



Análisis De La Absorción, Reflexión Y Transmisión Del Ultrasonido En Materiales Homogéneos, Como Herramienta Para La Enseñanza De Los Fenómenos Ondulatorios

Analysis Of The Absorption, Reflection And Broadcast Of The Ultrasonido In Homogeneous Materials, As Tool For The Teaching Of The Wave Phenomena

O. Ávila^{* a}, J. Plaza^a, A. Pérez^a

^a Grupo de Instrumentación y metrología, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

Recibido 13.04.10; Aceptado 24.05.11; Publicado en línea 04.09.11.

Resumen

Es muy usual que en los cursos de ondas y de movimiento ondulatorio que las demostraciones se hagan recurriendo a la cubeta de ondas y a la cuerda vibrante, pero existen algunos efectos que difícilmente se muestran con estos recursos, por ejemplo la obtención de frecuencias resonantes, variación de la amplitud con la distancia, reflexiones múltiples, etc. En este trabajo, empleando elementos de bajo costo, se hizo el montaje para visualizar algunos fenómenos ondulatorios, con un transductor se genera una onda ultrasónica y con un receptor ésta es detectada. Se obtiene así una herramienta didáctica sencilla que sirve para realizar prácticas complementarias en los cursos de ondas.

Palabras Clave: Ultrasonido; Ondas estacionarias; Movimiento Forzado; Resonancia.

Abstract

It is very common for courses in waves and wave motion that demonstrations are made using the wave bucket and the vibrating rope, but there are some effects that are hardly shown with these resources, for example resonant frequencies, variation of the amplitude with the distance, multiple reflections, etc. In this paper, using low cost components, an assembly was constructed for displaying some wave phenomena; a transducer generates an ultrasonic wave and a receiver detects it. This gives a simple teaching tool used to perform complementary practices in the courses of Waves.

Keywords: Ultrasound; Stationary Waves; Forced Motion; Resonance.

PACS: 43.35.+d.

©2011. Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

Aunque las ondas de ultrasonido no se encuentran en el rango de frecuencias audibles por el hombre, [20 KHz - 1GHz], han logrado revelarnos, con una claridad sorprendente, información oculta de los organismos y objetos. Para ello se emplean modernas técnicas que utilizan las propiedades de los ultrasonidos como los radares y los ecógrafos, entre otras.

En las técnicas de ultrasonido un transductor emite im-

pulsos de ultrasonidos que se propagan en un medio material y producen ecos que se reflejan hacia otro transductor. Estos son captados, convertidos en señales eléctricas y posteriormente dan información del material en cuestión. Con este trabajo se pretende sentar las bases para conformar un grupo de investigación orientado al aprendizaje de los principios físicos de los ultrasonidos y a largo plazo participar en el diseño y construcción de equipos fundamentados en las interacciones de las ondas de ultrasonido, para diagnóstico médico. Nuestro punto de partida es la generación de equi-

*anairo_02@hotmail.com

pos didácticos que faciliten el entendimiento del fenómeno ondulatorio.

2. Marco teórico

El transductor es la parte más importante de un aparato de ultrasonido: de acuerdo a su sensibilidad se escoge el rango de trabajo. Las ondas sonoras se producen por el efecto piezoeléctrico inverso, mientras que en el sensor se tiene el fenómeno piezoeléctrico. El efecto piezoeléctrico es el fenómeno físico por el cual aparece una diferencia de potencial eléctrico entre las caras de un cristal cuando éste se somete a una presión mecánica; en este sistema es el sensor o receptor. El efecto funciona también a la inversa: cuando se aplica un campo eléctrico a ciertas caras de una formación cristalina, ésta experimenta distorsiones mecánicas, y tenemos un transmisor o emisor de ultrasonido.

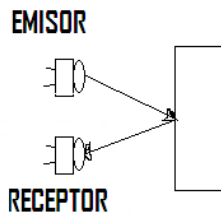


Fig. 1: El emisor genera una onda de ultrasonido, la cual es captada por el receptor. El análisis del eco da información de la distancia, consistencia, estado de movimiento o espesor del cuerpo reflectante.

El efecto piezoeléctrico se produce en varias sustancias cristalinas como el bario, el titanio o la turmalina. Este efecto se explica por el desplazamiento de iones en cristales que tienen una celda unitaria asimétrica. Cuando se comprime el cristal, los iones de las celdas se desplazan, provocando la polarización eléctrica de la misma. Debido a la regularidad de la estructura cristalina, estos efectos se acumulan, produciendo una diferencia de potencial eléctrico entre determinadas caras del cristal. Cuando se aplica al cristal un campo eléctrico externo, los iones de cada celda son desplazados por las fuerzas electrostáticas, produciendo una deformación mecánica.

Son de interés en este trabajo las interacciones del haz de ultrasonido con la materia, por ejemplo la absorción de energía por el medio. Este hecho se refleja en el movimiento ondulatorio como una pérdida de amplitud de la onda sonora: la onda se “atenúa” debido a la absorción de la energía; los líquidos se consideran no atenuadores, el hueso es un importante atenuador mediante absorción y dispersión de la energía, mientras que el aire absorbe de forma potente y dis-

persa la energía en todas las direcciones.

El parámetro físico que más influencia tiene en la absorción de una onda sonora es la propia frecuencia de la onda, siendo mayor la absorción en ondas de mayor frecuencia, y viceversa. Además de la frecuencia de la onda, la absorción depende de las características del medio por el que viaja la onda, siendo distinta para cada material.

En ultrasonido existe una interrelación constante entre la resolución y la profundidad a la que penetran las ondas de ultrasonido. Los transductores de alta frecuencia proveen de una mejor resolución, aunque poseen poca penetración, a diferencia de los transductores de baja frecuencia.

Otra consideración a tener en cuenta es la posición del sensor: si el sensor es puesto lejos del transmisor podría no ser capaz de detectar objetos muy cercanos. Para aplicaciones en donde se requiere medir distancias pequeñas la distancia de separación óptima es el valor de la longitud de onda.

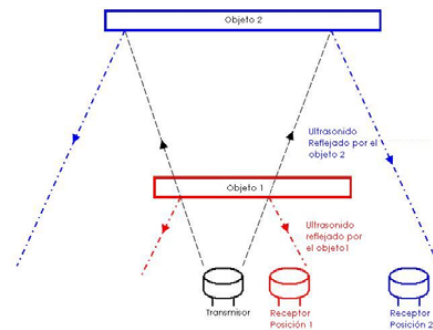


Fig. 2: Configuración que muestra cómo las señales recibidas deben tener en cuenta la reflexión, difracción y fenómenos de interferencia.

3. Montaje experimental

El sistema de generación – detección del ultrasonido se compone del emisor y el receptor. Se hicieron pruebas con piezoeléctricos comerciales como el UCM-R40K1 (figura 3) y el TWEETER FT-206 (figura 4). La generación de las señales sinusoidal, cuadrada y triangular se logra conectando un generador de señales al transmisor. Con el generador se obtienen señales sinusoidales, cuadradas y triangulares con frecuencias hasta de 10 Mhz. En dicho equipo es posible hacer barridos de frecuencia de forma análoga. El voltaje máximo aplicado al transmisor es de 12 V. La detección de la onda ultrasónica que se propaga en el aire se hace mediante un osciloscopio que se conecta en paralelo con el sensor, observando las variaciones de voltaje inducidos en el piezoeléctrico.

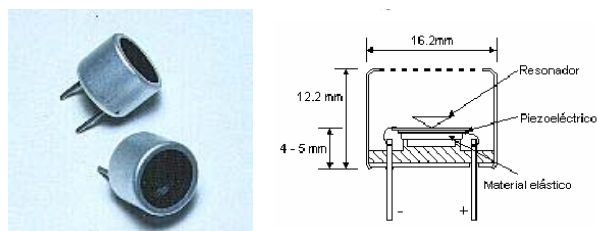


Fig. 3: Parte externa e interna de la pareja sensor – transductor UCM-R40K1. Su elemento activo es un material piezoeléctrico.



Fig. 4: Detalle interno de la pareja sensor – transductor TWEETER FT-206. Su elemento activo es un material piezoeléctrico al cual se le adiciona una bobina a manera de filtro.

El sensor se monta sobre una estructura móvil cuyo movimiento está controlado por un tornillo de rosca sencilla que permite un avance de 1,8 mm por vuelta. En esta estructura también se pueden colocar placas de 15 cm x 15 cm de diferentes materiales para el estudio de la reflectividad y transmitividad del ultrasonido.

4. Análisis de los resultados

Frecuencia resonante: Fijando la distancia entre emisor y sensor, y manteniendo fijo el voltaje de alimentación del emisor, se hizo un barrido en frecuencias para caracterizar al sensor. Las respuestas siempre fueron sinusoidales, aunque la señal del emisor fuera sinusoidal. Con el UCM-R40K1 se obtuvo la frecuencia de resonancia descrita por el fabricante; la amplitud de la respuesta en esta frecuencia es hasta 200 veces mayor a la de otras frecuencias. Este comportamiento se visualiza en la figura 5. Otras frecuencias resonantes se obtienen ampliando el barrido hasta los MHz. La respuesta del TWEETER FT-206 se puede observar en las figuras 6 y 7. Note la presencia de las frecuencias resonantes en 20 KHz, 160 KHz y 400 KHz a bajas frecuencias y la buena respuesta en valores de frecuencias altas.

Ondas estacionarias: Fijando la frecuencia del emisor y su voltaje de alimentación, al variar la distancia entre el emisor y sensor se obtiene el patrón de ondas estacionarias, en la figura 8 se observa la variación en el voltaje del sensor con la periodicidad definida por la longitud de onda. Experimentalmente, cuando se empleó un frecuencia de 40 KHz

se observó una separación de 0,42 cm entre dos máximos consecutivos, valor que corresponde a una longitud de onda de 0,84 cm, para una velocidad del ultrasonido en el aire de 336 m/s, esto es, un error del 1 % considerando una velocidad del ultrasonido en el aire de 340 m/s.

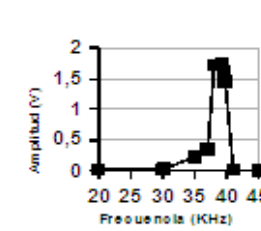


Fig. 5: Primera frecuencia resonante, hallada para el sensor UCM-R40K1.

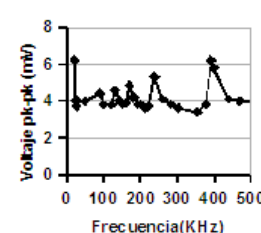


Fig. 6: Frecuencias resonantes del sensor TWEETER FT-206, a bajas frecuencias.

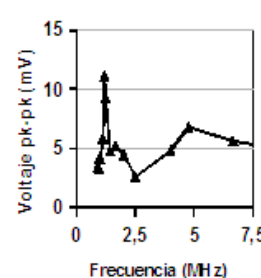


Fig. 7: Frecuencias resonantes del sensor TWEETER FT-206, a altas frecuencias.

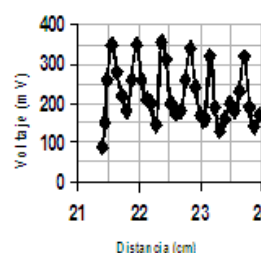


Fig. 8: Patrón que muestra la formación de ondas estacionarias entre el emisor y el receptor de ultrasonido.

5. Conclusiones

En el presente trabajo se hizo una caracterización de elementos piezoeléctricos con el fin de observar su respuesta en un rango de frecuencias que van desde los KHz hasta los MHz. Con este montaje tan sencillo se obtuvieron, con mucha facilidad, fenómenos ondulatorios como los de las frecuencias resonantes, ondas estacionarias y otros como el de movimiento forzado y variación de la amplitud con la distancia. Este montaje, resulta ser una herramienta complementaria en los cursos de oscilaciones y ondas.

Referencias

- [1] Ensminger, Dale. Fundamentals, Technology, Applications. 2nd editions, Marcel Dekker, New York, 1988. ISBN 0-8247-7659-3.
- [2] Kundu, Tribikram. Ultrasonic nondestructive evaluation: engineering and biological material characterization. CRC PRESS LLC, 2004. ISBN 978-0-8493-1462-9.