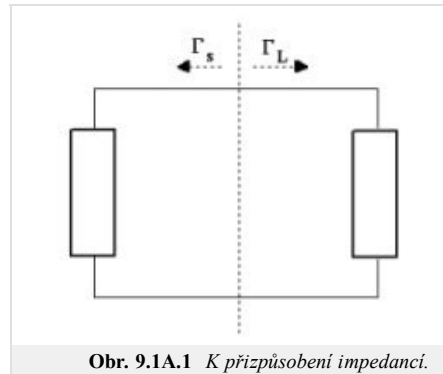


9.1 Přizpůsobení impedancí

Základní teorie

Impedančním přizpůsobením rozumíme stav, při kterém v obvodu nedochází k odrazu vln a naopak dochází k maximálnímu přenosu energie ze zdroje do zátěže. Impedančním přizpůsobením rozumíme situaci, při níž činitelé odrazu zátěže a zdroje (generátoru) jsou komplexně sdruženy. Za této situace nedochází ke vzniku stojatého vlnění. Formulací "činitelé odrazu zátěže a zdroje" máme vlastně na mysli toto: rozdělíme-li přizpůsobený obvod myšlenou čarou či řezem na dvě části, pak nezávisle na poloze řezu platí, že koeficienty odrazu bran takto vzniklých jsou čísla navzájem komplexně sdružená. Tato situace platí při rozdělení obvodu řezem v kterémkoli místě a je znázorněna na následujícím obrázku:



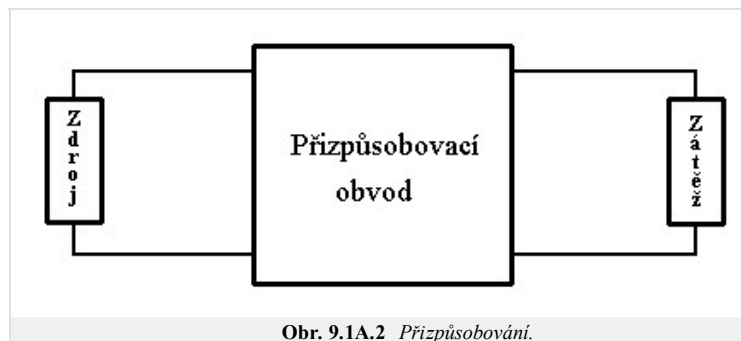
Obvod impedančně přizpůsobený je zároveň v rezonanci. Podmínkou rezonance je totiž to, že imaginární části koeficientů odrazu zdroje a zátěže jsou stejně velké, ale opačného znaménka. Proti tomu podmínka impedančního přizpůsobení

$$\Gamma_L = \Gamma_S^* \quad (9.1A.1)$$

v sobě navíc zahrnuje i podmínku rovnosti reálných částí. Jelikož je impedančně přizpůsobený obvod v rezonanci, je možno dokonalého impedančního přizpůsobení dosáhnout jen na jedné nebo několika frekvencích, s výjimkou případu obvodů čistě resistivních.

Zatímco u rezonančních obvodů se zpravidla snažíme dosáhnout co největší jakosti a tím i selektivity, bývá u obvodů přizpůsobovacích zpravidla snahou dosažení co nejširšího pásma frekvencí, v němž je obvod dostatečně přizpůsoben. To bývá tím obtížnější, čím větší je poměr přizpůsobovaných impedancí a čím větší je jejich jalová složka.

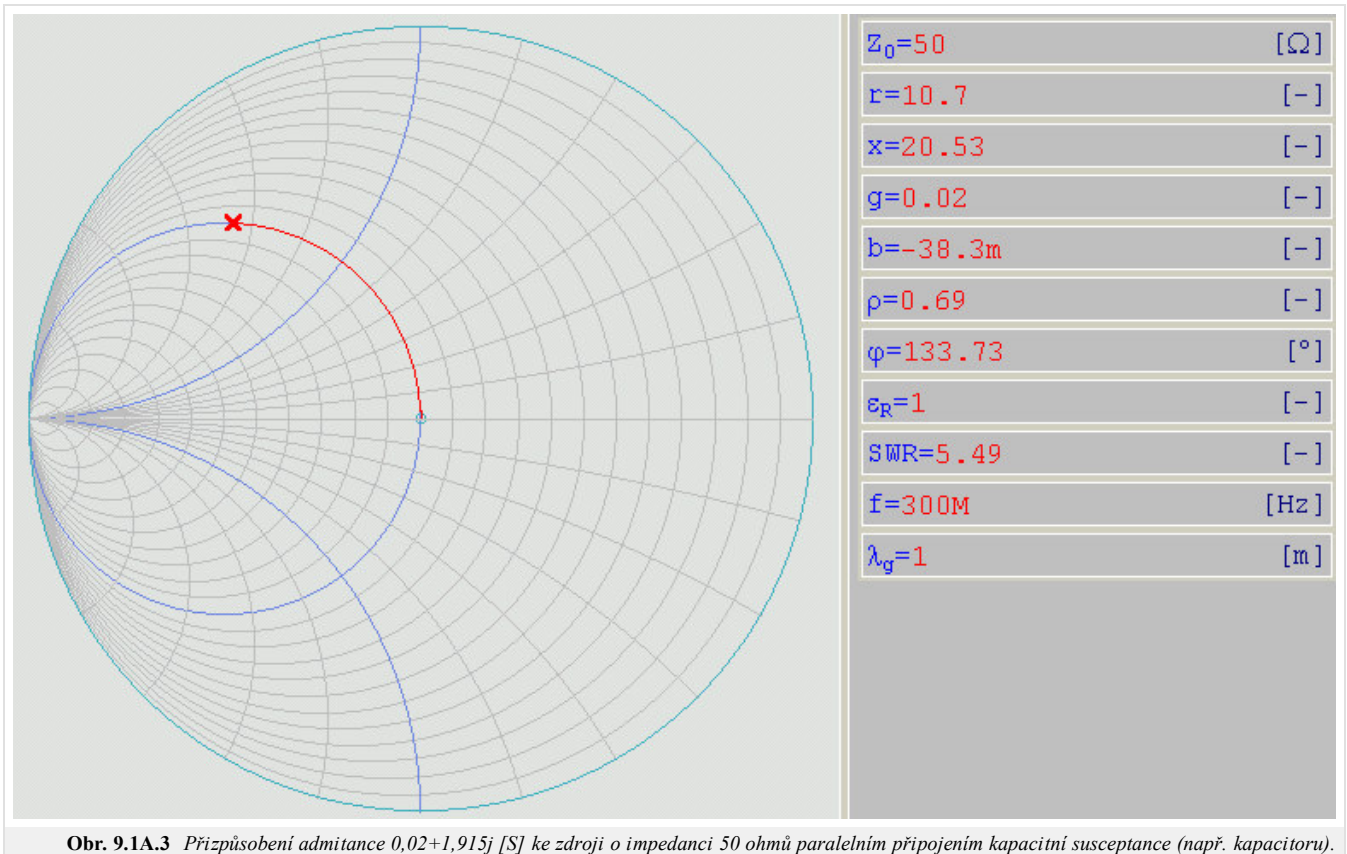
Přizpůsobení realizujeme pomocí přizpůsobovacích obvodů. Takových obvodů je celá řada, zde se budeme moci seznámit s několika základními z nich.



V následujícím výkladu budeme postupovat tak, že nejprve vyložíme základní myšlenky, na nichž je konstrukce jednoduchých přizpůsobovacích obvodů založena. Pak si několik takových obvodů ukážeme. Vzhledem k tomu, že jednotlivé části obvodu jsou zpravidla spojeny prostřednictvím vedení, nebudeme se zabývat problémem přizpůsobení dvou obecných (komplexních) impedancí, ale zjednodušíme jej na přizpůsobení komplexní impedance zátěže ke zdroji s reálnou impedancí (v praxi zpravidla 50, 75 nebo 300 Ω).

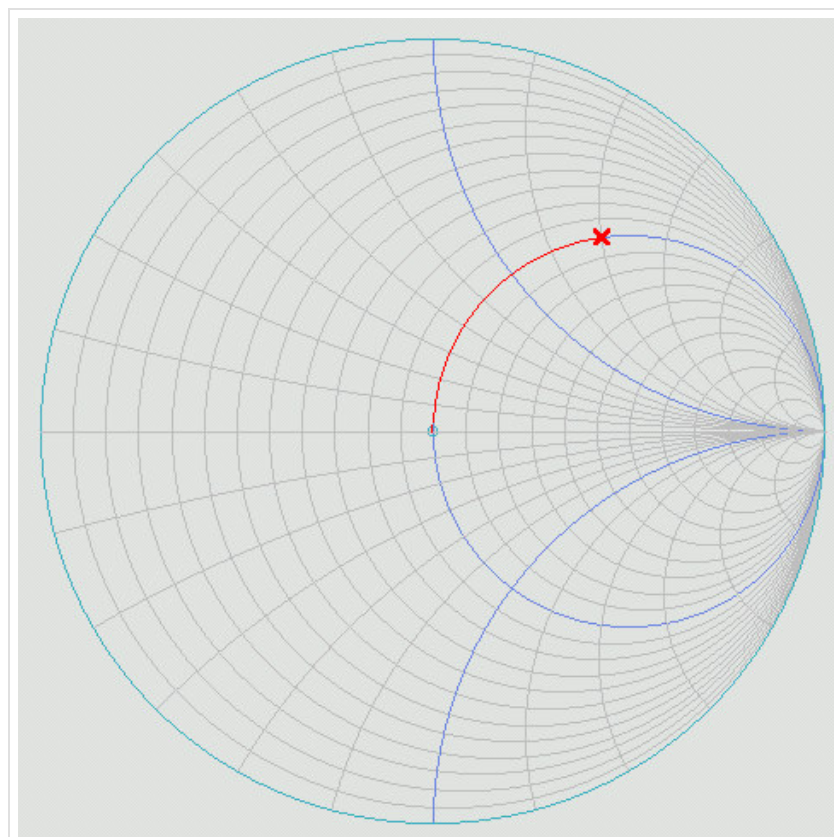
Impedance, které lze přizpůsobit připojením jediné reaktance

Při paralelním spojení dvou jednobranů se jejich výsledná admitance rovná součtu admitancí dílčích jednobranů. Proto lze paralelním připojením susceptance o velikosti shodné se susceptancí přizpůsobovaného obvodu, ale s opačným znaménkem, přizpůsobit takové admitance, které mají reálnou část admitance shodnou s admitancí zdroje. Ve Smithově diagramu tomu odpovídají všechny admitance, které se zobrazí na jednotkovou kružnici normované reálné části admitance, viz následující obrázek. Přitom zátěže kapacitního charakteru přizpůsobíme paralelním připojením induktoru, zátěže induktivního charakteru přizpůsobíme paralelním připojením kapacitoru.



Obr. 9.1A.3 Přizpůsobení admittance $0,02+1,915j$ [S] ke zdroji o impedanci 50 ohmů paralelním připojením kapacitní susceptance (např. kapacitoru).

Při seriovém spojení dvou jednobranů se jejich výsledná impedance rovná součtu impedancí dílčích jednobranů. Proto lze seriovým připojením reaktance o velikosti shodné se reaktancí přizpůsobovaného obvodu, ale s opačným znaménkem, přizpůsobit takové impedance, které mají reálnou část impedance shodnou s impedancí zdroje. Ve Smithově diagramu tomu odpovídají všechny impedance, které se zobrazí na jednotkovou kružnici normované reálné části impedance, viz následující obrázek. Přitom zátěže kapacitního charakteru přizpůsobíme paralelním připojením induktoru, zátěže induktivního charakteru přizpůsobíme paralelním připojením kapacitoru.



Obr. 9.1A.4 Přizpůsobení impedance, jejíž reálná složka je shodná s reálnou složkou impedance generátoru, seriovým připojením kapacitní reaktance (např. kapacitoru).

Využitím těchto dvou způsobů můžeme přizpůsobit celou řadu impedancí.

Přizpůsobení ostatních impedancí

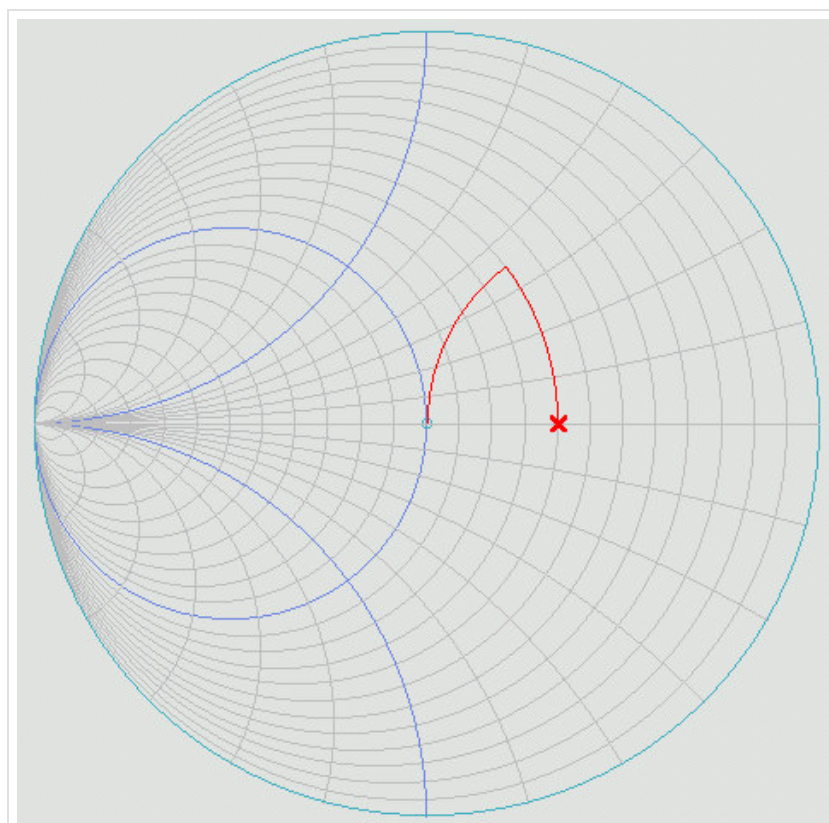
I když je počet různých hodnot impedance, které již dokážeme přizpůsobit, nekonečný, stále zbývá ještě mnohem více takových impedancí, které dosud přizpůsobit nedokážeme. Pokud nalezneme nějaký způsob, kterým lze libovolnou impedanci zátěže převést na některou impedanci, které již přizpůsobovat dokážeme, dokážeme ji také přizpůsobit. To lze dokázat několika obraty.

Transformace paralelním připojením susceptance.

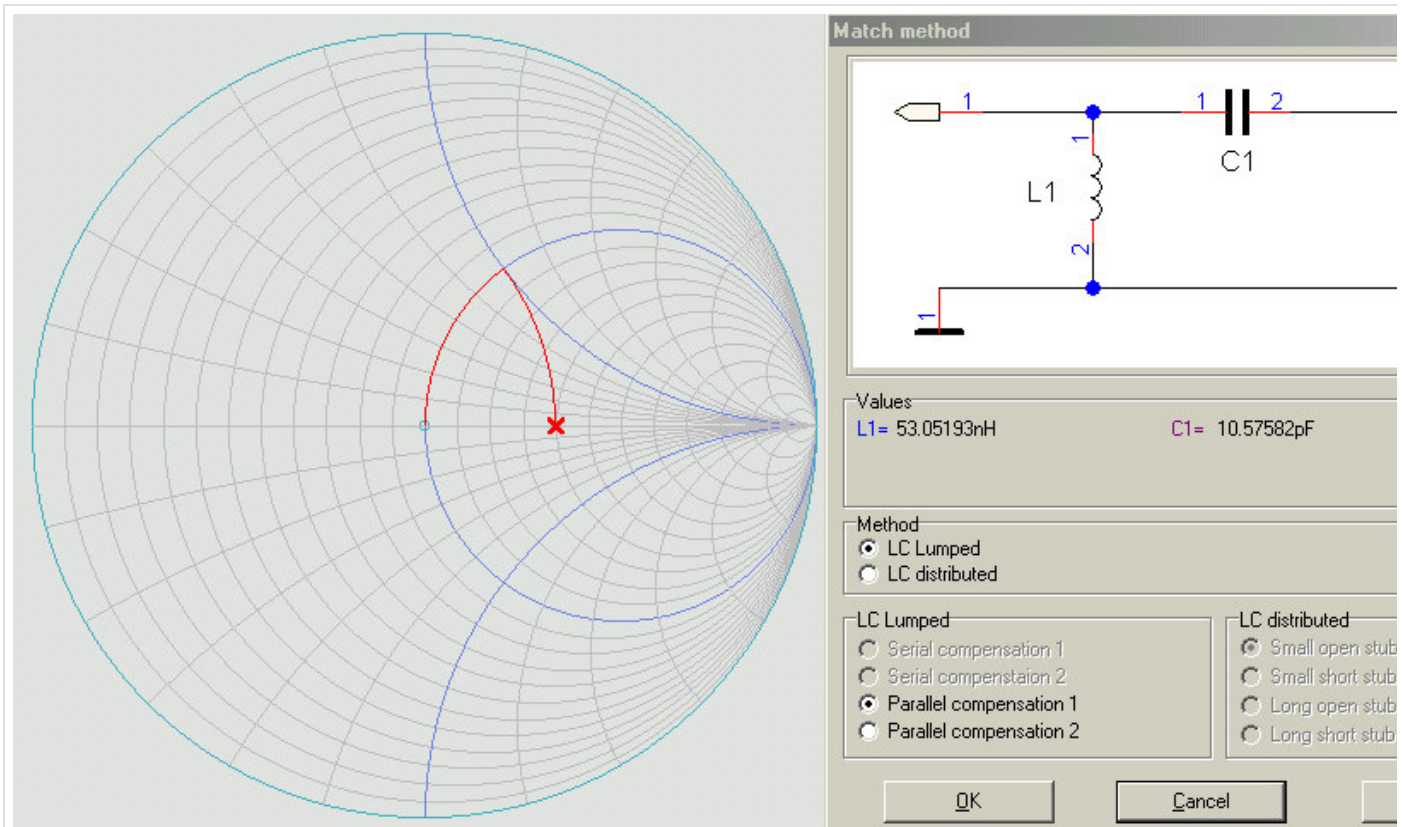
Předvedme si nyní, jak lze potřebnou transformaci provést pomocí soustředěných reaktancí. Mějme například přizpůsobit impedanci $Z_L = 100 \Omega$ ke zdroji o impedanci $Z_g = 50 \Omega$. Můžeme to provést tak, že nejprve připojíme paralelně vhodnou induktivní susceptanci tak, že výsledná kombinace bude mít reálnou složku impedance rovnou impedanci generátoru, totiž 50Ω .

K impedanci $Z_L = 100 \Omega$ jsme paralelně připojili induktivní susceptanci. Vzhledem k tomu, že jde o susceptanci, nemění se při paralelním připojení reálná část výsledné admitance, což můžeme ve Smithově diagramu znázornit tak, že se výsledná impedance posune po kružnici konstantní reálné části admitance (pravý oblouk červené barvy).

Je třeba připojit susceptanci právě takové velikosti, aby tento posun sahal právě na jednotkovou kružnici normované reálné části impedance (v obrázku společný vrchol obou červených oblouků).



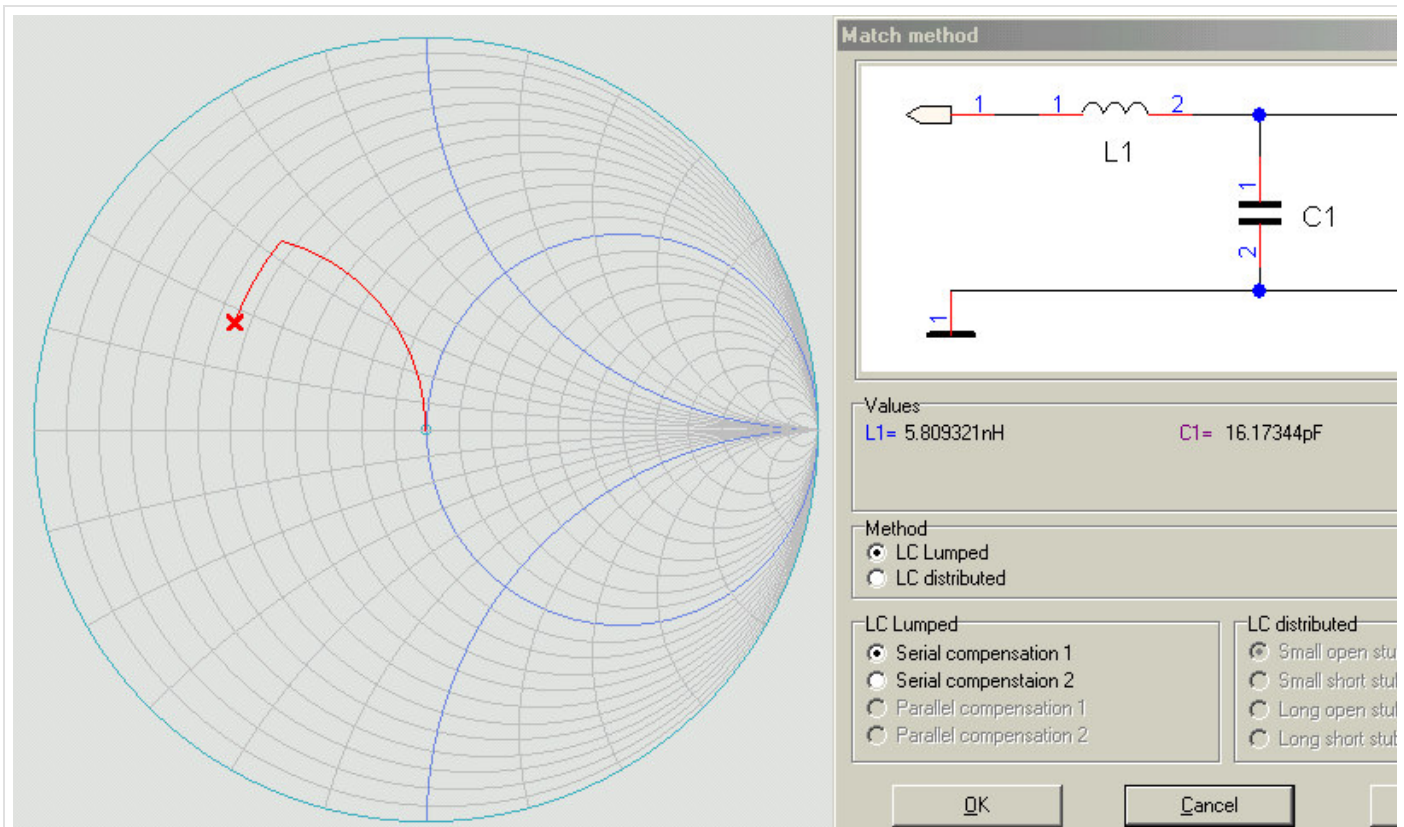
Obr. 9.1A.5 Přizpůsobení LC obvodem.



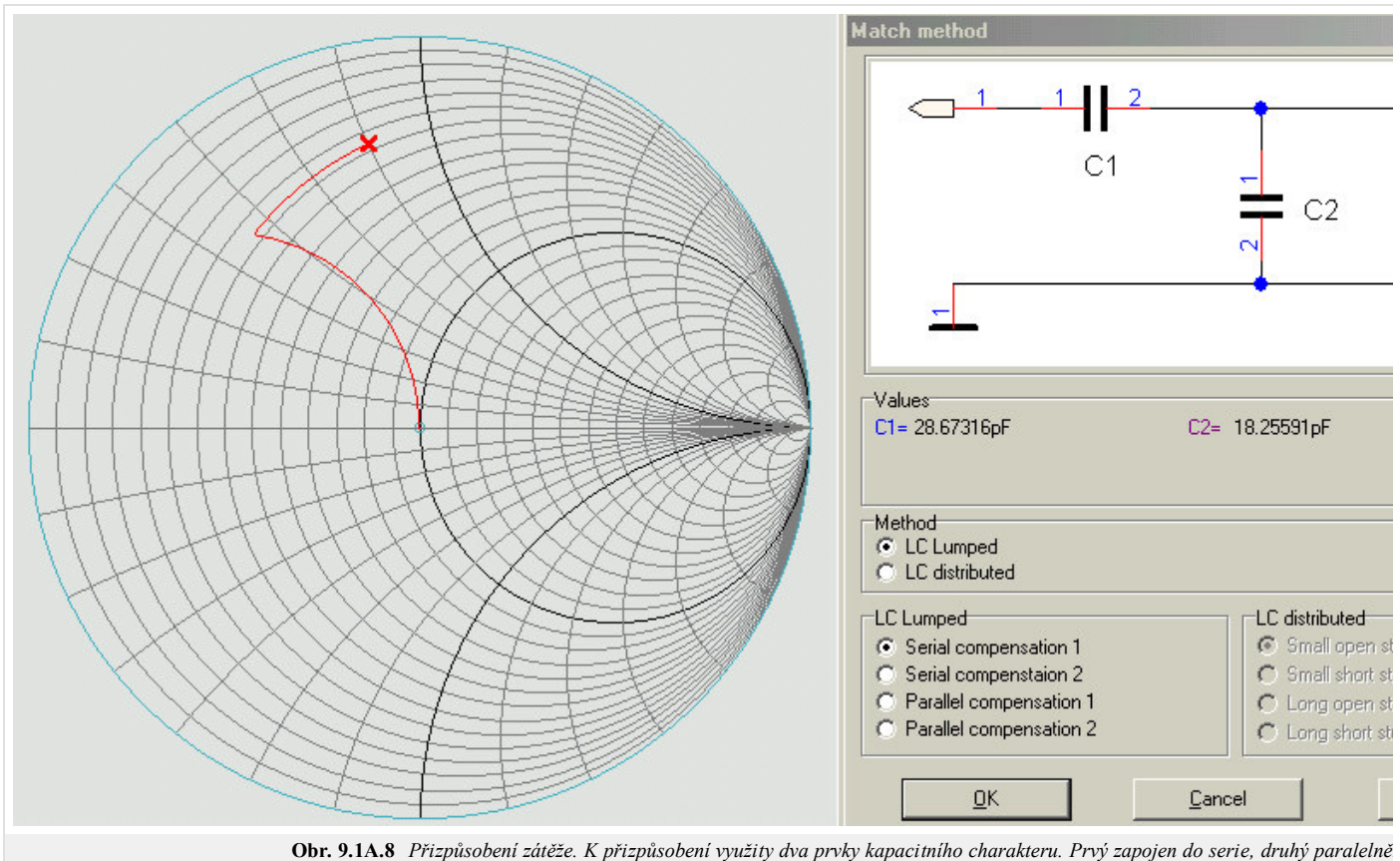
Obr. 9.1A.6 Ve druhém kroku připojíme k paralelní kombinaci L1 a zátěže (zátěž není na obrázku zobrazena ve schematu, je připojena vlevo k bráně 1) do série abychom vykompenzovali imaginární složku impedance této kombinace.

Transformace seriovým připojením reaktance

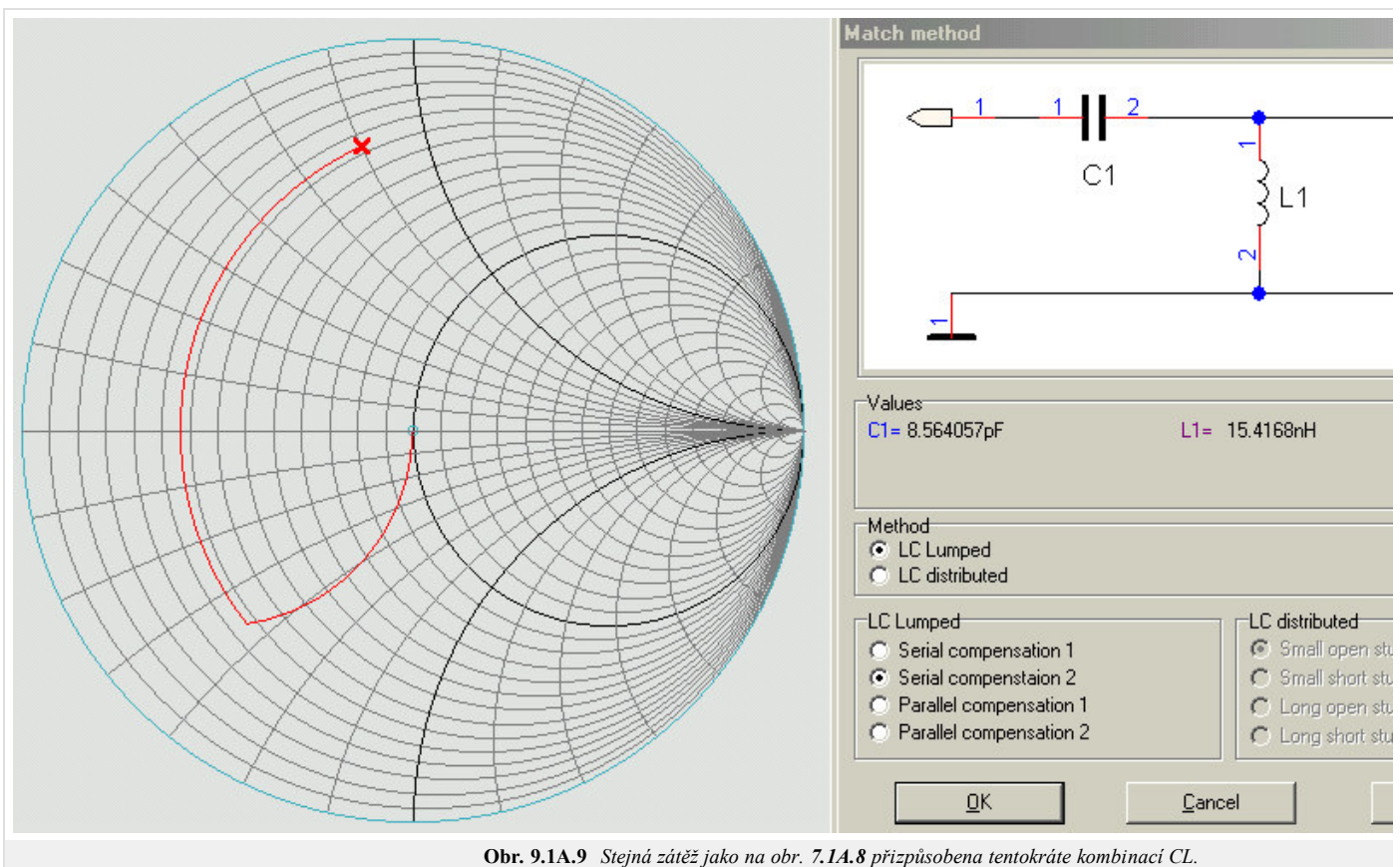
Obdobně můžeme seriovým připojením reaktance transformovat admitanci zátěže tak, že její reálná část se bude shodovat s (reálnou) admitancí generátoru. Takovou admitanci pak můžeme přizpůsobit již známým způsobem. Předvedme si tento postup opět ve Smithově diagramu:



Obr. 9.1A.7 Přizpůsobení impedance, prvý prvek obvodu (induktivní reaktance) připojen do série s přizpůsobovanou zátěží. Hodnota této reaktance je taková, hodnotu zátěže na jednotkovou kružnici reálné části normované vodivosti. Ve druhém kroku připojíme paralelně kapacitní susceptanci a tím dosáhneme přizpůsobení.



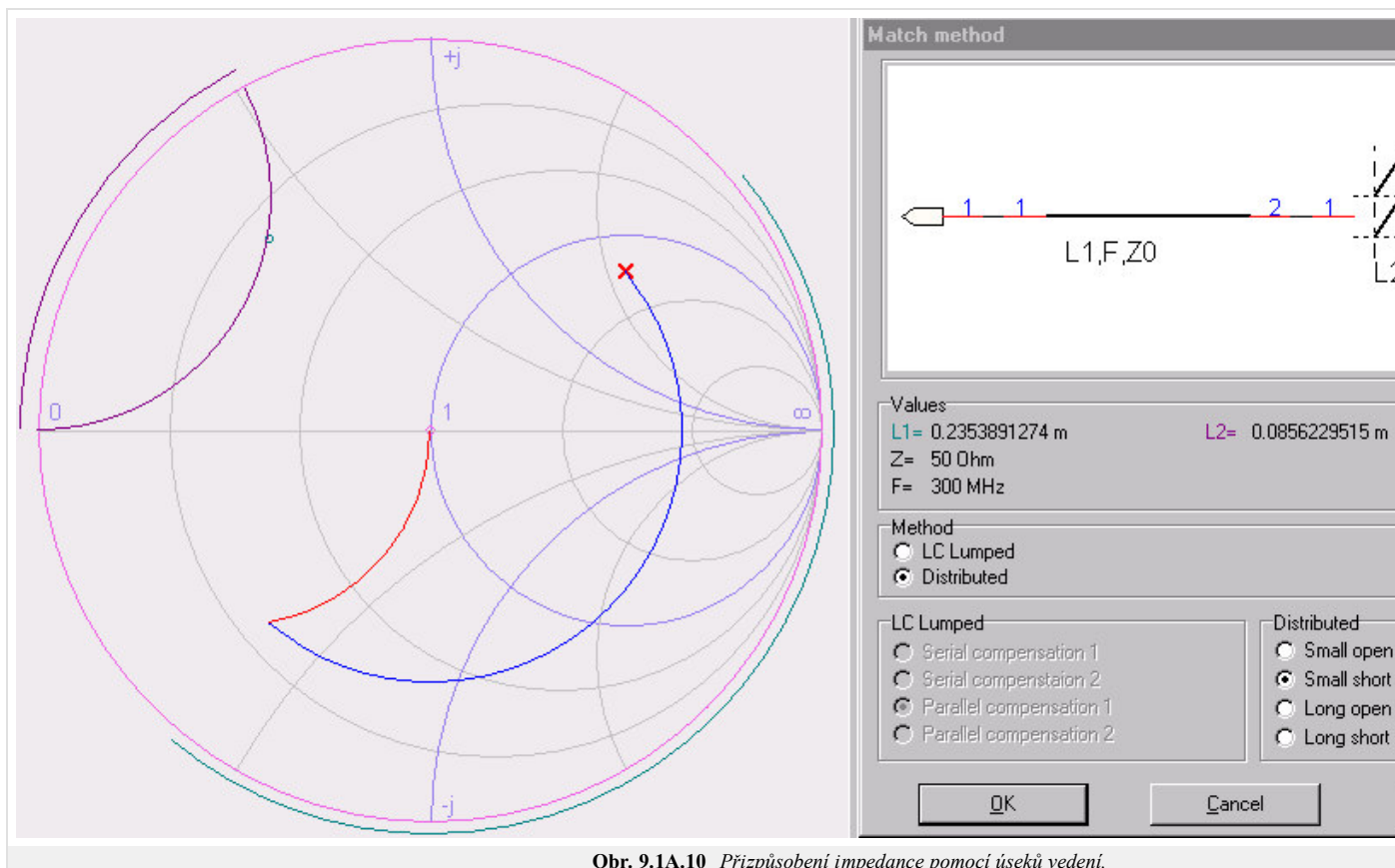
Obr. 9.1A.8 Přizpůsobení zátěže. K přizpůsobení využity dva prvky kapacitního charakteru. Prvý zapojen do serie, druhý paralelně



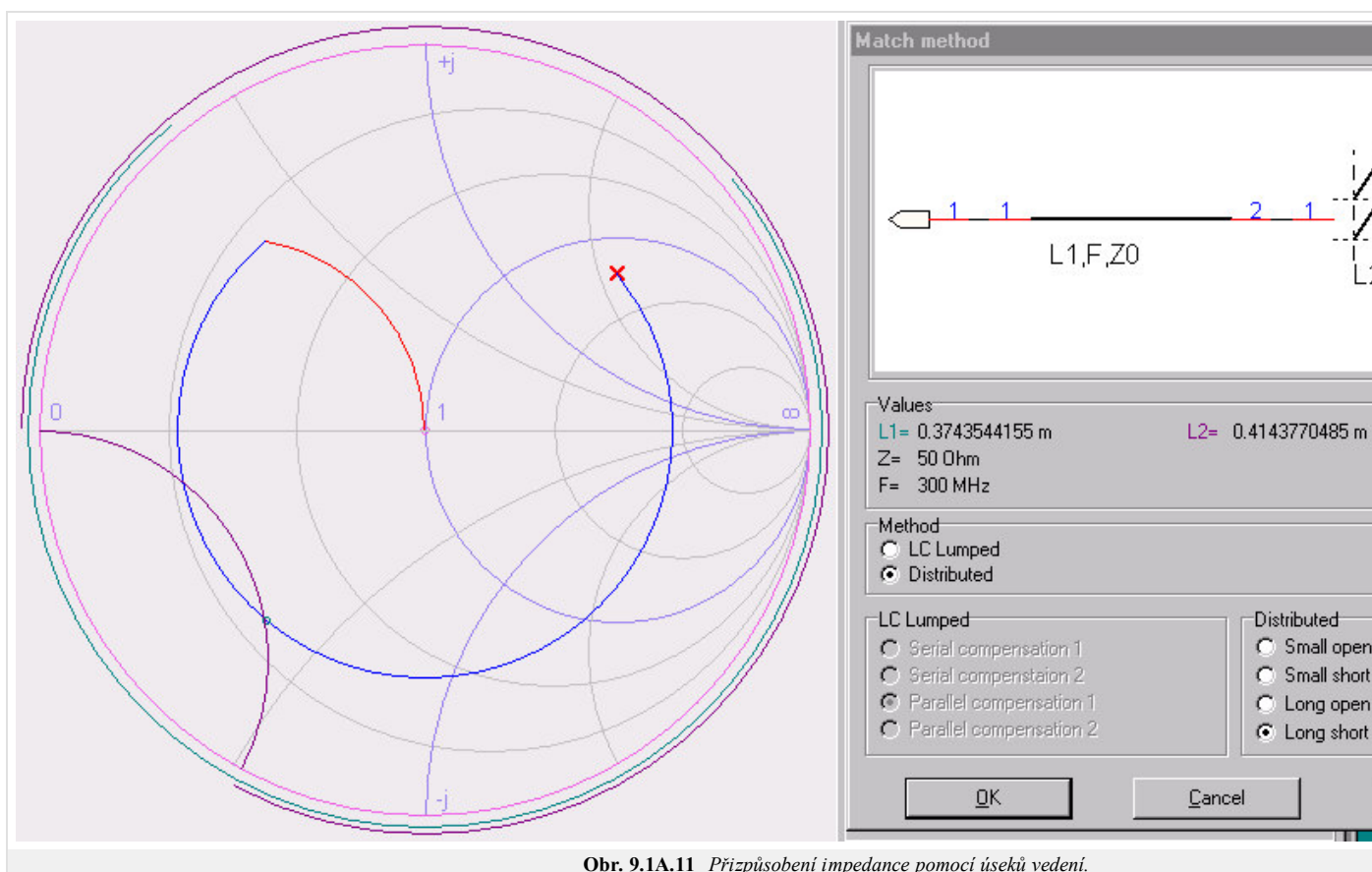
Obr. 9.1A.9 Stejná zátěž jako na obr. 7.1A.8 přizpůsobena tentokrát kombinací CL.

Transformace úsekem vedení

Další metodou, která umožňuje "posunout" přizpůsobovanou impedanci na příslušnou jednotkovou kružnici, je transformace přes úsek vedení připojený kaskádně k zátěži. Taková impedance probíhá po kružnici se středem shodným se středem diagramu. Příklad přizpůsobení impedance dvěma způsoby naleznete na obr. 7.1A.10 a 7.1A.11



Obr. 9.1A.10 Přizpůsobení impedance pomocí úseků vedení.



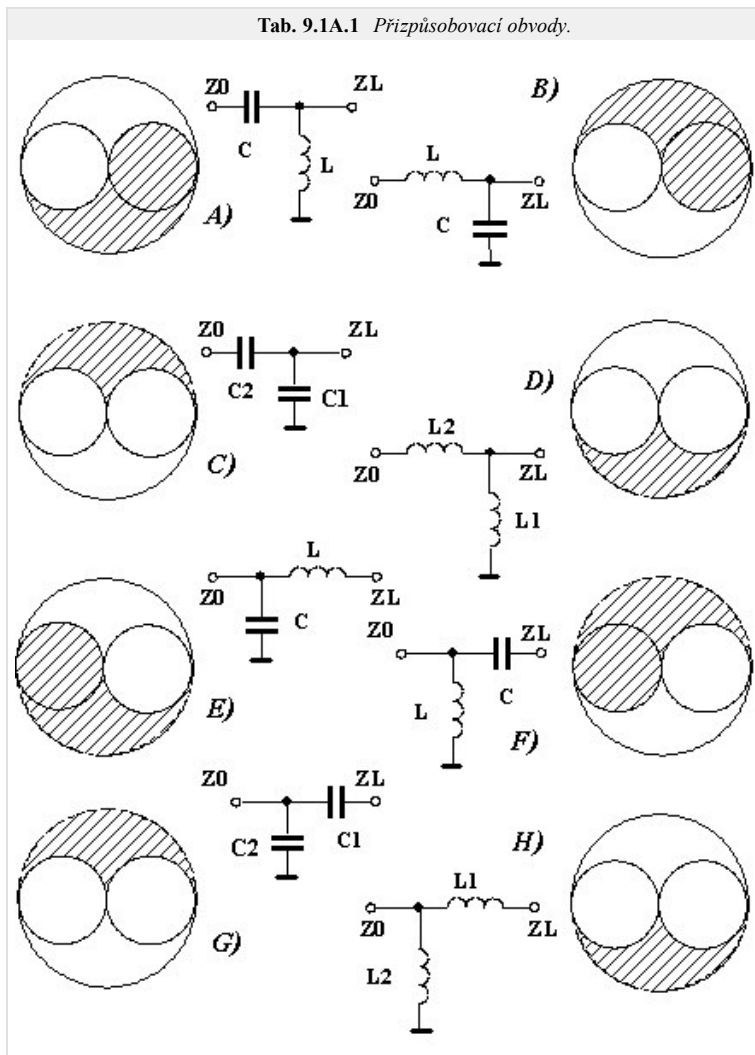
Obr. 9.1A.11 Přizpůsobení impedance pomocí úseků vedení.

Přizpůsobovací obvody se soustředěnými parametry

Libovolnou zátěž lze (na jedné frekvenci) impedančně přizpůsobit pomocí dvou součástek se soustředěnými parametry (reaktanci). Jednoduché půlčlánky vybíráme dle následující tabulky, v níž je vždy vyšrafováním ve Smithově diagramu označena oblast impedancí, pro kterou je to které zapojení vhodné. Z tabulky je zřejmé, že normované impedance, jejichž reálná část je menší nebo rovna 1, a normované admitance, jejichž reálná část je menší nebo rovna 1, lze přizpůsobit dvěma způsoby.

Ostatní impedance pak lze přizpůsobit čtyřmi způsoby. Při návrhu přizpůsobovacího obvodu vybíráme z možných řešení to, které

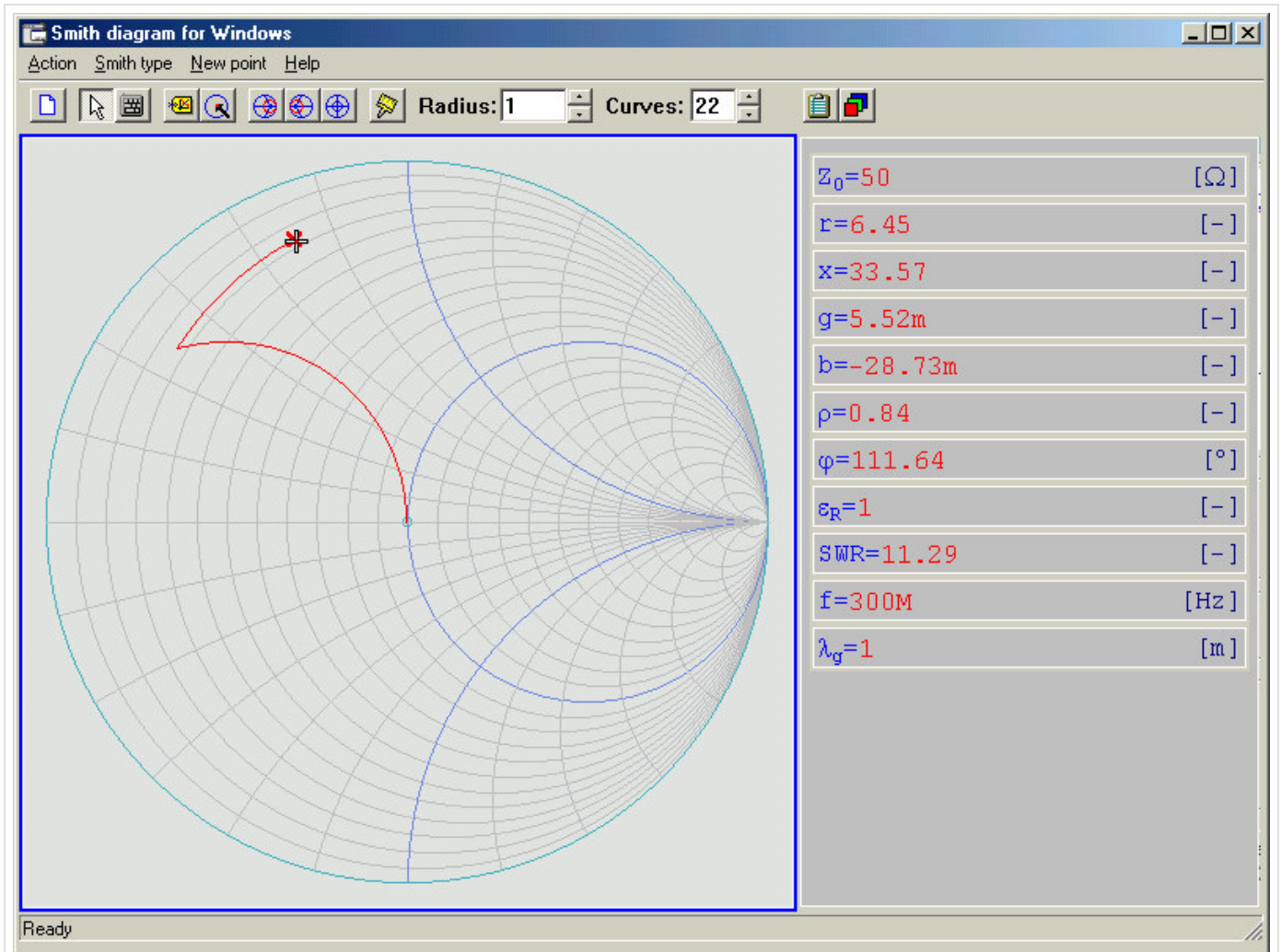
- lze realizovat (induktčnosti pod 1 nH a kapacity pod 1 pF jsou realizovatelné jen se značnými obtížemi a zpravidla mají velmi malý činitel jakosti)
- má vhodnou šířku pásma
- přizpůsobovaná impedance neleží na hranici oblasti, pro kterou lze daný obvod použít, ani v její blízkosti. Malá změna hodnoty přizpůsobované impedance by pak totiž mohla vést k nutnosti změnit zapojení.
- splňuje další funkce - tak např. obvody A, C, F a H poskytují stejnosměrné oddělení zátěže; obvod D stejnosměrně spojuje signálový vodič se zemí z obou stran; obvody A a F mají charakter horní propusti; obvody B a E mají charakter dolní propusti



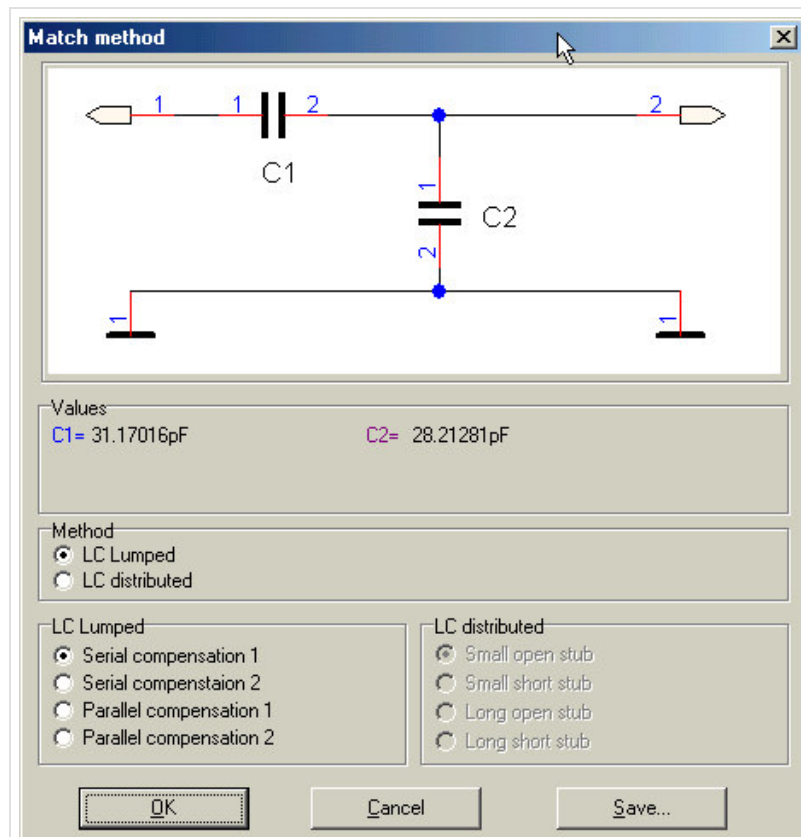
V tabulce 7.1A.1 je vždy Z_0 impedancí napájecího vedení, zatímco Z_L je impedance přizpůsobované zátěže.

Pro návrh obvodů uvedených v této tabulce lze využít [interaktivní Smithův diagram](#).

Příklad přizpůsobení lze spatřit na následujících dvou obrázcích, další příklady si čtenář může vyzkoušet snadno sám.



Obr. 9.1A.12 Přizpůsobení impedance pomocí soustředěných reaktancí. Reaktance ve Smithově diagramu vyznačena křížkem.



Obr. 9.1A.13 *Navržený přízpusobovací obvod.*

Pokud bychom obvod navrhovali bez využití CAD, použili bychom nejspíše "papírovou" verzi diagramu, kterou lze ve formátu Adobe Acrobat (PDF) [získat zde](#).