

2.5. LINII DE COMUNICATII

Transmiterea informatiilor se face prin intermediul diferitelor medii de propagare, pe cale naturala (cazul vorbirii), fie pe linii de comunicatii (situatia mesajelor telefonice, transmisii de date, imagini fixe, etc.). Se disting comunicatiile prin medii spatiale (radiocomunicatiile, transmisiile submarine, etc.), comunicatiile prin intermediul rețelilor metalice cum sunt telecomunicatiile prin linii aeriene, cabluri simetrice, cabluri coaxiale si comunicatii prin cabluri cu fibre optice.

Pe liniile de transmisiuni se realizeaza legaturi telefonice, telegrafice, transmisii de programe radio si TV, transmisii de date, etc.

2.5.1. Caracteristici electrice ale liniei de comunicatii

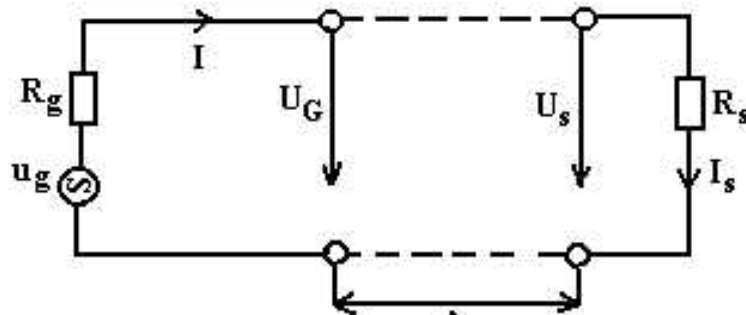


Fig. 2.23. Schema liniei de transmisiuni.

Sa presupunem ca un generator de rezistenta interna R_g aplica o tensiune U_0 la intrarea unei linii omogene, identica pe toata lungimea sa l , iar la capatul liniei se conecteaza impedanta de sarcina, Z_s (fig.2.23.).

Conductoarele liniei au o rezistenta electrica in functie de diametrul, lungimea si natura lor. Trecerea curentului prin linie creeaza in jurul acesteia un câmp magnetic, deci linia prezinta o inductanta proprie. Intre conductoarele liniei exista si o capacitate, iar izolamentul imperfect dintre conductoare produce intre acestea o perditanta. Linia fiind

omogena, fiecare km va avea o rezistenta specifica $R_0 = \frac{\Omega}{\text{Km}}$, o inductanta specifica

$L_0 = \frac{\text{H}}{\text{Km}}$, o capacitate specifica $C_0 = \frac{\text{F}}{\text{Km}}$ si o perditanta specifica $G_0 = \frac{\text{S}}{\text{Km}}$.

Deci linia de transmisie este un circuit cu parametri distribuiti. Aceste marimi specifice sunt parametrii primari ai liniei omogene (constantele primare).

In schema echivalenta fiecare sectiune elementara Δl a liniei are o rezistenta serie $R = R_0 \cdot \Delta l$, o inductanta serie $L = L_0 \cdot \Delta l$, o capacitate transversala $C = C_0 \cdot \Delta l$ si o perditanta transversala $G = G_0 \cdot \Delta l$, care determina impreuna comportarea electrica a liniei .

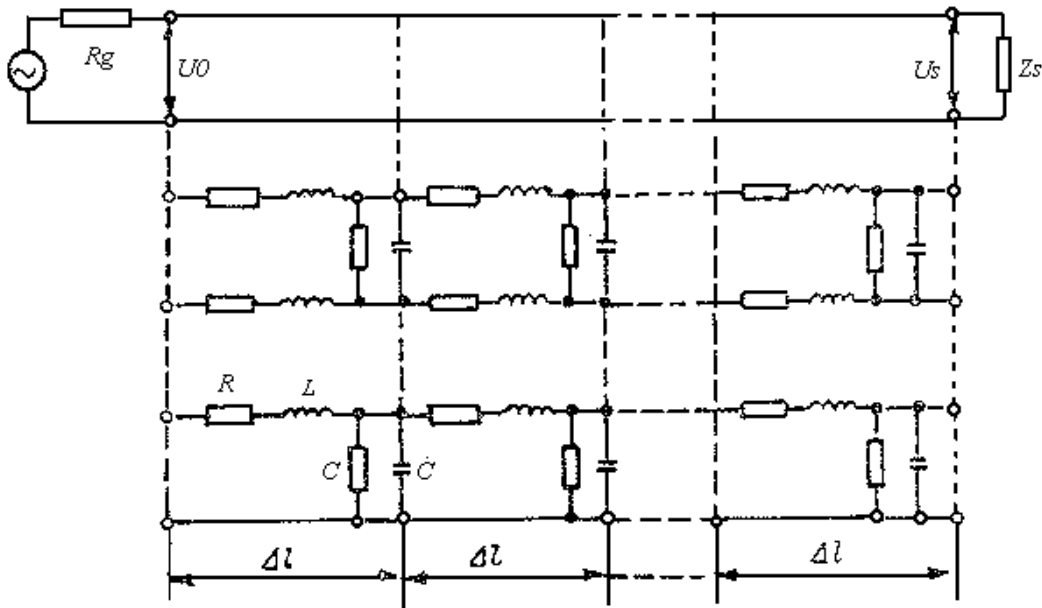


Fig.2.24. Schema echivalenta a liniei de transmisiuni.

Linia se comporta ca un filtru trece jos (FTJ): la frecvente joase semnalele vor fi influentate de rezistenta si perditanta, efectele inductantei si capacitatii fiind neglijabile. Atenuarea liniei este mica. Pentru valori mari ale frecventei semnalelor se maresc

reactantele inductive $X_L = \omega L$ si capacitive $X_C = \frac{1}{\omega C}$ si in consecinta atenuarea creste.

2.5.1.1. Impedanta caracteristica

Pentru transmiterea semnalelor electrice este important de cunoscut impedanta de intrare a liniei. Ea depinde de parametrii primari ai liniei (R_0 , L_0 , C_0 si G_0) si de impedanta Z_S a sarcinii. Impedanta de intrare este raportul dintre tensiunea la intrare si curentul la intrare, cu faza lor relativa. Curentul la intrare este suma curentilor transversali elementari si a curentului prin Z_S .

Cu cât linia este mai lunga, numarul curentilor elementari transversali creste, iar importanta curentului prin sarcina scade. Deci la o linie de comunicatie se poate neglija curentul prin sarcina sau altfel spus impedanta de intrare nu depinde de impedanta de sarcina.

Impedanta caracteristica Z_C este deci impedanta de intrare a liniei omogene infinit de lungi.

Pentru linii cu lungime finite conteaza si marimea impedantei de sarcina. Daca impedanta de sarcina este egala cu impedanta caracteristica Z_C a liniei, atunci impedanta de intrare a liniei va fi egala cu Z_C , ca si cum linia ar fi infinit lunga. Linia este deci adaptata la capatul sau si in orice punct al sau, raportul tensiune-curent este egal cu Z_C .

Impedanta caracteristica este un parametru secundar al liniei si depinde de parametrii primari.

$$Z_c = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}}$$

$$|Z_c| = \sqrt{\frac{R_0^2 + \omega^2 L_0^2}{G_0^2 + \omega^2 C_0^2}} \quad (2.15.)$$

$$\varphi_c = \frac{1}{2} \left(\operatorname{arctg} \frac{\omega L_0}{R_0} - \operatorname{arctg} \frac{\omega C_0}{G_0} \right).$$

La linii de comunicatii cu pierderi mici (R_0 si C_0 mici) si la frecvente ridicate $\omega^2 L_0^2 \gg R_0^2$ si $\omega^2 C_0^2 \gg G_0^2$ impedanta caracteristica devine:

$$|Z_c| = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}; \quad \varphi_c = 0^0. \quad (2.16.)$$

Spre exemplu, cablurile coaxial au $Z_c = 50 - 75 \Omega$, liniile aeriene din cupru de 3 mm au $Z_c = 600 \Omega$, iar cablurile intermediare simetrice au $Z_c = 140 \dots 180 \Omega$.

2.5.1.2. Atenuarea si defazajul

Tensiunea si curentul pe linie scad progresiv spre capatul liniei.

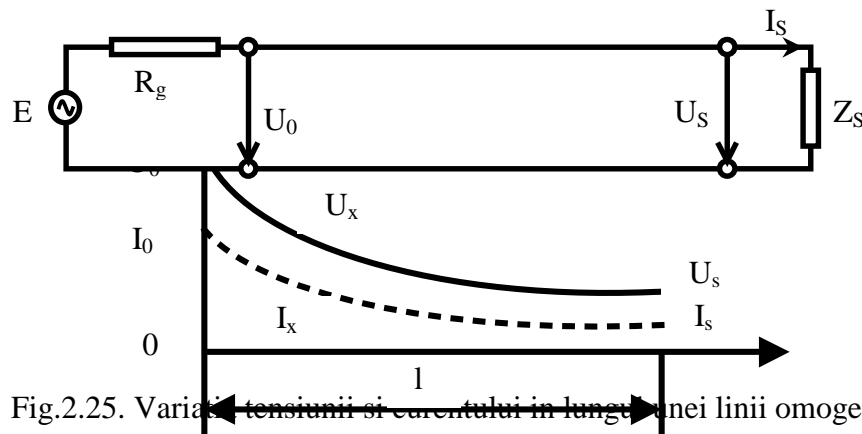


Fig.2.25. Variatia tensiunii si curentului in lungul unei linii omogene.

Tensiunea scade datorita caderilor de tensiune provocate de R_0 si L_0 in fiecare sectiune elementara iar curentul prin suntarea transversala produsa de G_0 si C_0 .

Matematic, tensiunea U_x si curentul I_x dintr-un punct aflat la distanta x fata de inceputul liniei sunt:

$$U_x = U_0 \cdot e^{-\alpha x} \quad (2.17.)$$

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\alpha x}, \text{ unde } I_0, U_0 \text{ sunt valorile curentului si tensiunii de la inceputul liniei}$$

($x = 0$) iar α este constanta de atenuare a liniei.

Puterea va scadea de-a lungul liniei dupa relatia:

$$P_x = U_0 I_0 e^{-2\alpha x} = P_0 e^{-2\alpha x}. \quad (2.18.)$$

Se foloseste logaritmul zecimal pentru exprimarea atenuarii in dB :

$$a = 20 \lg \frac{U_0}{U_x} \quad [\text{dB}] \quad (2.19)$$

Atenuarea se exprima prin rapoarte de puteri electrice:

$$a = 10 \lg \frac{P_0}{P_x} \quad [\text{dB}] \quad (2.20)$$

Prin utilizarea unitatilor logaritmice atenuarea totala a unui lant de transmisie este suma atenuarilor diferitelor sale portiuni. Atenuarea pâna in punctul x este :

$$a = \ln \frac{U_0}{U_x} = \ln e^{\alpha x} = \alpha x \quad \text{si atenuarea intregii linii (x = l) devine:}$$

$$a = \ln \frac{U_0}{U_s} = \alpha l. \quad (2.21)$$

Atenuarea liniei este produsul dintre constanta sa de atenuare $\alpha = \frac{Np}{Km}$ si lungimea liniei (km).

Concomitent cu micșorarea amplitudinii curentului si tensiunii linia produce si o defazare progresiva a acestora in comparatie cu inceputul liniei.

Datorita reactantei inductive serie si a reactantei capacitive transversale, apare o defazare proportionala cu lungimea liniei, exprimata prin constanta de faza β in radiani.

Defazarea pâna in punctul x va fi $b = \beta \cdot x$, iar pâna la capatul liniei $b = \beta \cdot l$ [radiani].

Constanta de atenuare α si constanta de faza β sunt parametrii secundari ai liniei si reprezinta partea reala respectiv imaginara a constantei de propagare γ a liniei: $\gamma = \alpha + j\beta$, care arata modificarea energiei electromagnetice la propagarea pe fiecare Km al liniei. Constanta de propagare depinde de parametrii primari al liniei:

$$\gamma = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)}. \quad (2.22.)$$

Expresia se simplifica pentru linii cu pierderi mici ($R_0 \ll \omega L_0$) si ($G_0 \ll \omega C_0$), la frecvente medii si inalte:

$$\alpha = \frac{R_0}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G_0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}};$$

$$\beta = \omega \sqrt{L_0 C_0}. \quad (2.23.)$$

Relatiile sunt valabile mai ales pentru circuite aeriene, la frecventa peste 10 KHz (fig.2.26.)

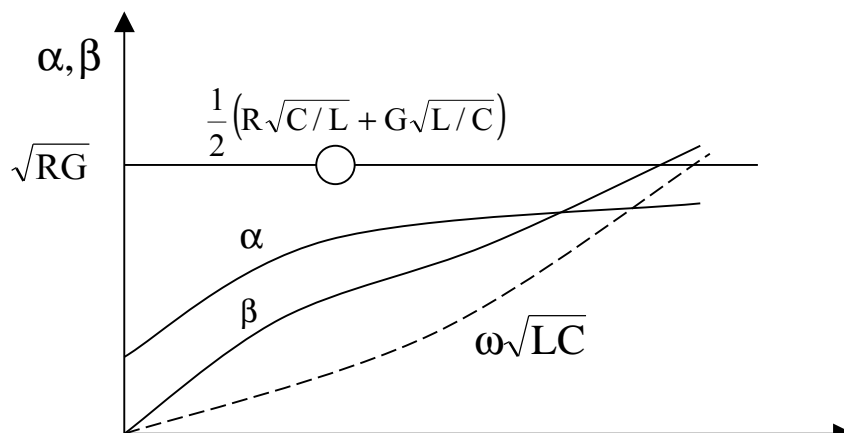


Fig. 2.26. Atenuarea si defazajul unei linii aeriene in functie de frecventa.

La cablurile de joasa frecventa $R_0 \gg \omega L_0$ si $G_0 \gg \omega C_0$ deci

$$\alpha = \beta = \sqrt{\frac{\omega C_0 R_0}{2}}.$$