

JUSTIFICATIVAS PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO ON-LINE VibroSystM

I. *Uma visão da Manutenção Baseada nas Condições*

Hoje, mais e mais Concessionárias de Geração de Energia estão se voltando para a econômica e efetiva *Manutenção Baseada nas Condições* (CBM) para programar a manutenção e testes de suas máquinas. De acordo com uma pesquisa multi-industrial de 1988 (“Predictive O&M”, por John O’Connor, publicada na Revista HYDRO REVIEW de Julho 1992), os benefícios da CBM são óbvios, como na tabela abaixo:

Tabela 1: Benefícios da Manutenção Baseada nas Condições (CBM) *

Custos de manutenção	Redução de 50 a 80%
Danos nos equipamentos	Redução de 50 a 60%
Inventário de peças sobressalentes	Redução de 20 a 30%
Tempo de retirada de operação	Redução de 50 a 80%
Despesas de horas-extras	Redução de 20 a 50%
Vida útil da máquina	Aumento de 20 a 40%
Produtividade total	Aumento de 20 a 30%
Lucro	Aumento de 25 a 60%

* Pat March, Engenheiro Mecânico Sênior no TVA (Tennessee Valley Authority) Engineering Laboratory, preparou esse resumo baseado nos resultados de uma pesquisa multi-industrial de 1988 conduzida por TEC, que contactou Empresas que utilizam técnicas de manutenção baseada nas condições da máquina.

O objetivo final da *Manutenção Baseada nas Condições* é “eliminar manutenções de rotina e permitir ao usuário trabalhar no equipamento somente quando o sistema de monitoramento indicar que tal serviço está sendo necessário”.

A VibroSystM oferece ao mercado sistemas de monitoramento *on-line* precisos, confiáveis e eficientes para implementar programas CBM em unidades geradoras.

II. Sistema de Monitoramento On-line VibroSystM

Air Gap Monitoring System (AGMS®)

O entreferro entre estator e rotor é o coração de uma unidade geradora uma vez que é onde a energia mecânica é convertida em corrente elétrica.

O entreferro dinâmico é um parâmetro importante que revela a fraqueza estrutural e/ou eficácia de uma máquina. Sumariza os efeitos de várias forças físicas internas e externas interagindo dentro de uma máquina hidrelétrica. Essas forças podem ser de natureza hidráulica, centrífuga, magnética, mecânica, térmica e geotécnica.

Um entreferro desbalanceado pode causar corrente de fase dividida, *stress* no rotor e no estator, sobre-aquecimento localizado, vibração da máquina e outros problemas que diminuem a eficiência e agem para o prematuro envelhecimento da unidade, além de cada vez maiores custos de manutenção.

O sistema AGMS da VibroSystM é o único sistema disponível hoje que pode verificar o entreferro dinâmico com suficiente exatidão. Alta precisão e repetibilidade das medições são alcançadas através do uso de nossa exclusiva tecnologia capacitiva.

O sistema AGMS oferece:

- *Alta precisão (3 %) e repetibilidade de medições (0,7 %)*
- *Grande gama de medições:
6000 amostras por segundo (Amostragem)
1 revolução (Assinatura)
1 a 246 unidades de revolução (testes de entreferro em máquina de 32 pólos)
Até 1.000.000 de medições para análise de tendências*
- *Medições automáticas e manuais*
- *Registro automático de dados coletados antes e depois do alarme (20 revoluções)*
- *Ferramentas para processamento dos dados inclui análise de espectro (FFT)*
- *Excelente confiabilidade e histórico (mais de 350 sistemas instalados em 10 anos)*
- *Possibilita rápido retorno no investimento em função da diminuição nos custos de manutenção e no aumento da disponibilidade da máquina*

Zero Outage On-line Monitoring System (ZOOM®)

A filosofia do sistema ZOOM é enxergar através da unidade hidrelétrica referindo todos os parâmetros da máquina ao menor passo elétrico e mecânico - a passagem do polo do rotor. A apresentação gráfica desses vários parâmetros como curvas com uma escala de tempo comum revela correlações não visíveis para uma análise completa da unidade.

A análise profunda da máquina através do sistema ZOOM pode revelar indícios de problemas que podem não ser detectados quando se examinam dados não sincronizados fornecidos por equipamentos isolados.

O sistema ZOOM oferece:

- *A medição de todos os parâmetros é sincronizada com o menor passo eletro-mecânico de uma máquina – a passagem de um polo do rotor*
- *Parâmetros mostrados como gráficos para diagnóstico preciso da máquina*
- *Grande gama de medições:
6000/750 amostras por segundo (Amostragem)
1 revolução (Assinatura)
1 a 246 unidades de revolução (testes de entreferro em máquina de 32 pólos)
Até 1.000.000 de medições para análise de tendências*
- *Aumento significativo da capacidade de análise da unidade*
- *Medições automáticas e manuais*
- *Registro automático de dados coletados antes e depois do alarme (20 revoluções)*
- *Ferramentas para processamento dos dados inclui análise de espectro (FFT)*
- *Fornecer dados e ferramentas de diagnóstico do software para análise de comportamento dos componentes*
- *Excelente confiabilidade e histórico (mais de 60 sistemas instalados em 4 anos)*
- *Possibilita rápido retorno no investimento em função da diminuição nos custos de manutenção e no aumento da disponibilidade da máquina*

Stator Bar Vibration (SBV) Evaluator

O sistema de avaliação da vibração nas barras do estator oferece uma avaliação *on-line* das condições dos enrolamentos utilizando exclusivos sensores capacitivos instalados em ranhuras específicas do estator de modo a medir a vibração das barras.

A tendência da amplitude de vibração das barras do estator fornece uma informação dinâmica *on-line* das condições dos enrolamentos de modo a se determinar quando é necessário refazer a cunhagem da unidade, antes que danos possam ocorrer (abrasão da gaiola de Faraday e isolamento, danos nos laminados, sobre-aquecimento nas barras, aumento das descargas parciais, etc...).

O sistema SBV oferece:

- *Avalia as perdas no sistema de cunhas da unidade*
- *Mede o deslocamento das ranhuras (ou níveis de vibração) das barras do estator enquanto a unidades está em operação*
- *Torna possível o planejamento dos serviços de fixação das cunhas do estator*
- *Alarma contra níveis excessivos de vibração que podem detonar uma avalanche de efeitos destrutivos como:*
 - a) abrasão da pintura semicondutora das barras e isolamento*
 - b) aumento das descargas parciais*
 - c) sobre-aquecimento das barras*

III. Justificativas utilizadas por nossos Clientes

A experiência tem mostrado que o monitoramento *on-line* dinâmico de uma unidade hidrelétrica com o sistema ZOOM se transforma em centenas de milhares de dólares economizados. As razões por trás desses lucros adicionais estão listadas abaixo.

1.0 SISTEMA ZOOM DIMINUI OS CUSTOS E AUMENTA A EFICIENCIA DA MANUTENÇÃO:

1.1 Detecta indícios de problemas para uma correção a tempo com custo mínimo:

FATO: Usina Hidrelétrica Kpong em Gana, África, possui 4 (quatro) unidades de 50 MW e é crítica para o sistema elétrico de potência do país. O sistema AGMS mostrou que todas as unidades estavam sob risco e salvou a unidade 2 de um acidente estimado em US\$ 2 a 3 milhões. A unidade foi salva, o problema foi corrigido a um custo mínimo e os operadores reajustaram o uso da máquina para uma operação segura.

Referência: Horst Mielke – Acres Engineering Consultant. Veja estudo do caso “Problemas estruturais da central causando deformação dos estatores” no canto inferior direito da página 3 do catálogo AGMS.

1.2 Fornece informações que possibilitam o ajuste fino das partes mecânicas e um desempenho otimizado de modo a minimizar stress e evitar o envelhecimento prematuro da máquina:

FATO: Usina Hidrelétrica Arnprior da Ontario Hydro, Canadá, possui 2 (duas) unidades de 80 MW para condições de pico de demanda e condensação sincronizada. O sistema ZOOM mostrou que a separação gradual da coroa polar estava causando excessiva vibração do estator na parte inferior do entreferro. A causa das vibrações localizadas foi encontrada e os dados foram compilados para reparar o problema e estender a vida útil da máquina.

Referência: Gord Haines – Ontario Hydro

Publicação: Bruce Pollock, John Lyles – Ontario Hydro, trabalho aprovado no IEEE “Vertical Hydraulic Generators Experience with Dynamic Air Gap Monitoring”, página 5.

1.3 Verifica os efeitos de qualquer trabalho ou ajuste mecânico e diminui os tempos e esforços em se alcançar as tolerâncias requeridas:

FATO: Usina Hidrelétrica Robert Saunders da Ontario Hydro, Canadá, teve a experiência de corrigir uma alta oscilação de um eixo após apenas 2 tentativas.

Referência: Dave Casselman – Ontario Hydro. Veja estudo do caso “Resultados dos problemas no eixo do gerador correlacionados com cada polo do rotor” no canto superior esquerdo da página 2 do catálogo AGMS.

FATO: A mesma usina hidrelétrica rotineiramente utiliza o sistema ZOOM para balancear eficientemente o rotor das unidades.

Reference : John Barbour - Unidade de Negócios Hidrelétricos, Ontario Hydro. Veja estudo do caso "Correcting Unbalance in a Generator Rotor", Machine Dynamics Notebook, Hydro-Review, No. 4 de Agosto/1997.

1.4 Fornece diagnósticos rápidos e precisos da máquina:

FATO: Usina Hidrelétrica Grand Coulee do US Bureau of Reclamation, USA, estava repotenciando 3 de suas 6 unidades de 800 MVA. O sistema AGMS usado durante o período de comissionamento da primeira unidade repotencializada foi fundamental em se obter a unidade em pleno funcionamento antes dos feriados do Natal. Um disjuntor de corrente de fase dividida foi ativado durante os testes indicando um perigoso entreferro (desbalanço). Uma rápida olhada no visor do AGMS confirmou que o entreferro rotor-estator estava estabilizado e dentro das tolerâncias operacionais. Se não houvesse essa informação adicional, o Bureau teria que suspender os testes, remover as blindagens do rotor e gastar de 4 a 5 dias para investigar a possível falha. Isto acarretaria o atraso da entrada em serviço das unidades por 3 semanas em função dos feriados de Natal, com acréscimo desnecessário de horas extras tanto para o pessoal da Usina quanto do fabricante do gerador.

Referência: Gerald Metcalf – USBR

1.5 Determina prioridades na manutenção e limpeza:

FATO: Usina Hidrelétrica Sir Adam Beck da Ontario Hydro, Canadá. Uma unidade de 80,5 MVA apresentou vibração maior que os limites previstos. O monitoramento do entreferro determinou que o gerador não era a fonte da vibração. Investigações adicionais mostraram tratar-se de um problema hidráulico, corrigido pela limpeza dos canais de passagem de água.

Referência: Bruce Pollock, John Lyles – Ontario Hydro. Trabalho aprovado no IEEE “Vertical Hydraulic Generators Experience with Dynamic Air Gap Monitoring”, página 6..

1.6 Permite monitoramento de unidades remotas:

FATO: Manic Station da Hydro Quebec, Canadá, possui 2 condensadores síncronos de 300 MVAR, refrigerados à hidrogênio. Esta é a maior estação de transmissão da Hydro Quebec, isolada e remota. As unidades possuem históricos de falhas nos pólos de campo e cunhas soltas causando vibrações nas barras do estator. O Engenheiro Eletricista no escritório regional da Hydro Quebec está monitorando as variações nas condições das máquinas acessando as informações de entreferro para cada polo bem como as vibrações nas barras. Este acompanhamento é possível quando realizado através dos sistemas ZOOM e SBV instalados no gerador. Tempo e mão de obra são economizados nesta instalação em particular.

Referência: Paul Menard – Hydro Quebec

1.7 Aumenta a segurança:

FATO: Usina Hidrelétrica Moses da New York Power Authority (NYPA), Rio São Lourenço, EUA, possui 16 unidades de 65 MW cada. O acesso ao entreferro era muito complicado, multiplicando os riscos para os operários bem como riscos de se danificar as unidades com ferramentas ou materiais acidentalmente deixados no local. A situação foi significativamente resolvida com a instalação do sistema AGMS.

Referência: Mick Serth – NYPA

1.8 Detecta áreas com probabilidade de falhas, tanto mecânica, quanto elétrica ou de pessoal de manutenção:

FATO: Usina Hidrelétrica High Falls da McLaren Energy, EUA, havia reconicionado uma unidade de 25 MW. O sistema SBV foi instalado com um novo sistema de cunhas e um dos canais indicou vibrações extremamente altas nas barras do estator comparado com as outras unidades (que era normal para um novo sistema de cunhas). A Concessionária pôde resolver o problema junto ao fornecedor dentro do período de garantia. Sem o sistema SBV, esse problema teria passado despercebido.

Referência: Jean Pellerin – McLaren Energy

FATO: Usina Hidrelétrica Robert Saunders da Ontario Hydro, Canadá. O aumento dos níveis de vibração de um mancal de uma unidade de 60 MW, acrescido de valores de alta temperatura do óleo em um mancal específico (todos monitorados pelo sistema ZOOM), ajudaram a identificar baixo nível de óleo nos mancais antes de ser constatado pela vistoria de manutenção agendada.

1.9 Aumenta as habilidades de operação e manutenção do pessoal da Concessionária

2.0 O SISTEMA ZOOM AUMENTA A DISPONIBILIDADE DAS MAQUINAS

2.1 Fornece condições de se verificar com antecedência problemas em desenvolvimento na máquina e permite planejamento da manutenção a longo prazo, de modo a minimizar os riscos de uma parada não prevista durante períodos de pico de demanda.

2.2 Permite ao Gerente de Manutenção postergar ou cancelar uma parada programada (introduz as práticas da manutenção baseada nas condições):

FATO: Usina Hidrelétrica Robert Saunders da Ontario Hydro, Canadá, possui 16 unidades de 60 MW cada, utilizadas para fornecimento básico. Esta UHE é uma produtora de lucro muito importante para a Ontario Hydro. A capacidade de monitoramento do sistema ZOOM bem como a análise de tendência das condições das lâminas das turbinas, mancais e entreferro permitiram ao Supervisor da Usina cancelar uma decisão do Gerente de Produção de parar 2 geradores enquanto um corte no concreto da barragem era executado. Este fato gerou um lucro de US\$ 300,000 por corte de concreto. O Supervisor confirmou que os dados obtidos com o sistema ZOOM lhe permitiram operar com segurança as unidades adjacentes ao corte enquanto o trabalho estava sendo executado. O total de lucros informado pela Ontario Hydro devido ao uso dos sistemas de monitoramento VibroSystM é de US\$ 10,000,000 desde 1991.

Referência: Dave Casselman – Ontario Hydro

2.3 Ajuda o Supervisor de Manutenção a planejar eficientemente uma parada programada (eliminar alguns testes, comprar materiais necessários antes, distribuir recursos humanos, etc.). Planejamento eficiente diminui o período de parada programada:

FATO: Usina Hidrelétrica A do USA Corp of Engineers, em Nashville, EUA, possui uma unidade de 31 MVA fabricada em 1969. O monitoramento on-line utiliza nosso sistema ZOOM, que incorpora medição de entreferro AGMS, avaliação das barras do estator SBV, e outros sistemas. O Cliente conseguiu reduzir a parada da unidade para inspeção periódica em 27 horas. Este fato gera um aumento significativo da disponibilidade da máquina que pode ser transformado em milhares de US\$ de geração extra de energia cada vez que a unidade é inspecionada (uma vez a cada 36 meses).

Referência: Vicky Warren – USACE, “From Preventive to Predictive Maintenance. A 31-MVA Hydrogenerator Study Case”, apresentado em Orlando/USA em Novembro/95 durante a Conferência EPRI de Repotenciação e Manutenção Preditiva de Motores e Geradores em Concessionárias

2.4 Fornecer informações verdadeiras sobre as condições da máquina que permitem decidir se é necessário para a unidade para inspeção em casos onde outros equipamentos de proteção sinalizam um problema.

3.0 O SISTEMA ZOOM AJUDA A OBTER MAIS DA MAQUINA

3.1 Aumenta a eficiência da unidade pela eliminação de desbalanceamentos causados por corrente de fase dividida:

FATO: Usina Hidrelétrica Rapid des Iles da Hydro Quebec, Canadá.

Referência: Veja estudo do caso “Circularidade do Rotor e Desenho Estrutural” no canto inferior esquerdo da página 4 do catálogo AGMS

3.2 Permite aumento da capacidade através de sobrecarga monitorada da máquina.

3.3 Fornece dados para operar máquinas críticas com segurança e confiança:

FATO: Usina Hidrelétrica Kipling da Ontario Hydro, Canadá, possui máquinas de 65 e 75 MW com movimentos do estator que haviam causado roçamentos anteriores. Monitoramento constante dessas unidades com o sistema ZOOM é utilizado “ao invés de substituir os núcleos dos estatores a um custo significativo”.

Referência: Bruce Pollock, John Lyles – Ontario Hydro. Trabalho aprovado no IEEE “Vertical Hydraulic Generators Experience with Dynamic Air Gap Monitoring”, página 4.

3.4 Estende a vida de máquinas velhas atrasando repotenciação inoportuna.

4.0 OUTROS BENEFICIOS ECONOMICOS

4.1 Fornece dados para negociação de menores prêmios de seguro.

4.2 Facilita análise de comportamento dos componentes evitando excesso de partes/peças de reserva.

4.3 Fornece dados para se obter total vantagem da garantia de máquinas novas ou repotenciadas através da verificação das tolerâncias:

FATO : Usina Hidrelétrica Grand Coulee do Bureau of Reclamation, USA. Unidade G23 foi repotenciada. Os dados de entreferro coletados foram utilizados pelo Bureau para ajustar as especificações da unidade G24. A Gerência direcionou a Contrada a reposicionar a coroa polar mais apertado à aranha.

Referência: Jerry Metcalf - USBR, Earl White - Siemens. Veja estudo do caso “Air Gap Measurements Tell Generator Condition”, Machine Dynamic Notebook, Hydro-Review de Abril 1997.

4.4 Elimina paradas periódicas para medição estática de entreferro.

4.5 Previne gastos de milhões de US\$ evitando roçamentos rotor-estator, alarmando entreferro crítico ou desligando a máquina.