

Diagrama “Smith” mai este utilă în zilele noastre?-(1) Întrebări și răspunsuri.

D. Blujdescu YO3AL

Întrebare 1/

În programa analitică CEPT nu este prevăzută cunoașterea diagramei Smith (diagrama cercului). Și totuși în chestionarele de examen ale multor țări dezvoltate (SUA, Anglia, Germania, etc) sunt cuprinse și astfel de subiecte.

Care ar putea fi explicația?

Răspuns 1/

Intr-un fel întrebarea conține indirect și răspunsul: ați spus „**țări dezvoltate**”. Programa analitică CEPT reprezintă **un minim obligatoriu** pentru tematica administrațiilor naționale, la care acestea pot să adauge subiecte pe care le cred necesare.

Ținând seama de protestele vehemente ale “societății civile” atunci când la noi s-a adoptat chestionarul actual, sunt de felicitat cei doi autori că nu au inclus și diagrama Smith. Probabil cunoșteau alergia noastră la învățare subliniată încă de Dimitrie Cantemir în al său **Descriptio Moldaviae** și valabilă pentru întregul nostru teritoriu.

În țările dezvoltate se folosesc intens programe de calculator sau aparatură de măsură care afișază rezultatele pe diagrama Smith, a cărei cunoaștere devine astfel indispensabilă.

Aceasta este explicația cea mai probabilă, nu neapărat dorința de cunoaștere sau nostalgia pentru timpurile în care celebra diagramă era instrumentul principal de calcul al regimului pe liniile de transmisiuni.

Un asemenea program a fost prezentat și în revista noastră [B12], dar acesta nu este cel mai util (sau mai reușit).

Cunoscutul program de analiză de circuit “RFSIM99” permite și el (la cerere) afișarea rezultatelor pe diagrama Smith.

Câteva asemnarea programe de calcul cu afișarea rezultatelor pe diagrama Smith se pot descărca de la adresele:

<http://www.nathaniyer.com/> (quick Smith)

<http://www.qsl.net/va3iul/> Iulica Rosu- winsmith)

<http://www.sss-mag.com/smith.html#tools> (MIMP;Schart;Smith v1.91; etc)

<http://www.ac6la.com/> (TL Detail, XLZIXL

<http://www.rfcafe.com/business/software/smith-chart-for-excel/smith-chart-for-excel.htm>

<http://www.amqrp.org/projects/software/> Z1Zl-ac6la)

<http://www.astrosurf.com/luxorion/qs1-transmission-line2.htm>

(XLZ1ZL)

<http://www.sss-mag.com/smith.html> (exdcel-revD ; Smith V191

<http://www.sss-mag.com/txt/SmithChartRevD.xls>

<http://www.sss-mag.com/smith.html> Motorola MIMP; Schart am

1)

<http://www.sss-mag.com/swindex1.html#rf> (Smith V191 Schrt

txLine)

http://www.ok-dae.unas.cz/e_index.php?in=1 (Lebduska)

<http://www.tonnesoftware.com/supersmith.html> (Tone superSmith)

<http://www.nathaniyer.com/index.html> 9quickSmith)

<http://tools.rfdude.com/> (RF Dude Smith)

http://tools.rfdude.com/RFdude_Smith_Chart_Program/RFdude_smith_chart_program.html

Întrebare 2/

Principial în ce constă aceasta vestită “diagrama Smith”?

Răspuns 2/

Un răspuns cu adevărat folositor nu este simplu, dar dacă doriți doar să vă reamintiți aceste noțiuni consultați una dintre prezentările cele mai scurte: [B13].

Cu riscul de a plictisi pe cititorul avizat, o scurtă prezentare a principiilor propagării semnalelor pe liniile de transmisiuni (linii lungi) se impune chiar și numai pentru a stabili un vocabular comun:

Existența undelor reflectate este semnul sigur al neadaptării liniei: Ori sarcina liniei diferă de cea nominală (impedanța caracteristică Z_0). ori pe linie există neuniformități.

În mod obișnuit propagarea pe liniile lungi se studiază în regim sinusoidal, iar concluziile se extind apoi la orice fel de semnal.

Evident că pe linie tensiunile celor două unde (directă și reflectată) se compun, dar datorită diferențelor între drumurile parcurse, defazajul între cele două componente se modifică în continuu de-a lungul liniei.

În locurile în care cele două componente sunt în fază vom avea un maximum de tensiune (un “ventru”), iar în acele locuri în care sunt în antifază vom avea un minim (de tensiune).

Fenomenul este cunoscut sub denumirea de “unde staționare”. Maximele și minimele de tensiune sunt intercalate, iar distanța între două maxime (sau minime) vecine este de jumătate de lungime de undă ($\lambda/2$) (pe linia respectivă).

Raportul de unde staționare (cunoscutul “SWR”) este raportul între tensiunea într-un maxim și cea în minimul vecin.

Și curenții celor două componente care circulă pe linie (directă și reflectată se combină în același mod ca și tensiunile. Așa că vom avea maxime (ventre) și minime de curent.

Rețineți însă că **totdeauna în dreptul unui maxim de curent vom avea un minim de tensiune, iar în dreptul unui minim de curent avem un maxim de tensiune.**

Coeficientul de reflexie (în tensiune) “ Γ ” hotărăște cât de ample sunt aceste maxime și minime. El este definit ca raportul:

$$\Gamma = \frac{V_{REF}}{V_{DIR}} \quad (1)$$

În care V_{REF} și V_{Dir} sunt tensiunile în undă reflectată, respectiv în undă directă **într-un punct dat de pe linie.**

De remarcat că fiind raportul între două mărimi vectoriale (exprimate prin numere complexe), “ Γ ” este el însuși un număr complex (deci are o parte reală și una imaginară sau un modul și o fază:

Pe toată lungimea unei linii fără pierderi modulul coeficientului de reflexie ($|\Gamma|$) este constant, dar faza variază (căci depinde de diferența de drum a celor două unde.

Relația matematică între impedanța de sarcină Z_s și impedanța caracteristică a liniei Z_o dictează valoarea coeficientului de reflexie (complex) de **la capătul din spre sarcină:**

$$\Gamma = \frac{Z_s - Z_o}{Z_s + Z_o} \quad (2)$$

Pe traseul spre capătul liniei conectat la generator faza sa se modifică continuu în funcție de diferența de drum între cele două unde.

Măsurând raportul de unde staționare $S=SWR$ cu ajutorul cunoscutului “reflectometru” nu putem cunoaște decât modulul coeficientului de reflexie $|\Gamma|$, căci:

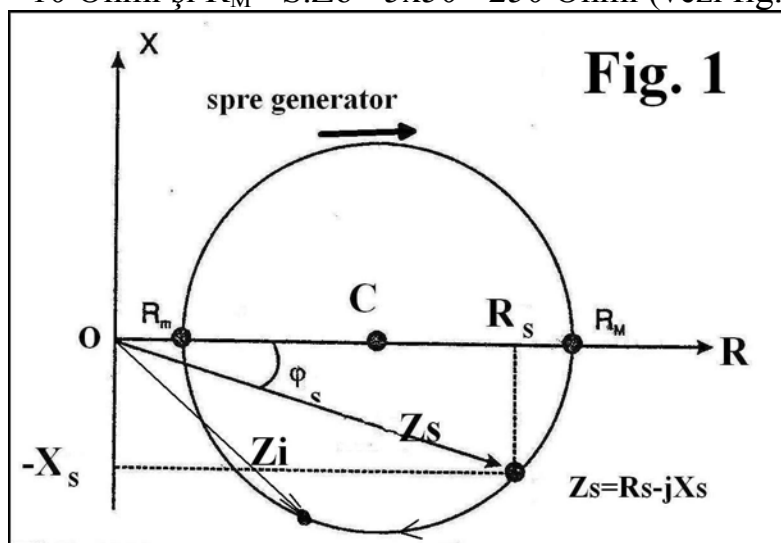
$$SWR = S = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (3)$$

Cunoscând eficacitatea reprezentărilor grafice în înțelegerea fenomenelor fizice, să încercăm să folosim în acest scop cunoscutul sistem “cartezian” de reprezentare grafică a unei funcții (pe care l-am învățat la școală):

Ne propunem să reprezentăm grafic o figură care să conțină toate valorile impedanței de sarcină care pe un fider cu impedanța caracteristică “ Z_o ” produc un raport de unde staționare $S=SWR=5$.

(Cu alte cuvinte ”locul geometric” al sarcinilor care produc $SWR=5$.)

Două valori sunt foarte cunoscute: sarcinile pur rezistive $R_m = Z_0/S = 50/5 = 10$ Ohmi și $R_M = S \cdot Z_0 = 5 \times 50 = 250$ Ohmi (vezi fig. 1).



*****Fig. 1 *****

Relațiile (2) și (3) ne arată că impedanțele care au aceeași parte rezistivă, iar părțile reactive au același modul, dar sunt de semne contrare - produc același SWR [N2].

Deci locul geometric pe care-l căutăm este poziționat simetric față de axa rezistențelor.

Ca să evităm considerații matematice mai complicate, credeți-ne pe cuvânt că toate impedanțele de sarcină care provoacă același SWR se găsesc pe un cerc, al cărui diametru este segmentul cuprins între valorile R_m și R_M , așa cum este prezentat în fig. 1.

(De altfel ecuația (2) este ecuația unui cerc.)

Surpriză: Toate valorile posibile ale impedanței de intrare “ Z_i ” în această linie (cu $SWR=5$ și Z_0 dat) se găsesc pe acest cerc.

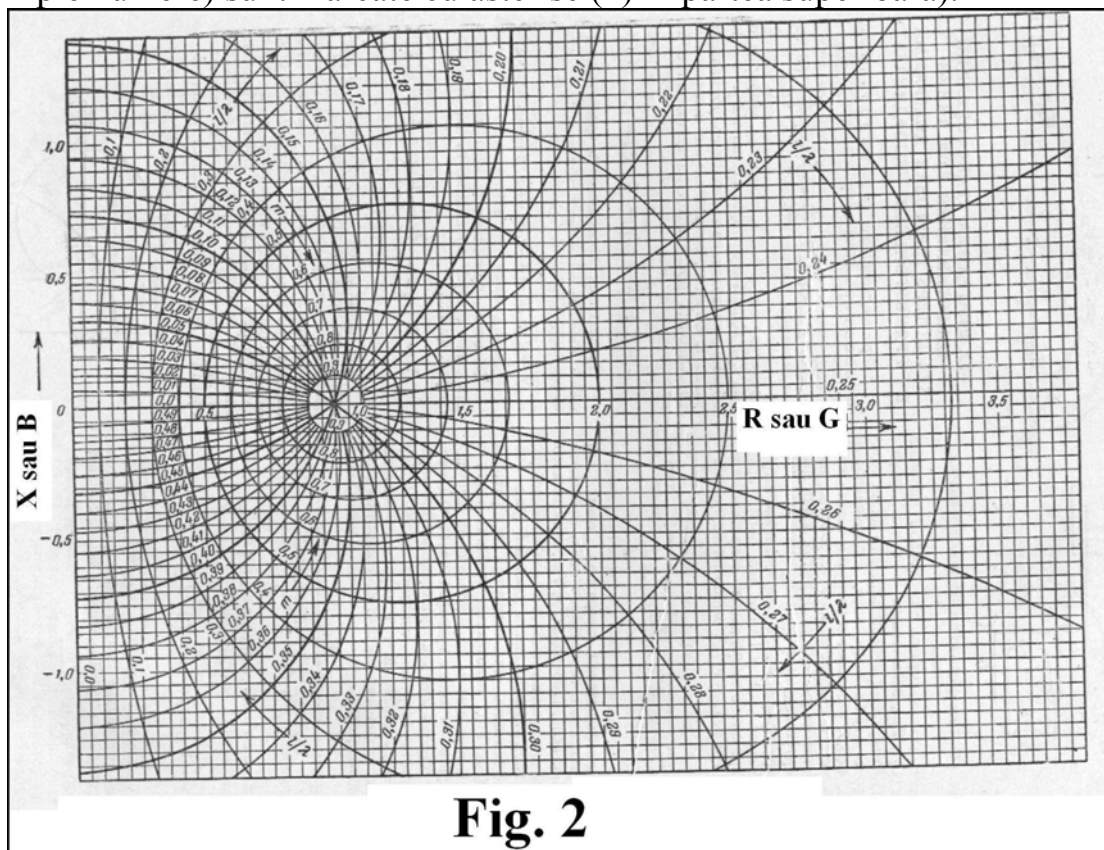
Dacă fixăm pe cerc poziția impedanței de sarcină $Z_s = R_s - jX_s$, putem afla impedanța de intrare în linie Z_i “rotindu-ne” pe cerc în sensul acelor de ceasornic (denumit “sensul spre generator”) cu un arc de cerc proporțional cu lungimea electrică a liniei [N3].

Unul din punctele slabe ale reprezentării noastre este acela că este foarte greu să gradăm aceste cercuri de SWR constant în fracțiuni de lungimi de undă de-a lungul liniei (ca să aflăm impedanța de intrare), deoarece aceste gradații depind puternic de valoarea raportului de undă staționară “ $S=SWR$ ”.

În plus uneori reprezentarea Carteziană “clasică” este incomodă: În cazul nostru pe aceeași reprezentare trebuie să putem citi comod și $R_m = 10$ Ohmi și $R_M = 500$ Ohmi.

Înainte de apariția diagramei Smith, pentru ameliorarea situației s-a folosit “**reprezentarea Carteziană normată**” (fig. 2), în care pe cele

două axe sunt reprezentate **numere** reprezentând rapoartele $R^* = R/Z_n$ și $X^* = X/Z_n$, unde “ Z_n ” este “impedanța de normare”. Este totdeauna profitabil ca impedanța de normare să fie aceeași cu impedanța caracteristică a liniei ($Z_n = Z_0$). (În acest material mărimile normate (care sunt simple numere) sunt marcate cu asterisc (*) în partea superioară).



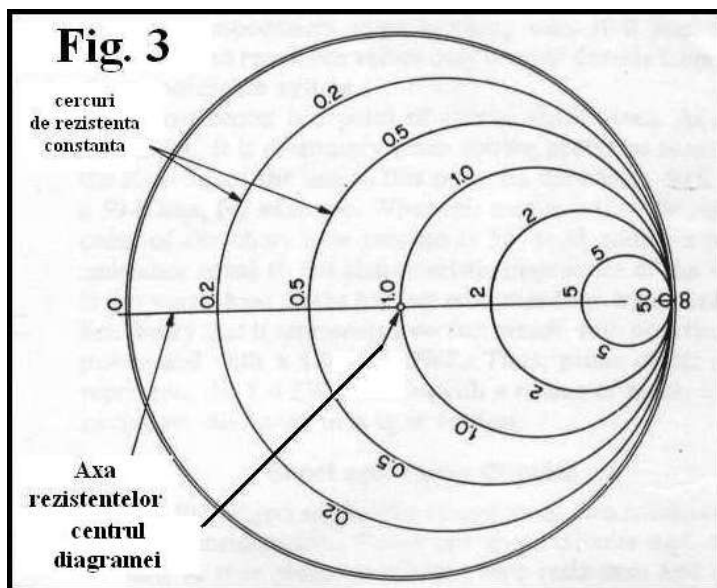
*****Fig. 2 *****

În fig. 2 se poate observa câștigul principal în reprezentarea Carteziană normată: Evantaiul de curbe care pornesc din punctul $R^* = 1$ de pe axa reală împarte toate cercurile de SWR constant în diviziuni ale lunginii de undă pe linie.

Așa dar acum se poate calcula impedanța de intrare în linie când se cunoaște sarcina (“rotația spre generator”) sau impedanța de sarcină când se cunoaște impedanța de intrare (“rotația spre sarcină”).

Din păcate nici în această reprezentare grafică cercurile de SWR constant nu au același centru. De asemeni valoarea SWR pentru fiecare cerc trebuie calculată pornind de la intersecțiile cu axa rezistențelor (corespunzătoare valorilor “ R_m ” și “ R_M ” din fig.1).

Soluția ideală este diagrama cercului sau diagrama Smith, în care pornind de la reprezentarea Carteziană normată (fig.2) se aplică celor două axe perpendiculare (R^* și X^*) o transformare matematică (numită de specialiști “o transformare conformă), astfel că:

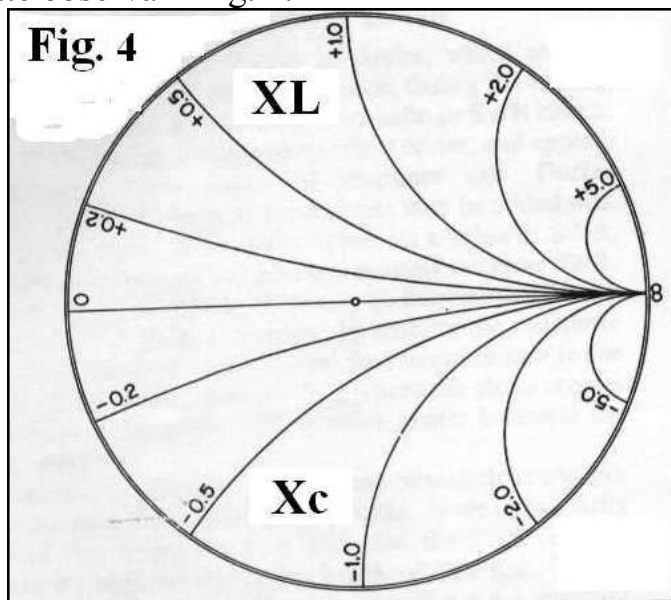


*****Fig. 3 *****

Verticalele din sistemul Cartezian, care reprezintă liniile de R^* constant (fig. 2) devin cercurile de R^* constant ca în fig. 3. Acestea se înscriu într-un cerc mai mare (care delimitează de fapt diagrama Smith denumită în continuare “**diagrama**”) și sunt tangente în extremitatea dreaptă a acesteia (notată cu “infinit”).

De remarcat că cercul de $R^*=1$ trece chiar prin centrul diagramei.

Cât privește familia de drepte paralele orizontale care în sistemul Cartezian (fig. 2) reprezintă curbele de X^* constant, acestea se transformă în arce aparținând unor cercuri ortogonale celor de R^* constant, așa cum se poate observa în fig. 4.



*****Fig. 4 *****

Fascicolul de arce din partea de sus a diagramei reprezintă reactanțele inductive, iar cele din partea inferioară (notate cu minus) pe

cele capacitive. Arcul de reactanță zero este chiar diametrul orizontal al diagramei și se mai denuște și “axa rezistențelor pure”, sau “diametrul principal”.

Diagrama Smith completează ce conține toate **impedanțele cu valori care sunt de luat în seamă pe o linie cu $Z_0 = Z_n$** este reprezentată în fig. 5 [N4].

Unul dintre marile avantaje ale acestei reprezentări constă în faptul că locul geometric al tuturor impedanțelor ce produc un SWR dat este tot un cerc, **dar toate aceste cercuri au centrul în centrul diagramei.**

Alt avantaj constă în aceea că raza acestor cercuri este calibrabilă în toate mărimile care apreciază adaptarea: coeficient de reflexie “[Γ]”, pierderi de reflexie “RL”, SWR, etc.

În acest scop pe planșa care conține diagrama Smith (de obicei în partea sa inferioară) sunt prezentate mai multe scale rectilinii

Cu alte cuvinte pentru orice impedanță marcată cu un punct pe diagramă, se ia în compas distanța de la acel punct la centrul diagramei (raza cercului de SWR constant). Acest segment se plasează pe una din scalele rectilinii menționate și se citesc pe rând toate valorile ce caracterizează adaptarea: coeficient de reflexie “[Γ]”, pierderi de reflexie “RL”, SWR, etc.

Mai mult decât atât, dacă prin punctul ce reprezintă impedanța respectivă se duce o rază până la exteriorul diagramei, așa ca să intersecteze o scală circulară gradată în grade (hexazecimale) pe care se poate citi faza coeficientului de reflexie “[Γ]”.

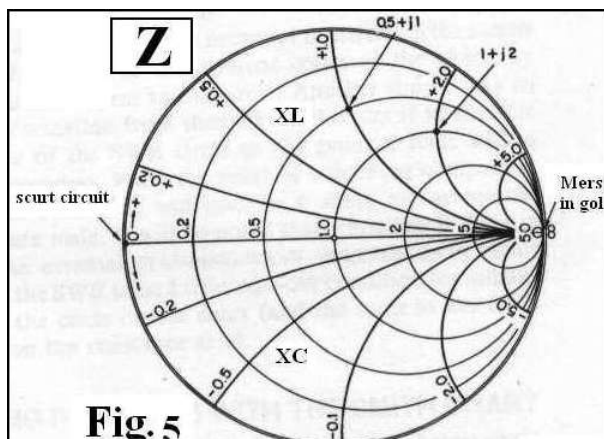
Scala respectivă este inscripționată în domeniul ± 180 grade, cu zero în extremitatea dreaptă a axei rezistențelor pure (diametrul orizontal al diagramei).

De obicei este cea mai apropiată de centrul diagramei, deoarece tot pe exterior sunt plasate și două scale circulare gradate în fracțiuni de lungime de undă pe linie (necesar stabilirii “rotațiilor” impedanței)

Amândouă au “zero-ul” în extremitatea stângă a diametrului orizontal al diagramei și se întind pe o jumătate de lungime de undă ($0,5\lambda$), dar una este gradată crescător în sensul acelor de ceasornic (sensul “spre generator”), iar alta în sens invers (sensul “spre sarcină”)

Așa dar diagrama Smith reprezintă un **dublu sistem de reprezentare grafică**: Unul (mai deosebit) pentru reprezentarea impedanțelor (normate) și o reprezentare **polară** a coeficientului de reflexie “[Γ]” (valoare complexă) care corespunde unei impedanțe date.

Așa cum a fost prezentată până acum (fig. 5) este adesea denumită diagrama “Z”, sau “diagrama Smith pentru impedanțe”, dar există și o diagramă Smith pentru cazul când se lucrează cu admitanțe (diagrama “Y”).



***** Fig. 5 *****

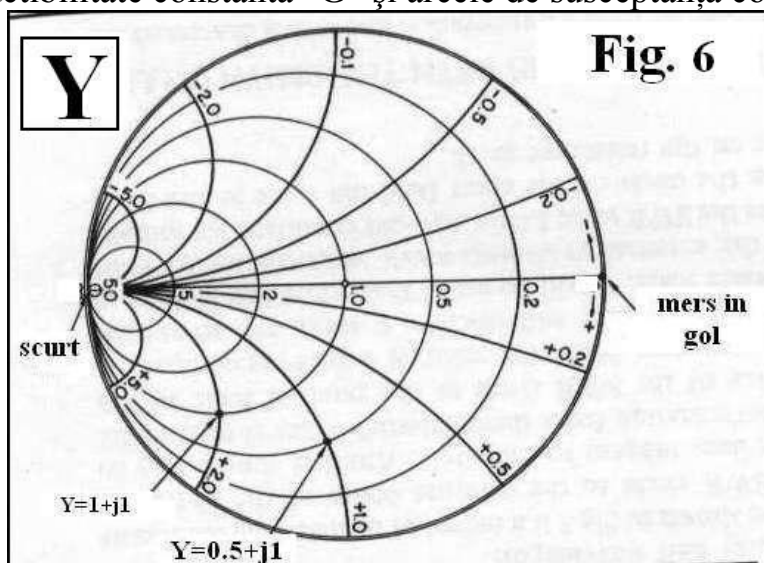
Aceasta se obține plecând de la diagrama “Z” prin dublu “flip” (orizontal și vertical) și arată ca în fig.6.

Aici după cum se vede cercurile de conductivitate constantă ($G=1/R$) sunt tangente la diagramă în extremitatea stângă a diametrului principal (care întocmai ca la diagrama “Z” reprezintă regimul de scurt-circuit: Admitanță infinită, corespunzător impedenței nule).

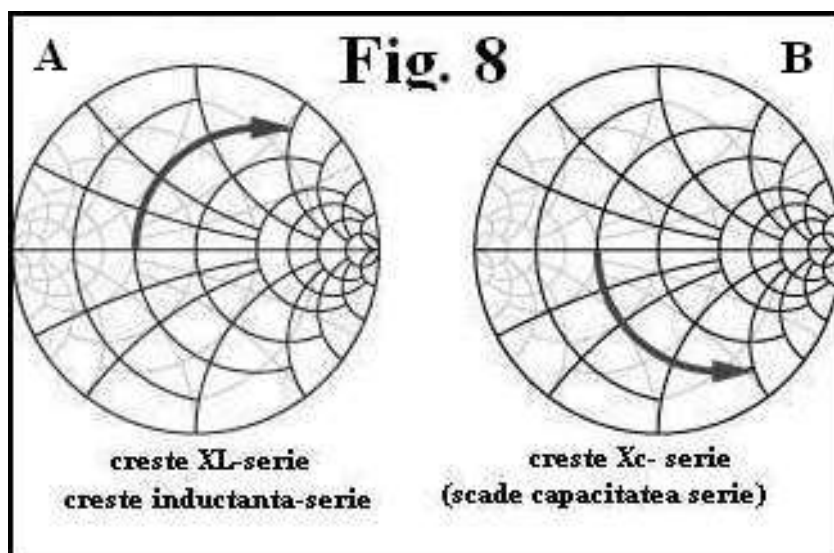
Aceasta Înseamnă că cele două diagrame pot fi suprapuse. Dar în acest caz este necesar să se utilizeze două culori diferite pentru a evita confuziile.

Cât privește arcele de susceptanță constantă ($B=1/X$), acestea arată ca în fig.7.

Important: Utilizatorul trebuie să-și inchipuie permanent că peste diagrama impedențelor (diagrama “Z”) este suprapusă o a doua diagramă Smith pe care sunt reprezentate admitanțele (diagrama Y) și care este imaginea “în oglindă” a acesteia așa cum se vede în fig.6 cu cercurile de conductibilitate constantă “G” și arcele de susceptanță constantă “B”.



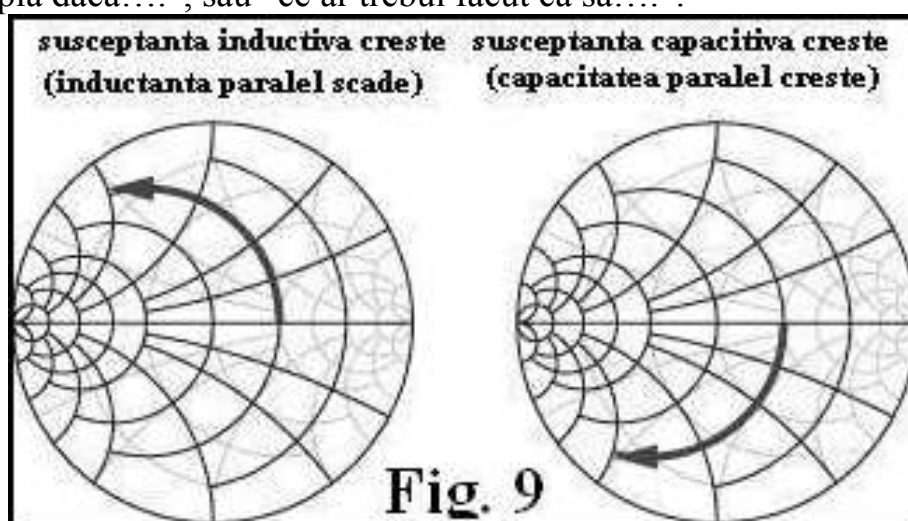
***** Fig. 6 *****



*****Fig. 8 *****

Când reactanța ce se adaugă este într-un braț paralel, atunci trebuie operat pe diagrama “Y” prin deplasarea corespunzătoare pe cercul de conductibilitate “G” constantă (ca în fig. 9).

Chiar dacă diagrama Smith nu se mai folosește pentru calcule (dispunându-se de programe dedicate acestui scop) înțelegerea procedurii respective permite (celui avizat) să răspundă la clasicele întrebări: “ce s-ar întâmpla dacă...”, sau “ce ar trebui făcut ca să...”.



*****Fig. 9 *****

Procedurile prezentate sumar în figurile 8 și 9 ne permit să analizăm (sau să proiectăm) principalele tipuri de circuite de adaptare care sunt rețele reactive în scară.

Deplasările pe cercurile de “R” sau de “G” constant care corespund adăugării unor reactanțe într-un braț serie (respectiv paralel) în rețeaua de adaptare se încep de la sarcină (impedanța de intrare în fider “Z_i”) și se continuă până se ajunge în centrul diagramei (adaptarea perfectă).

