

DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE PARA PROCESSAMENTO DE SINAIS DE ANÁLISE DE VIBRAÇÃO: DOMÍNIO DO TEMPO E DA FREQUÊNCIA

Isabelle dos Santos de Araújo¹, Marco Hiroshi Naka¹

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

isabelle.araujo@estudante.ifms.edu.br, marco.naka@ifms.edu.br

Resumo

As vibrações estão presentes o tempo todo no mundo físico, pois todos os objetos ao nosso redor vibram em uma frequência natural. Portanto, no âmbito da mecânica, a análise deste fenômeno é um método muito útil na manutenção preditiva, pois alterações no espectro de vibração podem indicar possíveis falhas ou o início de um processo de falha em determinado componente. Pensando nisso, o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados com sistema de processamento de sinais auxiliaria na obtenção de dados para a análise de um sistema de transmissão de rotação entre eixos, por exemplo, através de polias dentadas de estrutura mecânica simples. Uma das formas de realizar esta análise é através da Transformada Rápida de Fourier (FFT, do Inglês, *Fast Fourier Transform*), que transforma um espectro de vibração no domínio do tempo em domínio da frequência. Assim, sabendo que tudo vibra em determinada frequência, a transformação possibilitaria uma melhor visualização das diferentes oscilações captadas no sistema, ou seja, variações do seu espectro em determinadas frequências, o que favorece a detecção de possíveis falhas.

Palavras-chave: Vibrações, Sistema de Aquisição de Dados, Sistema de Processamento de Sinais, FFT.

Introdução

Segundo Rao (2008, p. 6), vibração ou movimento oscilatório, é qualquer movimento que se repete após um intervalo de tempo. Logo, a análise de vibrações é muito importante na área mecânica, visto que grande parte dos equipamentos mecânicos funcionam por meio de movimentos periódicos, como a rotação de eixos, por exemplo. Portanto, essa análise de vibração é de grande valia na área de manutenção, pois é um eficiente procedimento de identificação de falhas em máquinas, afinal, ela baseia-se no conhecimento das condições normais do equipamento. Ou seja, por meio de medições periódicas, pode-se identificar anomalias nos sinais característicos de vibração, levando ao diagnósticos de falhas, evitando paradas inesperadas por mal funcionamento e troca desnecessária de peças, tendo em vista que em função da característica do sinal observado é possível identificar o componente que está em processo de falha.

Nesse contexto, a análise dos sinais é um importante aliado na detecção de possíveis problemas, pois, avaliando dois

parâmetros como a amplitude e a frequência, pode-se obter dados a respeito das condições da máquina ou sistema mecânico em questão. Pois, a frequência está diretamente relacionada a rotação no qual determinado equipamento está sendo submetido, sendo assim, oscilações (amplitudes de vibração) distintas do esperado podem indicar falhas, bem como, cada frequência está associada a uma velocidade de rotação que por sua vez está relacionado a algum elemento mecânico (direta ou indiretamente). Para esta análise, uma ferramenta útil é a FFT, Transformada Rápida de Fourier (do Inglês, *Fast Fourier Transform*). A FFT permite que dados obtidos ao longo do tempo, o que geralmente é o modo como um sistema de aquisição de dados atua, possam ser convertidos para o domínio da frequência, o que ajuda na identificação do elemento mecânico que está com indicativo de falha, pois cada elemento atua numa faixa de frequência associada a sua rotação.

Adicionalmente, pelo fato do IFMS *Campus* Campo Grande não dispor de recursos didáticos para o estudo de vibrações, viu-se a importância da necessidade de fabricação de uma bancada para o estudo de vibrações com foco na detecção de falha, através de um sistema mecânico e do desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados, juntamente com um sistema de processamento de sinais baseado na FFT, para a visualização na prática do diagnóstico preditivo.

Metodologia

A priori, iniciou-se os estudos acerca das possíveis formas de transformações dos dados. A técnica escolhida foi a FFT, que conforme mencionado anteriormente, tem a finalidade de transformar os da amplitude de vibração no domínio do tempo para o domínio da frequência. Através do sinal de vibração gerado no domínio do tempo, por meio da FFT, eles são convertidos e passam a apresentar amplitude e frequências relevantes para a diagnose de máquinas, pois, quanto maior as diferenças de amplitude com relação a medição em condições normais, maior é a possibilidade da ocorrência de algum problema que esteja afetando o desempenho normal do equipamento. E a grande vantagem é que pela frequência, pode-se identificar o elemento que está em processo de falha ou até a detecção de algum tipo de irregularidade no funcionamento.

A FFT foi um algoritmo proposto por James Cooley e John Tukey (Cooley e Tukey, 1965), que tinha o objetivo de

entregar os mesmos resultados que a Transformada Discreta de Fourier (DFT, do Inglês: *Discret Fourier Transform*), porém, ela diminuiu consideravelmente a complexidade computacional quando comparada a já utilizada DFT. Seu algoritmo requer que o número de dados analisados N , seja uma potência de 2, isso possibilita uma maior rapidez na geração de dados, ou seja, o que levava cerca de 12 dias em termos de cálculo com a DFT, com a FFT demorava aproximadamente 21 segundos. Tendo isso em mente, para melhor eficiência e agilidade na verificação dos dados, a FFT seria de extrema utilidade para o processamento de sinais da análise de vibrações do conjunto.

A linguagem de programação escolhida foi baseada na escolha da placa eletrônica, que era o Arduino. Logo, a melhor linguagem seria a C, pois elas teriam melhor compatibilidade em termos de comunicação. O modelo utilizado para a implementação do algoritmo foi o encontrado nas literaturas de auxílio. De início, foi necessário fazer o algoritmo de reversão de bits, pois, para realizar as trocas de posição que permitem o cálculo da FFT e economizar memória e tempo do computador, aplicava-se um código clássico que executava essa reversão, o qual é descrito na Figura 1.

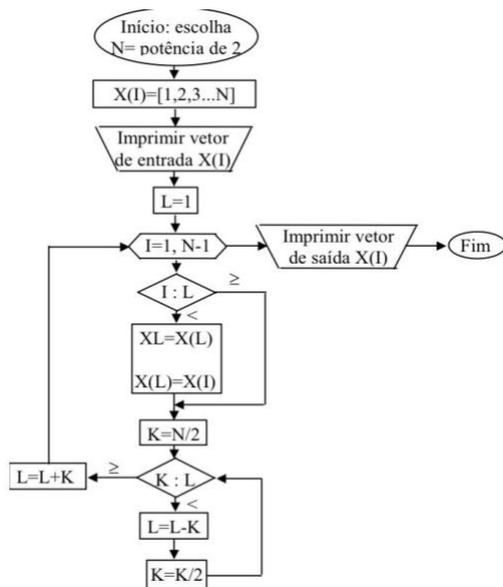


Figura 1. Algoritmo para a troca de posição de dados, baseado na reversão de bits. Fonte: DECKMANN, POMILIO, 2020.

O algoritmo da FFT opera seguindo a regra da borboleta (Figura 2), considerando que os vetores de entrada já tenham passado pela reversão de bits. Para teste do todo o processo, precisa-se, inicialmente, gerar uma amostra do sinal de entrada e no fim, converter o resultado de saída em espectro de amplitude e fase das harmônicas. Uma vez obtido o vetor de saída correspondente às entradas operada pela FFT, tem-se como resultados valores complexos que precisam ser

manipulados no domínio da frequência. Logo, como foi utilizado o processo de cálculo da FFT na forma de exponencial completa, cada magnitude ao final deve ser dividida pelo número N .

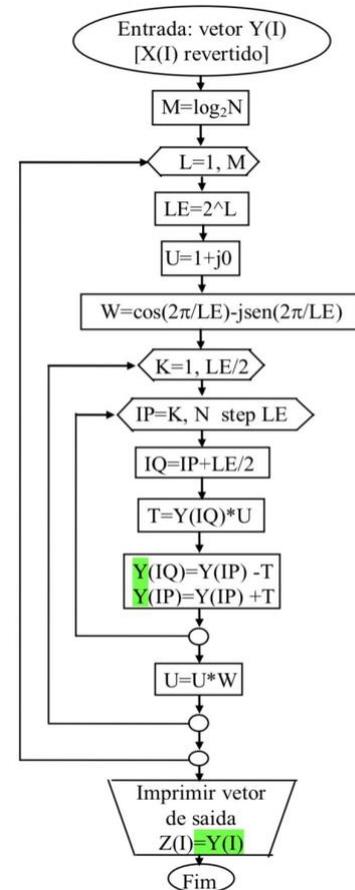


Figura 2. Algoritmo das operações “borboleta” da FFT. Fonte: DECKMANN, POMILIO, 2020.

Em segundo plano, embora não seja foco deste trabalho, mas de outro trabalho do mesmo projeto de pesquisa deste ciclo do PIBIC IFMS (2022-2023), foi a fabricação e instrumentação da bancada experimental, que seriam usados para a aplicação deste processamento de sinais. Para isto, foi realizado o orçamento e aquisição dos componentes necessários para a confecção do projeto, dentre os quais, uma placa eletrônica do tipo Arduino e sensores para a captação das vibrações, como o acelerômetro modelo ADXL 335, que mede as variações de deslocamento nos eixos x, y e z. Para a montagem da bancada, foram necessários uma placa em aço 1020, mancais para a fixação dos eixos e um acoplamento flexível para a transmissão de rotação e torque do motor de passo ao sistema rotativo. Todos os materiais foram adquiridos com o recurso obtido pelo Edital 029/2022 Propi/IFMS.

Resultados e Discussão

O algoritmo base foi encontrado na biblioteca virtual GitHub e adaptado para a análise de dados de vibração mecânica do projeto em questão. Ela segue quase que o mesmo corpo do modelo escolhido, no qual trabalha com três opções de quantidade de dados de entrada, sendo eles todos potência de 2: 8, 16 e 64 entradas, que podem ser escolhidas de acordo com a demanda dos dados obtidos pelo acelerômetro.

Para o teste de programação foram gerados dados aleatórios, a partir de um sinal de espectro conhecido. Para assegurar que os resultados gerados estão corretos, o gráfico foi gerado no *software* Excel com uma entrada de 32 dados iniciais em função do tempo, Figura 3. O resultado no domínio da frequência é apresentado no Figura 4.

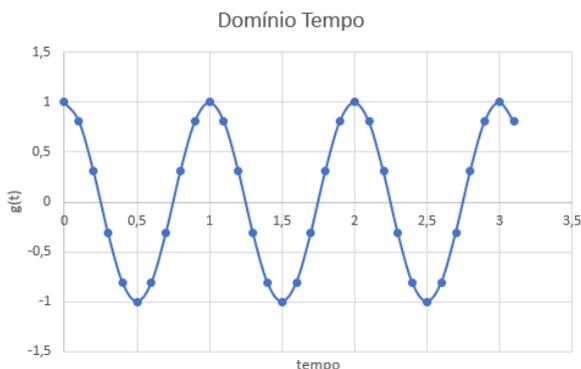


Figura 3. Gráfico gerado com os dados de entradas iniciais em função do tempo. Fonte: Autores, 2023.

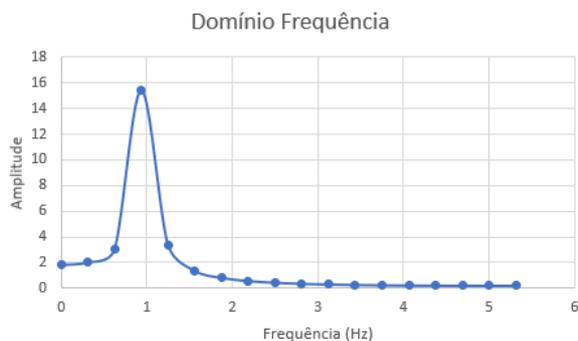


Figura 4. Gráfico gerado a partir de um espectro conhecido para simulação, transformado pela FFT. Fonte: Autores, 2023.

Considerações Finais

O algoritmo utilizado atende às necessidades do projeto e através dos resultados obtidos, proporcionaram um maior entendimento a respeito das técnicas utilizadas em inspeções preditivas de máquinas rotativas.

Logo, com a utilização da FFT como sistema de processamento de sinais de vibrações, é possível ter-se um conhecimento mais amplo acerca da área de manutenção preditiva de sistemas mecânicos, através da diagnose por vibrações, pois, por meio da transformação dos dados do domínio do tempo para a amplitude e frequência, há como identificar o comportamento dos componentes em situações normais e a cada observação, notando resultados diferentes do comum, fazer diagnósticos mais precisos de indicativo de início de defeitos ou falhas.

Para plotagem dos dados em trabalhos futuros, seria necessário o uso de um software, visto que a plataforma do arduino não dispõe de visualização de gráficos em tempo real.

A parte construtiva do projeto da bancada, bem como sua instrumentação, foi realizada por estudantes do Técnico Integrado em Mecânica e de Engenharia Mecânica do IFMS, também contemplados pelo Edital 029/2022 Propi/IFMS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento, e a Instituição de Ensino IFMS pelo apoio financeiro recebido através do Edital 029/2022 Propi/IFMS.

Referências

Cooley, James W.; Tukey, John W. (1965). "An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series". *Mathematics of Computation*. 19 (90): 297–301. (doi:10.1090/S0025-5718-1965-0178586-1. ISSN 0025-5718.)

DECKMANN, S. M.; POMILIO, J. A. **ANÁLISE DE SINAIS DISCRETIZADOS**. Apostila de pós-graduação: Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica. UNICAMP/FEEC/DSE, Campinas, SP, 2020. p. 25.

Introdução às vibrações mecânicas. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2006. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 set. 2023.

OLIVEIRA, F. T. G. **MEDIDOR DE VIBRAÇÃO COM ARDUINO**. Marinha do Brasil. Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Superintendência de Ensino, Rio de Janeiro, 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.

SILVA, Bruna Tavares Vieira da. **Bancada para análise de vibração: análise de falhas em máquinas rotativas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Automação) - Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2012.

The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. By Steven W. Smith, Ph.D. Disponível em: <http://www.dspguide.com/CH12.PDF>.

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.

DEVELOPMENT OF A SIGNAL PROCESSING INTERFACE FOR VIBRATION ANALYSIS: DOMINANCE OF TIME AND FREQUENCY

Abstract: *Vibrations are present at all the time in the physical world, since all objects around us vibrate at a natural frequency. Therefore, within the scope of mechanics, the analysis of this phenomenon is a very useful method in predictive maintenance, as changes in the vibration spectrum can indicate possible failures or the beginning of a failure process in a given component. With this in mind, the development of a data acquisition system with a signal processing system would assist in obtaining data for the analysis of a rotation transmission system between axes, for example, through toothed pulleys with a simple mechanical structure. One of the ways to perform this analysis is through the Fast Fourier Transform (FFT), which transforms a vibration spectrum in the time domain into the frequency domain. Thus, knowing that everything vibrates at a certain frequency, the transformation would enable a better visualization of the different oscillations captured in the system, that is, variations in its spectrum at certain frequencies, which favors the detection of possible faults.*

Keywords: *Vibrations, Data Acquisition System, Signal Post-processing System, FFT.*