

Análisis de un resonador en anillo incoherente con reflexiones internas

C. Vázquez¹, S. Vargas, J. M. S. Pena, P. Corredera², Ma. L. Hernanz

¹ Dpto. Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática, Área Tecnología Electrónica, Universidad Carlos III, Av. Universidad 30, Leganés 28911, Madrid, Spain • Fax: 3416249430 • E-mail: cvazquez@ing.uc3m.es

² Centro de Tecnologías Físicas, “Leonardo Torres Quevedo”, Instituto de Física Aplicada, CSIC, C. Serrano, 144 28006, Madrid, Spain • Fax: 3415618806 • E-mail: pcorredera@fresno.csic.es.

Abstract: A novel ring resonator configuration with internal reflections is presented. It shows how this device working in incoherent regime, can be used as microwave filter, but selecting a single optical carrier. Also is presented its transfer function and stability zone. Also is described its behaviour due to the reflections.

Introducción

Actualmente el filtrado de señales mediante dispositivos fotónicos, tanto en frecuencias ópticas como milimétricas y microondas ha sido de numerosos estudios [1]. Se han estudiado muchas estructuras y métodos de síntesis que nos permiten tener filtros con determinadas características [2]. En este artículo se presenta un estudio sobre un resonador con amplificación y reflexiones internas (RARI) y las características del mismo dispositivo, trabajando en régimen incoherente. También se muestra como este dispositivo puede ser utilizado para el filtrado de señales milimétricas o de microondas, pero seleccionando una determinada portadora óptica.

Diseño

El dispositivo bajo estudio se muestra en la figura #1. Este es un resonador en anillo que tiene un amplificador óptico (AO) y un Interferómetro Michelson (IM) dentro del anillo. El AO es utilizado para compensar las pérdidas en el anillo debidas a la atenuación en la fibra y las pérdidas de exceso en los acopladores.

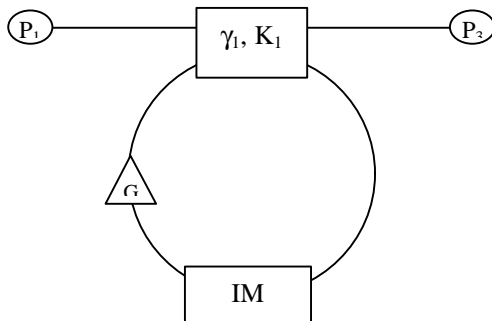


Fig. #1: Resonador estudiando

A grandes rasgos este dispositivo funciona como un RA simple con amplificación pero con reflexiones internas.

La función de transferencia de un RA simple con amplificación viene dada por:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{(1 - g_1)[(1 - K_1) - G^*(1 - g_1)(1 - 2K_1)Z^{-1}]}{1 - G^*(1 - g_1)(1 - K_1)Z^{-1}}$$

donde: K_1 y γ_1 son el factor de acoplo y factor de pérdidas por exceso, del acoplador de entrada, y G^* es la ganancia del AO multiplicada por las pérdidas de atenuación en la fibra.

El máximo valor G^* para que el sistema sea estable es aquel que hace que el polo de la función de transferencia se encuentre en el círculo unidad. Estos dispositivos tienen una función de transferencia como la mostrada en la figura #2, donde $G^* = 1.15$, $K_1 = 0.1$ y $\gamma_1 = 0.05$.

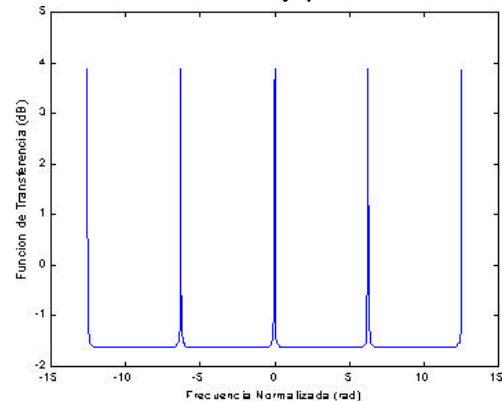


Fig #2: Función de transferencia de un Resonador en Anillo con Amplificación

Si al RA simple le agregamos un IM con redes de bragg (RB) en fibra con brazos balanceados; como el mostrado en la figura #3, tendremos una función aperiódica en frecuencia (debido a las RB)

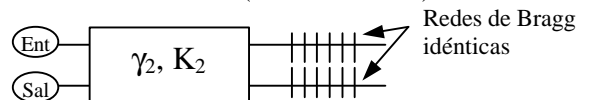


Fig. #3: Interferómetro Michelson con Redes de Bragg

Aquí el IM se comporta como un espejo en determinada banda de frecuencias; dada por el ancho de banda (B) de las RB.

Si el IM tiene un $K_2 = 0.5$, tenemos que el interferómetro solo transmite la luz que entra en el mismo mediante la siguiente relación:

$$Ft = \frac{Sal}{Ent} = 4(1 - g_2)^2 K_2 (1 - K_2) R$$

donde R es la reflectancia de las RB.

La función de transferencia de este dispositivo, medida y calculada, con $K_1 = K_2 = 0.5$, $\gamma_1 = \gamma_2 = 0.05$, y con una $G^* = 3.25$, dentro del B de las RB se muestra en la figura #4.

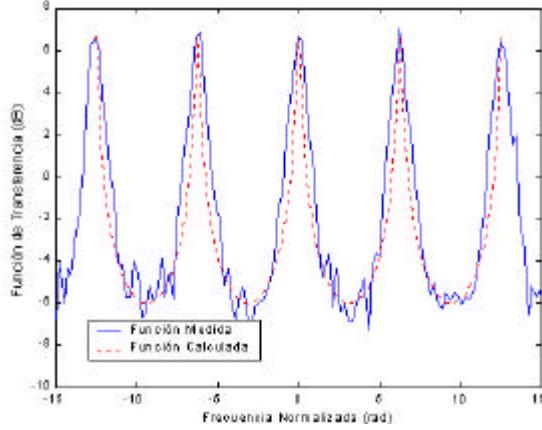


Fig. #4: Función de Transferencia Medida y Calculada para un RA con el IM incluido en el anillo.

Como se puede ver el valor medido se ajusta bastante bien al valor calculado. Este dispositivo presenta el mismo comportamiento que un RA simple con amplificación de la fig. #2, pero solo dentro del B de las RB. Por lo que el dispositivo se puede utilizar para filtrar señales milimétricas o de microondas dentro de una portadora óptica que coincide con la frecuencia central de las RB.

Si $K_2 \neq 0.5$; el IM además de transmitir luz por el puerto de salida, refleja por el puerto de entrada; mediante la siguiente relación:

$$Fr = \frac{Rfle}{Ent} = (1 - g_2)^2 (1 - 2K_2)^2 R$$

La función de transferencia se calcularía entonces por el método descrito en [3], obteniéndose la siguiente función de transferencia:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{(1 - g_1) \left[(1 - Z_{c1} z^{-1}) (1 - Z_{c2} z^{-1}) \right]}{\left[(1 - Z_{p1} z^{-1}) (1 - Z_{p2} z^{-1}) \right]}$$

la cual tiene dos polos y dos ceros, donde los ceros vienen dados por:

$$Z_{c1,2} = \frac{Ft(K_1^2 - 4K_1 + 2) \pm \sqrt{D}}{2G^*(1 - g_1)(1 - K_1)[Ft^2 - Fr^2]}$$

donde D viene dada por:

$$D = Ft^2 K_1^4 + 4(1 - 4K_1 + 5K_1^2 - 2K_1^3) Fr^2$$

Los polos vienen dados por la siguiente expresión:

$$Z_{p1,2} = \frac{1}{G^*(1 - g_1)(1 - K_1)[Ft \pm Fr]}$$

Si denominamos ganancias de polo (G_p) y cero (G_c), a las ganancias que hace que el módulo de los ceros y de los polos sea 1. Tendremos los valores de G^* que hacen, picos en infinito y rechazos de cero. En la figura #5, se pueden observar estas ganancias, con $K_1 = 0.1$, $\gamma_1 = \gamma_2 = 0.05$.

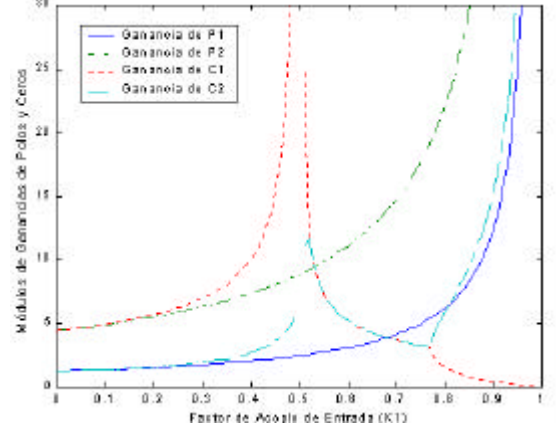


Fig. #5: Ganancias de Polo y de Cero.

La G_{p1} siempre es la menor de las G_p , por lo que sólo la región de estabilidad del sistema es la que se encuentra debajo de la misma. Dentro de esta zona podemos tener ceros complejos conjugados y ceros reales. Al igual que un pico en infinito y dos o uno en cero, dentro del rango espectral libre del resonador (FSR), escogiendo adecuadamente la ganancia.

Conclusión

Se ha hecho un estudio de RA con amplificación y reflexiones internas, debidas a la introducción de un IM con RB. Se ha mostrado como este dispositivo puede ser utilizado para filtrar señales de microondas dentro de una portadora óptica. Se han deducido las expresiones para la localización de los polos y los ceros, así como las ganancias que producen los mayores máximos y mínimos posibles (denominadas ganancias de polo y de cero). Así como su estabilidad.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo de la CAM y CICYT a través de los proyectos 07T/0003/1998, TIC98-0397-C03-03, junto con la beca de la Agencia Española de Cooperación Internacional que disfruta uno de los autores.

Referencias

1. C. Vázquez, M. López-Amo, and J. R. Montejo-Garai, "Amplified Recirculating Delay Line as Fiber-optic Decoders in TV Systems", Opt. Fiber Tech. 1, 369-372 (1995).
2. V. Polo, F. Ramos, J. Marti, D. Moodie, and D. Wake, "Synthesis of Photonic Microwave Filters Based on External Optical Modulators and Wide-Band Chirped Fiber Gratings", JLT, !8, 213-220 (2000).
3. S. Kim and B. Lee, "Recirculating fiber delay-line filter with a fiber Bragg Grating", AO, 37, 5469-5471 (1998).