

V SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXIII Semana de Iniciação Científica

07 a 11 de Dezembro de 2020

Tema: "Os impactos e desafios da pandemia pela COVID-19 no ensino, pesquisa e extensão"



IMPLEMENTAÇÃO DA TÉCNICA DE ALTA FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA (HFRT) EM ROLAMENTOS DE MÁQUINAS ROTATIVAS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO NAS INDÚSTRIAS.

Emanuel da Silva Tavares¹, Rodolfo de Sousa Santos².

Resumo: Os sinais de vibrações de máquinas rotativas conduzem diversas informações sobre o equipamento, estas informações são de grande importância no que diz respeito ao monitoramento, para diagnosticar as condições das máquinas. Vários métodos de análises têm sido empregados no sentido de diagnosticar falhas em componentes de máquinas tais como engrenagens, rolamentos, dentre outros. Este trabalho apresenta uma análise sobre detecção de falhas em rolamentos de máquinas rotativas, tendo como objetivo identificar por meio de uma das técnicas de processamento de sinal as possíveis falhas em rolamentos, e para esta apreciação utilizou-se os bancos de dados da CASE WESTERN RESERV UNIVERSITY. Tendo como objetivo principal deste trabalho o desenvolver um software no Matlab onde foi possível identificar e caracterizar as falhas nos rolamento de forma automática a região de ressonância e conseqüentemente uma melhora na caracterização das frequências de defeitos, vislumbrando o aprimoramento da manutenção baseada na condição do rolamento, obteve-se resultados satisfatórios, mesmo sendo limitada uma vez que empregada apenas para regime estacionário.

Palavras-chave: Técnica do envelope, Análise de vibração, Manutenção preditiva, Indicadores de vibração, Transformada Rápida de Fourier.

1. Introdução

As indústrias em geral buscam um programa de manutenção a fim de reduzir custos de paradas e com isso a diminuição dos respectivos desperdícios oriundos do processo operacional, por meio dessas intervenções um aumento significativo na lucratividade. Devido a paradas repentinas e inesperadas nos equipamentos da produção. Para isso temos que encontrar uma estratégia na manutenção das maquinas, investigando soluções mais eficientes no controle e planejamento dos impactos das paradas da produção (Randall 2011).

Existem principalmente quatro tipos de estratégia de manutenção essas são divididas em corretiva, preventiva, detectiva e preditiva. Dentre elas iremos focar na manutenção preditiva devido a seus vários métodos para avaliação da condição de máquina como: análise de vibrações, termografia, análise de óleo, ensaios não destrutivos, partículas magnéticas, ultrassom e emissão acústica. Um dos parâmetros mais significativos são os sinais oriundos das vibrações mecânicas que as máquinas rotativas emitem, é de suma importância para a avaliação da condição do equipamento. Esta estratégia é mais eficiente para identificar falhas incipientes, que se baseia na condição de operação e

1- Universidade Regional do Cariri, e-mail: emanuel.silva28@urca.br

2- Universidade Regional do Cariri, e-mail: rodolfosousa4@gmail.com

V SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXIII Semana de Iniciação Científica

07 a 11 de Dezembro de 2020

Tema: "Os impactos e desafios da pandemia pela COVID-19 no ensino, pesquisa e extensão"



funcionamento do equipamento, visando determinar, por meio de instrumentos de medição, quando e como intervier no equipamento (SANTOS, 2017).

Cerca de 90% dos maquinários industriais possuem rolamentos. Um rolamento com falhas pode causar avaria nas máquinas, impossibilitando o seu funcionamento (XU; CHEN, 2013). Os mancais de rolamento são componentes críticos em vários campos de engenharia, fazendo necessária a implantação de uma técnica capaz de processar o sinal para a identificação das falhas incipientes nestes componentes com o objetivo de aumentar a vida útil das máquinas. Por isso, é de suma importância a detecção de possíveis falhas, especialmente em um estágio inicial, que podem levar a interrupções inesperadas de produção ou, pior, a acidentes graves (GEORGOULAS ET al., 2015).

2. Objetivo

- Estudo/análise das técnicas de processamentos de sinais para a aplicação no processo para identificar as falhas nos rolamentos;
- Aplicação de técnicas de análise de sinais como a técnica espectral e técnica do envelope Wavelet, para identificação a falha nos rolamentos da (CWRU).
- Desenvolvimento de um programa para análise de defeitos;
- Realizar simulações no banco de dados da CWRU;
- Identificação da técnica de processamento de sinal é eficiente e sensível ao sinal de vibração, de forma que seja possível a caracterização dos defeitos nos sinais dos rolamentos estudados;

3. Metodologia

Foi realizado um levantamento bibliográfico para um estudo aprofundado em detecção de falhas em rolamentos de máquinas rotativas baseado em diversas técnicas de análise por vibrações utilizadas para avaliar as condições das máquinas. Essas técnicas se mostram eficientes e eficazes na extração do sinal característico, sendo fundamental para o diagnóstico das falhas em máquinas rotativas. Nosso trabalho foi desenvolvido em cima do domínio da frequência. Essa técnica de identificação de falhas por meio da frequência possibilita uma maior verificação ao surgimento de falhas e sua localização, essa técnica utiliza a Transformada Rápida de Fourier (Fast Fourier Transform - FFT), utiliza a transformação do sinal da vibração no domínio do tempo e transforma para o domínio da frequência. Essa técnica, geralmente, realiza o diagnóstico de falha em rolamento, cujas características dos componentes de espectro estão relacionadas com um pico periódico (VORA; GAIKWAD; KULKARNI, 2015). A Transformada de Fourier (TF) descreve as diferentes frequências contidas em um sinal, mas não a localização espacial destas frequências. Análise de Fourier é excelente quando se tem sinais estacionários, isto é, quando as propriedades estatísticas não variam com o tempo, quando o sinal apresenta as mesmas componentes de frequência durante toda sua duração. Essa técnica foi codificada via software Matlab uma ferramenta computacional, cuja base computacional é as matrizes, que o torna bastante versátil em cálculos numéricos, modelagens, simulações, análises,

V SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXIII Semana de Iniciação Científica

07 a 11 de Dezembro de 2020

Tema: "Os impactos e desafios da pandemia pela COVID-19 no ensino, pesquisa e extensão"



processamentos, visualizações de gráficos, desenvolvimento de algoritmos e etc. Foi realizada uma análise por parâmetros juntamente com uma análise no domínio da frequência através da técnica do envelope permite o usuário perceber com clareza as frequências características de defeito em determinados componentes do rolamento.

O fluxograma do código Matlab, segue a seguinte ordem:

- Declaração de variáveis
- Aquisição do sinal
- Cálculo das frequências características de defeito
- Escolha da região de ressonância (depende da experiência do operador)
- Aplicação de um filtro passa-faixa na região escolhida, a fim de excluir frequências oriundas de desalinhamento e desbalanceamento.
- Aplica a transformada inversa de Fourier no espectro filtrado.
- Retira o envelope do sinal através da transformada de Hilbert.
- Aplica a transformada de Fourier a fim de transformar o sinal para o domínio da frequência.

Feito essas etapas, ficou evidenciada, caso exista, as frequências de defeito em rolamento, podendo ser a frequência de defeito para a pista externa, pista interna ou esferas.

4. Resultados

Foram utilizados como base de dados para a pesquisa o do banco de dados dos rolamentos rígidos de esferas SKF 6205 do experimento realizado na CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY, possuindo as seguintes características: rotação do eixo foi de 1797 RPM e a falha de tamanho de 0,18 mm com frequência de 29.95 Hz. A frequência de amostragem do sinal é 12000 amostras/segundo e sem carga. Os dados referentes aos parâmetros geométricos do rolamento utilizado no experimento da CWRU são: Diâmetro da pista interna 25mm; Diâmetro da pista externa 52mm; Diâmetro da esfera 7,94mm; Número de esfera 9; Ângulo de contato 0°. Os bancos de dados utilizados para o experimento foram o 97 e 105, sendo 97 sem defeito para fins de comparação, nossa pesquisa foi utilizada a técnica tempo-frequência.

Antecipadamente foram realizados cálculos das frequências características de defeitos com base nos dados dos rolamentos de estudos usando como base os parâmetros estruturais do rolamento NSK 6205 com esferas rígidas.

- Frequência característica de falha na Pista Interna = 162,5702 Hz.
- Frequência característica de falha na Pista Externa = 106,9798 Hz.
- Frequência característica de falha na Esfera = 69,5234 Hz.
- Frequência característica de falha na Gaiola = 11,8866 Hz.

A aplicação da técnica nos rolamentos que apresentaram defeito foi possível diagnosticar e determinar a área de ressonância identificando automaticamente a frequência do defeito.

Na Figura 1 temos o sinal 97 do banco de dados da CWRU espectro de um sinal sem defeito:

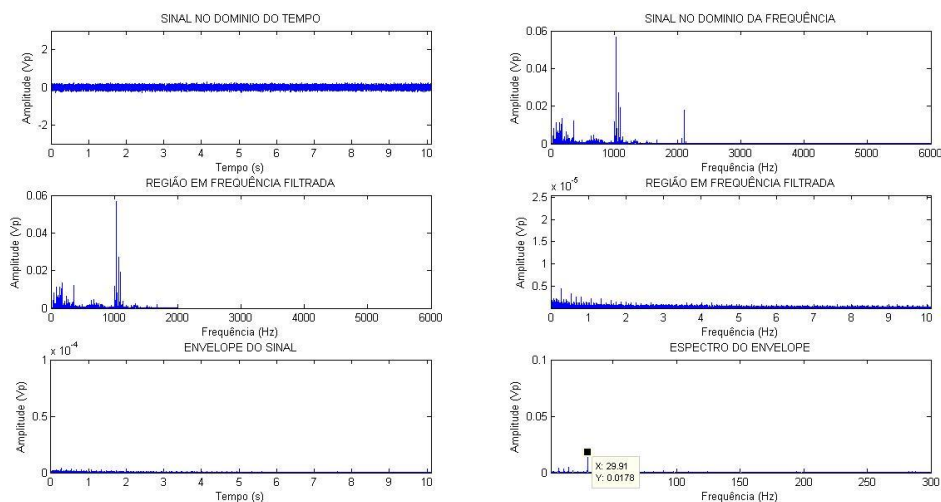
V SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXIII Semana de Iniciação Científica

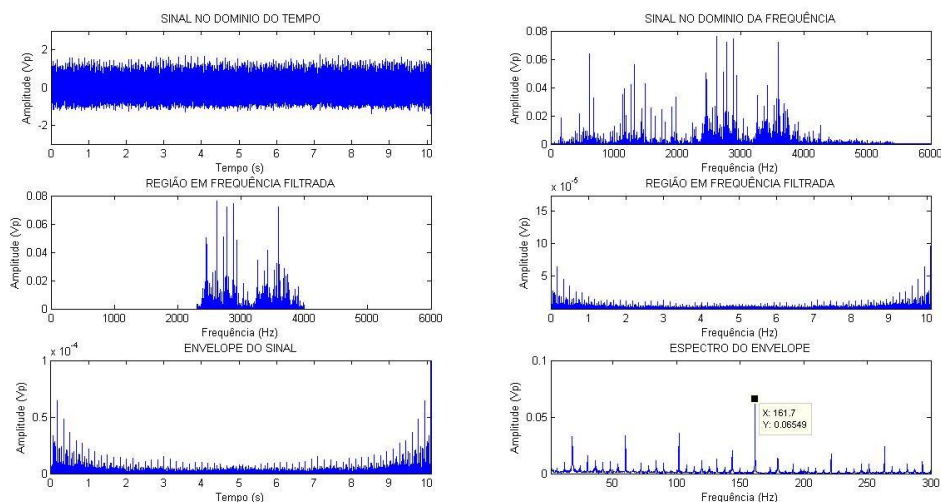
07 a 11 de Dezembro de 2020

Tema: "Os impactos e desafios da pandemia pela COVID-19 no ensino, pesquisa e extensão"

ISSN 1983-8174



Na Figura 2 temos o sinal 105 do banco de dados da CWRU espectro de um sinal com defeito na pista interna:



Como podemos ver na figura 2 foi possível identificar mudanças no espectro significando uma falha no rolamento essa falha como vimos anteriormente ela se localiza na pista interna, podemos identificar uma diferença nos valor encontrado mais isso se da devido ao escorregamento sofrido pelo rolamento esse erro pode ser de ate 1% para mais ou a menos, assim essa alteração não e tão significativa e esse dado pode ser utilizada para a constatação do defeito.

5. Conclusão

Foi possível identificar mudanças no espectro mesmo que muito pequena significando uma falha no rolamento, essa alteração pode ser utilizada para a constatação do defeito incipiente evitando o agravamento dessa falha vindo a se tornar um defeito crítico para o funcionamento do equipamento. Tendo essa mudança na assinatura de vibração, O principal objetivo do monitoramento das assinaturas dessas falhas nos equipamentos é possível criar um plano de solução no estado inicial antes que venha a falhar, podendo levar a um risco

V SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXIII Semana de Iniciação Científica

07 a 11 de Dezembro de 2020

Tema: "Os impactos e desafios da pandemia pela COVID-19 no ensino, pesquisa e extensão"



maior desde a inutilização do equipamento até um risco de acidente envolvendo terceiros. O objetivo principal foi alcançado por parte de desenvolvimento e gestão de inovação tecnológica tendo em vista o monitoramento dos maquinários a fim de contribuir no sistema de manutenção, solucionando diversos transtornos para empresas na sua área de manutenção, se tornando mais eficaz, impedindo perdas na produção por paradas não programadas no plano de produção, tendo queda na produtividade, devido a um rolamento com defeito no maquinário, é de suma importância para não interferir em toda linha da produção, e conseqüentemente reduzir custo na manutenção dos equipamentos evitando a substituição precoce de peças e melhorando a vida útil do equipamento.

6. Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Rodolfo de Sousa Santos, pela paciência, orientação, ensinamentos sobre tudo, pelo estímulo dado para a elaboração da pesquisa durante sua vigência e duração.

A minha família pelo grande incentivo e apoio aos meus estudos de forma a incentivar a elaboração e conclusão desse trabalho.

À Funcap, pelo apoio financeiro durante a vigência da pesquisa de técnicas de processamentos de sinais aplicadas nos rolamentos das máquinas rotativas para redução de custos de manutenção nas indústrias.

E aos demais, que de alguma forma contribuíram na elaboração deste trabalho.

7. Referências

CWRU, Bearing Data Center - Seeded Fault Test Data. Disponível em: <http://csegroups.case.edu/bearingdatacenter/pages/download-data-file> Acesso em: 17/03/2013.

GEORGOULAS, G. et al. Rolling element bearings diagnostics using the Symbolic Aggregate approxXimation. *Mechanical Systems and Signal Processing*, p. 1–14, 2015.

KARDEC, A.; NASSIF, J. *Manutenção preditiva: fator de sucesso na gestão empresarial*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

RANDALL, R. B. Rolling element bearing diagnostics — A tutorial v. 25, p. 485–520, 2011.

SANTOS, R.S. "Detecção de falhas em rolamentos de máquinas rotativas utilizando técnicas de processamentos de sinais". Tese de Doutorado, UNESP-Guaratinguetá, 2017.

VORA, S., GAIKWAD, P. J. A., & KULKARNI, J. V. Fault Diagnosis of Bearing of Electric Motor Using Wavelet Transform and Fault Classification Based on Support Vector Machine, 2(5), 41–46, 2015.

XU, H.; CHEN, G. An intelligent fault identification method of rolling bearings based on LSSVM optimized by improved PSO. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 35, n. 1-2, p. 167–175, 2013.