

TRANSDUCTORES HIDROACUSTICOS

W. García Acosta.

Centro de Investigación y Desarrollo Naval. Cuba.

A. Valledor Ros

Centro de Investigación y Desarrollo Naval. Cuba

RESUMEN

Se presentan algunos aspectos generales de los Transductores Hidroacústicos tales como: clasificación y perfil del haz sonoro o lóbulo principal, para analizar su comportamiento. Este trabajo es de carácter informativo con la intención de que el lector adquiera suficientes elementos que le permitan manejar estos conceptos en alguna aplicación o desarrollo específico.

INTRODUCCION

El ser humano requiere de gran asistencia para la percepción y localización de sonidos bajo el agua. Por muchas razones el oído humano tiene limitaciones para este propósito.

Actualmente la forma más común para detectar y generar sonido bajo el agua es a través de los dispositivos conocidos como transductores, que tienen la propiedad de detectar una onda sonora convirtiendo esta en una señal eléctrica y permiten generar una onda sonora a partir de una señal eléctrica. La habilidad de convertir estas dos formas de energía recae en propiedades muy características de ciertos materiales llamados piezoelectricidad (electroestricción) y piezomagnetismo (magnetoestricción).

La habilidad para utilizar esas propiedades de la materia para la recepción o generación de sonido bajo el agua se basa en el arte del diseño de transductores con una ciencia especializada y una tecnología propia.

Descripción

El efecto piezoelectrico descubierto por los físicos franceses, los hermanos P. Curie y P. J. Curie en 1880, representa una aparición de las cargas eléctricas en la superficie de algunos cristales al actuar el esfuerzo mecánico sobre ellos (efecto piezoelectrico directo) y la deformación de los cristales bajo la acción del campo eléctrico (efecto piezoelectrico inverso). El efecto piezoelectrico inverso a diferencia de la electroestricción, por lo común el efecto de electroestricción se expresa cuantitativamente de modo insignificante y con frecuencia se camufla con otros fenómenos. Sin embargo, en varios casos este efecto se manifiesta notablemente.

Al tener lugar la electroestricción, la deformación del cuerpo es proporcional al cuadrado de la intensidad del campo y no varía al cambiar la dirección del campo en sentido opuesto ;la electroestricción es un efecto par.

La electroestricción que se observa en todas las sustancias, no hay que confundirla con el efecto piezoelectrico inverso, el cual se observa sólo en ciertas sustancias cristalinas, y en algunos casos se expresa cuantitativamente con más fuerza que la electroestricción, En presencia del efecto de la electroestricción, el signo de la deformación depende de la dirección del campo eléctrico y cambia inversamente al variar la dirección del campo ; el efecto piezoelectrico es impar, es decir, al variar el signo de la tensión aplicada al cristal, tiene lugar el cambio del signo de deformación (ocurre la tracción o la compresión). Las sustancias cristalinas, en las que se observa el efecto piezoelectrico, se denominan cuerpos piezoelectricos.

La condición necesaria (pero no suficiente) de existencia de efecto piezoelectrico en el cristal dieléctrico es la ausencia del centro de simetría en el. Actualmente se conocen más de 400 cuerpos piezoelectricos. La primera sustancia en la que fue detectada la no linealidad de las propiedades dieléctricas, fue la sal de Rochelle (sal de Seignette) descubierta por el científico francés P. Seignette. Esta sal es el tartrato sodio-potásico, es decir, la sal de ácido tartárico con cuatro moléculas de agua de cristalización por una molécula de sal. La sal de Saignette se estudió detalladamente en la Unión Soviética por I. V. Kurchátov, P. P. Kobeko y otros, en los años 1930-1934.

Un gran valor científico y técnico tuvo el descubrimiento de las propiedades de materia ferroeléctrica en el metatitanato de bario hecho por el físico soviético Académico de la Academia de Ciencias de la URSS, B. M. Vul en 1934.

El titanato de bario atrajo gran atención de los investigadores y obtuvo una amplia utilización práctica debido a una serie de ventajas en comparación con los materiales ferroeléctricos ya conocidos (alta resistencia mecánica, resistencia al calor, resistencia a la humedad, así como la existencia de las propiedades de materia ferroeléctrica en un intervalo amplio de temperatura y la comodidad de la tecnología).

El titanato de bario se obtiene por medio de la calcinación de cantidades equimoleculares del dióxido de titanio y el óxido de bario. Posteriormente se descubrieron algunas materias ferroeléctricas semejantes al titanato de bario titanato de estroncio, cadmio y plomo, el zirconato de plomo y las soluciones sólidas de las sustancias de este grupo, así como ciertos niobatos y tantalatos) ; Muchas materias ferroeléctricas nuevas fueron descubiertas

y estudiadas en la URSS por el Académico G. A. Smoliński y por otros investigadores, así como B. N. Matthias, W. J. Merz y otros.

A diferencia, por ejemplo, de la sal de Seignette, el titanato de bario y los materiales análogos a éste, en los cuales las propiedades de materia ferroeléctrica, se observa también en las formaciones policristalinas que se obtienen mediante los métodos de la tecnología de la cerámica en forma de artículos de las dimensiones y formas exigibles.

Otros elementos vibratorios incluyen materiales cerámicos como el titanato de bario y dieléctricos con una fuerte propiedad ferroeléctrica, o con efectos fuertes de propiedades magnetoestrictiva como son las aleaciones de níquel.

El cuarzo y la sal de Rochelle fueron utilizados en la mayoría de las aplicaciones, pero han tenido que ser desplazados por otros materiales debido a que no toleran las altas temperaturas a las que son expuestos algunas veces durante su transportación y almacenaje. Dos materiales piezoeléctricos que se emplean normalmente son el titanato de bario y el niobato de plomo, los cuales son ferroeléctricos además de piezoeléctricos, esto significa que están polarizados espontáneamente y una deformación mecánica provoca un cambio en esta polarización. Ni el titanato de bario ni el niobato de plomo pueden obtenerse como cristales puros de gran tamaño, de tal manera que el material transductor se prepara con una cerámica a partir de la mezcla de óxidos y la posterior sinterización.

Los transductores utilizados en la generación y recepción de ondas acústicas en líquidos y sólidos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- a) Transductores ultrasónicos utilizados en trabajos experimentales de investigación en la propagación de ondas acústicas de alta frecuencia en líquidos y en la medición de las propiedades elásticas de los sólidos.
- b) Transductores ultrasónicos usados en la industria como potentes microagitadores de líquidos para desengrasar, emulsificar y en la coagulación.
- c) Transductores ultrasónicos utilizados para localizar fallas en metales forjados y plásticos laminados.
- d) Transductores para aplicaciones marinas como la detección de objetos sumergidos, detección del fondo, cardúmenes y la defensa.

Debido a la alta impedancia acústica específica de los líquidos, comparada con la del aire, los elementos vibratorios de los transductores diseñados para utilizarse en líquidos deben ser acoplados acústicamente para producir grandes fuerzas a través de pequeños desplazamientos, lo cual es posible si se colocan materiales con impedancias acústicas intermedias entre el elemento vibratorio y el líquido (1)

Los transductores piezoeléctricos se utilizan generalmente para altas frecuencias, arriba de los 50 KHz. y tienen una alta eficiencia, hasta de un 75% o más.

La magnetoestricción tiene lugar en los materiales ferromagnéticos, los cuales dada su construcción puramente metálica se contraen y dilatan según la fuerza y dirección del campo magnético resultante del impulso eléctrico aplicado. Los transductores de este tipo son fuertes y sencillos, con una eficiencia del 20 al 30%, siempre y cuando se trabaje el material en el punto adecuado de su curva de magnetización (2).

Los transductores magnetoestrictivos se utilizan en aplicaciones de baja frecuencia hasta los 50 KHz.

Perfil del haz sonoro de los transductores.

Los transductores pueden ser diseñados y fabricados para producir haces sonoros de diferentes perfiles, concentrando generalmente la energía a lo largo del eje ortogonal a la superficie de radiación. Un factor determinante en esto es la dimensión de la superficie de radiación, medida en longitudes de onda a la frecuencia de resonancia, así, una superficie angosta produce un haz amplio y una superficie amplia produce un haz angosto.

La geometría de la superficie vibratoria también influye en la forma y perfil del haz sonoro, teniéndose que un transductor circular produce un haz cónico y un transductor rectangular un haz igualmente rectangular, figura 1

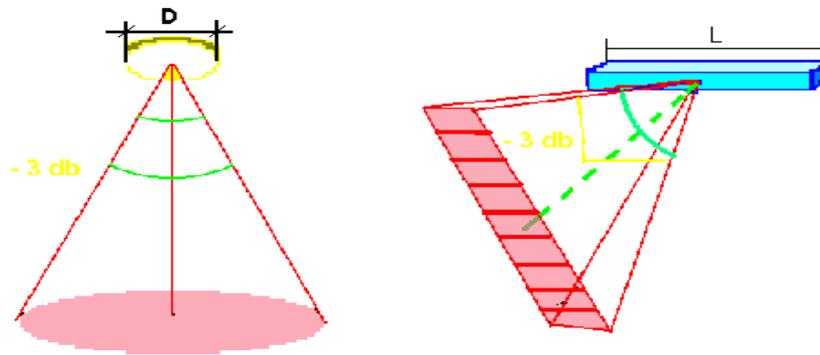


Figura 1. Forma y perfil del haz sonoro según la geometría de la superficie de radiación

La concentración de la energía sonora a lo largo del eje ortogonal a la superficie de radiación permite reconocer otro parámetro importante conocido como el ancho del haz, el cual indica el grado de directividad del transductor, que es la habilidad de éste para concentrar la energía o potencia acústica.

EL ancho del haz se define como el ángulo entre los puntos en los cuales la intensidad de la energía acústica decae a la mitad a lo largo del eje central del haz, que expresado en decibeles equivale a los puntos a -3 db.

En el caso de un transductor circular, el ancho del haz α esta dado por la expresión: (3)

$$\alpha = \frac{65 \times \lambda}{D}$$

Formula 1

Donde λ es la longitud de onda de la frecuencia de transmisión o recepción y D el diámetro de la superficie de radiación (ambos en las mismas unidades).

Para un transductor rectangular la expresión anterior cambia a:

$$\alpha = \frac{50 \times \lambda}{L}$$

Formula 2

Donde L es la dimensión de la superficie de radiación ortogonal al plano que esta siendo considerado. Lo anterior se ilustra en la figura 1.

En las ecuaciones 1 y 2 se observan que las dimensiones de los transductores están relacionadas con el ancho del haz y su frecuencia de resonancia, por ejemplo si se considera una velocidad de propagación del sonido en el agua de 1500 m/s, la transmisión acústica a 30 KHz tendrá una longitud de onda de $(1500/30,000)$ m ó 50 mm, con lo que se puede obtener el diámetro del transductor si se desea un ancho de haz de 30 grados, obteniéndose de la expresión (1):

$$D = \frac{65 \times \lambda}{\alpha}$$

$$D = \frac{65 \times 0.05}{30^\circ}$$

$$D = 110 \text{ mm}$$

Si el ancho del haz se redujera a 5 grados con la misma frecuencia, el diámetro del transductor, según la expresión anterior, aumentaría a 650 mm, y para 2 grados a 1.6 mts.

Transductores de tales dimensiones resultan voluminosos y excesivamente costoso, por lo que es necesario establecer un compromiso entre resolución en el ancho del haz y costo, aceptando anchos de haz mayores o frecuencias más alta de resonancia.

Si queremos determinar el ángulo total del haz, figura 2, a o largo del eje de la superficie de radiación con precisión, se expresa con la siguiente formula:

$$\text{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{\lambda}{D}$$

Formula 3.

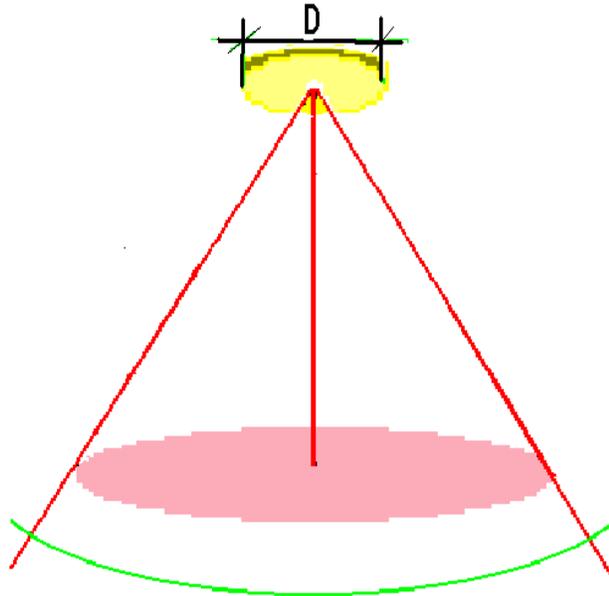


Figura 2. Angulo total del haz a lo largo del eje de la superficie de radiación

CONCLUSIONES.

Con este trabajo se presentaron algunos aspectos generales de los Transductores Hidroacústicos tales como:

- Clasificación de los transductores
- Perfil del haz sonoro o lóbulo principal.
- Este trabajo es de carácter informativo con la intención de que se adquiriera suficientes elementos que le permitan manejar estos conceptos en alguna aplicación o desarrollo específico.

BIBLIOGRAFÍA.

- (1) Rodney F. W. Coates. "Underwater Acoustic Systems. Pág. 1989.
- (2) Laurence E. Kinsler and Austin R. Frey "Fundamentals of Acoustics" 1982
- (3) A. E. Ingham Hydrographic for the Surveyor and Engineer" 1984.
- (4) J. Van Randerat Piezoelectric Ceramics. Pág. 118 1968.
- (5) A. Haro, A. González, J. Hernández, H. Gómez Pág. 44 1994