

CARACTERIZACIÓN MULTIMODAL COMPLETA DE CODOS CIRCULARES EN GUÍA RECTANGULAR

A. A. San Blas, V.E. Boria, H. Esteban, A. Monerri

B. Gimeno, A. Coves

Departamento de Comunicaciones
Universidad Politécnica de Valencia
vboria@dcom.upv.es

Departamento de Física Aplicada
Universidad de Valencia
Benito.Gimeno@uv.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis riguroso y eficiente de los codos circulares en guía rectangular. Con el propósito de lograr una caracterización multimodal completa de estas estructuras, se propone un método de análisis que combina un uso eficiente del método de los momentos junto con una representación en términos de una matriz de admitancias generalizada. Esta caracterización multimodal resulta ser necesaria cuando se pretenden analizar con alto grado de precisión dispositivos más complejos de microondas en los que intervengan un número arbitrario de discontinuidades entre guías rectas y guías circulares.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis multimodal de codos circulares en guía rectangular ha sido objeto de estudio por parte de un gran número de investigadores ya que estos componentes suelen usarse muy frecuentemente en sofisticados dispositivos de microondas, tanto en aplicaciones terrestres como espaciales (diplexores, sistemas de comunicación por satélite, etc.). En este sentido, y con el fin de superar las restricciones mecánicas que imponen los requerimientos de espacio que demandan estos dispositivos, usualmente suele ser necesario recurrir a los codos circulares. En consecuencia, el desarrollo de métodos precisos y eficientes para el análisis de estas estructuras ha suscitado un gran interés en la literatura técnica y diversos métodos de análisis diferentes han sido propuestos desde hace mucho tiempo [1], [2]. De la misma manera, más recientemente se han usado técnicas de análisis más novedosas para el estudio de este mismo problema [3-5]. Sin embargo, los estudios mencionados únicamente consideran el caso en el que el modo fundamental excita la región circular, dividiendo así el problema en el análisis de codos circulares en plano H y en plano E . En el presente trabajo, se estudia una caracterización multimodal de los codos circulares permitiendo así la posibilidad de una incidencia de un modo arbitrario desde la guía recta del puerto de entrada.

2. MÉTODO DE ANÁLISIS

El sistema de referencia mostrado en la Fig. 1, caracterizado por el conjunto de coordenadas (v, y, s) , ha sido elegido para analizar guías circulares. En dicha figura, R representa el radio medio de curvatura de la guía circular y c y d son las dimensiones transversales de la guía.

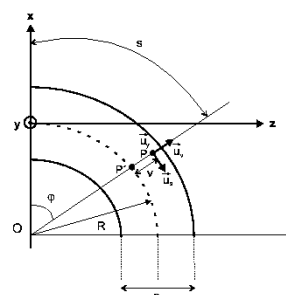


Figura 1. Sistema de referencia utilizado en la descripción de codos circulares en guía rectangular.

Una vez definido el sistema de referencia, la ecuación de Helmholtz para codos circulares en guía rectangular puede obtenerse fácilmente, siendo expresada como un problema lineal de autovalores [3], [4], [6]. Seguidamente, se construyen los modos TE^y y TM^y en la guía circular expandiendo los campos transversales eléctrico y magnético en términos de series infinitas de funciones vectoriales modales, y se define una admitancia modal asociada a cada uno de los modos. Por otra parte, se obtiene una condición general de ortonormalidad entre los modos de la región circular y, en consecuencia, puede ser definido un producto interno apropiado. Finalmente, se resuelve la ecuación diferencial de Helmholtz transformándola previamente en un problema matricial lineal de autovalores equivalente a través del método de Galerkin.

A continuación, se lleva a cabo una caracterización multimodal de codos circulares en guía rectangular y de uniones de codos. El estudio de los codos circulares en guía rectangular debe partir necesariamente del estudio de las transiciones que se producen entre las guías rectas y las guías circulares. Para ello se ha seguido un procedimiento de análisis que logra caracterizar dichas uniones mediante una representación en términos de una red multimodal equivalente basada en una matriz de admitancias generalizada [7]. Este método, que consigue describir eficientemente las interacciones que se producen entre los modos excitados a ambos lados de la discontinuidad analizada, conduce a expresiones simples que facilitan posteriormente la implementación software. Un aspecto esencial del método descrito es que se parte de una representación en términos de una red multimodal equivalente de cada elemento de la estructura bajo análisis, una vez que las diferentes matrices de acoplamiento han sido calculadas. De esta forma, un dispositivo arbitrario podrá ser fácilmente analizado conectando en cascada las correspondientes matrices

de admitancia, construyendo así una red multimodal global equivalente del dispositivo considerado. El método propuesto, combinado con una eficiente técnica para resolver sistemas de ecuaciones lineales en banda [8], proporciona unos resultados precisos y convergentes, reduciendo paralelamente el esfuerzo computacional.

En la Fig. 2 presentamos una comparación entre nuestras simulaciones y los datos experimentales obtenidos en [4] para el caso de codos simples. Como podemos ver, los resultados son muy precisos.

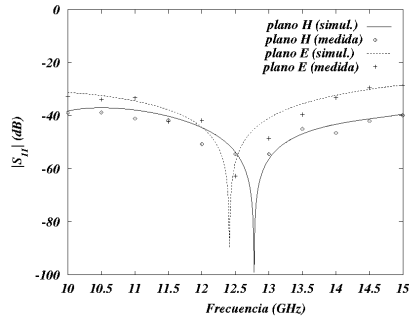


Figura 2. Magnitud del coeficiente de reflexión para codos de 90° en plano H y en plano E en guía WR-75 ($R=21.6$ mm para el codo en plano H y $R=12$ mm para el codo en plano E)

En la Fig. 3, nuestros resultados para las configuraciones en U y en S (uniones de codos) son contrastados con los que se presentan en [3]. Una vez más nuestros resultados son excelentes.

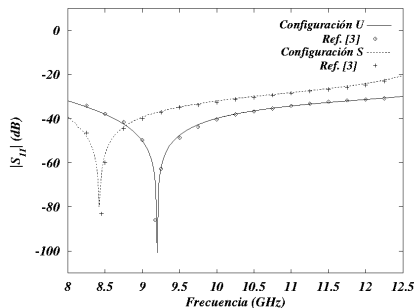


Figura 3. Conexión en cascada de dos codos en plano H de 30° ($R=15.24$ mm) a través de una guía recta de $L=5$ mm en guía WR-90. Configuraciones en U y en S.

Finalmente, en la Fig. 4 se investiga el caso de una unión entre un codo en plano H y un codo en plano E, ambos de 90° , situando entre ambos codos una guía recta de longitud L . En este ejemplo no sería suficiente considerar un único modo accesible en la red multimodal para obtener resultados precisos. Nuestros resultados son nuevamente validados gracias a medidas experimentales. Además de los precisos resultados obtenidos con el método propuesto, cabe también destacar que el esfuerzo computacional para un análisis típico es de 0.165 s por punto en frecuencia en un ordenador Cray Origin 2000.

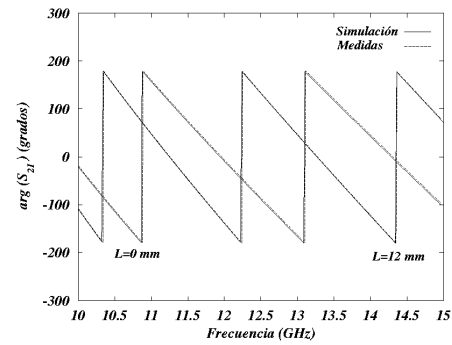


Figura 4. Fase del parámetro de transmisión para una conexión entre un codo plano H y un codo plano E ($R=31.25$ mm, 90°) en guía WR-75.

3. CONCLUSIÓN

En este trabajo se ha presentado un método riguroso y computacionalmente eficiente para el análisis de codos circulares en guía rectangular. Nuestro método de análisis ha sido validado con éxito gracias a medidas experimentales, por lo que la herramienta de simulación desarrollada podría ser fácilmente incluida en herramientas CAD ya existentes.

4. REFERENCIAS

- [1] Rice, S.O., "Reflections from circular bends in rectangular waveguides-matrix theory", *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 27, no. 2, pp. 305-349, 1948
- [2] Accatino, L. and Bertin, G., "Modal analysis of curved waveguides", *20th Eur. Microwave Conf.*, pp. 1246-1250, Sept. 1990
- [3] Weisshaar, A., Goodnick, S.M. and Tripathi, V.K., "A rigorous and efficient method of moments solution for curved waveguide bends", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 40, no. 12, pp. 2200-2206, Dec. 1992
- [4] Gimeno, B. and Guglielmi, M., "Multimode equivalent network representation for H- and E-plane bends in rectangular waveguide", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 44, no. 10, pp. 1679-1687, Oct. 1996
- [5] Cornet, P., Dusséaux, R. and Chandezon, J., "Wave propagation in curved waveguides of rectangular cross section", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 47, no. 7, pp. 965-972, July 1999
- [6] Lewin, L., Chang, D.C. and Kuester, E.F., "Electromagnetic waves and curved structures", *P. Peregrinus.*, London 1996
- [7] Alvarez, A., Connor, G. and Guglielmi, M., "New simple procedure for the computation of the multimode admittance or impedance matrix of planar waveguide junctions", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 44, no. 3, pp. 413-418, March 1996
- [8] Boria, V.E. and Guglielmi, M., "An efficient inversion technique for banded linear systems", 1997 *IEEE MTT-S Dig.*