



Filtros Digitais IIR Aplicados a Sinais Ultrassônicos

RESUMO

Andréia Rossini de Souza
andreia@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Pato Branco, Paraná,
Brasil

Giovanni Alfredo Guarneri
giovanni@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Pato Branco, Paraná,
Brasil

OBJETIVO: Neste trabalho, projetaram-se e analisaram-se filtros digitais aplicados a sinais obtidos em ensaios não destrutivos por ultrassom com a técnica de pulso-eco, e tem como objetivo selecionar qual o melhor filtro a ser aplicado no pré-processamento dos sinais, afim de atenuar as baixas frequências no campo distante. **MÉTODOS:** Os filtros digitais projetados são do tipo *IIR (Infinite Impulse Response)*, baseados na técnica de aproximação a polinômios de filtros analógicos. As simulações foram realizadas com nove filtros, três do tipo *Butterworth*, três do tipo *Chebyshev* e três do tipo *Elíptico*, de primeira, segunda e terceira ordem. **RESULTADOS:** O filtro que apresentou melhor resultado foi o filtro *Butterworth* de segunda ordem, pois seu erro médio quadrático foi de 4,30 e o mesmo apresentou a menor modificação de módulo e fase. **CONCLUSÕES:** Ainda não se sabe quais serão os efeitos que as modificações causadas pelos filtros nos sinais terão sobre a detecção de falhas nas peças.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção não destrutiva. Filtros digitais. Sinais ultrassônicos.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, são apresentadas as discussões acerca de filtros digitais projetados para atuar em sistemas ultrassônicos visando a melhor aplicação dos resultados das inspeções na detecção de falhas. Trataram-se de assuntos como a realização de ensaios para aquisição de dados, o projeto e simulação dos filtros, bem como os resultados e discussões dos resultados.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho foi desenvolvido em três etapas: a aquisição de dados, o projeto e análise de filtros digitais e a análise de resultados. Para a aquisição de dados, realizaram-se ensaios não destrutivos por técnicas de ultrassom em um corpo de prova metálico. Para tanto, utilizou-se um sistema de medição e aquisição de ultrassom. O sistema de medição é responsável por gerar e transmitir as ondas ultrassônicas que incidem na peça ensaiada. Também, é responsável pela recepção dos ecos emitidos pelas descontinuidades da peça e sua transformação em sinais elétricos. Já o sistema de aquisição torna os sinais elétricos recebidos em sinais digitais e os disponibiliza para computadores, onde, posteriormente, esses dados serão processados (GUARNERI, 2015).

A configuração usada na inspeção da peça foi a pulso-eco, sendo que nela é utilizado o mesmo transdutor, que fica em contato somente com uma das superfícies da peça, para emitir o pulso ultrassônico e receber a resposta refletida. O transdutor não foi deslocado durante a inspeção. Os equipamentos usados foram o pulsador HV7355DB1 da Supertex e o sistema de medição e aquisição de sinais de ultrassom foi o MD3872DB1 da Supertex. Já o transdutor é um transdutor circular de seis milímetros de diâmetro, com frequência de operação de 5 MHz, modelo V110-RM da Olympus.

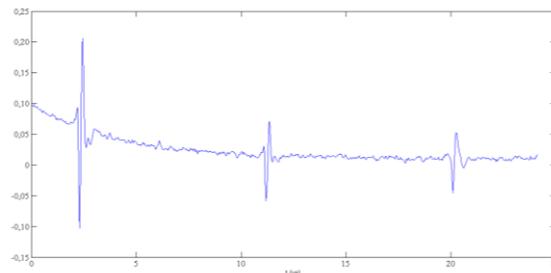
As técnicas de projetos de filtros foram baseadas em filtros digitais IIR, esses filtros apresentam uma resposta infinita ao impulso, e têm como característica serem regidos por equações lineares de diferenças, com coeficientes constantes e natureza recursiva. Uma das abordagens de projeto possíveis, e que foi utilizada, baseia-se na aproximação entre funções de transferência contínuas em funções de transferência discretas equivalentes. Assim, se um filtro analógico for estável e causal, o filtro digital derivado dele também será. As aproximações usadas para os filtros foram as de Butterworth, Chebyshev de primeira, segunda e terceira ordem.

Para a análise dos dados, primeiramente, o sinal obtido na etapa de aquisição foi normalizado, de forma que sua amplitude e ajustado para a escala de tempo. A partir disso, calculou-se o erro médio quadrático de cada filtro com relação ao sinal original e também a função de transferência para módulo e fase, para análise das possíveis distorções causadas pelos filtros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados da etapa da aquisição de dados, foram obtidos diversos sinais, entretanto, para esta análise, será considerado o pior caso dentre os sinais. A utilização de um filtro passa-alta se justifica pela necessidade de atenuar as baixas frequências que causam uma curva nos instantes iniciais do campo distante, antes que comecem a aparecer os ecos.

Figura 1. Sinal ultrassônico a partir do campo distante utilizado para as análises



Fonte: Autoria própria

É importante destacar alguns conceitos sobre as respostas de sinais de ultrassom. A existência dessas regiões se deve ao fato de a fonte das ondas de pressão ser um transdutor real, que tem uma face ativa, sendo que esse emite dois tipos de onda (SCHMERR, 1998), ondas diretas e ondas de borda.

Para uma região mais distante do transdutor, inicia-se uma região onde formas de onda das ondas de pressão podem ser consideradas esféricas (SCHMERR, 1998). Essa região é denominada campo distante. O cálculo do campo distante é feito a partir de (1):

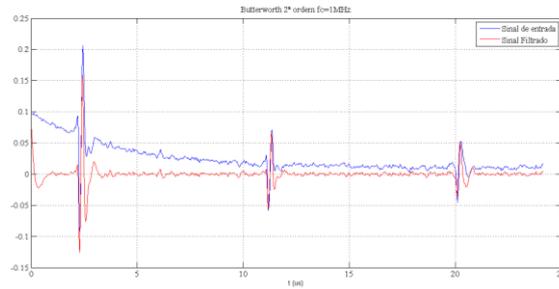
$$N = \frac{D_{ef}^2 \cdot f}{4 \cdot v} \quad (1)$$

em que N é a extensão do campo próximo (mm); f é a frequência ultrassônica (Hz); D_{ef} é o diâmetro efetivo do cristal, em que a área acústica é ativa (mm); v é a velocidade de propagação no meio (mm/s). O campo próximo calculado é de 7,2µm.

As simulações foram realizadas considerando o sinal a partir do campo distante até o terceiro eco, conforme a Figura 1. Esse sinal foi normalizado. Projetaram-se nove filtros passa-alta, com frequência de corte de 1 MHz.

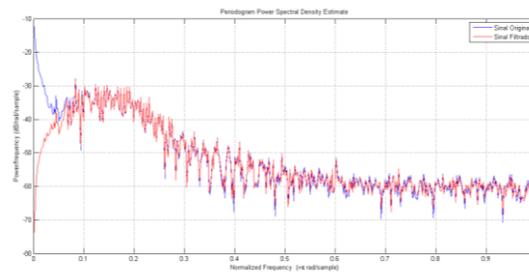
Os filtros foram aplicados ao mesmo sinal e avaliou-se o desempenho desses filtros, quanto a atenuação das frequências indesejadas, ao erro médio quadrático, a defasagem e sua função de transferência. Na figura 2, apresenta-se o resultado do sinal apresentado na Figura 1 agora filtrado, com o filtro Butterworth de segunda ordem que obteve a melhor resposta. Nota-se que, o filtro Butterworth de segunda ordem apresentou melhor resultado quando comparado aos demais. Entretanto, é necessário avaliar alguns fatores, como o erro médio quadrático, que foi de 4,30. Além da análise dos erros, é necessário observar se há alteração no espectro de densidade de energia e no módulo e fase dos sinais, conforme as Figuras 3, 4 e 5.

Figura 2. Sinal filtrado.



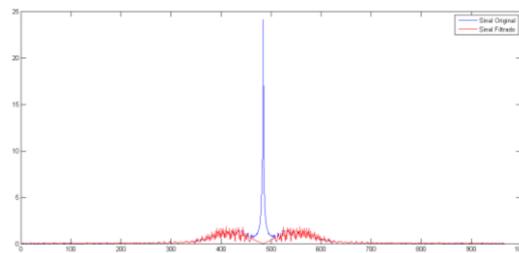
Fonte: Autoria própria

Figura 3. Espectro de densidade de energia dos sinais original e filtrado.



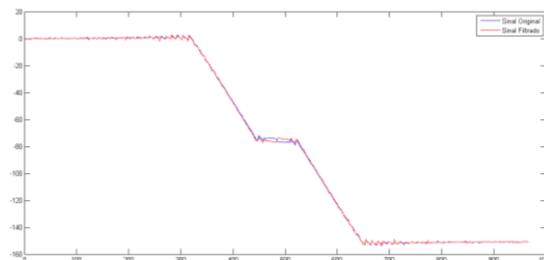
Fonte: Autoria própria

Figura 4. Distorção de módulo dos sinais original e filtrado.



Fonte: Autoria própria

Figura 5. Distorção de fase dos sinais original e filtrado.



Fonte: Autoria própria

CONCLUSÃO

Dada a importância de se detectar defeitos e descontinuidades, característicos do próprio processo de fabricação em materiais, os ensaios não destrutivos por ultrassom se apresentam como uma excelente opção no mercado. Como forma de auxiliar no processamento desses sinais, afim de obter uma reconstrução de imagem da descontinuidade mais precisa, projetaram-se filtros digitais. O filtro que obteve o melhor resultado entre os filtros analisados foi o filtro Butterworth, com frequência de corte de 1 MHz, de segunda ordem. Os efeitos causados pela defasagem e alteração de módulo no resultado final do processamento ainda não são conhecidos.

Digital Filters IIR applied to ultrasonic signals

ABSTRACT

OBJECTIVE: In this work, to design and analyze digital filters applied to signals obtained in non-destructive tests by ultrasound with the pulse-echo technique, and aims to select the best filter to be applied without pre-processing of the signals, in order to attenuate the low frequencies in the distant field. **METHODS:** The projected digital filters are of type IIR (Infinite Impulse Response), based on the approximation technique to analog filter polynomials. The simulations were performed with nine, three Butterworth, three Chebyshev and three Elliptic, first, second and third order filters. **RESULTS:** The filter that presented the best result for the second-order Butterworth filter, its mean square error was 4.30 and the same one presented the smallest modification of modulus and phase. **CONCLUSIONS:** They are not yet known to be the effects that as modifications caused by the filters in the signals will have on discontinuities detection in the piece.

KEYWORDS: Non-destructive inspection. Digital filters. Ultrasonic signals.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo auxílio financeiro em forma de fomento.

REFERÊNCIAS

GUARNERI, G. A. Identificação de discontinuidades em peças metálicas utilizando sinais ultrassônicos e técnicas de problemas inversos. Tese. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, 2015.

SCHMERR, L. W. Fundamentals of ultrasonic nondestructive evaluation: a modeling approach. New York, NY, USA: Plenum Press, 1998.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

SOUZA, A. R.; GUARNERI, G. A. Filtros Digitais IIR Aplicados a Sinais Ultrassônicos. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Andréia Rossini de Souza

Rua Itacolomi, número 620, Bairro Centro, Pato Branco, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

