



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Aplicação de Seccionadoras em Combinação com Fusíveis em Circuitos Alimentadores de Média Tensão

Glauco Nogueira Vasconcelos

ABB Ltda. - Brasil

glauco.vasconcelos@br.abb.com

Lucílius Carlos Pinto

ABB Ltda. - Brasil

lucilius.pinto@br.abb.com

Marcin Czub

ABB Sp. z o. o. - Polônia

marcin.czub@pl.abb.com

PALAVRAS-CHAVE

Combinação seccionadora-fusível, Coordenação, Corrente de transferência, Falta à terra

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação de seccionadoras de média tensão trabalhando em combinação com fusíveis. Conceitos básicos de especificação e requisitos normalizados para chaves e fusíveis bem como a coordenação entre ambos é discutida. Possíveis soluções são mostradas no caso em que o fusível é maior que o máximo recomendado para a combinação chave-fusível ou em caso de baixa corrente de falta para terra.

1. INTRODUÇÃO

Chaves de média tensão são utilizadas em sistemas de distribuição para proteção de alimentadores quando trabalhando em combinação com fusíveis.

Normalmente a escolha da chave é baseada na corrente nominal, tensão nominal e na corrente de curto-circuito da rede. Um importante aspecto, que não é normalmente considerado, é a coordenação entre chave e fusível. É necessário relembrar resumidamente alguns conceitos a respeito destes equipamentos de acordo com as normas aplicáveis, para que, então, através de alguns casos típicos, seja analisada a aplicação da combinação chave-fusível sob o aspecto da corrente de transferência, principalmente em sistemas aterrados por resistência, podendo ser necessária a utilização de uma proteção sensível de falta à terra.

2. SECCIONADORA

Seccionadora é um equipamento de manobra capaz de conduzir e interromper a corrente nominal e suportar a corrente de curto-circuito, bem como realizar o fechamento sob condição de falta. Normalmente este equipamento é provido de mecanismo a mola para acionamento rápido e de forma independente da velocidade de atuação do operador. Em termos de corrente, é importante mencionar algumas definições segundo as referências (1) e (3):

Corrente nominal (I_r):

Valor de corrente que a seccionadora deve ser capaz de conduzir continuamente sob determinadas condições de uso e comportamento, sem exceder os limites de temperatura especificados.

Capacidade de interrupção de corrente ativa (I_1):

Valor da corrente de interrupção para carga ativa (fator de potência 0,75).

Durante o teste de tipo TD1, são realizadas de 10 a 100 operações com esta corrente dependendo da classificação da chave E1, E2 ou E3.

Corrente de transferência ($I_{transfer}$):

Valor da corrente trifásica simétrica na qual a seccionadora e o fusível associados interagem durante a interrupção. Acima deste valor, a corrente trifásica é interrompida somente pelo fusível. Abaixo deste valor, o fusível interrompe a corrente na fase em que ocorre a primeira passagem da corrente por zero (primeiro pólo). A corrente nas outras fases é interrompida pela chave ou pelo fusível, dependendo da tolerância da curva tempo x corrente do fusível e do tempo de operação da chave após o disparo pelo pino percussor do fusível associado. O fabricante de um determinado tipo de chave deve definir a lista de referência dos fusíveis adequados para a associação.

3. FUSÍVEL LIMITADOR DE CORRENTE TIPO RETAGUARDA

Fusível limitador de corrente “classe retaguarda” (2) é um equipamento de proteção capaz de interromper, sob determinadas condições de uso e comportamento, todas as correntes entre a máxima corrente de interrupção (I_1) e a mínima corrente de interrupção (I_3). Abaixo da mínima corrente de interrupção (I_3), a operação do fusível retaguarda não é garantida pois depende do seu projeto e construção específicos.

Fusíveis “classe retaguarda” são aplicáveis para combinação chave-fusível. Após a operação de um fusível de uma fase, todos os três fusíveis devem ser substituídos como mencionado na norma IEC (3).

Corrente máxima nominal de interrupção (I_1):

Máximo valor da corrente presumida de falta que o fusível é capaz de interromper em uma certa tensão e sob determinadas condições de uso e comportamento.

Corrente mínima nominal de interrupção (I_3):

Mínimo valor da corrente presumida de falta que o fusível é capaz de interromper em uma certa tensão e sob determinadas condições de uso e comportamento.

Tempo de fusão ($T_{fusão}$):

Intervalo de tempo entre o início da interrupção de uma corrente, cujo valor é alto o suficiente para causar o rompimento do elemento fusível, e o instante quando o arco é iniciado.

4. COMBINAÇÃO ENTRE SECCIONADORA E FUSÍVEL

Um importante requisito, que muitas vezes é ignorado, é a capacidade da chave quando aplicada em conjunto com fusíveis. Esta aplicação é coberta pela norma IEC (3). O fabricante deve indicar o fusível máximo que poderia ser aplicado em combinação com a chave e a máxima corrente de transferência ($I_{transfer}$) da chave nesta condição de operação.

Normalmente durante uma falta, a operação do fusível causa o disparo da chave pelo pino percussor que atua sobre o mecanismo da chave e causa sua abertura trifásica. Neste caso, os pólos da chave em associação com os fusíveis podem ser submetidos juntos ao esforço da interrupção. A combinação da chave com o fusível permite estender a capacidade de interrupção da mesma. No referente ensaio de tipo, denominado TD $I_{transfer}$, três operações de interrupção da corrente nominal de transferência são realizados, substituindo-se os fusíveis em duas fases por um condutor sólido.

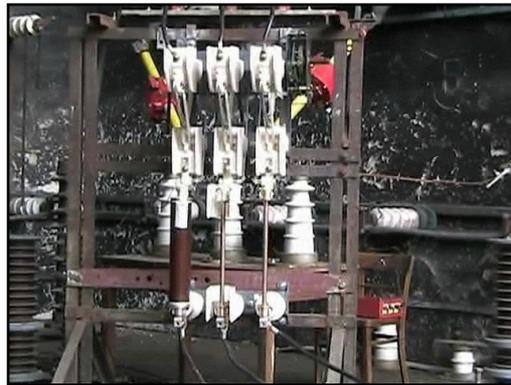


Figura 1. Arranjo do teste para combinação seccionadora-fusível.

Para correntes de falta abaixo de $I_{transfer}$, a chave opera em combinação com os fusíveis (operação provocada pelo percussor do fusível). A corrente de falta no primeiro pólo (fase na qual ocorre o primeiro zero de corrente) é interrompida pelo respectivo fusível. Nas outras fases subsequentes, a corrente é interrompida pela chave ou pelo fusível trabalhando em combinação. O tempo de interrupção do fusível neste caso é coordenado com o tempo de abertura da chave. É recomendado utilizar somente chaves e fusíveis cuja combinação tenha sido testada de acordo com a norma IEC (3) e incluída na lista de referência do fabricante.

5. CASOS DE APLICAÇÃO

5.1. Caso 1 - Descrição

Dados da instalação:

Tensão nominal: 13.8 kV

Corrente de curto circuito trifásica: 25 kA

Potência do transformador: 2000 KVA

Impedância: 4.0 %

Corrente nominal + 20 %: 100,4 A

Corrente de magnetização + 20 %: 1205 A – 0,1 s

Corrente de curto circuito no lado de baixa tensão referido ao lado de alta tensão (I_{SCLV}): 2092 A – 10s

Dados da chave:

Corrente nominal (I_r): 630 A

Corrente de interrupção de carga ativa (I_1): 630 A

Corrente suportável de curta duração: 31,5kA – 1 s.

Corrente de transferência ($I_{transfer}$): 1600 A

Tempo de abertura: 60 ms

Dados do fusível:

Corrente nominal: 125 A

Máxima corrente de interrupção (I_1): 25kA

Mínima corrente de interrupção (I_3): 375A

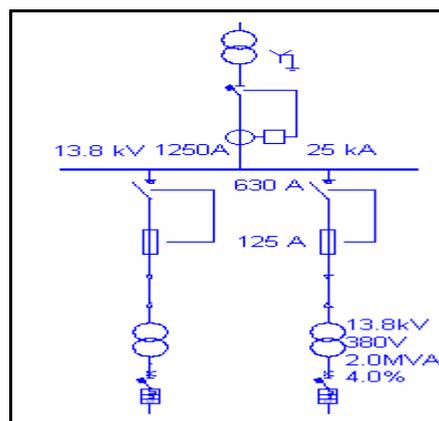


Figura 2. Diagrama unifilar simplificado da instalação, caso 1

A escolha do fusível, além de levar em conta a corrente nominal da carga, deve considerar também os requisitos adicionais relacionados com a coordenação da proteção. A curva de tempo de pré-arco x corrente do fusível deve estar acima do ponto de referência da corrente de magnetização do transformador e abaixo do ponto referente a suportabilidade a curto circuito do transformador e cabo de conexão. Além disto, a curva de tempo de pré-arco x corrente deve estar coordenada com as curvas da proteção de sobrecorrente a jusante e a montante do transformador. No caso 1, para uma falta secundária, a corrente de curto-circuito referida ao lado de alta tensão do transformador (I_{SCLV}) é 2092 A. Neste caso, como I_{SCLV} é maior que $I_{transfer}$ da chave, a combinação entre chave e fusível deve ser verificada. No gráfico da figura 3 uma linha horizontal representa 90% do tempo de abertura da chave (54 ms). Uma linha vertical indica $I_{transfer}$ da chave (1600 A). O ponto de cruzamento destas duas linhas representa o ponto de transferência da combinação chave-fusível. Até 1600A (valor de corrente correspondente a 54 ms na curva tempo de pré-arco x corrente do fusível de 125 A), a chave opera mais rápido que o fusível depois de atuado pelo percussor do fusível associado (primeiro pólo a atuar).

Para correntes maiores que 1600 A, o fusível atua mais rápido que a chave e a combinação seccionadora-fusível opera apropriadamente. Um gráfico da operação da proteção é mostrado na figura 3.

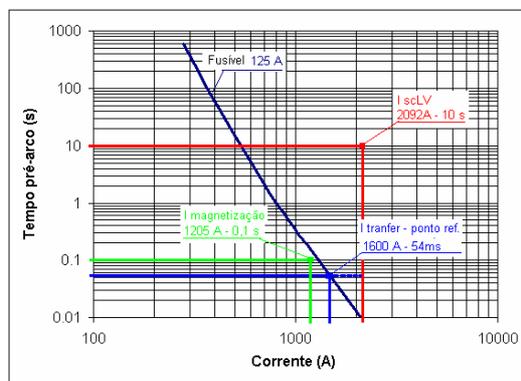


Figura 3. Gráfico da operação da proteção, caso 1

5.2. Caso 2 - Descrição

Dados da instalação:

Tensão nominal: 13,8 kV

Corrente de curto-circuito trifásica: 25 kA

Corrente de curto-circuito fase-terra: 400 A

Potência do transformador: 2500 KVA

Impedância: 4%

Corrente nominal + 20 %: 125,5 A

Corrente de magnetização + 20 %: 1506 A – 0,1 s

Corrente de curto-circuito no lado de baixa tensão referida ao lado de alta tensão (I_{SCLV}): 2615 A – 10s

Dados da chave:

Corrente nominal (I_r): 630 A

Corrente de interrupção de carga ativa (I_1): 630 A

Corrente suportável de curta duração (I_k): 31,5 kA – 1 s.

Corrente de transferência ($I_{transfer}$): 1600 A

Tempo de abertura: 60 ms

Dados do fusível:

Corrente nominal: 160 A

Máxima corrente de interrupção (I_1): 50kA

Mínima corrente de interrupção (I_3): 480 A

Outro aspecto a ser considerado na aplicação é a mínima corrente de curto-circuito do fusível de 160A (I_3 : 480A). No caso de uma falta para terra, a corrente de curto-circuito é limitada a 400 A, que é inferior ao valor de I_3 do fusível. Neste caso, o fusível de 160 A poderia operar ou não, dependendo do seu projeto e construção específicos. Uma possível solução é prover o sistema com uma proteção de falta à terra de alta sensibilidade (TC janela nos cabos e relé de sobrecorrente 50 GS). No caso de uma falta para terra, esta proteção deve operar de forma instantânea sobre a bobina de abertura da chave.

6. CONCLUSÕES

A coordenação entre chave e fusível deve ser cuidadosamente analisada e a recomendação do fabricante com respeito a $I_{transfer}$ deve ser respeitada, assim como, somente combinações testadas (3) de chave - fusível devem ser aplicadas. O disparo da chave pelo percussor do fusível associado deve ser estudado considerando a limitação do $I_{transfer}$ da seccionadora.

Sistemas aterrados por resistência, com baixos valores de falta à terra, devem ser analisados levando-se em consideração a mínima corrente de interrupção do fusível. Dependendo dos seus projeto e construção específicos, os fusíveis “classe retaguarda” podem não operar adequadamente. O tempo de fusão do elemento fusível, dessa forma, poderá tornar-se longo o suficiente para causar danos ao fusível e à instalação, como ilustrado na figura 6.

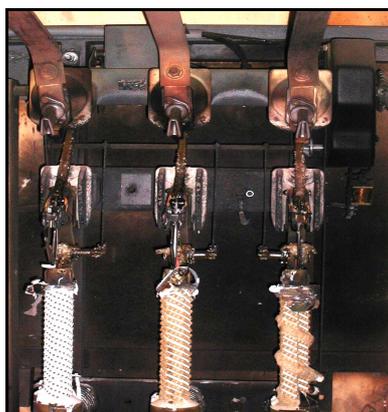


Figura 6. Danos em chave causada por arco nos fusíveis.

Neste caso, uma proteção sensível de falta a terra deve ser considerada, de forma a operar sobre a bobina de abertura da chave ou sobre o relé para abertura do disjuntor de retaguarda.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) High voltage switches – Part 1: Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV, IEC 60265-1:1998.
- (2) High voltage fuses – Part 1: Current-limiting fuses, IEC 60282-1:2005.
- (3) High voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations, IEC 62271-105:2002.