



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

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

**GRUPO -IX**

**GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP**

**INFLUÊNCIA DE COMPENSADORES ESTÁTICOS NA RECOMPOSIÇÃO DE ÁREAS DO SISTEMA  
INTERLIGADO NACIONAL**

**Antonio de Pádua Guarini(\*)**

**Antonio Ricardo Tenório**

**Lúcia Mariana de Souza de Abreu**

**Daniele de Vasconcelos Pereira da Motta  
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico**

**RESUMO**

A recomposição do sistema se processa em duas fases, denominadas de Recomposição Fluente e Recomposição Coordenada.

Durante a fase de recomposição fluente os procedimentos operacionais são previamente definidos e permitirão a recomposição de áreas geo-elétricas, com compatibilização de carga e geração, restabelecendo um montante pré-determinado de carga de forma rápida e segura.

Para se obter níveis de tensão adequados nos barramentos do sistema durante os processos de recomposição das áreas geo-elétricas do SIN, são utilizados os recursos disponíveis para fornecimento de potência reativa pelas usinas de auto-restabelecimento, reatores shunt e tomadas de cargas necessárias. A menos que sua utilização esteja definida nos procedimentos, os recursos de capacitores shunt e/ou compensadores síncronos ou compensadores estáticos não são considerados, em princípio, como critério para o controle de tensão durante o processo de recomposição fluente.

Entretanto, em algumas áreas de recomposição fluente para que se consiga o restabelecimento das cargas prioritárias poderão ser utilizados compensadores estáticos (CE) de forma a assegurar uma melhor qualidade de tensão nos barramentos destas cargas.

Este trabalho pretende fazer uma investigação metodológica para sugerir qual a relação  $[P_{cc}/Q_{ce}]$  a partir da qual um CE poderá ser inserido no processo de recomposição, onde  $P_{cc}$  é a potência de curto circuito da área geo-elétrica de recomposição vista da barra onde o CE está conectado e  $Q_{ce}$  é a potência nominal capacitiva do CE. Para validar esta metodologia serão avaliados os CE de Coxipó e de São Luis II em suas respectivas áreas geo-elétricas de recomposição.

**PALAVRAS-CHAVE**

Operação, Segurança Operativa do Sistema Interligado Nacional, Processo de Recomposição, Estudos de Sistemas de Potência e Compensador Estático

**1.0 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS**

Nos processos de recomposição total ou parcial da Rede Básica, e conseqüentemente das áreas envolvidas, toda a seqüência está hoje definida através de Instruções Operativas, onde estão claramente definidas as responsabilidades dos operadores das subestações, dos Centros de Operações dos Agentes, e dos Centros Regionais e Nacional do ONS.

(\*)Rua da Quitanda, 196 – Centro - CEP 20091-005 – Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
Tel.: (021) 2203-9535 - Fax: (021) 2203-9411 - e-mail: guarini@ons.org.br

Com base na filosofia implantada no sistema Interligado nacional a recomposição do sistema se processa em duas fases, denominadas de Recomposição Fluente e Recomposição Coordenada.

Durante a fase de recomposição fluente tem-se corredores energizados radialmente, com uma conseqüente redução da potência de curto em relação à condição normal de operação, isto é: sistema completo e malhado. Nesta fase os procedimentos operacionais são previamente definidos e permitirão a recomposição de áreas geo-elétricas, com compatibilização de carga e geração. As áreas geo-elétricas são configurações mínimas de Rede Básica, que contêm uma ou mais usinas de auto-restabelecimento, configurações de transmissão preferencial e de transformadores desta rede que permitem a recomposição de um montante pré-determinado de carga de forma rápida e segura.

Para se obter níveis de tensão adequados nos barramentos do sistema durante os processos de recomposição das áreas geo-elétricas do SIN, são utilizados os recursos disponíveis para fornecimento de potência reativa pelas usinas de auto-restabelecimento, reatores shunt e tomadas de cargas necessárias. A menos que sua utilização esteja definida nos procedimentos, os recursos de capacitores shunt e/ou compensadores síncronos ou compensadores estáticos não são considerados, em princípio, como critério para o controle de tensão durante o processo de recomposição fluente.

Entretanto, em algumas áreas de recomposição fluente, como por exemplo, a Área Itumbiara, para que se consiga o restabelecimento das cargas prioritárias da Capital do Estado de Mato Grosso de forma segura e um melhor controle de qualidade da tensão nos barramentos destas cargas, optou-se pela utilização do Compensador Estático (CE) de Coxipó para o controle da tensão no 230 kV da SE Coxipó.

Este trabalho pretende avaliar os CE de Coxipó e de São Luis II através de uma investigação metodológica com o objetivo de verificar se esses CE são candidatos promissores aos processos de recomposição fluente de suas respectivas áreas geo-elétricas.

## 2.0 - INVESTIGAÇÃO METODOLÓGICA

O objetivo deste item é apresentar os conceitos adotados na investigação metodológica para definir qual a relação entre a potência de curto circuito vista da barra de conexão (PAC - ponto de acoplamento comum) do CE e de seu nominal capacitivo [Pcc/Qce], a partir da qual se assegura uma operação estável do CE para a inserção no processo de recomposição baseando-se apenas nos estudos de comportamento dinâmico do sistema.

### 2.1 Característica de Impedância Vista da Barra de Conexão de um Compensador Estático

A reatância equivalente de Thévenin (vista do PAC) de um CE operando em paralelo com um sistema de transmissão, considerando o sistema de transmissão representado por uma característica indutiva pura (reatância do sistema = jXs) e um Compensador Estático de Reativos (operando na sua faixa capacitiva), representado por uma reatância capacitiva pura (reatância do CE = -jXc), pode ser obtida conforme mostra a Equação (1).

$$X_{th} = j \frac{\left(\frac{Q_{ce}}{P_{cc}}\right) X_c}{\left(1 - \frac{Q_{ce}}{P_{cc}}\right)} \quad (1)$$

Onde,

Qce=potência reativa gerada pelo CE  
Pcc=potência de curto circuito no PAC  
Xc= reatância capacitiva do CE

Por simplicidade, assumindo-se uma base onde Xc=1 pu (para o CE totalmente capacitivo, ou seja operando no seu nominal capacitivo), a reatância equivalente de Thévenin expressa pela equação (1) é ilustrada na Figura 1.

Com uma baixa relação Pcc/Qce, o CE poderá operar próximo a ressonância paralela entre a faixa capacitiva deste CE e o sistema de transmissão. Este problema é tão mais crítico quanto menor for a relação [Pcc/Qce], conforme apresentado de forma simplificada na Figura 1. Na experiência dos autores deste trabalho, a faixa de Pcc/Qce até 3, poderá propiciar uma operação instável devido ao CE tomar parte relevante na dinâmica do sistema, implicando que uma pequena variação de tensão ( $\Delta V$ ) poderá acarretar uma grande variação de susceptância do CE ( $\Delta B_{ce}$ ), levando o CE a uma operação próxima à instabilidade. A faixa de [Pcc/Qce] entre 3-5 demanda alguns estudos e verificações da adequacidade do projeto do CE ao sistema de transmissão. Os valores de [Pcc/Qce] acima de 5 têm demonstrado grande robustez de controlabilidade e fazem parte da grande maioria das aplicações práticas dos compensadores estáticos de reativos em sistemas de transmissão. A nova geração de

compensadores estáticos baseados em semicondutores com capacidade de corte de corrente não apresentam este problema por não precisarem de banco de capacitores nem de reatores para gerarem energia reativa. Um exemplo desses equipamentos da família FACTS é o STATCOM, que gera potência baseado apenas no chaveamento de um conversor VSC (*Voltage Source Converter*).

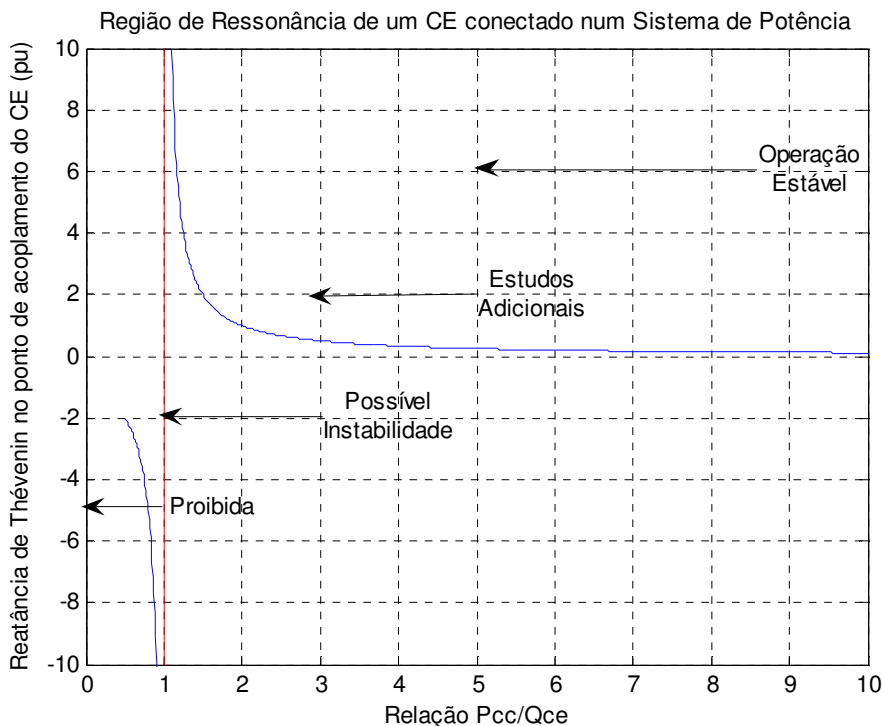


FIGURA 1 - Impedância de Thévenin no PAC

Na verdade a energização de um CE em situação de recomposição aborda duas situações distintas:

- a energização do transformador de acoplamento em conjunto com os filtros de harmônicos e;
- a controlabilidade do CE em situação de recomposição.

O presente trabalho não abordará a energização do CE do ponto de vista de transitórios eletromagnéticos, mas sim sua operação sob a ótica das faixas sugeridas na Figura 1, do comportamento dinâmico e da resposta em frequência do sistema.

## 2.2 Descrição dos Compensadores Estáticos sob Avaliação

Nesta análise serão somente considerados os CE de Coxipó e de São Luis II que poderão vir a fazer parte dos processos de recomposição fluente da Área Itumbiara no atendimento das cargas prioritárias do Estado do Mato Grosso e da Área Tucuçu no atendimento das cargas do Estado do Maranhão, respectivamente. A seguir serão apresentadas as principais características destes CE.

### 2.2.1. Características do CE de Coxipó

O CE de Coxipó consiste dos seguintes equipamentos:

- Transformador de acoplamento 230/12,3kV, 70MVA; e reatância de dispersão 10% na base de 70 MVA;
- Filtro STF1 sintonizado no 5° harmônico;
- Reator Controlado a Tiristores (TCR);
- Capacitor Chaveado a Tiristores (TSC);
- Faixa nominal do compensador é -50 à 70MVA na alta tensão.

Os valores dos parâmetros dos componentes deste CE estão apresentados na configuração da Figura 2.

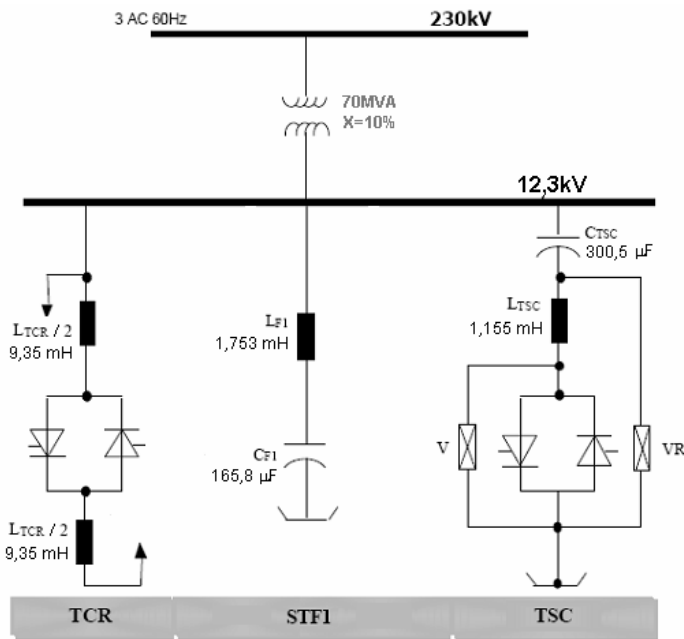


FIGURA 2 – Configuração Básica do CE de Coxipó

### 2.2.2. Característica do CE de São Luis II

Basicamente o CE de São Luis II consiste dos seguintes equipamentos:

- Transformador de acoplamento 230/18,3 kV, 150 MVA e reatância de dispersão 12% na base de 150 MVA;
- Filtros STF1 e STF2 sintonizados para o 5° e 7° harmônicos, respectivamente;
- Reator Controlado a Tiristores (TCR);
- Capacitor Chaveado a Tiristores (TSC);
- Faixa nominal do compensador é -100 à 150MVA na alta tensão.

Os valores dos parâmetros dos componentes deste CE estão apresentados na configuração da Figura 3.

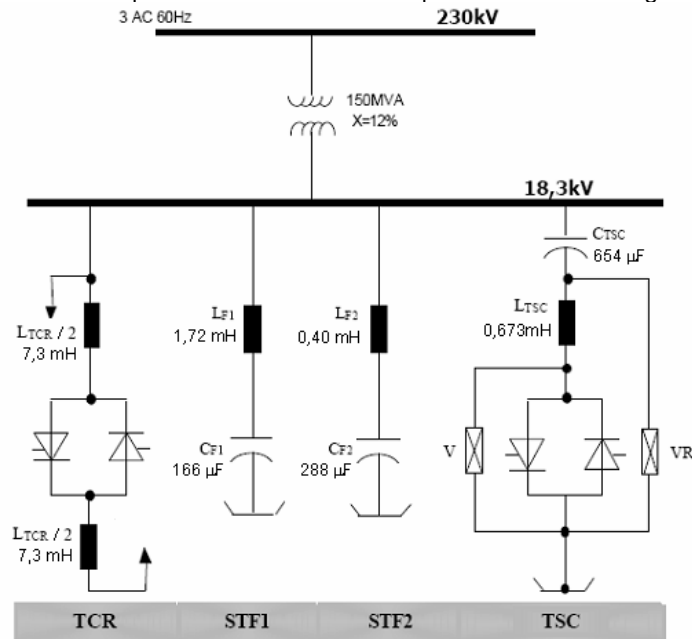


FIGURA 3 – Configuração Básica do CE de São Luis II

### 2.3 Estudos de Recomposição de Áreas Geoeletricas do SIN

Em algumas áreas, que serão apresentadas a seguir, para que recomposição das cargas prioritárias seja possível torna-se imprescindível a utilização de bancos de capacitores. Nestas áreas existem compensadores estáticos que se puderem ser inseridos de forma segura no processo poderão não só minimizar a inserção destes bancos como poderão melhorar a qualidade da tensão destas cargas.

#### 2.3.1. Estudos de Recomposição da Área Itumbiara

A recomposição fluente da Área Itumbiara é feita a através da sincronização de 3 unidades geradoras na UHE Itumbiara e a consequente energização simultânea de trechos de 500, 345 e 230 kV e de transformações visando atender as cargas prioritárias do estado de Goiás, a partir das SE Anhanguera e Goiânia Leste, e do estado do Mato Grosso, a partir das SE Coxipó, Barra do Peixe, Barro Duro (Cuiabá), Várzea Grande, Cidade Alta, Quirinópolis e Rio Verde, estas duas últimas só serão atendidas desde que a UHE Cachoeira Dourada também participe deste processo com 2 unidades de 84MW sincronizadas.

Vale ressaltar que durante o restabelecimento das cargas a partir da SE Coxipó houve a necessidade de inserir bancos de capacitores para garantir que as tensões se mantivessem dentro do limite mínimo permitido de até 90% da tensão. Este cenário pode ser melhorado quando da utilização do CE de Coxipó, uma vez que este não só garante que as tensões fique dentro do limite permitido, como proporciona melhores níveis de tensão e ainda, reduz a utilização de banco de capacitores.

- a. A Figura 4 mostra a recomposição fluente da Área Itumbiara pelo tronco de 500 kV para atender as cargas prioritárias do Mato Grosso a partir da SE Coxipó, que poderá ou não levar em conta o CE de Coxipó.

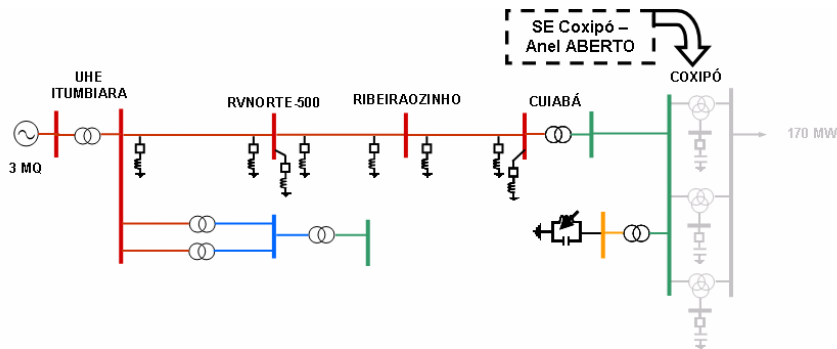


FIGURA 4 – Configuração da Recomposição Fluente da Área Itumbiara Somente pelo Tronco de 500kV

- b. A Figura 5 mostra praticamente todo o processo de recomposição fluente da Área Itumbiara atendendo 70MW na região de Goiás e 250 MW na região do Mato Grosso já contemplando o fechamento do anel na SE Coxipó, que que poderá ou não levar em conta o CE de Coxipó.

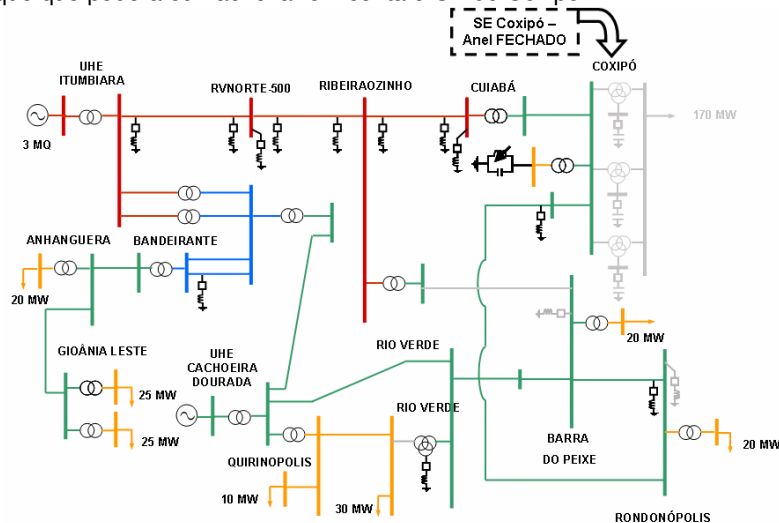


FIGURA 5 – Configuração da Recomposição Fluente da Área Itumbiara com Fechamento de Anel na SE Coxipó

### 2.3.2. Estudos de Recomposição da Área Tucuruí

A recomposição fluente da Área Tucuruí é feita a partir da sincronização de 3 unidades geradoras na UHE Tucuruí e da energização do circuito 2 da LT 500kV Tucuruí - Vila do Conde em conjunto com o circuito 1 do tronco de 500kV Tucuruí - Marabá - Imperatriz - Presidente Dutra - São Luis II, este último tronco somente a partir de 4 unidades sincronizadas. A razão para definição destes circuitos está no fato de ser o conjunto que requer o menor número de equipamentos para controle de tensão. Nesta recomposição as seguintes áreas são atendidas:

- Área Belém → Para a energização do circuito 2 da LT 500kV Tucuruí - Vila do Conde é necessário ter no mínimo 3 unidades geradoras sincronizadas na UHE Tucuruí. Na primeira fase, de forma fluente pode ser atendido cerca 565 MW de carga a partir da transformação 500/230kV de Vila do Conde;
- Área Maranhão → Para a energização do circuito 1 do tronco de 500kV Tucuruí - Marabá - Imperatriz - Presidente Dutra - São Luis II é necessário ter no mínimo 4 unidades geradoras sincronizadas na UHE Tucuruí. Nesta fase, pode-se atender fluentemente 305 MW de carga a partir da transformação 500/230kV de São Luis II, e;
- Área Tramo Oeste → Só inicia após estar no mínimo 5 unidades geradoras sincronizadas na UHE Tucuruí sendo capaz de atender fluentemente cerca de 125 MW de carga através da transformação 500/230kV de Tucuruí.

A Figura 6 mostra a recomposição fluente da Área Tucuruí pelo tronco de 500 kV para atender as cargas prioritárias do Maranhão a partir da SE São Luis II, que poderá ou não levar em conta o CE de São Luis II.

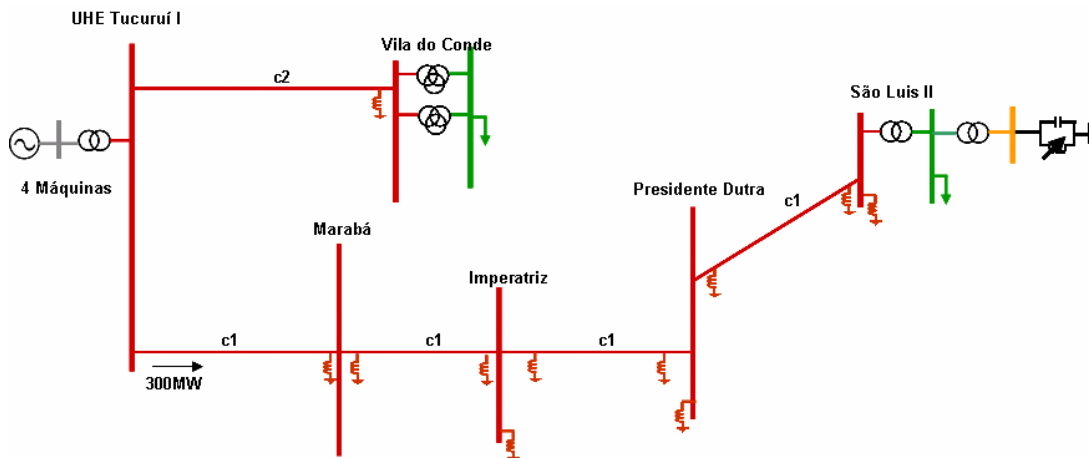


FIGURA 6 – Configuração Básica da Recomposição Fluente da Área Maranhão

## 2.4 Estudos de Recomposição de Áreas Geométricas do SIN

### 2.4.1. Viabilidade de Utilização do CE de Coxipó na Recomposição da Área Mato Grosso

A partir da utilização do Programa ANAFAS foram calculadas as potências de curto circuito (Pcc) vista da SE Coxipó dos corredores de recomposição apresentados pelas Figuras 4 e 5 do item 2.3.1. Os resultados desta análise estão apresentados a seguir.

- Para a configuração de rede da Figura 4, recomposição fluente da Área Itumbiara pelo tronco de 500 kV para atender as cargas prioritárias do Mato Grosso a partir da SE Coxipó, obteve-se uma potência de curto circuito (Pcc) de 619 MVA. Com base no item 2.2.1 a faixa nominal do compensador estático de Coxipó é de -50 à 70MVA, que implica numa potência nominal capacitiva deste CE (Qce) de 70 Mvar. Desta forma encontra-se a relação  $[Pcc/Qce]$  igual a 8,84.
- Para a configuração de rede da Figura 5, recomposição fluente da Área Itumbiara Grosso já contemplando o fechamento do anel na SE Coxipó, obteve-se uma potência de curto circuito de 695 MVA. Para esta configuração encontra-se a relação  $[Pcc/Qce]$  igual a 9,93.

A entrada em operação deste CE foi avaliada através de estudos de estabilidade eletromecânica tanto para a rede completa para rede de recomposição não tendo apresentado problemas do ponto de vista dinâmico. Portanto, seja para esta relação de 8,84 ou para relação de 9,93, com base na Figura 1 o CE de Coxipó estaria na região estável, não devendo apresentar problemas quanto a sua utilização na recomposição da Área Itumbiara.

### 2.4.2. Viabilidade de Utilização do CE de São Luis na Recomposição da Área Maranhão

Da mesma forma calculou-se as potências de curto circuito (Pcc) vista da SE São Luis II do corredor de recomposição apresentado pela Figuras 6 do item 2.3.2. Os resultados desta análise estão apresentados a seguir.

- a. Para a configuração da Figura 6, recomposição fluente da Área Tucuruí pelo tronco de 500 kV para atender as cargas prioritárias do Maranhão a partir da SE São Luis II, com 4 unidades sincronizadas na UHE Tucuruí, obteve-se uma potência de curto circuito de 581 MVA. Com base no item 2.2.2 a faixa nominal do compensador estático de São Luis II é de -100 à 150MVA, que implica numa potência nominal capacitiva deste CE (Qce) de 150 Mvar. Desta forma encontra-se a relação [Pcc/Qce] igual a 3,88.  
Se o número de unidades sincronizadas na UHE Tucuruí fosse aumentado, ter-se-ia:
  - ✓ Tucuruí com 5 unidades → Pcc= 596,6 MVA → Relação [Pcc/Qce] = 3,98 → aumento de 2,6%
  - ✓ Tucuruí com 6 unidades → Pcc= 606,3 MVA → Relação [Pcc/Qce] = 4,04 → aumento de 4,3%
  - ✓ Tucuruí com 7 unidades → Pcc= 613,1 MVA → Relação [Pcc/Qce] = 4,09 → aumento de 5,5%
 Isto mostra que, em função da distância elétrica, o feito do aumento no número de máquina não provoca um aumento significativo na potência de curto circuito e conseqüentemente na relação [Pcc/Qce].
- b. Por outro lado, se na configuração da Figura 6, o compensador síncrono (CS) da SE Presidente Dutra estivesse presente, se obteria uma potência de curto circuito de 741 MVA. Nesta situação se encontraria a relação [Pcc/Qce] igual a 4,94. Embora a entrada em operação do CS seja lenta, pela proximidade da SE Presidente Dutra com a SE São Luis II, este é bem mais efetivo que mais unidades na UHE Tucuruí.

A entrada em operação deste CE foi avaliada através de estudos de estabilidade eletromecânica tanto para a rede completa para rede de recomposição não tendo apresentado problemas do ponto de vista dinâmico. Portanto, para a relação de 3,88, que corresponde a situação da recomposição fluente, com base na Figura 1 o CE de São Luis II estaria numa região passível de instabilidade, o que pode vir a apresentar problemas quando da sua energização.

Para verificar se este CE poderá ser utilizado na recomposição da Área Tucuruí, estudos adicionais, de comportamento da impedância harmônica vista da barra de São Luis II e de transitórios eletromagnéticos, são para avaliar se poderão ocorrer problemas na energização do transformador do CE em conjunto com os filtros e o reator controlado a tiristor (TCR).

### 3.0 - INFLUÊNCIA DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA NA ENERGIZAÇÃO DO CE DE SÃO LUIS II

Para avaliação da possibilidade de energização do CE de São Luis II, três conjuntos de resposta em frequência vistas da barra de São Luis II da Área de recomposição de Tucuruí foram calculados, como mostra a Figura 7:

- a. Resposta em frequência vista da barra de São Luis II 230 kV sem o CE (curva azul);
- b. Resposta em frequência vista da barra de São Luis II 230 kV incluindo a reatância do transformador do CE e a impedância dos filtros de 5° e 7° harmônicos nesta barra (curva verde);
- c. Resposta em frequência vista da barra de São Luis II 230 kV incluindo a reatância do transformador do CE, a impedância dos filtros de 5° e 7° harmônicos e a reatância do TCR como se estivesse operando em condução plena ( $\alpha=90^\circ$ ) nesta barra (curva vermelha).

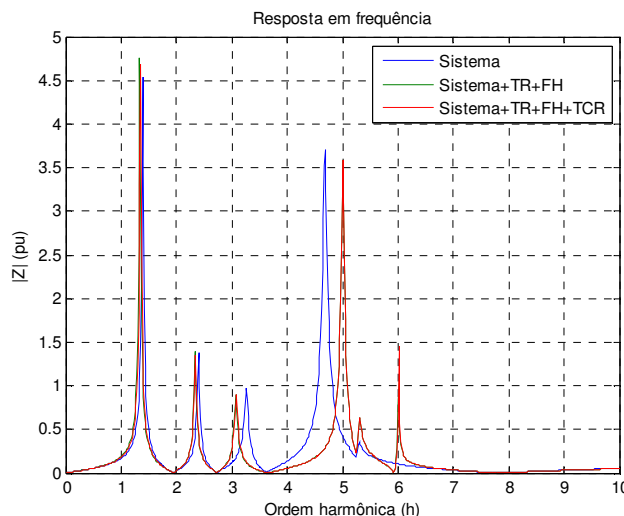


FIGURA 7 – Resposta em Frequencia vista da barra de São Luis II 230 kV Corredor da Área Tucuruí

Com base na Figura 7 pode-se notar que a impedância harmônica vista da barra de São Luis II 230 kV para o corredor de recomposição da Área Tucuruí apresenta uma ressonância paralela em 280 Hz ( $h=4,67$ ) no valor de 3,53 pu (1867 Ohms). A entrada do transformador do CE em conjunto com os filtros de 5° e 7° harmônicos deslocou esta ressonância paralela para 300 Hz ( $h=5$ ) com um valor próximo de 1867 Ohms e inseriu uma nova ressonância paralela em 360 Hz ( $h=6$ ). A consideração da reatância do TCR não alterou estas frequências de ressonâncias paralelas e apenas interferiu nas magnitudes destas ressonâncias. Isto significa dizer que a entrada deste Reator Controlado a Tiristores (TCR) operando em condução plena ( $\alpha=90^\circ$ ) não dessintonaria as ressonâncias paralelas existentes no 300 e 360 Hz.

Diante deste fato, estudos adicionais de transitórios eletromagnéticos são necessários para avaliar se este compensador estático de São Luis II poderá ou não fazer parte do processo de recomposição fluente da Área Tucuruí quando do restabelecimento das cargas prioritárias do estado do Maranhão.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou uma análise prospectiva para avaliar se um determinado compensador estático poderá ou não participar de um processo de recomposição de uma área geo-elétrica. Nesta análise foi possível ilustrar o problema de ressonância paralela entre a faixa capacitiva deste CE e o sistema de transmissão que a inserção do CE na operação da rede é tão mais crítica quanto menor for à relação  $[P_{cc}/Q_{ce}]$ .

Em função da proximidade da ressonância paralela entre o sistema e o CE, a metodologia proposta mostrou que a relação  $[P_{cc}/Q_{ce}]$  acima de 5 é uma região estável para consideração de um CE no processo de recomposição. Nesta situação, região estável, basta assegurar que não ocorrerão problemas do ponto de vista dinâmico para que o CE possa ser utilizado no processo de recomposição de uma determinada área, desde que não haja impedimento na energização do transformador de acoplamento do CE (análise da resposta em frequência) e que a SE em que for conectado forneça alimentação para seus serviços auxiliares. Este é o caso do CE de Coxipó.

Por outro lado a metodologia também mostrou que a relação  $[P_{cc}/Q_{ce}]$  entre 3 e 5 demanda a necessidade de estudos adicionais, independente dos estudos de estabilidade eletromecânica, da rede de recomposição com o CE, não terem apresentado problemas do ponto de vista dinâmico. A sequência destes estudos passa primeiramente pela análise da resposta em frequência do sistema em recomposição vista da barra onde o CE está conectado. Se esta análise levar a ressonâncias paralelas bem próximas a harmônicos de baixa ordem, por exemplo de 4° e 5°, com altas magnitudes, a viabilidade de se utilizar este CE num processo de recomposição deverá ser avaliada sob o ponto de vista de transitórios eletromagnéticos. Como é o caso do CE de São Luis II.

De modo a evitar problemas quando da energização do transformador de um CE em conjunto com os bancos de capacitores e/ou filtros deste, principalmente em condições de redes radiais com baixa potência de curto-circuito, os seguintes aspectos deverão ser enfatizados quando da especificação de um CE:

- Especificar a menor potência de curto-circuito que se pretende que o CE seja energizado de forma segura;
- Especificar a resposta em frequência, vista da barra onde o CE deverá ser conectado, relativa a esta configuração da rede e se possível fornecer a rede.
- Especificar um controlador que tenha uma funcionalidade de ganho adaptativo adequado para uma operação segura e estável.
- Efetuar estudos adicionais, principalmente de estudos de transitórios eletromagnéticos.

Este trabalho tem como objetivo chamar a atenção dos planejadores que ao recomendarem um CE como fonte controlável de tensão, o façam levando em conta uma potência de curto circuito mínima de rede degradada.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Paulo Gomes and Antonio P. Guarini, "Requirements in Design and Implementation of Restoration Facilities and Procedures in Order to Improve Power System Restoration: the Brazilian Experience", CIGRE Session 2008, August/2008, Paris, France

(2) Paulo Gomes e Antonio P. Guarini, "O Processo de Recomposição das Cargas Após Grandes Perturbações: Um Processo de Desenvolvimento Continuado", XVIII SNPTEE, Outubro/2005, Curitiba (PR), Brasil.

(3) Paulo Gomes and Antonio P. Guarini, "Power Restoration Practices: The Brazilian Experience", X SEPOPE, Maio/2006, Florianópolis (SC), Brasil.

(4) Relatório Técnico ONS RE3 243/2004 – "Força Tarefa 2 – Auto-restabelecimento (Black Start) – Usinas de Auto-restabelecimento Integral Existentes e Novas a serem Incorporadas no SIN", 22/09/2004

(5) Relatório Técnico ONS RE3 031/2007 - "Estudos pré-operacionais para integração ao SIN do Compensador Estático de São Luis II", 02/2007.

(6) Relatório Técnico ONS RE3 005/2008 "Estudos Pré-Operacionais para Operação do Sistema Mato Grosso com Todos os Bancos de Capacitores Série no Tronco de 230kV Entre Itumbiara e Rondonópolis", 01/2008.