Preditiva - Análise de vibrações - Vibração causada por desgaste dos rolamentos.

Vamos abordar uma forma mais comum de falha de rolamentos que funcionam em condições normais, carga uniforme e lubrificação razoavelmente dentro das normas de uso, sem defeito de montagem, o que representa cerca de 88% dos casos. O objetivo da Manutenção Preditiva por meio de Análise de vibrações é a detecção da evolução do desgaste dos rolamentos.

Fundamentalmente o rolamento se desgasta por dois motivos:

1. Atrito de rolamento;
2. Fadiga;

O primeiro acontece simplesmente porque o rolamento gira, e o segundo acontece em função da natureza dos materiais metálicos submetidos á força variável (dinâmica) no tempo. Outros fatores como as contaminações e a falta de lubrificação apenas aceleram um dos fatores acima ou até mesmo os dois (por exemplo: contaminação por água ou poeira faz aumentar o atrito, a falta de lubrificação aumenta o atrito e reduz o amortecimento das forças dinâmicas). Devido aos dois fatores acima, especialmente pela fadiga, com o tempo, começam a surgir pequenos furos e rachaduras nas pistas por onde passam as esferas ou rolos. A quantidade e o tamanho desses defeitos indicarão a extensão do desgaste e isso pode ser verificado pela vibração, pois a passagem das esferas ou rolos por esses furos e rachaduras irão produzir freqüências características, e as amplitudes e a distribuição de seus harmônicos irão determinar com relativa precisão e segurança o grau da deterioração do rolamento.

Os passos seguintes descrevem um cenário completo em 4 etapas, desde o aparecimento das primeiras falhas SIGNIFICATIVAS até um instante anterior à falha catastrófica do sistema. Como falha catastrófica entende-se a incapacidade total do rolamento executar suas funções e se manter girando; em outras palavras, quando o rolamento travar ou se desfazer por efeito de aquecimento.

Monitoramento por meio de Análise de vibrações.
Aparecem os Primeiros Furos ou Rachaduras - 1 Estágio

É definido como início do primeiro estágio de deterioração, o aparecimento das primeiras falhas em uma pista ou elemento rolante que seja possível de ver por algum meio microscópico ou não, eventualmente até à olho nu (uma sombra ou minúsculos pontos). Como nesse estágio as falhas são muito pequenas não há nenhum acréscimo nos níveis de vibração já estabelecidos, e o espectro de freqüência não apresenta nenhuma alteração visível. Normalmente o Spike Energy nessa fase começa a apresentar uma tendência de alta. Nenhuma característica externa do tipo temperatura ou ruído se altera nessa fase.

Aumenta a Quantidade de Defeitos - 2 Estágio

Com o aumento da quantidade de defeitos (furos e rachaduras), a quantidade de impactos aumenta passando a ressoar o rolamento em suas diversas partes. Como resultado, o nível de Spike Energy aumenta bastante, eventualmente até dobra. Alguma alteração de ruído às vezes acontece, não há na alteração de temperatura. Os níveis globais de velocidade e aceleração começam a apresentar tendência de alta (a vibração global de deslocamento não é útil para análise de rolamentos).

O espectro de velocidade (ou aceleração) começa a apresentar o aparecimento de picos fixos(1 ou 2 no máximo) em freqüência na faixa entre 60.000 cpm e 100.000 cpm. Esses picos não mudam de posição com a variação da rotação, apenas tendem a crescer em amplitude com o aumento da rotação. Esse pico (ou picos) representam a freqüência natural do elemento do rolamento que

Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br

apresenta as falhas. No final deste estágio esse pico (ou picos) costuma apresentar bandas laterais espaçadas de 1 x rpm ou então, de 1 x freqüência de passagem de algum elemento do rolamento. A amplitude dessa freqüência natural não excede 2,5 mm/s (típico).

A partir dessa ponto não há mais retorno, o rolamento só tende a piorar, e essa piora é exponencial. Normalmente a vida útil desse rolamento será de 5 a 10% do LH10 (vida estimada, verificar o catálogo do fabricante desse rolamento), ou seja, mais ou menos o equivalente ininterrupto (40 dias de 24 horas). Mas, observe que isso pode variar muito à 100 horas de funcionamento devido as condições de ambiente e operação (n^0 de partidas, carga, rotação e lubrificação).

Nesse ponto a parada da máquina deverá começar a ser programada e os intervalos de medição devem ser reduzidos, de preferência passarem a ser semanais. A lubrificação também deverá ser executada rigorosamente com maior freqüência.

As freqüências de ressonância normalmente aparecem como uma nuvem entre 20Kcpm 150Kcpm.

Está Ruim - 3 Estágio

Nesse estágio pequenas variações de temperatura podem ser notadas, o ruído começa a se alterar significativamente. Os níveis de vibração em velocidade e aceleração sobem e o Spike Energy se torna errático e elevado com tendência a subir cada vez mais rápido (exponencial).

O espectro de velocidade começa a apresentar vários harmônicos das freqüências de defeitos do rolamento. Nos estágios iniciais dessa fase, a freqüência fundamental do defeito não existe ou tem amplitude insignificante (menor que 0.5 mm/s).

Esses harmônicos não costumam ter altas amplitude mas o número deles costuma ser grande (4 ou 5 harmônicos simultâneos) produzindo um nível total espectral de vibração significativamente alto (de 3 a 5 mm/s ou mais). Essas freqüências de defeito costumam ser:

1. Freqüência de passagem das esferas ou rolos na pista externa (BPFO);
2. Freqüência de passagem das esferas ou rolos na pista interna (BPFI);
3. Freqüência de giro das esferas ou rolos (BSF);
4. Freqüência de rotação da gaiola ou trem de retenção (FTF).

Essas freqüências podem ser calculadas por fórmulas conhecidas, ou então, em tabelas ou programas de computador fornecidos pelo fabricante. Note que os valores tanto da tabela como os calculados são APROXIMADOS, devendo-se levar em conta a precisão do FFT (n^0 de linhas), as diferenças que existem entre vários lotes de rolamento produzidos, condições de carga, lubrificação e ângulos de contato das esferas com as pistas.

Quanto mais precisos forem as informações dimensionais fornecidas para o uso das fórmulas, mais próximas das freqüências reais serão os valores calculados.

De forma prática e geral, seguem algumas dicas:

1. Essas freqüências NÃO são harmônicas exatas da rotação (valores típicos 5,33 x rpm 9,753 x rpm , 0,433 rpm etc.)

2. O BPFO costuma estar na faixa entre 5 e 8 x rpm e costuma ter alta amplitude, tanto no fundamental como nos harmônicos, devido a essa pista estar mais próxima do sensor.

3. O BPFI costuma estar em uma faixa de 8 a 12 x rpm e normalmente é acompanhado por bandas laterais de 1 x rpm (o fundamental e harmônicos). As amplitudes são baixas, mas o nível total

Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br

na faixa de freqüência que inclui esses harmônicos + bandas, costuma ser muito alto (mais de 90% do nível global).

4. O BSF costuma estar em torno de 3,5 x rpm (faixa de 2,5 a 5 x rpm) raramente aparece. É normal existirem bandas laterais de FTF ou 1 x rpm ou da freqüência de defeito da pista que está mais danificada. É comum aparecer como banda lateral da freqüência natural do rolamento.

No espectro demodulado ou de envelope ou gSE Spectrum, essas freqüências costumam aparecer como picos discretos com alguns eventuais harmônicos. Não importa a amplitude nesse caso. Se aparecerem, o rolamento está condenado à troca.

Notas:

- ✓ Normalmente FTF — 0,35 a 0,45 RPM
- ✓ Se o anel interno é fixo e o anel externo gira, mude o sinal ‘menos” para “mais” nas fórmulas do BSF e do FTF O0 BPFI passa a ser igual a Nb x FTF, ao invés do BPFO. O FTF passa a ser — 0,55 a 0,65 RPPM.
- ✓ Observar que SEMPRE: BPFI + BPFO = Nb

Legenda:
Nb = N^0 de elementos rolante.
Bd = Diâmetro das esferas ou rolos
Pd = Diâmetro médio da correia de esferas ou rolos (Pitch)

Equações para o cálculo das freqüências fundamentais de defeito em rolamentos.

N210	15	.394	2.968	O	6.50	8.48	.43	3.70
N211	15	.433	3.051	O	6.43	8.56	.43	3.45
PJ212	18	.472	3.476	O	6.92	9.08	.43	3.61
N213	18	.512	3.641	O	6.88	9.11	.43	3.49
N214	16	.512	3.738	O	6.93	9.06	.43	3.66
N215	17	.551	4.035	O	7.34	9.65	.43	3.59
11216	15	.590	4.331	O	6.91	9.08	.43	3.60
11217	16	.620	4.526	O	6.91	9.08	.43	3.60
11218	18	.709	4.921	O	6.84	9.15	.43	3.40
N219	16	.748	5.216	O	6.85	9.14	.43	3.41
N220	16	.781	5.512	O	6.86	9.13	.43	3.43

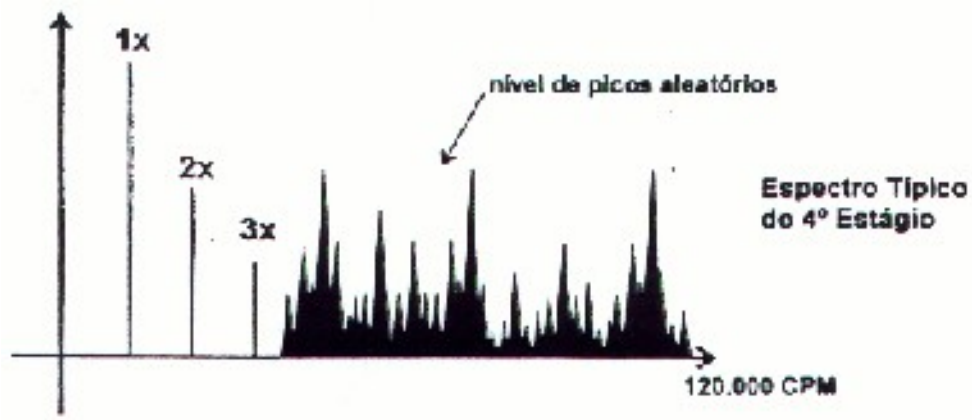
Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br

O "Grito "Final - 4º Estágio

Este estágio só deve ser admitido em máquinas se o for por acidente. Isto é, você já encontrou a máquina assim.

É extremamente perigoso operar o equipamento nessas condições, os riscos na segurança do pessoal e os custos de reparo serão altíssimos, podendo até destruir o equipamento.

Com o progresso dos defeitos, mais e mais harmônicos e bandas laterais começam a saturar o espectro de velocidade até formar uma região de ruído branco - uma massa de picos de amplitude quase igual - tão juntas que formam um patamar, como na figura abaixo.

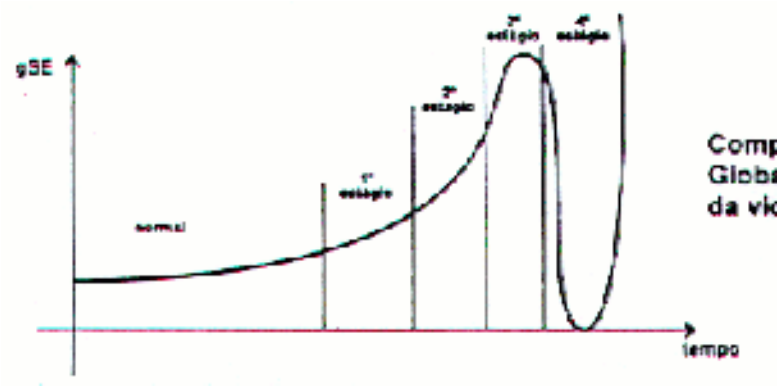


O nível global de velocidade continua a subir. Começa a haver um aquecimento pronunciado do mancal) e o ruído é bastante alto.

Durante uma fase nesse estágio o Spike Energy costuma despencar rapidamente para valores extremamente baixos (0,1 ou menos), se mantendo assim por algum tempo, para logo em seguida subir exponencialmente até níveis estratosféricos (> 30 gSE, não importando o sensor) imediatamente antes de uma falha catastrófica.

Nesse estágio não existe forma de garantir ou medir o que resta de vida útil para esse rolamento. Pode se romper qualquer instante como podem rodar por semanas sem nada acontecer.

Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br



Comportamento do nível Global de gSE ao longo da vida de um rolamento.

É comum o aparecimento de vários harmônicos da rotação (1 x, 2 x, 3 x rpm), devido ao aumento da folga interna do rolamento

Algumas Recomendações:

* Lubrificação: crie rotinas periódicas e permanentes de lubrificação baseados no histórico de suas máquinas e ambiente de operação. Se sua área tem um ambiente muito severo (alta temperatura, grande umidade, chuvas constantes, insolação direta, contaminação por poeira fina, ou fluídos de alta diluição) os intervalos deverão ser muito pequenos. Desconsidere a recomendação de manual do fabricante.

* Não condene um mancal com medições isoladas de gSE, é necessário possuir um histórico de gSE em mãos. Mesmo assim tente relubrificar a posição, se o gSE cair e se manter baixo por mais de 5 horas, o problema era falta de lubrificação.

* Meça o gSE regularmente, sempre na mesma posição no mancal. Quanto mais dados de gSE tiver em mãos, mais cedo será detectado um possível problema.

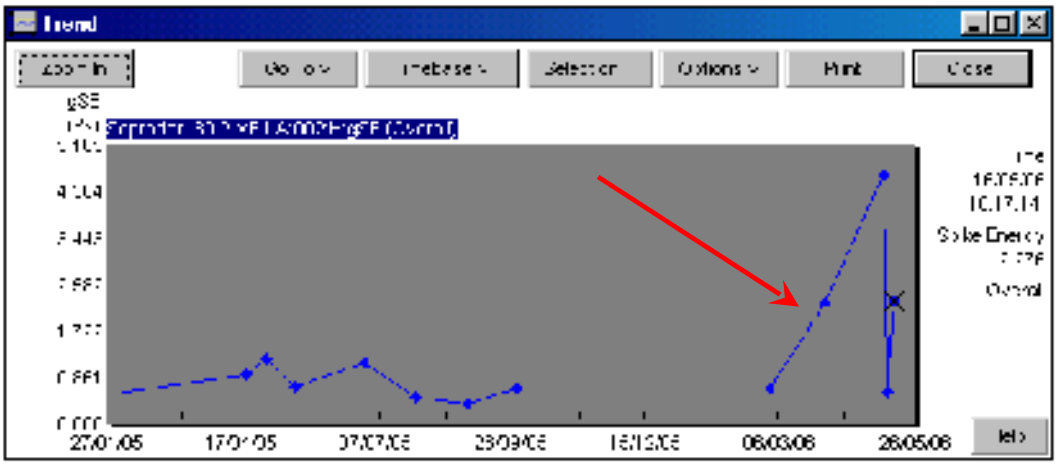
Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br

Manutenção Preditiva -Análise de Vibrações
Acompanhamento por análise de vibrações do desgaste dos rolamentos do motor de 1200 CV e 3600 RPM, acoplado a um soprador.

ROLAMENTOS : 6316 c3

Este motor esta incluído no plano de Manutenção Preditiva com acompanhamento por meuio de coletas mensais.
O rolamento do motor elétrico lado acoplado (L.A - Ponto n.º 02), apresentou freqüências relacionadas com rolamentos em fase intermediária de danos. Defeito na pista externa do rolamento.

Curva de tendência



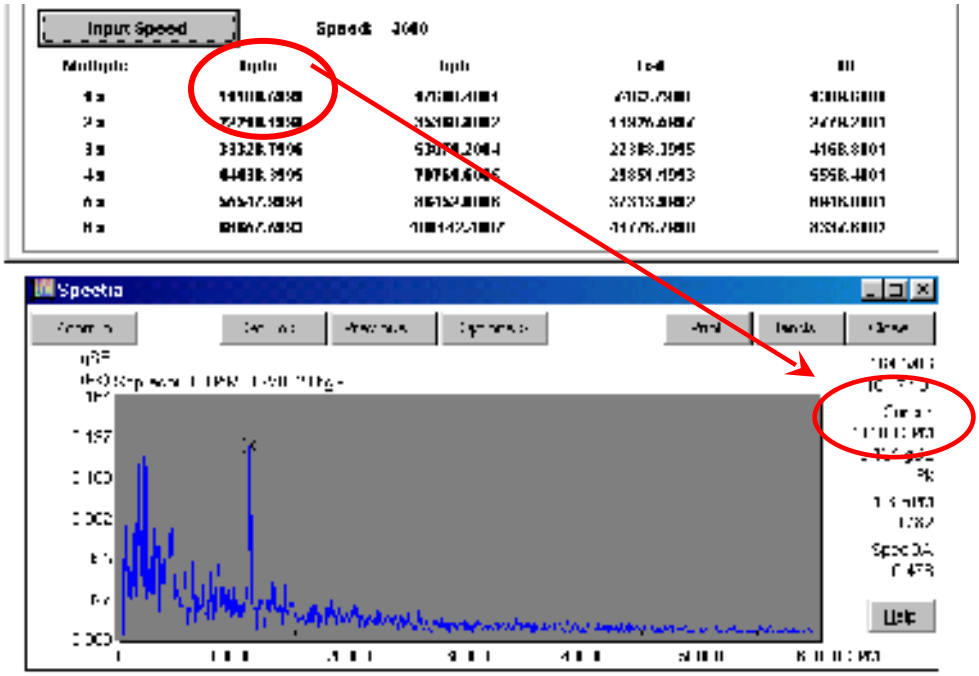
Na tendência acima podemos observar a evolução do desgaste do rolamento lado acoplado, com uma posterior redução nas amplitudes após a lubrificação do rolamento.
Podemos observar que a evolução teve inicio após um período de parada da fabrica onde não ocorreu nenhum intervenção nesta máquina.
Após a constatação do problema de desgaste do rolamento foi relubrificado o rolamento e a amplitude em gSE teve uma grande redução.
Foi programada a substituição do rolamento o que ocorreu em 8 dias período este em que a relubrificação do rolamento foi realizada a cada 2 dias.

Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br

Tabela relacionada às freqüências de defeito do rolamento.

Com auxilio do banco de dados do software IQ 2000 podemos observar a tabela contendo as freqüências de defeito da Pista externa, pista interna, gaiola e elementos rolantes do rolamento 6316 c3.

Indicação de desgaste na pista externa do rolamento.



Espectro com pico na freqüência de defeito na pista externa do rolamento (bpfo)

Rua Guaporé, 40 São Roque Americana SP CEP 13469-411 Fone (19) 34614304 Fax (19) 34065553
http: www.mhfpreditiva.com.br E-MAIL mhf@mhfpreditiva.com.br