XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Mauro Sergio Silveira	Glenio Abejanda Gonçalves	Elizio Barboza
Aes Sul Distribuidora Gaúcha de Energia	Aes Sul Distribuidora Gaúcha de Energia	Aes Sul Distribuidora Gaúcha de Energia
mauro.silveira@aes.com	glenio.abejaneda@aes.com	eliziobarboza@sinos.net

Proteção Rápida de Barras com a utilização de relés digitais de sobrecorrente

Palavras-chave

Proteção
barramento
curto-circuito
rapidez
seletividade

Resumo

A extensão do dano ocasionado por faltas elétricas é diretamente proporcional ao tempo de exposição e a magnitude da corrente elétrica do curto-circuito. Neste sentido, o desenvolvimento de novas soluções para minimizar os esforços termodinâmicos sofridos pelo sistema elétrico em razão de correntes de defeito é de grande importância para as concessionárias de energia, à medida que estas ações venham diminuir os prejuízos decorrentes das faltas.

Eletricamente, quanto menor a impedância existente entre a fonte de energia e o ponto de defeito, maiores serão os valores de curto-circuito envolvidos. Por conseqüência, a condição de maior *stresse* de um sistema de distribuição será na ocorrência de uma falta próxima ao transformador de força da subestação.

Este trabalho apresenta uma solução desenvolvida pela AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia para a redução do tempo de operação da proteção de barramentos de subestações, com a utilização de relés de sobrecorrente. Esta solução agrega maior rapidez na extinção de defeitos nos barramentos secundários, sem a perda da proteção de retaguarda dos módulos de alimentadores.

1. Introdução

A coordenação clássica da proteção de sobrecorrente de um barramento apresenta limitações quanto ao tempo de resposta a uma falta, visto que tempos de operação muito rápidos limitariam os dispositivos de proteção utilizados nas redes de distribuição. Isto porque a coordenação entre os elementos de sobrecorrente

se dá pela relação de tempo de operação *versus* intensidade da falta. Desta forma, a fim de que a proteção de um barramento coordene com as proteções dos seus respectivos alimentadores, é necessário que a primeira tenha um tempo de operação de, no mínimo, 300 milisegundos a mais do que a segunda para um mesmo valor de corrente de falta [1].

Neste contexto, a proposta do presente trabalho é a de apresentar a “Proteção Rápida de Barras” com a utilização de relés de sobrecorrente, implantada em todas as subestações da AES Sul que possuem sistema digital de proteção.

Inicialmente será apresentada a forma de implementação desta técnica, destacando os seus benefícios em relação ao sistema clássico de coordenação da proteção por sobrecorrente. Num segundo momento serão apresentados registros de casos ocorridos no sistema da AES Sul com e sem o sistema de Proteção Rápida de Barras. Por fim, pretende-se demonstrar que com um baixo custo de implantação desta técnica é uma solução bastante consistente e eficaz na proteção de barramentos de subestações.

2. Desenvolvimento

2 – Conceito da Proteção Rápida de Barras

Um curto-circuito tem extensão de dano maior ou menor de acordo com a magnitude da corrente elétrica envolvida e com o tempo em que perdurar o defeito. Estes danos devem-se à produção de calor resultante da passagem de corrente de curto-circuito pelo caminho elétrico. Conforme a Lei de Joule, podemos expressar o calor gerado em um condutor pela passagem de corrente, através da seguinte expressão:

$$Q = R \int_{t1}^{t2} i^2 \, dt$$

Onde:

Q = Calor gerado [Cal]

R = Resistência Elétrica [Ohm]

i = Corrente Elétrica [A]

t = Tempo [s]

Como se pode observar na equação acima, a resistência elétrica do meio, a intensidade de corrente elevada ao quadrado e o tempo de defeito, são diretamente proporcionais à geração de calor. Por isso, quanto mais ágeis forem os dispositivos de proteção, menores serão os efeitos danosos de um curto-circuito ao sistema elétrico.

Neste sentido, a AES Sul, utilizando recursos disponíveis nos relés de sobrecorrente microprocessados, desenvolveu a partir do ano de 2000 um trabalho a fim de tornar mais rápida a operação das proteções dos barramentos de média tensão, sem que isto comprometesse a coordenação de tempo entre as proteções da subestação e dos circuitos alimentadores.

A “Proteção Rápida de Barras” consiste na existência de um elo de comunicação entre as proteções de sobrecorrente dos circuitos de distribuição e uma proteção de sobrecorrente a tempo definido no barramento geral de média tensão. Seu funcionamento está baseado na premissa de que a proteção somente irá operar se o relé de sobrecorrente a tempo definido do barramento de média tensão operar e nenhuma proteção de sobrecorrente de alimentador partir (*pick up*). Se a proteção de sobrecorrente de pelo menos um alimentador partir, a Proteção Rápida de Barras ficará inoperante. Abaixo é apresentado o circuito lógico de operação da Proteção Rápida de Barras:

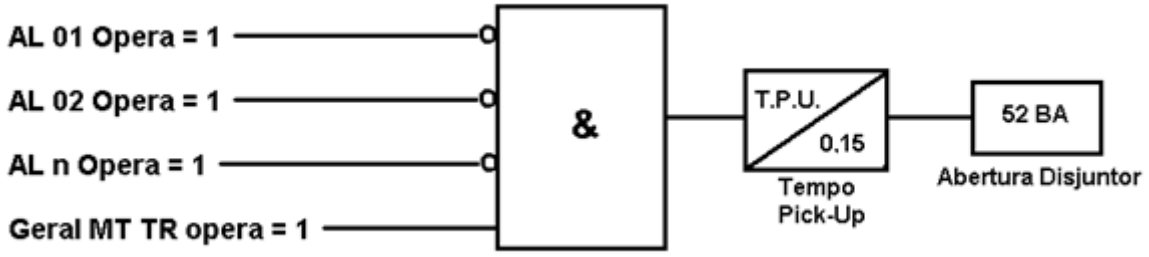

Figura 1 – Circuito lógico da Proteção Rápida de Barras

No caso da ocorrência de uma falta a jusante do transformador de corrente de algum dos alimentadores, a Proteção Rápida de Barras será inibida, sendo que neste caso espera-se a operação do relé de sobrecorrente do circuito de média tensão. Por outro lado, na condição de operação do relé e falha da abertura do disjuntor do alimentador sob defeito, a proteção do barramento será feita pela função temporizada.

Trata-se de um sistema seletivo, eficiente e ágil, com tempo de 0,15 s (cento e cinqüenta milissegundos) de operação. Este período corresponde a apenas 20% do tempo de operação do sistema clássico de proteção de sobrecorrente de barramentos, cujo ajuste mínimo usual é de 0,80 segundos. Esta relação percentual também se aplica a minimização de danos ao sistema, uma vez que, conforme a equação da Lei de Joule – apresentada acima – a produção de calor é diretamente proporcional ao tempo de falta.

A área de cobertura da Proteção Rápida de Barras fica determinada pelos transformadores de corrente (TC’s) que alimentam a proteção do barramento de média tensão e os TC’s dos alimentadores.

Quando o transformador de força possui TC’s de bucha para uso de proteção, estes elementos são utilizados

para a Proteção Rápida de Barras ao invés dos TC's externos, dando cobertura desde as buchas de média tensão do transformador até os *bays* dos alimentadores. Este tipo de configuração proporciona maior zona de cobertura da Proteção Rápida de Barras, pois inclui as buchas do transformador. A figura a seguir apresenta a área de operação deste sistema.

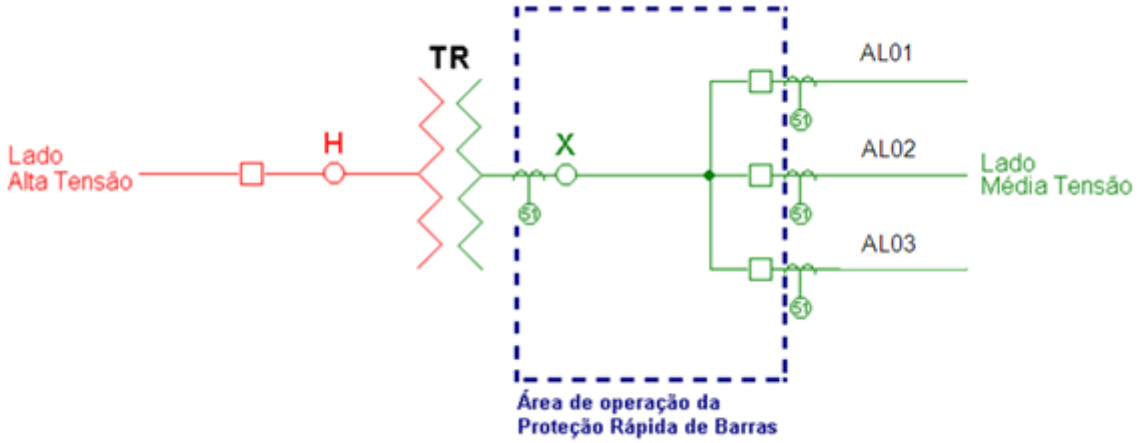

Figura 2 – Condição de operação da Proteção Rápida de Barras

3 – Situações reais de operação com e sem a Proteção Rápida de Barras

A seguir, são apresentadas duas situações de defeito com a operação da proteção de sobrecorrrente de barramento. A primeira trata de um caso onde a subestação não tinha a Proteção Rápida de Barras implantada, enquanto a segunda tinha esta técnica instalada.

3.1 – Defeito em subestação sem a Proteção Rápida de Barras

O primeiro caso trata de um defeito ocorrido em 2008 na barra de 13,8 kV da subestação Alegrete 1. Neste evento houve um curto-circuito do barramento para a terra, que redundou na avaria do módulo de um dos alimentadores próximo ao ponto de defeito. Neste sistema não é possível a aplicação da Proteção Rápida de Barras em razão de ser protegido por relés de sobrecorrente eletromecânicos. Conseqüentemente, houve a operação da proteção geral de média tensão do barramento pelo relé 51N, no tempo de 900 milisegundos. A seguir são apresentados detalhes relativos a esta ocorrência:

Equipamento desligado: UTE Alegrete 1 – proteção geral 13,8 kV – TR3 e TR5

Data: 07/09/2008

Horário: 21:21

Causa da ocorrência: Defeito no cubículo do AL01

Tensão: 13,8 kV

Corrente: 4 kA (fase-terra calculado)

Tempo de operação da proteção: 0,9 s

Custo associado:

- Reparação das avarias: R$ 60.000,00

Figura 2 – Foto da avaria do barramento de 13,8 kV e do módulo do Alimentador 01 Subestação Alegrete 1

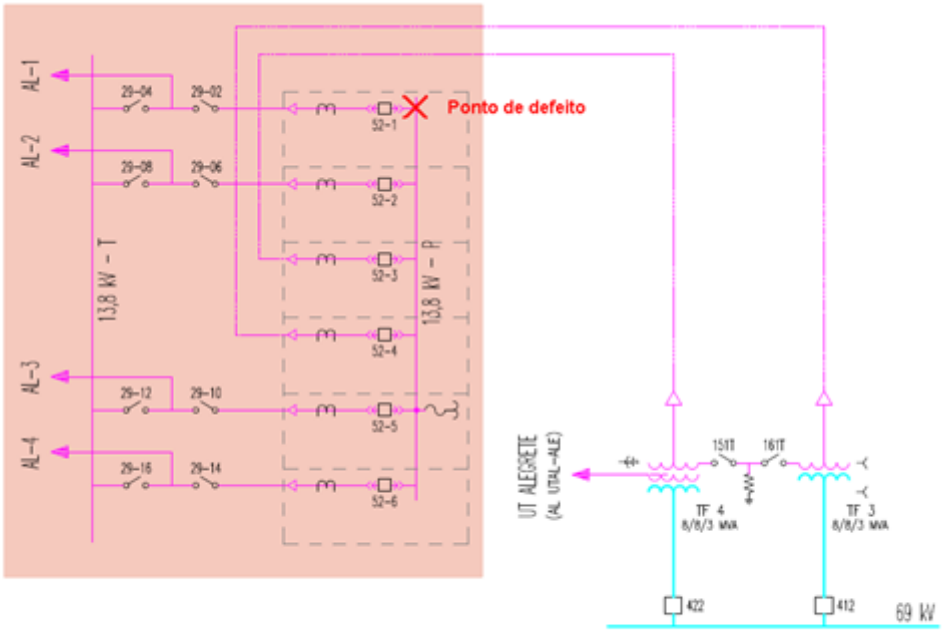

Figura 3 – Diagrama de Operação da Subestação Alegrete 1 – Localização do defeito

3.1 – Defeito em subestação com a Proteção Rápida de Barras

A segunda situação trata de uma falta ocorrida em 2005, na subestação Uruguaiana 1. Neste evento, um rato adentrou o cubículo de média tensão de derivação para o banco capacitivo da subestação e ocasionou um curto-circuito monofásico. Houve, desta forma, a operação da Proteção Rápida de Barras num tempo de 200 milisegundos. Pelo nível de corrente envolvido neste defeito (teórico de 13,3 kA) poder-se-ia estimar resultados como a carbonização do animal, além de evidentes vestígios de *stress* (ou mesmo avaria) dos equipamentos de proteção deste sistema. Todavia, o registro fotográfico apresentado abaixo é reflexo da ágil e eficiente Proteção Rápida de Barras. Verifica-se que não houve carbonização do roedor e nem danos que evitassem a re-energização imediata do sistema.

Data: 09/03/2005

Horário: 07:31

Causa da ocorrência: Animal. Curto-circuito monofásico em chave seccionadora

Tensão: 13,8 kV

Corrente: 13,3 kA (fase-terra calculado)

Tempo de operação da proteção: 0,2 s

Custo associado:

- Reparação das avarias: R$ 0,00

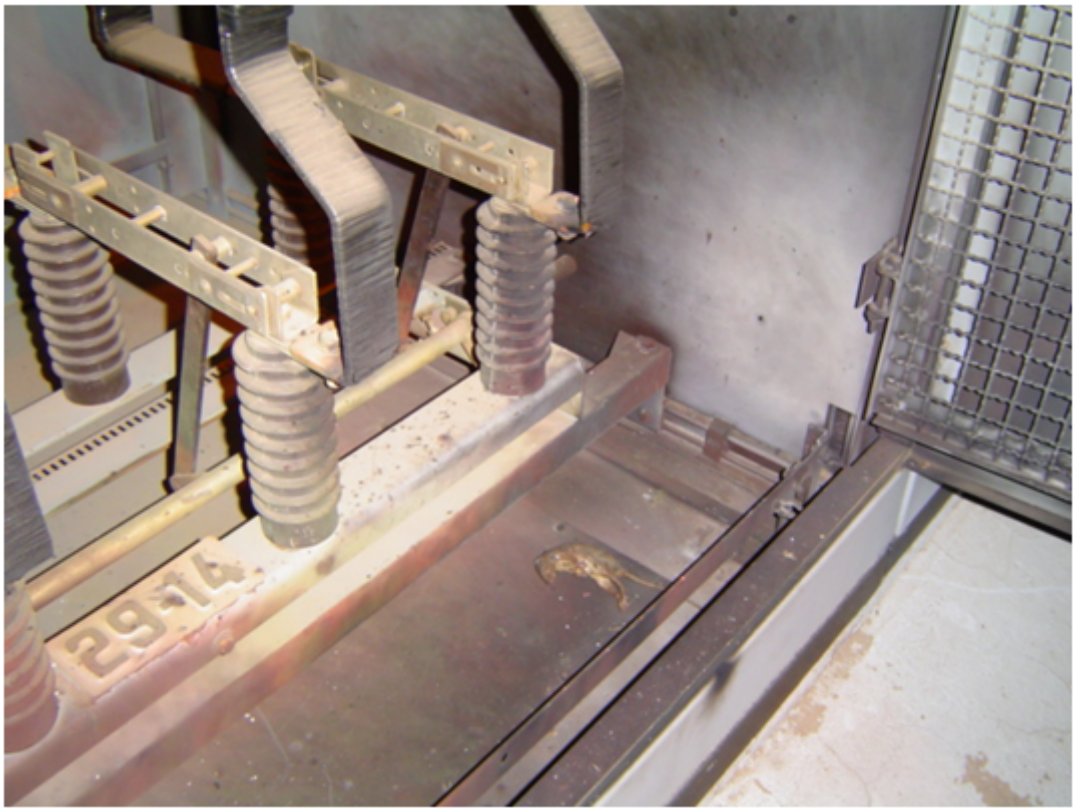

Figura 4 – Foto dos vestígios do curto-circuito com operação da Proteção Rápida de Barras

Barramento 13,8 kV – Subestação Uruguaiana 1

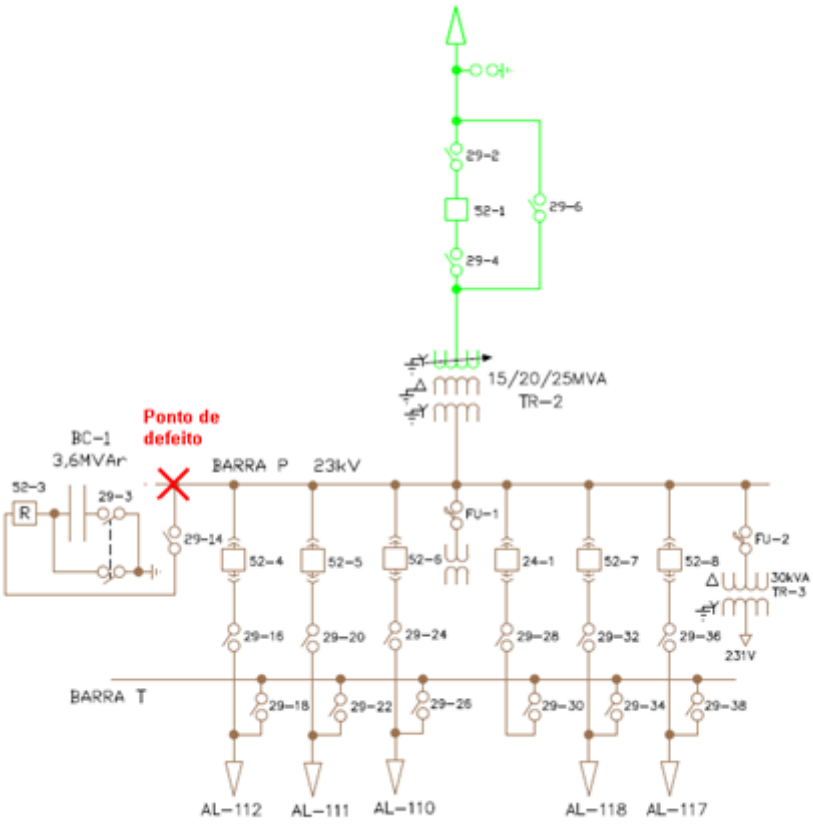

Figura 5 – Diagrama de Operação da Subestação Uruguaiana 1 – Localização do defeito

5 – Comparação das técnicas de proteção

Nas condições de defeito apresentadas, temos uma situação com aplicação da Proteção Rápida de Barras (Uruguaiana 1 – URU1) e outra, sem a utilização desta técnica (Alegrete 1 – ALE1). Em termos de potência dissipada, podemos considerar a seguinte relação, pressupondo resistência de arco igual em ambos os casos:

$$P = i^2 R$$

$$URU1 = i^2 R = 13{,}3^2 R$$

$$ALE1 = i^2 R = 4{,}0^2 R$$

$$ALE1 = 0{,}09\ URU1$$

Onde:

P = Potência dissipada [MW]

R = Resistência Elétrica [Ohm]

i = Corrente Elétrica [kA]

Verifica-se, portanto, que o defeito ocorrido na subestação Alegrete 1 envolveu uma potência de 9% em comparação ao evento de Uruguaiana 1. Entretanto, os danos ocasionados pelo tempo de exposição ao defeito em Alegrete 1 (figura 2) foram muito maiores do que a falta de Uruguaiana 1 (figura 4). Isto comprova inequivocamente a eficácia do sistema implantado na subestação Uruguaiana 1.

3. Conclusões

O presente artigo apresentou a técnica de proteção de barramentos de subestações denominada de Proteção Rápida de Barras empregada com sucesso na AES Sul. Esta técnica já é utilizada a mais de 10 anos em todas as subestações que possuem proteção digital. Neste trabalho foi apresentado um caso real sem a Proteção Rápida de Barras, que repercutiu num prejuízo à empresa de mais de R$ 60 mil, além da indisponibilidade do cubículo por mais de um ano. Por outro lado, numa segunda situação com a utilização da técnica da Proteção Rápida de Barras, não houve avaria de nenhum equipamento da concessionária, além da imediata possibilidade de re-energização do sistema.

Esta técnica pode ser utilizada em qualquer subestação que possua proteção de sobrecorrente digitalizada e sem custos de implantação, visto que envolve apenas uma programação lógica.

A AES Sul emprega a Proteção Rápida de Barras como proteção básica de suas subestações.

4. Referências bibliográficas

[1] ANSI/IEEE Std. 242-1986, “Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems”. Nova York. 1999.

[2] UNIVERSIDADE SEL, “Proteção de Sistemas de Potência para Engenheiros”. Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda. Campinas - SP, 2009.

[3] NBR 11770 – “Relés de Medição e Sistemas de Proteção”. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1961.