

▶ 장소 : 항공우주센터 203호

13:30~15:30

좌장 : 이정해(홍익대)

[2-1-1]	13:30~13:50	공진회로를 이용한 마이크로파 균지연 시간 조정기	서수진, 박상근, 최홍재, 정용채, 윤재훈, 김철동(전북대/한국전자통신연구원/세원텔레텍(주))	279
[2-1-2]	13:50~14:10	새로운 평면 Left-Handed 전송 선로와 이를 이용한 Backward-Wave 방향성 커플러 구현	박재현, 유영호, 이재곤, 이정해	283 (홍익대/경북대)
[2-1-3]	14:10~14:30	주기구조를 이용한 partial H-plane filter	김동진, 이정해 (홍익대)	287
[2-1-4]	14:30~14:50	새로운 구조의 방향성 결합기	김용범, 임종식, 이길영	291 (순천향대/공군사관학교)
[2-1-5]	14:50~15:10	대역통과 여파기 설계를 위한 새로운 등가식	배주석, 임종식, 이길영	295 (순천향대/공군사관학교)
[2-1-6]	15:10~15:30	1:6 비대칭 월킨스 전력 분배기	임종식, 이길영, 정용채, 안달, 최관순, 오성민, 구재진(순천향대/공군사관학교/전북대)	299

15:30~16:00 Coffee Break

16:00~18:00

좌장 : 황희용(강원대)

[2-2-7]	16:00~16:20	결합된 결합접지모드를 이용한 소형 대역저지 필터	정상운, 임영광, 이해영 (아주대)	303
[2-2-8]	16:20~16:40	통과대역 보상용 2단 대역통과 여파기의 특성 연구	문수덕, 황희용 (강원대)	307
[2-2-9]	16:40~17:00	소형화 및 고조파 특성이 개선된 접힌 구조의 링하이브리드의 설계	이홍섭, 최경, 황희용 (강원대)	311
[2-2-10]	17:00~17:20	소형화된 이중모드 마이크로스트립 링 공진기를 이용한 대역통과 필터 설계	최성수, 박동철 (충남대)	315
[2-2-11]	17:20~17:40	35 GHz 대역의 Quasi-Yagi 안테나를 이용한 공간 전력합성기 설계 및 구현	홍만기, 우동식, 전중훈, 김강욱	319 (경북대)
[2-2-12]	17:40~18:00	다중 주파수 대역 특성을 갖는 DGS의 설계	우덕제, 이택경 (한국항공대)	323

1:6 비대칭 윌킨슨 전력 분배기

*임종식[○], **이길영, ***정용채, *안달, *최관순, *오성민, *구재진
*순천향대학교 정보기술공학부 **공군사관학교 전자공학과 ***전북대학교 전자정보공학부

A 1:6 Unequal Wilkinson Power Divider

*Jong-Sik Lim[○], **Gil-Young Lee, ***Yong-Chae Jeong,
*Dal Ahn, *Kwan-Sun Choi, *Sungmin Oh and *Jae-Jin Koo

**Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University*

*** Department of Electronic Engineering, Korea Air-Force Academy*

****Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University*

Abstract

A 1:6 Unequal Wilkinson power divider is proposed. The proposed 1:6 divider has the microstrip line with 207Ω characteristic impedance by adopting a simple rectangular-shaped defected ground structure (DGS). Instead of the previous meander-shaped DGS, the proposed rectangular-shaped DGS produces the transmission line having much higher characteristic impedance because of the decreased equivalent capacitance as well as the increased inductance. The analytic verification procedure for 207Ω is also illustrated. The measured performances show that the proposed 1:6 Wilkinson divider has excellent performances with a good agreement with the predicted ones.

I. 머리말

윌킨슨 전력 분배기는 가장 널리 사용되는 초고주파 회로 가운데 하나이다. 기본적인 2-way 윌킨슨 전력 분배기는 두 출력 단자에 같은 크기의 전력이 출력으로 나타난다[1]. 그러나 만약에 1:N의 전력 분배비에서 N(엄밀히 말하면 $N>1$)인 비대칭의 경우에는, 어느 한 쪽 경로의 전송선로의 특성 임피던스가 표준형인 70.7Ω 보다 높은 값이 요구된다[2]. 예를 들어 $N=2$ 나 $N=3$ 인 경우에는 각각 103Ω 과 132Ω 의 높은 특성 임피던스를 갖는 전송선로가 어느 한 경로에 요구된다. 그러나 표준형 마이크로스트립 선로의 경우, 특별한 문제 없이 구현이 가능한 임피던스의 한계가 $100\Omega \sim 130\Omega$ 정도라는 문제가 심각하게 제기될 수 있다. 간혹 두꺼운 기판을 사용할 경우 특성 임피던스의 구현 한계를 다소 높일 수는 있으나 기판의 두께가 해당 주파수에서 지나치게 두꺼워져

야 한다는 문제가 생긴다.

이러한 문제를 해결하는 한 가지의 방법으로, 미앤더 형태의 결함접지구조(defected ground structure, DGS)를 사용하여 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스를 158Ω 까지 끌어올리고 이를 이용하여 1:4 비대칭 윌킨슨 전력 분배기를 설계한 사례가 발표된 적이 있다. [3]에 발표된 방법에 따르면, $Z_0=(L/C)^{1/2}$ 로 표현되는 특성 임피던스를 158Ω 까지 높이려는 목적으로 등가의 L을 키우기 위하여 미앤더 형태의 DGS를 사용하였다. 그러나 종래의 이 방법에 의하면 등가의 C 성분이 Z_0 의 결정 과정에서 무시하지 못할 정도의 크기로 존재하므로, $150\Omega \sim 160\Omega$ 정도의 값이 미앤더형 DGS로 구현이 가능한 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스 한계였다.

그러나 비대칭 비율이 [3]에서보다 더 큰 $N=6$ 이 되려면, 한 쪽 경로의 전송선로 임피던스가 207Ω 이 되어

종래의 미앤더형 DGS 로는 구현이 불가능하게 된다. 본 논문에서는 이런 임피던스의 한계를 극복해 보고자, 등가의 캐패시터가 크게 줄어든 단순한 사각형 구조의 DGS 를 삽입한 전송선로를 제안한다. 이를 통하여 207Ω의 특성 임피던스를 갖는 마이크로스트립 전송선로를 구현하고, 이어서 1:6 비대칭 전력 분배기를 설계, 제작 및 측정된 결과에 대하여 기술하고자 한다.

II. 200Ω 이상의 특성 임피던스를 갖는 마이크로스트립 전송 선로

그림 1 은 2-way 월킨슨 전력 분배기의 기본적인 회로를 보여주고 있다. 만약에 전력 분배비가 1:N ($N \geq 2$)의 비대칭이라면 특성 임피던스 Z_3 는 매우 급격하게 큰 값을 요구한다. 마이크로스트립 선로로 구현하는 회로의 경우, 높은 특성 임피던스의 전송선로는 구현 가능성에 관한 문제가 발생할 수 있다. 표 1 은 비대칭 비율을 1~6 까지 바꾸었을 때 Z_3 의 값의 변화를 보여주고 있다. $N=6$ 의 경우에 $Z_3=207\Omega$ 이므로 일반적인 마이크로스트립 선로의 구현 한계보다 훨씬 높은 값을 알 수 있다.

종래에 발표된 바에 따르면, 1:4 비대칭 월킨슨 분배기는 158Ω의 마이크로스트립 선로를 구현하기 위하여 미앤더 형태의 DGS 를 삽입하였다. 미앤더 형태의 DGS 는 등가의 인덕턴스를 크게 높여주어 특성 임피던스를 표준형 선로보다 크게 높여준다. 그러나 이 방법에도 등가의 캐패시턴스가 Z_0 결정에 무시할 수 없는 크기를 가지므로 선로 임피던스의 구현 한계를 높이는데 있어서 또 다른 한계로 작용한다. 따라서 미앤더형 DGS 를 이용한 마이크로스트립 전송선로의 임피던스 구현 한계는 150~160Ω 사이로 제시되었다[3].

200Ω 이상의 특성 임피던스를 얻기 위해서는 등가의 L 이 매우 커지고(커지거나) C 가 아주 작아져야 한다. 기존의 미앤더형 DGS 나 또는 다른 형태의 복잡한 기하학적 구조를 갖는 DGS 는 등가 L 의 증가에 따라 등가 C 도 일정량 증가한다는 문제가 있다. 그러나 본 논문에서는 L 의 증가와는 무관하게 등가의 C 를 급격하게 줄일 수 있는 단순한 형태의 사각형 DGS 를 사용한다. 따라서 200Ω 이상의 특성 임피던스를 얻을 수 있는

단서를 제공한다.

그림 2 는 단순한 사각형 형태의 DGS 를 갖는 마이크로스트립 선로(이하 "DGS 선로")를 보여주고 있다. 본 논문에서는 예로써 유전율이 2.2 이고 두께가 31mils 인 기판을 사용하였다. 한편 W1 과 W2 는 접지면에 있는 단순한 사각형 DGS 의 크기이고, WM 은 마이크로스트립 선로의 폭이다. 이 사각형 DGS 가 마이크로스트립 선로의 아래 접지면에 식각될 때 선행 연구에서 밝혀졌듯이 등가의 인덕턴스가 크게 증가한다. 그러나 등가의 인덕턴스의 증가에 비하여 추가되는 캐패시턴스는 극히 작은 값이 된다. 따라서 결과적으로 특성 임피던스가 크게 증가한 것으로 나타나게 된다.

예로서 본 논문에서는 WM=0.4mm 을 취하였다. 이때 표준형 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스는 124Ω이다. 만약에 207Ω의 특성 임피던스를 갖는 마이크로스트립 선로를 구현하려면 선폭이 0.07mm 로 좁아지게 되어 구현하는데 큰 어려움이 뒤따른다.

그림 3은 W1=22mm, W2=12mm 로 취했을 때의 선로에 대한 측정된 S-파라미터를 보여준다. 측정된 S_{11} 값이 약 -1dB 로, 그림 2 의 DGS 를 갖는 선로가 207Ω의 특성 임피던스를 갖는 마이크로스트립 선로임을 간접적으로 보여준다. 이에 대한 추가적인 설명을 하면 다음과 같다.

그림 3의 측정 결과를 보면 DGS 선로의 입력반사 특성은 중심주파수 (F_0)에서 $S_{11}=-1dB$ 이다. F_0 에서 $\lambda/4$ 가 되도록 DGS 선로의 길이는 사전에 선택되었다. 그림 4 에서처럼 DGS 선로의 특성 임피던스를 편의상 Z_3 이라 하자. 그러면 F_0 에서 $\theta=\pi/2$ 인데, 이때 Γ 의 크기는 최대이며 S_{11} 과 Γ 는 식 (1)과 같은 관계가 있다. 일단 Γ 의 크기가 결정되면 식 (2)에 의하여 한쪽이 단락된 상태에서 DGS 선로의 입력 임피던스가 계산된다. 따라서 식 (3)에 의하여 Z_3 가 결정된다. 207Ω의 특성 임피던스를 위한 정확한 S_{11} 은 -1.01dB 이다.

$$S_{11}[dB] = 20 \log|\Gamma| \quad (1)$$

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \quad (2)$$

$$Z_3 = \sqrt{Z_{in}Z_o} = Z_o \sqrt{\frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}} \quad (3)$$

III. 1:6 전력분배기의 제작 및 측정

그림 5 는 제안하는 1:6 비대칭 전력 분배기의 레이아웃이다. 출력측 경로의 임피던스는 스케매틱 회로의 R_2 와 R_3 를 측정시 용이하도록 하기 위하여 $\lambda/4$ 선로로 변환한 것이다. 그림 2 에 보인 단순한 사각형 형태의 DGS 선로가 삽입되어 있다. 한 가지 강조할 점은 단순한 사각형 형태의 DGS 구조가 우연히 선택된 것이 아니라, 위에서 이미 설명하였듯이 등가의 인덕턴스는 키우면서 동시에 등가의 캐패시터는 반대로 크게 줄이기 위한 고려의 결과로서 결정된 구조라는 것이다. 1:6 분배를 위한 이상적인 격리저항(R_{in}) 값은 143Ω 이다. 하지만 실제로는 임의의 모든 저항값에 대하여 칩 저항이 가용할 수 있는(available) 것이 아니므로, 본 논문에서는 가장 가까운 150Ω 칩 저항으로 선택하였다.

그림 6 의 두 그림은 이상적인 전송선로 소자와 저항값을 이용하여 회로 시뮬레이터인 Agilent ADS(Advanced Design System)로 예측한 이상적인 1:6 비대칭 윌킨슨 전력 분배기의 특성과, 본 논문에서 제시한 방법에 의하여 제작하여 측정한 분배기의 성능을 보여주고 있다. 실제 측정결과와 이상적인 조건하에서의 예측 결과를 비교해 보면 비록 사소한 불일치 점들이 보이고 있으나, 제안한 1:6 비대칭 분배기의 측정된 특성이 이상적인 특성을 매우 가깝게 따라가고 있음을 알 수 있다. F_o 를 중심으로 각 단자에서의 정합(matching), 두 출력 단자간 격리(isolation), 그리고 두 출력 전력 간의 분배비가 매우 우수함을 알 수 있다. 따라서 제안한 방법에 의한 1:6 비대칭 윌킨슨 전력 분배기의 성능이 충분히 검증되고 있다.

IV. 맺음말

본 논문에서는 단순한 사각형 형태의 DGS 를 마이크로스트립 선로에 삽입하여 특성 임피던스를 207Ω 로 크게 키우는 방법을 제시하고, 이 선로를 활용하여

1:6 비대칭 윌킨슨 전력 분배기를 실제로 설계, 제작하여 그 특성을 측정한 결과를 제시하였다. 먼저 DGS 선로의 특성만을 따로 측정한 결과 207Ω 의 특성 임피던스에 해당하는 S_{11} 을 얻어서 제안한 방법의 타당성을 검증하였다. 이어서 실제로 측정한 1:6 전력 분배기의 성능을 측정을 통하여 제시하였다. 측정된 1:6 비대칭 분배기의 특성은 이상적인 소자로만 구성된 1:6 비대칭 분배기의 이상적인 특성과 매우 유사하였다. 저자들이 현재까지 알고 있는 한, 본 논문에서 제안한 구조는 최초로 구현되고 측정된 1:N ($N \geq 5$) 비대칭 윌킨슨 전력 분배기이다. 본 논문에서 제안한 회로 구조는 비대칭 분배기를 필요로 하는 다수의 회로 및 시스템에서 다양하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] E. J. Wilkinson, "An N-way hybrid power divider," *IRE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 8, pp. 116-118, Jan. 1960.
- [2] D.M. Pozar, *Microwave Engineering*, Second edition, pp. 367 ~ 368, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1998.
- [3] J.-S. Lim, S.-W. Lee, C.-S. Kim, J.-S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A 4:1 Unequal Wilkinson Power Divider," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 11, no. 3, pp. 124 - 126, Mar. 2001.
- [4] J.-S. Lim, C.-S. Kim, J.-S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "Design of 10dB 90° branch line coupler using microstrip line with defected ground structure," *IEE Electronics Letters*, vol. 36, no. 21, pp. 1784-1785, Oct. 2000.

Table 1 Characteristic impedance and resistor values of 1:N unequal Wilkinson power divider shown in Fig. 1.

N	Z_0 [Ω]	Z_2 [Ω]	Z_3 [Ω]
1	50	70.7	70.7
2	50	51.5	103.0
3	50	43.9	131.6
4	50	39.5	158.1
5	50	36.6	183.1
6	50	34.5	207.0

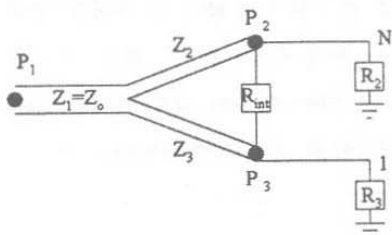


그림 1. 1:N 비대칭 윌킨슨 전력 분배기 구조

Fig. 1 Topology of 1:N unequal Wilkinson power divider

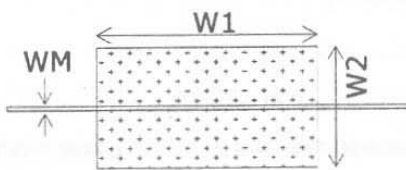


그림 2. 207 Ω 마이크로스트립 선로를 위한 DGS 구조

Fig. 2 Rectangular-shaped DGS for 207 Ω microstrip line.

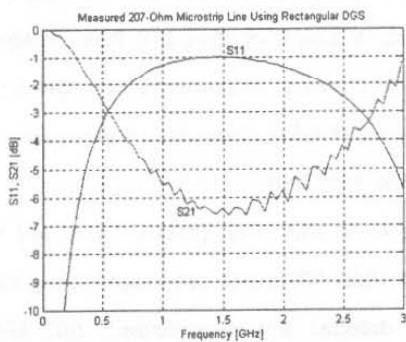


그림 3. 그림 2의 DGS 선로의 측정된 S-파라미터

Fig. 3 Measured S-parameters of the DGS line shown in Fig. 2

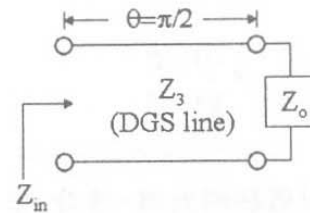


그림 4. DGS 선로의 특성 임피던스(Z_3)를 계산하기 위한 단순화된 전송선로 모델

Fig. 4 Simplified model to determine the characteristic impedance (Z_3) of DGS line

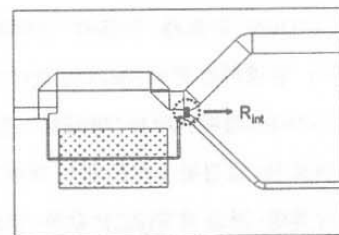
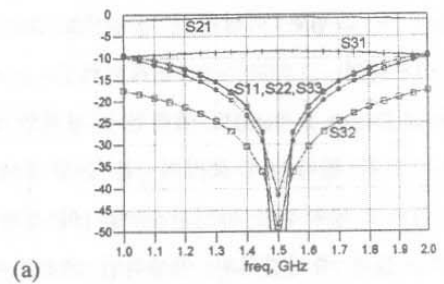
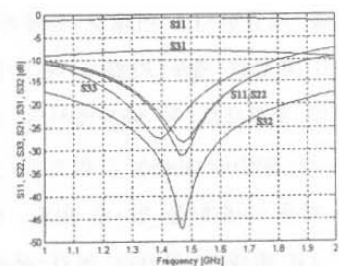


그림 5. 1:6 분배기의 회로 레이아웃

Fig. 5 Layout of the proposed 1:6 power divider



(a)



(b)

그림 6. 1:6 전력 분배기의 성능 (a) 이상적 회로에 대한 이상적인 회로의 특성 (b) 측정 성능

Fig. 6 Performances of the proposed 1:6 Wilkinson divider (a) Ideal Performances for the ideal network (b) Measurement