

"EFECTO DE LA REDUCCION SIMETRICA DEL PLANO DE TIERRA EN LINEAS
"MICROSTRIP"".

J. Bará Temes
F. Miralles Torner

ABSTRACT

The variations of the characteristic impedance and wavelength of a symmetrical biplate line with the width of the upper plate held constant are studied, for several widely used dielectrics, by the method of moments with a nonuniform distribution of pulse basis functions. Results presented show that, for plastic substrates, a lower plate as narrow as twice the width of the upper results in a Z_0 that differs from the corresponding microstrip impedance by less than a 4%.

INTRODUCCION

Se considera normalmente que la reducción simétrica del plano de tierra de una línea microstrip no tiene efectos importantes sobre la impedancia característica y longitud de onda si su ancho es al menos 5 o 6 veces el de la tira conductora superior. En este trabajo se cuantifican ambos efectos para los valores de constante dieléctrica de los substratos más utilizados.

Los cálculos (estáticos, no consideran la dispersión a frecuencias elevadas) se realizan mediante el método de momentos con impulsos rectangulares como funciones base y peso (método de Galerkin), y los datos presentados constituyen un conjunto parcial de los del problema más general de la línea biplaca (no necesariamente simétrica) cuya obtención están completando los autores en la actualidad.

PLANTEAMIENTO

Partimos de la expresión

$$V(\bar{x}) = \int_{C_1+C_2} G(\bar{x}, \bar{x}') \tau(\bar{x}') dl' \quad (1)$$

con la integral extendida al contorno formado por las dos placas conductoras del sistema (fig.1). La función de Green (distribución de potencial producida por una línea de carga situada en la superficie de una lámina dieléctrica, fig.2) se calculó por el procedimiento de imágenes resultando, para el punto de observación en la cara superior |1|:

$$G(x, h; x', y') = \frac{1}{2\pi\epsilon_2} \Phi_{\omega_i} \begin{cases} i = 1 & \text{para } y' = h \\ i = 2 & \text{para } y' = 0 \end{cases} \quad (2)$$

con

$$\Phi_{\omega_1} = q(\gamma+1) \left\{ \ln(x-x') + (\gamma+1)/(2\gamma) \sum_1^{\infty} \gamma^{2n} \ln \left| (2nh)^2 + (x-x')^2 \right| \right\} \quad (3)$$

$$\Phi_{\omega_2} = q(\gamma+1)^2/(2\gamma) \sum_1^{\infty} \gamma^{2n} \ln \left\{ \left| (2n-1)h \right|^2 + (x-x')^2 \right\} \quad (4)$$

Los autores pertenecen a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona.

$$\text{con } \gamma = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 + \epsilon_1}$$

$G(x,0; x',y')$ se obtiene de la expresión anterior sin más que intercambiar Φ_{ω_1} y Φ_{ω_2} .

Es evidente, a la vista de esta expresión, la complejidad computacional que se introduciría con funciones base y peso más complejas que impulsos rectangulares.

El método de momentos reduce (1) a una expresión de la forma:

$$\sum_j G_{ij} \tau_j = V_i \quad (5)$$

Es preciso, además, imponer la condición de neutralidad de carga, que en el presente caso de funciones base impulsos rectangulares toma la forma:

$$\sum_i \Delta x_i \tau_i = 0 \quad (6)$$

La aparente sobreespecificación del problema introducida por esta condición se resuelve si tenemos en cuenta que el potencial creado por una línea de carga, que sirvió de base para la construcción de la función de Green, no es normalizable en el infinito, y se hace por tanto necesario introducir en (2) y (5) una constante, desconocida a priori, que garantice que, para carga total en el sistema nula, el potencial se anula efectivamente en el infinito. La expresión (5) quedará por tanto como:

$$\sum_j G_{ij} \tau_j + K = V_i \quad (7)$$

Esta expresión puede combinarse con la (6) en la fórmula matricial:

$$\begin{bmatrix} G_{11} & \dots & G_{1n} & 1 \\ G_{21} & \dots & G_{2n} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1} & \dots & G_{nn} & 1 \\ \Delta x_1 & \dots & \Delta x_n & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \dots \\ \tau_n \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_n \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

que es el sistema lineal a resolver numéricamente.

CONVERGENCIA

En un trabajo anterior se estudió la convergencia de este planteamiento aplicado al caso del microstrip [3], problema para el que la abundancia de datos permite un análisis detallado. Se había encontrado que:

- 1) La convergencia estaba relacionada con la condición del sistema definida a partir de la norma $\| \cdot \|_1$ y con la aparición de oscilaciones de la distribución de carga.
- 2) La convergencia de los cálculos se aceleraba con una distribución no uniforme de intervalos para las funciones base, haciéndola más densa al aproximarnos a las singularidades. Tomando la distribución de anchos de los intervalos en progresión geométrica se encontraba que, para el margen de permitividades de interés ($\epsilon_r \leq 10$) la convergencia más rápida se obtenía para razones de la progresión entre 2 y 3, sin ser su valor exacto crítico.

En el caso de la línea biplaca que nos ocupa, la situación referente a la placa superior es la misma, pero la situación cambia para la inferior, donde el efecto de la singularidad de carga en los extremos disminuye a

medida que ésta se hace más ancha; en estos casos el beneficio de una mejor información sobre las singularidades queda desvirtuado por el menor detalle de la distribución de carga en la zona central de la placa, de variación lenta.

Ante la imposibilidad de decidir a priori cual es la mejor subdivisión en subintervalos para la placa inferior en cada caso, se optó por tomar para la misma una distribución uniforme ($r = 1$) y en la superior en progresión de razón 2, con la excepción de algunas verificaciones que se comentan más adelante.

RESULTADOS

Los cálculos se realizaron con 12 intervalos ($r = 2$) en la placa superior y 24 ($r = 1$) en la inferior para constantes dieléctricas relativas 2,22 , 2,62 , 3,82 y 9,70 , manejando por tanto matrices 37×37 . En cada caso la relación de anchos de placas W_2/W_1 se hizo variar entre 1 y 10, con el de la superior fijado de manera que la línea microstrip correspondiente fuese de $50 \pm 0,5$ ohmios.

La condición del sistema es buena en todos los casos, excepto en el de $\epsilon_r = 9,70$, que está en el límite de comienzo de aparición de fluctuaciones de carga.

Los resultados obtenidos están resumidos en las gráficas de la fig.4. El error estimado (verificado para los casos extremos de W_2/W_1 uno y diez a partir de los valores correspondientes para la línea microstrip) es inferior al 0,5% para la impedancia característica y al 1.0% para la longitud de onda relativa.

Se observa que en los casos de substratos plásticos ($\epsilon_r < 4$) una placa inferior de solamente 2 o 2.5 veces el ancho de la superior produce un incremento de la impedancia de solamente 2 ohmios o menos sobre la del microstrip. La variación es mayor en el caso de alúmina ($\epsilon_r = 9,7$), consecuencia de la mayor acumulación de carga en los extremos de placa inferior (compárese fig.5b con 6c).

En todo los casos, la variación de longitud de onda relativa es poco importante en todo el rango de valores de W_2/W_1 . Es interesante notar el mínimo que esta curva toma en el caso $\epsilon_r = 9,7$ para la relación de anchos entre 1 y 2. Por esta razón, y como confirmación adicional de convergencia, este margen se exploró con $r = 2$ en ambas placas. En este caso la dimensión máxima de la matriz (8) compatible con una buena condición del sistema es 23×23 , y los resultados confirman la calidad de los obtenidos anteriormente.

REFERENCIAS

- [1] F. Miralles, proyecto Final de Carrera, ETSIT Barcelona, 1979.
- [2] R.F. Harrington, "Field Computation by Moments Method".
Mc Millan Co., 1968.
- [3] J. Bará y F. Miralles, "Estudio de la Convergencia del Método de Momentos en Cálculos Estáticos de Líneas Planares".
I Symposium Nacional del Comité Español de la URSI, Madrid, Sept.1980.

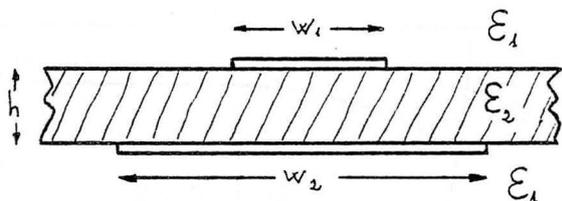


Fig.1.- Geometría básica de la línea biplaca bajo estudio (los conductores son de espesor cero)

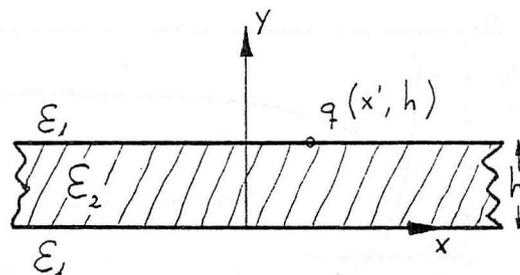


Fig.2.- Coordenadas utilizadas en el cálculo de la función de Green.

$$\epsilon_2 = 2,56 \quad W_2/W_1 = 2 \quad W_1/h = 2$$

a) Placa superior: $r = 2,7$ (razón óptima)

Placa inferior:

b) $r = 1,0$ $C = 74,67$ pF/m

c) $r = 1,5$ $C = 74,83$ pF/m

d) $r = 2,0$ $C = 74,89$ pF/m

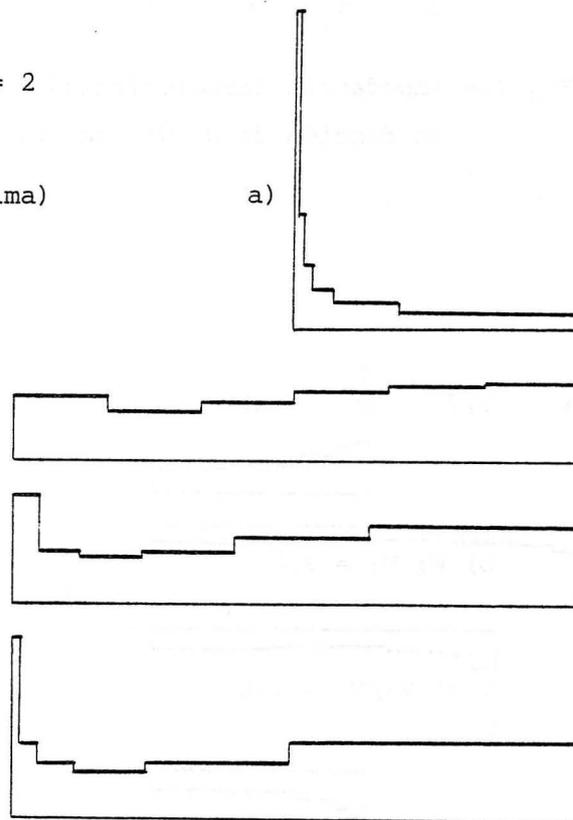


Fig.3.- Ejemplos de distribuciones de carga con diferentes subdivisiones de la placa inferior.

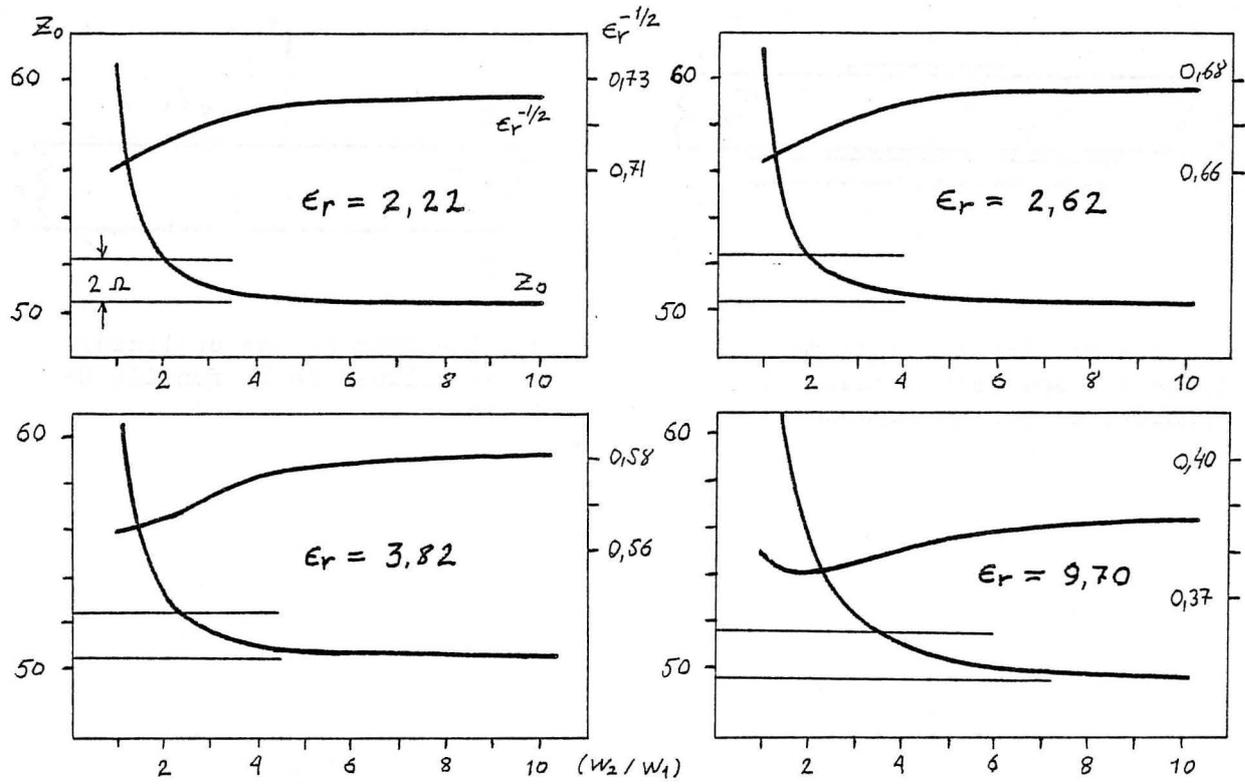


Fig.4.- Impedancia característica (Ω) y $\epsilon_{\text{eff}}^{-1/2} = \lambda_{\text{eff}} / \lambda_0$ para varias ϵ_r en función de W_2/W_1 , con W_1 constante.

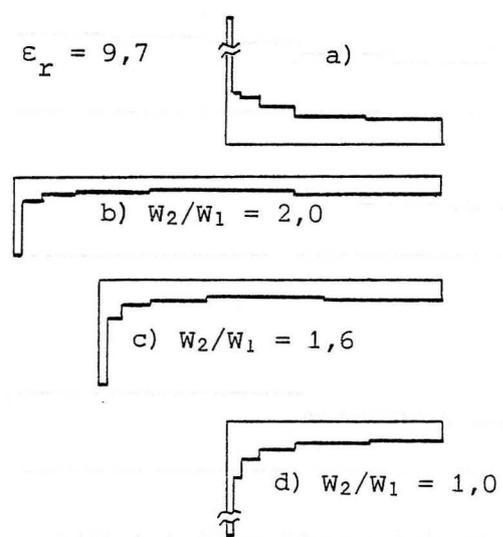


Fig.5.- Distribuciones de carga para varios W_2/W_1 , con W_1 constante. Subintervalos en progresión con $r = 2$ en ambas placas.

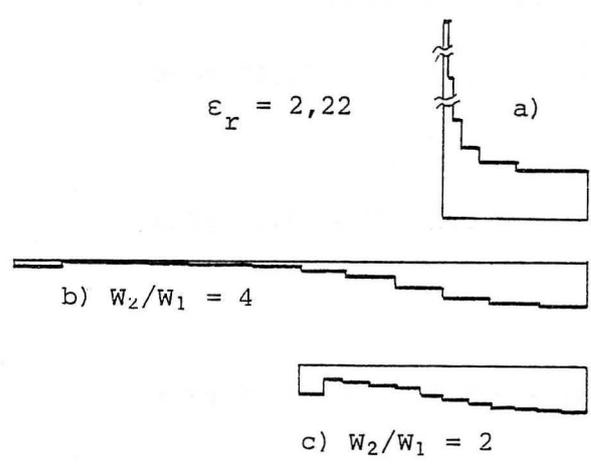


Fig.6.- Ejemplos de distribuciones de carga con subintervalos en progresión con $r = 2$ en placa superior y $r = 1$ en placa inferior.