

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN TỬ – VIỄN THÔNG



BÀI TẬP LỚN MÔN: *ANTEN VÀ TRUYỀN SÓNG*

Đề tài:

“THIẾT KẾ ANTEN YAGI THU KÊNH VTV3 CỦA ĐÀI TRUYỀN HÌNH VIỆT NAM”

Giáo viên hướng dẫn: TS Lâm Hồng Thạch

Nhóm sinh viên thực hiện:

Chu Minh Họa – Điện Tử 7 – K54 – SHSV: 20091185

Đào Minh Đức – Điện Tử 2 – K54 – SHSV: 20090777

Đinh Duy Khánh – Điện Tử 12 – K54 – SHSV: 20091433

Hà Nội, tháng 11 năm 2011

MỤC LỤC

Mở đầu	1
Nội dung.....	2
Phần 1: Cơ sở lý thuyết Anten Yagi	2
I. Cấu trúc Anten Yagi	2
II. Vấn đề tiếp điện và phối hợp trở kháng.....	5
Phần 2: Thiết kế Anten.....	11
A. Thiết kế đường truyền	11
1. Thiết kế chiều cao Anten thu	11
2. Xác định trường tại điểm thu	13
3. Tính toán về năng lượng.....	14
4. Lựa chọn phương pháp truyền sóng.....	17
B. Thiết kế Anten	18
Phần 3. Mô phỏng.....	21
1. Chương trình mô phỏng.....	21
2. Đồ thị bức xạ	22
Hướng phát triển	23
Kết luận.....	24
Tài liệu tham khảo	25

MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển của xã hội, nhu cầu trao đổi thông tin, giải trí của con người ngày càng cao và thật sự cần thiết. Việc sử dụng các hệ thống phát, thu vô tuyến đã phần nào đáp ứng được nhu cầu cập nhật thông tin của con người ở các khoảng cách xa một cách nhanh chóng và chính xác.

Bất cứ một hệ thống vô tuyến nào cũng phải sử dụng Anten để phát hoặc thu tín hiệu. Trong cuộc sống hằng ngày chúng ta dễ dàng bắt gặp nhiều hệ thống Anten như: hệ thống Anten dùng cho truyền hình mặt đất, vệ tinh, các BTS dùng cho các mạng điện thoại di động. Hay những vật dụng cầm tay như bộ đàm, điện thoại di động, radio ... cũng đều sử dụng Anten.

Qua việc nghiên cứu về lý thuyết và kỹ thuật Anten sẽ giúp ta nắm được các cơ sở lý thuyết Anten, nguyên lý làm việc và cơ sở tính toán, phương pháp đo các tham số cơ bản của các loại Anten thường dùng. Đó là lý do nhóm chúng em chọn đề tài “Thiết kế Anten Yagi”.

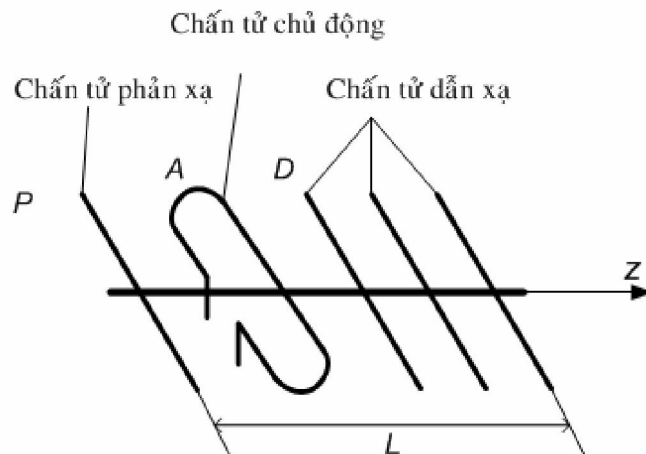
Mục đích của đề tài là tìm hiểu về lý thuyết Anten, phương pháp tính và thiết kế Anten Yagi thu được kênh VTV3 của đài truyền hình Việt Nam. Như thế, giới hạn của đề tài chỉ trong phạm vi hẹp là nghiên cứu Anten Yagi và các phân lý thuyết có liên quan. Tuy nhiên đây là cơ sở rất quan trọng để có thể tiếp tục nghiên cứu và phát triển kỹ thuật Anten.

NỘI DUNG

Phần 1: Cơ sở lý thuyết Anten Yagi

I. Cấu trúc của Anten Yagi

Sơ đồ của Anten được vẽ ở hình 1.1. Nó gồm một chấn tử chủ động thường là chấn tử nửa sóng, một chấn tử phản xạ thụ động, và một số chấn tử dẫn xạ thụ động. Thường thì các chấn tử phản xạ và dẫn xạ thụ động được gắn trực tiếp với thanh đỡ kim loại. Nếu chấn tử chủ động là chấn tử vòng dẹt thì nó cũng có thể gắn trực tiếp với thanh đỡ và kết cấu Anten sẽ trở nên đơn giản. Việc gắn trực tiếp các chấn tử lên thanh kim loại thực tế sẽ không ảnh hưởng gì đến phân bố dòng điện trên Anten vì điểm giữa của các chấn tử cũng phù hợp với nút của điện áp. Việc sử dụng thanh đỡ bằng kim loại cũng không ảnh hưởng gì đến bức xạ của Anten vì nó được đặt vuông góc với các chấn tử.



Hình 1.1: Mô hình Anten Yagi

Để tìm hiểu nguyên lý làm việc của Anten ta hãy xét một Anten dẫn xạ gồm ba phần tử: Chấn tử chủ động A, chấn tử phản xạ P và chấn tử dẫn xạ D. Chấn tử chủ động được nối với máy phát cao tần. Dưới tác dụng của trường bức xạ tạo bởi A, trong P và D sẽ xuất hiện dòng cảm ứng và các chấn tử này sẽ bức xạ thứ cấp. Như đã biết, nếu chọn được chiều dài của P và khoảng cách từ A đến P một cách

thích hợp thì P sẽ trở thành chân tử phản xạ của A. Khi ấy, năng lượng bức xạ của cặp A–P sẽ giảm yếu về phía chân tử phản xạ và được tăng cường theo hướng ngược lại (hướng +z). Tương tự như vậy, nếu chọn được độ dài của D và khoảng cách từ D đến A một cách thích hợp thì D sẽ trở thành chân tử dẫn xạ của A. Khi ấy, năng lượng bức xạ của hệ A–D sẽ được tập trung về phía chân tử dẫn xạ và giảm yếu theo hướng ngược (hướng –z). Kết quả là năng lượng bức xạ của cả hệ sẽ được tập trung về một phía, hình thành một kênh dẫn sóng dọc theo trục của Anten, hướng từ chân tử phản xạ về phía chân tử dẫn xạ.

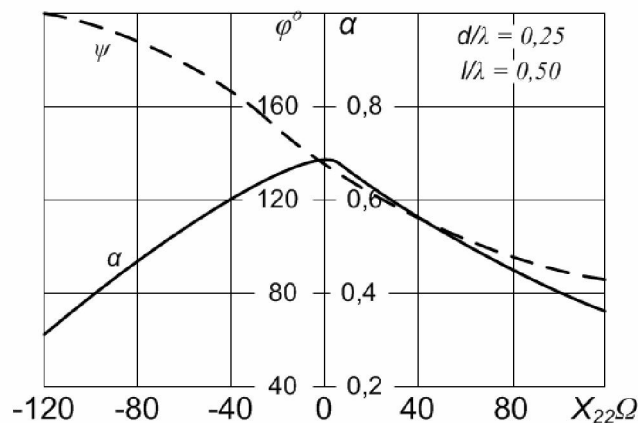
Theo lý thuyết chân tử ghép, dòng điện trong chân tử chủ động (I_1) và dòng điện trong chân tử thụ động (I_2) có quan hệ dòng với nhau bởi biểu thức:

$$I_1 / I_2 = a \times \exp(i\psi).$$

$$a = \sqrt{((R_{12})^2 + (X_{12})^2) + ((R_{22})^2 + (X_{22})^2)}$$

$$\psi = \pi + \arctg(X_{12}/R_{12}) - \arctg(X_{22}/R_{22}).$$

Bằng cách thay đổi độ dài của chân tử thụ động, có thể biến đổi độ lớn và dấu của điện kháng riêng X_{22} , do đó sẽ biến đổi được a và $i\psi$.



Hình 1.2: Sự phụ thuộc của a và ψ vào X_{22}

Hình 1.2 biểu thị quan hệ của a và ψ với X_{22} đối với trường hợp chân tử có độ dài xấp xỉ nửa bước sóng và ứng với khoảng cách $d = \lambda / 4$.

Càng tăng khoảng cách d thì biên độ dòng trong chân tử thụ động càng giảm. Tính toán cho thấy rằng, với $d \approx (0,15 \div 0,25) \lambda$ thì khi điện kháng của chân tử thụ động mang tính cảm kháng sẽ nhận được I_2 sớm pha so với I_1 . Trong trường hợp

này chân tử thụ động sẽ trở thành chân tử phản xạ. Ngược lại, khi điện kháng của chân tử thụ động mang tính dung kháng thì dòng I_2 sẽ chậm pha hơn so với I_1 và chân tử thụ động sẽ trở thành chân tử dẫn xạ.

Thông thường, ở mỗi Anten Yagi chỉ có một chân tử làm nhiệm vụ phản xạ. Đó là vì trường bức xạ về phía ngược đã bị chân tử này làm yếu đáng kể, nếu có thêm một chân tử nữa đặt tiếp sau nó thì chân tử phản xạ thứ hai sẽ được kích thích rất yếu và do đó cũng không phát huy được tác dụng. Để tăng cường hơn nữa hiệu quả phản xạ, trong một số trường hợp có thể sử dụng mặt phản xạ kim loại, lưới kim loại, hoặc một tập hợp vài chân tử đặt ở khoảng cách giống nhau so với chân tử chủ động, khoảng cách giữa chân tử chủ động và chân tử phản xạ thường được chọn trong giới hạn $(0,15 \div 0,25) \lambda$.

Trong khi đó, số lượng chân tử dẫn xạ lại có thể khá nhiều. Vì sự bức xạ của Anten được định hướng về phía các chân tử dẫn xạ nên các chân tử này được kích thích với cường độ khá mạnh và khi số chân tử dẫn xạ đủ lớn sẽ hình thành một kênh dẫn sóng. Sóng truyền lan trong hệ thống thuộc loại sóng chậm, nên về nguyên lý, Anten dẫn xạ có thể được xếp vào loại Anten sóng chậm. Số chân tử dẫn xạ có thể từ $2 \div 10$, đôi khi có thể lớn hơn (tới vài chục). Khoảng cách giữa chân tử chủ động và chân tử dẫn xạ đầu tiên, cũng như giữa các chân tử dẫn xạ được chọn trong khoảng $(0,1 \div 0,35) \lambda$.

Trong thực tế, thường dùng chân tử chủ động là chân tử vòng dẹt vì hai lý do chính sau đây:

- Có thể gắn trực tiếp chân tử lên thanh đỡ kim loại, không cần dùng phần tử cách điện;
- Chân tử vòng dẹt có trở kháng vào lớn, thuận tiện trong việc phối hợp trở kháng.

Để có được hệ số định hướng theo hướng bức xạ chính, kích thước của các chân tử dẫn xạ và khoảng cách giữa chúng cần được lựa chọn thích đáng, sao cho đạt được quan hệ xác định đối với dòng điện trong các chân tử. Quan hệ tốt nhất cần đạt được đối với các dòng điện này là tương đối đồng đều về biên độ, với giá trị gần bằng biên độ dòng của chân tử chủ động, và chậm dần về pha khi di chuyển dọc theo trục Anten, từ chân tử chủ động về phía các chân tử dẫn xạ. Khi đạt được quan hệ trên, trường bức xạ tổng của các chân tử sẽ được tăng cường theo một hướng (hướng của các chân tử dẫn xạ), và giảm nhỏ theo các hướng khác. Thường,

điều kiện để đạt được cực đại của hệ số định hướng về phía các chân tử dẫn xạ cũng phù hợp với điều kiện để đạt được bức xạ cực tiểu về phía các chân tử phản xạ. Do vậy, khi Anten dẫn xạ được điều chỉnh tốt thì bức xạ của nó sẽ trở thành đơn hướng. Vì đặc tính bức xạ của Anten có quan hệ mật thiết với các kích thước tương đối của Anten (kích thước so với bước sóng) nên Anten Yagi thuộc loại Anten dải hẹp. Dải tần số của Anten khi hệ số định hướng chính biến đổi dưới 3 dB đạt được khoảng vài phần trăm. Khi số lượng chân tử dẫn xạ khá lớn, việc điều chỉnh thực nghiệm đối với Anten sẽ rất phức tạp vì khi thay đổi độ dài hoặc vị trí của mỗi chân tử sẽ dẫn đến sự thay đổi biên độ và pha của dòng điện trong tất cả các chân tử.

II, Vấn đề tiếp điện và phối hợp trở kháng

Chân tử đơn giản được ứng dụng phổ biến nhất là chân tử nửa sóng ($2l=\lambda/2$). Để tiếp điện cho chân tử ở dải sóng cực ngắn có thể dùng đường dây song hành hoặc cáp đồng trục.

a. Tiếp điện cho chân tử bằng dây song hành

Biết trở kháng vào của chân tử nửa sóng khoảng 73Ω . Nếu chân tử được tiếp điện bằng đường dây song hành (trở kháng của dây song hành thông thường có giá trị khoảng 200Ω đến 600Ω) thì hệ số sóng chạy trong fide sẽ khá thấp. Để khắc phục nhược điểm này có thể chế tạo các đường dây song hành đặc biệt có trở kháng thấp.

Trở kháng sóng của dây song hành được xác định theo công thức:

$$R = \frac{276}{\sqrt{\epsilon'}} \times \log \frac{2D}{d}$$

Trong đó:

D – khoảng cách hai dây dẫn tính từ tâm;

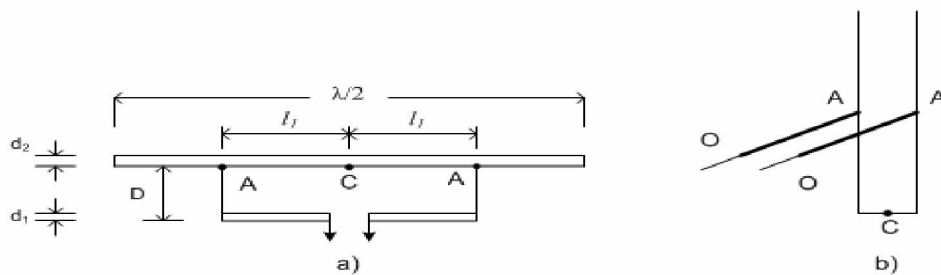
d – đường kính dây dẫn;

ϵ' – hằng số điện môi tương đối của môi trường bao quanh dây dẫn.

Để giảm nhỏ trở kháng sóng của dây song hành, có thể giảm tỷ số D/d (có nghĩa là tăng đường kính dây dẫn hoặc giảm khoảng cách giữa hai dây), hoặc bao bọc đường dây bởi điện môi có ϵ' lớn. Trong thực tế khoảng cách D không thể giảm nhỏ tùy ý vì nó có quan hệ với điện áp chịu đựng của đường dây. Người ta

chế tạo dây song hành có khoảng cách nhỏ, được bao bọc trong điện môi có ϵ' lớn và bên ngoài có vỏ kim loại. Loại dây song hành này có trở kháng sóng khoảng 75Ω , có thể sử dụng để tiếp điện cho chân tử ở dải sóng cực ngắn và sóng ngắn. Nhưng nhược điểm của nó là điện áp chịu đựng thấp. Điện áp cho phép cực đại thường không vượt quá 1kV. Vì vậy loại fide này chỉ được sử dụng cho thiết bị thu hoặc phát có công suất nhỏ.

– *Chân tử kiểu T*: Một dạng khác của sơ đồ tiếp điện song song là sơ đồ phối hợp kiểu T (hình 5.8a).



Hình 5.8: Sơ đồ tiếp điện kiểu T

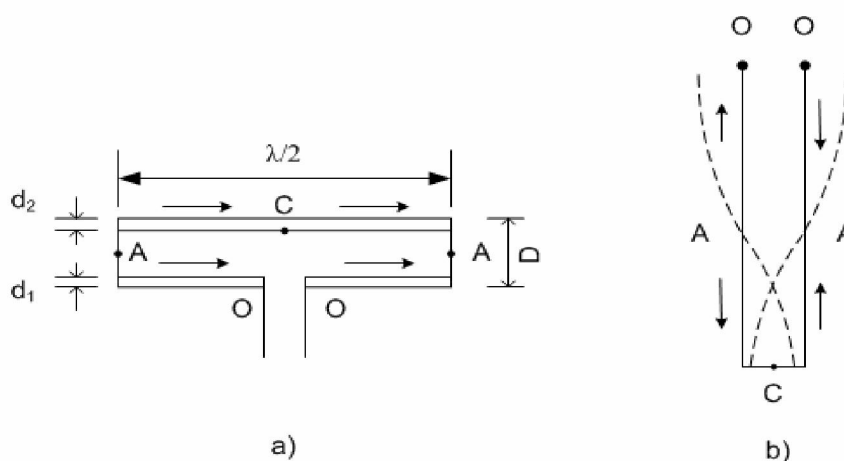
Mạch tương đương của sơ đồ kiểu T (hình 5.8b) tương tự mạch tương đương của sơ đồ kiểu Y. Nguyên lý làm việc của sơ đồ kiểu T cũng tương tự nguyên lý làm việc của sơ đồ kiểu Y. Tuy nhiên trong trường hợp này đoạn fide chuyển tiếp OA đã biến dạng thành đoạn dây dẫn song song với chân tử nên cần phải tính đến sự khác biệt về trở kháng sóng với fide chính và cũng không thể bỏ qua hiệu ứng bức xạ. Đầu vào của chân tử trong trường hợp này cần phải được coi là tại OO nên trở kháng vào của chân tử bây giờ sẽ là trở kháng tại AA biến đổi qua đoạn fide chuyển tiếp OA. Có thể chứng minh rằng trở kháng vào tại OO sẽ đạt cực đại khi $l_1 = \lambda / 8$ và giảm dần khi tiếp tục tăng l_1 . Đồng thời trị số của các trở kháng này có thể thay đổi thay đổi tỷ lệ của các đường kính d_1, d_2 và khoảng cách giữa chúng.

Nếu dùng dây song hành có trở kháng sóng 600 Ohm để tiếp điện cho chân tử nửa sóng thì các kích thước của sơ đồ phối hợp kiểu T có thể xác định gần đúng như sau:

$$D = (0,01 \div 0,02) \lambda; d_1=d_2; l_1 = (0,09 \div 0,1) \lambda$$

– *Chân tử vòng dẹt*

Khi dịch chuyển điểm AA (hình 5.8a) ra tới đầu mút chân tử ta có chân tử vòng dẹt (hình 5.9a).



Hình 5.9: Sơ đồ tiếp điện cho chân tử vòng dẹt

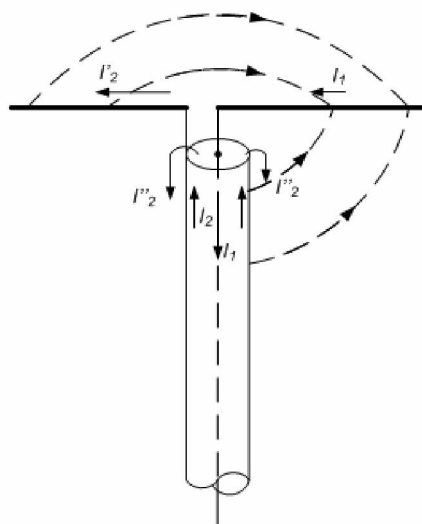
Trường hợp này ta nhận được hai chân tử nửa sóng có đầu cuối nối với nhau, gọi là các chân tử nhánh. Fide tiếp điện được mắc vào điểm giữa của một trong hai chân tử, còn chân tử thứ hai được ngắn mạch ở giữa. Sơ đồ tương đương của hệ thống là một đoạn dây song hành dài $\lambda/2$, ngắn mạch tại C, đầu vào là OO (hình 5.9b). Phân bố dòng trên đường dây được vẽ bởi các nét đứt còn các mũi tên chỉ chiều dòng điện. Ta nhận thấy hai chân tử nhánh được kích thích đồng pha, bụng dòng nằm tại điểm giữa chân tử, còn nút dòng tại A–A. Trường bức xạ tổng tạo bởi hai phần tử tương ứng nhau trên các chân tử nhánh và sẽ bằng trường bức xạ tạo bởi một phần tử nhưng có dòng điện lớn gấp đôi. Vì vậy khi tính trường bức xạ ở khu xa có thể thay thế chân tử vòng dẹt bởi một chân tử nửa sóng đối xứng mà dòng điện trong đó bằng dòng điện trong hai chân tử nhánh tại mỗi vị trí tương ứng. Như vậy có thể thấy rằng hướng tính của chân tử vòng dẹt cũng giống như hướng tính của chân tử nửa sóng.

b. Tiếp điện cho chân tử đối xứng bằng cáp đồng trục

Như trên đã khảo sát vấn đề tiếp điện và phối hợp trở kháng cho chân tử đối xứng bằng dây song hành. Dây song hành là một loại fide đối xứng, vì vậy việc tiếp điện cho chân tử không cần thiết bị chuyển đổi. Tuy nhiên, khi tần số tăng thì hiệu ứng bức xạ của dây song hành cũng tăng, dẫn đến tổn hao năng lượng và méo dạng đồ thị phương hướng của chân tử. Vì vậy, để tiếp điện cho chân tử đối xứng ở

dải sóng cực ngắn, người ta thường dùng cáp song hành (dây song hành có vỏ bọc kim loại) hoặc dùng cáp đồng trục.

Hình 5.10 là sơ đồ mắc trực tiếp chân tử đối xứng và cáp đồng trục, không có thiết bị chuyển đổi.

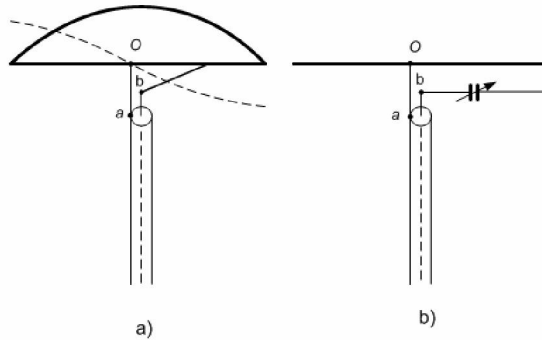


Hình 5.10: Sơ đồ mắc trực tiếp cáp đồng trục vào chân tử đối xứng

Trong trường hợp này, toàn bộ dòng I_1 chảy ở trong lõi của cáp được tiếp cho một nhánh chân tử, còn dòng I_2 chảy ở mặt trong của vỏ cáp sẽ phân nhánh thành dòng I'_2 tiếp cho nhánh thứ hai của chân tử và dòng I''_2 chảy ra mặt ngoài của vỏ cáp. Vì biên độ dòng I_1 và I_2 giống nhau ($|I_1| = |I_2|$) nên biên độ của dòng điện tiếp cho hai vế sẽ khác nhau nghĩa là không thực hiện được việc tiếp điện đối xứng cho chân tử. Trong khi đó dòng I''_2 chảy ở mặt ngoài của vỏ cáp sẽ trở thành nguồn bức xạ ký sinh không những gây hao phí năng lượng mà còn làm méo dạng đồ thị phương hướng của chân tử.

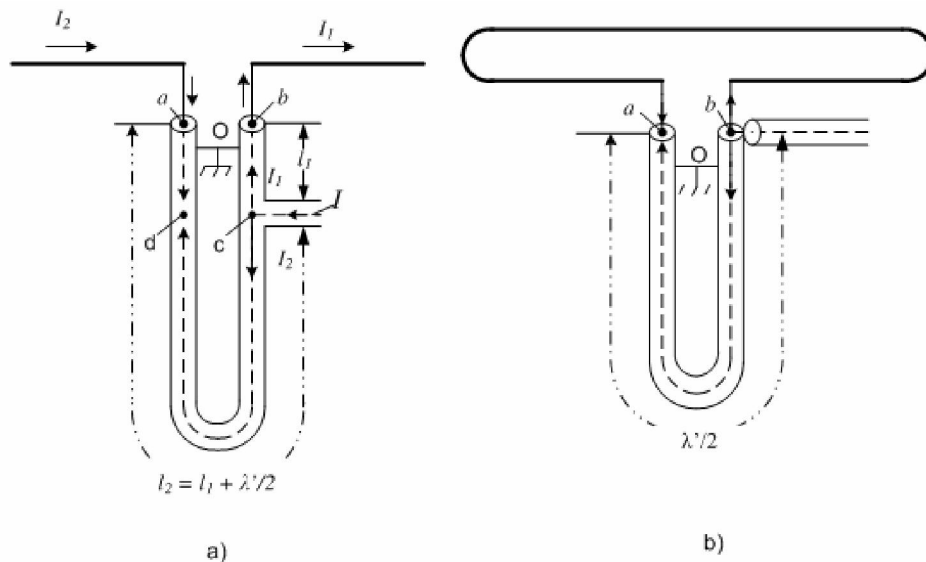
Để giảm bớt sự mất đối xứng khi tiếp điện cho chân tử bằng cáp đồng trục, có thể mắc chân tử với cáp theo sơ đồ phối hợp kiểu Γ (hình 5.11a). Nếu chân tử có độ dài bằng nửa bước sóng thì điểm giữa O của chân tử sẽ là điểm bụng dòng điện và nút điện áp, do đó nó có thể được coi là điểm gốc điện thế. Vì vậy việc nối trực tiếp O với vỏ cáp tiếp điện sẽ không làm mất tính đối xứng của chân tử. Dây dẫn trong của cáp được nối với chân tử ở điểm có trở kháng phù hợp với trở kháng sóng của fide. Trong thực tế, để thuận tiện trong việc điều chỉnh phối hợp trở

kháng giữa fide và chấn tử, có thể mắc thêm tụ điều chuẩn (hình vẽ 5.11b), song nó không đảm bảo việc tiếp điện đối xứng một cách hoàn hảo.



Hình 5.11: Sơ đồ phối hợp kiểu Γ

Thông thường để tiếp điện đối xứng cho chấn tử bằng cáp đồng trục cần có thiết bị chuyển đổi mắc giữa fide và chấn tử. Thiết bị chuyển đổi này được gọi là thiết bị biến đổi đối xứng. Sơ đồ của bộ biến đổi được vẽ ở hình 5.12.



Hình 5.12: Sơ đồ bộ biến đổi đối xứng

Hai nhánh của chấn tử không nối trực tiếp với vỏ và lõi của fide tiếp điện mà được chuyển đổi qua một đoạn cáp.

Hình 5.12a là sơ đồ biến đổi đối xứng chữ U dùng tiếp điện cho chấn tử nửa sóng đơn giản. Fide tiếp điện được mắc vào điểm c, có khoảng cách tới hai đầu chữ U bằng l_1 , l_2 khác nhau nửa bước sóng ($l_1 - l_2 = \lambda' / 2$ với λ' là bước sóng trong cáp đồng trục). Trở kháng tại đầu cuối a, b của vòng chữ U có giá trị bằng nhau và

bằng một nửa trở kháng vào của chấn tử đối xứng. Trở kháng phản ánh từ đầu cuối a, b về điểm c qua đoạn l_1 và l_2 sẽ có giá trị bằng nhau. Dòng điện của fide tiếp điện sẽ phân thành hai nhánh có biên độ bằng nhau chảy về hai phía của vòng chữ U tiếp cho hai nhánh của chấn tử. Vì khoảng cách từ c tới a và b khác nhau nửa bước sóng nên dòng I_1 và I_2 tại các đầu cuối a và b sẽ có pha ngược nhau, nghĩa là tại đầu vào chấn tử đã hình thành các dòng giống như dòng điện được đưa tới từ hai nhánh của đường dây song hành.

Phần 2: Thiết kế Anten

Yêu cầu: Sử dụng Anten Yagi để thu kênh VTV3 của Đài truyền hình Việt Nam tại Hà Nội với điểm thu cách đài phát 30km (tại Hưng Yên).

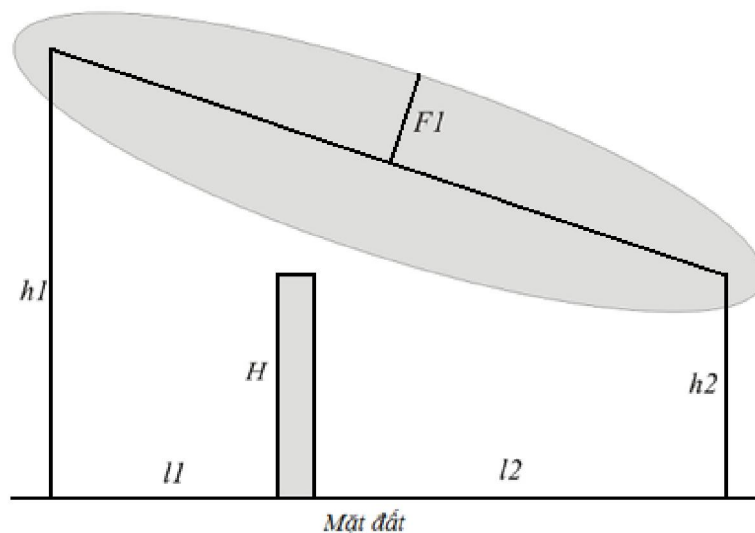
Các thông số thực tế:

- Chiều cao tháp truyền hình: $h_1 = 135\text{m}$.
- Dải tần kênh theo tiêu chuẩn OIRT: 478 MHz – 486 MHz.
- $P_{\text{phát}} = 20\text{ kW}$, $D_{\text{phát}} = 30\text{ dB}$.

A. Thiết kế đường truyền.

1. Thiết kế chiều cao Anten thu.

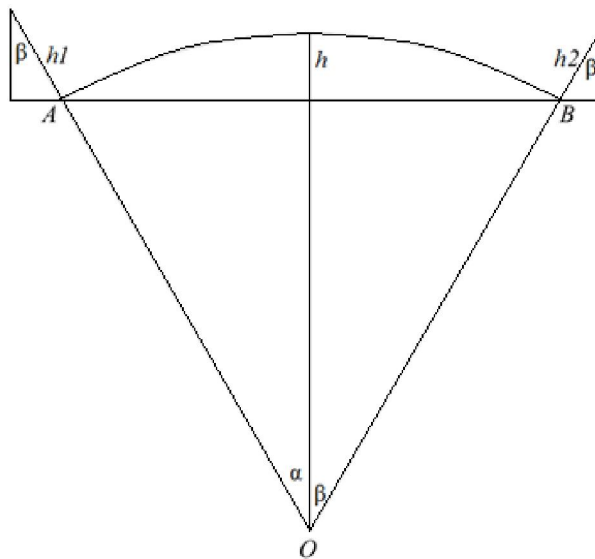
– Qua khảo sát thực tế chúng ta nhận được: Chiều cao trung bình của các tòa nhà tại Bắc Bộ là từ 10m – 20m. Đồng thời từ Hưng Yên – Hà Nội là thuộc đồng bằng Bắc Bộ nên hầu như không có đồi núi hay chướng ngại vật nào quá cao. Như vậy chúng ta có thể lấy chiều cao vật cản là 20m trải trên toàn bộ đường truyền. Mặt khác theo lý thuyết: Toàn bộ năng lượng truyền sóng hầu như nằm trong nửa miền Fresnel đầu tiên.



Chúng ta có bán kính miền Fresnel thứ nhất là:

$$F_1 = \sqrt{\frac{l_1 \times l_2 \times \lambda}{l_1 + l_2}} \text{ (m)}$$

Dễ dàng nhận thấy giữa đường truyền chúng ta nhận được bán kính miền Fresnel thứ nhất là lớn nhất. Do vậy chúng ta chỉ cần xét vật cản tại trung tâm đường truyền. Và chiều cao Anten thu và phát đều phải lớn hơn chiều cao vật cản (20m) để thỏa mãn năng lượng sóng truyền đi bị cản lại là ít nhất.



Chúng ta có:

Độ dài cung AB = 30 (km)

$h_1 = 135$ (m)

OA = OB = R = 6400 (km)

Dựa vào hình vẽ:

$$\pi \cdot R \rightarrow 180^\circ$$

$$30(\text{km}) \rightarrow \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{30 \times 180^\circ}{\pi R} = \frac{30 \times 180^\circ}{\pi \times 6400} \approx 0^\circ 16'$$

$$\beta = \frac{\alpha}{2} \approx 0^\circ 8'$$

$$\Rightarrow AB = 2R\sin\beta = 2 \times 6400 \times \sin\beta \approx 30 \text{ (km)}$$

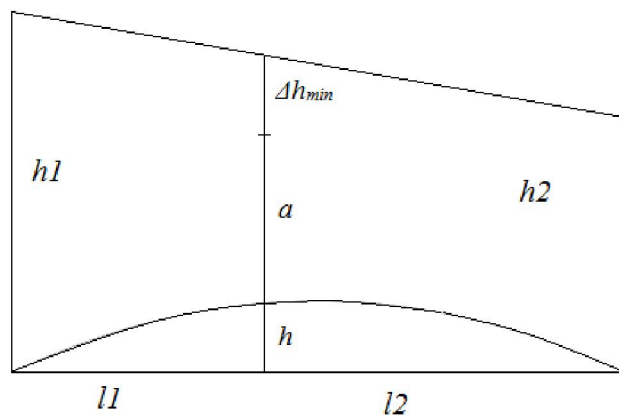
Áp dụng định lý Pythagores trong tam giác vuông OO'B chúng ta có:

$$OO' = \sqrt{(OB)^2 - \left(\frac{AB}{2}\right)^2}$$

$$\Rightarrow h = R - OO' = 6400 - \sqrt{6400^2 - ((6400 \times \sin(0^\circ 8'))^2} \approx 0,0176 \text{ (km)}$$

$$\text{Vậy } h = 17,6 \text{ (m)}$$

Do $\beta \approx 0^\circ 8'$ rất nhỏ nên chúng ta có thể bỏ qua. Chúng ta có hình vẽ sau:



Trong đó $l_1 = l_2 = 15 \text{ (km)}$

$a = 20 \text{ (m)}$ (vật cản)

– Dải tần kênh từ 478MHz – 486MHz

$$\text{Vì } c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

Nhận xét: f càng nhỏ thì λ càng lớn $\Rightarrow F_1$ càng lớn $\Rightarrow \Delta h_{min} = 0,6F_1$ càng lớn, với Δh_{min} là điều kiện đảm bảo khoảng hở đường truyền tối thiểu để sóng truyền đi không chịu tác động của vật cản.

Vậy để đảm bảo sóng thu được tại nơi thu ít chịu tác động nhất bởi vật cản, chúng ta chọn $f = 47\text{MHz}$.

$$\Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{478 \text{ (MHz)}} = 0,63 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{\frac{15 \times 15 \times 0,63 \times 10^3}{15 + 15}} \approx 68,74 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow \Delta h_{\min} = 0,6 \times 68,74 \approx 41,24 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow \Delta h_{\min} + a + h = 41,24 + 20 + 17,6 = 78,84 \text{ (m)}$$

Nhận xét: Đi 15 km chiều cao Anten giảm $135 - 78,84 = 56,16 \text{ (m)}$

Vậy đi 30 km chiều cao Anten sẽ giảm đi 112,32 (m)

$$\Rightarrow \text{Chiều cao Anten thu tối thiểu là: } h_2 = 135 - 112,32 = 22,68 \text{ (m)}$$

Vậy $h_1 = 135 \text{ (m)}$ và $h_2 = 22,68 \text{ (m)}$ thỏa mãn yêu cầu đặt ra của bài toán (cao hơn vật cản (chiều cao vật cản là 20 (m))).

2. Xác định trường tại điểm thu.

Vì Anten phát và Anten thu đều là Anten đặt cao nên áp dụng công thức Vezenski chúng ta có:

$$E_h = \frac{2,18 \times \sqrt{P_{\text{phát}}(\text{kW}) \times D_{\text{phát}}}}{R^2(\text{km}) \times \lambda \text{ (m)}} h_1' \text{ (m)} \times h_2' \text{ (m)} \left(\frac{\text{mV}}{\text{m}} \right)$$

$$\text{Với: } P_{\text{phát}} = 20 \text{ (kW)}, D_{\text{phát}} = 30 \text{ (dB)} \Rightarrow D_{\text{phát}} = 1000 \text{ lần}$$

$$R = 30 \text{ (km)}$$

Ở đây chúng ta xác định trường tại điểm thu nên chúng ta sẽ lấy tần số trung gian trong dải tần của kênh VTV3 tức là lấy $f = 482 \text{ (MHz)}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{482 \text{ (MHz)}} \approx 0,62 \text{ (m)}$$

Chúng ta có cự ly thông tin cực đại trong tầm nhìn thẳng là:

$$R_0 = 4,15 (\sqrt{h_1(\text{m})} + \sqrt{h_2(\text{m})}) = 4,15 (\sqrt{135} + \sqrt{22,68}) \approx 68 \text{ (km)}$$

Mà $r = 30 \text{ (km)}$. Vậy theo lý thuyết chúng ta sẽ tính h_1' và h_2' là trung bình cộng các kết quả của h_1' và h_2' trong 2 trường hợp là cự ly nhỏ và cự ly lớn. Vì chúng ta sẽ thực hiện truyền sóng trong tầng đối lưu nên chúng ta sẽ làm việc với $a_{td} = 8500 \text{ (km)}$

a. Cự ly nhỏ:

$$h_1' = h_1 - \Delta h_1 = h_1 - \frac{r^2}{2 \times a_{td}} \left(\frac{h_1}{h_1 + h_2} \right)^2 = 135 - \frac{30^2}{2 \times 8500} \left(\frac{135}{135 + 22,68} \right)^2 \times 10^3 \approx 96,19 \text{ (m)}$$

$$h_2' = h_2 - \Delta h_2 = h_2 - \frac{r^2}{2 \times \text{atd}} \left(\frac{h_2}{h_1 + h_2} \right)^2 = 22,68 - \frac{30^2}{2 \times 8500} \left(\frac{22,68}{135 + 22,68} \right)^2 \times 10^3 \approx 21,58 \text{ (m)}$$

b. Cơ lý lớn

$$h_1' = h_1 - \Delta h_1 = h_1 - \frac{r^2}{2 \times \text{atd}} \left(\frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \right)^2 = 135 - \frac{30^2}{2 \times 8500} \left(\frac{\sqrt{135}}{\sqrt{135} + \sqrt{22,68}} \right)^2 \times 10^3 \approx 108,37 \text{ (m)}$$

$$h_2' = h_2 - \Delta h_2 = h_2 - \frac{r^2}{2 \times \text{atd}} \left(\frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \right)^2 = 22,68 - \frac{30^2}{2 \times 8500} \left(\frac{\sqrt{22,68}}{\sqrt{135} + \sqrt{22,68}} \right)^2 \times 10^3 \approx 18,21 \text{ (m)}$$

Kết luận: lấy trung bình cộng kết quả của 2 trường hợp chúng ta có:

$$h_1' = \frac{96,19 + 108,37}{2} = 102,28 \text{ (m)}$$

$$h_2' = \frac{21,58 + 18,21}{2} = 19,9 \text{ (m)}$$

Thay số chúng ta có:

$$E_h = \frac{2,18 \times \sqrt{20 \times 1000} \times 102,28 \times 19 \times 9}{30^2 \times 0,62} = 1124,6 \left(\frac{\text{mV}}{\text{m}} \right)$$

3. Tính toán về năng lượng

a. Tính toán về công suất:

$$+) P_{\text{thu tốt}} \text{ (dB)} = P_{\text{phát}} \text{ (dB)} + G_{\text{Anten phát}} \text{ (dB)} + G_{\text{Anten thu}} \text{ (dB)} - \alpha_{\text{khoảng cách}} \text{ (dB)} - \alpha_{\text{fđo}} \text{ (dB)} - \alpha_{\text{thiết bị}} \text{ (dB)}$$

$$\text{Ở đó: } P_{\text{phát}} = 20 \text{ kW} = 20000 \text{ W} \Rightarrow P_{\text{phát}} = 10 \log 20000 \approx 43 \text{ (dB)}$$

$$G_{\text{Anten phát}} = G_{\text{Anten thu}} = 15 \text{ (dB)}$$

$$\alpha_{\text{khoảng cách}} = 20 \times \log \left(\frac{4d}{\lambda} \right) = 20 \log \left(\frac{4 \times 30 \times 10^3}{0,62} \right) \approx 115,7 \text{ (dB)}$$

$$\alpha_{\text{fđo}} = 10 \text{ (dB)}$$

$$\alpha_{\text{thiết bị}} = 3 \text{ (dB)}$$

$$\Rightarrow P_{\text{thu tốt}} \text{ (dB)} = 43 + 15 + 15 - 115,7 - 10 - 3 = -55,7 \text{ (dB)}$$

$$+) P_{\text{thu xấu}} = P_{\text{thu tốt}} - \alpha_{\text{mưa}}$$

Ở đó:

$$\alpha_{\text{mưa}} = 1,2 \text{ (dB) / 1 km} \Rightarrow 30 \text{ (km)} \text{ thì } \alpha_{\text{mưa}} = 36 \text{ (dB)}$$

$$\Rightarrow P_{\text{thu xấu}} = -55,7 - 36 = -91,7 \text{ (dB)}$$

Yêu cầu:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{thu tốt}} < P_{\text{thu max}} \\ P_{\text{thu xấu}} > P_{\text{thu min}} \end{array} \right\} \Rightarrow P_{\text{thu max}} > -55,7 \text{ (dB)}, P_{\text{thu min}} < -91,7 \text{ (dB)}$$

b. Về mật năng lượng

Thông thường độ nhạy máy thu e_n thường nằm trong khoảng $0,5 \mu\text{V/m} - 10 \mu\text{V/m}$. Chúng ta chọn máy thu có độ nhạy $10 \mu\text{V/m}$. Ở phần trước chúng ta đã tính $E_h = 1124,6 \left(\frac{\text{mV}}{\text{m}}\right)$

Theo lý thuyết chúng ta phải có:

$$E_h \sqrt{D_{\text{thu}}} \geq e_n = 10 \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}}\right)$$

$$\Rightarrow D_{\text{thu}} \geq \left(\frac{10 \mu}{1124,6 \text{ m}}\right)^2 = 7,9 \times 10^{-11} \text{ (lần)}$$

$$\Rightarrow D_{\text{thu}} \geq -101,02 \text{ (dB)}$$

+) Xét tổn hao trong khí quyển thường kể cả trong trường hợp mưa rất to chúng ta có:

$$\alpha = \alpha_{\text{khoảng cách}} + \alpha_{\text{mưa}} = 115,7 + 36 = 151,7 \text{ dB}$$

$$\text{Khi đó } D_{\text{thu}} \geq 151,7 - 101,02 = 50,68 \text{ (dB)}$$

+) Nếu bỏ qua tác động của mưa thì chúng ta sẽ có chỉ có ảnh hưởng tổn hao trong khí quyển thường

$$D_{\text{thu}} \geq 14,68 \text{ (dB)}$$

4. Lựa chọn phương pháp truyền sóng

Nhận xét: Chúng ta có dải tần làm việc của kênh VTV3 nằm trong khoảng 478MHz – 486MHz

$$\Rightarrow 30 \text{ MHz} < f < 300 \text{ GHz} \Rightarrow 1 \text{ mm} < \lambda < 10 \text{ m}$$

Vậy sóng lan truyền là sóng cực ngắn. Chúng ta lựa chọn phương pháp truyền sóng trực tiếp trong tầm nhìn thẳng là phù hợp về mặt lý thuyết.

B. Thiết kế Anten.

Kênh VTV3 thuộc Đài truyền hình Việt Nam nằm trên kênh tần số 22 tương ứng với dải tần 478MHz – 486MHz trong băng tần UHF.

Để thu được kênh trên Anten thu cần có tần số được tính trung bình của kênh VTV3.

Dễ dàng tính được tần số trung bình là: $f = 482\text{MHz}$

Từ đây chúng ta tìm được bước sóng:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{482 \times 10^6} \approx 0,62 \text{ (m)}$$

Như đã tính toán ở phần trước trong điều kiện bình thường không có mưa $D_{\text{thu}} \geq 14,68 \text{ dB}$.

Độ nhạy máy thu chất lượng cao thường nằm trong khoảng $0,5 \mu\text{V/m} - 10 \mu\text{V/m}$. Trong phần trước chúng ta lấy $10 \mu\text{V/m}$ để tính E_h nhưng rất khó để có được điều này với kinh phí trung bình của người dân Việt Nam. Vậy nên chúng ta sẽ thiết kế Anten có hệ số định hướng thu khoảng $D_{\text{thu}} = 16 \text{ (dB)}$ là phù hợp với độ nhạy bé (khoảng $0,5 \mu\text{V/m}$) và lúc đó có thể kể đến cả mưa to (có phađinh).

$$\alpha = (1 - 1,2) \text{ (dB/1 km)}$$

Theo lý thuyết chúng ta có công thức sau:

$$D_{\text{max}} = A \times \frac{L}{\lambda}$$

Trong đó L : độ dài Anten.

Hệ số A phụ thuộc vào tỷ số $\frac{L}{\lambda}$

D_{max} : Hệ số định hướng cực đại

Với $D_{\text{max}} = 16$, căn cứ vào đồ thị sự phụ thuộc của hệ số A vào $\frac{L}{\lambda}$ chúng ta có thể chọn cặp số sau:

$$A = 4$$

$$\frac{L}{\lambda} = 4$$

$$\Rightarrow L = 4\lambda = 4 \times 0,62 = 2,48 \text{ (m)}$$

Qua công thức: $\xi = 1 + \frac{\lambda}{2 \times L}$ chúng ta được hệ số sóng chậm tốt nhất là

$$\xi = 1 + \frac{0,62}{2 \times 2,48} = 1,125$$

Chấn tử chủ động làm Anten là chấn tử nửa sóng. Đối với Anten loại này, dòng trong chấn tử thụ động được cảm ứng do trường được tạo bởi chấn tử chủ động. Còn pha của dòng trong các chấn tử thụ động có thể điều chỉnh được để đảm bảo nhận được sự bức xạ đơn hướng. Với mục đích như trên (dòng trong thanh phản xạ nhanh pha hơn so với dòng trong thanh phát xạ) thì độ dài của thanh phản xạ cần chọn lớn hơn độ dài thanh phát xạ (chấn tử 0). Thường thì độ dài thanh phản xạ được chọn trong giới hạn $(0,51 - 0,53) \lambda$. Còn khoảng cách giữa thanh phản xạ và phát xạ được chọn trong giới hạn $(0,15 - 0,25) \lambda$.

Pha yêu cầu trong thanh dẫn xạ (chậm pha so với dòng trong chấn tử chủ động) cũng được đảm bảo bằng cách chọn độ dài của nó, thông thường độ dài thanh dẫn xạ ngắn hơn độ dài của chấn tử chủ động với thanh dẫn xạ đầu trên cũng như giữa các thanh dẫn xạ với nhau được chọn trong giới hạn $(0,1 - 0,35) \lambda$

Với yêu cầu như trên chúng ta chọn độ dài và khoảng cách của các chấn tử như sau:

+ Chiều dài của chấn tử phát xạ:

$$2 l_{\text{phát xạ}} = \frac{\lambda}{2} = \frac{0,62}{2} = 0,31 \text{ (m)}$$

+ Chiều dài của chấn tử phản xạ:

$$2 l_{\text{phản xạ}} = 0,53\lambda = 0,53 \times 0,62 = 0,3286 \text{ (m)}$$

+ Khoảng cách giữa chấn tử phát xạ và chấn tử phản xạ

$$d_{\text{px}} = 0,25\lambda = 0,25 \times 0,62 = 0,155 \text{ (m)}$$

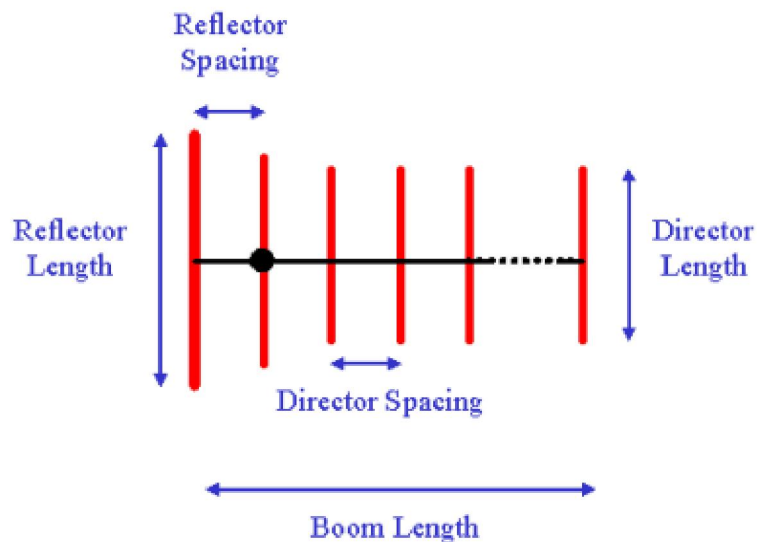
+ Chiều dài của các chấn tử dẫn xạ là như nhau và có:

$$2 l_{\text{dẫn xạ}} = 0,33 \lambda = 0,33 \times 0,62 = 0,2046 \text{ (m)}$$

+ Khoảng cách giữa chấn tử chủ động với chấn tử dẫn xạ đầu tiên cũng như giữa các chấn tử dẫn xạ với nhau:

$$d_{\text{dx}} = 0,25 \lambda = 0,25 \times 0,62 = 0,155 \text{ (m)}$$

Mô hình Anten Yagi:



Yêu cầu: $L = 2,48 \text{ (m)}$

Luôn có 1 chân tử phản xạ và phát xạ. Chúng ta có:

$$d_{px} = d_{dx} = 0,155 \text{ (m)}$$

Gọi N là số chân tử dẫn xạ

$$\Rightarrow (N + 1) \times 0,155 = 2,48$$

$$\Rightarrow N = 15$$

Vậy có 15 chân tử dẫn xạ

Vậy Anten Yagi cần thiết kế có:

- + 1 chân tử phản xạ
- + 1 chân tử chủ động
- + 15 chân tử dẫn xạ
- + Chiều dài $L = 2,48 \text{ (m)}$
- + $D = 16 \text{ (dB)}$
- + Khoảng cách giữa các chân tử là $0,155 \text{ (m)}$

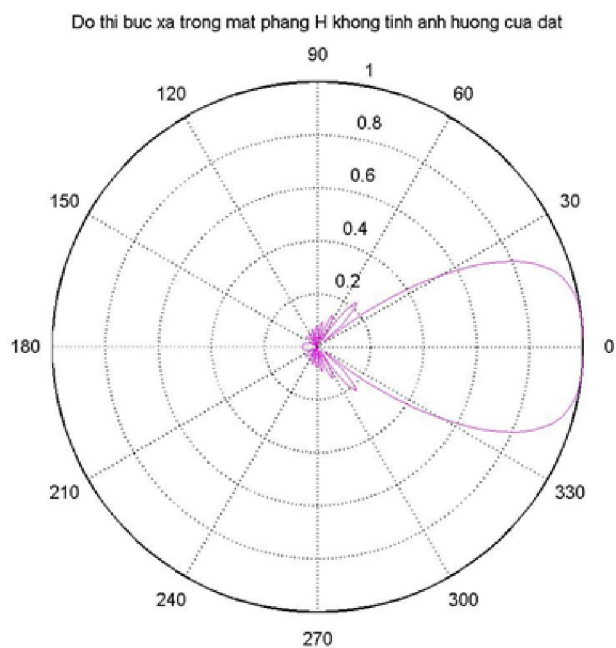
$$\text{Và: } 2 l_{\text{phản xạ}} = 0,33 \text{ (m)} ; 2 l_{\text{phát xạ}} = 0,31 \text{ (m)} ; 2 l_{\text{dẫn xạ}} = 0,2 \text{ (m)}$$

Phần 3: Mô phỏng

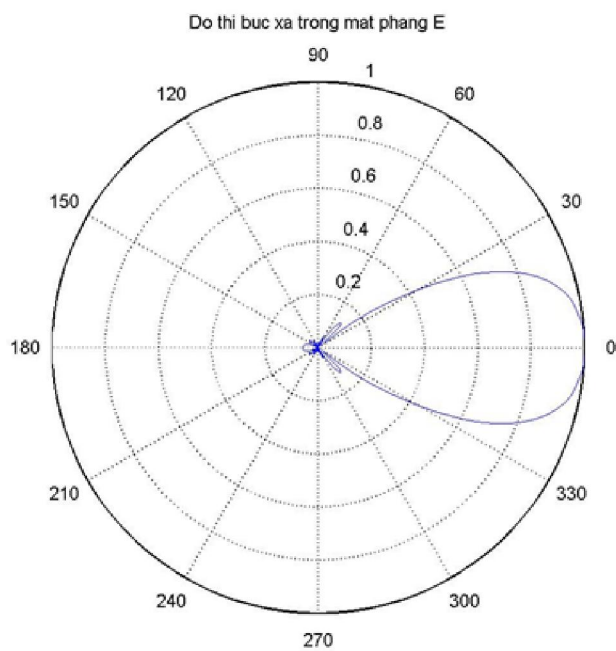
1. Chương trình mô phỏng (Viết bằng MatLab)

```
>> clc
>> clear
>> disp('Day la chuong trinh ve do thi buc xa cua anten Yagi thu kênh VTV3
cua đài truyền hình Việt Nam');
>> disp('GVHD: TS Lam Hong Thach');
>> disp('SVTH: Dao Minh Duc - Chu Minh Hoa - Dinh Duy Khanh');
>> N=input('Nhap vao so chan tu dan xa: N=');
>> 15
>> f=input('Nhap vao tan so trung binh cua kênh VTV3 theo MHz: f=');
>> 482
>> dpx=input('Nhap vao khoảng cách giữa các chân tử phát xa và chân tử phản xa
(tính bằng mét): dpx=');
>> 0.155
>> ddx=input('Nhap vao khoảng cách giữa các chân tử phát xa và chân tử dẫn xa
dầu tiên (tính bằng mét): ddx=');
>> 0.155
>> L=dpx+N*ddx;
>> lambda=3e2/f;
>> k=2*pi/lambda;
>> dtb=L/(N+2-1);
>> x=0:pi/100:2*pi;
>> y=abs(sin((N+2)/2*k*dtb*(1-cos(x)))/( (N+2)*sin(k/2*dtb*(1-cos(x))) ));
>> figure
>> polar(x,y,'m')
>> title('Do thi buc xa trong mặt phẳng H không tính ảnh hưởng của đất')
>> z=abs((sin((N+2)/2*k*dtb*(1-cos(x)))/( (N+2)*sin(k/2*dtb*(1-
cos(x))) )).*(cos(pi/2*sin(x))./cos(x)) );
>> figure
>> polar(x,z)
>> title('Do thi buc xa trong mặt phẳng E')
```

2. Đồ thị bức xạ



Đồ thị bức xạ trong mặt phẳng H không tính ảnh hưởng của đất



Đồ thị bức xạ trong mặt phẳng E

HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Anten Yagi dùng để thu các tín hiệu truyền hình tương tự là chủ yếu, nó được thiết kế đơn giản, gọn nhẹ và kinh tế. Tuy nhiên việc thiết kế Anten được trình bày trong tập đồ án này chưa được thiết kế và tính toán tối ưu. Do đó khi phát triển hơn nữa cần xét đến việc tính toán tối ưu là thiết kế Anten sao cho đạt được các chỉ tiêu chất lượng cao nhất như: hệ số định hướng cần đạt được, mức bức xạ phụ, mức bức xạ ngược, dải tần công tác.....

Trong kỷ nguyên thông tin ngày nay sự phát triển của công nghệ thông tin di động, thông tin vệ tinh đòi hỏi phải có những hướng nghiên cứu sâu hơn rộng hơn, để tìm ra được các loại cấu hình Anten phù hợp, đáp ứng được nhu cầu truyền tải thông tin đa phương tiện là hết sức thiết thực.

Do vậy việc nghiên cứu Anten với sự hỗ trợ ngày càng mạnh hơn của kỹ thuật máy tính có thể tạo ra bước đột phá trong ngành thông tin liên lạc cũng như các dịch vụ giải trí truyền hình.

KẾT LUẬN

Anten thiết kế thu tốt kênh VTV3.

Qua các kết quả mô phỏng đạt được ta thấy rằng Anten là một hệ thống phức tạp, khi thay đổi một vài thông số kỹ thuật trong khi thiết kế thì sẽ dẫn đến ảnh hưởng đến chất lượng của Anten. Chẳng hạn như, khi tăng khoảng cách giữa các chân tử lớn dần, hoặc chọn số thanh dẫn xạ nhiều quá, thì sự bức xạ hướng tính của Anten càng tăng, đồng thời số bức xạ phụ tăng lên, làm cho tín hiệu thu không được tốt hoặc rất khó thu. Nếu muốn thu được tín hiệu truyền hình tốt thì ta phải điều chỉnh Anten thu hướng một cách chính xác về hướng Anten phát của đài cần thu. Vì vậy cần phải điều chỉnh các thông số trên sao cho phù hợp để có được sự bức xạ tốt nhất, số bức xạ phụ nhỏ thì Anten thu sẽ thu được tín hiệu tốt mà không gặp phải khó khăn trong việc điều chỉnh hướng của Anten thu theo một hướng chính xác về phía Anten phát vì khi đó độ rộng bức xạ chính là lớn.

Bên cạnh đó, sử dụng các phương pháp tiếp điện để phối hợp trở kháng cũng là vấn đề quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng thu của Anten. Ngoài ra trên Anten đã được thiết kế, ta có thể mở rộng dải tần để thu được nhiều kênh hơn bằng cách ghép song song các chân tử dẫn xạ và dùng chân tử vòng để cấp điện cho Anten.

Nhóm chúng em xin chân thành cảm ơn thầy Lâm Hồng Thạch đã giúp đỡ chúng em hoàn thành bài tập lớn này!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Condensed and re–edited from various sources, BASIC YAGI ANTENNA DESIGN FOR THE EXPERIMENTER
- [2] Nguyễn Hoài Sơn, Ứng Dụng Matlab Trong Tính Toán Kỹ Thuật, NXB Đại học Quốc gia Tp. HCM.
- [3] Phan Anh, Lý Thuyết Và Kỹ Thuật Anten, NXB Khoa Học Và Kỹ Thuật.
- [4] Lê Tiến Thường, Trần Văn Sư, Truyền Sóng Và Anten, NXB Đại học Quốc gia Tp. HCM