

BANCADA DIDÁTICA APLICADA À ANÁLISE DE VIBRAÇÕES EM

MÁQUINAS. Renato Pinheiro Andreassa, Mauro Hugo Mathias. – Interáreas - Engenharia Mecânica – Departamento de Mecânica – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá.

O diagnóstico da condição operacional de máquinas rotativas pode envolver o monitoramento de diversos parâmetros, tais como: vibração, temperatura, pressão, vazão, etc. Estes parâmetros permitem estabelecer informações da condição de operação real de uma máquina ou de componentes da mesma [Nepomuceno, 1999]. Neste projeto a variável a ser considerada é a vibração relacionada aos diferentes mecanismos de falhas em máquinas rotativas. Para simular os mecanismos de falhas mais comuns, uma bancada multifuncional foi projetada. A bancada desenvolvida, ilustrada na figura 1, permite simular desbalanceamento, desalinhamento, defeitos em mancais de rolamentos, engrenagens e correias.

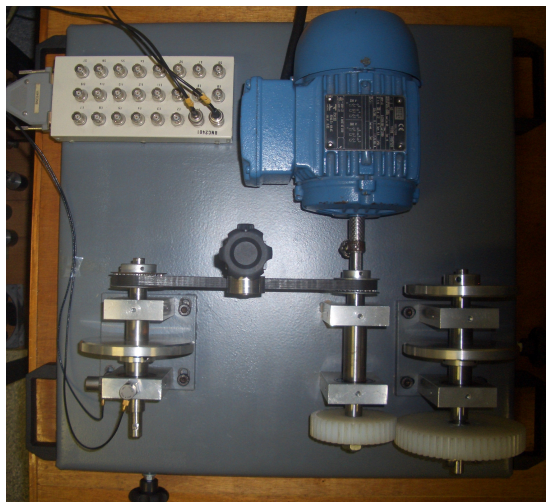


Figura 1. Bancada multifuncional projetada

No projeto desenvolvido o sistema de acionamento consiste de um motor de indução com potência de 0,37 HP. Para controlar a velocidade de rotação do motor foi utilizado um inversor de frequência.

Na bancada o sistema acionado consiste de um eixo principal interligado ao motor através de um acoplamento mecânico. O eixo principal é apoiado por mancais de rolamento e sua extremidade externa tem um sistema de transmissão de movimento por engrenagens, cuja função é transmitir torque para um segundo eixo paralelo ao eixo principal. O eixo principal também possui um sistema de polias e correia para transmitir torque a um terceiro eixo, também paralelo a este. No sistema de transmissão por correia foi instalado um esticador de correias. Nos ensaios com o sistema é possível simular os mecanismos de falhas de forma isolada ou simultânea, de forma a obter os padrões de assinatura correspondentes.

Os pontos de medidas de vibração nos mancais foram definidos nas direções vertical e horizontal, que apresentam furação apropriada para fixação dos acelerômetros. Na figura 2 é ilustrado um detalhe da fixação dos acelerômetros, onde também pode ser visto um disco ranhurado para fixação das massas de desbalanceamento.

As medidas de vibração foram efetuadas utilizando acelerômetros, sistema de condicionamento de sinais e sistema de aquisição de sinais. Três configurações foram testadas na aquisição de sinais, na primeira, a mais simples, os sinais foram coletados por intermédio da placa de áudio de um microcomputador e sua análise foi efetuada através de um programa freeware. Este arranjo embora apresente limitações de precisão nas medidas é funcional para ministrar aula com a bancada fora do ambiente do laboratório. A segunda concepção consistiu de um osciloscópio digital de dois canais (com recurso FFT) e a terceira foi baseada em um sistema de aquisição e análise de sinais através de placa analógica digital (A/D) com software dedicado para a coleta e análise dos sinais.

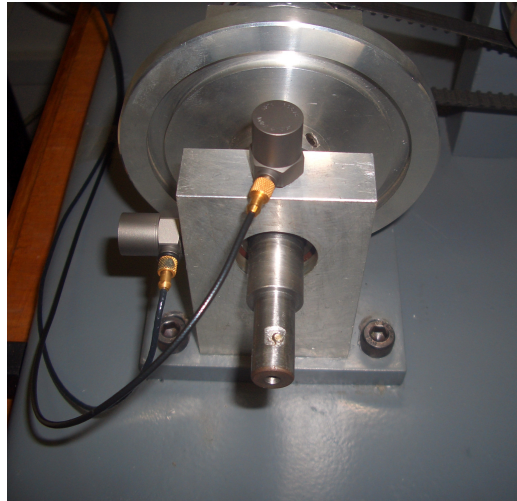


Figura 2. Detalhe da fixação dos acelerômetros

Os parâmetros estabelecidos para a aquisição dos sinais são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de processamento dos sinais

<i>Parâmetro</i>	<i>Grandeza</i>
Velocidade de operação	2400rpm (40 Hz)
Frequência de aquisição	2000 Hz
Intervalo de coleta de dados	8 segundos
Nº de amostras por coleta	16000 pontos

Para a medida de rotação nos eixos foi utilizado um tacômetro digital, cujo valor de rotação medido em condição de operação na polia motora (acoplada ao eixo do motor) foi de 2400 rpm e na polia movida foi de 1920 rpm. Os valores diferentes de rotação são devidos à diferença dos diâmetros das polias.

Para a coleta dos dados foi adotada uma codificação apropriada visando facilitar a organização e interpretação dos dados medidos em pontos distintos da bancada. Para ilustrar o sistema de codificação, considere o código **1HATF_ACT**, onde o primeiro dígito que varia de 0 a 6, corresponde ao número do mancal em que a medida foi efetuada, o segundo dígito indica a direção de medida horizontal (H) ou vertical (V), o terceiro dígito indica a grandeza medida, aceleração (A) ou velocidade (V), o quarto dígito indica o domínio do tempo (T) ou domínio da frequência (S), o quinto dígito indica a presença de filtro ou não, o sexto indica a condição do mancal alinhado (A) ou desalinhado (D) e o último dígito indica as condições correia tensionada (CT), correia livre (CL) e desbalanceamento (DB).

Os dados gravados através do sistema de aquisição foram manipulados no domínio do tempo e tratados no domínio da frequência com o uso de rotinas do aplicativo MATLAB. O procedimento experimental foi desenvolvido para diferentes mecanismos de falhas e os dados foram coletados na bancada em uma condição normal (sem a falha) e na condição com o mecanismo de falha simulado. Nas figuras 3 e 4 são ilustrados os sinais de velocidade medidos no mancal 1 da polia motora, direção horizontal, na condição alinhado e desalinhado, com a correia tensionada. Medidas também foram coletadas em outros pontos da bancada, simulando também os outros mecanismos de falhas definidos.

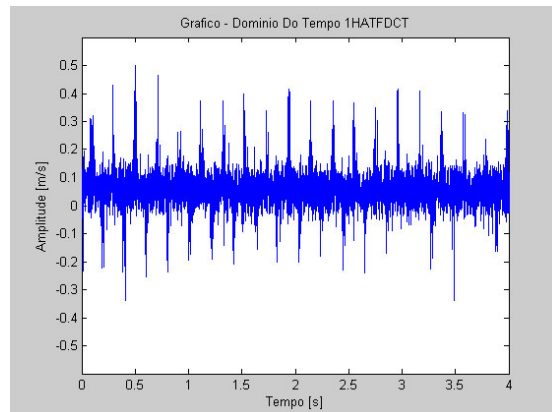
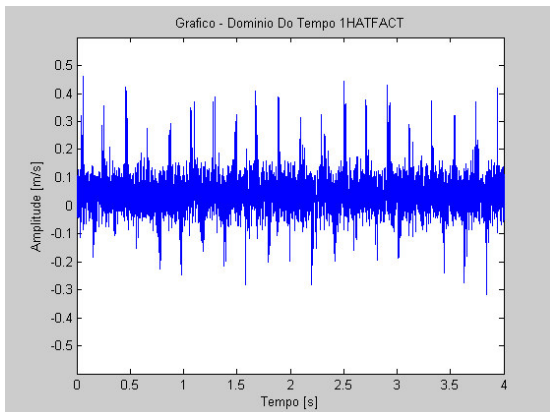


Figura 3. Sinal de velocidade no mancal alinhado Figura 4. Sinal de velocidade no mancal desalinhado

Comparando os sinais no domínio do tempo apresentados nas figuras 3 e 4, pode ser observado que na condição desalinhada ocorre um acréscimo considerável na amplitude de velocidade. Na prática com a medida no domínio do tempo não é possível caracterizar o mecanismo de falha, embora o aumento de amplitude pode ser um indicador de uma possível falha.

Para caracterizar o tipo de falha e indicar a localização do mesmo a ferramenta fundamental é a análise do sinal no domínio da frequência. Nas figuras 5 e 6 são ilustrados os espectros dos sinais correspondentes as figuras 3 e 4.

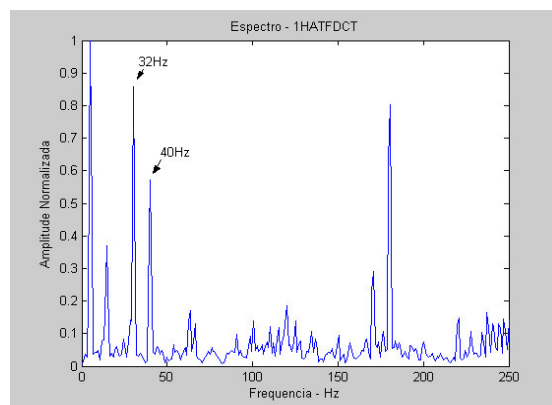
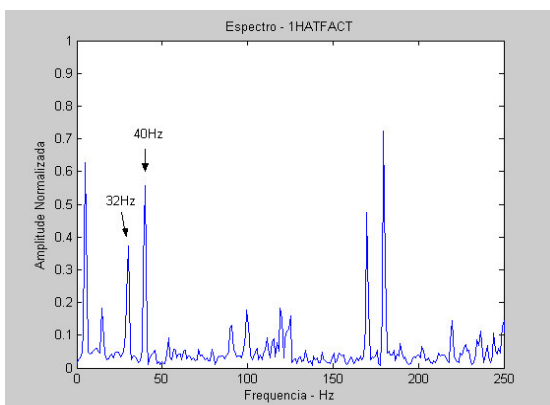


Figura 6. Espectro do sinal no mancal alinhado Figura 6. Espectro do sinal no mancal desalinhado

Com base nos espectros de frequência observam-se de forma mais clara os efeitos causados pelo desalinhamento. De acordo com a teoria da assinatura dos sinais na condição de desalinhamento é esperado amplitudes mais elevadas na frequência correspondente a uma vez a frequência de rotação do eixo, podendo também ser encontrada em duas vezes a frequência de rotação do eixo em alguns casos. Ressalta-se que neste exemplo o desalinhamento foi simulado no mancal da polia movida, cuja frequência é de 32 Hz. A frequência de 40 Hz é a frequência da polia motora e sua amplitude é menor, o que está de acordo com o esperado. Mantendo as mesmas condições de operação mencionadas e analisando os sinais medidos segundo a direção vertical foi observado que as medidas no domínio do tempo não agregaram maiores informações.

Nos ensaios outros mecanismos de falhas foram simulados e analisados de forma semelhante ao apresentado acima. Com base nos resultados verificou-se que o desenvolvimento do projeto possibilitou a confecção de uma bancada multifuncional de importância fundamental para o apoio ao ensino de vibrações mecânicas e manutenção preditiva. Na primeira etapa do projeto a bancada foi construída, na segunda etapa o foco foi a operacionalização dos ensaios, adequação da bancada para a realização dos

testes e avaliação de desempenho, etapa inerente ao desenvolvimento de um protótipo. Da avaliação do produto foram verificados os seguintes problemas: i) interferência do esticador de correias no sistema. Este elemento tem uma geometria flexível e o contato com a correia é realizado através de um rolamento, gerando componentes indesejáveis nas medidas. ii) Problema no acoplamento. Nos testes iniciais os sinais apresentavam componentes desconhecidas, que mascararam os sinais medidos. Após vários testes e análises optou-se pelo uso de um acoplamento direto através de uma mangueira flexível, que apresentou resultados mais satisfatórios.

Para aperfeiçoar a bancada são propostas as seguintes modificações, uso de base deslizante nos mancais na forma de rabo de andorinha, recurso que permite um alinhamento mais preciso e elimina o esticador de correias, inclusão de um sensor indutivo para monitorar a velocidade de rotação nos eixos e para utilização como sinal de sincronismo (trigger) e simulação de mecanismos de falhas elétricas no motor.

Referências Bibliográficas

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. v.1, São Paulo: editora Edgar Blücher Ltda., 1999.

SÜDMERSEN, U. **Vibration supervision of machines in power plants and productions lines**. FORTEC/07.2004.

OLIVEIRA, R. J. G. **Implementação de técnicas de processamento de sinais para o monitoramento da condição de mancais de rolamento**. 2005. 87 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

BOCALLETTI, M. **Técnicas de análise de sinais aplicada ao estudo de falhas em rolamentos**. 2000. 64 f. Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2000.

MACHADO, P. A. O. **Monitoramento de falhas em máquinas rotativas através de técnicas do domínio do tempo**. 2005. 67 f. Monografia de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

FREITAS, J. L. J. **Desenvolvimento de um monitor de vibrações utilizando sensores de tecnologia micro-eletromecânica – MEMS**. 2005. 100 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

HARRIS, C. M. **Shock and Vibration Handbook**. New York: McGraw – Hill, 1995.

SCHEITHE, W. **Better bearing vibration analysis; Advances in monitoring and analysis methods enable earlier detection of potencial failures**. *Hydrocarbon Processing*. v. 71, nº7, 1992, p. 57.

BRAUN, S. **Mechanical Signature Analysis: Theory and Applications**. London: Academic Press, 1986.

Bolsa: CNPq/PIBIC