



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO -X**

**GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS**

**ESTUDOS DE VIABILIDADE DE TRANSMISSÃO EM EATCA/UATCA A LONGAS DISTÂNCIAS**

**Roberto Vaisman(\*), Glória Suzana G. Oliveira,  
Ricardo P. Dutt-Ross, Francisco M. S. Carvalho,  
Rogério M. de Azevedo, Alberto José S. Junqueira,  
Fernando C. Dart  
CEPEL**

**Osvaldo Luiz. C. de Otero  
PUC**

**Thiago Guilherme. F. Prado  
MME**

**RESUMO**

Neste Informe Técnico será apresentado, inicialmente, o estado da arte de alguns sistemas de transmissão em EATCA e UATCA no mundo que, por suas características, podem fornecer indicações de possíveis soluções aos problemas encontrados na transmissão a longa distância no Brasil. Em seguida será feita uma análise do arranjo de barramentos a ser utilizado, permitindo examinar de forma mais acurada a confiabilidade e a continuidade de serviço do tronco de transmissão. Finalmente serão apresentados os resultados de estudos de transitórios eletromagnéticos de rejeição de carga, de energização e religamento de linha, e de aplicação e eliminação de defeitos.

**PALAVRAS-CHAVE**

Transmissão a longa distância, Extra Alta Tensão, Corrente Alternada, Transitórios Eletromagnéticos

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os estudos para integração das usinas do Rio Madeira ao Sistema Interligado Nacional, realizados ao longo do 1º semestre de 2008, indicaram três alternativas de transmissão, a saber: Alternativa CC, constituída de dois bipolos de corrente contínua em  $\pm 600$  kV, Alternativa Híbrida, constituída de 1 bipolo de corrente contínua em  $\pm 600$  kV e de 2 linhas de transmissão paralelas em corrente alternada em 500 kV, e a Alternativa CA, constituída por 3 circuitos paralelos em corrente alternada em 765 kV.

No decorrer destes estudos, verificou-se que o escoamento da energia destas usinas por meio de um sistema de transmissão em 765 kV apresentou problemas que, pelo exíguo tempo disponível para análise, não puderam ser solucionados a contento, de forma a viabilizar esta alternativa. Dificuldades deste tipo já haviam sido detectadas por ocasião de estudos realizados no âmbito da CPTA – Comissão de Planejamento da Transmissão da Amazônia – para sistemas de extra alta tensão, que, no entanto, não foram aprofundadas devido à interrupção do projeto.

Nos próximos anos outros sistemas com as mesmas características, transmissão de elevados blocos de potência a longas distâncias, serão implementados no Brasil, como por exemplo, o sistema de transmissão associado à UHE de Belo Monte, e demandarão estudos semelhantes aos efetuados para o aproveitamento da energia do Rio Madeira. Sendo assim, o trabalho apresentado neste informe técnico propõe aprofundar algumas questões envolvendo a transmissão em Extra/Ultra Alta Tensão em Corrente Alternada (EATCA/UATCA), subsidiando, desta forma, a análise de atratividade e competitividade desta tecnologia frente às demais alternativas possíveis de serem empregadas em sistemas desta natureza.

O sistema analisado nos estudos descritos nos itens a seguir, mostrado na Figura 1, toma como base a configuração e os dados utilizados no sistema de transmissão de 765 kV do Madeira [1], composto por três

(\*) Av. Horácio Macedo, 354 – Cidade Universitária – CEP 21941-911, Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Tel: (+55 21) 2598-6387 – Fax: (+55 21) 2270-4189 – Email: vaisman@cepel.br

circuitos em paralelo com sete trechos de linha cada um. Cada circuito tem um comprimento total de aproximadamente 2400 km e oito subestações. Todos os trechos de linha têm compensação série ao redor de 70% e compensação em derivação de 80% e todas as barras intermediárias (SE2 até SE7) estão providas de reatores manobráveis. As SEs 3, 5 e 7 possuem compensadores estáticos.

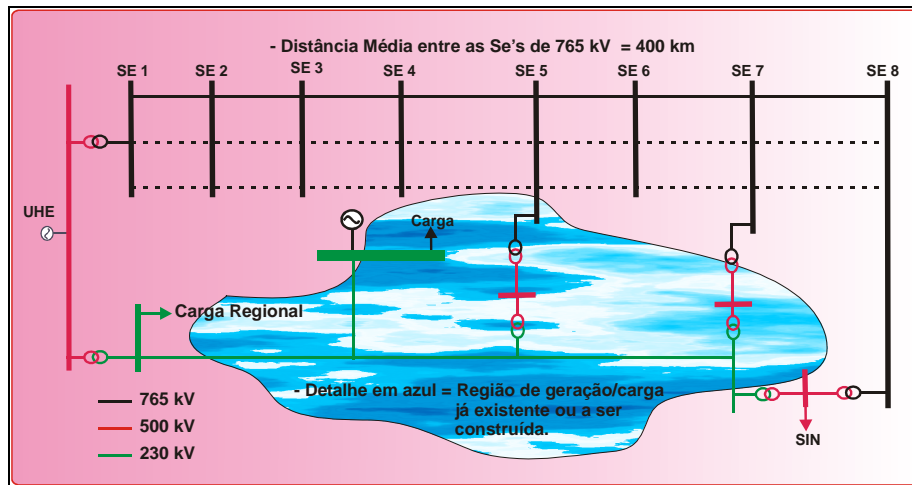


Figura 1 – Configuração Básica do Sistema Estudado

A configuração em linha cheia representa a etapa inicial do estudo, para a qual foi dirigida a maior parte das investigações, visto que é de se esperar que seja nesta fase que ocorra a maior parte dos problemas operacionais.

## 2.0 - ESTADO DA ARTE

O objetivo deste item é apresentar o estado da arte de alguns sistemas de transmissão em EATCA e UATCA no mundo que, por suas características, possam fornecer indicações de possíveis soluções aos problemas encontrados na transmissão a longa distância no Brasil. Foram selecionados os seguintes sistemas:

- Sistema UATCA da Índia.
- Sistema UATCA da China.
- Sistema UATCA do Japão.
- Sistema EATCA do Vietnã.
- Sistema EATCA da Hydro-Quebec.
- Sistema EATCA da American Electric Power.
- Sistema EATCA da Coreia do Sul.

Outros sistemas foram pesquisados, porém as informações coletadas foram insuficientes ou de pouca relevância para os estudos em questão.

Dos sistemas pesquisados, conclui-se que alguns dos métodos empregados para solucionar os problemas de sobretensão encontrados podem ser também utilizados no sistema de transmissão analisado. Dentre eles destacam-se:

- Utilização de pára-raios de óxido metálico com alta capacidade de absorção de energia;
- Emprego de proteção contra sobretensões, instalada nos terminais das linhas de transmissão, para comandar a abertura destas linhas quando em vazio por ocasião de rejeição de carga;
- Emprego de transferência de disparo para promover a abertura de um ou mais trechos de linhas de transmissão.

Observa-se, também, que nenhum dos sistemas UATCA e EATCA pesquisados apresenta as mesmas características do sistema estudado, que por sua extensão e potência transmitida (6300 MW) irá requerer soluções inovadoras no sistema brasileiro para sua viabilização.

## 3.0 - ARRANJO DE BARRAMENTOS

Uma característica importante destinada a verificar os limites da aplicabilidade da corrente alternada na transmissão de grandes blocos de potência a longas distâncias é a capacidade do tronco de transmissão de preservar a estabilidade dos sistemas interligados durante distúrbios, de acordo com os critérios de planejamento. Desta forma, a representação da subestação simplesmente como um ponto (nó) de convergência de circuitos pode levar a conclusões que eventualmente impactem de forma desfavorável a alternativa em exame.

Nestas condições, o arranjo de barramentos (esquema de chaveamento) utilizado deve ser levado em conta, permitindo examinar de forma mais acurada a confiabilidade e a continuidade de serviço do tronco de transmissão em análise, frente à possibilidade de ocorrência de defeitos nas diferentes subestações que possam retirar de serviço todos os circuitos de entrada (ou todos os de saída), causando a rejeição total da carga (separação dos sistemas interligados).

Foram pesquisadas na literatura referências sobre o tema, tendo-se selecionado para análise arranjos apresentados no artigo [2], bem como o tradicional arranjo de disjuntor e meio adotado para EAT no Brasil. Foram examinados arranjos com três circuitos de entrada e três de saída. Não obstante, diante da possibilidade de que o sistema possa ter uma quantidade de circuitos diferente, propõe-se também uma alternativa ao arranjo de disjuntor e meio que não permite a retirada simultânea de serviço de dois circuitos de entrada ou dois de saída, evitando assim a rejeição total de carga em um tronco de transmissão com apenas dois circuitos.

As sobretensões impostas aos equipamentos terminais da LT durante rejeição de carga e a energia a ser dissipada pelos pára-raios são influenciadas pelo número de circuitos em serviço antes da contingência e pela quantidade de circuitos abertos durante o evento. Da mesma forma, a quantidade de circuitos em serviço e posteriormente abertos é fundamental para a análise da estabilidade do sistema. Assim sendo, os arranjos foram analisados quanto ao número de circuitos desligados como decorrência do defeito estudado e da sequência de eventos considerada, em três diferentes condições operativas (operação normal, disjuntor em manutenção e barra em manutenção), para as seguintes contingências:

- Defeito em um circuito sem falha de disjuntor.
- Defeito em uma barra sem falha de disjuntor.
- Defeito em um circuito com falha de disjuntor.
- Defeito em uma barra com falha de disjuntor.

Em nenhum dos casos foi levada em conta a possibilidade de defeitos simultâneos ou subsequentes no isolamento das barras ou dos equipamentos, em função de condições atmosféricas ou elétricas não previstas nos estudos. Da mesma forma, supõe-se que o sistema de proteção opera de maneira confiável e seletivamente, não devendo ser abertos disjuntores que não os necessários ao isolamento do elemento faltoso.

Os arranjos considerados para a análise foram os seguintes:

- Barra dupla com barras seccionadas e interligadas (anel de barras em 4 seções).
- Arranjo de disjuntor duplo tradicional.
- Adaptação do arranjo de anel de barras.
- Arranjo de disjuntor e meio tradicional.

As principais conclusões são:

- O arranjo de disjuntor e meio apresenta a maior confiabilidade, medida pelo quesito de número de circuitos fora de serviço. É praticamente insensível a defeitos nos barramentos, visto que os disjuntores de interligação (vãos centrais) permitem o escoamento do fluxo de potência do circuito de entrada para o de saída, sem necessidade de passagem através dos barramentos. Por isso mesmo, seu pior desempenho ocorre quando de manutenção no disjuntor central, caso em que dois circuitos (sejam de saída ou de entrada) poderão ser retirados de serviço.
- Para um tronco com três circuitos, não foi possível estabelecer qualquer condição em que uma SE com arranjo de disjuntor e meio tivesse todos os circuitos de suprimento (entrada ou saída) retirados de serviço, não sendo, pois, possível prever a ocorrência da condição de rejeição total de carga. O número máximo de circuitos de entrada ou saída que podem sair de serviço simultaneamente é de dois.
- Para um tronco de transmissão constituído apenas de dois circuitos, o arranjo de disjuntor e meio não pode evitar a possibilidade de rejeição total da carga, em caso de manutenção do disjuntor central. O arranjo propostos na Figura 2 permite sanar este inconveniente, as expensas do acréscimo de custo para implantação da SE, acarretado pelo aumento da quantidade de equipamentos, estruturas e barramentos necessários para realização física do arranjo.

#### 4.0 - ESTUDOS DE REJEIÇÃO DE CARGA

Para o sistema inicial de estudo, com apenas um circuito para escoamento da geração da UHE, a principal conclusão apresentada no estudo de estabilidade eletromecânica [3] foi a necessidade de implantar esquemas especiais, como corte de geração, para suportar contingências no tronco de transmissão, notadamente, quando da abertura de qualquer trecho de linha. Este esquema foi necessário para as duas configurações analisadas: com uma rede paralela ao longo do tronco principal (Figura 3), para evitar instabilidades no sistema interligado, e com uma rede de 230 kV ligada à UHE alimentando apenas cargas regionais, para evitar sobrefrequência nesta rede local (Figura 4).

Figura 3 – Diagrama do sistema de transmissão com conexão intermediária na SE5

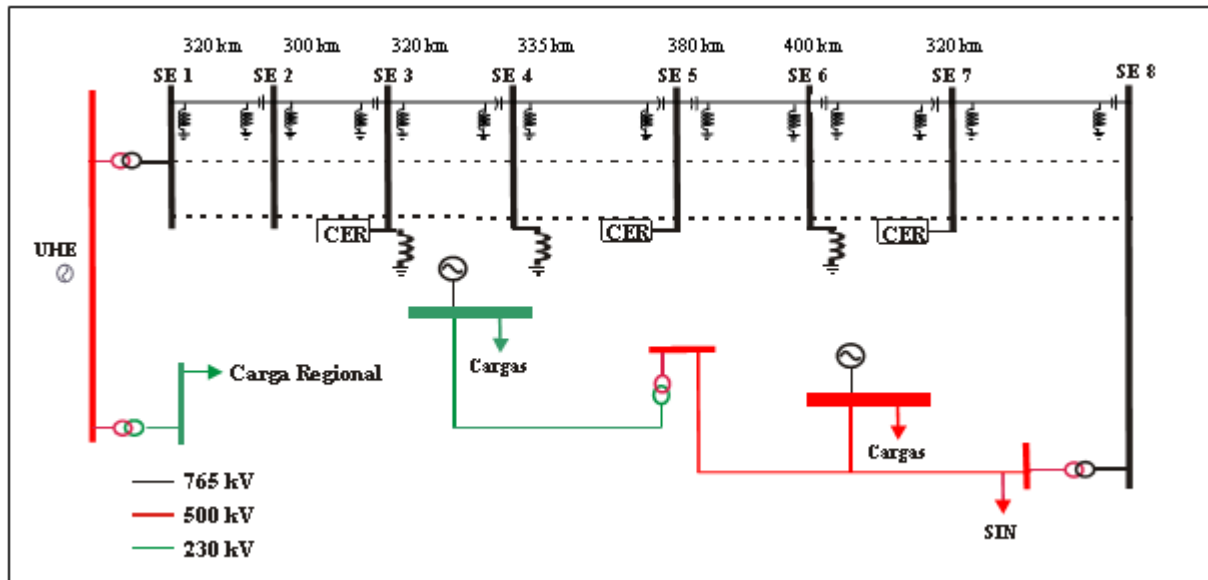


Figura 4 – Diagrama do sistema de transmissão ponto-a-ponto

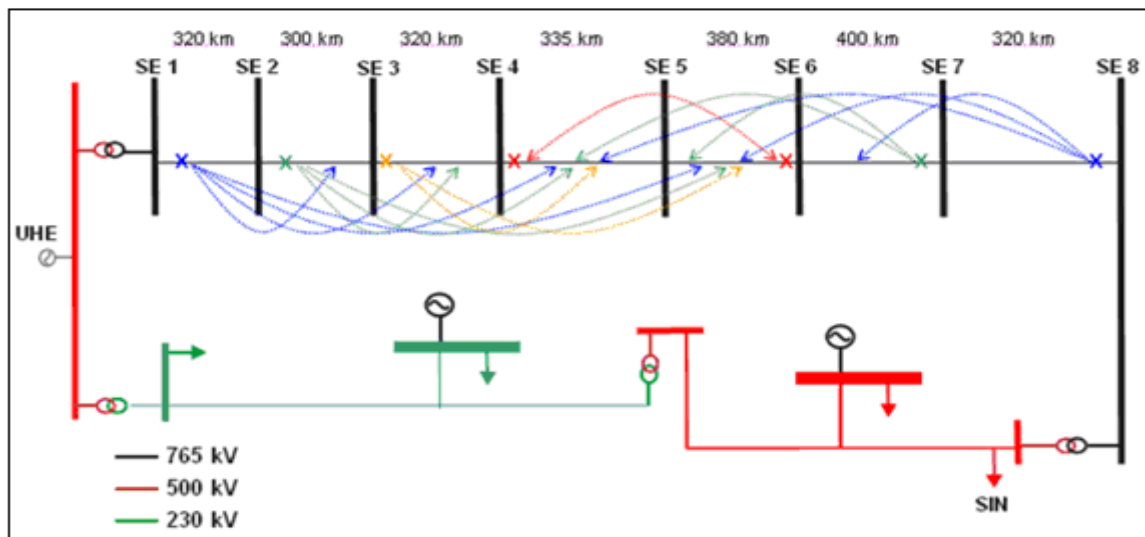


Figura 5 – Indicação das transferências de disparo em função do trecho rejeitado para a configuração ponto-a-ponto

As principais conclusões são:

- Os resultados obtidos para ambas as configurações apresentam um comportamento semelhante, ou seja, a abertura de um determinado trecho de linha implica em elevadas sobretensões temporárias e, dependendo do trecho, absorção contínua de energia pelos para-raios. Observa-se também que estas condições críticas são dependentes do comprimento de linha que permanece energizado após a rejeição e do grau de compensação reativa associado a este trecho. A potência transmitida também tem impacto nestas sobretensões, uma vez que há mudança na configuração da compensação reativa quando esta varia.
- Como forma de controle das sobretensões temporárias e absorção contínua de energia dos para-raios, é necessária a implementação de sistema de proteção com transferência de disparo que determina a abertura de circuitos adjacentes ao trecho rejeitado.
- Observa-se que, ao ser adotado este procedimento, a presença de defeito monofásico não altera significativamente os resultados, uma vez que a principal consequência da manobra de rejeição é a sobretensão temporária.
- Outro aspecto importante observado é a modelagem dos equipamentos de geração e compensação estática, principalmente quanto à sua atuação dinâmica. A análise das simulações mostra que a representação da compensação reativa e a atuação dos compensadores estáticos influenciam significativamente os resultados, principalmente, quanto às sobretensões temporárias e, conseqüentemente, na absorção de energia pelos para-raios.

- Quanto à representação dos geradores da UHE, a comparação entre os modelos de fonte ideal+impedância de curto-circuito e de máquina síncrona (Tipo 59 do ATP) mostra pequenas diferenças nos resultados, sendo o modelo mais simples, o mais conservativo. Esta tendência também se aplica em relação à modelagem do controle de tensão. É interessante observar que quando se utiliza o modelo de máquinas, a simulação de transitórios eletromagnéticos também fica sujeita às oscilações eletromecânicas, sendo necessária a implementação de esquema de corte de geração nestas simulações.

## 5.0 - ESTUDOS DE ENERGIZAÇÃO E RELIGAMENTO DE LINHA

Neste item são apresentados os resultados das simulações de transitórios eletromagnéticos efetuadas no sentido de analisar a viabilidade de se fazer a energização e o religamento tripolar das linhas de transmissão que compõem o sistema EATCA de 765 kV analisado, e, além disto, ter uma indicação do que se pode esperar, de forma geral, para outros sistemas EATCA que apresentem características similares. Como “característica similar”, pode-se entender, por exemplo, o alto grau de compensação reativa obtida através da grande quantidade de reatores em derivação e compensadores estáticos aplicados ao sistema estudado. Esta compensação reativa elevada contrabalança a geração de reativos vinda das linhas de transmissão longas e de grande capacidade de transmissão, do ponto de vista dos eventos analisados neste trabalho.

Em busca de resultados conservativos, estas simulações foram realizadas com o programa ATP – Alternative Transients Program [4], considerando o sistema de transmissão em sua configuração inicial, com apenas um circuito para escoamento da potência obtida nos Centros de Geração (UHE) até os Centros de Carga.

Foram observadas as sobretensões transitórias nos terminais e ao longo das linhas de transmissão (a 1/4, 2/4 e 3/4 do comprimento da LT) e a energia dissipada pelos para-raios instalados nas entradas destas linhas nas subestações. Foram medidos os valores máximos e a distribuição estatística, tanto das sobretensões transitórias nos terminais e ao longo das linhas de transmissão, como das energias dissipadas pelos para-raios. As condições para energização a 60 Hz estão apresentadas em [3], onde se definiu o número de máquinas (e, também, a compensação reativa) a partir do qual a energização do sistema de transmissão pode ser feita sem problemas.

As sobretensões (olhadas de forma determinística ou estatística) não devem causar o desligamento (provocando uma falha) da própria linha de transmissão que está sendo manobrada (energização ou religamento tripolar), nem serem prejudiciais aos equipamentos terminais. As energias dissipadas pelos para-raios, por ocasião das referidas manobras, devem ser inferiores à sua capacidade de dissipação, de forma que estes equipamentos não sejam danificados. Na situação em que o curto-circuito é mantido até a execução da manobra, a linha de transmissão será, de qualquer forma, desligada por sua proteção. Nestes casos, é observada apenas a dissipação de energia nos para-raios e a ação das sobretensões sobre os equipamentos terminais, não se preocupando com o desempenho da linha.

As principais conclusões são:

- Os disjuntores das linhas de transmissão deverão ser providos de resistores de fechamento. No presente estudo foram considerados resistores de fechamento com valor de 400 ohms, com um tempo médio de inserção de 10 ms, mas outros valores poderão ser considerados quando da implantação de um sistema similar ao estudado, mediante análise específica. Os valores adotados são empregados em disjuntores aplicados no sistema de transmissão brasileiro. Estes resistores foram também utilizados nos estudos R2 do sistema de transmissão da alternativa 765 kV CA do Rio Madeira [1].
- As energias dissipadas pelos para-raios (instalados nos terminais das linhas de transmissão), encontradas nas simulações, não foram elevadas. São, em todos os casos simulados, inferiores ao valor suportado pelos para-raios (8 MJ). Nos casos de energização sem falta e com falta os maiores valores encontrados foram de 0,63 MJ e 1,23 MJ, respectivamente. Nos casos de religamento tripolar com sucesso e sem sucesso os maiores valores encontrados foram de 1,16 MJ e 2,10 MJ, respectivamente.
- Considerando-se as sobretensões transitórias (medidas nos terminais e ao longo das linhas de transmissão), as manobras de energização, realizadas no presente estudo, poderão ser efetuadas, pois não deram origem a valores elevados das referidas variáveis. Nas manobras de energização sem falta não foram registradas tensões superiores às suportáveis pelas linhas de transmissão, nem pelos equipamentos terminais. Nas manobras de energização com falta, as tensões sobre os equipamentos terminais não foram elevadas.
- A possibilidade de se efetuar o religamento tripolar de linhas de transmissão é vista, inicialmente, observando-se a estabilidade eletromecânica dos sistemas que são interligados através das linhas em estudo, quando da abertura das mesmas (uma de cada vez, quando se têm várias LTs em série formando o sistema). Observa-se se os dois sistemas (de um lado e de outro da linha a ser religada) mantêm-se em condições de estabilidade, de frequência e de tensão apropriadas (um lado em relação ao outro lado) para se efetuar a manobra de religamento tripolar. É por esta razão que, normalmente, não se ativa o religamento tripolar quando se tem um único circuito interligando dois sistemas diferentes (como é o caso da etapa inicial do sistema estudado). Nestas circunstâncias, se a interligação através de um único circuito for definitiva, pode-se recomendar a utilização de religamento monopolar, já que a maior parte das falhas que acontecem nas linhas de transmissão ocorre entre uma das fases e a terra.

- Nos estudos de fluxo de potência e estabilidade [3] e de transitórios eletromagnéticos relativos à rejeição de carga (item 4.0) observou-se que, para o sistema com a configuração inicial, com apenas um circuito entre a SE1 e a SE8, é necessária a adoção de esquemas especiais de proteção (corte de geração e transferência de disparo para mais de uma linha de transmissão adjacente à LT desligada inicialmente), quando da abertura de qualquer uma das LTs. A utilização destes esquemas especiais de proteção torna imprópria a ativação do religamento tripolar. Assim sendo, com base nos resultados dos dois estudos citados, o religamento tripolar não poderá ser adotado, quando o sistema operar no estágio inicial, em que se tem um único circuito entre a SE1 e a SE8.
- O religamento tripolar poderá ser adotado quando o sistema estudado passar a operar com dois ou mais circuitos em paralelo entre as SE1 e a SE8. Gradativamente, na medida em que o sistema de transmissão passa para os estágios seguintes ao inicial, as manobras de energização e religamento tripolar de linhas de transmissão ficam mais favoráveis, do ponto de vista das sobretensões transitórias.
- Em síntese, as sobretensões transitórias advindas das manobras de energização e religamento tripolar, no sistema estudado, e suas consequências (dissipação de energia nos para-raios instalados nos terminais das LTs), não foram elevadas. Ou seja, estas manobras não constituem um impedimento para se considerar a construção de um sistema com características similares ao analisado neste trabalho, desde que uma compensação reativa apropriada seja adotada para o mesmo.

## 6.0 - ESTUDOS DE APLICAÇÃO E ELIMINAÇÃO DE DEFEITO

Este item apresenta os resultados das simulações de transitórios eletromagnéticos, provocados pela aplicação e eliminação de curtos-circuitos fase-terra nos barramentos das subestações de um sistema EATCA, de 765 kV, efetuadas com o programa ATP – Alternative Transients Program [4]. Ressalta-se, entretanto, que os resultados aqui obtidos não deverão ser generalizados. Estes resultados poderão ser diferentes, dependendo das características elétricas dos diferentes componentes do sistema estudado.

As simulações foram realizadas com o sistema de transmissão, em sua configuração final, com três circuitos para escoamento da potência, conforme mostrado na Figura 1.

Foram observadas as sobretensões transitórias que se desenvolvem nos barramentos das subestações e a energia dissipada pelos para-raios instalados nas entradas de linhas destas mesmas subestações (foram medidos nas simulações os valores máximos apresentados pelas duas variáveis citadas). Especificamente, as sobretensões transitórias, olhadas de forma determinística, não devem provocar uma segunda falha (ou mais falhas) na subestação em que ocorreu o primeiro curto-circuito fase-terra. As energias dissipadas pelos para-raios, por ocasião da aplicação e eliminação dos curtos-circuitos, devem ser inferiores à sua capacidade de dissipação, de forma que estes equipamentos não sejam danificados. Recentemente, ocorrências no sistema elétrico brasileiro, que tiveram origem na subestação de Itaberá 765 kV, de FURNAS, apresentaram a sequência de eventos descrita acima (uma falha inicial, com outras falhas subsequentes), conforme referências [5, 6].

Foi considerado, para as subestações do sistema EATCA de 765 kV estudado, um arranjo de barramentos do tipo disjuntor e meio. Nesta configuração de barramento (Figura 6), caso aconteça, por exemplo, uma falha fase-terra na fase **a**, da Barra B da subestação, enquanto existir esta falha, as fases **b** e **c** (fases sãs) terão sua tensão elevada. Quando a falha da fase **a** for eliminada, pela atuação da proteção diferencial da Barra B, através da abertura dos disjuntores DJ 3, DJ 6 e DJ 9, ocorrerá também uma elevação de tensão na fase **a** que estava em falha. Nesta situação, todas as seis linhas, ligadas à subestação onde se aplicou a falha, devem continuar em operação, através da Barra A. Para que isto aconteça, é necessário que não ocorra uma segunda falha.

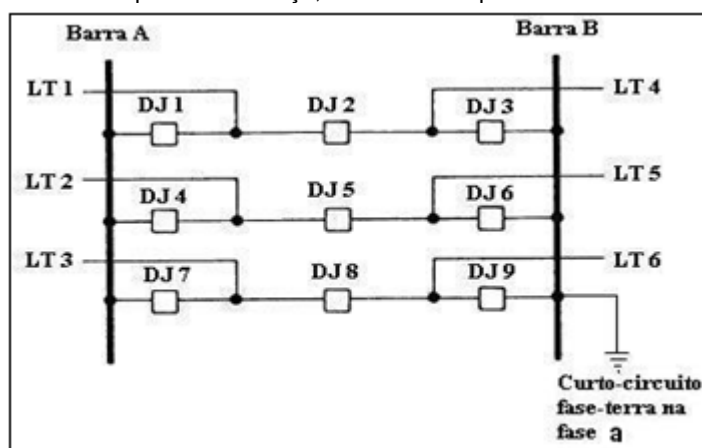


Figura 6 – Arranjo de barramento considerado para as subestações de 765 kV, do tipo disjuntor e meio

Para se buscar o valor máximo das sobretensões transitórias, os curtos-circuitos fase-terra foram aplicados na fase **a**, dos barramentos de cada uma das subestações de 765 kV, de forma sistemática. O instante de aplicação do

curto-circuito fase-terra foi variado, “varrendo-se” um ciclo completo de 60 Hz, da onda de tensão da fase **a**, conforme mostrado na Figura 7. Ao longo do ciclo de tensão considerado foram feitas 20 aplicações, desde um zero de tensão inicial até um zero de tensão final (com a onda de tensão passando por um zero intermediário e pelos máximos positivo e negativo). Considerou-se que o comando para eliminação do curto-circuito fase-terra acontece 50 ms, após a aplicação do mesmo. As condições mais severas, encontradas entre as 20 aplicações de curtos-circuitos fase-terra, feitas de forma sistemática, foram reproduzidas de forma determinística.

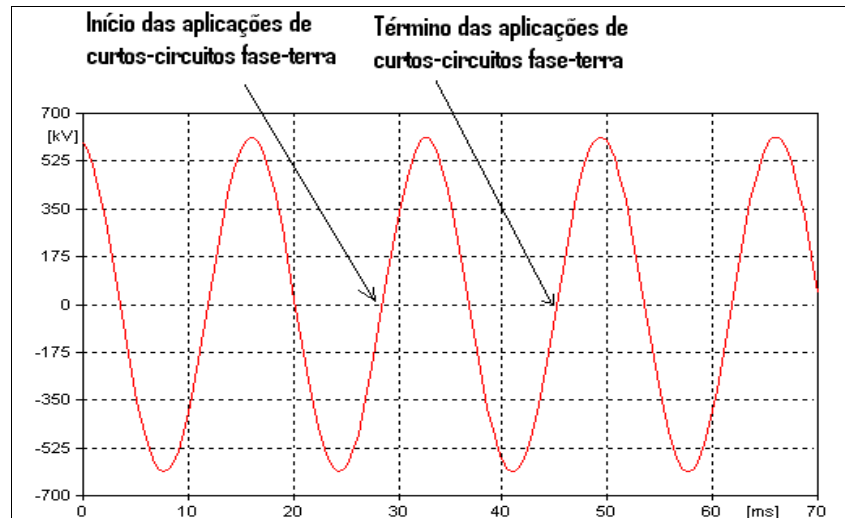


Figura 7 – Ciclo completo, de 60 Hz, da onda de tensão, ao longo do qual foram feitas, de forma sistemática, as 20 aplicações de curtos-circuitos fase-terra (fase **a**)

Foram adotados para-raios de óxido de zinco (ZnO) de 612 kV de tensão nominal, com capacidade de dissipação de energia de 13 kJ/kV da tensão nominal, ou seja, com capacidade total de dissipação de energia de, aproximadamente, 7956 kJ. Este valor de dissipação de energia (13 kJ/kV) é encontrado, comumente, nos para-raios de óxido de zinco empregados no sistema de transmissão brasileiro de EATCA.

Comparando-se os resultados obtidos com a suportabilidade dos equipamentos e com a capacidade de dissipação de energia dos para-raios, conclui-se que, tanto as sobretensões transitórias máximas, como as energias dissipadas pelos para-raios não são elevadas. Portanto, as manobras de aplicação e eliminação de curtos-circuitos fase-terra não se mostraram problemáticas para o sistema estudado.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Estudos para Licitação da Expansão da Transmissão – Detalhamento da Alternativa de Referência – Relatórios R2 – Estudos para Definição das Características Básicas do Sistema de Transmissão das Usinas do Madeira – Alternativa CA, Relatório EPE-DEE-RE-120/2008, Setembro de 2008.
- (2) Electric Power Transmission at Voltages of 1000 kV AC or  $\pm$  600 kV DC and Above – Network Problems and Solutions Peculiar to UHV AC Transmission", Electra n°. 122.
- (3) Ricardo Penido Dutt-Ross e outros - "Estudo de Sistemas Elétricos Envolvendo a Alternativa de Transmissão em 765kV para o Transporte de Grandes Blocos de Energia" – XXI Seminário Nacional de produção e Transmissão de Energia Elétrica, Florianópolis, Santa Catarina, Outubro 23-26, 2011.
- (4) Alternative Transients Program (ATP) Rule Book, Leuven EMTP Center (LEC), July 1987.
- (5) Rogério Magalhães de Azevedo, Francisco M. Salgado Carvalho e outros - Insulation Coordination Study based on Fault Initiation and Fault Clearing Overvoltages at the 765 kV Itaberá Substation, 2008 International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE 2008), Chongqing, China, November 9-13, 2008.
- (6) Rogério Magalhães de Azevedo, Francisco M. Salgado Carvalho e outros – Estudo de Coordenação de Isolamento baseado em Sobretensões Provocadas por Aplicação e Eliminação de Defeitos, e sua Relação com Chuvas Intensas, XX Seminário Nacional de produção e Transmissão de Energia Elétrica (XX SNTPEE), Recife, Pernambuco, Novembro 22-25, 2009.



## DADOS BIOGRÁFICOS

- Roberto Vaisman

- Nascido no Rio de Janeiro em 1953

- Formado em Engenharia Elétrica em 1975 pelo Instituto Militar de Engenharia. Recebeu o título de Mestre em Ciências em Sistemas de Potência em 1981 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desde Dezembro de 1986 é pesquisador do CEPEL atuando na área de transitórios eletromagnéticos e coordenação de isolamento de linhas e subestações. Foi representante do CEPEL na elaboração da norma ABNT de coordenação de isolamento. Um dos autores do livro "Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento – Aplicação em Sistemas de Potência de Alta Tensão", publicado FURNAS e editado pela Universidade Federal Fluminense.