

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho, analisando o desempenho das redes neurais para identificação e localização da falta nos testes efetuados. Apresentam-se também os possíveis trabalhos futuros desta dissertação.

6.1. Conclusões

A necessidade de métodos mais confiáveis para localização de faltas pelo órgãos de manutenção é essencial, pois uma localização precisa reduz o custo de manutenção e a perda financeira da concessionária em penalizações, agilizando a recomposição do sistema. No novo modelo do sistema elétrico, o desligamento não programado de uma Linha de Transmissão (LT) acarreta na receita anual da empresa um desconto, que é aplicado sobre o tempo de desligamento, chegando a 150 vezes o valor da receita horária da instalação nas primeiras cinco horas.

Quando os sinais de corrente e tensão da falta, em ambas extremidades da LT, estão disponíveis, métodos que utilizam dados das duas extremidades apresentam uma boa exatidão[24]. Porém, nem sempre dispomos destes sinais.

Os métodos que utilizam sinais locais incluem algumas simplificações que permitem prescindir dos sinais do terminal remoto, apresentando bons resultados para muitos casos. Entretanto, estas simplificações podem acarretar erros grandes dependendo da característica do curto-circuito, operação / características do sistema ou características da LT [18] [27].

Este trabalho avaliou o uso de Redes Neurais Artificiais (RNA) na função de classificar o tipo de falta ocorrida, identificando as fases envolvidas e localizando o ponto da falta utilizando sinais de tensão e corrente obtidos no terminal local.

A utilização da RNA para identificação do tipo de falta foi avaliada neste trabalho utilizando valores em p.u. dos módulos de tensão e corrente dos fasores de 60Hz, adquiridos no momento da falta. Para obtenção da arquitetura da RNA foram utilizadas simulações de faltas monofásicas, bifásicas, bifásicas-terra e

trifásicas numa LT de 345 kV com 182 Km, pertencente ao sistema elétrico de Furnas.

Para obtenção da melhor topologia de Rede Neural Artificial (RNA) para identificação do tipo de falta foi utilizado um conjunto de dados para treinamento e outro para validação da rede, optando pela topologia de RNA que obtivesse o menor erro RMSE no conjunto de validação. A priori, foi determinado um erro igual a 0,001 como critério de parada, ou o “Método de Parada Antecipada” da validação cruzada. Em todas as topologias treinadas foi observado que o erro estipulado foi facilmente obtido. Em nenhum treinamento um ponto de parada foi atingido. Após vários testes realizados foi escolhida a RNA com 8 entradas, 14 Elementos Processadores (EP) na camada escondida (intermediária) e 4 EPs na camada de saída. O critério de parada foi alterado para 30.000 ciclos ou um erro RMSE igual 0,001 o que ocorrer primeiro.

Os resultados obtidos utilizando um conjunto de testes contendo 720 padrões, diferentes dos dados utilizados no treinamento e validação, foi de 100% para todos os tipos de faltas. Este fato motivou aplicações de um conjunto de dados maior, 8102 padrões, com todos os tipos de falta, utilizando parâmetros de 3 Linhas de Transmissão (LT) de 345kV para simulação, porém ligada à mesma barra local da LT de 345kV utilizada para obtenção da RNA. O resultado obtido foi de 100% para todos os dados. Foram simulados mais dois conjuntos de casos testes, com faltas monofásicas (AT, BT e CT) representando uma LT de 230 kV com 254 Km e outra LT de 500kV com 171 Km, obtendo uma resposta com 100% de acertos para todos os padrões, utilizando-se a mesma RNA. Isto se deve à aplicação dos valores em p.u. dos módulos de tensão e corrente para as entradas. Outro fato importante foi à definição do nível de saída da RNA considerado como correto, ou seja, quando a resposta de cada EP da camada de saída estiver entre 0 a 0,3 é considerada como “0”, neste caso significa que a(s) fase(s) correspondente(s) a esta(s) saída(s) não tem envolvimento na falta. Se a resposta de cada EP da camada de saída estiver no intervalo de 0,7 a 1,0, a resposta da rede é considerada como “1”, neste caso indica o envolvimento da fase na falta.

Na obtenção da topologia de RNA para localização de falta, foi convencionado que seria utilizado uma rede diferente para cada tipo de falta. Foram obtidas RNA para faltas monofásicas (fase-terra), bifásicas (fase-fase), bifásicas-terra (fase-fase-terra) e trifásicas. Para todas as três redes foram

estudados vários tipos de entradas, com dados das tensões e correntes obtidas das simulações. Em todos os casos estudados o melhor desempenho foi obtido utilizando-se como entrada da RNA os módulos em p.u. e ângulo em graus das tensões e correntes envolvidas no curto-circuito, por exemplo: para falta monofásica (AT), utilizou-se 8 entradas, sendo os módulos das tensões da fase e terra, módulos das correntes da fase A e terra e seus respectivos ângulos.

As faltas monofásicas e bifásicas obtiveram melhores resultados com a seguinte arquitetura: 8 entradas, duas camadas escondidas com 12 EPs em cada e 1 EP na camada de saída.; para faltas bifásica-terra e trifásica temos a seguinte arquitetura: 12 entradas, 2 camadas com 14 EPs em cada camada e 1 EP na camada de saída.

Para avaliar a capacidade de generalização das RNA de localização de falta, foi utilizado um conjunto de casos testes, obtidos na simulação, diferente dos dados de treinamento e validação. Utilizou-se também como avaliação dos modelos de RNAs a comparação com os resultados obtidos na localização de falta utilizando o algoritmo de Takagi [18], por ser um algoritmo conceituado e também por ser utilizado em Furnas.

Nos resultados apresentados para RNA, o erro absoluto para todos os casos simulados não ultrapassou 3%, sendo que os melhores resultados foram obtidos para as RNAs para faltas bifásicas e bifásicas-terra. Na comparação com o algoritmo de Takagi foram utilizadas duas métricas, erro RMSE e MAPE, onde ambas apresentaram valores próximos, com vantagem para a RNA para falta monofásica e trifásica. Foi constatado que para a localização de falta com o uso de RNA o erro para faltas próximas ao terminal local apresentou erros percentuais maiores do que para faltas próximas ao terminal remoto. Com o uso do algoritmo de Takagi, o erro para faltas próximas ao terminal local é menor, porém apresenta erros maiores quando a falta se dá próxima ao terminal remoto, principalmente para faltas monofásicas. Este fato já indica uma boa aplicação do uso deste método para uma deficiência já conhecida do método proposto por Takagi. Utilizando dados reais de faltas ocorridas em LTs do sistema Furnas, a localização de falta para esses casos apresentou uma precisão satisfatória.

Pode-se concluir que a utilização de RNA através de reconhecimento de padrões, para identificação e localização de falta, mostrou-se bastante eficiente para os casos analisados. Os resultados apresentados, estimulam a continuação

deste estudo para aplicação em paralelo com o sistema de localização de falta utilizado em Furnas Centrais Elétricas S.A.

6.2. Trabalhos Futuros

Como no resultado da localização de falta, para proximidades da barra local, alguns valores apresentaram erros percentuais altos, um outro trabalho seria avaliar o conjunto de padrões de treinamento, aumentando o número de casos para faltas próximas, com objetivo de diminuir este erro.

O sistema completo de localização de falta é composto de três módulos, conforme descrito na seção 3, e neste trabalho foi apresentado como método alternativo dois módulos do sistema completo, ou seja, identificação e localização da falta. No primeiro módulo que consiste na detecção do ponto do início e fim da falta, pode ser avaliado também o uso de RNA como método alternativo. O método utilizado possui algumas falhas de detecção como, por exemplo, um curto-circuito com alta impedância mais fluxo de carga alto que dificulta a localização do ponto de falta. Uma outra aplicação importante para o módulo de detecção do ponto da falta é na utilização do método de localização de falta com dados de ambas extremidades da LT, que para ser preciso necessita da identificação exata do início da falta.

Uma outra aplicação que se pretende para utilização de RNA é na localização de faltas em Linhas Compensadas (Compensação Série), onde os algoritmos tradicionais apresentam grande deficiência. Nesta aplicação seu uso pode ser tanto para localização como na melhoria da qualidade de identificação dos fasores representativos das tensões e correntes (Filtragem).