



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

GMI 32
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

**GRUPO XII
GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS – GMI**

**A EXPERIÊNCIA DO MONITORAMENTO DE BANCOS DE CAPACITORES SÉRIE
DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE FURNAS**

André Luiz Pereira de Oliveira *

José Joaquim do Souto Lopes

Marcelo Moraes

Fernando Antônio Santini Pereira

Carlos Zaca Pomari

Edilson Gonzaga Peres

SIEMENS Ltda.

FURNAS Centrais Elétricas S/A

RESUMO

O objetivo deste informe técnico é apresentar o Sistema de Monitoramento de Bancos de Capacitores Série instalados no Sistema de Transmissão de FURNAS. O Monitoramento de Bancos de Capacitores Série tem por objetivo o conhecimento do estado físico atual do equipamento de compensação de reativos e diagnosticar a evolução do desgaste dos seus componentes, de maneira que antecipadamente seja possível prever a necessidade de manutenção no equipamento. Além do desenvolvimento atual do Sistema de Monitoramento, serão apresentados aspectos de especificação técnica, os Sistemas de Monitoramento de Bancos de Capacitores Série já instalados no Sistema de Transmissão de FURNAS e os benefícios proporcionados.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento, Bancos de Capacitores Série, Manutenção de Equipamentos, Aquisição e Processamento de Dados.

1.0 - INTRODUÇÃO

A manutenção dos equipamentos de alta tensão é imprescindível para assegurar uma operação confiável e com maior qualidade no fornecimento de energia ao consumidor final. Quando não se executa a manutenção preventiva ou esta não ocorre num período adequado, podem ocorrer interrupções no serviço de transmissão de energia, que na maioria dos casos somente são solucionadas com manutenções corretivas de longa duração.

A legislação do Sistema Elétrico Brasileiro, elaborada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL prevê penalidades pesadas diante da indisponibilidade de equipamentos que afetam o desempenho da rede básica brasileira: 10 vezes o valor da receita para desligamentos programados, 150 vezes o valor da receita para as primeiras 5 horas de desligamento não programado e 10 vezes o valor da receita para as horas subseqüentes [1]. Em conseqüência destas altas penalizações, as concessionárias de energia elétrica estão sendo estimuladas a reverem os procedimentos operacionais e de manutenções preventiva e corretiva, com o objetivo de minimizarem ao máximo os períodos de desligamentos programados e mitigarem os riscos que geram os desligamentos não-programados.

O Sistema de Monitoramento vem a ser não apenas a supervisão dos valores medidos nos diversos eventos do sistema elétrico onde está instalado o Banco de Capacitores Série (seja na operação do sistema ou ocorrências), mas sim a medição e registro destes eventos e dados dinâmicos de funcionamento no tempo, posteriormente efetuando análises automáticas dos dados para que se verifique a necessidade de atuação imediata ou não de manutenção nos equipamentos entre os intervalos de manutenções programadas. Sua função também não deve ser confundida com sistemas de proteção ou de controle, mas pode-se considerá-lo como sendo uma quarta função a ser utilizada no sistema elétrico, além das conhecidas proteção, controle e medição.

2.0 - DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

O Sistema de Monitoramento tem como atribuição principal a supervisão, medição, registro e análise dos valores analógicos obtidos dos transformadores de corrente instalados sobre a plataforma do Banco de Capacitores Série, sejam na operação em regime permanente do sistema ou na ocorrência de perturbações como faltas no sistema elétrico. A medição e registro destes eventos e dos dados dinâmicos de funcionamento adquiridos por uma Estação de Aquisição são processados em uma Estação de Processamento e inicia-se uma seqüência de análises automáticas dos dados para que se verifiquem as condições operacionais dos equipamentos monitorados e a necessidade ou não de atuação imediata das equipes de manutenção.

O Sistema de Monitoramento é capaz de reconhecer diversos eventos que sinalizam condições operativas anormais do Banco de Capacitores Série, sendo esse reconhecimento realizado através dos valores de corrente coletados pelos transformadores de corrente e analisados através dos algoritmos dedicados para cada componente monitorado. É através dos algoritmos que se estabelecem as correlações entre as correntes medidas e os valores normais de operação. O resultado da análise gera um diagnóstico de falha no equipamento quando esta ocorrer ou dá indicativos de falha incipiente. Para cada diagnóstico está também vinculado um prognóstico (uma previsão dos efeitos da continuidade de funcionamento do equipamento sob condições anormais) e um conjunto de providências que podem ser realizadas para reverter o quadro indicativo de mau funcionamento.

Através do Sistema de Monitoramento é possível observar graficamente em tempo real a evolução das grandezas monitoradas em qualquer intervalo de tempo e avaliar suas tendências. O sistema é constituído de avisos de advertência parametrizados em razão de valores nominais. Os avisos são acionados quando os valores monitorados ultrapassam os padrões normais estabelecidos para cada equipamento específico. Essa advertência possibilita uma programação da manutenção de tal forma que as correções necessárias possam ser estabelecidas com a devida antecedência. Com as variáveis obtidas dos componentes do Banco de Capacitores Série, o software do Sistema de Monitoramento executa os algoritmos que processam os dados medidos e indicam as tendências de falha, isto é, o mesmo fornece um boletim das condições de operação do Banco de Capacitores Série. Essas variáveis monitoradas e suas funções são específicas para cada componente que está sendo monitorado.

Outro recurso importante do Sistema de Monitoramento é a possibilidade de simular situações de falha que permitam extrapolar o desempenho do equipamento, caso uma ou mais grandezas monitoradas venha a ultrapassar valores limites recomendados.

As medidas das grandezas fornecidas pelos sensores (base de dados) são tratadas de modo a permitirem diagnósticos e prognósticos através da análise das tendências realizada na estação de processamento, bem como as providências a serem tomadas para sanar o evento ocorrido e restabelecer as condições normais do Banco de Capacitores Série. Esta estação é integrada com a Rede de Monitoramento de FURNAS através de um servidor WEB, permitindo acessar totalmente as informações processadas e analisadas para a obtenção de diagnósticos.

3.0 - AQUISIÇÃO DE DADOS DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

As informações necessárias ao algoritmo do Sistema de Monitoramento são providas pelo sistema de proteção via comunicação ou diretamente de transformadores de corrente instalados para essa função. Visto que esse trabalho é vital ao processo, a Estação de Aquisição está munida de placas especiais de aquisição analógica, HD e fontes redundantes.

Os sinais chegam, à régua de bornes do painel do Sistema de Monitoramento, na faixa de ± 10 V. Há dois tipos de *trigger* para aquisição dos valores:

- **Trigger por Hardware:** Neste caso, a placa de aquisição analógica monitora a grandeza desejada durante todo o tempo. Quando um valor de *setpoint* é atingido, ela inicia o processo de aquisição e armazenamento. O programa, que roda na Estação de Aquisição, envia um sinal de "Dados Novos" à Estação de Processamento ativando a transferência e o processamento dos mesmos.
- **Trigger por Software:** É realizado pela programação da Estação de Processamento. Após um tempo pré-determinado, ele envia um sinal à Estação de Aquisição solicitando novos dados.

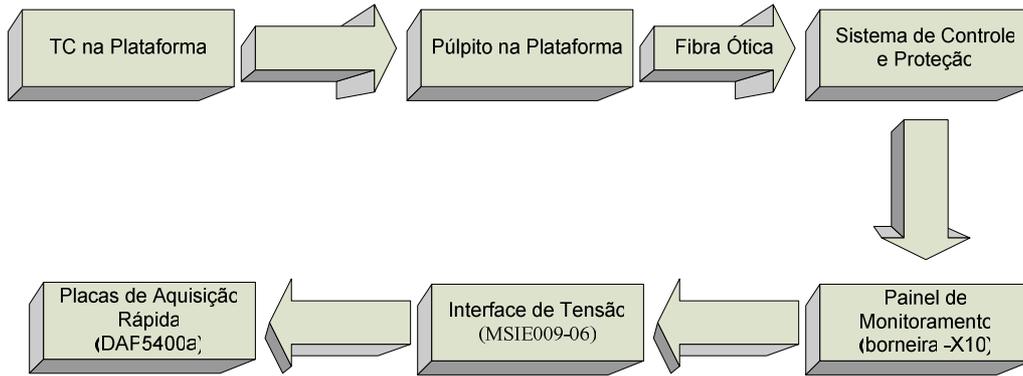


Figura 1 – Caminho dos sinais analógicos desde a plataforma até as Estações de Aquisição

A Tabela I abaixo lista as grandezas envolvidas no Sistema de Monitoramento.

Tabela I – Grandezas envolvidas no Sistema de Monitoramento de Bancos de Capacitores Série

Nome do Sinal	Descrição
Ileak1 à 15, fases A, B e C	Corrente de fuga, individual e por fase, nos MOV.
Ibranch, fases A, B e C	Corrente diferencial de desbalanço*, por fase.
Idamp, fases A, B e C	Corrente de amortecimento, por fase.
Iline (Icap), fases A, B e C	Corrente de Linha, por fase.
MOV_Energy, fases A, B e C	Energia no MOV, por fase**.
Ihigh, fases A, B e C	Corrente Alta nos MOV, por fase.
Iunb, fases A, B e C	Corrente de desbalanço*, por fase.
Outdoor_temp	Temperatura Ambiente**

OBS: * A corrente de desbalanço é uma relação entre as correntes dos semi-ramos.
 ** Essas informações são enviadas à Estação de Processamento através de comunicação TCP/IP.

A Figura 2 apresenta o diagrama unifilar de uma fase do Banco de Capacitores Série e a localização dos transformadores de corrente na plataforma

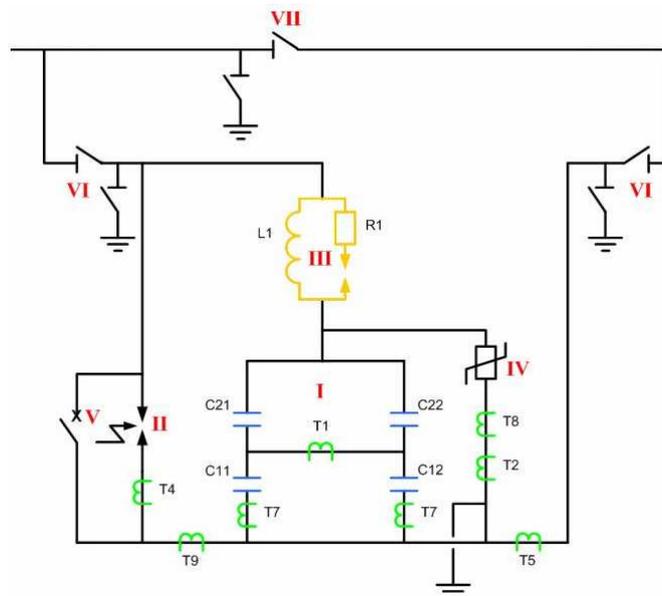


Figura 2 – Diagrama Unifilar de Uma Fase do Banco de Capacitores Série com o posicionamento dos transformadores de corrente

A identificação dos equipamentos e as funções dos transformadores de correntes são identificadas da seguinte forma:

- I – Banco de Capacitores;
- II - Centelhador (*Spark Gap*);
- III – Circuito de Amortecimento (*Damping Circuit*);
- IV – Varistores de Óxido Metálico (*MOVs*);
- V – Disjuntor de Desvio (*Bypass Breaker*);
- VI – Seccionadora Isoladora (*Disconnecting Switch*);
- VII – Seccionadora de Desvio (*Bypass Disconnecting Switch*);
- T1 – Transformador de Corrente utilizado para medir a corrente de desbalanço;
- T2 – Transformador de Corrente utilizado para medir a corrente nos *MOV*'s;
- T4 – Transformador de Corrente utilizado para medir a corrente no *Spark Gap*;
- T5 – Transformador de Corrente utilizado para medir a corrente na linha de transmissão;
- T7 – Transformador de Corrente utilizado para medir a corrente nos ramos do Banco de Capacitores;
- T8 – Transformador de Corrente utilizado para medir as correntes de fuga nos *MOV*'s;
- T9 – Transformador de Corrente utilizado para medir a corrente nos *Damping Circuits*.

Apesar de aproveitar informações vindas do Sistema de Proteção e Controle, o Sistema de Monitoramento não interfere nas ações tomadas pelo mesmo.

4.0 - O PROCESSAMENTO DE DADOS DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

Com as variáveis lidas dos equipamentos, o software do Sistema de Monitoramento executa os algoritmos que fornecerão as respostas do sistema, isto é, o boletim de condições de operação do Banco de Capacitores Série. Essas variáveis são divididas de acordo com o equipamento a que se referem, pois o sistema tem funções de monitoramento definidas para cada um desses equipamentos. Esse escopo é responsabilidade da Estação de Processamento.

Resumidamente, o que o software faz, em cada função, é empregar as grandezas lidas, juntamente com um conjunto de parâmetros definidos pelos fabricantes do equipamento ou por estes em conjunto com o cliente, num modelo matemático do funcionamento do equipamento, para obter uma resposta em termos de uma grandeza que seja de relevância para o conhecimento das condições de operação do mesmo. Este valor é comparado com limites normais de operação e em função desta comparação, descobre-se se o equipamento está funcionando normalmente ou apresenta alguma falha. No caso de uma falha ser detectada, são emitidos avisos ao pessoal de manutenção, visíveis na interface do sistema. É importante ressaltar, entretanto, que o Sistema de Monitoramento não influi diretamente no funcionamento do Banco de Capacitores Série, isto é, ele não ativa dispositivos de proteção.

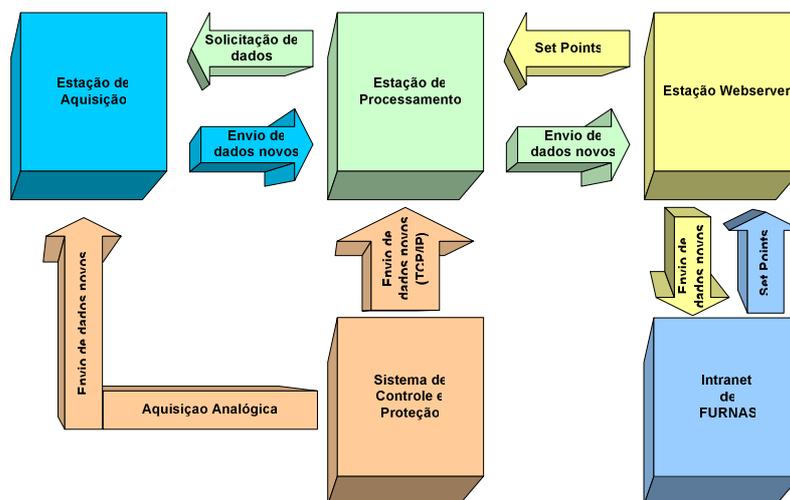


Figura 3 – Fluxo de Dados (Aquisição e Processamento)

Feito o processamento das leituras, o sistema emite o boletim de estado do Banco de Capacitores Série. Ele é exibido nas telas do Sistema de Monitoramento, através de um conjunto de avisos e alertas dos eventos percebidos e das falhas detectadas nos equipamentos, e também de históricos de valores das grandezas monitoradas que permitem a avaliação da sua evolução, inclusive em forma gráfica.

Além disso, sempre que ocorre um evento (falha, desvio, etc.), isto é, toda vez que for identificada uma variável fora de sua faixa de valores normais, o sistema realiza um processamento de informações para gerar um diagnóstico, um prognóstico ou providência.

4.1 Diagnóstico

É a causa do evento (falha, desvio, etc). Pode indicar o equipamento/componente que, provavelmente, está apresentando defeito e qual pode ser esse defeito. É importante ressaltar que, em algumas situações, variáveis podem ser percebidas fora de sua faixa normal de ocorrência, sem que haja um defeito no Banco de Capacitores Série. Neste caso, não existe um diagnóstico. O sistema verificará todas as possíveis fontes de defeitos antes de confirmar esta hipótese.

Como já foi mencionado, existem conjuntos de variáveis monitoradas para alguns equipamentos/componentes do Banco de Capacitores Série. Assim, um defeito num determinado equipamento/componente é diretamente perceptível pela observação das variáveis neles monitoradas. Porém, dependendo da falha ocorrida, podem ocorrer flutuações nos valores de outras grandezas monitoradas, pois os equipamentos/componentes operam conjuntamente. Assim, para fornecer um diagnóstico mais preciso quando ocorrer um evento, o sistema poderá verificar variáveis relativas a outros equipamentos/componentes. A influência de uma variável externa sobre a grandeza monitorada é chamada de condição externa. Pode-se citar a influência da temperatura na corrente de fuga dos Varistores de Óxido Metálico (MOV's) e da corrente da linha na corrente de desbalanço dos bancos de capacitores.

Em outros casos, não existe uma relação sistemática entre grandezas monitoradas durante uma falha. Desse modo, o diagnóstico é feito analisando-se somente a variável relativa ao equipamento em foco. A variação da grandeza monitorada sem influência de variáveis externas ao evento é chamada de condição interna.

4.2 Prognóstico

Uma estimativa dos efeitos que o Banco de Capacitores Série enfrentará se for mantido em operação com a falha diagnosticada. Em alguns casos, é possível se estimar inclusive o tempo restante até que se manifestem os efeitos previstos. Quando uma falha num equipamento se manifesta, através da variação contínua de uma variável monitorada, o sistema é capaz de informar, pela extrapolação linear da curva de evolução desta grandeza (reta com o coeficiente angular médio dos segmentos que ligam os pontos que marcam a evolução da grandeza monitorada), o tempo necessário para que se atinja um limite de operação. Esta curva estimada informa a tendência dessa evolução. Normalmente, o limite de operação é a situação extrema sob a qual o Banco de Capacitores Série pode operar. A partir desse ponto, o mesmo será indisponibilizado, para que se evitem danos mais severos à sua integridade e redução da sua vida útil. Os limites de operação são definidos pelos fabricantes dos equipamentos de modo a garantir uma margem de segurança para a operação e a atender às especificações.

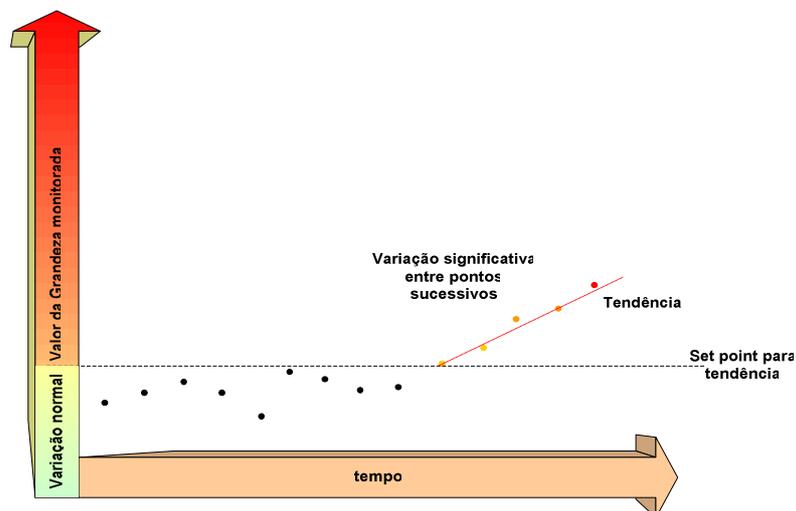


Figura 4 – Exemplo de Tendência (representada pela curva pontilhada em vermelho)

4.3 Providências

São as ações que devem ser tomadas pelo pessoal de manutenção do Banco de Capacitores Série no sentido de sanar a falha identificada e restabelecer as condições normais de funcionamento dos equipamentos, para evitar que ocorram os efeitos previstos no prognóstico. As providências, muitas vezes, serão a inspeção e manutenção de equipamentos, conforme instruções do fabricante contidas no manual de operação e manutenção do Banco de Capacitores Série.

5.0 - A EXPERIÊNCIA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE FURNAS

5.1 Aspectos de Especificação Técnica

O Sistema de Monitoramento especificado por FURNAS segue a filosofia lógica de um sistema de supervisão inteligente, no qual as grandezas monitoradas são aquisitadas e tratadas juntamente com outras grandezas e variáveis que se correlacionam entre si.

A arquitetura do Sistema de Monitoramento é composto de sensores ligados diretamente ao equipamento monitorado cujas informações (*status*) são captados por um sistema de Aquisição que, a seguir, envia estas informações para um Sistema de Processamento onde as grandezas monitoradas (variáveis) serão tratadas através de cálculos/equações matemáticas (algoritmos) para cada equipamento definidos pelo fabricante em conjunto com o cliente. As grandezas monitoradas nos Bancos de Capacitores Série são: banco de capacitores (corrente de desbalanço), circuito de amortecimento (frequência de amortecimento) e MOV (corrente de carga, dissipação de energia e corrente de fuga). Após o tratamento das variáveis o módulo de conhecimento (sistema inteligente) através de regras faz a correlação entre as grandezas monitoradas internas e/ou externas com as seguintes funções:

5.1.1 Diagnóstico / Providência / Prognóstico

- Demonstrar através de diagramas de blocos e / ou fluxogramas, os módulos de diagnóstico para uma gama de grandezas que interagem entre si;
- Os módulos de diagnóstico deverão gerar diagnósticos baseados em regras. As regras são definidas pelos especialistas do fabricante do equipamento em conjunto com o cliente;
- Os diagnósticos gerados deverão ser ponderados através de “pesos” diferenciados, fornecendo informações sobre o grau de relevância;
- Juntamente com os diagnósticos deverão ser fornecidas todas as possíveis causas do defeito e instruções (providências) detalhadas para solução;
- Com base na tendência de crescimento do defeito previamente apontado no diagnóstico deverá ser fornecido o prognóstico (previsão) daquilo que poderá ocorrer com o equipamento caso a instrução para solução não tenha sido tomada.

5.1.2 Requisitos Mínimos dos Fluxogramas

- Para permitir o entendimento dos fluxogramas pelos usuários em geral, é necessário que previamente, seja apresentado um descritivo, o mais detalhado e didático possível, colocando as variáveis em análise e a sua correlação, isto é, a interdependência entre elas, bem como das rotinas estabelecidas nos fluxogramas. Neste descritivo deverão ser apresentadas todas as hipóteses previstas e possíveis de acontecerem quando uma ou mais grandezas sofrem alteração em relação a um valor previamente definido. Notar que a alteração verificada na grandeza em foco, geralmente é consequência de alterações em outras grandezas com ligação direta ou não.
- Todas as premissas adotadas para as grandezas que vão ser utilizadas como parâmetro de comparação deverão ser explicadas detalhadamente dando as razões técnicas ou contratuais para tal.
- Os diagnósticos, providências e prognósticos, deverão ser apresentados tendo em conta os limites de operação (características nominais) do equipamento monitorado e/ou garantias contratuais. A razão disto é para que o Sistema de Monitoramento aponte o desempenho do equipamento monitorado em condições de operação nominais ou não.

O Sistema de Monitoramento deverá ser ligado a uma rede ETHERNET, utilizada como Rede de Monitoramento e sua interligação com a INTRANET de FURNAS se faz via Firewall que só permitirá o acesso ao usuário possuidor de um login e senha pré-estabelecida. Segundo sua arquitetura, o sistema deverá permitir o acesso tanto local quanto remoto (através da rede interna de FURNAS, a INTRANET).

5.2 Sistemas de Monitoramento Instalados no Sistema de Transmissão de FURNAS

Atualmente FURNAS possui o Sistema de Monitoramento instalado e em funcionamento na Subestação de Samambaia 550 kV (Brasília – DF) em 03 (três) Bancos de Capacitores Série e na SE de Ibiúna 550 kV (Ibiúna-SP) com 02 (dois) Bancos de Capacitores Série. Além disto, estão em fase final de instalação os Sistemas de Monitoramento de Bancos de Capacitores Série nas Subestações de Itumbiara 245 kV (Itumbiara – MG) e Rio Verde 245 kV (Rio Verde – GO).

5.3 Benefícios ao Sistema de Transmissão de FURNAS

O advento do Sistema de Monitoramento em Banco de Capacitores Série e de outros equipamentos no Sistema Elétrico de FURNAS, vem em muito contribuir para o perfeito funcionamento do Sistema Elétrico Nacional, pois podemos garantir que, através deste sistema e do acompanhamento pela manutenção, problemas sérios podem ser evitados ou mesmo, se acontecerem, serem estudados, a fim de minimizar perdas operacionais dos equipamentos e mesmo risco econômico/financeiro (receita) pela empresa em questão. Este sistema também permite que as ações a serem tomadas pelo pessoal de manutenção sejam mais rápidas e mais precisas, pois as providências a serem adotadas já estão não em sua totalidade é verdade, ali descritas.

A experiência de FURNAS com o Sistema de Monitoramento nas subestações anteriormente citadas tem mostrado até o presente momento alto nível de confiabilidade, visto que nenhum evento desastroso foi registrado tanto no Sistema de Monitoramento quanto no sistema de proteção, controle e supervisão. Este fato denota a boa qualidade de fabricação dos equipamentos componentes do Banco de Capacitores Série uma vez que nenhum componente se degradou a ponto de ser substituído e/ou não atingiu a taxa de falha garantida.

6.0 - CONCLUSÃO

O Sistema de Monitoramento é capaz de reconhecer diversos eventos que sinalizam condições operativas anormais do Banco de Capacitores Série, sendo esse reconhecimento é realizado através dos valores de corrente coletados pelo sistema de monitoramento e analisados através dos algoritmos dedicados para cada componente monitorado. É através dos algoritmos que se estabelecem as correlações entre as correntes medidas e os valores normais de operação. O resultado da análise gera um diagnóstico de falha no equipamento quando esta ocorrer ou dá indicativos de falha incipiente. Para cada diagnóstico está também vinculado um prognóstico (uma previsão dos efeitos da continuidade de funcionamento do equipamento sob condições anormais) e um conjunto de providências que podem ser realizadas para reverter o quadro indicativo de mau funcionamento.

O Sistema de Monitoramento significa uma contínua supervisão do equipamento transformando manutenção preventiva em manutenção preditiva, aumentando a confiabilidade do sistema elétrico. O Sistema de Monitoramento apresenta como principais vantagens: a redução dos custos com a manutenção das instalações, redução dos custos com mão de obra (25% do esperado), redução dos custos com a manutenção dos equipamentos (50%) e redução dos custos envolvidos com desligamentos, conforme exigências da ANEEL. FURNAS está satisfeita com o desempenho do Sistema de Monitoramento, até o momento, pois as grandezas monitoradas estão compatíveis com as grandezas supervisionadas pelo Sistema de Proteção, Controle e Supervisão.

O Monitoramento de Bancos de Capacitores Série propicia vantagens indispensáveis ao Sistema Elétrico Brasileiro tornando possível a prevenção de desligamentos não programados do sistema e conseqüente diminuição das dificuldades resultantes da interrupção no fornecimento de energia elétrica.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, www.aneel.org.br, Março de 2007.
- [2] O. J. M. da Motta, J. Kotlarewski, H. P. Chagas, R. N. Neder, G. M. Bastos, "Experiência de FURNAS em Sistemas de Monitoramento para Equipamentos de Energia Elétrica", V *SIMPASE – Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos*, Recife-PE, Brasil, 2005.
- [3] FURNAS Centrais Elétricas S.A. "Projeto de Parceria FURNAS/SIA - Sistemas de Informática e Automação Ltda para desenvolvimento de Sistema Especialista", Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 1996.
- [4] FURNAS Centrais Elétricas S.A. "Equipamentos elétricos: Especificação e Aplicação em Subestações de Alta Tensão", *UFF – Universidade Federal Fluminense*, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 1987.
- [5] SIEMENS KWU. "DIGEST WK (Analysis and Diagnostics for Turbomachinery)", Germany, 1999.
- [6] ELIN/VATECH. "DIA TECHSystems (Machine Monitoring & Diagnosis)", Autria, 2000.
- [7] CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. "2º. Workshop – Técnicas de Inteligência Artificial Aplicadas a Sistemas de Potência e Industrial", *IASP 2001*, Brasil, 2001.

8.0 - 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 2006 respectivamente. Certificado pelo *Project Management Institute® - PMI®* dos Estados Unidos da América (USA) como *Project Management Professional (PMP®)* em 2004. Trabalha desde 2001 na SIEMENS Ltda. na área PTD H (*Power Transmission and Distribution – High Voltage*) como *Project Manager (PM)*. É responsável pelo fornecimento “turn-key” de Subestações de Alta Tensão e Sistemas de Compensação de Reativos gerenciando contratos com empresas industriais e concessionárias

do setor elétrico.

Marcelo Moraes é Engenheiro Eletricista (1990) e Mestre em Engenharia de Energia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2004), atualmente é engenheiro de projetos de equipamentos FACTS da Siemens do Brasil.



Carlos Zaca Pomari – nascido em Atibaia/SP no dia 27 de agosto de 1974. Graduado em Engenharia de Interface (eletro-eletrônica) pela Faculdade de Engenharia Campus de Guaratinguetá/UNESP, no ano de 1998. Expositor no VIII Congresso de Iniciação Científica/UNESP, projeto “Leis de Conservação para Operadores não Conservativos” Dezembro/1996. Iniciação Científica - CNPq/ PIBIC – 95/96. Projeto: “Leis de Conservação para Operadores não Conservativos”. Orientador: Profa. Dra. Vera Lia M.C. Almeida (UNESP/FEG/DMA) e Projeto: “Um Sistema de Controle Inteligente aplicado a Subestações” - 97/98. Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Rossi (UNESP/FEG/DEE). Honra ao Mérito “1º Lugar na 8ª turma do curso de Engenharia Elétrica UNESP - Guaratinguetá” – Prêmio Crea de Formação

Profissional – SP e “Melhor aluno da turma de formandos de 1998 UNESP -Guaratinguetá” – Prêmio Instituto de Engenharia – SP. Atualmente, trabalha na Siemens Ltda, no cargo de Eng. de Projetos - Automação/Proteção de Subestações de Energia Elétrica.

José Joaquim do Souto Lopes - Nascido em Portugal em 23.10.53; engenheiro eletricista (UFF, 1978) e Pós-Graduado em engenharia elétrica (PUC-RJ,1981). Iniciou suas atividades profissionais em FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A., na área de engenharia de manutenção eletro-mecânica de equipamentos de AT e EAT. Atualmente está atuando na área de engenharia de equipamentos elétricos.

Fernando Antonio Santini Pereira - Nascido no Brasil, Rio de Janeiro, em 02.09.50; engenheiro eletricista (UFF, 1977). Iniciou suas atividades profissionais em FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A., na área de engenharia de equipamentos elétricos onde permanece até o momento.

Edilson Gonzaga Peres - Nascido no Brasil, na cidade de Lorena - SP, em 03.01.74; engenheiro eletricista (EFEI, 1999). Iniciou suas atividades profissionais em FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A., em 27.12.04, na área de engenharia de manutenção eletro-mecânica de equipamentos de AT e EAT.