

THIẾT KẾ CHẾ TẠO BỘ CHIA CÔNG SUẤT KIỂU CẦU WILKINSON TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN NĂNG LƯỢNG KHÔNG DÂY BĂNG TẦN S

ThS. Đoàn Hữu Chức, KS. Nguyễn Thị Hương

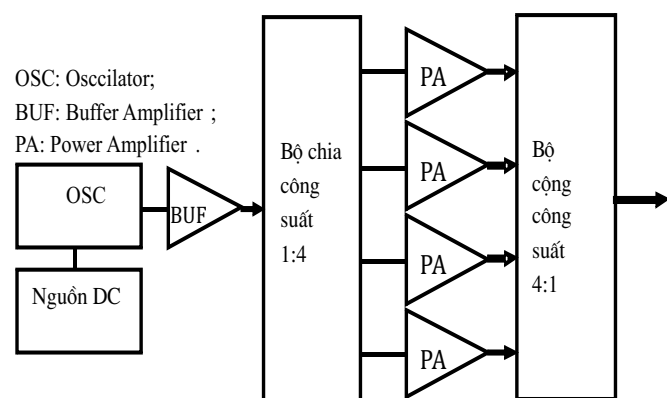
Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng

Abstract

This paper presents the study, design, fabrication of 4 - way Wilkinson power divider to be used for the microwave power transmission system at S band. The Wilkinson power divider divides the signal from the oscillator is 4 - way the equal amplitude and phase before send to the power amplifier. The design and simulated results have been carried out by ADS2009 package - the professional design software for microwave engineering. The experimental results demonstrate the ability in broadband applications and relevance of the power divider for the microwave power transmission at S band. All simulations and measure results will be reported.

I. Giới thiệu

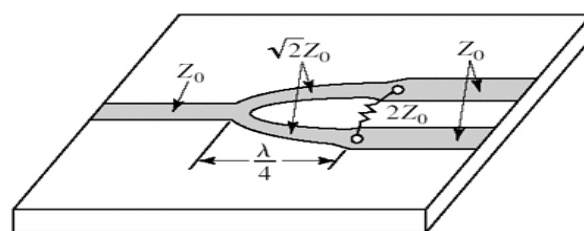
Để khuếch đại tín hiệu để có công suất lớn ở băng tần S gặp rất nhiều khó khăn. Vì vậy chúng ta thường thực hiện bằng cách sử dụng nhiều bộ khuếch đại công suất có công suất ra nhỏ hơn rồi sau đó mới kết hợp lại để đạt công suất mong đợi. Muốn thực hiện điều này người ta đã nghiên cứu các kỹ thuật chia và cộng công suất. Hình 1 mô tả một hệ thống phát công suất lớn sử dụng cho việc truyền thông tin hoặc năng lượng không dây sử dụng các bộ chia/cộng công suất. Do đó bộ chia/cộng công suất là một thành phần của hệ thống siêu cao tần và nó có nhiệm vụ chia/cộng công suất tín hiệu lối vào thành nhiều tín hiệu lối ra đồng pha hoặc ngược lại.



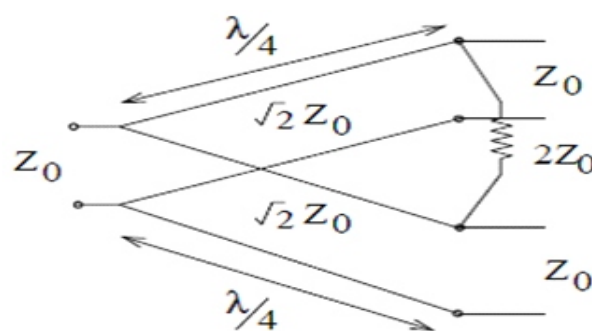
Hình 1. Cấu trúc hệ thống phát năng lượng không dây

Trong thực tế, bộ chia/cộng công suất kiểu cầu Wilkinson hay được dùng nhất bởi đây là cấu trúc có đặc tính không tổn hao nếu như tất cả các cổng lối ra đều được phối hợp trở kháng với lối vào và sự cách ly giữa các cổng rất tốt. E.J. Wilkinson là người đã phát triển bộ chia này nên bộ chia/cộng được đặt theo tên ông. Bộ chia/cộng công suất WPD là một phương pháp chia công suất đồng pha và đồng biên độ.

Bộ chia WPD cơ sở là bộ chia hai. Bộ chia này sử dụng đoạn dây $\lambda/4$ tại trung tâm tần số thiết kế với hai nhánh chia công suất có trở kháng đặc tính là $\sqrt{2}Z_0$ và một điện trở $2Z_0$ nối hai cổng ra với nhau. Cấu trúc của bộ chia WPD 1:2 sử dụng kỹ thuật mạch dài được cho ở hình 2.



a. Cấu trúc dạng mạch dài



b. Sơ đồ mạch tương đương

Hình 2. Bộ chia công suất Wilkinson 1:2.

Bộ chia WPD có tất cả các cổng ra đều được phối hợp trở kháng 50 và cách ly giữa các lối ra với nhau nhưng nó cũng bị suy hao. Ma trận tán xạ bộ chia WPD 1:2 được đưa ra ở công thức sau:

$$S = \begin{bmatrix} 0 & -j/\sqrt{2} & -j/\sqrt{2} \\ -j/\sqrt{2} & 0 & 0 \\ -j/\sqrt{2} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Chú ý rằng khi các cổng ra đều được phối hợp trở kháng ($S_{11}=0$) với lỗi vào thì chúng ta có:

$$|S_{-1}|^2 + |S_{21}|^2 + |S_{3-}|^2 = 1 \quad (2)$$

Chúng ta sẽ xây dựng được bộ chia WPD 1:4 bằng cách mắc ghép nối tăng các bộ chia WPD 1:2. Trong trường hợp bộ chia WPD 1:4 ta có ma trận tán xạ như sau:

$$S = \begin{bmatrix} 0 & -j/2 & -j/2 & -j/2 & -j/2 \\ -j/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -j/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -j/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -j/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ta cũng có:

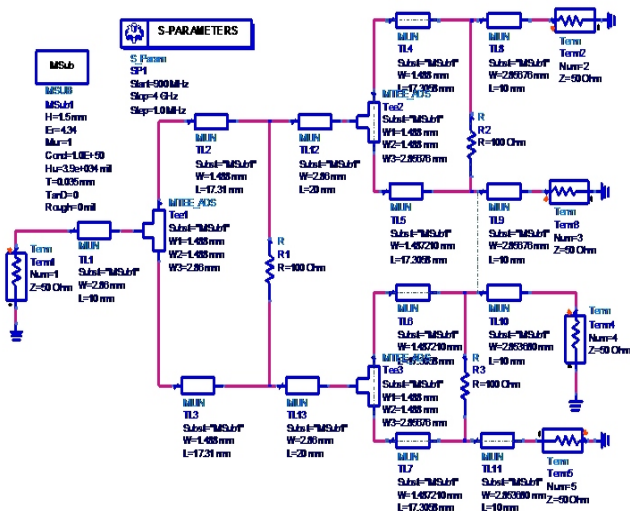
$$|S_{-1}|^2 + |S_{21}|^2 + |S_{3-}|^2 + |S_{41}|^2 + |S_{5-}|^2 = 1 \quad (4)$$

Trong khuôn khổ bài báo này trình bày việc mô phỏng, thiết kế và chế tạo mạch chia công suất Wilkinson 4 cổng cũng như các kết quả mô phỏng và thực nghiệm.

II. Thiết kế mô phỏng mạch chia công suất Wilkinson

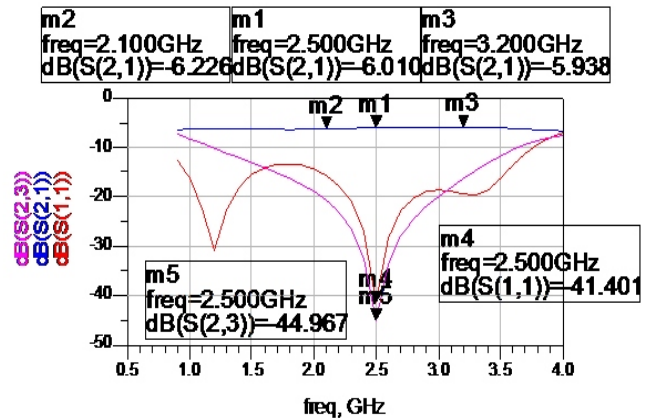
2.1. Thiết kế mô phỏng mạch

Bộ chia công suất Wilkinson 1:4 được mô phỏng, thiết kế bằng phần mềm ADS2009. Trong trường hợp này bộ chia được thiết kế hoạt động trong dải băng tần S. Sơ đồ nguyên lý được cho ở hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý mạch chia công suất Wilkinson.

Kết quả mô phỏng các tham số S_{11} , S_{21} và S_{23} cho trên hình 4.

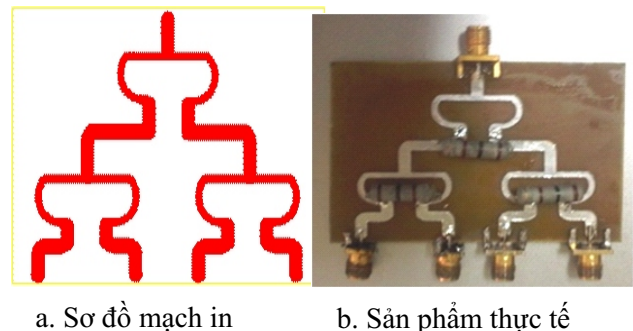


Hình 4. Kết quả mô phỏng bộ chia công suất Wilkinson 1:4.

Theo đó giá trị mô phỏng $S_{21}=-6.01\text{dB}$, $S_{11}=-41\text{dB}$ và $S_{23}=-45\text{dB}$ tại tần số 2,5GHz.

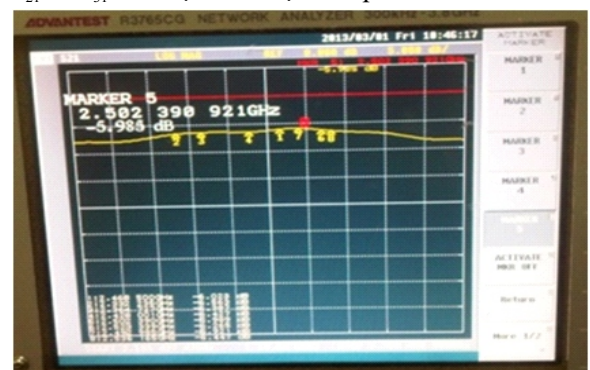
2.2. Kết quả thực nghiệm

Từ sơ đồ nguyên lý ta thực hiện thiết kế mạch in nhờ phần mềm ADS2009. Sơ đồ mạch in và sản phẩm thực tế được cho trên hình 5. Mạch in có dạng đường cong nhằm mục đích làm giảm kích thước của mạch in và sự ghép nối giữa các cổng ra với nhau.



Hình 5: Bộ chia công suất Wilkinson 1:4.

Sử dụng máy phân tích mạng tiến hành đo các tham số S_{21} và S_{31} của mạch ta được kết quả như hình 6 và 7.



Hình 6. Tham số S_{21} đo được trên máy phân tích mạng



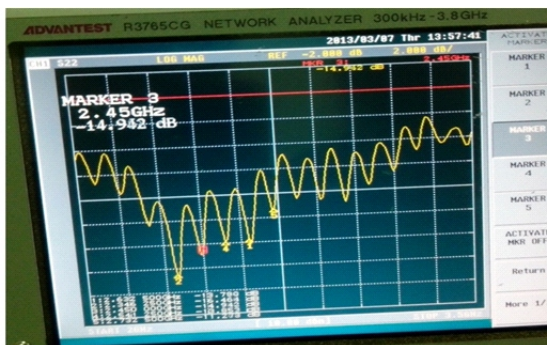
Hình 7. Tham số S_{31} đo được trên máy phân tích mạng.

$S_{21} = -5.985$ và $S_{31} = -5.886$ là những giá trị tốt hơn cả mong đợi khi so sánh với kết quả đạt được trong mô phỏng ở hình 4.

Các tham số S_{11} , S_{22} và S_{33} được cho trên các hình 8,9,10.



Hình 8. Tham số S_{11} đo được trên máy phân tích mạng.



Hình 9. Tham số S_{22} đo được trên máy phân tích mạng



Hình 10. Tham số S_{33} đo được trên máy phân tích mạng.

Tham số S_{23} được cho trên hình 11. Theo đó $S_{23} = -22.3$ dB tại tần số $f = 2.5$ GHz.



Hình 11. Tham số S_{23} đo được trên máy phân tích mạng.

III. Kết luận

Bộ chia/cộng với hệ số chia 4 kiểu cầu Wilkinson có tính đối xứng tạo được các dao động đồng pha và đồng biên độ trên cơ sở từ một bộ dao động OSC. Bộ chia được chế tạo chia ra 4 đường đưa tới các bộ khuếch đại công suất PA. Bộ chia/cộng này đáp ứng đầy đủ các yêu cầu chia đồng pha và đồng biên độ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] David M. Pozar, "Microwave Engineering", John Wiley & Son, INC, Second Edition;
- [2] Dang Thi Thanh Thuy, Nguyen Dinh The Anh and Bach Gia Duong "Study, design and fabrication of a high-power combiner using 8-way Wilkinson Bridge for a transmitter system of an L-band", VNU Journal of Science, Mathematics Physics 27, No. 1S (2011) 239-242.
- [3] Taufiqurrachman, Deni Permana Kurniadi, "Design and Realization Wilkinson Power Divider at Frequency 2400MHz for Radar S-Band", IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE), Volume 3, Issue 6 (Nov. - Dec. 2012), PP 26-30;
- [4] A. Wentzel, V. Subramanian, A. Sayed, and G. Boeck, "Novel Broadband Wilkinson Power Combiner," Proceedings of the 36th European Microwave Conference, pp. 212-215, 2006.
- [5] E. J. Wilkinson, "An N-way hybrid power divider," IRE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT8, pp. 1161-118, Jan. 1960.