

INFLUENTA CONDUCTOARELOR DE PROTECTIE ASUPRA DISTRIBUȚIEI CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT MONOFAZAT PE LINIILE ELECTRICE AERIENE

GROUND WIRES INFLUENCE ON THE GROUND FAULT CURRENT DISTRIBUTION ON OVERHEAD TRANSMISSION LINES

Maria VINȚAN¹

Ioan BORLEA²

¹University "L. Blaga" of Sibiu, School of Engineering,
Department of Electrical Engineering and Electronics, E. Cioran Str. No. 4, 220025, Sibiu
Phone/fax: +40-269-212716, E-mail: maria.vintan@ulbsibiu.ro

Department of
²University 'Politehnica' of Timisoara, Scholl of Electrical Engineering

Phone/fax:

E-mail: ioan.borlea@et.upt.ro

Rezumat: Intr-o retea electrica de inalta tensiune, orice curent de descărcare pe un stâlp al unei linii electrice aeriene datorat unei puneri la pământ prin arc, se închide la pământ prin baza stâlpului defect, dar și prin conductoarele de protecție și prin ceilalți stâlpi. In acest articol se prezinta influenta conductoarelor de protectie asupra distributiei curentului de defect, atunci când defectul apare la un stâlp oarecare al unei linii electrice aeriene.

Abstract: When a ground fault occurs on an overhead transmission line in a power network with grounded neutral, the fault current returns to the grounded neutral through the tower structures, ground return paths and ground wires. This paper presents an analytical method in order to evaluate the ground fault current distribution in an effectively grounded power network. The effect of the ground wires on the magnitude of return currents has been examined.

Keywords: linie electrică aeriană, distribuția curentului de defect.

Keywords: overhead transmission line, fault current distribution.

1. Introducere

Un defect faza-pământ care apare pe o linie electrică aeriană împarte linia respectivă în două porțiuni de linie – fiecare porțiune considerată de la locul de defect spre capetele liniei. În funcție de distanța de la locul de defect până la capetele liniei electrice, aceste porțiuni de linie pot fi considerate de lungimi mari, caz în care pentru determinarea distribuției curentului de defect nu se ține cont de stațiile de la capetele liniei analizate, sau trebuie să fie considerate de lungime mică, caz în care trebuie să se țină cont de stațiile de la capetele liniei analizate.

În lucrările precedente ale autorilor [11, 12, 13] s-a arătat cum, considerând cunoscute valorile curenților la locul de defect, se determină distribuția acestora în rețeaua electrică. Se pot determina astfel valorile curenților în stâlpii liniei electrice, în porțiunile de conductor de protecție adiacente și valorile curenților care circulă prin legăturile la pământ ale neutrelor transformatoarelor și autotransformatoarelor din stațiile de la capetele liniei analizate. S-a considerat însă ca linia electrică este prevăzută cu un singur conductor de protecție. În acest articol, se analizează cazul în care linia electrică este prevăzută cu două conductoare de protecție, prezentându-se și o analiză influenței conductoarelor de protecție asupra distribuției curentului de defect.

1. Introduction

A phase-to-ground fault occurring on a transmission line divides the line into two sections, each extending from the fault towards one end of the line.

In this paper are studied these two sections of the line and then the analysis of full-lines can be accomplished by regarding them as a composite of the two sections.

These two sections of the line may be considered infinite if some certain conditions are met; otherwise, they must be regarded as finite.

In previous work [11, 12, 13], authors presented analytical method for determination the ground fault current distribution between the transmission line towers and ground wire.

Ground current due to fault at any tower, apart from traversing through it, will also get diverted in portion to the ground wire and other towers. It was considered an overhead transmission line with one ground wire, connected to the ground at every tower of the line.

In this paper is considered the case when the transmission line has two ground wires. It will be presented the influence on the ground wires on the ground fault current distribution.

2. Distribuția curentului de defect

Defect la ultimul stâlp al linii

În figura 1 se prezintă modul în care un conductor de protecție este legat la pământ în dreptul fiecărui stâlp prin intermediul impedanței de legare la pământ a stâlpului Z_{st} . Se presupune că toți stâlpii au aceeași impedanță și că sunt fixați la distanțe suficient de mari pentru a se exclude interacțiunea dintre prizele lor de pământ. Cu Z_{cp_d} s-a notat impedanța porțiunii de conductor de protecție corespunzătoare unei deschideri. Se consideră că fiecare deschidere a conductorului de protecție are aceeași lungime l_d și că Z_{cp_d} e aceeași pentru fiecare deschidere. $Z_{cp_d} = Z_{cp}l_d$, unde Z_{cp} reprezintă impedanța longitudinală raportată la unitatea de lungime a conductorului de protecție. Cu Z_{cp_m} s-a notat impedanța mutuală dintre conductorul de protecție și conductorul fazei avariate, corespunzătoare unei deschideri a conductorului de protecție.

Curentul I_n care se închide la pământ prin stâlpul al n -lea considerat de la stâlpul cu defect, este egal cu diferența dintre curenții i_n și i_{n+1} care circulă prin porțiunile adiacente ale conductorului de protecție.

$$I_n = i_n - i_{n+1} \quad (1)$$

Pentru orice circuit (figura 1) care cuprinde a n -a porțiune a conductorului de protecție și stâlpii de ordinele n și $(n-1)$ ai liniei, se poate scrie:

$$I_n Z_{st} - I_{n-1} Z_{st} + i_n Z_{cp_d} - \nu l_d Z_{cp_d} = 0 \quad (2)$$

- $\nu = \frac{Z_{cp_m}}{Z_{cp_d}}$, factorul de cuplaj dintre conductorul de protecție și conductorul de pe faza avariata;
- I_d , curentul de defect.

2. Ground fault current distribution

Fault at the last tower

Figure 1 below shows the connection of a ground wire connected to earth through transmission towers, each transmission tower having its own grounding electrode or grid, Z_{st} . It is assumed that all the transmission towers have the same ground impedance and the distance between towers is long enough to avoid the influence between their grounding electrodes. The self impedance of the ground wire connected between two grounded towers, called the self impedance per span, it is Z_{cp_d} .

Considering the same distance l_d between two consecutive towers and that Z_{cp_d} is the same for every span, then $Z_{cp_d} = Z_{cp}l_d$, where Z_{cp} represent the self impedance of the ground wire in Ω/km . Z_{cp_m} is the mutual impedance between the ground wire and the faulted phase conductor, per span.

The current I_n flowing to ground through the n th tower, counted from the terminal tower where the fault is assumed to take place, is equal with the difference between the currents i_n and i_{n+1} :

$$I_n = i_n - i_{n+1} \quad (1)$$

The loop equation for the n -th mesh give the following relation:

$$I_n Z_{st} - I_{n-1} Z_{st} + i_n Z_{cp_d} - \nu l_d Z_{cp_d} = 0 \quad (2)$$

- $\nu = \frac{Z_{cp_m}}{Z_{cp_d}}$, the coupling factor between the overhead phase and ground wire;
- I_d , the fault current.

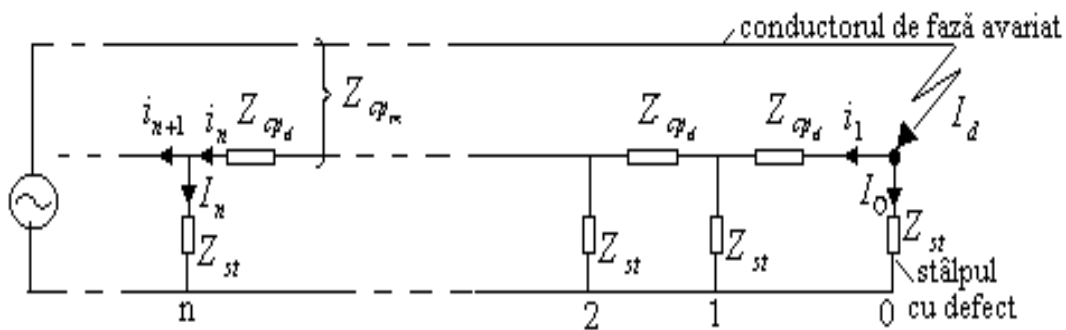


Figura 1 Distribuția curentului de defect; defect la ultimul stâlp al liniei

Figure 1 Fault current distribution; fault at the last tower

Pornind de la relațiile (1) și (2), în [13] s-a aratat ca, pentru determinarea valorilor curenților în stâlpii LEA, respectiv în deschiderile conductorului de protecție, se obțin următoarele expresii:

$$I_n = Ae^{\alpha n} + Be^{-\alpha n} \quad (1)$$

$$i_n = A \frac{e^{\alpha n}}{1 - e^{-\alpha}} + B \frac{e^{-\alpha n}}{1 - e^{-\alpha}} + \nu I_d \quad (2)$$

A și B din relațiile (1) și (2) sunt constante arbitrare ce se determină din condițiile de la capetele liniei analizate, iar

$$\alpha \approx \sqrt{\frac{Z_{cpd}}{Z_{st}}}$$

În cazul limită al unei linii de lungime mare, $A \rightarrow 0$ și conform ecuațiilor (1) și (2) se poate scrie:

$$I_n = Be^{-\alpha n} \quad (3)$$

$$i_n = B \frac{e^{-\alpha n}}{1 - e^{-\alpha}} + \nu I_d \quad (4)$$

Iar B este data de următoarea expresie:

$$B = (1 - \nu)(1 - e^{-\alpha}) I_d = (1 - \nu) \frac{2th \frac{\alpha}{2}}{1 + th \frac{\alpha}{2}} I_d \quad (5)$$

Pentru curentul în stâlpul cu defect, rezultă expresia:

$$I_0 = B = (1 - \nu) \frac{2th \frac{\alpha}{2}}{1 + th \frac{\alpha}{2}} I_d \quad (6)$$

Dacă lungimea liniei nu permite această simplificare ($A \rightarrow 0$), atunci constantele arbitrare A și B se determină din condițiile de la capetele liniei analizate:

$$\begin{cases} A = I_d (1 - \nu) \frac{b_2 - b_1}{a_1 b_2 - b_1 a_2} (1 - e^{\alpha}) \\ B = I_d (1 - \nu) \frac{a_1 - a_2}{a_1 b_2 - b_1 a_2} (1 - e^{-\alpha}) \end{cases} \quad (7)$$

unde cu a_1, b_1, a_2, b_2 s-au notat:

$$a_1 = 1 + (1 - e^{\alpha}) \frac{Z_{st}}{Z_p}; \quad b_1 = 1 + (1 - e^{-\alpha}) \frac{Z_{st}}{Z_p}$$

$$a_2 = e^{\alpha N} \left[e^{\alpha} \left(1 + \frac{Z_{cpd}}{R_p} \right) + (1 - e^{\alpha}) \frac{Z_{st}}{R_p} \right]$$

$$b_2 = e^{-\alpha N} \left[e^{-\alpha} \left(1 + \frac{Z_{cpd}}{R_p} \right) + (1 - e^{-\alpha}) \frac{Z_{st}}{R_p} \right]$$

Rezultă pentru curentul în stâlpul cu defect expresia (obținută punând condiția $n = 0$, inclusiv în expresiile coeficienților a_2, b_2):

Starting from (1) and (2), in [13] were developed the expressions for the currents flowing to ground through the successive towers, respectively for the ground wire currents:

$$I_n = Ae^{\alpha n} + Be^{-\alpha n} \quad (1)$$

$$i_n = A \frac{e^{\alpha n}}{1 - e^{-\alpha}} + B \frac{e^{-\alpha n}}{1 - e^{-\alpha}} + \nu I_d \quad (2)$$

In which: A and B are arbitrary parameters, that will be obtained from the boundary conditions, and

$$\alpha \approx \sqrt{\frac{Z_{cpd}}{Z_{st}}}$$

If the line is sufficiently long so that $A \rightarrow 0$, according to (1) and (2):

$$I_n = Be^{-\alpha n} \quad (3)$$

$$i_n = B \frac{e^{-\alpha n}}{1 - e^{-\alpha}} + \nu I_d \quad (4)$$

B is given by the next expression:

$$B = (1 - \nu)(1 - e^{-\alpha}) I_d = (1 - \nu) \frac{2th \frac{\alpha}{2}}{1 + th \frac{\alpha}{2}} I_d \quad (5)$$

The current in the faulted tower will get the expression:

$$I_0 = B = (1 - \nu) \frac{2th \frac{\alpha}{2}}{1 + th \frac{\alpha}{2}} I_d \quad (6)$$

If the line can not be considered long enough, then parameters A and B will be found from the boundary conditions:

$$\begin{cases} A = I_d (1 - \nu) \frac{b_2 - b_1}{a_1 b_2 - b_1 a_2} (1 - e^{\alpha}) \\ B = I_d (1 - \nu) \frac{a_1 - a_2}{a_1 b_2 - b_1 a_2} (1 - e^{-\alpha}) \end{cases} \quad (7)$$

where a_1, b_1, a_2, b_2 are:

$$a_1 = 1 + (1 - e^{\alpha}) \frac{Z_{st}}{Z_p}; \quad b_1 = 1 + (1 - e^{-\alpha}) \frac{Z_{st}}{Z_p}$$

$$a_2 = e^{\alpha N} \left[e^{\alpha} \left(1 + \frac{Z_{cpd}}{R_p} \right) + (1 - e^{\alpha}) \frac{Z_{st}}{R_p} \right]$$

$$b_2 = e^{-\alpha N} \left[e^{-\alpha} \left(1 + \frac{Z_{cpd}}{R_p} \right) + (1 - e^{-\alpha}) \frac{Z_{st}}{R_p} \right]$$

For the current in the faulted tower we'll get the next expression (obtained for $n = 0$ in all expressions, including a_2, b_2):

$$I_0 = A + B = I_d (1 - \nu) \left(\frac{b_2 - b_1}{a_1 b_2 - b_1 a_2} (1 - e^{-\alpha}) + \frac{a_1 - a_2}{a_1 b_2 - b_1 a_2} (1 - e^{-\alpha}) \right) \quad (8)$$

Defect la un stâlp oarecare al liniei

În figura 2 s-a presupus că defectul apare la stâlpul 0. De asemenea, s-a presupus că sunt (N-1) stâlpi cuprinși între stâlpul cu defect și capătul din stânga al liniei și respectiv (M-1) stâlpi cuprinși între stâlpul cu defect și celălalt capăt al liniei. Rezistențele instalațiilor de legare la pământ ale stațiilor de la capetele liniei s-au notat cu R_p , respectiv R'_p . S-au notat cu Z'_{cpd} impedanțele porțiunilor de conductor de protecție de la ultimul stâlp până la stația electrică. Curentul total de defect I_d este dat de suma dintre cele două componente I'_d și I''_d .

Fault at any tower

In figure 2 the fault occurs at the tower number 0. There are (N-1) towers between this tower and the left terminal and respectively (M-1) towers between tower 0 and the right terminal. The left and right terminal ground resistance values are R_p , respectively R'_p . The impedance of the section of ground wire between the terminal and the first tower (tower N-1 or M-1) is Z'_{cpd} . The total fault current I_d is given by the sum between the current I'_d from one side, and I''_d from the other side of the transmission line.

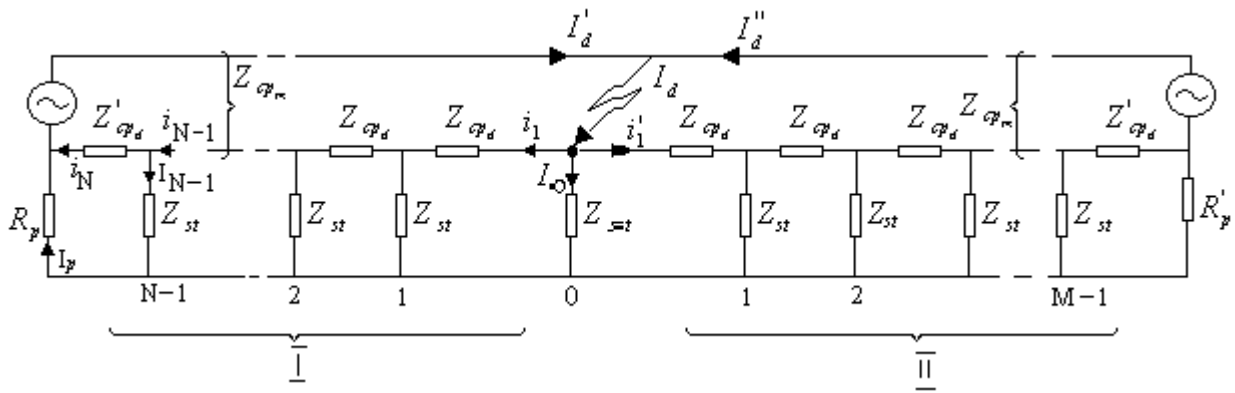


Figura 2 Distribuția curentului de defect
Figure 2 Ground fault current distribution

I_{n-s} este curentul în stâlpul de ordinul n , considerat de la locul de defect până la capătul din partea stângă (figura 2); indicele s se referă la capătul din partea stângă al liniei.

$$I_{n-s} = A_s e^{\alpha n} + B_s e^{-\alpha n} \quad (9)$$

i_{n-s} este curentul în conductorul de protecție de la locul de defect până la capătul din partea stângă (fig. 2)

$$i_{n-s} = a_s e^{\alpha n} + b_s e^{-\alpha n} + \nu I'_d \quad (10)$$

Constantele arbitrare A_s , B_s , a_s și b_s se determină din condițiile de la capetele porțiunii de linie analizată.

Z'_m reprezintă impedanța mutuală dintre conductorul de protecție și conductorul fazei avariate, corespunzătoare ultimei deschideri a conductorului de protecție.

I_{n-s} represents the current in the tower number n , counted from the faulted tower to the left part of the transmission line (figure 2).

$$I_{n-s} = A_s e^{\alpha n} + B_s e^{-\alpha n} \quad (9)$$

i_{n-s} represents the current in the ground wire (figure 2).

$$i_{n-s} = a_s e^{\alpha n} + b_s e^{-\alpha n} + \nu I'_d \quad (10)$$

A_s , B_s , a_s and b_s constants are determined from the boundary conditions.

Z'_m represents the mutual coupling between the ground wire and the faulted phase, in the last span.

$$A_s = \frac{1}{Z_{st}} \frac{\frac{Z'_{cpd}}{Z'_{cpd} + R_p} (1 - \frac{Z'_m}{Z'_{cpd}}) R_p I'_d - U_0 e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^{-\alpha})}{e^{\alpha(N-1)} (x_s - e^{-\alpha}) - e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^{-\alpha})} \quad (11)$$

$$B_s = \frac{1}{Z_{st}} \left[U_0 - \frac{\frac{Z_{cpd}}{Z_{cpd} + R_p} \left(1 - \frac{Z'_m}{Z_{cpd}}\right) R_p I'_d - U_0 e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^\alpha)}{e^{\alpha(N-1)} (x_s - e^{-\alpha}) - e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^\alpha)} \right] \quad (12)$$

$$a_s = \frac{e^{-\alpha} - 1}{Z_{cpd}} * \frac{\frac{Z_{cpd}}{Z_{cpd} + R_p} \left(1 - \frac{Z'_m}{Z_{cpd}}\right) R_p I'_d - U_0 e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^\alpha)}{e^{\alpha(N-1)} (x_s - e^{-\alpha}) - e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^\alpha)} \quad (13)$$

$$b_s = \frac{e^\alpha - 1}{Z_{cpd}} \left[U_0 - \frac{\frac{Z_{cpd}}{Z_{cpd} + R_p} \left(1 - \frac{Z'_m}{Z_{cpd}}\right) R_p I'_d - U_0 e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^\alpha)}{e^{\alpha(N-1)} (x_s - e^{-\alpha}) - e^{-\alpha(N-1)} (x_s - e^\alpha)} \right] \quad (14)$$

unde $x_s = 1 + \frac{Z_{cpd}}{Z_{st}} + \frac{Z_{cpd}}{Z_{cpd} + R_p}$.

where $x_s = 1 + \frac{Z_{cpd}}{Z_{st}} + \frac{Z_{cpd}}{Z_{cpd} + R_p}$.

Expresii similare se obțin pentru curenții din partea dreaptă a stâlpului cu defect.

$$\begin{cases} I_{n-d} = A_d e^{\alpha n} + B_d e^{-\alpha n} \\ i_{n-d} = \frac{A_d}{1-e^\alpha} e^{\alpha n} + \frac{B_d}{1-e^{-\alpha}} e^{-\alpha n} + v_d'' \end{cases} \quad (15)$$

Doua conductoare de protecție

Pana acum s-a presupus ca linia electrica este prevazuta cu un singur conductor de protecție. In cazul in care insa linia are doua conductoare de protecție, identice si dispuse simetric, expresiile prezentate anterior pot fi valabile daca cele doua conductoare de protecție sunt inlocuite cu un conductor de protecție echivalent, caracterizat de Z_{cpe} si Z_{cpme} . Tinand cont de figura 3, se pot scrie urmatoarele relatii:

$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{cp11} I_{cp1} + Z_{cp12} I_{cp2} \\ U_2 &= Z_{cp21} I_{cp1} + Z_{cp22} I_{cp2} \end{aligned} \quad (16)$$

Cele doua conductoare de protecție, fiind legate la pamant la ambele capete $U_1 = U_2$, iar impedanta proprie a conductorului de protecție echivalent va fi:

$$Z_{cpe} = \frac{U}{I_{cp1} + I_{cp2}} \quad (17)$$

Similar expressions are obtained for the currents from the right part of the faulted tower:

$$\begin{cases} I_{n-d} = A_d e^{\alpha n} + B_d e^{-\alpha n} \\ i_{n-d} = \frac{A_d}{1-e^\alpha} e^{\alpha n} + \frac{B_d}{1-e^{-\alpha}} e^{-\alpha n} + v_d'' \end{cases} \quad (15)$$

Two ground wires

It has been assumed that the transmission line has only one ground wire. When there are two ground wires, the expressions presented for single ground wire can still be used, if Z_{cpe} and Z_{cpme} values will represents the group of ground wires, if those conductors are identical and disposed in a mutually symmetrical position. Considering figure 3, the following equations could be written:

$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{cp11} I_{cp1} + Z_{cp12} I_{cp2} \\ U_2 &= Z_{cp21} I_{cp1} + Z_{cp22} I_{cp2} \end{aligned} \quad (16)$$

Those two ground wires, being interconnected at both ends, $U_1 = U_2$, and the self impedance of the group can be defines as:

$$Z_{cpe} = \frac{U}{I_{cp1} + I_{cp2}} \quad (17)$$

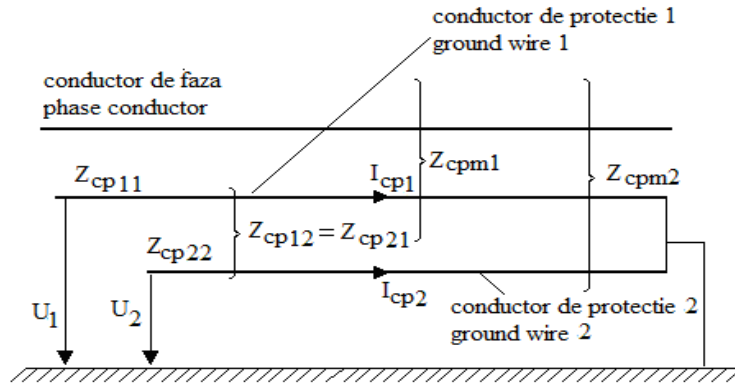


Figura 3 Doua conductoare de protecție
Figure 3 Two ground wires

Impedanta mutuala dintre conductorul de protecție echivalent și conductorul de fază avariata, va fi:

$$Z_{cpme} = \frac{I_{cp1} Z_{cpm1} + I_{cp2} Z_{cpm2}}{I_{cp1} + I_{cp2}} \quad (18)$$

Din cele trei relatii de mai sus, se obtin urmatoarele expresii pentru impedanta proprie a conductorului de protecție echivalent, respectiv pentru impedanta mutuala dintre conductorul de protecție echivalent și conductorul de fază avariata:

The mutual impedance between the equivalent ground wire and the faulted phase conductor will be:

$$Z_{cpme} = \frac{I_{cp1} Z_{cpm1} + I_{cp2} Z_{cpm2}}{I_{cp1} + I_{cp2}} \quad (18)$$

From these three expressions, it will be determined the expressions for the self impedance of the equivalent ground wire, respectively for the mutual impedance between equivalent ground wire and the faulted phase:

$$Z_{cpe} = \frac{Z_{cp11} Z_{cp22} - Z_{cp12}^2}{Z_{cp11} + Z_{cp22} - 2Z_{cp12}} \quad (19)$$

$$Z_{cpme} = \frac{Z_{cpm1} (Z_{cp22} - Z_{cp12}) + Z_{cpm2} (Z_{cp11} - Z_{cp12})}{Z_{cp11} + Z_{cp22} - 2Z_{cp12}}$$

3. Rezultate numerice

În continuare, sunt prezentate rezultate numerice. Pentru exemplificare, se consideră o linie electrică aeriană trifazată de 220 kV dublu circuit, dispusă pe stâlpi având configurația din figura 4. Linia electrică poate fi prevăzută cu conductor de protecție din aluminiu-oțel (AL-OL) având secțiunea $S_n = 160/95mm^2$, sau cu conductor de protecție din oțel (OL), cu secțiunea $S_n = 95mm^2$.

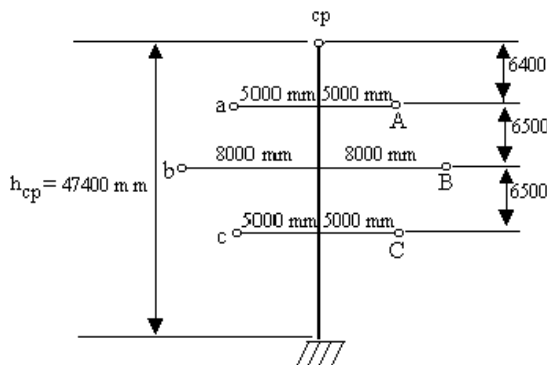


Figura 4 Coronamentul liniei

3. Numerical results

In this section, based on the analytical model presented above, are presented numerical results. In order to illustrate the theoretical approach outlined in section above, we are considering that the line who connects two stations is a 220kV transmission line with one aluminium-steel ground wire $S_n = 160/95mm^2$, respectively with a steel ground wire $S_n = 95mm^2$ (figure 4).

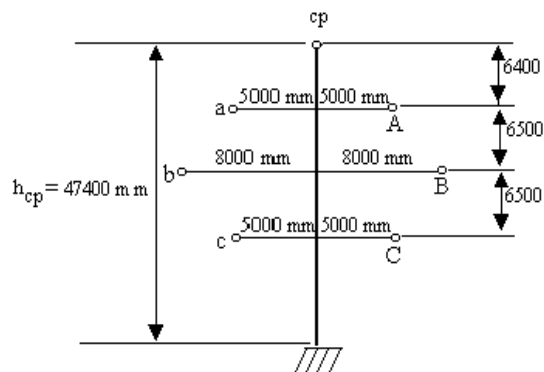


Figure 4 Disposition of line conductors

Pentru calculul parametrilor liniei, s-a presupus ca distanța medie dintre doi stalpi este de 250m. Impedanța porțiunii de conductor de protecție corespunzătoare unei deschideri Z_{cp_d} și impedanța mutuală dintre conductorul de protecție și conductorul fazei avariate, corespunzătoare unei deschideri a conductorului de protecție au fost calculate cu formulele lui Carson [1]. În figurile 5 și 6 sunt prezentate grafic rezistența, respectiv reactanța liniei calculate cu formulele lui Carson, pentru cazul în care conductorul de protecție cp este din $AL-OL$, respectiv din OL .

Line impedances per one span are determined on the bases of the following assumption: average length of the span is 250m. Ground wire impedance per one span Z_{cp_d} and the mutual impedance Z_m between the ground wire and the faulted phase are calculated for different values of the soil resistivity ρ with formulas based on Carson's theory of the ground return path [1]. Figures 5 and 6 present the resistance and the reactance of the transmissions line, calculated with Carson's formulas.

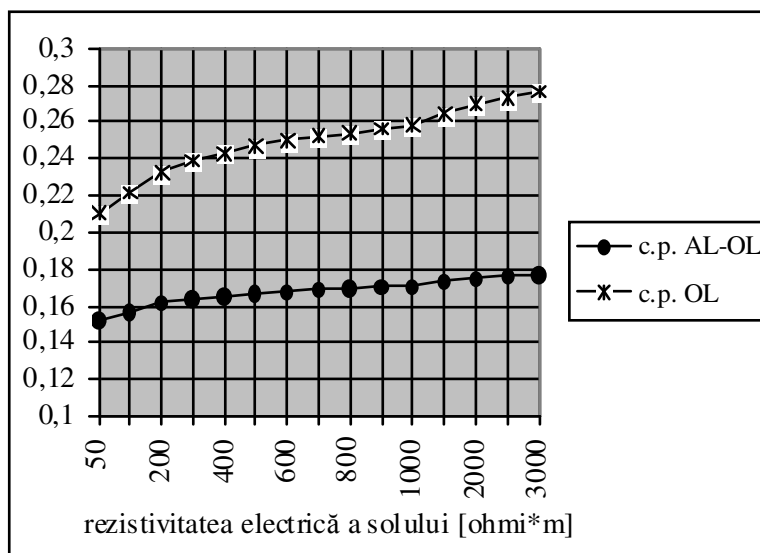


Figura 5 Rezistența liniei electrice în Ω / km în funcție de rezistivitatea electrică a solului în Ωm

Figure 5 Resistance of the transmission line in Ω / km as a function of the soil resistivity ρ , in Ωm

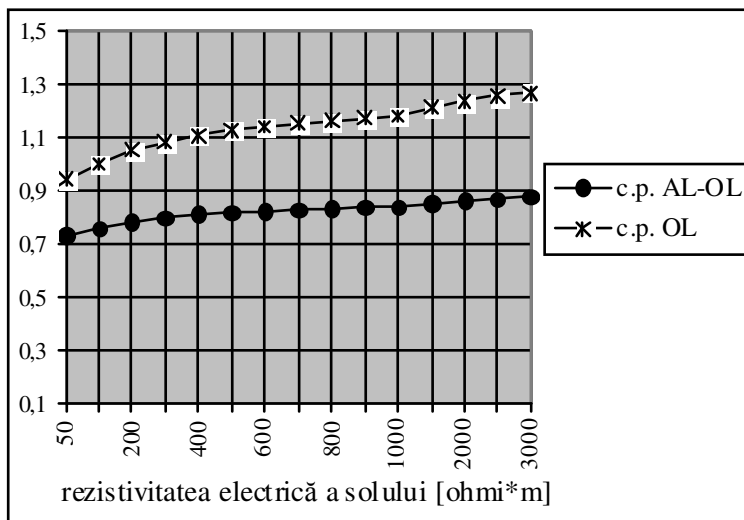


Figura 6 Reactanța liniei electrice în Ω / km , în funcție de rezistivitatea electrică a solului în Ωm

Figure 6 Reactance of the transmission line in Ω / km as a function of the soil resistivity ρ , in Ωm

În figura 7 este reprezentat curentul în conductorul de protecție, atunci când defectul apare la ultimul stalp al liniei. S-a presupus că linia are 15 stalpi și este prevăzută cu un singur conductor de protecție de $95/55mm^2$.

Figure 7 shows the currents flowing in the ground wire in case of a fault at the last tower at the line. It was assumed that the line has 15 towers and one aluminium-steel ground wire $95/55mm^2$.

Valorile pentru impedanta proprie a conductorului de protectie, respectiv pentru impedanta mutuala, au fost calculate pentru diferite valori ale rezistivitatii electrice a solului. Pentru aceste valori, tinand cont de cele prezentate in [13], linia este considerata de lungime mica, ceea ce inseamna ca la calculul curetilor trebuie folosite relatiile (7).

In figura 8 este reprezentat curentul I_o prin stalpul cu defect, raportat la curentul de defect I_d , in functie de lungimea liniei. Atunci cand lungimea liniei depaseste o anumita limita, curentul I_o ramane practic independent de lungimea liniei.

The values of ground wire and mutual impedance between the faulted phase and the ground wire, were calculated for different values of the soil resistivity. For those values and for that number of tower, according with theoretical approach presented [13], the line should be considered a short line, which means that for computation the ground fault current distribution are used expressions (7).

Figure 8 presents the current I_o through the faulted tower as a function of the line length. When the line length exceed a limit, the current I_o remains practically constant with the further increase of the line length.

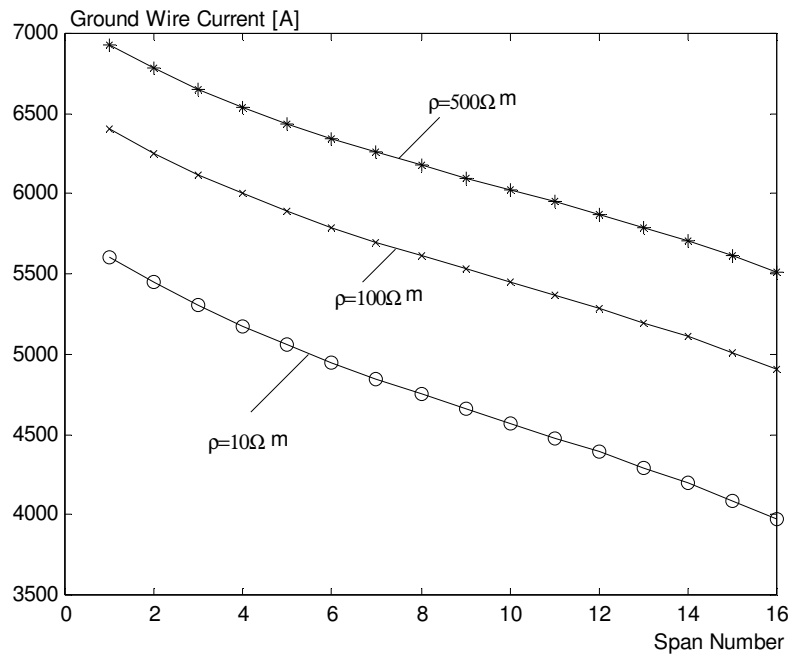


Figura 7 Curentul in conductorul de protectie

Figure 7 Ground wire current for different values of ground wire and mutual impedance in case of the fault at the last tower. $Z_{st}=10 \Omega$

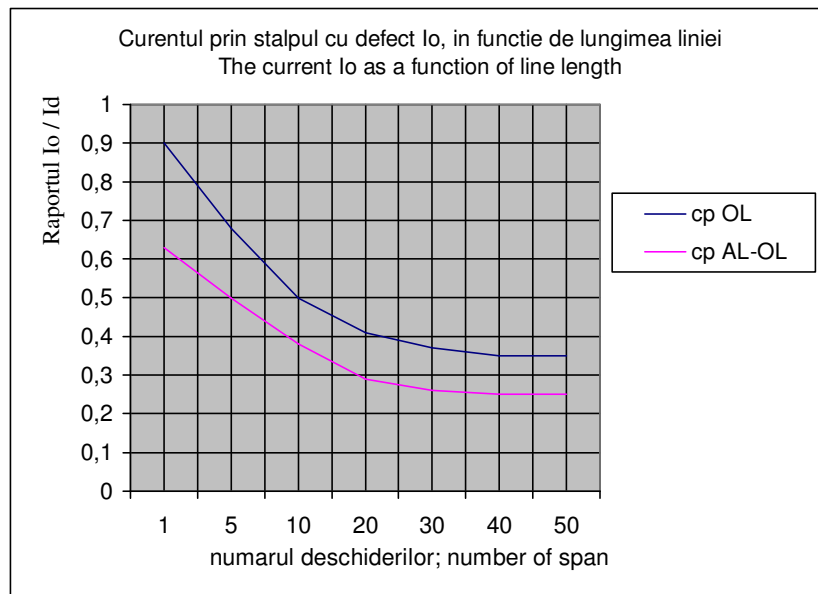


Figura 8
Figure 8

4. Concluzii

Acest articol prezinta cateva rezultate numerice bazate pe modelele analitice dezvoltate de autori in lucrarile lor precedente, referitoare la estimarea repartiției curentului de scurtcircuit monofazat în rețelele electrice trifazate de înaltă tensiune. S-a prezentat influenta conductoarelor de protectie asupra distributiei curentului de defect, atunci când defectul apare la un stâlp oarecare al unei linii electrice aeriene.

Mulumiri

Acest articol a fost sponsorizat prin Grantul CNCISIS cod 485 / 2009.

Bibliografie (References)

1. **Carson J. R.** - *Wave propagation in Overhead Wires with Ground Return*, Bell System Techn. 1, vol. 5, 1926
2. **Dawalibi F., Niles G. B.** - *Measurements and Computations of Fault Current Distribution on Overhead Transmission Lines*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 3, March 1984
3. **Edelmann H.** - *Electrical Calculus of Interconnected Networks*, Publishing Technical House, Bucharest, 1966 (in Romanian)
4. **Endrenyi J.**: *Analysis of Transmission Tower Potentials during Ground Faults*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-86, No.10, October 1967
5. **Goci H. B., Sebo S. A.:** *Distribution of Ground Fault Currents along Transmission Lines - an Improved Algorithm*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-104, No.3, March 1985
6. ******* - *Methodology of Current Fault Calculus in Electrical Networks - PE 134/1984*, Electrical Research and Development - ICEMENERG, Bucharest 1993 (in Romanian)
7. **Rudenberg R.:** *Fenomene tranzitorii în sistemele electroenergetice (Transient Phenomenas in Power Systems)*, Editura tehnică, București, 1959, Traducere din limba engleză

4. Conclusions

This paper presents some numerical results based on the analytical method described - in previous work of the authors, in order to determine the ground fault current distribution in power networks - when the fault appears at the last tower of the line, respectively at any tower of the transmission line. The effect of the ground wires on the magnitude of return currents has been examined.

Acknowledgments

This work was partially supported by the Romanian National Council of Academic Research (CNCISIS) through the research Grant No. 485 / 2009.

8. **Șora C.:** *Bazele Electrotehnicii (Fundamentals of Electrotechnics)*, Editura didactică și pedagogică, București, 1982
9. **Toader D., Hărăguș Șt., Toaxen V.** - *An Improved Method for the Neutral Point Grounding in a Distribution Network*, Proceedings of the IASTED International Conference on Power and Energy Systems, Spain, 2000
10. **Verma R., Mukhedkar D.:** *Ground Fault Current Distribution in Sub-Station, Towers and Ground Wire*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-98, No.3, May/June 1979
11. **Vintan M.** - *Potentials of the transmission towers during ground faults*, Proceedings of the 5th International Conference on Electromechanical and Power Systems - SIELMEN 2005, vol. II, pg. 1075-1077, ISBN GEN: 973-716-208-0, October 6-8, Chisinau, Republic of Moldova, 2005
12. **Vintan M., Buta A.** - *Ground fault current distribution on overhead transmission lines*, FACTA UNIVERSITATIS (NIS), ISSN: 0353-3670, ser.: Electronics and Energetics, vol.19, No.1, April 2006, Serbia
13. **Vintan M.** - *Evaluating transmission towers potentials during ground faults*, Journal of Zhejiang University SCIENCE A, Zhejiang University Press, co-published with Springer-Verlag GmbH, Volume 9, Number 2 / February, 2008