

IMPEDANCIA DE ENTRADA DE LAS ANTENAS IMPRESAS CIRCULARES

Miguel Ferrando, Angel Cardama.  
E.T.S.I. Telecomunicación. Barcelona.

INTRODUCCION

Las antenas impresas son antenas planas sobre substrato dieléctrico. Se analizan, desde el punto de vista circuital, como un resonador cuyas paredes están caracterizadas por una impedancia compleja, que tiene en cuenta las pérdidas de radiación y el efecto reactivo terminal.

Se obtiene una expresión analítica cerrada y rápidamente convergente para la impedancia de entrada de este tipo de antenas, en función de las características del substrato, dimensiones de la antena y tipo de alimentación.

Se presentan curvas para las amplitudes de los modos excitados en la antena, impedancia en función de la frecuencia, así como una serie de medidas que corroboran la teoría desarrollada.

CAMPOS EN EL RESONADOR

El problema a estudiar se indica en la fig. 1. Se supone que la corriente en el conector de alimentación es uniforme. Los campos creados por dicha corriente serán la superposición de los incidentes  $\vec{E}_i, \vec{H}_i$ , y los reflejados en el contorno  $\vec{E}_s, \vec{H}_s$ .

Los campos incidentes se pueden calcular como

$$\vec{E}_i = -j \omega \mu \int_{V'} G \vec{J} dv' \quad (1)$$

$$\vec{H}_i = \nabla \times \int_{V'} G \vec{J} dv' \quad (2)$$

Donde G es la función de Green, que en este caso es

$$G = \frac{H_o^{(2)}(k |\rho - \rho'|)}{4j} \quad (3)$$

Esta función de Green se puede expresar, teniendo en cuenta el teorema de adición de las funciones de Bessel /1/, como

$$G = \frac{1}{4j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(k\rho) H_n^{(2)}(k\rho') e^{jn(\phi-\phi')} \quad (4)$$

según sea  $\rho < \rho'$ , o  $\rho > \rho'$ .

Si se supone que existen unos campos reflejados en el contorno,  $\vec{E}_s$ ,  $\vec{H}_s$ , expresados como series similares a (4), y se aplica la condición de contorno en la pared ( $\rho = a$ ), para cada modo n

$$\frac{E_{zi} + E_{zs}}{H_{\phi i} + H_{\phi s}} = Z_{\ell}(n) \quad (5)$$

Se obtienen unos campos totales, para  $\rho < \rho'$ ,  $\rho > \rho'$ :

$$E_z = -\frac{k\eta I}{4} \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(k\rho) H_n^{(2)}(k\rho') - \frac{H_n^{(2)}(ka) J_n(k\rho') - j \left( \frac{Z_{\ell}}{\eta} \right) H_n^{(2)'}(ka) J_n(k\rho')}{J_n(ka) - j \left( \frac{Z_{\ell}}{\eta} \right) J_n'(ka)} J_n(k\rho) \right] \quad (6)$$

#### IMPEDANCIA DEL CONTORNO

La impedancia  $Z_{\ell}$  equivalente al contorno se puede obtener a partir de una expresión variacional

$$Z_{\ell} = \frac{\int_r |\vec{E}|^2 ds}{P_r + j P_i} \quad (7)$$

Se suponen en la apertura unos campos uniformes, como se indica en la fig. 2.

La potencia total radiada por la antena se puede calcular como

$$P_r + j P_i = \int_s \vec{E} \times \vec{H}^* ds \quad (8)$$

Esta última integral se puede expresar analíticamente en función del espectro angular de ondas cilíndricas /2/, obteniéndose una admitancia equivalente del contorno

$$(G + j B) \frac{\eta}{\lambda} = \int_c \left[ \frac{(ka)^2}{4} (J_{n+1}(ka \cos \alpha) H_{n+1}^{(2)}(ka' \cos \alpha) + J_{n-1}(ka \cos \alpha) H_{n-1}^{(2)}(ka' \cos \alpha)) - \frac{n^2}{2} J_n(ka \cos \alpha) H_n^{(2)}(ka' \cos \alpha) \right] \cos \alpha d\alpha \quad (9)$$

Esta integral está extendida al contorno indicado en la fig. 3, y se puede calcular numéricamente.

### IMPEDANCIA DE ENTRADA

La impedancia de entrada de la antena impresa circular se puede calcular como

$$Z_{in} = -\frac{1}{I} \int I(z) E_z(z) dz \quad (10)$$

Suponiendo una corriente uniforme en el hilo de alimentación resulta:

$$Z_{in} = \eta \frac{kh}{4} \left[ H_0^{(2)}(kc) - \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{H_n^{(2)}(ka) - j \left( \frac{Z_0}{\eta} \right) H_n^{(2)'}(ka)}{J_n(ka) - j \left( \frac{Z_0}{\eta} \right) J_n'(ka)} J_n^2(k\rho') \right] \quad (11)$$

A partir de (11), cerca de la resonancia, se obtiene que la relación entre la impedancia en el borde  $Z_{in}(a)$  y en un punto interior de la antena  $Z_{in}(\rho')$  es

$$\frac{Z_{in}(\rho')}{Z_{in}(a)} = \frac{J_n^2(k\rho')}{J_n^2(ka)} \quad (12)$$

Asimismo (11) contiene el término singular  $H_0^{(2)}(kc)$ , que representa el efecto reactivo de la alimentación.

### RESULTADOS NUMERICOS

En la fig. 4 se presentan los valores para el campo  $E_z$  en el interior de la antena, en función del radio normalizado y del modo. Se observa el efecto predominante del modo que se encuentra cerca de la resonancia, lo cual permite aproximar la suma (11) por un sólo término.

En la fig. 5 se presentan la impedancia de entrada en función de la frecuencia obtenida a partir de (11), y las medidas realizadas.

Finalmente en la fig. 6 se comparan los resultados teóricos (12) con las medidas, para la resistencia en resonancia.

### CONCLUSIONES

Las expresiones obtenidas permiten obtener la impedancia de entrada de una antena impresa circular. Se tienen en cuenta el efecto del contorno (radiación y capacidad terminal), junto con el efecto reactivo de la alimentación. Las medidas muestran una excelente concordancia con la teoría.

### REFERENCIAS

/1/ R.F. Harrington, "Time-harmonic electromagnetic fields". Mc Graw Hill,

1961.

/2/ M. Ferrando, "Análisis de antenas planas sobre substrato dieléctrico".

Tesis doctoral, Barcelona, Junio 1982.

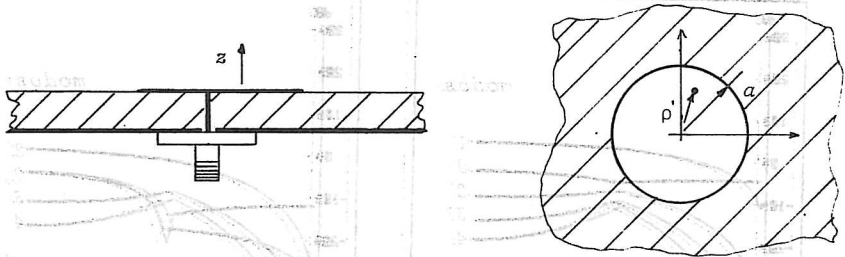


Fig. 1 Antena impresa circular. Conector de alimentación

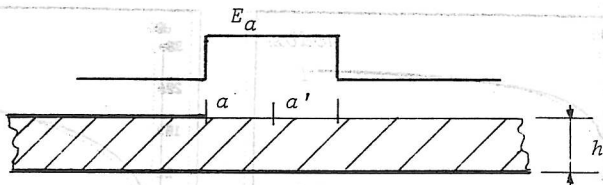


Fig. 2 Distribución supuesta de los campos eléctricos en el borde de una antena impresa circular, para el cálculo de la impedancia terminal

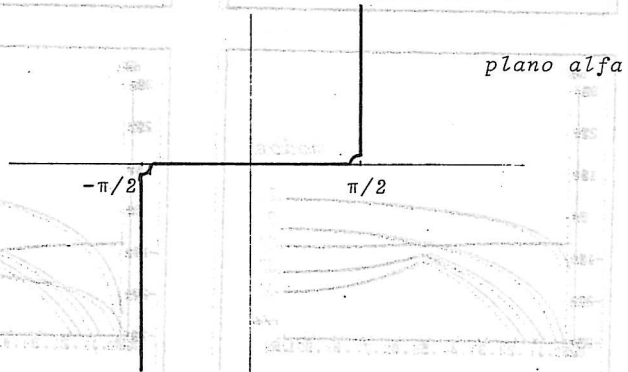


Fig. 3 Contorno de integración para el cálculo de la impedancia terminal

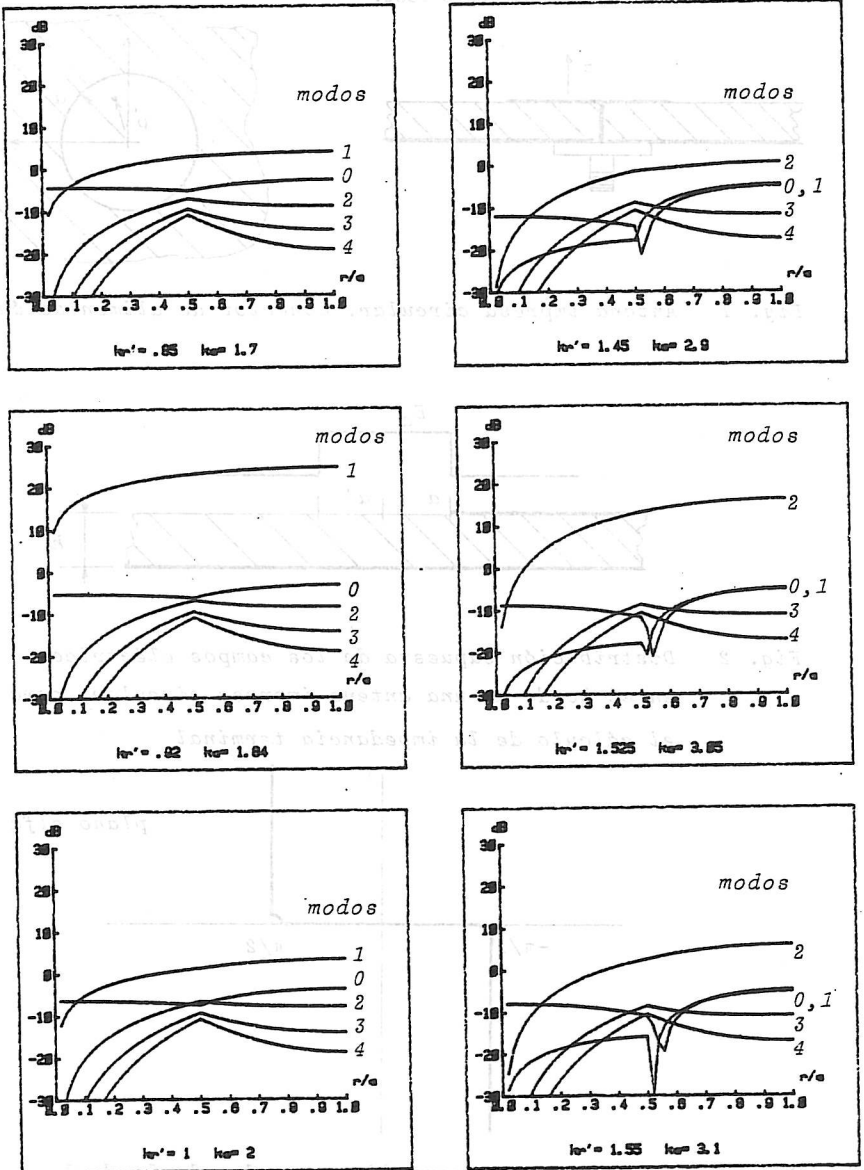


Fig. 4 Amplitud de los modos  $n=0, 1, 2, 3$  y  $4$  en una antena impresa circular, en función del radio, para frecuencias cercanas a la primera y segunda resonancias.

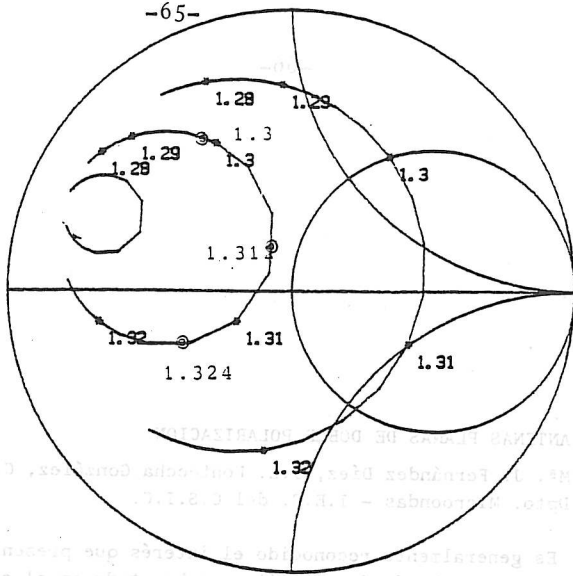


Fig. 5 Impedancia de entrada de una antena impresa circular en función de la frecuencia, para varios puntos de alimentación y comparación con las medidas.

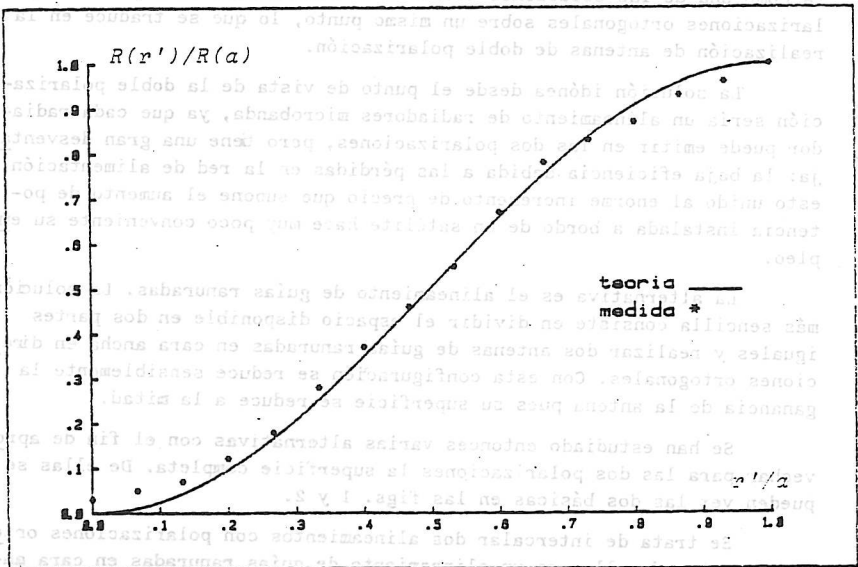


Fig. 6 Resistencia normalizada, a la frecuencia de resonancia, en función de la posición normalizada del punto de alimentación. Comparación con las medidas.