wykresu z ujemnymi wartościami rezystancji, „zagiął” końce osi z wartościami zespolonymi w kierunku osi dodatnich i nieskończonych wartości rezystancji tworząc koło, w którym nieskończone wartości wszystkich trzech parametrów (indukcyjności, rezystancji i pojemności) spotykają się w jednym punkcie oznaczającym "nieskończoność". Powstał w ten sposób wykres impedancji w formie okręgu, znany jako "wykres Smith-a".



Wykres Smith-a

W wyniku takich graficzno-matematycznych zmian, stary, płaski wykres uzyskał wiele nowych i niezwykłych cech:

- Dowolny punkt impedancji (zarówno rzeczywistej jak i zespolonej) może być wyznaczony bezpośrednio a środek okręgu prezentuje znormalizowaną impedancję obciążenia (najczęściej u nas jest to 50Ω).
- przesuwanie takiego punktu po okręgu odpowiada transformacji przy użyciu linii. Miarą przesunięcia jest długość fali. Pełny obwód okręgu odpowiada $\lambda/2$. Może to być łatwo wykorzystane w projektach VHF dla obliczenia impedancji transformacji.
- przesuwanie po okręgu od takiego punktu, tak że okrąg dotyka zera (zwarcie) lub nieskończoności (rozwarcie) odpowiada użyciu (równolegle lub szeregowo) kondensatora lub cewki.

Poprzez wykorzystanie takich funkcji wykresu, możemy prosto znaleźć sposób na dopasowanie różnych impedancji.

Można to zrobić nawet na papierze przy użyciu cyrkla lub (bardziej komfortowo) wykorzystując dedykowane oprogramowanie.

Wykres Smith-a

Odpowiedni program można znaleźć na stronie Fritza Dellspergera:

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

Testowe (z nieco ograniczonymi funkcjami) oprogramowanie można pobrać bezpłatnie. Dostępna jest też starsza wersja DOS. Dostęp tutaj:

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

A teraz pokażę jak wykorzystac program w naszej amatorskiej praktyce. Jest to banalnie łatwe.

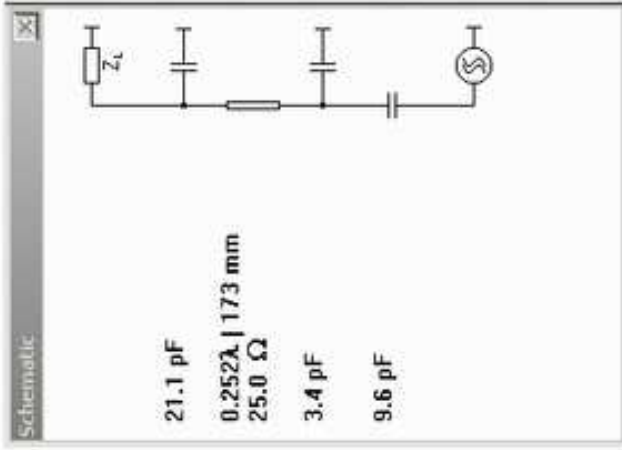
Dla próby policzmy dopasowanie dla wzmacniacza na 70 cm z dobrze znaną lampą GS35b:

GS35b na 70cm

Impedancja wejściowa tej lampy jest zdefiniowana przez transkonduktancję - wzgl. co stanowi rzeczywistą część impedancji wejściowej. Karta katalogowa lampy podaje (dla klasy A) wartość transkonduktancji dla układu wspólnej siatki i jest to ok. 30 mA/V. Transkonduktancja jest de facto admitancją, to znaczy wzajemne wartości impedancji - tak część rzeczywista impedancji wejściowej GS35b będzie ok. 22 do 33 Ω . Załóżmy, że jest to 26 Ω .

Musimy jednak wiedzieć poza tym jaka jest zespolona część impedancji, która jest tu prezentowana głównie jako pojemność pomiędzy katodą i siatką. Karta katalogowa podaje, że jest to ok. 21 pF, co możemy ponownie przeliczyć do postaci impedancji zespolonej (będzie ujemna - pojemnościowa) lub wejście obliczyć jako równoległe połączenie pojemności wejściowej lampy z wirtualnym kondensatorem 21pF z katody do masy.

Wejście lampy będziemy dopasowywać do 50 Ω wejścia PA. Jak to zaprojektować za pomocą wykresu Smith-a?



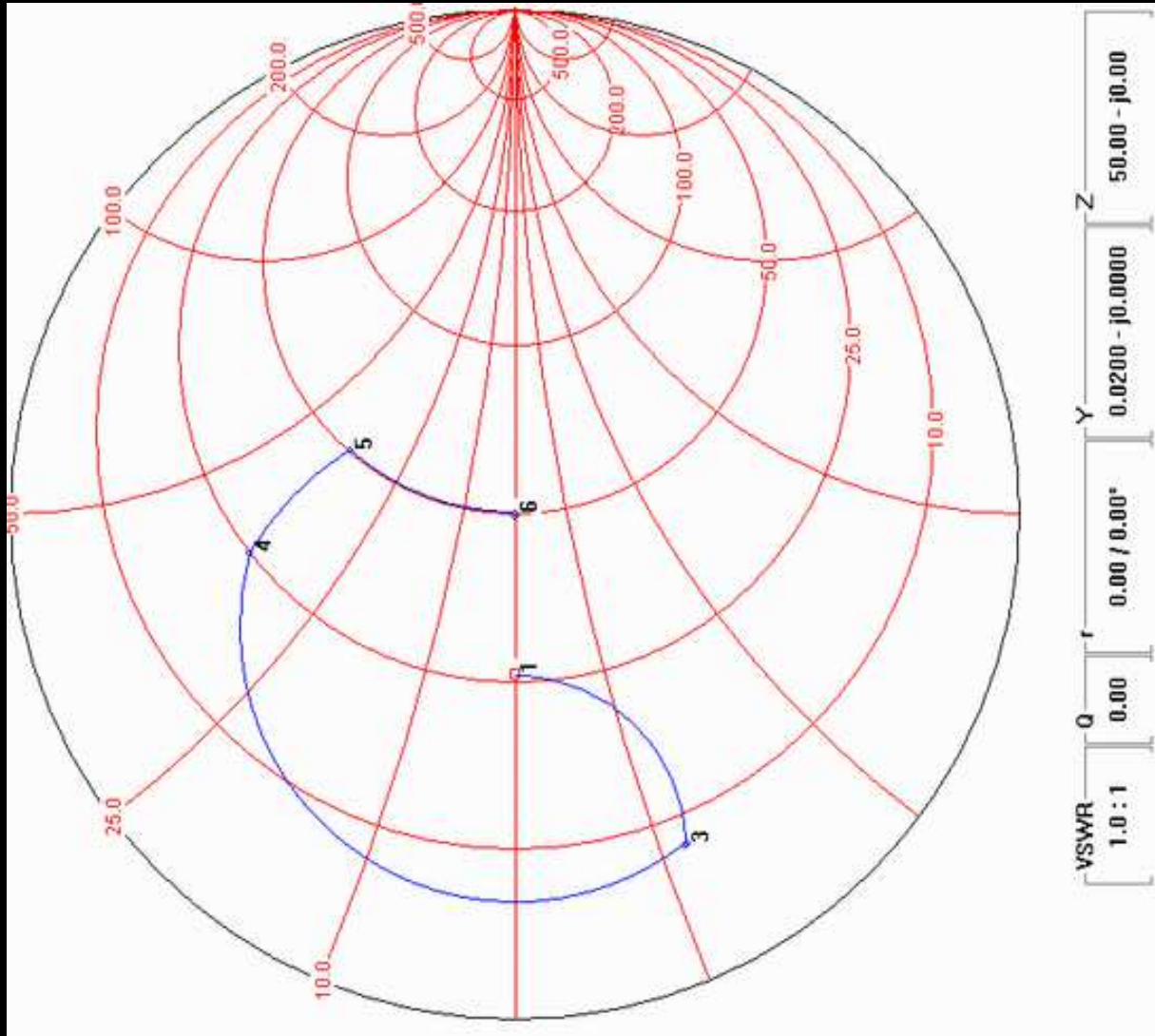
Data Points

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}

Z₀ 50.0 Ohm

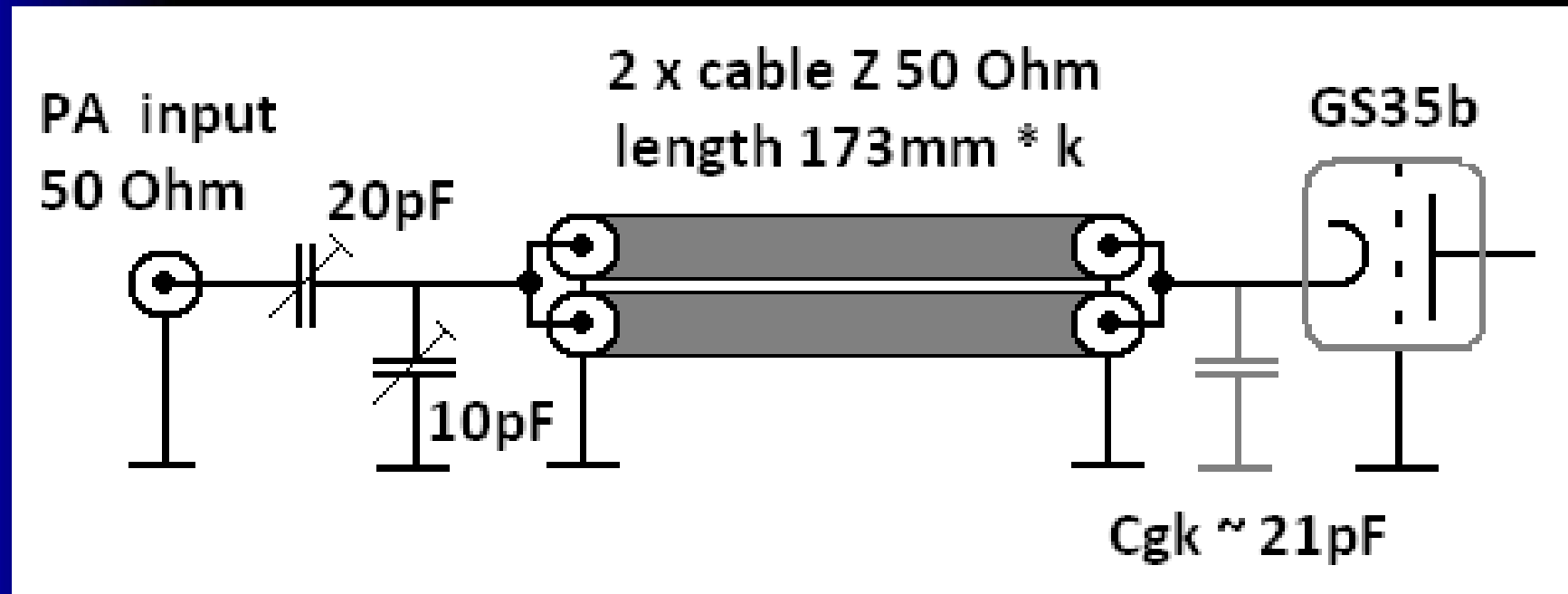
Toolbox

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



GS35b na 70cm

Do dopasowania może być zastosowany poniższy układ:



GS35b na 70cm - i nie tylko:

Oczywiście, wykorzystanie wykresu Smith-a do projektowania PA to nie wszystko. Możemy też wykorzystać wykres do projektowania obwodów anodowych, filtrów LPF dla nadajników, splitterów do jednoczesnego sterowania kilku nadajników (np. w zawodach). Można też analizować stabilność LNA ...

Dla potwierdzenia powyższego poniżej trzy linki spośród wielu innych:

http://www.ok2kkw.com/xyz/smith/smith_splitter.htm

http://www.ok2kkw.com/00003016/dp144/coilfree_lpf/nocoils_lpf.htm

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

Ale wykres Smith-a można stosować nie tylko w elektronice.

Może być również pomocny w projektach mechanicznych, a nawet do badań zmęczeniowych materiałów.

Ale to już zupełnie inna historia, a ja nie jestem matematykiem, a tylko zwykłym projektantem układów elektronicznych.

Tak czy inaczej - spróbuj sam użyć wykresu Smith-a. To jest super zabawa!

Dziękuję za uwagę!

Prezentacja będzie jak zawsze zamieszczona na stronie OK2KKW w kąciku HW.

http://www.ok2kkw.com/qro_cz.htm

73 de OK1VPZ

członek OK2A / OK2KKW Contest team.