



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA CA E CC - GAT

ESTUDO E AVALIAÇÃO DA PROTEÇÃO DE COMPENSAÇÃO SÉRIE FIXA COM VARISTORES DE ÓXIDO METÁLICO PARA RECOMPOSIÇÃO RÁPIDA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

**André Luiz Pereira de Oliveira (*)
SIEMENS AG**

RESUMO

O objetivo deste informe técnico é apresentar o estudo e avaliação do comportamento da proteção com varistores de óxido metálico da Compensação Série Fixa (CSF) de 216,4 MVar / 230 kV instalada na Subestação Rio Verde 230 kV (FURNAS Centrais Elétricas S.A.), realizados através de simulações de faltas internas e externas à Linha de Transmissão 230 kV onde a CSF foi instalada. As simulações foram realizadas através de representações detalhadas de todo o sistema de transmissão, assim como do sistema de proteção e controle da CSF, utilizando os programas ATP (*Alternative Transient Program*) e PSS™ NETOMAC (*Network Torsion Machine*). As conclusões do informe técnico apresentam a importância da CSF para os sistemas de transmissão de energia e os resultados do completo estudo e avaliação da proteção através da observação do dimensionamento correto e operação da CSF, objetivando a recomposição rápida do sistema elétrico quando da ocorrência de perturbações.

PALAVRAS-CHAVE

Compensação Série Fixa, Proteção, Varistores de Óxido Metálico, Simulação, Faltas.

1.0 - INTRODUÇÃO

Uma tendência mundial no desenvolvimento de sistemas de transmissão é a construção de interconexões que possibilitem a obtenção de maiores benefícios técnicos e econômicos. Estas grandes interconexões podem compreender vários países, podendo até mesmo chegarem a integrar um continente inteiro. A interconexão de sistemas de transmissão pode oferecer vantagens técnicas, econômicas e ambientais significativas, como a conexão de grandes gerações para a divisão da reserva girante e a utilização dos recursos energéticos mais econômicos levando em consideração também as restrições ambientais [1].

A Compensação Série Fixa (CSF) utiliza capacitores instalados em série para desta forma cancelar uma parte da reatância indutiva da linha de transmissão (LT), e assim aumentar a capacidade de transmissão da mesma. A maioria dos casos de utilização de CSF tem sido em LTs longas, tais como as existentes no Sistema de Transmissão de Energia do Brasil e também em outras localidades onde as distâncias de transmissão sejam consideráveis e exista a necessidade de transferir grandes quantidades de energia [2].

Existem várias razões para favorecer a utilização das CSFs em LTs longas [2, 3]:

- A redução da impedância das LTs aumenta a estabilidade do sistema;
- A redução da impedância das LTs melhora a regulação da tensão;
- A adição de capacitância em série proporciona um método de controle da divisão da carga entre várias LTs paralelas;
- Aumentando o carregamento de uma LT é possível melhorar a utilização do próprio sistema de transmissão e, desta forma, reduzir o tempo de retorno do capital investido.

Por estas e outras razões a utilização de CSFs em LTs tem se tornado muito comum em localidades onde as distâncias entre os centros de carga e as gerações são longas e investimentos de grande escala são portanto necessários. Apesar das CSFs também serem conhecidas por poderem criar certas dificuldades para os sistemas de proteção, o retorno proporcionado justifica todo o esforço adicional necessário para o dimensionamento apropriado e operação destas instalações de transmissão tidas como mais complexas. Além disto, estes possíveis problemas nos sistemas de proteções têm mostrado possuírem soluções tecnicamente viáveis, de maneira que não existe mais o medo na utilização das CSFs. Assim a utilização de CSFs tem aumentado significativamente, tanto em número de instalações quanto no total de MVar de capacitores instalados.

As CSFs são compostas por vários equipamentos expostos à sobretensões de diferentes origens, sendo as mais perigosas as sobretensões resultantes de faltas internas e externas às LT onde as CSFs se encontram. Sem a utilização de medidas de contenção, a ocorrência destas sobretensões no sistema de transmissão pode levar ao rompimento da isolamento das CSFs e conseqüentes danos aos seus equipamentos.

O objetivo deste trabalho é o estudo e a avaliação da proteção da CSF, realizados através da modelagem do sistema de transmissão e análise de várias simulações de faltas internas e externas à LT 230 kV entre a Subestação de Barra do Peixe 230 kV (ELETRONORTE Centrais do Norte do Brasil S.A) e a Subestação de Rio Verde 230 kV (FURNAS Centrais Elétricas S.A.), onde uma CSF de 216,4 MVar / 230 kV foi instalada.

2.0 - A COMPENSAÇÃO SÉRIE FIXA DA SUBESTAÇÃO DE RIO VERDE 216,4 MVAR / 230 KV

A Compensação Serie Fixa (CSF) da Subestação Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV (FURNAS Centrais Elétricas S.A.) está localizada no município de Rio Verde, estado de Goiás. Esta subestação faz parte do Sistema de Transmissão de Energia Mato Grosso – Goiás, interligando as Linhas de Transmissão (LT) 230 kV da Subestação Barra do Peixe e Subestação Couto Magalhães (ELETRONORTE Centrais do Norte do Brasil S.A.) e LT 230 kV da Subestação Itumbiara (FURNAS Centrais Elétricas S.A.). A Figura 1 a seguir mostra uma representação simplificada do Sistema de Transmissão de Energia Mato Grosso – Goiás, com a localização destacada da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV (Grau de Compensação 70%).

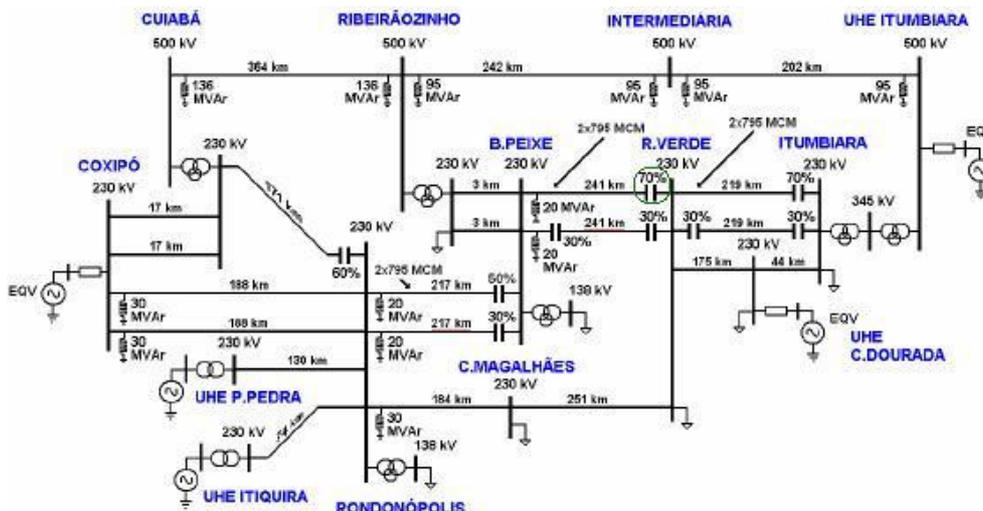


Figura 1 – Representação do Sistema de Transmissão de Energia Mato Grosso – Goiás com destaque para a localização da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV

O projeto para a implantação da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV (FURNAS Centrais Elétricas S.A.) foi iniciado no começo do ano de 2006, com suas principais características técnicas [4]:

- Extensão da LT 230 kV (Rio Verde – Barra do Peixe): 241 km
- Grau de Compensação: 70 %
- Potência Reativa Nominal: 216,4 MVar
- Corrente Nominal: 1.100 A
- Impedância Nominal: 59,62 Ω

Uma CSF é composta pelos bancos de capacitores em paralelo aos varistores de óxido metálico, ao centelhador e ao disjuntor de desvio. Os varistores de óxido metálico protegem os bancos de capacitores contra sobretensões durante e após a ocorrência de perturbações no sistema de transmissão. O centelhador protege os varistores de óxido metálico contra a absorção excessiva de energia e o disjuntor de desvio por sua vez protege o centelhador, desviando toda a CSF. Além destes equipamentos, três chaves seccionadoras servem para integrar e isolar a CSF à LT.

A Figura 2 a seguir apresenta o Diagrama Unifilar (com os principais componentes) e uma foto da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV.

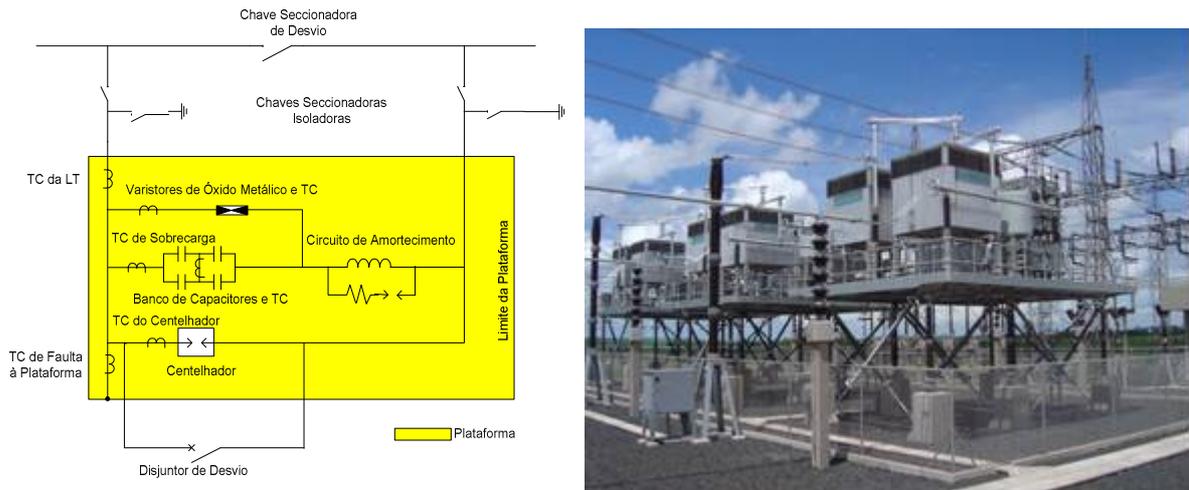


Figura 2 – Diagrama Unifilar (com os principais componentes) e foto da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV

3.0 - VARISTORES DE ÓXIDO METÁLICO PARA A PROTEÇÃO DE COMPENSAÇÕES SERIES FIXAS

Os varistores de óxido metálico (também conhecidos pelo termo em inglês *Metal Oxide Varistors – MOVs*) são um dos principais equipamentos utilizados para a proteção das Compensações Séries Fixas (CSFs). Para o dimensionamento destes equipamentos alguns dados são necessários como a tensão nominal, impedância nominal, corrente nominal, potência de curto-circuito, o ciclo da corrente de sobrecarga e a estratégia de proteção a ser adotada no caso da ocorrência de faltas internas e externas à linha de transmissão (LT).

Para uma seqüência específica de eliminação de faltas, os *MOVs* devem suportar esforços oriundos de faltas externas à LT. Isto geralmente significa suportar a ocorrência de duas faltas externas subseqüentes, por exemplo, no caso de um religamento mal sucedido após o primeiro defeito. Para faltas internas à LT os dispositivos de desvio são liberados a operarem, retirando assim a CSF da LT. Entretanto, os *MOVs* devem ser dimensionados para suportarem esforços de duas faltas internas subseqüentes. Utilizando todos os dados necessários, uma estratégia apropriada de proteção e controle pode ser estabelecida e coordenada, resultando assim em um valor de energia nominal que irá incluir a redundância necessária e o nível de proteção dos *MOVs*.

A instalação dos *MOVs* em paralelo aos bancos de capacitores leva a uma distribuição de corrente desigual entre eles no caso da ocorrência de sobretensão. Este efeito é causado pelo alto grau de não-linearidade da característica tensão-corrente na qual os *MOVs* têm de operar no caso de faltas no sistema de transmissão. Para manterem esta distribuição desigual de corrente dentro de certo limite, por exemplo + 5% ou – 5%, todas as colunas pertencentes ao mesmo banco de *MOVs* devem ser medidas em um mesmo teste de distribuição de corrente [5].

Outro aspecto principal é o comportamento de um único *MOV* (como parte de um banco de *MOVs*) perante a ocorrência de distúrbios no sistema de transmissão. Para evitar danos às demais unidades do banco no caso de falha de uma unidade, somente *MOVs* contendo dispositivos de alívio de pressão devem ser utilizados. Estes *MOVs* devem ser instalados na plataforma de maneira que os dispositivos sejam direcionados para que ocorra a liberação de gases sem danificar as unidades circunvizinhas. Os *MOVs* confeccionados com porcelana podem ser destruídos em um segundo esforço como resultado de um alívio de pressão durante perturbações. Desta forma *MOVs* confeccionados com dispositivos compostos (polímeros) são mais adequados por manterem suas propriedades mecânicas após alívios de pressão [5].

4.0 - AS SIMULAÇÕES DE FALTAS NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

As simulações de faltas no sistema de transmissão foram realizadas utilizando o PSS™ NETOMAC (*Professional Network Planning Software*) [6], desenvolvido pela SIEMENS AG como uma ferramenta única para a análise de sistemas de potência, cobrindo praticamente todas as áreas de interesse nos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia, e também o ATP (*Alternative Transient Program*) [7].

Faltas externas à linha de transmissão (LT) são distúrbios que ocorrem fora dos limites dos disjuntores da LT onde a Compensação Série Fixa (CSF) está instalada. Os varistores de óxido metálico (*MOV*s) devem ser dimensionados para suportarem faltas externas sem serem danificados, pois não é permitido o desvio da CSF durante a ocorrência de distúrbios externos [4]. A máxima corrente nos *MOV*s durante faltas externas à LT e a energia acumulada durante uma falta externa são utilizadas como critérios para distinguir entre faltas internas e externas à LT [8].

Faltas internas à LT são distúrbios que ocorrem dentro dos limites dos disjuntores da LT onde a CSF está instalada. A partir do momento que uma falta interna é detectada, a CSF será desviada (isolada da LT) através do disparo do centelhador, seguido pelo imediato fechamento do disjuntor de desvio. O tempo até o efetivo desvio da CSF é de aproximadamente 1 ms [4].

4.1 Critérios das Simulações das Faltas

Os critérios de simulação com relação à faltas externas à LT foram definidos como [9]:

- Faltas monofásicas (FT) externas à LT eliminadas em 150 ms, com religamento mal sucedido de um lado da LT após um tempo morto de 500 ms, com a duração da falta de 100 ms, seguidas pela falta interna mais crítica;
- Faltas Trifásicas (3F ou 3FT) externas à LT eliminadas em 150 ms, seguidas pela falta interna mais crítica;
- Faltas (FT, 2F, 2FT, 3F ou 3FT) externas à LT eliminadas em 100 ms;
- Faltas Trifásicas (3F ou 3FT) externas à LT eliminadas em 100 ms, com religamento mal sucedido de um lado da LT em 600 ms, eliminada em 100 ms adicionais.

Com relação à faltas internas à LT os critérios de simulação foram definidos como [9]:

- Faltas (FT, 2F, 2FT, 3F ou 3FT) internas à LT eliminadas em 150 ms.

Quando faltas internas à LT ocorrem as CSF podem ser desviadas, assim como para faltas externas à LT os *MOV*s devem suportar os esforços sem a realização de desvio, desde que as faltas sejam eliminadas dentro dos tempos mencionados anteriormente.

A falta interna à LT mais crítica indica que o intervalo de tempo entre a falta externa à LT seguida pela falta interna deverá ser maior que 1 minuto. Como a corrente circula em um *MOV* através de cada disco componente deste, mas não bem distribuída através do seu diâmetro, um aquecimento local pode ser observado. O intervalo de tempo de 1 minuto é necessário para atingir uma distribuição igual de temperatura dentro dos discos do *MOV*, e assim evitar danos mecânicos. Desta forma os esforços após este intervalo de tempo não precisam ser adicionados aos esforços anteriores. No total o *MOV* pode sofrer estes esforços duas vezes com relação a sua capacidade de acumulação de energia, com o tempo de intervalo entre os esforços [4].

Várias simulações foram realizadas para avaliar a proteção da CSF Rio Verde 216,4 MVA / 230 kV e os resumos com os máximos esforços dos varistores de óxido metálico (*MOV*s) são apresentados na Tabela I (faltas externas à LT) e Tabela II (faltas internas à LT). Os seguintes valores serão descritos nas tabelas para cada caso apresentado:

- | | | |
|---|------------|-----|
| • Tensão no Banco de Capacitores em kV: | U_{BC} | kV; |
| • Corrente no Banco de Capacitores em kA: | I_{BC} | kA; |
| • Corrente nos <i>MOV</i> s em kA: | I_{MOVs} | kA; |
| • Energia Acumulada nos <i>MOV</i> s em MJ: | E_{MOVs} | MJ. |

4.2 Posições das Simulações das Faltas Internas e Externas à Linha de Transmissão 230 kV

As 4 posições das simulações das faltas externas à LT para a avaliação da proteção da CSF foram assim definidas:

- Posição 1 (**E1**): na Subestação Rio Verde 230 kV;
- Posição 2 (**E2**): na Subestação Rio Verde 230 kV atrás da CSF 30% (LT 1);
- Posição 3 (**E3**): na Subestação Barra do Peixe 230 kV;
- Posição 4 (**E4**): na Subestação Barra do Peixe 230 kV atrás da CSF 30% (LT 1).

Com relação às simulações das faltas internas à LT para a avaliação da proteção da CSF, as seguintes 11 posições foram definidas:

- Posição 1 (**I1**): nos terminais da CSF Rio Verde 216,4 MVA / 230 kV;
- Posição 2 (**I2**) até a Posição 11 (**I11**): em uma distância de 24 km, 48 km, 72 km, 96 km, 144 km, 168 km, 192 km, 216 km e 240 km da Subestação de Rio Verde 230 kV.

Todas estas posições de simulações das faltas foram consideradas suficientes para as avaliações da proteção da CSF Rio Verde 216, 4 MVar / 230 kV. A Figura 3 a seguir mostra uma representação simplificada do posicionamento das simulações das faltas internas e externas à LT 230 kV / 241 km.

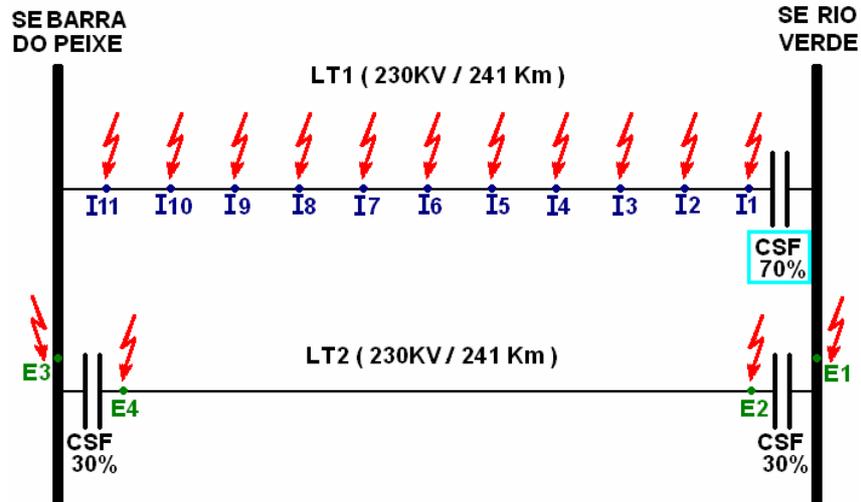


Figura 3 – Representação Simplificada do Posicionamento das Simulações das Faltas Internas e Externas à Linha de Transmissão 230 kV / 241 km

4.3 Resultados das Simulações das Faltas Externas à Linha de Transmissão 230 kV

O resumo dos resultados das simulações das faltas externas à LT que resultaram nos maiores esforços nos MOVs, utilizados para a avaliação da proteção da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV estão apresentados na Tabela I a seguir.

Tabela I – Resumo dos Resultados das Simulações das Faltas Externas à Linha de Transmissão 230 kV

Falta	Duração [ms]	Posição	U_{BC} [kV]	I_{BC} [kA]	I_{MOVs} [kA]	E_{MOVs} [MJ]
3F	100 ms	E3	196,29 kV	4,00 kA	3,02 kA	7,26 MJ
FT	100 ms	E4	182,29 kV	2,95 kA	0,13 kA	0,08 MJ
2FT	100 ms	E3	196,07 kV	4,04 kA	2,90 kA	7,12 MJ
2F	100 ms	E3	196,14 kV	4,11 kA	2,93 kA	7,10 MJ
3F	150 ms	E3	196,29 kV	4,00 kA	3,02 kA	10,48 MJ
FT	150 ms	E4	182,29 kV	2,95 kA	0,13 kA	0,18 MJ
2FT	150 ms	E3	196,07 kV	4,04 kA	2,90 kA	10,44 MJ
2F	150 ms	E3	196,13 kV	4,11 kA	2,94 kA	10,41 MJ

O esforço máximo com relação às simulações faltas externas à LT foi obtido na Posição E3 (Subestação Barra do Peixe 230 kV) através de uma falta trifásica (3F) eliminada em 150 ms, resultando em uma energia acumulada de 10,48 MJ.

O Sistema de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS) foi parametrizado para operar na ocorrência de faltas com correntes nos MOVs com valores acima de 3,02 kA, resultando em um gradiente de energia acima de 10,5 MJ em um período de 150 ms. Considerando o grau de imprecisão dos transformadores de corrente, este ajuste de corrente foi aumentado em 5%, resultando em 3,17 kA de corrente nos MOVs, e consequentemente aumentando em 10% o gradiente de energia (11,5 MJ) [4].

Todas as simulações das faltas externas à LT realizadas com as ferramentas PSS™ NETOMAC (*Professional Network Planning Software*) [6] e o ATP (*Alternative Transient Program*) [7] resultaram em correntes e energias acumuladas abaixo dos ajustes do projeto, assim os MOVs definidos (14,5 MJ) suportariam todas as faltas sem danificarem a CSF e não permitiriam o desvio da mesma.

4.4 Resultados das Simulações das Falhas Internas à Linha de Transmissão 230 kV

O resumo dos resultados das simulações das falhas internas à LT que resultaram nos maiores esforços nos MOVs, utilizados para a avaliação da proteção da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV estão apresentados na Tabela II a seguir.

Tabela II – Resumo dos Resultados das Simulações das Falhas Internas à Linha de Transmissão 230 kV

Falha	Duração [ms]	Posição	U_{BC} [kV]	I_{BC} [kA]	I_{MOVs} [kA]	E_{MOVs} [MJ]
3F	100 ms	I1	203,79 kV	41,04 kA	7,70 kA	11,14 MJ
FT	100 ms	I1	202,40 kV	40,95 kA	6,39 kA	11,24 MJ
2FT	100 ms	I1	204,01 kV	40,97 kA	7,90 kA	10,68 MJ
2F	100 ms	I1	203,96 kV	41,08 kA	7,86 kA	10,45 MJ
3F	150 ms	I1	203,79 kV	41,04 kA	7,70 kA	12,10 MJ
FT	150 ms	I1	202,40 kV	40,95 kA	6,39 kA	12,01 MJ
2FT	150 ms	I1	204,01 kV	40,97 kA	7,90 kA	12,07 MJ
2F	150 ms	I1	203,96 kV	41,08 kA	7,86 kA	12,04 MJ

Todos os máximos esforços com relação às simulações das falhas internas à LT foram obtidos na Posição I1 (nos terminais da CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV). A máxima energia acumulada foi obtida através de uma falta trifásica (3F) eliminada em 150 ms, resultando em uma energia acumulada de 12,10 MJ.

Como explicado anteriormente, o Sistema de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS) foi parametrizado para operar na ocorrência de falhas com correntes nos MOVs com valores acima de 3,17 kA, resultando em um gradiente de energia acima de 11,5 MJ [4]. Quando estes valores de corrente e energia forem excedidos, o SPCS interpretará qualquer tipo de defeito como falta interna à LT. O comando de desvio utilizado nas simulações teve um tempo de atraso de 1 ms para representar o tempo entre a detecção de uma falta interna e o desvio efetuado por meio do centelhador (incluindo todos os tempos de: medição do transformador de corrente, processamento do SPCS, comando de *trip* transferido e “tempo morto” entre o circuito eletrônico de disparo e o centelhador).

Todas as simulações das falhas internas à LT realizadas com as ferramentas PSS™ NETOMAC (*Professional Network Planning Software*) [6] e o ATP (*Alternative Transient Program*) [7] resultaram em correntes e energias acumuladas acima dos ajustes do projeto, assim os MOVs definidos (14,5 MJ), centelhador e disjuntor de desvio comandados pelo SPCS seriam efetivos na proteção da CSF.

Fica comprovado que todas as falhas trifásicas (3F ou 3FT) levarão ao desvio da CSF (disparo do centelhador e fechamento do disjuntor de desvio), quando as falhas ocorrerem em uma distância de 80% ou menor da LT, com a LT paralela em funcionamento. Quando a LT paralela está fora de funcionamento, falhas trifásicas (3F ou 3FT) em uma distância de 90% ou menor do comprimento da LT resultarão no desvio da CSF, conforme definido pelo projeto [4].

Durante as simulações foi observado que falhas imediatamente antes do disjuntor no terminal oposto da LT não levarão ao desvio, pois a proteção da CSF (SPCS) não conseguirá distinguir entre uma falta na LT imediatamente antes do disjuntor ou na subestação antes do disjuntor da LT. Os MOVs foram dimensionados para este caso. Com relação às falhas monofásicas (FT) e bifásicas (2F) a proteção da CSF (SPCS) iniciará o desvio somente quando as falhas forem próximas, dependendo da situação da LT paralela e do ponto na onda no qual a falta ocorrer. Foi definido no projeto que também no caso de valores de falhas mais baixos ou para falhas com um valor pequeno de impedância o desvio poderá não ser necessário [4].

5.0 - CONCLUSÃO

A utilização de interconexão de sistemas de transmissão está crescendo amplamente como solução para a troca de energia entre países, assim como entre regiões distantes em várias partes do mundo. A Compensação Série Fixa (CSF) é um meio eficiente para minimizar a quantidade necessária de linhas de transmissão (LTs) para uma determinada capacidade de transmissão de uma interconexão. Através da utilização da CSF a capacidade de LTs existentes pode ser aumentada consideravelmente, desta forma diminuindo a necessidade de construção de novas LTs nos casos onde a necessidade de capacidade de transmissão de energia em um sistema esteja

crescendo. A instalação de CSF geralmente possui um custo menor assim como menor tempo de implantação em relação a novas LTs.

A proteção da CSF é realizada pelos varistores de óxido metálico (*MOVs*), o centelhador e o disjuntor de desvio, todos controlados pelo Sistema de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS). O dimensionamento de uma CSF é obtido através de simulações no sistema de transmissão de energia, resultando nas características necessárias dos *MOVs*, centelhador e disjuntor de desvio para proporcionarem uma proteção eficiente e manter a CSF inserida na LT o máximo de tempo possível. Durante o dimensionamento da CSF todos os ajustes de proteção são definidos para implementação no SPCS.

Simulações de faltas internas e externas à LT 230 kV onde a CSF Rio Verde 216,4 MVar / 230 kV foi instalada foram realizadas para avaliar o desempenho da proteção desta. Várias faltas foram simuladas e apenas os casos mais significativos (maiores esforços nos *MOVs*) foram apresentados neste Informe Técnico. Em todas as simulações de faltas (internas e externas) a proteção da CSF foi eficiente e os ajustes definidos durante o dimensionamento foram comprovados como corretos, resultando na rápida recomposição do sistema de transmissão no caso da ocorrência de distúrbios.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Sitnikov, D. Povh, D. Retzmann, E. Teltsch, "Solutions for Large Power System Interconnections", em *CIGRÉ Conference for Synchronous Operation of the East-West Interconnection in Europe*, St. Petersburg, Russia, 2003.
- [2] A. L. P. de Oliveira, "Fixed Series Compensation Protection Evaluation using Transmission Lines Faults Simulation", em *IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition Latin America*, Bogotá, Colômbia, 2008.
- [3] P. M. Anderson, *Power System Protection*, Power Math Associates, Inc., IEEE Press / McGraw Hill Inc, Nova York, 1998.
- [4] G. Thumm, L. Kirschner, "Rio Verde 230 kV Substation (FURNAS Centrais Elétricas S.A.) - Fixed Series Compensation – Basic Design Report", *Power Transmission and Distribution – PTD H 166 (SIEMENS AG)*, Erlangen, Alemanha, 2006.
- [5] K. Steinfeld, R. Göhler, D. Pepper, "High Voltage Surge Arresters for Protection of Series Compensation and HVDC Converter Stations", em *The 4th International Conference on Power Transmission and Distribution Technology 2003*, St. Petersburg, Rússia, 2003.
- [6] SIEMENS AG, *PSS™ NETOMAC Professional Network Planning Software – Instruction Manual*, Power Transmission and Distribution Service – Power Technologies International – PTD SE PTI, Erlangen – Germany, 2002.
- [7] M. C. D. Tavares, P. G. Campos, P. Prado, *Guia de Aplicação Resumido do ATP – Alternative Transient Program*, Universidade de Campinas - UNICAMP, Campinas – SP, Brasil, 2003.
- [8] IEEE, *Pxxxx™/D7 - Draft Guide for the Specification of Fixed Series Capacitors Banks for Transmission System Applications*, IEEE Standard Pxxxx™/D7 (draft), EUA, 2007.
- [9] FURNAS Centrais Elétricas S. A., *Subestação de Rio Verde – 11ª Expansão – Volume II – Especificação Técnica para Compensação Série Fixa*, FURNAS Centrais Elétricas S. A., Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2006.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



André Luiz Pereira de Oliveira nasceu em São José do Rio Preto/SP em 1978. Engenheiro Eletricista pela EFEI - Escola Federal de Engenharia de Itajubá (Itajubá - MG) desde 2001. Obteve os títulos de Especialista em Proteção de Sistemas Elétricos e Mestre em Ciências (MSc) pela Universidade Federal de Itajubá (Itajubá - MG) em 2003 e 2007 respectivamente. Certificado pelo *Project Management Institute® - PMI®* dos Estados Unidos da América (USA) como *Project Management Professional (PMP®)* em 2004. Trabalhou de 2001 à 2008 na SIEMENS Ltda. e desde 2009 na SIEMENS AG (Alemanha) na área *Energy Sector – Power Transmission - Power Transmission Solutions (E T PS)* como Project Manager (PM). É responsável pelo fornecimento "turn-key" de Sistemas de Transmissão de Corrente Contínua (HVDC), Subestações de Alta Tensão, Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS) e Sistemas de Compensação de Reativos (FACTS), gerenciando contratos com empresas industriais e concessionárias do setor elétrico.