THIẾT KẾ BỘ LỌC THÔNG DẢI ỐNG DẪN SÓNG ỨNG DỤNG CHO HỆ THỐNG THU/PHÁT RA ĐA BĂNG X

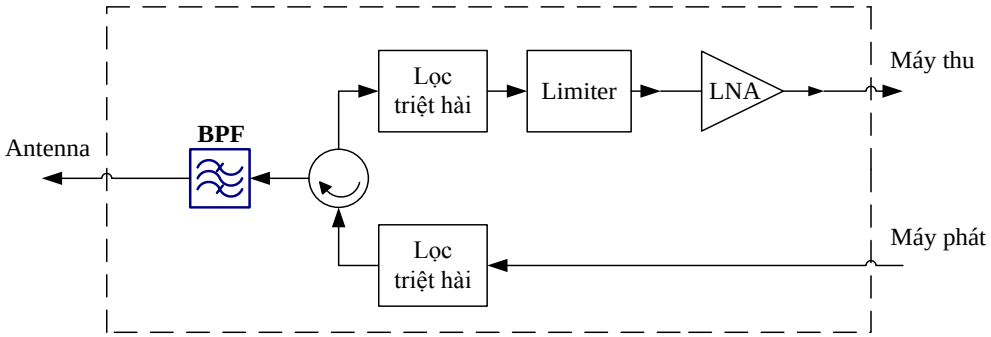
Trịnh Xuân Thọ*

***Tóm tắt**: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo bộ lọc thông dải ống dẫn sóng chữ nhật ứng dụng trong hệ thống thu/phát của ra đa băng X. Bộ lọc thông dải ống dẫn sóng sử dụng các hốc cộng hưởng ống sóng chữ nhật chiều dài nửa bước sóng ghép nối tiếp nhau. Do vậy, công suất chịu đựng, tổn hao và độ mấp mô trong dải thông của bộ lọc được cải thiện. Trên cơ sở ứng dụng lý thuyết siêu cao tần và các công cụ phần mềm tính toán mô phỏng, tác giả đã tính toán thiết kế chế tạo bộ lọc thông dải đạt chỉ tiêu kỹ thuật ứng dụng trong hệ thống ra đa băng tần X.*

Từ khóa: Bộ lọc thông dải ống dẫn sóng; Bộ lọc thông dải; Ra đa băng X.

1. MỞ ĐẦU

Sự phát triển mạnh mẽ của các hệ thống vô tuyến đã đặt ra các yêu cầu ngày càng cao cho các phần tử siêu cao tần. Bộ lọc là phần tử chọn lọc tần số, đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống này. Các bộ lọc thông dải là một trong những thành phần quan trọng của hệ thống ra đa thế hệ mới hiện nay [5]. Hình 1 miêu tả sơ đồ khối khối cao tần đầu cuối của một hệ thống ra đa. Từ sơ đồ hình 1 chúng ta có thể thấy rằng, mỗi bộ lọc được sử dụng để thực hiện các chức năng khác nhau. Trong đó, bộ lọc BPF là bộ lọc thông dải với yêu cầu tổn hao nhỏ và chịu được công suất của tuyến phát; bộ lọc triệt hài là bộ lọc thông thấp có dải thông bao trùm toàn bộ dải thông của bộ lọc BPF và có dải chắn bao trùm toàn bộ từ hài bậc 2 đến hài bậc 5 của tín hiệu phát trong hệ thống.



***Hình 1.** Sơ đồ khối khối cao tần đầu cuối của hệ thống ra đa băng X.*

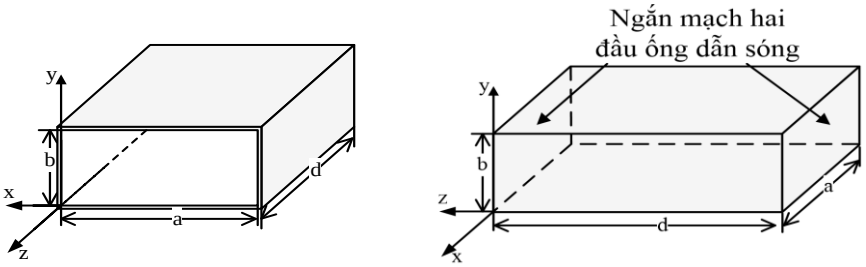
Ngày nay, có rất nhiều loại bộ lọc khác nhau được dùng cho các ứng dụng ra đa, như các bộ lọc vi dải, bộ hốc cộng hưởng đồng trục, bộ lọc ống dẫn sóng. Bộ lọc vi dải có ưu điểm kích thước nhỏ, giá thành thấp, dễ chế tạo. Nhược điểm chính của bộ lọc này là tổn hao chèn cao, bởi vì hệ số phẩm chất Q của nó thấp hơn đáng kể so với các loại khác [5]. Bộ lọc hốc cộng hưởng đồng trục có nhiều ưu điểm như tổn hao thấp, kích thước nhỏ gọn, mặc dù vậy nó có nhược điểm là công suất chịu đựng trung bình và rất khó chế tạo ở tần số cao [3]. Bộ lọc ống dẫn sóng có ưu điểm tổn hao thấp, công suất chịu đựng cao, tuy nhiên, kích thước của bộ lọc ống sóng lớn hơn nhiều so với các loại bộ lọc khác. Một số sản phẩm bộ lọc dải thông trên ống dẫn sóng trên thị trường có các tham số chưa đáp ứng với yêu cầu đặt ra, ví dụ sản phẩm bộ lọc thông dải ống dẫn sóng băng X của A-info tổn hao trong dải từ 0.6 ÷ 1.2 dB, hệ số sóng đứng cực đại 1.3 ÷ 1.5, công suất chịu dựng trung bình 200 W [7]. Để chủ động trong việc thiết kế hệ thống đài ra đa, việc làm chủ quá trình thiết kế chế tạo bộ lọc thông dải đáp ứng các yêu cầu của hệ thống là rất cần thiết.

Bài báo này nghiên cứu giải pháp thiết kế, chế tạo bộ lọc ống dẫn sóng vì nó có ưu điểm là công suất chịu đựng cao, tổn hao thấp, độ chọn lọc tần số cao. Dựa trên các lý thuyết về siêu cao tần và phần mềm mô phỏng, bài báo sẽ trình bày giải pháp thiết kế bộ lọc ống dẫn sóng dải thông 8.9 - 9.6 GHz.

2. NỘI DUNG CẦN GIẢI QUYẾT

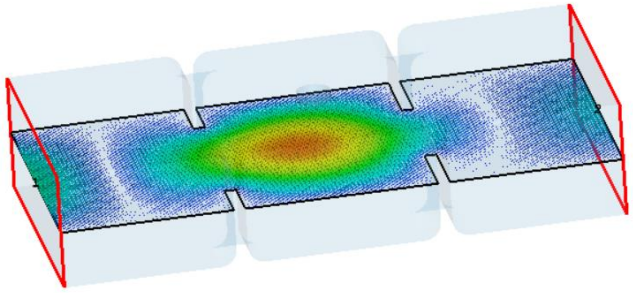
2.1. Tổng quan hốc cộng hưởng ống dẫn sóng chữ nhật

Nguyên lý hoạt động của bộ lọc siêu cao tần hoạt động ở tần số cao hoàn toàn giống với nguyên lý hoạt động của bộ lọc cộng hưởng RLC song song hoặc nối tiếp trong lý thuyết mạch [1, 2]. Hốc cộng hưởng ống dẫn sóng siêu cao tần được hình thành bằng cách bịt kín (ngắn mạch) cả hai đầu của cấu trúc ống dẫn sóng chữ nhật như trong hình 2a bằng các vách kim loại. Ví dụ, hình 2b cho thấy hình dạng của một hốc cộng hưởng ống dẫn sóng hình chữ nhật (a> b) với chiều dài d, ngắn mạch ở cả hai đầu tại vị trí z = 0 và z = d. Cường độ điện từ trường trong hốc cộng hưởng thể hiện trên hình 3.



(a) (b)

Hình 2. *(a) Ống dẫn sóng hình chữ nhật a>b; (b) Hốc cộng hưởng ống dẫn sóng hình chữ nhật.*



Hình 3. *Cường độ điện từ trường trong hốc cộng hưởng chữ nhật ở tần số cộng hưởng 9.25 GHz.*

Bằng cách áp dụng vectơ Poynting P = E × H trong một khoang trong đó áp dụng các điều kiện của các mode, công suất sẽ hoàn toàn là ảo và mật độ công suất trung bình theo thời gian (phần thực) sẽ bằng không. Điều này có nghĩa là không có nguồn điện thực sự đi vào và đi ra khoang. Tuy nhiên, phần ảo có nghĩa là có một năng lượng tích lũy của trường điện từ bên trong khoang [1]. Trong khi đó, hệ số phẩm chất Q là một thông số quan trọng và cần được xem xét khi thiết kế bộ lọc siêu cao tần. Hệ số phẩm chất đo lường cường độ hệ số ghép theo điện trường hoặc từ trường giữa các hốc cộng hưởng; nói cách khác, nó đo lường tổn hao trong bộ cộng hưởng. Q được định nghĩa theo cách khác là tỷ số giữa tần số trung tâm của bộ cộng hưởng với băng thông 3dB của nó và được tính theo công thức công thức $Q = f_0 BW_{3dB}$ [1].

Trong điều kiện mà một hốc là không tổn hao, cường độ điện trường ngang có thể được suy ra là [1]:

$$\underline{E}(x,y,z) = e(x,y)(A^+ e^{-j\beta_{mn}z} + A^- e^{-j\beta_{mn}z} \quad (1)$$

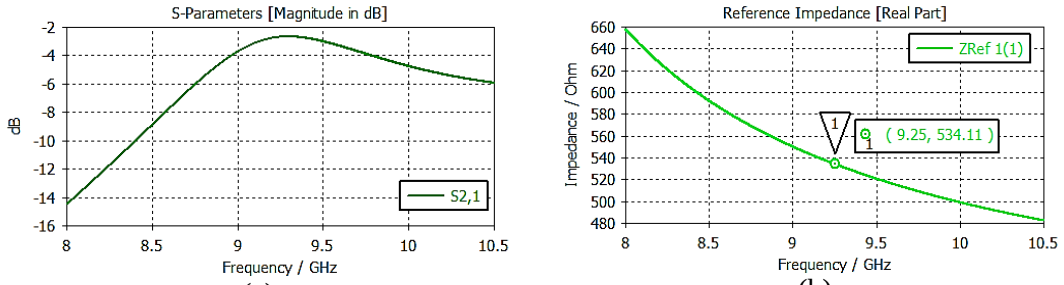
Trong đó: $\underline{e}(x,y)$ là biến thiên theo phương ngang; A^+ và A^- lần lượt là biên độ của sóng truyền tới và truyền ngược; β_{mn} là hằng số pha của sóng. Việc áp dụng các điều kiện biên trên các thành bên (x = 0, a) và (y = 0, b) của khoang đưa ra:

$$\beta_{mn} = \sqrt{k^2 - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad (2)$$

Trong đó: $k = \sqrt{\mu\varepsilon}$, μ và ε là độ từ thẩm và hằng số điện môi của vật liệu được lấp đầy ống dẫn sóng; m và n là số biến thiên nửa sin (hoặc cosin) theo hướng trục x và trục y; l là số biến thiên nửa sin (hoặc cosin) theo hướng trục z. Việc áp dụng các điều kiện biên ở mặt trước và mặt sau của khoang ống dẫn sóng kín tại (z = 0, d), thì tần số cộng hưởng f_{ch} được xác định như sau:

$$f_{ch}(mnl) = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\varepsilon}}\sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2} \quad (3)$$

Hình 4a là kết quả mô phỏng tham số S_{21} của hốc cộng hưởng trên hình 3 và ta thấy rằng tần số cộng hưởng của hốc cộng hưởng là ở tần số 9.25 GHz. Hình 4b cho thấy trở kháng tham chiếu thực với cùng một bộ cộng hưởng Z_{ref} = 534 Ohm ở tần số 9.25 GHz.

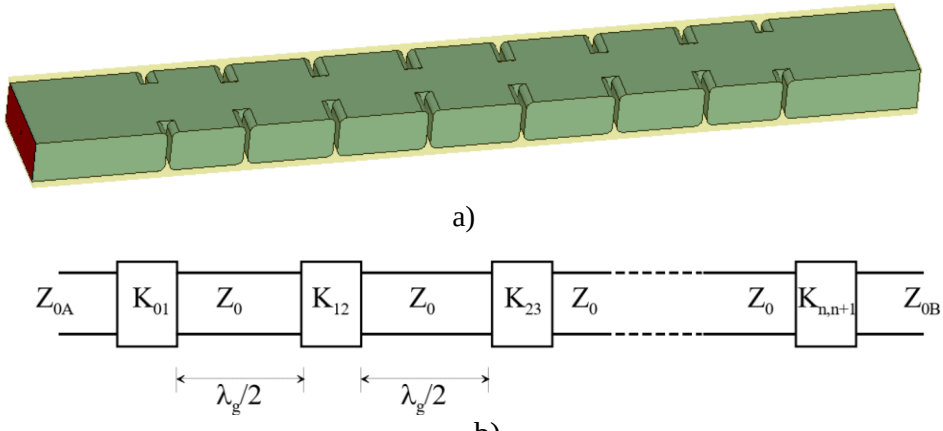


(a) (b)

Hình 4. *Kết quả mô phỏng tham số S_{21} và trở kháng tham chiếu của hốc cộng hưởng chữ nhật hình 3.*

2.2. Cấu trúc bộ lọc ống dẫn sóng và sơ đồ tương đương

Cấu trúc vật lý của bộ lọc thông dải ống dẫn sóng chữ nhật được thể hiện như hình 5a. Bộ lọc bao gồm các hốc cộng hưởng ống dẫn sóng chữ nhật chiều dài nửa bước sóng nối tiếp nhau và các hốc cộng hưởng được ghép với nhau bằng cửa sổ ghép điện cảm. Sơ đồ tương đương được thể hiện như hình 5b.



a)

b)

Hình 5. *Cấu trúc vật lý và sơ đồ tương đương bộ lọc thông dải ống dẫn sóng.*

Sơ đồ mạch tương đương này được xây dựng trên cơ sở sử dụng bộ nghịch đảo trở kháng [3]. Các tham số trở kháng đặc tính của bộ nghịch đảo trong sơ đồ hình 5b được tính toán theo công thức như sau:

$$\frac{K_{01}}{Z_{0A}} = \sqrt{\frac{\pi}{2}\frac{w_{\lambda A}}{g_0 g_1}} \tag{4}$$

$$\frac{K_{01}}{\sqrt{Z_{0i}Z_{0,i+1}}} = \frac{\pi w_{\lambda i}}{2}\sqrt{\frac{1}{g_i g_{i+1}}} \tag{5}$$

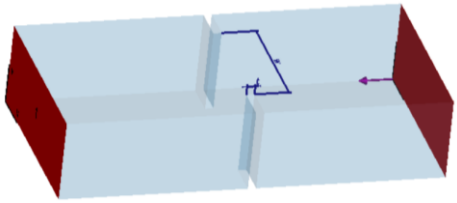
$$\frac{K_{n,n+1}}{Z_{0B}} = \sqrt{\frac{\pi}{2}\frac{w_{\lambda B}}{g_n g_{n+1}}} \tag{6}$$

$$w_{\lambda i} = \left(\frac{\lambda_{gi0}}{\lambda_0}\right)^2 \frac{\Delta f}{f_0} \tag{7}$$

Trong đó, $g_0, g_1, g_2, \ldots, g_{n+1}$ là các phần tử của bộ lọc thông thấp. Giá trị của các phần tử này được lấy từ việc tra bảng trong tài liệu [3].

2.3. Cửa sổ ghép trong bộ lọc ống dẫn sóng

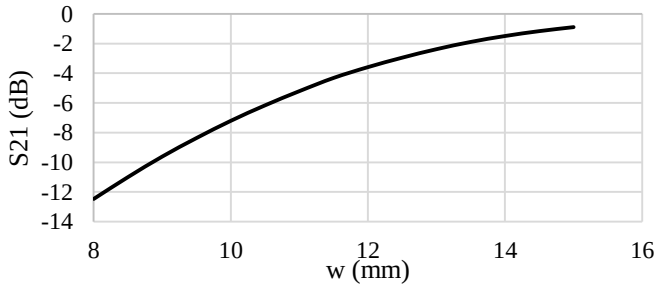
Cửa sổ ghép trong bộ lọc thông dải ống dẫn sóng được thể hiện như hình 6. Trong đó, t là độ dày của cửa sổ ghép và w là chiều rộng của cửa sổ ghép.



Hình 6. *Cấu trúc cửa sổ ghép trong bộ lọc ống dẫn sóng.*

Như trong tài liệu [6], bằng cách sử dụng các công thức biến đổi mạng 4 cực, thì biên độ tham số tán xạ $\left|S_{21_{i,i+1}}\right|$ có thể được tính toán theo tham số trở kháng của bộ nghịch đảo theo công thức sau:

$$\left|S_{21_{i,i+1}}\right| = \frac{2Z_0}{K_{i,i+1} + \frac{{Z_0}^2}{K_{i,i+1}}} \tag{8}$$



Hình 7. *Mối quan hệ giữa chiều rộng cửa sổ ghép và biên độ tham số tán xạ S_{21}.*

Đồ thị hình 7 là kết quả mô phỏng cấu trúc cửa số ghép trong bộ lọc ống dẫn sóng với độ dày cửa sổ ghép là 1 mm. Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa độ rộng cửa sổ ghép với biên độ tham số tán xạ S_{21} ở tần số trung tâm 9.25 GHz.

2.4. Phương pháp thiết kế bộ lọc thông dải ống dẫn sóng

Trên cơ sở phân tích tính toán tại mục 2.2 và tài liệu tham khảo [3] chỉ ra rằng các giá trị trở kháng của bộ nghịch đảo $K_{i,i+1}$ trong sơ đồ bộ lọc thông dải ống dẫn sóng sẽ được tính toán theo các tham số yêu cầu của bộ lọc cần thiết kế. Ngoài ra, giá trị $K_{i,i+1}$ còn có mối quan hệ với biên độ tham số tán xạ $\left|S_{21_{i,i+1}}\right|$ như công thức (8).

Từ đó, nhóm nghiên cứu đã đề xuất giải pháp tính toán thiết kế bộ lọc thông dải ống dẫn sóng gồm các bước sau:

- Lựa chọn kích thước ống sóng phù hợp với dải thông và độ dày cửa sổ ghép. Kích thước ống sóng thường được chọn theo kích thước ống dẫn sóng tiêu chuẩn, độ dày cửa sổ ghép được chọn sao cho phù hợp với việc gia công;

- Trên cơ sở các tham số yêu cầu của bộ lọc cần thiết kế, tính toán các giá trị trở kháng của bộ nghịch đảo; sau đó tính toán các giá trị biên độ tham số tán xạ $\left|S_{21_{i,i+1}}\right|$;

- Sử dụng phần mềm CST mô phỏng cửa sổ ghép như hình 6, biên độ S_{21} được tính tại tần số trung tâm của bộ lọc và kích thước chiều rộng cửa sổ ghép thay đổi sao cho giá biên độ S_{21} mô phỏng bằng với giá trị tính toán.

- Sử dụng thông tin pha S_{11} của mỗi cửa sổ ghép để xác định chiều dài hốc cộng hưởng theo công thức sau:

$$l = \frac{\lambda_{g0}}{4\pi}(\Phi_1 + \Phi_2) \tag{9}$$

Trong đó, Φ_1 là pha S_{11} của cửa sổ ghép bên trái hốc cộng hưởng, Φ_2 là pha S_{11} của cửa sổ ghép bên phải hốc cộng hưởng.

- Xây dựng mô hình tổng thể bộ lọc thông dải ống dẫn sóng và mô phỏng tối ưu.

3. THIẾT KẾ CHẾ TẠO, KẾT QUẢ

3.1. Các tham số yêu cầu của bộ lọc

Việc xây dựng các tham số bộ lọc thông dải ống dẫn sóng được dựa trên cơ sở tính toán thiết kế hệ thống và các thành phần của đài ra đa băng tần X. Bài toán thiết kế bộ lọc thông dải ống dẫn sóng được thực hiện với các tham số kỹ thuật theo bảng 1.

Bảng 1. *Các tham số kỹ thuật của bộ lọc thông dải ống dẫn sóng.*

TT	Tham số kỹ thuật	Đơn vị đo	Cần đạt
1	Dải tần làm việc	GHz	8.9 ÷ 9.6
2	Suy hao trong dải	dB	≤ 0.3
3	Tổn hao phản hồi	dB	≥ 21
4	Độ chắn ngoài dải (ở tần số 8.7 GHz)	dB	≥ 25
5	Kích thước mặt cắt ống dẫn sóng WR90	mm	22.86x10.16

3.2. Tính toán, mô phỏng tối ưu

Căn cứ vào các tham số yêu cầu của bộ lọc: dải tần làm việc, tổn hao phản hồi, độ chắn ngoài dải; ta tính được số mắt lọc n ≥ 6.4 theo công thức sau [4]:

$$n \geq \frac{arccosh\left(\sqrt{\frac{10^{0.1*L(f_a)}-1}{10^{0.1*r_{dB}}-1}}\right.}{arccosh\left(\frac{2|f_a-f_0|}{\Delta f}\right)} \tag{10}$$

Trong đó, $L(f_a)$ là độ chắn ngoài dải tại tần số f_a, r_{dB} độ mấp mô trong dải thông, Δf là dải thông, f_0 là tần số trung tâm.

Bộ lọc thông dải ống dẫn sóng được thiết kế gồm 7 hốc cộng hưởng, vật liệu lấp đầy ống dẫn sóng là không khí với mô hình như trên hình 4. Bảng 2 đã đưa ra các tham số điện và tham số cơ khí cho bộ lọc thông dải ống dẫn sóng 7 hốc cộng hưởng trên cơ sở lý thuyết và tính toán kết hợp với mô phỏng khảo sát mối quan hệ giữa chiều rộng cửa sổ ghép và biên độ tham số tán xạ S_{21}.

Bảng 2. *Giá trị các tham số đã được tính toán cho bộ lọc thông dải ống dẫn sóng.*

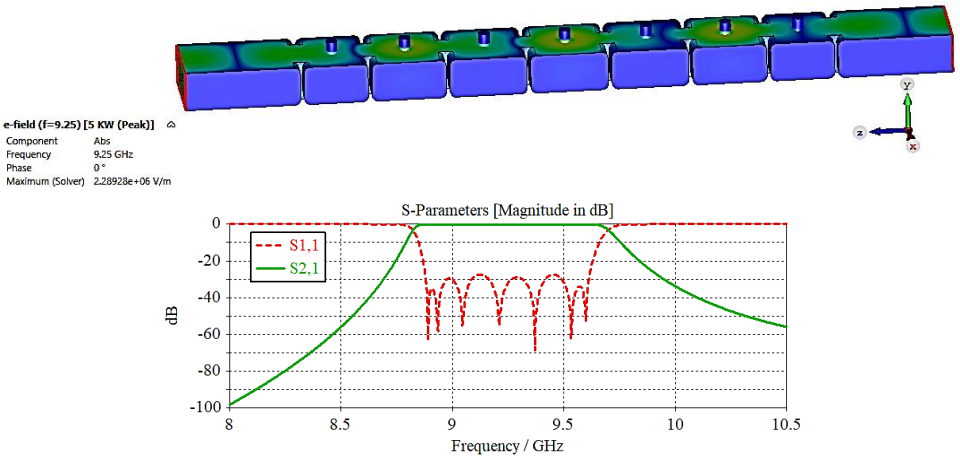
TT	Tham số	Giá trị	TT	Tham số	Giá trị	TT	Tham số	Giá trị
1	g_0	1	10	$S_{21_{01}}(dB)$	-1.393	18	$w_{01}(mm)$	14.28
2	g_1	1.804	11	$S_{21_{12}}(dB)$	-6.956	19	$w_{12}(mm)$	10.28
3	g_2	1.3968	12	$S_{21_{23}}(dB)$	-10.10	20	$w_{23}(mm)$	8.99
4	g_3	1.7579	13	$S_{21_{34}}(dB)$	-10.75	21	$w_{34}(mm)$	8.76
5	g_4	1.6344	14	$S_{21_{45}}(dB)$	-10.75	22	$w_{45}(mm)$	8.76
6	g_5	1.7579	15	$S_{21_{56}}(dB)$	-10.10	23	$w_{56}(mm)$	8.99
7	g_6	1.3968	16	$S_{21_{67}}(dB)$	-6.956	24	$w_{67}(mm)$	10.28
8	g_7	0.804	17	$S_{21_{78}}(dB)$	-1.393	25	$w_{78}(mm)$	14.28
9	g_8	1				26	$t(mm)$	1.00

Dựa vào bảng tham số chiều rộng các cửa sổ ghép đã được tính toán trong bảng 2, tiến hành mô phỏng và tính toán chiều dài 7 hốc cộng hưởng theo công thức (9). Các kết quả tính toán được đưa vào phần mềm CST [8] để mô phỏng đặc tuyến của bộ lọc. Trong quá trình mô phỏng đã điều chỉnh tối ưu các tham số để đạt được kết quả tối ưu. Bảng 3 đưa ra các tham số cơ khí của bộ lọc sau khi mô phỏng tối ưu. Mô hình 3D và kết quả mô phỏng sau khi tối ưu thể hiện như hình 8.

Bảng 3. *Giá trị các tham số sau mô phỏng tối ưu của bộ lọc thông dải ống dẫn sóng.*

TT	Tham số	Giá trị	TT	Tham số	Giá trị	TT	Tham số	Giá trị
1	$w_{01}(mm)$	14.2	6	$w_{56}(mm)$	9.14	11	$l_3(mm)$	20.05
2	$w_{12}(mm)$	10.32	7	$w_{67}(mm)$	10.32	12	$l_4(mm)$	20.17
3	$w_{23}(mm)$	9.14	8	$w_{78}(mm)$	14.2	13	$l_5(mm)$	20.05
4	$w_{34}(mm)$	8.84	9	$l_1(mm)$	16.68	14	$l_6(mm)$	19.36
5	$w_{45}(mm)$	8.84	10	$l_2(mm)$	19.36	15	$l_7(mm)$	16.68
						16	$t(mm)$	1.00

Trong đó, t là độ dày cửa sổ ghép, w_{ij} là chiều rộng cửa sổ ghép giữa hốc cộng hưởng i và j, l_i là chiều dài hốc cộng hưởng thứ i.

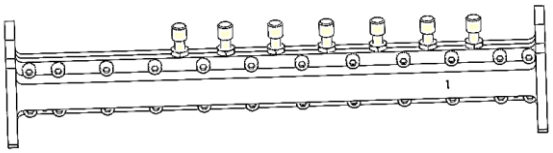


Hình 8. *Mô hình 3D và kết quả mô phỏng.*

Từ kết quả mô phỏng, ta thấy tất cả các tham số tổn hao trong dải, độ chắn ngoài dải và tổn hao phản hồi của bộ lọc thông dải ống dẫn sóng đều đạt chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu của bộ lọc. Kết quả mô phỏng điện từ trường ta thấy rằng, với công suất đầu vào 5 KW ở tần số 9.25 GHz thì cường độ điện trường cực đại là 2.289 MV/m, giá trị này nhỏ hơn giới hạn cường độ trường của không khí (E_d = 3 MV/m). Như vậy, bộ lọc có khả năng chịu công suất lớn hơn 5 KW.

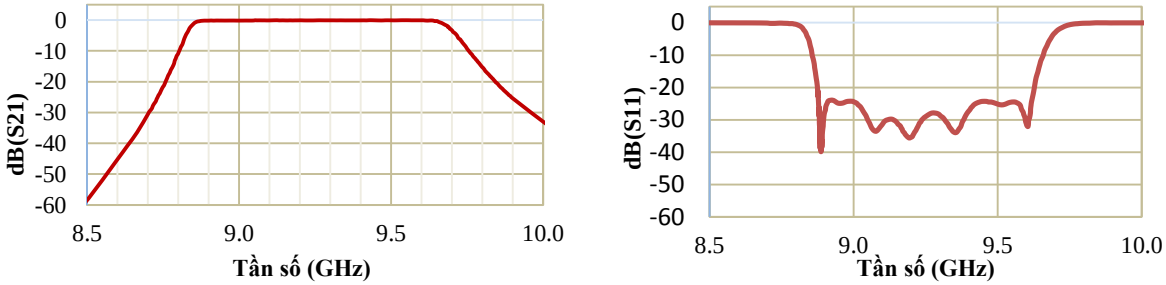
3.3. Kết quả chế tạo, đo đạc

Sau khi các tham số mô phỏng trên phần mềm CST được đánh giá đảm bảo yêu cầu, nhóm tác giả đã sử dụng công nghệ gia công CNC để chế tạo bộ lọc trên vật liệu nhôm và mạ bạc, dung sai gia công chế tạo ±0.01 mm như hình 9, kích thước tổng thể của bộ lọc (dài x rộng x cao) là: 223.04 x 41.4 x 4.4 mm.

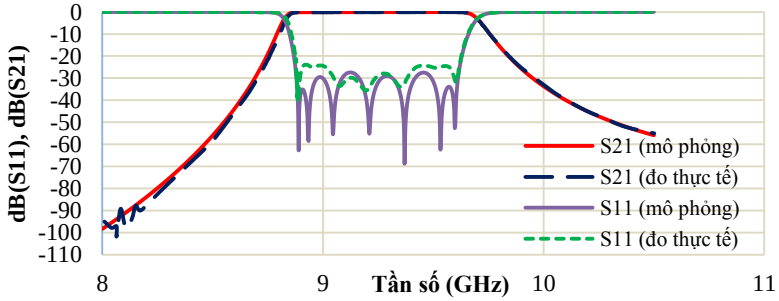


***Hình 9**. Hình ảnh bộ lọc chế tạo thực tế.*

Các kết quả đo thực tế đặc tuyến của bộ lọc thông dải ống dẫn sóng băng tần X được thể hiện trên hình 10. So sánh kết quả mô phỏng và kết quả đo thực tế đặc tuyến bộ lọc được thể hiện trên hình 11. Bảng 4 là bảng so sánh kết quả mô phỏng và kết quả đo thực tế bộ lọc ống dẫn sóng.



***Hình 10.** (a) Kết quả đo suy hao trong dải và độ chắn ngoài dải, (b) Kết quả đo tổn hao phản hồi.*



***Hình 11.** Kết quả mô phỏng và kết quả đo thực tế đặc tuyến bộ lọc.*

***Bảng 4.** Bảng so sánh các tham số kỹ thuật kết quả mô phỏng và kết quả đo thực tế.*

TT	Tham số kỹ thuật	Đơn vị đo	Yêu cầu	Kết quả mô phỏng	Kết quả đo thực tế
1	Dải tần làm việc	GHz	8.9 ÷ 9.6	8.88 ÷ 9.62	8.88 ÷ 9.62
2	Suy hao trong dải, $\|S_{21}\|$	dB	≤ 0.3	≤ 0.15	≤ 0.226
3	Tổn hao phản hồi, $\|S_{11}\|$	dB	≥ 21	≥ 26	≥ 23
4	Độ chắn ngoài dải (ở tần số 8.7 GHz)	dB	≥ 25	≥ 28.5	≥ 30

Từ kết quả đo đạc tham số bộ lọc sau chế tạo cho thấy rằng các tham số đo được đáp ứng yêu cầu đặt ra khi thiết kế. Kết quả mô phỏng và kết quả đo thực tế tương đối tương đồng với nhau.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày các bước tính toán thiết kế bộ lọc thông dải ống dẫn sóng trên cơ sở lý thuyết tính toán các tham số bộ lọc kết hợp với phần mềm mô phỏng khảo sát sự phụ thuộc của tham số cửa sổ ghép với các tham số điện. Bộ lọc thông dải ống dẫn sóng băng tần X đã được thiết kế chế tạo và đưa vào sử dụng trong thực tế. Bộ lọc đã đạt được các yêu cầu cao về tổn hao trong dải và tổn hao phản hồi. Các tham số đo kiểm của bộ lọc đáp ứng yêu cầu của bộ lọc thông dải băng tần X trong hệ thống cao tần đầu cuối của ra đa băng X. Bộ lọc thông dải ống dẫn sóng đã được ứng dụng trong đài ra đa băng tần X. Kết quả nghiên cứu và thực nghiệm này là cơ sở để mở rộng nghiên cứu thiết kế chế tạo các bộ lọc trên ống dẫn sóng yêu cầu độ dốc dải chắn cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Pozar, D.M. *"Microwave Engineering";* Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2012.
[2]. Robert E. Collin, *"Foundations for Microwave Engineering"* 2nd Edition, 2001.
[3]. George L. Matthael, *"Microwave Filters, Impedance Matching network and Coupling Structure",* Artech House ,1985.
[4]. Jia S. Hong, *"Microstrip filter for RF/Microwave Application, 2nd Edition",* 2011.
[5]. Jijesh J.J, *"Design and Development of Band Pass Filter for X-Band Radar Receiver System"* 2017.
[6]. R. Levy, *"A generalized design technique for practical distributed reciprocal ladder networks,"* IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-21, pp. 519–526, Aug. 1973.
[7]. http://www.ainfoinc.com.cn/en/p_wr_fil_BPF.asp.
[8]. https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite/.

ABSTRACT

DESIGN OF WAVEGUIDE BANDPASS FILTER FOR X-BAND RADAR TRANSCEIVER

In this paper, a design method of rectangular waveguide bandpass filter for the X-band radar transceiver is presented. Waveguide bandpass filters use rectangular waveguide resonators with half wavelengths that are directly coupled together. So, the power-handling capability, insertion loss, and ripple of the filter become improved. Based on the theory of Radiofrequency and microwave, using simulation software, we designed and implemented a rectangular waveguide bandpass filter that meets all the requested specifications of the bandpass filter for the X-band radar transceiver.

Keywords: Waveguide bandpass filter; Bandpass filter; X-band radar.

Nhận bài ngày 30 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 30 tháng 7 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 02 tháng 8 năm 2021

Địa chỉ: Viện Ra đa/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: xuantho6482@gmail.com.