

Multi-iluminación en Microondas con Estado Sólido

Elías de Los Reyes⁽¹⁾, Samuel Soriano⁽¹⁾, Ruth de Los Reyes⁽²⁾.

ereyes@dcom.upv.es, sasogo@upvnet.upv.es, ruthdelos@microbiotech.es.

⁽¹⁾ Dpto. de Comunicaciones. Universidad Politécnica de Valencia. Camina de Vera s/n - 46022 Valencia.

⁽²⁾ Microbiotech S.L. Villamarxant, Valencia.

Abstract- The industrial applications of microwaves are restricted in the ISM band (Industrial, Scientific & Medical). For few years ago, the power source of this kind of applications was focused on basically in magnetron (high performance oscillator tube). Nowadays, there are sources based on solid state which have high performance, and are able to reach more than 1000W power with a unique transistor. This means that, taking in account all the advantages of solid state (such as spectral purity, control, electrical safety, reliability...), is possible to use multiples illuminations on the load, controlling power, frequency and phase of each antenna, all inside a microwave cavity.

I. INTRODUCCIÓN

Es suficientemente conocido en RADAR (Radio Detection and ranging) que el diagrama de una antena puede orientarse en el espacio variando la fase de los elementos de un array bidimensional.

En cavidad el problema, aparentemente similar, es mucho más complejo por varias razones:

- El diagrama de radiación de la antena no está formado ya que estamos en condiciones de campo próximo.

- La cavidad impone sus condiciones de contorno y, dependiendo de sus dimensiones, aparecen una gran cantidad de modos de propagación en su interior.

- La carga dieléctrica o producto introducido en el interior de la cavidad puede tener forma, dimensiones y propiedades electromagnéticas y termodinámicas que alteran la distribución de energía electromagnética.

Pretendemos tratar térmicamente productos aplicando la física de calentamiento por microondas en cavidad, superando las complejidades expuestas en el párrafo anterior. Para ello se va a realizar un estudio de patrones de campo electromagnético en el interior de la cavidad, así como patrones de campo eléctrico y térmico en la carga dieléctrica, con el objetivo de calentar dicha carga uniformemente a través de cambios en las propiedades de las ondas electromagnéticas.

Este artículo pretende alcanzar el objetivo propuesto a través del uso de la tecnología de generadores de estado sólido que iluminan el interior de una cavidad metálica de 50x50x60cm a través de cuatro antenas PIFA's en cruz (Fig.1) situadas en el techo y alimentadas coherentemente por amplificadores de estado sólido de 250W de potencia máxima cada uno a una frecuencia de 2.45GHz. En cada iluminador (PIFA) se puede variar potencia, fase y tiempo de iluminación.

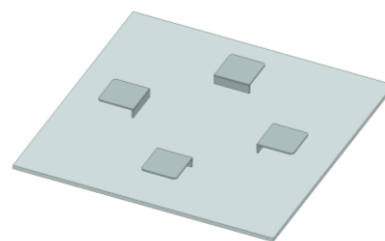


Fig. 1. Antenas PIFA en cruz diseñadas a 2.45GHz

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En la Fig.2 se esquematiza el procedimiento coherente que permite variaciones de fase en las iluminaciones durante diferentes tiempos [1].

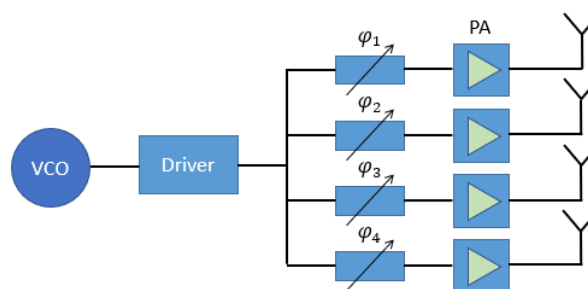


Fig. 2. Control de fase mediante desfasadores

En este caso, son posibles todas las combinaciones de fase mediante 4 desfasadores que controlan cada antena de forma individual.

El generador (VCO) está basado en la tecnología de estado sólido que proporciona un mayor control de la onda electromagnética (fase y potencia), así como gran pureza espectral, asegurándonos así que el sistema funciona justo en la frecuencia que deseamos.

En cuanto a las antenas PIFA (Planar Inverted F Antenna) (Fig.1), están situadas en la parte superior de la cavidad de aluminio (Fig.3.), y separadas entre sí aproximadamente una longitud de onda (122.44mm).

Este tipo de antena, tiene un parche metálico conectado al plano de masa como elemento radiante que permite expandir el ancho de banda de funcionamiento mejorando así las prestaciones del sistema. Además, el diseño está planteado para que no necesite de un dieléctrico sólido cuyas

propiedades y mecanizado puedan ser alterados por las condiciones de temperatura de la cavidad.

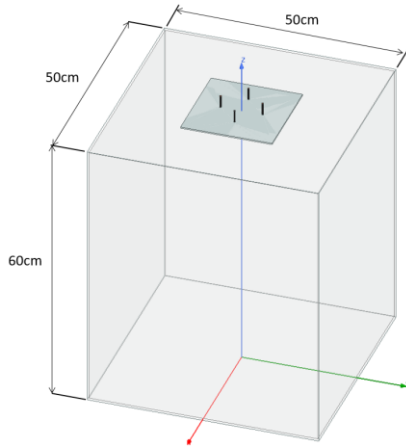


Fig. 3. Cavity metalica de 50x50x60cm

Las antenas quedan apuntando hacia una carga formada por un recipiente de teflón en el que se han cumplimentado 25 huecos que forman una matriz de 5x5 elementos (Fig.4) y a una distancia de una longitud de onda de la frecuencia de trabajo (122.44mm) del suelo. Este tipo de carga permite observar y analizar con mayor precisión los cambios producidos durante su procesamiento y actuar en consecuencia [2].

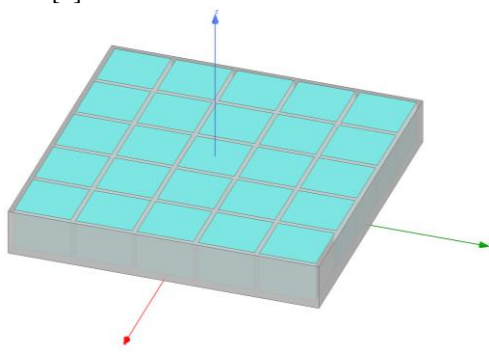


Fig. 4. Carga en forma de matriz de 5x5 [2]

Los huecos están rellenos con varios materiales con propiedades dieléctricas variadas, como son:

- Isopropyl ($\epsilon' = 8.7$, $\epsilon'' = 7.4$)
- Agua ($\epsilon' = 78$, $\epsilon'' = 12$)
- Arroz ($\epsilon' = 12.45$, $\epsilon'' = 1.69$)

El objetivo de dicha variedad de pruebas es comprobar que el sistema es viable en un amplio rango de valores de permitividad, de cara a realizar posibles ajustes en el sistema que mejoren su precisión y eficiencia.

III. PROCEDIMIENTO Y ESTUDIO

Se pretende obtener una iluminación uniforme en cada uno de los materiales nombrados anteriormente. Para ello se variarán las iluminaciones (fases) y los tiempos asociados, a través de un sistema de control basado en *Deep Learning*, el cual es realimentado mediante datos gráficos proporcionados por una cámara termográfica que muestra la temperatura superficial de la carga, además de con datos de adaptación o absorción de potencia proporcionados por el software de control de los generadores de estado sólido.

Para obtener una iluminación uniforme sobre la carga, inicialmente se diseña la antena en un entorno de espacio libre, en el cual es sencillo observar como la iluminación de la antena cambia en función de los valores individuales de fase de cada uno de los cuatro puertos. Para capturar dichos cambios representamos el diagrama de radiación de la antena, que nos indica la dirección de apuntamiento.

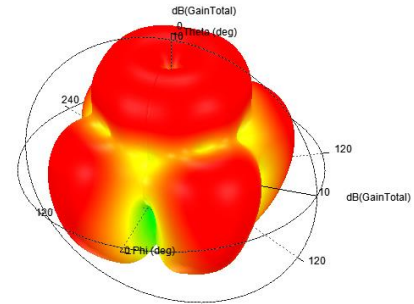


Fig. 5. Configuración de fases (0,0,0,0)

En la Fig. 5 los cuatro puertos disponen de la misma fase por lo que obtenemos un diagrama de fase simétrico. Si modificamos la fase de dos puertos con respecto a los restantes, obtenemos el diagrama de radiación de la Fig. 6, que nos indica un apuntamiento diferente.

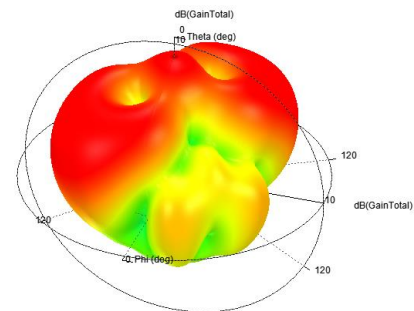


Fig. 6. Configuración de fases (0,0,180,180)

Tal y como se indicó en la introducción, el diagrama de radiación no está formado en condiciones de campo próximo debido a la cavidad, luego estos cambios son posibles de observar en la distribución de campo eléctrico del interior de la cavidad vacía o en la carga cuando es introducida en el interior de la cavidad.

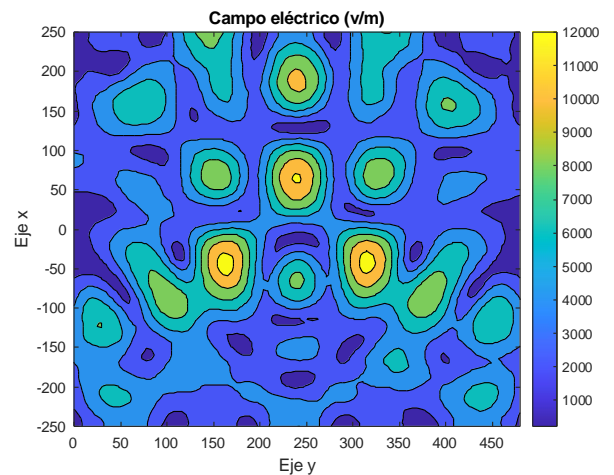


Fig. 7. Configuración de fases (0,0,0,0), corte a 122.44mm

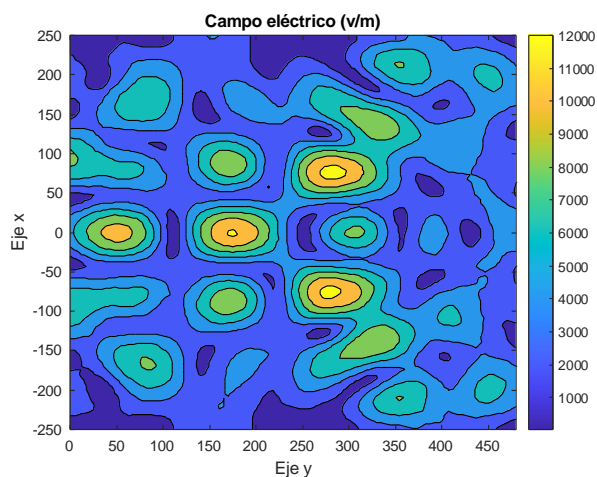


Fig. 8. Configuración de fases (0,0,180,180), corte a 122.44mm

De nuevo, el cambio de fases en la antena queda reflejado en la distribución de campo eléctrico del interior de la cavidad.

Seguidamente visualizamos este efecto en la carga. Para ello se representa la densidad volumétrica de pérdidas (VLD, *Volumen Loss Density*) en la carga, dada por la distribución de campo eléctrico en su interior. Cuando el patrón de campo eléctrico en la carga dieléctrica es lo suficientemente fuerte genera un patrón de pérdidas que transforma la energía del campo eléctrico en calor.

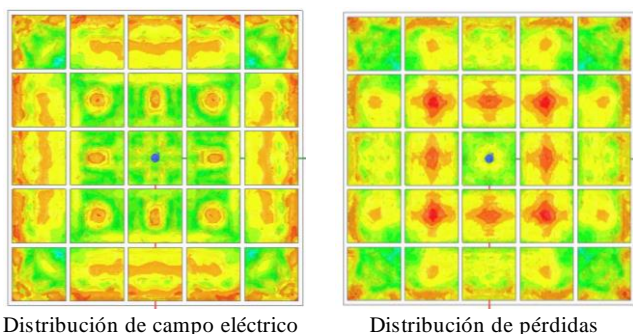


Fig. 9. Distribuciones en la carga para fases (0,0,0,0) en carga de agua

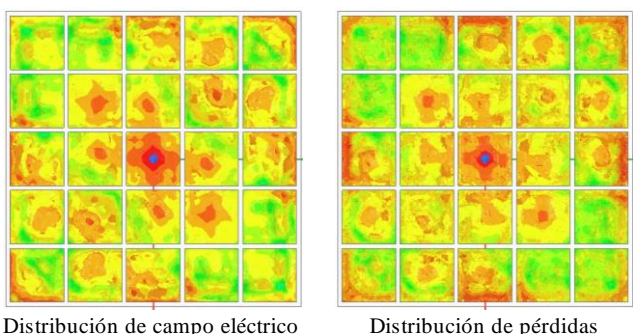


Fig. 10. Distribuciones en la carga para fases (0,0,180,180) en carga de agua

En cuanto a los patrones de calentamiento, tal y como se indicó anteriormente, deben seguir el patrón de las pérdidas mostradas en las Fig.9 y Fig.10. Seguidamente, se representan

dichos patrones para el conjunto de fases aplicadas hasta ahora.

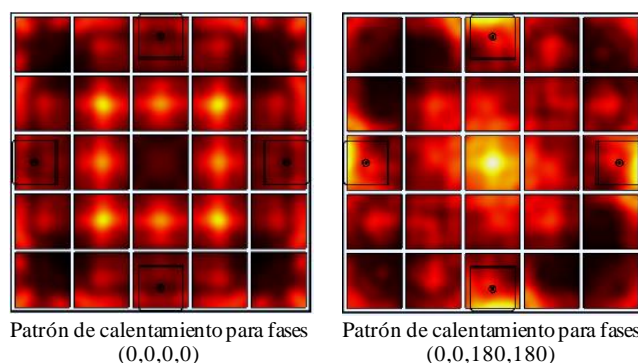


Fig. 11. Patrones de calentamiento para las diferentes fases en carga de agua

De los patrones anteriores se obtiene muy buena información y datos que permiten confirmar que el sistema es capaz de calentar diferentes áreas de la carga cambiando las fases de las antenas. Por lo que eligiendo y aprendiendo las configuraciones de fases adecuadas y los tiempos entre dichas configuraciones sería posible calentar las partes de la carga que interesara.

IV. CONCLUSIONES

Este sistema de calentamiento por microondas basado en la tecnología de estado sólido, combinado con la tecnología de *Deep Learning*, pretende obtener un recetario o pasos a seguir para procesar alimentos de manera más eficiente y versátil.

Definiendo el patrón de calentamiento (uniforme o no) sobre la carga caracterizada electromagnéticamente y termodinámicamente, permite de forma recurrente adaptarse a la distribución térmica establecida previamente sobre la carga. La realimentación necesaria para conseguir el resultado lo proporciona un sistema de visión térmica que monitoriza la superficie de la carga, así como las reflexiones en los sistemas de iluminación que proporciona cierta información sobre el interior.

REFERENCIAS

- [1] P.Korpas, M. Kryszewski and A. Wieckowski, "Phase-Shift-Based Efficiency Optimization in Microwave Processing of Materials with Solid-State Sources", *Institute of Radioelectronics, Warsaw University of Technology, Poland*, 2014.
- [2] Z. Du, Z. Wu, W. Gan, G. Liu, X. Zhang, J. Liu and B. Zeng, "Multi-Physics Modeling and Process Simulation for a Frequency-Shifted Solid-State Source Microwave Oven," *IEEE*, vol. 7, December. 2019.