



Testes dos Elementos de Distância de Terra dos Relés de Distância SEL

Alex Polikoff

HISTÓRICO

Os relés de distância SEL oferecem, geralmente, elementos de distância de terra quadrilateral (“quad”), bem como elementos de distância de terra mho. Os elementos *quad* são normalmente aplicados para detectar faltas à terra resistivas que os elementos mho não podem ser ajustados para alcançar. Este guia de aplicação descreve as características básicas desses elementos e aborda algumas questões comuns relativas aos respectivos testes.

Guia de Aplicação Válido para os Relés de Distância Séries SEL-300 e SEL-400

O SEL-311A, B, C e L, o SEL-321 e o SEL-421 usam os mesmos algoritmos para implementar a função de distância de terra para ambos os elementos mho e quad.

ELEMENTOS DE DISTÂNCIA DE TERRA MHO

Ao testar os elementos de distância de terra mho, o erro mais comum consiste em não considerar o fator de compensação da sequência-zero, k_0 . O fator k_0 compensa internamente o fato de que as correntes de sequência-zero das fases envolvidas nas faltas à terra também vão circular nas fases não envolvidas, gerando um erro no cálculo da impedância até a falta.

A impedância aparente que o relé vê é ajustada da seguinte forma:

$$Z_{ag} = V_a / (I_a + k_0 \cdot I_r)$$

Se for aplicada uma corrente e uma tensão monofásica para o teste, esta equação é reduzida para:

$$Z_{ag} \cdot (1 + k_0) = V_a / I_a$$

Onde:

$$(1 + k_0) = 1.0 \angle 0.0 + k_0 M \angle k_0 A$$

e

$k_0 M$ = Magnitude de k_0

$k_0 A$ = Ângulo de k_0 (ajustes do relé)

A magnitude e o ângulo de k_0 são calculados usando-se as impedâncias de sequência-zero e positiva da linha. A relação é a seguinte:

$$k_0 = (Z_0 - Z_1) / (3 \cdot Z_1)$$

Lembrar que todas as impedâncias acima são vetores; elas têm ambos a magnitude e o ângulo.

A equação de Z_{ag} fornece um ponto muito importante; o relé divide a impedância da fase-a (V_a / I_a) pelo fator $(1 + k_0)$ para obter a impedância aparente que é comparada com a característica mho Z_{ag} . Para uma linha de transmissão típica, isso significa que os elementos fase-terra tipo

mho vão atuar para um nível de corrente muito menor do que seria esperado apenas dividindo a tensão aplicada pela corrente aplicada.

Para ilustrar o efeito de k_0 na característica do teste, vamos considerar um ângulo de uma linha de transmissão típica de 83 graus com magnitude de $Z_0 = 3Z_1$ e um ângulo de Z_0 três graus menos do que o ângulo de Z_1 .

$Z_{1MAG} = 10$ ohms (secundários)

$Z_{1ANG} = 83$ graus

$Z_{0MAG} = 30$ ohms (secundários)

$Z_{0ANG} = 80$ graus

$$\begin{aligned} k_0 &= (30 \angle 80 - 10 \angle 83) / (3 \cdot 10 \angle 83) = 20 \angle 78.5 / 30 \angle 83 \\ &= 0.67 \angle -4.5 \end{aligned}$$

Assumir que o alcance da Zona 1 é ajustado em 90% da impedância da linha, ou 9 ohms secundários. A característica será parecida com o círculo menor plotado no plano de impedâncias da Figura 1.

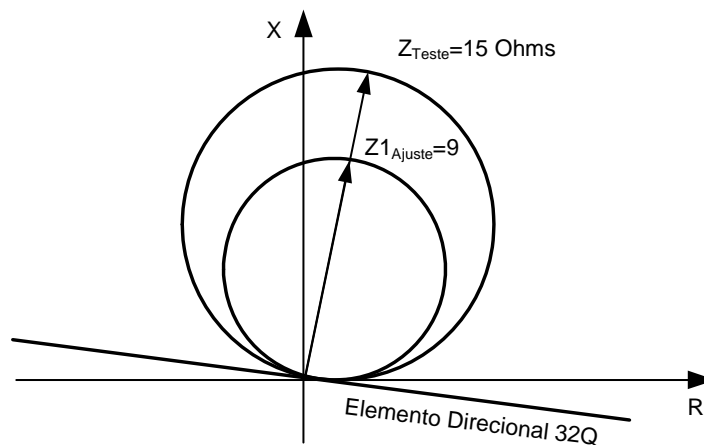


Figura 1 Característica do Elemento Mho de Terra

Ao testar o elemento mho de terra da Zona 1, se for aplicada uma tensão V_a de 36 V secundários, seria esperado que o elemento da Zona 1 atuasse para um valor de I_a de $36/9 = 4$ A secundários, atrasada de V_a por um ângulo de 80 graus. Na verdade, considerando a mesma tensão aplicada, o relé vai atuar para:

$$\begin{aligned} I_a &= V_a / Z_{ag} \cdot (1 \angle 0 + k_0 M \angle k_0 A) \\ &= 36 \angle 0 / 9 \angle 80 \cdot (1 \angle 0 + 0.67 \angle -4.5) \\ &= 36 \angle 0 / 9 \angle 80 \cdot (1.67 \angle -1.8) \\ &= 36 \angle 0 / 15 \angle 78.2 \\ &= 2.4 \angle -78.2 \end{aligned}$$

O fator k_0 desloca efetivamente a impedância do elemento de terra da Zona 1 para aquela da característica mho externa plotada na Figura 1.

Supervisão do Elemento Direcional 32Q

Mesmo que os elementos de distância de terra mho sejam inerentemente direcionais, eles são supervisionados por outros elementos direcionais. Em geral, a supervisão mais aplicada usa o elemento direcional polarizado por tensão de sequência-negativa, 32Q. Este elemento opera com base na impedância de sequência-negativa medida. Quando for ajustado $E32 = \text{AUTO}$, os valores limites para ativação do elemento direcional são automaticamente ajustados com base nos valores da impedância da linha introduzidos pelo usuário.

Um problema que pode aparecer durante os testes consiste na declaração de uma direção para a frente pelo elemento 32Q durante a aplicação de uma falta reversa. Isto se deve à aplicação de correntes na direção reversa que estão bem acima daquelas que o relé esperaria ver em serviço, baseando-se nos ajustes da impedância da linha. Isso pode impedir a habilitação de um elemento de distância olhando na direção reversa.

Se este for o caso, a operação correta do elemento direcional pode ser obtida reduzindo proporcionalmente a tensão da fase em falta e a corrente da fase em falta, e deixando ao mesmo tempo as tensões da fase sem defeito com valor nominal. Isso tem o efeito de manter a impedância de falta constante enquanto a impedância de sequência é aumentada de forma a obter a determinação direcional desejada.

Ao testar o elemento direcional para verificar sua própria operação, a simples redução da magnitude da corrente aplicada (ou aumento da tensão aplicada) pode permitir a operação correta do elemento direcional para faltas reversas. Para uma explicação mais detalhada sobre a operação do elemento direcional de sequência-negativa, consulte, por favor, o artigo técnico da SEL “Negative-Sequence Impedance Directional Element”.

ELEMENTOS DE DISTÂNCIA DE TERRA QUADRILATERAL

Os elementos de terra quadrilateral (quad) têm a característica mostrada na Figura 2 quando plotados no plano RX (impedância). Conforme pode ser visto, ambos os limites do lado esquerdo e lado direito da região de operação têm a mesma inclinação do ângulo da impedância de sequência-positiva da linha, $Z1\text{ANG}$.

Um erro de conceito comum consiste em achar que o alcance do relé precisa ser multiplicado pelo seno do ângulo da linha quando for testar o elemento para tal ângulo. Na verdade, o alcance do elemento quad é exatamente o mesmo do elemento mho, estendendo-se ao longo de $Z1\text{ANG}$, conforme mostrado na Figura 2. $Z1\text{ANG}$ é também conhecido como Ângulo de Máximo Torque (“Maximum Torque Angle” – MTA).

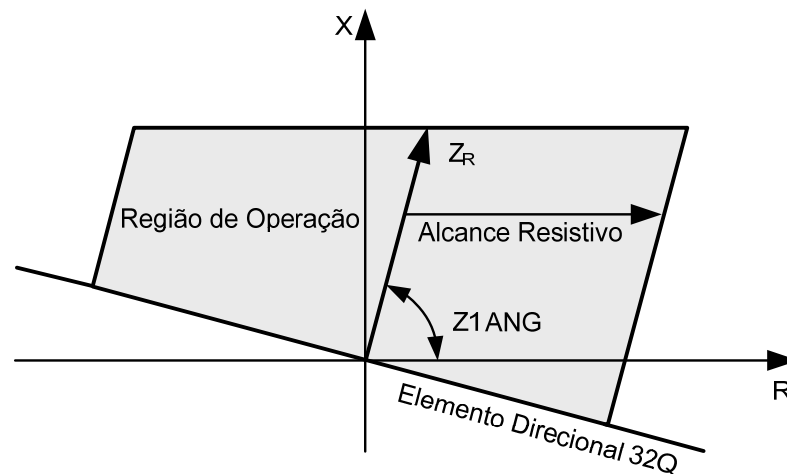


Figura 2 Característica do Elemento de Terra Quad

Observe que os elementos de terra quad são supervisionados por um elemento direcional de terra, da mesma forma que os elementos de terra mho. Uma vez que este elemento direcional é perpendicular ao MTA, isso resulta numa característica quad que reduz a região de operação à esquerda do eixo X, mas permite maior cobertura à direita do eixo X.

Assim como ocorre nos elementos de terra mho discutidos anteriormente, o fator k_0 também modifica a impedância aparente como entrada para os elementos de distância de terra quad.

Ângulo T

Quando uma extremidade de uma linha pode fornecer níveis significativamente diferentes de corrente de falta à terra em relação à outra extremidade, é possível que os elementos de terra quad sobrealcançam para uma falta fora da seção protegida e atuem desligando a linha desnecessariamente. Para compensar esta condição, os relés de distância SEL fornecem um ajuste para alterar o ângulo ou "inclinam" o limite superior da característica de terra quad. Este ajuste é T no SEL-321, e TANG em todos os outros relés de distância das séries SEL-300 e SEL-400. Um ângulo negativo inclina a parte superior da característica para baixo, conforme mostrado na Figura 3.

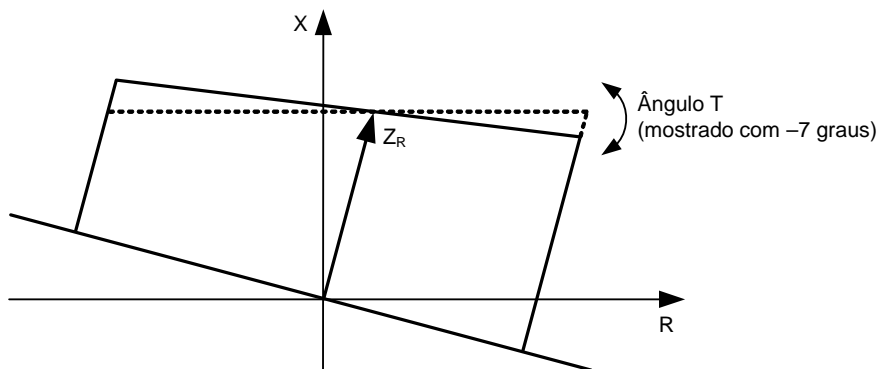


Figura 3 Efeito do Ângulo T na Característica Quad

No SEL-311 e SEL-421, se os ajustes avançados não forem habilitados (ajuste EADVS = N), TANG será automaticamente ajustado para -3 graus. Isso ajuda a evitar que o relé sobrealcance para faltas à terra com alta resistência fora da zona protegida.

Para uma discussão mais completa do Ângulo T, incluindo como definir ajustes apropriados baseando-se nos dados de faltas no sistema, consulte, por favor, o artigo técnico da SEL “Application Guidelines for Ground Fault Protection”, disponível em www.selinc.com.

NOTAS ADICIONAIS PARA OS TESTES

Além das questões discutidas anteriormente, há diversas outras áreas a serem consideradas ao testar os elementos de distância de terra (assim como os elementos de distância de fase).

Todos os valores de teste aplicados devem ultrapassar quaisquer ajustes dos elementos de supervisão de sobrecorrente para permitir a operação dos elementos de distância correspondentes.

A ativação de uma condição de perda de potencial (“Loss-of-potential” – LOP) pode desabilitar o elemento de distância que está sendo testado. Os relés SEL têm usado dois algoritmos diferentes para determinar uma condição LOP, porém a forma mais fácil consiste em desabilitar LOP antes do teste, ajustando ELOP = N.

A lógica de pólo aberto pode desabilitar internamente os elementos de distância. Uma condição dos três pólos abertos desabilita todos os elementos de distância de terra. Nos relés SEL com capacidade de trip monopolar, o elemento de distância de terra associado à fase aberta é desabilitado. Desde que a corrente esteja acima do nível de supervisão de pólo aberto (basicamente a corrente de carga), isso não deve interferir nos testes. Caso isto aconteça, certifique-se que o estado do disjuntor apropriado esteja sendo fornecido para o relé de forma que os elementos de distância possam ser habilitados.

Os algoritmos de distância SEL usam memória de tensão de sequência-positiva para polarização (referência para determinação direcional). Ao testar os elementos mho, a característica vai ser expandida de volta para a impedância da fonte em função da ação desta memória. Isso tem o efeito de ampliar a característica mho a partir do círculo interno até o círculo externo mostrado na Figura 4.

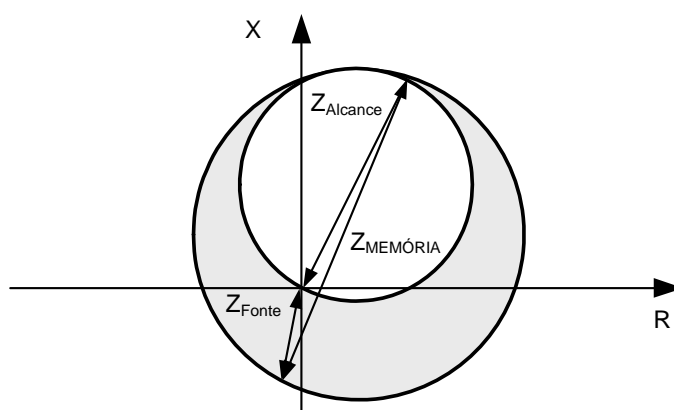


Figura 4 Expansão do Elemento Mho

Este efeito somente será visto quando houver uma mudança rápida da condição de pré-falta para a condição de falta. Quando os valores de teste (“ramping”) forem aplicados manualmente (ou

usando taxas de “rampa” mais lentas através de equipamentos de teste automáticos), o relé deverá fornecer a característica mho esperada.

REFERÊNCIAS

J. Mooney, J. Peer, “Application Guidelines for Ground Fault Protection,” Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., 1998.

ASSISTÊNCIA DA FÁBRICA

Apreciamos o seu interesse nos produtos e serviços da SEL. Se houver qualquer dúvida ou comentário, por favor, entre em contato com:

Schweitzer Engineering Laboratories
Rodovia SP 340 - Campinas / Mogi Mirim, Km 118,5
Prédio 11 - Campinas / SP - CEP:13.086-902
Telefone: (19) 3515.2000
www.selinc.com.br • suporte@selinc.com

© 2006 por Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Todos os direitos reservados.

Todos os nomes das marcas ou produtos que aparecem neste documento são marcas comerciais ou marcas comerciais registradas de seus respectivos proprietários. Nenhuma marca comercial da SEL pode ser usada sem permissão por escrito.

Os produtos SEL que aparecem neste documento podem estar protegidos por patentes dos EUA e de outros países.

SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES, INC.

2350 NE Hopkins Court • Pullman, WA 99163-5603 USA
Tel: 509.332.1890 • Fax: 509.332.7990
www.selinc.com • info@selinc.com

AG2006-02