

INFLUÊNCIA DO SOLO NOS PARÂMETROS LONGITUDINAIS DE LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Fábio Norio Razé Yamanaka, Sérgio Kurokawa, - Engenharia Elétrica - Departamento de Engenharia Elétrica - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Campus de Ilha Solteira.

Atualmente reconhece-se que um dos principais aspectos que garantem a fidelidade de um modelo de linha de transmissão de energia elétrica é o fato de se considerar o efeito da frequência sobre os parâmetros da linha.

Os modelos que consideram os parâmetros da linha como sendo independentes da frequência não fornecem resultados satisfatórios quando utilizados na análise de transitórios eletromagnéticos, uma vez que estes fenômenos possuem componentes cujas frequências estão distribuídas em uma faixa bastante ampla.

Os parâmetros longitudinais de linhas de transmissão com retorno através do solo são fortemente dependentes da frequência, ou seja, o fato de se considerar o efeito do solo no retorno das correntes através do mesmo faz com que os parâmetros da linha sofram grande influência da frequência. Este fenômeno é descrito através dos modelos de Carson e de Pollaczek sendo que, geralmente, a influência do solo sobre os parâmetros de linhas aéreas é representada através das equações de Carson [1].

Carson considerou condutores paralelos ao solo, admitindo a resistividade uniforme e tendo extensão infinita e demonstrou que as impedâncias próprias e mútuas de circuitos com retorno pelo solo são iguais às impedâncias para um circuito envolvendo solo perfeito, no qual se pode considerar um condutor-imagem à mesma profundidade que a altura do condutor sobre o solo acrescida de um fator de correção $P + jQ$, aplicável a ambas as impedâncias.

Esse fator de correção é função de duas variáveis p e θ . A função $P + jQ$ é comum às impedâncias próprias e mútuas, porém as variáveis p e θ são diferentes para as duas. A figura 1 mostra dois condutores A e B, a uma altura h_A e h_B sobre o solo, com suas imagens a distâncias D_{AB} e D_{BA} , respectivamente.

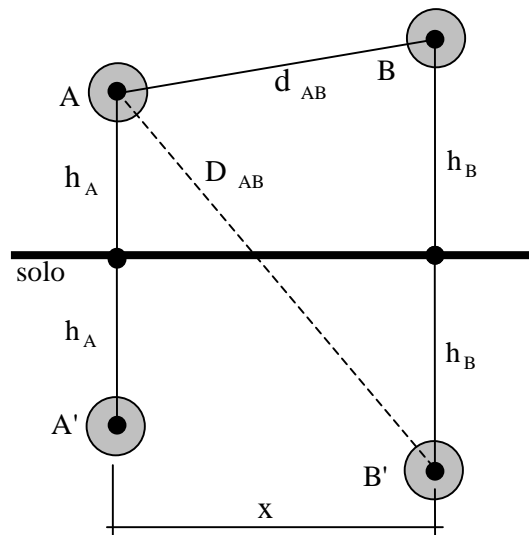


Figura 1 – Condutores com retorno pelo solo

As definições das impedâncias próprias e mútuas, por Carson, dos circuitos de retorno pelo solo são:

$$Z_{ii} = r_{aci} + j4\pi \cdot 10^{-4} \cdot f \cdot \ln \frac{2h_i}{R.M.G_i} + 8\pi \cdot 10^{-4} \cdot f \cdot (P + jQ) \text{ [ohm/ km]} \quad (1)$$

$$Z_{ij} = j4\pi \cdot 10^{-4} \cdot f \cdot \ln \frac{D_{ij}}{d_{ij}} + 8\pi \cdot 10^{-4} \cdot f \cdot (P + jQ) \text{ [ohm/km]} \quad (2)$$

Onde r_{aci} é a resistência do condutor e os valores de P e Q são denominados em função da variáveis p e θ que são definidas diferentemente para impedâncias próprias e mútuas [1,2]. Com os valores de P e Q calculados, obtém-se a correção das impedâncias próprias e mútuas considerando assim, a influência do solo nos parâmetros longitudinais de uma linha de transmissão.

Neste trabalho será mostrado o comportamento dos parâmetros longitudinais de uma linha de transmissão aérea trifásica de 440 kV, levando em consideração o efeito do solo.

Foi desenvolvido e implementado, utilizando o ambiente MATLAB, um programa que calcula os parâmetros longitudinais de uma linha de transmissão, a partir das coordenadas cartesianas das fases 1, 2 e 3, que são constituídas de 4 subcondutores do tipo Grosbeak e os condutores 4 e 5 são cabos pára-raios do tipo EHS-3/8". A estrutura estudada é mostrada na figura 2.

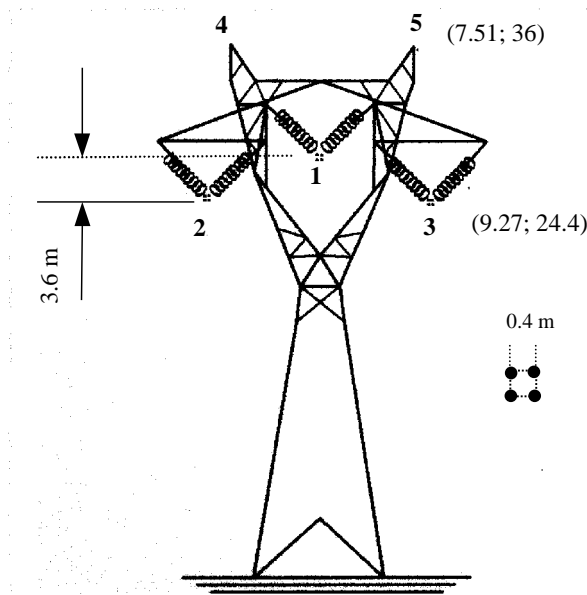


Figura 2 - Estrutura de uma linha trifásica de 440 kV

Os resultados são mostrados sob a forma de gráficos de resistências e indutâncias em função da frequência, de cada fase da linha, considerando frequências compreendidas entre 10^{-2} Hz e 10^8 Hz. A resistividade do solo foi considerada igual a 1000 Ohms.m.

A figura 3 mostra as resistências das fases 1, 2 e 3 da linha de transmissão.

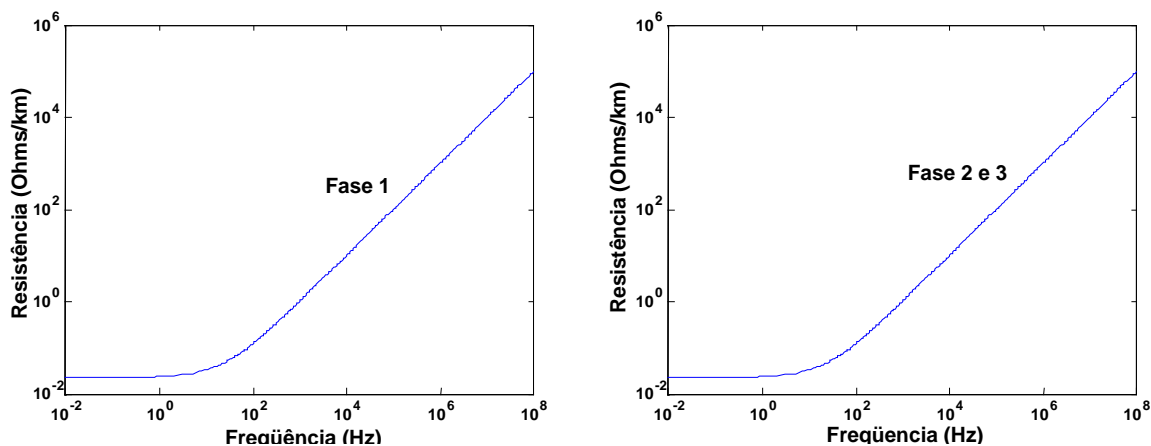


Figura 3 - Resistência das fases 1, 2 e 3 da Linha

Nota-se que os valores das Resistências das fases 1, 2 e 3 aumentam à medida que a frequência aumenta.

A figura 4 mostra as indutâncias próprias e mútuas das fases 1, 2 e 3 da linha de transmissão.

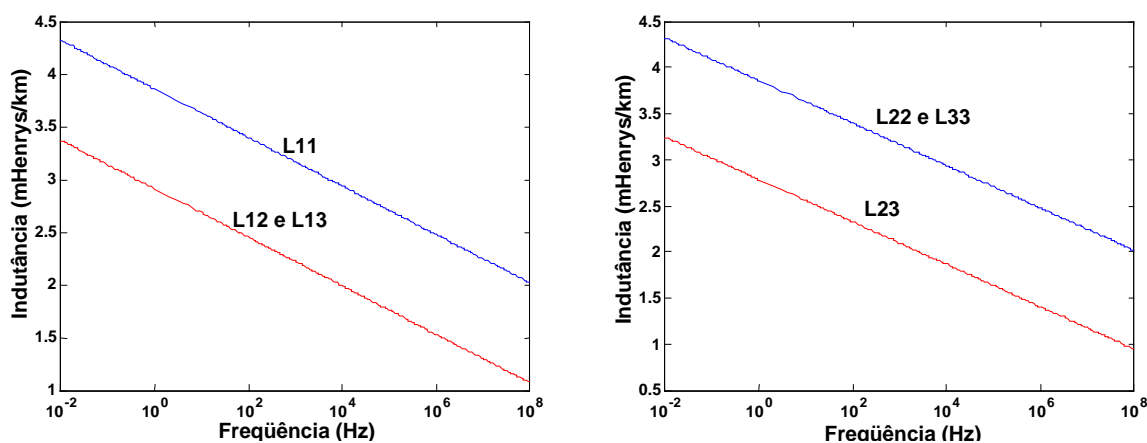


Figura 4 - Indutâncias próprias e mútuas das fases 1, 2 e 3 da Linha

Já os valores das Indutâncias próprias e mutuas das fases 1, 2 e 3 diminuem à medida que a frequência aumenta.

Portanto, o fato de se considerar o efeito do retorno das correntes através do solo (Efeito do Solo), faz com que os parâmetros longitudinais da linha sofram grande influência da frequência.

Referências Bibliográficas

- [1] Fuchs, R. D., "Transmissão de Energia Elétrica: Linha Aéreas; teoria das Linhas em Regime Permanente", 2a edição, Editora livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, R.J., 1979.
- [2] H. W. Dommel. "EMTP theory book", 1996.

Bolsa: FAPESP