

Evaluación de una nueva topología de filtro elimina-banda auto-configurable para su uso en hornos industriales de microondas

Francisco Javier Clemente Fernández y Rocío Murcia Hernández
 Grupo de Electromagnetismo y Materia (GEM) – Universidad Politécnica de Cartagena
 Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, Nº 1, 30202 Cartagena (Murcia)
 Teléfono: +34 968325376, +34 968197577 E-mail: francisco.clemente@upct.es

Resumen. En este trabajo se evalúa una nueva topología de filtro elimina-banda para su uso en hornos industriales de microondas de procesamiento continuo. Dicha topología está basada en una combinación de iris metálicos y postes reconfigurables automáticamente. Diversos barridos paramétricos variando la penetración de estos postes en el filtro se han llevado a cabo para evaluar experimentalmente el comportamiento del filtro en vacío. Los resultados obtenidos demuestran que se pueden conseguir buenos niveles de atenuación para el escenario analizado.

1. Introducción

La prevención de posibles radiaciones de energía al exterior es uno de los aspectos principales a tener en cuenta cuando se trabaja con equipamiento de microondas de alta potencia en general, y con hornos industriales de procesamiento continuo en particular. Dichos hornos imponen la presencia de puertos abiertos en guía de onda en general de grandes dimensiones por lo que se hace necesario el uso de filtros elimina-banda que reduzcan el nivel de las emisiones al exterior hasta niveles seguros para el ser humano.

Las alternativas tradicionalmente empleadas para tratar con este problema están basadas en filtros corrugados y doblemente corrugados [1], los cuales han sido analizados, diseñados y verificados experimentalmente en [2], [3] para el caso en el que no se introduce ningún material en el interior del filtro.

En este trabajo se evalúa experimentalmente una nueva topología de filtro elimina-banda basada en la combinación de iris metálicos y postes metálicos reconfigurables automáticamente [4], [5]. Dicha evaluación se lleva a cabo para el caso en el que no se introduce ningún material en el filtro mediante diversos barridos paramétricos en los que se varía la penetración de los postes metálicos en el interior del filtro.

2. Descripción del sistema

2.1. Filtro elimina-banda

Una de las principales desventajas de los filtros corrugados tradicionales es que tienen una estructura fija, lo cual los hace apropiados únicamente para un tipo de proceso, definido éste por el tipo y tamaño del material a procesar, el sistema de alimentación de las microondas, la cavidad de calentamiento y el nivel de potencia. Este hecho implica que cualquier cambio en el proceso productivo fuerza una redefinición y

sustitución de los filtros empleados. Por el contrario, el filtro presentado es capaz de reconfigurarse a sí mismo gracias a los postes metálicos ajustables automáticamente y al sistema de medida.

En particular, el filtro fabricado, que se puede ver en la Fig. 1, es una guía de onda rectangular con sección cruzada de 50 cm × 6 cm y longitud de 50 cm. Dicho filtro está compuesto por 10 filas de tornillos metálicos de 1.95 cm de diámetro y 10 tornillos por fila. Unidos a estos tornillos metálicos se emplean 10 motores paso a paso para atornillar y desatornillar automáticamente dichos tornillos. Además, 11 iris metálicos de 2.4 cm de longitud y 2 mm de espesor se colocan entre las filas de postes.

2.2. Sistema de medida y excitación

En primer lugar, para poder llevar a cabo medidas de laboratorio sin emplear un horno industrial real es necesario excitar adecuadamente el filtro en su puerto de entrada. Por otro lado, para evaluar cada configuración de los pivotes del filtro es necesario medir la potencia que se obtiene en el puerto de salida y con ello calcular la atenuación que se produce.

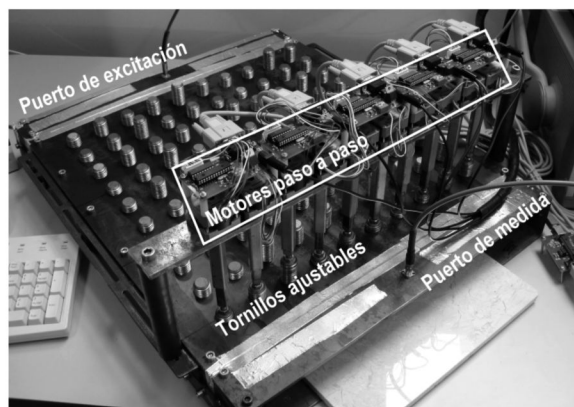


Figura 1. Prototipo de filtro elimina-banda bajo estudio.

Para ambos propósitos se emplean antenas monopolares coaxiales (ver Fig. 2) colocadas en sendas guías de onda de 6 cm de longitud que extienden los puertos de entrada y salida del filtro. La extensión del puerto de entrada se encuentra cortocircuitada mediante una placa metálica para asegurar una correcta excitación mientras que la del puerto de salida se encuentra abierta para simular condiciones de trabajo reales.

Es importante señalar que tal y como están colocadas las antenas (centradas en la dimensión x), se asegura la excitación de los modos TE_{10} , TE_{30} , TE_{50} y TE_{70} ya que dicha posición se corresponde con un máximo en la distribución de campo de dichos modos. Dado que la antena del puerto de medida está colocada de manera análoga, con esta configuración el filtro será capaz de lidiar únicamente con aquellos modos que tengan un máximo en dicha posición (modos $TE_{(2k-1)0}$, $k > 0$) pero no con el resto de modos.

2.3. Montaje experimental

En la Fig. 3 se puede ver una vista general del sistema de medida completo. Un generador de radiofrecuencia Agilent® 8648C genera una señal senoidal de frecuencia 2.45 GHz y potencia de 14.5 dBm. Dicho generador introduce la energía de microondas al filtro a través del monopolo coaxial colocado en el puerto de entrada. La energía viaja a través del filtro hasta el puerto de salida, donde se mide la potencia recibida mediante el otro monopolo coaxial conectado a un analizador de espectros Rohde & Schwarz® FSP7, conectado a su vez a un PC mediante GPIB. De esta manera, el PC tiene una medida del rendimiento de la configuración del filtro bajo evaluación.

Dicho rendimiento es evaluado calculando una estimación de la atenuación (α) mediante la comparación de la potencia recibida cuando se usa una guía de onda hueca con la misma longitud del filtro (P_0) y la potencia recibida cuando se emplea el filtro (P_{filtro}), de acuerdo a la siguiente expresión.

$$\alpha \text{ (dB)} = P_0 \text{ (dBm)} - P_{filtro} \text{ (dBm)}$$

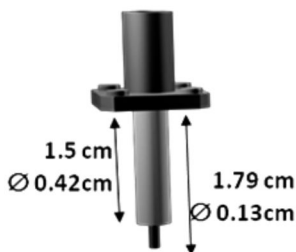


Figura 2. Monopolo coaxial empleado en los sistemas de excitación y medida.



Figura 3. Montaje experimental del sistema de medida completo.

3. Procedimiento de optimización

El procedimiento comienza colocando los motores paso a paso en la primera fila. La penetración de los 10 tornillos en el filtro se varía conjuntamente de 0 a 28 mm en pasos de 0.5 mm y se escoge la mejor configuración en términos de potencia recibida. El proceso se repite para todas las filas. Posteriormente se llevan a cabo otros dos barridos paramétricos completos tomando como punto de partida la solución del barrido anterior con el objetivo de refinar los resultados. En la Fig. 4 se puede observar un diagrama de flujo de todo el proceso.

4. Resultados

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo del barrido paramétrico de una fila de tornillos, en particular la décima fila del primer barrido. Resultados similares se obtienen para el resto de filas.

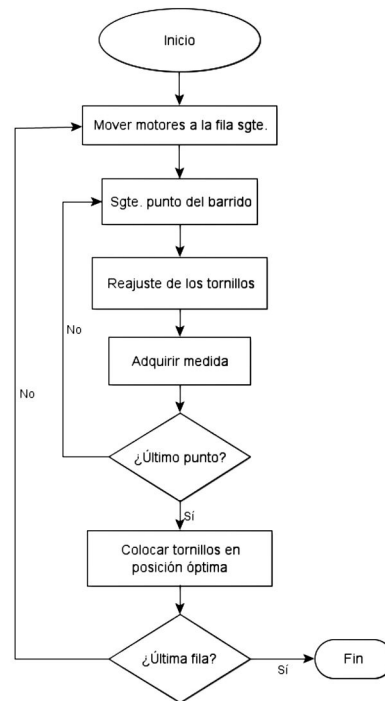


Figura 4. Diagrama de flujo de una etapa de barrido paramétrico.

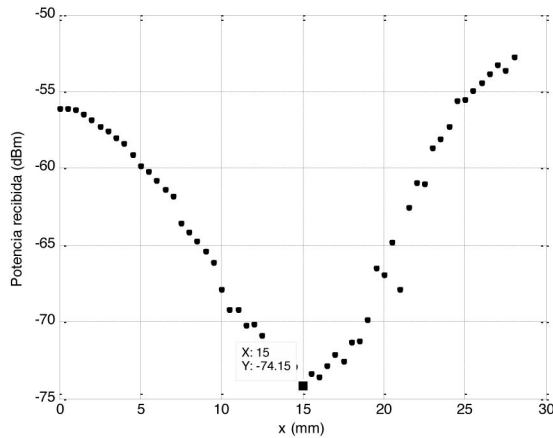


Figura 5. Ejemplo de barrido paramétrico para una fila de postes.

La Fig. 6 representa la atenuación obtenida para cada uno de los tres barridos paramétricos que se han llevado a cabo. Se observa claramente una tendencia creciente de la atenuación conforme se incrementa el número de filas optimizadas. El segundo y tercer barridos refinan los resultados obteniendo mejores valores de atenuación. De hecho, al final el tercer barrido se obtienen una atenuación de 62.59 dB, por encima de la barrera de los 60 dB que se suele emplear para considerar que la atenuación es suficiente para un uso seguro del horno.

En la Tabla 1 se muestra la penetración de los tornillos de cada fila para los tres barridos realizados.

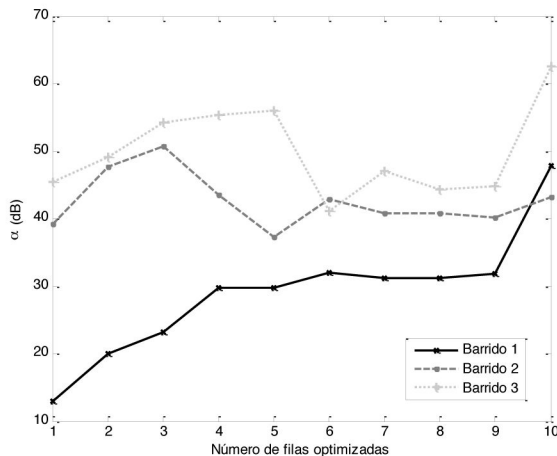


Figura 6. Atenuación en dB para los tres barridos paramétricos.

	Barrido 1	Barrido 2	Barrido 3
Fila 1	26.5	27	0.5
Fila 2	26.5	26.5	28
Fila 3	16.5	17	15
Fila 4	27	28	28
Fila 5	0	2	5.5
Fila 6	28	27	28
Fila 7	0	27.5	28
Fila 8	0	0.5	23
Fila 9	8.5	10	9
Fila 10	15	21.5	10

Tabla 1. Penetración de los tornillos de cada fila en mm para los tres barridos paramétricos.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado y validado experimentalmente un nuevo filtro elimina-banda auto-configurable para su uso en hornos industriales de microondas de procesamiento continuo. Los resultados muestran que se pueden obtener buenos niveles de atenuación cuando el filtro trabaja sin ningún material en su interior para los modos $TE_{(2k-1)0}$ empleando barridos paramétricos en los que varía la penetración de los tornillos en el interior del filtro. La flexibilidad del prototipo fabricado permite extender el trabajo al resto de modos, por lo que está previsto futuro trabajo en esta dirección, junto con la exploración de nuevas alternativas de optimización.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente con la ayuda de una beca predoctoral con referencia 16381/FPI/10 de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.

Referencias

- [1] Vankouhnet, A. L. and Dunn, J. G. (1973) "Doubly corrugated chokes for microwave heating systems". *J. Microwave Power*, vol. 8, pp. 101–110.
- [2] Soto, P., *et al.* (2000) "Analysis, design, and experimental verification of microwave filters for safety issues in open-ended waveguide systems". *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 48, pp. 2133–2140.
- [3] Catalá-Civera, J. M., *et al.* (2006) "Design parameters of multiple reactive chokes for open ports in microwave heating systems". *Advances in Microwave and Radio Frequency Processing* (Berlin, Germany: Springer) pp. 39–47.
- [4] Pedreño-Molina J. L., Monzó-Cabrera, J., Díaz-Morcillo, A. and Clemente-Fernández, F. J. (2010) "Filtro autoconfigurable para horno de microondas de procesamiento en línea, proceso de filtrado autoconfigurable para hornos microondas de procesamiento en línea y horno microondas de procesamiento en línea". Patente ES 2334549.
- [5] Monzó-Cabrera J., Pedreño-Molina, J. L., Díaz-Morcillo, A., Clemente-Fernández, F. J., Díaz-García, J., Baños-Tudela, J. M. and Méndez-Hernández, P. A. (2011) "Filtro multimodo de microondas abierto en tecnología de guía de onda mediante la combinación de postes e iris para hornos de calentamiento por microondas". Patente ES 2337756.