



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

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

GRUPO I

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA- GGH

**EXPERIÊNCIA DA ITAIPU BINACIONAL COM MEDIDORES ULTRASSÔNICOS
NAS UNIDADES GERADORAS – VAZÃO E NÍVEL**

**Douglas Grzybowski(*)
ITAIPU BINACIONAL**

**Juan Carlos Obelar
ITAIPU BINACIONAL**

RESUMO

Este informe técnico tem por objetivo descrever o processo de substituição dos sistemas de medição de vazão e nível instalados originalmente por medidores ultrassônicos descrevendo desde as etapas de testes operacionais em bancada, instalação experimental em uma unidade geradora, aprendizado do equipamento, dificuldades encontradas e soluções adotadas. Será mensurado os resultados obtidos nesta modernização de forma qualitativa e quantitativa desta tecnologia no sistema de água de refrigeração e nível de água na tampa da turbina.

PALAVRAS-CHAVE

Nível, Vazão, Medidores, Ultrassônico

1.0 - INTRODUÇÃO

A Central Hidrelétrica Itaipu Binacional já possui mais de 25 anos de geração de energia elétrica, seu potencial é de extrema importância tanto ao sistema elétrico brasileiro como para o paraguai, possui uma capacidade total de geração de 14.000MW, a principal característica é de manter as unidades geradoras com altos índices de disponibilidade de geração.

Em decorrência deste tempo de operação, é comum que equipamentos e instrumentos se tornem obsoletos, dificultando a aquisição de sobressalentes e peças de reposição. Em virtude da obsolescência dos instrumentos de medição e controle de nível e vazão utilizados originalmente nas unidades geradoras, a Itaipu Binacional iniciou estudos afim de buscar no mercado novas opções tecnológicas mantendo a confiabilidade do sistema e a facilidade de manutenção considerando também aspectos de segurança.

O surgimento de novas tecnologias e métodos permite uma melhoria nos processos produtivos, ganhos de tempo na execução da manutenção e aumento da confiabilidade. No entanto, todo equipamento novo pode gerar uma série de problemas até que estejam totalmente depurados e dominados, para enfim entrar em um período de funcionamento normal que deverá se estender até o final da vida útil do equipamento/componente, quando outros problemas surgirão devido ao envelhecimento do mesmo. Essa inter-relação entre os defeitos/falhas e o tempo recebe o nome de “curva da banheira”.

A tecnologia adotada foi a utilização de medição ultrassônica, este procedimento foi implantado em 2 sistemas distintos, na medição de fluxo de água de resfriamento no gerador e na turbina e na medição de nível de água de infiltração na tampa da turbina.

Inicialmente esta tecnologia foi aplicada no monitoramento do fluxo de água de resfriamento do gerador e da

turbina que anteriormente era monitorada através da medição por placas de orifício. No gerador foi aplicado em 3 posições, água de resfriamento do mancal combinado (80TW), água de resfriamento do mancal guia superior (80UW) e água de resfriamento dos radiadores do gerador (80WO). Na turbina foi aplicado em 2 posições, água de resfriamento do mancal guia da turbina (80LW) e água de resfriamento da caixa de vedação da tampa da turbina (80PW).

No controle de nível de água da tampa da turbina utilizava-se um sistema formado por bóias com contatos de mercúrio, estas bóias realizavam o acionamento e desligamento das bombas de drenagem e também a proteção da unidade no caso de nível alto de água ser atingido, esta água é proveniente da caixa espiral que acaba sendo infiltrada através do eixo das palhetas do distribuidor. Este sistema se mostrava de difícil acesso para ajustes, testes e manutenção, com a instalação do sistema ultrassônico melhoramos as condições de trabalho, segurança e também a confiabilidade do sistema.

2.0 - ÁGUA DE RESFRIAMENTO - GERADOR E TURBINA

Na CHI a instalação dos fluxômetros ultrassônicos teve início no final de 2007, sendo instalados 5 por unidade geradora (3 no gerador e 2 na turbina) para todas as unidades, com exceção das unidades 9A e 18A. Os fluxômetros estão instalados nos seguintes locais:

- 80TW – Água de refrigeração do mancal combinado;
- 80WO – Água de refrigeração dos radiadores do gerador;
- 80UW – Água de refrigeração do mancal guia superior;
- 80PW – Caixa de vedação da tampa da turbina;
- 80LW – Água de refrigeração do mancal guia inferior.

Desde o início da instalação, uma série de inconvenientes ocorreram, motivando várias ações com o intuito de solucionar ou amenizar o máximo possível tal situação. Basicamente identificamos três diferentes origens para os problemas encontrados, a primeira delas é o fator ambiental, ou seja, o local de instalação das sondas dos fluxômetros, entre os problemas mais evidentes temos a excessiva incrustação no interior das tubulações e a vibração da tubulação, que pode fazer a sonda mudar ligeira e imperceptivelmente de posição. Em ambos os casos, não existem muitas alternativas a não ser conviver com essas dificuldades através de monitoramento, pois a substituição das tubulações de aço - carbono por inox é economicamente inviável, e mesmo fazendo a limpeza no seu interior, o tempo de acúmulo de material nas paredes é curto, quanto à vibração das tubulações, isso é inerente ao processo. A segunda origem dos problemas era de instalação inadequada, pois alguns detalhes importantes de instalação e parametrização estavam passando despercebidos durante a colocação em serviço.

2.1 Princípio Básico de Funcionamento

O conjunto é composto por duas sondas e um módulo de processamento. Além dos sinais provenientes das sondas, o módulo de processamento possui ainda duas saídas analógicas configuráveis e dois relés de saída, também configuráveis. No caso da CHI, utilizamos um relé para o desligamento da máquina caso o valor de vazão permaneça abaixo do ajustado por um tempo acima do determinado e o outro relé é utilizado para detectar falha de vazão, ou seja, irá atuar quando houver uma perda do sinal, seja por bolhas de ar, falha das sondas, ruptura dos cabos das sondas etc.

Basicamente, o módulo de processamento gera uma excitação para uma das sondas causando uma pequena vibração que se transmite através do fluido até a outra sonda, que ao recebê-lo envia um outro sinal igual, para a primeira sonda, esse tempo decorrido entre a emissão - recepção da sonda 1 para a sonda 2 e da sonda 2 para a sonda 1 é chamado de tempo de trânsito e é o principal parâmetro utilizado na medição da velocidade do fluido, com os dados geométricos da tubulação e o tipo do fluido a vazão é então determinada. Na figura 01 temos t_{12} como o tempo que o sinal leva para sair da sonda 1 e chegar à sonda 2, t_{21} o tempo que o sinal é enviado da sonda 2 para a sonda 1.

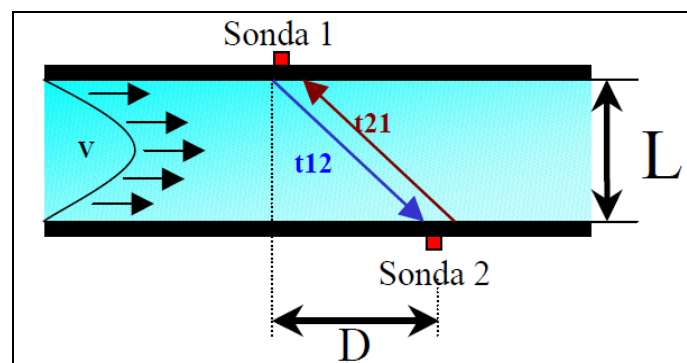


FIGURA 1 – Corte da Tubulação, instalação em forma direta

A disposição das sondas na tubulação também pode sofrer variações, sendo que a configuração utilizada pode ser direta, conforme temos na figura 1, onde o sinal da sonda 1 é enviado diretamente para a sonda 2, ou podem ser montadas em configuração “V”, conforme a figura 2, em que o sinal emitido pela sonda 1 é refletida pela tubulação e então enviada para a sonda 2 e vice-versa.

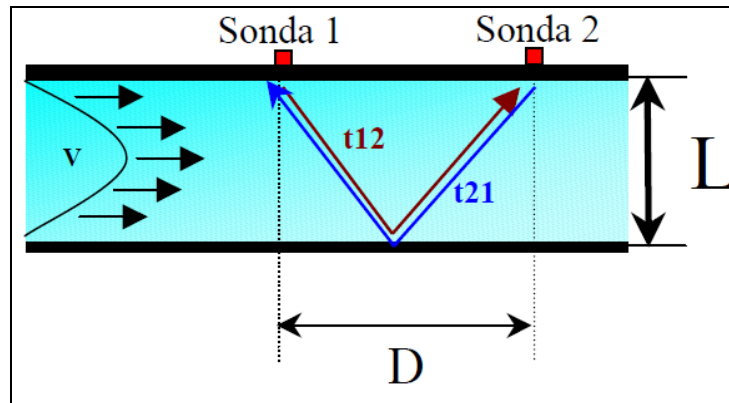


FIGURA 2 – Corte da Tubulação, instalação em forma de “V”

2.2 Dificuldades Encontradas

A substituição dos fluxômetros sempre foi cercada de controvérsias quanto à confiabilidade do sistema frente ao antigo, que utilizava o já consolidado método de medição de vazão por diferença de pressão em uma placa de orifício. Uma série de ações, foram sendo tomadas e os resultados foram observados, tendo em vista a redução considerável das ocorrências.

Logo na primeira instalação um grande problema foi detectado no equipamento, o mesmo não possui a função “burn-out”, logo, em caso de falha nas sondas, além da atuação do relé de saída “Falha de Vazão”, também era acionado o relê de saída que provoca o desligamento da máquina, ou seja, o equipamento não conseguia diferenciar uma falha de medição de uma ocorrência real de perda de fluxo de água. Foi observado que o fluxômetro possui um comportamento inconstante quando perde o sinal de medição das sondas, as vezes ele faz com que o sinal de vazão sature para cima e outras vezes que sature para baixo, nesse momento de saturação para baixo é que ocorre o desligamento da unidade, tendo em vista que o fluxômetro atua durante a queda do fluxo medido. Inicialmente, alguns ajustes na parametrização foram feitos para minimizar as atuações enquanto uma solução mais consistente era procurada.

2.3 Histórico das Atuações

As instalações tiveram início no final do ano de 2007, sendo a unidade 10 a primeira máquina a ser instalado o novo sistema, seguida pela unidade 07, as demais foram instaladas a partir de 2008. A primeira SSA emitida em função de atuações indevidas foi na máquina 17, alguns dias após sua instalação, seguida da máquina 10. A grande maioria das atuações se dava em função de perda do sinal de medição, gerando um alarme de fluxo baixo, rearmando alguns segundos depois. Ao longo do ano de 2008 foram emitidas pelo departamento de Operação de Usina um total de 32 SSA's, sendo que dessas, mais de 20 eram problemas de perda do sinal de medição. Na figura 3 podemos ver a quantidade de SSA's emitidas por unidade geradora, no ano de 2008. Podemos ver também que a unidade 8 foi a responsável pela maior parte das ocorrências.

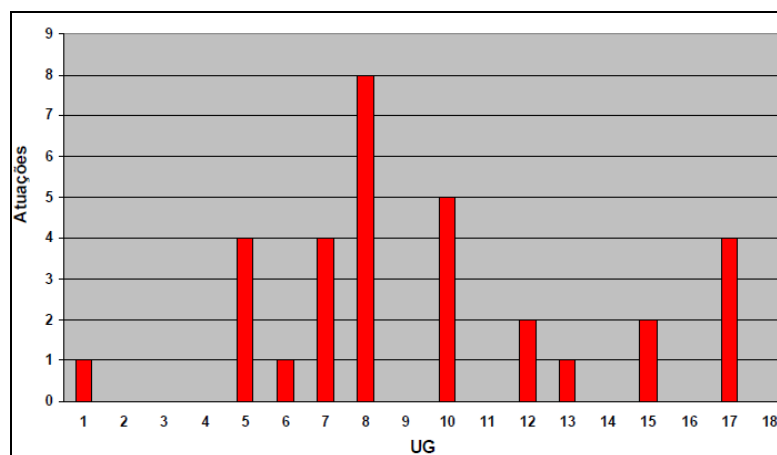


FIGURA 3 – Número de atuações por unidade geradora

No caso específico do fluxômetro 80PW, foi verificado que um lote defeituoso de sondas havia sido fabricada e fornecida. Todas as sondas desse fluxômetro foram retiradas e estão sendo gradativamente substituídas.

2.4 Ações Tomadas

Conforme pudemos observar anteriormente, no ano de 2008 um elevado número de atuações ocorreram nos fluxômetros, o que motivou uma série de ações que envolveram várias divisões da Superintendência de Manutenção com o objetivo de cercar e compreender os problemas, para em seguida atuar sobre os mesmos. A seguir veremos quais foram as ações tomadas e os resultados obtidos pelas mesmas.

2.4.1..Instalação de Instrumento em Paralelo

Na unidade geradora 04 foram instalados três fluxômetros em paralelo aos já existentes (dois na turbina e um no gerador) para treinamento e estudo, os relés de saída não estavam conectados aos circuitos de proteção da unidade geradora e dessa forma foi possível fazer alterações e verificações sem que isso comprometesse a integridade da geração de energia.

2.4.2..Instalação de Instrumento em Paralelo

O fabricante foi convocado para que fossem expostos os problemas e dificuldades encontradas nos fluxômetros, foi realizada uma inspeção nas instalações e uma série de recomendações foram passadas, os problemas intrínsecos ao equipamento foram levantados e levados para a matriz do fabricante para que pudessem analisar cada situação e dar um parecer, o ponto mais questionado foi a falta da função “burn-out”. Esta função foi implementada e o fabricante forneceu uma nova Epron para que pudéssemos substituir nos equipamentos.

2.4.3..Revisão das Instalações e Parametrizações

Uma completa revisão das instalações dos fluxômetros foi realizada procurando uma melhor posição para as sondas de forma que seu sinal fosse melhorado, bem como alguns importantes parâmetros, como ganho, índice de qualidade do sinal etc. A recomendação fornecida no manual do equipamento sugere que sejam instaladas em trechos horizontais da tubulação, mas no caso específico do fluxômetro 80LW, as sondas foram transferidas de um trecho horizontal para um trecho vertical, pois nesse trecho vertical a tubulação é de inox, que se mantém sem incrustações em seu interior. Para evitar atuações transitórias por passagem de bolhas ou turbulências na água, o filtro e o tempo de memória foram aumentados, dando maior estabilidade para a leitura, pois o filtro reduz oscilações na leitura e o tempo de memória mantém o último valor lido por alguns segundos em caso de perda do sinal.

2.4.4..Acompanhamento Mensal

Para uma melhor compreensão do comportamento dos fluxômetros ao longo do ano de 2009, foi realizado leituras mensais em todas as máquinas, cujo objetivo foi mapear o processo e termos assim uma compreensão dos fatores que influenciam na medição de vazão, como época do ano, diâmetro da tubulação, vazão média, temperatura da água, material da tubulação etc. Graças a essas medições, foram detectados em dois casos (UG08 e UG02) uma tendência de problema, onde a forma de onda do fluxômetro 80UW estava sendo atenuada mês a mês e uma intervenção evitou que fosse gerado algum alarme ou mesmo desligada indevidamente a unidade.

Dessas medições foi possível observar que o único parâmetro que está sujeito a variações em função da época do ano é a velocidade do som na água. A variação se dá, da época mais quente para a mais fria, mas em valores pequenos que não chegam a influenciar no funcionamento da unidade.

3.0 - CONTROLE DE NÍVEL DE ÁGUA NA TAMPA DA TURBINA

O controle e supervisão do nível de água da tampa da turbina era formado por bóias elétricas com contatos de mercúrio, estas bóias realizavam o acionamento e desligamento das bombas de drenagem e também a proteção da unidade no caso de nível alto de água ser atingido, esta água é proveniente da caixa espiral que acaba sendo infiltrada através do eixo das palhetas do distribuidor.

Com o passar o tempo, o óleo diluído na água que infiltrava sobre a tampa da turbina causavam o ressecamento da isolamento do cabo das bóias, este ressecamento enrijecia os cabos e passavam a perder sua flexibilidade, não variavam de posição de acordo com a quantidade de água sobre a tampa da turbina.

A falta de sobressalente deste material e também as constantes ocorrência de falhas do sistema, motivaram estudos com o intuito de melhorar o controle de nível. Após análise dos produtos disponíveis no mercado optou-se por medidores ultrassônicos, já instalados nas novas unidades geradoras 9A e 18A.

Os transmissores utilizados atualmente são formados por 2 componentes, o módulo eletrônico e o sensor ultrassônico, o módulo eletrônico está instalado na passarela do recinto da turbina e o sensor instalado na tampa da turbina, por unidade geradora são necessários 2 transmissores com funcionamento conforme figura 4 abaixo.

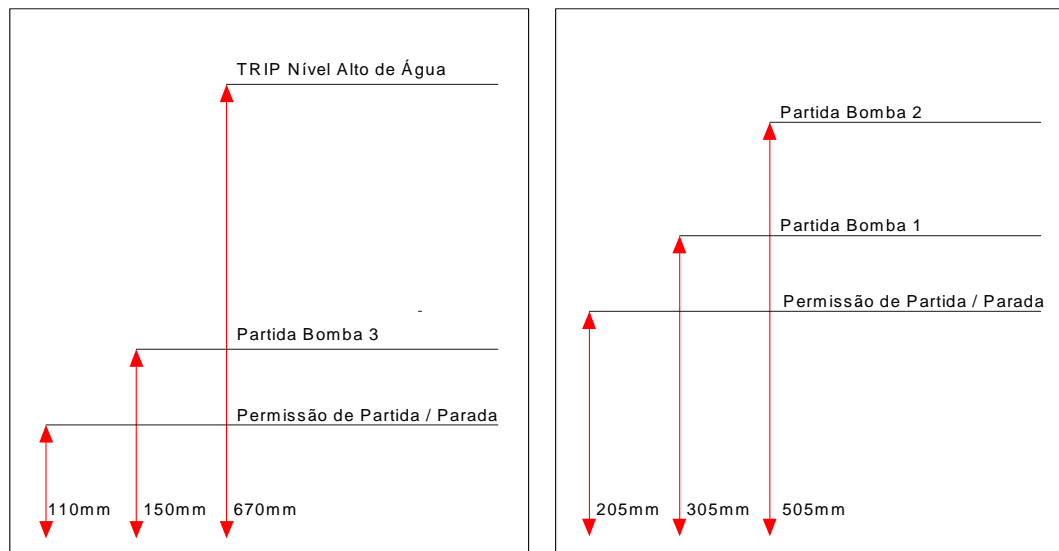


FIGURA 4 – Estágio de Funcionamento do Transmissor Ultrassônico

3.1 Princípio Básico de Funcionamento

O equipamento funciona direcionando pulsos ultra-sônicos, através do ar em direção à superfície do líquido. Eles são então refletidos na superfície do líquido como um eco, e volta para o transdutor. O cristal piezoelétrico, em seguida, converte o ressonância em um sinal elétrico que é analisada pelo transmissor. O tempo decorrido entre a geração de o pulso ultrassônico e o retorno do eco é proporcional à distância entre a superfície do transdutor e do líquido conforme ilustrado na figura 5.

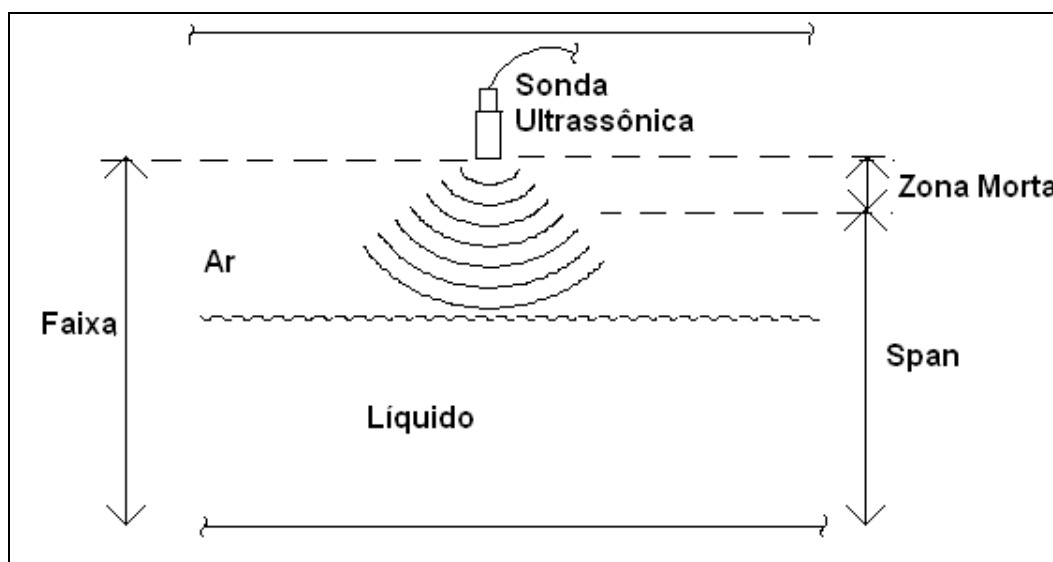


FIGURA 5 – Ilustração do funcionamento

3.2 Histórico das Atuações

O sistema original começou a se tornar problemático a medida em que o número de falhas apresentado pelas bóias de nível começou a aumentar de forma considerável nos últimos anos e como agravante foi a falta de

sobressalente disponível no mercado, uma rápida análise das solicitações de serviço geradas por este dispositivo entre 2008 e 2010 pode ser verificado na figura 6

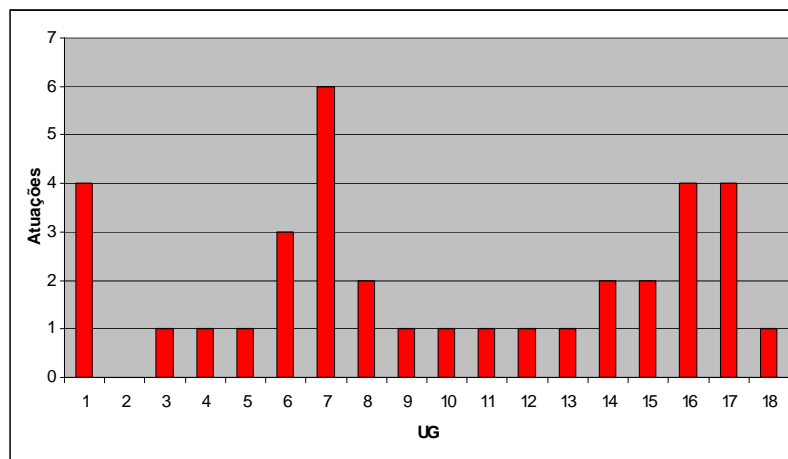


FIGURA 6 – Número de atuações por unidade geradora

Percebemos que no período mencionado tivemos um total de 36 solicitações de serviço ocasionadas por falha no sistema de acionamento das bombas de drenagem da tampa da turbina.

3.3 Ações Tomadas

Tendo como principal argumento este grande número de atuações causadas por falha desde dispositivo, evidencio-se então a necessidade da substituição desse equipamento por outro mais atual e mais recursos disponíveis. As duas novas unidades geradoras, 9A e 18A, foram comissionadas com um transmissor de nível ultrassônico que se comporta de forma confiável desde o início das operações.

O bom funcionamento desta tecnologia propicia a utilização nas demais unidades, em 2009 foi adquirido inicialmente 8 peças e implementado em 4 unidades geradoras, 2 transmissores por unidade. Como este processo de implementação só pode ser realizado durante período de manutenção preventiva, é um processo demorado até que se conclua totalmente, outra questão que levamos em conta é a demora no nosso processo de compra. Para a instalação em todas as unidades geradoras necessitamos de um total de 36 peças deste equipamento.

Atualmente existem 8 unidades geradoras com este controle de nível instalado, nestas unidades não temos mais nenhum registro de falha da supervisão de nível de água da tampa da turbina, o sistema implementado vem se comportando de forma satisfatória e confiável.

4.0 - CONCLUSÃO

Com base no exposto acima a experiência da Itaipu Binacional foi muito produtiva com relação a medição ultrassônica, passou-se por uma fase de adaptação e correções de falhas e atualmente se tornou confiável e com bons resultados.

A medição Ultrassônica para vazão de água de resfriamento, passou por momento difíceis durante implantação mas atualmente está dominada e apresentando resultados satisfatórios, com base nas experiências que adquiriu-se temos as seguintes considerações:

- A utilização em tubulação de inox se mostra bastante eficiente, tendo em vista que a tubulação não sofre acúmulo de material em seu interior;
- Em locais de fluxo elevado, como por exemplo os radiadores do gerador (fluxo da ordem de 23 mil litros por minuto) o comportamento dos fluxômetros também tem sido bastante satisfatório, pois não ocorre aderência de materiais em seu interior, mesmo sendo a tubulação de aço carbono;
- Uma vez instaladas, mesmo que adequadamente, as sondas não podem ser esquecidas ou consideradas livres de problemas, pois a vibração da tubulação pode deslocá-las, ainda que de forma muito pequena, no entanto o suficiente para tirá-la de seu ponto ótimo de funcionamento e consequentemente gerar perda de sinal e atuações indesejadas, portanto, um acompanhamento é necessário;
- Em quase todas as máquinas observou-se que o fluxômetro 80UW (água de refrigeração do mancal guia superior) é o que apresenta os piores resultados em termos de forma de onda e ganho, pois somam-se nesse caso específico duas variáveis consideradas prejudiciais: a vazão baixa (em torno de 600 litros por minuto) e a tubulação de aço carbono, a tubulação está sendo substituída por inox no trecho próximo a sonda;
- Os trabalhos de interação junto ao fabricante foram extremamente importantes, pois graças a isso conseguimos a implantação da função "burn-out", inexistente até então nesses equipamentos. O fabricante

nos disponibilizou uma memória modificada para testes, e após aprovada, foi implantada em todos os fluxômetros.

No caso do controle de nível ultrassônico utilizado na tampa da turbina, a tecnologia já estava de certa forma testada e consolidada nas duas novas unidades geradoras, portando o impacto inicial para colocar em operação foi bem menor, com base nesta experiência temos as seguintes considerações:

- Nas unidades onde o transmissor ultrassônico de nível foi implementado não teve mais solicitações de serviço devido a falha de supervisão;
- Como o módulo eletrônico fica localizado na passarela do recinto da turbina, é fácil de realizar alguma conferência dos parâmetros e testes de funcionamento, anteriormente os técnicos tinham que entrar na tampa da turbina onde existe água de infiltração para realizar testes de funcionamento nas bóias antigas correndo risco elétricos.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Douglas Grzybowski

Nascido em Curitiba – Paraná em 1979



Técnico em Eletrotécnica em 1999 – CEFET-PR

Engenheiro Eletricista em 2004 – CEFET-PR

Publicações e Participações

XIII ERIAC 2009 - Encontro Regional Ibero-Americano do CIGRE – Participação como seminarista - Puerto Iguazu - Argentina

SEMAI 2009: Seminário de Manutenção da Itaipu: Participação como autor do Informe Técnico – Gestão do Conhecimento na Manutenção – Foz do Iguaçu - PR.

SEMAI 2009: Seminário de Manutenção da Itaipu: Participação como co-autor do Informe Técnico – Experiência da Itaipu com Fluxômetros Ultrassônicos – Foz do Iguaçu - PR.

ABRAMAN 2010: 25º Congresso Brasileiro de Manutenção: Participação como autor do Informe Técnico – Gestão do Conhecimento na Manutenção da Itaipu Binacional – Bento Gonçalves – RS

KM 2010 (Seminário latino Americano de Gestão do Conhecimento): Participação como seminarista – Gramado – RS.

Atuando desde 2005 na área de manutenção, inicialmente na área manutenção de subestações até 138kV na Companhia Paranaense de Energia Elétrica e atualmente na Superintendência de Manutenção da Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional.