

## ESTUDO DE CASO

*A Tecnologia do Elemento de Sobrecorrente Adaptativo da SEL Eleva os Padrões de Performance dos Relés de Proteção Microprocessados*

### A Tecnologia da SEL Melhora a Resposta do Relé Sob Condições de Elevadas Correntes de Falta

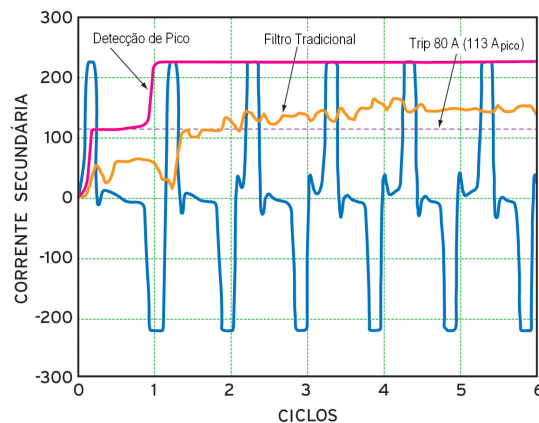
*O uso de TCs com relação baixa pode expor os sistemas de potência a danos catastróficos provocados por elevadas correntes de falta—uma situação perigosa que pode não ser detectada. A tecnologia do Elemento de Sobrecorrente Adaptativo (“Adaptive Overcurrent Element”), exclusiva da SEL, melhora a resposta do sistema de proteção diante de condições de elevadas correntes de falta com presença de saturação do TC.*

*Pullman, WA*—O uso de transformadores de corrente (TCs) com relação baixa pode aumentar o risco de saturação do TC, resultando na distorção dos sinais no secundário do transformador (formas de onda). A saturação do TC provoca distorção acentuada nas formas de onda, a qual interfere na precisão da medição de corrente efetuada pelos filtros digitais usados nos relés microprocessados. Sem obter informações adequadas de corrente, o elemento de sobrecorrente do relé pode atuar de forma lenta ou ficar inoperante. Essa condição pode se tornar problemática na presença de elevadas correntes de falta, pois os relés de proteção do sistema podem não atuar para a falta.

“Nesse tipo de situação, pode haver milhares de amperes fluindo na direção das barras do sistema de potência”, declara Gabriel Benmouyal, Engenheiro de Pesquisas da Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. (SEL). “Espera-se que o relé de proteção responda a essas faltas num tempo da ordem de um ciclo—16,66 milissegundos. Se o elemento de sobrecorrente do relé efetuar uma medição imprecisa da falta e não der trip, o nível de curto-circuito pode provocar um desastre ao longo do sistema.”

“Os relés microprocessados dependem normalmente dos filtros digitais do tipo coseno para interpretar as formas de onda dos TCs”,

explica Stanley Zocholl, um engenheiro renomado da SEL que freqüentemente trabalha em conjunto com Benmouyal. “Esses filtros coseno extraem a componente fundamental de qualquer forma de onda medida pelo TC e conversor A/D. Apesar de oferecerem excelente performance na eliminação de offset dc e harmônicos, os filtros coseno não podem medir com precisão uma corrente de falta se ocorrer a saturação do TC—principalmente se a magnitude da corrente de falta for elevada.”



*Figura 1—Os engenheiros da SEL desenvolveram uma tecnologia de filtragem patenteada, denominada pela SEL como filtragem através do Elemento de Sobrecorrente Adaptativo. Combinando a imunidade aos harmônicos e offset dc do filtro coseno com a aquisição precisa da magnitude do filtro detector de pico, o Elemento de Sobrecorrente Adaptativo da SEL fornece “a combinação ideal” com ambos os filtros trabalhando em quaisquer instantes determinados.*

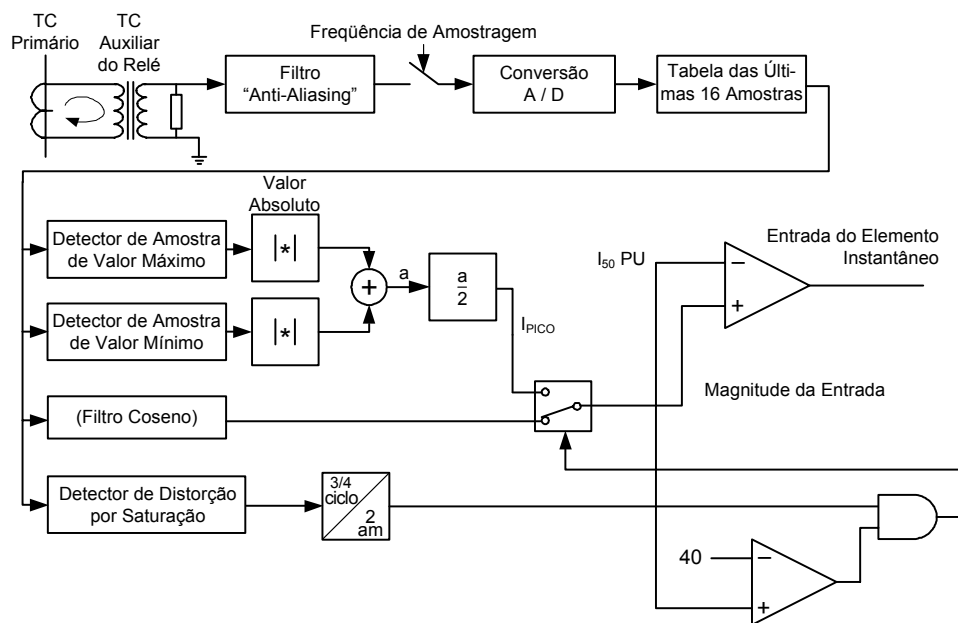


Figura 2—A combinação de duas classes de filtros de sinais propicia uma solução excelente para garantir a confiabilidade na operação do elemento de sobrecorrente.

Zocholl explica que sob condições de TCs altamente saturados em função de elevadas corrente de falta—as formas de onda resultantes encontram-se além do campo de detecção precisa (“off the map”) dos filtros coseno—o detector de pico bipolar fornece a melhor detecção da magnitude de corrente. “De modo oposto, os detectores de pico são menos sensíveis do que os filtros coseno se os TCs não estiverem altamente saturados”, ele acrescenta.

Benmouyal e Zocholl perceberam a necessidade de um filtro dual que incorporasse ambas as capacidades do filtro coseno e detecção de pico. Eles desenvolveram uma tecnologia de filtragem patenteada, denominada pela SEL como filtragem através do Elemento de Sobrecorrente Adaptativo. Combinando a imunidade aos harmônicos e offset dc do filtro coseno com a aquisição precisa da magnitude do filtro detector de pico, o Elemento de Sobrecorrente Adaptativo da SEL fornece “a combinação ideal” com ambos os filtros trabalhando em quaisquer instantes determinados.

O Elemento de Sobrecorrente Adaptativo da SEL opera normalmente através da saída do algoritmo de um filtro coseno. Durante condições de elevadas correntes de falta, o elemento de sobrecorrente detecta a saturação

severa do TC e inicia a operação na saída do detector de pico bipolar.

A SEL incorporou o Elemento de Sobrecorrente Adaptativo nos Relés SEL-351 (-0 a -7), SEL-351A, SEL-351S, SEL-501, SEL-551, SEL-551C, SEL-587, SEL-701, SEL-749M, e SEL-710.

Faltas que ocorrem durante a saturação do TC são geralmente as mais severas e precisam ser eliminadas rapidamente para aumentar a segurança e limitar os danos dos equipamentos. Embora a saturação do TC possa ocorrer em qualquer localização do sistema de potência, alguns pontos são mais susceptíveis do que outros. Os locais susceptíveis à saturação do TC incluem:

- Estações de geração—especialmente nas instalações de grande porte com múltiplas unidades e linhas conectadas.
- Instalações industriais com múltiplas fontes ou em áreas altamente populosas.
- Alimentadores de média tensão com origem em subestações de grande porte.

A combinação de duas classes de filtros de sinais propicia uma solução excelente para garantir a confiabilidade na operação do elemento de sobrecorrente. Baseando-se no

nível do “índice de distorção por harmônicos”, os Elementos de Sobrecorrente Adaptativos operam na saída do filtro coseno ou na saída do detector de pico bipolar. Se o índice de distorção por harmônicos ultrapassar o valor limite especificado que indica saturação severa do TC, o elemento de sobrecorrente “adapta-se” de forma conveniente e opera na saída do detector de pico. Se o índice de distorção por harmônicos estiver abaixo do valor limite determinado, o Elemento de Sobrecorrente Adaptativo opera na saída do filtro coseno.

“Num cenário abrangente, ‘o mau elemento’ é o TC com relação baixa”, lembra Benmouyal. “Há alguns anos, o Comitê de Relés de Sistemas de Potência do IEEE (“IEEE Power System Relay Committee”) escreveu um artigo alertando sobre a prática do uso de TCs com relação baixa. O comitê recomendava que, juntamente com TCs de baixa relação, as usinas de energia elétrica deveriam instalar TCs com relação alta no secundário para atender às condições de faltas com correntes elevadas. Infelizmente, diversos projetistas, engenheiros de relés de proteção e fabricantes de relés de sistemas de potência não estão totalmente conscientes das ocorrências de saturação de TCs e ignoraram essa medida preventiva.”

Zocholl declara que o problema é traiçoeiro. “As usinas de energia elétrica não são submetidas a cargas elevadas nas barras todos os dias da semana. Entretanto, quando isso ocorre, o resultado pode ser uma catástrofe; os responsáveis podem até nem perceber exatamente o que ocorreu. Tudo que vão encontrar após a ocorrência é uma mistura de metais queimados e retorcidos; dessa forma, provavelmente vão culpar o disjuntor por ter falhado e provocado os danos.”

Zocholl diz também que a saturação do TC ocorre, em muitos casos, na barra de serviços auxiliares alimentada pelo gerador, onde normalmente os TCs com baixa relação são considerados perfeitamente adequados para alimentar subsistemas tais como os arranjos de motores de pequeno porte para acionamento de bombas de aquecimento, bombas de água e turbinas. “Nesses casos, o aterramento do gerador tem a função de limitar a corrente de falta para faltas fase-terra. Uma das fases do

gerador conectada à terra fornece 400 A. Dessa forma, para faltas fase-terra tem-se um valor de 400 A num TC de relação 100 A, o que não é muito ruim. Entretanto, o que é muito ruim é a probabilidade de ocorrência de faltas entre fases. Por exemplo, se duas fases entrarem em contato no cabo entre o disjuntor e o motor, a terra não será envolvida. O gerador vai alimentar essa falta com 40 kA, porém o filtro coseno não vai enxergar a mesma.”

Em casos desse tipo, declara Zocholl, outro relé do sistema vai atuar e desligar a barra de serviços auxiliares, mantendo o resto da usina em operação. “Em alguns casos, entretanto, as barras de serviços auxiliares alimentam equipamentos críticos”, explica Zocholl. “Nesse caso, uma falta não eliminada pode resultar num terrível incidente.”

“Formas de onda saturadas são complexas de serem estudadas”, acrescenta Zocholl. “As ferramentas necessárias para tal estudo simplesmente não estão disponíveis para os engenheiros de relés de proteção. Eles podem ler a respeito das mesmas nos papers, porém não possuem ferramentas de análise para ver com precisão as formas de onda. Efetuam cálculos lineares baseados na Lei de Ohm, que não se aplica a esse problema. Quando uma elevada corrente de falta causa a saturação do TC, o conversor A/D também satura—nenhum bit a mais pode ser processado. Em consequência, todos os relés vão enxergar uma forma de onda quadrada e pequena, mesmo que uma corrente elevada esteja realmente circulando. Somente um detector de pico ou nosso Elemento de Sobrecorrente Adaptativo vai enxergar a verdadeira forma de onda e propiciar a resposta do relé.”

Para mais detalhes sobre a tecnologia do Elemento de Sobrecorrente Adaptativo da SEL (“Adaptive Overcurrent Element”), consulte o artigo técnico “O Efeito da Elevada Corrente de Falta e dos Limites das Características Nominiais do TC na Proteção de Sobrecorrente”, escrito por Gabriel Benmouyal e Stanley Zocholl. O download pode ser feito no website da SEL, [www.selinc.com.br/art\\_tecnicos/6142.pdf](http://www.selinc.com.br/art_tecnicos/6142.pdf).

# # #

## ***Sobre Stanley Zocholl***

Stanley E. Zocholl tem um B.S. e um M.S. em Engenharia Elétrica pela *Drexel University*. Ele é *Life Fellow* do IEEE e membro da *Power Engineering Society* e da *Industrial Application Society*. É também membro do *Power System Relaying Committee* e foi presidente do *Relay Input Sources Subcommittee*. Ele detém mais de uma dúzia de patentes relacionadas à proteção de sistemas de potência usando a tecnologia de microprocessadores e estado sólido. É autor de diversos *papers* apresentados em Seminários de Relés de Proteção e no IEEE. Em 1988, recebeu o prêmio “*Best Paper Award of the 1988 Petroleum and Chemical Industry Conference*”, e em 1991, o “*Power System Relaying Committee’s Distinguished Service Award*”. Trabalhou na *ABB Power T&D* (antiga ITE, Gould, BBC) desde 1947, onde ocupou diversos cargos na área de engenharia, incluindo o de Diretor de Tecnologia de Proteção. Em 1991, ele ingressou na *Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.* na posição de *Distinguished Engineer*.

## ***Sobre Gabriel Benmouyal***

Gabriel Benmouyal recebeu seu B.A.Sc. em Engenharia Elétrica e seu M.A.Sc em Engenharia de Controle pela *Ecole*

*Polytechnique, Université de Montréal*, Canadá. Em 1969, ele começou a trabalhar da *Hydro-Québec* como especialista em instrumentação e controle, participando de projetos na área de sistemas de controle e centros de despacho de subestações. Em 1978, foi para a *IREQ*, onde sua principal atividade foi a aplicação de técnicas digitais e microprocessadas para sistemas de proteção e controle de subestações de linhas e usinas. Em 1997, ele ingressou na *Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.* na posição de *Research Engineer*. Participa do *Power System Relaying Committee of IEEE* desde maio de 1989.

## ***Sobre a SEL***

*Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.* (SEL) tem tornado a energia elétrica mais segura, mais confiável e mais econômica desde 1984. Essa empresa, com certificado ISO 9001, está presente na indústria de energia elétrica de todo o mundo através do projeto, fabricação, fornecimento e suporte dos produtos e serviços relativos à proteção, controle e monitoração dos sistemas de potência. Para mais informações sobre os produtos SEL, localize o representante mais perto de você visitando nosso website [www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br) ou contate a SEL no endereço indicado abaixo.

---

© 2007 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 nos USA e patentes de outros países. Código de Data: 20070426\_POR

**SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES, Comercial, Ltda.**  
Rua Ana Maria de Souza, 61 Jardim Santa Genebra  
Campinas-SP, CEP: 13084-660  
Tel: (19) 2103-8111 • Fax: (19) 2103-8112  
[www.selinc.com.br](http://www.selinc.com.br) • [selbr@selinc.com](mailto:selbr@selinc.com)

