

ON MAIN - - az oldal címe - <http://ra6foo.qrz.ru/smith.html> - - A MAIN

A cikket 2016. május 16-án tették közzé az ukrán VHF portálon

Cikk szerzője Alexander Doshich UYOLL

A szerző hozzászólásának kedves engedélyével itt.

## Smith diagram alkalmazása az eszközök hangolásához

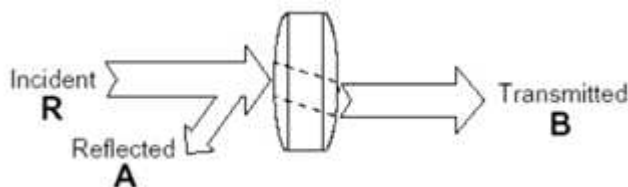
Az elektromos alkatrészek és áramkörök elektromos paraméterei a bemeneti jeleket nagyságrendben és fázisban változtatják meg. A bemenetbe belépő szinuszos jelek ugyanolyan frekvencián is megjelennek a készülék kimenetén. Új jelek nem jönnek létre. Mind az aktív, mind a passzív nemlineáris eszközök a bemeneti jelet frekvencián át tudják váltani, vagy további frekvenciakomponenseket vezethetnek be, például harmonikus vagy nemkívánatos kombinációs komponenseket. Az erőteljes bemeneti jelek megváltoztathatják a lineáris eszközök működésének módját, ami tömörítéshez vagy telítettséghez és nemlineáris hatáshoz vezethet.

Annak érdekében, hogy a rádiófrekvenciás teljesítményt sikeresen továbbítsuk vagy fogadassuk, az adóeszközöket, mint például az átviteli utakat, antennákat vagy erősítőket, meg kell különböztetni a jelforrásnak megfelelő jó impedanciával. Az ellenállási eltérések akkor jelentkeznek, amikor a bemeneti és kimeneti impedanciák valós és képzeletbeli részei nem illeszkednek tökéletesen két csatlakoztatott eszköz között.

A vektor dimenziók fontossága.

A rádiófrekvenciás áramkörök elemzése azt jelenti, hogy az átviteli útvonalon mérjük az eseményt (továbbított), tükrözik (tükrözik) és továbbítják (incidens) hullámok. Az optika analógiájaként azt mondhatjuk, hogy a tiszta lencse alá eső fény egy incidens hullám, és a visszavert fény a visszavert hullám. A világ nagyobb része, amely bizonyos módon törődik, áthalad a lencsén, és ez az átvitt energia. Ha a lencse fényes felülettel rendelkezik, akkor a fény nagy része visszaverődik, és kevés energiát továbbítanak. Bár az optika hullámhossza eltér a rádiófrekvenciás jelektől, az elvek ugyanazok. A hálózati elemzők lehetővé teszik, hogy pontosan mérjük az eseményt, a visszavert és a továbbított energiát, vagyis az energiát, amelyet az átviteli útvonal bemenetére táplálnak, az energiát, amely a jelforráson tükröződik (az impedancia-illeszkedés miatt), és az energiát, amelyet sikeresen továbbítanak a végberendezésbe. az antennán.

A vektorhálózat-elemzés terminológiájában az incidenshullámot általában R-nek nevezik. A visszaverődő hullámot az A-porton mérjük, és a továbbított hullámot a B. porton mérjük. A hullámok amplitúdójával és fázisával kapcsolatos információk alapján mérhető a vizsgált eszköz reflexió és átviteli jellemzői.



A relatív mérések lehetővé teszik a reflexió és átviteli tanulmányokat, amelyek függetlenek az abszolút teljesítménytől vagy a forrás teljesítményének a frekvenciához viszonyított változásától. A relatív reflexió gyakran az  $A / R$ , és a relatív átvitel, mint  $B / R$ .

A relatív reflexió leggyakoribb kifejezés a komplex reflexiók együttható, vagy  $\Gamma$  a gamma. A visszaverődési tényező egyszerűen a visszavert jel feszültség szintjének és a beeső jel feszültség szintjének aránya.

$$\Gamma = \frac{Z_{\text{нст}} - Z_{\text{нарр}}}{Z_{\text{нст}} + Z_{\text{нарр}}}$$

A  $\Gamma$  amplitúdója  $\rho$  ( $\rho$ ). Például az átviteli úton, amely ideálisan illeszkedik az ellenállás ZO terheléséhez, az összes energiát átviszik, így  $\rho = 0$ . Amikor a  $Z_{\text{нарр}}$  terhelési ellenállás nem egyenlő a ZO átviteli útvonal ellenállásával, akkor az energia egy része visszaverődik, és  $\rho$  nagyobb, mint nulla. Ha a terhelési ellenállás "rövidzárlat" vagy "üresjárat", az összes energia visszaverődik, és  $\rho$  értéke 1. Mint látható, a  $\rho$  lehetséges értéktartománya 0 ... 1.

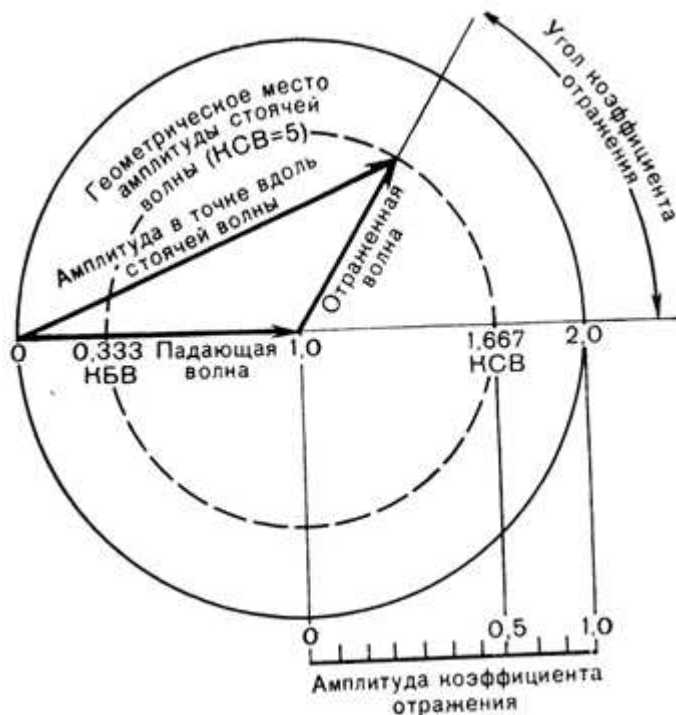
A visszatérési veszteség (visszatérési veszteség vagy RL) a reflexiók együttható logaritmikus formában (decibel) való kifejezése. A visszatérési veszteség az a decibelszám, amellyel a visszavert jel szintje alacsonyabb, mint a P vagy a V feszültség jelzése (minél magasabb a visszatérési veszteség értéke, annál jobb az egyezés). A visszatérési veszteség mindig pozitív szám, és végtelenségtől függően egy tökéletesen illeszkedő átviteli útvonalon 0 dB-re változik, amikor a „rövidzárlat” vagy „tétlen”.

$$\begin{aligned} \text{RL}_{\text{dB}} &= -10 \log_{10}(\text{P}_{\text{REFL}} / \text{P}_{\text{FWD}}) \\ &= -20 \log_{10}(\text{V}_{\text{REFL}} / \text{V}_{\text{FWD}}) = -20 \log_{10}(\rho) \end{aligned}$$

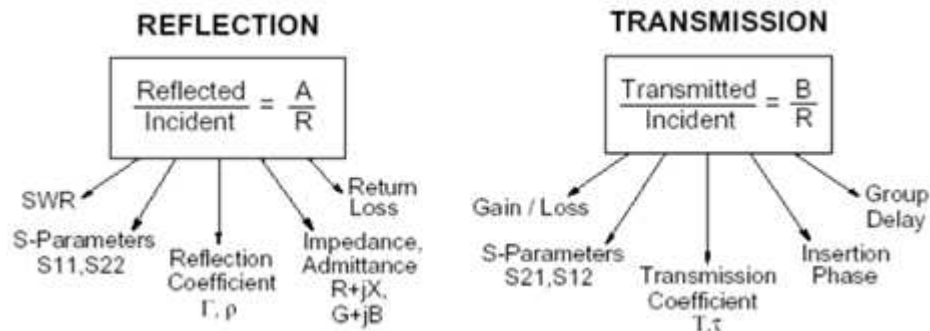
A reflexió becslésének egy másik általános fogalma az **állóhullám feszültség koefficiens** vagy a VSWR, valamint a reciprok, az IPM menethullám-együtthatója. Ez a jel burkolatának maximumának és minimális értékének aránya. A  $\rho$ -n keresztül  $(1 + \rho) / (1 - \rho)$ . VSWR értékek tartománya: 1-től (nincs visszaverődés) a végtelenségig (teljes visszaverődés). Az átviteli koefficiens meghatározása az átvitt feszültség és a csökkenő feszültség aránya. Ha az átviteli feszültség abszolút értéke nagyobb, mint a beeső feszültség abszolút értéke, akkor a vizsgált eszköz nyeresége van. Ha az átvitt feszültség abszolút értéke kisebb, mint a beeső feszültség abszolút értéke, akkor a vizsgált eszközben csillapítási vagy behelyezési veszteség van.

No reflection ( $Z_L = Z_0$ )		Full reflection ( $Z_L = \text{open, short}$ )
0	$\rho$	1
$\infty$ dB	RL	0 dB
1	VSWR	$\infty$

Az átviteli és reflexiók paraméterek vektor formában (fázis és amplitúdó), skaláris formában (csak amplitúdó) és csak fázisként ábrázolhatók. Például a visszatérési veszteség skaláris reflexiók dimenzió, míg az ellenállás vektor-reflexiók dimenzió.



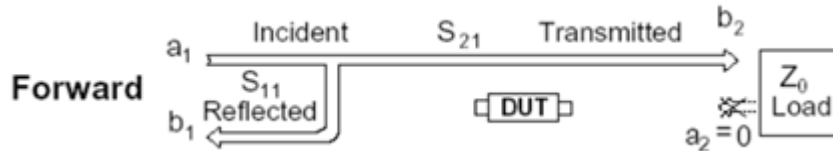
Az ismeretlen lineáris kétportos eszköz teljes vizsgálatához különböző körülmények között kell méréseket végezni, és számos paramétert kell kiszámítani. Ezeket a paramétereket használhatjuk a készülék (áramkör) elektromos viselkedésének teljes leírására, még akkor is, ha a forrás és a terhelés különbözik a mérésektől.



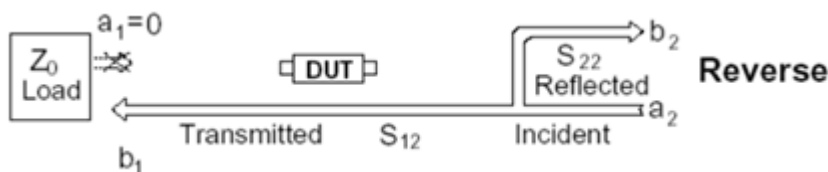
Mivel nehéz a feszültség és az áram abszolút értékeit nagy frekvenciákon mérni, ezek helyett az S-paramétereket általában mérik. Ezek a paraméterek a már ismerős fogalmakhoz kapcsolódnak, például nyereség, veszteség és reflexiók együttható. Ezek viszonylag könnyen mérhetőek, továbbá nem igényelnek további, nem kívánt terheléseket, amelyek a vizsgált eszközhöz kapcsolódnak. A rendszer több eszközének mért S-paraméterei összehajthatók annak érdekében, hogy megértsük, hogyan működik az egész rendszer. Az S-paraméterek száma megegyezik a portok számának négyzetével. Például egy két portos eszköz négy S-paraméterrel rendelkezik.

Az S-paraméterek számozása az alábbi elv szerint történik: az első szám azt a portot jelöli, amelyre az energia érkezik, a második pedig azt a portot jelöli, amelyhez először szállították. Tehát az S21 a 2-es portra érkező teljesítmény mérésének eredménye az 1. portra alkalmazott RF-jel következtében. Amikor a számok egyeznek (például S11), a reflexió jellemzőinek méréséről beszélünk. A közvetlen S-paramétereket úgy határozzuk meg, hogy mérjük az incidens, a visszavert és a továbbított jelek amplitúdójának és fázisának modulusát, amikor a

forrás kimenetén egy olyan terhelés van, amely pontosan illeszkedik a vizsgált rendszer ellenállásához. Két portáramkör (quadripole) esetében az  $S_{11}$  a vizsgált eszköz komplex visszaverési együtthatója vagy impedanciája (Device Under Test) - a bemeneti reflexiós együttható, feltéve, hogy a kimeneti terhelés nem tükrözi az energiát, és az  $S_{21}$  a komplex előrejelzési tényező ( az "incidenshullám" átviteli együtthatója a bemenettől a kimenetig).



Ha jelet adunk a vizsgált eszköz kimenetének, és a megegyező terhelést a bemenetre helyezük, akkor két másik (hátrameneti) S-paramétert is mérhetünk. Az  $S_{22}$  paraméter megegyezik a vizsgált eszköz kimeneti komplex reflexiós együtthatójával vagy kimeneti impedanciájával, és az  $S_{12}$  az összetett fordított átviteli együttható (átviteli együttható a kimenet és a bemenet között).



## Smith Chart

A Smith diagram a reflexiós együttható standard képletén alapul (a forrástól és a terhelési ellenállástól függően): Az ábrán látható körök ennek a képletnek az értékéből származnak, és a körök középpontjai a grafikonon vagy azon kívül találhatóak, és mindegyikük a grafikonon vagy azon kívül helyezkedik el. állandó aktív ellenállás vagy állandó reaktancia.

Egy egyszerű konverzió után ezt a képletet ábrázolhatjuk

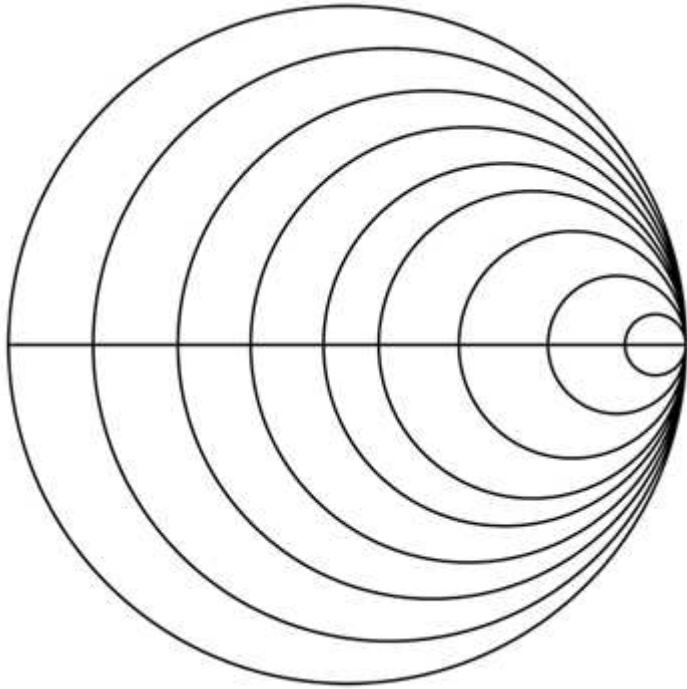
$$\Gamma = \frac{Z_0 - 1}{Z_0 + 1}, \text{ ahol } Z_0 = \frac{Z_{\text{нст}}}{Z_{\text{нарп}}}$$

Emlékszem, hogy a  $Z_0$  egy komplex impedancia érték, és  $R + jX$ -ként ábrázolható. Mivel a reflexiós együttható (amely általában poláris formában van ábrázolva) négyszögletes koordinátákban is megjeleníthető (ehhez az  $A + jB$ -t fogjuk használni), a fenti képlet a következőképpen konvertálható:

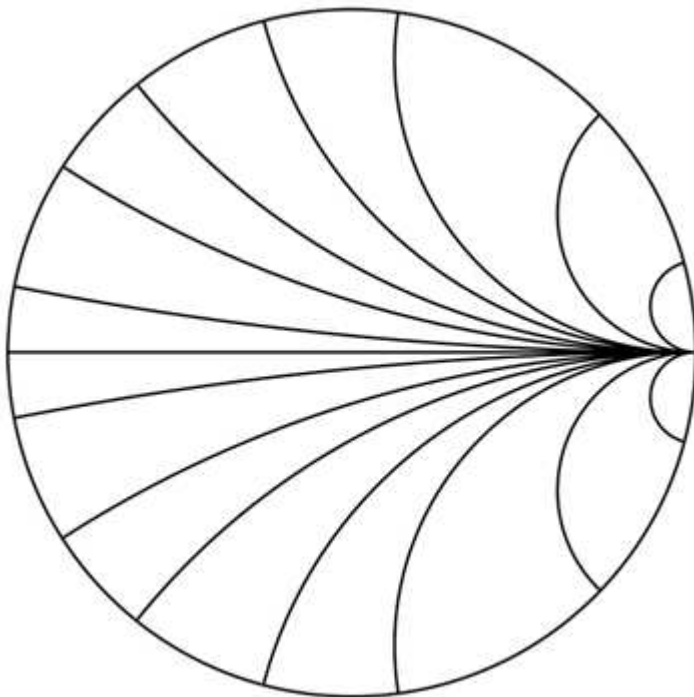
$$A + jB = \frac{R + jX - 1}{R + jX + 1}$$

Most nézzük meg, hogyan épül fel a Smith diagram.

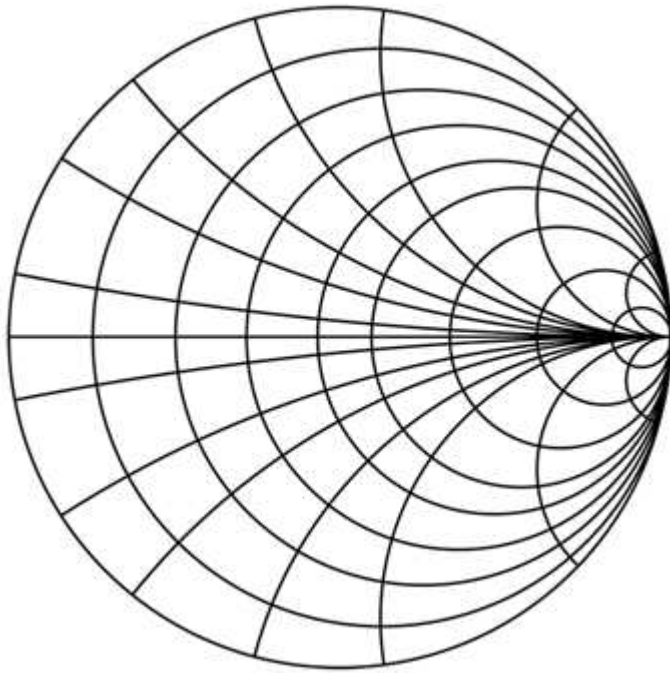
Állandó aktív ellenállású körökből áll A



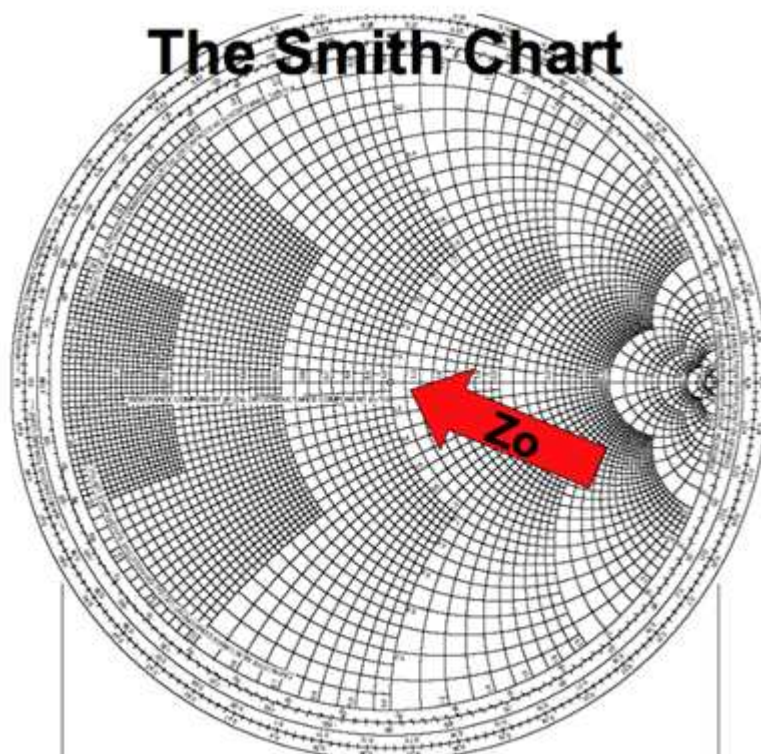
és konstans reaktív ívek B.



Az alábbiakban egy egyszerűsített képet (Smith alapidagramot) láthatunk, amely állandóan aktív és reaktív ellenállást tartalmaz.

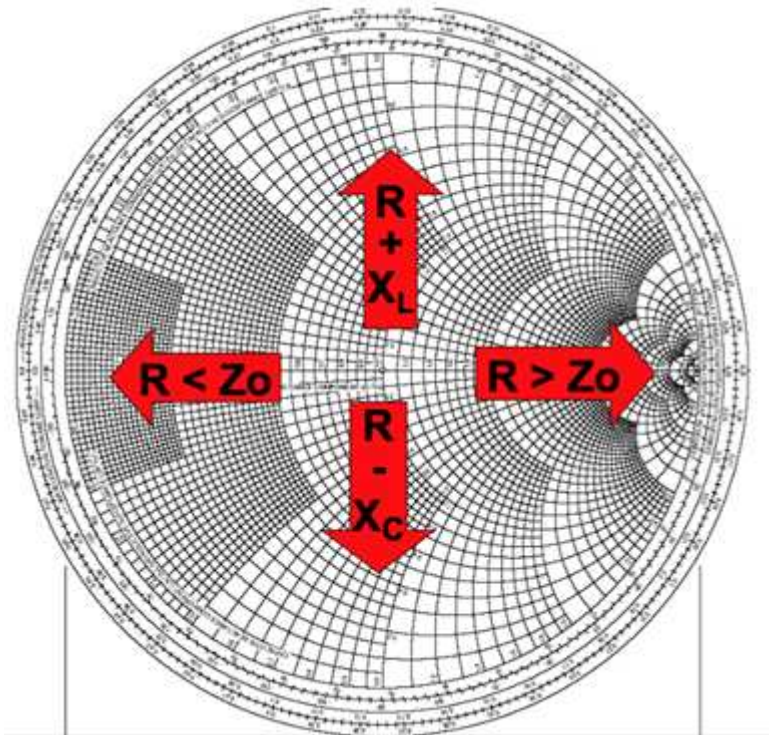


Hogyan értelmezzük Smith diagramját? Íme néhány pont, amit érdemes figyelni: A középpont pontja tisztán aktív ellenállással rendelkezik  $R = Z$ ;

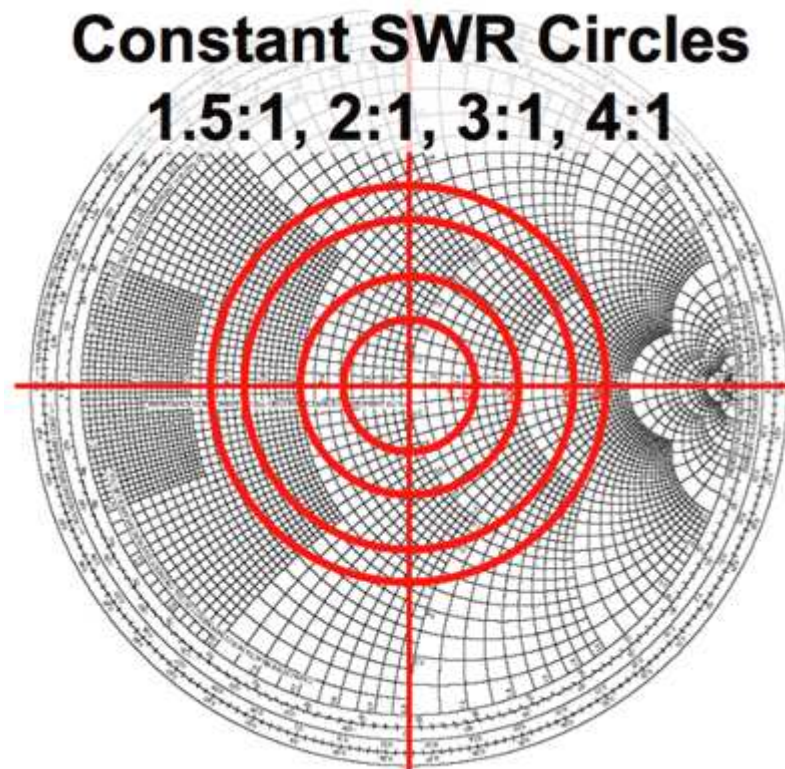


$X = 0$  esetén a reaktív ív végtelen sugarú lesz; ez a diagram középpontját átlépő vízszintes vonalnak felel meg. Ezt a sort gyakran nevezik valós tengelynek. A reaktancia tekintetében az ábrán a valós tengely feletti vonalak induktív reaktivitások, és az alábbi vonalak kapacitív reaktancia; a végtelen  $R$  és  $X$  esetében az aktív ellenállás körök és a reaktancia ívek

összevonnak egy helyen a szélsőjobboldali pontban; Ha  $R = 0$ , a diagram pontja a bal szélső ponton van;

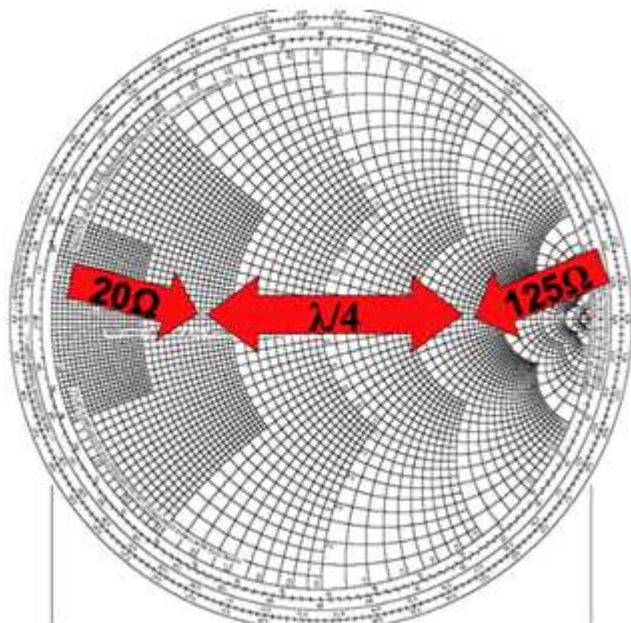
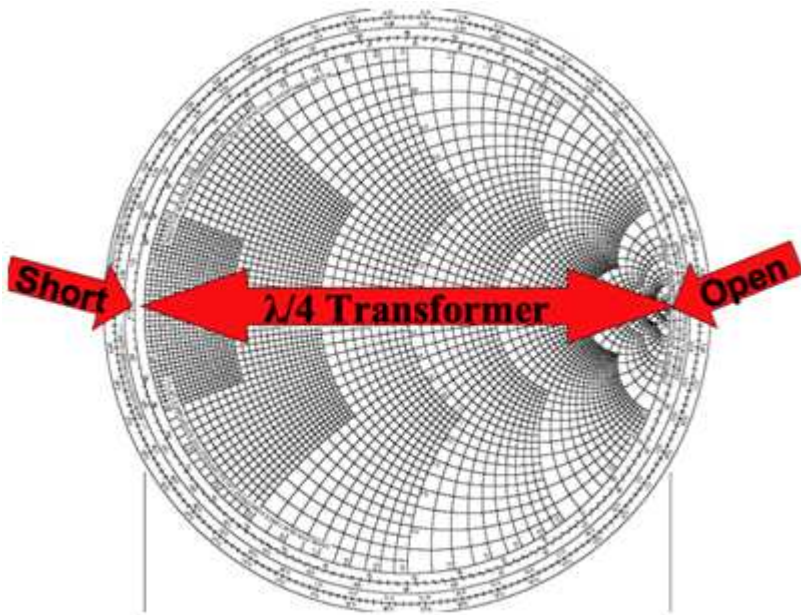


a kör közepe körüli körök megfelelnek a megfelelő konstans SWR ellenállásnak;

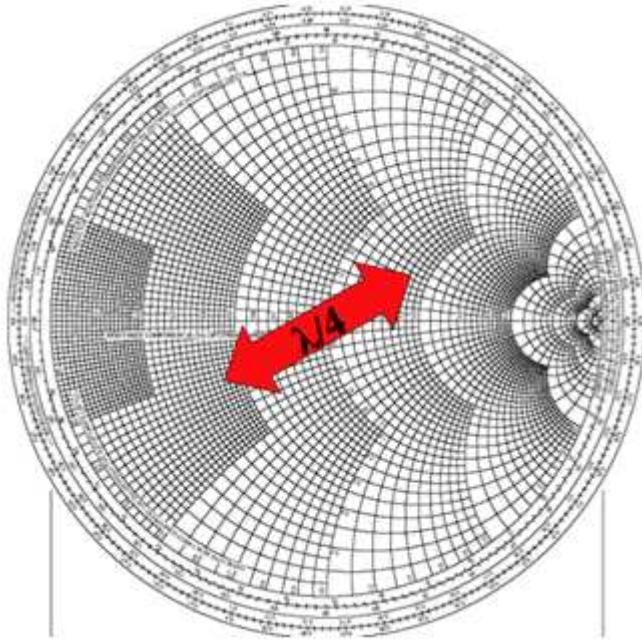


A diagram tetszőleges átmérőjében lévő teljes kör egy 180 fokos fázisfordulásra vonatkozik, és az átmérőjűen ellentétes pontok 90 fokos fázisstartománynak felelnek meg. Ez a jegyzet hasznos abban az értelemben, hogy lehetővé teszi bizonyos hosszúságú kábelek használatát az impedancia illesztéshez. Mivel a  $\lambda / 2$  elektromos hosszúságú kábel 180 fokkal elforgatja a fázist, a Smith diagramon egy ilyen elem visszaadja a pontot eredeti állapotába anélkül, hogy sem az aktív, sem a reaktancia nem alakul át. A  $\lambda / 4$  elektromos hosszúságú kábel 90 g-el forgatja a fázist

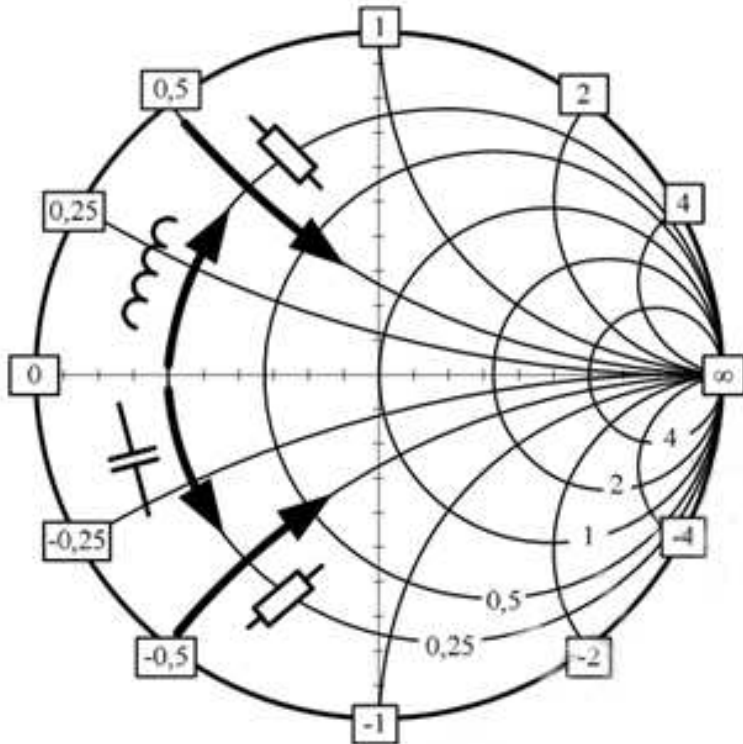
Ez az elem szimmetrikusan átalakítja az ellenállást a diagram középpontja körül, és átalakítja az ellenállást a  $Z_{tp}$  kábeltől függően, amely a  $Z_{tp} = a (Z_{Bx} \cdot Z_{vykh})$  négyzetgyökéből kiszámítható.



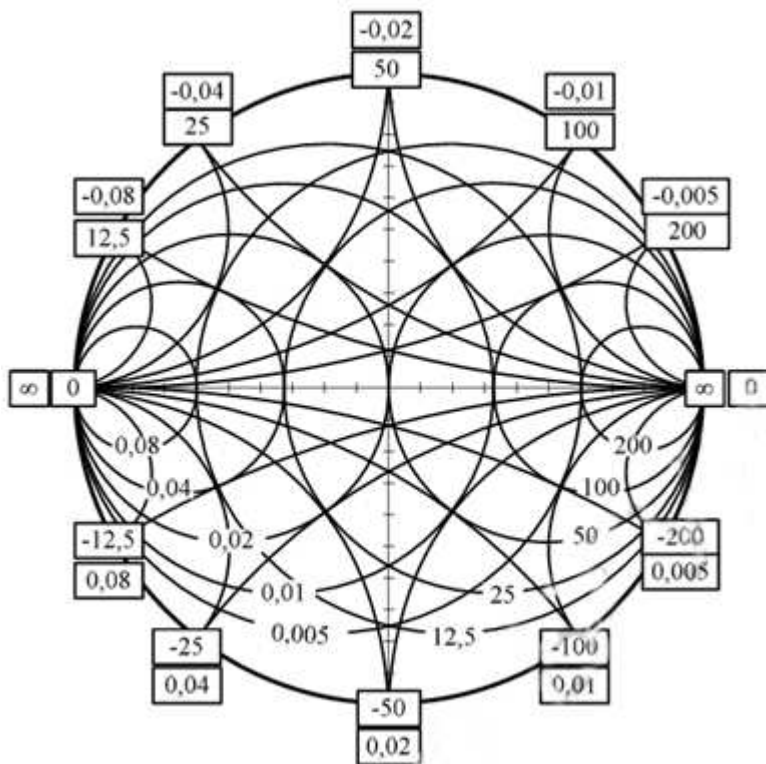




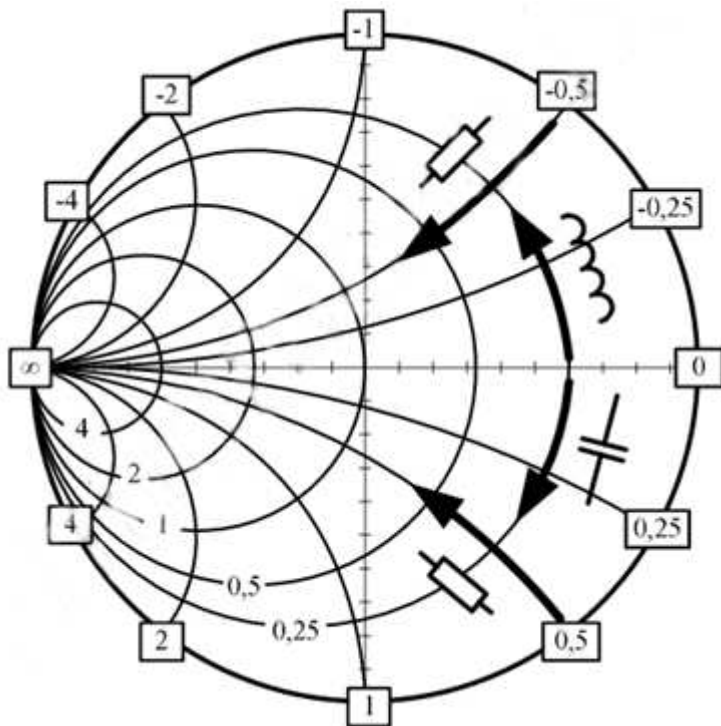
Az ábrán látható aktív és reaktív ellenállásokra vonatkozó ismeretek alapján tudjuk, hogy minden pont az aktív és reaktív ellenállások ( $R + jX$ ) egymást követő kombinációja. Az egyenlő aktív ellenállás kerülete mentén az óramutató járásával megegyező irányban a pozitív reaktív ellenállás növekedését jelenti, azaz induktivitás bevezetése. Az egyenlő aktív ellenállású kör körüli mozgás az óramutató járásával ellentétes irányban a pozitív reaktív ellenállás csökkenését jelenti, azaz kapacitás bevezetése. Az egyenes reaktív ív felfelé történő mozgatása az óramutató járásával ellentétes irányban a felső félsíkban és az óramutató járásával megegyező irányban az alsó fél síkban az aktív ellenállás növekedését jelenti.



Eddig nem említettünk komplex vezetőképességet a Smith diagramban. Ha nem tudod, akkor a komplex vezetőképesség (befogadás) az impedancia (impedancia) vagy  $Y = 1 / Z$  reciprok. A jelen esetben az aktív és reaktív ellenállások megfelelnek az aktív és reaktív vezetőképességeknek. Valójában egy hasonló diagram létrehozása a vezetőképesség számára meglepően egyszerű - mindössze annyit kell tennie, hogy vízszintesen tükrözze az ellenállás diagramot. Ez az átalakulás nagyon fontos, mert most van egy olyan diagram, amely segít a söntkomponensekkel való munkavégzésben (a ház és a kommunikációs vonal között, a forrással és a terheléssel párhuzamosan), és nem csak a soros kapcsolatokkal. A diagramhoz vezető vezetőképesség alkalmazása ellentétes - amikor az induktivitást hozzáadjuk az áramkörhöz, az impedancia értéket az állandó aktív ellenállás kerülete mentén az óramutató járásával megegyező irányban kell mozgatni, és amikor shunt induktivitást adunk (párhuzamosan csatlakoztatva), az állandó vezetőképesség kerületén az óramutató járásával ellentétes irányban kell mozogni; Hasonlóan a kondenzátorokhoz, a shunt kondenzátor az értékeket az összetett vezetőképesség diagramon az óramutató járásával megegyező irányba mozgatja, és a kondenzátort, sorba kapcsolva, az óramutató járásával ellentétes irányba. Mindkét típusú diagram kombinációja komplex ellenállás- és vezetőképesség (immittance) diagramnak nevezi, ami még hasznosabbá válik, mint a standard Smith diagram, bár sokkal ijesztőbb lesz azok számára, akik nem tudják, hogyan jött létre.

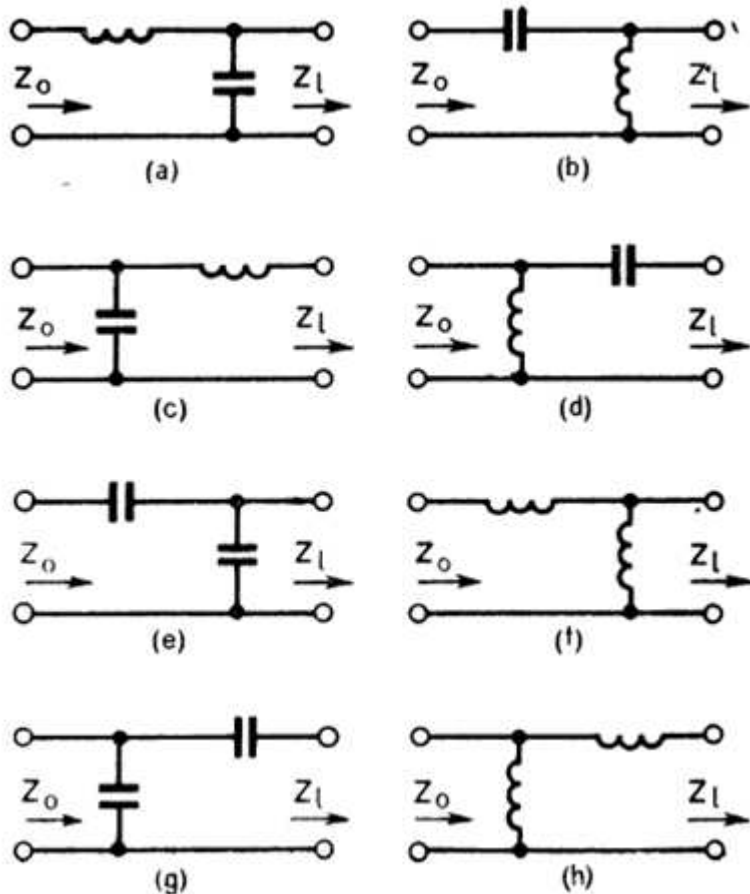


A pozitív értékek a kapacitív vezetőképességet és a negatív értékeket indukálják. Az egyenlő reaktív vezetőképességű ívek mozgatása az óramutató járásával megegyező irányban a felső félsíkban és az óramutató járásával ellentétes irányban az alsó fél síkban az aktív vezetőképesség növekedését jelenti. Az egyenlő aktív vezetőképességű kör mentén az óramutató járásával megegyező irányú mozgás a pozitív reaktív vezetőképesség növekedését jelenti, azaz kapacitás bevezetése. Az aktív vezetőképességgel megegyező kör körüli mozgás az óramutató járásával ellentétes irányban a pozitív reaktív vezetőképesség csökkenését jelenti, azaz induktivitás bevezetése.

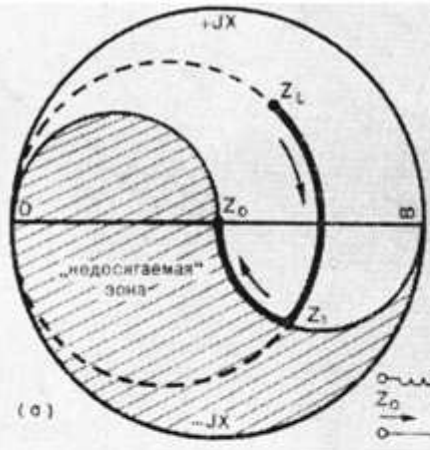


## Megfelelő hivatkozások

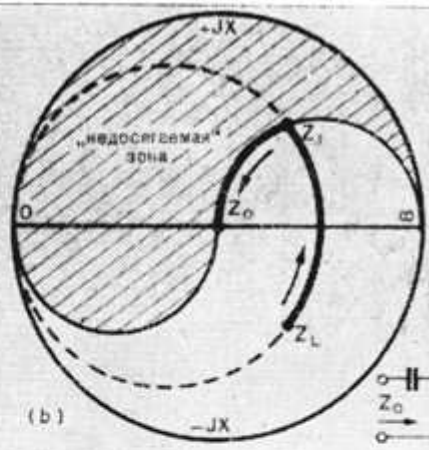
Összesen nyolc lehetséges kombináció áll rendelkezésre a reaktív elemek (induktivitás, kapacitás) megfelelő összekapcsolásaival.



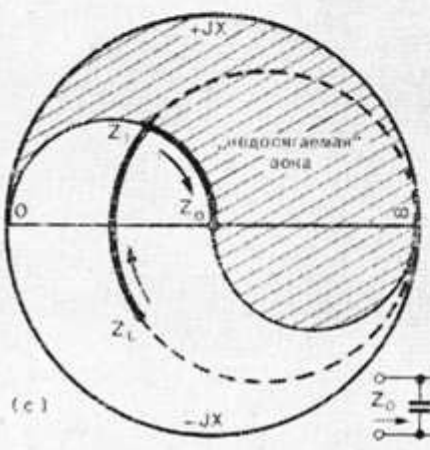
Mind a nyolc kapcsolat mindegyike képes a terhelésimpedanciát egy adott nagyságú aktív ellenállásra átalakítani. Az egyes kapcsolatoknak megfelelő transzformálható ellenállások értéke a kördiagramon ábrázolható, korlátozott területen változó impedanciák formájában. A diagramok mindegyike egy kikelt területet jelez ("elérhetetlen zóna"), ha a kívánt terhelési ellenállás a "nem hozzáférhető zónában" van, akkor ez a terhelés nem alakítható át  $Z$ -ra a kiválasztott illeszkedő hivatkozás típusával. Ebben az esetben meg kell próbálnia egy másik típusú egyező hivatkozást használni a fennmaradó hétből.



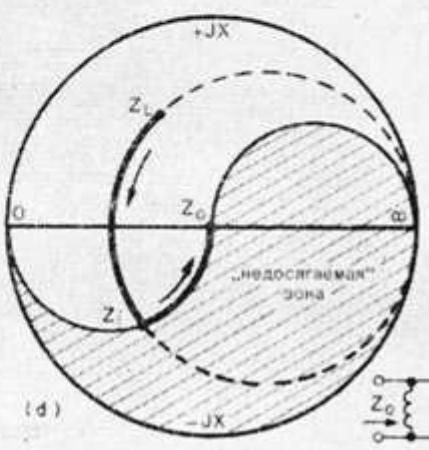
(a)



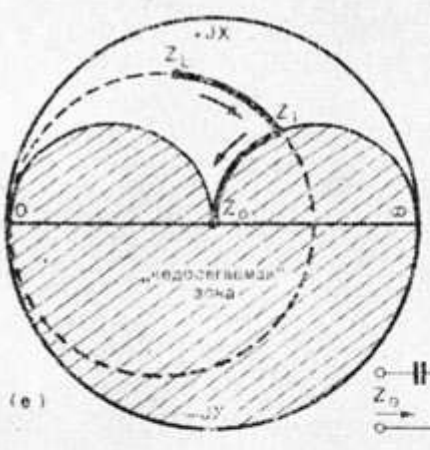
(b)



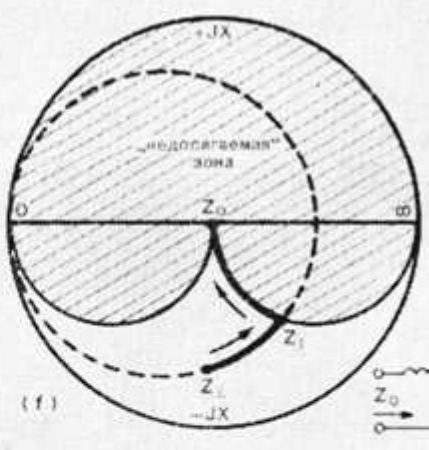
(c)



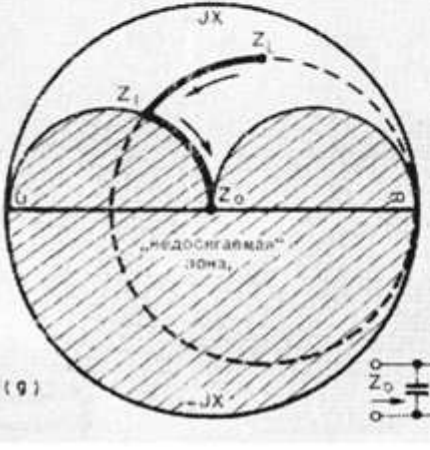
(d)



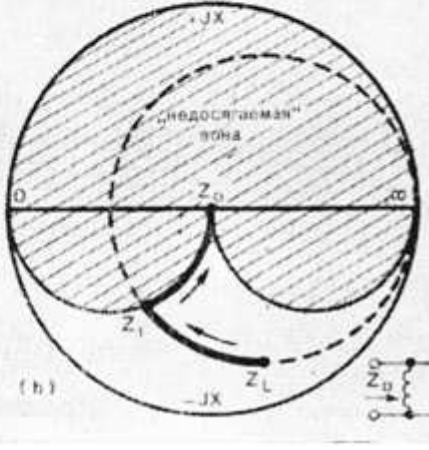
(e)



(f)



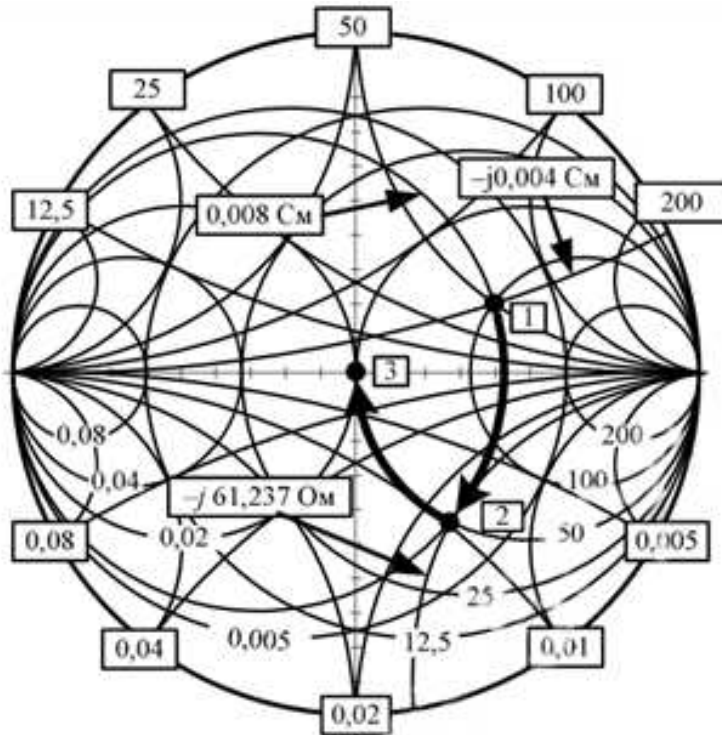
(g)



(h)

## Az impedanciák egy kördiagramhoz igazítása

Példa: 435 MHz-es frekvencián az 1. ponthoz tartozó ábrán látható  $Z_H = R_H + jX_H$  terhelés komplex impedanciáját egy 50 Ohm belső ellenállású jelforrással kell koordinálni.



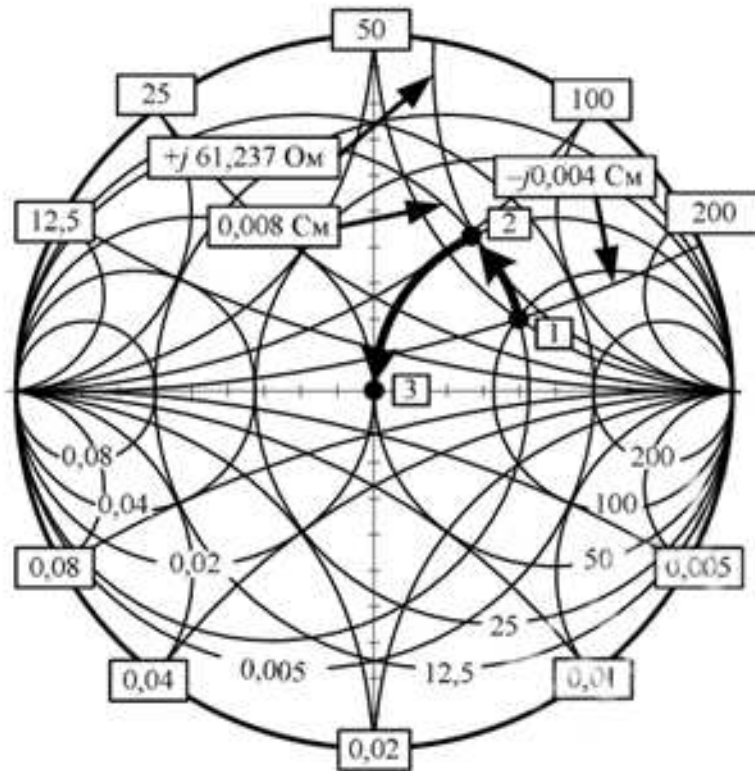
Annak érdekében, hogy az 1. ponttól a 3. pontig az 50 Ohm-os aktív ellenállás körön elhelyezkedő pontokhoz juthassunk, az alábbi manipulációkat kell elvégezni.

1 A terheléssel párhuzamosan csatlakoztassa a kondenzátort. A párhuzamos csatlakozás a vezetőképesség bevezetését jelenti, így további mozgást hajtunk végre az 1-es ponton áthaladó aktív vezetőképesség körében az óramutató járásával megegyező irányban. Ez a kör megfelel a 0,008 aktív vezetőképesség nagyságának

2 A kondenzátor kapacitásának értékét úgy választjuk meg, hogy az az 50 ohmos aktív ellenállás kör 2. pontjára kerüljön. Ez megfelel a kapott komplex terhelés és a belső ellenállás aktív komponensének egyenlőségének.  
jelforrás.

3 Ahhoz, hogy a terhelési áramkörrel párhuzamosan tisztán aktív ellenállást érzünk el, egy olyan induktivitást csatlakoztatunk, amelynek értéke a 2. pontban a reaktivitás jele alatt egyenlő és ellentétes. A csatlakozás sorozatosan történik, ezért a 3-as pontra történő további mozgás az aktív ellenállás körének 50 of körüli körében történik.

Ennek a példának a megoldásaként azt gondoljuk, hogy hogyan lehet az 1. ponttól a 3. pontig eljutni az 50 ohmos aktív ellenállás körön, más módon.



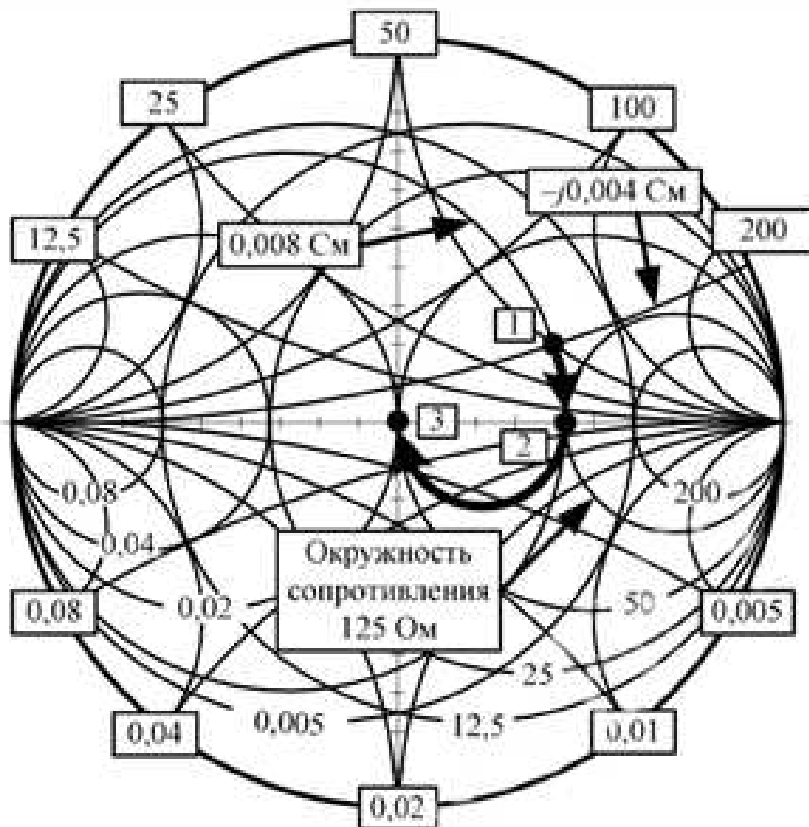
Ehhez a következő műveleteket hajthatja végre.

1 A terhelhetőséggel párhuzamosan induktivitás. A párhuzamos csatlakozás a vezetőképesség bevezetését jelenti, így további mozgást hajtunk végre a 0,008 Cm-es aktív vezetőképesség körén, az 1. ponton át, de az óramutató járásával ellentétes irányban.

2 Az induktivitás értékét úgy választjuk meg, hogy az az 50 ohmos aktív ellenállás kör 2. pontjába kerüljön. Ez megfelel a kapott komplex terhelés aktív komponensének egyenlőségének és a jelforrás belső ellenállásának.

3. Ahhoz, hogy a terhelési áramkörrel párhuzamosan tisztán aktív ellenállást kapjunk, egy kondenzátort csatlakoztatunk, amelynek kapacitása egyenlő és ellentétes a reaktivitás jelében a 2. ponton. A 2. pontban az ellenállás  $Z = 50 + j 61,237$  ohm.

Az előző példában meghatározott terhelést egy párhuzamos nyitott hurok segítségével lehet egy vonalszakaszon és egy negyedhullámú transzformátoron alapozni.



Végezze el a következő műveletsorozatot.

1 A vonalszakasz alapján a terhelés nyitott hurokkal párhuzamosan vezetünk be. A vonalszakasz belső ellenállásának kapacitív karakterrel kell rendelkeznie. A párhuzamos csatlakozás a vezetőképesség bevezetését jelenti, így további mozgást hajtunk végre az 1. ponton áthaladó, 0,008 Cm aktív vezetőképességű kör körül, az óramutató járásával megegyező irányban.

2 Kiválasztjuk a vonalszakasz hosszát, hogy elérjük a 2. pontot a valós tengelyen. Ez a befogadott terhelés 125 ohm belső ellenállásának tisztán aktív komponensének felel meg.

3 Az áramkör következetesen tartalmaz egy negyedhullámú transzformátort, melynek jellemző impedanciája van.

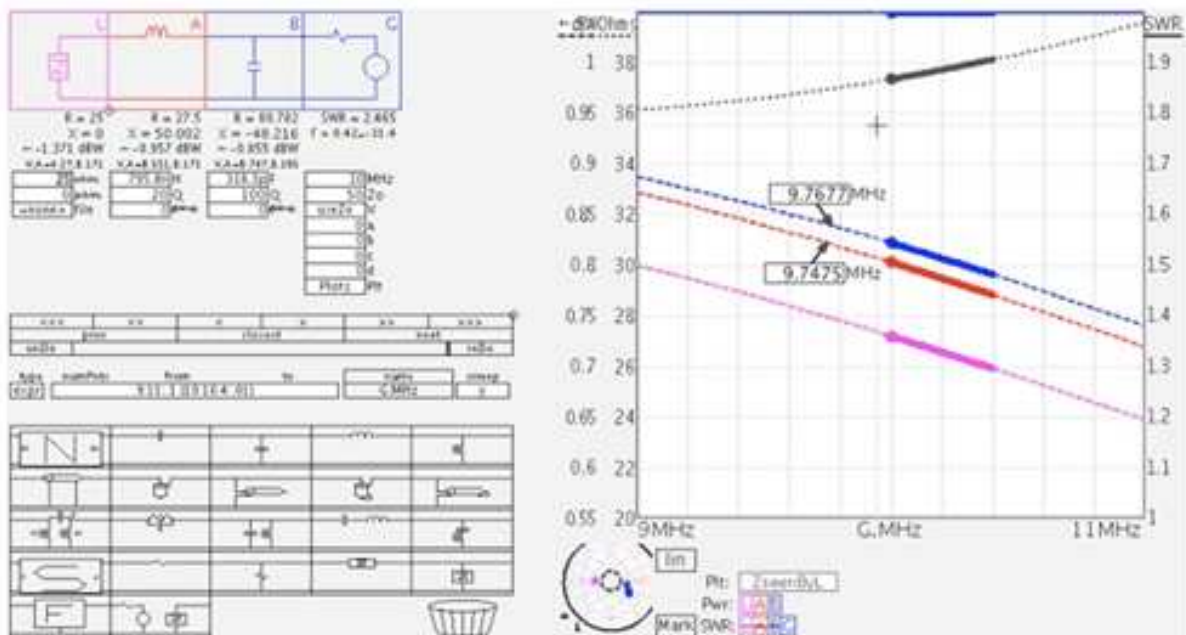
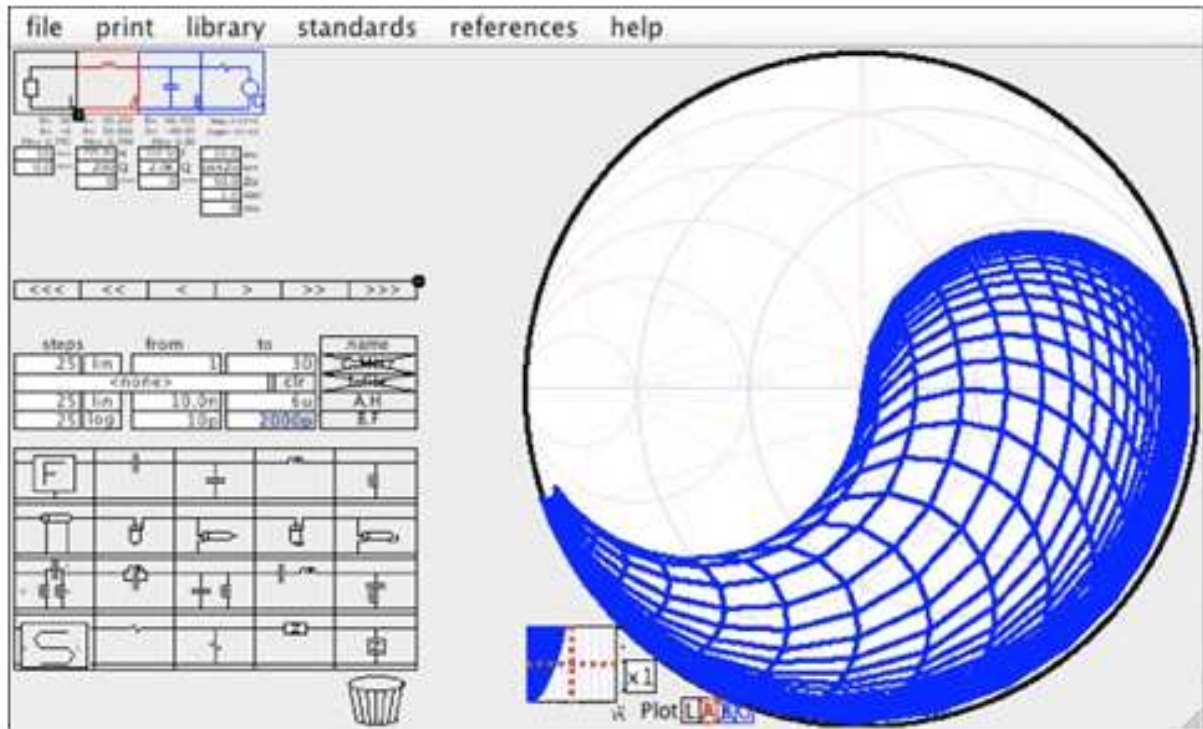
$$\rho_T = \sqrt{50 \cdot 125} = 79,057 \text{ Ом}$$

A jegyzet. Ebben az esetben a megadott terhelést csak egy vonalszakasz bevezetésével lehet összehangolni a szegmenshossz és a hullámellenállás kiválasztásával.

És végül, hogyan lehet gyakorlatilag használni a Smith diagram lehetőségeit. Az eszközzel való munka kényelmesebbé tétele számos program. Például a **SimSmith** program lehetővé teszi, hogy szimulálja a megfelelő láncok láncait a frekvencia szkennelésével és az eredmények megjelenítésével mind a szokásos formában - a frekvencia függvényében SWR

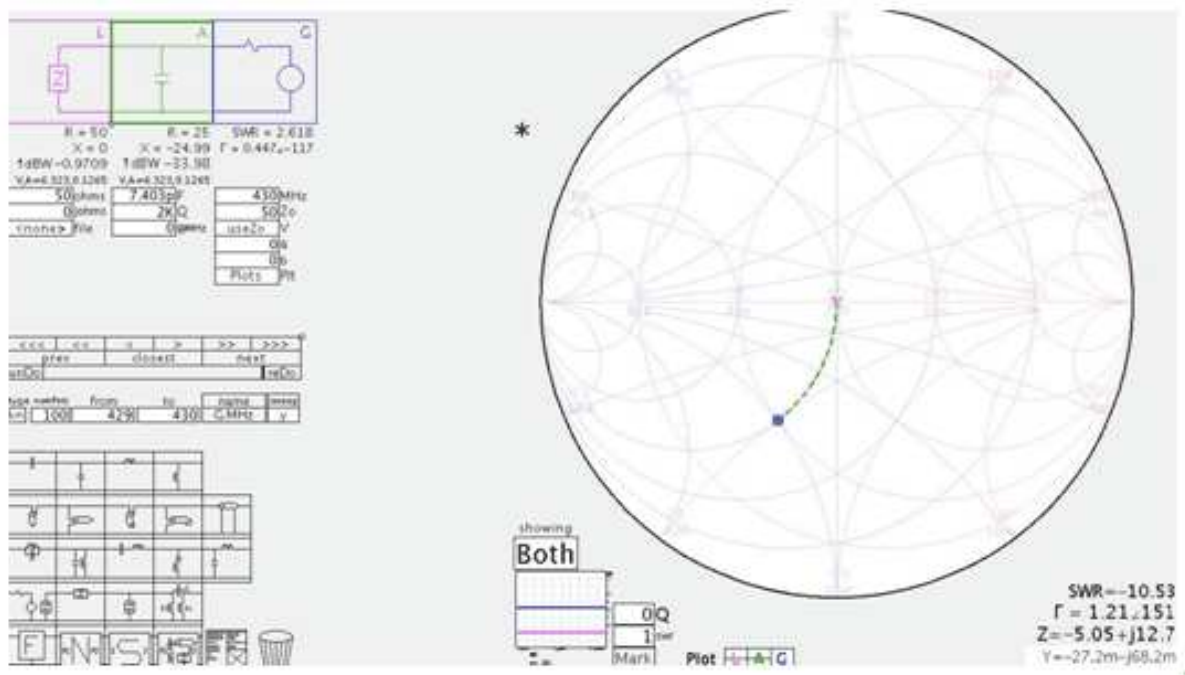


formájában, és Smith diagram formájában.



A szükséges egyezési láncokat a képernyőn megjelölt programok közül választjuk ki (bal alsó), és egyszerűen „húzzuk és dobjuk” az egeret a megfelelő áramkör modelljébe (bal felső). A szükséges komponensértékeket automatikusan számítják ki (manuálisan állíthatók be), és az összes áramkör eredményül kapott paramétere jelennek meg.

A program használatával kapcsolatos teljes információ a szerzői oldalon található videóanyagokban található.



RA6FOO megjegyzése:

Wolpert - Smith diagram. Sokan tudnak róla, kevesen tudják, az egységek vele együtt dolgoznak. Számos olyan program működik, amelyek bizonyos feladatokat megoldanak és megkönnyítik a munkát azokkal, akik ezt elsajátították.

A Ward Harriman, [AE6TY által írt SimSmith](#) program valószínűleg az egyetlen, amely mindent megtesz, és ugyanakkor könnyen kezelhető felülettel rendelkezik, és lehetővé teszi, hogy a semmiből kezelje.

A program magában foglalja a szerző angol nyelvű oktatóanyagát, de intuitív és a nyelv ismerete nélkül. A SimSmith.exe és a video- és szöveges oktatóanyagok letölthetők a szerző webhelyének [Smith Charts oldalán](#). A leckék meglehetősen nagy, körülbelül 1 GB-ot foglalnak el. A Java-ban írt 23 MB-os program telepítés nélkül működik.

Ha még nem telepített Java programot a Java kisalkalmazások kezelésére, akkor itt kell letöltenie a [Java programot](#).