

Estudio de viabilidad para la medición de la humedad relativa mediante antenas de dipolo con recubrimiento de poliimida

A. A. Salas Sánchez ⁽¹⁾, J. A. Rodríguez González ⁽¹⁾, E. Moreno Piquero ⁽¹⁾, M. E. López Martín ⁽²⁾,
F. J. Ares Pena ⁽¹⁾

aaronangel.salas@rai.usc.es, ja.rodriguez@usc.es, eduardo.moreno@usc.es, melena.lopez.martin@usc.es,
francisco.ares@usc.es

⁽¹⁾ Dpto. de Física Aplicada. Universidad de Santiago de Compostela. 15782 Santiago de Compostela

⁽²⁾ Dpto. de Ciencias Morfológicas. Universidad de Santiago de Compostela. 15782 Santiago de Compostela

Abstract- Relative humidity alters the dielectric coefficient of polyimide. This could allow us to measure its effects on the performance of a dipole antenna. Here we report the results of simulations suggesting that this is a feasible method of monitoring relative humidity in the air.

I. INTRODUCCIÓN

La poliimida es un material ampliamente usado en la industria de la microelectrónica como base para la protección de diferentes dispositivos o para intercalar materiales dieléctricos.

En el año 2007, Chang et al. [1] presentaron un método para medir la humedad relativa basándose en una antena resonante de parche cubierta con esta poliimida y se valieron tanto de la variación de la permitividad dieléctrica de ésta como de la variación de la frecuencia de resonancia que presenta el sistema formado por el parche con la poliimida para designar el grado de humedad relativa alcanzada. Se pudo comprobar como las variaciones de la frecuencia de resonancia en ese caso fueron bastante discretas. En este trabajo se plantea un método con el que, utilizando un dipolo recubierto por una fina capa de dicha poliimida frente a un plano tierra finito, es posible llegar a medir la humedad relativa de un modo más sencillo y apreciando una mayor variación en los datos, esto es, un método de mayor sensibilidad. La propiedad que se utiliza como objeto de estudio será la potencia reflejada del sistema por causa de la desadaptación de la impedancia de entrada de la antena con respecto a la impedancia característica de la línea de transmisión que la alimenta. Para ello, se lleva a cabo una simulación mediante el paquete de software profesional *FEKO* de la compañía *EM Software & Systems* como una primera aproximación hacia un futuro desarrollo experimental del método y buscando una vía de desarrollo para la aplicación de este procedimiento de cara a la medida de concentración de polutantes en el aire.

II. MÉTODO

Consideramos un sistema basado en un dipolo de longitud $2l = \lambda/8$ formado por un conductor perfecto, de radio de 0.005λ , alimentado en su centro y recubierto por una capa de

poliimida de 0.001λ de espesor a una altura $\lambda/4$ sobre un plano tierra finito de dimensiones $\lambda \times \lambda$; todo ello inmerso en el vacío, véase Fig.1. En este caso λ corresponde a la longitud de onda para una frecuencia de operación de 5 GHz. La proporción de potencia de entrada reflejada debido a la desadaptación de impedancias se calcula mediante el módulo cuadrado del coeficiente de reflexión:

$$|\Gamma|^2 = \left| \frac{Z_L(\epsilon_r) - Z_0}{Z_L(\epsilon_r) + Z_0} \right|^2 \quad (1)$$

donde $Z_L(\epsilon_r)$ es la impedancia de entrada de la antena, que depende de la constante dieléctrica ϵ_r de la capa de poliimida presente en su recubrimiento y Z_0 es la impedancia de la línea de alimentación del dipolo.

La elección de las dimensiones del dipolo está basada en el hecho de que, en simulaciones preliminares, se ha llegado a la conclusión de que, para que el efecto de esta desadaptación tuviera una magnitud apreciable, se precisa llevar a cabo el estudio mediante dipolos cortos (i.e., dipolos que presentan una longitud menor a $\lambda/2$). Esto se explica teniendo en cuenta que, para este tipo de dipolos, la componente reactiva de su impedancia de entrada es mucho más alta que su parte resistiva [2]. Puede ilustrarse más claramente la importancia que tiene este efecto de cara a nuestros objetivos comparando el cociente entre la parte reactiva y la parte resistiva (los valores complejos de las impedancias han sido obtenidos con FEKO) de la impedancia de entrada para el sistema con dos dipolos: uno con longitud $\lambda/2$ [$Z_L(\lambda/2) = 345.24 + j21.28 \Omega$] y otro con longitud $\lambda/8$ [$Z_L(\lambda/8) = 4.08 - j534.09 \Omega$]. De este modo, el cociente entre parte imaginaria y parte real de las distintas impedancias da lugar a 0.06 y 130.94 respectivamente, con lo que se cuenta con una mayor sensibilidad a la hora de registrar variaciones en la parte reactiva para el caso de $2l = \lambda/8$. Por lo tanto, la desadaptación provocada por la constante dieléctrica de la capa de poliimida es más apreciable para la longitud del dipolo establecida.

Una vez delimitado el orden de magnitud del problema, se pasa a describir el proceso de adaptación del sistema. En

este proceso, se establece como valor de referencia el valor mínimo registrado en los datos experimentales presentes en [1], i.e., 2.5 (resultante de un 20% de humedad relativa). El proceso de adaptación consistirá en introducir una carga inductiva en el circuito de alimentación que cancele la parte capacitiva de la impedancia de entrada ($Z_{LOAD} = j534.09 \Omega$) y forzar que la línea de alimentación presente una impedancia característica de ($Z_0 = 4.08 \Omega$). Tras este proceso, se lleva a cabo una simulación iterativa en *FEKO* en la que se consideran distintos valores de constante dieléctrica para la poliimida, que son consecuencia directa de la humedad relativa presente en el ambiente en el que se sumerge el sistema.

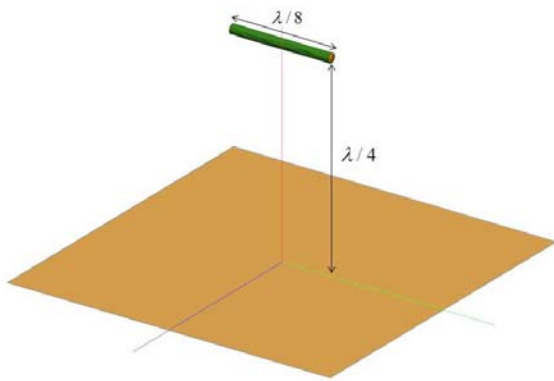


Fig. 1. Dipolo $\lambda/8$ (7.5 cm a 5GHz) frente a plano tierra con recubrimiento de 0.001λ de poliimida. Vista isométrica.

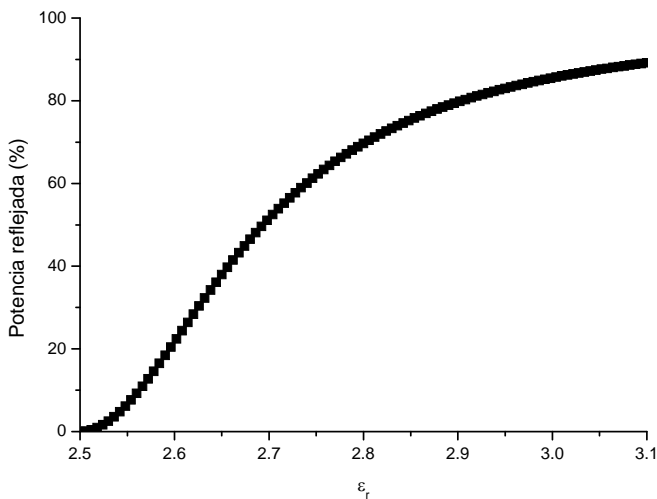


Fig. 2. Dipolo $\lambda/8$ (7.5 cm a 5GHz) frente a plano tierra con recubrimiento de 0.001λ de poliimida. Estudio de la potencia reflejada frente a la variación de constante dieléctrica en la poliimida que lo recubre.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Fig. 2 muestra la dependencia de la potencia reflejada frente a la constante dieléctrica de la capa de poliimida que recubre el dipolo $\lambda/8$. Observamos cómo aparece un comportamiento altamente lineal en valores por debajo de una

constante dieléctrica de, aproximadamente, 2.85, lo que supone un valor de humedad relativa del 60%.

IV. CONCLUSIONES

Se ha propuesto un sistema para medir la humedad relativa en el ambiente basada en medida de la potencia reflejada debida a la variación de la permitividad. Los resultados obtenidos muestran que dicho sistema presenta un enorme potencial, especialmente en el intervalo de humedades por debajo del 60%, debido a su comportamiento altamente lineal. Para una mejora de la sensibilidad ante niveles superiores de humedad relativa, sería necesaria una variación de las propiedades geométricas del dipolo, atendiendo al rango de interés que se desee en el estudio. En comparación con el método llevado a cabo por Chang et al. [1], el sistema propuesto no presenta la necesidad de trabajar a la frecuencia de resonancia, ya que es, precisamente, de esta falta de resonancia (desadaptación) de la que se aprovecha. Además de esto, también nos ofrece una alternativa de mayor precisión que el desplazamiento de dicha frecuencia como método de medida de la humedad relativa.

A la vista de este comportamiento de la poliimida frente a la humedad relativa, se plantea la cuestión de encontrar un material semejante con el que se pueda desarrollar un estudio análogo para determinar el grado de polución ambiental presente en la atmósfera, teniendo en cuenta la presencia de la humedad. Como es sabido, la polución atmosférica de partículas en suspensión causa problemas de salud. Además de patologías específicas causadas por sustancias tóxicas y agentes cancerígenos como el amianto, materiales que no son tan dañinos pueden causar enfermedades pulmonares y cardiovasculares crónicas cuando son inhalados de manera habitual como parte del polvo en suspensión presente en el aire. En la década pasada, se han observado evidencias de que estas partículas en suspensión pueden afectar al sistema nervioso central, tanto directa (e. g. a través de la absorción por los nervios olfativos) como indirectamente, induciendo una inflamación sistémica [3]. Hacia un desarrollo para la detección de este tipo de partículas se encaminan los siguientes pasos en la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto TEC-2011-24441.

REFERENCIAS

- [1] K. Chang, Y.H. Kim, Y.J. Kim and Y.J. Yoon, "Functional antenna integrated with relative humidity sensor using synthesised polyimide for passive RFID sensing," *Electron. Lett.*, vol. 43, no.5, pp. 7-8.
- [2] R.S. Elliot, *Antenna Theory and Design. Revised Edition*, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2003.
- [3] S. Genc, Z. Zadeoglulari, S. H. Fuss, and K. Genc, "The Adverse Effects of Air Pollution on the Nervous System," *Journ. of Toxicol.*, 2012, vol. 2012, 23 pages.