



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GPC/13
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC

PROTEÇÃO DIFERENCIAL DE LINHA VERSUS PROTEÇÃO POR COMPARAÇÃO DIRECIONAL - O CONFRONTO FINAL

Camila da Silva Oliveira (*)

Paulo Silva Lima

Ricardo Abboud

Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda.

RESUMO

Este trabalho descreve alguns aspectos básicos de dois elementos fundamentais na proteção de linhas de transmissão de Alta Tensão (AT) e Extra Alta Tensão (EAT): o elemento de proteção por comparação direcional e o elemento de proteção diferencial, e tem como principal objetivo a análise comparativa entre estes, levando em conta a segurança e a confiabilidade por eles oferecidas em algumas condições operativas e topologias distintas de linhas de transmissão.

Palavras-chave

Linha de transmissão, proteção por comparação direcional, proteção diferencial, teleproteção.

1.0 - INTRODUÇÃO

A utilização da proteção diferencial para linhas de transmissão esteve, até então, limitada a linhas curtas e médias, devido principalmente às dificuldades de comunicação entre os relés de proteção, os quais podem estar separados por uma grande distância entre as subestações, tornando a teleproteção por comparação direcional a opção preferida, uma vez que a mesma requer uma largura de banda estreita do canal de comunicação, possibilitando o uso de OPLAT (Ondas Portadoras sob Linhas de Alta Tensão), o qual pode ser implementado em linhas de transmissão longas com certa facilidade. Porém, a evolução tecnológica dos meios de comunicação nos últimos anos, principalmente das fibras ópticas, tem possibilitado a comunicação entre os equipamentos de proteção separados por grandes distâncias com a utilização de canais de comunicação de banda larga, permitindo assim o emprego da função de proteção diferencial em linhas de alta e extra-alta tensão. Além disso, com o aumento da complexidade do sistema elétrico de potência do país, a proteção por comparação direcional vem sofrendo dificuldades em diversos casos, demandando um grande esforço na utilização de lógicas complementares que possam assegurar sua atuação eficiente, o que não se mostra necessário com a proteção diferencial. A seguir serão discutidas as teorias básicas dos elementos de proteção acima citados e, posteriormente, será realizada uma análise do comportamento destes do ponto de vista da confiabilidade e da segurança por eles oferecidas.

2.0 - PROTEÇÃO POR COMPARAÇÃO DIRECIONAL

Um sistema de potência, quando submetido a um curto-circuito, diminui sua capacidade de transmitir potência elétrica e pode se tornar instável. Os esquemas de proteção baseados nas comunicações são importantes por proporcionar diminuição do tempo de abertura dos disjuntores em todos os terminais de uma linha de transmissão quando esta é submetida a uma falta, o que traz diversos benefícios para o sistema, tais como: menor possibilidade deste sistema sair da condição de estabilidade, melhoria na qualidade da energia e garantia de continuidade de fornecimento.

Um sistema de proteção piloto do tipo POTT (Permissive Overreaching Transfer Trip) requer no mínimo um elemento de sobrealcance na direção direta em cada extremidade da linha e um canal de comunicação por onde as

(*) Rodovia SP 340 Campinas-Mogi Mirim, km 118,5 - Prédio 11 - Campinas / SP - CEP: 13086-902 - Brasil
Telefone: (19) 3515.2000 / Fax: (19) 3515.2011 – Email: camila_oliveira@selinc.com

unidades de proteção de cada terminal possam trocar informações. A figura 1(a) mostra um diagrama esquemático de um sistema de comparação direcional.

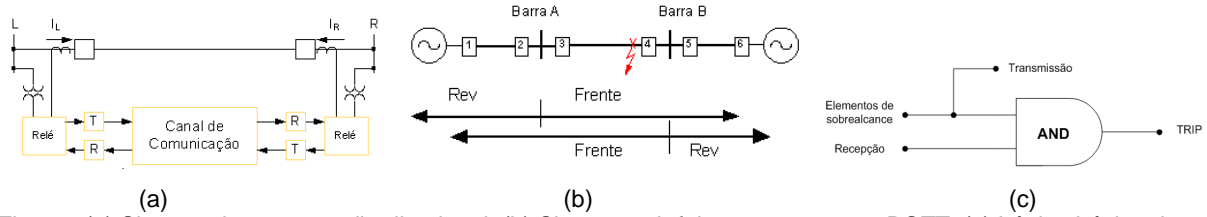


Fig. 1 – (a) Sistema de comparação direcional. (b) Sistema sob falta com esquema POTT. (c) Lógica básica do esquema POTT.

A teleproteção por comparação direcional requer um canal de comunicação com largura de banda estreita, uma vez que há necessidade de troca de informações entre as unidades de proteção apenas para informar os estados de seus contatos, sem a necessidade de transmitir informações de corrente e tensão. Os meios de comunicação comumente utilizados são o OPLAT, micro ondas, linha de comunicação privada ou pública e a fibra óptica.

Na figura 1(b), tem-se um exemplo do diagrama unifilar de um sistema sob falta. Em um esquema POTT, a falta só será declarada interna à linha se ambos os relés (3 e 4) detectarem a falta como sendo na direção direta (frente).

Neste caso, o relé 3 irá enviar um sinal de permissão se estiver vendo a falta para frente e o relé 4 só irá liberar sinal de trip para o disjuntor se estiver vendo a falta para frente e receber o sinal de permissão do relé 3. A figura 1(c) mostra a lógica básica para um esquema POTT [4].

3.0 - PROTEÇÃO DIFERENCIAL

A proteção diferencial é hoje considerada um dos elementos mais eficazes para a proteção de diversos equipamentos de potência [4]. O elemento diferencial baseia-se em uma única grandeza e tem sua zona de proteção definida pela localização dos transformadores de corrente. O elemento irá comparar valores medidos de corrente considerando a amplitude e a fase do sinal obtido. O princípio básico vem da Primeira Lei de Kirchhoff, que define que a soma fasorial das correntes em um determinado nó deve ser nula a qualquer instante. Assim, o elemento diferencial atua com base na diferença entre as correntes medidas que estão entrando e saindo da zona protegida [5].

Levando em consideração que os sinais de entrada do relé são grandezas complexas, a forma mais abrangente de representar sua característica de operação é usando um plano complexo definido pela relação dos sinais de entrada do relé. Para um relé diferencial, podemos definir uma variável complexa determinada pela relação da corrente remota pela corrente local. As equações mostradas a seguir foram propostas por Warrington em [6], no intuito de definir um plano que auxiliasse a análise do comportamento de relés de proteção que comparem duas grandezas de natureza complexa para definir sua característica de operação. Este plano é denominado Plano Alfa, e pode ser aplicado para o sistema mostrado na figura 2(a), para cada condição de I_R e I_L teremos um ponto no Plano Alfa que representa a relação destas correntes, conforme figura 2(b)

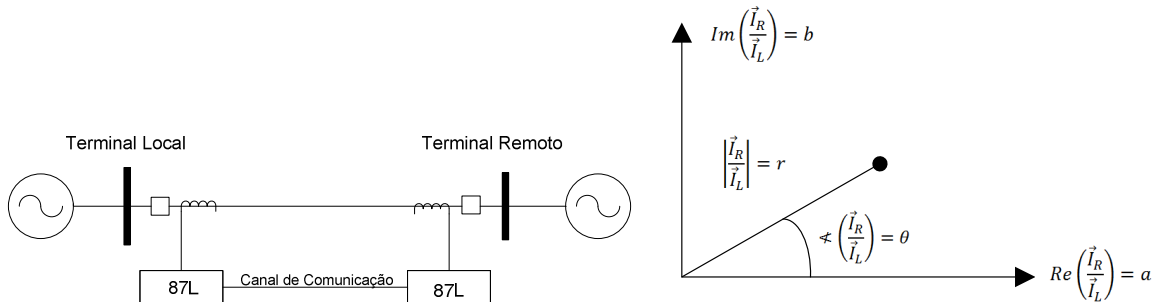


Fig. 2 – (a) Sistema com proteção diferencial de linha. (b) Representação de (I_R / I_L) no plano alfa.

A Fig. 3 mostra o plano alfa para diferentes condições do sistema. Para condições ideais de corrente passante (cargas normais ou faltas externas), a relação entre as correntes remota e local é representada pelo ponto -1. Para faltas internas com infeed de ambas as extremidades da linha, $a > 0$. Para faltas internas com outfeed em um terminal, $a < 0$. Observe que a característica do relé deve ter o ponto $a = -1$ na zona de restrição (área achurada) e todas as regiões de falta na zona de operação

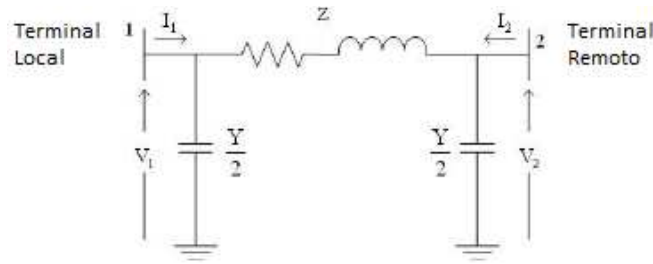


Fig. 4 – Modelo pi.

Em linhas de transmissão longas podem ocorrer correntes de valor significativo que fluem de ambos os terminais da linha para o interior desta. Esta corrente capacitiva cria uma falsa corrente diferencial. Na figura 4 estão representadas as correntes devido ao carregamento capacitivo, que entram pelos dois terminais.

Para evitar uma operação indevida do relé diferencial, deve-se ajustar uma corrente de pickup mínima com valor superior à corrente capacitiva, porém irá limitar a sensibilidade da proteção. Uma maneira eficaz de eliminar o problema da corrente capacitiva é através da compensação da mesma no algoritmo da proteção diferencial, o algoritmo calcula a corrente capacitiva com base na tensão medida em cada terminal de acordo com as equações (1) e os valores são subtraídos da corrente diferencial medida.

$$i_1 = \frac{1}{2} C \frac{dv_1}{dt} \quad i_2 = \frac{1}{2} C \frac{dv_2}{dt} \quad (1)$$

Assim, a soma da corrente calculada em cada barramento da subestação resulta na corrente dada pela média das tensões terminais da linha. Cada unidade de proteção calcula a corrente devido ao efeito capacitivo da linha e envia para o terminal remoto a corrente corrigida, eliminando o efeito da falsa corrente diferencial. Caso haja perda da medição de potencial em um dos terminais da linha, o relé do terminal remoto passa a compensar toda a corrente. A figura 5(a) mostra a diferença entre a corrente diferencial real e a corrente diferencial compensada no Plano Alpha, enquanto a figura 5(b) mostra a diferença entre a corrente antes e depois da correção para cada fase [1].

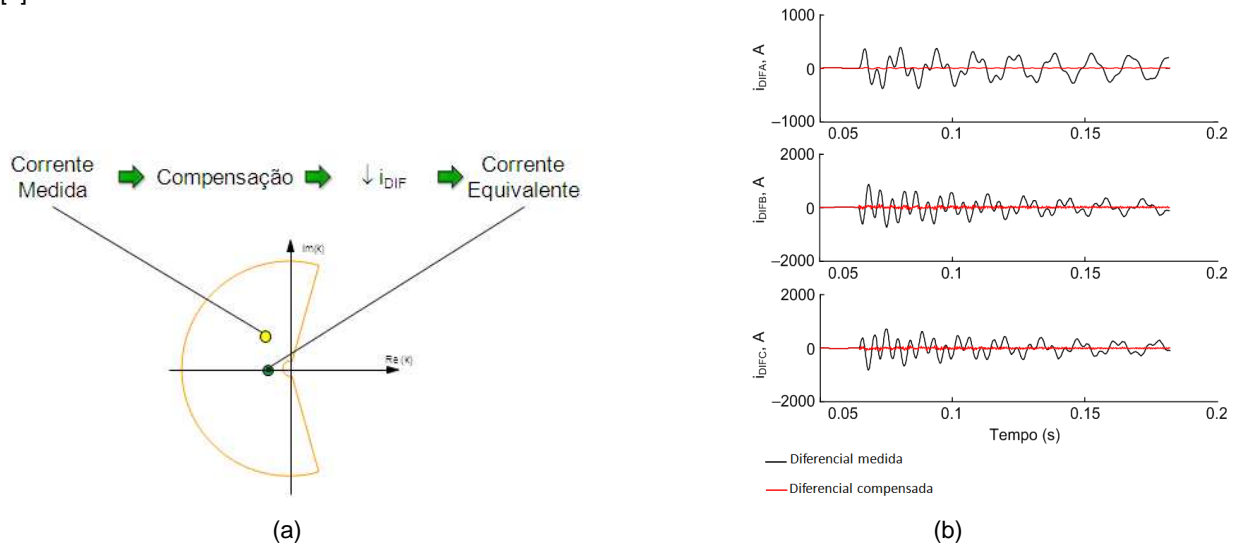


Fig. 5 – (a) Efeito da compensação no Plano Alfa. (b) Correntes compensadas por fase.

4.3 Oscilação de Potência

A impedância vista pelo relé durante uma oscilação de potência, varia no plano de impedâncias. A figura 6 mostra uma falta externa ao elemento protegido pela característica Mho (L1).

Os relés de distâncias são os mais afetados pelas oscilações de potência, podendo operar de maneira incorreta quando da ocorrência das mesmas. Os relés diferenciais são imunes a este problema. A corrente entra em uma extremidade da zona de proteção e sai pela outra extremidade, somando praticamente zero para uma oscilação de potência.

4.4 Faltas Cross-Country e Disparo Monopolar

Hoje em dia, muitas empresas são confrontadas com a necessidade de fornecimento contínuo de energia mais confiável e com poucas linhas de transmissão. Um dos meios de alcançar este objetivo é através de um esquema de trip e religamento monopolar, onde apenas a fase sob falta é interrompida, permitindo a transmissão de energia através das fases saudáveis enquanto a falta é eliminada [12].

O termo cross-country é utilizado quando há ocorrência de faltas múltiplas no sistema no mesmo tempo, em localidades diferentes. Por exemplo, uma falta fase A para terra pode ocorrer em uma linha de transmissão ao mesmo tempo que ocorre uma falta fase B para terra em uma linha de transmissão adjacente ou paralela. Este tipo

de falta pode ter quase nenhum efeito quando o esquema de trip é tripolar, por outro lado, representa um grande problema para esquemas de trip monopolar. A figura 7 exemplifica isto [12].

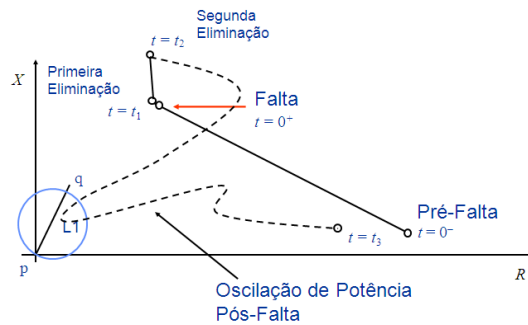


Fig. 6 - Caminho da impedância durante uma oscilação de potência.

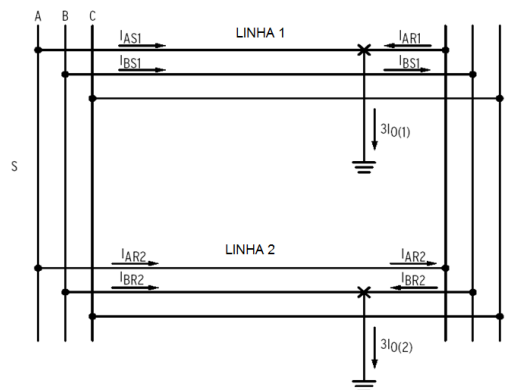


Fig. 7 - Falta cross-country

Para o caso de uma proteção de distância, na ocorrência de faltas próximas ao terminal R, como na figura 7, o relé da LT 1 em R vê uma falta monopolar (AG), e o relé da LT 2 também vê uma falta monopolar (BG). Porém os relés do barramento L irão ver uma falta do tipo ABG, desta maneira, os relés do terminal R efetuam disparo monopolar e os relés do terminal L efetuam disparo tripolar de maneira incorreta.

Algumas soluções podem ser implementadas para resolver o problema citado, como, por exemplo, o envio do sinal permissivo independente para cada fase. A contrapartida é que estas soluções tornam os sistemas de teleproteção cada vez mais complexos.

No caso de faltas cross-country, o uso da proteção diferencial de linha não enfrenta a mesma dificuldade da proteção por comparação direcional. No exemplo acima citado, um elemento diferencial por fase iria identificar uma falta fase terra em cada uma das linhas de transmissão e realizar uma abertura monopolar para cada uma delas.

4.5 Reversão de Corrente

Nas aplicações de linhas de circuito duplo, faltas próximas a uma das extremidades da linha paralela, considerando o esquema POTT, podem resultar numa operação indevida da proteção da linha sadia. Esta atuação incorreta acontece quando devido à abertura não simultânea dos terminais da linha sob falta. O principal problema desta eliminação não simultânea da corrente de falta é que ela gera uma reversão de corrente na linha que não está sob defeito. Se a proteção da linha sem defeito não for preparada de maneira adequada para enfrentar esta reversão, um dos seus terminais vai dar trip incorretamente [4].

A figura 8(a) mostra o status do início da falta. O sistema de proteção LT 3-4 detecta a falta como sendo dentro da zona protegida pela teleproteção. A figura 8(b) mostra a inversão da corrente na LT 1-2 após a abertura do disjuntor 3.

Após a abertura do Disjuntor 3, as correntes de falta são redistribuídas conforme a figura 8(b). Quando ocorre esta redistribuição, o elemento da Zona 2 do Disjuntor 2 e o elemento da Zona 3 do Disjuntor 1 começam a resetar, iniciando a contagem de um tempo de dropout. Se o elemento da Zona 2 do Disjuntor 1 atuar antes que o sinal permissivo recebido reset, o Disjuntor 1 vai ser aberto devido a esta reversão de corrente, pois estará recebendo e enviando o sinal de trip por zona 2.

Para solução deste problema, um elemento reverso (Zona 3) é usado para detectar quando a falta for vista, inicialmente, na direção reversa. Um dropout temporizado evita que o relé transmita o sinal de permissão na transição de direção reversa para a direção direta. A temporização permite que o elemento para faltas à frente do terminal remoto tenha tempo suficiente para resetar, veja figura 9.

O elemento diferencial de linha não é afetado por este problema.

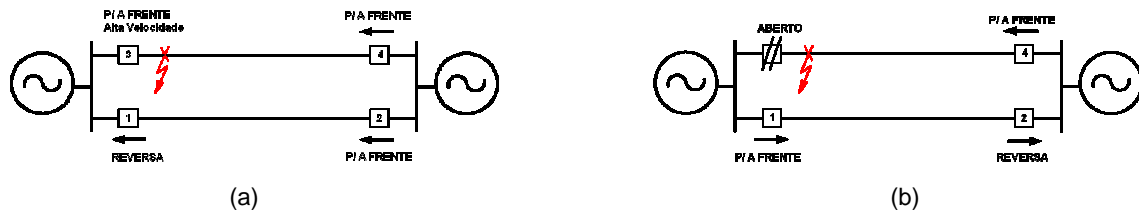


Fig. 8 – Reversão de corrente.

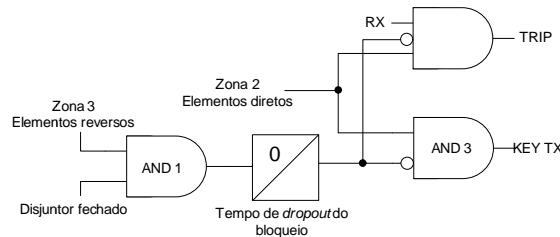


Fig. 9 – Lógica para solucionar problemas com reversão de corrente.

4.6 O Efeito da Resistência de Falta

A resistência de falta afeta todos os esquemas de proteção de algum modo. O efeito geral da resistência de falta é diminuir a sensibilidade da proteção para a detecção de faltas. A resistência de falta diminui o valor da corrente de curto-circuito e do afundamento de tensão na fase sob defeito [7].

Elementos de distância com característica quadrilateral podem fornecer uma cobertura maior para a resistência de falta quando comparado ao elemento tipo mho, pois é possível ajustar o alcance resistivo de maneira independente do alcance reativo. Porém o elemento de distância quadrilateral é afetado pela condição não homogênea do sistema, podendo sofrer subalcance ou sobrealcance, e causando atuações errôneas quando o alcance resistivo é ajustado muito maior que o alcance reativo [7].

Em linhas em anel, a cobertura para resistência de falta dos elementos de distância, seja mho ou quadrilateral, é significativamente reduzida devido ao infeed da fonte remota. O efeito do infeed da fonte remota pode ser compreendido a partir da figura 10.

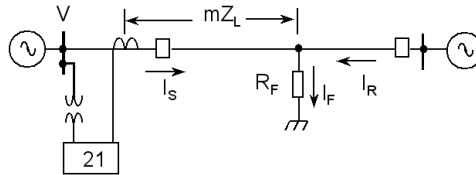


Fig. 10 - Resistência de falta para linha em anel.

Quanto maior a relação I_R/I_S maior será o valor da impedância Z , fazendo com que o elemento de distância não “enxergue” a falta, conforme mostrado na figura 11(a). A relação I_R/I_S aumenta conforme a distância da falta aumenta em relação à subestação, isto é, quanto maior “m”, maior será a relação I_R/I_S . No caso de uma linha longa isto pode ser muito mais grave, pois a corrente I_S tenderá a ser muito menor que I_R para faltas próximas ao terminal remoto, fazendo com que a impedância aparente assuma valores extremamente elevados, desta maneira o terminal local somente irá “enxergar” a falta quando o terminal remoto abrir e o infeed for removido [7].

Na realidade o termo $(I_R/I_S) \cdot R_F$ não causa somente um acréscimo no valor da magnitude da resistência de falta medida, mas também produz uma defasagem no ângulo da mesma. Esta defasagem pode ser positiva ou negativa, dependendo dos ângulos de I_R e I_S , fazendo com que a resistência de falta medida sofra uma distorção angular, figura 11(b).

Faltas com alta resistência diminuem significativamente a sensibilidade dos elementos de distância, podendo fazer com que o elemento mho e até mesmo o elemento quadrilateral de terra subalcancem. Há, portanto, a necessidade de se utilizar um elemento de sobrecorrente direcional de sequência negativa (67Q) e de sequência zero (67G), que podem ser ajustados com maior sensibilidade [13].

Para que o elemento diferencial dê cobertura para faltas com alta resistência, há necessidade de que este seja ajustado com maior sensibilidade, o que pode causar uma atuação indevida por saturação de TC e assimetria do canal de comunicação. Além disso, como já dito anteriormente, o efeito da capacitância de linhas longas também afeta o elemento diferencial de fase. Desta forma, a melhor opção é a utilização dos elementos diferenciais de maneira combinada, com o elemento diferencial de fase atuando para faltas equilibradas, o elemento diferencial de sequência zero para faltas com envolvimento de terra e elemento diferencial de sequência negativa para faltas desequilibradas entre fases [13].

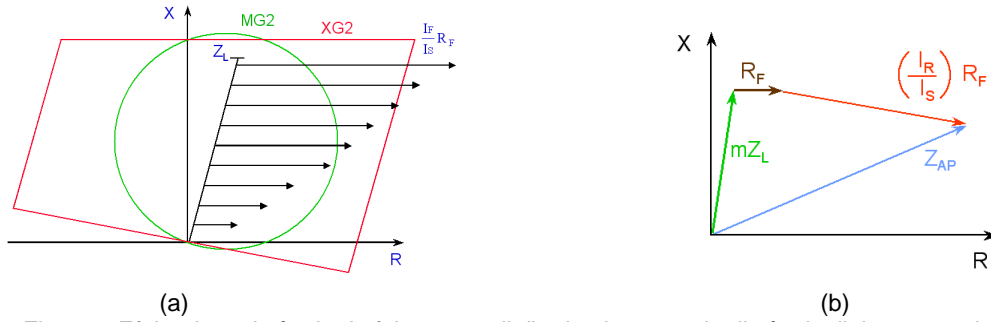


Fig. 11 - Efeito da resistência de falta na medição do elemento de distância, linha em anel.

Um exemplo da não sensibilização do elemento diferencial de fase para uma falta com alta resistência pode ser visto na oscilografia da figura 12, a qual representa uma falta de alta impedância com "outfeed". Na oscilografia pode-se observar que houve atuação do elemento diferencial de sequência negativa (87L2CAR e 87L2PIT) e os elementos diferenciais de fase não foram sensibilizados (87LABCCAR e 87LABCPIT).

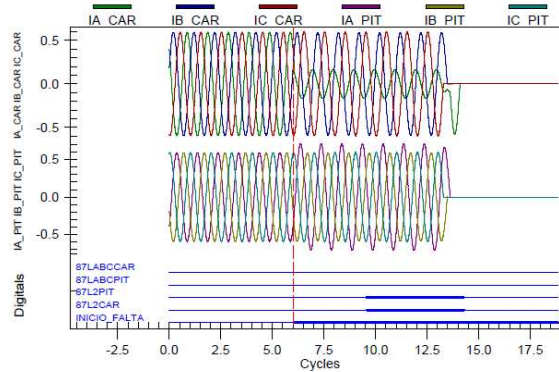


Fig.12 – Falta fase para terra com alta resistência

4.7 Linhas com Compensação Série

A compensação série causa erros na determinação da impedância pelos relés de distância, uma vez que a capacitância alocada em série modifica a impedância medida pelo relé. Este efeito é menos crítico no caso em que o capacitor é instalado no meio da linha, a não ser que o nível de compensação seja muito alto [14].

Os sinais de tensão consistem numa escolha típica para polarização dos relés de distância. Porém a compensação série pode produzir uma variação de 180° no ângulo de fase da tensão. Isso é chamado de inversão de tensão. Este efeito ocorre quando há uma falta próxima ao capacitor série, quando a impedância medida pelo relé até o ponto de falta é capacitiva ao invés de indutiva [14]. A figura 13 mostra o perfil da tensão em uma linha de transmissão compensada em condição de falta trifásica próxima ao barramento onde está localizado o capacitor. Para um relé que utiliza tensão do lado da linha haverá indicação da direção direta para a falta. Porém para o relé que utiliza a tensão do lado da barra haverá indicação da direção reversa para a falta. O elemento de proteção diferencial não é afetado pela inversão de tensão como os elementos de distância e direcional.



Fig. 13 – Perfil da Tensão em uma Linha de Transmissão Compensada sob Falta

Nos casos de reversão de tensão, são válidas as equações (2).

$$X_C > mX_L \quad \text{e} \quad X_C < X_s + mX_L \quad (2)$$

Um outro fenômeno relacionado com a compensação série é a inversão de corrente, que se caracteriza pelo fato de que a corrente de um dos terminais tem o sentido linha-barra para um falta interna e que ocorre quando para um sistema como o mostrado na figura 13, temos:

$$X_C > X_s + mX_L \quad (3)$$

A ocorrência deste tipo de fenômeno é pouco provável. Os elementos de proteção de distância, direcional e diferencial são todos afetados pela inversão de corrente, porém o elemento diferencial é mais tolerante e pode operar corretamente mesmo em caso de inversão de corrente [15], o que se caracteriza por uma falta interna com "outfeed" em um dos terminais, e como visto na figura 12, o relé diferencial operou corretamente em um caso similar.

5.0 - CONCLUSÃO

O artigo fez uma análise comparativa entre o esquema de proteção por comparação direcional e a proteção diferencial, analisando os casos de falha na comunicação, linhas com alto efeito capacitivo, oscilação de potência, faltas cross-country e esquemas de religamento monopolares, reversão de corrente, faltas com alta resistência e linhas com compensação série.

Constatou-se que o esquema de comparação direcional exige a utilização de lógicas mais complexas para melhorar a confiabilidade e a segurança do esquema de proteção de alguns casos específicos de faltas e topologias, bem como casos de ocorrência de oscilação de potência. Já a proteção diferencial se mostra imune a alguns destes casos ou se torna confiável através de uma configuração simples do esquema de proteção, incluindo a utilização de algumas compensações e de elementos de sequência negativa e sequência zero. Além disso, para o caso de linhas com compensação série, a comparação direcional se mostra mais complexa com a necessidade de esquemas especiais de polarização para evitar operação incorreta durante condição de inversão de tensão, enquanto os elementos da proteção diferencial operam de forma adequada, independentemente da inversão de tensão. A Tabela 1 resume o desempenho dos dois elementos nas diversas condições estudadas.

TABELA I – COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS ELEMENTOS DE PROTEÇÃO

Casos Analisados	Comparação Direcional	Proteção Diferencial
Falha do canal de comunicação	Atuação temporizada	Compromete
Oscilação de potência	Lógica adicional	Não afeta
Reversão de corrente	Lógica adicional	Não afeta
Linhas com alto efeito capacitivo	Não afeta	Elemento de sequência zero e de sequência negativa
Cross-country e esquemas de religamento	Lógica adicional	Comparação por fase segregada
Efeito da resistência de falta	Elemento de sequência zero e de sequência negativa	Elemento de sequência zero e de sequência negativa
Linhas com compensação série	Uso de tensão de memória	Não afeta*

*Pode ser afetado no caso de inversão de corrente.

Portanto, contando com o avanço da tecnologia dos meios de comunicação e analisando os casos aqui descritos, conclui-se que um esquema de proteção confiável pode ser baseado na proteção diferencial, com utilização de elementos de fase e de sequências negativa e zero. Porém, a proteção por elementos de distância pode ainda ser utilizada como um backup no intuito de manter um esquema de proteção ativo nos casos de falha no canal de comunicação diferencial.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. “Introdução à Proteção de Linhas de Transmissão” – Apostila. Campinas, 2012.
- [2] G. Kindermann, “Proteção de Sistemas Elétricos de Potência”, vol. 1, 2ª ed - SC, 2005.
- [3] E. O. Schweitzer III, J. Roberts, R. Arora, E. Poggi. “Limits to the Sensitivity of Ground Directional and Distance Protection”. In: Spring Meeting of the Pennsylvania Electric Association Relay Committee, 1997, Allentown, Pennsylvania.
- [4] Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. “Introdução à Proteção de Sistemas Elétricos” – Apostila. Campinas, 2012.
- [5] E. Flach. “Desempenho da Proteção Diferencial de Transformadores em Sistemas de Potência”. 2008. Dissertação (mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Janeiro, UFRJ.
- [6] A. R. C. Warrington, “Protective Relay – Their Theory and Practice”, vol. I, Chapman & Hall LTD - Londres, 1962.
- [7] D. A. Tziouvaras, H. Altuve, G. Benmouyal, J. Roberts, “Line Differential Protection with an Enhanced Characteristic”. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman – WA, USA.
- [8] E.C. Navarro, D. V. Coury, J. M. Ordacgi, R. M. Moraes. “Proteção Diferencial de Linhas de Transmissão: Análise do Plano Alfa”. In: Seminário Técnico de Proteção e Controle, 7, 2004, RJ.
- [9] CIGRÉ Joint Working Group 34/35.11. “Protection Using Telecommunications”; 2000.
- [10] H. Miller, J. Burger, N. Fischer, B. Kasztenny. “Modern Line Current Differential Protection Solutions”. American Electric Power, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- [11] A. Manzoni, A. C. S. de Lima, J. R. F. Lemos, “Modelagem de Linhas de Transmissão para Estudos de Transitórios Eletromecânicos”. RJ – Brasil, 2008.

[12] G. E. Alexander, J. Mooney, W. Tyska, "Advanced Application Guidelines for Ground Fault Protection". Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman – WA, USA.

[13] R. Abboud, W. F. Soares, F. Goldman, "Challenges and Solutions in the Protection of a Long Line in the Furnas System", Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., Furnas Centrais Elétricas S.A. – Brazil.

[14] H. J. Altuve, J. B. Mooney, and G. E. Alexander, "Advances in Series-Compensated Line Protection", Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

[15] Y. Xue, B. Kasztenny, D. Taylor, Y. Xia, "Line Differential Protection Under Unusual System Conditions", American Electric Power e Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Camila da Silva Oliveira, graduada em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá em 2012. Durante a graduação, desenvolveu pesquisas na área de restabelecimento automático de subestações e simulações em tempo real de linhas de transmissão. Estagiou na TSE, Itajubá e na Schweitzer Engineering Laboratories, Campinas (SP), atualmente ocupa o cargo de Engenheira de Aplicação Trainee na Schweitzer Engineering Laboratories.

Paulo Silva Lima, graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá em 2012. Na graduação realizou pesquisas na área de máquinas elétricas, no desenvolvimento de um simulador genérico de cargas para motores de indução trifásicos. Estagiou Schweitzer Engineering Laboratories, Campinas (SP), atualmente ocupa o cargo de Engenheiro de Aplicação Trainee na mesma empresa.

Ricardo Abboud, graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia em 1992. Trabalhou na CPFL de 1993 a 2000 como engenheiro de proteção na Divisão de Equipamentos da Proteção, suas responsabilidades incluíam manutenção, comissionamento, especificação e estudos de sistemas de proteção. No ano de 2000 deixou a CPFL para se juntar a Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) como Engenheiro de Aplicação, onde foi responsável pelo suporte técnico e por fornecer consultoria aos clientes em todo o Brasil. Em 2005 passou a exercer a função de Gerente de Engenharia, coordenando toda a equipe técnica no Brasil. Em 2010 passou a exercer a função de Gerente de Vendas coordenando a equipe comercial em todo o Brasil. A partir de março de 2011 retornou ao departamento de engenharia como Engenheiro Especialista, desde janeiro de 2013 ocupa o cargo de Diretor Técnico.