



## PROCEDIMENTO DE BALANCEAMENTO CONFORME API 612

Data:

18/08/2020

Autor

Eng. José Luiz Marra

### I. INTRODUÇÃO

A especificação do procedimento e avaliação de balanceamento de rotores conforme a Norma API 612 – 7ª Edição está descrita no item 9.7 da Norma (Vibration and Balancing). Segundo este item, os elementos rotativos mais importantes do conjunto rotativo, tais com o eixo, tambores de equilíbrio de pressão e discos, devem ser previamente e individualmente balanceados como elementos rígidos, em baixa rotação, de acordo com a Norma ISO 1940, com grau de balanceamento igual a 0,67 mm/s ou melhor.

O conjunto rotativo deve ter um balanceamento progressivo à medida que os elementos rotativos forem sendo adicionados ao eixo. O balanceamento deve ser realizado sempre que um ou dois elementos rotativos forem adicionados ao eixo. As correções de balanceamento devem ser aplicadas apenas aos elementos que forem sendo adicionados. Ao final da montagem, talvez seja necessário um refinamento do balanceamento no conjunto completo. O desbalanceamento máximo residual permitido, por plano de correção, deve ser calculado conforme:

Sistema de Unidades Internacional:

$$U_{max} = \frac{6350 \cdot m}{N}$$

Sistema Imperial:

$$U_{max} = \frac{4 \cdot m}{N}$$

Onde:

$U_{max}$  = Desbalanceamento residual em grama.mm (onça.polegada);

$m$  = Massa estática aplicada sobre o mancal, em quilograma (libra);

$N$  = Rotação máxima contínua em rpm;

Se especificado, após o balanceamento em baixa rotação, o conjunto rotativo completo deve ser balanceado na rotação nominal, conforme apresentado em seguida

### II. PROCEDIMENTO PARA BALANCEAMENTO NA ROTAÇÃO NOMINAL

#### II.1. Requisitos iniciais

Para a realização do balanceamento na rotação nominal, são necessárias as seguintes informações:

- Relatório de Análise de Dinâmica de rotores;
- Registro do balanceamento final em baixa rotação;
- Registros das medições de batimento radial e axial,
- Detalhes dos mancais de trabalho.

#### II.2. Mancais

Durante o balanceamento, é preferível utilizar o mancal real de trabalho ou mancais similares, com as mesmas características dinâmicas.

#### II.3. Rotor

O rotor deve estar completamente montado, incluindo o colar de escora, engrenagem

de giro-lento, dispositivos de proteção de sobrevelocidade, etc.

#### **II.4. Flange de arraste**

O sistema de acionamento do rotor deve ser acoplado ao rotor através de uma placa (flange de arraste) aparafusada no flange de saída do rotor. O flange de arraste deve possuir tolerâncias que minimizem qualquer desbalanceamento devido a excentricidade;

#### **II.5. Transdutores**

Se especificado, em adição aos sensores de vibração absoluta (sísmicos) montados na carcaça de cada mancal, devem ser adicionados dois sensores de vibração relativa (sensores indutivos) por mancal, montados ortogonalmente entre si e alinhados com as pistas preparadas, próximas a cada mancal, para a monitoração de vibração.

A estrutura de suportação dos transdutores de vibração relativa deve ter uma rigidez tal que garanta uma frequência natural bem superior à maior frequência de rotação do rotor;

#### **II.6. Subida de rotação**

Antes de levar o rotor a sua rotação nominal, o estado de balanceamento do rotor deve ser verificado antes que a primeira velocidade crítica seja atingida. Se o desbalanceamento medido, nessa situação, ultrapassar 5 vezes o limite residual admissível, o balanceamento realizado em baixa rotação, assim como as leituras de runout devem ser revistas e a causa da vibração deve ser determinada.

#### **II.7. Estabilização do desbalanceamento residual**

A estabilização do desbalanceamento residual deve ser realizada através do seguinte procedimento:

- a. Registre os níveis de vibração (amplitude e fase) em giro lento (500 a 600 rpm) antes de iniciar a aceleração do rotor;
- b. Acelere o rotor até a rotação de disparo e mantenha a rotação por 3 minutos. Reduza a rotação até a rotação máxima

contínua e registre os níveis de vibração (amplitude e fase) para cada pedestal;

- c. Reduza a rotação para um valor entre 500 e 800 rpm e registre os níveis de vibração novamente;
- d. Repita esse procedimento até que os valores de vibração (amplitude e fase) sejam consistentes.

#### **II.8. Verificação da influência do flange de arraste**

Rodar o flange de arraste de 180°. O desbalanceamento não pode se alterar em mais do que 0.0005 vezes a metade do peso do flange de arraste. Se aprovado pelo cliente, cálculos de correção podem ser aplicados para correção dos resultados do balanceamento final.

#### **II.9. Correções Finais**

As correções finais do balanceamento podem ser realizadas através de remoção ou adição de material, dependendo de como foram preparados os planos de correção do conjunto rotativo.

#### **II.10. Registros Finais**

Após as correções finais do balanceamento, o rotor pode ser levado a uma máquina de balanceamento em baixa rotação, para determinar o estado de balanceamento final em baixa rotação. Os valores registrados nessa situação poderão ser utilizados como referência para futuros balanceamentos em baixa rotação.

### **III. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO**

A menos que haja outra especificação, o critério de aceitação para o balanceamento realizado na rotação nominal será:

Para vibração absoluta:

Para  $N \leq 3000$  rpm

$$L = 2,5 \text{ mm/s rms}$$

Para  $N > 3000$  rpm

$$L_1 = \frac{7400}{N} \text{ mm/s rms}$$

Ou

$$L_2 = 1 \text{ mm/s rms}$$

O maior valor entre  $L_1$  e  $L_2$

Onde  $N$  é a rotação máxima contínua.

Para vibração relativa:

Vibração filtrada em 1XN e com runout compensado:

$$L < 25,4 \mu\text{m} - pp$$

Ou

$$L < 12,7 \mu\text{m} - pp$$

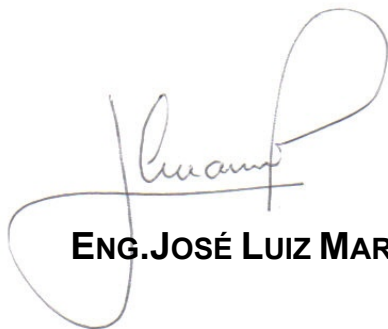
Para sensores muito próximo dos mancais.

#### IV. REGISTROS DE VIBRAÇÃO

A apresentação dos resultados do balanceamento deve incluir:

- a. Registro de Rotação, desde a aceleração até a rotação de disparo e, em seguida, até a rotação de giro-lento;
- b. Registro de temperatura dos mancais desde o início de aceleração até a rotação de disparo e em seguida até a rotação de giro lento;
- c. Gráfico de Bodè ou polar para sensor de vibração absoluta;
- d. Espectros de frequência (amplitude x frequência) para cada sensor;
- e. Para sensores de vibração relativa:
  1. Gráfico de Bodè para cada sensor utilizado;
  2. Gráfico de Posição radial do eixo no interior dos mancais ("shaft centerline");
  3. Órbita filtrada em 1X.
  4. Espectros de frequência (amplitude x frequência) para todos os sensores;

Todos os gráficos de vibração relativa (excetos os espectros) serão fornecidos com compensação dos erros de runout mecânico e elétrico.



**ENG. JOSÉ LUIZ MARRA**