

DISEÑO EFICIENTE DE ESTRUCTURAS PLANO-H MEDIANTE LA COMBINACION DEL METODO DE ELEMENTOS FINITOS Y ALGORITMOS GENETICOS

Arturo Merino Ginés

Luis Valor San Román

Enrique Fernández del Río

Departamento de Electrónica y Teoría de Circuitos
Universidad Europea de Madrid

copy@arrakis.es

l.valor@tel.uem.es

jenrique.fernandez@tel.uem.es

ABSTRACT

This paper presents an efficient method to design H-plane structures. This consists of a powerful combination of the finite element method to analyse H-plane structures with an optimization tool based on genetic algorithms. The design method has been used with several configurations of H-plane waveguide bends and results are also presented.

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de las comunicaciones, así como en muchos otros, es fácil encontrarse con estructuras guíaonda plano-H sencillas y de gran utilidad. Estas estructuras pueden analizarse mediante varios métodos, dentro de los cuales destaca, por su eficiencia y tiempo de ejecución, el método de elementos finitos [1] particularizado para estructuras plano-H [2]. En muchos casos el ingeniero de diseño echa en falta un método de optimización adecuado, sin el cual resulta tedioso y largo el diseño, que en muchos casos se ha de realizar de forma manual e intuitiva y sin tener la certeza de haber encontrado finalmente la solución óptima. En esta comunicación se detalla cómo se ha integrado el método de análisis anteriormente citado en un software comercial de optimización, basado en algoritmos genéticos [3], que se ha desarrollado en el Departamento. Estos últimos se caracterizan por necesitar únicamente información geométrica de la estructura a analizar, siendo fácilmente adaptables a cualquier problema, de forma que mediante la comparación del resultado del análisis con los objetivos del diseño, y la evaluación de una función de *fitness*, realimenta al método de análisis hasta encontrar la solución óptima. Esta combinación puede resultar muy eficiente para el diseño de estructuras plano-H en términos tanto de tiempo de cómputo como de resultados, pudiendo ser generalizado para estructuras plano-E y 3-D.

2. ESCRIPCIÓN DEL MÉTODO CONJUNTO

En primer lugar se ha de elegir la geometría de la estructura más apropiada para el objetivo perseguido. En este caso se han seleccionado diversas geometrías de codos plano-H [4], para cada una de las cuales se ha seguido el proceso de diseño.

2.1. Análisis: Método de los elementos finitos.

Con objeto de reducir al máximo el tiempo de ejecución de este método se ha simplificado el problema a 2-D, eligiendo geometrías de codos en plano-H, como las que se muestran en la figura 1.

Una vez elegida la geometría se han de seleccionar como variables de diseño aquellos parámetros de la estructura que sean susceptibles de modificación. Sólomente quedarán fijadas las medidas de los puertos de entrada y salida dependiendo del estándar de guía escogido, que en este caso ha sido WR-90 ($a = 22.86$ mm).

A partir de unos valores concretos suministrados por el algoritmo genético el método de elementos finitos realiza el análisis, devolviendo la matriz de parámetros S. Al tratarse de codos, el objetivo primordial es reducir al máximo el coeficiente de reflexión, por lo que será el parámetro S_{11} el que se vaya a optimizar.

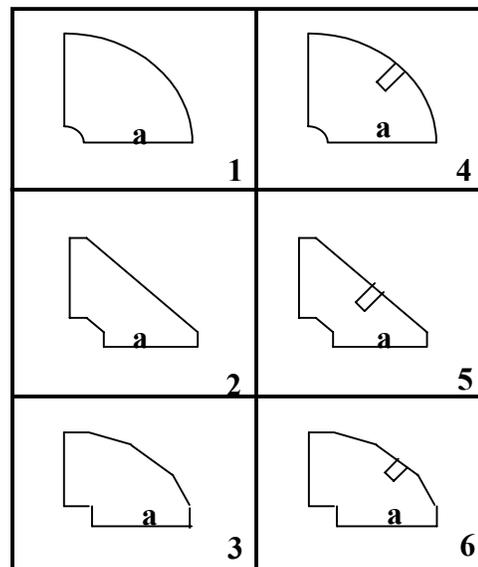


Figura 1. Geometrías de los codos plano-H estudiados.

2.2. Optimización: Algoritmos genéticos

Una vez en ejecución la optimización, el algoritmo genético compara los valores obtenidos del análisis con los valores objetivo, mediante una función adecuada para cada caso y de libre elección por el usuario. El resultado de dicha función, la *fitness*, representa una estimación de lo bueno o malo que es el resultado. Mediante la evaluación de la *fitness*, y ejecución de las operaciones propias del algoritmo genético, se realimenta al método de análisis con nuevos valores, buscando como resultado óptimo aquel que haga máxima la *fitness*. Para los codos optimizados se ha escogido la siguiente función de mínimos cuadrados

$$fitness = \frac{1}{\sum_i peso(f_i) \cdot \left(\frac{|S_{11}^{obtenido}(f_i)| - |S_{11}^{óptimo}(f_i)|}{|S_{11}^{óptimo}(f_i)|} \right)^2} \quad (1)$$

De (1) se observa que la *fitness* será máxima cuando $S_{11}^{obtenido}(f_i) = S_{11}^{óptimo}(f_i)$; siendo $S_{11}^{óptimo}(f_i)$ el objetivo impuesto por las especificaciones del diseño a la frecuencia f_i .

Si t_o es el tiempo de ejecución de un análisis del método de elementos finitos para plano-H, el tiempo de ejecución del algoritmo genético será $O(g \cdot i \cdot f \cdot t_o)$, donde t_o va a depender de la complejidad de la estructura analizada y f es el número de frecuencias en las que se va a optimizar. Tanto g (número de generaciones) como i (número de individuos por generación) son variables de configuración del algoritmo genético impuestas por el usuario, su valor depende fundamentalmente del número de variables a optimizar así como de su margen de variación, valores típicos que se han empleado en la optimización de los codos son $g=100$ e $i=10$.

3. RESULTADOS

En la figura 2 se muestra una comparativa de tamaño de los codos obtenidos como resultado de la optimización para una frecuencia de 10 GHz, la respuesta en frecuencia de la reflexión de estos codos queda reflejada en la figura 3. En definitiva, se han obtenido relaciones útiles entre tamaño, coeficiente de reflexión y ancho de banda para cada uno de los codos, a partir de un estudio de optimización a varias frecuencias de la banda. El *match* (hendidura) introducido en los codos 4, 5 y 6 de la figura 1 provoca dos efectos, ambos visibles en la figura 3. O bien se mejora el ancho de banda a costa de aumentar el tamaño de la estructura (este aumento de tamaño en ocasiones no es significativo) tal como se puede comparar para los casos 3 y 6 de la fig.1; o bien, se consigue reducir el tamaño en detrimento del ancho de banda (comparar casos 1 y 4 ó 2 y 5 de la fig. 1).

4. CONCLUSIONES

Como resultado de la combinación de ambos métodos, análisis y optimización, se ha desarrollado una herramienta de diseño potente y eficaz, la cual proporciona resultados óptimos en tiempos de cómputo muy razonables. Las figuras 2 y 3 han podido subrayar la eficiencia del método en la obtención de

resultados óptimos, permitiendo incluso realizar una comparación de todos los codos analizados en cuanto a comportamiento en frecuencia y tamaño.

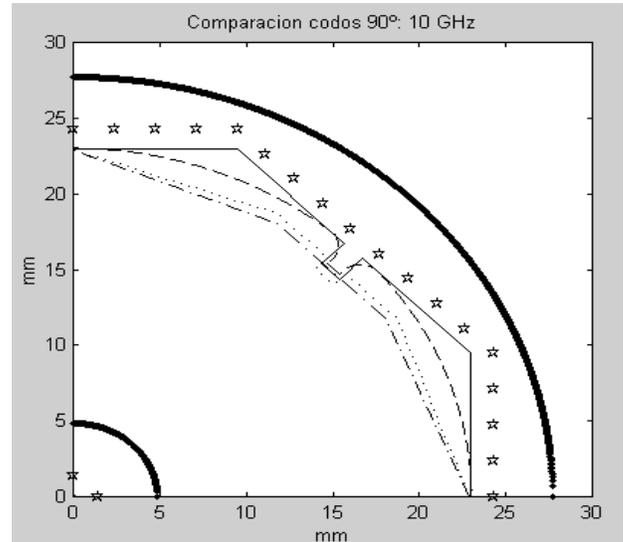


Figura 2. Tamaños de los codos optimizados a 10 GHz

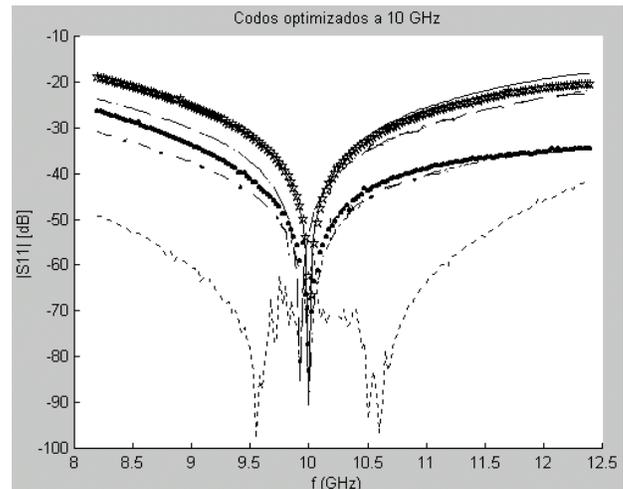


Figura 3. Pérdidas de retorno de los codos optimizados a 10 GHz.

5. REFERENCIAS

- [1] Pelosi, G., Coccioli, R. and Selleri, S., *Quick finite elements for electromagnetic waves*, Artech House, 1998.
- [2] Valor, L. and Zapata, L., "Análisis eficiente de estructuras en plano-H mediante el método de elementos finitos.", U.R.S.I. Pamplona, pp. 31-32, septiembre 1998.
- [3] Goldberg, E. D., *Genetic Algorithms in search, optimization & machine learning*, Addison Wesley, 1989.
- [4] Uher, J., Bornemann, J. and Rosenberg, U., *Waveguide components for antenna feed systems: theory and CAD*, Artech House, 1993.