동축선을 이용한 광대역 전력 분배기

박웅희*

Wideband Power Divider Using a Coaxial Cable

Unghee Park*

요 약

높은 전력과 광대역에서 동작하는 동축선을 이용한 임피던스 트랜스포머는 추가적인 동축선을 이용하면 다양한 임피던스 변환 비율을 가질 수 있다. 50-Ω to 25-Ω의 임피던스 변환 비율의 동축선 임피던스 트랜스포머에 50-Ω 선로 두 개를 25-Ω 지점에 병렬 연결하면 쉽게 광대역에서 동작하는 전력 분배기를 제작할 수 있다. 이런 동축선을 이용한 광대역 전력 분배기는 두 개의 출력 단자의 단자 정합 특성과 출력 단자사이의 격리 특성이 매우 낮아 개선이 필요하다. 본 논문에서는 단일 종단 여파기 설계 방식을 이용하여 동축선을 사용한 전력 분배기의 단자 정합 특성과 격리 특성을 개선하였다. 먼저, 저주파 대역 통과 단일 종단 여파기 계수를 이용하여 ADS 시뮬레이션을 통해 2-way 전력 분배기의 정합 단자 수와 Ripple에 따른 동작 특성을 살펴보았고, 종단 정합이 없는 전력 분배기와 2단 정합과 4단 정합을 가지는 전력 분배기를 제작하여 출력 단자의 정합 특성 및 격리 특성의 개선 정도를 살펴보았다.

ABSTRACT

A coaxial-cable impedance transformer that can be used in high power and wideband frequency range is an arbitrary impedance transformation ratio by an additional coaxial cable. The coaxial-cable impedance transformer to be 50-Ω to 25-Ω impedance transformation ratio is easily operated an wideband power divider by connecting two 50-Ω lines at 25-Ω impedance point. This wideband power divider has a poor output matching characteristic and a poor isolation characteristic between two output ports. In this paper, it proposes a coaxial-cable power divider to be a good output matching and isolation characteristics as it uses the singly terminated filter design theory. The odd-mode operation characteristic of the suggested power divider to use singly terminated low pass filter coefficient due to matching order and ripple value is examined by ADS program. And, it fabricates and measures the operation characteristic of 2-way power divider with 2nd-order and 4th-order matching circuit.

키워드

전송선 임피던스 변환, Guanella 임피던스 변환, 동축선 전력 분배기, 단일 종단 여파기 설계

Key word

Transmission Line Transformer(TLT), Guanella impedance transformer, coaxial-cable power divider, Singly terminated filter design

* 종신회원 : 강원대학교 공학대학 전자공학과 (uhpark@kangwon.ac.kr)

접수일자 : 2011. 12. 14
심사완료일자 : 2012. 01. 10

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.4.661

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서 론

전력 분배기는 하나의 입력 신호를 두 개 이상의 출력으로 나누는 소자로 초고주파 회로에서 가장 많이 사용하는 기본 소자이다. 전력 분배기는 동작 주파수 영역, 동작 전력, 전력 손실, 구현 크기 등 다양한 조건에 의해 많은 종류가 존재한다. 일반적으로 초고주파 대역에서는 윌킨슨 전력 분배기 또는 윌킨슨 전력 분배기의 개선된 형태를 가장 많이 사용하고 있다[1][2]. 윌킨슨 전력 분배기는 상대적으로 좋은 단자 정합 특성과 출력 단자 사이의 좋은 단자 격리 특성, 낮은 전력 손실 특성과 제작의 용이성 등 많은 장점을 가지고 있으나, 1-옥타브 이상의 주파수 영역에서 동작하려면 다단 구조의 윌킨슨 전력 분배기를 사용하여야 하므로 크기가 커지고 손실이 증가하게 된다.

동축선을 이용한 임피던스 트랜스포머는 1-decade 이상의 넓은 주파수 영역과 수 백 와트 이상의 높은 동작 전력에서 입력 임피던스를 다양한 출력 임피던스로 변화시킬 수 있다[3][4]. 입력 임피던스가 50 Ω인 회로에서 임피던스 변환 비율이 2:1이면 출력 임피던스는 25 Ω이 된다. 출력 임피던스는 25-Ω 지점에 50-Ω 선로 두 개를 병렬 연결하면 광대역에서 높은 동작 전력에서 사용할 수 있는 2-way 전력 분배기가 된다. 또한, 임피던스 변환 비율이 3:1이면 출력 임피던스가 16.7 Ω이 되어, 출력 지점에 50-Ω 선로 세 개를 병렬 연결하면 3-way 전력 분배기를 구현할 수 있다. 하지만, 출력 임피던스 25-Ω 저점에 두 개의 50-Ω 선로를 병렬 연결 또는 출력 임피던스 16.7-Ω 지점에 세 개의 50-Ω 선로를 병렬 연결하면 출력 단자의 단자 정합 특성과 출력 단자 사이의 격리 특성이 매우 나쁜 값을 갖게 된다. 즉, 출력 단자에서 신호가 역으로 입력하는 경우가 발생하는 회로에서 동축선을 이용한 전력 분배기는 좋지 않은 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 동축선을 이용한 전력 분배기에서 단일 종단 여파기 설계 방식을 이용하여 정합 저항의 개수에 따른 출력 단자의 정합 특성과 출력 단자의 격리 특성을 살펴보았다[5][6]. 또한, 2개의 정합 저항과 4개의 정합 저항을 갖는 2-way 동축선 전력 분배기를 제작하여 실제 동작 특성을 살펴보았다.

Ⅱ. 본 론

2.1. 동축선 전력 분배기

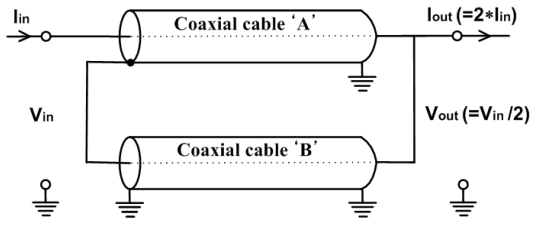
동축선을 이용한 전력 분배기는 입력 임피던스를 동축선을 이용하여 임피던스 변환한 뒤, 이를 원하는 출력 갯 수로 분배하는 형태로 높은 회로 재현성을 가지고 있다. 동축선을 이용한 임피던스 트랜스포머는 높은 동작 전력과 수 옥타브에 해당하는 넓은 동작 주파수영역을 갖는다. 그림 1의 (a)는 일반적인 Guanella 4:1 트랜스포머의 블록 다이오그램으로, 동축 케이블 A와 B의 임피던스가 모두 25 Ω이면 입력 임피던스가 50 Ω인 경우에 출력 임피던스는 12.5 Ω이 된다.

이와 같이 일반적인 구조의 동축선을 이용한 트랜스포머는 사용하는 병렬 동축선 수 n에 따라 n2:1 또는 1:n2의 고정적인 임피던스 변환 비율을 갖게 된다. 이러한 동축 케이블 트랜스포머에서 추가적인 하나의 동축 케이블 선로를 사용하면 다양한 임피던스 변환 비율을 가질 수 있다. 그림 1의 (b)는 그 예로, 일반적인 Guanella 4:1 트랜스포머에 하나의 추가 동축케이블을 입력부에는 병렬 연결, 출력부에는 직렬 연결하면 식 (1)과 (2)와 같은 입력 임피던스와 출력 임피던스를 갖게 된다[3]. 여기서, c, d, e는 각각 동축 케이블 C, D, E의 특성 임피던스를 의미한다.

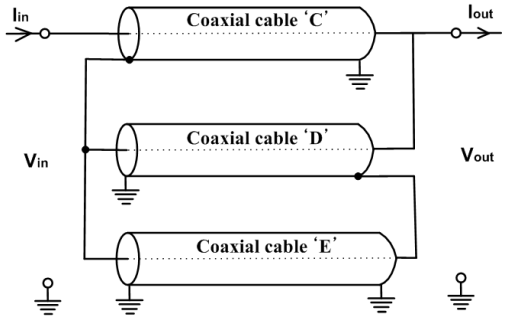
$$Z_{in} = c + \frac{(d \times e)}{(d + e)} \tag{1}$$

$$Z_{out} = \frac{c \times (d + e)}{c + d + e} \tag{2}$$

동축 케이블의 임피던스 c, d, e가 모두 37.5 Ω이면, 동축 케이블 임피던스 트랜스포머는 입력 임피던스와 출력 임피던스는 각각 56 Ω과 25 Ω 이 된다. 또한, 동축 케이블의 임피던스 c, d, e가 42 Ω, 18 Ω, 18 Ω이면, 동축 케이블 임피던스 트랜스포머의 입력 임피던스와 출력 임피던스는 각 각 50 Ω과 19.5 Ω이 된다. 즉, 추가적인 동축 케이블 한 개를 이용하여, 동축선 임피던스 트랜스포머는 다양한 임피던스 변환 비율을 가질 수 있게 된다.



(a)



(b)

그림 1. 동축선 임피던스 트랜스포머 블록 다이어그램, (a) 일반적인 Guanella 4:1 트랜스포머, (b) 임의의 임피던스 변환 비율을 갖는 수정된 Guanella 4:1 트랜스포머

Fig. 1 Block diagram of the coaxial-cable impedance transformer, (a) the general Guanella 4:1 transformer, (b) the modified Guanella 4:1 transformer being arbitrary impedance conversion ratio

동축 케이블 임피던스 트랜스포머에 50-Ω 선로를 연결하면 쉽게 전력 분배기를 구현할 수 있다. 2-way 전력 분배기는 2:1 임피던스 트랜스포머를 이용하여 입력 임피던스를 25-Ω 임피던스로 변환한 뒤, 두 개의 50-Ω 선로를 25-Ω 임피던스 지점에 병렬로 연결하면 입력한 신호는 두 개의 출력 선로에 동일 전력과 위상으로 분배되어 출력하게 된다. 4-way 전력 분배기는 4:1 임피던스 트랜스포머를 이용하여 입력 임피던스를 12.5-Ω 임피던스로 변환한 뒤, 네 개의 50-Ω 선로를 병렬로 12.5-Ω 임피던스 지점에 연결하면 된다. 이러한 전력 분배기는 입력부에서 보면 동일 전력과 동일 위상으로 출력부로 안정적으로 분배되지만, 출력부에서 보면 출력 단자의 정합 특성과 출력 단자 사이의 격리 특성은 매우 나쁜 값을 갖게 된다.

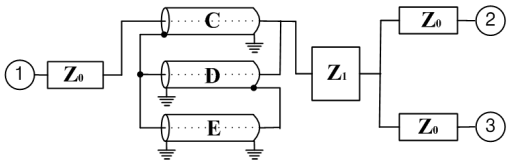
2-way 전력 분배기를 예로 살펴보면, 하나의 출력 단자는 50-Ω 선로를 통하여 다른 출력 단자와 연결된 50-Ω 선로와 25-Ω 임피던스 지점과 만나게 된다. 즉, 출력 단자 50-Ω 선로는 다른 출력 단자와 연결된 50-Ω 선로와 25-Ω 임피던스의 병렬 연결 값인 16.7-Ω 임피던스 지점과 만나게 된다. 이렇게 되면 이론적으로 출력 단자의 정합 특성(S_{22}와 S_{33})과 출력 단자 사이의 격리 특성(S_{23} 또는 S_{32})은 약 -6 dB의 값을 갖게 된다.

이러한 출력 단자의 정합 특성 값과 출력 단자 사이의 격리 특성 값은 매우 낮은 값으로, 동축 케이블을 이용한 전력 분배기의 사용에 있어서 많은 제약이 된다. 그림 2의 (a)는 동축케이블을 이용한 2:1 트랜스포머에 50-Ω 선로 두 개를 바로 연결하여 제작된 전력 분배기의 블록 다이어그램이다.

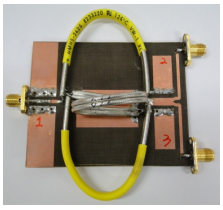
Zo는 50-Ω 마이크로스트립 선로이고, Z1는 25-Ω 마이크로스트립 선로이다. 그림 2의 (b)는 제작된 전력 분배기 모습이고, 그림 2의 (c)와 (d)는 제작된 전력 분배기의 동작 특성(S_{11}와 S_{21})과 출력 단자의 특성(S_{22}와 S_{32})을 측정한 값이다. 동축선 케이블 C, D, E는 SXE CERNEX의 75-Ω 케이블을 병렬 연결하여 37.5-Ω 임피던스를 갖도록 하였다.

이와 같은 연결은 입력 임피던스와 출력 임피던스를 56 Ω과 25 Ω을 만든다. 50-Ω 입력 선로에서 56-Ω 동축 케이블을 연결하게 되면 약 -25 dB 정도의 매우 낮은 반사 특성을 발생하게 된다. 동축선 케이블 C와 D는 100mm의 길이를 사용하였고, 동축선 케이블 E는 110mm의 길이를 사용하였다.

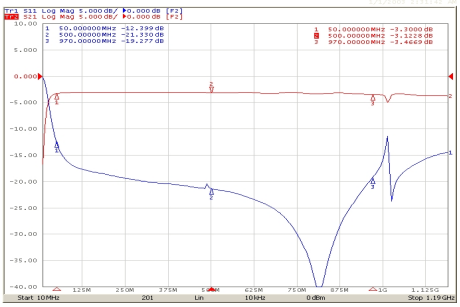
동축선 케이블의 100mm 길이는 600MHz 주파수에 대하여 전기적 길이 180도에 해당하는 값이다. 보통 동축선 임피던스 트랜스포머는 동축선이 가지는 기생 인덕턴스에 의해서 낮은 주파수 영역이 결정되며, 높은 주파수 영역은 전기적 길이 180도에 해당하는 지점까지이다. 하지만, 동축선 케이블 E의 길이를 다르게 하여 전체 동축선 임피던스 트랜스포머의 동작 주파수 영역을 확대시켰다.



(a)



(b)



(c)

(d)

그림 2. 동축선 임피던스 트랜스포머를 이용한 2-way 전력분배기, (a) 블록 다이어그램, (b) 제작된 모습, (c) 동작 특성(S_{11}와 S_{21}), (d) 출력 단자 특성(S_{22}와 S_{32})

Fig. 2 2-way power divider using the coaxial-cable impedance transformer, (a) Block diagram, (b) Fabricated power divider, (c) Operation characteristics (S_{11} and S_{21}), (d) Output port characteristics(S_{22} and S_{32})

이는 동축선 C와 D가 가지는 동작 영역을 동축선 E가 상쇄시켜 동작 영역의 확장하게 된다. 측정 결과를 살펴보면 입력 정합 특성(S_{11})은 약 60～1000 MHz에서 -15 dB 이하의 값을 가졌고, 전력 분배 특성(S_{21})은 약 50～970 MHz에서 -3.25±0.2 dB의 값을 가졌다. 하지만, 출력 단자의 정합 특성(S_{22})과 출력 단자 사이의 격리 특성(S_{32})은 약 50～970 MHz에서 -6 dB 정도의 값을 가져 개선이 필요함을 보였다. 제작된 전력 분배기는 Protek A333 network analyzer을 이용하여 측정하였다.

2.2. 종단 정합된 동축선 전력 분배기

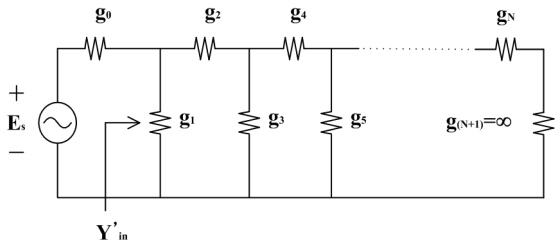
2-way 전력 분배기의 두 개 출력 단자는 50-Ω 선로를 통하여 25-Ω 임피던스 지점에 동일한 형태로 연결되어 있다. 전력 분배기를 출력 단자를 기준으로 우모드와 기모드로 나누어 살펴보면 다음과 같다. 우모드에서는 25-Ω 임피던스 지점이 두 개의 출력 단자로 병렬로 분리되어, 출력 단자의 50-Ω 선로는 50-Ω 임피던스 지점과 연결된 형태로 완전 정합하게 된다. 하지만, 기모드에서는 25-Ω 임피던스 지점은 두 개의 출력 단자에 접지로 인식하게 된다. 그러면, 출력 단자의 50-Ω 선로를 통해 입력된 신호는 전반사되어 매우 낮은 정합 특성을 보이게 된다. 전력 분배기는 우모드와 기모드의 결합으로 전체 특성이 결정되므로, 기모드에서의 동작 특성을 개선하면 동축 케이블을 이용한 2-way 전력 분배기의 전체 동작 특성을 개선시킬 수 있다.

종단이 단락된 형태의 구조의 회로에서 단일 종단 여파기 설계 방식을 사용하면 쉽게 정합 특성을 개선할 수 있다. 그림 3의 (a)는 낮은 주파수대역 통과용 단일 종단 여파기의 기본 회로 구조이다. 이 회로의 입력 임피던스 Y_{in}'은 식 (3)과 같이 표현할 수 있다[5]. 그림 3의 (b)는 종단이 단락된 형태의 회로에서 낮은 주파수대역 통과용 단일 종단 여파기 형태로 일정 간격으로 저항을 연결하는 경우의 회로 모양이다. 이 회로의 입력 임피던스 Y_{in}은 식 (4)과 같이 표현할 수 있다. 여기서, 선로의 특성 어드미턴스 $Y_O, Y_{O1}, Y_{O2}, Y_{O3}, \ldots, Y_{O(N-1)}$에 50-Ω 선로의 정규화 값인 1을 대입하고, 저항 사이의 간격 $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots, \theta_n)$을 90도의 전기적 길이로 하면 식 (3)과 (4)의 값은 식 (5)의 관계가 된다.

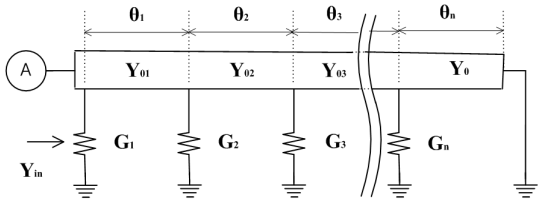
$$Y_{in}^{'} = g_1 + \cfrac{1}{g_2 + \cfrac{1}{g_3 + \cfrac{1}{g_4 + \bullet\ \bullet\ \bullet + \cfrac{1}{g_N}}}} \quad (3)$$

$$Y_{in} = G_1 + \cfrac{Y_{01}^2}{G_1 + \cfrac{Y_{02}^2}{G_3 + \cfrac{Y_{03}^2}{G_4 + \bullet\ \bullet\ \bullet + \cfrac{Y_{0(N-1)}^2}{G_N}}}} \quad (4)$$

$$G_1 = g_1,\ G_2 = g_2,\ G_3 = g_3,\ \bullet\ \bullet\ \bullet,\ G_N = g_N \quad (5)$$



(a)



(b)

그림 3. 단일 종단 여파기 회로, (a) 기본 회로 구조, (b) 50-Ω 선로를 이용한 회로 구현
Fig. 3 The singly terminated filter circuit, (a) Basic circuit structure, (b) Circuit constitution using 50-Ω line

낮은 주파수대역 통과용 단일 종단 여파기에서각 단자의 계수는 차수와 Ripple에 따라 다른 값을 갖는다[5]. 이 계수를 이용하여 계산된 저항을 종단이 단락된 회로에서 90도 전기적 길이마다접지와 연결하면 단자의 반사 특성을 개선시킬 수 있게 된다.

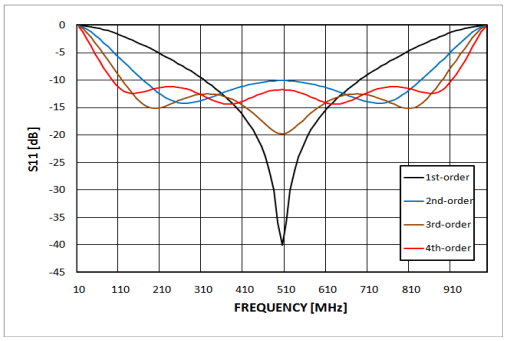
표 1. 차수에 따른 단일 종단 여파기 계수와 저항값
Table. 1 Element values of the singly terminated filter and resistor values due to N-order
(1-dB ripple, 특성 임피던스 : 50 Ω)

차수(n)	Element values	
	저항 값 (Ω)	
1차	g	g_1=0.51
	R	R_1=25.5
2차	g	g_1=1.0, g_2=0.91
	R	R_1=50, R_2=45.5
3차	g	g_1=1.51, g_2=1.33, g_3=1.01
	R	R_1=75.5, R_2=66.5, R_3=50.5
4차	g	g_1=1.28, g_2=1.91, g_3=1.41, g_4=1.05
	R	R_1=64, R_2=95.5, R_3=70.5, R_4=52.5

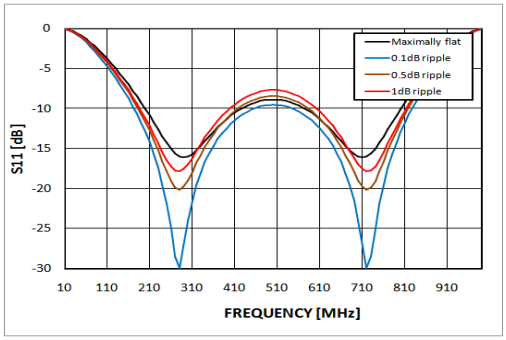
표 2. 리플에 따른 단일 종단 여파기 계수와 저항값
Table. 2 Element values of the singly terminated filter and resistor values due to ripple
(4-order, 특성 임피던스 : 50 Ω)

Ripple	Element values	
	저항 값 (Ω)	
Maximally flat	g	g_1=1.53, g_2=1.58, g_3=1.08, g_4=0.38
	R	R_1=76.5, R_2=79.0, R_3=54.0, R_4=19.0
0.1-dB	g	g_1=1.24, g_2=1.46, g_3=1.20, g_4=0.55
	R	R_1=62.5, R_2=73.0, R_3=60.0, R_4=27.7
0.5-dB	g	g_1=1.31, g_2=1.73, g_3=1.39, g_4=0.84
	R	R_1=65.0, R_2=86.5, R_3=70.0, R_4=41.7
1.0-dB	g	g_1=1.28, g_2=1.91, g_3=1.41, g_4=1.05
	R	R_1=64.0, R_2=95.5, R_3=70.5, R_4=52.5

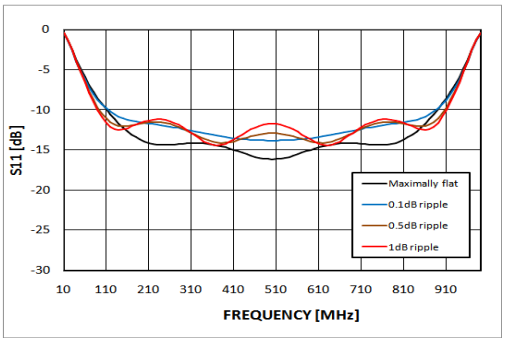
표 1은 Tchebyscheff 구조의 1-dB ripple에 계수를 이용하여 차수에 따라 계산한 저항값이고, 표 2는 4개의 저항을 이용한 4단 정합 회로에서 Maximally flat와 Tchebyscheff 구조의 ripple에 따른 계수를 이용하여 계산된 저항값을 나타낸 것이다. 그림 4의 (a)는 중심 주파수가 500 MHz인 종단이 단락된 단일 종단 회로에서 90도 전기적 길이마다 표 1에서 계산된 저항값을 연결하여 ADS 프로그램을 이용하여 단자 정합 특성(S_{11})을 시뮬레이션을 통해 얻은 결과이다. 동일 Ripple에 대해서는 차수가 높을수록 대역이 넓어지지만, 차수가 낮으면 일정 협대역에서는 정합 특성이 더 우수함을 볼 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 단일 종단 정합 회로의 출력 단자 특성, (a) 차수에 따른 S11 특성 (1-dB ripple), (b) Ripple에 따른 S11 특성 (2-nd order), (c) Ripple에 따른 S11 특성 (4-th order)
Fig. 4 Output port characteristic of the singly terminated matching circuit, (a) S11 for an n-order circuit (1-dB ripple), (b) S11 according to ripple value (2-nd order), (c) S11 according to ripple value (4-th order)

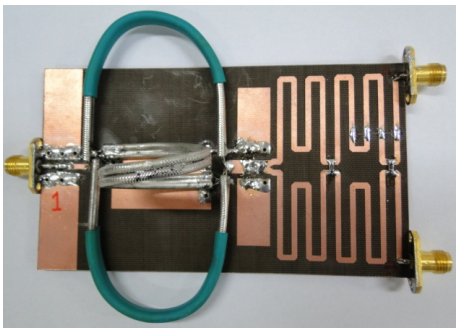
그림 4의 (b)와 (c)는 2개의 저항과 4개의 저항을 이용하여 Ripple에 따른 단자 정합 특성이다. 2개의 저항을 이용한 2단 정합 회로에서는 0.1-dB ripple에서 상대적으로 좋은 단자 정합 특성을 보였고, 4개의 저항을 이용한 4단 정합 회로에서는 1-dB ripple에서 상대적으로 균일한 단자 정합 특성을 보였다.

2.3. 제안된 동축선 전력 분배기 제작 및 결과

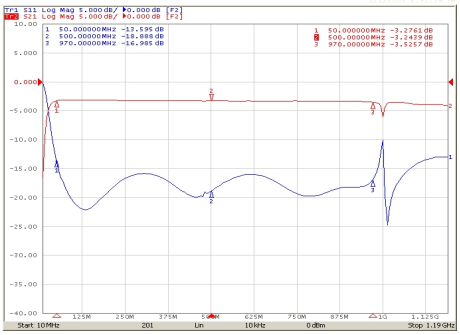
출력 단자가 정합되지 않은 세 개의 37.5-Ω의 동축선 케이블을 이용한 2:1 임피던스 변환 회로의 출력부에 낮은 주파수대역 통과용 단일 종단 여파기의 1-dB ripple에 해당하는 2단 정합 회로를 연결한 2-way 전력 분배기와 1-dB ripple에 해당하는 4단 정합 회로를 연결한 2-way 전력 분배기를 제작하여 그 동작 특성을 살펴보았다.

그림 5의 (a)는 제작된 2단 2-way 전력 분배기의 모습이다. Tchebyscheff 함수의 1-dB ripple에 계수는 g_1=1.0와 g_2=0.91이며, 이 값을 이용한 단일 종단 여파기의 저항 값 R_1과 R_2는 50 Ω과 45.5 Ω이 된다. 여기서, R_1은 출력 단자에 가까운 저항을 의미하고, 저항 사이의 간격은 500 MHz의 주파수에 대하여 전기적 길이 90도로 하였다. 시뮬레이션된 저항 값을 실제 2-way 전력 분배기에 적용하기 위해서는 2배의 저항 값을 사용하여야 한다. 실제 회로에 연결된 저항 값은 R_1은 100 Ω, R_2는 91 Ω을 사용하였다. 그림 4의 (b)는 전력 분배기의 입력 정합 특성(S_{11})과 전력 분배 특성(S_{21})이다. 입력 정합 특성(S_{11})은 약 60～980 MHz에서 -15 dB 이하의 값을 가졌고, 전력 분배 특성(S_{21})은 약 50～970 MHz에서 -3.4±0.2 dB의 값을 가졌다. 또한, 그림 4의 (c)는 출력 단자의 정합 특성(S_{22})과 출력 단자 사이의 격리 특성(S_{32})이다. 출력 단자의 정합 특성(S_{22})은 약 80～1000 MHz에서 약 -10 dB 이하의 값을 가졌고, 출력 단자 사이의 격리 특성(S_{32})은 약 100～950 MHz에서 약 -10 dB 이하의 값을 가졌다.

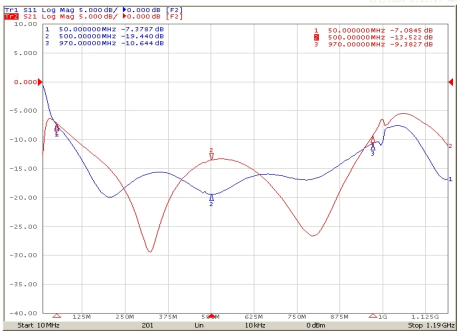
그림 6의 (a)는 제작된 4단 2-way 전력 분배기 의 모습이다. Tchebyscheff 함수의 1-dB ripple에 계수를 이용하여 계산된 저항 값을 바탕으로 실제 2-way 전력 분배기에서는 R_1=120 Ω, R_2=200 Ω, R_3=150 Ω, R_4=110 Ω을 사용하였다. 그림 5의 (b)는 전력 분배기의 입력 정합 특성(S_{11})과 전력 분배 특성(S_{21})이다. 입력 정합 특성(S_{11})으로 약 50～970 MHz에서 약 -15 dB 이하의 값을 가졌고, 전력 분배 특성(S_{21})은 약 50～970 MHz에서 -3.5±0.3 dB의 값을 가졌다.



(a)

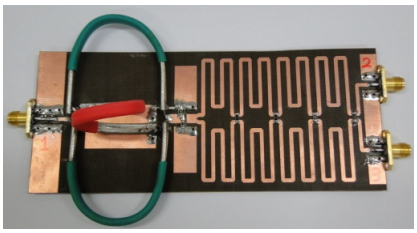


(b)

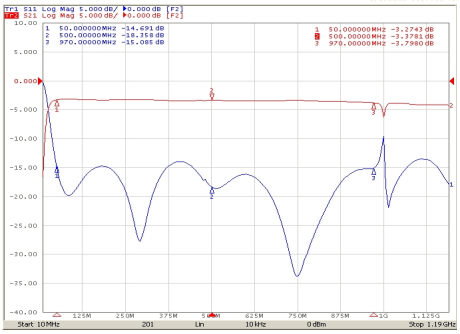


(c)

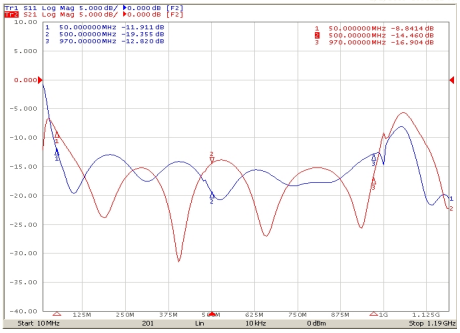
그림 5. 2단 정합 회로 동축선 전력분배기,
(a) 제작된 모습, (b) 동작 특성(S_{11}와 S_{21}),
(c) 출력 단자 특성(S_{22}와 S_{32})
Fig. 5 the coaxial-cable power divider being 2-order matching circuit, (a) Fabricated power divider, (b) Operation characteristics (S_{11} and S_{21}), (c) Output port characteristics(S_{22} and S_{32})



(a)



(b)



(c)

그림 6. 4단 정합 회로 동축선 전력분배기,
(a) 제작된 모습, (b) 동작 특성(S_{11}와 S_{21}),
(c) 출력 단자 특성(S_{22}와 S_{32})
Fig. 6 the coaxial-cable power divider being 4-order matching circuit, (a) Fabricated power divider, (b) Operation characteristics (S_{11} and S_{21}), (c) Output port characteristics(S_{22} and S_{32})

또한, 그림 5의 (c)의 출력 단자의 정합 특성(S_{22})과 출력 단자 사이의 격리 특성(S_{32})이다. 출력 단자의 정합 특성(S_{22})은 약 50～9700 MHz에서 약 -12 dB 이하의 값을 가졌고, 출력 단자 사이의 격리 특성(S_{32})은 약 100～980 MHz에서 약 -15 dB 이하의 값을 가졌다.

단일 종단 여파기의 계수를 이용한 정합 회로는 제작된 2-way 전력 분배기의 기모드에 해당하는 상태에서의 정합 특성을 개선한 것이다. 전력 분배기의 우모드 특성까지 고려하여 살펴보면 단일 종단 여파기의 시뮬레이션 특성은 제작된 전력분배기의 출력 반사 특성의 반에 해당하는 값에 영향을 주는 것이다. 이런 특성을 고려하여 제작된 특성을 살펴보면, 제작된 정합 특성을 가지는 2-way 전력 분배기는 단수에 상관없이 입력 정합 특성과 전력 분배 특성은 안정적으로 유지되며, 단수에 따라 출력 단자의 정합 및 출력 단자사이의 격리 특성이 개선됨을 볼 수 있다. 만약, 협대역에서 제안된 전력 분배기를 사용한다면 한 개의 정합 회로를 가지는 전력 분배기를 제작하여 사용 가능하고, 1-decade 이상의 주파수 영역에서 제안된 전력 분배기를 사용한다면 다단 정합 회로를 가지는 전력 분배기를 제작하여 사용하면 됨을 볼 수 있다.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 2:1 동축선 임피던스 트랜스포머에서 단일 종단 여파기 설계 방식을 이용하여 종단 정합 특성이 개선된 광대역 2-way 전력 분배기를 설계 및 제작하였다. 정합 단수와 Ripple 특성에 따른 저주파대역 통과 단일 종단 여파기 계수를 이용하여 실제 전력 분배기 회로의 저항 값으로 유도하였고, 유도된 값을 이용하여 1-dB ripple 특성을 갖는 2단 정합된 2-way 전력 분배기와 4단 정합된 2-way 전력 분배기를 제작하였다. 제작된 전력 분배기는 50～970 MHz에서 안정적인 입력 정합 특성과 전력 분배 특성을 보였으며, 2단 정합된 전력 분배기는 출력 정합 특성과 출력 단자사이의 정합 특성은 정합 회로가 없는 전력 분배기에 대해 약 4 dB 개선 특성을 가졌고, 4단 정합된 전력 분배기는 약 6 dB 개선 특성을 가졌다.

출력 단자의 정합 특성과 출력 단자의 격리 특성이 개선된 동축선 임피던스 트랜스포머를 이용한 전력 분배기는 높은 동작 전력 및 광대역 특성과 안정적인 전력 분배를 가지고 있어서, 다양한 회로에서 적용할 수 있으리라 생각한다.

참고문헌

[1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison-Wesley, pp. 383 - 427, 1990

[2] E. J. Wilkinson, "An N-way hybrid power divider," IRE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 8, pp. 116-118, Jan. 1960

[3] 박웅희, "동축선을 이용한 광대역 임피던스 트랜스포머," 한국해양통신학회논문지, Vol. 15, pp. 789 - 794, April 2011

[4] Guanella, G., "Novel Matching Systems for High Frequencies," Brown-Boveri Review, Vol. 31, pp. 327 - 329, Sep. 1944

[5] G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures*, Artech House, pp.95-108, 1980

[6] S. Lee, C. Kim, K. Choi, J. Park, and D. Ahn, "A General Design Formula of Multi-Section Power Divider Based on Singly Terminated Filter Design Theory," 2001 International Microwave Symposium at Phoenix, Vol.2, pp. 1297-1300, May 2001

저자소개

박웅희(Unghee Park)

2000년 서강대학교 전자공학과 공학박사

2000.3～2006.8 한국전자통신연구원 안테나기술팀 선임연구원

2006.8～현재 강원대학교 공학대학 전자공학과 부교수

※관심분야 : 마이크로파 회로 및 부품 설계