

금속판이 E-면에 삽입된 도파관의 특성 측정에 관한 연구.

*박 용선, 김 병철, 윤 상원, 장 익수

서강대학교 전자공학과

Characterization of Metal-insert Waveguide E-plane Structures

Y.S. PARK, B.C. KIM, S.W. YUN, I.S. CHANG

Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

Abstract

In the design of waveguide E-plane bandpass filter, it is very important to characterize the K-inverters. In the analytical method, losses arising from the metal and the dielectric are ignored for the simplicity of design process. In this paper, based on the new measurement method, characteristics of inverters are measured and compared with those calculated based on mode-matching analysis.

2. 본 문

임피던스 인버터의 특성을 측정하기 위하여 그림과 같이 폭 w 를 갖는 두 금속판이 도파관 내에서 l 만큼 떨어져 있는 구조를 생각하자. 금속판이 하나만 삽입되어 있는 경우 동가회로는 그림2와 같으므로, 그림3과 같은 K-인버터로 변형시킬 수 있다. 이 K-인버터를 이용하여 그림1의 동가회로를 진원 및 부하를 이용하여 그리면 그림4와 같이 표시된다. 여기서, $\Phi = \beta l$ 로 β 는 도파관 내의 위상정수, Z_0 는 도파관 내의 파동 임피던스이다. 그림4를 single section Chebyshev 여파기로 볼 수 있으므로, 공진시

1. 서 론

도파관 E-면 대역 통과 여파기를 설계하는 방법에는 모드 정합법 또는 변분법등을 이용하여 여파 특성을 최적화[1]하거나, 임피던스 인버터의 특성을 위의 방법으로 계산하여 합성법[2]을 사용하는 방법이 있다. 이러한 해석에 기초를 둔 방법들은 도체 및 유전체 손실로 인한 특성의 변화를 예측할 수 없고, 정확한 삽입 손실은 측정을 통하여서만 알 수 있다. 본 논문에서는 인버터를 포함하는 간단한 공진회로를 구성하여 K-인버터의 특성을 측정할 수 있는 방법을 제시하며, 측정 결과를 모드 정합법으로 계산된 이론치와 비교한다.

$$\Phi - \phi = \pi \tag{1}$$

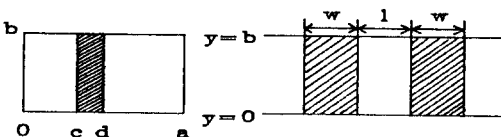
가 되어 K-인버터를 구성하는 데 필요한 전기각 ϕ 가 계산된다. 그림4에서 공진기의 동가회로를 손실을 고려하여 대치하고, K-인버터를 제거하면 그림5와 같은 집중소자로 된 회로가 된다. 여기서 r 은 공진기의 직렬저항이다. 이 회로의 공진시 산란 계수는

$$S_{21} = \frac{2K^2 / Z_0}{2K^2 / Z_0 + r} \tag{2}$$

$$S_{11} = \frac{r}{2K^2 / Z_0 + r} \tag{3}$$

이 된다. 또한 이 회로가 single-section Chebyshev 대역 여파기임을 고려하면

$$\frac{K_0}{Z_0} = \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{\omega}{g_0 g_1}} \tag{4}$$



a) 정면도

b) 측면도

그림 1. 금속판이 E-면에 삽입된 도파관 구조

가 된다[3]. 식(2),(3) 및 (4)에서

$$\frac{K_o^2}{Z_o} = Z_o \frac{\pi}{2} \frac{\omega \lambda}{g_o g_1} = \frac{K^2}{Z_o} + \frac{r}{2} = \frac{K^2}{Z_o} \frac{1}{S_{21}} \quad (5)$$

이 되어, 임피던스 인버터의 크기는

$$\frac{K}{Z_o} = \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{\omega \lambda}{g_o g_1} S_{21}} \quad (6)$$

이 되며, 공진기의 저항 r 은

$$r = 2Z_o \left[\left(\frac{K_o}{Z_o} \right)^2 - \left(\frac{K}{Z_o} \right)^2 \right] \quad (7)$$

로 된다. 따라서, S_{21} 이 측정되면 K/Z_o , ϕ 및 r 을 구할 수 있다.

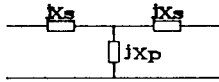
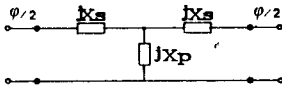


그림 2. E-면에 금속판 하나를 삽입한 경우 동가회로



$$K = Z_o \left| \tan \left(\frac{\phi}{2} + \tan^{-1} \frac{X_s}{Z_o} \right) \right|$$

$$\phi = -\tan^{-1} \left(\frac{2X_p}{Z_o} + \frac{X_s}{Z_o} \right) - \tan^{-1} \frac{X_s}{Z_o}$$

그림 3. K-인버터의 동가회로 및 회로정수

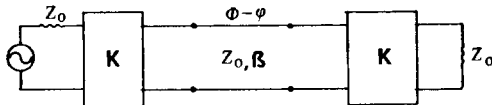
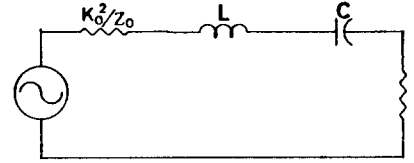


그림 4. 그림 1의 동가회로



$$K_o^2/Z_o = K^2/Z_o + r/2$$

그림 5. 간략화된 그림 1의 동가회로

3. 계산 및 측정결과

모드 정합법을 이용하여 산란행렬을 구하고 이로부터 동가회로 소자값을 주파수의 함수로 그린 것이 그림6이다. 이때 40개 모드를 고려하였다. 측정을 위하여 $w = 8, 10, 15$ mm와 $l = 10, 15, 18$ mm로 금속판을 제작하여 그 특성을 측정하였다. 그림7은 측정된 공진특성의 하나로 $|S_{21}|$ 이다. 측정된 공진특성으로부터 인버터의 값과 전기각 ϕ 를 계산하여, 그림6에서 구한 결과와 비교한 것이 표1이다.

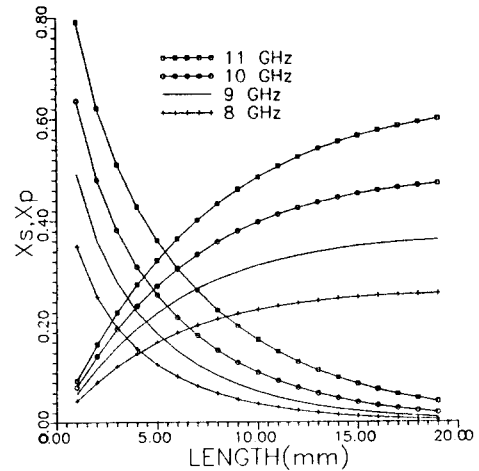


그림 6. 주파수와 금속판 길이에 따른 X_s, X_p 값

CH1: A/B-M + .00 dB
1.0 dB REF - .00 dB

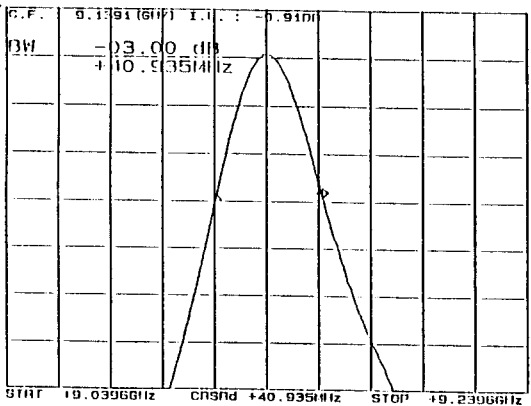


그림 7. 측정된 전달특성 $|S_{21}|$

참고문헌

- [1] F.Arndt, et al., "W-Band Low Insertion E-plane Filter," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.MTT-32, No.1, pp133-135, April,1984.
- [2] 임재봉, 이충용, "변분법에 의한 Bilateral Fin-Line 구조의 해석에 관한 연구," 대한 전자 공학회지, 제23권, 제1호, pp20-26, 1986년 1월.
- [3] G. Matthaei, et al., Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures, Chap8, Artech House, Inc., MA., 1964.

| 공진주파수 | 측정치 | | 계산치 | |
|-----------|--------|--------------|--------|--------------|
| | K/Zo | ϕ (rad) | K/Zo | ϕ (rad) |
| 9.139 GHz | 0.0809 | 0.7434 | 0.0866 | 0.7467 |
| 9.724 GHz | 0.0288 | 0.8870 | 0.0286 | 0.8584 |
| 9.755 GHz | 0.0740 | 0.8736 | 0.0735 | 0.8670 |
| 11.23 GHz | 0.1213 | 1.2330 | 0.1269 | 1.1900 |
| 11.25 GHz | 0.0507 | 1.2270 | 0.0624 | 1.2020 |

표 1. 측정치와 계산치의 비교

4. 결론

금속판이 삽입된 E-면 구조의 등가회로 파라미터를 구할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 본 방법은 유전체 기판이 삽입된 구조 전체에 적용 가능하므로, 이론적으로 계산할 때 생기는 문제점없이 대역통과 여파기의 설계에 직접 응용 가능하다.