

통과대역 보상을 위한 2단 대역통과 여파기에 대한 연구

A study on 2-order BPF for improvement of passband flatness

문수덕 최경 황희용, 강원대학교 전기전자 정보통신공학부
 Soo deok Moon, Kyoung Choi, Hee yong Hwang
 Dept. of Electrical and Computer Eng. Kangwon National University

Abstract

본 논문은 낮은 품질계수의 공진기를 사용한 여파기의 통과대역 평탄도를 개선하기 위한 2단 상보 여파기의 설계를 연구하였다. 품질계수로 인해 상보 여파기 평탄도 특성 변화를 고려하여 낮은 품질계수의 공진기를 사용하고, 기존의 여파기 설계공식에 그대로 적용할 수 있는 상보 여파기의 설계변수를 제시하였다. 제시한 설계변수로 상보 여파기를 설계하여 전체적인 통과 대역 평탄도를 1dB 이내로 만들 수 있었다.

Keywords

flatness passband, amplitude equalizer, low Q resonator

I. 서 론

오늘날 이동통신 서비스는 개인용 휴대형 단말기 보급의 양적 성장에 따라 품질경쟁과 고객의 기대수준 상승으로 각종 대형 건물내부, 지하 등에 까지 이동통신 서비스를 요구하고 있다. 그러므로 여파기의 주파수 선택도에 대한 요구가 엄격해지고 있다. 주파수 선택도는 여파기의 단수를 증가시키면 어느 정도 해결할 수 있지만, 대부분의 이동통신 시스템의 여파기는 크기가 작기 때문에 낮은 품질계수를 갖는 공진기를 사용하게 된다. 이는 본질적으로 여파기의 통과대역 평탄도를 훼손되게 한다. 여파기 단수의 증가함으로써 통과 대역의 평탄도는 더욱 심하게 훼손되어 채널간의 전력 차로 인해 중계기의 품질이 손상될 수

있다. 이와 같은 문제는 훼손된 여파기의 평탄도를 보상할 수 있는 새로운 여파기 블록의 직결에 의해 해결 방법이 제시되었다^[1].

이 방법을 통하여 통과대역의 평탄도를 크게 개선시킬 수 있다. 그러나 상보 여파기 설계에 대해 정형화된 설계변수가 제시되지 않았다. 그러므로 상보 여파기를 쉽게 설계할 수 있도록 훼손된 필터와 보상 여파기간의 관계를 정형화시키는 연구가 필요하다.

본 논문에서는 훼손된 필터의 평탄화가 필요한 대역폭에서 통과대역 평탄도를 1dB이하로 쉽게 구현할 수 있도록 상보여파기의 특성을 연구하였다.

II. 본 론

1. 평탄도 개선 여파기

손실이 큰 여파기의 일반적인 주파수 특성은 그림 1과 같이 볼록한 형태를 갖게 된다. 여파기의 품질계수가 낮아질수록 통과대역 평탄도는 더욱 나빠지게 된다.

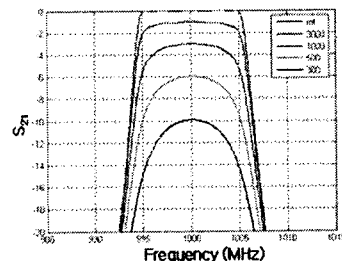


그림 1. 품질계수 따른 통과대역 훼손된 평탄도
 Fig 1. Flatness degradation by various Quality factors

이러한 둥근모양의 훼손된 여파기에 상보적인 오

목한 모양의 보상 여파기를 직렬로 결합하여 통과대역 평탄도와 천이영역 특성을 개선될 수 있다^[1]. 통과대역에서의 훼손된 여파기의 곡률과 상보여파기의 곡률이 서로 일치할 때 평탄도는 가장 좋은 특성을 나타낸다.

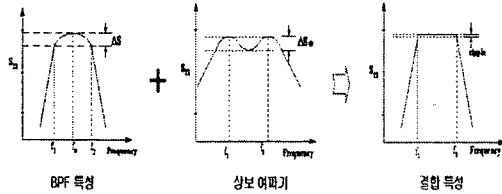


그림 2. 평탄도 개선 여파기
Fig 2. Theory of BPF improved passband flatness

이 상보 여파기는 2단이나 4단 등 짝수의 공진기로 구성할 수 있는데 체비세프 함수를 이용한 어드미턴스 인버터를 이용해 일반적으로 설계할 수 있다^[2].

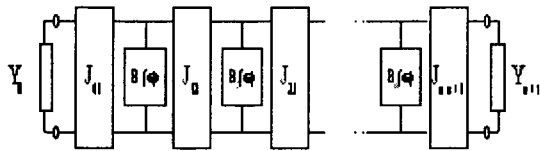


그림 3. 어드미턴스 인버터를 이용한 BPF
Fig 3. A BPF with admittance inverters

$$J_{0,1} = \sqrt{\frac{Y_0 W \delta_1}{\omega_1' g_0 g_1}} \quad (1)$$

$$J_{j,j+1} = \frac{W}{\omega_1'} \sqrt{\frac{\delta_j \delta_{j+1}}{g_j g_{j+1}}} \quad j = 1, \dots, n-1 \quad (2)$$

$$J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{Y_{n+1} W \delta_n}{\omega_1' g_n g_{n+1}}} \quad (3)$$

여기서 상보여파기의 리플 ΔS_e 는 체비세프 함수의 리플 값으로 정의하고, 식 (1)~(3)을 이용해서 어드미턴스 인버터 BPF를 구현한다.

1. 평탄도 개선 여파기

본 논문에서는 세라믹 공진기의 용량성 결합으로 2단 상보 여파기를 설계 할 것이다. 그림 4는 상보 여파기의 등가 회로를 나타내었다.

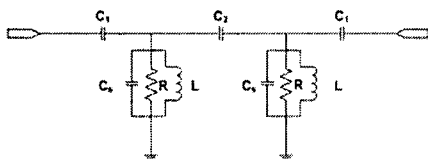


그림 4. 상보 여파기 등가회로
Fig 4. Equivalent circuit of equalizer

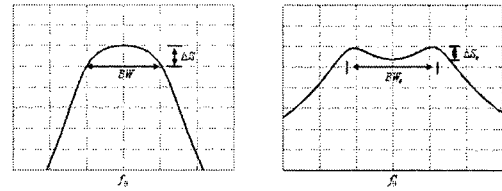


그림 5. 훼손된 여파기와 상보 여파기의 주파수 특성
Fig 5. Frequency characteristic of the BPF degraded and equalizer

그림 5는 상보 여파기의 주파수 특성을 나타내었는데 설계된 대역폭은 BW_e 이고, 리플값은 ΔS_e 이다.

$$f_0 = f_0 \quad (4)$$

$$\Delta S_e \approx 0.7 \Delta S \quad (5)$$

$$BW_e = 1.67 BW \quad (6)$$

여기서 식 (4)에서 훼손된 필터의 중심주파수와 상보 여파기의 중심주파수가 같고, 식 (5)은 상보 여파기의 리플 값이 훼손된 여파기의 리플 값의 약 70%의 값을 갖을 때 가장 좋은 특성을 나타낸다. 식(6)에서 극점사이의 대역폭은 설계된 상보 여파기 대역폭의 약 70.5%의 값을 가지게 되는데 이는 훼손된 여파기의 대역폭의 1.67배가 되어야 한다. 이것을 이용해 필요한 상보 여파기의 대역폭을 쉽게 구할 수 있다.

여파기를 구성할 때 공진기의 품질계수가 높아질수록 부피가 커지고 가격도 올라간다. 따라서 경쟁력을 갖는 상보 여파기를 구현하기 위해서는 낮은 품질계수를 갖는 공진기를 쓰는 것이 유리하다. 그러나 낮은 품질계수에 따른 평탄도 훼손을 고려해 줘야 한다. 낮은 품질계수를 갖는 공진기를 사용한 상보 여파기는 ΔS_e 값이 변화하게 된다.

이러한 평탄도 변화는 대역폭에 커다란 영향을 받는다. 그림 6은 각 대역폭과 품질계수에 따른 정형화된 리플 값을 나타낸 것이다. 대역폭이 늘어날수록 품질계수에 따른 리플 값이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이 그래프를 이용하여 정해진 품질계수를 갖는 공진기를 사용해 설계된 여파기의 설계 리플 값이 실

제 훼손된 정도를 파악할 수 있다.

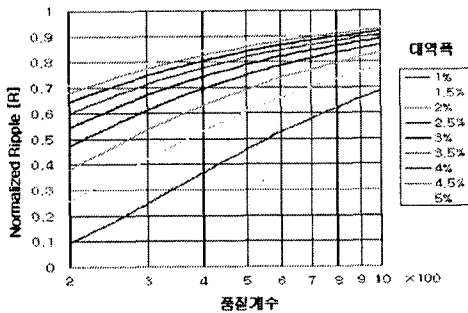


그림 6. 품질계수와 대역폭에 따른 정형화된 리플값
Fig 6. The normalized ripple by various quality factors and bandwidths

$$Ripple = \frac{\Delta S_e}{R} \quad (7)$$

품질계수로 인해 훼손된 상보여파기의 리플은 그림 6에서 정형화된 리플 값을 식 (7)에 대입하여 구할 수 있다.

상보 여파기는 통과 대역에서 훼손된 여파기와의 정합이 되지 않기 때문에 반사특성이 나빠지게 되므로 그림 8의 전체 블록도와 같이 증폭기회로와 감쇄 회로를 상보 여파기 전후로 배치하여 전체 노이즈 (Noise figure)와 입력 및 출력의 반사 계수(return loss) 특성을 유지할 수 있다^[1]. 그러나 본 논문에서는 훼손된 여파기와 상보여파기의 결합특성만을 알아보기 위해 반사특성을 고려하지 않았다.

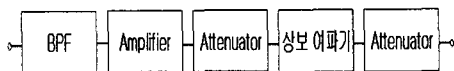


그림 7. 여파기 전체의 블록도
Fig 7. Block diagram of improved BPF

III. 결 과

본 논문에서는 훼손된 여파기와 상보 여파기와의 결합특성을 알아보기 위해서 식 (4)~(6)와 품질계수와 대역폭에 따른 리플 값에 관한 식 (7)을 이용하여 상보 여파기를 설계하고, 이를 훼손된 여파기에 직렬로 연결한다.

그림 8은 중심주파수가 850MHz이고 대역폭이 3%, 품질계수가 200인 체비셰프 5단 여파기의 주파

수 특성이다. 평탄도가 약 3dB로 심하게 훼손되어 있다.

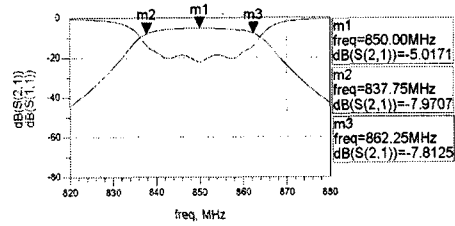


그림 8. 훼손된 여파기의 주파수 특성
Fig 8. Frequency characteristic of the degraded BPF

그림 9은 식 (4)~(7)를 이용해 품질계수가 200인 공진기로 구현된 상보여파기의 주파수 특성이다. 근사계산으로 인한 대역폭과 리플 값의 오차는 평탄도 변화에 크게 영향을 미치지 않는다.

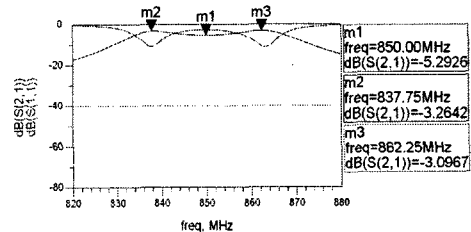


그림 9. 보상 여파기의 주파수 특성
Fig 9. Frequency characteristic of the equalizer

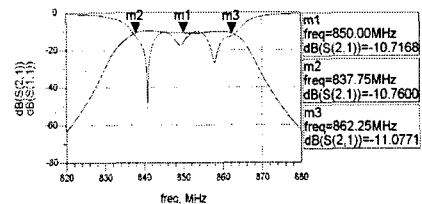


그림 10. 훼손된 여파기와 보상 여파기의 직렬 결합 주파수 특성
Fig 10. Frequency characteristic of cascaded BPF

그림 10은 훼손된 여파기와 보상 여파기를 직렬로 결합한 결과의 주파수 특성이다. 평탄도가 3dB로 훼손된 여파기의 출력이 상보 여파기를 통해서 평탄도가 1dB 내로 개선되었고, 천이 영역 특성도 향상된 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

제한된 품질계수를 갖는 공진기를 사용하는 통신

시스템에서 선택도를 높이기 위하여 여파기의 단수를 늘리게 된다. 그러나 공진기 낮은 품질계수로 인하여 여파기의 평탄도는 훼손 된다. 그를 개선하기 위한 보상 여파기가 연구가 되어왔다.

본 논문은 이 보상 여파기를 품질계수를 고려하여 정형화하려는 연구를 하였다. 여파기의 품질계수에 따라 상보 여파기의 곡률의 변화를 이용해 기존의 여파기 설계 식에 적용할 수 있는 보상 여파기의 설계 변수를 제시하였다. 제시된 설계 변수로 상보 여파기를 설계하여 전체적인 통과 대역 평탄도를 1dB 이내로 만들 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지원의 기초전력공학 공동연구소 (R-2003-0-291)의 지원으로 수행된 과제입니다.

[참고 문헌]

- [1] Hee Yong Hwang, Joong Seong Chung, Sang-won Yun, "A New Type Amplitude Equalizer for In-band Flatness Improvement", *Microwave Journal*. Vol.45, No.2, 2002.02.
- [2] G,Matthaei,et.al.,*Microwave Filters, Impedance Matching Networks, and Coupling Structures*. Artech House, pp. 429-434, 1980.
- [3] Robert E. Collin, *Foundations for microwave engineering 2-nd Edition*, McGraw-Hill, 1992.
- [4] Kai Chang, Inder Bahl, Vihay Nair, RF and microwave circuit and component design for wireless systems, Wiley, 2002.