

ABSORBENTES VOLÚMICOS MICROPERFORADOS

PACS: 43.55.Ev

J. Pfretzschner, F. Simón, Dásil Fernandez.
Instituto de acústica, CSIC
Serrano 144
28006 Madrid
Tel: 915 618 806
Fax: 914 117 651
E-mail: iacjp36@ia.cetef.csic.es, iacsh18@ia.cetef.csic.es

ABSTRACT

Microperforated Panel Absorbers, MPP require an air cavity in order to be an effective sound absorbing material. Two plane parallel MPPs with an air-cavity between them can act as a volume absorber.

The acoustic properties of an MPP are a function of its physical characteristics (submillimetric hole diameter and panel thickness). Induced oscillations of the panel deteriorate the performances.

This paper presents an application based on the use of Microperforation Insertion Units, MIU, that avoid the above mentioned problems. Experimental test are performed and compared with the developed analytical model.

RESUMEN

Los absorbentes acústicos basados en paneles microperforados, MPP, necesitan una cavidad de aire posterior. Su utilización como absorbentes volúmicos (disposición de los mismos en cualquier lugar del espacio) requeriría de un segundo MPP con una cavidad de aire entre ambos.

Las propiedades acústicas absorbentes de un MPP son función de sus características físicas, (perforaciones submilimétricas y por consiguiente de espesores de panel del mismo orden), produciéndose en general oscilaciones que conducen a un empeoramiento de sus características acústicas.

El presente trabajo presenta una aplicación basada en los MIUs (Microperforated Insertion Units) que adolecen de los mencionados inconvenientes. Se comprueba experimentalmente los supuestos de partida.

INTRODUCCIÓN

El uso de paneles microperforados, MPP, como absorbentes acústicos cada vez está cobrando un mayor auge, debido no solo a sus características físicas sino también a la ausencia de utilización de materiales fibrosos (con sus problemáticas asociadas) [1, 2, 3]. Este tipo de

absorbentes corresponden a las características de resonadores H por lo que necesitan de una cavidad de aire entre el panel y la pared rígida en la que se implementan. La utilización de dos paneles o láminas MPP con una cavidad de separación entre ambas permite la actuación como absorbentes resonantes [4]. Al no necesitar de una pared rígida posterior su comportamiento responde al de un absorbente volúmico.

Son múltiples las utilidades de este tipo de absorbentes, distribuidos en el recinto a tratar acústicamente, llegando incluso a poder ser utilizados como paneles de separación o compartimentación parcial.

Las propiedades acústicas absorbentes de un MPP son función de sus características físicas, necesitando de perforaciones submilimétricas y por consiguiente de espesores de panel o lámina del mismo orden. Como consecuencia se producen oscilaciones en el panel que conducen a un deterioro de sus características acústicas.

Los recientes trabajos desarrollados en el Instituto de Acústica han resuelto los inconvenientes señalados en el párrafo anterior en aras de rigidificar las estructuras de los más eficientes MPP, con la introducción de un nuevo concepto de absorbente denominado Unidad de Inserción Microperforada, MIU [5, 6, 7].

En este trabajo se parte de los estudios exclusivamente teóricos de K. Sakagami et al. [4] utilizando MIUs en vez de MPP, con lo que se elimina el problema de las oscilaciones en los MPP descritas por los autores. Se han realizado además mediciones sobre probetas – modelo en aras de una comprobación experimental de los supuestos teóricos planteados.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

La figura 1 presenta un esquema de la asociación en paralelo de dos MIUs con un espacio de aire entre ambos, D . Los diámetros de las perforaciones practicadas en las placas portantes de espesores t_1 y t_2 son d_1 y d_2 . Estos orificios están cubiertos en contacto rígido con una malla micrométrica (la misma para ambos MIUs) cuyo espesor es t_3 y diámetro de las perforaciones d_3 . Como consecuencia los respectivos MIUs tendrán coeficientes de perforación, p_1 y p_2 .

El estudio se realiza para un campo de ondas planas acústicas que inciden normalmente sobre el primer MIU1.

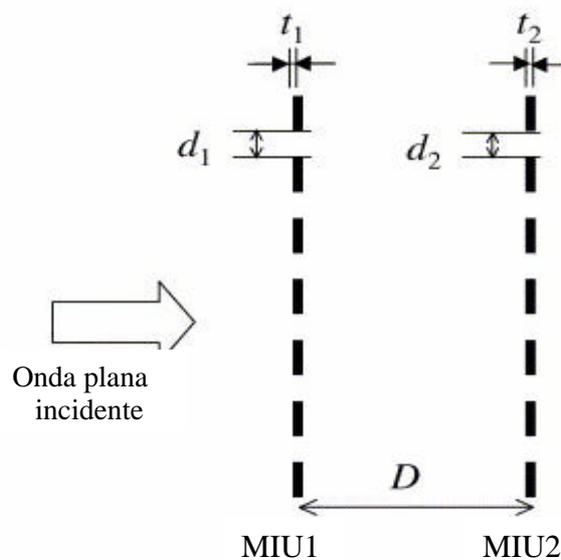


Figura 1

A la disposición de los elementos absorbentes según la figura 1 le corresponde el circuito equivalente de la figura 2 en la que se comprueba la asociación en paralelo de la impedancia reactiva de la cavidad de aire, D , con la impedancia del segundo MIU en serie con la carga que presenta el aire posterior al sistema expresada a través de su impedancia característica ρc .

En este circuito la impedancia compleja de cada MIU (ver [7]) se ha asociado en una parte real y una imaginaria.

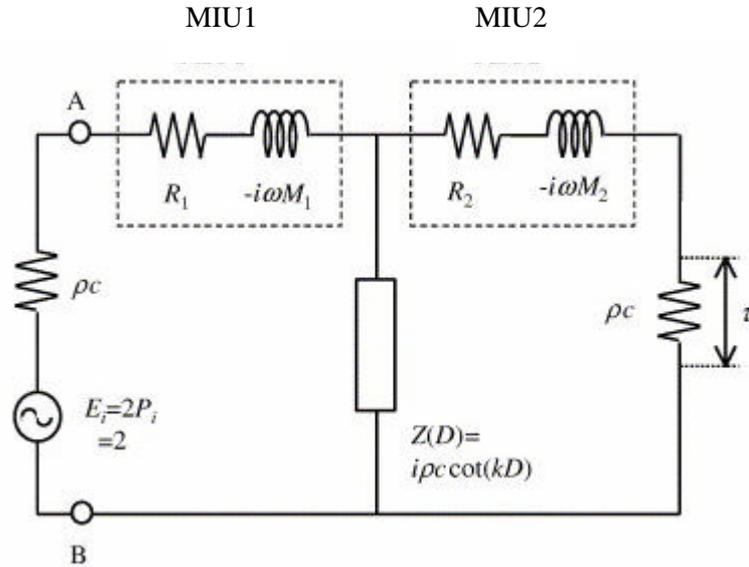


Figura 2

La impedancia de entrada medida entre los bornes A y B, normalizada a la impedancia característica del aire es:

$$Z_{AB} = Z_{MIU1} + \left(\frac{1}{Z_D} + \frac{1}{Z_{MIU2} + Z_S} \right)^{-1} \quad (1)$$

Donde Z_S es la impedancia de cierre del sistema normalizada a la impedancia característica del aire, que en nuestro caso vale 1.

El coeficiente de absorción del sistema en la entrada del mismo viene dado a través de las conocidas expresiones:

$$R = \frac{Z_{AB} - 1}{Z_{AB} + 1}; \quad a = 1 - |R|^2$$

o bien:

$$a = \frac{4 \operatorname{Re}|Z_{AB}|}{(1 + \operatorname{Re}|Z_{AB}|)^2 + \operatorname{Im}|Z_{AB}|^2} \quad (2)$$

El coeficiente de transmisión, t se obtiene a través de la potencia consumida en la impedancia de salida (en este caso ρc) en serie con el segundo MIU:

$$t = \left| \frac{2}{Z_{AB} + 1} \frac{Z_{AB} - Z_{MIU1}}{Z_{MIU2} + 1} \right|^2 \quad (3)$$

Balance Energético a través del Sistema.

Como parte de la onda acústica puede transmitirse a través del sistema, las características de la absorción sonora se deberán evaluar teniendo en cuenta la energía disipada en el sistema, que puede expresarse como la diferencia de los coeficientes de transmisión en potencia a $-t$, y que podríamos definir como *absorbancia*, d , o *disipación interna*.

$$d = a - t \quad (4)$$

En el razonamiento precedente se supone que las placas portantes de los MIU son rígidas. En caso contrario a cada uno de los MIU se debe asociar una masa reactiva $-j m$ proporcional a las densidades superficiales, m , de cada una de las placas implicadas y dispuesta en paralelo con la respectiva impedancia.

A título ilustrativo, en la figura 3 se presentan superpuestas las respuestas en frecuencia, para la asociación de dos MIUs equivalentes a dos microperforados iguales con diámetros de perforación de 4mm, espesor de placa de 4mm, porcentaje de perforación del 1% y separados entre sí 5cm.

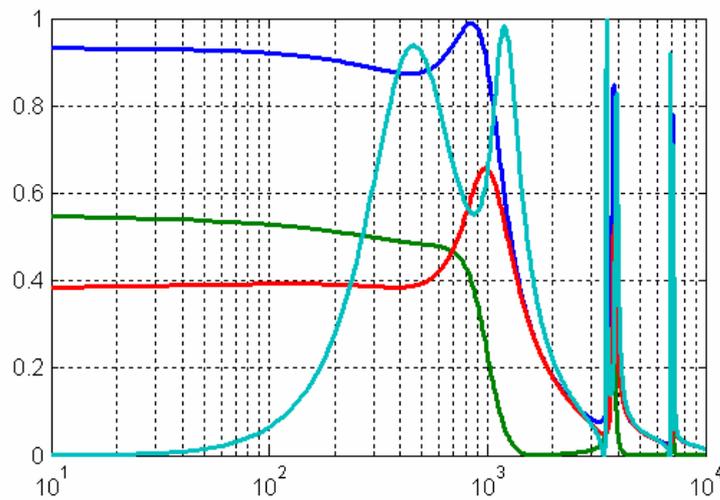


Figura 3 Azul claro: coeficiente de absorción cuando el sistema se sitúa frente a una pared rígida, con una cavidad interpuesta de 5 cm. Azul oscuro: coeficiente de absorción sin cierre infinito; es decir en campo libre. Verde: coeficiente de transmisión. Rojo: Valor de la “absorbancia”; es decir absorción energética real del sistema volumico.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

La determinación experimental de un sistema de estas características requiere de una muestra de grandes dimensiones ($> 10 \text{ m}^2$) para medirla en condiciones de campo libre o campo reverberante.

Ante esta situación se ha optado por la medida en tubo de ondas estacionarias modificando las condiciones de impedancia de cierre del mismo, pasando de la situación de pared rígida con impedancia infinita a la de tubo abierto, con lo que se debe modificar convenientemente el valor de Z_s en las ecuaciones 1 y 3.

La impedancia de cierre que presenta el sistema en la parte posterior del MIU2 en el caso de un tubo abierto de longitud L y sección recta S , vendrá dada por:

$$Z_S = Z_0 S \frac{-j^* Z_T \cot(kL) + Z_0}{Z_T - jZ_0 \cot(kL)} \quad \text{con} \quad Z_T = Z_0 S (0.25(ka)^2 + j0.6ka) \quad (5)$$

siendo a el radio del tubo.

Como elementos de partida se dispone de dos MIUs de 10 cm de diámetro, con las siguientes características:

MIU1: placa de 1mm de espesor con perforaciones de 6mm de diámetro cubiertas con malla de 36 μ m de luz, coeficiente de perforación total 23%.

MIU2: placa de 1mm de espesor con perforaciones de 8mm de diámetro cubiertas con malla de 36 μ m de luz, coeficiente de perforación total 12%.

La figura 4 presenta en azul los resultados teóricos para el caso en que la separación entre MIUs es de 5cm con una longitud de tubo abierto posterior al segundo MIU de 58 cm.

En la parte superior de la figura se presenta los valores de las partes real e imaginaria del sistema. La figura inferior corresponde a la absorción definida a través del coeficiente de absorción en presión, α .

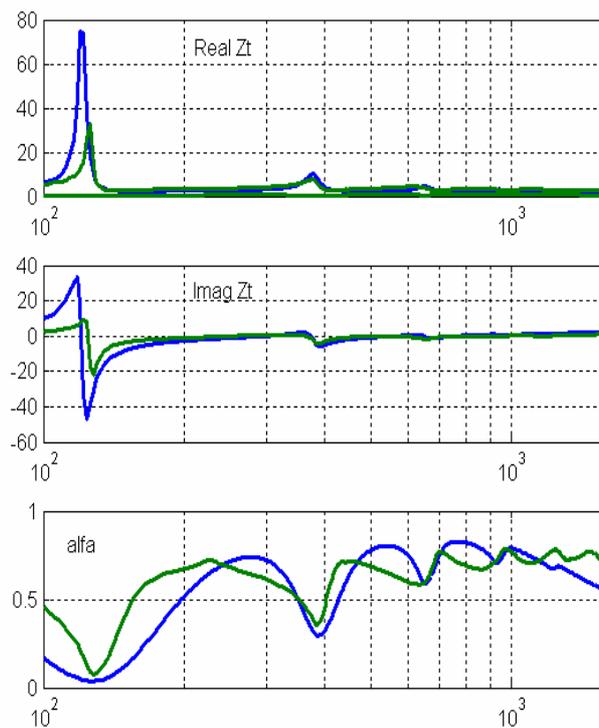


Figura 4

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El estudio presenta una vía alternativa a la utilización de un campo acústico difuso para la experimentación de un absorbente volumínico, basada en el empleo de un campo de ondas planas en un tubo de impedancias.

La diferencia entre el funcionamiento del sistema en campo difuso y en el tubo de impedancias consiste en que en el primer caso el campo incidente en una de las caras de las placas no

