



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

GGH - 04
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO I
GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH**

ASPECTOS RELEVANTES NA MODERNIZAÇÃO DE GRANDES HIDRO-GERADORES NA AMÉRICA DO NORTE ACONTECIDAS DURANTE OS ÚLTIMOS TRÊS ANOS – PREOCUPAÇÕES E MELHORIAS INTRODUZIDAS.

Sidney Alvares

Carlos Haluska

Roberto Avigni

Voith Siemens Hydro Power Generation

RESUMO

Este artigo é baseado na experiência da Voith Siemens Hydro com modernizações de geradores de grande porte na América do Norte que ocorreram durante os últimos três anos, destacando os projetos Bath County (530 MVA), Castaic (287.5 MVA), e Helms (390 MVA).

O propósito destas modernizações foi eliminar deficiências antigas, substituir componentes desgastados e introduzir melhorias nos equipamentos.

Este artigo apresenta estes três casos com alguns detalhes, explicando individualmente as razões para estas modernizações, alternativas de escopo, inspeções, definição final do escopo e soluções adotadas.

Estes três hidro-geradores serão comparados com outros equipamentos avaliando-se o projeto original.

Serão apresentadas as soluções de projeto que resultaram em melhorias no equipamento e os benefícios relacionados, bem como as preocupações iniciais.

Concluindo, algumas recomendações relacionadas à modernização de grandes hidro-geradores serão fornecidas.

PALAVRAS-CHAVE

Hidrogeradores, repotenciação, modernização, recapacitação, usinas hidrelétricas.

1.0 - INTRODUÇÃO

Durante os três últimos anos estive sob a responsabilidade da Voith Siemens Hydro a modernização de várias unidades hidrogeradoras de grande porte nos Estados Unidos, ficando a unidade brasileira responsável pelo projeto básico e de detalhamento, e o fornecimento dos componentes do hidrogerador. As unidades locais ficaram responsáveis pela montagem, comissionamento do gerador além da modernização da automação, turbina e demais equipamentos da planta.

Dos serviços realizados, as modernizações de BathCounty, Castaic e Helms se destacam pelo porte e complexidade dos equipamentos como também pelo fato de serem unidades reversíveis (moto-geradores).

2.0 - AVALIAÇÃO DOS PROJETOS ORIGINAIS.

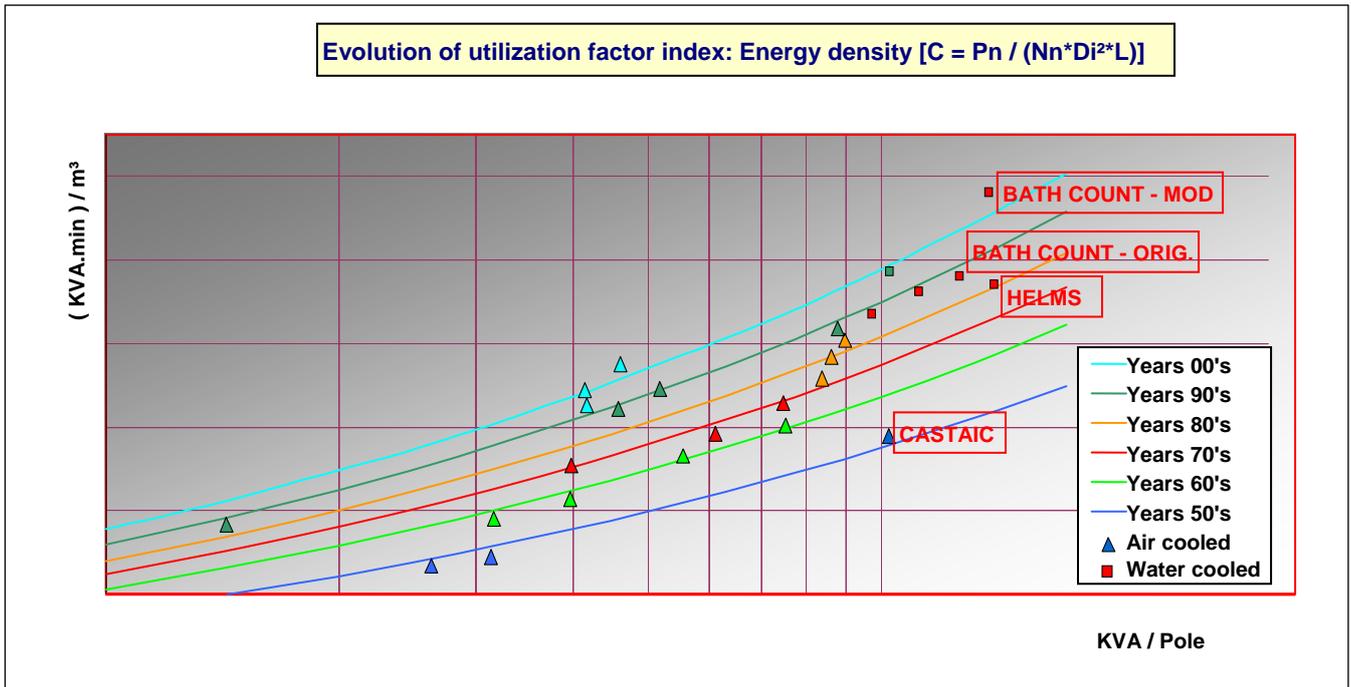
No gráfico a seguir podemos visualizar o fator de utilização (fator de Titel) destes 3 geradores relacionando com a evolução deste fator ao longo das últimas décadas.

Através destes gráficos é fácil visualizar que a complexidade dos 3 projetos, considerando a época em que foram concebidos.

Rua Friedrich Von Voith, 825 – Prédio 36 - CEP 02995-000 – São Paulo - SP - BRASIL

Tel.: (011) 3944-5184 / 5111 / 5604 - Fax: (011) 3944-5180

e-mail: sidney.alvares@vs-hydro.com / carlos.haluska@vs-hydro.com / roberto.avigni@vs-hydro.com



3.0 - METODOLOGIA DE TRABALHO

Antes de entrarmos em maiores detalhes sobre cada modernização é conveniente conhecer a metodologia básica de trabalho aplicada nestes casos de modernização.

A Voith Siemens aplica a metodologia de trabalho Integrated Service (IS) nas modernizações, podendo haver variações conforme as particularidades de cada cliente ou equipamento.

O processo prevê que o serviço seja realizado basicamente em 5 etapas intercaladas por algumas avaliações e liberações do cliente conforme a seguir:

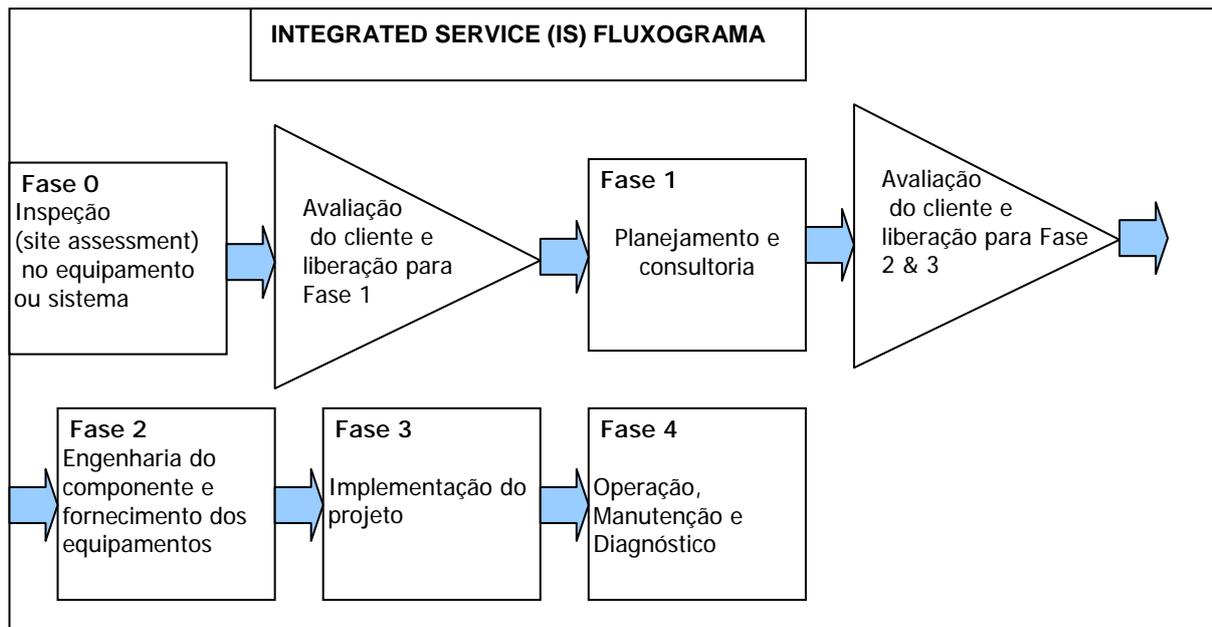


FIGURA 2: Fluxograma das atividades de Integrated Service

Fase 0: Envolve a inspeção no local por especialistas ("site assessment") de modo a proporcionar uma avaliação econômica preliminar da modernização.

Fase 1: Baseado na atratividade dos valores econômicos da fase 0, a otimização do escopo é desenvolvida, combinando os conhecimentos do fornecedor com os desejos do cliente.

Fase 2: Envolve o projeto detalhado dos componentes por parte da engenharia, bem como o fornecimento dos componentes a serem fornecidos.

Fase 3: Consiste dos serviços de campo, implantando as definições da fase anterior.

Fase 4: É dado suporte às atividades do cliente relacionadas à operação e manutenção da planta, com destaque aos serviços de diagnóstico.

4.0 - PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DE BATH COUNTY

4.1 Bath County, características da unidade geradora

Unidade reversível (moto-geradora)
 Potência original por unidade 447.4 MVA
 Potência após modernização por unidade 530 MVA
 Tensão nominal 20.5 kV
 Altura do núcleo 2.9 m
 Diâmetro interno do núcleo 8 m
 Refrigeração a ar.

4.2 Bath County, intenção do cliente

- Aumentar a confiabilidade do equipamento
- Aumentar a potência gerada.

4.3 Bath County, fase 0

As inspeções e testes realizados indicaram as possibilidades de ganho com um novo enrolamento estatórico.

O núcleo estatórico e os enrolamentos polares a princípio poderiam ser mantidos, dependendo tal decisão de um cálculo preciso do gerador.

4.4 Bath County, fase 1

A solução técnica escolhida foi um novo enrolamento estatórico com barras Roebel com 540 graus de transposição, mantendo-se o núcleo estatórico e os enrolamentos polares.

Com esta solução foi possível aumentar a potência gerada de 447.4 MVA para 530 MVA.

A solução com transposição Roebel 540 graus, quando comparada com uma solução equivalente com barra Roebel tradicional (360 graus de transposição) permitiu reduzir a temperatura do enrolamento em aproximadamente 10 K (considerando a condição de carga máxima para ambos os casos). Este fator adicionado ao aumento do stress dielétrico na isolação principal viabilizou o aumento de potência mantendo-se os núcleos antigos.

4.5 Bath County, particularidades

- Maior unidade moto-geradora do mundo.
- Elevado valor de corrente por ranhura, considerando um gerador refrigerado a ar
- Elevado fator de utilização (fator de Titel) para uma máquina com refrigeração a ar
- Stress dielétrico da isolação principal da ordem de 3kV/mm
- Barras com transposição 540 graus em 2 níveis conforme figura 3 e figura 4.

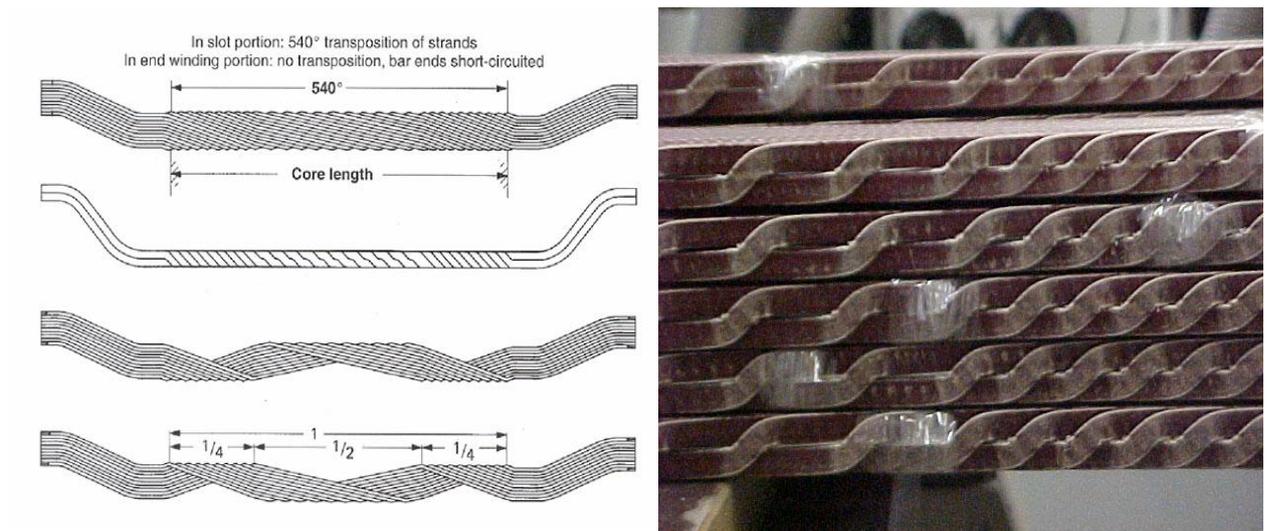


FIGURA 3: Conformação da barra com transposição em 540° .

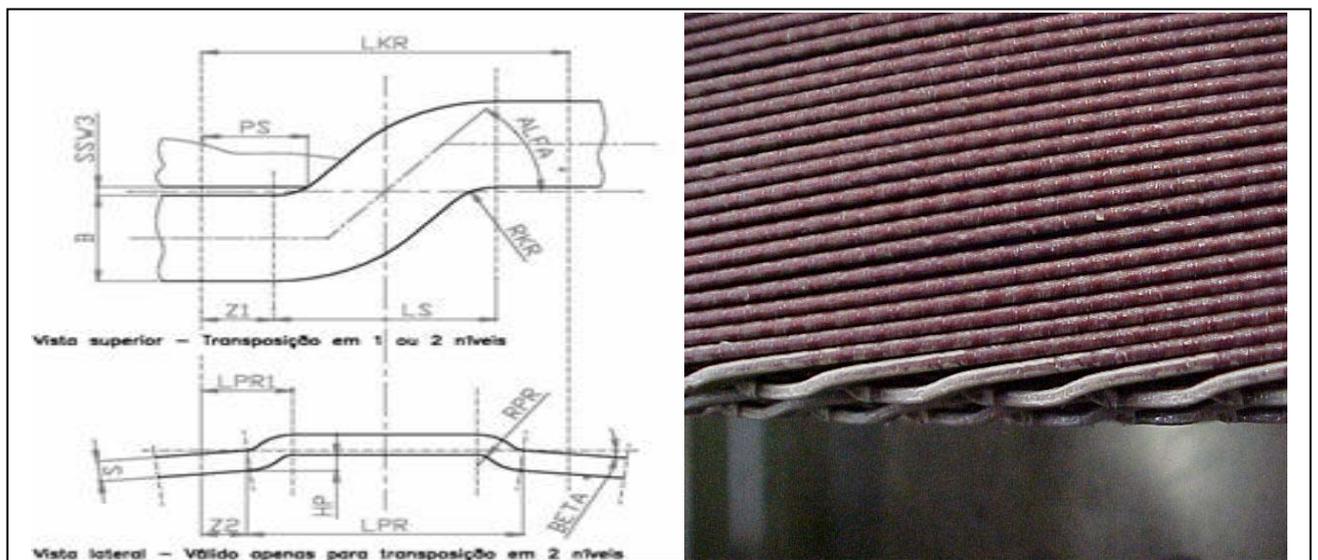


FIGURA 4 Conformação dos condutores na transposição em 2 níveis.

5.0 - PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DE CASTAIC

5.1 Castaic, características da unidade geradora

Unidade reversível (moto-geradora)
 Potência gerada por unidade 287.5 MVA
 Tensão nominal 18 kV
 Altura do núcleo 2.9 m
 Diâmetro interno do núcleo 7.2 m
 Refrigeração a ar

5.2 Castaic, intenção do cliente

- Aumentar a confiabilidade do equipamento
- Troca do enrolamento estático

5.3 Castaic, fase 0

As inspeções realizadas revelaram a necessidade de um novo núcleo estatórico tendo em vista que foram encontrados espaçadores dos dutos de ventilação (chapas canal) soltos dentro do equipamento, existindo riscos de se moverem para a região interna do gerador e provocar acidentes, curtos etc.

Além disto, as cunhas de fechamento de ranhura eram trocadas freqüentemente em função de problemas mecânicos no núcleo que causavam seu afrouxamento.

5.4 Castaic, fase 1

As análises técnicas e econômicas revelaram que a melhor solução é fornecer para cada hidrogerador uma nova carcaça, núcleo e enrolamento estatórico, sendo o empilhamento e a montagem de grande parte do enrolamento feito em fábrica, visando a possibilidade de reduzir o tempo de máquina parada

A solução técnica escolhida foi um estator e núcleo estatórico dividido em 4 partes, sendo o mesmo liberado da fábrica já empilhado e com grande parte do enrolamento já montado.

5.5 Castaic, particularidades

- O núcleo estatórico possui 8 metros de diâmetro e 2.9 metros de altura
- Para permitir o transporte e a manipulação, cada segmento foi fornecido com uma embalagem especial, inclusive com registradores de choque e vibração e uma série de dispositivos de manipulação.
- Com o novo projeto de enrolamento e núcleo estatórico foi possível reduzir em 10K a temperatura do enrolamento na condição de carga nominal
- Cada segmento de carcaça com núcleo e enrolamento liberado pela fábrica pesava aproximadamente 70 ton, apresentando as seguintes dimensões: Comprimento= 7.0 m; Largura= 4.7 m e Altura= 3.1 m, figura 5.



FIGURA 5: Segmento da carcaça de Castaic,

6.0 - PROJETO DE MODERNIZAÇÃO DE HELMS

6.1 Helms, características da unidade geradora

Unidade reversível (moto-geradora)
 Potência gerada por unidade 390 MVA
 Tensão nominal 18 kV
 Altura do núcleo 2.8 m
 Diâmetro interno do núcleo 6.2 m.
 Enrolamento estatórico refrigerado a água.

Enrolamento rotórico refrigerada a ar

6.2 Helms, intenção do cliente

- Aumentar a confiabilidade do equipamento.
- Troca do enrolamento estatórico
- Troca do enrolamento polar
- Não havia interesse em aumentar a potência gerada.

6.3 Helms, fase 0

As inspeções e testes confirmaram a necessidade de um novo enrolamento estatórico, bem como um re-trabalho nos enrolamentos polares, ou seja, re-isolamento dos enrolamentos existentes ou fornecimento de novos enrolamentos polares.

O núcleo estatórico e o sistema de tratamento de água de refrigeração do enrolamento (enrolamento refrigerado à água) assim como várias conexões hidráulicas e elétricas puderam ser mantidas.

6.4 Helms, fase 1

As análises técnicas e econômicas revelaram que para este caso a melhor solução seria fornecer enrolamentos polares novos para a primeira unidade e re-isolar os enrolamentos polares de outras unidades de modo a reduzir os prazos de equipamento parado.

As barras do enrolamento estatórico foram totalmente substituídas e parte das conexões circulares foram mantidas.

6.5 Helms, particularidades

- Unidades moto-geradora com refrigeração a água.
- Elevado valor de corrente por ranhura, mesmo considerando um gerador refrigerado a água.
- Elevado fator de utilização (fator de Titel) para uma máquina com refrigeração a água
- Velocidade periférica do rotor de 117 m/s e 176 m/s nas respectivas rotações nominal e disparo.

7.0 - CONCLUSÕES

Uma dos grandes desafios em uma modernização de um hidrogerador é a definição correta do escopo, devendo-se realizar inspeções e testes criteriosos no equipamento para decidir quais os componentes que irão ser substituídos, reformados ou mantidos.

A definição correta ou errônea do escopo pode significar o sucesso ou o fracasso de um projeto de modernização.

Os casos aqui apresentados servem como referência, tendo sido as três modernizações dos hidrogeradores premiadas com sucesso, atingindo todos seus objetivos e respeitando os planejamentos.

As metodologias de trabalho nas modernizações apresentadas proporcionam soluções otimizadas em sintonia com as necessidades do cliente.

Este artigo baseia-se em casos ocorridos nos EUA. Para aplicarmos estas experiências no mercado brasileiro devemos levar em conta alguns fatores tais como:

- política de geração de energia elétrica no país;
- remuneração da energia gerada, disponível, etc.;
- custo da mão de obra local;
- disponibilidade de capital;
- condições comerciais;
- filosofia de manutenção;
- política de uso dos equipamentos hidrogeradores.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VOITH SIEMENS Integrated Service (IS) Catálogo.

Egídio José Faria, Sergio Sanchez Gallego - Utilização de transposição 540 graus em enrolamento estatórico de geradores para usinas hidrelétricas – XVII SNPTEE – Voith Siemens Hydro.

Caio Werner Kramer, Carlos Haluska, Davi F. Squaiella – Apostila de Treinamento em Geração de Energia Hidrogeradores – Voith Siemens Hydro.