

대칭적인 감쇠 특성을 갖는 대역 통과 여파기

A New Band-Pass Filter with Symmetrical Attenuation Characteristics

배주석 · 임종식 · 김귀수 · 안 달

Juseok Bae · Jongsik Lim · Kwisoo Kim · Dal Ahn

요 약

본 논문에서는 어드미턴스 인버터로 구성된 대역 통과 여파기의 주파수 응답 특성을 고찰하고, 그 결과 통과 대역을 중심으로 하여 상·하측 주파수 저지 대역의 신호 감쇠 특성이 비대칭임을 확인한다. 인버터로 구성된 대역 통과 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성을 개선하기 위해 변형된 회로의 구조와 설계식을 제안한다. 제안된 회로 구조와 설계식을 이용하여 대역 통과 여파기를 설계하고, 설계된 여파기의 특성을 시뮬레이션 및 실험을 통하여 비대칭적인 감쇠 특성이 최적화 설계 기법이나 반복 설계 및 실험 과정 없이 보정됨을 확인한다.

Abstract

In this paper, Characteristics responded to frequency of a band-pass filter with admittance inverters(J-inverters) is considered. As a result, it is confirmed that attenuation characteristics of upper and lower frequency is asymmetric. And a modified circuit and design formulas are proposed to improve the asymmetric attenuation characteristics. By confirming the simulated and measured results that are got from designed and made a experiment on the band-pass filter with the proposed circuit and formulas for design, we confirm that the asymmetric attenuation characteristics of the band-pass filter are improved without any optimization or iterative design procedures and additional calculation efforts.

Key words : Band-Pass Filter, Admittance Inverter(J-Inverter), Attenuation Characteristic

I. 서 론

일반적인 대역 통과 여파기 설계에는 저역 통과 원형 여파기로부터 주파수 변환 특성을 이용하여 설계된다. 고주파 회로 설계시 발생하는 문제점과 제약을 해결하고, 단일 공진 회로 구조의 대역 통과 여파기를 설계하기 위해 인버터 이론을 이용한 설계 방법이 사용된다^{[1],[2]}. 구현하고자 하는 여파기의 인버터의 구조에 따라 다양한 설계식과 함께 응용 회로의 제작이 가능하며, 주파수 응답 특성 또한 다양하게 나타난다^[3]. 인버터 구조 대역 통과 여파기의 주파수 응답 특성을 크게 두 부류로 나눌 수 있는데, 첫째 여파기의 통과 대역을 중심으로 상측 신호 저

지 대역의 감쇠 특성이 하측 신호 저지 대역의 감쇠 특성에 비해 저조한 경우이고, 다른 하나는 이와 반대의 경우이다. 이러한 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성의 원인은 회로 구성에 사용되는 인버터에 저역 통과 여파기 특성 또는 고역 통과 여파기 특성이 내포되어 있기 때문이다. 대역 통과 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성은 회로 설계시 추가적인 공진 회로가 요구되고 여파기의 주파수 선택도를 저하시키는 문제점을 야기한다^[4]. 인버터를 갖는 대역 통과 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성을 개선하기 위해 2가지 종류의 인버터를 혼합하여 사용하는 방법이 기존에 이용된다. 이러한 복합 인버터 구조로 여파기를 설계할 경우, 상·하측 주파수 대역의 신호 감쇠 특성

「본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 최우수 실험실지원사업의 연구 결과입니다.」

순천향대학교 전기통신공학과(Department of Electrical Communication Engineering, SoonChunHyang University)

· 논문 번호 : 20080523-11S

· 수정완료일자 : 2008년 8월 1일

을 대칭적으로 유지할 수 있으나, 양측 저지 대역의 감쇠 특성이 매우 완만하여 주파수 선택도가 낮은 단점을 가지고 있다. 또한, 복합 인버터 구조는 단일 인버터 구조보다 회로를 구성하는 각 소자들 값의 차이가 크다. 구성 소자들 값의 차이가 큰 회로의 경우, 회로 설계시 다양한 특성의 회로를 구현하는데 있어서 많은 제약을 받는다. 또 다른 기존의 개선 방법으로, 시뮬레이션 툴을 이용한 최적화 설계 기법 혹은 반복 설계 및 실험을 통한 설계 기법이 있다. 하지만 최적화 설계 기법의 경우, 설계자에게 많은 설계 시간과 노력이 요구되고, 반복 설계 기법은 많은 시간과 노력뿐만 아니라 제작 횟수 증가로 인한 높은 제작비가 요구되는 단점을 가진다^[5]. 본 논문에서는 J-인버터 구조를 갖는 대역 통과 여파기의 상·하측 주파수 대역의 대칭적인 감쇠 특성을 얻기 위해 변형된 회로 구조의 대역 통과 여파기를 제안하고, 그에 따른 설계식을 유도한다. 제안된 회로 구조와 유도된 설계식의 타당성을 시뮬레이션 및 실험을 통해 증명한다.

II. 인버터 구조의 대역 통과 여파기

그림 1은 병렬 공진 회로 구조를 갖는 대역 통과 여파기 구현시 이용되는 J-인버터 회로를 나타낸다. 그림 1의 영상 어드미턴스와 영상 위상은 식 (1), (2)와 같다^[3].

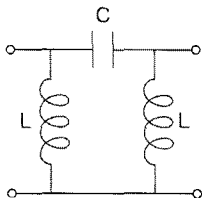


그림 1. 집중 소자로 구성된 J-인버터 회로
Fig. 1. A J-inverter circuit using lumped elements.

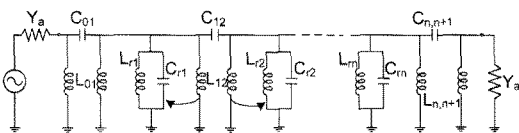


그림 2. 그림 1의 인버터 구조의 대역 통과 여파기
Fig. 2. A band-pass filter with the J-inverter shown in Fig. 1.

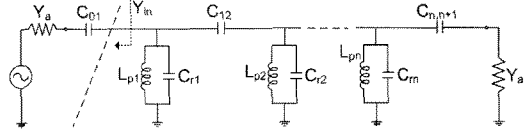


그림 3. 그림 2로부터 전체 결합된 대역 통과 여파기
Fig. 3. A capacitive-coupled band-pass filter from Fig. 2.

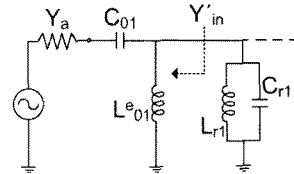


그림 4. 그림 3 첫 번째 인버터단의 변형 구조
Fig. 4. A transformed structure of the first J-inverter shown in Fig. 3.

$$Y_I = J = \sqrt{C/L} \quad (1)$$

$$\beta = 2 \sin^{-1} \sqrt{\frac{1}{2\omega^2 LC}} \quad (2)$$

그림 2는 그림 1 형태의 인버터를 이용하여 구현된 대역 통과 여파기를 나타낸다. 그리고 그림 2 회로를 그림 3 형태의 대역 통과 여파기로 구현하기 위해서는 그림 2의 회로표 같이 각 인버터 단의 인덕턴스 성분을 공진 회로에 포함하여 소거하고, 첫 번째 인버터단과 마지막 인버터단의 인덕턴스 성분은 직접 제거시키는 것이 불가능하므로 그림 4와 같이 변형된 등가회로를 이용한다^[3]. 그림 3과 그림 4에서 두 회로의 입력 어드미턴스 Y_{in} 과 Y'_{in} 이 같다면 그림 4의 유효 인덕턴스 성분을 계산하여 첫 번째 공진기에 포함시킴으로써 그림 3의 형태로 변형할 수 있다. 먼저, 그림 4에서 입력 어드미턴스 Y'_{in} 을 구하면,

$$Y'_{in} = \frac{(\omega C_{01})^2 / Y_a}{1 + (\omega C_{01} / Y_a)^2} + \frac{j\omega C_{01}}{1 + (\omega C_{01} / Y_a)^2} - \frac{j}{\omega L_{01}} \quad (3)$$

식 (3)과 같이 나타낼 수 있고, Y_{in} 은 식 (4)와 같이 표현된다.

$$Y_{in} = J_{01}^2 / Y_a \quad (4)$$

따라서 두 식이 같기 위해서는 각각의 실수부와

허수부가 동일해야 하므로 등가회로 조건에 의해 아래와 같이 소자값을 유도할 수 있다.

$$C_{01} = \frac{J_{01}/\omega_0}{\sqrt{1-(J_{01}/Y_a)^2}}$$

$$C_{i,j+1} = \frac{J_{i,j+1}}{\omega_0}$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1) \quad (5)$$

$$C_{n,n+1} = \frac{J_{n,n+1}/\omega_0}{\sqrt{1-(J_{n,n+1}/Y_a)^2}}$$

$$L_{01}^e = \frac{1+(\omega C_{01}/Y_a)^2}{\omega^2 C_{01}} \quad (6)$$

여기서 인버터단에 인덕터를 포함시킨 병렬 공진 회로의 최종 인덕턴스는 아래와 같다.

$$\frac{1}{L_{p1}} = \frac{1}{L_{r1}} + \frac{1}{L_{01}^e} + \frac{1}{L_{12}}$$

$$\frac{1}{L_{pk}} = \frac{1}{L_{rk}} + \frac{1}{L_{k-1,k}} + \frac{1}{L_{k,k+1}}$$

$$(k=1, 2, \dots, n-1)$$

$$\frac{1}{L_{pn}} = \frac{1}{L_{rn}} + \frac{1}{L_{n-1,n}} + \frac{1}{L_{n,n+1}^e} \quad (7)$$

2-2 시뮬레이션 및 실험

본 장에서는 그림 3 구조 대역 통과 여파기의 주파수 응답 특성을 확인하고자, 설계, 시뮬레이션 및 측정을 하였다. 설계 사양은 아래와 같다.

- 통과 대역: 200~250 MHz
- 단수(N): 5
- 리플(ripple): 0.01 dB
- 입·출력 임피던스: 50 Ω

위 설계 사양을 바탕으로 시뮬레이션 및 실험 결과는 그림 9와 그림 10에 나타내었다. 그림 1 형태의 인버터를 이용하여 대역 통과 여파기를 설계할 경우, 통과 대역을 기준으로 하여 상측 주파수 저지 대역의 감쇠 특성이 하측 주파수 저지 대역에 비해 저조한 것을 확인할 수 있다. 이것은 그림 1 인버터가 병렬 인덕터-직렬 커패시터-병렬 인덕터 순서로 결합된 구조로써 저역 통과 여파기 특성을 내포하고 있기 때문이다.

III. 인버터 구조 대역 통과 여파기의 병렬 공진 회로

본 장에서는 인버터 구조 대역 통과 여파기를 구성하는 병렬 공진 회로의 주파수 응답 특성을 고찰하고, 기존 인버터로 구성된 대역 통과 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성을 개선시킬 수 있는 변형된 구조의 병렬 공진 회로를 제안한다.

3-1 기존 대역 통과 여파기의 병렬 공진 회로

그림 5의 병렬 공진 회로는 인버터로 구성된 대역 통과 여파기를 구성하는 회로로써, 여파기의 주파수 응답 특성을 조절하기 위해 고찰되어야 한다. 식 (8)은 공진 회로의 입력 임피던스이고, 식 (9)는 매우 높은 주파수에서의 공진 회로 특성을 나타낸 것이다.

$$Z_{in1} = 1 / \left(j\omega C_r + \frac{1}{j\omega L_r} \right) \quad (8)$$

$$Z_{in1} \approx 1 / j\omega C_r \quad (9)$$

두 식은 공진 회로의 커패시턴스가 기존 대역 통과 여파기의 고주파 영역 동작 특성에 영향을 미치는 것을 보여준다. 또한 이를 통해, 상측 주파수 대역의 감쇠 특성 조정 가능성을 예상할 수 있다.

3-2 기존 대역 통과 여파기의 병렬 공진 회로

그림 6은 3-2장에서 고찰한 기존 인버터로 구성된 대역 통과 여파기의 병렬 공진 회로에 대응하는 고주파 영역에서의 동작 특성을 바탕으로 변형시킨 공진 회로이다. 기존 병렬 공진 회로의 커패시터에 인덕터를 직렬 결합함으로써 상측 주파수 대역의 감쇠 지점 ω_r 혹은 f_r 를 설정할 수 있다.

IV. 개선된 감쇠 특성의 대역 통과 여파기

4-1 설계 이론

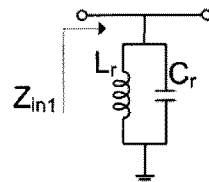


그림 5. 기존 인버터 구조 대역 통과 여파기의 병렬 공진 회로

Fig. 5. A parallel resonator of the conventional inverter structure band-pass filter.

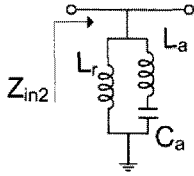


그림 6. 제안된 기준 인버터 구조 대역 통과 여파기의 병렬 공진 회로

Fig. 6. A parallel resonator of the proposed inverter structure band-pass filter.

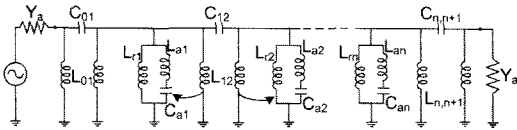


그림 7. 대칭적인 감쇠 특성을 갖는 대역 통과 여파기
Fig. 7. A band-pass filter with symmetrical attenuation characteristics.

그림 7은 그림 3 구조 대역 통과 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성을 개선하기 위해 제안된 구조이고, 이것은 그림 8과 같이 전계 결합한 형태로 표현 가능하다. 그림 7의 경우, 그림 3 회로에 나타난 병렬 공진기의 캐패시터 부분에 인덕터가 직렬 연결된 형태이다. 이것은 3장에서 언급한 바와 같이, 병렬 공진 회로의 주파수에 따른 동작 특성을 바탕으로 변형된 구조이고, 높은 주파수 영역의 저조한 감쇠 특성을 개선하기 위해 새로운 공진 주파수 지점을 설정하기 위함이다. 본 논문에서는 이 공진 주파수 지점을 ω_r 혹은 f_r 이라 명명하였다. 그림 7의 병렬 공진기에 의한 ω_0 (중심 각주파수)와 ω_r 의 관련 식은 식 (10)과 같고, 식 (10)을 통해 유도된 L_{as} , C_{as} 의 관련 식은 식 (11)에 나타낸다.

$$\omega_r = \sqrt{1/(L_{as} \times C_{as})}$$

$$\omega_0 = \sqrt{1/C_{as}(L_{as} + L_{rs})}$$

$$(s = 1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

$$L_{as} = \frac{L_{rs}}{(\omega_r^2/\omega_0^2) - 1} \quad C_{as} = \frac{1}{\omega_r^2 L_{as}} \quad (11)$$

그리고 그림 7 여파기의 병렬 공진 회로 입력 서셉턴스는 식 (12)와 같고

$$B_{rj} = \frac{1}{\omega L_{rj}} + \frac{1}{\omega L_{aj} - \frac{1}{\omega C_{aj}}}$$

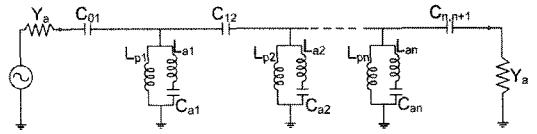


그림 8. 그림 7로부터 전계 결합된 대역 통과 여파기
Fig. 8. A capacitive-coupled band-pass filter from Fig. 7.

$$= \frac{\omega \left(\omega C_{aj} - \frac{1}{\omega(L_{aj} + L_{rj})} \right)}{\omega^2 \frac{L_{rj} L_{aj}}{L_{aj} + L_{rj}} \left(\frac{1}{\omega L_{aj}} - \omega C_{aj} \right)} \quad (12)$$

식 (12)는 식 (10)을 이용하여 식 (13)으로 표현된다.

$$B_{rj}(\omega) = \frac{\left(\frac{\omega_0}{\omega_\infty} \right) \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}{\omega \frac{L_{rj} L_{aj}}{L_{aj} + L_{rj}} \left(\frac{\omega_\infty}{\omega} - \frac{\omega}{\omega_\infty} \right)} \quad (13)$$

다음으로, 통과 대역 각주파수인 ω_1 과 ω_2 를 변수로 설정하여 식 (13)에 대입하면 식 (14)와 같다.

$$B_{rj}(\omega_1) = \frac{\left(\frac{\omega_0}{\omega_\infty} \right) \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_1} \right)}{\omega_1 \frac{L_{rj} L_{aj}}{L_{aj} + L_{rj}} \left(\frac{\omega_\infty}{\omega_1} - \frac{\omega_1}{\omega_\infty} \right)}$$

$$B_{rj}(\omega_2) = \frac{\left(\frac{\omega_0}{\omega_\infty} \right) \left(\frac{\omega_2}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_2} \right)}{\omega_2 \frac{L_{rj} L_{aj}}{L_{aj} + L_{rj}} \left(\frac{\omega_\infty}{\omega_2} - \frac{\omega_2}{\omega_\infty} \right)} \quad (14)$$

식 (14)는 식 (15)와 같은 주파수 매핑 함수 관계에 따라, 식 (16)과 같이 매핑 각주파수로 구성된 중심 각주파수 공식이 유도된다.

$$B_{rj}(\omega_1) + B_{rj}(\omega_2) = \{ (-\omega_1) \times g_k \} + \{ \omega_1 \times g_k \} = 0 \quad (15)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\omega_\infty^2 \omega_1 \omega_2 - \omega_1^2 \omega_2^2}{\omega_\infty^2 - \omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 - \omega_1^2}} \quad (16)$$

유도된 식 (10), (11), (16)을 기준 대역 통과 여파기의 식 (5)~(7)에 대입함으로써, 그림 8에 나타난 대역 통과 여파기의 각 소자값이 구해진다.

4-2 시뮬레이션 및 실험

본 장에서는 그림 8 구조를 갖는 대역 통과 여파기의 주파수 응답 특성을 확인하고자, 설계, 시뮬레이션 및 실험을 하였다. 설계 사양은 2-2장에 언급한

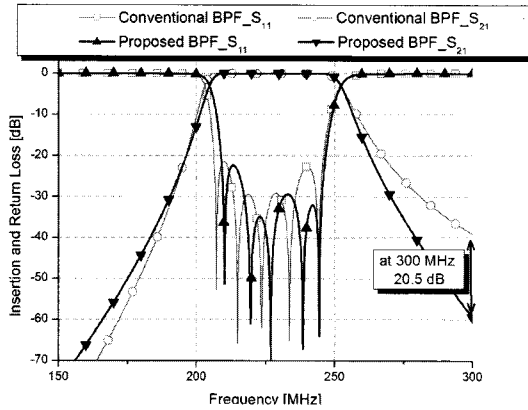


그림 9. 시뮬레이션 결과 비교
Fig. 9. Simulated results of the band-pass filters.

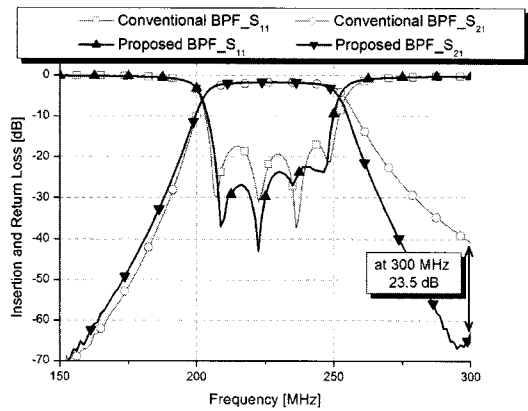


그림 10. 측정 결과 비교
Fig. 10. Measured results of the band-pass filters.

기존 인버터 구조 대역 통과 여파기의 설계 사양과 동일하고, 상측 주파수 저지 대역 감쇠 특성을 개선하기 위한 공진 주파수 f_r 은 상측과 하측 감쇠 특성

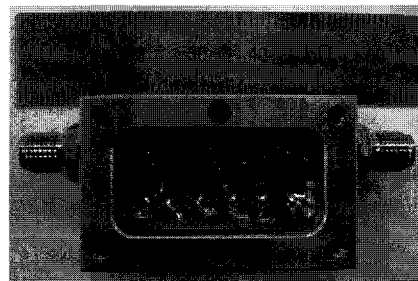
의 대칭성을 고려하여 375 MHz로 설정하였다. 설계된 대역 통과 여파기의 파라미터 값은 표 1에 정리하였고, 시뮬레이션 및 실험에 관한 주파수 응답 특성은 그림 9와 그림 10에 기존 대역 통과 여파기의 주파수 응답 특성과 비교하여 나타낸다. 기존 대역 통과 여파기의 비대칭적인 감쇠 특성이 본 논문에서 제안된 회로와 설계식을 통해 개선됨을 확인할 수 있다. 그림 9의 시뮬레이션 비교 결과, 300 MHz에서의 감쇠 특성이 20.5 dB 개선되고, 그림 10의 측정 결과에서는 23.5 dB 개선된다. 그림 11은 제작된 기존의 인버터 구조 대역 통과 여파기와 본 논문에서 제안한 인버터 구조 대역 통과 여파기의 사진이다. 회로 제작시 캐패시터는 칩타입의 캐패시터(1.6×0.8 mm)를 이용하였고, 인덕터는 코어($\mu=1.0$, $\phi=3.7$ mm)와 코일($\phi=0.23$ mm)을 이용하여 구현하였다. 그림 11(b)와 같이 기존 대역 통과 여파기와 동일한 크기의 지그 공간에 제작된 제안된 대역 통과 여파기는 소자 개수의 증가로 인해, 제작시 소자들 간의 기생 결합에 더욱 유의해야만 한다. 또한, 여파기의 설계 주파수를 본 논문에서의 설계 주파수보다 높게 설정할 경우, 소자 사이의 기생 결합이 심해져 제안된 대역 통과 여파기의 지그 크기가 기존 대역 통과 여파기의 지그 크기에 비해 커질 것으로 사료된다.

V. 결 론

대역 통과 여파기 설계시, 사용되는 인버터의 경우 각 구조마다 다른 특성을 내포하고 있기 때문에 설계된 여파기의 특성 결정에 영향을 미친다. 본 논문에서는 기존에 제시된 J-인버터 구조를 이용하여



(a) 기존의 대역 통과 여파기
(a) The conventional band-pass filter



(b) 제안된 대역 통과 여파기
(b) The newly proposed band-pass filter

그림 11. 일반적인 구조 및 제안된 구조의 대역 통과 여파기 사진
Fig. 11. Photographs of the conventional and proposed band-pass filters.

표 1. 제안된 대역 통과 여파기와 기존 대역 통과 여파기의 소자값 비교

Table 1. Comparative data of conventional and proposed band-pass filter's elements-value.

제안된 인버터 적용 대역 통과 여파기				기존 인버터 적용 대역 통과 여파기		
$C_{01}=C_{56}$ [pF]	$L_{p1}=L_{p5}$ [nH]	$L_{a1}=L_{a5}$ [nH]	$C_{a1}=C_{a5}$ [pF]	$C_{01}=C_{56}$ [pF]	$L_{p1}=L_{p5}$ [nH]	$C_{r1}=C_{r5}$ [pF]
24.52	13.50	13.26	14.00	15.00	12.28	25.33
$C_{12}=C_{45}$ [pF]	$L_{p2}=L_{p4}$ [nH]	$L_{a2}=L_{a4}$ [nH]	$C_{a2}=C_{a4}$ [pF]	$C_{12}=C_{45}$ [pF]	$L_{p2}=L_{p4}$ [nH]	$C_{r2}=C_{r4}$ [pF]
8.047	13.67	13.26	14.00	5.701	14.48	25.33
$C_{23}=C_{34}$ [pF]	L_{p3} [nH]	L_{a3} [nH]	C_{a3} [pF]	$C_{23}=C_{34}$ [pF]	L_{p3} [nH]	C_{r3} [pF]
5.572	14.68	13.26	14.00	3.948	15.25	25.33

여파기를 설계, 시뮬레이션 및 실험을 하였고, 이에 따른 주파수 응답 특성을 고찰하였다. 그 결과, 대역 통과 여파기의 감쇠 특성이 비대칭적으로 나타남을 확인하고, 이를 개선하기 위한 회로 구조와 설계식을 제안하였다. 제안된 회로 구조와 설계식을 바탕으로 여파기 설계, 시뮬레이션 및 실험을 하여 개선된 감쇠 특성을 확인하였다. 유도된 설계식을 이용하여 대칭적인 감쇠 특성을 갖는 대역 통과 여파기를 적정화 과정 없이 설계할 수 있기 때문에 기존의 반복적인 설계 기법과 시뮬레이션 툴을 이용한 최적화 기법의 문제점을 보완하였다. 그리고 제안된 대역 통과 여파기의 감쇠 특성이 매우 우수하기 때문에 높은 주파수 선택도를 요구하는 무선 통신 시스템에 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

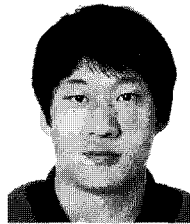
- [1] George L. Mattaei, Leo Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks and Coupling Structures*, Artech Hoise, pp. 181-185, 1980.
- [2] George L. Mattaei, Leo Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks and Coupling Structures*, Artech Hoise, pp. 431-434, 1980.
- [3] 안 달, 이동환, 류대원, 강현택, 박준석, "인버터 구조에 따른 여파기 특성 변화에 관한 연구", 통신학회, 18(1), pp. 760-763, 1998년.
- [4] Juseok Bae, Dongjin Jung, Yongbeom Kim, Jongsik Lim, Kwisoo Kim, Kwansun Choi, Sunju Park, and Dal Ahn, "A new wide bandpass filter design with symmetrical attenuation characteristics", *Proceeding of Asia-Pacific Microwave Conference 2007*, pp. 1371-1374, 2007.
- [5] Jia-Sheng Hong, M. J. Lancaster, *Microwave Filters for RF/Microwave Applications*, John Wiley & Sons, pp. 306-311, 2001.

배 주 석



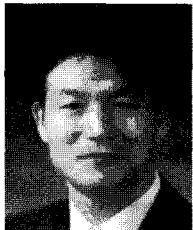
2006년 2월: 순천향대학교 정보기술
공학부 (공학사)
2006년 3월~현재: 순천향대학교 전
기통신공학과 석사과정
[주 관심분야] RF, 마이크로파 수동
및 능동소자 설계 해석 등

김 귀 수



2004년 2월: 순천향대학교 정보기
술공학부 (공학사)
2006년 2월: 순천향대학교 전자공
학과 (공학석사)
2006년 3월~현재: 순천향대학교 전
기통신공학과 박사과정
[주 관심분야] RF, 마이크로파 수
동/능동 소자 해석 및 설계, 주기구조의 모델링 및 회로
응용 등임

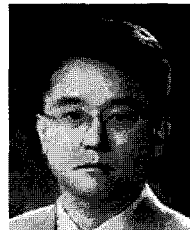
임 종 식



1991년 2월: 서강대학교 전자공학
과 (공학사)
1993년 2월: 서강대학교 전자공학
과 (공학석사)
2003년 2월: 서울대학교 전기컴퓨터
공학부 (공학박사)
1993년 2월~1999년 3월: 한국전자

통신연구원 위성통신기술연구단, 무선방송기술연구소
선임연구원
2003년 3월~2003년 7월: 서울대학교 BK21 정보기술사
업단 박사후 연구원
2003년 7월~2004년 9월: 특허청 특허심사관
2004년 9월~2005년 2월: 한국전자통신연구원 디지털방
송통신구단 전파기술연구그룹 선임연구원
2005년 3월~현재: 순천향대학교 전기통신공학과 교수
[주 관심분야] 초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동
소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로
응용 등임

안 달



1984년 2월: 서강대학교 전자공학
과 (공학사)
1986년 2월: 서강대학교 전자공학
과 (공학석사)
1990년 8월: 서강대학교 전자공학
과 (공학박사)
1990년 8월~1992년 2월: 한국전자

통신연구원 선임연구원
1992년 3월~현재: 순천향대학교 전기통신공학과 교수
[주 관심분야] RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등
임