

Studiul regimului de sarcină în linia lungă prin suprapunerea regimurilor mers la gol și scurtcircuit

A. Potâng

Catedra B.T.E.,
Facultatea de Energetică și Inginerie
Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei,
Chișinău, MD-2012, Moldova,
(e-mail: potang.arhip@mail.ru).

Gh. Terteia

Catedra B.T.E.,
Facultatea de Energetică și Inginerie
Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei,
Chișinău, MD-2012, Moldova,
(e-mail: ghenatc@mail.ru).

A. Rotaru

Catedra B.T.E.,
Facultatea de Energetică și Inginerie
Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei,
Chișinău, MD-2012, Moldova,
(e-mail: rotaruadrianvictor@mail.ru).

Abstract – Ideea de bază este determinarea mărimilor \underline{U} și \underline{I} în orice punct al liniei lungi prin aplicarea metodei de superpoziție ce consistă din suma regimurilor mers la gol și scurtcircuit.

Cuvinte cheie – linie electrică lungă, funcții hiperbolice, regim mers la gol, regim scurtcircuit, constanta de propagare, impedanța caracteristică, metoda suprapunerii.

I. INTRODUCERE

Metoda de superpoziție consistă din suma regimurilor mers la gol și scurtcircuit ale liniei electrice lungi ce determină în sumă regimul permanent al acesteia.

Reeșind din formulele pentru regimul respectiv (mers la gol și scurtcircuit) se construiesc graficele mărimilor $\underline{U}(y)$ și $\underline{I}(y)$ pe plan complex.

Aplicând metoda superpoziției se determină mărimile tensiunii și a curentului prin suma geometrică a mărimilor pentru regimurile mers în gol și scurtcircuit în punctul respectiv.

La calculul mărimilor \underline{U} și \underline{I} în orice punct al liniei lungi cu pierderi se aplică ecuații cu funcții hiperbolice ce reprezintă suma a două componente.

$$\begin{cases} \underline{U} = \underline{U}_2 \cdot ch\gamma y + \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_C \cdot sh\gamma y \\ \underline{I} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_C} \cdot sh\gamma y + \underline{I}_2 \cdot ch\gamma y \end{cases}, \quad (1)$$

unde γ – constanta de propagare,;

\underline{Z}_C – impedanța caracteristică a liniei.

Aceste expresii (1) pot fi obținute prin aplicarea sumei regimurilor mers la gol și scurtcircuit. În rezultatul analizei acestor regimuri se obține pentru:

- a) Liniei lungi în regim mers la gol, adică pentru $\underline{Z}_S \rightarrow \infty$ și $\underline{I}_2 = 0$ îi corespund expresiile de mai jos (2):

$$\begin{cases} \underline{U}_0 = \underline{U}_2 \cdot ch\gamma y \\ \underline{I}_0 = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_C} \cdot sh\gamma y \end{cases} \quad (2)$$

- b) Liniei lungi în regim scurtcircuit, adică pentru $\underline{Z}_S = 0$ și $\underline{U}_2 = 0$ îi corespund expresiile de mai jos (3):

$$\begin{cases} \underline{U}_{sc} = \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_C \cdot sh\gamma y \\ \underline{I}_{sc} = \underline{I}_2 \cdot ch\gamma y \end{cases} \quad (3)$$

Remarcă: La aplicarea expresiilor (2) și (3) se admite că tensiunea la intrare în liniei \underline{U}_1 variază în așa mod încât tensiunea la capătul liniei \underline{U}_2 în regim de mers la gol să fie egală cu tensiunea \underline{U}_2 la regim de sarcină, iar în regim de scurtcircuit curentul la capătul liniei \underline{I}_2 să fie egal cu curentul în regim de sarcină.

Reeșind din regimurile examinate se poate constata că sistemul de ecuații pentru regimul de sarcină (1) prezintă suma regimurilor mers la gol și scurtcircuit, adică:

$$\begin{cases} \underline{U}_y = \underline{U}_0 + \underline{U}_{sc} = \underline{U}_2 \cdot ch\gamma y + \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_C \cdot sh\gamma y \\ \underline{I}_y = \underline{I}_0 + \underline{I}_{sc} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_C} \cdot sh\gamma y + \underline{I}_2 \cdot ch\gamma y \end{cases} \quad (4)$$

Relațiile obținute (4) demonstrează că regimul de sarcină al liniei poate fi prezentat ca suma regimurilor mers la gol și scurtcircuit.

Reeșind din expresiile (4) se poate considera că calculul distribuției curentului și tensiunii de-a lungul liniei cu pierderi poate fi efectuat prin determinarea componentelor curentului și tensiunii aparte pentru regimul mers la gol și aparte pentru regimul scurtcircuit. Suma geometrică a componentelor respective va determina mărimile reale ale tensiunii și curentului.

În lucrarea de față s-a pus problema construirii diagramelor fazoriale și construirea caracteristicilor ce determină distribuirea valorilor și fazelor ale tensiunilor și curenților de-a lungul liniei cu sarcină.

Exemplu de calcul

Se consideră linia electrică trifazată de transport ce funcționează la $f = 50 \text{ Hz}$ și $U_2 = 220 \text{ kV}$, $l = 400 \text{ km}$. Parametrii primari ai liniei sunt:

$$R_0 = 0,073 \frac{\Omega}{\text{km}}; \quad L_0 = 0,0383 \frac{\text{H}}{\text{km}};$$

$$G_0 = 0,941 \cdot 10^{-6} \frac{\text{S}}{\text{km}}; \quad C_0 = 0,256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{F}}{\text{km}}.$$

Se cere de calculat \underline{U} și \underline{I} în orice punct al liniei lungi.

Impedanța specifică și admitanța specifică ale liniei se exprimă astfel:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_0 &= R_0 + j\omega L_0 = 0,073 + j \cdot 12,02 = \\ &= 12,021 \cdot e^{j85^\circ 38'} \frac{\Omega}{\text{km}}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{Y}_0 &= G_0 + j\omega C_0 = 0,914 \cdot 10^{-6} + j \cdot 80,4 \cdot 10^{-6} = \\ &= 80,6 \cdot 10^{-6} \cdot e^{j85^\circ 54'} \frac{\Omega}{\text{km}}. \end{aligned}$$

Impedanța caracteristică și constanta de propagare se determină astfel:

$$\underline{Z}_C = \sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}} = 386 \Omega;$$

$$\gamma = \sqrt{\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0} = 31,087 \cdot 10^{-3} \cdot e^{j89^\circ 47'} \text{ S}.$$

Metoda suprapunerii regimurilor mers la gol și scurtcircuit se examinează aparte pentru:

1. Regimul mers la gol cu aplicarea expresiilor

$$\begin{cases} \underline{U}_0 = \frac{U_2}{2} \cdot (e^{\gamma \cdot y} + e^{-\gamma \cdot y}) \\ \underline{I}_0 = \frac{U_2}{2 \cdot \underline{Z}_C} \cdot (e^{\gamma \cdot y} - e^{-\gamma \cdot y}) \end{cases}$$

unde $\underline{U}_2 = U_2 = 220 \text{ kV}$, $\underline{Z}_C = 386 \Omega$.

Totalitatea punctelor extremității vectorului tensiunii și vectorului curentului determinați prin expresiile $e^{\gamma \cdot y}$ și $e^{-\gamma \cdot y}$ reprezintă spiralele logaritmice în sistemul polar de coordonate (fig.1):

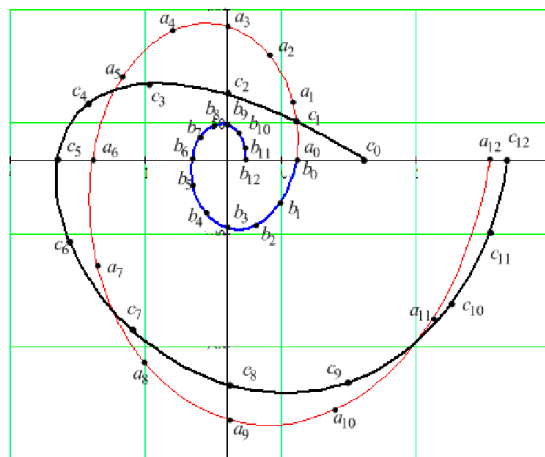


Figura 1 – Spiralele logaritmice a tensiunii la mers în gol

a – curbei închise $\frac{U_2}{2} \cdot e^{-\gamma \cdot y}$

b – curbei deschise $\frac{U_2}{2} \cdot e^{\gamma \cdot y}$; c – curbei sumare \underline{U}_0

2. Regimul scurtcircuit cu aplicarea expresiilor (6)

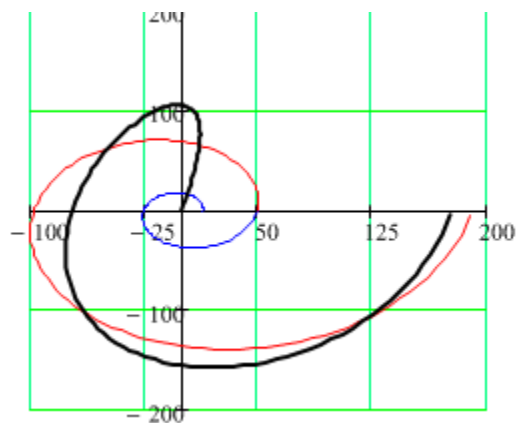


Figura 2 – Spiralele logaritmice a tensiunii la scurtcircuit

a – curbei închise b – curbei deschise
c – curbei sumare

$$\begin{cases} \underline{U}_{sc} = \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_C \cdot sh\gamma y = \frac{401,826}{2} \cdot (e^{\gamma \cdot y} - e^{-\gamma \cdot y}) \\ \underline{I}_{sc} = \underline{I}_2 \cdot ch\gamma y = \frac{1041,5 \cdot e^{-j92^\circ}}{2} \cdot (e^{\gamma \cdot y} + e^{-\gamma \cdot y}) \end{cases} \quad (6)$$

Aplicând expresiile din sistemul (6) se construiesc diagramele fazoriale respectiv pentru tensiune și curent în regim de scurtcircuit (fig.2).

Având diagramele fazoriale pentru tensiune și curent în ambele regimuri și aplicând metoda suprapunerii prin adăugarea geometrică ale mărimilor respective în punctul dat se determină mărimea reală a tensiunii și a curentului (fig.3).

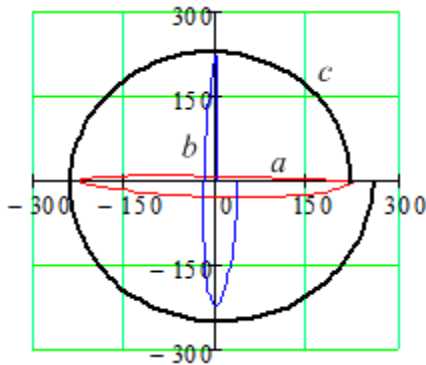
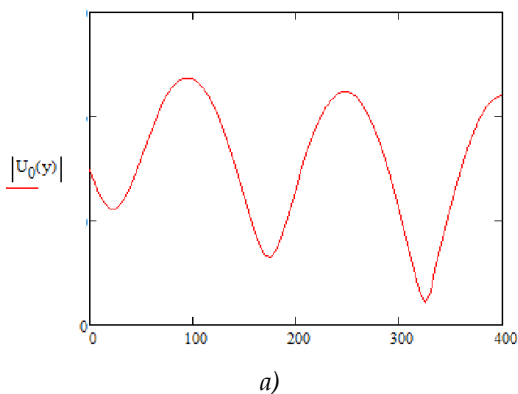


Figura 3 – Spiralele logaritmice a tensiunii în regim de sarcină

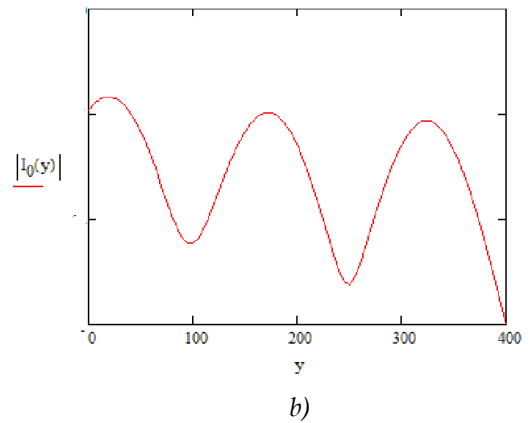
a – curbei tensiunii \underline{U}_0 ; *b* – curbei tensiunii \underline{U}_{sc} ;
c – curbei tensiunii în regim de sarcină \underline{U}_2

În figura 4 sunt prezentate graficele pentru tensiune și curent la regim mers la gol în funcție de distanță. Graficele sunt construite prin aplicarea expresiilor:

$$\begin{aligned} \underline{U}_0 &= \underline{U}_2 \cdot ch\gamma y; \\ \underline{U}_0 &= \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_C \cdot sh\gamma y. \end{aligned}$$



a)



b)

Figura 4 – Graficele funcțiilor

a – pentru tensiune
b – pentru curent

II. CONCLUZII

1. Determinarea mărimilor \underline{U} și \underline{I} în orice punct al liniei prin aplicarea ecuațiilor cu funcții hiperbolice prezintă dificultăți;
2. Aplicarea metodei de superpoziție ale regimurilor de mers în gol și scurtcircuit permite să simplificăm calculele deoarece având curbele obținute aparte pentru ambele regimuri se determină tensiunea și curentul prin adăugarea geometrică ale mărimilor în punctele respective ale liniei;
3. Regimul mers la gol al liniei corespunde regimului de sarcină inductivă, iar regimul scurtcircuit corespunde regimului de sarcină capacitiv. Suma acestor regimuri corespunde regimului la o sarcină mixtă;
4. Analiza regimurilor mers la gol și scurtcircuit aparte ne permite să facem concluziile necesare privitor la variațiile mărimilor \underline{U} și \underline{I} de-a lungul liniei;
5. Metoda suprapunerii regimurilor mers la gol și scurtcircuit poate fi aplicată cu scopul analizei distribuției tensiunii și curentului pentru linia electrică lungă la regim pur inductiv și pur capacitiv;

III. BIBLIOGRAFIE

- [1] K. A. Crug. *Osnovî electrotehnichi*, M. 1952
- [2] G.V. Zeveche. *Osnovî teorii țepi*, M. 1983
- [3] K. Șimoni. *Electrotehnica teoretică*, M.1964
- [4] C. Șora. *Bazele electrotehnicii*, București 1982

- [5] M. Preda. Bazele electrotehnicii , București 1980
- [6] L.A. Bessonov. Teoreticeschie osnovi electrotehnichi, M. 1980