

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO RELÉ DE DISTÂNCIA PARA LOCALIZAÇÃO DE FALHAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

EVALUATION OF RELAY APPLICATION FOR DISTANCE LOCATION OF FAULTS IN DISTRIBUTION SYSTEMS OF ELECTRICITY

REGINALDO ROSA DE ALMEIDA^{1*}, JEFFERSON FRANCO ROCHA²

1. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UNINGÁ - Centro Universitário Ingá; 2. Engenheiro Eletricista, Especialista pela Sociedade Educacional de Santa Catarina, Docente em Engenharia Elétrica da UNINGÁ - Centro Universitário Ingá.

*Rua Otávio Finco, 159, Jardim Alvorada, Paçandu, Paraná, Brasil. CEP: 87140-000. reginaldo2k2@hotmail.com

Recebido em 13/09/2016. Aceito para publicação em 16/11/2016

RESUMO

A energia elétrica, fornecida por um complexo sistema de Geração, Transmissão e Distribuição, aparenta ser imperturbável, constante e de infinita capacidade. Sistemas de energia, em especial de distribuição estão expostos a diversas perturbações causadas por condições adversas, consequentemente tais falhas estão diretamente ligadas a qualidade da energia fornecida e aos custos operacionais das concessionárias de energia elétrica. A rápida localização de falhas no sistema de distribuição, pode ajudar a reduzir custos para concessionárias e melhorar os índices de confiabilidade. Neste contexto será proposto a utilização dos relés de distância, que são amplamente utilizados no sistema de transmissão de energia elétrica. A aplicação destes relés está entre as técnicas mais simples para localização de faltas em sistema de transmissão. Todavia sistemas de transmissão caracterizam-se por não conter mudanças de seção de cabos em sua extensão e de não haver ramificações laterais. Já, os sistemas de distribuição de energia, possuem ramificações laterais, radialidade e mudanças de seção de cabos. Este artigo abordará a aplicação do relé de distância em sistemas de distribuição de energia elétrica, fazendo uma comparação com as falhas ocorridas no sistema de transmissão e avaliando a capacidade para localização das falhas em ambos os sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de distribuição, curto-circuito, localização de falhas, relé de distância.

ABSTRACT

The electric power supplied by a complex generation system, transmitted and distribution, seems unfazed constant and infinite conditions. Energy systems, in special distribution are exposed to various disturbances caused by adverse conditions, hence such failures are directly related to the given power quality and operating costs of electricity dealerships faults. The rapid location of in the distribution system, can help reduce costs for utilities and improve the reliability index. In this context it will be proposed the use of distance relays which are widely used in electricity transmission system. But system

transmission characterized by not contain cables section changes in extend and no side ratifications. Already power distribution systems have side branches, radial configuration of the distribution system, doing a comparison with the failures occurred in the transmission system and evaluating the ability to location od faults on both systems.

KEYWORDS: Distribution system, short-circuit, location in failures, distance relay.

1. INTRODUÇÃO

As linhas de transmissão, de modo geral, alimentam as subestações abaixadoras regionais, onde a tensão é reduzida de nível para o início da distribuição a granel pelas linhas de subtransmissão. As linhas de subtransmissão nascem nos barramentos das subestações abaixadoras regionais e terminam em subestações abaixadoras locais. As subestações abaixadoras locais alimentam as linhas de distribuição primária, responsável pela distribuição de energia elétrica em média tensão. Por sua vez, as linhas de distribuição primária alimentam os consumidores de médio porte e os transformadores de distribuição, conectados às redes secundárias (baixa tensão), conforme afirma Fuchs (1977)¹.

Este complexo sistema, é responsável pelo atendimento da demanda de consumo por energia elétrica de uma sociedade cada vez mais dependente deste produto, de tal maneira que sua falta, por menor que seja o tempo, torna-se insuportável. A energia elétrica fornecida aparenta ser imperturbável, constante e de infinita capacidade. Em particular, sistemas de distribuição, estão expostos a diversas perturbações causadas por defeitos ocasionados por fontes naturais, falhas em isoladores, contato de árvores ou animais com equipamentos, conforme Moreto (2005)².

Consequentemente, tais perturbações causam interrupções de energia elétrica momentâneas e permanentes. Segundo Coser (2006)³, faltas temporárias são aquelas cuja causa se auto extingue, ou se extingue com o desli-

gamento do alimentador por alguns instantes. Falta permanente são aquelas cuja causa não se auto extingue, provocando o desligamento de trechos do alimentador por atuação da proteção, até que o fator causador seja eliminado. Estes defeitos estão diretamente relacionados à elevação dos custos operacionais das concessionárias de energia elétrica.

Nesse contexto, a utilização de técnicas eficazes de localização de defeitos em redes de distribuição de energia elétrica pode ajudar consideravelmente para a melhoria dos índices de confiabilidade e para a qualidade fornecida e, portanto, para a atenuação dos custos operacionais das concessionárias distribuidoras de energia elétrica⁴.

O objetivo deste artigo é apresentar o relé de distância, já difundido na Transmissão, como uma nova ferramenta, possível de ser aplicada à Distribuição analisando as vantagens e desvantagens oferecidas, realizando uma comparação entre os sistemas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de abordagem qualitativa de dados comparando o Sistema de Distribuição com o Sistema de Transmissão referente a localização de defeitos.

O estudo utilizará um exemplo de rede característica de linhas de transmissão e um exemplo de rede de distribuição. Os dados serão expostos em três seções: revisão literária, apresentação dos dados, análise com considerações do autor.

Na primeira seção, será apresentada uma revisão literária acerca do cálculo de curto-circuito e os tipos de defeitos com maior incidência. Através desta revisão será fundamentado o objeto de estudo que auxiliará o leitor em sua ambientação com o tema.

Na segunda seção, serão apresentados os resultados dos cálculos realizados e os mecanismos e características envolvidas para aplicação dos mesmos. A partir deste último ponto poderá ser realizada a análise dos dados e apresentadas as conclusões referentes ao estudo realizado.

3. DESENVOLVIMENTO

Proteção e localização de defeitos no sistema elétrico

As técnicas de localização de defeitos certamente perpassam pela melhoria dos sistemas de proteção e a adoção de novas metodologias e análises. Na análise de proteção de sistemas de distribuição faz-se imprescindível a diferenciação entre situações normal de operação, anormal de operação e situações de faltas (curto-circuito). Em Cotosck (2007)⁵, operação normal de funcionamento é a inexistência de defeitos, situação

anormal de operação são distúrbios no sistema de distribuição, tais como oscilações de tensão, porém sem apresentar aumento de corrente elétrica em termos de curto-circuito. As situações de curto-circuito são as mais críticas, devido as altas correntes estabelecidas, com a elevação de temperaturas e solicitações térmicas, além dos esforços mecânicos e deformações de materiais, podendo assim danificar severamente o sistema de distribuição⁶.

A proteção do sistema de distribuição deve propiciar, além da interrupção da energia elétrica a possibilidade de monitorar dados com o intuito de estudar posteriormente as causas das falhas ocorridas. O sistema de proteção em geral é composto por transformadores de corrente, transformadores de potencial, relés de proteção e disjuntores⁷.

Neste contexto os relés de proteção contribuem de forma significativa para localização e extinção de possíveis falhas ocorridas no sistema de distribuição. Os transformadores de corrente e transformadores de potencial, tem a finalidade de converter as correntes e tensões elevadas do sistema de distribuição para valores menores, que possam ser aplicados nas entradas digitais ou analógicas dos relés de proteção. Os disjuntores são equipamentos destinados à interrupção e ao reestabelecimento das correntes elétricas em um determinado ponto do sistema⁸.

Todos estes dispositivos têm como principal função reconhecer e comandar a interrupção da falha no menor tempo possível e com menor trecho interrompido. O principal parâmetro analisado é a corrente de curto-circuito passante cujo valor, varia de acordo com a impedância medida da fonte até o ponto de defeito. Os relés de proteção apresentam diversas características que particularizam a sua aplicação. Visando uma padronização destas funções de proteção criou-se uma tabela (segundo as normas ANSI) com seus respectivos números e funções. A Tabela I mostra os mais comuns usados na proteção dos sistemas elétricos.

Tabela 1. Nomenclatura dos aparelhos de proteção e manobra.

Número	Função
21	Relé de distância
27	Relé de subtensão
32	Relé direcional de potência
50	Relé de sobrecorrente instantâneo de fase
50N	Relé de sobrecorrente instantâneo de neutro
51	Relé de sobrecorrente temporizado de fase
51N	Relé de sobrecorrente temporizado de neutro
59	Relé de sobretensão
67	Relé direcional de sobrecorrente em CA

Fonte: (MAMEDE FILHO, 2005)⁸.

Relé de distância em linhas de transmissão

As linhas de transmissão são geralmente consideradas homogêneas ao longo de sua extensão, ou seja, é constituída de um único condutor sem cargas ou derivações em pontos intermediários. Toda linha de transmis-

são, de acordo com suas características construtivas e de utilização, possui um valor de impedância por comprimento de linha. Desta forma, a impedância de uma linha de transmissão está diretamente relacionada com seu comprimento e ao condutor de eletricidade utilizado⁹.

Para Mamede Filho (2005)⁸, os condutores de energia elétrica apresentam impedâncias de sequência positiva, negativa e zero. A impedância é a soma das componentes resistivas ou reais e os componentes imaginários dos condutores.

Neste contexto a resistência de sequência positiva é a própria resistência do condutor à corrente alternada, sendo a reatância dos condutores depende da frequência do sistema e do diâmetro do condutor, a impedância de sequência negativa apresenta valores iguais aos valores da positiva e a impedância de sequência zero é aquela que o cabo oferece à passagem de corrente de sequência zero.

As correntes de sequência zero de cada condutor da linha de transmissão são iguais e estão em fase, elas são obrigadas a retornar por qualquer caminho que não seja, o formado pelos próprios condutores da linha. Assim, elas retornam pelo cabo de cobertura, pelo solo sob o percurso da linha, seguindo a menor distância entre o ponto de defeito e a subestação¹⁰.

Quando se trata de linhas de transmissão de comprimento longo, pode existir uma grande dificuldade no emprego da proteção de sobrecorrente, pois, ao se estabelecer uma determinada curva tempo x corrente para atuação em função dos valores da corrente de curto-circuito próximas aos relés, pode-se estar prejudicando o sistema, uma vez que no final da linha de transmissão a corrente de curto-circuito é significativamente inferior. Neste caso, o tempo ajustado para atuação se tornaria excessivamente longo, trazendo graves consequências ao sistema e às cargas a ele ligadas. Em virtude desta dificuldade, sugere-se utilizar os relés de distância, conforme exemplificado na Figura 1, cujo tempo de atuação é proporcional à distância entre o ponto de instalação do relé e o ponto de defeito¹¹.

Conforme Mamede Filho (2011)¹¹, o alcance do relé de distância é constante e praticamente independentemente do valor da corrente de defeito, o que equivale afirmar que o alcance dos mesmos, independentemente das variações ocorridas na geração de energia elétrica. Considerando que num determinado ponto do sistema ocorram vários defeitos com correntes variáveis em função de variações da geração ou alteração na configuração do sistema, as quedas de tensão também são variáveis na mesma proporção da corrente e, conseqüentemente, a impedância vista pelo relé será a mesma.

O princípio descrito serve de base para o funcionamento do relé de distância. Nele é ajustado um valor de impedância correspondente ao comprimento protegido. Conforme Mello (1979)¹³, quando ocorre um cur-

to-circuito na linha de transmissão, uma corrente flui na impedância da linha, havendo uma queda de tensão. O relé de distância mede a tensão e corrente no terminal da linha de transmissão, dividindo efetivamente a tensão (V) pela corrente (I) para obter a impedância entre o local do relé instalado na subestação (local dos transformadores de potencial e transformadores de corrente) e o ponto de falta.

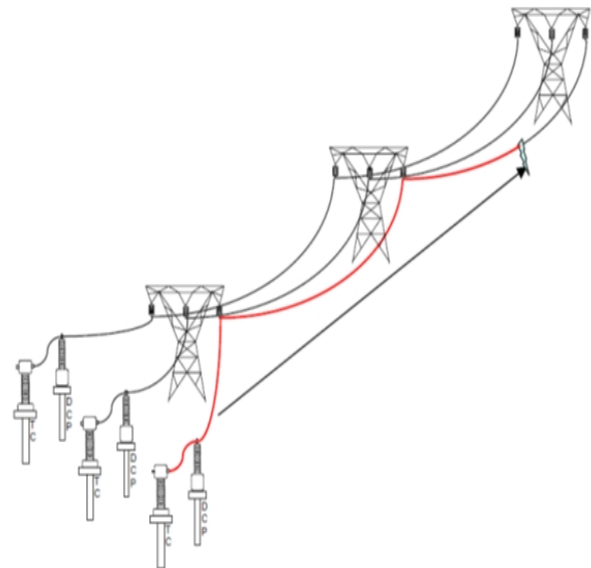


Figura 1. Impedância ser medida para uma falta fase-terra na fase A
Fonte: LIMA (2006)¹².

O relé de distância compara, a impedância de falta com a impedância ajustada. Se a falta for dentro de um trecho protegido, o valor da impedância da falta será menor que o ajustado no relé, causando a sua atuação⁹.

Tipos de defeitos ocorridos nos sistemas de Distribuição e Transmissão

O principal parâmetro analisado para o sistema de proteção é a corrente de curto-circuito passante, a metodologia de localização de faltas deve ser realizada não apenas para faltas trifásicas mas, principalmente, para faltas monofásicas, uma vez que, defeitos envolvendo o contato com a terra são os que ocorrem com maior frequência nos sistemas de transmissão e distribuição⁴.

As ocorrências dos tipos de curto-circuito no sistema de energia elétrica são mostradas na Figura 2. Pode-se verificar uma maior incidência de curto-circuitos monofásico para terra, abrangendo mais de 60% das ocorrências de defeito.

Considerando estas informações, fica clara a necessidade da análise dos defeitos que possuem sequência zero devido sua incidência estando presente em todos os curto-circuitos com descarga por terra, mas sem abandonar a análise da sequência positiva presente. A se-

quência negativa, existentes nos curto-circuitos bifásicos, será pouco abordada devido sua baixa incidência e por, normalmente, possuir as mesmas grandezas da sequência positiva. Portanto nos cálculos que seguem serão levantados e analisados esses dois tipos de sequência.

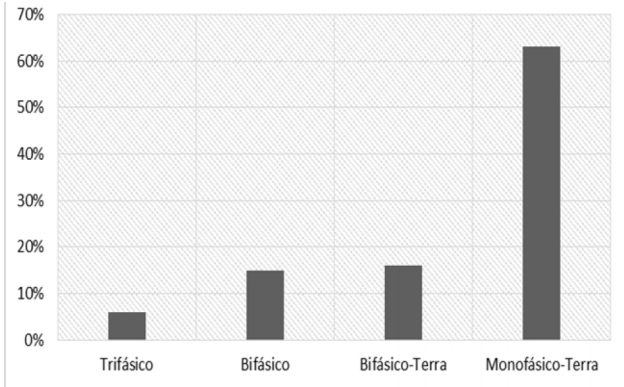


Figura 2. Ocorrências de curto-circuito. Fonte: KINDERMANN (1997)¹⁰

Cálculo e ajuste do relé de distância em uma linha de transmissão

A Figura 3, apresenta um exemplo de aplicação do relé de distância em um sistema de transmissão segundo Mamede (2011), com a aplicação das características dos condutores informados por Kindermann (1997)¹⁰.

Foi considerada a impedância dos condutores de alumínio sem Alma de Aço (CA) dada em ohm/km, a temperatura do condutor em 50°C, a resistividade da terra como 40 Ohm e o espaçamento equivalente trifásico de 1,35 metros. O condutor utilizado foi o 336,4 MCM (seção aproximada 170,22 mm²) e as bases de 69kV e 100MVA¹⁰.

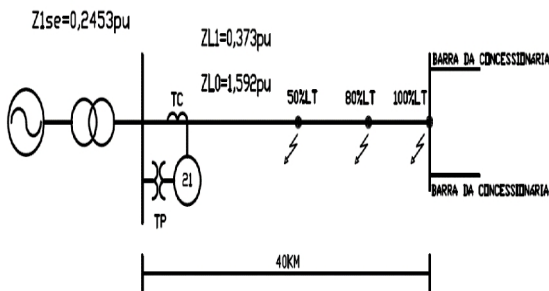


Figura 3. Exemplo de Sistema de Transmissão. Fonte: Próprio Autor.

Segundo Kindermann (1997)¹⁰, a corrente de base pode ser obtida com a equação 1.

$$Ib = \frac{Pb}{V * \sqrt{3}} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

- Ib = Corrente de base (A);
- Pb = Potência de base (MVA);
- V = Tensão;

Valor da corrente de curto-circuito trifásico em pu.

$$Icc_{3\phi} pu = \frac{Vpu}{Zeq} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

- Icc3pu = Corrente de curto-circuito (pu);
- Vpu = Tensão (pu);
- Zeq = impedância equivalente de sequência positiva no ponto (pu);

Valor da corrente de curto-circuito trifásico em ampères.

$$Icc_{3\phi} = Icc_{3\phi} pu * Ib \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

- Icc3θ = Corrente de curto-circuito (A);
- Icc3θpu = Corrente de curto-circuito (pu);
- Ib = Corrente de base (A);

Valor da tensão em pu, na barra na qual está instalado os transformadores de potencial.

$$\Delta v pu = icc_{3\phi pu} * zl \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

- Δvpu = Variação da tensão no ponto (pu);
- Icc3θpu = Corrente de curto-circuito (pu);
- Zl = Impedância de sequência positiva equivalente dos condutores (pu);

Valor da tensão em Volts, na barra na qual está instalado os transformadores de potencial.

$$\Delta v = \Delta v pu * Vb \quad \text{Equação 5}$$

Sendo:

- Δv = Variação da tensão no ponto (V);
- Δvpu = Variação da tensão no ponto (pu);
- Vb = Tensão de base (V).

Valor da impedância de falta vista pelo relé no momento do curto-circuito.

$$Z_f = \frac{\Delta V}{I_{cc3\phi}} \quad \text{Equação 6}$$

Sendo:

Z_f = Impedância de falta no ponto (Ω);

Δv = Variação da tensão no ponto (V);

$I_{cc3\phi}$ = Corrente de curto-circuito (A);

Valor da corrente de Curto-Circuito para uma falta fase-terra máximo.

$$I_{cc1\phi} \text{ftmáx} = \frac{3 * I_b}{(2 * Z_{eq}) + Z_{eq0}} \quad \text{Equação 7}$$

Sendo:

$I_{cc1\phi} \text{ftmáx}$ = Corrente de Curto-Circuito para falta fase-terra máximo (A);

Z_{eq} = impedância equivalente de sequência positiva no ponto (pu);

Z_{eq0} = impedância equivalente de sequência zero no ponto (pu);

I_b = Corrente de base (A);

Valor da corrente de Curto-Circuito para uma falta fase-terra mínima.

$$I_{cc1\phi} \text{ftmín} = \frac{3 * I_b}{(2 * Z_{eq}) + Z_{eq0} + (3 * R_{falta})} \quad \text{Equação 8}$$

Sendo:

$I_{cc1\phi} \text{ftmín}$ = Corrente de Curto-Circuito para falta fase-terra mínima (A);

Z_{eq} = impedância equivalente de sequência positiva no ponto (pu);

Z_{eq0} = impedância equivalente de sequência zero no ponto (pu);

R_{falta} = Resistência de falta (pu);

I_b = Corrente de base (A);

Distância da subestação até o local da falta.

$$D = \frac{Cl * Z_{fx}}{Z_f 100\%} \quad \text{Equação 9}$$

Sendo:

D = Distância até a falta (Km);

Cl = Comprimento da linha de Transmissão (Km);

Z_{fx} = Impedância de falta medida (Ω);

$Z_f 100\%$ = Impedância de falta a 100% da linha de Transmissão (Ω).

Com base nas equações 1,2,3,4,5,6,7 e 8, os valores calculados são apresentados na Tabela II.

Tabela 2. Resultados.

Correntes de Curto-Circuito				
Ponto Considerado	Trifásico (A)	Fase-Terra Máximo (A)	Fase-Terra Mínimo (A)	Impedância de Falta (Ω)
50%LT	1937	1512	1004	15,38
80%LT	1538	1062	784	24,62
100%LT	1352	887	684	30,78

Conforme Tabela II, a impedância do relé de distância deverá ser ajustada para 30,78 Ω , ou seja, para valores inferiores a 30,78 Ω o relé irá atuar para defeitos ao longo de todo o comprimento da linha.

Observa-se que valores de Impedância de Falta menores indicarão um menor percentual de comprimento da Linha de Transmissão, podendo este dado ser utilizado para localização do defeito, contribuindo para uma rápida reparação do sistema.

É notável a importância do relé de distância aplicado no sistema de transmissão, porém seu uso no sistema de distribuição ainda não é amplamente utilizado. Para Cosser (2006)³ os relés de distância foram desenvolvidos para uso principal em linhas de transmissão, não é trivial aplica-los a alimentadores de distribuição.

Cálculo e ajuste do relé de distância em um alimentador de distribuição

Em sistemas de distribuição de energia elétrica, diferente do sistema de transmissão, um mesmo alimentador pode ser constituído de segmentos com diferentes condutores, resultando em trechos com valores de impedância por unidade de comprimento distintos. Uma das características principais dos sistemas de distribuição de energia é a presença de ramificações laterais nos alimentadores, o que pode gerar impedâncias idênticas a vários pontos do mesmo sistema, ou seja, a mesma falta, aplicada em locais diferentes pode induzir valores de tensão e correntes iguais na subestação². A Figura 4, apresenta um diagrama unifilar de um alimentador de distribuição real da Concessionária Copel Distribuição SA, localizado na cidade de Maringá/PR.

Na Figura 4 pode-se perceber a quantidade de ramificações de um mesmo alimentador e a variação na bitola dos condutores, representada pela variação de tonalidade e de cores das linhas.

Para Cosser (2006)³, as principais características que diferenciam o problema de localização de faltas em alimentadores de distribuição, dos alimentadores de transmissão são as seguintes:

- Radialidade;
- Derivações laterais de uma, duas ou três fases, que se originam no tronco principal;

- Não-homogeneidade dos alimentadores que tende a utilizar diferentes condutores;
- Monitoramento apenas na subestação, em geral;



Figura 4. Sistema de Distribuição. Fonte: NIX (2016)¹⁴.

Em Barreto (2010)¹⁵, as topologias de sistemas de distribuição mais utilizadas é a radial simples e radial com recurso. Sistema radial simples caracteriza-se apenas por uma fonte, assim uma falha no alimentador representa a interrupção de fornecimento para os consumidores daquela rede. Em sistemas radiais com recurso existem interligações, geralmente abertas, entre alimentadores adjacentes, partindo de uma mesma subestação ou de subestação diferentes. Em caso de falha de um alimentador haverá uma interrupção de fornecimento para os consumidores até que seja efetuada uma manobra de interligação, conectando outro alimentador àqueles consumidores.

Obviamente é vantajoso determinar a localização precisa de uma falta em um sistema de distribuição de energia elétrica. Esta informação facilita o trabalho das equipes de manutenção, pois se já possuírem uma estimativa da localização da falta, não é necessário realizar uma inspeção em toda linha ou alimentador². Para avaliar o desempenho do relé de distância no sistema de distribuição, um exemplo foi apresentado na Figura 4.

Foi considerada a impedância dos condutores de alumínio sem alma de aço (CA) em ohm/km, temperatura do condutor, 50°C, resistividade da terra de 40 Ohm, espaçamento equivalente trifásico de 1,35 metros. Os condutores utilizados estão descritos na Tabela III, as bases são 13,8kV e 100MVA¹⁰.

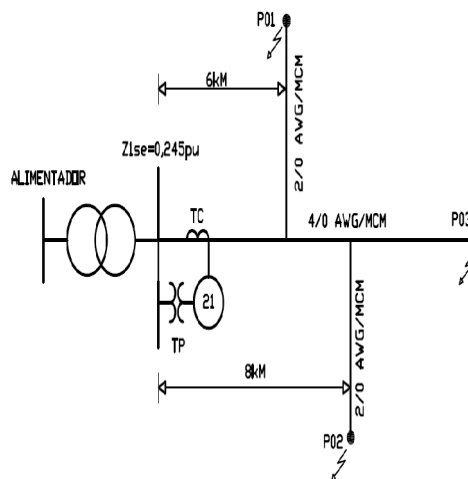


Figura 5. Exemplo de Sistema de distribuição.

Tabela 3. Impedâncias de sequência positiva e zero dos condutores. Fonte: KINDERMANN (1997)¹⁰.

Condutor	Comprimento (km)	Z1pu	Z0pu
4/0 AWG/MCM	12	3,261	12,229
2/0 AWG/MCM	8	2,719	8,431
2/0 AWG/MCM	3	1,01	3,161

Com base nas equações 1,2,3,4,5,6,7 e 8 apresentadas no item 5 chega-se aos resultados apresentados na Tabela IV.

Tabela 4. Resultados.

Ponto Considerado	Correntes de Curto-Circuito			
	Trifásico (A)	Fase-Terra Máximo (A)	Fase-Terra Mínimo (A)	Impedância de Falta (Ω)
P01	910	528	280	14,35
P02	1216	689	320	10,53
P03	1192	652	311	10,75

Vale lembrar que algumas das características principais dos sistemas de distribuição de energia é a presença de ramificações laterais nos alimentadores e a existência de diferentes tipos de condutores. No método de localização de faltas proposto neste artigo, a presença de ramificações laterais e mudanças dos tipos de condutores fez com que a impedância de falta obtida no ponto P02, fosse aproximadamente igual ao valor de impedância de falta obtida no ponto P01. Ou seja, a mesma falta, aplicada em dois locais diferentes pode induzir valores de tensão e correntes iguais na subestação gerando uma indicação de dois locais diferentes para a mesma falta

1. DISCUSSÃO

O sistema de Transmissão utiliza já há algum tempo e com resultados satisfatórios o Relé de Distância (relé 21), portanto já se esperava um resultado preciso. E esta precisão advém das características inerentes a este sis-

tema como inexistência de derivações antes das subestações e continuidade da mesma dimensão e características de condutores ao longo do trecho protegido. No exemplo da Figura 3 apenas um ponto da linha de Transmissão possuía o mesmo valor de impedância para o cálculo das faltas.

No exemplo da figura 5 o relé de distância obteve duas medições de impedância de falta aproximadamente iguais, com uma diferença entre elas de apenas $0,22\Omega$, porém este valor é para dois pontos distintos, P2 e P3, que estão com uma distância entre eles de 7 km, portanto não se obteve a correta localização da falta no sistema. Neste exemplo considera-se, ainda, um Alimentador de Distribuição simples, fugindo um pouco da realidade, como pode ser visto na Figura 4, onde o número de ramificações é bem maior, podendo apresentar um maior número de pontos com impedâncias coincidentes. Assim, o problema apontado pode ser maximizado quando aplicado em alimentadores com maior complexidade. Porém, para a indicação de faltas, para agilizar o tempo de recomposição do alimentador este recurso, mesmo indicando mais de um ponto, apresentará vantagem ante a necessidade de percorrer todo o alimentador em busca do defeito.

4. CONCLUSÃO

A rápida localização de faltas em sistemas de distribuição pode auxiliar para a melhoria dos índices de confiabilidade e para diminuição dos custos operacionais das concessionárias de energia elétrica.

Este trabalho teve como objetivo trazer para o sistema de distribuição a proteção de distância do relé de distância, usado principalmente no sistema de transmissão de energia elétrica. A topologia do sistema de distribuição bem como mudança de seção de condutores e ramificações laterais descritas neste artigo, dificultaram a correta medição da impedância de falta do sistema.

O relé de distância não atendeu, com precisão, a correta localização de falta no sistema de distribuição com ramificações laterais e mudanças de seção de condutores, assim conclui-se que sua utilização como proteção não é recomendável, todavia pode-se utilizar este tipo de relé como indicativo de zona, do provável local da falha. Isto pode auxiliar as equipes de manutenção, para um rápido reestabelecimento da energia elétrica, uma vez que tais equipes não precisarão percorrer todo o trecho do alimentador, uma vez que possuem a localização parcial do possível local da falta.

REFERÊNCIAS

- [01] Fuchs RD. Transmissão de Energia Elétrica: Linhas Aéreas. 1. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.
- [02] Moreto M. Localização de faltas de alta impedância em sistemas de distribuição de energia: uma metodologia baseada em redes neurais artificiais. 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [03] Coser J. CONTRIBUIÇÕES AOS MÉTODOS PARA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM ALIMENTADORES DE DISTRIBUIÇÃO. 2006. 215 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- [04] São José BD. Avaliação de relés de distância para localização de faltas em redes de distribuição. 2013. 194 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- [05] Cotosck KR. PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS: UMA ABORDAGEM TÉCNICO-PEDAGÓGICA. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- [06] Zanetta JL. C. Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência. 1. Ed. São Paulo: Livraria de Física, 2006.
- [07] Souza JR Da M. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- [08] Mamede Filho J. Instalações Elétricas Industriais. 7. Ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2005.
- [09] Araújo, C. A. S. et al. Proteção de Sistemas Elétricos. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- [10] Kindermann G. Curto-Circuito. 2. Ed. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1997.
- [11] Mamede Filho JDR. PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA. Rio de Janeiro: Ltc, 2011.
- [12] Lima MMM. ALGUNS FATORES AFETANDO O DESEMPENHO DE RELÉS DE DISTÂNCIA. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- [13] Mello FP. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. 7. Ed. Rio de Janeiro: Curso de Engenharia em Sistemas Elétricos de Potência, 1979.
- [14] NIX: Proteção da Distribuição. Software Versão 1.6.0.0. Copyright © 2002 2016 Proteasy Informática & Engenharia Ltda. Acesso em 07 Out. 2016.
- [15] Barreto GA. Estudo de viabilidade de um sistema de baixo custo para os sistemas de distribuição reticulados subterrâneos. 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Iec/usp, São Paulo, 2010.