

Modelagem de um relé de proteção de distância para aplicação acadêmica

RESUMO

Leonardo Pereira Camargo
leonardocamargoeng@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Cornélio Procópio,
Paraná, Brasil

Murilo da Silva
murilosilva@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Cornélio Procópio,
Paraná, Brasil

Este artigo tem como objetivo apresentar a modelagem de um relé de distância com característica mho, utilizado largamente na proteção de linhas de transmissão para identificação e isolamento de defeitos. A plataforma Simulink/Matlab foi utilizada para a simulação do sistema elétrico e implementação da lógica de funcionamento e atuação do relé. Aplicou-se uma falta bifásica em um ponto da linha de transmissão simulada, localizada na primeira zona de proteção do relé, para a verificação do funcionamento do mesmo na detecção faltas. Por meio dos resultados obtidos pode-se verificar a eficácia do modelo implementado na identificação de faltas aplicadas à frente e em diferentes zonas, onde este se mostrou preciso o suficiente para ser empregado no ensino de proteção de sistemas em nível de graduação e pós-graduação, além de ser uma alternativa de ensino atrativa diante das dificuldades técnicas e econômicas encontradas para modernização e atualizações constantes de laboratórios.

PALAVRAS-CHAVE: Proteção de sistemas elétricos de potência. Proteção de distância. Simulação de sistemas elétricos.

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas Elétricos de Potência (SEP) são projetados para que possam fornecer energia de forma contínua, confiável e de qualidade aos seus consumidores, sendo assim, para que curtos-circuitos, descargas elétricas ou quaisquer outros distúrbios ocorridos no sistema elétrico não venham a prejudicar o funcionamento de equipamentos presentes nestes sistemas, tais como: geradores, transformadores e as linhas de transmissão, torna-se necessário o emprego de elementos de proteção que sejam rápidos e seletivos na identificação e isolamento do trecho com defeito.

Devido à sua abrangência e presença em locais de difícil acesso, suas dimensões físicas e à variabilidade de climas aos quais as linhas de transmissão (LT) se encontram expostas, este é o elemento dos SEP mais susceptível a faltas (CARRAMASCHI, 2006). Os relés são os principais dispositivos utilizados na proteção deste elemento, sendo o relé de distância o mais empregado, visto que sua atuação não é prejudicada pelo comprimento das linhas.

Os relés de distância atuam na identificação e isolamento de componentes com defeitos, no caso de curtos-circuitos ou aberturas de fase (MASCHER, 2010). A característica de distância mho está entre as filosofias mais empregadas na detecção de faltas em linha longas, destacando-se na verificação de curtos-circuitos entre fases. Seu princípio de atuação baseia-se em um círculo que passa pela origem do plano de impedâncias R-X, onde também são plotadas as impedâncias aparentes calculadas pelo relé.

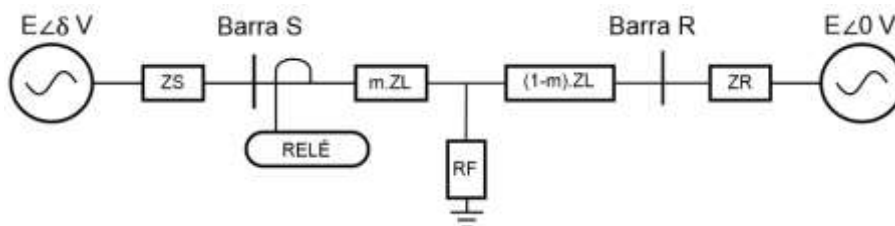
Tendo em vista o elevado custo de equipamentos para a composição de laboratórios de proteção, e a importância do estudo de suas características e aplicações, torna-se necessário a busca por soluções alternativas que auxiliem os estudantes e pesquisadores da área. Sendo assim, uma opção para esta situação, é o estudo por meio softwares que possibilitem as simulações dos sistemas elétricos, bem como, dos equipamentos empregados na segurança dos mesmos.

A plataforma Matlab/Simulink, possui bibliotecas que possibilitam a modelagem e simulação de diversos tipos de sistemas, inclusive os Sistemas Elétricos de Potência. Entretanto, estas bibliotecas não apresentam modelos específicos de relés que permitam estudos aprofundados dos mesmos, sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo a implementação de um relé de distância com característica mho, com o propósito de utilização do mesmo como uma ferramenta de ensino e pesquisa de proteção de sistemas.

2 MÉTODOS

Como fonte de aquisição dos dados, foi implementado um sistema de transmissão trifásico como o apresentado no diagrama unifilar da figura 1.

Figura 1 – Exemplo de figura



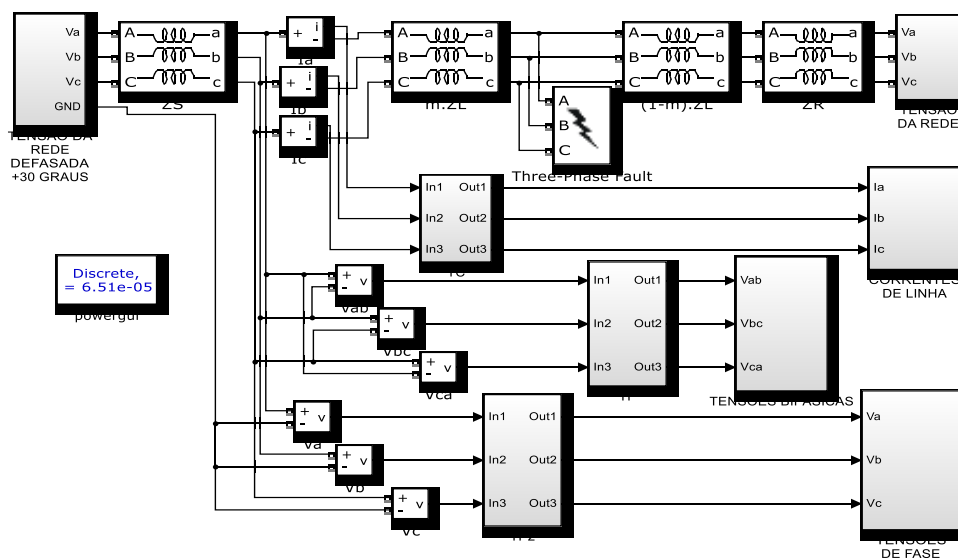
Fonte: Roberts; Guzman; Schweitzer (1993).

Sendo m a distância em por unidade (pu) da falta à barra S , Z_L a impedância da linha, Z_S e Z_R as impedâncias da fonte à barra S e a barra R , respectivamente, e R_F a resistência de falta.

A Figura 2 apresenta o sistema de transmissão implementado na plataforma Matlab/Simulink e o bloco para aplicação de faltas trifásicas, assim como os componentes utilizados na aquisição e condicionamento dos sinais de tensão e corrente. Os blocos “ i ” e “ v ” representam os amperímetros e voltímetros, utilizados para a obtenção dos valores de corrente e tensão, respectivamente. Em seguida estes sinais passam pelos subsistemas “TC” e TP”, Transformadores de Corrente e Transformadores de Potencial, onde são aplicadas as relações de transformação para as correntes (320:1) e tensões (3500:1), para que tais possam ser tratadas pelo relé.

Os subsistemas “CORRENTES DE LINHA”, “TENSÕES BIFÁSICAS” e “TENSÕES DE FASE”, são responsáveis por filtrar, realizar a conversão analógica/digital e extrair a componente fundamental dos sinais.

Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema de transmissão simulado



Fonte: Autoria própria (2017).

Desenvolveu-se a lógica de funcionamento do relé por meio de linhas de código no editor do Matlab, em um arquivo com extensão “.m”. Primeiramente, efetuou-se os cálculos das componentes simétricas de tensão para a obtenção dos valores de sequência positiva que são empregados nas equações dos loops das malhas de impedância, as quais podem ser calculadas por meio da Equação (1), sendo que esta pode ser adaptada para as demais fases (SALLES, 2007, p. 102). Em seguida, implementou-se todas as equações responsáveis pelo desenvolvimento da característica mho e cálculo das impedâncias de acordo com lógica de detecção de falta e determinação da zona na qual a mesma ocorreu. A circunferência característica do tipo mho é obtida por meio da Equação (2) (ROBERTS; GUZMAN; SCHWEITZER, 1993, p. 11).

$$M_{AB} = \frac{Re[V_{AB} \cdot (V_{A1} - V_{B1})^*]}{Re[1\angle\theta_L \cdot I_{AB} \cdot (V_{A1} - V_{B1})^*]} \quad (1)$$

$$|Z| = |r \cdot Z_{1L}| \cdot \cos(\theta_L - \phi) \quad (2)$$

Sendo: V_{AB} e I_{AB} a tensão e corrente de fase AB, respectivamente; V_{A1} e V_{B1} , fasores de tensão de sequência positiva da linha; $1\angle\theta_L$, fasor de módulo unitário e ângulo de fase da impedância de sequência positiva da linha; Re , a parte real de um número

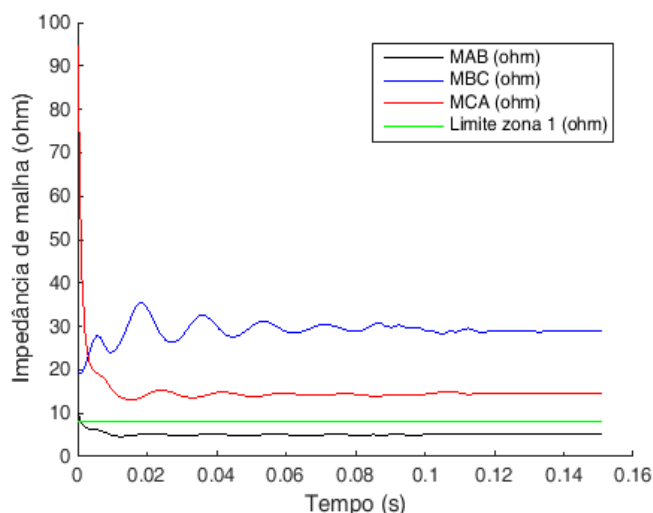
complexo; “*” o conjugado de um número complexo; r , o alcance do elemento mho em por unidade e Z_{1L} , a impedância de sequência positiva da linha; $\phi = (\theta_V - \theta_I)$, sendo θ_I o ângulo da corrente e θ_V o ângulo da tensão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisou-se o funcionamento do elemento de distância para uma falta aplicada entre as fases A e B, localizada na zona 1, a qual é caracterizada por abranger 80% da linha de transmissão. A Figura 3 apresenta as curvas das malhas de impedância calculadas para uma falta aplicada à 50% da impedância de sequência positiva da linha, assim como a curva de ajuste do limite da zona1. É possível observar o instante em que a curva da malha de impedância MAB cruza com o valor limite de ajuste para a zona 1.

Ainda sobre a Figura 3, pode-se observar também que as malhas de impedância MBC e MCA estão localizadas acima do valor de ajuste da zona 1, o que está correto, visto que as fases BC e CA não participam da falta.

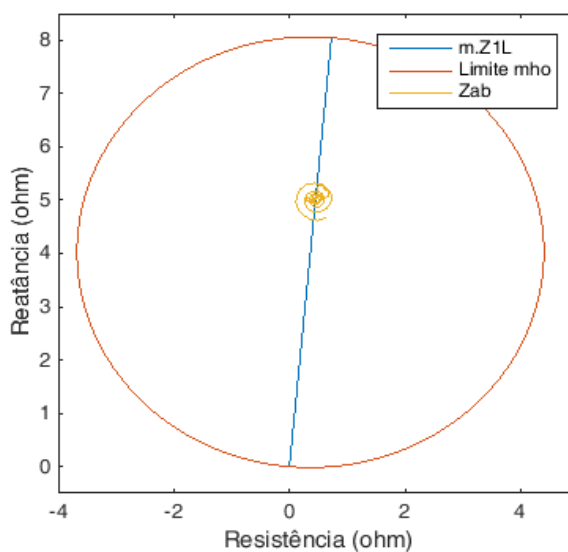
Figura 3 – Exemplo de figura



Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 4 mostra a impedância aparente sobre a reta da impedância de sequência positiva da linha, dentro dos limites da característica mho.

Figura 4 – Falta bifásica AB detectada na zona 1



Fonte: Autoria própria (2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados obtidos pode-se verificar a eficácia do relé implementado na identificação de faltas aplicadas à frente e em diferentes zonas, baseado em estudos publicados por fabricantes e outros trabalhos desenvolvidos, onde este se mostrou preciso o suficiente para ser empregado em pesquisas na área de proteção de linhas de transmissão, possibilitando também, o estudo novas lógicas ou até mesmo novos algoritmos.

Este modelo se mostrou simples e versátil para ser aplicado como ferramenta didática no ensino de proteção de sistemas em nível de graduação e pós-graduação, uma vez que este possibilita a demonstração de seu princípio de funcionamento e sua atuação em um sistema elétrico. Para tal, buscou-se apresentar as principais informações da maneira mais didática possível, descrevendo todas equações e passos a serem seguidos, para que futuramente outros pesquisadores e estudantes possam implementá-lo.

Modeling of a distance protection relay for academic application

ABSTRACT

This paper aims to present the modeling of a distance relay with mho characteristic, widely used in the protection of transmission lines for identification and isolation of faults. The Simulink/Matlab platform was used for simulation of the electrical system and implementation of the logic of operation and actuation of the relay. A biphasic fault was applied at a point of the simulated transmission line, located in the first protection zone of the relay, to verify the operation of the same in the detection of faults. By means of the obtained results, it was possible to verify the effectiveness of the implemented model in the identification of faults applied to the front and in different zones, where this one was accurate enough to be used in the protection teaching of systems at graduation and postgraduate level, as well as, it can be an attractive teaching alternative due to the technical and economic difficulties encountered for the modernization and constant updating of laboratories.

KEYWORDS: Protection of electric power systems. Protection of distance. Simulation of electrical systems.

REFERÊNCIAS

CARRAMASCHI, I. H. C. **Avaliação do desempenho de uma proteção digital de distância frente alguns algoritmos**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília, 2006. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/828/1/2006_IsaHelenaCastroCarramaschi.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

MASCHER, L. J. D. **Análise do desempenho de algoritmos de proteção de distância frente à faltas monofásicas: abordagem tendo em vista Uma proteção adaptativa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ, Itajubá, 2010. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0036430.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

ROBERTS, J.; GUZMAN, A.; SCHWEITZER, E. O. **$Z=V/I$ não faz um relé de distância**. In: 20th Annual western protective relay conference, 1993, Washington. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/108261-Z-v-i-nao-faz-um-rele-de-distancia.html>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

SALLES, N. J. **Modelagem e análise dinâmica de sistemas de proteção de redes de distribuição de energia elétrica na presença de geradores síncronos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, Campinas, 2007. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/259996>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

CAMARGO, L. P. et. al. Modelagem de um relé de proteção de distância para aplicação acadêmica. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Leonardo Pereira Camargo

Avenida Santos Dumont, 923, Centro, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

