

THIẾT KẾ THỬ NGHIỆM ANTEN VI DÀI PHÂN CỰC TUYẾN TÍNH VÀ PHÂN CỰC TRÒN

Hoàng Văn Thực*, Trịnh Thị Diệp, Nguyễn Thị Ngân
 Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông - ĐHTT Nguyễn

TÓM TẮT

Ngày nay trong xu thế phát triển của mạch tích hợp và các công nghệ viễn thông không dây, việc sử dụng anten có kích thước nhỏ, cấu trúc ổn định và các đặc trưng lựa chọn tần số cao như anten vi dài là một giải pháp tối ưu. Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu cơ bản về loại anten này, bao gồm các tính toán lý thuyết (dựa trên các phương pháp của đường dây truyền tải), sử dụng phần mềm HFSS (High Frequency Structure Simulator) để mô phỏng các đặc điểm của anten, so sánh một số kết quả đo đạc trên mô hình thực tế và mô hình lý thuyết.

Từ khóa Anten vi dài, Anten vi dài hình chữ nhật, Thiết kế anten vi dài, thiết kế anten vi dài mô phỏng bằng phần mềm HFSS, thiết kế anten vi dài ở băng tần 2,4 GHz

GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, kỹ thuật thông tin và truyền số liệu đã có những bước chuyển biến mạnh về kỹ thuật, từ các khối liên kết mạch số hữu tuyến của những thập niên 80 nay dần dần trở thành các hệ thống thông tin truyền số liệu vô tuyến kết hợp với các phương pháp xử lý số tín hiệu cho phép cự ly thông tin xa hơn trên nền nhiễu mạnh hơn, công suất phát thấp hơn và dải tần thông tin rộng hơn.

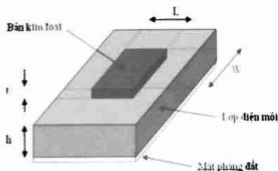
Một trong các yếu tố cải thiện chất lượng thông tin này là hệ thống anten thu phát kích thước nhỏ và dải tần rộng mà trong đó phần từ cơ bản đang được triển khai nghiên cứu là anten vi dài (microstrip antenna) [4]. Điểm mạnh của anten vi dài so với các loại anten thông thường khác là cấu trúc ổn định và nhất là phù hợp với công nghệ vi dài hiện đang được sử dụng để chế tạo mạch in và các IC chuyên dụng, không những thế anten vi dài còn rất phù hợp với cấu trúc mảng anten (antenna array), cho phép tăng độ lợi, độ định hướng và hơn nữa có thể kết hợp các giải thuật xử lý số tín hiệu để tạo thành các anten thông minh trong hệ thống CDMA [4].

Bài báo có nội dung giới hạn trong việc khảo sát các đặc tính của anten vi dài đơn, có cấu trúc trên nền một tấm điện môi, có hệ số điện

môi thấp, các đặc tính lý thuyết cơ sở của anten vi dài được trình bày ở phần II, các giải thuật và kết quả mô phỏng đặc tính và phân bố trường bức xạ cho anten phân cực thẳng hoặc phân cực tròn được giới thiệu ở phần III và cuối cùng, ở phần V một số thí nghiệm kiểm nghiệm đặc tính trên các mẫu anten thực tế được đo đạc và so sánh với kết quả mô phỏng lý thuyết.

ĐẶC TÍNH CỦA ANTEN VI DÀI [4]

Anten vi dài được trình bày trong hình 1 bao gồm một bản mặt (patch) kim loại rất mỏng có bề dày $t \ll \lambda_0$ với λ_0 là bước sóng trong không gian tự do đặt cách mặt phẳng đất một khoảng rất nhỏ ($h \ll \lambda_0$ thường thì $0,003\lambda_0 < h < 0,05\lambda_0$). Bản mặt và mặt phẳng đất được tách biệt bởi một lớp điện môi nền (substrate)



Hình 1. Cấu trúc anten vi dài

Hình dạng anten vi dài có thể có rất nhiều dạng, gồm các loại bản mặt hình chữ nhật,

* Tel: 01656 216077, Email. hvthuc@ictu.edu.vn

vuông, tròn, ellipse, hình vành khăn. Tuy nhiên loại phổ biến nhất là anten có bản mặt hình chữ nhật và hình vuông do dễ phân tích và chế tạo. Đây cũng chính là loại anten được khảo sát trong phạm vi bài báo này.

Trường bức xạ của anten vi dải

Có rất nhiều phương pháp khác nhau có thể sử dụng để tính toán trường bức xạ của anten vi dải như phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp moment, phương pháp mô hình hóa đường truyền... Mô hình đường truyền và hốc công hưởng thích hợp cho các dạng anten bản mặt vuông và chữ nhật, sẽ được sử dụng cho các khảo sát dưới đây [3].

Dựa vào mô hình này trường bức xạ của anten vi dải được biểu diễn bởi công thức, tương ứng với các trường hợp sau:

Đối với anten phân cực thẳng, bản mặt chữ nhật

Vector cường độ trường được xác định bởi công thức:

$$\vec{E} = \vec{E}_r + \vec{E}_\phi + \vec{E}_\theta$$

$$E_r = E_\theta = 0$$

$$E_\phi = j \frac{k_0 h W E_0 e^{-jk_0 r}}{\pi r} \left\{ \sin \theta \sin \frac{X}{X} \sin \frac{Z}{Z} \right\}$$

$$\cos \left(\frac{k L_E}{2} \sin \theta \sin \phi \right)$$

$$X = \frac{k_0 h}{2} \sin \theta \cos \phi$$

Với

$$Z = \frac{k_0 W}{2} \cos \theta$$

Đối với anten phân cực tròn bản mặt hình vuông

Anten phân cực tròn có bản mặt hình vuông có cấu tạo tương tự anten phân cực thẳng với bản mặt hình chữ nhật nhưng có kích thước hai cạnh của bản mặt bằng nhau và được cấp tín hiệu từ cả hai hướng vào hai cạnh vuông góc của bản mặt (hình 2) [3]

$$\vec{E} = \vec{E}_r + \vec{E}_\phi + \vec{E}_\theta$$

$$E_r = 0$$

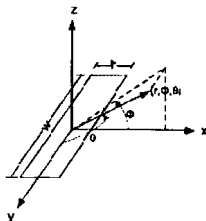
$$E_\theta(r, \theta, \phi) = E_{\theta 0} \frac{e^{-jk_0 r}}{r} [a_{\theta 1} (2 \cos(ka \sin \theta \cos \phi))] +$$

$$+ a_{\theta 2} (2 \cos(ka \sin \theta \sin \phi))] = \frac{e^{-jk_0 r}}{r} F_\theta(\theta, \phi)$$

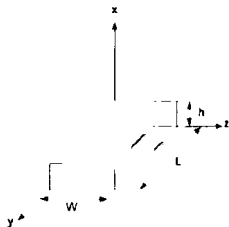
Với

$$a = \frac{W}{2}; a_{\theta 1} = -\cos \phi \left(\sin \frac{Y}{Y} \right) \sin \left(\frac{\sin Z}{Z} \right)$$

$$E_{\theta 0} = \frac{jk_0 h W E_0}{2\pi}; a_{\theta 2} = j \sin \phi \left(\frac{\sin X}{X} \right) \left(\frac{\sin Z}{Z} \right)$$



Hình 2. Hệ tọa độ sử dụng trong các công thức tính trường bức xạ anten phân cực thẳng



Hình 3. Hệ tọa độ sử dụng trong các công thức tính trường bức xạ anten phân cực tròn.

Các đặc tính của anten vi dải [4], [2]

Anten vi dải có các ưu điểm sau:

- Có khối lượng, kích thước nhỏ, bề dày mỏng, dễ sản xuất.
- Có thể phân cực tuyến tính và phân cực tròn.
- Công nghệ chế tạo hoàn toàn phù hợp với các mạch tích hợp cao tần.

Tuy nhiên bên cạnh các ưu điểm, anten vi dải cũng có một số khuyết điểm:

- Băng thông hẹp. một số anten vi dải có độ lợi thấp.
- Suy hao điện trở lớn lên các cấu trúc cung cấp của màng anten.

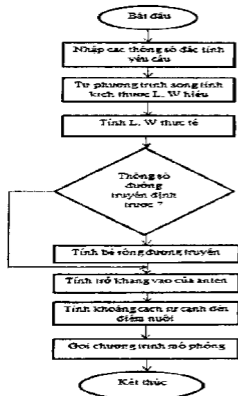
- Có các bức xạ thừa từ đường truyền và các mối nối.

- Hiệu suất năng lượng có thể sử dụng được thấp [3].

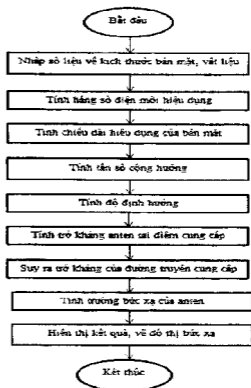
Giới thiệu chương trình thiết kế và mô phỏng

Trên cơ sở khảo sát lý thuyết, một giải thuật phần mềm đã được xây dựng nhằm giải quyết hai bài toán thiết kế và mô phỏng anten vi dải cho hai dạng bản mặt hình chữ nhật (cho phân cực thẳng) và bản mặt hình vuông (cho phân cực tròn). Bài toán thiết kế là quy trình tính toán các thông số về kích thước bản mặt, vật liệu của anten, hệ số điện môi của lớp đế, từ các yêu cầu về đặc tính đã xác định trước. Bài toán mô phỏng là quy trình ngược lại từ các số liệu cho trước về kích thước, về vật liệu của anten, tính toán các thông số đặc tính của anten như các thông số về trở kháng, độ lợi, độ định hướng, tần số cộng hưởng... và vẽ đồ thị bức xạ 2D, 3D. Anten được thiết kế bằng phần mềm HFSS cho anten phân cực thẳng (bản mặt chữ nhật) và anten phân cực tròn (bản mặt vuông).

Lưu đồ giải thuật chương trình thiết kế



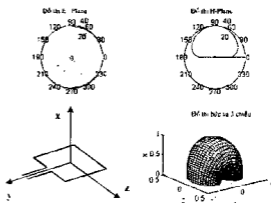
Lưu đồ giải thuật chương trình mô phỏng



Một số kết quả mô phỏng:

+ **Mô phỏng 1:** Anten vi dải có kích thước 0,13 cm và hệ số điện môi bằng 4,6 phân cực thẳng.

Kết quả. Đồ thị trường bức xạ hình 3

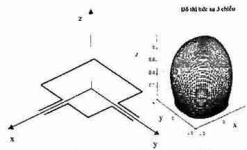


Hình 4. Đặc tính bức xạ của anten phân cực thẳng (E-plane : xoy, H-plane : xoz)

+ **Mô phỏng 2:** Anten phân cực tròn (bản mặt vuông) kích thước 2,5 x 2,5cm trên mạch in có lớp điện môi dày 4,6 phân cực thẳng [1]

Kết quả: Đồ thị bức xạ hình 5

+ Mô hình đo thử nghiệm thực tế: Mẫu Anten vi dải được đo đặc thông số với cấu trúc mạch đo như sau:



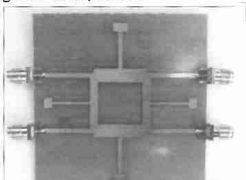
Hình 5. Đặc tính bức xạ của anten phân cực tròn

Kết quả mô phỏng về tính hướng, bước sóng của anten phân cực thẳng và anten phân cực tròn cho hiệu quả phương pháp feeding anten theo hai hướng vuông góc với hai tín hiệu vuông pha tạo ra phân cực tròn có tính chọn lọc cao hơn trường hợp anten phân cực thẳng. Đặc tính phân cực tròn cho phép anten thu và anten phát giữ quá trình liên lạc dù chúng không nằm trên cùng mặt phẳng phân cực.

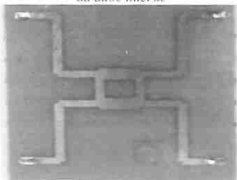
Thiết kế và khảo sát thực nghiệm

Dựa trên chương trình thiết kế anten vi dải bằng phần mềm HFSS, các thiết kế thử nghiệm anten vi dải cho hai loại phân cực tuyến tính và phân cực tròn được thực hiện.

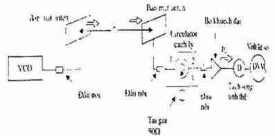
Dạng anten đã được thiết kế



Hình 6. Mẫu bản mặt anten vi dải hình chữ nhật đã được thiết kế



Hình 7. Mẫu bản mặt anten vi dải bản mặt vuông đã được thiết kế



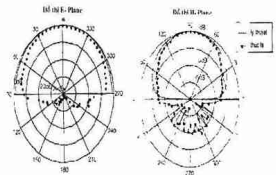
Hình 8. Mô hình đo thử nghiệm tìm độ lợi của anten

Bộ VCO được điều chỉnh tần số phù hợp với tần số công hưởng của mẫu anten. Bộ Circulator cho phép đo sóng tới mà anten thu được và triệt tiêu sóng phản xạ. Biên độ tín hiệu thu (sau tách sóng tinh thể) cho phép suy ra độ lợi mẫu anten nếu công suất phát từ VCO được xác định [1]

So sánh kết quả mô phỏng và đo đặc thực nghiệm

Kết quả mô phỏng và đo thực nghiệm trên anten vi dải hình chữ nhật được trình bày trên hình 5.

Đồ thị mặt phẳng E (xoy) và đồ thị mặt phẳng H (xoz) của trường bức xạ (lý thuyết và thực nghiệm)

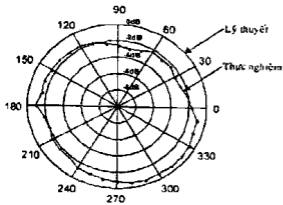


Hình 9. Kết quả thực nghiệm trường bức xạ dạng 2D

Nhân xét:

- Kết quả thực nghiệm tương đối phù hợp với kết quả mô phỏng. Các sai số xảy ra có thể từ nhiều nguyên nhân khác nhau.
- Sai số giữa mô phỏng và thực nghiệm về kích thước bản mặt, về hệ số điện môi của vật liệu,...
- Kết quả mô phỏng lý thuyết cho thấy không có bức xạ trường điện từ ở phần phía dưới

mặt phẳng đất, nhưng phép đo thực nghiệm lại cho thấy có một phần trường bức xạ từ anten tồn tại ở phía dưới. Điều này do kích thước hữu hạn của mặt phẳng đất của anten và sự hiện diện của các tia phản xạ sóng từ môi trường xung quanh trong phép đo thực nghiệm.



Hình 10. Đồ thị phân cực

Theo đồ thị trên ta nhận thấy rằng phân cực sóng có dạng gần như phân cực tròn, tuy nhiên độ lợi thực tế của các anten phân cực thẳng cao hơn nhiều so với anten phân cực tròn. Điều này do sự hiện diện ma trận ghép hybrid 90° . Gây suy hao và mất phối hợp trở kháng nhiều đoạn. Hơn nữa trong thực tế việc thiết kế thử nghiệm do loại mạch in sử dụng là mạch in thường (không phải là mạch in siêu cao tần nên tổn hao ở tần số cao, điều này ảnh hưởng nhiều đến ma trận hybrid và do đó ảnh hưởng đến độ lợi chung của anten) [2].

KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu mô phỏng về anten vi dải, những kỹ thuật chế tạo tiên tiến đã được áp

dụng giải quyết được nhiều hạn chế của loại anten này, mở ra nhiều ứng dụng mới trong dải tần số vi ba ở các tần số cao, kích thước anten trở nên nhỏ cho phép tạo ra các mảng gồm hàng trăm phần tử trên một diện tích không lớn lắm, giúp tăng độ lợi của hệ thống lên gấp nhiều lần, đảm bảo việc liên lạc xa hơn. Kết quả mô phỏng trong bài báo chỉ ra rằng có một phần trường bức xạ từ anten tồn tại ở phía dưới mặt phẳng đất là do kích thước hữu hạn của mặt phẳng đất của anten và sự hiện diện của các tia phản xạ sóng từ môi trường xung quanh trong phép đo thực nghiệm.

Những kết quả lý thuyết cũng như các số liệu đã thu thập có thể được sử dụng để triển khai một số hướng nghiên cứu phát triển sâu hơn về anten vi dải. Chẳng hạn, các nghiên cứu về phương pháp số phân tích cấu trúc mạch siêu cao tần (phương pháp moment, phương pháp tích phân hữu hạn,...) cho phép nghiên cứu các dạng anten vi dải khác đa dạng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Anh, (2002), *Trường điện từ và truyền sóng*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội
2. Phan Anh, (2002), *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội
3. David M. Pozar, (1997), *Microwave Engineering*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc.
4. I. J. Bahl, P. Bhartia, (1980), *Microstrip Antennas*, Artech House.
5. Johnna Powell, (2004), *Antenna Design for Ultra Wideband Radio*, Master thesis, Massachusetts Institute of Technology

SUMMARY

DESIGN AND MEASUREMENT OF MICROSTRIP ANTENNA

Hoàng Văn Thúc*, Trình Thị Diệp, Nguyễn Thị Ngân
University of Information And Communication Technology - TNU

In the developing trend of the microwave integrated circuits and wireless telecommunication technologies, the use of microwave antennas which have small size, stable structure and high frequency-selection characteristic is greater and greater importance. One of the recently studied antennas of these kinds is the microstrip antenna. This paper presents some results of fundamental studies on this antenna, including the theoretical calculations (based on the methods of transmission line and of microwave cavity), the software modelisations and simulations of antenna characteristics, and some measurement results on real models compared to their respective theoretical parameters.

Key words: *Microstrip Antenna, Microstrip antenna rectangle, Microstrip antenna design, Microstrip antenna design using HFSS software, Microstrip antenna design in the 2,4 GHz band*

Ngày nhận bài: 09/3/2017; Ngày phân biên: 21/3/2017; Ngày duyệt đăng: 31/5/2017

* Tel: 01656 216077, Email: hvthuc@ictu.edu.vn