

ĐẶC TÍNH CỦA ANTEN KHE, ANTEN LOA VÀ ỨNG DỤNG TRONG RADAR HÀNG HẢI

THE CHARACTERISTICS OF SLOT ANTENNA, HORN ANTENNA AND APPLICABILITY IN MARINE RADAR

NGUYỄN MẠNH CƯỜNG

Phòng Quan hệ Quốc tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: nguyenmanhcuong@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Radar có thể hiểu là thuật ngữ chung cho các hệ thống phát hiện, xác định và thăm dò vị trí của các vật thể hay mục tiêu bằng các dạng năng lượng khác nhau. Kỹ thuật Radar ngày càng được mở rộng và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, như dùng sóng điện từ thăm dò dưới lòng đất, thăm dò dự báo thời tiết, dùng sóng âm thăm dò trong cơ thể người, thăm dò dưới mặt nước, đo mức chất lỏng. Hai loại anten thường được sử dụng trong các hệ thống Radar thăm dò là anten Loa và anten Khe, với các đặc tính khác nhau nên được ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau tương ứng. Bài báo này sẽ nghiên cứu, mô phỏng thiết kế, khảo sát và so sánh đồ thị phương hướng, đặc tính của hai loại anten này trên dải băng tần S và X, từ đó đưa ra kết luận về sự phù hợp của việc sử dụng hai loại anten này trong thực tế.

Từ khóa: Anten khe, anten loa, anten dải rộng, anten viba, băng thông rộng.

Abstract

Radar can be used as a general term for systems that used for detecting, locating and tracking objects or targets' position by different forms of energy. Radar technology is increasingly being expanded and applied in many different fields, such as using electromagnetic waves to explore underground, exploring and forecasting weather; use sound waves to probe in the human body, and probing underwater, measurement liquid level. Two types of antennas commonly used in detect radar systems are the Horn antenna and the Slot antenna, with different characteristics that be applied in respective different fields respectively. This paper will research and simulate the design of them, surveying the characteristics and comparing the graph of them on the S and X bands, thereby conclusions on the suitability of using two types of these antennas in practice.

Keywords: Horn antennas, Slot antennas, Wide band antenna, Microwave antenna, Broadband.

1. Mở đầu

Radar là một hệ thống sử dụng sóng điện từ để phát hiện, xác định vị trí và phạm vi của vật thể. Hệ thống Radar bao gồm máy phát tạo ra sóng điện từ dưới dạng liên tục hoặc chùm xung, anten phát và anten thu dùng để phát xạ và thu nhận sóng điện từ, máy thu kết hợp với bộ xử lý để xác định các thuộc tính của đối tượng. Sóng vô tuyến sau khi phát xạ từ anten phát sẽ phản xạ từ vật thể quay trở lại máy thu cung cấp thông tin về vị trí, kích thước và tốc độ của vật thể.

Trong lĩnh vực hàng hải, Radar là thiết bị rất quan trọng và được trang bị trên các tàu thuyền theo quy chuẩn của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO). Radar hàng hải trở thành phương tiện dẫn đường chủ yếu và đảm bảo an toàn cho tàu thuyền, đặc biệt là ở những nơi có mật độ tàu thuyền lớn, hành hải ven bờ, trong sương mù, trong đêm tối, khi tầm nhìn bị hạn chế.

Anten trong Radar Hàng hải là anten sử dụng chung cho cả máy phát và máy thu. Do yêu cầu và đặc điểm công tác nên anten radar phải thỏa mãn các yêu cầu sau [1, 2]:

- Radar có khả năng phát xạ và nhận sóng phản xạ 360° theo góc phương vị;
- Anten radar phải có búp sóng rất hẹp, thường từ 0.75° đến 2° trong mặt phẳng ngang;
- Có dải thông tần đủ rộng;
- Các búp sóng phụ có biên độ nhỏ và số lượng ít;
- Có độ bền vững cơ điện cao, đảm bảo được kích thước, trọng lượng và độ cân gió tối thiểu.

Hình 1 mô tả khối Scanner của Radar, bao gồm phần để chứa máy phát, chuyển mạch anten, khối thu và bộ xử lý tín hiệu; phần cánh anten có thể quay 360° trong không gian theo góc phương vị.



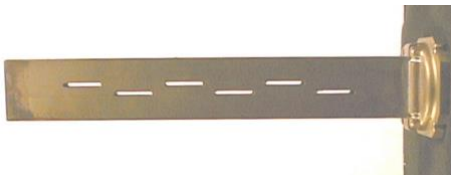
Hình 1. Khối Scanner của Radar hàng hải

Để đáp ứng được tất cả các yêu cầu của Anten Radar hàng hải, đã có hai loại anten từng được sử dụng là dàn anten Khe và hệ anten Loa bao gồm một anten Loa kết hợp với một mặt phản xạ parabol, trong đó dàn anten Khe được sử dụng rất phổ biến. Trên thế giới hiện nay, các học giả vẫn tiếp tục nghiên cứu về hệ anten Khe, nghiên cứu và cải tiến anten Loa để sử dụng cho Radar hàng hải và các lĩnh vực ứng dụng khác [3]. Tuy nhiên trong thực tế chỉ còn hệ anten Khe được sử dụng, anten Loa không còn được sử dụng trong Radar hàng hải. Anten Loa ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực: theo dõi thời tiết, thăm dò địa chất và giám sát mức chất lỏng [4]. Bài báo sẽ tiến hành khảo sát và so sánh đặc tính phương hướng, độ lợi và trở kháng sóng của hai loại Anten trên tại băng tần S (2-4GHz) và băng tần X (8-12 GHz) để làm rõ hơn tại sao có sự khác nhau này.

Kết cấu của bài báo tiếp theo như sau: Phần 2 là phần cơ sở lý thuyết, mô tả cấu tạo và khảo sát đặc tính phương hướng của hệ anten Khe và anten Loa. Độ lợi và trở kháng sóng sẽ được phân tích và so sánh trong phần 3. Phần 4 sẽ là những kết luận rút ra được từ nghiên cứu.

2. Khảo sát đặc tính phương hướng của hệ anten Khe và anten Loa

Anten Khe thường được làm từ ống dẫn sóng hình chữ nhật hoặc ống dẫn sóng trụ tròn với các khe được cắt trên thành ống có độ dài bằng nửa bước sóng. Theo nguyên lý tương hỗ, anten Radar vừa được sử dụng làm anten phát vừa được dùng làm anten thu, cường độ bức xạ và cường độ thu của anten phụ thuộc vào số lượng và vị trí các khe trên thành ống dẫn sóng. Để nhận được đồ thị phương hướng theo yêu cầu, cần bố trí các khe theo phương dọc, ngang hoặc xiên và các khe này phải được kích thích đồng pha với nhau [5]. Hình 2 là mặt cắt hệ anten Khe trong thực tế.



Hình 2. Hình ảnh hệ anten Khe trong thực tế

Trên thực tế khi bức xạ, giản đồ hướng của hệ anten Khe đồng pha cũng giống như giản đồ hướng của anten chấn tử điện nửa bước sóng, có phần bức xạ ra không gian phía trước và không gian phía sau. Tuy nhiên phần công suất bức xạ ra nửa không gian phía sau rất nhỏ, và không ảnh hưởng tới độ rộng búp sóng cũng như độ lợi của anten. Phương trình hàm phương

hướng chuẩn hóa của hệ anten Khe chấn tử đồng pha như sau [6]:

$$F(\theta) = \frac{E}{E_{max}} = \frac{1}{N} \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \sin\theta)}{\cos\theta} \frac{\sin(\frac{Nkd}{2} \sin\theta)}{\sin(\frac{kd}{2} \sin\theta)} \quad (1)$$

Trong đó:

N là số khe trên thành ống;

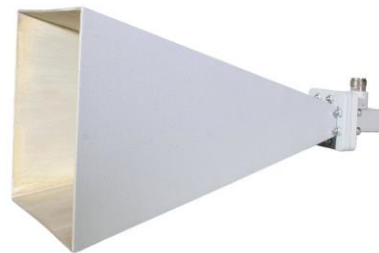
d là khoảng cách giữa các tâm khe kề nhau;

$k = 2\pi/\lambda$ là hệ số pha, với λ là bước sóng lan truyền trong ống dẫn sóng;

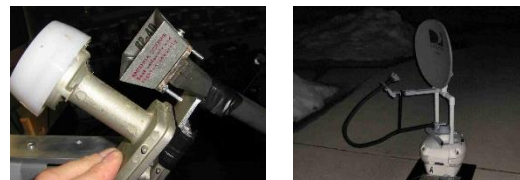
θ là góc giữa pháp tuyến đối với tâm của ống dẫn sóng và hướng của điểm khảo sát.

Anten Loa là đoạn ống dẫn sóng có một đầu hở, miệng ống dẫn sóng được mở rộng dần đều để trở kháng sóng biến đổi đều. Khi đó, năng lượng cao tần được lan truyền trong ống dẫn sóng đến cổ loa dưới dạng sóng phẳng, tại miệng loa phần lớn năng lượng được bức xạ ra ngoài, một phần sẽ phản xạ lại, sự phản xạ càng nhỏ khi kích thước miệng loa càng lớn.

Trên thực tế có 4 loại anten Loa: Loa H, Loa E, Loa Tháp và Loa Nón tương với hình dạng miệng loa và loại sóng lan truyền trong ống dẫn sóng. Hình 3 mô tả cấu tạo trong thực tế của anten Loa Tháp với phân bố trường ở miệng loa cả trong mặt phẳng E và mặt phẳng H, Hình 4 mô tả một thử nghiệm cho anten Radar Furuno FR-360, trong đó anten Loa được sử dụng làm chiếu xạ từ cho mặt phản xạ parabol [7].



Hình 3. Hình ảnh anten Loa đơn trong thực tế



Hình 4. Hệ anten Loa thử nghiệm trong Radar Furuno FR-360

Đối với anten loa tháp, hàm phương hướng chuẩn hóa được trong mặt phẳng E được xác định theo công thức (2) và hàm phương hướng chuẩn hóa trong mặt phẳng H được xác định theo công thức (3) [8]:

$$F_E(\theta) = \left| \frac{1 + K_c \frac{W}{W_s} \cos\theta^E}{1 + K_c \frac{W}{W_s}} \right| \left| \frac{\sin\left(\frac{kb}{2} \sin\theta^E\right)}{\frac{kb}{2} \sin\theta^E} \right| \quad (2)$$

$$F_H(\theta) = \left| \frac{K_c \frac{W}{W_s} + \cos\theta^H}{1 + K_c \frac{W}{W_s}} \right| \left| \frac{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cos\left(\frac{ka}{2} \sin\theta^H\right)}{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - \frac{ka}{2} \sin\theta^H} \right| \quad (3)$$

Trong đó:

W, W_s là trở kháng sóng trong không gian tự do và trong môi trường ống dẫn sóng;

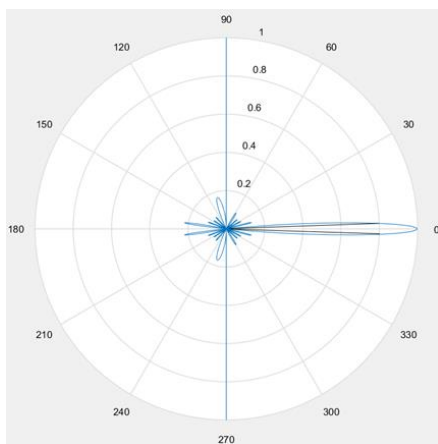
$k = 2\pi/\lambda$ là hệ số pha;

a, b là chiều dài và chiều rộng của miệng loa;

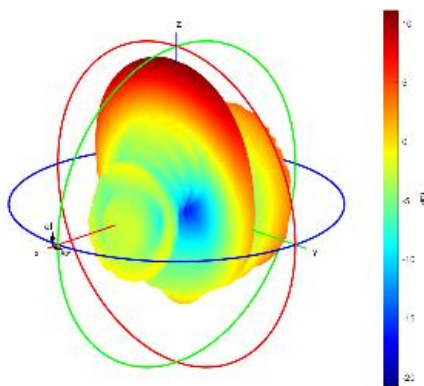
θ^E, θ^H là góc là góc giữa pháp tuyến đối với bề mặt miệng loa theo trường E và trường H;

K_c là hệ số sóng chạy trong ống dẫn sóng

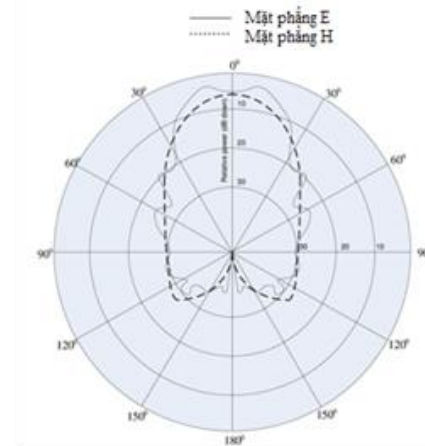
Từ công thức (2) và (3), mô phỏng Matlab đặc tính phương hướng trong không gian 2 chiều và 3 chiều. Hình 5, 6 và Hình 7, 8 biểu thị đặc tính phương hướng của hệ anten Khe và anten Loa thấp tương ứng.



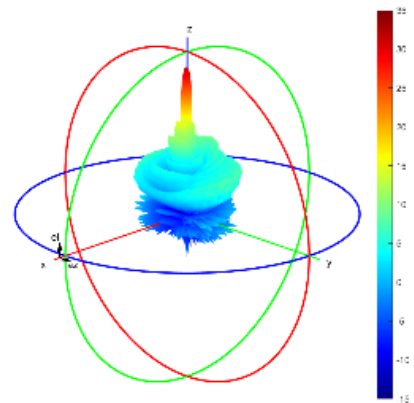
Hình 5. Đặc tính phương hướng của hệ anten Khe trong không gian 2 chiều



Hình 6. Đặc tính phương hướng của hệ anten Khe trong không gian 3 chiều



Hình 7. Đặc tính phương hướng của anten Loa thấp trong không gian 2 chiều



Hình 8. Đặc tính phương hướng của anten Loa thấp trong không gian 3 chiều

3. Khảo sát độ lợi và trở kháng sóng của hệ anten Khe và anten Loa trên băng tần S và X

Phần trên đã khảo sát hàm phương hướng chuẩn hóa và mô phỏng Matlab để vẽ ra được đồ thị phương hướng của hai loại Anten trên trong không gian 2 và 3 chiều. Để khảo sát độ lợi và trở kháng sóng của Anten, trước tiên tiến hành thiết kế hệ anten Khe nửa sóng và anten Loa thấp.

Đối với hệ anten Khe, giả thiết anten được sử dụng là loại ống dẫn sóng hình chữ nhật, là hệ anten khe nửa sóng, có 10 khe được cắt dọc theo thành ống và phân bố so le về hai phía, hàm *waveguideSlotted* trong Matlab được sử dụng với các thông số được thiết lập như trong Bảng 1. Đối với anten Loa, giả thiết sử dụng anten Loa thấp với phân bố trường ở miệng loa cả trong mặt phẳng E và mặt phẳng H, hàm *horn* trong Matlab được sử dụng với các thông số được thiết lập như trong Bảng 2.

Sau khi thiết lập được các thông số, sử dụng hàm *impedance* và hàm *sparameters* để tính toán độ lợi và trở kháng sóng của hai loại anten trên. Kết quả hiển thị trên Bảng 3 và Bảng 4.

Bảng 1. Thiết lập thông số cho hệ anten Khe

Thông số	Ý nghĩa	Giá trị đơn vị (m)
<i>Length</i>	Chiều dài	0,8060
<i>Width</i>	Chiều ngang	0,0857
<i>Height</i>	Chiều cao	0,0428
<i>NumSlots</i>	Số lượng khe	10
<i>Slot</i>	Hình dạng khe	Chữ nhật
<i>SlotToTop</i>	Khoảng cách từ mép đến tâm khe	0,0403
<i>SlotSpacing</i>	Khoảng cách giữa các tâm khe	0,0806
<i>SlotOffset</i>	Khoảng cách từ tâm ống tới tâm khe	0,0123
<i>SlotAngle</i>	Góc xiên giữa các khe	0

Bảng 2. Thiết lập thông số cho anten Loa thấp

Thông số	Ý nghĩa	Giá trị đơn vị (m)
FL	Chiều dài miệng loa	0,0348
FW	Chiều ngang miệng loa	0,035
FH	Chiều cao miệng loa	0,035
L	Chiều dài ống dẫn sóng	0,03
W	Chiều rộng ống dẫn sóng	0,024
H	Chiều cao ống dẫn sóng	0,012
FO	Điểm cấp nguồn	[0,01 0]

Bảng 3. Bảng so sánh độ lợi giữa hệ anten Khe nửa sóng và anten Loa thấp

Băng tần	Hệ anten Khe	Anten Loa thấp
S	~12dB	~7dB
X	~6dB	~32dB

Bảng 3 cho thấy, trên băng tần S (2-4GHz), hệ anten Khe cho độ lợi tốt hơn. Trên băng tần X (8-12GHz), anten Loa thấp cho độ lợi cao hơn. Muốn

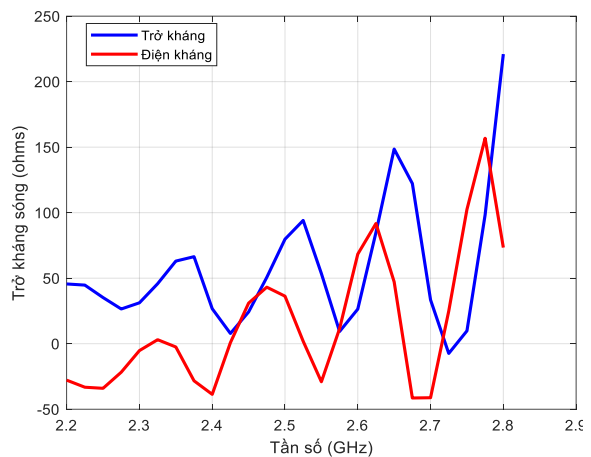
tăng độ lợi của anten Khe trên băng X cần tăng số lượng khe [9].

Bảng 4. Bảng so sánh giữa trở kháng sóng giữa hệ anten Khe nửa sóng và anten Loa thấp

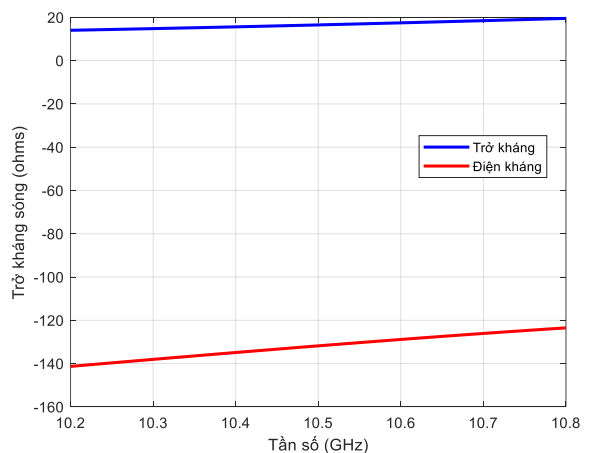
Băng tần	Hệ anten Khe	Anten Loa thấp
S	45,6Ω - 221Ω	0,02Ω - 0,03Ω
X	73,6Ω - 284Ω	14Ω - 19,5Ω

Bảng 4 chỉ ra, mặc dù trở kháng sóng sinh ra bởi anten Loa thấp nhỏ hơn hệ anten Khe, nghĩa là ít tiêu hao năng lượng hơn, tuy nhiên trở kháng sóng của hệ anten Khe lại phù hợp hơn với việc phối hợp trở kháng trong ống dẫn sóng (50-75 Ω).

Hình 9 và Hình 10 minh họa cho việc phối hợp trở kháng giữa anten và ống dẫn sóng. Anten Loa có sự phụ thuộc vào tần số lớn hơn hệ Anten Khe.



Hình 9. Đồ thị biểu diễn trở kháng sóng của hệ anten Khe nửa sóng trên băng tần S



Hình 10. Đồ thị biểu diễn trở kháng sóng của anten Loa thấp trên băng tần X

4. Kết luận

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu, mô phỏng và đánh giá đặc tính của hai loại anten là hệ anten Khe nửa sóng và anten Loa tháp. Đặc tính phương hướng của hai loại anten chỉ ra rằng, hệ anten Khe có độ rộng búp sóng rất nhỏ, khoảng 2° , anten Loa tháp đơn có độ rộng búp sóng lớn hơn nhiều lần. Với điều kiện tiên quyết về độ rộng búp sóng đó, hệ anten Khe là loại anten phù hợp được sử dụng trong Radar hàng hải. Thực tế hiện nay chỉ còn hệ anten Khe được sử dụng trong Radar hàng hải.

Trên băng tần S, hệ anten Khe có độ lợi tốt hơn, trên băng tần X thì anten Loa có độ lợi tốt hơn. Trở kháng sóng sinh ra bởi hai loại anten có sự khác biệt, về mặt tiêu hao năng lượng thì anten Loa cho kết quả tốt hơn. Như vậy, với các ưu điểm về băng thông rộng, độ lợi cao, độ méo nhỏ anten Loa thường được sử dụng trong các ứng dụng về thời tiết, thăm dò vật liệu và theo dõi giám sát mức chất lỏng.

Anten Loa có ưu điểm dễ chế tạo, giá thành rẻ, dễ làm hẹp búp sóng của anten Loa, đã có những nghiên cứu kết hợp 2 hoặc 4 anten Loa thành hệ anten, hoặc sử dụng anten Loa làm chiếu xạ tử cho anten Parabol. Vấn đề này sẽ được làm rõ hơn trong các nghiên cứu về anten Loa sau này. Các kết luận của bài báo cũng phù hợp với các kết quả của các nghiên cứu trên thế giới đã được tham khảo.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT20-21.49**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Derry Permana Yusuf, Fitri Yuli Zulkifli, Eko Tjipto Rahardjo, *Design of Narrow-wall Slotted Waveguide Antenna with V-shaped Metal Reflector for X-Band Radar Application*, 2018 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP 2018), tr.265-266, Busan, Korea, 2018.
- [2] Ian Bole, Alan Wall, Andy Norris, *Radar and ARPA Manual*, Butterworth-Heinemann, UK, 2014.

- [3] Daryl Ortega González, Pedro Arzola Morris, José Sandianes Gálvez, *Modification to the AU11-07N slotted waveguide antenna of the Navy-Radar 4000*, RIELAC, Vol. 41, tr.108-121, 2020.
- [4] Guezoui Zahia, Amir Monir, Amar Hichem, Zergoug Mourad, Hamami Latifa, *Design and simulation of Pyramidal Horn Antenna for NDT Applications*, International journal of mathematics and computers in simulation, Volume 11, tr.143-146, North Atlantic University Union, USA, 2017.
- [5] Musa Manganda, *Design of an S-band Waveguide Slot Antenna for Surveillance Radar Application*, University of Cape Town, South Africa, April 2017.
- [6] Trần Xuân Việt, *Kỹ thuật anten*, NXB Hàng hải, 2019.
- [7] Furuno, *Furuno Marine Radar Experiments*, Operator's manual, Model FR-360 Mark II marine radar, 1984.
- [8] Phan Anh, *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [9] Nguyễn Mạnh Cường, Đoàn Ngọc Âu, Đỗ Công Danh, *Khảo sát đặc tính và tính toán số lượng phần tử cho anten Khe sử dụng trong Radar Hàng hải*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 66, tr.78-82, 2021.

Ngày nhận bài:	27/4/2021
Ngày nhận bản sửa:	06/5/2021
Ngày duyệt đăng:	18/5/2021