

CAD DE UN SEPTUM-OMT EN GUÍA CUADRADA, INCLUYENDO LAS TRANSICIONES A UNA GUÍA DE SALIDA CIRCULAR Y A UNA ENTRADA PERPENDICULAR A SU EJE

Jaime Esteban Marzo

Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos. E.T.S.I. de Telecomunicación.
Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid. j. esteban@etc.upm.es

RESUMEN

Se ha diseñado un polarizador-OMT con septum en guía cuadrada, incorporando en el diseño tanto la transición a la guía circular de la bocina como el codo necesario en la guía rectangular de entrada, cuando ésta no está alineada con la bocina. Para ello se han hibridado diferentes técnicas de ajuste de campo.

El resultado es un dispositivo mucho más compacto que el que se obtendría de integrar un polarizador con las necesarias transiciones.

1. INTRODUCCIÓN

El polarizador-OMT implementado mediante la inserción de una lámina metálica (o septum) en una guía cuadrada [1] es un dispositivo ampliamente utilizado en antenas para satélites, con grandes ventajas en cuanto a volumen, al integrar las funciones de polarizador y de transductor ortomodo en un único dispositivo. Sin embargo presenta algunos problemas de integración. Uno de ellos surge al utilizarlo para alimentar bocinas circulares, lo que implica añadir una transición a guía circular e incrementar el tamaño del conjunto. Para solucionar este problema se ha propuesto el diseño en guía circular (véase, p.ej., [2]) aunque con una cierta pérdida de prestaciones. Otro problema de integración es la conexión al transeceptor, cuando éste no está alineado con el eje de la antena y del polarizador. En este caso la necesidad de incluir codos aumenta también las dimensiones de un dispositivo cuya principal ventaja, como ya se ha comentado, es el reducido tamaño.

En este trabajo se han combinado las técnicas de análisis electromagnético necesarias para poder analizar y diseñar un polarizador en el que las transiciones a la guía circular de salida (bocina) y a la guía rectangular de entrada (no alineada con el septum) están incluidas en el diseño, reduciendo al mínimo las distancias entre el septum y ambas transiciones. La aplicación práctica ha sido el diseño del polarizador de la antena HGA de la sonda Mars Express.

2. TEORÍA Y DISEÑO

La geometría del polarizador diseñado se muestra en la figura 1. La transición de la guía cuadrada a la circular es abrupta, mientras que en la puerta de salida que forma 90° con el eje de la antena (puerta ①) la solución tomada ha sido la de incluir un codo achaflanado. El CAD se basa en la optimización de las respuestas calculadas mediante técnicas de ajuste de campo.

El ‘cuerpo’ del polarizador, formado por la guía cuadrada y el septum, se analiza como una cascada de guías ‘ridged’. Cada una de estas guías se caracteriza por la técnica de resonancia transversal y las discontinuidades entre ellas se resuelven por adaptación modal [3]. La discontinuidad entre la guía circular y la rectangular se calcula como la cascada, a distancia, cero de dos discontinuidades: la primera un cambio de radio en guía circular (para llegar a una

sección que circunscribe a la de la guía cuadrada); la segunda una transición de circular a cuadrada inscrita, mediante la eficiente formulación propuesta en [4]. Los saltos en guía rectangular de la puerta a 90° se calculan por el método clásico de adaptación modal, mientras que para el codo achaflanado ha sido necesario poner a punto el método de ajuste de campo en el contorno [5].

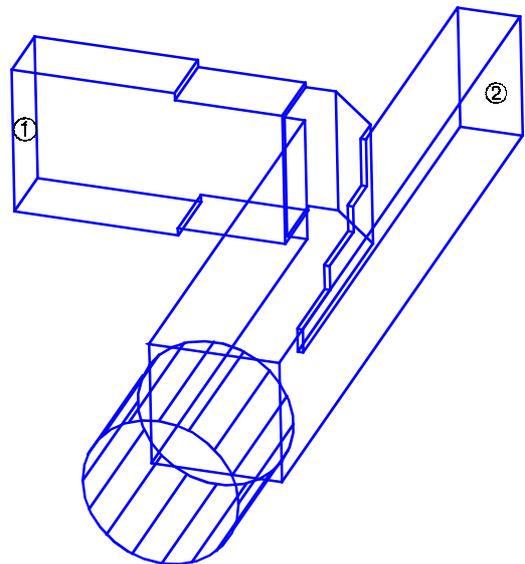


Figura 1.- Geometría del polarizador con septum de 3 escalones en guía cuadrada, entrada lateral a 90° y salida en guía circular.

Como resultado se obtienen en todos los casos matrices de dispersión generalizadas, bien representativas de volúmenes o bien de discontinuidades. Todas estas matrices se conectan en cascada para obtener la matriz de dispersión generalizada del conjunto. Un mínimo post-procesado de esta matriz permite extraer los parámetros de reflexión en las puertas, así como los parámetros de transmisión a las polarizaciones circulares dextrógira y levógira en la puerta circular. Además, dado el carácter multimodo de la matriz resultante, también se cuenta con información de la amplitud con que se genera el modo TM_{01} en la guía circular, parámetro de especial importancia, ya que este modo se propaga a las frecuencias de utilización de la antena y su aparición (con una amplitud significativa) puede alterar la pureza de polarización del campo radiado por ésta.

La ventaja de este análisis global de la estructura es la posibilidad de llegar a un dispositivo más compacto. Puesto que el análisis multimodo tiene en cuenta la interacción a través de modos superiores es posible acercar el codo achaflanado al final del septum, sin tener que respetar longitudes mínimas para la atenuación de modos superiores. Por otra parte se tiene conocimiento durante el diseño de la amplitud con la que se va a generar el modo TM_{01} a la entrada de la antena y se puede controlar ese valor mediante la distancia entre el principio del septum y la discontinuidad circular-cuadrada.

3. RESULTADOS

Se ha diseñado así el polarizador de la antena HGA de la sonda Mars Express. En este caso sólo se busca del dispositivo su función como polarizador, disponiendo en la puerta ② una carga adaptada. Se trataba de obtener unas pérdidas de retorno y una discriminación de polarización cruzada en el eje de la antena, XPD, mejores que 30 dB en dos estrechas bandas centradas en 7.17 y 8.42 GHz. En el diseño se ha tenido en cuenta la presencia de una carga en la puerta ② con un nivel de reflexión dado y una fase desconocida.

El resultado es un dispositivo que mide 90 mm desde la discontinuidad circular-rectangular hasta el plano central de la puerta ①. La reflexión calculada para el polarizador con cargas ideales y la reflexión medida para el conjunto formado por polarizador, bocina y carga en la puerta ②, se muestran en la figura 2.

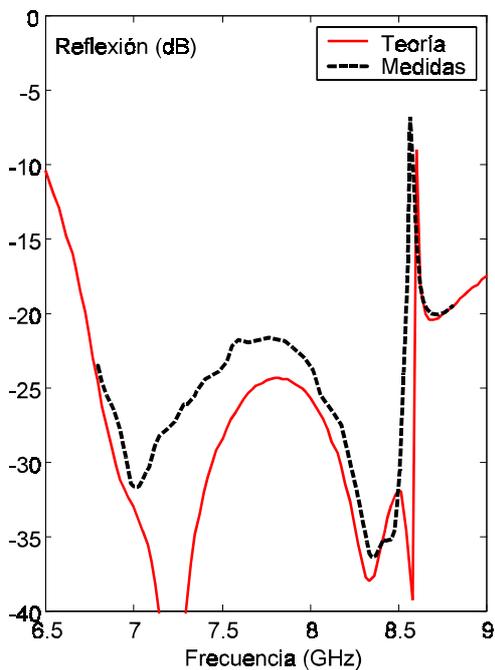


Figura 2.- Reflexión teórica del polarizador y medida para el polarizador con carga y bocina.

Las prestaciones en cuanto a polarización se muestran en la figura 3, donde se incluye la respuesta teórica para el polarizador con cargas ideales, así como la respuesta cuando la carga en la puerta ② tiene un nivel de reflexión de 20 dB y la peor de las fases posible. El estudio de la matriz de dispersión del polarizador como red de cuatro puertas indica que este análisis de caso peor es necesario en la evaluación de la XPD, debido a la influencia de la reflexión en la puerta no usada en este parámetro (aunque no es necesario en la evaluación de la reflexión, y por ello no se muestra en la figura 2). La figura 3 también muestra la amplitud con que se genera el modo TM_{01} , con un valor que se consideró suficientemente bajo.

Por último en la figura 3 están representadas las medidas de la XPD para el polarizador con bocina y con carga en la puerta ②, calculada en el eje de la antena. Si en el caso de las frecuencias bajas (7.145 GHz) el resultado es excelente en el caso de las frecuencias altas (en torno a 8.42 GHz) hay una desviación de la respuesta hacia frecuencias bajas que no resta utilidad al diseño, pero cuyo origen no ha podido determinarse.

4. CONCLUSIONES

La integración de diferentes técnicas de ajuste de campo ha permitido el análisis y diseño de un polarizador-OMT con septum, muy compacto, y que incluye las necesarias transiciones a la bocina circular y a la guía rectangular de conexión al transceptor. El diseño concreto realizado y las medidas del 'bread-board' validan la técnica de análisis y CAD desarrollada.

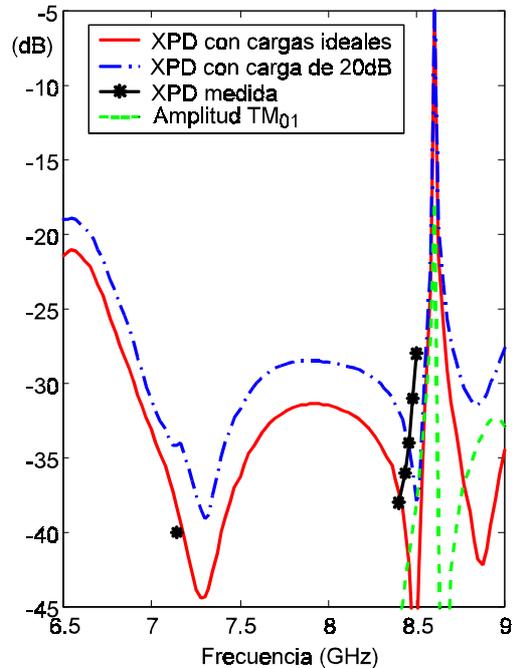


Figura 3. XPD y excitación del modo TM_{01} calculados para el polarizador, y medidas de la XPD en el eje de la antena para el polarizador con carga y bocina.

5. REFERENCIAS

- [1] M.H. Chen and G.N. Tsandoulas, "A wide-Band Square-Waveguide Array Polarizer", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-21, No. 3, pp. 389-391, May 1973.
- [2] R. Behe and P. Brachat, "Compact Duplexer-Polarizer with Semicircular Waveguide", IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-39, No. 8, pp. 1222-1224, Aug. 1991.
- [3] J. Esteban and J.M. Rebollar, "Field Theory C.A.D. of Septum OMT-Polarizers", IEEE AP-Symposium, Chicago (Illinois), July 18, 1992, pp. 2146-2149.
- [4] R.H. MacPhie and Ke-Li Wu, "Scattering at the Junction of a Rectangular Waveguide and a Larger Circular Waveguide", IEEE Trans. on Microw. Theory and Techn., vol. 43, No. 9, pp. 2041-2045, Sep. 1995.
- [5] J.M Reiter and F. Arndt, "Rigorous Analysis of Arbitrarily Shaped H- and E-Plane Discontinuities in Rectangular Waveguides by a Full-Wave Boundary Contour Mode-Matching Method", IEEE Trans. on Microw. Theory and Techn., vol. 43, No. 4, pp. 796-801, Apr. 1995.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a EADS-CASA División Espacio la autorización para publicar sus medidas.