

유전체 공진기를 이용한 대역 평탄도 개선용 V-shape RF Equalizer의 설계

°신재완, 정중성, 황희용, 김윤조, 류재수, 정승환, *윤상원
(주)아모텍. *서강대 전자공학과
sangclim@hotmail.com, amecs99@hanmail.net

A design of V-shape RF Equalizer using dielectric resonator

°Jae-Wan Shin, Joong-Sung chung, Hee-yong Hwang, Yun-Jo Kim,
Jae-Soo Ryu, Seoung-Hwan Jeoung, *Sang-Won Yon
AMOTECH Co, Ltd., *Dept. of Electronics Sogang Univ.

Abstract

A RF amplitude equalizer is designed to improve in-band flatness of RF filters and/or systems using two dielectric resonators and a 90° hybrid. The equalizer has good return loss characteristics and V shaped S_{21} response in passband which is suitable to compensate the ripple degradation due to insufficient quality factors of used resonators or narrow band width of filters or systems. After being connected to the equalizer, a 5-pole BPF at 1957MHz, which has 10 MHz bandwidth and 6dB ripple, shows only 1.8dB in-band ripple and good in- and out- band matched responses within used hybrid bandwidth without additional matching networks.

Key words : RF Amplitude Equalizer, Dielectric resonator, Flatness, Hybrid

1. 서론

정보화 사회로의 진입에 따라 이동 통신 시스템을 이용한 다양한 정보 전달방법과 함께 새로운 이동 통신 서비스에 대한 수요가 급증하고 있는 추세에 있다. 개인 휴대단말기의 수요 증가와 통신 서비스의 질적 향상을 위해 소형 중계기의 추가적인 설치 수가 늘어가고 있으며, 이렇게 여러 장소에서 사용되어지는 중계기의 출력 특성에 대한 요구 또한 엄격하다. 특히, 엄격한 주파수 선택도가 요구되는 중계기와 같은 시스템에서는 급격한 대역 간 격리 특성을 위하여 저지대역 감쇠특성이 우수한 대역통과 여파기 즉, 다단으로 구현된 대역통과 여파기를 채용해야 하는데 종래 기술을 이용하여 구현된 대역통과 여파기의 경우에는 리플값의 평탄도가 저하되어 주파수 채널간의 전력 차이가 발생하고 이는 중계기 시스템 전체의 성능을 저하시킨다. 이러한 문제는 중계기 시스템에 사용되는 여러 여파기의 대

역내 평탄도를 개선함으로써 해결이 가능하다. 이러한 통과 대역 평탄도를 개선하는 방법으로 대역폭이 넓은 여파기의 경우 2개의 공진기를 캐스케이드로 조합하여 M자 형태로 구현한 equalizer를 사용하여 대역의 평탄도를 개선시킬 수 있지만, 삽입손실과 반사손실의 증가가 매우 크기 때문에 추가적인 손실 보상회로와 정합회로가 필요하게 된다. 또한, 주파수가 높아지고 대역폭이 좁아질 경우 원하는 모양의 M자를 얻기 위해서 공진기의 무부하 품질계수가 높아져야하기 때문에 공진기 자체의 부피가 커지는 단점이 있다[1]. 본 논문에서는 낮은 품질계수를 갖는 공진기와 3-dB 하이브리드를 이용하여 삽입손실과 반사손실이 적은 역리플 발생기를 구현함으로써, 좁은 대역폭을 갖는 대역통과 여파기의 평탄도를 개선하였다.

2. 평탄도 개선용 Equalizer의 구조

일반적으로 대역통과 여파기는 여파기를 구성하는 공진기의 무부하 품질계수에 의해 통과대역내의 손실특성 및 저지대역 감쇠 특성 등이 결정된다. 즉, 품질계수가 높은 공진기를 이용하여 제작한 여파기는 더 작은 손실값과 급격한 감쇠특성을 얻을 수 있는 반면, 품질계수가 작은 공진기로 제작된 여파기는 통과대역내의 삽입손실이 증가하며 저지대역 감쇠특성이 저하된다. 또한 여파기 설계시 가장 많이 이용되는 체비세프나 버터워스 함수를 사용하여 설계된 이상적인 대역통과 여파기의 통과대역내의 리플값은 여파기의 단수에 무관하게 일정해야 한다[2]. 그러나 실제 대역통과 여파기를 구현할 경우에는 여파기를 구성하는 공진기의 사이즈에 따른 품질계수의 한계에 의해 여파기의 단수가 증가할수록 저지대역 감쇠특성은 개선되나 통과대역 내의 삽입손실 값이 증가하며 또한, 중심 주파수와 통과대역 양단에서의 리플값의 평탄도가 저하된다. 그 결과 대역통과 여파기의 통과대역 특성곡선은 그림 1과 같이 전체적으로 중앙부가 볼록한 모양을 이룬다. 이러한 대역통과 여파기의 전송특성을 보상하기 위해서는 그림 2와 같이 그림 1에 반대되는 특성을 갖는 equalizer를 생각할 수 있다.

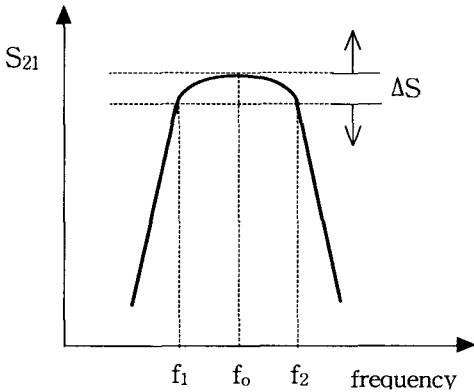


그림 1. 손실이 있는 대역통과 여파기의 특성

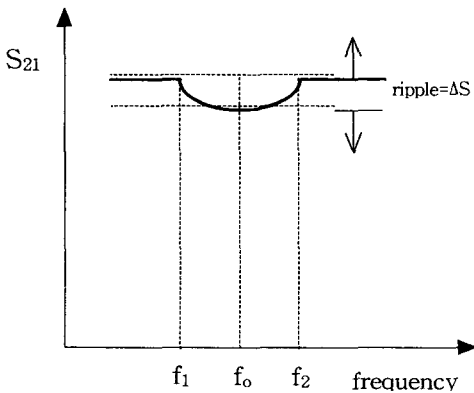


그림 2. 평탄도 보상용 equalizer의 특성

결과적으로 등근 형태의 전송특성을 갖는 여파기나 기타 시스템의 출력 형태를 그림 2와 같은 equalizer를 이용하여 그림 3에 나타내어져 있는 특성처럼 평탄도를 향상시킬 수 있다.

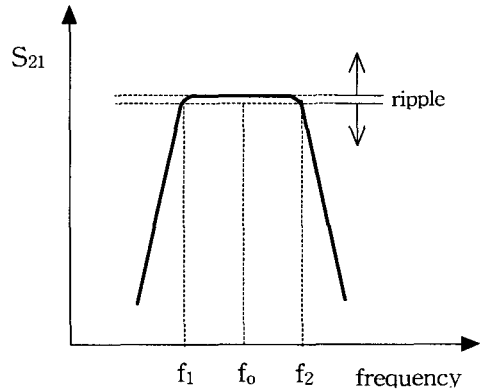


그림 3. 개선된 대역통과 여파기의 평탄도 특성

그림 4는 역리플 발생기의 회로도를 보여주고 있다. 3 dB 하이브리드 커플러의 입력단자 ①로 입력신호가 인가되면 결합 단자 ② 및 ③으로 상호간에 90°의 위상차를 가지면서 입력신호의 파워를 동일한 크기로 분할하여 1/2 크기를 갖는 출력신호가 각각 출력되고, 단자 ④는 isolation된 특성을 갖는다[3]. 이러한 커플러의 ② 및 ③번 결합단자에 임의의 반사특성을 갖는 반사 파형 발생기를 장착함에 의해 하이브리드 커플러의 입출력 단자 ①과 ④에서의 반사손실 및 전송 특성은 다음과 같다.

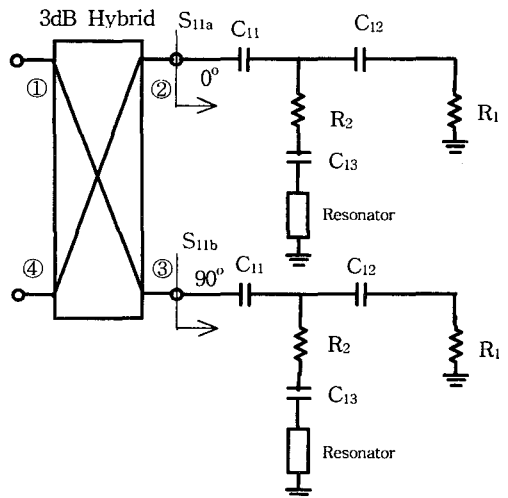


그림 4. 역리플 발생기 equalizer의 회로도

$$\text{반사손실(①,④)} = \frac{1}{2}(S_{11a} - S_{11b})$$

$$\text{전송특성(①,④)} = \frac{1}{2}(S_{11a} + S_{11b})$$

위 식에서 알 수 있듯이 두 반사파의 특성이 동일한 경우 입출력 단자에서의 반사손실은 0에 가깝기 때문에 완전 정합이 이루어지며, 결합단자 각각에 연결된 임의 부하의 반사 특성이 단자 ①과 ④사이의 시스템 전송 특성으로 변환되어 나타난다. 결과적으로 1개의 공진기로 이루어진 2개의 반사파형 발생회로부터 가운데가 아래로 볼록한 상보형 리플과형의 전송특성(S_{21})을 반사손실 특성으로부터 얻어낼 수 있다. 회로에 사용된 커패시터(C_{11}, C_{12}, C_{13})들은 대역의 폭을 조정하기 위해 사용되고, 저항(R_1, R_2)들은 역리플의 크기를 쉽게 조정하기 위해 연결하였다.

3. V-shape Equalizer의 제작

상기와 같이 시스템의 평탄도를 개선시키는 실험을 하기 위해 1900 MHz 대역의 시스템이 대역폭을 10 MHz라고 했을때, 출력의 형태가 -6dB 정도로 대역 끝 부근에서 둥글게 된 경우를 가정하여 여파기를 제작하였다.

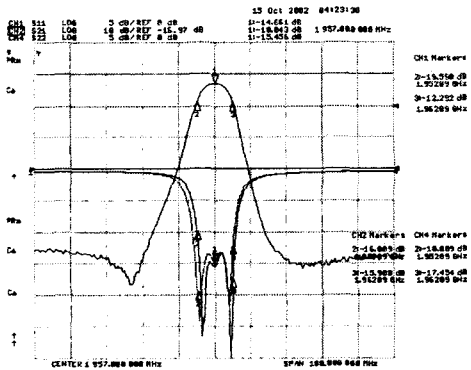


그림 5. 5단 대역통과 여파기의 S-parameter 특성

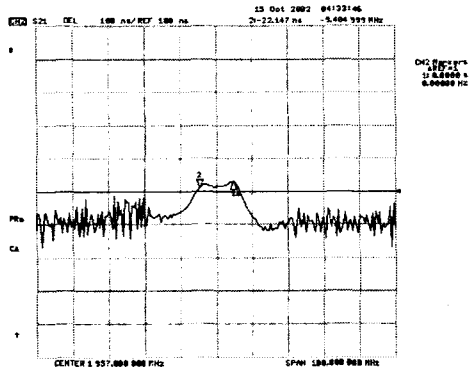


그림 6. 5단 대역통과 여파기의 군지연 특성

그림 5와 그림 6은 외경이 6mm이고 품질계수가 약 550인 공진기를 5단으로 제작한 체브세프형 1975 MHz 대역통과 여파기의 S-parameter 특성 및 군지연 특성이다. 삽입손실은 -10 dB이고, 군지연 특성은 22 nsec의 값을 갖는다. 그림 5에서 나타난 다단 대역통과 여파기의 평탄도 특성을 보상하기 위해 본 논문에서 제안한 방법으로 품질계수가 550, 외경이 6mm인 2개의 공진기와 3-dB 하이브리드를 이용하여 시뮬레이션한 결과이다. 중심주파수에서의 삽입손실은 -8.7 dB, 10 MHz 대역 끝의 삽입손실은 -4 dB로 총 역리플은 -4.7 dB이다. 반사손실은 입출력 모두 -20 dB이하로 양호하였다. 그림 8은 실제 제작된 역리플 발생회로의 측정결과이다. 중심주파수에서의 삽입손실은 -8.68 dB이고, 총 역리플은 -4.68 dB이다. 반사손실은 입력단이 -7 dB, 출력단이 -9 dB이다. Equalizer의 군지연은 49 nsec로 측정되었다. 측정결과는 그림 9에 나타내었다.

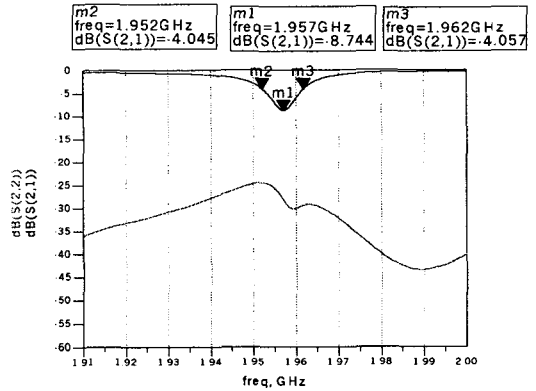


그림 7. 역리플 발생회로의 시뮬레이션 결과

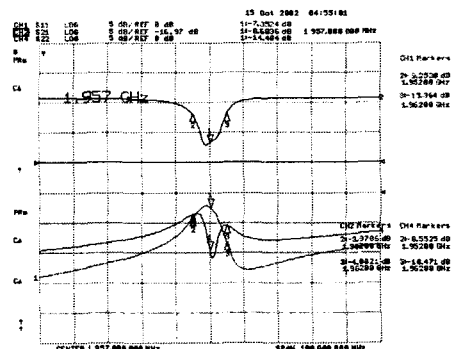


그림 8. 제작된 equalizer의 S-parameter 특성

위와 같이 제작된 5단 대역통과 여파기와 역리플 발생기인 V-shape equalizer를 직렬로 연결하여 그 결과를 관찰하였다. 통과대역 내에서의 평탄도는 equalizer를 연결하기전인 -6 dB에서 -1.8 dB로 4.2 dB 향상되었고, 삽입손실은 -18.4 dB로 5단 대역통

과 여파기와 equalizer의 삽입손실의 합으로 나타났
다.

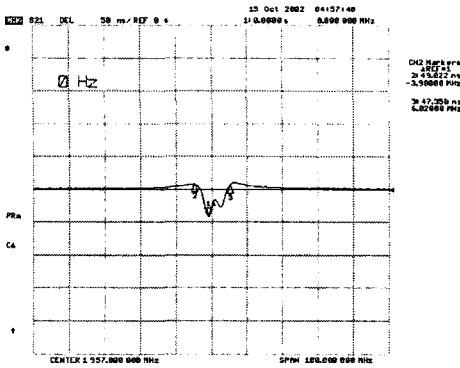


그림 9. equalizer의 균지연 특성

반사손실은 입력단이 -12 dB, 출력단이 -8 dB로 나
타났다. 균지연 특성은 그림 11과 같이 62 nsec로
다소 증가하였다.

본 논문에서는 중계기시스템의 출력특성 대신 다단
필터를 이용하여 평탄도를 개선해 보았다. 일반적인
좁은 대역을 갖는 중계기의 시스템에서 발생하는
출력 파형의 평탄도 개선에 적용하면 좋은 결과를
얻을 것이라 사료된다.

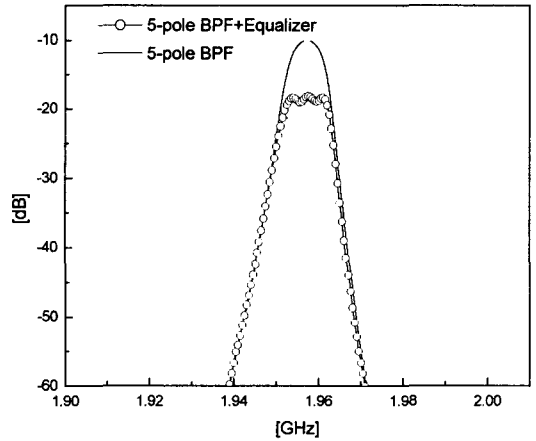


그림 12. 평탄도 개선 전·후 비교

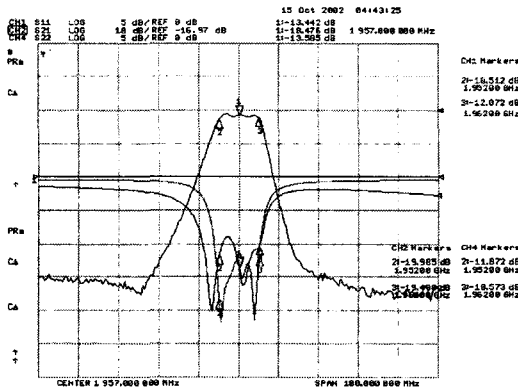


그림 10. 평탄도가 개선된 여파기의 S-parameter

4. 결론

본 논문에서는 중계기 시스템의 출력 특성인 통
과 대역에서의 전력차를 발생시키는 평탄도 특성을
향상시키기 위해 다단 여파기와 V-Shape equalizer
를 제작하여 개선 특성을 관찰하였다. 특히 좁은 대
역폭에서의 평탄도 특성을 개선하기 위해, 3-dB 하
이브리드와 2개의 공진기를 이용하여 역리플을 형
성한 equalizer를 추가로 연결한 결과, 6 dB차이가
발생된 다단 여파기의 평탄도를 1.8 이내로 향상시
켰다. 이렇게 제작된 협대역용 equalizer는 높은 주
파수대역을 사용하는 중계기나 RF시스템의 출력 평
탄도 레벨에 상관없이 회로내의 저항과 커패시터를
조정함으로써 쉽게 평탄도를 개선할 수 있다.

참고문헌

- [1] Hee-Yong Hwang, Sang-Won Yun, Joong-sung Chung, " A New Type of Amplitude Equalizer for In-band Flatness", *Microwave Journal*, 2002.2.
- [2] G. Matthaei, L. Young, and E.M.T. Jones, *Microwave filters, Impedance-matching networks, and Coupling Structures*, Artech House, 1980.
- [3] Richard V. Snyder, "Lossy, Hybrid Coupled Amplitude Equalizers for Narrow Band Filters", *IEEE MTT-S DIGEST*, pp205-21, 1984.

그림 11. 평탄도 개선된 여파기의 균지연 특성

그림 12에는 5단으로 제작된 다단 대역통과 여파기
의 평탄도 개선 전·후 특성을 비교하여 나타내었다.
낮은 무부하 품질계수로 인해 발생하는 대역내에서
의 둥근 모양의 평탄도가 V-모양의 역리플 발생기
인 equalizer에 의해 개선된 것을 쉽게 알 수 있다.