

병렬분기선로막을 리용한 광대역미소띠 출력분배기설계의 한가지 방법

계미향, 김창덕

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학기술을 확고히 앞세우고 과학기술과 생산을 밀착시키며 경제건설에서 제기되는 모든 문제들을 과학기술적으로 풀어나가는 기풍을 세워 나라의 경제발전을 과학기술적으로 확고히 담보하여야 합니다.》

출력분배기와 출력결합기는 초고주파전자장치들을 개발하는데서 필수적인 요소들이다.

지면투과레이다용송신기에 리용되는 출력분배기는 300~1 000MHz 의 주파수대역에서 동작하므로 중심주파수 $f_0 = 650\text{MHz}$, 통과대역너비 $\Delta f = 700\text{MHz}$ 로서 광대역특성을 보장하여야 한다.

초고주파대역에서 광범히 리용되고있는 월킨손출력분배기는 입구출력을 2개의 출구으로 손실없이 균등하게 분할하는 기능과 함께 반대로 출력합성기로서도 리용된다.[2]

월킨손출력분배기의 다른 기능은 3개의 포구들을 정합시키는것인데 리론적으로 3포구회로망의 매개 포구들을 동시에 정합시킬수 없다.

따라서 월킨손출력분배기에서는 이 문제를 해결하기 위하여 2개의 출구사이에 격리저항으로서 유효저항을 련결하는데 이 저항은 2개의 출구사이가 정합되지 않는 경우 반사되는 에너지를 흡수한다.[3]

또한 출력합성기로 리용될 때 두 출구사이의 격리를 실현해준다.

월킨손출력분배기는 단일주파수를 중심으로 협대역특성을 가지므로 일반적인 구조의 월킨손출력분배기를 지면투과레이다용계단주파수신호송신기에 그대로 리용할수 없다.

론문에서는 일반적인 월킨손출력분배기의 구조에 길이가 $\lambda_g/4$ 인 선로토막을 π 형구조의 회로망으로 교체하여 월킨손출력분배기의 결함인 협대역특성을 광대역으로 개선하는 방안을 제안하였다.

그림 1에 일반적인 월킨손출력분배기의 위상학적구조를 보여주었는데 이 분배기는 중심주파수를 축으로 협대역특성을 가지는 결함이 있다.

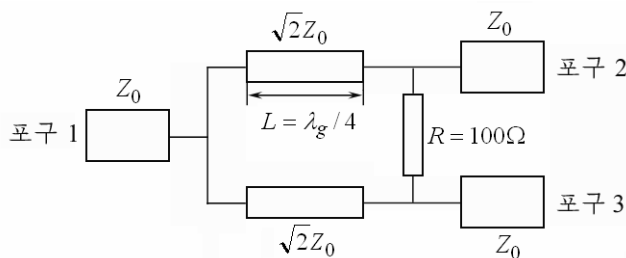


그림 1. 일반적인 월킨손출력분배기의 위상학적구조

공학적으로 초고주파선로에서 종단의 정합을 실현하기 위하여 분기선토막과 그것이 기본선로에 병렬로 연결되는 위치점을 적당히 선택하는 방법을 취한다.

장선의 이론에 의하면 부하로부터 일정한 거리에서 들여다본 저항이 $1 + jX$ 로 되게 한 다음 이 점에 나타나는 무효저항을 종단개방 또는 단락선로로 보상하면 정합이 실현된다.[1]

그리고 월킨손출력분배기의 단순구조에서는 해당한 파장에 따르는 주파수에서만 공진되므로[2] 협대역특성을 가지지만 여러 파장으로 된 복합구조를 취하면 선로의 통과대역을 넓힐수 있다. 그러므로 월킨손출력분배기의 세 포구근방의 어떤 위치점들에서 적당한 길이를 가지는 선로토막들을 배치하고 단순구조로부터 복합구조로 개조하는 방법으로 넓은 대역에서 매 포구들의 정합을 실현할수 있다.

론문에서 제기한 구조변경된 월킨손출력분배기의 위상학적구조를 그림 2에 보여주었다.

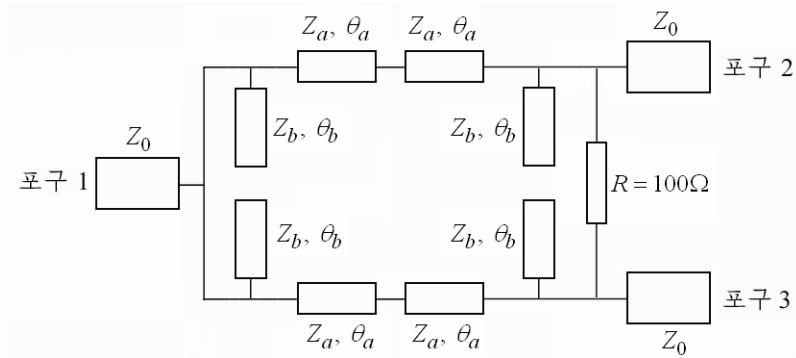


그림 2. 구조변경된 월킨손출력분배기의 위상학적구조

그림 2와 같은 구조의 종속연결된 초고주파회로망을 분석하자면 회로망을 구성하는 매개 요소(전송선토막)의 $ABCD$ 행렬을 리용하는것이 편리하다.(그림 3)

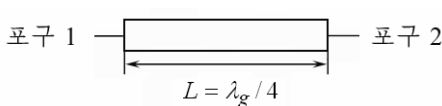


그림 3. $\lambda_g/4$ 길이의 전송선토막

그림 3의 $\lambda_g/4$ 길이의 전송선토막을 A행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & jZ_0 \\ jY & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

한편 그림 4에 π 형구조의 등가회로를 보여주었다.

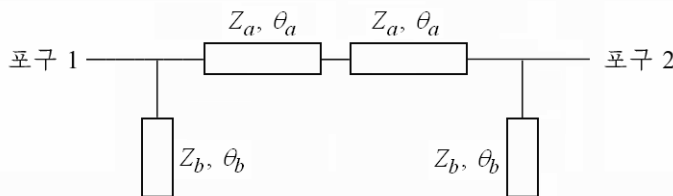


그림 4. π 형구조의 등가회로

그림 4에서 전송선토막과 분기선토막의 A행렬은 각각 다음과 같다.

$$A_a = \begin{bmatrix} \cos \theta_a & jZ_a \sin \theta_a \\ jZ_a \sin \theta_a & \cos \theta_a \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A_b = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jY_b \tan \theta_b & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

따라서 π 형등가회로의 포구 1과 2에서 고찰한 전체 회로망의 $ABCD$ 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A_\pi &= [A_b][A_a][A_a][A_b] = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jY_b \tan \theta_b & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(2\theta_a) & jZ_a \sin(2\theta_a) \\ jY_a \sin(2\theta_a) & \cos(2\theta_a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jY_b \tan \theta_b & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서

$$A = \cos(2\theta_a) - Z_a Y_b \tan \theta_b \sin(2\theta_a)$$

$$B = -jZ_a \sin(2\theta_a)$$

$$C = jY_b \tan \theta_b \cos(2\theta_a) + jY_a \sin(2\theta_a) - jZ_a Y_b^2 \tan^2 \theta_b \sin(2\theta_a) + jY_b \tan \theta_b \cos(2\theta_a)$$

$$D = -Z_a Y_b \tan \theta_b \sin(2\theta_a) + \cos(2\theta_a)$$

이다.

한편 복합구조에서 단순구조의 특성이 나타나게 하자면 중심주파수 $f_0 = 650\text{MHz}$ 에서 $A = A_\pi$ 가 만족되어야 하는데 그러자면

$$Z_a = \frac{Z_0}{\sin(2\theta_a)} \quad (5)$$

$$Y_b \tan \theta_b = \frac{\cos(2\theta_a)}{Z_0} \quad (6)$$

의 조건이 만족되어야 한다.

식 (5)와 (6)을 리용하여 π 형등가회로의 전기적길이(θ_a, θ_b)와 특성저항(Z_a, Z_b)을 결정한다.

전기적길이와 특성저항을 결정한 후 미소띠 선로계산도구인 ADS를 리용하여 결정한 π 형등가회로의 정수(Z, θ)와 기하학적치수(L, W)는 표와 같다.

표. π 형등가회로의 정수와 기하학적치수

	토막 a	토막 b	입출구선로
Z/Ω	65.294	65.189	50
$\theta/(^\circ)$	25	40	10.96
W/mm	1.86	1.869	3
L/mm	11.7	18	5

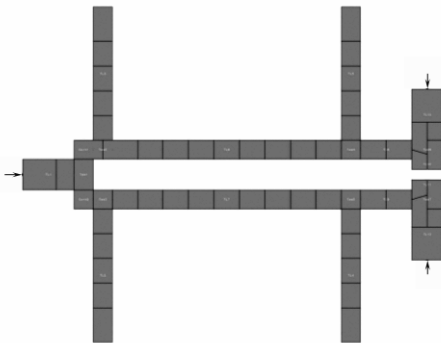


그림 5. 광대역출력분배기구조

우와 같은 고찰에 기초하여 결정된 광대역출력분배기구조는 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는바와 같이 분배기구조는 단층 인쇄기판에 제작할수 있게 상대적으로 간단하며 단순한 접지평면을 가진다.

이때 유전체기판으로서는 유전률이 4.4이고 손실탄젠스가 0.025, 두께가 1.58mm인 FR4기판을 선택하였으며 격리저항은 100Ω 이다.

설계한 광대역출력분배기의 성능을 평가하기 위하여 ADS를 리용하여 모의실험을 진행하였다.(그림 6, 7)

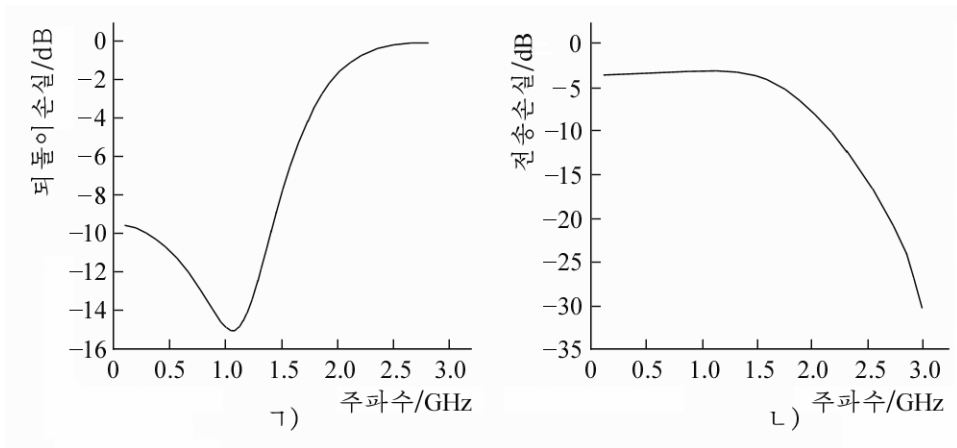


그림 6. 되돌이손실특성(ㄱ)과 전송손실특성(ㄴ)

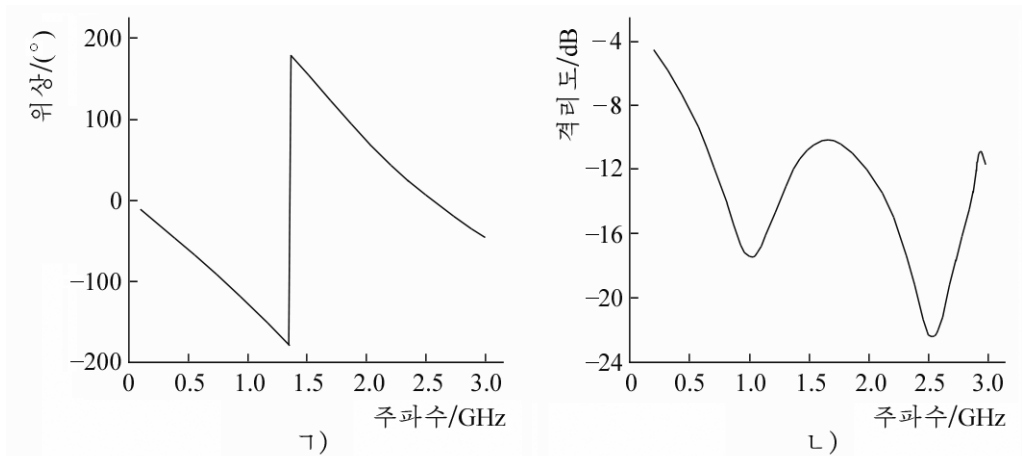


그림 7. 위상특성(ㄱ)과 격리특성(ㄴ)

그림 6과 7에서 보는바와 같이 300~1 000MHz범위의 주파수상에서 요구되는 특성이 보장된다는것을 알수 있다.

이때 주파수가 1GHz근방에서의 특성이 제일 좋은데 되돌이손실은 -15dB, 전송결수는 -0.4dB, 위상특성은 두 출구포구에서 일치하며 출구격리도는 -17.5dB로 보장되었다.

그림 6, 7로부터 선로치수를 적당히 변경시키면 중심점을 1GHz로부터 목적하는 0.6~0.7GHz구역내으로 옮길수 있으며 대역특성을 평탄하게 할수 있다.

실지 제작된 기판으로 측정실험을 하였을 때 정합과 대역특성의 견지에서 요구하는 수값들을 얻지 못했지만 4개의 분기선로토막의 길이를 조절하면서 모의결과와 거의 근사한 측정값들을 얻었다.

한편 피선로불연속부분들에서 불연속효과를 고려하기 위하여 완전파전자기모의를 진행하여 출력분배기에서의 마당분포특성을 얻었다.(그림 8)

그림 8에서 보는바와 같이 마당분포특성이 포구 1에서 최대값일 때 포구 2와 3에서는 중간값을 나타내며 분기선로토막들에서의 마당분포는 령으로서 손실을 무시할수 있으므로 정합이 실현되고 기본선로토막들에서는 분할출력들이 집중되어있다는것을 알수 있다.

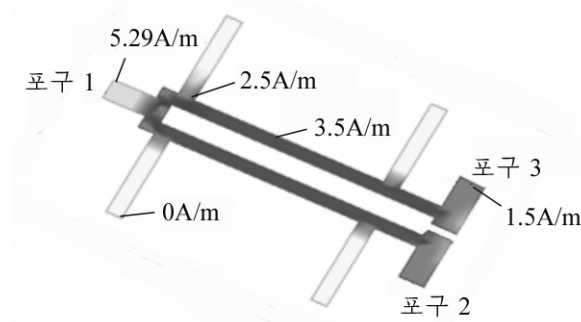


그림 8. 출력분배기에서의 마당분포특성

맺 는 말

종전의 윌킨슨출력분배기의 구조에 선로토막과 분기선로토막을 추가하여 협대역특성으로부터 광대역특성을 보장할수 있는 한가지 새로운 출력분배기의 구조를 제안하였다.

설계한 광대역출력분배기의 성능을 평가하기 위하여 ADS를 리용하여 모의실험을 진행함으로써 300~1 000MHz범위의 주파수상에서 요구되는 특성을 보장할수 있다는것을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 리순남; 무선전자공학, 김일성종합대학출판사, 69~72, 주체105(2016).
- [2] Y. Liu et al.; Progress In Electromagnetic Research, 91, 393, 2009.
- [3] Y. Liu et al.; Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 23, 4, 483, 2009.

주체109(2020)년 5월 5일 원고접수

The Study on the Design of a Wideband Microstrip Power Divider with a Parallel Branch Line

Kye Mi Hyang, Kim Chang Dok

We proposed a new power divider structure to provide wideband characteristics by adding line segments and branch line segments to the structure of the conventional Wilkinson power divider.

Keywords: Wilkinson power divider, wideband, ADS