

**Diagrama “Smith” mai este utilă în zilele noastre?-(2)
Întrebări și răspunsuri.**

D. Blujdescu YO3AL

Întrebare 3.

Învățarea diagramei Smith nu pare o treabă foarte ușoară. Oferiți-ne un exemplu de folosire cât mai spectaculoasă a acesteia pentru a ne convinge să acceptăm efortul de a-i deprinde tainele.

Răspuns 3.

O prezentare completă a tuturor aplicațiilor diagramei Smith ar putea ocupa un volum editorial cu mult mai mare decât articolul de față.

Avantajele felului cum sunt reprezentate impedanțele (sau admitanțele) pe această diagramă i-au determinat pe cercetători să o utilizeze în numeroase alte domenii

Sunt numeroase cazurile în care pentru diverse aplicații s-au creat diagrame pe suport transparent care se folosesc **suprapuse** peste diagrama Smith.

Un asemenea caz este cunoscut drept “diagrama Carter”, a cărei utilizare a fost prezentată în [B14].

Am ales însă un exemplu mai puțin spectaculos, dar mai util în înțelegerea funcționării unor circuite de adaptare (tunere), cu atât mai mult cu cât în lucrarea originală a lui Smith [B11] această temă ocupă un capitol separat Este cunoscut (și explicabil) că acest tip de circuit de adaptare asigură o transformare de impedanță cu factorul de calitate în sarcină “ Q_s ” cel mai mic, deci cu randamentul cel mai bun [N5].

Și totuși schemele de tunere cele mai răspândite sunt cele “în T sau în PI”.

Iată și explicația: Există opt combinații distincte de reactanțe pentru celula “L”, dar numai patru folosesc două reactanțe de semn contrar, așa cum rezultă din fig. 10.

După cum se vede fiecare dintre acestea sunt utilizabile numai când impedanța “de sarcină”, adică cea de intrare în fider “ Z_i ” se află într-un domeniu destul de restrâns pe diagrama Smith:

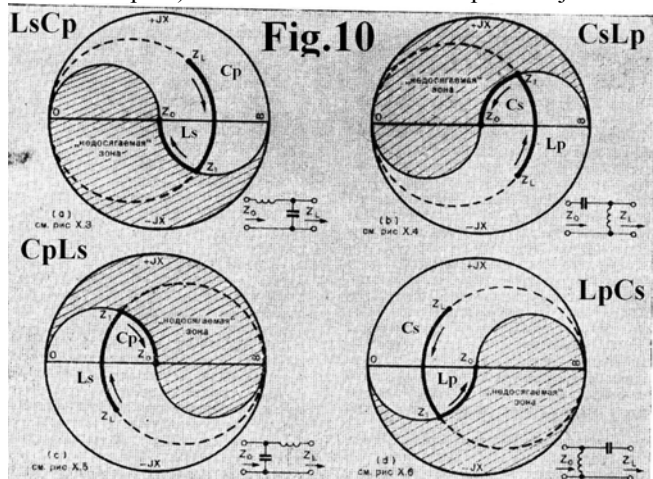
În fig. 10 sunt hașurate domeniile în care combinația respectivă nu este utilizabilă.

După cum se observă domeniile sunt delimitate de cercurile $R^*=1$ și $G^*=1$, iar domeniile versiunilor de circuit se “completează” reciproc două câte două.

Spre a deosebi variantele de circuit “L” vom folosi următoarea notație: Vom socoti că prima reactanță este cea din spre “generator”, adică cea din spre emițător, iar cea de a doua cea din spre sarcină (adica din spre impedanța de intrare în fider “ Z_i ”.

Ambele reactanțe au câte un indice “s” sau “p” după cum sunt conectate într-un braț serie (“s”) sau unul paralel (“p”), ca în fig.10.

Deoarece au inductanță în brațul serie, versiunile “LsCp” și “CpLs” (a căror domeniu de existență se completează reciproc) sunt adesea denumite de tip “trece jos”.



*****Fig. 10 *****

Să presupunem că dorim să folosim un circuit de tip CpLs, dar impedanța la intrarea în fider “ Z_i ” se găsește în domeniul în care respectivul circuit nu este utilizabil (în partea hașurată).

În mod obișnuit se comută pe un alt tip de circuit “L”, dar mai există și o altă soluție:

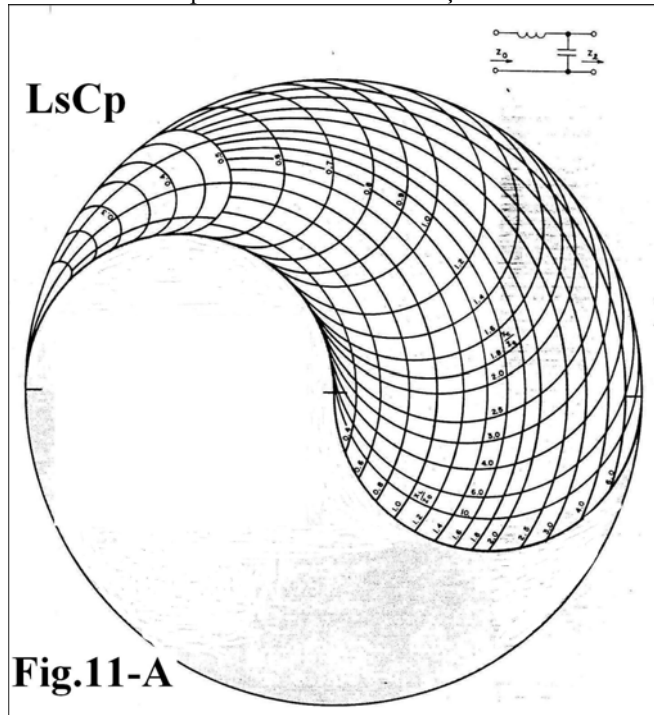
Consultați fig. 10B și veți înțelege că adăugarea în paralel cu sarcina a unei capacități de mărime convenabilă poate duce impedanța rezultantă în domeniul în care circuitul dorit (CpLs) este utilizabil.

Și iată cum noul circuit nu mai este unul în “L”, ci cunoscutul circuit în “PI”. Astfel **s-a evitat comutarea versiunii de circuit, dar ne-am ales cu o reactanță în plus**, Deci cu un factor de calitate în sarcină Q_s mai mare, prin urmare și cu pierderi mai mari.

La o primă examinare a domeniilor de existență a celor două **perechi** de versiuni LsCp și CpLs (tipul “trece sus”), sau CsLp și LpCs (tipul “trece Jos”) s-ar părea că oricare dintre ele acoperă complet toate “valorile de luat în seamă” ale impedanțelor”[N4].

Ar rezulta că o singură comutare între versiunile LsCp și CpLs sau între CsLp și LpCs ar permite adaptarea în toate cazurile.

În realitate lucrurile stau altfel: Să analizăm perechea LsCp și CpLs pentru care în [B11] sunt normate inclusiv valorile celor două componente ale circuitului așa cum rezultă din figurile 11A și 11B



*****Fig. 11-A *****

Se observă că pe conturul domeniului de utilizare a fiecărei versiuni valorile celor două reactanțe pot deveni ne practice.

Prin urmare **cele două domenii nu se mai completează reciproc**, deoarece pe zonele “de graniță” rămân porțiuni în care niciuna dintre versiunile de circuit nu este utilizabilă.

Ca să înțelegem mai bine, să folosim cunoscutul program “TLW” [N1] pentru a proiecta un circuit “L” de tip “trece jos” (deci cu inductanță în bratul serie, dacă impedanța de intrare în fider Z_i este una dintre valorile: $Z_i=(50-j10)$; $(50-j20)$; $(50-j30)$; $(50-j40)$; $(50-j50)$ sau $(50-j60)$ Ohmi, adică se găsește la limita comună a domeniilor de existență a celor două versiuni “LsCp”, sau “CpLs” pe cercul de $R^*=1$.

Răspunsul va fi “This Won’t Match”, deoarece una dintre reactanțe rezultă nulă

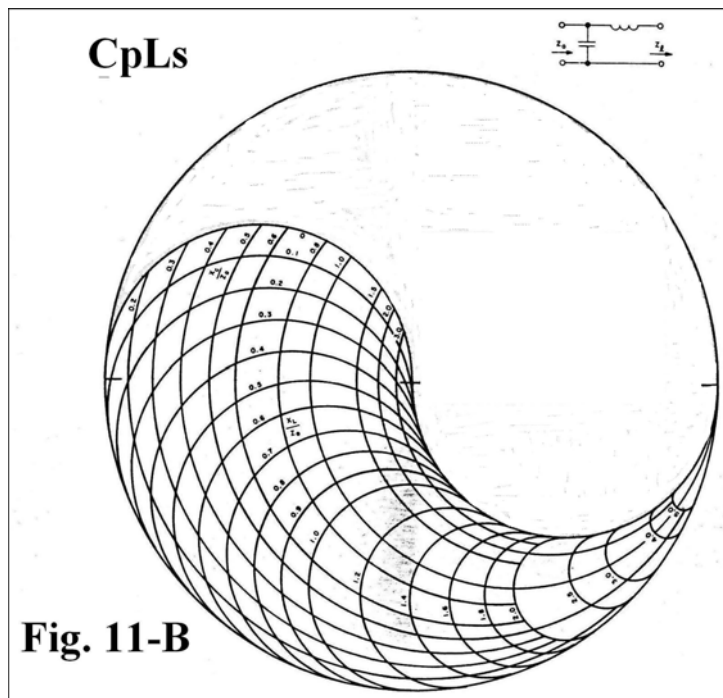
Deci pentru acoperirea continuă a “valorilor de luat în seamă” ale impedanțelor [N4] un tuner trebuie să asigure comutarea în toate cele patru versiuni din fig. 10.

În plus la reglajul unui asemenea tuner alegerea versiunii necesare ar necesita măsurarea sarcinei (Z_i), ceea ce complică mult lucrurile în practică.

Necesitatea acestor comutări explică de ce se evită versiunile cu două reactanțe de același tip (CpCs; CsCp; LpLs și LsLp).

Posibilitatea de a utiliza avantajul factorului de calitate în sarcină cel mai mic (Q_s) care caracterizează celulele “L” au atras atenția proiectanților de tunere automate comandate cu microprocesor.

Dar în acest caz alegerea versiunii de circuit necesită măsurarea impedanței de sarcină așa cum rezultă de exemplu din descrierea tunerului MFJ 929 [B 15], [B16].



*****Fig. 11-B *****

Întrebare 4.

M-am hotărât să învăț să folosesc diagrama Smith ! Unde găsesc material documentar în acest scop ?

Răspuns 4.

În primul rând încercați să vedeți care dintre materialele prezentate în bibliografie [B1.....B11] vi se pare mai abordabil.

Puteți de asemeni să încercați o învățare interactivă folosind programul "SCTU" care se găsește în suplimentul soft ale ultimelor ediții ale ARRL Antenna Book.

Un tutorial interactiv în cinci părți găsiți la: http://www.fourier-series.com/rf-concepts/flash_programs/SmithChart_L_C_Match/smithchart_L_C_match.html.

Alte materiale documentare care prezintă (explică) diagrama Smith și aplicațiile sale se pot descărca de la adresele:

<http://pagesperso-orange.fr/f6crp/ba/smith.htm>

<http://pagesperso-orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23p/RM23p.html>

http://www.qsl.net/va3iul/Iulian_Rosu

<http://www.ac6la.com/>

<http://www.aeatechnology.com/software/application-notes/an104>

<http://www.sss-mag.com/smith.html#tutor>

<http://www.antennex.com/preview/Folder03/Oct4/smith.htm>

http://www.sss-mag.com/pdf/smith_chart_basics.pdf

<http://cnx.org/content/m1060/latest/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Smith_chart

<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN742.pdf>

<http://www.scott-inc.com/html/smith.htm>

http://education.tm.agilent.com/index.cgi?CONTENT_ID=5

<http://www.microwaves101.com/encyclopedia/Smithchart.cfm>

http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/742

http://www.odysseus.nildram.co.uk/RFMicrowave_Theory_Files/SmithChartPart1.pdf

http://www.odysseus.nildram.co.uk/RFMicrowave_Theory_Files/SmithChartPart2.pdf

http://www.fars.k6ya.org/docs/smith_chart.pdf

<http://www.sss-mag.com/pdf/hpsmith.pdf>

http://www.sss-mag.com/pdf/arrl_circles.pdf (QEX- circle utility)

<http://www.scott-inc.com/html/smith.htm>

Întrebare 5.

Ce metodă de învățare recomandați în cazul diagramei Smith?

Răspuns 5

Ca în cazul oricărui material documentar cu caracter tehnic lectura necesită concentrare (deci liniște, nu ascultând muzică), dar mai ales **utilizând hârtie și creion**: Tot ce ați scris sau desenat cu mâna dumneavoastră se “fixează” mult mai sigur !

În cazul nostru prin “hârtie” se înțelege inclusiv o diagramă Smith “goală” (adică fără date înscrise în prealabil) pe care să faceți propriile însemnări, iar ca “ajutor” o riglă și un compas.

O asemenea diagrama Smith (fără date) poate fi descărcată (ca fișier sau direct la imprimantă) de la una dintre adresele:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Smith_chart.jpg/

<http://www.sss-mag.com/smith.html#examples>

<http://www.sss-mag.com/images/smithcol.tif>

http://www.eecircle.com/applets/006/imped_admit_smithchart.pdf (color)

<http://www.sss-mag.com/pdf/smithchart.pdf> (pdf alb-negru)

<http://www.printfreegraphpaper.com/gp/smith-a4.pdf> (după ce alegeți comanda print”

<http://www.printfreegraphpaper.com/>

<http://www.antennex.com/preview/Folder03/Oct4/smithchart.gif>

<http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/gifpics/smith.gif>

<http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/smithc.html>

<http://www.eecircle.com/applets/006/JSmith.html>

Atenție: Unele tipuri de imprimante și copiatoare deformează imaginea, astfel încât “cercul” diagramei devine de fapt un “oval”, așa că diagrama este inutilizabilă. Pentru verificare un simplu compas este suficient.

O oarecare experiență didactică în însușirea diagramei respective, ne îndreptățesc să recomandăm următoarea procedură:

Folosiți un program pentru calculul propagării pe liniile de transmisiuni **care nu afișază rezultatele pe diagrama Smith [N1]**.

Cu ajutorul său vă creați exemple pe care **dumneavoastră** să le prezentați pe o diagramă goală (fără date). În final comparați rezultatele cu cele furnizate de program și faceți rectificările necesare [N1].

Observație: deoarece diagrama Smith este pentru linii fără pierderi, pentru aceste exemple de exercițiu se recomandă să alegeți cabluri cu atenuare foarte mică și să nu lucrați la frecvențe mari.

Iată un asemenea exemplu produs cu programul TLW [N1]:

Un cablu coaxial de tip “LDF6-50A Heliac” cu lungimea de 9.53m este încărcat pe impedanța de sarcină $Z_s = (40 - j30)$ Ohmi. La frecvența de 3,5 Mhz ($0,125\lambda$) prezintă la intrare impedanța $Z_i = (25,06 + j0)$ Ohmi și $SWR = 2$.

Reprezentați pe diagrama Smith situația respectivă.

Soluția:

Deoarece cablul are impedanța caracteristică $Z_0 = 50$ Ohmi, aceasta va fi și impedanța la care vom face normarea, deci: $Z_s^* = 40/50 - j30/50 = 0,8 - j0,6$, iar $Z_i^* = 25/50 + j0/50 = 0,5 + j0$.

Marcăm pe diagramă impedanța de sarcină $Z_s^* = 0,8 - j0,6$, apoi cu ajutorul riglei, prin punctul respectiv ducem o rază până la scalele de pe exteriorul diagramei.

La intersecția cu scara gradată în fracțiuni de λ “spre generator” citim valoarea, la care adăugăm $0,125\lambda$ (lungimea electrică a cablului coaxial) și în acest punct trasăm o nouă rază.

Cu ajutorul compasului și cu centrul în centrul diagramei trasăm un cerc prin punctul care reprezintă sarcina (Z_s^*). Acesta este “cercul de SWR constant”, iar la intersecția acestuia cu noia rază trasată trebuie să găsim impedanța la intrarea în cablu ($Z_i^* = 0,5 + j0$)

Odată trasat “cercul de SWR constant”, intersecția acestuia cu axa rezistențelor (în jumătatea cu valorile mari) este la gradația “2”, deci $SWR = 2$.

Dacă pentru a afla valoarea SWR se dorește utilizarea scalelor rectilinii care sunt atașate diagramei, se ia în compas raza cercului și apoi pe scalele respective se pot citi (pe rând) SWR, coef. de reflexie $[\Gamma]$, pierderile de reflexie (RL), etc

Nu ne mai rămâne decât să vă dorim succes !

Note:

N1/ Un asemenea program este “TLW” a carui mod de utilizare a fost prezentat în Nr.9/2008 (pag.9_13) al revistei noastre și se găsește în suplimentul soft al ultimelor ediții ale “ARRL Antenna Book”, (cea mai nouă versiune este “TLW3”).

N2/ Acestea se numesc “impedanțe complex- conjugate”.

N3/ Din aceste motive transformarea de impedanță provocată de linia lungă se obișnuiește a fi denumită “rotația impedanței de sarcină”.

N4/ Să explicăm concret expresia “**valori de luat în seamă**” ale impedanțelor pentru o linie cu impedanța caracteristică Z_0 egală cu cea de normare Z_n :

O sarcină rezistivă $R = 10$ Ohmi nu este de neglijat pe o linie cu $Z_0 = 50$ Ohmi (valoarea normată este $R^* = 10/50 = 0,2$), dar poate fi neglijată dacă $Z_0 = 600$ Ohmi (valoarea normată este $R^* = 10/600 = 0,016$, deci practic considerată nulă)

Acesta este unul dintre avantajele reprezentării normate a impedanțelor.

N5/ Pierderile într-o rețea reactivă de adaptare sunt: $P_d = Q_s/Q_o$ unde Q_o este factorul de calitate în gol al componentelor.

Bibliografie:

- B1/** George Lojewski Linii de transmisiune pentru frecvențe înalte. Editura Tehnică, București 1996.
- B2/** Prof Dr. George Rulea Linii de transmisiune. În: RCRA 10/1998 pag. 9_16 și RCRA 2/2000 pag. 9_11.
- B3/** * F6ELM De l'emeteur a l'antenne... Le diagramme de Smith. Partea a doua în RADIO REF 1/1982.
- B4/** I.A.Moxon G6XN The Smith Chart. În: Radio Communication (GB) 1/1977 pag. 22_29.
- B5/** Von Manfred Horst DF1DF Kreisdiagramme in der Funktechnik. În: CQ DL 4/1981 pag. 164; CQ DL 6/1981 pag. 268; CQ DL 8/1981 pag.382; CQ DL 10/1981 pag.480.
- B6/** James R. Fish W1HR How to use the Smith Chart. În: Ham Radio 3/1978 pag. 92_101.
- B7/** Joules Watt „Philip Smith's Chart”. În: Electronics & Wireless World 1989 pag. 759_764.
- B8/** Peter Dodd G3LDO. The User Friendly Smith Chart. În Radio Communication (GB) Aprilie 1995 pag. 40_44
- B9/** R. Sherman Banks N4CXF Smith Chart Fundamentals. În: QEX 3/1987 pag.6_9'
- B10/** William E. Sabin Wo1YH ARRL Radio Designer and the Circles Utility: Part1: Smith Chart Basic În: QEX 9/1998 pag.5_11.sau la http://www.sss-mag.com/pdf/arrl_circles.pdf
- B11/** Phillip Smith Electronic Applications of the „Smith Chart in Waveguide, Circuits and Components Analysis. New York McGraw Hill 1969 (sau reeditări stereotip) (tradusă în limba rusă sub titlul: „Krugovâe diagrammâ v radioelektronike” Moskova Ed. Sviazi 1976/ ediție care se găsește și în biblioteca soft a redacției).
- B12/** Ing. Petre Predoiu YO7LTO Experimente cu impedanțmetrul de US. În: RCRA 5/2008 pag.8-9. (conține și o prezentare “telegrafică” a diagramei Smith)
- B13/** D. Blujdescu YO3AL Experimente simulate cu fideri și reflectometre. Partea Ia (Articol preluat din revista “Conex Club” anul III Nr.30 (Nr. 2/2002) pag. 21..24).și republicat în “Radiocomunicații și Radioamatorism” Nr. 5/2003 pag. 16.în care se prezintă și programul Motorola-“MIMP” care acum se poate descărca de la: <http://www.sss-mag.com/smith.html>
- B14/** D. Blujdescu YO3AL Reflectometrul lui G4FHU Partea a Ia. Publicat în: RCRA10/ 2003 pag. 20.
- B15/** Sorin Nimară YO7CKQ MFJ929- un accesoriu util în: <http://www.radioamator.ro/articole/view.php?id=553>
- B16/** CompactIntelli Tuner™ Automatic Antenna Tuner Model MFJ-929 Instruction Manual În: <http://www.mfjenterprises.com/man/pdf/MFJ-929.pdf>