



Grupo de Estudo de Geração Hidráulica-GGH

PEEK-Nova tecnologia aplicada em revestimento para mancal de escora, resultados da aplicação em um gerador

**MAURO UEMORI(1); PIOTR NEUBAUER(2); OLIVIER BERCHTOLD(3); MICHEL SPIRIDON(4);
GE(1);GE(2);GE(3);GE(4);**

RESUMO

O objetivo deste artigo é divulgar e promover o “PEEK”, a nova tecnologia a ser utilizada em mancais de escora de hidrogeradores verticais em substituição ao tradicional metal patente. Serão apresentadas as principais vantagens em termos de rendimento, temperaturas de operação, carga específica e manutenção. Também será apresentado os resultados de um comissionamento detalhado feito em um gerador onde esta nova tecnologia foi aplicada com sucesso.

PALAVRAS-CHAVE

Peek, Mancal Escora, Carga Específica, Perdas, Atrito, Babitt, Óleo, Temperatura

1.0 - INTRODUÇÃO

As propriedades dos revestimentos PEEK trazem vários benefícios para o comportamento hidrodinâmico dos mancais de escora e para os operadores das usinas hidrelétricas. Esses mancais permitem operações em um nível de temperatura mais elevado em comparação com materiais convencionais como o metal patente. Isso, por um lado, aumenta a margem de segurança e, por outro lado, possibilita a operação com cargas e velocidades específicas mais altas. A redução nas dimensões do mancal e, portanto, redução das perdas por atrito, permitem reduzir o investimento inicial, o custo operacional e o aumento da rentabilidade da unidade por meio de maior eficiência.

As deformações térmicas das sapatas dos mancais de escora são reduzidas devido às propriedades de isolamento térmico e elásticas do revestimento. Este comportamento leva a um perfil de pressão hidrodinâmica mais uniformemente distribuído ao longo da superfície da sapata, o que reduz eficientemente os picos de pressão no filme de óleo. Finalmente, o polímero é caracterizado por uma ordem de grandeza menor de taxa de desgaste que a dos materiais convencionais quando usado em regime de lubrificação mista. Isso prova ser uma tecnologia mais robusta, sem o risco de uma falha catastrófica, (como no caso de casos de carga excepcionais que podem ocorrer durante a vida útil da unidade geradora ou a operação por tempo limitado com nível de óleo baixo ou lubrificação deficiente). Resumindo, os mancais revestidos com polímero oferecem economia e tranquilidade aos operadores das Usinas.

O PEEK foi implementado com sucesso em um mancal com elevada carga axial na Usina Hidrelétrica de Porjus, no norte da Suécia. O mancal operou com segurança em pressões específicas acima de 10 MPa em configurações de mancais unidirecionais e bidirecionais. O desempenho operacional do PEEK foi documentado

(*) Endereço Autor Responsável, n° 000 – sala X 00 - Bloco X – CEP 99.999-999 Cidade, Sigla Estado, – Brasil
Tel: (+55 XX) XXXX-XXXX – Fax: (+55 XX) XXXX-XXXX – Email: nononono@nonono.non.br

em uma campanha de medição realizada no final de 2017. O revestimento PEEK utilizado na aplicação, os testes de carga elevada e os resultados das medições são os pontos principais desta publicação.

2.0 - PORJUS U9 – USINA HIDROELÉTRICA DE PESQUISA

A Usina Hidrelétrica de Porjus de propriedade de Vattenfall AB, está localizada no Rio Lule, no norte da Suécia. Foi construído entre 1910 e 1915 e agora faz parte do patrimônio cultural da região [1]. A Unidade 9, que foi construída em 1998, é dedicada a atividades de pesquisa e desenvolvimento na indústria de geração de energia hidrelétrica. O hidrogerador está mostrado na Figura 1 e seus principais parâmetros na Tabela 1.



Fig. 1 – Unidade #9 da Usina Hidroelétrica de Porjus e sua localização [2]

Porjus Hydropower Center é uma fundação criada em 1994 com o objetivo de incentivar a educação, pesquisa e desenvolvimento na indústria hidrelétrica. O gerador síncrono trifásico é uma máquina de eixo vertical e um estator protótipo de alta tensão. Devido a esta característica distintiva, é chamado de Powerformer. O eixo do gerador é acionado por uma turbina Kaplan de seis pás [3]. Uma descrição detalhada da Central Hidrelétrica Porjus pode ser encontrada em [4].

Tabela 1 - Parâmetros principais da unidade #9 da Usina Hidroelétrica Porjus

Parâmetros	Valores	Unidades
Tipo	PFH 200/145/10	-
Potência Aparente	11000	kVA
cos ϕ	0.9	-
Tensão Nominal	45000	V
Rotação Nominal / Disparo	600 / 1450	rpm
Peso das partes rotativas	53	t
Empuxo Hidráulico	60	t

A máquina #9 de Porjus está equipada com um mancal axial magnético experimental [5], o qual está localizado abaixo do rotor do gerador. Este mancal axial adicional pode ser usado para descarregar o mancal hidrodinâmico convencional. Durante os testes do mancal revestidos em PEEK, o mancal magnético permitiu simular diferentes níveis de carga axial, incluindo um com redução de aproximadamente 30 toneladas.

3.0 - MANCAL ESCORA COM ELEVADA CARGA E COM REVESTIMENTO PEEK

3.1 Mancal de Escora

O mancal de escora está localizado acima do rotor do gerador e atualmente é equipado com doze sapatas revestidas com metal patente. Ele é combinado com um mancal guia com seis segmentos. A seção transversal do mancal combinado escora/guia é mostrada na Figura 2 e seus principais parâmetros estão listados na Tabela 2. Para testar o mancal revestido com PEEK a uma pressão específica mais elevada, o número de sapatas foi reduzido do projeto original com dezoito (18) sapatas para seis (6) e no segundo estágio para quatro (4). A área ativa de uma única sapata permaneceu inalterada em comparação com o projeto original. Conseqüentemente, a pressão específica foi dobrada no primeiro estágio e triplicou no segundo estágio. Após as medições com pivô excêntrico, o procedimento foi repetido para sapatas com pivô centrado, para aplicações bidirecionais.

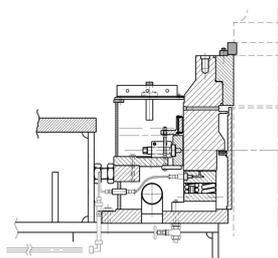


Fig. 2. Seção transversal do mancal combinado escora/guia

O mancal combinado escora/guia é resfriado por um trocador de calor externo de óleo / água. O óleo é bombeado por meio de sapatas de guia com capacidade adicional de auto-bombeamento. A temperatura do mancal pode ser controlada ajustando a quantidade de água de resfriamento que flui através dos trocadores de calor.

Tabela 2 - Principais parâmetros do mancal em teste

Parâmetros	Valores	Unidade
Diâmetro externo/interno	0.950 / 0.625	m
Número de Sapatas	6 / 4	-
Angulo da sapata	24	graus
Posição radial do ponto de apoio	50	%
Posição tangencial do ponto de apoio	50 / 60	%
Carga nominal (medido)	113	t
Pressão específica nominal	6.89 / 10.34	MPa
Tipo de óleo	68	ISO VG

A seqüência do teste é mostrada na Figura 3. Os testes foram realizados do menos para o mais crítico do ponto de vista de capacidade de carregamento do mancal. Para cada mudança, foi necessário abrir a cruzeta, mudar o arranjo das sapatas e fechar novamente. Foram necessários cerca de seis meses de preparação na fábrica e quatro semanas de trabalho na usina para realizar toda a campanha de medição. Depois que todas as medições foram concluídas, a configuração final do mancal foi mantida no lugar.



Fig. 3. Sequencia dos testes

Para permitir cargas mais elevadas por sapata, a modificação do sistema de suporte do mancal de escora foi necessária. O conjunto de molas helicoidais original foi substituído por molas pratos especiais de alta resistência. As novas molas fornecem a elasticidade necessária para equalizar as cargas entre as sapatas, mas também têm resistência suficiente para transferir a carga total das sapatas para o suporte do mancal. A modificação mostrada na Figura 4 permitiu aumentar a capacidade de carga do suporte da sapata em 300%.

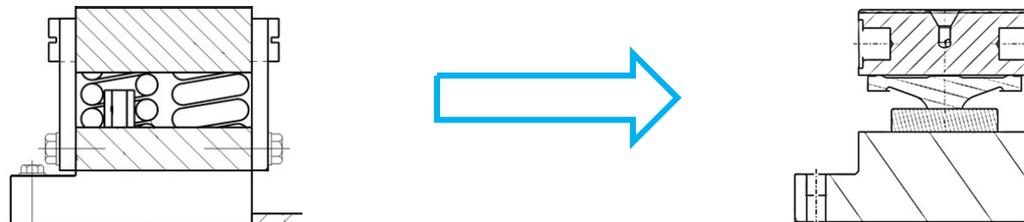


Fig. 4. Modificação do sistema de suporte da sapata de escora

3.2 Equipamento de Monitoramento Instalado

Para rastrear o desempenho do mancal de escora, este foi equipado com 74 sensores. Estes instrumentos foram instaladas no lado estático do mancal (sapatas de escora, sistema de suporte e sistema de refrigeração).

O primeiro arranjo testado com 6 sapatas de escora, consistiu de 3 sapatas regularmente instrumentadas (1 RTD, amarelo), 2 sapatas especialmente dedicadas para medição da temperatura do filme de óleo (8 termopares, azul) e 1 sapata especialmente dedicada para medição de pressão (8 sensores de pressão, verde) de acordo com Figura 5. A numeração da sapata foi mantida inalterada em comparação com o layout original do mancal de escora com 12 sapatas.

Sapata num. 1 foi instrumentada com 6 sensores de proximidade indutivos ao longo das bordas anterior e posterior da sapata, o qual deve fornecer uma indicação aproximada e indireta da espessura do filme de óleo e do comportamento de inclinação da sapata.



Fig. 5. Sapatas do mancal de escora instaladas

As sapatas 5 e 11 foram equipadas com oito (8) termopares cada, que medem diretamente a temperatura do filme de óleo. Os sensores de temperatura foram cuidadosamente montados levando-se em conta o fluxo de óleo, rotação e superfície de deslizamento - veja Figura 6. Os termopares foram calibrados individualmente junto com seus amplificadores de tensão. Enquanto os termopares são intercambiáveis, os amplificadores de tensão tiveram que ser compensados para alcançar uma boa consistência entre os diferentes sensores.

A sapata num. 7 na Figura 7 está equipada com oito (8) sensores de pressão além do sensor de pressão padrão instalado em uma câmara de óleo à alta pressão. Isso permite uma aproximação do perfil de pressão em toda a superfície da sapata.

Seis (6) sensores de proximidade indutivos foram utilizados para medir a distância entre a placa de apoio da sapata e a superfície do bloco de escora. Eles são montados na sapata num. 1 usando 2 perfis em L feitos de aço como mostrado na Figura 8. Os sensores medem o efeito combinado da deformação PEEK e da espessura do filme de óleo. Assim, eles não podem ser usados para medir a espessura do filme de óleo diretamente. Eles foram usados para estimar a inclinação da sapata.

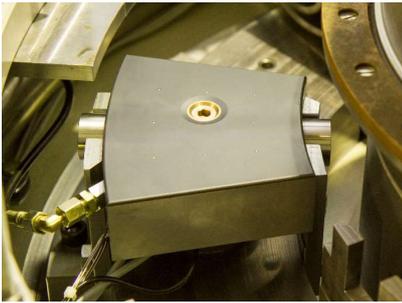


Fig. 6. Sensores de temperatura instalados

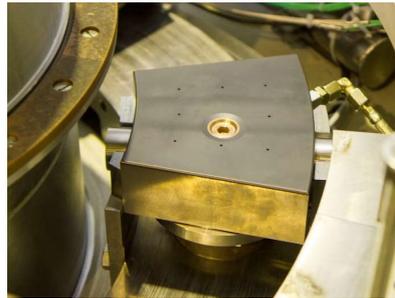


Fig. 7. Sensores de pressão instalados

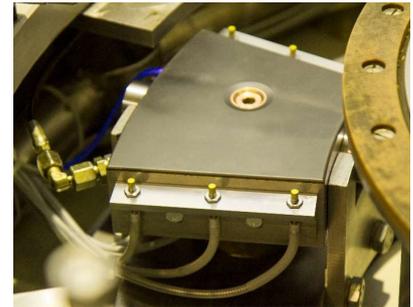


Fig. 8. Sensores indutivos de distância instalados

Cada sapata possui um sensor de pressão nominal de 400 bar montado no circuito de óleo de alta pressão. Uma vez que o óleo a alta pressão é desligado, a válvula antiretorno se fecha e os sensores mostram a pressão do óleo na bolsa na superfície da sapata.

Ao mesmo tempo, cada mola é equipada com dois (2) strain gauges na direção tangencial em relação ao centro da máquina. Estes medidores juntos dão uma indicação da deformação da mola e o valor da carga total na mola.

Os valores podem ser comparados às pressões dadas pelos sensores de pressão do circuito de óleo.

Os principais parâmetros do mancal podem ser visualizados ao vivo usando o aplicativo GE Predix no seguinte endereço de Internet: <https://porjus-2018.run.aws-usw02-pr.ice.predix.io/>

nome de usuário: guest

senha: **GE_guest99**

Para acessar o app GE Predix é também possível escanear o QR code mostrado na Figura 9.

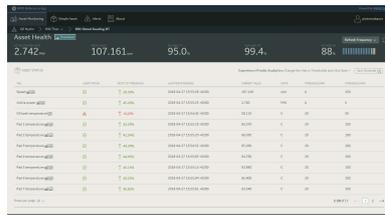


Fig. 9. App GE Predix e o QR code para acessar ao vivo os principais parâmetros do mancal de Porjus #9

O aplicativo é acoplado a um programa de cálculo de mancais que estima a condição operacional utilizando os parâmetros reais registrados na usina. Tal abordagem permite estender o sistema de monitoramento simples, adicionando valores que não são possíveis ou difíceis de medir com precisão. Ele também permite calibrar e testar os modelos de simulação em um ambiente real. Consequentemente, as ferramentas de cálculo tornam-se mais precisas e os sistemas de monitoramento mais úteis para os operadores das Usinas.

4.0 - RESULTADOS PRINCIPAIS DAS MEDIÇÕES

4.1 Medições em regime permanente

Trinta e dois (32) pontos de medições foram realizados em regime permanente. Durante os testes, tres (3) parâmetros foram submetidos a alterações: configuração do mancal B_i , carga F_j e vazão da água de resfriamento Q_j . As configurações de mancal estão listadas na Tabela 3 e as variações de parâmetros na Tabela 4. O número do ponto de medição é um resultado da Equação 1 - uma soma do número de configuração do mancal e do número da variação do parâmetro. Todas as medições de regime permanente foram feitas na velocidade nominal de 600 rpm.

$$M_{i+j} = B_i + P_j$$

Equation 1

Tabela 3 - Configuração dos mancais em teste

No.	Configuração do mancal de escora B_i
10	6 sapatas, pivô excêntrico

20	4 sapatas, pivô excêntrico
30	6 sapatas, pivô centrado
40	4 sapatas, pivô centrado

Tabela 4 - Variação dos Parâmetros

No.	P_j	1	2	3	4	5	6	7	8
Carga Axial (t)	F_j	113	75	113	75	53	23	53	23
Vazão de água de refrigeração (L/min)	Q_j	40	40	120	120	40	40	120	120

A configuração do mancal com pivô centrado 30 e 40 estão apresentados na Figura 10.



Fig. 10. Configuração com 6 sapatas (30 à esquerda) e configuração com 4 sapatas (40 à direita)

Por exemplo, os pontos de medição para todas as configurações de mancais com maior carga (113 t) e fluxo de água de 40 L / min são os números 11, 21, 31 e 41. As medições correspondentes com o maior vazão de água têm os números 13, 23, 33 e 43.

O mancal de escora funcionou bem, sem problemas, em todas as condições medidas. Devido ao espaço limitado, apenas os dados mais relevantes serão mostrados neste artigo. Principalmente os resultados de medição para os pontos de operação com cargas mais elevadas e o menor fluxo de água de resfriamento 11, 21, 31 e 41 são mostrados.

As temperaturas de entrada e saída do filme de óleo medido (no raio médio) são mostradas na Figura 11 e Figura 12. As temperaturas são apresentadas como uma função da carga para todas as quatro (4) configurações de mancais. No lado esquerdo, são apresentados os resultados com o menor fluxo de refrigeração, enquanto no lado direito, os de maior fluxo de água. Nestes diagramas pode-se ver que as temperaturas aumentam quase linearmente em função da carga. A temperatura de operação das sapatas com pivô centrado é 5 a 10 K mais alta do que os com pivô excêntrico. A temperatura do óleo na cuba é função do fluxo de água de resfriamento. É igual a 42 °C para a vazão menor de água e 33 °C para a maior vazão de água. As temperaturas de óleo frio correspondentes provenientes do trocador de calor externo óleo / água são 36 e 26 °C, respectivamente.

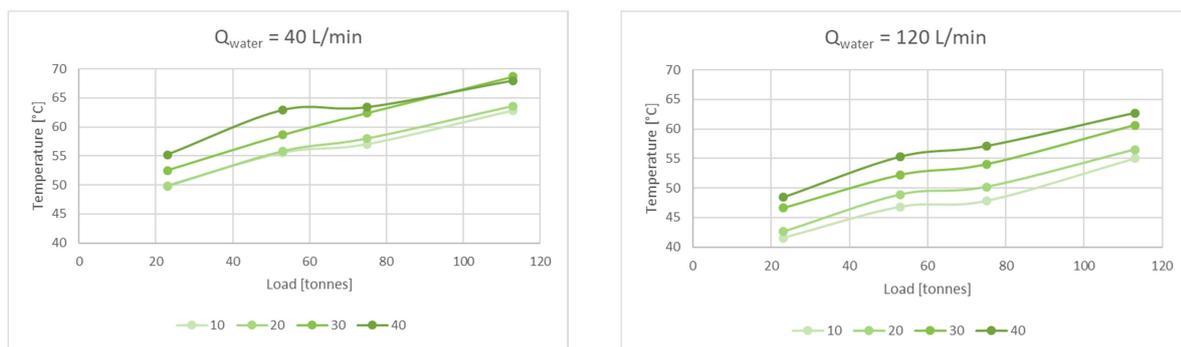


Fig. 11. Temperaturas de entrada de óleo medidas para todas as configurações de mancal

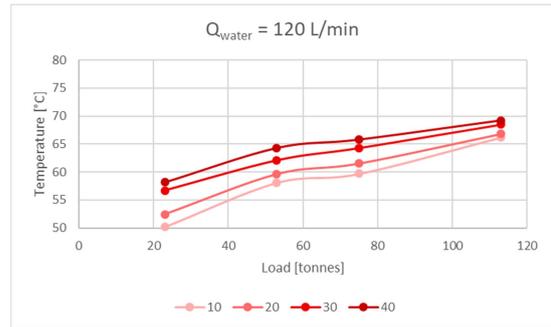
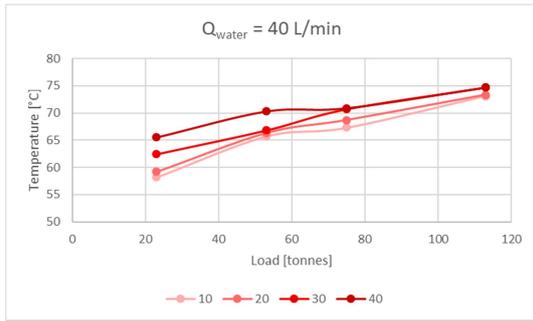


Fig. 12. Temperaturas de saída do filme de óleo medidas para todas as configurações de mancal

A inclinação da sapata é um parâmetro importante que indica se o mancal funciona corretamente. É definido como a diferença de altura entre a entrada do filme de óleo e a saída do filme de óleo. A Figura 13 é um resumo da altura de inclinação da sapata mostrada como função da carga. Como esperado, a cunha do filme de óleo diminui para cargas maiores.

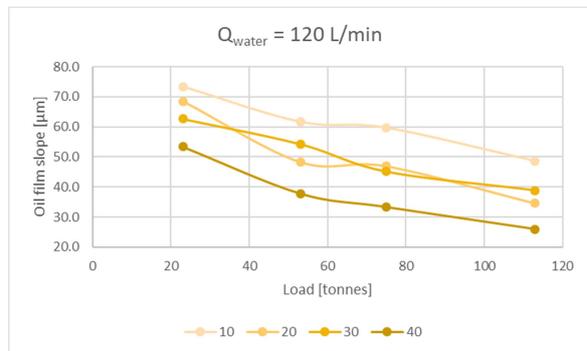
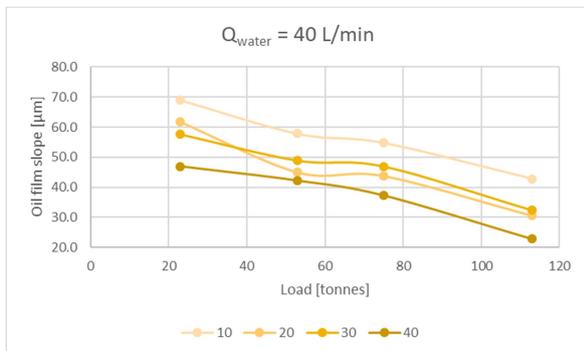


Fig. 13. Medição da inclinação da sapata

A equalização da carga entre as sapatas do mancal de escora mostradas na Figura 14 baseia-se nos valores de pressão hidrodinâmica medidos nas bolsas do sistema de alta pressão. Nas figuras abaixo, pode-se notar que as cargas não estão perfeitamente equalizadas, mas as diferenças estão dentro de um intervalo menor que $\pm 10\%$. Isso indica que o sistema de equalização de carga funciona corretamente. As diferenças relativas para as sapatas simetricamente suportadas são ainda menores, já que estão dentro da faixa de $\pm 5\%$.

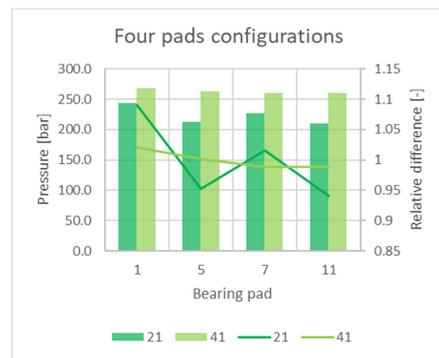
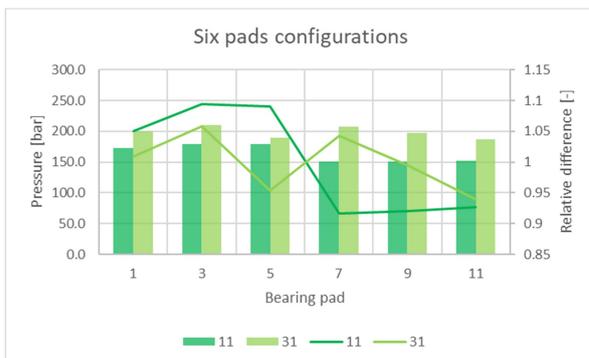


Fig. 14. Distribuição de carga entre as sapatas, configuração de mancal com 6 e 4 sapatas

Os valores para configurações de 4 sapatas (20 e 40) são maiores em aproximadamente 50%, o que corresponde bem ao aumento de carga de 6 para 4 sapatas. Os perfis de pressão hidrodinâmica na condição com maior carga são mostrados na Figura 15 (configurações de pivô deslocado 10 e 20) e na Figura 16 (configurações de pivô centrado 30 e 40). As curvas representam os perfis de pressão tangencial ao longo da sapata num. 7 para raios diferentes: 0,25, 0,5 e 0,75 da largura da sapata.

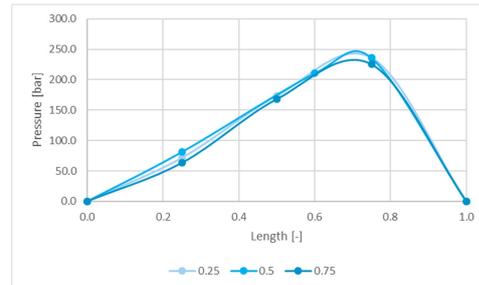
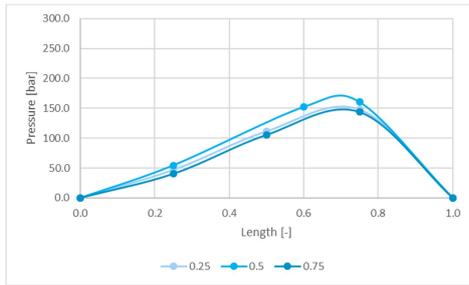


Fig. 15. Perfis de pressão hidrodinâmicos medidos, pontos de medição 11 e 21

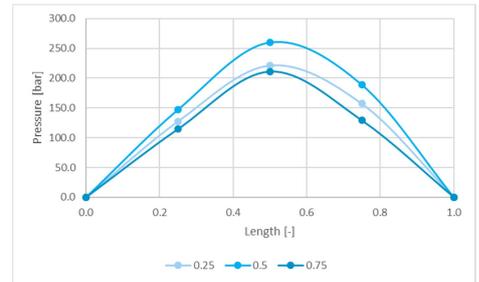
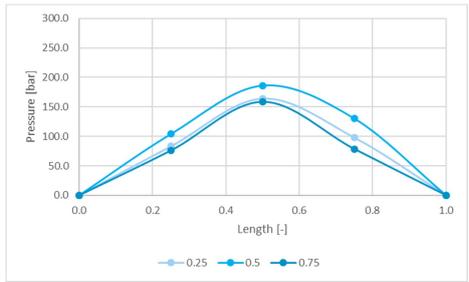


Fig. 16. Perfis de pressão hidrodinâmicos medidos, pontos de medição 31 e 41

4.2 Medições em Regime Transitório

Medições em regime transitório podem ser divididos em 2 grupos:

- Aquecimento do mancal após a partida até o regime permanente
- Falta de água durante operação em regime até o trip da unidade

4.2.1 Aquecimento do mancal desde a partida até atingir o regime permanente

A partida da máquina é um exemplo típico de uma condição transitória. Foi identificado na literatura [6] [7] [8] como uma razão potencial para a falha do mancal. As máquinas de geração hidráulica em muitas usinas estão experimentando em torno de 10 ou mais sequências de partida e parada por dia. Esse novo modo de operação cria a necessidade de projetos de máquinas menos sensíveis a falhas e mais robustos. Os mancais revestidos em PEEK cumprem totalmente este requisito. Suas propriedades isolantes reduzem a deformação térmica excessiva das sapatas, que é a principal razão da limitação de carga durante a partida a frio do mancal. Um exemplo de uma sequência de partida registrada para os pontos de medição 41 e subsequentemente 43 é mostrado na Tabela 5. Na figura pode-se observar a elevação da temperatura do mancal após a partida, operação em carga constante e as reações nos ajustes do fluxo de água de resfriamento. Após a estabilização da temperatura, o fluxo de água é aumentado de 40 para 120 L / min. O resfriamento mais forte tem impacto direto nas temperaturas de operação dos mancais. O ponto de operação muda de 41 para 43.

TABELA 5 - Perfil de temperatura após a partida, medições 41 e depois 43

	Parado	Em regime, 40 l/min	Em regime, 120 l/min	
RTD sapata 1	22	59 °C	52 °C	
Termopar filme óleo sapata 5	22	74 °C	70 °C	
Óleo	18	41 °C	30 °C	

4.2.2 Falta de água de resfriamento durante a operação em regime permanente

A falta de água de refrigeração em uma usina de energia é um caso de emergência. O mancal deve fornecer capacidade térmica suficiente para acumular o calor sem exceder os limites de temperatura seguros. Normalmente, uma certa quantidade de tempo de operação é necessária antes que a máquina possa ser parada - normalmente de 10 a 15 minutos. Por exemplo, esse tempo pode ser usado para restaurar o fluxo de resfriamento, alterar o resfriador ou ativar a fonte de alimentação de backup de energia para sistemas auxiliares. Na tabela 6 pode-se observar o comportamento do mancal após a falta de água de resfriamento.

TABELA 6 – Temperaturas em regime (43) e temperaturas após falta de água

	Em regime, 113 t e 120 l/min	Sem água após 20 min	
RTD sapata 1	51 °C	70 °C	
Termopar filme óleo sapata 5	70 °C	80 °C	
Óleo	32 °C	60 °C (trip)	

5.0 - RESUMO

5.1 Conclusões Gerais

Os resultados da medição de um mancal de escora de alta carga e revestido com PEEK foram mostrados no artigo. Foi demonstrado que, usando os mais recentes avanços na tribologia, os mancais podem operar com segurança mesmo em pressões específicas acima de 10 MPa. Estes resultados confirmaram as medições laboratoriais anteriores realizadas até 14 MPa [9] [10]. O mancal teve bom desempenho na operação em regime permanente, bem como nos modos de operação transitório e de emergência. A configuração final do mancal de escora foi mantida no lugar para uma operação de longo prazo.

5.2 Vantagens para a operação

Os operadores da Usina lucram de muitas maneiras usando mancais revestidos com PEEK de alta capacidade de carga. Em primeiro lugar, esses mancais podem ser projetados menores. Eles se tornam mais eficientes e exigem menos sistemas auxiliares, o que permite reduzir o investimento inicial e o custo operacional da unidade, com menor risco de intervenção. Em aplicações de alta rotação, os mancais geram várias centenas de quilowatts de perdas. Usando mancais revestidos em PEEK, as perdas podem ser geralmente reduzidas. Por outro lado, o polímero PEEK é caracterizado por uma ordem de grandeza de desgaste muito menor do que os materiais convencionais. Isso prova ser uma tecnologia mais robusta, sem um modo de falha catastrófico, no caso de casos de carga ou condições excepcionais que podem ocorrer durante a vida útil da unidade geradora. Resumindo, os mancais revestidos com polímero oferece economia e tranquilidade aos operadores das Usinas.

5.3 Próximos trabalhos

Os autores continuam trabalhando no desenvolvimento de mancais revestidos em PEEK. Uma das idéias é apresentar o revestimento PEEK para mancais de guia em unidades geradoras de energia hidrelétrica. Isso unificaria, por um lado, as tecnologias usadas nos mancais e, por outro, permitiria reduções dimensionais, economia de custos e melhorias de eficiência. Além disso, em aplicações de alta velocidade, tal mancal permitiria a utilização de lubrificantes menos viscosos, ou possivelmente até mesmo água. Em breve, o mancal combinado guia / escora descrito neste documento será testado usando novos mancais de guia como mostradas na Figura 17. Semelhante ao mancal de escora, essas sapatas do mancal de guia apresentarão uma camada de revestimento PEEK.

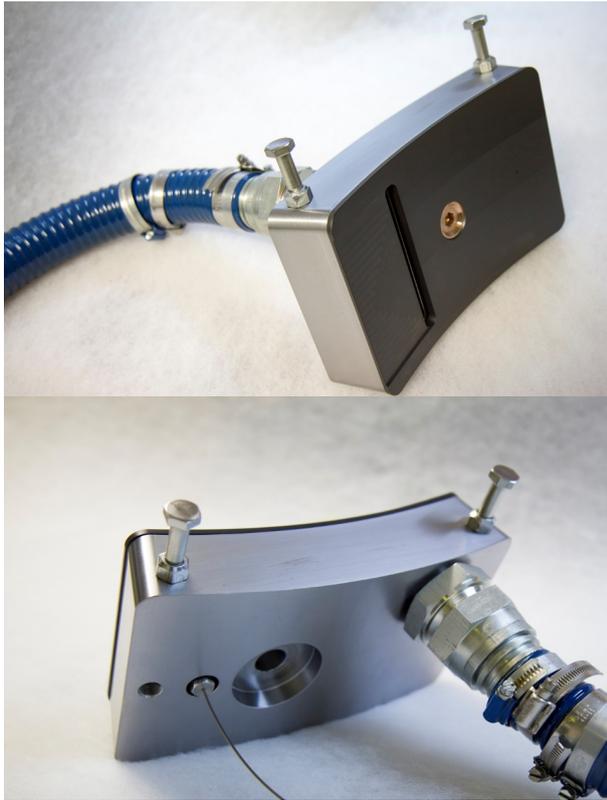


Fig. 17. Sapatas do mancal de guia com revestimento PEEK

Resultados obtidos durante estes testes serão apresentados in publicações futuras.

6.0 - REFERENCIAS

- [1] <https://powerplants.vattenfall.com/en/porjus>
- [2] Google maps <https://goo.gl/maps/UePNXHWDWgp>
- [3] **Jansson I**, "Full-scale Measurements of a 9.3 MW Hydropower Unit in Porjus, A Prestudy of the Instrumentation of the Runner and the Guide Bearings", June 2007
- [4] **Cervantes M, Jansson I, Jourak A, Glavatskih S & Aidanpää J-O**, "Porjus U9A full-scale hydropower research facility, in Hydro technology and the environment for the new century", *24th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, October 27 - 31, 2008, Foz do Iguassu, Brazil.
- [5] **Abrahamsson C J D, Pérez-Loya J J, Fregelius M, Evestedt F, Bladh J, Lundin U**, "Magnetic thrust-bearing for a 10 MW hydropower generator with a Kaplan turbine", *HYDRO 2018 – Progress through Partnerships*, 15 to 17 October 2018, Gdansk, Poland
- [6] **Fillon M, Frene J, and Monmousseau P**, "Transient Thermoelastohydrodynamic Study of Tilting-Pad Journal Bearings – Comparison Between Experimental Data and Theoretical Results", *Journal of Tribology*, vol. 119, pp. 401-407, 1997
- [7] **Ettles C M**, "Transient Thermoelastic Effects in Fluid Film Bearings", *Wear*, vol. 79, pp. 53-71, 1982.
- [8] **Pajaczkowski P, Schubert A, Wasilczuk M, Wodtke M**, "Transient Bearing Simulations – Warm and Cold Start of the Large Thrust Bearing", *NordTrib 2010*, June 8 – 11, 2010, Lulea, Sweden
- [9] **Pajaczkowski P, Schubert A**, "Alstom Study Shows PEEK Coated Bearing Pads Reduce Power Losses by Up To 30%.", *HYDRO 2014 – Building on Recent Development Progress*, 13 to 15 October 2014, Cernobbio, Italy
- [10] **Schubert A, Spiridon M, Pajaczkowski P**, "Oil film temperature measurements for highly loaded PEEK coated bearings", *HYDRO 2014 – Advancing Policy and Practice*, 26 to 28 October 2015 Bordeaux, France

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

7.1 Os Autores

-



Mauro Uemori é formado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, especializada em máquinas elétricas (Brasil, 1978). Ele ingressou na GE em 1979 e desde então ocupou vários cargos, começando como engenheiro de cálculo elétrico, engenheiro especialista, gerente de Cálculo Elétrico e Ofertas, gerente de engenharia, engenheiro expert e desde 2016 como “Electrical Consulting Engineer”.



Piotr Neubauer é Doutor e Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Tecnologia de Gdansk, na Polônia. Desde 2011, ele trabalhou como engenheiro de desenvolvimento no departamento de tecnologia da GE para geradores hidrelétricos em Birr, na Suíça. Suas principais áreas de pesquisa são simulações e medições de mancais hidrodinâmicos, dinâmica de rotor e cálculos mecânicos gerais de componentes de geradores hidrelétricos.



Olivier Berchtold obteve seu mestrado em Engenharia Mecânica na ETH Zurich em 2014. Desde então, ele ocupou o cargo de engenheiro de cálculo mecânico no departamento de tecnologia de hidrogeradores da GE Renewable Energy (Switzerland) GmbH.



Michel Spiridon é formado em Engenharia (1986), Mestre em Ciências (1996) pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA - Brasil) e possui MBA (2006) pela Universidade de São Paulo (Brasil). Desde 1987, ele ocupou vários cargos na GE, começando como engenheiro de cálculo mecânico, pesquisador de P & D, Gerente de Engenharia, Diretor de Engenharia na China, Gerente de P & D para Tecnologia de Geradores e atualmente como “Mechanical Chief Engineer”.