

MODELAGEM DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES DE PROTEÇÃO NA PLATAFORMA MATLAB/SIMULINK

Bernardo Henrique Amaral Bernardes¹ (IC), Arthur Costa de Souza (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira.

Palavras-chave: Sistema elétrico de potência. Relé de proteção. Simulação computacional.

Introdução

O setor elétrico mundial tem passado por amplo processo de reestruturação organizacional. No modelo atual os sistemas elétricos são tipicamente divididos em segmentos como: geração, transmissão, distribuição e comercialização [1].

Na ocorrência de sinistros o sistema elétrico de potência pode sofrer impactos que têm o potencial de causar danos à infraestrutura, interrupções na operação de processos e exposição de equipamentos a condições anormais de funcionamento. As ações disponíveis para lidar com esses eventos incluem a aplicação adequada de medidas corretivas, as quais estão intrinsecamente ligadas ao sistema de proteção responsável por proteger os equipamentos específicos em questão.

A finalidade de relés de proteção é operar os disjuntores de forma correta, para que desligue apenas o equipamento defeituoso do sistema o mais rápido possível. O ideal seria que o relé pudesse antecipar as falhas, no entanto, isso não ocorre, exceto quando a causa da falha cria um efeito que pode operar um relé de proteção [2]. Os relés de proteção apresentam diversas características que particularizam a sua aplicação num determinado sistema, de acordo com os requisitos exigidos [3]. A maior parte das funções de proteção utiliza como entrada os fasores da frequência fundamental, que representam as correntes e tensões nos pontos de medição onde os sensores estão posicionados, como transformadores de corrente e transformadores de potencial. Sendo assim, a estimação de fasores é parte fundamental para a simulação dos relés [4].

Segundo [5], os relés são os elementos mais importantes do sistema de proteção. A função deles, basicamente, é detectar as anomalias que ocorrem na instalação protegida, desligando-a e protegendo-a contra os efeitos da deterioração que poderiam decorrer da permanência da falha ou defeito por tempo elevado, podem ocorrer também instabilidades no Sistema de Potência no caso de falhas sustentadas por tempos acima de determinados limites. Assim, o sistema de proteção deve detectar a anomalia e remover o componente do sistema elétrico sob falha, o mais rápido possível e de preferência, somente o componente sob falha. A exemplo

da Figura 1, ao ocorrer uma falha no transformador TR2E, o relé deve enviar um sinal de trip para os disjuntores adjacentes locais para eliminar a perturbação do sistema.

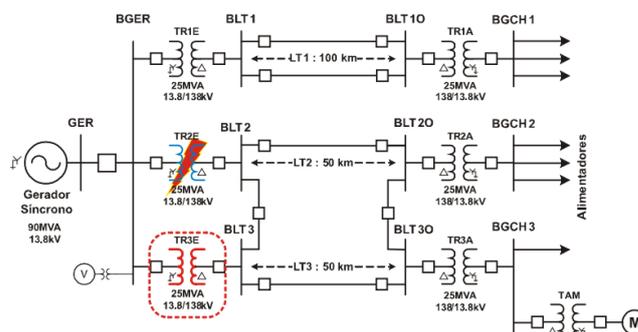


Figura 1 - Sistema elétrico genérico.

A motivação para realizar este trabalho se deve ao fato de que muitas vezes não há disponibilidade de equipamentos e condições para realizações de testes de ajustes em sistemas de proteção. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é criar uma abordagem simplificada para verificar as configurações e analisar o desempenho das funções de proteção. Para atingir esse propósito, optou-se por desenvolver o sistema em um ambiente de simulação computacional utilizando o software *Matlab/Simulink*. Vale ressaltar também o aspecto educacional e pedagógico dessa abordagem, pois os modelos computacionais podem ser compartilhados com estudantes para enriquecer seu entendimento sobre sistemas de proteção elétrica.

Metodologia

A metodologia empregada na criação de modelos computacionais para funções de proteção é baseada nos fasores das componentes fundamentais de corrente. Para estimar os fasores, utilizaram-se técnicas de processamento digital de sinal, mais especificamente o algoritmo de Fourier. A implementação computacional foi dividida em duas etapas: a modelagem da proteção diferencial (87) e a modelagem da proteção de sobrecorrente temporizada (51) e instantânea (50), ambas implementações podem ser vislumbradas na Figura 2.

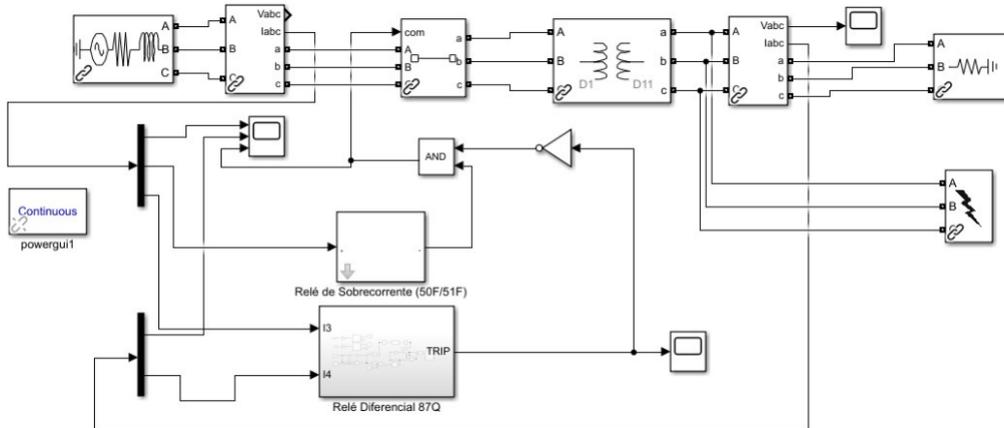


Figura 2 - Sistema com as proteções incorporadas, proteção de alimentador de carga de 100 MVA

A – Modelagem da proteção diferencial.

O processo de desenvolvimento do sistema de proteção diferencial, conforme ilustra na Figura 3, implica na discretização das correntes medidas. As leituras das correntes nos circuitos primários são convertidas para os valores secundários por meio de blocos representativos dos transformadores de corrente.

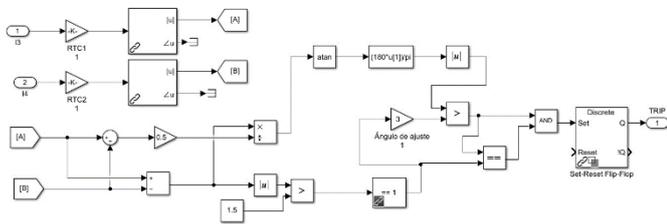


Figura 3 - Diagrama de blocos do relé diferencial.

A partir deste estágio, ambas as correntes são integralmente empregadas no cálculo das correntes de operação e restrição. Esse procedimento desempenha um papel crucial para garantir a precisão e eficácia das funções de proteção, contribuindo assim para a segurança e estabilidade dos sistemas elétricos de potência.

B – Modelagem da proteção de sobrecorrente.

O sistema de proteção, que engloba tanto a proteção de sobrecorrente temporizada (51) quanto a proteção de sobrecorrente instantânea (50), conforme apresenta a Figura 4, foi concebido utilizando o bloco *Math Function*. Esse bloco recebe os sinais de corrente eficaz (*RMS*) em valores primários e executa as funções predefinidas em uma linguagem de programação dedicada. Esse processo envolve a análise precisa e oportuna das correntes para tomar decisões de proteção adequadas, contribuindo assim para a segurança e

estabilidade do sistema elétrico.

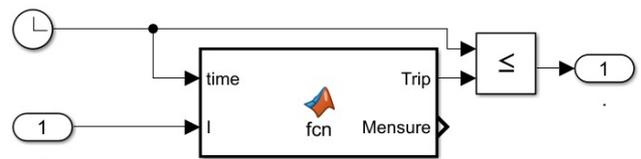


Figura 4 - Diagrama de blocos do relé de sobrecorrente

Resultados e discussão

A Figura 2 ilustra um sistema criado com os recursos da biblioteca *SimPower Systems*. Neste sistema, é realizada uma simulação que incorpora uma fonte trifásica com uma potência nominal de 350 MVA e uma tensão de 500 kV. O gerador está conectado a um transformador de 1200 MVA, responsável por reduzir a tensão de 500 kV (configurada em delta) para 138 kV (também configurada em delta). Além disso, uma carga de 100 MW está conectada ao lado de baixa tensão desse transformador. O bloco *Three-Phase Fault* é utilizado para simular um curto-circuito, e em relação a Figura 02 se encontra entre o transformador e o TC que está próximo a carga de 100 MW.

Na primeira simulação, foi considerado um curto-circuito entre os TCs (Transformadores de Corrente). Nota-se que o curto-circuito se iniciou em 0,8 segundos, e o relé diferencial (87) teve uma resposta praticamente instantânea na detecção e eliminação do evento, conforme ilustra a Figura 04. Esse tipo de falha deve ser imediatamente corrigido após a ocorrência para evitar danos aos equipamentos. É fundamental ação rápida em situações de curto-circuito para garantir a integridade do sistema elétrico.

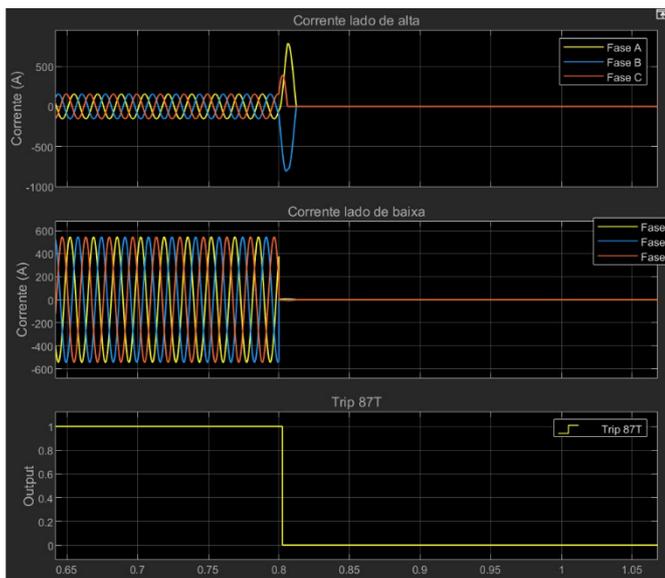


Figura 2 - Simulação com falta entre TC's e atuação da proteção diferencial (87).

Para a segunda análise, a falta foi deliberadamente posicionada em frente à carga, resultando na inoperância da proteção diferencial (87). Isso ocorre porque a corrente flui tanto pelo TC de alta quanto pelo TC de baixa corrente. Portanto, nessa situação, a proteção responsável por salvaguardar o circuito é a proteção de sobrecorrente (51). Como ilustrado na Figura 5, a proteção de sobrecorrente temporizada entrou em ação aproximadamente 400 milissegundos após o início da perturbação no sistema (800 milissegundos), com a corrente de falta atingindo cerca de 510 A.

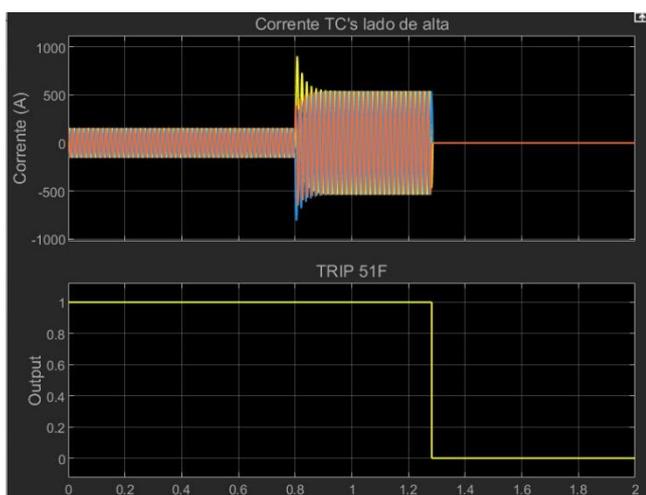


Figura 5 - Simulação com falta entre TC secundário e a carga de 100MW com atuação da proteção de sobrecorrente temporizada (51).

É relevante destacar que a proteção de

sobrecorrente de tempo definido somente atuará quando a corrente ultrapassar os 1000 A, como foi especificado nas configurações do relé. Esse critério foi estabelecido para garantir que a proteção seja seletiva e intervenha apenas em situações de faltas graves, mantendo a estabilidade do sistema em condições normais de operação.

Conclusões

A escolha e a configuração adequadas das proteções em um sistema elétrico são cruciais para garantir a segurança, a estabilidade e a confiabilidade. As proteções diferencial (87) e de sobrecorrente temporizado (51) desempenham papéis complementares, sendo a primeira indicada para situações de curto-circuito localizado, enquanto a segunda é apropriada para casos em que a falta ocorre em pontos além do alcance da proteção diferencial. A seleção dos valores de corrente de atuação e os tempos de resposta são fundamentais para a eficácia das proteções e devem ser cuidadosamente parametrizados com base nas características do sistema e nos requisitos de segurança. Em última análise, a coordenação adequada entre as proteções é essencial para garantir uma resposta seletiva e eficiente em caso de falhas elétricas.

Agradecimentos

Nesta seção, gostaria de expressar meus agradecimentos à UNIFEI pela oportunidade concedida e ao professor orientador pelo tempo e pelos valiosos ensinamentos compartilhados.

Referências

- [1] - DE SOUZA, Vinicius Ribeiro; RIZZATTO, Fernando Kendy Aoki. GTD: GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Revista Unifev: Ciência & Tecnologia, v. 3, n. 1, p. 89-106, 2023.
- [2] - SANTOS, Leandro Osadzuk dos. Simulações e ajustes de funções de proteção para sistemas elétricos de potência. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [3] - MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. Proteção de sistemas elétricos de potência. Grupo Gen-LTC, 2000.
- [4] - LENZ, Everton P.; ROLIM, Jacqueline G. Avaliação automática do desempenho de relés multifuncionais de proteção de unidades geradoras. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Brasília: SBA, 2009.

[5] - G. KINDERMANN, "Proteção de sistemas elétricos de potência: Volume 1," Florianópolis: UFSC: EEL: LABPLAN, 2005.