

TEMĂ

Diagrama Smith

George Marian Vasilescu

31 Mar. 2016 (Rev. 07 Apr. 2017)

Exercițiul 1. Să se reprezinte pe diagrama Smith următoarele impedanțe normalizate: a) $z_1 = 0,5 - 0,5j$; b) $z_2 = 0,2 + 0,1j$; c) $z_3 = 0,02 - 0,12j$; d) $z_4 = 1$; e) $z_5 = 1 + 1,4j$; f) z_6 corespunzătoare unui scurtcircuit; g) z_7 corespunzătoare unui gol. Unde sunt situate, pe diagramă, impedanțele normalizate corespunzătoare bobinelor sau condensatoarelor? Dar cele corespunzătoare rezistorilor ideali?

Exercițiul 2. O linie de transmisie fără pierderi de 50Ω este terminată într-o sarcină având impedanța: a) $Z_1 = 15 + 15j$; b) $Z_2 = 15 - 30j$; c) $Z_3 = -100j$. Să se determine coeficientul de reflexie al tensiunii Γ pentru cele trei cazuri.

Pentru ce valori ale impedanței de sarcină coeficientul este întotdeauna egal cu 1? Unde sunt situate, pe diagramă, impedanțele normalizate ale sarcinilor în acest caz?

Pentru ce valoare a impedanței sarcinii este coeficientul întotdeauna egal cu 0? Unde este situată, pe diagramă, impedanța normalizată a sarcinii în acest caz? Ce se poate spune despre undele reflectate de sarcină în acest caz?

Exercițiul 3. O linie de transmisie fără pierderi de 100Ω este terminată într-o sarcină de impedanță $Z_s = 100 - 60j [\Omega]$.

- Să se determine raportul de undă staționară S .
- Identificați cu ajutorul diagramei alte două impedanțe de sarcină pentru care se obține același S .
- Deoarece linia nu este adaptată: $S \neq 1$ și impedanța de-a lungul acesteia variază. Unde se regăsesc pe diagramă valorile impedanței de linie?
- Ce rază are cercul de S -constant atunci când linia este adaptată? Ce valoare are S în acest caz?

Exercițiul 4. Linia de transmisie fără pierderi de 75Ω și lungime $l = 0,2\lambda$, din figura 1, este terminată într-o impedanță de sarcină $Z_s = 22,5 + 15j [\Omega]$. Ce valoare are impedanța de intrare Z_{in} ?

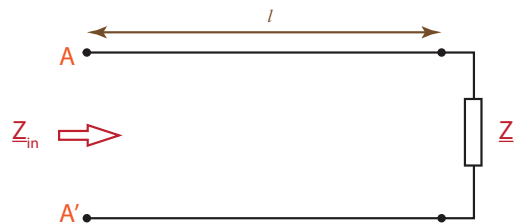


Figura 1: O linie lungă fără pierderi terminată într-o sarcină de impedanță Z_s

Exercițiul 5. O linie de transmisie fără pierderi de 50Ω și lungime $l = 4,38\lambda$ are conectată la ieșirea acesteia o antenă. Măsurând impedanța de intrare în linie se obține $Z_{in} = 80 - 25j [\Omega]$. Ce valoare are impedanța de intrare a antenei? **Calculați coeficientul de reflexie al tensiunii Γ .**

Soluții și indicii

Soluția 1.

Se identifică pe diagramă (figura 2), cercurile de coordonate corespunzătoare rezistențelor r și reactanțelor x normalizate. Se marchează punctul. Rezistențele normalizate r sunt întotdeauna pozitive, în timp ce reactanțele normalizate pot fi pozitive (caz în care sunt situate în cadranele I și II) sau negative (caz în care sunt situate în cadranele III și IV).

Indiciu pentru întrebări: impedanțele sunt de forma $\underline{Z} = R + 0j$ pentru rezistori și de forma $\underline{Z} = 0 + Xj$ pentru bobine și condensatoare, unde X poate fi pozitiv sau, respectiv, negativ.

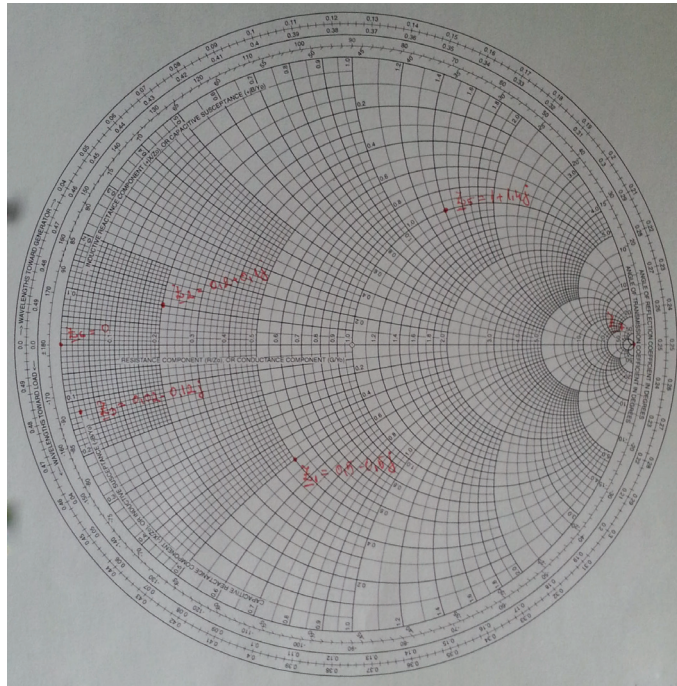


Figura 2: Reprezentarea pe diagrama Smith a impedanțelor.

Soluția 2.

Linia are impedanța caracteristică $\underline{Z}_0 = 50 \Omega$. Pașii ce trebuie urmați sunt aceiași pentru toate cele trei cazuri. În figura 3 sunt indicate toate cele trei cazuri.

Pas 1: Se calculează impedanța normalizată a sarcinii $\underline{z}_1 = \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_0} = 0,3 + 0,3j$.

Pas 2: Se marchează pe diagramă punctul corespunzător impedanței normalizate. (punctul **A** pe figură).

Pas 3: Se trasează un segment din centrul diagramei până în punctul obținut la pasul anterior. Acest segment este chiar numărul complex¹ $\underline{\Gamma}_1$ (punctul **B** pe figură). Pentru a descrie algebric acest număr trebuie să identificăm *partea reală și imaginară* sau *modulul și argumentul* său. Pentru aflarea acestora din urmă se procedează astfel:

i: *Se identifică modulul.* Există **două** modalități. **1.** Cercului exterior îi corespunde valoarea $\underline{\Gamma} = 1$. Se măsoară cu rigla² raza cercului (77 mm) și lungimea segmentului

¹Diagrama este "suprapusă" peste planul complex $\underline{\Gamma}$, originea acestuia fiind identică cu centrul diagramei.

²Evident valorile măsurate pot fi diferite în funcție de dimensiunile reale ale diagramei pe foaie. Raportul va fi, însă, întotdeauna același.

(44 mm). Raportul $44/77 = 0,57$ este cantitatea căutată $|\underline{\Gamma}_1| = 0,57$. **2.** O metodă mai rapidă constă în utilizarea compasului și a scalei exterioare REFLECTION COEFFICIENT E OR I marcată în figură. Se reține lungimea segmentului pe compas și se transferă pe scala exterioară, plasând acul compasului în centrul acesteia (valoare obținută este cea din punctul **C** pe figură).

- ii: *Se identifică argumentul:* Pentru măsurarea unghiului se folosește scala ANGLE OF REFLECTION COEFFICIENT IN DEGREES, marcată pe desen, pe circumferința diagramei. Pentru impedanța \underline{Z}_1 unghiul coeficientului de reflexie este $143,8^\circ$ (punctul **D** pe figură).

Pas 4: Coeficientul căutat este, deci, $\underline{\Gamma}_1 = 0,57e^{j143,8^\circ}$.

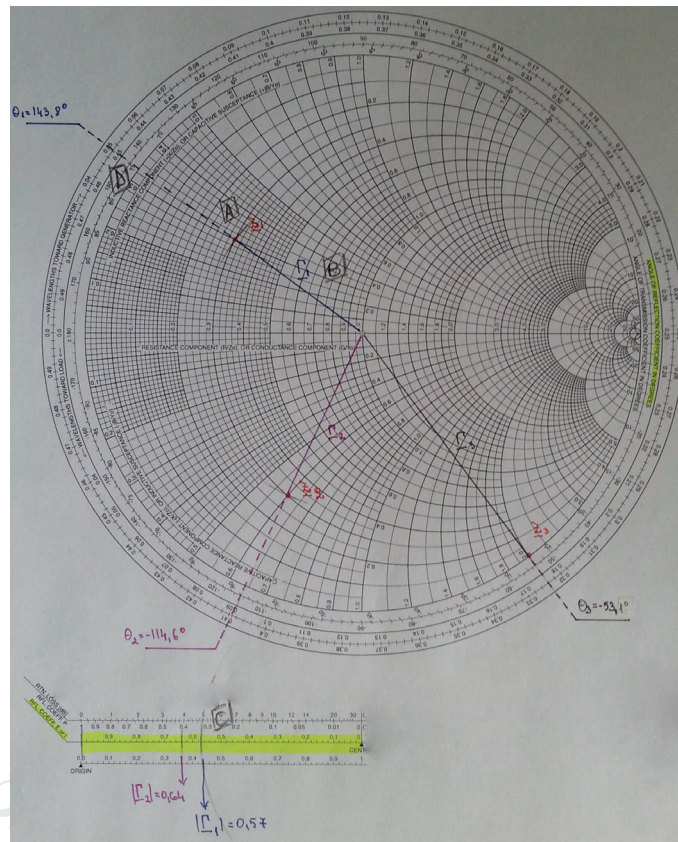


Figura 3: Determinarea coeficientului de reflexie $\underline{\Gamma}$ cu ajutorul diagramei Smith.

Soluția 3.

Pas 1: Se calculează impedanța normalizată $\underline{z}_s = 1 - 0,6j$

Pas 2: Se marchează pe diagramă \underline{z}_s (**A** pe figura 4)

Pas 3: Se desenează cercul de S-constant plasând acul compasului în centrul diagramei și creionul în punctul corespunzător punctului desenat în pasul anterior. (**B** pe figură)

Pas 4: Valoarea coeficientului S se poate obține în două moduri:

- i: Se identifică punctul de intersecție al cercului cu partea dreaptă a axei orizontale (**C** pe figură).

- ii: În mod asemănător problemei anterioare, se transferă cu ajutorul compasului, raza cercului pe scala STANDING WAVE RATIO (**D** pe figură).

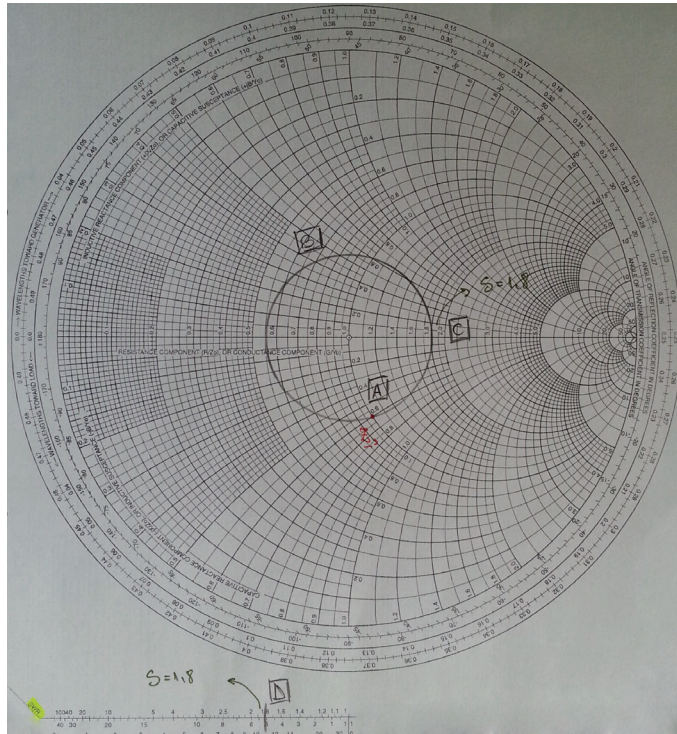


Figura 4: Desenarea cercului de S-constant și determinarea raportului de undă staționară S cu ajutorul diagramei Smith.

Soluția 4.

- Pas 1:** Se calculează impedanța normalizată $z_s = 0,3 + 0,2j$
- Pas 2:** Se marchează punctul în care este situată z_s (**A** pe figura 5)
- Pas 3:** Se trasează cercul de S-constant.
- Pas 4:** Impedanța z_s apare la capătul liniei lungi. Pentru a afla impedanța la intrare trebuie să ne “deplasăm” spre intrare (adică spre generator) pornind din poziția în care se află sarcina. Acest lucru se traduce pe diagramă prin deplasarea de-a lungul scalei WAVELENGTHS TOWARD GENERATOR cu o distanță egală cu lungimea liniei. Se determină poziția “inițială”, corespunzătoare sarcinii, trasând o dreaptă ce trece prin centrul diagramei și punctul obținut la **pasul 2**. Rezultă valoarea $0,0341\lambda$ (**B** pe figură).
- Pas 5:** La aceasta se adăugă lungimea l a liniei obținându-se $0,0341\lambda + 0,2\lambda = 0,2341\lambda$. Se caută pe scala WAVELENGTHS TOWARD GENERATOR această nouă lungime și se trasează, pentru ea, o nouă dreaptă din centrul diagramei (**C** pe figură).
- Pas 6:** Valoarea impedanței în orice punct de pe linie se regăsește pe cercul de S-constant. Drept urmare, deoarece dreapta de la pasul anterior corespunde poziției de intrare în linie, punctul de intersecție al dreptei cu cercul este chiar impedanța de intrare normalizată: $z_{in} = 3,15 + j$ (**D** pe figură).

Pas 7: Impedanța de intrare se obține din impedanța normalizată: $\underline{Z}_{in} = z_{in} \cdot \underline{Z}_0 = 236,25 + 75j$ [Ω]. Impedanța de intrare, obținută analitic aplicând formula dedusă la curs, este $\underline{Z}_{in} = 235,55 + 73,71j$ [Ω].

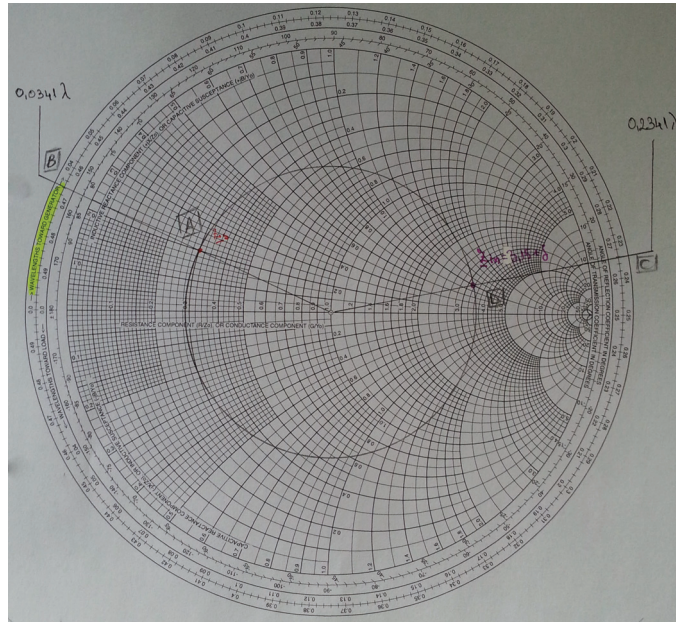


Figura 5: Obținerea impedanței de intrare \underline{Z}_{in} cu ajutorul diagramei Smith.

Soluția 5.

$$\underline{Z}_{ant} = 34,08 - 19,90j \text{ } [\Omega]$$

Problema se tratează în mod similar celei anterioare (vezi figura 6). Impedanța de intrare în antenă constituie impedanța de sarcină a liniei. Deoarece în acest caz se cunoaște impedanța de intrare (corespunzătoare poziției generatorului) și se dorește impedanța de sarcină, „deplasarea” pe diagramă se va realiza de-a lungul scalei WAVELENGTHS TOWARD LOAD pe o distanță corespunzătoare lungimii liniei l .

Impedanța de-a lungul liniei se repetă după $0,5\lambda$. Din acest motiv scala are lungimea de doar $0,5\lambda$. Diagrama poate fi, însă, încercuită de mai multe ori.

Atenție! Pentru determinarea corectă a coeficientului de reflexie trebuie să ținem cont de definiția acestuia! În ce poziție pe linie este acesta calculat? Pe cercul de S-constant din figura 6 de mai jos apar două impedanțe. Pentru care din acestea îl calculăm pe $\underline{\Gamma}$?

$$\underline{\Gamma} = 0.29e^{-j115.3^\circ}$$

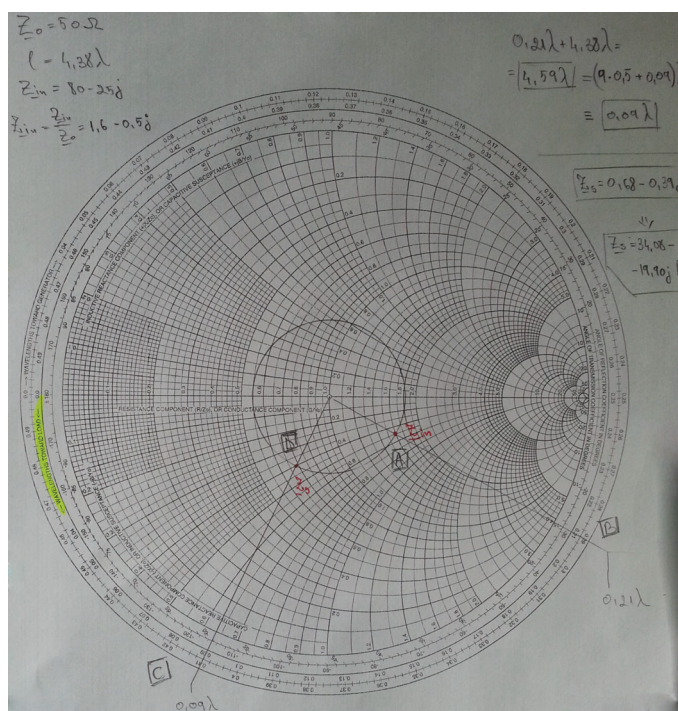


Figura 6: Obținerea impedanței sarcinii Z_s cunoscând impedanța de intrare Z_{in} .