

2.5.4. TIPURI DE LINII FOLOSITE LA FRECVENTE INALTE

2.5.4.1. Cablul coaxial

Linia coaxiala este folosita intr-o gama foarte larga de frecvente, de la frecventa zero (curent continuu) pâna la frecvente de ordinul gigahertilor.

Propagarea câmpului electromagnetic in cablu coaxial are loc sub forma unei unde transversale electrice si magnetice (unde TEM), unda in care atât câmpul electric cât si câmpul magnetic sunt perpendiculare pe directia de propagare. Constanta universala $Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$ se numeste impedanta de unda a vidului care in sistemul international de masura, SI, are valoarea numerica:

$$Z_0 = 120 \pi \cong 377 [\Omega]. \quad (2.32.)$$

Folosind unitati SI, expresia caracteristica a unui cablu coaxial este:

$$Z_C = 60 \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} \ln(a/b) \cong 138 \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} \log(a/b), [\Omega]. \quad (2.33.)$$

$\mu_r'' = \mu / \mu_0$ si $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$ sunt permeabilitatea magnetica relativa, respectiv permeabilitatea electrica relativa din interiorul cablului; de obicei $\mu_r \cong 1$ iar pentru cablul cu aer $\mu_r \cong \epsilon_r \cong 1$; a/b este raportul razelor conductoare.

Capacitatea si inductanta liniei a cablului pot fi determinate cu formulele:

$$C_L = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(a/b)}, \quad L_L = \frac{\mu}{2\pi} \ln(a/b). \quad (2.34.)$$

Din relatia de calcul a pierderilor in conductoarele liniei se constata ca pentru un raport $a/b \cong 3,6$ se obtine o atenuare minima (fig. 2.36); acest raport optim din punct de vedere al atenuarii corespunde unei impedante caracteristice de aproximativ 77Ω , daca dielectricul cablului este aerul.

Privitor la calculul puterii maxime transmisibile intr-un cablu coaxial se apreciaza ca este proportionala cu aria sectiunii transversale a cablului si nu depinde de frecventa; pierderile in dielectric cresc cu frecventa, deci la frecvente inalte, puterea transmisibila este limitata de acest parametru.

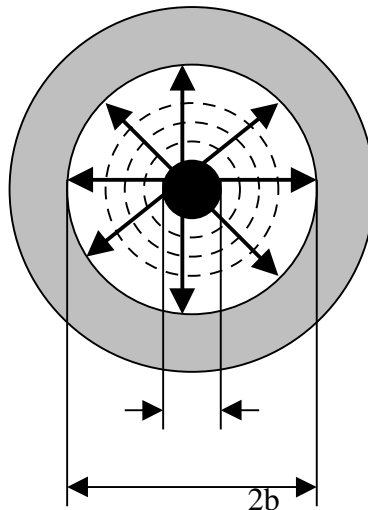


Fig. 2.36. Sectiune transversala printr-un cablu coaxial (unda T.E.M.).

Un raport optim $a/b = e^{0.5}$ conduce pentru cablurile cu aer la o impedanta caracteristica de 30Ω . Având in vedere mai multe criterii de optimizare se apreciaza ca o solutie de compromis este alegerea unei impedante caracteristice uzuale de 50Ω . In aplicatii se folosesc valori ale impedantei caracteristice de 75Ω , pentru situatiile in care semnalul este foarte mic.

Pentru a realiza practic cablurile coaxiale este necesara adoptarea unui sistem oarecare de fixare a conductorului central. Cea mai simpla metoda este folosirea unui dielectric solid care sa umple tot spatiul dintre conductoare ce are drept consecinta scaderea impedantei caracteristice a cablului si produce micșorarea lungimii de unda:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_1}} \quad (2.35.)$$

O alta solutie este cablul cu aer in care conductorul central se sprijina pe suportii de dielectric având forma unor runde distantate intre ele.

Prezenta rondelor in cablul coaxial provoaca aparitia unor reflexii nedorite; pentru o anumita valoare a benzii efectul se minimizeaza daca rundele se aleg de grosime egala cu jumatatea lungimii de unda in ghidul cu dielectric. In cazul rondelor se pot folosi discuri subtiri, distantate intre ele cu un sfert de lungime de unda: $d = \lambda/4$, $g \ll d$; o solutie pentru evitarea reflexiilor este micșorarea diametrului conductorului interior (b). Linia functioneaza bine la orice frecventa dar existenta rondelor diminueaza puterea maxima transmisibila. In tabelul nr. 2.1 sunt prezentate câteva variante de linii coaxiale si expresiile impedantelor caracteristice corespunzatoare.

Cablurile coaxiale au reale performante electrice si mecanice, din aceasta cauza sunt des utilizate in practica.

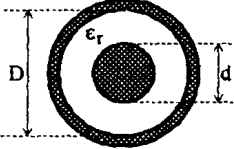
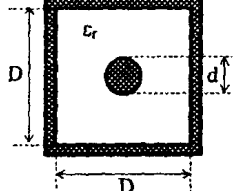
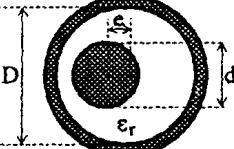
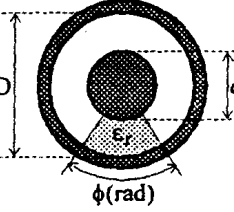
Un prim avantaj este structura lor inchisa, ecranata fata de efectele perturbatiilor externe. Aplicatiile curente ale cablurilor coaxiale acopera un domeniu mare de frecventa, de la frecventa 0 a curentului continuu, la frecvente foarte inalte, de ordinul gigahertilor.

Limita superioara a frecventelor este determinata de cresterea pierderilor, in special la cablurile cu dielectric.

Pierderile limiteaza folosirea cablurilor coaxiale la frecvente mai joase de 10 GHz, uzual chiar mai joase de 1 GHz.

Folosirea liniilor la frecvente foarte inalte este limitata si de posibilitatea aparitiei unor moduri superioare de propagare.

Tabelul nr. 2.1.

Tipul linii	Impedanța caracteristică (ohmi)
<p data-bbox="305 216 548 243">Cablul coaxial ("clasic")</p> 	$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{D}{d}$
<p data-bbox="305 434 727 462">Linie coaxială cu conductor exterior pătrat</p> 	$Z_c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \left\{ 60 \ln \frac{D}{d} + 6,48 - 2,34 \frac{1 + 0,405(d/D)^4}{1 - 0,405(d/D)^4} - 0,48 \frac{1 + 0,163(d/D)^8}{1 - 0,163(d/D)^8} - 0,12 \frac{1 + 0,067(d/D)^{12}}{1 - 0,067(d/D)^{12}} \right\}$
<p data-bbox="305 674 467 701">Linie excentrică</p> 	$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left\{ \frac{D}{d} \left[1 - \left(\frac{2e}{d} \right)^2 \right] \right\}$
<p data-bbox="305 905 816 932">Linie coaxială cu aer și suport sectorial de dielectric</p> 	$Z_c = \frac{60 \ln(D/d)}{1 + (\epsilon_r - 1) (\phi / 2\pi)}$