

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

I.1. Khái niệm

Anten là thiết bị quan trọng không thể thiếu trong mọi hệ thống truyền thông không dây. Nó là thiết bị chuyển đổi sóng điện từ ràng buộc trong các hệ định hướng thành sóng điện từ lan truyền trong không gian tự do và ngược lại. Anten và đường dây dẫn (feeder) đóng vai trò là thiết bị ghép giữa các mạch điện tử và không gian tự do, feeder là bộ phận giao tiếp giữa anten và mạch điện tử. Ngõ vaf của feeder phải phối hợp trở kháng với máy phát, còn anten phát nhận năng lượng từ máy phát qua feeder và bức xạ ra không gian.

Tùy vào mục đích sử dụng của các hệ thống truyền thông vô tuyến người ta sử dụng rất nhiều loại anten khác nhau, như anten parabol với độ lợi và tính định hướng cao thường sử dụng trong truyền hình, thông tin viba, thông tin vệ tinh,... còn ở đầu cuối sử dụng các loại anten nhỏ như anten yagi, anten dây,.. và đặc biệt cùng với sự phát triển mạnh mẽ về công nghệ của các đầu cuối di động thì anten vi dải ngày càng được sử dụng rộng rãi và không ngừng được cải tiến để đáp ứng nhu cầu của người dùng.

Anten vi dải có kích thước rất nhỏ có cấu tạo gồm một lớp kim loại là mặt bức xạ, một lớp kim loại khác gọi là mặt đất, một lớp điện môi nằm giữa 2 lớp kim loại trên và bộ phận tiếp điện. Anten vi dải có nhiều hình dạng như hình tròn, hình tam giác, hình vuông, hình chữ nhật, ... trong đó loại phổ biến nhất có kết cấu hình chữ nhật vì có hướng tính, độ lợi cao đồng thời dễ kết hợp các mạch điện tử trên cùng một mạch in.

I.2. Các thông số cơ bản của anten

- **Tần số cộng tác của anten** là tần số cộng hưởng của anten. Anten luôn làm việc ở chế độ cộng hưởng vì khi đó công suất bức xạ của anten là lớn nhất;
- **Hệ số định hướng** của anten theo hướng cực đại được định nghĩa bằng tỉ số cường độ trường bức xạ tại một vị trí trên hướng đó và cường độ trường bức xạ của một anten chuẩn cũng ở vị trí tương ứng (D). Hệ số tăng ích (độ lợi) của anten ($G=e.D$), trong đó elaf hiệu suất bức xạ của anten;
- **Trở kháng vào** của anten : $Z_A = R_A + jX_A$

Khi kết nối anten với feeder cần chú ý tới điều kiện phối hợp trở kháng, thông thường trở kháng đặc tính của feeder là R_0 , để phối hợp trở kháng thì $Z_A = R_0$;

- **Hệ số tổn hao RL(dB)**, đánh giá mức độ phản xạ của sóng tại điểm kết nối với feeder;
- **Hệ số sóng đứng SWR**, đánh giá mức độ không phối hợp trở kháng giữa anten và feeder.

II. TÍNH TOÁN, MÔ PHỎNG ANTEN VI DẢI SỬ DỤNG PHẦN MỀM HFSS

II.1. Tính toán kích thước của anten vi dải làm việc ở tần số $f_0 = 2100 \text{ Mhz}$

Anten vi dải hình chữ nhật có cấu tạo gồm mặt bức xạ, mặt đất và lớp điện môi ở giữa hai mặt kim loại trên. Kích thước của mặt bức xạ, chiều cao và hệ số điện môi là những thông số quyết định tần số cộng hưởng của anten. Chọn vật liệu chế tạo anten là tấm mạch in hai mặt có hệ số điện môi và độ dày là $\epsilon_r = 4.5; h = 1.66 \text{ mm}$.

- Chiều rộng của mặt bức xạ được tính theo công thức:

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2100 \sqrt{\frac{4.5 + 1}{2}}} = 0.04307(m)$$

Trong đó: c là vận tốc ánh sáng

f_0 là tần số cộng hưởng của anten

ϵ_r là hệ số điện môi của lớp điện môi

Hệ số điện môi hiệu dụng ϵ_{eff} phụ thuộc cả vào các kích thước (w, h) và nó được xác định theo công thức:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2} = \frac{4.5 + 1}{2} + \frac{4.5 - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{1.66 \cdot 10^{-3}}{0.04307} \right]^{-1/2} = 4.1966$$

Độ dài hiệu dụng của anten được xác định theo công thức:

$$L_{eff} \approx \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \approx \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2100 \cdot 10^{-3} \sqrt{4.1966}} \approx 0.03486m$$

Độ tăng độ dài được tính theo công thức:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} = 0.412 * 1.66 * 10^{-3} \frac{(4.1966 + 0.3) \left(\frac{0.04307}{1.66 * 10^{-3}} + 0.264 \right)}{(4.1966 - 0.258) \left(\frac{0.04307}{1.66 * 10^{-3}} + 0.8 \right)} = 7.64 * 10^{-4} m$$

Độ dài thực của mặt bức xạ được tính bởi công thức:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = 0.03486 - 2 * 7.64 * 10^{-4} = 0.03333m$$

Kích thước của mặt đất (W_g và L_g) được xác định theo công thức :

$$W_g \approx 6h + W \approx 6 * 1.66 * 10^{-3} + 0.04307 \approx 0.05303m$$

$$L_g \approx 6h + L \approx 6 * 1.66 * 10^{-3} + 0.03333 \approx 0.04328m$$

II.2. Tiếp điện cho anten

II.2.1. Tiếp điện bằng cáp đồng trục

Trong phương pháp tiếp điện cho anten vi dải bằng cáp đồng trục thì lõi cáp được hàn tiếp xúc với mặt bức xạ, vỏ cáp tiếp xúc với mặt phẳng đất. Vị trí tiếp điện tốt nhất được tính toán và xác định có tọa độ ($L/4$, $W/5$). Phương pháp tiếp điện này có các ưu điểm là dễ thực hiện và không có bức xạ phụ.

2.2.2. Tiếp điện bằng đường truyền vi dải

Trong kỹ thuật tiếp điện này, một dải dẫn được kết nối trực tiếp đến cạnh của mặt bức xạ. Chiều rộng của dải dẫn nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước của mặt bức xạ. Vị trí tiếp điện có tọa độ: ($L/2$, 0).

Kích thước của dải dẫn được xác định như sau:

Trở kháng đặc tính của đường truyền là: $Z_0 = 50 \text{ ohm}$

Chiều rộng của dải dẫn được tính theo công thức:

$$W_F = h * \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$= 1.66 * 10^{-3} * \frac{2}{\pi} \left\{ 5.58 - 1 - \ln(2 * 5.58 - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(5.58 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} = 3.119mm$$

Trong đó: $B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = 5.58$

Mối qua hệ giữa chiều dài và chiều rộng:

$$\frac{L_f}{W_f} = 3.96$$

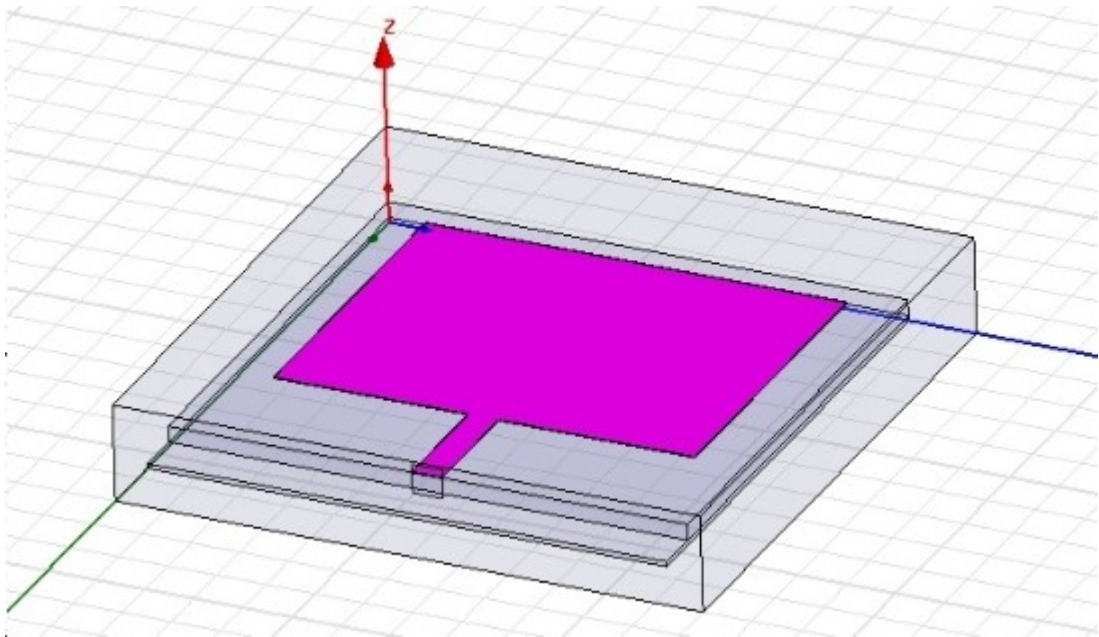
II.3. Mô phỏng anten vi dải hoạt động ở tần số 2100 Mhz bawbgf phần mềm HFSS 11.0

II.3.1. Tiếp điện bằng đường truyền vi dải

a. Tóm tắt các bước thực hiện thiết kế trên phần mềm HFSS 11.0

- Khởi động phần mềm HFSS 11.0
- Vẽ mặt đất và thiết lập thông số: Tọa độ: 0, 0, 0. Xsize: 43.3 mm, Ysize: 53.03 mm, Zsize: 0.5 mm; loại chất liệu là: copper
- Vẽ mặt điện môi và thiết lập thông số : Tọa độ: 0, 0, 0. Xsize 43.3 mm, Ysize 53.03 mm, Zsize: 1.66 mm, loại chất liệu là: FR4_epoxy.-
- Vẽ mặt bức xạ và thiết lập các thông số: Tọa độ: 7.35, 0.1, 2.16. Xsize: 43.1 mm, Ysize: 33.33 mm, Zsize: 0.1 mm, loại chất liệu là: copper và chọn mặt bức xạ cho mặt patch
- Vẽ đường feed line và thiết lập các thông số: Tọa độ: 20.14, 41.03, 2.16; Xsize: 3.12, Ysize: 12.35, Zsize: 0.1; loại chất liệu là: copper
- Thiết lập cấp nguồn cho đường truyền vi dải theo các thông số: Tọa độ: 20.0, 53.03, 0; Axis: Y, Xsize: 3.12 mm, Zsize: 3 mm.
- Vẽ hộp tạo không gian có kích thước: Tọa độ: 0, 0, 0. size: 50 mm, Ysize: 60 mm, Zsize: 10 mm, loại chất liệu là: air.
- Tạo mặt bức xạ cho mặt trên và bốn mặt xung quanh.
- Thiết lập thông số bức xạ, chọn tần số làm việc là 2100 Mhz và giới hạn tần số quét: từ 1500 Mhz → 2500 Mhz, kích thước bước nhảy là 10 Mhz.
- Kiểm tra lỗi: Không có lỗi xảy ra.
- Phân tích thiết kế.

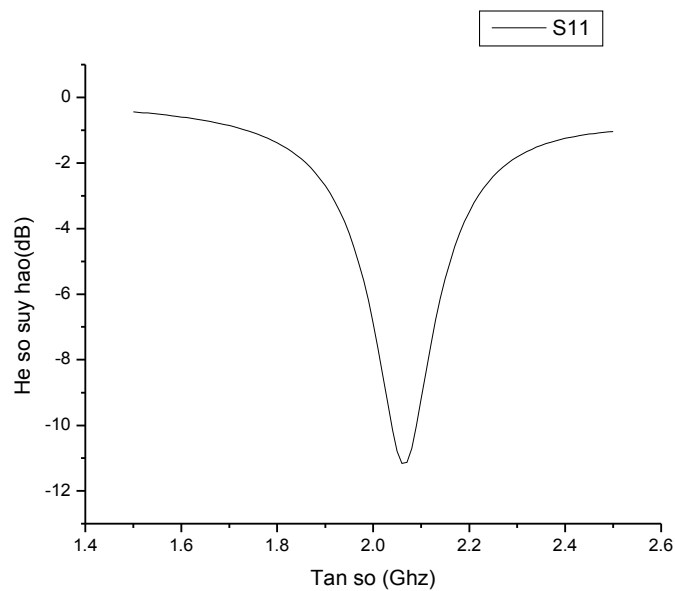
Hình dạng mô phỏng anten vi dải thiết kế trên phần mềm HFSS 11.0:



Hình 2.1. hình dạng anten mô phỏng trên phần mềm HFSS 11.0

b. Kết quả mô phỏng

- Tần số cộng hưởng:

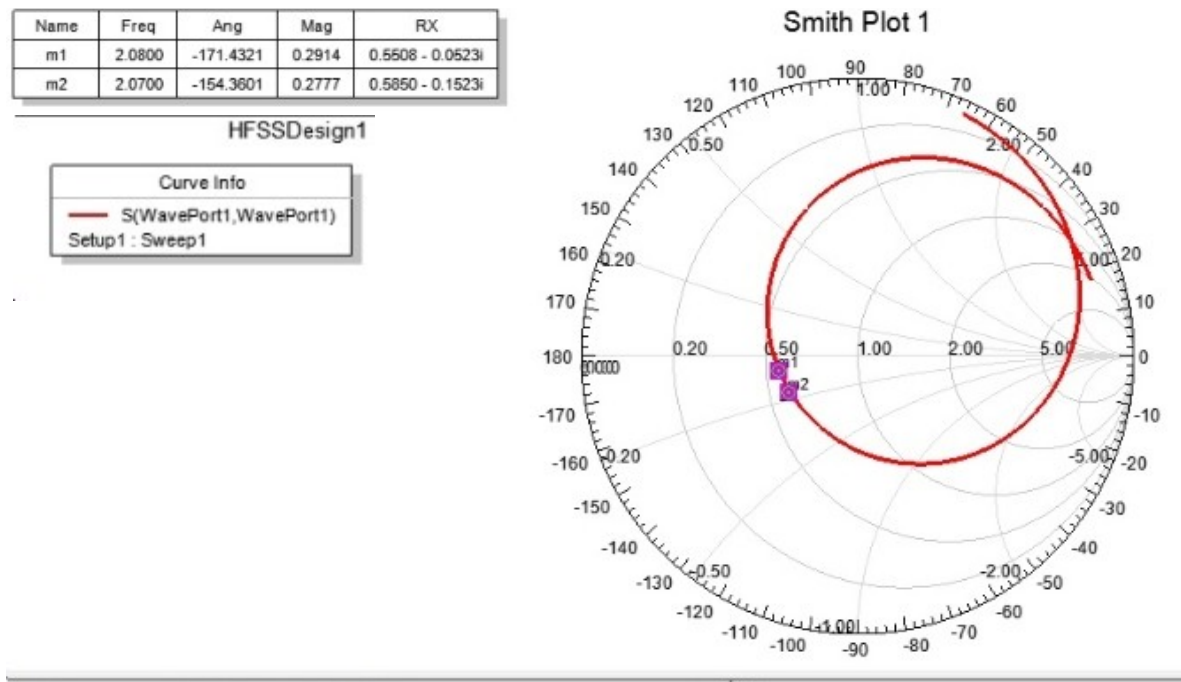


Hình 2.2. Tần số cộng hưởng của anten qua mô phỏng.

Nhận xét: - Dựa vào đồ thị thấy độ suy hao của anten còn lớn Anten thiết kết hoạt động chưa chính xác tần số đã lựa chọn sai số giữa mô phỏng và lý thuyết là 1.4%.

- Bảng thông hoạt động xét tại điểm có độ suy giảm -9.5 db là:
2030 Mhz \rightarrow 2115 Mhz; cho biết trong khoảng tần số này thì anten bức xạ với công suất lớn nhất.

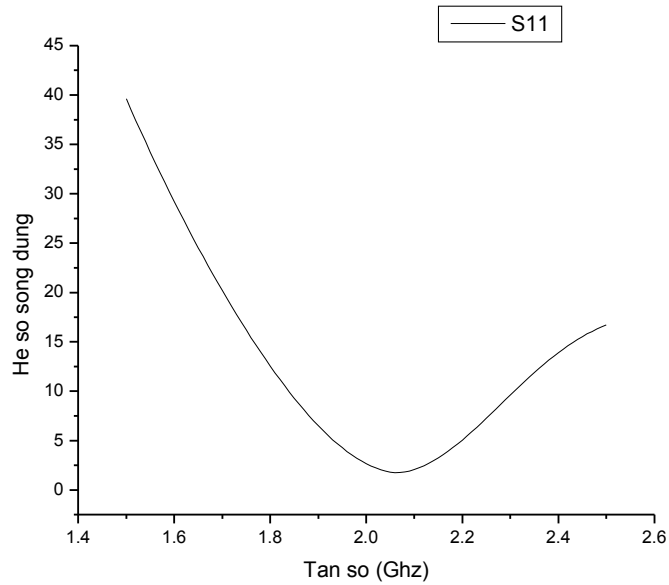
- Đồ thị Smith:



Hình 2.3. Đồ thị smith qua mô phỏng.

Nhận xét: Dựa vào đồ thị cho thấy gần tần số cộng hưởng thì trở kháng phối hợp có giá trị chưa lý tưởng, nghĩa là phối hợp trở kháng không tốt.

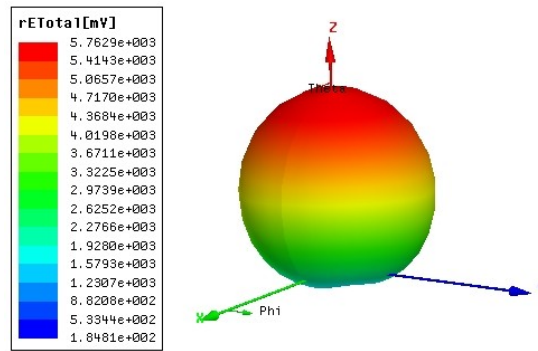
- Hệ số sóng đứng:



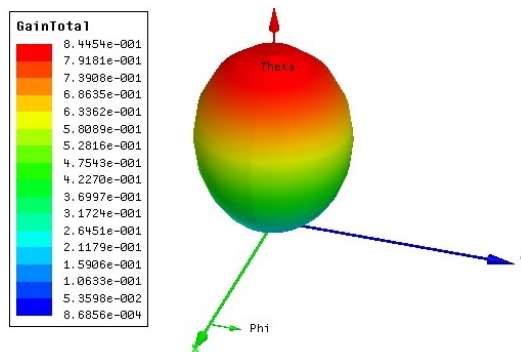
Hình 2.4. Mối quan hệ giữa hệ số sóng đứng và tần số.

Nhận xét: Hệ số sóng đứng khi bắt đầu tại tần số cộng hưởng 0.8 GHz là 1.9225. Điều này cho thấy phối hợp trở kháng của đường feed line và mặt bức xạ chưa được tốt. Vì hệ số sóng đứng là tỉ lệ của V_{\max}/V_{\min} , nên hệ số này càng gần giá trị 1 có nghĩa là phối hợp trở kháng tốt.

- Xem búp sóng bức xạ và độ lợi:



a.

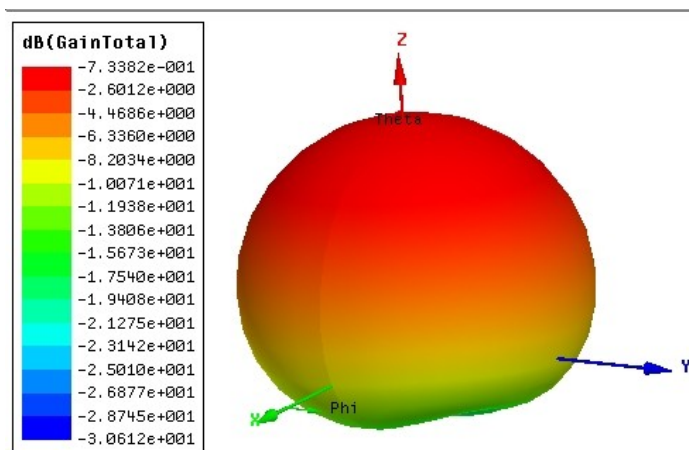


b.

Hình 2.5. Búp sóng bức xạ (a) và độ lợi (b) của anten mô phỏng.

Nhận xét: Dựa vào hình nhận thấy độ lợi đạt từ 3 đến 8 lần là đạt tiêu chuẩn, so với anten thì cũng đạt được giá trị thuộc khoảng. Màu đỏ nghĩa là phần năng lượng được bức xạ về hướng đó là cực đại và có giá trị độ lợi đạt số lần lớn nhất mà anten đó bức xạ.

- Độ lợi tính theo đơn vị dB:



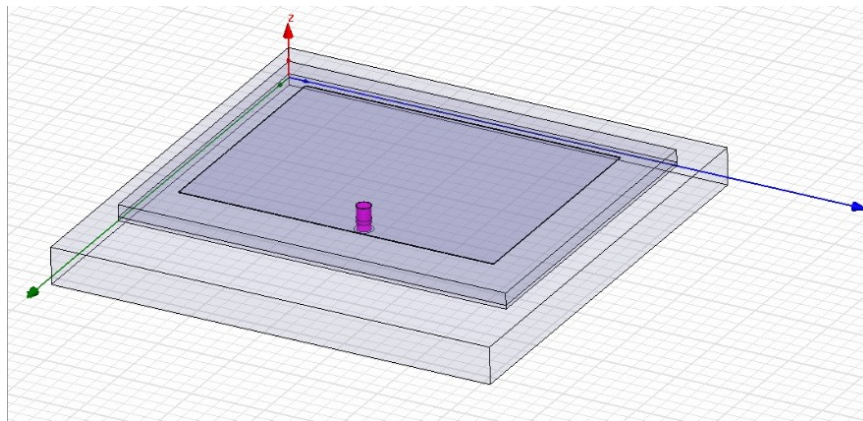
Hình 2.6. Độ lợi tính theo đơn vị dB.

Nhận Xét: Dựa vào hình thấy độ lợi tính theo dB có hướng cực đại bức xạ đạt: $-7.3382 \cdot 10^{-1}$ dB. Hướng bức xạ hướng thẳng đứng đúng theo yêu cầu.

II.3.2. Tiếp điện bằng cáp đồng trục

a. Tóm tắt các bước thiết kế:

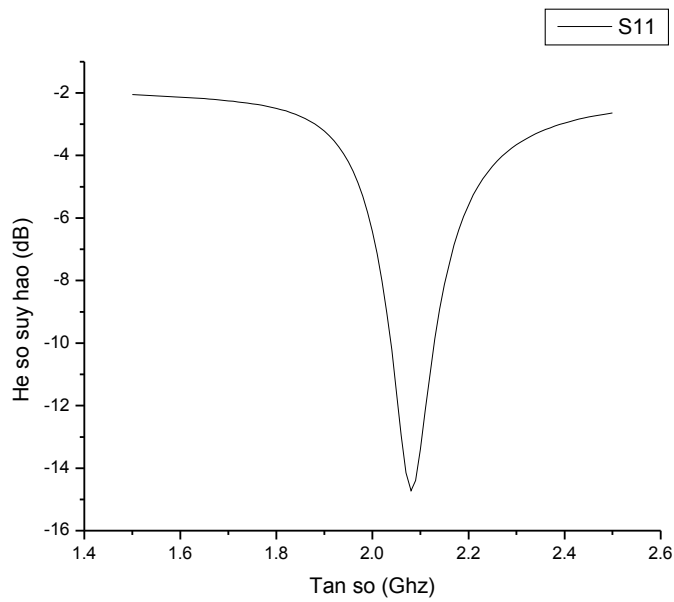
- Các bước vẽ anten tương tự anten cấp nguồn bằng đường truyền vi dải
- Thiết kế đường tiếp điện đặt tại vị trí có tọa độ: 21.6, 26.51. 0 với bán kính: 1mm, cao 2.16 mm.
- Cắt lớp đất và điện môi tạo lỗ để đưa cáp vào
- Vẽ lõi tiếp điện có tọa độ: 2.16, 26.51, -1 với bán kính: 0.8 mm, chiều cao là 3.16 mm.
- Vẽ hình tròn tiếp xúc dưới lõi, sau đó tiếp điện như tiếp điện bằng đường truyền vi dải.
- Thiết lập không gian bức xạ và thông số tần số như ở phần tiếp điện bằng vi dải.
- Kiểm tra lỗi: Không có lỗi.
- Hình ảnh anten thiết kế bằng phần mềm HFSS 11.0



Hình 2.7. Hình ảnh anten tiếp điện bằng cáp đồng trục.

b. Kết quả mô phỏng

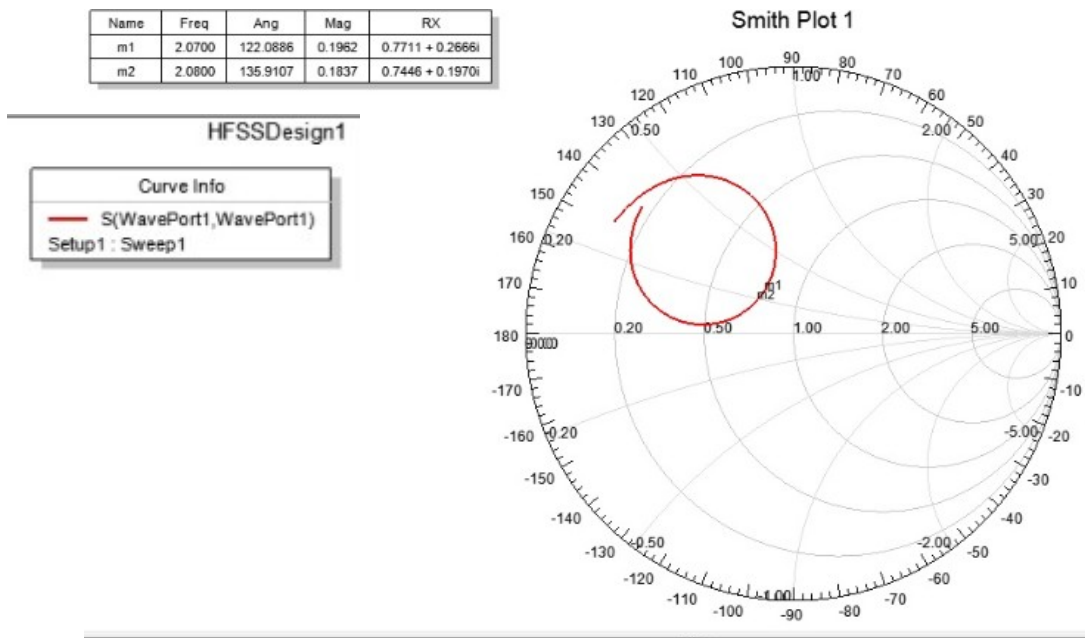
- Tần số cộng hưởng:



Hình 2.8. Tần số cộng hưởng của anten mô phỏng ở 2.1 Ghz

Nhận xét: Tần số cộng hưởng có sai số nhỏ hơn tần số cộng hưởng khi cấp nguồn bằng feed line. Ở trường hợp này sai số là: 0.95%, độ chính xác cao hơn.

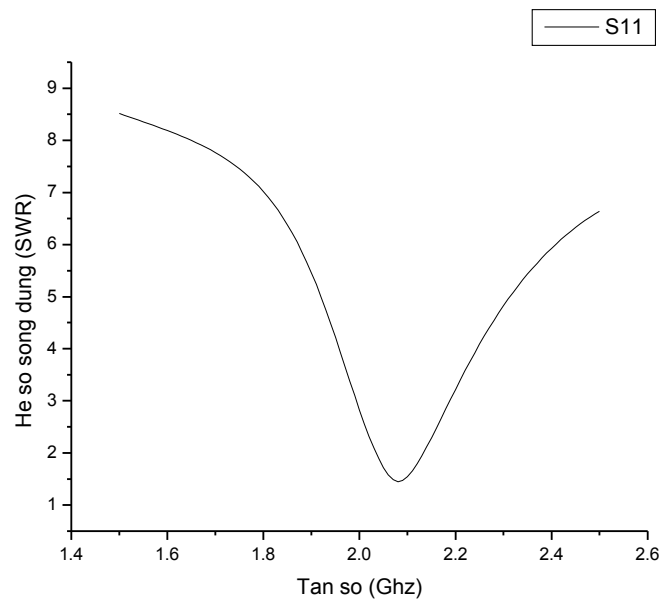
- Đồ thị Smith:



Hình 2.9. Đồ thị smith của anten mô phỏng

Nhận xét: Bắt điểm tại tần số cộng hưởng thì kết quả đạt được như trên hình, trở kháng phối hợp tốt hơn khi tiếp điện bằng feed line.

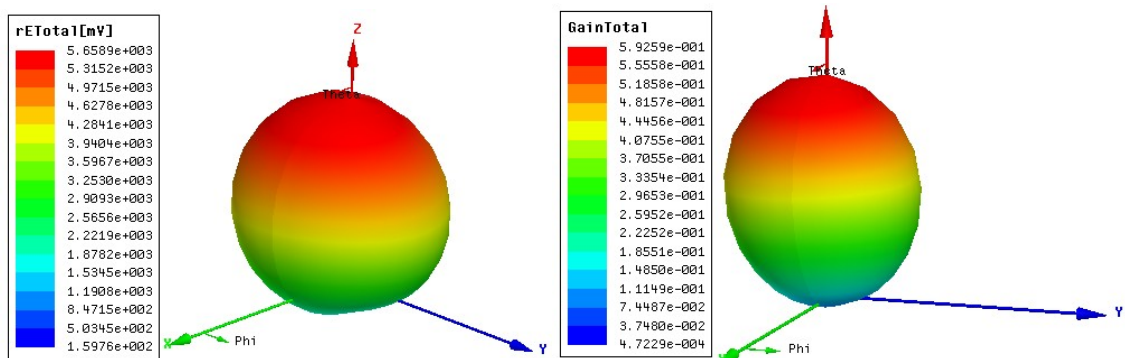
- Hệ số sóng đứng (SWR):



Hình 2.10. Hệ số sóng đứng của anten mô phỏng.

Nhận xét: Hệ số sóng đứng tại tần số xét bắt đầu thu được giá trị 1.4601. Như vậy vẫn có sóng phản xạ trở lại, Nêm tại vị trí đã chọn để tiếp điện vẫn chưa phải là vị trí phối hợp trở kháng hoàn toàn.

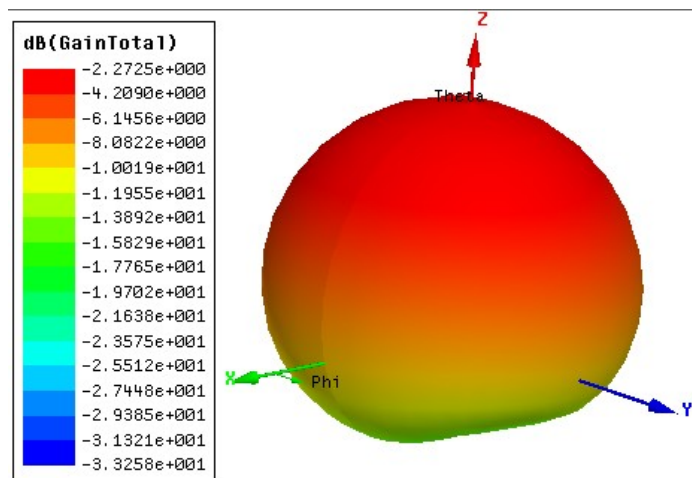
- Xem búp sóng bức xạ và độ lợi:



Hình 2.11. Búp sóng bức xạ và độ lợi của anten thiết kế.

Nhận xét: Dựa vào kết quả thu được nhận thấy anten đạt mức bức xạ cực đại là $5.665 \cdot 10^3$, thấp hơn so với tiếp điện bằng vi dải.

- Độ lợi theo đơn vị dB



Hình 2.12. Độ lợi tính theo dB

Nhận xét: Độ lợi tính theo đơn vị dB cho thấy mức độ bức xạ của anten thiết kế đúng hướng nhưng về công suất vẫn chưa tốt lắm.

III. KẾT LUẬN

Thông qua hai phương pháp tiếp điện trên nhận thấy phương pháp tiếp điện bằng cáp đồng trục có sai số về các kết quả nhỏ hơn so với phương pháp tiếp điện bằng đường truyền vi dải.

Đồng thời qua bài thực hành cho em hiểu rõ hơn về mối quan hệ giữa các thông số như tần số cộng hưởng liên quan đến kích thước mặt bức xạ và vị trí ta tiếp điện; còn hệ số suy hao cũng liên quan đến kích thước của đường tiếp điện.

Hiểu rõ các bước chế tạo một anten thật và khi cần chế tạo một anten thì phải thực hiện mô phỏng trước để có thể linh hoạt khảo sát và điều chỉnh để đạt được thông số mong muốn, giảm thiểu rủi ro và tiết kiệm chi phí cho việc chế tạo.