

실생활 용품을 이용한 고주파 전력 분배기 설계

강민우, 장대훈, 안달
순천향 대학교 정보기술공학부
dahnkr@sch.ac.kr

Design of the High frequency Power divider using a useful article

Min woo Kang, Dae hoon Jang, Dal Ahn
Division of Information and Technology Engineering,
Soonchunhyang University

요 약

본 논문에서는 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 이용해 만든 인덕터와 커패시터를 사용해 윌킨슨 전력 분배기를 설계/제작하였다. 일반적으로 전력 분배기는 $\lambda/4$ 전송선로를 이용하기 때문에 인덕터와 커패시터를 사용할 수 있도록 전송선로를 집중소자로 변환해야 한다. 전송선로를 집중소자로 변환하기 위해 한 개의 직렬 인덕터와 두 개의 병렬 커패시터로 등가화하였다. 인덕터는 솔레노이드 형태로 선의 굵기와 솔레노이드의 반지름, 감은수에 변화를 주며 제작하였고, 커패시터는 평행판 커패시터 형태로 넓이에 변화를 주어 제작하였다. 구현된 전력 분배기는 설계 주파수에서 각각의 출력 포트에 -3.30dB, -3.31dB로 전력이 균등분배 되는 특성을 보였고, 반사손실은 -42.36dB, 출력 포트 간의 격리도는 -31.54dB로 설계 조건을 만족하였다.

1. 서론

현재 사용되고 있는 많은 고주파 회로들은 집중소자 혹은 분포소자로 구현되어지며 집중소자로 사용되는 인덕터와 커패시터는 여러 형태로 시중에 제품화 되어 있다.^[1]

본 논문에서는 실생활에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용하여 인덕터와 커패시터를 구현하였다. 제작된 인덕터와 커패시터의 동작여부의 확인을 위해 중요한 RF부품중 하나인 윌킨슨 전력 분배기를 설계하여 이에 적용하였다.

윌킨슨 전력 분배기는 현재 널리 사용되는 고주파 회로 가운데 하나이다. 기본적인 2-way 윌킨슨 전력 분배기는 두 출력 단자 사이에 1:1의 분배비를 갖는다. 일반적으로 윌킨슨 전력 분배기는 주로 마이크로스트립라인으로 설계된다.^[2]

본 논문에서는 제작된 인덕터와 커패시터를 이용하기 위해 $\lambda/4$ 전송선로를 집중소자로 등가화 하였다.

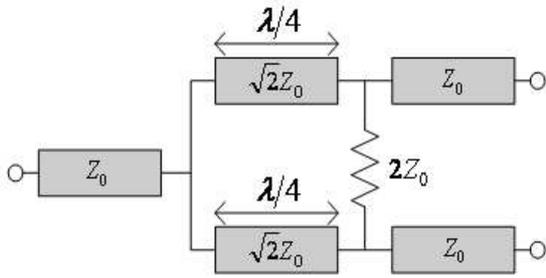
일반적인 전송선로로 이루어진 전력 분배기가 아닌 직접 제작한 인덕터와 커패시터를 이용한 전력분배기를 제작해 봄으로써 고주파 회로에 대한 이해의 폭을 넓히는 데에 의미를 둔다.

2. 설계이론

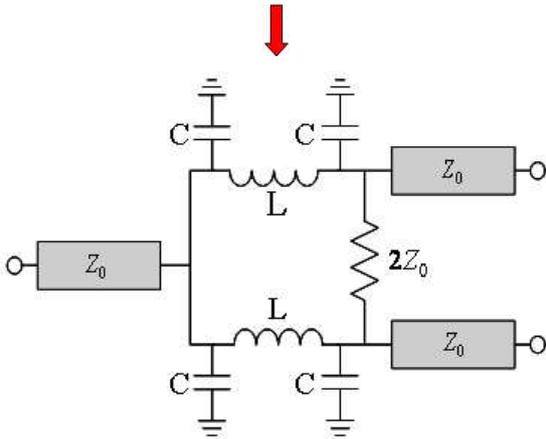
그림1(a).는 일반적인 윌킨슨 전력 분배기로서 $\lambda/4$ 전송선로에 의해 두 출력 단자 간에 1:1의 분배비로 전력이 분배된다. 그림1(b).는 $\lambda/4$ 전송선로를 한 개의 직렬 인덕터와 두 개의 병렬 커패시터로 등가화한 회로이다. 소자 값을 구하기 위한 결과식은 다음과 같다.^[3]

$$L = \frac{Z_0}{\omega} \sin\theta, C = \frac{Y_0}{\omega} \tan \frac{\theta}{2} \quad (1)$$

식(1).로부터 구해진 인덕터와 커패시터의 값은 다음



(a)일반적인 1:1 윌킨슨 전력 분배기



(b)집중소자로 등가화한 전력분배기

그림 1. 일반적인 전력분배기와 등가화한 전력분배기

과 같다.

$$L = 112nH, C = 22.51pF$$

주위에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해 인덕터와 커패시터를 구현하기 위해 여러 가지 구조 중 인덕터는 솔레노이드 구조를, 커패시터는 평행판 커패시터 구조를 사용했다.^[4]

3. 설계 및 제작/측정

3.1. 인덕터의 제작 및 측정결과

그림2는 제작된 인덕터의 기본 구조를 보여준다.^[5]

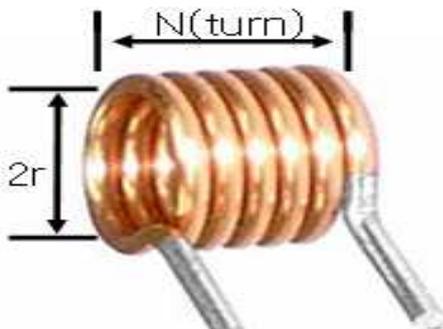


그림 2. 제작된 인덕터의 구조

표 1. 제작된 인덕터의 측정값 @100MHz

선굵기[φ]	반지름 [mm]	측정값 [nH]			
		N=2	N=3	N=4	N=5
0.4	3	35	75.8	110.6	143.7
	4	50.4	98.2	152.6	235.3
	5	67.2	128.4	208.5	370
0.6	3	31.2	63.5	101.6	142.3
	4	48.4	90.3	143.2	215.5
	5	61.9	128.5	197.4	314
1	3	28.7	53.7	82.9	113.6
	4	41.5	79.4	125.6	178
	5	55.8	109.1	164	245
1.2	3	28.4	48.5	74	101.6
	4	39.4	74	110.7	154.4
	5	53.7	100.5	160	226.8

솔레노이드 형태의 인덕터를 구현하기 위해 에나멜 선을 사용하였다. 선의 굵기(φ)와 솔레노이드의 반지름(r),감은 수(N)에 변화를 주어 제작 하였다. 측정을 위해 Agilent사의 8753D Network Analyzer를 사용하였으며 측정 주파수는 100MHz로 하였고, 측정 데이터는 표1.에 정리하였다.

제작된 인덕터의 경우 선의 굵기가 굵어질수록 작은 값이 측정되었다. 또한 솔레노이드의 지름과 감은 수에 비례하여 큰 값이 측정되었다.

3.2. 커패시터의 제작 및 측정결과

그림3은 제작된 커패시터의 기본 구조를 보여준다. 커패시터의 구현을 위해 동태이프와 OHP필름을 사용해 평행판 커패시터 형태를 사용하였다. 직사각형 모양으로 가로길이를 10mm로 고정하고 세로길

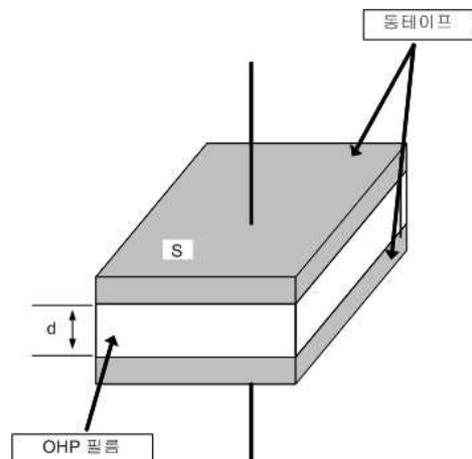


그림 3. 제작된 커패시터의 구조

표 2. 제작된 커패시터의 측정값 @100MHz

규격(mm ²)	측정값(pF)	규격(mm ²)	측정값(pF)
10×10	9	10×55	94
10×15	14	10×60	109
10×20	26	10×65	118
10×25	35	10×70	125
10×30	46	10×75	130
10×35	50	10×80	141
10×40	60	10×85	152
10×45	76	10×90	170
10×50	85	10×95	194
		10×100	245

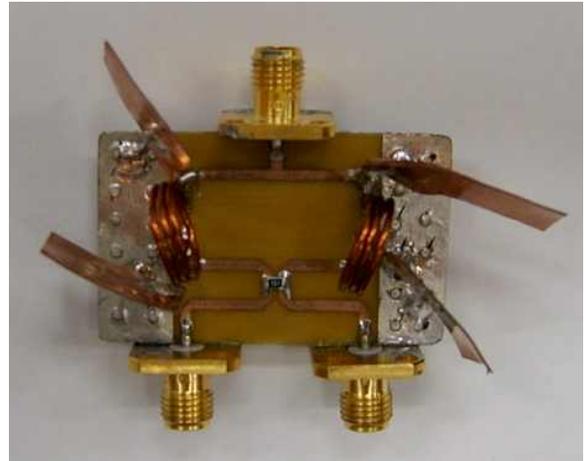


그림 4. 제작된 전력 분배기

이에 변화를 주어 제작하였다.

커패시터의 측정 데이터를 표2.에 기록하였다. 제작된 커패시터의 경우 평행판의 면적이 넓어질수록 측정값이 커지는 것을 확인했다.

측정값은 평행판 면적에 정비례 하지 않았다. 그 원인으로는 제작에 따른 두 전극사이의 두께(d)가 정확하게 같지 않음으로 예측된다.

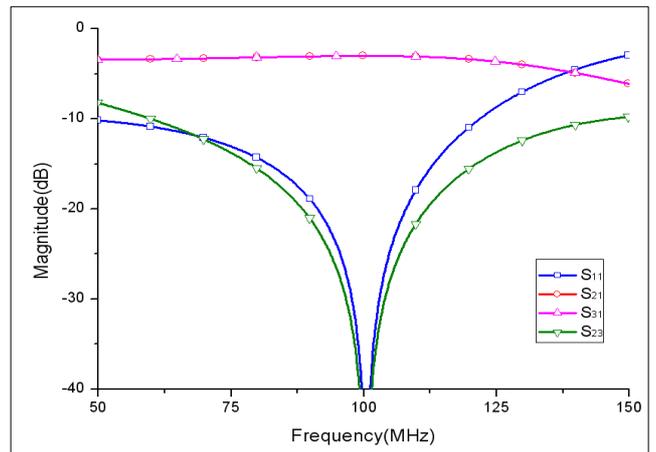
3.3. 전력 분배기의 제작 및 측정결과

제작된 인덕터와 커패시터의 동작 특성을 확인하기 위해 중심 주파수 100MHz에서 동일한 전력 분배비와 -30dB이하의 반사손실과 격리도를 갖는 전력 분배기를 설계하였다.

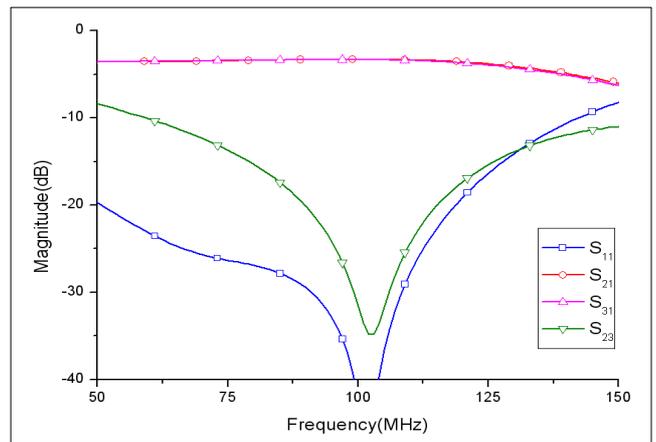
그림4.는 제작된 전력 분배기의 실제 모양이다. 커패시터의 접지 연결을 위해 양측면에 접지면이 있는 구조로 기판을 제작하였다. 사용된 기판은 FR4이며, 비유전율은 4.8, 기판 두께는 0.7874mm이다. 시뮬레이션을 위해 Ansoft 사의 Designer V3를 사용하였다.

제작된 전력 분배기의 측정 결과는 그림5.와 같다. 제작된 인덕터와 커패시터를 사용해 제작한 전력 분배기의 경우 기판의 손실을 고려했을 때 설계주파수에서 출력 포트 간에 반전력 분배되는 것을 확인 할 수 있었다. 반사 손실과 출력포트간의 격리도 또한 우수한 특성을 보였다.

그림5.의 결과 특성을 바탕으로 설계주파수에서의 측정 데이터를 표3.에 정리하였다.



(a) 시뮬레이션



(b) 측정 결과

그림 5. 시뮬레이션과 측정 결과 특성 곡선

표 3. 시뮬레이션 결과와 측정 결과 비교 @100MHz

	S11[dB]	S21[dB]	S31[dB]	S23[dB]
simulation	-45.89	-3.01	-3.01	-50.69
measurement	-42.36	-3.30	-3.31	-31.54

4. 결론

본 논문에서는 직접 제작한 인덕터와 커패시터를 이용해 윌킨슨 전력 분배기를 제작하였다. 전력 분배기의 제작에 사용된 인덕터와 커패시터는 실생활에서 구할 수 있는 재료를 사용해 제작했다. 제작된 인덕터의 측정 데이터를 통해 선의 굵기(ϕ)와 감은 수(N), 그리고 반지름(r)에 따라 인덕턴스의 크기가 변한다는 사실을 확인할 수 있다. 커패시터의 경우 평행판의 넓이(S)에 따라 커패시턴스 값이 변화하는 것을 확인하였다. 또한 커패시터의 제작/측정 과정에서 커패시터의 두께(d)에 따라 커패시턴스 값이 크게 변한다는 것을 확인하였다.

제작된 반전력 분배기는 주어진 설계조건에 대해 만족하는 결과를 보였다. 이는 직접 제작한 인덕터와 커패시터가 고주파 회로에서도 정상적으로 동작한다는 것을 확인시켜주는 결과이다. 이로써, 기존의 전송선로로 구현된 전력분배기와 동일한 특성을 갖는 전력 분배기가 집중소자로도 제작이 가능하다는 것을 보였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 순천향대학교 차세대 BIT무선부품지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] J. D. Irwin, R. M. Nelms, *Basic Engineering Circuit Analysis*, 8th edition, John Wiley and sons, Inc., pp. 227-234, 2005
- [2] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Third edition, John Wiley and sons, Inc., pp. 318-322, 2003
- [3] 이수열, “하모닉 저지 특성을 갖는 90° 하이브리드 결합기 설계에 관한 연구”, 순천향대학교 석사학위 논문, 2003년 12월
- [4] W. H. Hayt, JR, J. A. Buck *Engineering Electromagnetics*, 7th edition, McGraw-Hill Companies, Inc., pp. 149-155, pp. 224-225, 2006
- [5] 강림전자 홈페이지 : www.kanglimel.co.kr