

Teste Monofásico do Elemento de Falta a Terra Restrita (REF) do SEL-487E

David Costello e Jason Young

INTRODUÇÃO

O Relé de Proteção de Transformadores SEL-487E possui três elementos de falta à terra restrita (“Restricted Earth Fault” – REF) que correspondem aos terminais de entrada IY1, IY2 e IY3 do relé. Isso está mostrado na Figura 1.

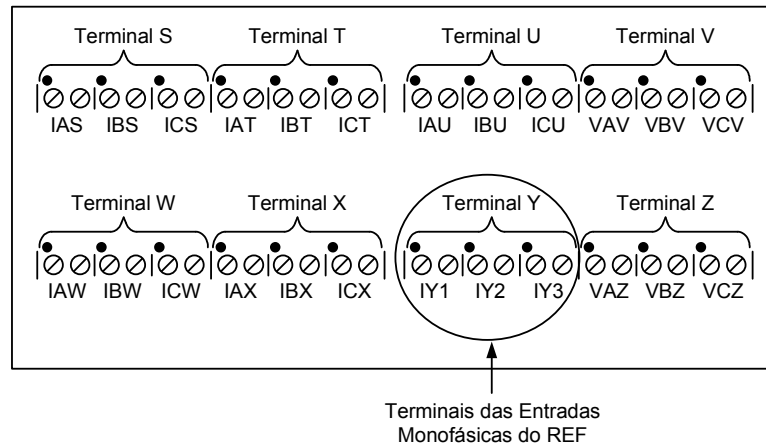


Figura 1 Terminais do REF

De forma similar aos elementos REF do Relé de Sobrecorrente e Diferencial de Corrente SEL-387, cada elemento REF do SEL-487E funciona como um elemento de sobrecorrente direcional de terra. A corrente de terra do neutro do transformador é a corrente de operação, e a corrente de terra residual dos terminais de fase selecionados funciona como uma grandeza de referência. A característica de operação está mostrada na Figura 2.

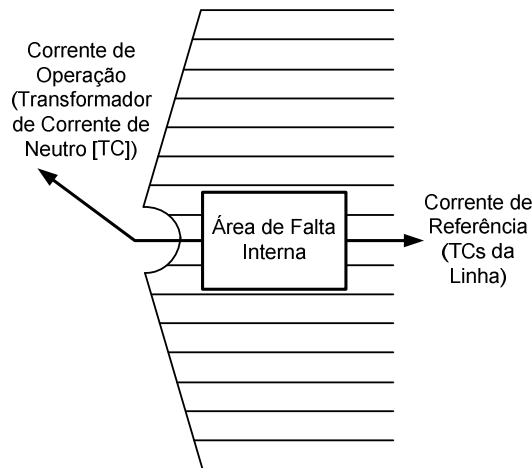


Figura 2 Elemento Direcional REF

O elemento direcional básico opera de forma similar ao existente no SEL-387, mas há algumas diferenças importantes no SEL-487E. O diagrama lógico do elemento do SEL-487E está mostrado na Figura 3.

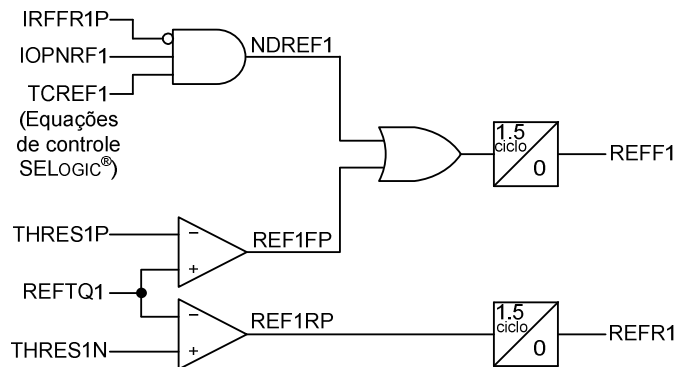


Figura 3 Saída de Trip do Elemento REF

Como o SEL-487E pode ser encomendado com uma combinação de entradas de corrente de 1 A e 5 A, a primeira diferença em relação ao SEL-387 é que o SEL-487E transforma todas as entradas para 1 A através da divisão de cada entrada pela correspondente I_{nom} de cada entrada (isto é, dividindo por 5 as entradas de 5 A e dividindo por 1 as entradas de 1 A).

Após a transformação, a corrente de operação é comparada com o ajuste de partida (pickup) mínimo, REF50G1. A corrente de referência transformada é também comparada com 80% do valor de pickup. Neste ponto, desde que a equação de controle de torque seja igual a 1, o relé habilita o cálculo do elemento direcional do REF, que inclui os dois comparadores da Figura 3. O valor é $REFTQ1 = |I_{OP}| \cdot |I_{REF}| \cdot \cos\phi$, onde ϕ é o ângulo entre I_{OP} e I_{REF} . Uma falta fora da zona de proteção produz $\phi = 180$ graus, enquanto uma falta interna produz $\phi = 0$ grau. Como resultado, REFTQ1 é negativo para uma falta externa e positivo para uma falta interna. Portanto, usando THRES1P e THRES1N, que são os limites positivo e negativo, o relé declara uma falta interna se $\phi = \pm 90$ graus.

A porta E (AND) da Figura 3 considera um caso com o disjuntor aberto, como mostra a Figura 4.

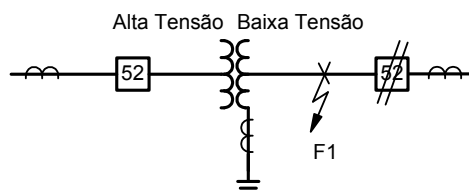


Figura 4 Falta Interna Com o Disjuntor de Baixa Tensão Aberto

Neste caso, o relé não tem uma grandeza de referência para determinar a localização da falta. Todavia, o relé pode detectar este caso se ele enxergar uma corrente de operação (IOPNRF1), mas nenhuma corrente de referência (IRFFR1P). A última entrada da porta E (AND) da Figura 3 é uma equação de controle de torque.

Portanto, dois ensaios são necessários para testar o elemento REF: um teste do elemento direcional e um teste do elemento não direcional.

Observe que existem dois elementos de sobrecorrente incluídos nos ajustes do REF: REF50Pa e REF51Pa, onde $a = 1$ a 3. Estes elementos permitem que o usuário adicione um retardo de tempo-definido ou tempo-inverso ao elemento REF. **Todavia, nenhum desses elementos é submetido ao controle de torque pelo elemento direcional do REF. Esta funcionalidade tem que ser definida pelo usuário.**

SISTEMA USADO COMO EXEMPLO NO TESTE

Para explicar os testes necessários, usamos um transformador como exemplo para calcular os pontos de teste. O diagrama trifilar do sistema está mostrado na Figura 5, e os ajustes correspondentes estão listados na Tabela 1. Observe que todas as entradas de corrente têm valor nominal de entrada de 5 A.

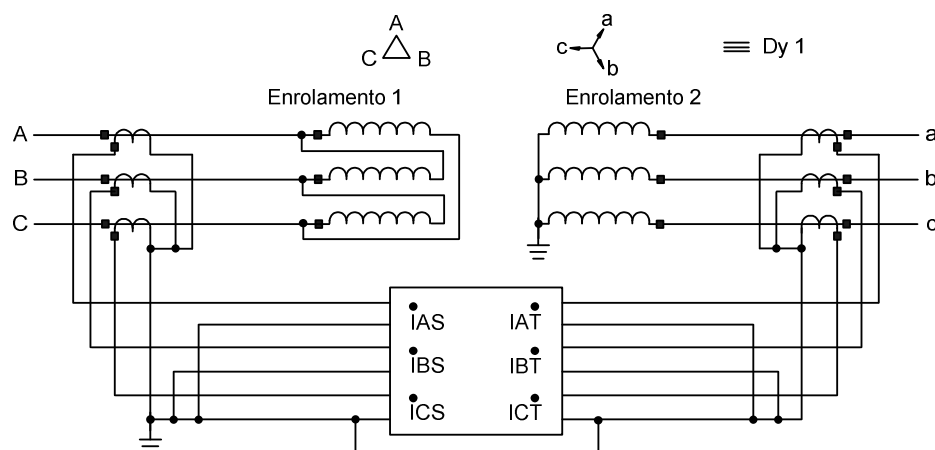


Figura 5 Diagrama Trifilar do Sistema de Teste

Tabela 1 Ajustes do Sistema de Teste Usado com Exemplo

Ajuste	Descrição	Unidades	Faixa	Valor Atribuído
ECTTERM	Habilita os seguintes terminais de corrente	NA	S, T, U, W, X	S, T
EREF	Habilita o seguinte número de elementos do REF	NA	N, 1-3	1

REFRF1	Seleciona a grandeza de restrição para o Elemento 1 do REF	NA	S, T, U, W, X	T
CTRS	Relação do TC para o Terminal S	NA	1 a 50000	60
CTCONS	Conexão do TC para o Terminal S	NA	Y, D	Y
CTRT	Relação do TC para o Terminal T	NA	1 a 50000	500
CTCONT	Conexão do TC para o Terminal T	NA	Y, D	Y
REF50G1	Pickup da corrente residual do Elemento 1 do REF	pu	0.05 a 3.00	0.25
TCREF1	Controle de torque para o Elemento 1 do REF	Equações de controle SELOGIC®	NA	1
REF50P1	Pickup do Elemento 1 de sobrecorrente instantâneo p/ a corrente de operação do REF (50P)	pu	0.25 a 5.00, OFF	OFF
REF51P1	Pickup do Elemento 1 de sobrecorrente de tempo-inverso p/ a corrente de operação do REF (51P)	Porcento	5 a 100, OFF	OFF

PROCEDIMENTO DE TESTE

Elemento Direcional

Para testar o elemento direcional do REF, ambas as correntes de operação e de referência têm que estar acima da sensibilidade do valor de pickup da corrente residual, REF50G1. Aplique corrente em IY1 com 0 grau e aos terminais de fase com 180 graus.

Para o sistema do teste, o Terminal T é o único terminal de fase incluído no elemento REF. As correntes mínimas calculadas para o sistema do teste estão mostradas em (1) e (2).

$$IY1 = REF50G1 \cdot Inom_{IY1} = 0.25 \cdot 5 = 1.25 \angle 0^\circ \text{ A} \quad (1)$$

$$IAT = 0.8 \cdot REF50G1 \cdot Inom_{IAT} = 0.8 \cdot 0.25 \cdot 5 = 1.0 \angle 180^\circ \text{ A} \quad (2)$$

Portanto, para testar o valor de pickup, aplique $1.5 \angle 180^\circ \text{ A}$ ao terminal IAT e $0.5 \angle 0^\circ \text{ A}$ ao terminal IY1. Aumente a corrente IY1 enquanto monitora o “Relay Word bit” REFR1 usando o comando **TAR REFR1 10000**. O REFR1 deve ser ativado com $1.25 \text{ A} \pm 0.05 \text{ A}$.

Em seguida, repita o teste com IY1 fixado em $1.5 \angle 0^\circ \text{ A}$, e aumente IAT a partir de $0.5 \angle 180^\circ \text{ A}$ enquanto monitora o REFR1, que deve ser habilitado com $1.0 \text{ A} \pm 0.05 \text{ A}$.

O passo final consiste em aplicar corrente em ambos os terminais, com valores acima dos limites mínimos, e girar o ângulo de IAT de 180 graus para 0 grau para simular uma falta externa-para-interna. Com aproximadamente 90 graus, o REFR1 deve ser desativado e o REFF1 deve ser ativado.

Se o REFRF1 incluir mais do que um enrolamento de entrada (por exemplo, REFRF1 = T, U ou W), então o procedimento aqui pode ser alterado para dois caminhos possíveis. Primeiro, podemos repetir este teste com cada enrolamento de referência substituído pela IAT acima, mantendo os outros enrolamentos de restrição com 0 A. Segundo, podemos injetar corrente de sequência-zero simultaneamente em todos os enrolamentos de referência, substituindo a soma das correntes de sequência-zero dos enrolamentos de referência pela IAT acima.

Elemento Não Direcional

Para testar esta parte do elemento REF, simule a condição da Figura 4 aplicando corrente de operação e não aplicando corrente de referência. Portanto, aplique corrente ao terminal IY1, e não aplique qualquer corrente aos enrolamentos de fase. Aumente a corrente enquanto monitora o “Relay Word bit” REFF1 usando o comando **TAR REFF1 10000**. Este elemento será ativado quando a corrente IY1 atingir o máximo do REF50G1 e 0.5 pu. Os cálculos para o sistema usado como exemplo no teste estão mostrados abaixo em (3) e (4). Como $REF50G1 < 0.5$ pu, o REFF1 deve ser ativado quando $IY1 = 0.5$ pu. Convertendo, então, para amperes, obtemos as seguintes correntes dos terminais:

$$IY1 = 0.5 \cdot 5 = 2.5 \text{ A} \quad (3)$$

$$IAT = 0 \text{ A} \quad (4)$$

CONCLUSÃO

Este guia de aplicação demonstra um método simples para testar a função REF do Relé SEL-487E através da injeção de corrente monofásica, em regime. Um teste independente deve ser feito para as partes da lógica referentes aos elementos direcional e não direcional (terminal da corrente de referência com disjuntor aberto).

Um problema comum nas aplicações do REF é a polaridade incorreta do TC de neutro. Certifique-se de executar um teste completo de injeção de corrente primária ou utilize outras maneiras para verificar a correta polaridade do TC. Alternativamente, podemos ajustar o elemento REF, mas não habilitar o trip do mesmo até que o sistema do relé seja exposto à primeira falta externa. A análise dos eventos pós-falta pode confirmar a polaridade do TC de neutro e, se estiver correta, o elemento REF pode ter o seu trip habilitado.

Para maiores informações sobre as aplicações do REF, favor consultar a referência [1]. Para maiores informações sobre bloqueio e restrições por harmônicos, favor consultar a referência [2].

REFERÊNCIAS

- [1] N. Fischer, D. Haas, and D. Costello, “Analysis of an Autotransformer Restricted Earth Fault Application,” proceedings of the 34th Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 2007. Available: <http://www.selinc.com>.
- [2] K. Behrendt, N. Fischer, and C. Labuschagne, “Considerations for Using Harmonic Blocking and Harmonic Restraint Techniques on Transformer Differential Relays,” proceedings of the 33rd Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 2006. Available: <http://www.selinc.com>.

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:

SEL - Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda
Rodovia SP 340 - Campinas / Mogi Mirim, Km 118,5 - Prédio 11
Campinas / SP – CEP: 13.086-902
Tel: (19) 3515.2000 Fax: (19) 3515.2011
www.selinc.com.br suporte@selinc.com

SUPORTE TÉCNICO SEL HOT LINE
Tel: (19) 3515.2010
E-mail: suporte@selinc.com

© 2010 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: +1.509.332.1890 • Fax: +1.509.332.7990
www.selinc.com • info@selinc.com

AG2010-11