

위성중계기를 위한 낮은 불요 특성을 갖는 새로운 형태의 저역통과 필터 설계

Design of a Novel Low Pass Filter with Low Spurious Response for Satellite Transponder

이문규 · 류근관 · 염인복 · 이성팔

Moon-Que Lee · Keun-Kwan Ryu · In-Bok Yom · Seong-Pal Lee

요 약

본 논문에서는 저지대역에서 하모닉과 불요특성을 효과적으로 제거하기 위한 목적으로 박막 혹은 후막 저항을 이용한 새로운 형태의 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터를 제안한다. 제안한 필터는 기존의 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터에 비해 20 dB 이상의 불요파 제거 효과를 보인다. 설계된 저역통과 필터는 Ku 대역 위성중계기용 국부발진기의 하모닉 제거 필터로 사용되어질 수 있다.

Abstract

A novel microstrip type low-pass filter using thin or thick film resistors is proposed to efficiently eliminate harmonic spurious response in stop-band. The proposed low-pass filter shows the spurious suppression enhancement of 20 dB over a conventional one. The designed low-pass filter could be used as a harmonic rejection filter of a local oscillator for Ku-band satellite payload system.

Key words : 필터, 여파기, 저역통과 필터, 불요파, 불요 특성.

I. 서 론

믹서나 발진기에서 하모닉과 불요파 신호를 제거하는 효과적인 방법의 하나로 저역통과 필터가 이용된다. 이러한 목적의 저역통과 필터는 불요파를 제거하기 위한 목적으로 사용되므로 저지대역의 특성이 매우 중요하다. 마이크로파 대역에서 저역통과 필터의 구현방법으로 마이크로스트립 혹은 CPW형에서 높은 특성 임피던스와 낮은 특성임피던스를 번갈아 구현하는 Low-High Step Impedance 형 LPF가 주로 이용된다^[1]. Low-High Step Impedance 형 LPF의 변형으로 Low Impedance를 개방형 전송선

로 대체하는 open stub LPF는 더 작은 면적으로 필터를 구현할 수 있다. 이러한 마이크로스트립형의 저역통과필터의 단점으로는 전송선로 개념을 이용하기 때문에 주파수에 대한 주기적인 특성으로 인해 저지대역에서 원하지 않는 불요특성이 발생하는 것을 들 수 있다. 주기적인 특성을 제거하기 위한 시도로는 전송선로에 변화를 주어 주파수에 대한 주기적인 특성을 피하는 형태의 필터^{[2],[3]}와 최근에 주로 그라운드 면에 주기적인 defect를 줌으로써 원하는 대역에서 저지 특성을 얻고자 시도가 있다^{[4],[5]}.

본 논문에서는 LPF의 저지대역에서 불요 특성

한국전자통신연구원 통신위성개발센터(Communications Satellite Development Center, ETRI)

· 논문 번호 : 20011103-02S

· 수정완료일자 : 2001년 12월 12일

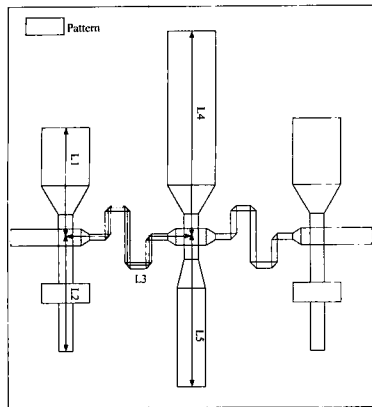


그림 1. 종래의 마이크로스트립형 저역통과 필터 (회로 크기 13 mm×14 mm).

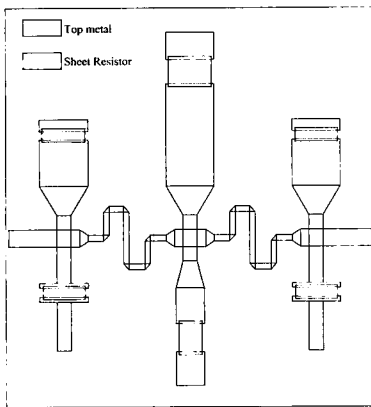


그림 2. 새로 제안한 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터 (회로 크기 13 mm×14 mm).

을 제거하기 위한 새로운 시도로 후막 또는 박막 저항을 마이크로스트립 전송선로와 함께 사용하여 대역통과 밖에서 주기적으로 나타나는 불요 특성을 제거하였다.

II. 불요 특성 개선에 유리한 새로운 저역통과 필터의 제안

그림 1은 전형적인 Open stub형 LPF의 구조이고, 그림 2는 본 논문에서 불요 특성을 제거하기 위해 새롭게 제안하는 구조이다. 그림 1에서 개방형 마이크로스트립은 capacitive 역할을 하고, 높은 특성임피던스로 구현된 마이크로스트립은 인덕터 역할을

한다. 그림 1에 비해 새로 제안한 구조인 그림 2의 구조는 개방형 마이크로스트립으로 저역통과 필터의 캐패시터를 구현할 때 저항을 마이크로스트립의 적당한 위치에 뒀으로써 저지대역인 고주파에서의 불요파를 제거하기 위한 것을 특징으로 한다. 이 저항은 후막 혹은 박막을 이용한 Sheet 저항으로 구현하거나, lumped model이 정확한 경우 SMT 형태의 chip resistor로도 구현할 수 있다.

그림 1과 그림 2의 차이점을 살펴보기 위해 그림 1의 L4에 해당하는 부분을 가지고 주파수에 대한 임피던스의 변화를 비교하면 그림 3과 같다. 기관과 마이크로스트립의 특성은 아래와 같다.

Substrate : Alumina with 0.635 mm

Sheet resistance : $25 \Omega/\square$ (W=1.5 mm, L=0.85 mm)

Width of microstrip : 1.7 mm

저항이 없는 일반적인 마이크로스트립과 비교하였을 때 새로 제안하는 구조는 주파수가 증가함에 따라 입력측의 저항에 의한 손실 값이 증가하게 된다. 이 손실 값은 LPF의 Cutoff frequency 이내에서 차이가 작은 것에 비해 주파수가 증가함에 따라 손실이 증가하여 저지대역에서 불요파에 영향을 주게 된다. 이것은 저항과 회로적으로 직렬형태로 연결된 개방형 마이크로스트립이 캐패시터로 동작하기 때문에 주파수가 낮은 경우에는 임피던스가 크기 때

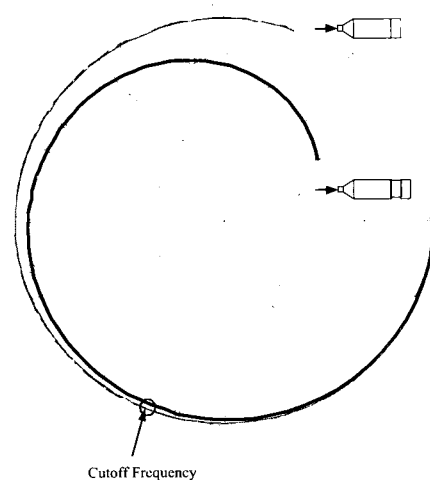


그림 3. 일반적인 개방형 마이크로 스트립과 저항을 삽입한 형태의 임피던스 비교.

문에 저항 값의 영향이 작아지고 주파수가 높아짐에 따라 캐패시터에 의한 임피던스값이 작아져서 저항값의 영향이 커지게 된다. 주파수가 높은 저지대역에서 불요특성은 마이크로스트립이 주파수에 대한 주기성을 가지고 있어 공진현상을 갖게됨에 따라 나타난다. 새로 제안한 저역통과필터의 구조는 이러한 고주파의 공진특성을 삽입한 저항으로 Q값을 작게 만들어 저지대역에서 불요특성을 개선할 수 있다.

III. 모의 시험 결과 및 측정 결과

설계한 마이크로스트립형 저역통과 필터의 스펙은 다음과 같다.

- cutoff frequency는 2.5 GHz,
- 전송손실 < 1dB @ 1.9 GHz,
- Harmonic Rejection > 30 dBc

저역통과 필터는 5단으로 구성하였고, 초기 설계 값은 통과대역내 ripple을 0.1 dB의 Chebyshev Polynomial로 설계하였다. 저지대역에는 불요특성을 효과적으로 개선하기 위해 감쇄극 삽입하였다. 감쇄극은 capacitor의 값이 가장 큰 값인 그림 1의 L4에 2차 하모닉에 대한 전송단락점(감쇄극)을 구현하였다. 고차의 하모닉 주파수에 대한 감쇄극은 L1에 구현하였다. 회로에 사용한 기판은 0.635 mm 두께의 저순도(96%) 알루미늄 기판을 사용하였고, 패턴은 인쇄형태로 제작하였다. 그림 4는 그림 1의 구조의 필터특성에 대한 모의시험 결과를 보여주고 있다. 모의시험에서 저지대역에서 불요 특성이 다음과 같이 발생하였다.

- 삽입손실= -0.2 dB @1.9 GHz
- 10.8 dB @ 4.96 GHz
- 29.7 dBc @ 6.8 GHz

그림 4의 불요 특성을 개선하기 위해 그림 2는 개방형 마이크로스트립에 후막저항을 삽입한 형태이다. 후막저항의 Sheet resistance는 $25 \Omega/\square$ 을 이용하였다. 사용한 후막저항의 값은 다음과 같다.

$$L1 : 5 \Omega, L2 : 5 \Omega, L4 : 14 \Omega, L5 : 31 \Omega$$

마이크로스트립 상에서 저항의 위치와 저항 값은 회로 최적화 프로그램을 이용하여 수행하였다. 최적화 수행후의 결과는 다음과 같다.

- 삽입손실= -0.6 dB @1.9 GHz
- 32 dB @ 4.3 GHz
- 32.5 dBc @ 6.48 GHz

그림 5의 설계결과는 불요특성은 20 dB 정도의 개선이 되었고 통과대역내 전송손실은 0.4 dB 정도 약화된 결과를 보여준다. 그림 5의 불요특성이 그림 4보다 낮은 주파수에서 발생하는 이유는 그림 2의 Sheet 저항이 Lossy Line으로 동작하여 개방형 마이크로스트립의 길이가 더 길어지는 효과 때문이다.

그림 6과 그림 7은 제작한 저역통과 필터의 측정 결과를 보여주고 있다. 측정결과는 모의 시험 결과와 잘 일치함을 보여주고 있다.

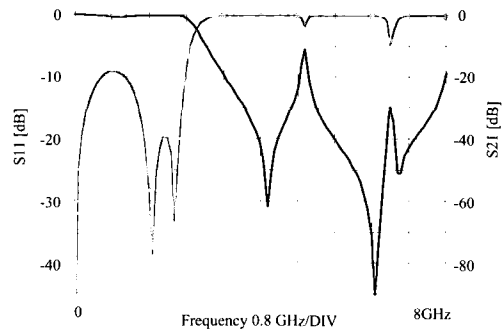


그림 4. 종래의 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터의 모의 특성.

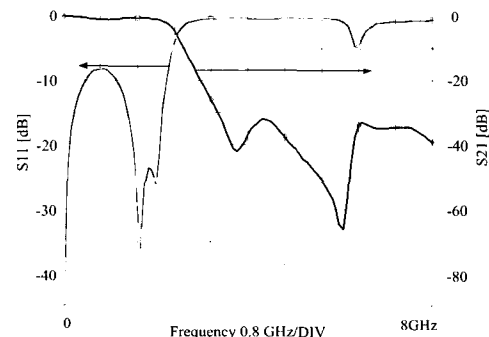


그림 5. 새로 제안한 저항을 삽입한 마이크로스트립 형태의 저역통과 필터의 모의 특성.

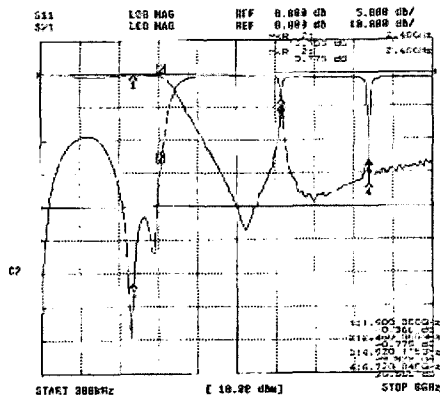


그림 6. 종래의 마이크로스트립형 저역통과 필터의 측정 결과.

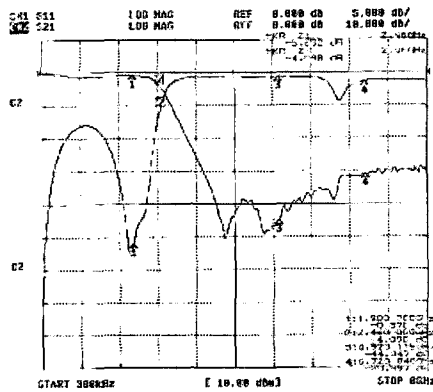


그림 7. 새로 제안한 저항을 삽입한 마이크로스트립형 저역통과 필터의 측정 결과.

IV. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립형 저역통과 필터

이 문 규



1992년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학사)
 1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1999년 2월: 서울대학교 전기공학부 (공학박사)
 1999년 2월~현재: 한국전자통신

연구원 통신위성개발센터 선임연구원

[주 관심분야] 초고주파 회로 (MMIC, Hybrid) 설계

에서 주파수의 주기 특성으로 인해 발행하는 불요 특성을 개선하는 방법으로 저항을 마이크로스트립에 삽입하는 새로운 구조를 제안하였다. 제안한 회로를 이용하여 저지대역내 불요특성은 20 dB 정도를 개선할 수 있었다. 설계한 필터는 Ku 대역 위성 중계기용의 국부발진기에서 발생하는 하모닉을 제거하는 용도로 사용이 가능하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] T. Garvens, "Microwave LPF design for RF Applications", *RF Expo* pp. 147-159, Jan. 1995.
- [2] J.-W. Shen, "A compact semi-lumped low-pass filter for harmonics and spurious suppression", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol. 10, no. 3, pp.92-93, Mar. 2000.
- [3] D. Ahn, J.-S. Park, C.-S. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure", *IEEE MTT*, vol. 49, Jan. 2001.
- [4] Y. Qian and T. Itoh, "Microwave applications of photonic band-gap (PBG) structures", *1999 IEEE International Microwave Symposium*, pp.35-38, Jun. 1999.
- [5] T. Kim and C. Seo, "A novel photonic bandgap structure for low-pass filter of wide stopband", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol. 10, no. 1, pp.13-15, Jan. 2000.

류 근 관



1992년 2월: 광운대학교 전자통신 공학과 (공학사)
 1994년 2월: 광운대학교 전자통신 공학과 (공학석사)
 2000년 2월: 광운대학교 전자통신 공학과 (공학박사)
 2000년 3월~현재: 한국전자통신 연구원 통신위성개발센터 선임연구원

[주 관심분야] 초고주파 회로(MMIC, Hybrid) 설계, 안테나 설계

위성중계기를 위한 낮은 불요 특성을 갖는 새로운 형태의 저역통과 필터 설계

염 인 복

1990년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)

1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 통신위성개발센터 선임연구원, 위성RF부품연구팀장

1992년 9월~1995년 5월: 무궁화 위성 현장교육 참여 (영국 Matra Marconi사)

[주 관심분야] 위성통신중계기, MMIC회로, 필터 설계

이 성 팔

1978년: 서울대학교 전기공학과 (공학사)

1986년: Polytecnic Institute of New York 전기전자공학과 (공학석사)

1990년: Polytecnic Institute of New York 전기전자공학과 (공학박사)

1980년~현재: 한국전자통신연구원 통신위성개발센터 책임연구원

[주 관심분야] 위성통신시스템