

DETERMINAÇÃO DA RESPOSTA IMPULSIVA DE UM SISTEMA DE ULTRASSOM PULSO-ECO

Everande G. Oliveira^{1,2}, Rodrigo P.B. Costa-Félix¹

¹ Laboratory of Ultrasound – Diavi/Dimci/Inmetro, Duque de Caxias, RJ, Brasil, labus@inmetro.gov.br

² egobira@inmetro.gov.br

Abstract: The present paper describes the procedure to determine the impulse response of a pulsed ultrasound system. The system's excitation was a linear chirp ranging from 0.5 to 1.5 MHz. The transducer has a nominal center frequency of 1.0 MHz. As the technique allows determining the impulse response, an adjacent result is the phase response of the system. That technique is to be used in an hydrophone calibration setup.

Key words: ultrasound, hydrophone, calibration, metrology.

1. INTRODUÇÃO

A calibração de hidrofones de ultrassom tem importância fundamental no processo de medição para prover a confiabilidade necessária aos equipamentos que utilizam o ultrassom como princípio de funcionamento, uma vez que estes equipamentos devem ser avaliados por instrumentos rastreáveis. Em um processo de avaliação metrológica, a manutenção da rastreabilidade, conforme descrita no Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM [1] é fator importante, pois informa quão próximo o resultado de uma medição está em concordância com valores estabelecidos por padrões. A calibração de hidrofones é de grande importância, pois, a partir da mesma, é possível calcular a pressão gerada no campo ultra-sônico a partir do nível de tensão gerada pelo hidrofone. A partir da calibração, é possível identificar a confiabilidade de um equipamento de medição ou padrão de trabalho, comparando os resultados da calibração com especificações de normas [2]. Na calibração de um instrumento, é necessário expressar a incerteza associada ao resultado numérico declarado, a qual quantifica a qualidade final do resultado da medição.

O sistema de medição utiliza instrumentação e protocolos de medição modernos. Visando relatar a execução deste sistema para determinar a resposta impulsiva de um sistema de ultrassom pulso-eco, será avaliado um transdutor de ultrassom na frequência central 1,0 MHz.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Instrumentos de medição

As medições foram realizadas em um tanque ultrasônico da 4Sonora, utilizando-se um alvo refletor cilíndrico de aço

inoxidável ($\varnothing = 80$ mm e 80 mm de comprimento). A geração e aquisição de dados foram realizadas utilizando-se gerador de funções da marca Agilent, modelo 33250A, 80 MHz; transdutor da marca Panametrics-NDT modelo A303S ($\varnothing = 12,7$ mm, frequência nominal de 1,0 MHz), Termohigrômetro marca Rotronic, modelo hygropalm 3, Osciloscópio marca Tektronix, modelo TDS 3012B.

2.2. Procedimento experimental

O objetivo é determinar, experimentalmente, a resposta impulsiva de um sistema de ultrassom pulso-eco que utiliza um transdutor que não precisa estar calibrado. O eco é gerado por um refletor ideal (face plana e coeficiente de reflexão unitário) colocado numa determinada posição do campo, conforme figura 1. Conhecida a resposta impulsiva do sistema, $H(\omega)$, é possível determinar o campo, $P_i(\omega)$, no ponto onde se situa o alvo refletor.

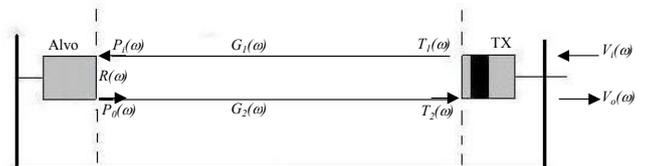


Fig. 1 : Esquema representando o sistema pulso-eco contendo o transdutor TX e o refletor, ambos imersos na água. V_i , V_o , T_1 , T_2 , G_1 , G_2 , e R são fasores e representam a excitação de TX, o sinal de eco captado pelo transdutor, a função de transferência de transmissão de TX, a função de transferência de recepção de TX, a função de transferência na ida (TX – alvo) para o meio (água), a função de transferência na volta (alvo – TX) para o meio (água), a função de transferência entre a onda de pressão acústica incidente no alvo, P_i , e a onda refletida P_o , respectivamente.

A relação entre V_o e V_i se dá pela equação:

$$V_o(\omega) = T_1(\omega)G_1(\omega)R(\omega)G_2(\omega)T_2(\omega)V_i(\omega) \quad (1)$$

A função de transferência H do sistema é dada por:

$$H(\omega) = \frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)} = T_1(\omega)T_2(\omega)G_1(\omega)G_2(\omega)R(\omega) \quad (2)$$

Devido à utilização de um transdutor recíproco, $T_1 = T_2$. Por outro lado, como o meio na transmissão e recepção do sinal é o mesmo, tem-se que $G_1 = G_2$. Com isto (2) pode ser reescrita como segue:

$$H(\omega) = T^2(\omega)G^2(\omega)R(\omega) \quad (3)$$

onde $T = T_1 = T_2$ e $G = G_1 = G_2$.

Para ondas planas, a função de transferência R tem seu módulo e fase constantes. Considerando-se que para o caso de um feixe esta propriedade de R seja ainda válida, considerando-se $R(\omega) = K$, então:

$$T(\omega)G(\omega) = \sqrt{\frac{H(\omega)}{K}} \quad (4)$$

A partir de (4), a pressão acústica na superfície do alvo é expressa por:

$$P_i(\omega) = T(\omega)G(\omega)V_i(\omega) = \sqrt{\frac{H(\omega)}{K}}V_i(\omega) \quad (5)$$

Com o hidrofone que se deseja calibrar posicionado no mesmo local do alvo refletor, a onda de pressão incidente em sua face é igual a P_i . Portanto, a sensibilidade do hidrofone, M , pode ser determinada por:

$$M(\omega) = \frac{V_h(\omega)}{P_i(\omega)} \quad (6)$$

(6)

sendo V_h a função espectral do sinal de saída do hidrofone.

3. RESULTADOS

Serão apresentados os resultados da determinação da resposta impulsiva do sistema de ultrassom pulso-eco. As respostas em frequências complexas, par de Fourier da Resposta Impulsiva mostra claramente a relação linear de fase do sistema na faixa de frequências avaliada. O sistema

se mostra adequado para ser utilizado em calibrações de hidrofones.

REFERENCES

- [1] Inmetro, “Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2008)”, Inmetro, Rio de Janeiro, 2009.
- [2] Costa-Félix, R.P.B.”Aplicações metrológicas do ultra-som empregado em engenharia biomédica utilizando varreduras de senos (Chirps)”, Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Biomédica, COPPE/UF RJ, pp. 196, Rio de Janeiro, 2005.
- [3] EC 62127-2; Ultrasonics – Hydrophones – Part 2: Calibrations for Ultrasonics Fields up to 40 MHz, International Electrotechnical Comisi3n, Geneva, Switzerland. 1. ed, , IEC, 2007.
- [4] INMETRO/ABNT; *Guia para a express3o da incerteza da medi3o – ISO GUM*. 3ed, Rio de Janeiro , INMETRO e ABNT, 2003.
- [5] KOCH, C., WILKENS, V.; “Methods for the Phase Calibration of Hydrophones”, *The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, Aug.2005.
- [6] KOCH, C., WILKENS, V.; “Phase Calibration of Hydrophones: Heterodyne time-delay Spectrometry and Broadband Pulse Technique using an Optical Reference Hydrophone”, *Journal of Physics: Conference Series 1*, pp. 14-19, 2004.