

Bibliografia

- [1] VELLASCO, M. M. B. R. Redes Neurais Artificiais. Notas de aula – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- [2] HAYKIN, S. Redes Neurais Princípios e prática, 2ª edição, Porto Alegre: Bookman, 2001. 900p.
- [3] BIONDI Neto, L. Sistema Híbrido de apoio à decisão para detecção e diagnóstico de falhas em redes elétricas, Rio de Janeiro, Abril 1997. Dissertação de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Abril 1997
- [4] Neural Network Toolbox, user guide, Maths Works Inc., 2000
- [5] CYBENKO, “ Approximation by superpositions of a Sigmoidal Function, Mathematics of Control, Signals and System”, 2,303-314,1989
- [6] LIPPMAN, “ An introduction to computing with neural networks”, ASSP Magazine, pp 4-22, April 1987
- [7] MICROARS Consultoria e Projetos Ltda ,Sistema de Localização Automática de Faltas , Relatório Ref. DEEO 0001010019,2000.
- [8] ALTERNATIVE Transients Program, Rule Book, Leuven EMTP Center (LEC), 1987.
- [9] IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems, IEEE C37.111-1999.
- [10] CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica, “Análise Faltas Simultâneas – ANAFAS”, Manual de utilização, 12/2000.
- [11] CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica, “Sistema Integrado de Análise de Perturbações – SINAPE”, Manual de Utilização, 1997.
- [12] OPPEHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. Digital Signal Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1996
- [13] ALTUVE, H. J.; DIAZ, I. VASQUEZ, E. “ Fourier and Walsh Digital Filtering Algorithms for Distance Protection”, IEEE Trans. On Power System, Vol 11, nº1, Fevereiro 1996 pp457-462.

- [14] ISAKSSON, A. “ Digital protective relaying through recursive least-squares identification”, IEE PROCEEDINGS, Vol 135,Pt.C., nº5, September 1988, pp441-449.
- [15] STEVENSON Jr., W.D. Elementos de Análise de Sistemas de Potência, Rio de Janeiro, McGraw-Hill do Brasil, 1986.
- [16] GIOVANINI, R.; COURY, D. V. Classificação Rápida de Faltas em Sistemas Elétricos Utilizando Redes Neurais Artificiais,IV Congresso Brasileiro de Redes Neurais, pp.281-286, julho de 1999,São José dos Campos.
- [17] COURY, D.V.; JORGE, D.C (1998), Artificial Neural network Approach to Distance Protection, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.13, Nº1, pp.102-108, Jan 1998.
- [18] TAKAGI, T.; YAMAKOSHI, Y.; YAMAURA, M.; KONDOW, R.; MATSUSHIMA, T.; Developments of A New Type of Fault Locator Using the One Terminal Voltage and Current Data, IEEE Trans. PAS-101 (8), pp.2892 a 2898, Aug.1982.
- [19] TAKAGI, T.; YAMAKOSHI, Y.; BABA, J.; UEMURA, K.; SAKAGUCHI; A New Algorithm of an Accurate Fault Location for EHV/UHV Transmission Lines: Part I - Fourier Transformation Method, IEEE Trans. PAS-100 (3), pp. 1316 a 1323, Mar.1981.
- [20] TAKAGI, T.; YAMAKOSHI, Y.; BABA, J.; UEMURA, K.; SAKAGUCHI; A New Algorithm of an Accurate Fault Location for EHV/UHV Transmission Lines: Part II - Laplace Transformation Method, IEEE Trans. PAS-101 (3), pp. 564 a 573, Mar.1982.
- [21] WISZNIEWSKI, A.; How to Reduce Errors of Distance Fault Locating Algorithms, IEEE Trans. PAS-100, pp. 4815 a 4820, 1981.
- [22] ERIKSON, L.; SAHA, M.M.; ROKEFELLER, G.D.; An Accurate Fault Locator with Compensation for Apparent Reactance in the Fault Resistance Resulting from Remote and Infeed, IEEE Trans. PAS-104, pp. 424 a 435, 1985.
- [23] SILVEIRA, E. G. e PEREIRA, C. Localização de Faltas em Linhas de Transmissão Utilizando Dados de Tensão e Corrente de um Terminal, XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE, Outubro de 2001, Campinas, São Paulo.

- [24] SOLLERO, R. B. et all, Localização de Faltas em Sistema de Transmissão a Partir de Sinais Oscilografados em Ambas as Extremidades da Linha, XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE, Outubro de 2001, Campinas, São Paulo.
- [25] AVIZ, C.A.M.; FILHO, L.C.C.; MENDONÇA, F.S.R.; Localização de Defeitos: Resultados Práticos na Eletronorte, IV Seminário Técnico de Proteção e Controle, 17/5 a 21/05/93, Fortaleza, Ceará.
- [26] COOK, V.; Fundamental Aspects of fault Location Algorithms Used in Distance Protection, IEE Proc.C 133(2), Sept. 1986.
- [27] PEREIRA, C. E. M.; ZANETTA Jr, L. C. Análise Comparativa de Alguns Algoritmos de Localização Digital de Faltas em Linhas de Transmissão, SBA Controle e Automação, Vol 11, no.03, Dezembro de 2000.
- [28] OLESKOVICS, M.; COURY, D.V.; AGGARWAL, A. Um Esquema Completo para Detecção, Classificação e Localização de Faltas em Linhas Utilizando Redes Neurais, , XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE, Outubro de 2001, Campinas, São Paulo.

Apêndice

Algoritmo 2 de Takagi

A figura 1 mostra o circuito monofásico com dois sistemas equivalentes e circuito sob falta a x km do terminal S (Ponto F).

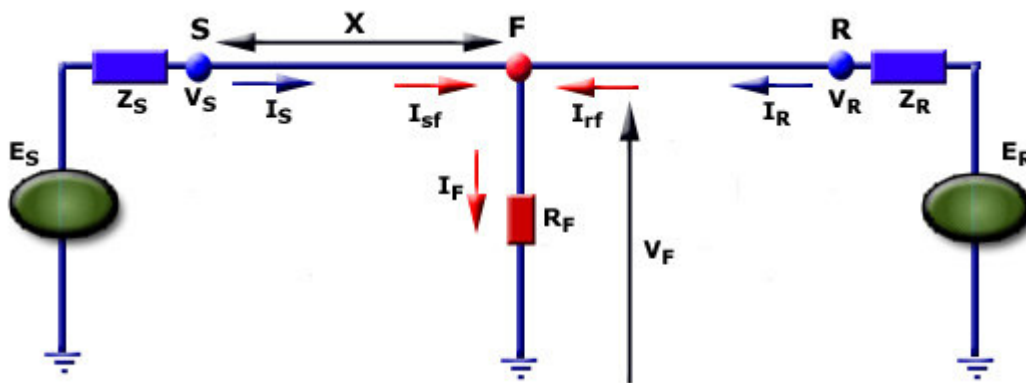


Figura 1 – Circuito de Falta

Pela lei da superposição o circuito de falta (figura 1) pode ser separado em um circuito representando a carga (figura 2) e um outro circuito representando somente a contribuição do curto-circuito (figura 3)

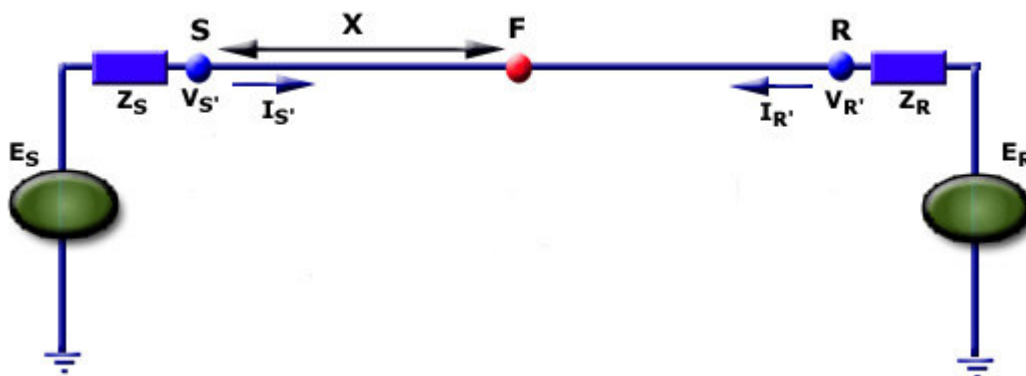


Figura 2 – Circuito de Pré-Falta

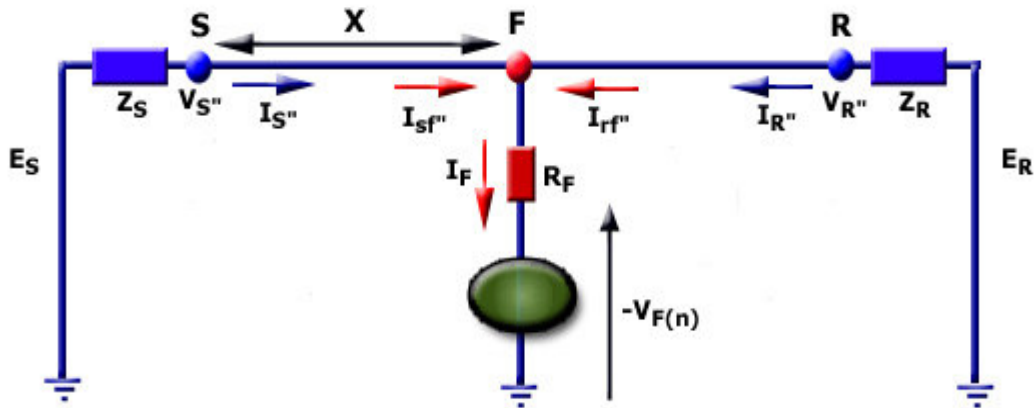


Figura 3 – Circuito com falta pura

onde,

x = distância do ponto. de falta

V_s = Tensão do terminal S

I_s = corrente do terminal S

V_f = Tensão do ponto. de falta

I_f = Corrente de falta

$V_{s''}$ = Tensão da diferença entre falta e pré-falta

$I_{s''}$ = Corrente da diferença entre falta e pré-falta

$I_{sf''}$ = Corrente de falta do terminal S

Z_s = Impedância de surto

Z = Impedância da LT por unidade de comprimento

ζ = Constante de propagação

\Im = Componente imaginária

\Re = Componente real

* = Conjugado

Explicando o valor de x (distância da falta) em função da tensão e corrente obtidos em um terminal.

$$V_f = R_f \cdot I_f$$

$$K_f = \frac{I_{rf''}}{I_{sf''}} \quad (1)$$

$$I_f = (I_{sf''} + I_{rf''})$$

$$I_f = (1 + K_f) I_{sf''}$$

$$I_f = \left(1 + \frac{1}{K_f}\right) I_{rf''}$$

$$Z_{(s)} = \frac{V_f}{-I_{sf}''} \quad (2)$$

$$Z_{(r)} = \frac{V_f}{-I_{rf}''}$$

$$Z_{(s)} = -R_f(1 + K_f)$$

$$Z_{(r)} = -R_f\left(1 + \frac{1}{K_f}\right)$$

A impedância aparente da malha do circuito de falta ($Z_{(s)}$) pode ser expressa em função das grandezas medidas no terminal S (V_s, V_s'', I_s, I_s'') e da localização da falta (x).

$$V_f = V_s \cdot \cosh \zeta x - Z_c \cdot I_s \cdot \sinh \zeta x \quad (3)$$

$$I_{sf}'' = I_s'' \cdot \cosh \zeta x - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \sinh \zeta x \quad (4)$$

Das equações (2), (3) e (4) temos:

$$Z_{(s)} = -\frac{V_s \cdot \cosh \zeta x - Z_c \cdot I_s \cdot \sinh \zeta x}{I_s'' \cdot \cosh \zeta x - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \sinh \zeta x} \quad (5)$$

Supondo que a linha não têm perdas ($r, g=0$) e que os sistemas terminais são puramente indutivos ($Z_s = X_s$), ou seja, fator K_f é um real.

$$Z_{(s)} = -\frac{V_s \cdot \cosh \zeta x - Z_c \cdot I_s \cdot \sinh \zeta x}{I_s'' \cdot \cosh \zeta x - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \sinh \zeta x} = R_f(1 + K_f)$$

$$V_s \cdot \cosh \zeta x - Z_c \cdot I_s \cdot \sinh \zeta x = -R_f(1 + K_f) \left[I_s'' \cdot \cosh \zeta x - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \sinh \zeta x \right]$$

÷ $\cosh(\zeta x)$

$$V_s - Z_c \cdot I_s \cdot \tanh \zeta x = -R_f(1 + K_f) \left[I_s'' - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x \right] \quad (6)$$

$$\frac{\Im\{V_s - Z_c \cdot I_s \cdot \tanh \zeta x\}}{\Re\{V_s - Z_c \cdot I_s \cdot \tanh \zeta x\}} = \frac{\Im\left\{(1 + K_f) \left[I_s'' - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x \right]\right\}}{\Re\left\{(1 + K_f) \left[I_s'' - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x \right]\right\}}$$

$$\Im\left\{(V_s - Z_c \cdot I_s \cdot \tanh \zeta x) \left((1 + K_f) \left[I_s'' - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x \right] \right)\right\} = 0 \quad (7)$$

$$V_{s''} = -Z_s \cdot I_{sf''}$$

$$I_{sf''} - \frac{V_s''}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x = \left[1 + \frac{Z_s}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x \right] \cdot I_{sf''}$$

Considerando o sistema S como forte.

$$Z_s \ll Z_c$$

$$\frac{Z_s}{Z_c} \approx 0$$

$$\left[1 + \frac{Z_s}{Z_c} \cdot \tanh \zeta x \right] \cdot I_{sf''} \approx I_{sf''} \quad (8)$$

Das equações (7) e (8) temos:

$$\Im\{(V_s - Z_c \cdot I_s \cdot \tanh \zeta x) I_{sf''}\} = 0$$

$$\Im\{V_s \cdot I_{sf''}^*\} \approx \Im\{Z_c \cdot I_s \cdot I_{sf''}^* \cdot \tanh \zeta x\} \quad (9)$$

Supondo que as perdas da linha são nulas.

$$r, g = 0$$

$$\zeta = jw\sqrt{LC}$$

$$\tanh \zeta x = j \cdot \tan(w\sqrt{LC} \cdot x)$$

$$\Im\{Z_c \cdot I_s \cdot I_{sf''}^* \cdot \tanh \zeta x\} = \Im\{jZ_c \cdot I_s \cdot I_{sf''}^*\} \tan(w\sqrt{LC} \cdot x)$$

$$\Im\{V_s \cdot I_{sf''}^*\} \approx \Im\{jZ_c \cdot I_s \cdot I_{sf''}^*\} \tan(w\sqrt{LC} \cdot x)$$

Com as simplificações descritas, obtemos x em função das grandezas medidas no terminal S.

$$x \approx \frac{1}{w\sqrt{LC}} \tan^{-1} \left[\frac{\Im\{V_s \cdot I_{sf''}^*\}}{\Im\{jZ_c \cdot I_s \cdot I_{sf''}^*\}} \right]$$