

# Duplexor Banda Ancha en Tecnología de Guía de Onda para Aplicaciones Satélite

A. Tribak<sup>(1)(2)</sup>, A. Mediavilla<sup>(1)</sup>, K.Cepero<sup>(1)</sup>, M. Boussouis<sup>(2)</sup>, M. Chaibi<sup>(1)(2)</sup>

[tribak\\_ma@yahoo.fr](mailto:tribak_ma@yahoo.fr), [media@dicom.unican.es](mailto:media@dicom.unican.es), [m.boussouis@uae.ma](mailto:m.boussouis@uae.ma)

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

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

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

**Abstract-** A wideband diplexer is designed and constructed to demonstrate the feasibility of using stepped waveguide junctions for diplexer designs. It consists of two channel filters and a Tee E-plane junction. The relative bandwidth of the whole diplexer is about 64%. Two versions of this device has been constructed and tested in the C-band. The inputs and outputs return losses were less than -25dB, the isolation is > 80dB and the transmission loss was 0.1dB. Moreover, a manufacturing tolerance has been taken into account at the design step, and therefore, the designed diplexer need not be tuned after manufacture.

## I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de comunicaciones por satélites, las prestaciones de los duplexores están limitadas por requisitos eléctricos y mecánicos. Se requiere de un diseño automatizado exacto para evitar la necesidad de cualquier ajuste adicional, que limite la máxima potencia transmisible y aumenta el coste del dispositivo. Desde el punto de vista mecánico, se requiere un pequeño tamaño y volumen. Los duplexores son ampliamente utilizados para los sistemas de comunicaciones por satélites dado que permiten el uso de la misma antena para varias bandas de frecuencia [1], por lo tanto, se alcanza una reducción importante de la masa y del volumen. 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 esta dependiendo críticamente a la disponibilidad de los terminales rentables del consumidor. Los elementos claves para estos terminales son los subsistemas y componentes de RF/microondas. Uno de los componentes más desafiados es el duplexor, que permite el uso de una sola alimentación de antena para cumplir la función de transmisión y de recepción. Un duplexor es un dispositivo común en sistemas de comunicaciones, que separa una señal compuesta en sus componentes para permitir que cada parte sea transmitida por separado. En sistemas de comunicaciones por satélite, la capacidad de la transmisión se puede aumentar ampliando las bandas de frecuencia para extender sobre una octava. Los duplexores que alcanzan bandas de frecuencia más que 1.9:1 y que evitan las guías de ondas ridge [2] expansivas no se encuentran en la literatura.

Los duplexores en guías de ondas estan esencialmente constituidos por una unión de tres puertos cerrada por dos filtros, que seleccionan la Rx en el puerto 1 y la Tx en el puerto 2, mientras que el puerto 3 es el puerto de la antena o uno de los dos puertos del transductor ortomodo (OMTs) que es un componente de microondas que separa dos polarizaciones ortogonales que vienen de una antena con dos puertas (una para cada polarización). Para el mejor uso de la

unión en la realización de los duplexores, el puerto 3 debe estar bien adaptado con los puertos 1 y 2 sobre la banda del Rx y la banda del Tx, respectivamente [3], [4]. Otras aplicaciones interesantes se encuentran en los receptores de radioastronomía donde los duplexores se colocan a las entradas de los OMTs para incrementar la capacidad del enlace [5]- [7].

En este artículo se presentan el diseño y realización de un duplexor basado en una unión T plano-E de banda ancha en tecnología de guías de ondas rectangulares milimétricas con alta precisión y bajo coste. Se usan dos versiones de este duplexor junto con un OMT, que cubre un ancho de banda de frecuencia concluyendo las dos bandas del duplexor Tx y Rx, para alimentar un sistema de Comunicación espacial a partir de una base terrestre que transmite en la banda de frecuencia (Tx: 5.8-7GHz) y recibe en la banda de frecuencia (Rx: 3.6-4.8GHz). Este trabajo contiene un análisis detallado de una configuración del duplexor plano-E. Su principal característica es la adaptación de la unión de tres puertos y sobre todo la anchura de banda alcanzada. La **fig.1** muestra la vista 3D de dicha unión, que es una unión T plano-E con un elemento de difusión localizado en la base de la unión para conseguir una buena adaptación.

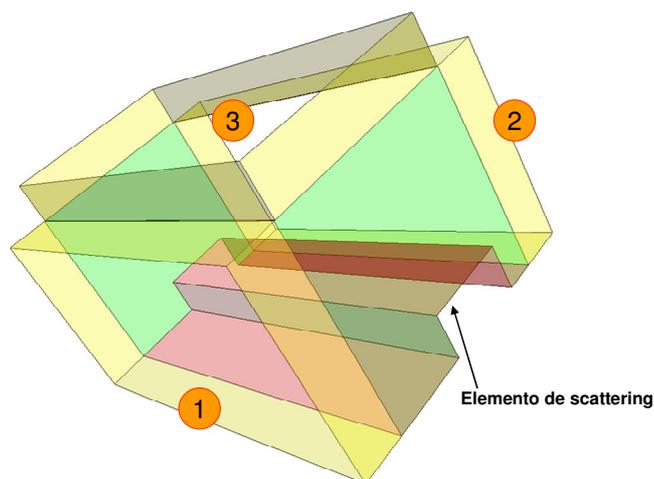
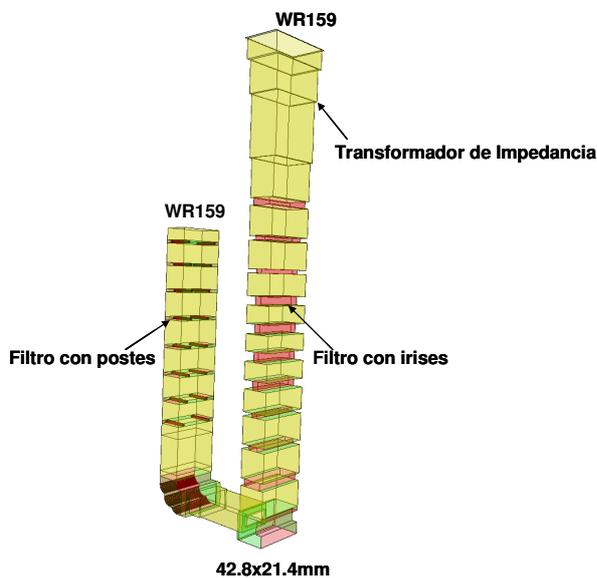


Fig.1. Unión turnstile T plano-E

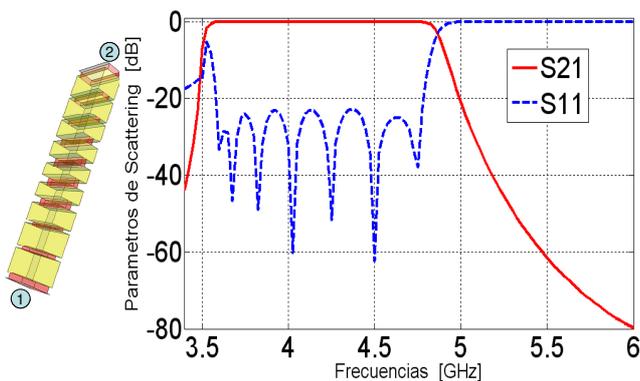
## II. DISCUSIÓN DEL DISEÑO

Básicamente esta estructura del duplexor consiste en una unión T plano-E [8]-[13], y dos filtros paso banda uno para la Tx y el otro para la Rx. La **fig. 2** muestra una vista interna del duplexor total.

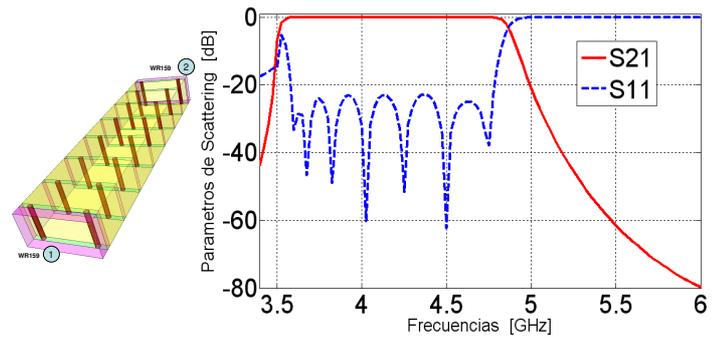
Para el modelo en la banda-C, el puerto común del duplexor esta en guía de onda  $42.8 \times 21.4 \text{ mm}$  ( $f_c = 3.5 \text{ GHz}$ ) lo que permite propagar el modo TE<sub>10</sub> en toda la banda de frecuencia 3.6-7GHz, el puerto de Tx esta en guía de onda WR159 ( $f_c = 3.7 \text{ GHz}$ ) y lo de Rx esta en guía de onda WR229 ( $f_c = 2.57 \text{ GHz}$ ). La anchura de banda relativa del diplexor entero esta en torno a 64%. El canal del filtro 1 (Tx) tiene un ancho de banda relativo de 19% y el canal del filtro 2 (Rx) tiene un ancho de banda relativo de 29%. El filtro de la banda alta (Tx) es un filtro en guía de onda con postes cilíndricos inductivos y el otro de la banda baja es un filtro guía de onda rectangular con iris inductivos [14]. Las **fig.3** y **fig.4** muestran una vista interna y los parámetros de scattering de ambos filtros respectivamente. Los dos filtros están bien adaptados, tienen unas perdidas de retorno del orden de 25dB en caso de la banda baja y 35dB en la banda alta y unas perdidas de inserción del orden de 0.05dB en ambas bandas. Para que las dos vías TX y RX salgan en el mismo plano hemos usado un codo de 90° plano-E con pequeñas curvas que tiene unas pérdidas de retorno del orden de 42dB y un transformador de impedancia en la salida del filtro de la banda baja Rx para que la salida final del Rx sea en WR229.



**Fig.2.** Duplexor basado en unión T plano-E



**Fig.3.** Filtro paso banda del canal 1 del Rx

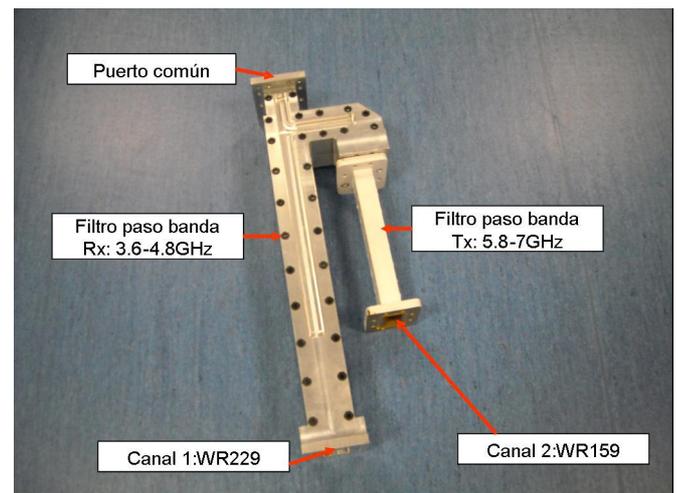


**Fig.4.** Filtro paso banda del canal 1 del Tx

El dispositivo se ha diseñado y optimizado usando la adaptación modal convencional y los planteamientos FEM integrados en Mwizard-Mician.

### III. DISEÑO MECÁNICO

El duplexor se ha realizado por partes. La primera parte consiste en la unión T plano-E mas el canal del filtro paso bajo, que se han dividido en dos bloques según su mi-plan horizontal. La segunda parte contiene solo el filtro paso alto que se ha fabricado como un cuerpo independiente, y después se atornilla al cuerpo principal formado por los dos bloques de la primera parte (unión T plano-E mas el canal del filtro paso bajo). La Fig.6 muestra una fotografía del duplexor fabricado para la banda C.



**Fig.5.** Vista del OMT fabricado

### IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE YIELD

Las Fig.7- Fig.10 muestran las medidas experimentales de los coeficientes de reflexión y transmisión para ambas bandas de frecuencias, junto con el aislamiento. Se puede observar la concordancia con los resultados obtenidos con el simulador Mwizard-Mician que se muestran en la Fig.7. La amplitud del coeficiente de reflexión (pérdidas de retorno) medido tanto en las entradas de Tx y Rx como en la salida común del duplexor está por debajo de los 23dB y el aislamiento entre las dos puertas rectangulares Tx y Rx está en el entorno de 60dB. La adaptación simulada, también mostrada en Fig.7, es casi idéntica. Las pérdidas de inserción del duplexor son del orden de 0.1dB, muy similar al valor predicho por la simulación. Las especificaciones del duplexor se ilustran en la Tabla.1.

Paso banda del canal 1 (Rx)	3.6-4.8GHz
Paso banda del canal 2 (Tx)	5.8-7GHz
Perdidas de retorno	25dB
Perdidas de inserción	0.2dB
Aislamiento entre canales	80dB
Rechazo del canal 1 (Rx)	80dB
Rechazo del canal 2 (Tx)	80dB

Tabla. 1. Especificaciones del duplexor

Además la tolerancia de la fabricación se ha considerado en la etapa del diseño, y por lo tanto, el duplexor no requiere de ningún ajuste después de ser fabricado. Para estimar la degradación en el funcionamiento que tales errores causarían se realizó la simulación de sensibilidad del dispositivo en la banda-C, permitiendo tolerancias de  $\pm 0.05\text{mm}$ . La Fig.10 muestra la simulación del dispositivo aplicando tolerancias a todas las variables de la geometría del componente. Encontramos que en el peor de los casos las pérdidas de retorno no exceden los 20dB y el aislamiento siempre es mejor que 75dB.

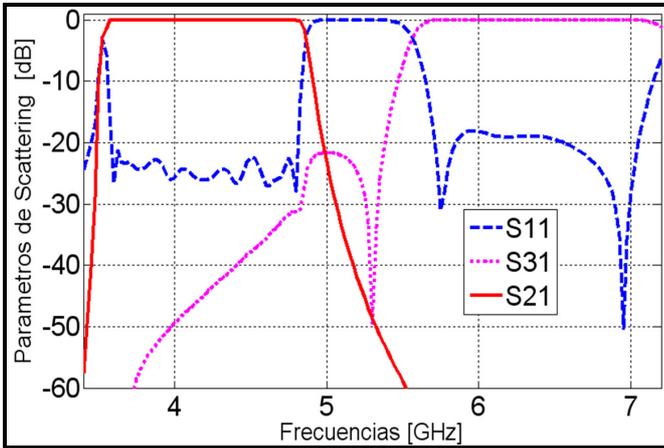


Fig.6. Los coeficientes de reflexión y de transmisión simulados junto con el aislamiento entre Tx y Rx del duplexor.

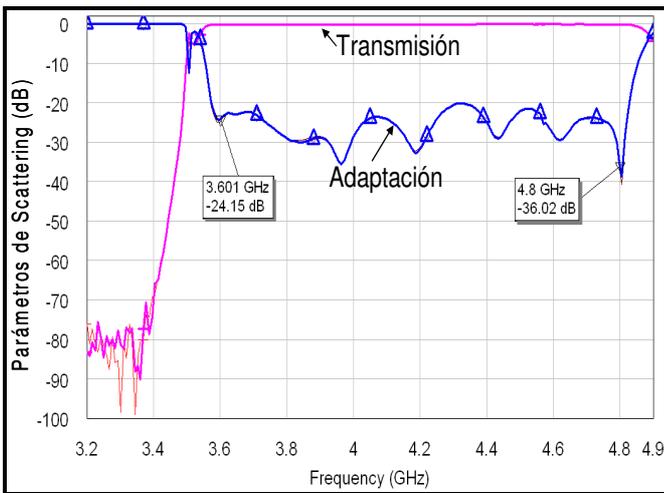


Fig.7. Coeficientes de reflexión y de transmisión medidos en la banda de frecuencia del canal 1 (Rx) del duplexor

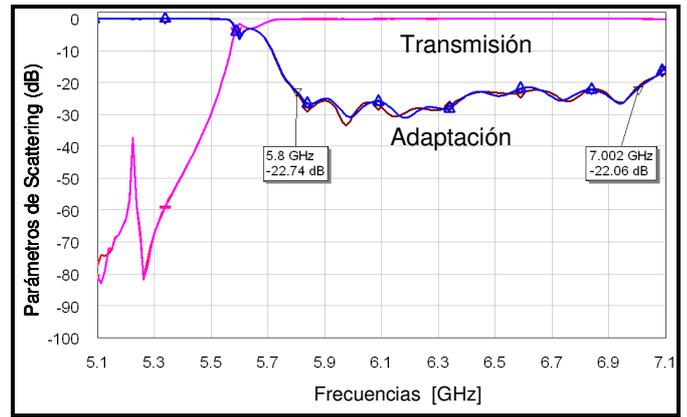


Fig. 8. Coeficientes de reflexión y de transmisión medidos en la banda de frecuencia del canal 2 (Tx) del duplexor

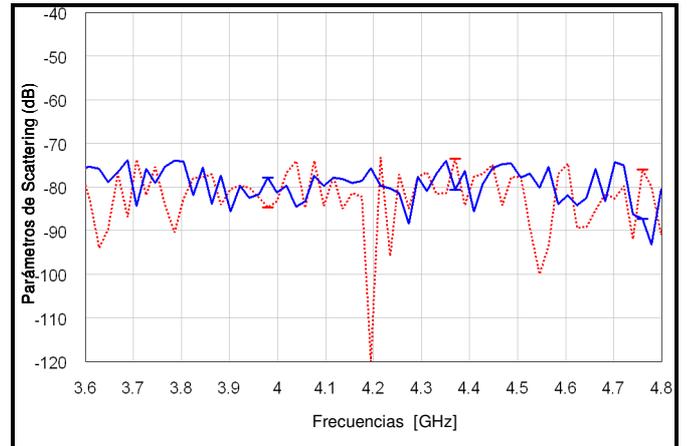


Fig. 9. medida del aislamiento entre las dos vías Tx (línea continua) y Rx (línea discontinua) en la banda de frecuencia del canal 1 (Rx) del duplexor.

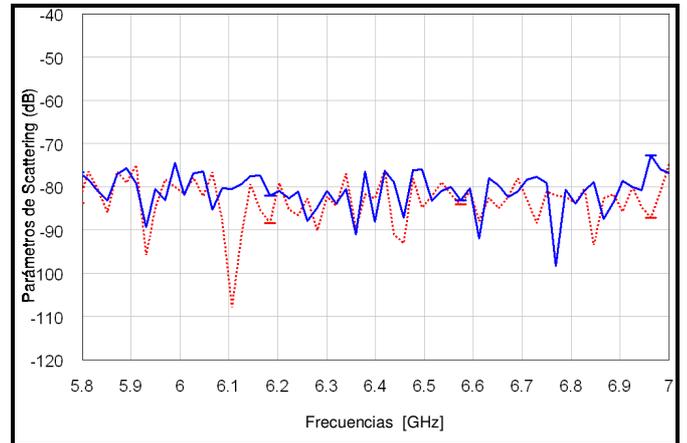


Fig. 10. medida del aislamiento entre las dos vías Tx (línea continua) y Rx (línea discontinua) en la banda de frecuencia del canal 2 (Tx) del duplexor.

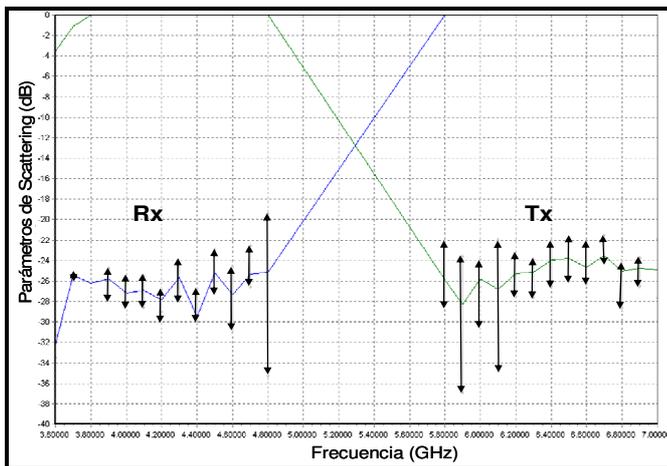


Fig.11. Análisis de sensibilidad con una tolerancia de  $\pm 0.05\text{mm}$

## V. CONCLUSIONES

Se ha diseñado y construido dos versiones de un duplexor en tecnología guía de onda en la banda C basado en el concepto de unión T plano-E. Por ello, la utilización de dos filtros paso banda ha permitido un ancho de banda relativo  $> 64\%$ . El dispositivo se ha construido usando técnicas clásicas de fresado, se ha validado esta técnica de fabricación y se ha realizado la medida del dispositivo utilizando calibración TRL tanto en el acceso rectangular de Tx (WR159) como en el terminal de la vía de Rx (WR229). Los resultados obtenidos son muy satisfactorios, siendo un diseño bastante robusto mecánicamente. Las pérdidas de retorno obtenidas experimentalmente son del orden de 25dB, las pérdidas de inserción de 0.1dB y el aislamiento entre las vías de transmisión y de recepción del duplexor son del orden de 80dB en un 64% de banda relativa. Finalmente se ha efectuado un análisis de sensibilidad a las tolerancias mecánicas estándar que demuestra la poca sensibilidad del diseño en la banda C.

## 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] J. Uher, J. Bornemann, And U. Rosenberg, "Waveguide Components for Antenna Feed systems: theory and CAD", 1993, Artech House, Boston, USA.
- [2] Yunchi. Zang, "Modeling and design of microwave Millimeter wave filters and Multiplexers", Thesis doctoral, 2006.
- [3] A. Morini, T. Rozzi, "Design of 'Optimum' Three Symmetrical Junctions for Diplexer Application", Ieee. MTT-S Digest, WE2C-6. PP. 739-742, 1994.
- [4] T. Shen, K. A. Zaki, T. G. Dolan, "Circular to rectangular Diplexers", Ieee. MTT-S Digest. PP. 1325-1328, 2001.
- [5] A. Tribak, N. Fernández, A. Mediavilla, B. Aja, F. Marante, M. Boussois "On the scalability properties of full-band OMT's based on reduced height turnstile junctions for satellite links", ISMOT 17-21 December 2007, Italy, pp.537-540.
- [6] A. Navarrini R. L. Plambeck, "A Turnstile Junction Waveguide

- Orthomode Transducer", Ieee TRANS.MTT, VOL. 41, NO. 12, December 1993.
- [7] G. Pisano, L. Pietranera, K. Isaak, L. Piccirillo, B. Johnson, B. Maffei, S. Melhuish, "A broadband WR10 turnstile junction orthomode transducer", Ieee microwave and wireless components letters. Vol.17, No.4, Avril 2007.
- [8] T. Shen, K. A. Zaki, Tim. G. Dolan, "Rectangular waveguide duplexers with circular waveguide common port", Ieee TRANS. MTT, Vol. 51, No. 2, February 2003.
- [9] M. Rakic, B. Jokanovic, Dj. Budimir, "Waveguide E-plane all-metal inserted diplexer", Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 1, No. 3, November, 79-87.
- [10] I. V. Bragin, S. E. Chadov, V. I. Gusevskii, E. Lavretski, "Waveguide Diplexer Using E-Plane Tee of Improved Symmetry",
- [11] A. Morini, T. Rozzi, "Analysis of Compact E-Plane Diplexers in Rectangular Waveguide", Ieee. TRANS. MTT, VOL. 43, No. 8, August 1995.
- [12] Q. Xing, Q. X. Chu, "Ku Band Waveguide Diplexer With Side Coupling", Ieee, APMC2005 Proceedings
- [13] A. A. Kirilenko, L. A. Rud, V. I. Tkachenko, P. Pramanick, "A Systematic Approach for Computer Aided Design of Waveguide E-Plane Diplexers", John Wiley & sons, Int J RF and Microwave CAE 9: 104-116, 1999.
- [14] H. W. Yao, A. E. Abdelmoumen, J. F. Liang, X. P. Liang, K. A. Zaki, A. Martin, "Wide-Band Waveguide and Ridge Waveguide T-Junctions For Diplexer Applications", Ieee TRANS.MTT, VOL. 54, NO. 1, December 1993.