

인버터의 주파수 특성을 이용한 마이크로스트립 대역통과 여파기의 설계

○ 김진욱, 정용재, 안달, 김병철, 윤영철, 장익수

서경대학교 전자공학과, 전남대학교 전자공학과

(Design of μ -strip band pass filter
using the frequency characteristics of inverter)

J.O. Kim, Y.C. Jung, D. Ahn, B.C. Kim, Y.C. Yoon, I.S. Chang

Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

*Dept. of Electronic Engineering, Kwandong University

Abstract

This paper is a study on increasing the bandwidth of band pass filters by modifying the input and output end sections of conventional equivalent circuits.

In addition the filter was made in small size and the insertion loss was improved by applying the frequency characteristic of inverter.

1. 서론

기존의 대역통과 여파기의 동가회로는 그림 1과 같이 표시되며 이 구조를 결합 마이크로스트립 선으로 구현하게 되면 첫단과 마지막단의 결합 마이크로스트립 선로의 간격이 좁아 지기 때문에 [1] multi-coupling을 시켜 제작의 난점을 해소하였다 [2].

그러나 이 방법은 기판의 상대 유전율이 큰 일부이나 기판중에 구현하기에는 폭이 너무 작게 되어 lapping의 개념이 도입되었다 [3,4]. 그러나 이 방법 역시 대역폭의

위의 공진기의 길이를 $\lambda/4$ 로 바꾼 변형된 대역통과 여파기의 동가회로를 제시 하였다.

이렇게 함으로써 lapping의 개념을 적용한 대역폭 30% 보다 넓은 40%까지 확장하였을 뿐 아니라 강제적으로 원하는 저지대역 특성을 만들어 원하는 특성을 보다 작은 단수로 구현이 가능하여 여파기 크기의 소형화를 이루었고 삽입 손실도 개선하였다.

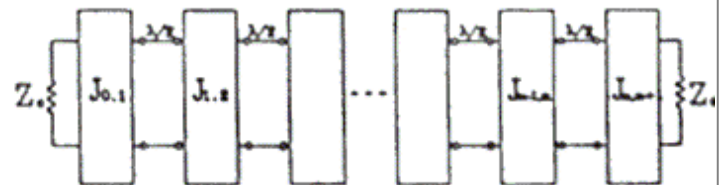
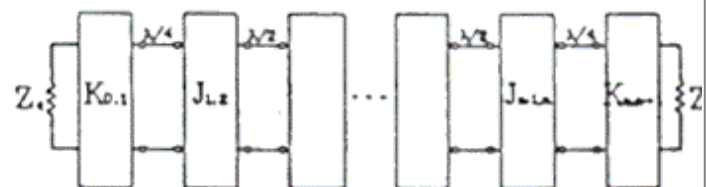


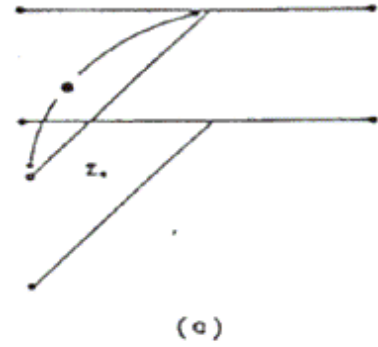
그림 1. 기존의 대역통과 여파기의 동가회로



비율이 30%이상인 역과기를 제작할때 두면쪽의 결합이 강하게 일어나 제작상의 난점을 아니라 결합 스펙트럼을 요구하는 실제 제품에서 너무 많은 면적을 차지하는 단점이 있다.

본 논문에서는 첫단과 마지막단의 임피던스 인버터를 그림 3의 (a)처럼 구현 하면서 이 인버터가 갖는 특성 임피던스가 단락이 되는 성질을 이용하여 강제적으로 원하는 지지대역 특성을 만들 수 있도록 대역통과 역과기의 동가회로를 그림 2처럼 첫단과 마지막단의 인버터를 임피던스 인버터로, 이

그림 2. 변형된 대역통과 역과기의 동가회로



$$\hat{U}A^{1/2}$$

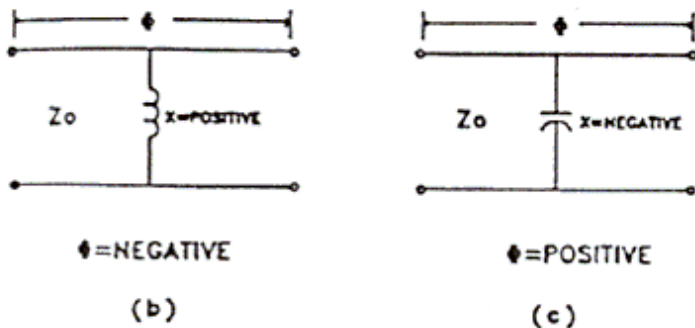


그림 3. 임피던스 인버터를 구현할 수 있는 회로들

$$K = Z_0 \tan \left| \frac{\phi}{2} \right|$$

$$\phi = - \tan^{-1} \frac{2X}{Z_0} \quad (1)$$

$$\left| \frac{X}{Z_0} \right| = \frac{K/Z_0}{1 - (K/Z_0)^2}$$

II. 본론

본 논문에서는 2.6GHz대역의 수신장치의 주파수 변환회로 중 영상대역을 제거하기 위한 여파기로써 중심 주파수가 2.59GHz, 균일 ripple이 0.01dB, ripple 대역폭이 8.5x 그리고 영상대역인 2.2GHz에서 60dB이상의 저지 특성을 갖는 여파기를 설계하고자 한다.

대역통과 여파기의 동가회로를 그림 1처럼 두고 기존에 제시한 설계 방법에 따라 2.2GHz에서 60dB 이상의 저지특성을 얻기 위해서는 최소한 6개의 공진기가 필요하다.[5]

그러나 본 논문이 제시한 대역통과 여파기의 동가회로를 그림 2처럼 두고 임피던스 인버터가 갖는 특성 임피던스가 어떤 주파수에서 단락이 되는 특성을 이용하면 4단으로도 위 사양에 맞는 특성을 얻을 수 있다.

그림 2에서의 이미던스 인버터값은 다음과 같이 표시된다.

여파기의 평행결합 부분의 길이를 임의의 길이로 할때 우모드 임피던스(Z_{oe}), 기모드 임피던스(Z_{oo})는

$$Z_{oe} = \frac{1 + J/Y_0 \operatorname{cosec} \theta + (J/Y_0)^2}{1 - (J/Y_0)^2 \cot^2 \theta} \quad (3)$$

$$Z_{oo} = \frac{1 - J/Y_0 \operatorname{cosec} \theta + (J/Y_0)^2}{1 - (J/Y_0)^2 \cot^2 \theta}$$

로 구해진다.[6]

이에 따른 폭과 간격을[7] 본 논문이 제시한 대역통과 여파기의 동가회로와 기존의 대역통과 여파기의 동가회로를 비교하여 표 1에 나타냈다.

(단위 mm)

대역폭	그림 1에 의한 여파기				그림 2에 의한 여파기			
	Even	Odd	폭	간격	Even	Odd	폭	간격
10x	60.57	42.64	.94	.65	57.0	44.5	.97	.97
20x	74.94	38.39	.71	.24	65.65	40.60	.85	.43
30x	100.56	37.82	.41	.11	76.31	38.13	.69	.23
35x	115.25	39.75	.28	.10	81.29	37.58	.62	.19
40x	138.0	44.64	.15	.08	87.62	37.30	.54	.15

표 1. 결함선로 길이가 60°일때 두번째 결함선의 폭과 간격

표 1에서 본 것처럼 본 논문이 제시한 대역통과 여파기의 동가회로로 여파기를 설계하면 두번째의 결함이 약해져 대역폭을 40x까지 확장할 수 있음을 알 수 있다.

첫단과 마지막단의 임피던스 인버터는 그림 3의 구조로 쉽게 이용 할 수 있다.

이들 본 논문 사양에 맞는 2.2 GHz에서 원하는 저지특성을 얻기 위하여 open stub의 길이를 $F_s=2.1$ GHz에서 $\lambda/4$ 가 되도록 고정 시키면 식 (1)에서의 reactance X값을 만족하기 위해서

$$\frac{K_{i,i+1}}{Z_0} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{W \pi}{g_i g_{i+1}}} \quad i=0 \text{ or } n$$

$$\frac{J_{i,i+1}}{Y_0} = \frac{W \pi}{2} \sqrt{\frac{1}{2 g_i g_{i+1}}} \quad i=1 \text{ or } n-1$$

(2)

$$\frac{J_{1,1+1}}{Y_0} = \frac{W \pi}{2} \sqrt{\frac{1}{g_i g_{i+1}}} \quad i=2 - n-2$$

여기서 W 는 대역폭의 비율이고 $\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$ 은 proto type의 스자값이다.

$$X = Z_c \cot \theta$$

$$Z_c = X \tan \theta$$

$$\theta = \frac{2 \pi f \cdot l_s}{C} \quad (4)$$

Z_c 는 stub의 특성 임피던스

와 같은 식이 성립해야 한다.

이에 따라 얻은 특성 임피던스는 $Z=42.11\Omega$ 이 된다.

이를 초기치로 이용하여 Super Compact V4.0을 이용하여 최적화한 결과가 그림 4와 같으며 이때 임피던스는 $Z=69\Omega$ 이

[ÀÀü](#) [ÛÀ½](#)

인버터의 주파수 특성을 이용한 마이크로스트립 대역통과 여파기의 설계

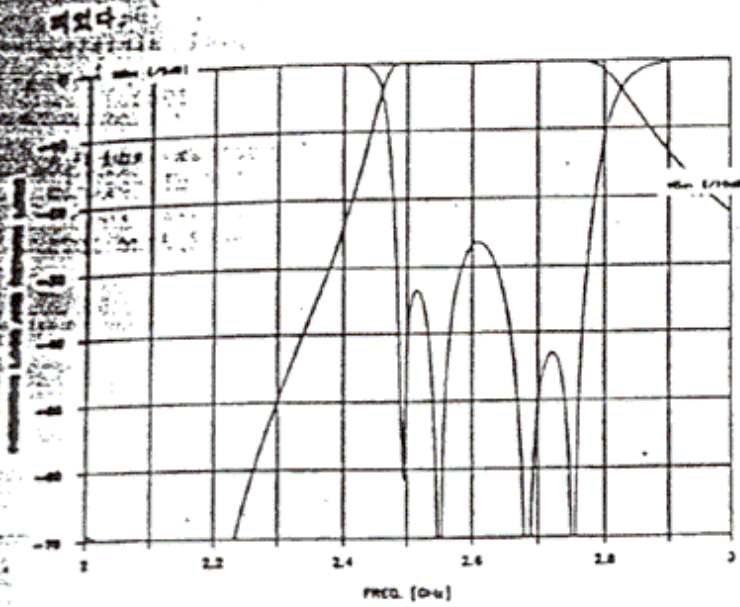


그림 4. 최적화한 후의 여파기 특성 (Q=∞)

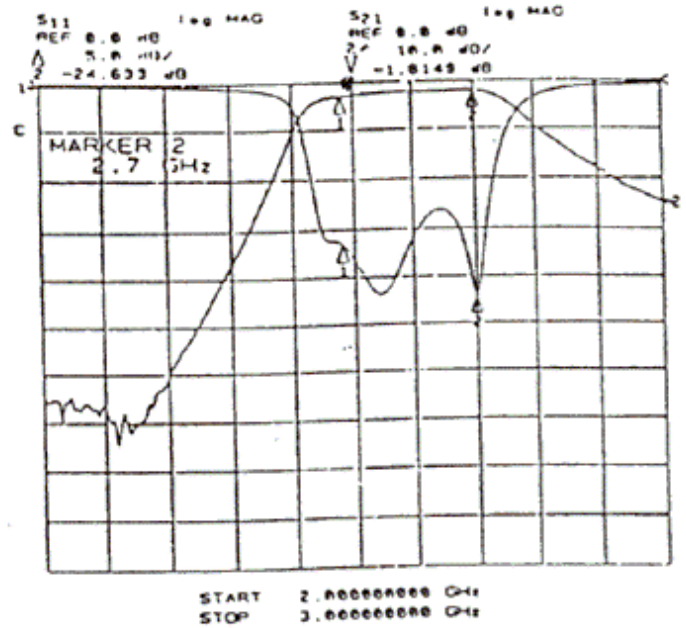


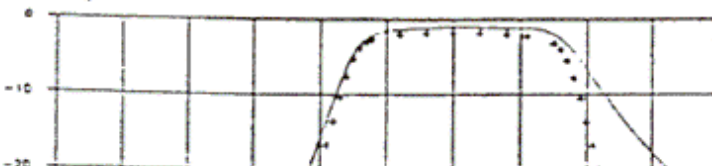
그림 6. 추정에 의한 대역통과 여파기 특성

III. 컴퓨터 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 5의 시뮬레이션 결과와 같이 인버터가 갖는 특성 임피던스의 주파수 단락특성을 이용하면 4단 여파기의 특성으로도 6단 여파기의 원하는 저지대역에서의 여파 특성을 낼 수 있음을 알 수 있다.

이렇게 단수를 줄임으로써 삽입손실도 1dB 정도 개선된 것을 볼 수 있다.

실험은 상대유전율 9.7인 알루미늄 기판에 중심주파수 2.59GHz, ripple 대역폭이 8.5x인 여파기를 DuPont 9770 Silver Paste로 Screen 인쇄하여 실험한 결과는 그림 6과 같다.



IV. 결론

변형된 대역통과 여파기의 동기피모를 통하여 대역폭을 40x까지 확장 가능 할 뿐 아니라 인버터가 갖는 특성 임피던스의 주파수 단락특성을 이용할 수 있어서 여파기의 소형화를 이룰 수 있다.

이렇게 인버터가 갖는 특성 임피던스의 주파수 단락특성을 이용하여 강제적으로 원하는 저지대역 특성을 만들어도 6단 여파기의 저지특성을 낼 수 있음을 확인할 수 있었고 삽입 손실도 약 1dB 개선 하였다.

V. 참고 문헌

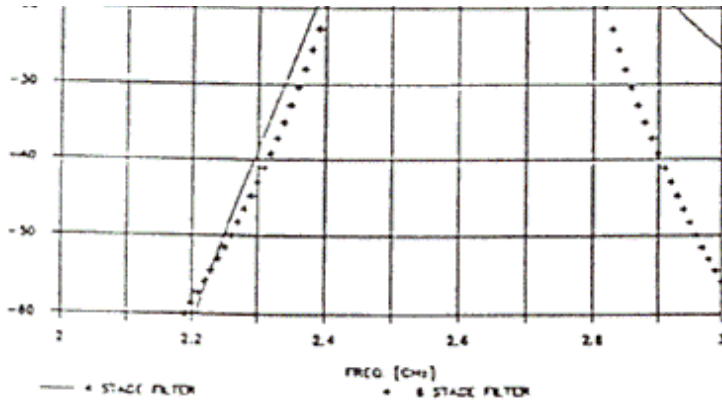


그림 5. Q=160을 고려한 4단과 6단 여파기의 특성

[1] S.B. Cohn, "Parallel-coupled transmission - line - resonator filters," *IRE Trans. Micro - Wave Theory Tecch.*, vol. MTT-6, pp.223 - 232, April 1958.

[2] M. Makimoto and S.Yamashita, "Strip-line resonator filter having multi-coupled section," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.* Boston, pp.92-94, May 31-June 3, 1983.

[3] C.Y. Ho and J.H. Weidman, "Improved design of parallel coupled line filter with tapped input/output," *Microwave Journal*, pp.127-130, Oct. 1983.

[4] J.S.Wong, "Microstrip tapped-line filter design," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-27, pp.44-50, Jan. 1979.

[5] G.L. Matthaei, L. Young and E.M.T. Jones, *Microwave Filters, Impedance - Matching Networks, and Coupling Structures*. Dedham: Artech House, pp.100-102, 1980.

[6] M.Makimoto and S.Yamashita, "Bandpass filter using parallel coupled stripline SIR," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol MTT-28, pp.1413-1417, Dec. 1980.

[7] S. Akhtarzad, T. R. Rowbotham and P.B. Johns, "The design of coupled microstrip lines," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-23, pp.486-492, June 1975.