

이중 위상 전력분배기 응용을 위한 RF 스위치의 실제 동작 특성

문형준, 이길영*, 임종식, 조영호, 손성호, 한상민, 안달
순천향대학교, *공군사관학교

jslim@sch.ac.kr

Practical Operating Characteristics of RF Switches for Applying Dual Phase Power Dividers

Hyungzun Mun, Gil-Young Lee*, Jongsik Lim, Young-Ho Cho, Seong-Ho Son, Sang-Min Han and Dal Ahn
Soonchunhayng University, *Air Force Academy

요 약

본 논문에서는 동위상과 역위상의 이중 위상 기능을 갖는 전력분배기 시스템을 설계하기 위하여 월킨슨 분배기와 결합된 RF 스위치의 실제 동작 특성을 제시한다. 월킨슨 분배기, 두 개의 RF 스위치 그리고 역위상을 제공하는 전송선로를 결합하면 최종적으로 동위상 또는 역위상의 이중 위상 기능을 갖는 전력분배기 시스템을 설계할 수 있다. 이를 위해 먼저 월킨슨 분배기와 결합한 RF 스위치의 실제 동작 특성을 측정하여 제시한다. 측정 결과, 스위치 “ON” 상태에서는 중심주파수 1GHz에서 0.6dB 이내의 출력 경로 손실, -25dB의 단자 정합, -30dB의 단자간 격리특성을 가져 정상적인 RF 스위치로 동작함을 측정을 통하여 확인하였다.

I. 서 론

마이크로파 전력분배기는 일반적으로 입력신호를 동위상의 두 출력으로 나누어 내보낸다. 그런데 만약 어느 한 출력단자에 역위상 변환 장치를 연결할 경우 최종적인 두 출력단자는 서로 역위상의 분배기 회로(balun)로 동작하게 된다. 만약에 기본적인 분배기 회로의 두 출력단자에 RF 스위치를 연결하고 이중 어느 한 경로에 역위상 변환 장치를 연결할 경우, 스위치의 동작을 조절하면 동위상 또는 역위상을 갖는 전력분배기 시스템을 설계할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 목적을 얻기 위한 사전 단계로, 보통의 분배기에 스위치를 연결할 때 정상적인 스위칭 동작을 통한 이중 위상 특성을 얻을 수 있는지에 대한 사전 연구 결과를 제시한다. 즉, 분배기와 결합된 스위치의 실제 동작 특성을 확인하여 이후 이중 위상 특성을 갖는 전력분배기 시스템 설계에 활용하고자 한다.

II. 본 론

전력분배기가 입력된 신호를 동시에 두 출력으로 나누어 보내는 기능을 하는 반면, 스위치는 입력된 신호를 두 출력경로(OUT1, OUT2) 가운데 어느 하나로 모두 전달한다.[1,2] 따라서 스위치는 전력분배기와는 다른 동작을 하므로, 두 출력경로 중 어떤 경로가 되든 비교적 낮은 손실로 모든 신호가 전달되어야 한다는 것이 확인되어야 한다.

그림 1은 측정하고자 하는 회로 구성으로 기본적인 월킨슨 분배기와 여기에 연결된 2개의 RF SPDT(single-pole double throw)를 보여준다. 두 스위치의 OUT1 경로로 신호가 전달되도록 스위치를 동작시키면 입력신호는 분배된 후 P2D와 P3D 단자로 전달될 것이다. 이 때 P2B와 P3B 단자는 정합단락(termination)되어야 한다. 만약 두 스위치의 경로를 OUT2가 되도록 동작시키면 입력신호는 P2B와 P3B 단자로 분배되어 전달될 것이다. 이 때는 P2D와 P3D 단자가 정합단락되어야 한다.

본 논문에서는 동위상/역위상의 이중 위상 기능을 갖는 전력분배기를

설계하기 위한 과정에서, 각 구성 요소들이 정상적인 기능을 수행하는지를 실험적으로 확인한 결과를 제시한다. 그림 1에 보인 구성 중에서 널리 쓰이는 월킨슨 분배기의 기본 구조, 그리고 여기에 연결되는 RF SPDT 스위치가 정상적으로 전기적 신호를 처리하는지를 먼저 확인할 필요가 있다. 그래야 그림 1의 전체 구성에 의한 회로가 원하는 경로로 신호가 잘 전달되는지 확인되기 때문이다.

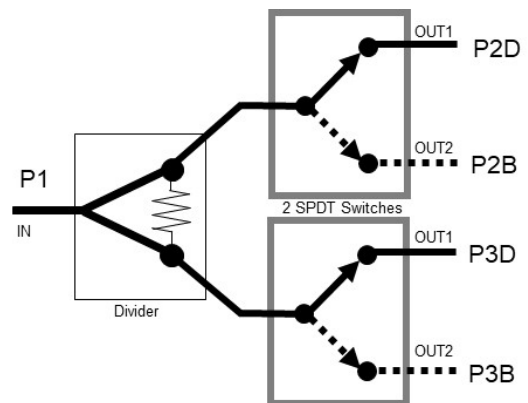


그림 1. 기본적인 분배기와 RF 스위치의 결합 구성도

본 논문에서는 제작 및 측정을 위하여 비유전율이 4.5이고 유전체 두께가 0.8mm인 FR-4 기판을 사용하였다. 기본적인 기능을 확인한 후 쉽게 원하는 주파수 대역으로 이전해 가기 위하여 편의상 1GHz를 기본 주파수로 설정하여 각 구성 요소들의 동작 기능을 측정하였다.

그림 2는 그림 1의 구성 요소중 단순한 월킨슨 분배기의 기능을 확인한 측정 결과를 보여준다. 월킨슨 분배기는 별도의 설명이 불필요할 정도로 널리 알려진 구조이다.[3] 제시된 측정 성능은 이상적인 특성에 가까운 동작을 하고 있음을 보여준다. 전력 분배 특성에 0.5dB 정도의 손실이 있으

나 이는 유전체 기관의 손실에 기인한 바가 크다. 각 단자의 정합 특성과 두 출력단자간 격리 특성도 우수함을 알 수 있다.

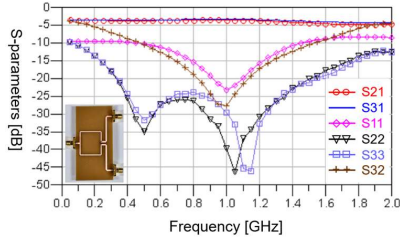


그림 2. 단순한 구조의 윌킨슨 분배기의 측정 성능 ($S_{21}=-3.5\text{dB}$, $S_{31}=-3.45\text{dB}$)

그림 3은 그림 1의 구성 요소중 RF SPDT 스위치의 실제 동작 특성을 측정한 결과를 보여준다. 이 스위치는 입력신호를 두 출력경로(OUT1, OUT2) 가운데 어느 한 쪽으로 전달하는 기능을 한다. 측정 결과 삽입 손실이 0.6dB 정도 되지만 원하는 출력 경로로 신호를 잘 전달하고 있음을 알 수 있다. 동작시 각 단자에서의 정합특성이나 차단 단자에서의 반사 특성 및 두 출력 경로간 상호 격리 특성도 우수함을 알 수 있다.

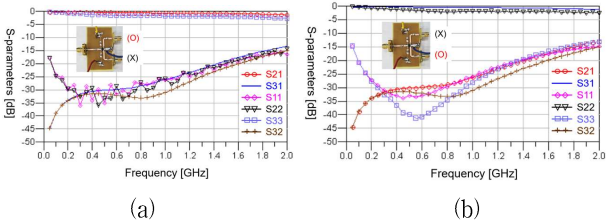


그림 3. RF SPDT 스위치의 측정 성능 (a)OUT1단자로 신호가 전달되는 경우 ($S_{21}(\text{OUT1})=-0.6\text{dB}$, $S_{31}(\text{OUT2})=-26\text{dB}$) (b)OUT2단자로 신호가 전달되는 경우 ($S_{21}(\text{OUT1})=-26\text{dB}$, $S_{31}(\text{OUT2})=-0.5\text{dB}$)

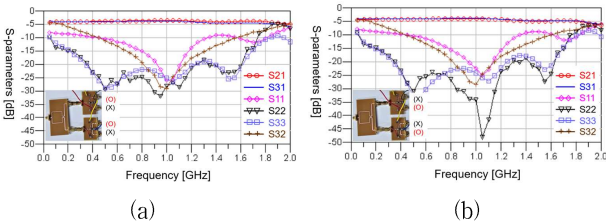


그림 4. 그림 1의 구성에 대한 측정 성능 (a)P2D-P3D를 두 출력 단자로 하여 측정된 경우 ($S_{21}=-3.5\text{dB}$, $S_{31}=-3.8\text{dB}$) (b)P2B-P3B를 두 출력 단자로 하여 측정된 경우 ($S_{21}=-3.9\text{dB}$, $S_{31}=-4\text{dB}$)

그림 4는 그림 1의 블록도대로 회로 구성 요소를 결합하여 실제로 동작 시킨 후 그 특성을 측정한 결과를 보여준다. 그림 1에 의하면, 두 스위치의 출력 경로를 모두 OUT1으로 할 경우 두 출력단자를 P2D와 P3D로 명명하였고, 출력 경로를 모두 OUT2으로 할 경우 출력단자를 P2B와 P3B라고 정의하였다.

그림 4에 보인 측정 결과에 의하면, 입력 신호가 P2D와 P3D로 나뉘어 전달될 경우 S_{21} 과 S_{31} 은 각각 -3.5dB와 -3.8dB였다. 또한 입력 신호가 P2B와 P3B로 전달될 경우 S_{21} 과 S_{31} 은 각각 -3.9dB와 -4dB였다. 따라서 윌킨슨 분배기에서의 손실과 스위치 자체에서의 손실을 더한 정도의 손실이 각 경로에서 발행하였으나, 전반적으로는 양호한 분배 및 스위칭 특성을 보인다고 할 수 있다. 따라서 그림 1의 구성도에 추가적인 위상 반

전 구조를 결합하면, 원하는 목적에 따라서 동위상 또는 역위상의 전력분배기 시스템 설계가 가능함을 알 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 동위상과 역위상의 이중 위상 기능을 갖는 전력분배기 시스템을 설계하기 위한 선행 연구 과정으로, 단순한 구조의 윌킨슨 분배기와 RF SPDT 스위치를 결합하여 실제 동작 특성을 측정을 통하여 검증한 결과를 제시하였다. 윌킨슨 분배기와 스위치 단위 회로의 동작 특성을 먼저 별도로 측정한 후, 이어서 그림 1에 보인 결합된 구성에 대하여 동작 특성을 측정하였다. 개별 단위 회로는 물론 결합된 회로 모두 기대한 수준의 동작 특성을 보임을 실험적으로 검증하였다. 본 연구에서 획득한 측정 결과를 바탕으로 향후 위상 반전 구조를 그림 1에 보인 구성에 결합하여 동위상과 역위상의 이중 위상 기능을 갖는 전력분배기 시스템을 설계하는 연구를 지속할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 학·석사연계 ICT핵심인재양성사업의 연구결과로 수행되었습니다. (IITP-2025-RS-2024-00436500)

참 고 문 헌

- [1] J. Rascher, S. Pinarello, J. E. Mueller, G. Fischer, and R. Weigel, "Highly Linear Robust RF Switch with Low Insertion Loss and High Power Handling Capability in a 65nm CMOS Technology," IEEE 12th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF2012), Santa Clara, CA, 2012, pp. 21 - 24.
- [2] D. Lu, J. Liu and M. Yu, "Highly Selective Bandpass Switch Block With Applications of MMIC SPDT Switch and Switched Filter Bank," IEEE Solid-State Circuits Letters, vol. 5, pp. 190-193, 2022.
- [3] D. M. Pozar, Microwave Engineering (4/e), Ch. 7, John Wiley & Sons, NY, 2012.