

2.5.4.2. LINIA BIFILARA

Linia bifilara este compusa din doua conductoare cilindrice paralele. Câmpul electromagnetic in lungul liniei bifilare este un câmp fara componente longitudinale (mod TEM). Pentru o linie bifilara cilindrica se obtine:

$$Z_C = (Z_d / \pi) \arg \operatorname{ch} (D/d) \cong (Z_d / \pi) \ln (2D/d) \quad (2.36.)$$

Pentru impedanta caracteristica a liniei bifilare in aer se obtine expresia:

$$Z_C \cong 120 \ln (2D/d) \cong 276 \log (2D/d) \quad [\Omega]. \quad (2.37.)$$

La linia bifilara se obtin in general impedante caracteristice mai mari decât la cablul coaxial. Capacitatea si inductanta liniei bifilare pot fi calculate cu ajutorul impedantei caracteristice si a vitezei de propagare. Pentru linia bifilara in aer se obtin:

$$C_L = \frac{12,6}{\log (2D/d)} \quad [\text{pF/m}];$$

$$L_L = \frac{\mu_0}{\pi} \ln (2D/d) = 0,921 \log (2D/d) \quad [\text{mH/m}]. \quad (2.38)$$

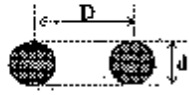
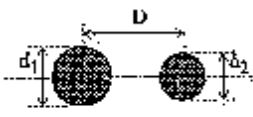
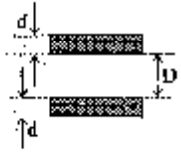
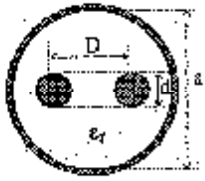
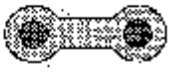
Puterea maxima transmisibila pentru o linie bifilara terminata adaptat este:

$$(P_{\max \text{ tr}})_{\text{ad}} = \frac{1}{2} \frac{U_{\max \text{ adm}}^2}{Z_C} = \frac{E_{\text{str}} \pi d^2}{2 Z_d} \frac{\ln (2D/d)}{(1 + d/D)^2} \quad (2.39.)$$

Structura clasica de linie bifilara este compusa din conductoare cilindrice paralele in aer.

Sunt prezentate in tabelul nr. 2.2 câteva variante de linii bifilare, precum si expresiile impedantelor caracteristice corespunzatoare.

Tabelul 2.2.

Tipul linii	Impedanța caracteristică (ohmi)
Linia bifilară ("clasică") 	$Z_c = 120 \operatorname{arctg} \operatorname{ch} \frac{D}{d} \approx 120 \ln \frac{2D}{d}$
Linia bifilară neasimetrică 	$Z_c = 60 \operatorname{arctg} \operatorname{ch} \frac{4D^2 - d_1^2 - d_2^2}{2d_1 d_2}$
Linia bifilară cu conductoare dreptunghiulare 	$Z_c \approx 120\pi \frac{1}{D+d}$
Linia bifilară simetrică, ecranată 	$Z_c = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \operatorname{arctg} \operatorname{ch} \frac{d}{D} \frac{a^2 - (D^2 - d^2)}{a^2 + (D^2 + d^2)}$
Linie bifilară cu suport de dielectric 	$Z_c = 200 \dots 300 \Omega \text{ (în funcție de dimensiuni și de dielectric)}$

2.5.4.3. LINII PLATE

1. Tipuri de linii plate folosite la frecvențe înalte

Liniile plate reprezintă o categorie de linii ce se dezvoltă ca urmare a perfecționărilor din domeniul tehnicii microundelor, comparabile ca performanțe cu ghidurile de undă, dar cu avantaje deoarece au dimensiunea mai mică, banda de frecvență mai largă, tehnologie de fabricație puțin pretentioasă (fig. 2.37).

Denumirea de linie plată (planară) este dată de faptul că toate liniile au una din dimensiunile lor transversale foarte mici. Această caracteristică creează posibilitatea de miniaturizare a circuitelor de microunde, realizarea unor module funcționale complexe integrate pentru tehnica microundelor.

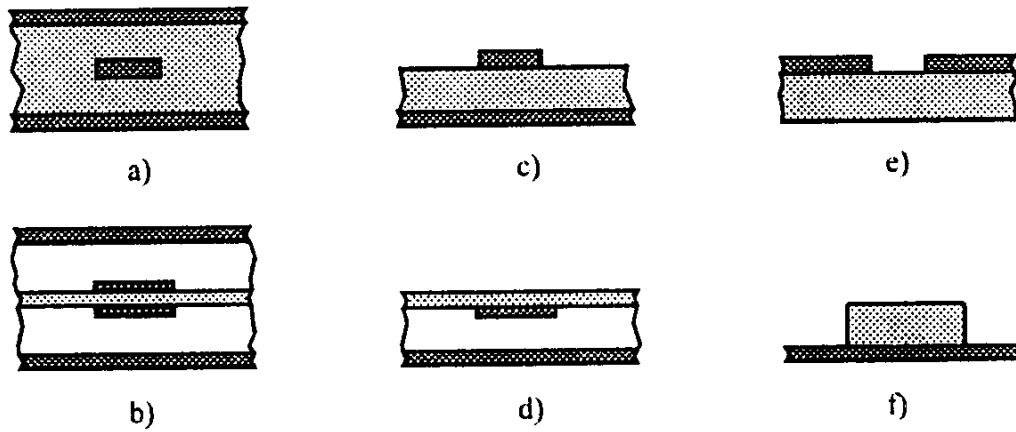


Fig. 2.37. Tipuri de linii plate: linia plata simetrica (strip-linie); b) linia simetrica suspendata; c) linia plata asimetrica (microstrip); d) linia asimetrica inversa; e) linia fanta; f) linia dielectrica imagine.

Linia plata din figura 2.37. a este cunoscuta sub denumirea de linii strip (strip-line), apreciindu-se ca reprezinta variante apalatzate ale cablului coaxial.

Linia plata din figura 2.37. b sunt denumite linii microstrip, considerând ca provin dintr-o linie bifilara in care s-a renuntat la unul din fire, acesta fiind inlocuit printr-o suprafata conductoare introdusa in planul de simetrie.

Prin liniile plate din figurile 2.37 a si 2.37 b se propaga o unda TEM, chiar daca sunt unele probleme datorita neomogenitatii dielectricului.

2. Linia plata inchisa, simetrica (strip-line)

Linia plata inchisa, simetrica se realizeaza in aer sau cu dielectric solid. Modul de propagare pe linie este TEM (fig. 2.38).

Impedanta caracteristica a liniei este:

$$Z_c = \sqrt{L_L / C_L} \quad (2.40.)$$

Capacitatea liniei C_L reprezinta capacitatea unui condensator plan, corespunzator unitatii de lungime.

$$C_L = \frac{4\epsilon D}{d [1 - (t/d)]}. \quad (2.41.)$$

Corespunzator, valoarea impedantei caracteristice este:

$$Z_C = Z_d \frac{d [1 - (t/d)]}{4D}, \quad (2.42.)$$

unde Z_d este impedanta de unda a dielectricului.

Pentru aer, $Z_d = Z_0 = 377 \Omega$.

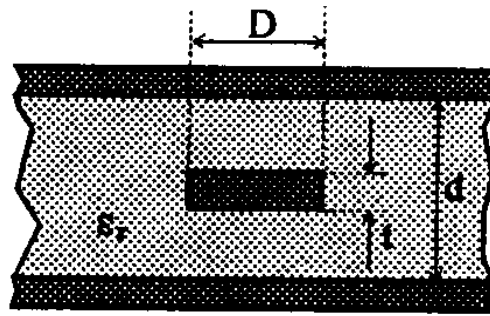


Fig.2.38. Linia plata inchisa, simetrica (strip-line).

Formula (2.42.) reprezinta o aproximare real acceptabila numai pentru $D \gg d$, adica in cazul liniilor de impedanta caracteristica foarte mica, $Z_C < 10 \Omega$.

Datorita formei complicate a expresiei analitice exacte a impedantei caracteristice se foloseste in calculul practic o diagrama, ce exprima determinarea impedantei caracteristice a liniei in functie de raportul D/d , pentru diferite valori ale raportului t/d .

La liniile reale, propagarea undelor electromagnetice este insotita de atenuare care depinde de pierderile in dielectric si in conductoare.

Se subliniaza ca atenuarea datorata pierderilor in metal creste cu frecventa.

Puterea maxima transmisibila prin linie este limitata de fenomenul de strângere si/sau de incalzire a liniei. Fenomenul de strângere electrica apare in locurile de concentrare maxima a câmpului electric, adica la muchiile conductorului interior; asa se explica de ce liniile pe care sunt semnale de puteri mari au forma conductorului interior cu muchii rotunde.

Se remarca folosirea liniilor plate inchise, simetrice pentru puteri mici si mijlocii ale semnalului.

3. Linia plata deschisa, asimetrica (microstrip)

Linia plata deschisa asimetrica este denumita linie microstrip, fiind folosita in mod curent la realizarea unor module functionale integrate (fig. 2.39).

Tehnologia de realizare a liniei microstrip este relativ simpla, fiind realizata prin depunerea conductorului superior pe materialul dielectric placat.

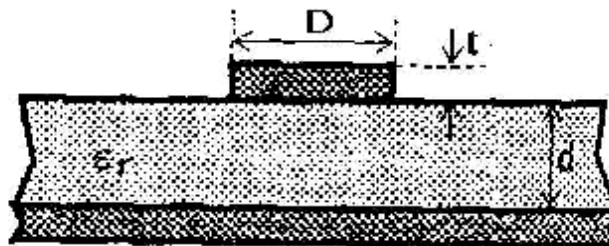
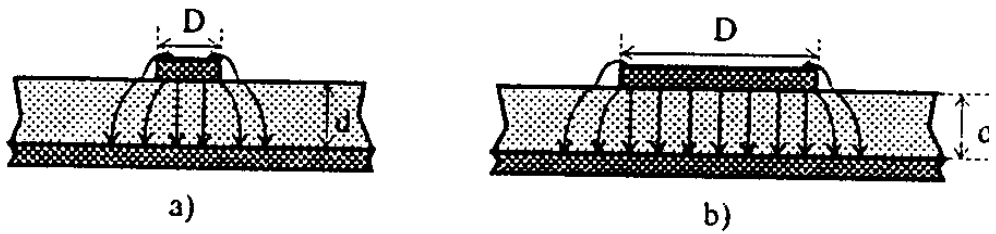


Fig.2.39. Linia plata deschisa, asimetrica (microstrip).

Modul de propagare nu este perfect TEM, câmpul are o structura complexa, ce contine si componente longitudinale.

La liniile microstrip de dimensiuni uzuale, modul de propagare poate fi considerat cuasi-TEM pâna la frecvente de ordinul 1-2 GHz (fig. 2.40).



a)

b)

a-linie ingusta

b-linie mai lata

Fig. 2.40. Câmpul electric in sectiune transversala a liniei microstrip, la frecvente relativ joase