

DIPLEXOR PARA UN SISTEMA LMDS EN BANDA Ka

A. García Lampérez, S. Llorente Romano, L. E. García Castillo*, M. Salazar Palma, F. Pérez Martínez

Grupo de Microondas y Radar, Dpto. SSR, E.T.S.I. Telecomunicación

U. Politécnica de Madrid, E-mail: lamperez@gmr.ssr.upm.es

*Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones, U. de Alcalá

Abstract: A waveguide diplexer with E-plane filters and Y-junction has been designed and built. A method based on the modal analysis of the discontinuities is used to synthesize and simulate the whole structure. Results agree well with experimental measurements.

1 INTRODUCCIÓN

La estructura más habitual de un diplexor consiste en dos filtros sintonizados, que seleccionan cada banda de frecuencias (centradas en f_1 y f_2), conectados mediante una estructura de tres puertos. Una clave del diseño del diplexor es obtener la máxima adaptación en el puerto común. Hay varias posibilidades para lograrlo, como el empleo de un circulador o filtros direccionales, pero una solución más sencilla es la conexión directa mediante una unión pasiva y recíproca (por ejemplo, unión en Y, fig. 1(a)). Cada filtro podrá ser diseñado por separado si se eligen correctamente las longitudes de los tramos de guía situados entre los filtros y la unión. El método es independiente de la tecnología empleada, ya que parte únicamente de modelos circuitalos sencillos de la estructura de unión de los filtros y de la impedancia que muestran éstos fuera de la banda de paso (esencialmente reactiva).

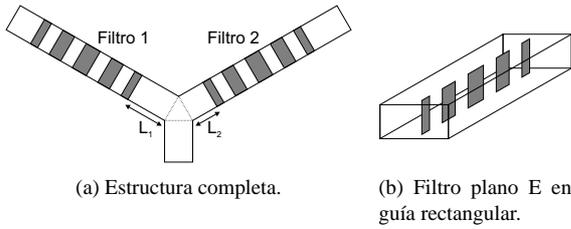


Figura 1: Estructura del diplexor.

2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

2.1 Diseño de los filtros

Se han diseñado filtros de plano E en guía rectangular según [1], en los cuales una serie de postes metálicos dividen la guía (fig. 1(b)), creando alternativamente tramos en corte (se comportan como acopladores) y en conducción (cavidades de longitud $\lambda/2$). El modelo empleado para caracterizar la estructura se compone de la conexión en cascada de discontinuidades, de las que se efectúa un análisis modal completo, y de tramos de guía rectangular de dimensiones diferentes, en los cuales sólo se considera el modo fundamental (no disminuye significativamente la exactitud).

2.2 Diseño de la estructura de unión

La estructura de unión seleccionada es una unión en Y de plano E (fig. 1(a)), frente a otras opciones como una unión en T o una Y de plano H, por varios motivos:

- Respuesta casi invariante con la frecuencia.
- Buenas propiedades de simetría, $|S_{11}| = |S_{22}| = |S_{33}|$, favorables al formar la estructura completa del diplexor, ya que permite total adaptación (6).
- Construcción sencilla.

Para efectuar el análisis modal de la unión se considera la guía de sección triangular definida por las aperturas de las tres guías rectangulares [2], [3].

2.3 Adaptación

En una unión recíproca y sin pérdidas de tres puertos, el coeficiente de reflexión del cuadripolo resultante de cerrar uno de ellos con una carga reactiva es mínimo si dicha carga es situada a una distancia $L(f)$ [4],

$$L(f) = \frac{\psi - \phi}{2\beta} + \frac{\pi}{\beta}n, \quad n \in \mathbb{Z} \quad (1)$$

donde $e^{j\psi}$ es el coeficiente de reflexión de la carga y

$$\phi = 2 \tan^{-1} \frac{-b + \sqrt{a^2 + b^2 - c^2}}{c - a} \quad a, b, c \in \mathbb{R} \quad (2)$$

$$a = \frac{a_{33}}{a_{11}}(1 + a_{22}^2) \sin(\phi_s - \phi_{11} - \phi_{33}) - a_{22} \left(1 + \left(\frac{a_{33}}{a_{11}} \right)^2 \right) \sin \phi_{22} \quad (3)$$

$$b = \frac{a_{33}}{a_{11}}(1 + a_{22}^2) \cos(\phi_s - \phi_{11} - \phi_{33}) - a_{22} \left(1 + \left(\frac{a_{33}}{a_{11}} \right)^2 \right) \cos \phi_{22} \quad (4)$$

$$c = 2 \frac{a_{33}}{a_{11}} a_{22} \sin(\phi_{11} + \phi_{22} + \phi_{33} - \phi_s) \quad (5)$$

con $S_{ii}^{\text{Unión Y}} = a_{ii} e^{j\phi_{ii}}$, y $\det(S^{\text{Unión Y}}) = e^{j\phi_s}$ a la frecuencia f . El coeficiente de reflexión correspondiente es:

$$\rho_{min} = a_{11} \left| \frac{1 - \frac{a_{33}}{a_{11}} e^{j(\phi + \phi_s - \phi_{11} - \phi_{33})}}{1 - a_{22} e^{j(\phi + \phi_{22})}} \right| \quad (6)$$

Para determinar la longitud en cada canal L_1 y L_2 , la carga reactiva será precisamente el filtro del canal opuesto, a la frecuencia correspondiente:

$$e^{j\psi}|_{L_1} = S_{11}^{\text{Filtro 2}}(f_1) \quad e^{j\psi}|_{L_2} = S_{11}^{\text{Filtro 1}}(f_2) \quad (7)$$

Con las propiedades de simetría de la unión en Y, las condiciones anteriores garantizan que las respuestas de los canales del diplexor son idénticas a las de los filtros aislados, para f_1 y f_2 . La aproximación será válida dentro de una banda en torno a cada frecuencia de diseño, acotada según la expresión

$$2\Delta\beta \leq \frac{1 - |S_{33}^U|^2}{|S_{33}^U|^2} \frac{\epsilon}{\frac{d\psi(\beta)}{d\beta} + 2L} \quad (8)$$

donde β es la constante de propagación de la línea de transmisión situada entre la unión y la carga reactiva, de longitud L , y $e^{j\psi}$ es el coeficiente de reflexión de dicha carga. La expresión (8) es válida si $|S_{11}^U| = |S_{22}^U| = |S_{33}^U|$ y $\frac{dS_{33}^U}{d\beta} \approx 0$, condiciones que cumple la unión en Y, como se ha visto en 2.2.

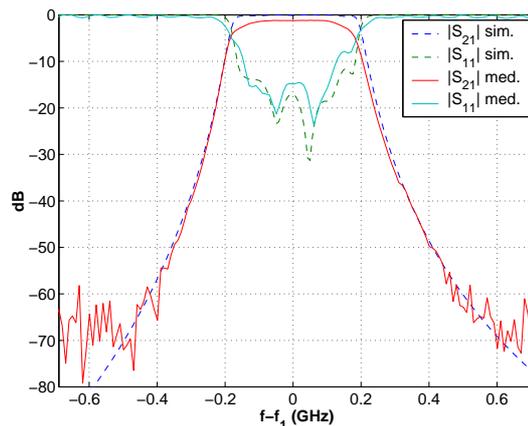
La condición (8) acota el máximo ancho de banda de los filtros. Además, indica que tanto $\frac{d\psi(\beta)}{d\beta}$ como L_1 y L_2 han de limitarse. Lo primero supone que las bandas estén suficientemente separadas ($\psi(\beta)$ varía fuertemente cerca de la banda de paso). Por su parte, si L_1 o L_2 son demasiado pequeños, puede que los modos superiores de la unión y los filtros interactúen entre sí, en cuyo caso habría que recurrir al análisis modal completo en los dos tramos de guía.

3 RESULTADOS EXPERIMENTALES

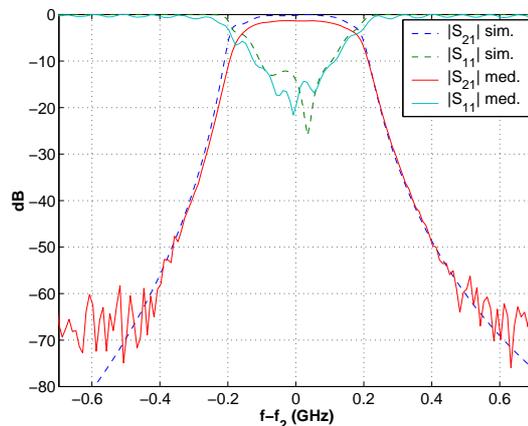
Se ha construido un prototipo según el esquema de la figura 1. Los filtros de seis cavidades han sido fabricados en cobre, y toda la estructura ha sido plateada con el fin de minimizar las pérdidas de inserción. Algunas dificultades encontradas, propias de los filtros más que del método de diseño del diplexor, son las siguientes:

- La respuesta de los filtros depende fuertemente de las dimensiones de las guías. Es por tanto imprescindible mecanizar y caracterizar con precisión dichas dimensiones.
- La respuesta también depende de las dimensiones de los postes metálicos de los filtros. Errores de fabricación dan lugar a filtros con la banda desplazada, o desadaptados.
- Por último, el proceso de plateado puede introducir nuevas incertidumbres.

En la figura 2 se presenta una comparación entre los resultados de la simulación mediante análisis modal de uno de los primeros prototipos del diplexor y las medidas efectuadas sobre el mismo. La simulación se refiere al prototipo construido, cuyas dimensiones diferían por problemas de mecanizado de las diseñadas teóricamente.



(a) Canal 1.



(b) Canal 2.

Figura 2: Respuesta en frecuencia del diplexor.

4 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado mediante contrato entre el GMR e IKUSI, S.A., y por la CICYT a través del proyecto TIC1999-1172-C02-01.

REFERENCIAS

- [1] S. Llorente, L. E. García, M. Salazar, F. Pérez, "Análisis, diseño y caracterización de filtros mediante cavidades acopladas directamente en guías de ondas," *Actas del XV Simposium Nacional URSI'00*, pp. 435-436, Sep. 2000.
- [2] P. L. Overleft, D. J. White, "TE and TM modes of some triangular cross-section waveguides using superposition of plane waves," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-34, pp. 161-167, Jan. 1986.
- [3] B. Gimeno, M. Guglielmi, "Multimode equivalent network representation for the Y-junction of rectangular waveguides," *IEEE Proc. Microwave Antennas and Propagation*, vol. 144, Jun. 1994.
- [4] A. Morini, T. Rozzi, "New formulae for the initial design in the optimization of T-junction manifold multiplexer," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, 1997.