



GSC/019

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO X
GRUPO DE ESTUDO DE SOBRETENSÕES E COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTOS (GSC)

A OPERAÇÃO DE BANCOS DE CAPACITORES E REATORES MANOBRÁVEIS E OS CUSTOS E RISCOS ASSOCIADOS PARA AS EMPRESAS DE TRANSMISSÃO

Antonio Roseval F. Freire *

COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO – CHESF

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma análise dos aspectos técnicos e econômicos referentes à disponibilização dos bancos de capacitores e reatores manobráveis para o controle de tensão da Rede Básica, enfocando os reflexos em termos de custos e riscos para as empresas de transmissão, no novo ambiente do setor elétrico brasileiro. Dependendo do regime de utilização desses equipamentos, será necessário compensar financeiramente as empresas de transmissão para cobrir os acréscimos de custos e riscos, associados às sobretensões e sobrecorrentes transitórias resultantes das manobras e ao desgaste elétrico e mecânico dos equipamentos. Esta compensação financeira também seria um sinal econômico adequado para a definição de estratégias de controle de tensão otimizadas.

PALAVRAS-CHAVE

Controle de tensão, Bancos de capacitores, Reatores, Transitórios, Custos das manobras.

1.0 – INTRODUÇÃO

As mudanças ocorridas no setor elétrico, incluindo a reestruturação institucional, a desverticalização da indústria de energia elétrica e a criação e implantação do Operador Nacional do Sistema (ONS), causaram um profundo impacto nos processos da operação das grandes empresas de transmissão (1), (2), levando a uma necessidade de reorganização dos processos tendo em vista suas novas funções, atribuições e responsabilidades.

No novo ambiente a operação do sistema em tempo real, incluindo a coordenação, supervisão e controle, o planejamento da operação elétrica de curto e médio prazo e o plano de ampliações e reforços da Rede Básica, estão sob a responsabilidade do ONS. Por outro lado, as empresas de transmissão são

proprietárias dos ativos de transmissão e disponibilizam para o ONS as instalações da Rede Básica, incluindo os reatores e bancos de capacitores manobráveis, tendo a responsabilidade de operar e manter estas instalações de acordo com os Procedimentos de Rede. Pela disponibilização desses equipamentos as empresas de transmissão recebem uma receita fixa e regulada, e são submetidas a penalizações financeiras pelas indisponibilidades, programadas ou não, dos ativos disponibilizados.

Neste contexto o ONS tem a responsabilidade de definir as estratégias e elaborar as diretrizes operativas para o controle de tensão. Para a realização deste controle, além de outros equipamentos e recursos, são utilizados os bancos de capacitores e reatores manobráveis, cuja disponibilidade é responsabilidade da empresa de transmissão. A questão é que a estratégia de controle de tensão influencia o regime de utilização dos reatores e bancos de capacitores em termos de quantidade de manobras e, por consequência, também afeta de forma importante os riscos de indisponibilidade e os custos de O&M desses equipamentos.

Este trabalho apresenta uma análise desta questão, incluindo pontos de vista técnicos e econômicos, bem como sugere mecanismos que permitiriam uma compensação financeira para as empresas de transmissão, pelos custos e riscos adicionais decorrentes de um número elevado de manobras, gerando sinais econômicos adequados para a definição de uma estratégia de controle de tensão otimizada.

2.0 – CONTROLE DE TENSÃO

2.1. Estratégias e objetivos

O controle de tensão tem como objetivo manter as tensões nas diversas barras do sistema, dentro dos

limites requeridos, considerando as variações da carga e os desligamentos programados ou não de componentes do sistema, através do controle da produção, da absorção e do fluxo de potência reativa em todos os níveis do sistema.

Normalmente os recursos utilizados para a execução do controle de tensão são os geradores, bancos de capacitores e reatores manobráveis, compensadores síncronos, compensadores estáticos e comutadores em carga de transformadores. O regime e grau de utilização dos recursos dependem da estratégia de controle de tensão adotada, que por sua vez depende das características do sistema de transmissão e do tipo, capacidade e custos dos recursos disponíveis.

As estratégias de controle de tensão contidas nas diretrizes operativas, geradas pelos estudos de planejamento da operação elétrica, devem buscar uma operação eficiente e confiável do sistema, atendendo um ou mais dos seguintes objetivos :

- Maximizar a reserva de potência reativa do sistema, minimizando o carregamento dos equipamentos de compensação ativa como geradores e compensadores síncronos ou estáticos.
- Manter as tensões do sistema dentro de limites aceitáveis.
- Atender as tensões especificadas para as barras de carga.
- Minimizar as perdas de transmissão.
- Minimizar o custo de operação da Rede Básica.

Os objetivos relacionados acima são algumas vezes conflitantes, principalmente quando se deseja minimizar o número de manobras de reatores e bancos de capacitores. Por exemplo, para maximizar a reserva de potência reativa pode ser necessário elevar o número de manobras de bancos de capacitores e reatores. Além disso, com a definição e regulamentação dos serviços auxiliares de suporte de tensão e potência reativa, a necessidade de redução dos custos de provimento deste serviço poderão resultar em estratégias de controle de tensão com um número elevado de manobras de bancos de capacitores e reatores.

2.2. Exemplo prático

A área Sudoeste do sistema de transmissão da CHESF é um sistema radial com 926km de linhas de transmissão em 230kV, da barra fonte para a última barra de carga. A curva de carga desta área é caracterizada por picos e vales, com uma demanda máxima de 360 MW e mínima de 180 MW. Os recursos disponíveis para o controle de tensão são cinco reatores manobráveis em 230kV, instalados em três subestações, e dois compensadores síncronos de $-15/+30$ Mvar $-13,8$ kV, além da tensão na barra fonte que é controlada através do comutador em carga de dois autotransformadores de 500/230kV -300 MVA.

A estratégia inicial adotada para o controle de tensão considerou como objetivos o atendimento dos limites

de tensão especificados e minimizar o carregamento dos compensadores síncronos para atender contingências. Esta estratégia causou um elevado número de manobras de reatores. Após uma reavaliação das necessidades de reserva de potência reativa foram implantadas algumas medidas operativas, incluindo a ampliação da faixa de potência reativa para operação dos compensadores síncronos, de $-5/+10$ Mvar para $-10/+20$ Mvar.

A Figura 1 apresenta um gráfico do número de manobras por semana, total e para o reator com maior frequência de manobras (IRE 04E1), resultante do acompanhamento da operação no período de 29/07/2000 a 06/10/2000. As medidas operativas para redução do número de manobras foram implantadas a partir da semana 6.

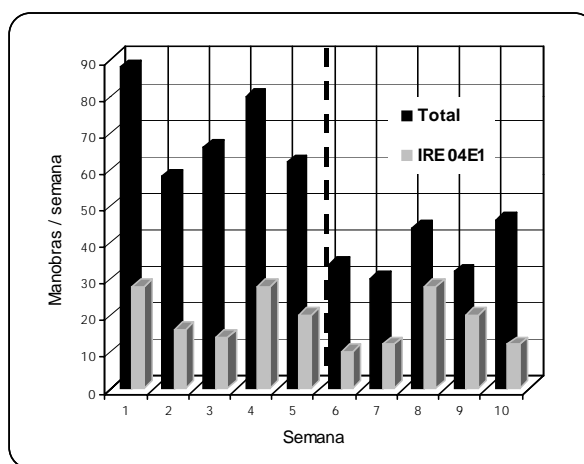


FIGURA 1 – Número de manobras de reatores 230kV da área Sudoeste.

Este exemplo prático mostra como a estratégia de controle de tensão afetou o regime de operação dos reatores manobráveis. A alteração implantada permitiu uma redução significativa do número total de manobras, da ordem de 47%, e do número de manobras do reator 04E1, da ordem de 23%.

3.0 – RISCOS ASSOCIADOS ÀS MANOBRAS

3.1. Manobra de bancos de capacitores

Na manobra de bancos de capacitores podem ser geradas sobretensões e sobrecorrentes transitórias de alta frequência (3),(4). A magnitude e amortecimento das sobretensões e sobrecorrentes transitórias dependem dos seguintes fatores :

- Tensão pré-manobra na barra do banco de capacitores manobrado.
- Carga residual armazenada no banco de capacitores no instante da manobra.
- Características do sistema de transmissão e dos bancos de capacitores previamente energizados.
- Características do banco de capacitores manobrado.

- Características dos equipamentos de manobra tais como dispersão entre pólos e evolução da tensão suportável entre terminais.
- Instante de fechamento ou abertura de cada pólo com relação à onda de tensão.
- Recursos utilizados para controle das sobretensões e sobrecorrentes transitórias.

As manobras de energização e desenergização apresentam características e riscos envolvidos diferenciados. Dependendo da magnitude e amortecimento das sobretensões e sobrecorrentes transitórias resultantes da manobra, podem ocorrer os seguintes efeitos indesejáveis :

- Sobretensões fase-terra e entre fases elevadas, principalmente em barras remotas (4), podendo causar danificação de transformadores e pára-raios e descargas em isoladores.
- Atuação indesejada de proteções de sobrecorrente de fase e neutro no banco de capacitores manobrado ou outros previamente energizados na mesma barra.
- Sobretensões transitórias induzidas nos circuitos secundários de transformadores de corrente podendo causar atuações indesejadas de proteções ou falhas de isolamento.
- Alterações de características ou queima de fusíveis de bancos de capacitores.
- Degradação do isolamento ou queima de fusíveis internos de capacitores.
- Erosão dos contatos do equipamento de manobra pela condução de elevadas correntes durante o pré-arco. As solicitações térmicas envolvidas podem exceder aquelas originadas pela manobra em curto-circuito (5).
- Danificação de equipamentos, inclusive de manobra, pelo reacendimento do arco durante a manobra de desenergização.

Na manobra de abertura o disjuntor ou chave de abertura em carga poderá se danificado pela não interrupção do arco subsequente a um reacendimento ou pelas sobretensões resultantes. Geralmente o reacendimento provocará danos a equipamentos pois normalmente as instalações não são projetadas para suportar as solicitações decorrentes de um reacendimento, considerando que o reacendimento é um evento de baixa probabilidade. Entretanto, o desgaste provocado pelas manobras reduz a suportabilidade dielétrica entre terminais (6) e aumenta a probabilidade de ocorrência de um reacendimento.

Os bancos de capacitores integrantes de esquemas automáticos de chaveamento de reativos por sobretensão apresentam maior risco de reacendimento uma vez que a manobra de abertura em condições de sobretensão aumenta a tensão de restabelecimento e por consequência os riscos, assim como as sobretensões e sobrecorrentes resultantes de um reacendimento.

A suportabilidade dos equipamentos às solicitações de sobretensões e sobrecorrentes depende da frequência de manobras. Quanto mais elevada a frequência de

manobras, mais restritivos devem ser os critérios para estabelecimento dos limites de sobretensões e sobrecorrentes transitórias. De acordo com as normas técnicas de capacitores, o limite suportável de sobretensões e sobrecorrentes transitórias deve ser reduzido de 10% e 20%, respectivamente, quando a frequência de manobras aumenta de 40 para 400 manobras por ano.

3.2. Manobra de reatores

Na manobra de energização de reatores são geradas sobrecorrentes transitórias assimétricas de amplitude moderada, mas com baixo amortecimento. Também são geradas sobretensões transitórias de alta frequência nos terminais do reator manobrado durante a energização ou quando da ocorrência de reignições durante a abertura (7). A magnitude e amortecimento das sobretensões e sobrecorrentes transitórias dependem dos seguintes fatores :

- Tensão pré-manobra na barra do reator manobrado.
- Características do sistema de transmissão e do arranjo físico da instalação.
- Características do reator manobrado, incluindo aspectos de magnetização do núcleo e fluxo residual.
- Características do equipamento de manobra tais como dispersão entre pólos e evolução da tensão suportável entre terminais.
- Instante de fechamento ou abertura de cada pólo com relação à onda de tensão.

No caso de reatores as manobras de energização e desenergização também apresentam características e riscos envolvidos diferenciados. Dependendo da magnitude e amortecimento das sobretensões e sobrecorrentes transitórias resultantes da manobra, podem ocorrer os seguintes efeitos indesejáveis :

- Solicitações eletromecânicas nos enrolamentos do reator manobrado, com alterações físicas.
- Atuação indesejada de proteções de sobrecorrente de fase e neutro com desligamento automático de equipamentos.
- Desgaste elétrico e danificação de componentes internos das câmaras de interrupção dos equipamentos de manobra (7).
- Solicitações dielétricas ao isolamento entre espiras do reator manobrado, devido a distribuição de potencial no enrolamento ou a ocorrência de ressonância interna (7).
- Solicitações dielétricas ao isolamento para terra e entre terminais do equipamento de manobra (7).

Os reatores integrantes de esquemas automáticos de chaveamento de reativos por sobretensão são mais susceptíveis aos problemas citados uma vez que as solicitações aumentam com o aumento da tensão pré-manobra.

Quanto maior o número de manobras, maior o desgaste e envelhecimento das câmaras de interrupção dos equipamentos de manobra, com alterações importantes na suportabilidade dielétrica

entre terminais (6), aumentando os riscos de ocorrência de reignições durante as manobras de desenergização e, portanto, aumentando o desgaste dos equipamentos componentes da instalação.

3.3. Desgaste mecânico do equipamento de manobra.

Os componentes do mecanismo de acionamento e das câmaras de interrupção dos equipamentos de manobra, como disjuntores e chaves de manobra em carga, são sujeitos ao desgaste mecânico causado pelas operações de fechamento e abertura. De acordo com uma pesquisa internacional do CIGRE (8), mais de 40% das falhas de disjuntores ocorrem no mecanismo de acionamento, ou seja, são falhas mecânicas. Esta mesma pesquisa mostra que uma falha de disjuntor ocorre, em média, a cada 20000 manobras. O desgaste mecânico também pode alterar as características dielétricas das câmaras de interrupção aumentando o desgaste elétrico das manobras.

A Norma IEC 60056, especificação e ensaios de disjuntores, especifica um ensaio de durabilidade mecânica com 4000 operações, o que corresponde a um número esperado de manobras ao longo da vida útil de um disjuntor, com uma probabilidade de 10% de ser excedido (8). Para aplicações especiais como disjuntores para manobra de bancos de capacitores e reatores, pode ser especificado um ensaio de durabilidade com 20000 operações, que corresponde aproximadamente a duas manobras por dia, durante 25 anos.

3.4. Medidas para redução dos riscos.

Os efeitos das sobretensões e sobrecorrentes transitórias geradas durante as manobras no desempenho das proteções e nas solicitações aplicadas aos equipamentos, assim como o desgaste mecânico do equipamento de manobra, têm um impacto importante na disponibilidade das instalações tendo em vista as seguintes possibilidades :

- Danificação do equipamento manobrado ou até de outros equipamentos do sistema que são afetados pelas manobras, causando indisponibilidades não programadas.
- Aumento da frequência de manutenções preventivas ou para substituição e reparo de equipamentos danificados, causando indisponibilidades programadas.
- Atuação indesejada de proteções do equipamento manobrado ou até de outros equipamentos do sistema, causando indisponibilidades não programadas.

Quanto maior o número de manobras maior o desgaste elétrico e mecânico e, por consequência, maiores os riscos de falha e indisponibilidade do equipamento.

As solicitações sobre os equipamentos durante as manobras, tanto elétricas como mecânicas, podem ser reduzidas através de um projeto adequado da

instalação e da especificação de seus componentes. Por outro lado, a definição de medidas operativas apropriadas também pode reduzir as solicitações impostas aos equipamentos e os riscos de atuações indesejadas de proteções podem ser reduzidos com a definição de ajustes de proteções baseada em resultados de estudos elétricos.

A disponibilidade e os custos de O&M da instalação estarão fortemente relacionados com as decisões na fase de projeto da instalação e especificação dos seus componentes. Portanto, é importante considerar nesta fase, além dos requisitos elétricos, o número médio de manobras por ano (N_A) esperado, de forma a evitar necessidades de manutenções freqüentes ou degradação excessiva a ponto de comprometer a vida útil esperada.

4.0 – CUSTOS ASSOCIADOS ÀS MANOBRAS

Com o objetivo de verificar o efeito do número de manobras nos custos de disponibilização do equipamento e para estimar a ordem de grandeza do valor econômico de uma manobra, foram realizadas simulações utilizando a técnica de análise de custos ao longo da vida útil (9),(10). O modelo utilizado nas simulações calcula o valor presente dos custos anuais e da receita anual permitida, considerando valores médios típicos de custos e receita, em percentual do custo de investimento. Foram calculadas as seguintes componentes de custos :

- Custos de investimento, incluindo os custos de aquisição, instalação e comissionamento.
- Custos fixos de operação e manutenção (O&M), independentes do número de manobras, incluindo custos de perdas, infraestrutura e inspeções periódicas. Nas simulações foi considerado um valor médio anual de 2% do custo de investimento.
- Custos variáveis de manutenções programadas (preventivas), dependentes do número de manobras ou do tempo em serviço. Nas simulações considerou-se uma manutenção programada a cada N_M manobras ou a cada T_M anos, com um custo médio de 5% do custo de investimento, incluindo custos de mão-de-obra e peças de reposição, e com uma duração média de 8 horas.
- Custos de manutenção não programada (corretivas), que acontecem após uma falha. Nas simulações considerou-se um valor médio de 25% do custo de investimento, incluindo mão-de-obra e reparo, com uma duração média de 48 horas.
- Custos de indisponibilidade programada e não programada, calculados de acordo com o mecanismo definido pela ANEEL para cálculo da penalização por indisponibilidade através da parcela PV.

Os custos variáveis de manutenção e indisponibilidade foram ponderados pelo risco de falha calculado de acordo com a Lei de Falhas Exponencial, gerando o custo total esperado de manutenção programada e não programada. A Lei de Falhas Exponencial considera uma taxa de falhas constante e independente do

número de manobras. Nas simulações considerou-se um número médio de 30000 manobras entre falhas.

Além dos custos relacionados acima, foram considerados nas simulações o valor residual do equipamento ao final de sua vida útil, correspondente ao valor de 20% do custo de investimento, e uma receita anual fixa pela disponibilização do equipamento.

A Figura 2 apresenta um gráfico do acréscimo de receita anual necessário para que o investimento seja economicamente viável, em função do número médio de manobras por ano (N_A), tendo como parâmetro o número de manobras entre manutenções programadas (N_M). Este resultado foi obtido a partir de simulações com o modelo descrito, considerando $T_M = 4$ anos, uma taxa de remuneração do capital de 10% ao ano e uma vida útil de 30 anos. Adotou-se como referência 700 manobras por ano, o que corresponde, aproximadamente, a duas manobras por dia, sendo uma de fechamento e uma de abertura. Para um número de manobras igual ao valor de referência, não é necessário acréscimo de receita.

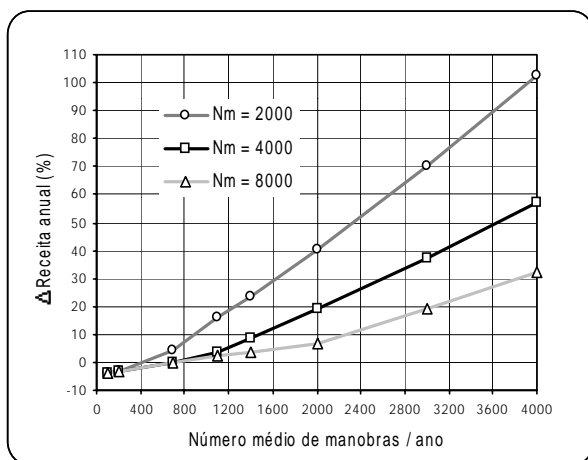


FIGURA 2 – Acréscimo de receita anual (%)

Os custos totais de operação e manutenção e, por conseqüência, o acréscimo de receita necessário para cobrir o aumento de custos, é uma função sempre crescente do número de manobras N_A . De acordo com a Figura 2, a realização de quatro operações por dia implicaria na necessidade de um acréscimo de até 25% na receita anual, dependendo do valor de N_M , de forma a cobrir os custos e riscos adicionais decorrentes do aumento do número de manobras.

Para valores de N_A inferiores a N_M/T_M , as variações do acréscimo de receita estão dentro da faixa de $\pm 5\%$ e o intervalo entre manutenções é ditado por T_M . A inclinação da curva nesta faixa de N_A depende do valor de T_M e é decorrente das variações dos riscos. A partir desse ponto as variações do acréscimo de receita são significativas uma vez que o intervalo entre manutenções passa a ser ditado pelo número de manobras. A inclinação da curva para N_A maior que N_M/T_M representa o valor econômico das manobras

que excedem o número de referência e depende da política de manutenção, experiência e desenvolvimento tecnológico da empresa de transmissão.

Como se observa na Figura 2, a relação entre o acréscimo de receita necessário para compensar o aumento de custos e riscos e o número médio de manobras por ano apresenta uma característica não linear, com elevação significativa da inclinação para N_A maior que N_M/T_M . Devido a essa característica os eventuais ganhos de custos com os equipamentos que são poucas vezes manobrados não compensam os acréscimos de custos com os equipamentos que são submetidos a uma freqüência de manobras acima do valor de referência.

5.0 – COMPENSAÇÃO DOS CUSTOS E RISCOS

A receita paga as empresas de transmissão pela disponibilização dos bancos de capacitores e reatores manobráveis não considera o aumento dos custos e riscos associados a um número de manobras elevado. Portanto, é necessário definir um mecanismo para compensação financeira das empresas de transmissão e para gerar sinais econômicos adequados para a definição da estratégia de controle de tensão, minimizando os custos totais de operação da Rede Básica.

Esta compensação financeira poderia ser implementada da seguinte forma :

- A ANEEL define e regulamenta o número de manobras por mês (N_{REF}) a ser adotado como referência para manobras de bancos de capacitores e reatores. Esta informação subsidiará as empresas de transmissão na elaboração do projeto e especificação dos componentes da instalação, bem como na composição de seus custos para a definição da receita anual requerida pela disponibilização do ativo.
- O ONS e a empresa de transmissão monitoram e contabilizam o número de manobras mensal de cada equipamento. Este indicador deve ser adotado pela empresa de transmissão para a operação de suas instalações.
- Os bancos de capacitores e reatores com um número de manobras mensais acima do valor de referência (N_{REF}) terão seus pagamentos mensais ajustados, de forma semelhante ao ajuste do faturamento mensal das empresas de transmissão através da parcela variável (PV), relacionada à disponibilidade das instalações de transmissão.

O valor financeiro do ajuste do pagamento mensal poderia ser calculado através de uma relação do seguinte tipo :

$$PM = PB \cdot (N_{MES} - N_{REF}) \cdot k_M \quad (1)$$

Nesta relação N_{MES} é o número de manobras realizadas no mês, PB é o pagamento base da instalação, que corresponde a uma parcela da receita anual autorizada da empresa de transmissão, e k_M é um fator correspondente ao valor de cada manobra

excedente, em “por unidade” do pagamento base da instalação, a ser regulamentado pela ANEEL.

As análises apresentadas nos itens 3.0 e 4.0 indicam para N_{REF} o valor de 60 manobras por mês e para k_M um valor da ordem de 0,05% do pagamento base da instalação. Para subsidiar a definição do valor do fator k_M a ser regulamentado, serão necessárias análises financeiras mais detalhadas, fundamentadas nos custos reais das empresas de transmissão.

Este valor financeiro para ajuste do pagamento mensal, além de compensar a empresa de transmissão, seria também um sinal econômico para a definição do controle de tensão que deve minimizar o custo total de operação da Rede Básica, sem penalizar as empresas de transmissão com um número excessivo de manobras. Este sinal econômico torna-se mais importante após a definição e regulamentação dos serviços ancilares para suporte de tensão e potência reativa.

Além dos bancos de capacitores e reatores manobráveis, existem casos de linhas de transmissão manobradas para regulação de tensão. No caso das linhas de transmissão o valor da compensação financeira tende a ser mais elevado tendo em vista que o valor do fator k_M será superior e o número de manobras de referência (N_{REF}) será inferior aos valores definidos para bancos de capacitores e reatores.

6.0 – CONCLUSÃO

As empresas de transmissão são responsáveis pela disponibilidade das suas instalações, incluindo os bancos de capacitores e reatores manobráveis, que são utilizados para o controle de tensão. Por outro lado, o ONS é responsável pela definição da estratégia e pela elaboração das diretrizes operativas que vão balizar a execução do controle de tensão em tempo real, influenciando significativamente no regime de utilização desses equipamentos, principalmente com relação ao número de manobras.

Dependendo da estratégia de controle de tensão adotada, as empresas de transmissão poderão ser penalizadas com um número elevado de manobras uma vez que a sua receita autorizada não considera o aumento dos custos e dos riscos de indisponibilidade, associados às sobretensões e sobrecorrentes transitórias resultantes das manobras e ao desgaste elétrico e mecânico dos equipamentos.

Portanto, é necessário compensar financeiramente as empresas de transmissão, utilizando como indicador o número de manobras realizado e tomando como referência o valor de projeto da instalação. Esta compensação financeira, além de cobrir o aumento de custos e riscos para as empresas de transmissão, é um sinal econômico para a definição de estratégias de controle de tensão que buscam minimizar o custo total de operação da Rede Básica.

7.0 – BIBLIOGRAFIA

- (1) CISNEIROS, S.J.N. Challenges of the brazilian system operation in search of efficiency. CIGRE 2000 SESSION, paper 39-209.
- (2) PINTO, M. S. L. et ali, O novo cenário institucional do setor elétrico brasileiro e seus reflexos nas empresas de transmissão. VII SEPOPE, Maio de 2000.
- (3) FREIRE, A.R.F., ROCHA, R.M., Aplicação de disjuntores síncronos para energização de bancos de capacitores em derivação. XIII SNTPEE, Outubro de 1995.
- (4) FREIRE, A.R.F., ROCHA, R.M., Chaveamento controlado de bancos de capacitores : Estudos elétricos e especificação. VII ERLAC, Maio de 1997.
- (5) DUPONT, C.J., VERDOLIN, R.T., Avaliação da energia de pré-arco no estabelecimento de correntes capacitivas e de curto-circuito por disjuntores de alta tensão. VI ERLAC, Foz do Iguaçu, Maio de 1995.
- (6) DUPONT, C.J., PINTO, L.C., Influência do envelhecimento de disjuntores a SF6 na capacidade de estabelecimento e interrupção de correntes capacitivas. VII ERLAC, Puerto Iguazú, Argentina, Maio de 1997.
- (7) FREIRE, A.R.F., CARVALHO, A.M., Experiência da CHESF na especificação e ensaios de disjuntores para manobra de reatores. VI ERLAC, Maio de 1995.
- (8) JANSSEN, A.L.J., et ali, A summary of the final results and conclusions of the second international enquiry on the reliability of high voltage circuit breakers. CIGRE 1994 SESSION, paper 13-202.
- (9) JANSSEN, A.L.J., et ali, Life management of circuit-breakers. CIGRE 2000 SESSION, paper 13-104.
- (10) BRAUN, D., GUERIG, A., Life management for generator circuit-breakers. CIGRE 1994 SESSION, paper 13-204.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece as valiosas contribuições técnicas dos colegas da Divisão de Estudos da Operação Elétrica da CHESF, e aos engenheiros Samuel Domingos e Carlos Leite pelas diversas oportunidades de compartilhar idéias sobre as questões do SEB.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

Antonio Roseval F. Freire, Formado em Engenharia Elétrica pela UFPE em 1985, obteve o grau de Msc pela COPPE/UFRJ em 1991 e foi pós-graduado em Engenharia da Qualidade pela UFPE em 1995. Trabalha na CHESF desde 1986, com experiências nas áreas de especificação, ensaios e análise de desempenho de equipamentos de subestações e compensadores estáticos e nas áreas de planejamento e estudos elétricos de sistemas de potência. É membro individual do CIGRÉ e do IEEE/PES.