

Desfasadores Diferenciales 90° y 180 Banda Completa (40%) en Guía de Onda para Aplicaciones de Radioastronomía

A. Tribak⁽¹⁾⁽²⁾, A. Mediavilla⁽¹⁾, K. Cepero⁽¹⁾⁽³⁾, M. Boussouis⁽²⁾, M. Chaibi⁽¹⁾⁽²⁾

tribak_ma@yahoo.fr, media@dicom.unican.es, m.boussouis@uae.ma, karen@electronica.cujae.edu.cu

⁽¹⁾ Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria. Avda Los Castros, s/n – 39005 Santander – ESPAÑA.

⁽²⁾ Dpto. de Física. Facultad de Ciencias. Universidad Abdel Malek Essaadi BP-2121, Tetuán-Marruecos.

⁽³⁾ Dpto. de Telecomunicaciones y Telemática. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

Abstract- Two differential phase shifters are designed and tested to work in broadband applications exhibiting excellent features. A phase delay of 90° or 180° with respect to a waveguide with the same length is obtained by including several steps inside the waveguides. The relative bandwidth of both phase shifters is about 40%. Two versions of 90° and 180° have been designed in the Ku-band. The return losses were about -25dB and the phase were about ±2° and ±3° for 90° and 180° phase shifter respectively. Moreover, a manufacturing tolerance has been taken into account at the design, and therefore, the designed phase shifters need not be tuned after manufacture.

I. INTRODUCCIÓN

Los desfasadores son componentes básicos de los sistemas de comunicaciones por satélite y radares, entre otras aplicaciones. El éxito de los sistemas de comunicaciones por satélite emergentes para los sistemas multimedia y el acceso a Internet de alta velocidad de banda ancha depende de la disponibilidad de los terminales rentables del consumidor. Los elementos claves para estos terminales son los subsistemas y componentes de RF/microondas. Los desfasadores son dispositivos donde la fase de una onda electromagnética a una frecuencia dada a través de una línea de transmisión puede ser desfasada. Los desfasadores con fase fija basados en guías de ondas son de una gran importancia para los componentes compuestos, por ejemplo para los sistemas de alimentación de antenas, donde el diseño compacto con un buen funcionamiento depende de que las piezas individuales sean suficientemente cortas y que tengan características eléctricas satisfactorias.

En la bibliografía actual se han desarrollado gran número de estos dispositivos, los cuales emplean en gran medida materiales dieléctricos y ferritas [1]-[6]. Sin embargo este tipo de desfasadores presentan desventajas como el alto coste y diseños complicados a la hora de implementarlos. Además, en algunas aplicaciones el uso de longitudes de onda $\frac{\lambda}{2}$ o

$\frac{\lambda}{4}$ como desfasadores diferenciales proporciona unas bandas

de frecuencias muy estrechas [7] debido a la dependencia del retraso en fase de la guía de onda con la frecuencia.

Por tanto, es necesario un diseño robusto y exacto que proporcione un ancho de banda importante y para evitar la necesidad de cualquier ajustamiento adicional, que aumente

el coste del dispositivo y que además sea de fácil construcción. Desfasadores con estas características y que conjuntamente logren un gran ancho de banda relativo (de aproximadamente un 40%) no se encuentran en la literatura.

En este artículo se presenta el diseño de dos desfasadores, 90° y 180° respectivamente, mediante el empleo de steps en tecnología de guías de ondas rectangulares milimétricas con alta precisión y bajo costo, que permite un desfase de 90° o de 180° con respecto su propia longitud. El desfazador de 180° forma parte de un sistema polarímetro para el proyecto Quijote al Astrofísico de Canarias. También, ambos desfazadores (90° y 180°) forman parte de un sistema dual polarización circular para aplicaciones satélite.

En muchas aplicaciones, es deseable alcanzar un desplazamiento de fase entre dos líneas que tienen la misma longitud. Por eso, se debe usar líneas con diversos retrasos. Una solución posible a este problema es cambiar el constante de propagación de la línea, cargándola con elementos localizados o distribuidos. Si β_1 es el constante de propagación de la línea vacía (de referencia) y β_2 es el constante de propagación de línea cargada, el desplazamiento de fase diferencial alcanzado será determinado con:

$$\Delta\varphi = (\beta_1 - \beta_2) \cdot L \quad (1)$$

II. DISCUSIÓN DEL DISEÑO

Básicamente, esta estructura de desfasadores consiste en la implementación de steps en una cara de la guía de onda, en este caso se utilizaron cinco steps. La Fig. 1 muestra una vista del dispositivo en general. La guía de onda utilizada es la WR75 ($f_c = 7.87$ GHz). La anchura de banda relativa de los desfasadores tanto de 90° como 180° es aproximadamente de un 40% con un desfase de ±2° y ±3° respectivamente. Los dos polarizadores se han diseñado en la banda de frecuencia Ku (WR75) y se están escalando a la banda de frecuencia de 35 GHz.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE YIELD

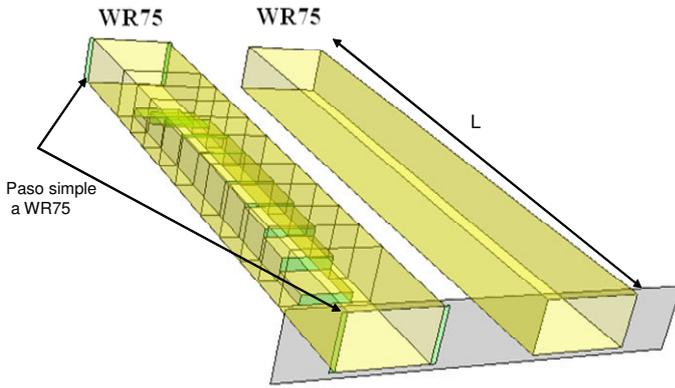


Fig.1. Desfasador con stops

Los dispositivos se han diseñado y optimizado usando la adaptación modal convencional y los planteamientos FEM integrados en Mwizard-Mician.

Para obtener un acceso en guías de ondas estándares en la entrada y la salida de los desfasadores diferenciales, para los ambos casos, era necesario un solo paso de una guía rectangular de dimensión "a" a una guía de onda estándar WR75.

Las dimensiones de los desfasadores diferenciales (DD) de 90° y de 180° según fig.2 se puede encontrar en la Tabla I.

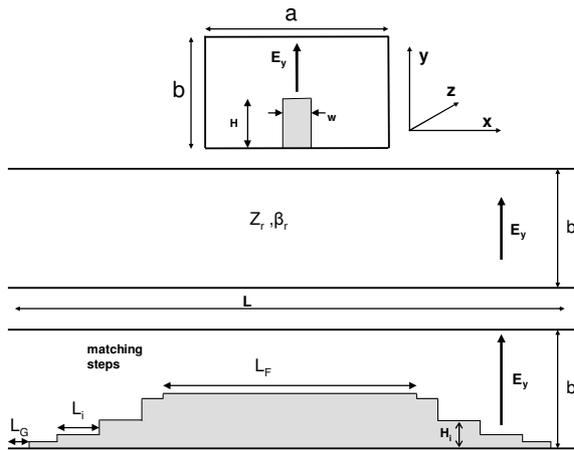


Fig.2. vista longitudinal de los desfasadores junto con la línea de referencia

Parámetros	DD 90° (mm)	DD 180° (mm)
a	17.1	17.11
b	9.5	9.5
L _g	19.17	15.37
w	9.71	10.36
H ₁	1.73	2.04
H ₂	4.05	5.61
H ₃	5.53	7.83
H ₄	6.05	8.24
H ₅	6.17	8.54
L ₁	7.93	6.48
L ₂	7.3	5.38
L ₃	8.54	7.58
L ₄	8.53	7.9
L _F	12.44	21.37

Tabla I. Dimensiones des los desfasadores diferenciales de 90° y de 180°

Fig.3-Fig.6 muestran los parámetros de scattering y el desfase de ambos desfasadores brindados por el simulador Mwizard-Mician. Se puede observar en el caso del desfasador de 90° que las perdidas de retorno están sobre los 25 dB, teniendo el resultado más crítico en 23.2 dB con un desfase de ±2°, obteniendo un 41% del ancho de banda. Mientras que en el caso del desfasador de 180° los resultados muestran a las perdidas de retorno igualmente sobre los 25dB, con el valor mas crítico en 21.57dB, con la fase en ± 3° y el ancho de banda de un 40%.

Además se ha tenido en cuenta en el diseño la tolerancia de la fabricación para garantizar que los desfasadores no requieran un ajuste adicional después de ser fabricados. Para estimar la degradación en el funcionamiento que tales errores causarían se realizó la simulación de sensibilidad del dispositivo en la banda-Ku, permitiendo tolerancias de ±0.05mm. Las Fig. 7 y Fig. 8 muestran los resultados obtenidos en la simulación de los desfasadores aplicando estos errores a todas las variables de la geometría del componente. Encontramos que en el peor caso las pérdidas de retorno no exceden los 18dB.

Para finalizar se analizó también la fase, en este caso con una tolerancia de ±0.025mm a todas las variables de la geometría del componente. Como se muestra en la Fig. 9 y Fig. 10 en el caso del desfasador de 90° se puede llegar a tener una variación en la fase de ±7.4° mientras que en de 180° de ±5°.

Lo que significa que el desfasador de 180° es un poco sensible frente al análisis de sensibilidad y que a la hora de fabricación hay que tener en cuenta la precisión.

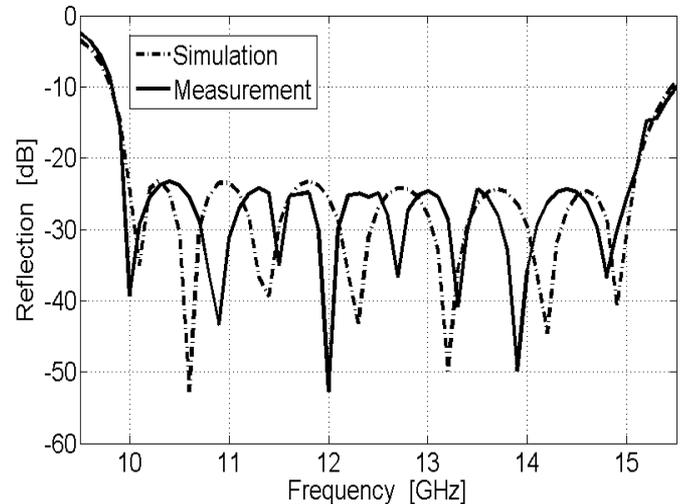


Fig.3. Parámetros de scattering del desfasador de 90°

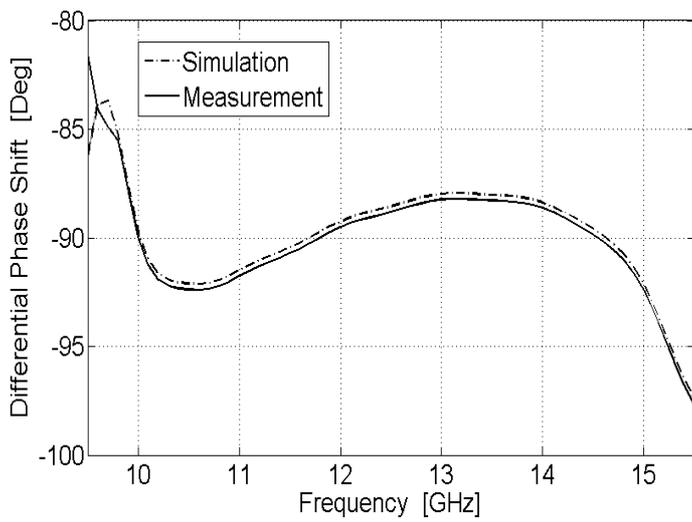


Fig. 4. Fase del desfasador de 90°

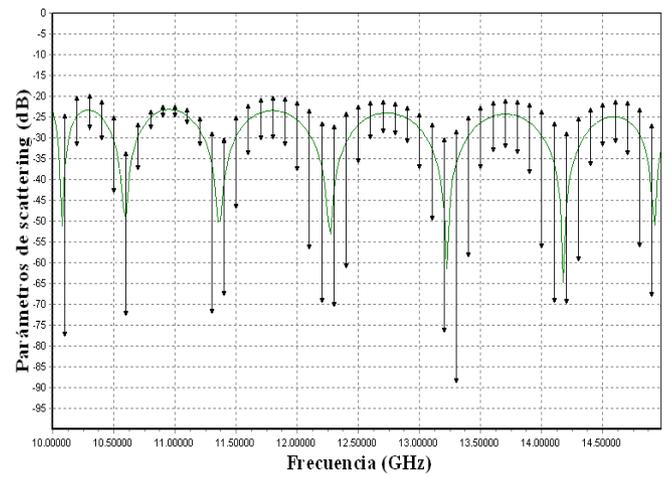


Fig. 7. Analisis de sensibilidad del desfasador de 90° con una tolerancia de $\pm 0.05\text{mm}$ (perdidas de retorno)

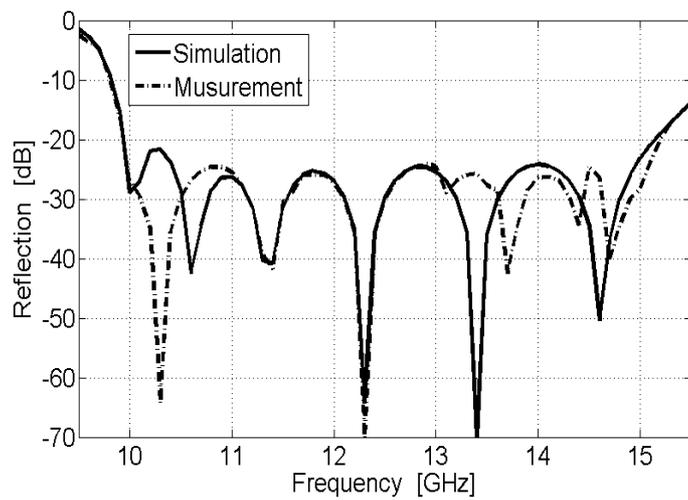


Fig. 5. Parámetros de scattering del desfasador de 180°

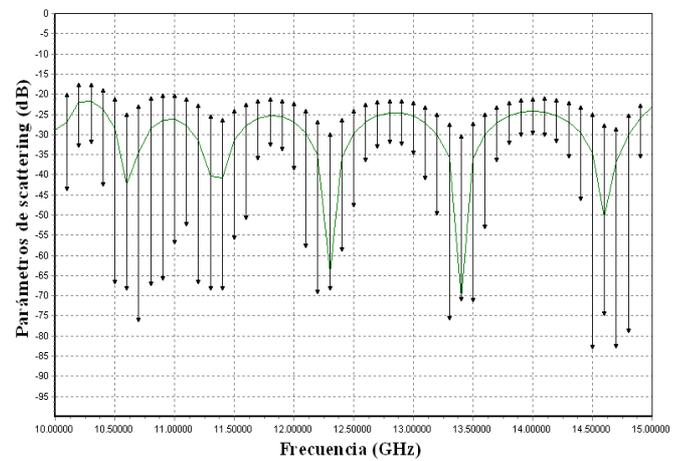


Fig. 8. Analisis de sensibilidad del desfasador de 180° con una tolerancia de $\pm 0.05\text{mm}$ (perdidas de retorno)

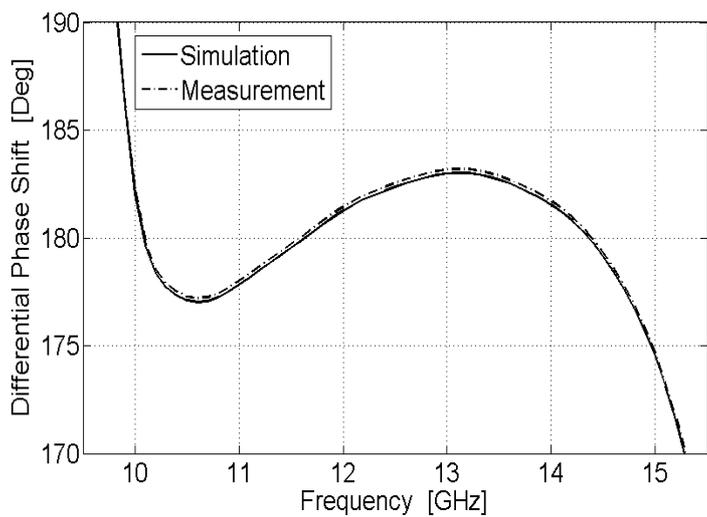


Fig. 6. Fase del desfasador de 180°

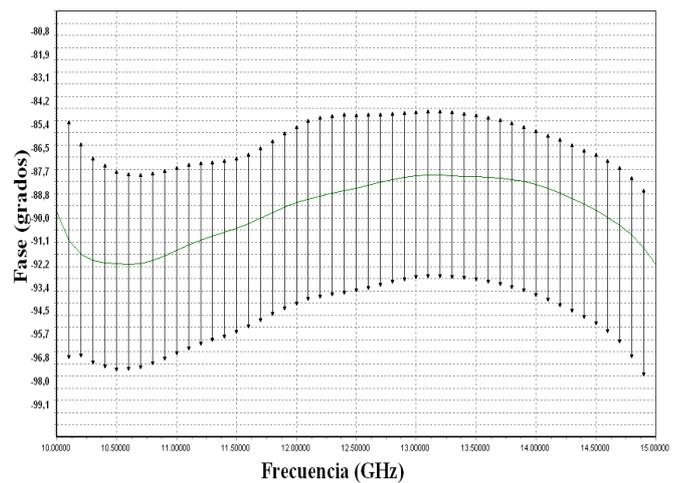


Fig. 9. Analisis de sensibilidad del desfasador de 90° con una tolerancia de $\pm 0.025\text{mm}$ (fase)

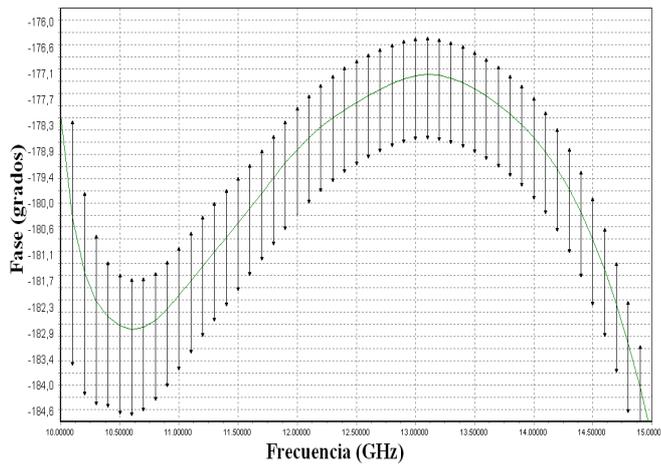


Fig.10. Análisis de sensibilidad del desfazador de 90° con una tolerancia de $\pm 0.025\text{mm}$ (fase)

IV. CONCLUSIONES

Se han diseñado y medido dos desfazadores de 90° y 180° respectivamente en tecnología de guía de onda en la banda Ku mediante el empleo de los steps en el interior de la guía de onda (guías de ondas tipo Ridge). Los dispositivos se han construido usando técnicas clásicas de fresado, se ha validado esta técnica de fabricación y se han realizado las medidas del dispositivo utilizando calibración TRL en los accesos rectangulares WR75. Las pérdidas de retorno obtenidas experimentalmente son del orden de 25dB y se logró obtener un 40% de banda relativa. Además se ha efectuado un análisis de sensibilidad a las tolerancias mecánicas estándares que demuestran que a pesar de ser dispositivos sensibles, si se fabrican con la precisión requerida, no necesitarán de un ajuste posterior.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren hacer público su agradecimiento a los siguientes proyectos, dentro de los cuales se han obtenido los resultados presentados en este artículo:

Queremos hacer constar nuestra gratitud a la AECI a través de su programa “Becas para Extranjeros no Iberoamericanos para Estudios de Postgrado, Doctorado y Postdoctorado en Universidades y Centros Superiores en España”.

Los autores agradecen también el Ministerio español de ciencias e innovación (MiCINN) a través el proyecto TEC2008-06684-C03-01 y CONSOLIDER-INGENIO 2010CSD2008-00068.

REFERENCIAS

- [1] W. Che, E. Yung, K. Wu, “Millimeter wave substrate integrated waveguide ferrite phase shifter for wireless communication application”, *Ieee. MTT*, 2003.
- [2] O. Yu. Buslov, V. N. Keis, I.V. Kotelnikov, A. B. Kozyrev, A. V. Tumarkin, “Microwave ferroelectric phase shifters based on the periodical structures”, *Ieee. MTT*, 2006.
- [3] S. Kazakov, V. P. Yakovlev, S. Shchelkunov, A. Kanareikin, E. Nenasheva, J. L. Hirshfield, “Fast L-Band waveguide phase shifter”, EPAC08, Genoa, Italy.
- [4] G. Pisano, G. Savini, L. Pietranera, K. Isaak, B. Johnson, M. Gervasi, L. Piccirillo, B. Maffei, S. Melhuish, “A 90-GHz waveguide variable phase shifter”, *Ieee microwave and wireless components letters*. Vol.17, No. 3, Marzo 2007.
- [5] J. R. Bray, L. Roy, “Development of a millimeter wave ferrite filled antisymmetrically biased rectangular waveguide phase shifter embedded in low-temperature cofired ceramic”, *Ieee TRANS. MTT*, Vol. 52, No. 3, Julio 2004.
- [6] J. Dittloff, F. Arndt, D. Grauerholz, “Optimum design of waveguide E-plane stub loaded phase shifters”, *Ieee TRANS. MTT*, Vol. 36, No. 3, Marzo 1988.
- [7] R.C.Hsieh, W.T.Cheng, M.H.Chen, “A novel Ka band 4-port dual CP feed network”, *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002*. Volume 3, 16-21 June 2002 Page(s): 428.