



Longitudinal Slotted Waveguide Antenna with Uniform Amplitude Distribution

Lê Doãn Trinh and Lê Văn Duyên

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

November 5, 2023

Tổng Hợp Biên Độ Đều Của Ăng ten Dạng Ống Dẫn sóng Khe Dọc

Lê Doãn Trinh^{1*}, Lê Văn Duyên¹

¹Viện Thiết kế tàu quân sự, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng.
Email: anhletrinhnd@gmail.com

Abstract— Bài báo tiến hành tính toán chiều dài của khe dọc để tạo biên độ đều dọc theo ăng ten dạng ống dẫn sóng khe dọc, thông qua việc tổng hợp lại các thông số nội tại của ăng ten, cụ thể là hệ số truyền sóng. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng, với biên độ đều dọc theo ống dẫn sóng thì hệ số khuếch đại của ăng ten đã tăng tại các tần số gần với tần số cộng hưởng. Ví dụ, tại tần số = 9 GHz, 10 GHz, 11 GHz, hệ số khuếch đại tăng lần lượt là 0.43 dB, 1.54 dB và 3.24 dB.

Keywords – Ống dẫn sóng, khe dọc, biên độ đều, hệ số khuếch đại.

I. GIỚI THIỆU

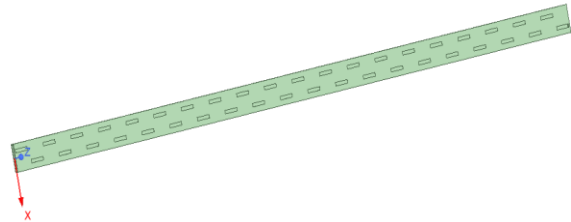
Ăng ten dạng ống dẫn sóng hiện có rất nhiều các ứng dụng khác nhau, không chỉ ở lĩnh vực dân mà còn ở cả lĩnh vực quân sự. Một số ứng dụng cụ thể của ăng ten dạng ống dẫn sóng như ăng ten của ra đa hàng hải, ăng ten của mạng 5G, hoặc như ăng ten của hệ thống dẫn đường tên lửa Vì vậy, dạng ăng ten này hiện được rất nhiều các nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu và phát triển.

Một số vấn đề chính của ăng ten dạng ống dẫn sóng được các nhà khoa học nghiên cứu và phát triển đó là: tăng góc quét theo tần số của ăng ten [1, 2], tăng hiệu quả sử dụng bề mặt của ăng ten [3], tổng hợp sự phân cực tròn và cố định hướng của búp sóng chính ăng ten [4], tổng hợp sự phân bố biên độ theo hình sin [5]. Tất cả các nghiên cứu trên đều gián tiếp làm tăng hệ số khuếch đại của ăng ten. Tuy nhiên, việc nghiên cứu tính toán các tham số để tạo biên độ đều dọc theo ăng ten dạng ống dẫn sóng khe dọc từ đó để tăng hệ số khuếch đại của ăng ten hiện chưa được nghiên cứu đến. Chính vì vậy, trong bài báo sẽ nghiên cứu vấn đề này thông qua việc tính toán chiều dài của khe dọc.

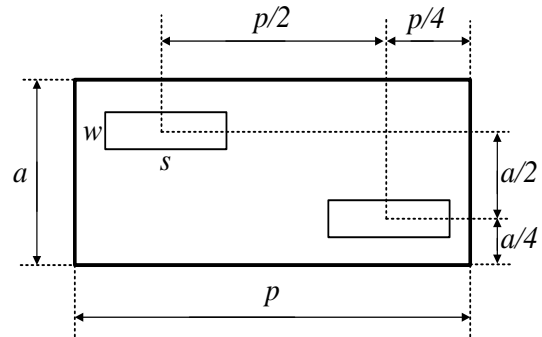
Các phần sau của bài báo được trình bày như sau: phần II, chúng tôi đưa ra các tham số cơ bản của ăng ten dạng ống dẫn sóng khe dọc. Phần III, chúng tôi tính toán sự phụ thuộc hệ số truyền sóng vào chiều dài của khe dọc. Phần IV, chúng tôi chiều dài của khe dọc để tạo biên độ đều của ăng ten dạng ống dẫn sóng khe dọc. Phần V cung cấp và phân tích các kết quả mô phỏng. Phần VI đưa ra các kết luận chính từ kết quả tính toán được.

II. CÁC THAM SỐ CỦA ĂNG TEN

Ăng ten được nghiên cứu trong bài báo là ăng ten dạng ống dẫn sóng khe dọc có 20 chu kỳ (hình 1). Các tham số cơ bản của ăng ten là (hình 2): a là độ rộng ăng ten và p là độ dài 1 chu kỳ của ăng ten, w là độ rộng của khe dọc và s là độ dài của khe dọc. Chiều dày của ăng ten = 10mm. Chiều dày lớp đồng bên ngoài của ăng ten = 0.5mm.



Hình 1. Ăng ten ống dẫn sóng khe dọc.



Hình 2. Ống dẫn sóng với khe dọc (1 chu kỳ).

Các thông số khác của ăng ten được cố định như sau: $a = 23$ mm, $p = 30$ mm, $w = 3$ mm, từ đó tính toán chiều dài khe, giúp nhận được biên độ đều dọc theo ống dẫn sóng.

Phương pháp sử dụng trong quá trình tính toán là phương pháp EigenMode.

III. SỰ PHỤ THUỘC HỆ SỐ TRUYỀN SÓNG VÀO CHIỀU DÀI CỦA KHE DỌC

Để tính toán hệ số truyền sóng, ta sẽ tính toán thông qua độ lệch pha trong 1 chu kỳ ($\Delta\varphi$) và hệ số phẩm (Q) của ăng ten, bằng việc sử dụng 4 chu kỳ với chiều dài của khe dọc lần lượt là $s = 11$ mm, 12mm, 13mm, 14mm. Sau đó áp dụng các công thức:

$$\lambda = c/f \quad (1)$$

$$k = 2\pi/\lambda \quad (2)$$

$$\beta = \Delta\varphi/p \quad (3)$$

$$\alpha = k^2/(2*Q*\beta) \quad (4)$$

Trong đó: λ – bước sóng, c – tốc độ ánh sáng, f – tần số tính toán, k – số lượng các bước sóng, β – phần ảo của hệ số truyền sóng, $\Delta\varphi$ – độ lệch pha trong 1 chu kỳ, p – chiều dài của 1 chu kỳ, α – phần thực của hệ số truyền sóng, Q – hệ số phẩm.

Kết quả tính toán sự phụ thuộc hệ số truyền sóng vào chiều dài khe được thể hiện ở bảng 1:

Bảng 1. Các thông số của ăng ten.

s	$\Delta\varphi$	Q	β	α
11	230.5	231.66	134.099	0.572
12	233	117.36	135.554	1.117
13	237	57.74	137.881	2.231
14	242.5	28.39	141.081	4.435

Việc tính toán và tạo biên độ đều dọc theo ống dẫn sóng, thông qua việc tổng hợp phần thực của hệ số truyền sóng. Với kết quả ở bảng 1, ta có phương trình thể hiện sự phụ thuộc phần thực hệ số truyền sóng vào chiều dài của khe dọc theo công thức:

$$\alpha(s) = 0.0003 * e^{0.6838*s} \quad (5)$$

IV. TÍNH TOÁN CHIỀU DÀI CỦA KHE DỌC

Thông qua việc tính toán sự thay đổi của hệ số truyền sóng trong quá trình phát xạ của ăng ten, ta có thể thay đổi hệ số này sao cho tạo được biên độ đều của sóng dọc theo ống dẫn sóng bằng công thức sau [5]:

$$\alpha(y) = \frac{10^3}{\int_y^L dy + \frac{P_L}{P_0 - P_L} \int_0^L dy} \quad (6)$$

Trong đó: L – chiều dài của ăng ten, y – vị trí trung tâm của chu kỳ.

Từ các công thức bên trên, chiều dài của khe dọc có thể được tính toán theo công thức sau:

$$s(y) = \frac{\ln(0.5*\alpha(y)) - \ln(0.0003)}{0.6838} \quad (7)$$

Thay giá trị các vị trí trung tâm khác nhau của chu kỳ ăng ten vào công thức 7 ta nhận được chiều dài tương ứng của khe dọc tại chu kỳ đó. Giả sử ăng ten có 20 chu kỳ, từ công thức 7 ta có bảng 2.

Bảng 2. Chiều dài của khe dọc theo chu kỳ.

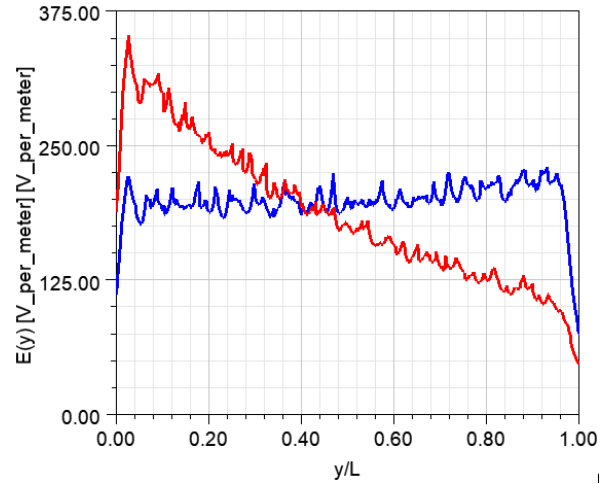
STT	1	2	3	4	5
$s(\text{mm})$	11.475	11.544	11.617	11.693	11.773
STT	6	7	8	9	10
$s(\text{mm})$	11.858	11.948	12.044	12.147	12.258
STT	11	12	13	14	15
$s(\text{mm})$	12.377	12.508	12.651	12.81	12.988
STT	16	17	18	19	20
$s(\text{mm})$	13.191	13.426	13.707	14.055	14.513

V. KẾT QUẢ

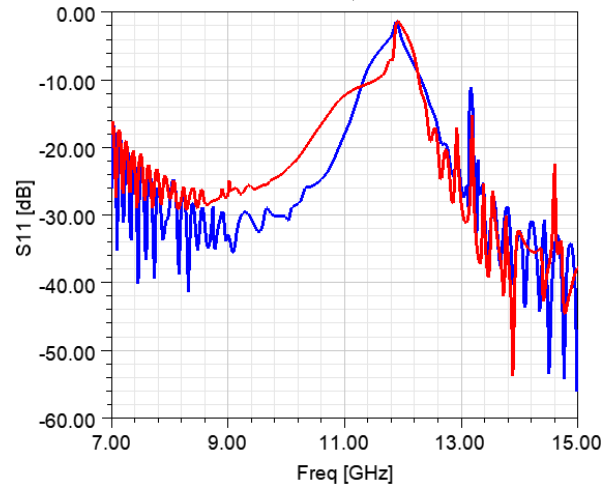
Để so sánh kết quả tính toán, ta sẽ sử dụng một ăng ten khác có 20 chu kỳ, với độ dài của các khe dọc không đổi và bằng 12.9mm. Chiều dài này được lựa chọn sao cho tại cùng tần số 9GHz, giá trị S_{21} của hai ăng ten trước khi tính toán và sau khi tính toán đều bằng nhau và bằng 10.5 dB.

Biên độ dọc theo ống dẫn sóng được trình bày ở hình 3 tại tần số $f = 9$ GHz (trước khi tính toán – màu đỏ, sau khi tính toán – màu xanh). Kết quả tính toán cho thấy rằng, trước khi tính toán biên độ dọc theo ống dẫn sóng có dạng giống với hình dạng của một hàm số mũ, còn khi tính toán thì biên độ đã có giá trị bằng nhau (biên độ đều) trên toàn bộ ống dẫn sóng.

Hệ số S_{11} của ăng ten được thể hiện ở hình 4 (trước khi tính toán - màu đỏ, sau khi tính toán - màu xanh). Từ kết quả tính toán thấy rằng, với biên độ đều thì hiện tượng cộng hưởng phản xạ của ăng ten vẫn còn tồn tại, chưa khắc phục được.

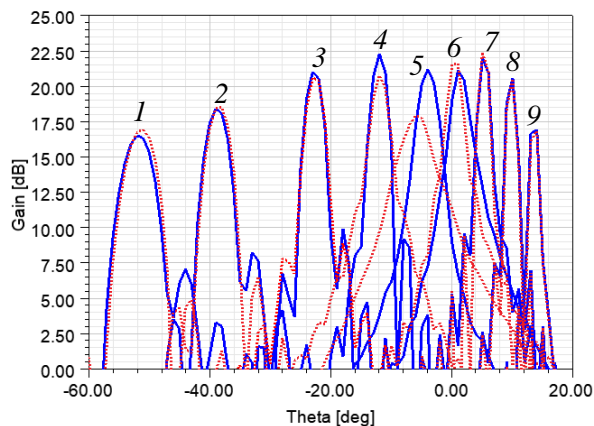


Hình 3. Biên độ dọc theo ống dẫn sóng tại tần số 9GHz (trước khi tính toán - màu đỏ, sau khi tính toán - màu xanh).



Hình 4. Hệ số S_{11} của ăng ten (trước khi tính toán - màu đỏ, sau khi tính toán - màu xanh).

Giản đồ hướng của ăng ten được trình bày ở hình 5 (trước khi tính toán - màu đỏ, sau khi tính toán - màu xanh) tại các tần số khác nhau (1-7.5GHz, 2-8GHz, 3-9GHz, 4-10 GHz, 5-11GHz, 6-12GHz, 7-13GHz, 8-14GHz, 9-15GHz). Kết quả tính toán cho thấy rằng với biên độ đều dọc theo ống dẫn sóng hệ số khuếch đại của ăng ten đã tăng lên rõ rệt, đặc biệt là tại các tần số gần với tần số cộng hưởng. Ví dụ, tại tần số = 9 GHz, 10 GHz, 11 GHz, hệ số khuếch đại của ăng ten tăng lần lượt là 0.43 dB, 1.54 dB và 3.24 dB.



Hình 5. Giản đồ hướng của ăng ten (trước khi tính toán - màu đỏ, sau khi tính toán - màu xanh).

VI. KẾT LUẬN

Bài báo đã tính toán chiều dài của khe dọc để tạo biên độ đều của ăng ten ống dẫn sóng khe dọc. Kết quả tính toán cho thấy rằng:

- Việc tổng hợp sự phân bố biên độ đều giúp tăng hệ số khuếch đại của ăng ten tại tần số tổng hợp và một số tần số lớn hơn tần số tổng hợp.

- Sự phân bố biên độ đều chỉ giúp giảm ảnh hưởng, chứ không thể triệt tiêu được hiện tượng cộng hưởng sóng điện từ trong ống dẫn sóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Saeed Kamalzadeh, Mohammad Soleimani, Electronics, "Multibeam SIW Leaky-Wave Antenna with Beam Scanning Capability in Two Dimensions", V. 11. (2022).
- [2] Vivek Arya, Tanuj Garg and Hamza Mohammed Ridha Al-Khafaji, High Gain and Wide-Angle Continuous Beam Scanning SIW Leaky-Wave Antenna, Electronics 2023, 12(2), 370.
- [3] Xingying Huo, Zheng Li, "Research on the 2-D annular leaky-wave antenna", Microwave and optical technology letters, Volume 65, Issue 6, June 2023.
- [4] Dapeng Chu, Yong Mao, Haoxiang Li, Hong Bie and Yongjin Zhou, "Dual-Polarized Multi-Beam Fixed-Frequency Beam Scanning Leaky-Wave Antenna", Metamaterials and Antennas for Enhancing Sensing, Imaging and Communication System), 2023, 23(11), 5070.
- [5] Lê Doãn Trinh, Trần Thị Nhung, "Phân tích và tổng hợp ăng ten ống dẫn sóng có khe ngang với sự phân bố biên độ theo hình sin", FEE.2022.90-95.