ANALIZA CIRCUITELOR ELECTRICE CU PARAMETRII DISTRIBUIŢI UNIFORM ÎN REGIM TRANZITORIU

Racu Maria, Pascari Cristian, Arhip Potang

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract. *Ideea de bază a acestei lucrări este analiza circuitului cu parametrii distribuiîi în regim tranzitoriu constituit din linia-cablu şi linia-aeriană la o sarcină pur inductivă dintre ele. Se demonstrează procedura calculului mărimilor,prezentarea graficilor mărimilor. Procedura propusă poate fi aplicată pentru orice altă variantă de sarcină conectată la linia lungă fără pierderi.*

Cuvinte cheie: *circuit cu parametrii distribuiţi, linie fără pierderi, schema echivalentă de substituire, metoda clasică, rădacina ecuatiei caracteristice.*

Analiza circuitelor cu parametrii distribuiţi uniform în regim tranzitoriu este mai complcată decît analiza circuitelor electrice cu parametri concentraţi. Aceasta se explică prin aceea că în circuitele cu parametri distribuiţi tensiunea şi curentul sunt funcţii nu numai de timp, dar şi de distanţă. La analizei liniei lungi în regim tranzitoriu se aplic ecuaţiile liniei lungi la regim permanent:

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} -\dfrac{\partial u}{\partial x} = R_0 * i + L_0 \dfrac{\partial i}{\partial t} & (1) \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = G_0 * u + C_0 \dfrac{\partial u}{\partial t} & (2) \end{cases}$$

Ecuaţiile 1, 2 din sistemul(I) prezintă ecuaţii diferenţiale cu derivate parţiale. Rezolvarea sistemului (I) pe cale analitică prezintă dificultăţi deoarece în sistemul de ecuaţii avem patru parametri primari: R_0, L_0, G_0,C_0.Cu scopul simplificării rezolvării problemei se admite că linia este linie fără pierderi , adică $R_0=0$,$G_0=0$.În acest caz, avem:

$$\text{(II)}\quad \begin{cases} -\dfrac{\partial u}{\partial x} = L_0 \dfrac{\partial i}{\partial t} & (3) \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = C_0 \dfrac{\partial u}{\partial t} & (4) \end{cases}$$

În rezultatul rezolvării sistemului (II),

obţinem:

$$\frac{d^2u}{dx^2} = \frac{1}{v^2} * \frac{d^2i}{dt^2} \quad (5)$$

$$\frac{d^2i}{dx^2} = \frac{1}{v^2} * \frac{d^2u}{dt^2} \quad (6)$$

Soluţiile pentru ecuaţile 5 ;i 6 corespund funcţiilor:

$$u = f_1\left(t - \frac{x}{v}\right) + f_2\left(t + \frac{x}{v}\right)$$

$$u = u_i + u_r$$

$$i = \varphi_1\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi_2\left(t + \frac{x}{v}\right)$$

$$i = i_i + i_r$$

Tensiunea şi curentul sunt suma a două componente: tensiunea undei incidente şi tensiunea undei reflectate, curentul undei incidente şi curentul undei reflectate. Tensiunea şi curentul undei incidente, undei reflectate sunt legate prin relaţiile:

$$i_i = \frac{u_i}{z_c}; \qquad i_r = -\frac{u_r}{z_c}.$$

Problema analizei liniei lungi în regim tranzitoriu este determinarea formei undei ce pătrunde în sarcină, forma undei reflectată. La cunoaşterea formei undei ce patrunde in sarcină si care este forma undei reflectate,de asemenea, pentru a cunoaste cum ele se deformeaza in functie de timp se aplica schema echivalentă de calcul. care este alcătuită reeşind din regimul mers in gol a liniei lungi,considerindu-se că unda electromagnetică este depusă de-a lungul liniei(fig.1).La alcătuirea schemei echivalente din fig.2 s-au aplicat expresiile

$$\begin{cases} u = u_i + u_r \\ i = i_i + i_r \end{cases} \quad \text{unde:} \quad i_i = \frac{u_i}{z_c} \quad i_r = -\frac{u_r}{z_c}.$$

În rezultatul adiţionării acestor expresii se obţine:

$$2u = u_s + i^* z_c \qquad (7)$$

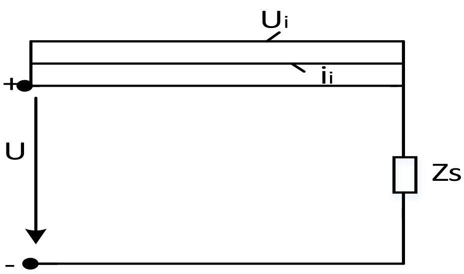

Fig. 1

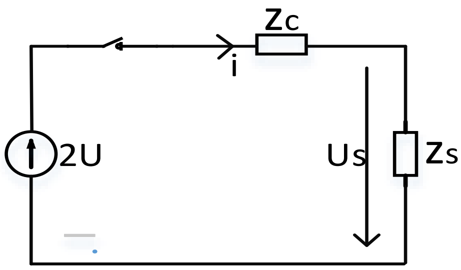

Fig. 2

Ecuaţiei (7) îi corespunde schema din fig. 2.Aplicînd schema din fig. 2 se determin legilor mărimilor în căutare prin aplicarea metode de calcul ale circuitelor electrice cu parametri concentraţi la regim tranzitoriu (metoda clasică, metoda operaţionlă).În lucrare sa examinat cazul când în punctul de racordare dintre linia aeriană şi linia cablu se află inductivitatea L ,la regim mers în gol (fig. 3.a). Se consideră cunoscute :U=100kV, z_{c1}=450Ω, l_1=300km, r_1=3 $*10^8$ m/s, z_{c2}= 50Ω, l_2=30km, r_2=1,5$*10^8$m/s, Z_2=∞, L=0,03H.Se cere determinarea formei undei ce pătrunde in a doua linie,caracterul variaţiei tensiunei la bornele inductivitaţii.Se cere,de asemenea , repartiţia rezultantă a tensiunei şi curentului de-a lungul primei linii pentru timpul cînd unda propagându-se în a doua linie atinge extremitatea ei.

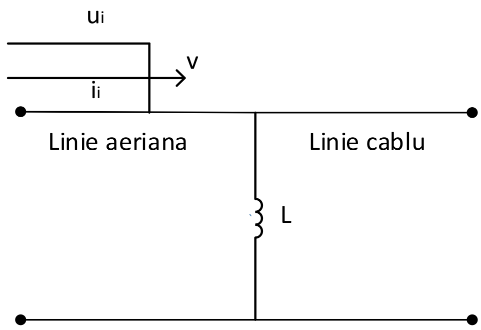

Fig. 3 a

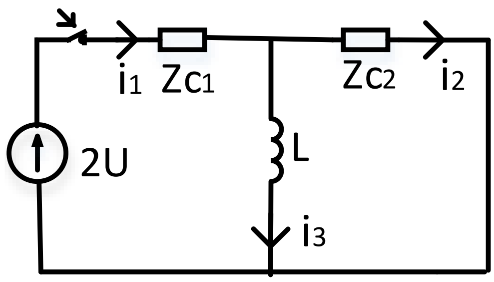

Fig. 3 b

Considerând circuitul cu paramerii concentraţi (fig.3.b) şi aplicînd metoda clasică ,avem:

$$p = -1500, s^{-1}$$

Legile curenţilor şi tensiunei sunt reprezentate corespunzător în figurile 4 a, 4 b, 4 c, 4 d.:

$$i_1(t) = 444.5 - 44.5e^{-1500t}, A$$

$$i_2(t) = 400e^{-1500t}, A$$

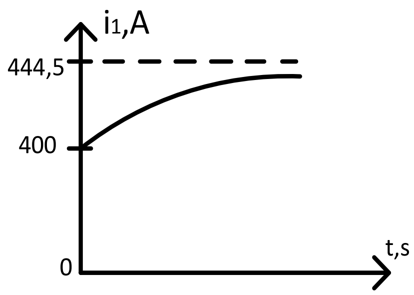

Fig. 4 a

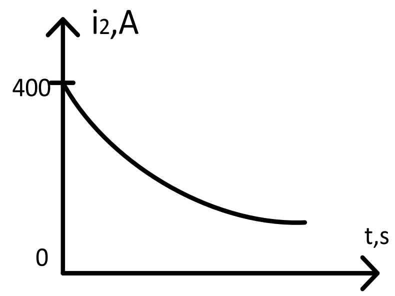

Fig. 4 b

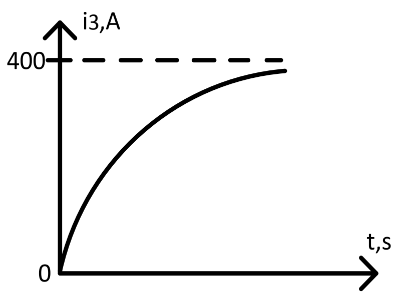

fig. 4 c

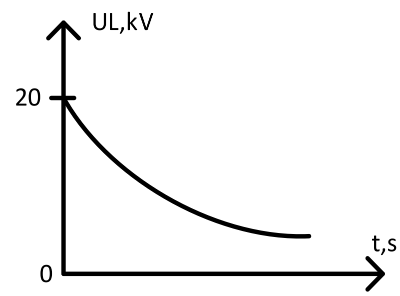

fig. 4 d

$$i_3(t) = 444.5(1 - e^{-1500t}), A$$

$$u_L(t) = L\frac{di_3}{dt} = 20\left(e^{-1500t}\right), kV$$

Curentul şi tensiunea reflectată de la inductivitatea L în prima linie:

$$u_{1r} = -i_{1r} * z_{c1} = u_{1i}$$

$$\mathrm{i}_{1r} = \text{-}\mathrm{i}_{1i} = -222.3 + 44.4\mathrm{e}^{-1500t}, \mathrm{A}$$

Curentul şi tensiunea ce trec în cablu (i_{2i}, u_{2i}).La determinarea legilor i_{2i}, u_{2i} se aplica metoda operaţională pentru schema din figura 5 a. Schema echivalentă operatorică

este prezentată în fig. 5 b.

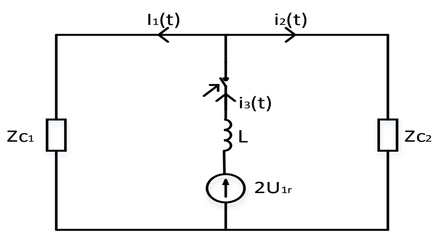

fig. 5 a

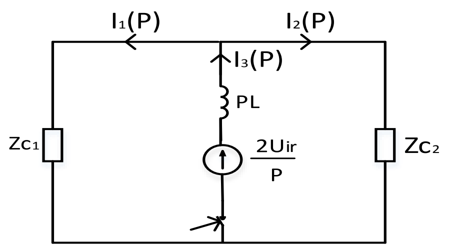

fig. 5 b

Construirea iepiurei de propagare a undei de tensiune şi a undei de curent de-a lungul acestor două linii s-ampentru timpul la care unda de propagare de-a lungul liniei secunde atinge extremitatea ei,adică:

$$t = \frac{l_2}{v_2} = \frac{30000}{1{,}5*10^8} = 2*10^{-4}, s$$

În timpul $2*10^{-4}, s$ unda reflectîndu-se de la locul de racordare ale liniilor v-a parcurge de-a lungul primei linii distanţa de două ori mai mare, adică:

$$l = v_1 * t = 3*10^8 * 2*10^{-4} = 60\text{km}$$

Iepiura distribuţiei tensiunei şi a curentului de-a lungul primei şi al liniei secunde este reprezentată în fig.6. Curentul şi tensiunea ce trec în cablu se determin cu aplicarea metodei operaţionale pentru schema echivalentă din fig.5b.

$$i_{2i} = \frac{2u}{z_{c1}+z_{c2}} * e^{pt} = 400e^{-1500t}, A$$

Curentul ce trece în inductivitate:

$$i_3(t) = 444.5(1 - e^{-1500t}), A$$

Graficile funcţiilor u(x) şi i(x) sunt prezentate în fig. 6:

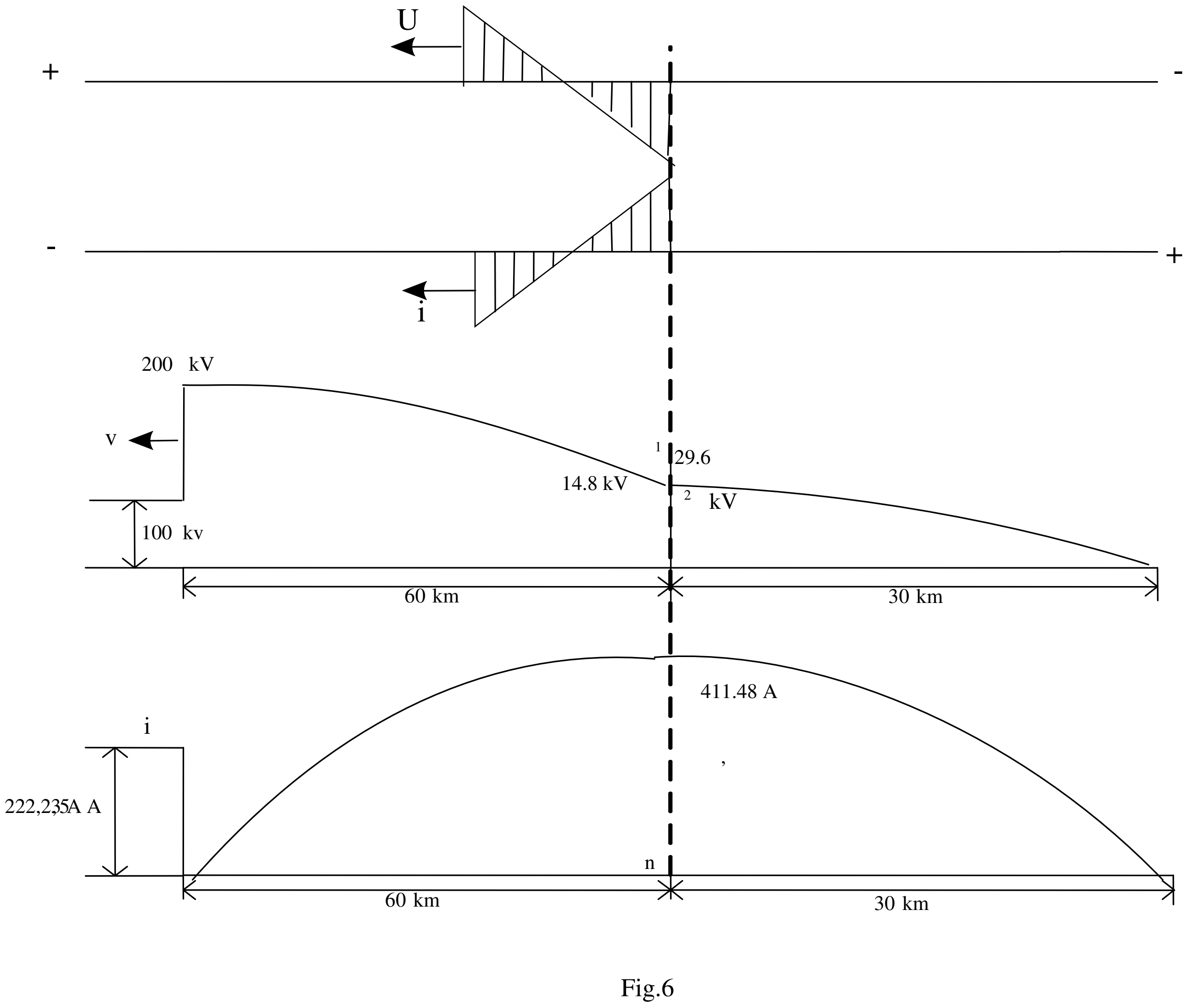

Fig.6

Concluzii:

1. Studiul circuitelor electrice cu parametrii distribuiţi în regim tranzitoriu este important deoarece ne dă posibitatea să determinăm punctele cu supratensiuni sau cu supracurenţi.

2. La propagare unda electromagnetică ajunge la locul de racordare cu inductivitate, unde iniţial se comportă ca parte deconectată, apoi cu creşterea curentului devine porţiune scurt-cercuitată.Cu creşterea curentului în inductivitate tensiunea şi curentul în a doua linie se micşorează.

3. După un intervale de timp,teoretic mare, unda este complet reflectată de la inductanţă asemănător reflecţiei de la linia mers in gol .Unda electromagnetică, ce trece în cablu, la un interval scurt de timp devine egală cu zero şi apoi are loc creşterea mărimilor undei. Deci din prima linie în a doua linie trece un impuls cu front abrupt (cu înclinare mare) amortizînd după o lege exponenţială.

Bibliografie

1. K.A.Krug. *Osnovî ălectrotehnichi* . M.1953
2. G.V. Zeveche.*Osnovî teorii ţepei*. M. 1983.
3. C.I. Mocanu . *Teoria circuitelor electrice* Bucureşti.Editur ştiinţifică şi pedagogică,1979
4. M.Lavrentiev et B. Chabat.*Methodes de la theorie des fonctions d-une variable complexe*. Editions Mir, Moscou.1977.