

TESTES PARA VALIDAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE SINAIS DE VIBRAÇÃO

Lais Diniz Santana¹, Mauro Conti Pereira¹, Marco Hiroshi Naka¹

¹Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campo Grande – MS

lais.santana@estudante.ifms.edu.br, mauro.pereira@ifms.edu.br, marco.naka@ifms.edu.br

Resumo

A maioria dos sistemas mecânicos é constituída por partes móveis e, em geral, tais movimentos são de natureza periódica, ou seja, ocorrem de modo oscilatório. Esta característica é responsável pela vibração em sistemas mecânicos e alterações no seu espectro de vibração podem indicar o início de uma falha, uma vez que a vibração depende da massa, rigidez e amortecimento de tais sistemas e, por sua vez, de cada componente ou elemento da máquina. Em geral, o espectro de vibração de uma máquina em operação normal e adequada é capturado e considerado como padrão. Periodicamente, novas medições são feitas e caso haja alteração neste espectro em relação ao padrão, novas investigações são realizadas para encontrar o motivo dessa alteração ou também, para encontrar a falha. Neste trabalho foram desenvolvidos protocolos experimentais para testes de validação de um sistema de aquisição e processamento de dados de vibração, que foi desenvolvido em outro plano de trabalho deste ciclo PIBIC IFMS (2022-2023).

Palavras-chave: Vibrações, Testes Experimentais, Manutenção Preditiva.

Introdução

O custo da manutenção de equipamentos é algo relevante e faz parte da gestão de ativos de qualquer processo produtivo industrial. O custo não está relacionado apenas ao reparo do equipamento, mas também ao problema da paralisação repentina de um equipamento que pode comprometer toda uma linha de produção e numa escala maior, toda uma cadeia produtiva.

Por esta razão, cada vez mais se tem investido em tecnologias que contemplem a parte de manutenção preditiva, que busca o monitoramento mais constante dos equipamentos, permitindo diagnósticos mais precisos, antecipando ou adiando, por exemplo, a troca de um componente de acordo com um plano de manutenção preventiva. Em outras palavras, como exemplo, tem-se um componente que deveria ser trocado em um mês, mas ao realizar o exame do equipamento, percebe-se que o mesmo precisa ser trocado de imediato. A razão pela troca pode ser por inúmeros fatores, tais como uso inadequado do equipamento, manutenção preventiva anterior inapropriada e até mesmo, defeito de fabricação no componente.

Dentro desse contexto, tecnologias que envolvam o uso de vibrações mecânicas tornam-se interessantes, pois como os sistemas mecânicos, em sua maioria, trabalham com movimentos periódicos (ou oscilatórios), isso lhes confere um padrão próprio de vibração em condições saudáveis.

Alteração no espectro de vibração é um indicativo claro de um possível início de falha ou até mesmo a presença de uma falha. Como o espectro é captado por meio de sensores, o seu posicionamento no sistema pode ser importante bem como a natureza de dados que o mesmo capta. Outro ponto relevante é que os dados captados precisam ser tratados de forma que possam auxiliar na identificação de qual componente está sofrendo falha.

Portanto, este trabalho tem como objetivo, elaborar um protocolo ou uma trilha de validação de um sistema de aquisição e processamento de sinais de vibração, os quais foram desenvolvidos em outros planos de trabalhos.

Metodologia

Fez-se um estudo dos métodos de aquisição de dados e processamento de sinais com aplicação em vibração e com cunho mais didático. A ideia era criar testes experimentais que pudessem validar o uso do sistema de aquisição de dados e processamento de sinais de vibração de tal forma que demonstrasse que o mesmo permitisse a identificação de alguma anomalia no sistema mecânico experimental (Figura 1).

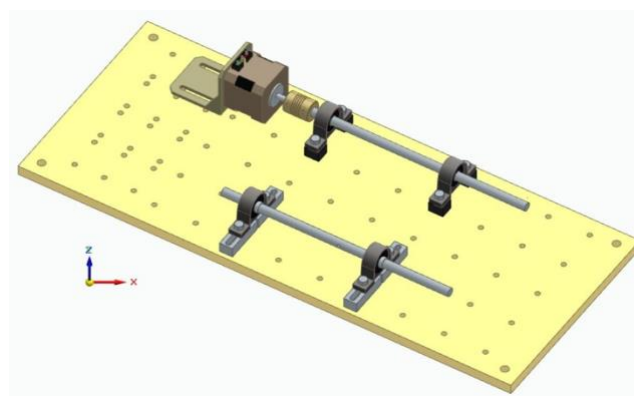


Figura 1. Projeto em 3D da planta experimental.
Fonte: Autores.

O sistema da Figura 1 consiste de um eixo com um motor DC acoplado e um outro eixo montado paralelamente ao mesmo. A placa base é feita de aço 1020 com espessura de 8 mm e furos M6 com passo de 1 mm, o que permite alterar a montagem e a distância entre eixos. O movimento do primeiro é transmitido ao outro eixo por meio de elementos de máquinas que podem ser fabricados por impressão 3D.

A Figura 2 apresenta a lógica do uso da medição de vibração na manutenção preditiva. Observa-se que a amplitude de vibração é mais acentuada em certos pontos de frequência, que por sua vez, estão associados ao movimento de cada elemento. Para um correto diagnóstico, vários protocolos de medição e análise tem sido desenvolvido.

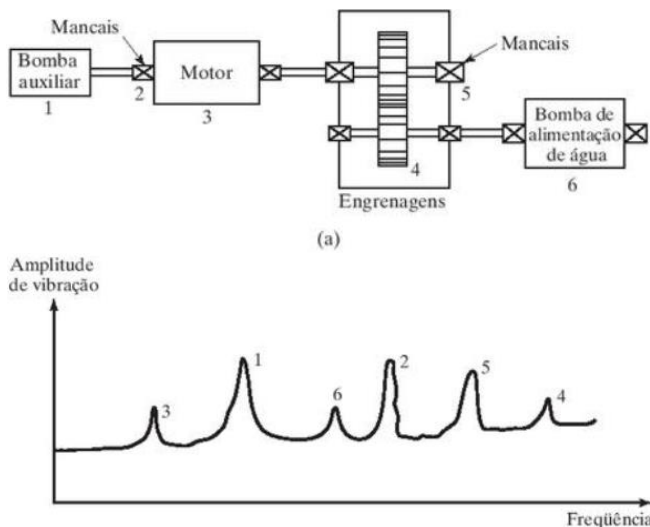


Figura 2. Esquema ilustrativo da relação entre componentes de máquinas e o espectro de vibração. Fonte: Rao, 2008.

Tais protocolos foram adaptados de forma a serem aplicados de forma simples e prática no sistema apresentado na Figura 1. Para isso, três testes essenciais foram elaborados, os quais são descritos na próxima seção desse resumo expandido.

Resultados e Discussão

Em suma, três protocolos ou testes experimentais foram elaborados com a intenção de validar o sistema de aquisição e processamento de sinais de vibração, os quais são descritos a seguir.

Validação do sistema de aquisição de dados – sensores

Conforme pôde ser visto anteriormente, o sistema baseia-se na detecção de dados de vibração (amplitude) e é analisado no domínio da frequência. Como os dados são capturados ao longo do tempo, é preciso converter os mesmos do domínio do tempo para o domínio da frequência, por meio de um processamento adequando, que no caso deste trabalho, foi feito com o uso da Transformada Rápida de Fourier (FFT, do

Inglês, *Fast Fourier Transform*). Na Figura 3, é ilustrado o processo de mudança de domínio do gráfico da amplitude de vibração.

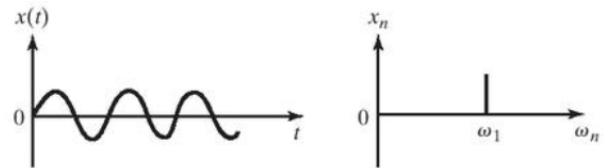


Figura 3. Espectro de Vibração no domínio do tempo (esquerda) e no domínio da frequência (direita).

Fonte: Rao, 2008.

Uma forma de validar o funcionamento dos sensores, ou seja, verificar se os dados estão captados de forma correta, é observar se os dados de vibração estão correspondendo a frequência de excitação do sistema. A frequência de excitação de um motor, pode ser calculado como:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

onde ω é a frequência angular do motor em rad/s e n é a rotação do motor em RPM (rotações por minuto).

Logo, pode-se variar a rotação do motor e verificar se o sensor está captando a amplitude de vibração nas frequências correspondentes, ou seja, de acordo com o gráfico do lado direito da Figura 3.

Validação do posicionamento ótimo dos sensores

Essa validação depende da validação anterior, ou seja, depende da correta associação da amplitude de vibração com a frequência de excitação. Em uma dada rotação do motor, logo, em uma dada frequência de excitação, deve-se variar a posição dos sensores de forma a obter o resultado mais próximo do teórico. Ou seja, o gráfico do lado direito da Figura 3 que corresponder o mais próximo possível da frequência de excitação pode indicar o melhor posicionamento do sensor. Entretanto, essa validação pode ser refinada com a próxima validação.

Validação da detecção de anomalia no funcionamento do equipamento

Essa validação implicará no uso dos dois eixos, ou seja, na transmissão de movimento do eixo motor para o eixo movido, de forma que os mesmos rotacionem em velocidades diferentes, o que produziria frequências distintas de excitação ou funcionamento. Primeiramente, deve-se realizar a medição de vibração com o sistema montado de forma adequada, o que permitirá ter o espectro em condições saudáveis. Depois, deve-se induzir uma falha em um dos eixos, seja por meio de folga nos suportes de mancais ou até mesmo um defeito nas engrenagens ou polias responsáveis pela transmissão de movimento. Com o defeito induzido,

mede-se novamente a vibração e faz-se uma comparação do espectro de vibração com o espectro anterior, ambos no domínio da frequência. A detecção de alteração na amplitude de vibração na frequência onde foi induzida a falha, valida o sistema como uma forma de detecção de anomalias no funcionamento mecânico.

Considerações Finais

Os testes ainda não foram realizados na bancada experimental, mas farão parte das atividades do próximo ciclo, que já teve início, do PIBIC IFMS.

O projeto e a fabricação da bancada, bem como a sua instrumentação e a montagem do sistema de aquisição de dados demandaram um tempo maior do que previsto.

Todavia, com base na revisão literária, pôde se observar que os testes teóricos propostos têm uma boa probabilidade de atenderem as necessidades de validação do sistema proposto.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento por meio de bolsas a outros planos de trabalho que complementam este trabalho, e a Instituição de Ensino IFMS pelo apoio financeiro recebido através do Edital 029/2022 Propi/IFMS.

Referências

HJORT, A., HOLMBERG, M. Measuring mechanical vibrations using an Arduino as a slave I/O to an EPICS control system. **Physics Project with a Research Connection 5 hp**, June 2015.

INMAN, D. **Vibrações mecânicas**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2018.

RAO, S. S. **Vibrações mecânicas**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2008. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 set. 2023.

SOTELO JR., J.; FRANÇA, L.N.F. **Introdução às Vibrações Mecânicas**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

VARANIS, M., SILVA, A.L., BRUNETTO, P.H.A., GREGOLIN, R.F. Instrumentation for mechanical vibrations analysis in the time domain and frequency domain using the Arduino platform. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, no 1, 1301, 2016.

Abstract: *Most mechanical systems are made up of moving parts and, in general, such movements are periodic in nature, that is, they occur in an oscillatory mode. This characteristic is responsible for the vibration in mechanical systems and changes in their vibration spectrum may indicate the beginning of a failure, since vibration depends on the mass, stiffness and damping of such systems and, in turn, of each component or machine element. In general, the vibration spectrum of a machine in normal and proper operation is captured and considered as a standard. Periodically, new measurements are made and if there is a change in this spectrum in comparison to the standard, further investigations are carried out in order to find the reason for this changes or, also, to find the failure. In this work, experimental protocols were developed for validation tests of a vibration data acquisition and processing system, which was developed in another work plan for this PIBIC IFMS cycle (2022-2023).*

Keywords: *Vibrations, Experimental Tests, Predictive Maintenance.*

TESTS TO VALIDATE THE SYSTEM OF VIBRATION SIGNAL ACQUISITION AND PROCESSING