



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology



BÀI GIẢNG

TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

Giảng viên:

Email:

Tel:

Bộ môn:

Khoa:

Học kỳ/Năm biên soạn:

Nguyễn Việt Hưng

nvhung_vt1@ptit.edu.vn

Vô tuyến

Viễn Thông 1

II/2014

CHƯƠNG 4:

LÝ THUYẾT CHUNG VỀ ANTEN

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

Nội dung

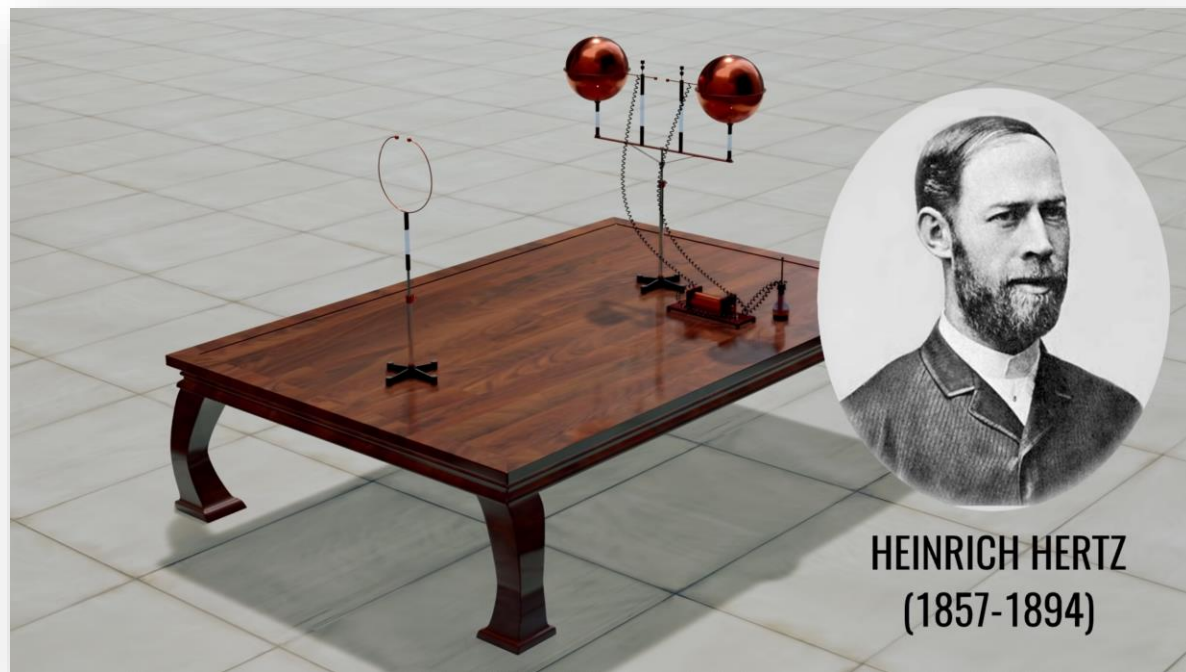
- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Lịch sử phát triển

- Anten ra đời từ bao giờ?
- Thí nghiệm của Faraday - 1830s => Chỉ ra được sự liên hệ giữa sự biến đổi của điện trường và từ trường
- Hệ phương trình Maxwell - 1873

Hệ thống không dây đầu tiên
– Heinrich Hertz – 1886



4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Lịch sử phát triển

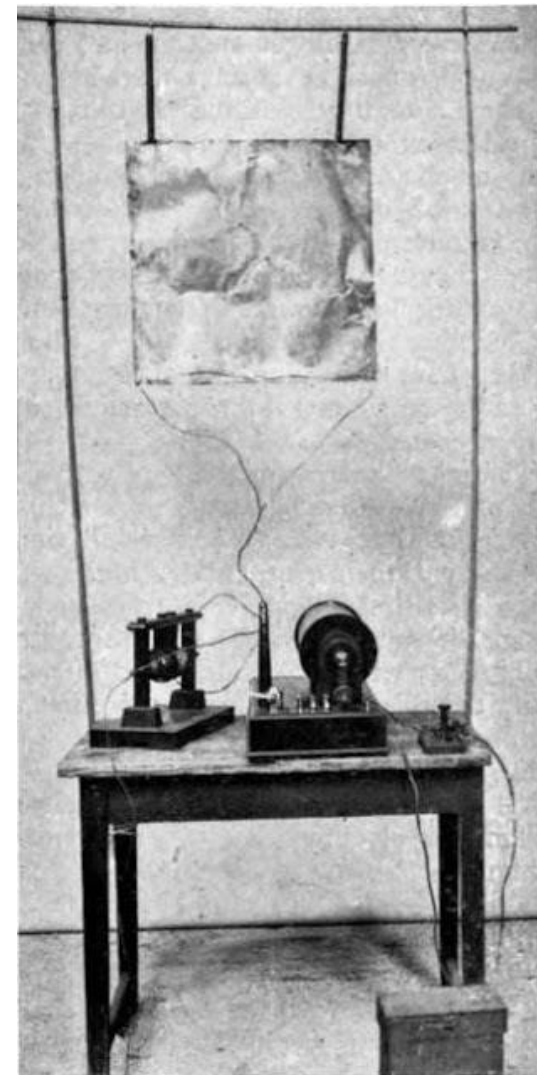
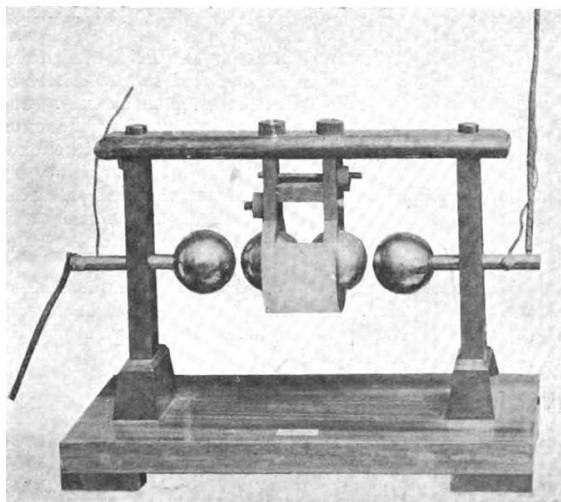
- Anten ra đời từ bao giờ?
- Thí nghiệm của Faraday - 1830s => Chỉ ra được sự liên hệ giữa sự biến đổi của điện trường và từ trường
- Hệ phương trình Maxwell - 1873
- Hệ thống không dây đầu tiên – Heinrich Hertz – 1886
- 1901, Marconi lần đầu tiên gửi tín hiệu qua biển atlantic

4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Lịch sử phát triển

- Marconi story:

- Early experiment in Italy - 1895
- 1897 Marconi's Wireless Telegraph Company Ltd, (Marconi Company in 1900) in England
- On May 13, 1897, he world's first ever wireless communication over open sea. message transversed over the Bristol Channel, a distance of 3.7 miles (6 kms). The message read "Are you ready."

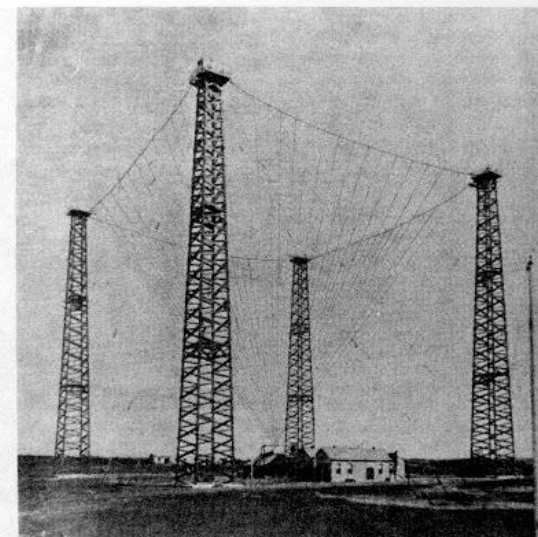
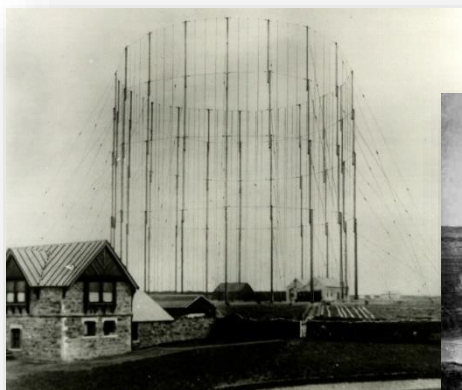


4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Lịch sử phát triển

- Marconi story:

- December 12, 1901, a 164 foot antenna in Poldhu, Cornwall and a receiver in St John's, Newfoundland using the 3 morse dots of "s".



Marconi station at Poldhu, Cornwall, England, about 1905. The four wooden towers support a network of wires which converge to a point just above the transmitting and receiving buildings between the towers.

4.1 – Giới thiệu chung về anten



4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Lịch sử phát triển

- Marconi story:

- December 12, 1901, a 164 foot antenna in Poldhu, Cornwall and a receiver in St John's, Newfoundland using the 3 morse dots of "s".
- Marconi was awarded the Nobel Prize for Physics in 1909 and the IEEE Medal of Honor in 1920, among other awards received during his life.



CQD (-.-/-.-/...)



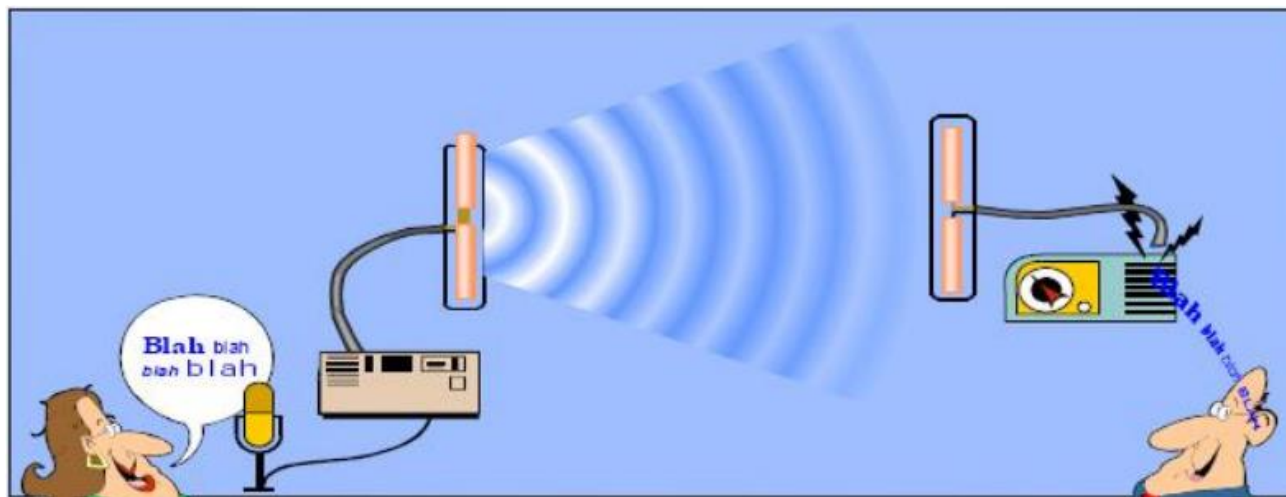
4.1 – Giới thiệu chung về anten

- **Lịch sử phát triển**
 - **Các loại anten phổ biến:**
 - Yagi-Uda Antenna, 1920s
 - Horn antennas, 1939
 - Antenna Arrays, 1940s
 - Parabolic Reflectors, cuối 1940s
 - Patch Antennas, 1970
 - PIFA, 1980s.

4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Vai trò của anten

- Là thiết bị bức xạ sóng điện từ ra không gian và thu nhận sóng điện từ từ không gian bên ngoài
 - Anten phát: biến đổi tín hiệu điện cao tần từ máy phát thành sóng điện từ tự do lan truyền trong không gian
 - Anten thu: Tập trung năng lượng sóng điện từ trong không gian thành tín hiệu điện cao tần đưa đến máy thu



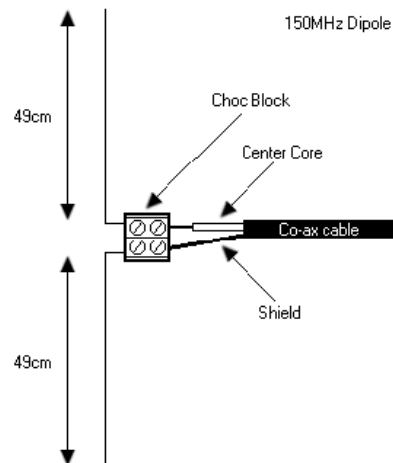
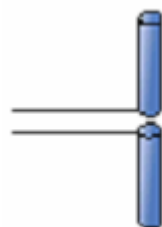
Hình 4.1: Truyền sóng vô tuyến

4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

- Dipole:

a) Dipole

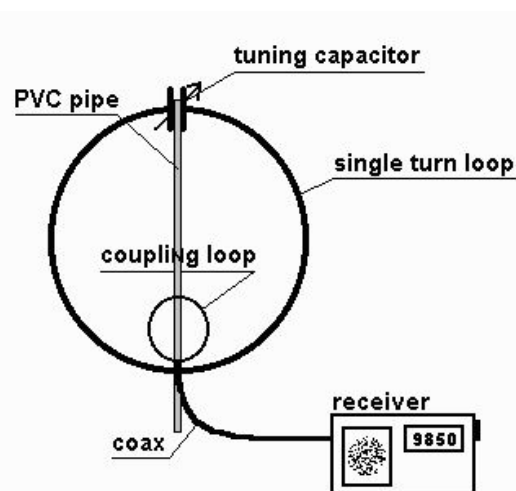


b)
Biconical
Dipole



4.1 – Giới thiệu chung về anten

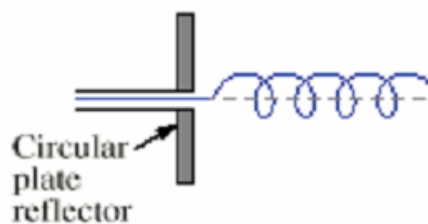
- Các loại anten cơ bản
 - Loop:



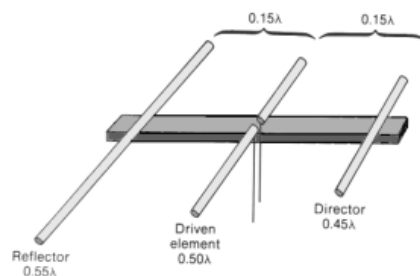
4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

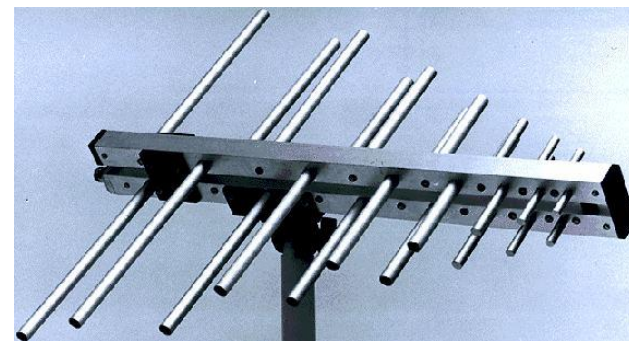
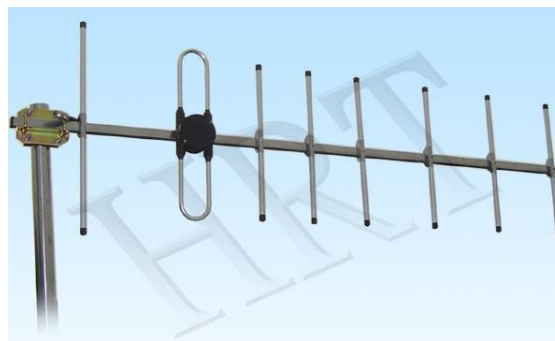
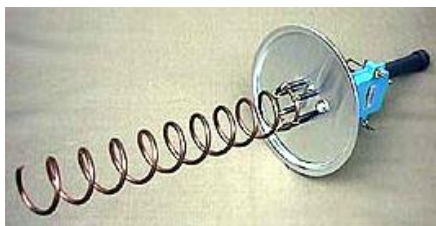
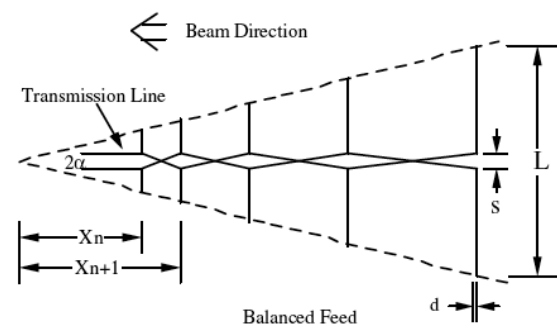
Helix



Yagi



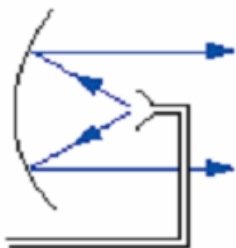
Log-Periodic



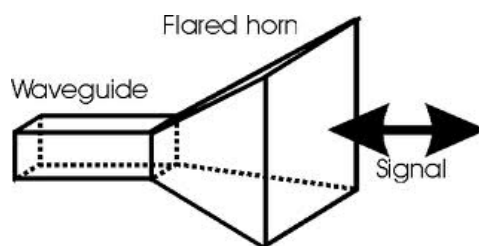
4.1 – Giới thiệu chung về anten

- Các loại anten cơ bản

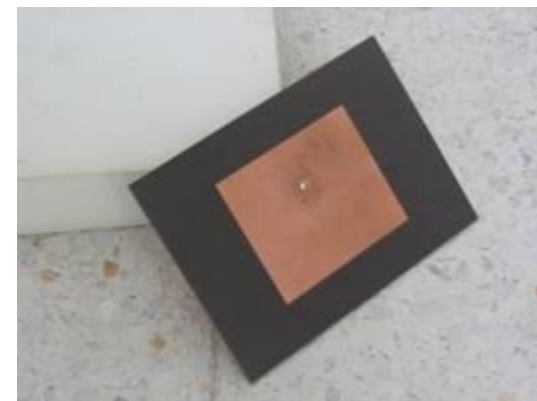
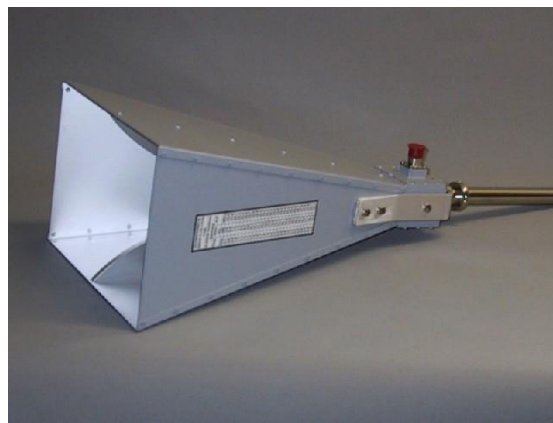
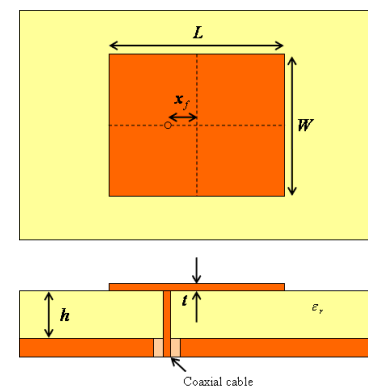
Parabolic



Horn



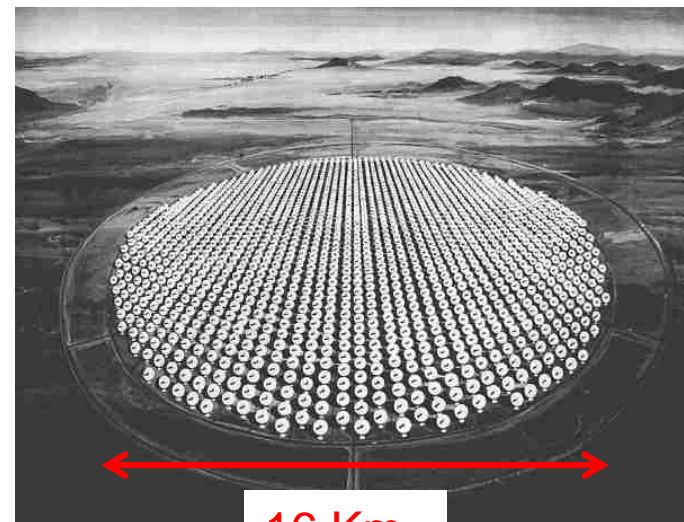
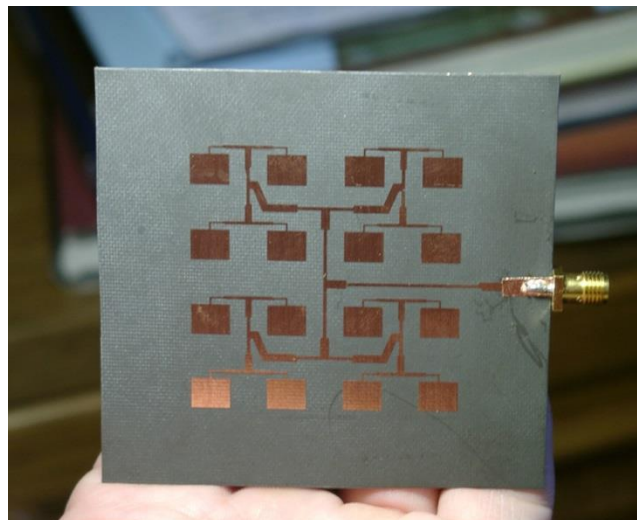
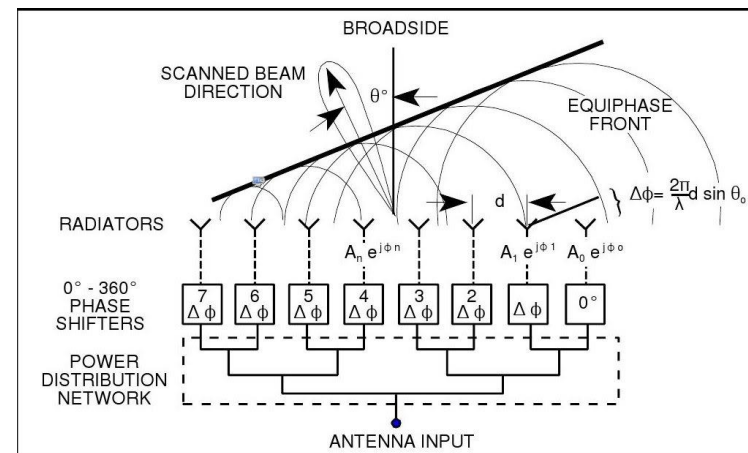
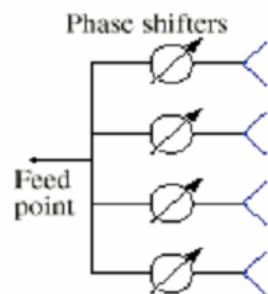
Microstrip



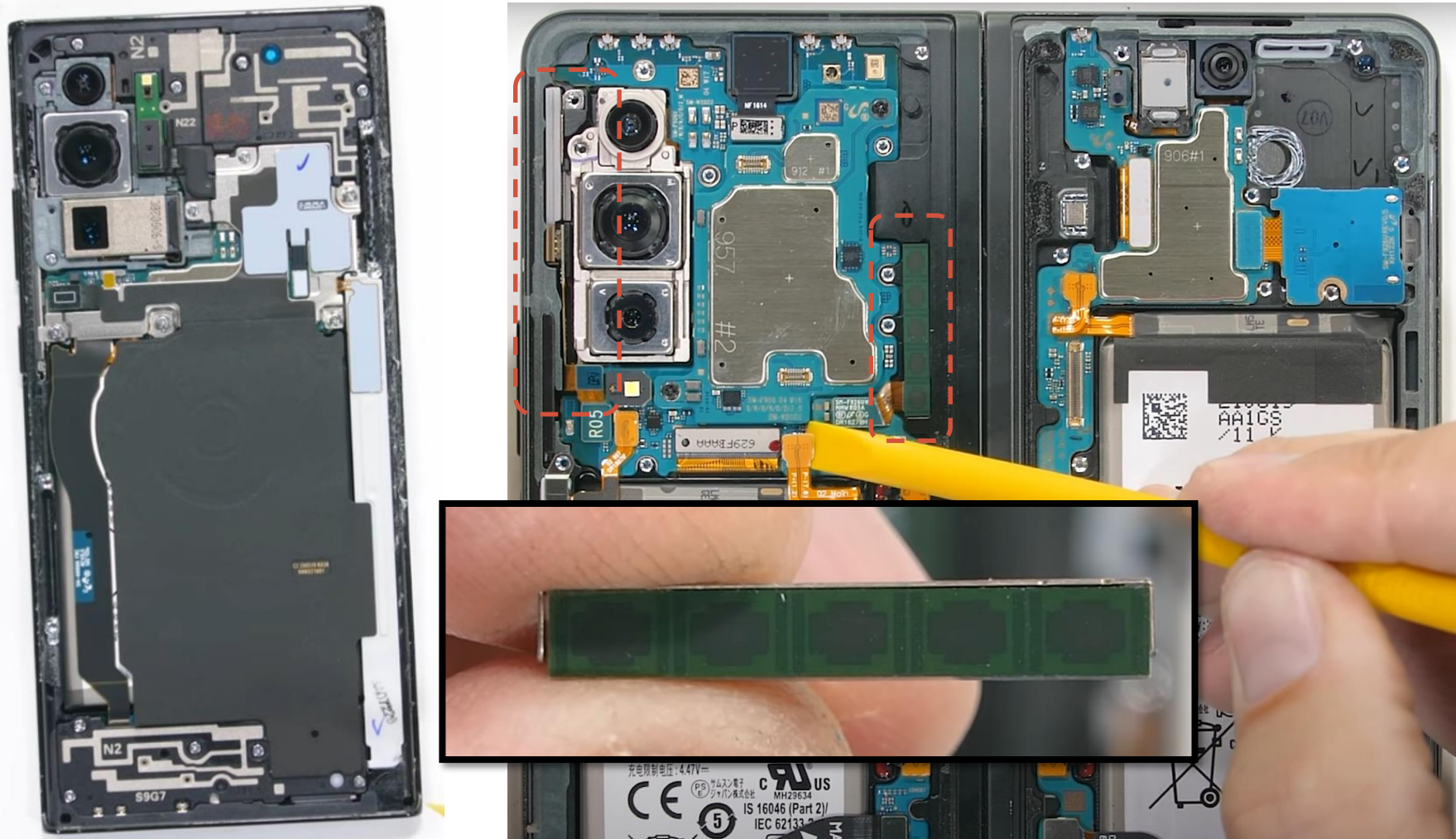
4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Các loại anten cơ bản

• Mảng anten



4.1 – Giới thiệu chung về anten



4.1 – Giới thiệu chung về anten

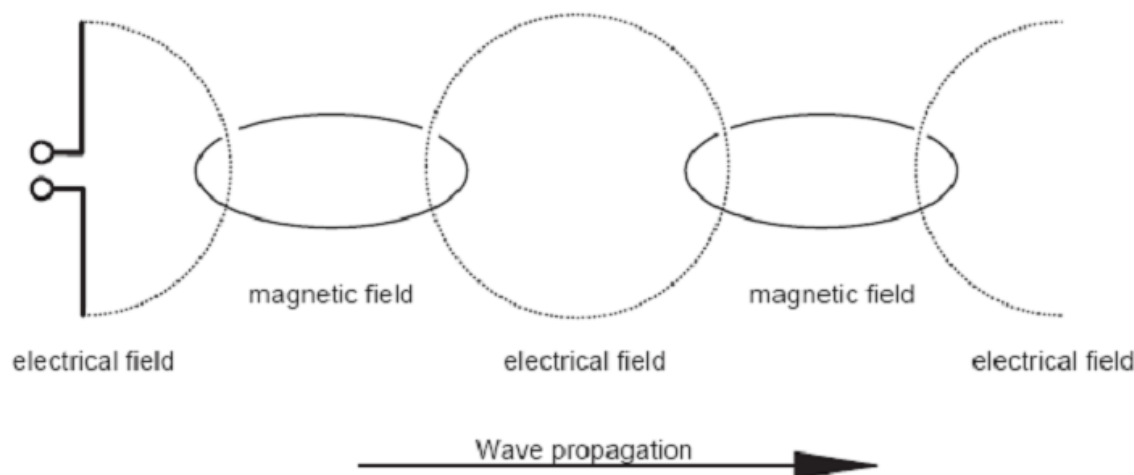
• Quá trình vật lý bức xạ sóng điện từ

• Điện trường xoáy:

- Là điện trường có các đường sức không bị ràng buộc với các điện tích tạo ra nó mà tự bản thân chúng khép kín.

• Điều kiện lan truyền sóng điện từ

- **Quy luật của điện từ trường biến thiên**, điện trường xoáy biến thiên sẽ sinh ra từ trường biến đổi. Bản thân từ trường biến đổi lại sinh ra một điện trường xoáy mới. Quá trình lặp lại và sóng điện từ được hình thành

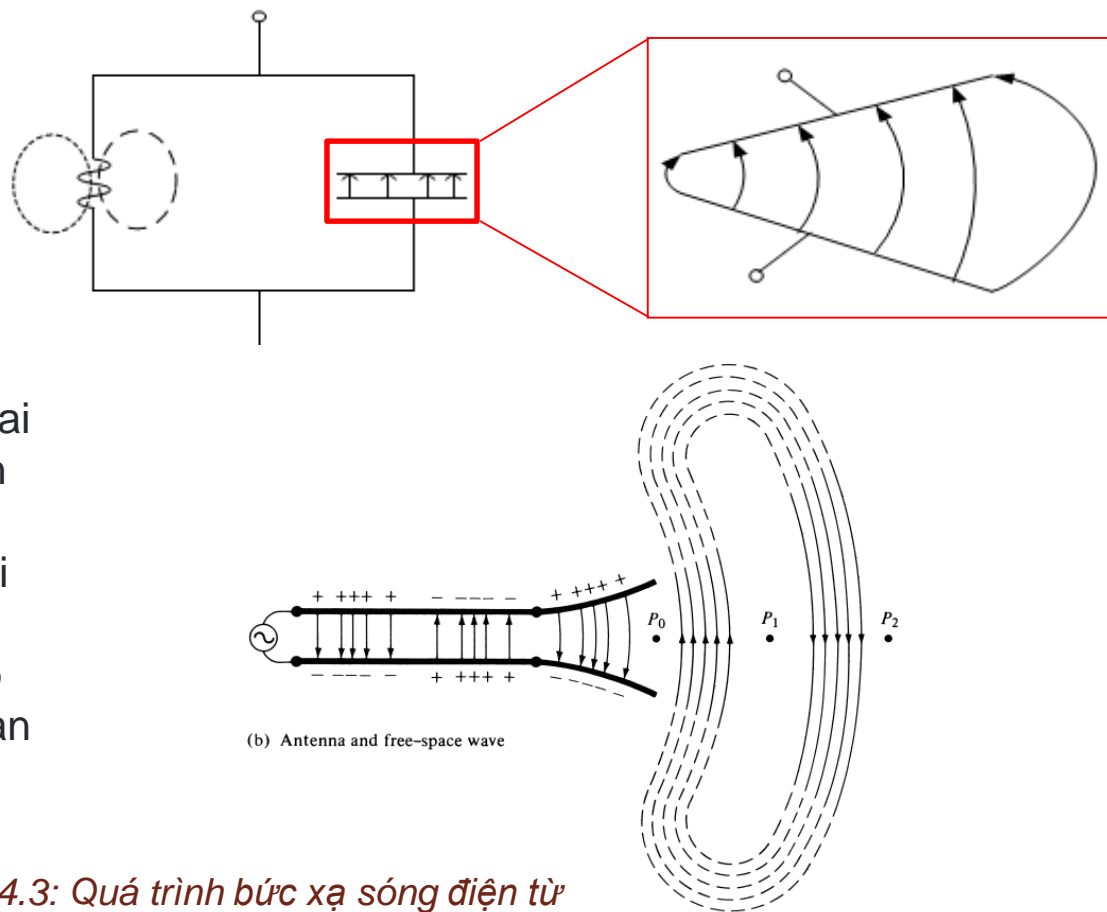


Hình 4.2: Quá trình truyền lan sóng điện từ

4.1 – Giới thiệu chung về anten

• Quá trình vật lý bức xạ sóng điện từ

- Mạch dao động L, C
 - Điện trường biến thiên ở không gian giữa hai má tụ
 - Từ trường biến thiên trong lòng cuộn dây
 - Năng lượng hệ thống gần như bảo toàn
-
- Mở rộng khoảng cách giữa hai má tụ. Điện trường biến thiên với biên độ lớn hơn trong khoảng không gian bên ngoài
-
- Các đường sức ở xa tụ khép kín \Rightarrow điện trường xoáy và lan truyền



Hình 4.3: Quá trình bức xạ sóng điện từ

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- **4.2 Các tham số cơ bản của anten**
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

4.2 – Các tham số cơ bản

- Hàm tính hướng (Radiation intensity)

- Khái niệm:

- Là hàm số biểu thị sự phụ thuộc của cường độ trường bức xạ bởi anten theo hướng khảo sát khi cự ly khảo sát là không đổi

$$\vec{f}(\theta, \varphi) = f_{\theta}(\theta, \varphi) \cdot \vec{i}_{\theta} + f_{\varphi}(\theta, \varphi) \cdot \vec{i}_{\varphi} \quad (4.1)$$

θ, φ : Góc bức xạ của anten trong tọa độ cực (Góc ngẩng và góc phương vị)

- Hàm tính hướng biên độ: biểu thị quan hệ của biên độ trường bức xạ theo hướng khảo sát với cự ly khảo sát không đổi

$$|\vec{f}(\theta, \varphi)| = \sqrt{|f_{\theta}(\theta, \varphi)|^2 + |f_{\varphi}(\theta, \varphi)|^2} \quad (4.2)$$

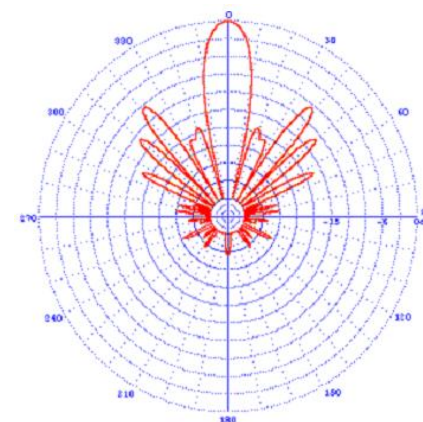
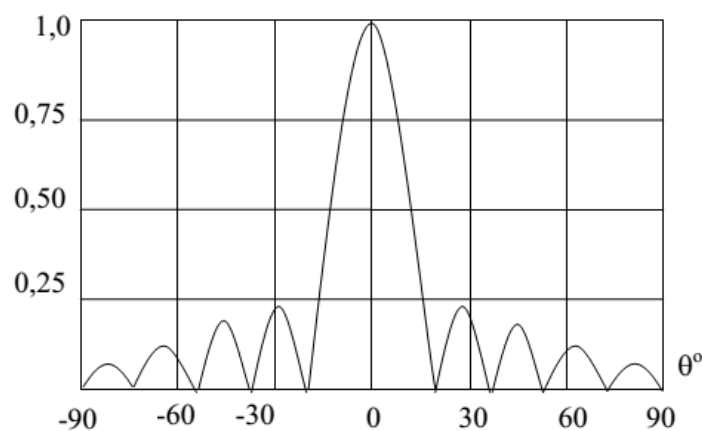
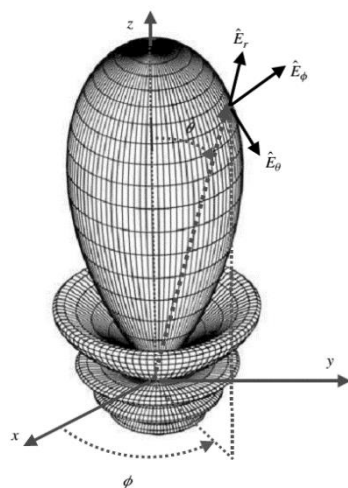
- Hàm biên độ tương đối (chuẩn hóa)

$$F(\theta, \varphi) = \frac{|f(\theta, \varphi)|}{|f(\theta, \varphi)_{\max}|} \quad F(\theta, \varphi)_{\max} = 1 \quad (4.3)$$

4.2 – Các tham số cơ bản

• Đồ thị tính hướng (Radiation pattern)

- Là đồ thị không gian biểu thị sự biến đổi tương đối của biên độ trường bức xạ theo hướng khảo sát khi cự ly khảo sát là không đổi
- Được vẽ từ $F(\theta, \varphi)$ trên tọa độ Đề các hoặc tọa độ cực
 - Mặt phẳng chọn vẽ đồ thị là hai mặt phẳng vuông góc đi qua hướng bức xạ cực đại của anten theo (θ, φ)
 - Với tọa độ cực, trục chuẩn ban đầu chọn trùng với trục đối xứng của đồ thị, bắt đầu ở hướng cực đại
 - Thang biểu diễn thường theo thang logarit (dB) hoặc theo thang thập phân

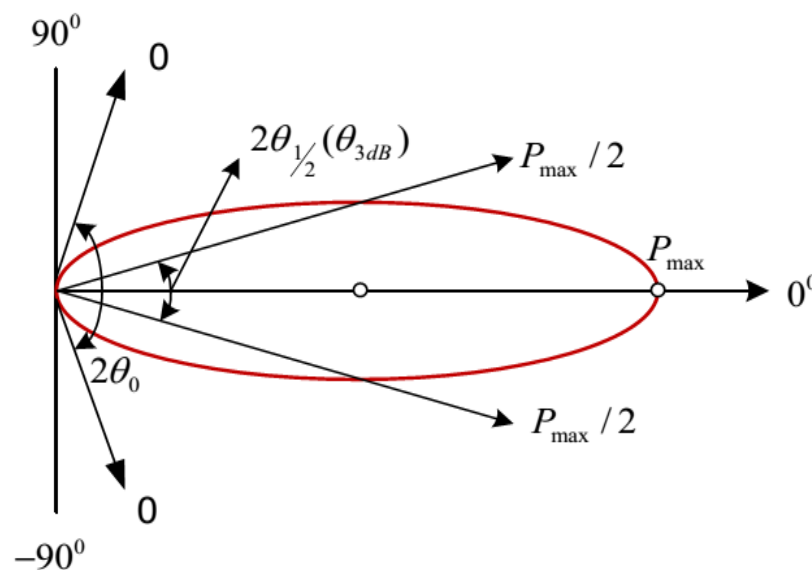


Hình 4.4: Đồ thị tính hướng

4.2 – Các tham số cơ bản

• Độ rộng đồ thị tính hướng (Búp sóng chính)

- Là góc giữa hai hướng mà theo đó công suất bức xạ giảm
 - Góc bức xạ không ($2\theta_0$): Công suất bức xạ hướng cực đại giảm đến “0”
 - Góc bức xạ nửa công suất ($2\theta_{1/2}$ hay θ_{3dB}): Công suất bức xạ giảm một nửa so với hướng cực đại
- Thể hiện tính tập trung năng lượng bức xạ theo hướng làm việc



Hình 4.5: Độ rộng của đồ thị tính hướng

4.2 – Các tham số cơ bản

• Công suất bức xạ, điện trở bức xạ, hiệu suất

- Công suất bức xạ (P_{Σ}): là phần công suất bức xạ thành năng lượng điện từ
- Công suất tổn hao (P_{th}): Công suất bị tiêu tán do nhiệt bởi vật dẫn, trong các lớp điện môi...
- Công suất đưa vào anten $P_T = P_{\Sigma} + P_{th}$
- Hiệu suất anten

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_T} = \frac{1}{1 + \frac{P_{th}}{P_{\Sigma}}} \quad (4.4)$$

- Điện trở bức xạ (Radiation resistance): Là giá trị điện trở tương đương tiêu hao công suất bằng công suất bức xạ khi có dòng điện cao tần với biên độ như trên anten chạy qua

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_m^2 \cdot R_{\Sigma} \quad (4.5)$$

Điện trở bức xạ đặc trưng cho khả năng bức xạ của anten

4.2 – Các tham số cơ bản

- Hệ số tính hướng, hệ số khuếch đại

- Hệ số tính hướng

- Là tỉ số giữa mật độ công suất của anten tại một hướng xác định với mật độ công suất của một anten chuẩn khi hai anten đặt cùng vị trí và công suất bức xạ như nhau. Anten chuẩn thường được chọn là anten vô hướng.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} \quad D(\theta, \varphi) = \frac{E^2(\theta, \varphi)}{E_0^2} \quad (4.6)$$

$$|E(\theta, \varphi)| = |E_{\max}| \cdot |F(\theta, \varphi)| \quad \Leftrightarrow \quad D(\theta, \varphi) = D_{\max} \cdot F^2(\theta, \varphi) \quad (4.7)$$

- Hệ số khuếch đại anten (tăng ích)

- Định nghĩa như hệ số tính hướng nhưng hai anten có công suất đưa vào như nhau và anten chuẩn có hiệu suất bằng 1

$$G(\theta, \varphi) = \eta_a \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} = \eta_a \cdot D(\theta, \varphi) \quad (4.8)$$

Hệ số tăng ích vừa biểu hiện tính hướng, vừa biểu thị tổn hao trên anten

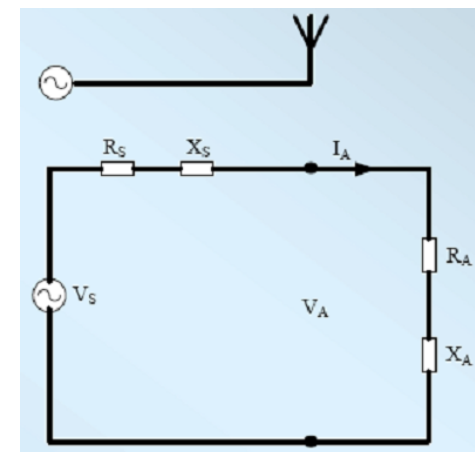
4.2 – Các tham số cơ bản

• Trở kháng vào (Input Impedance)

- Anten là tải của máy phát, trị số tải được đặc trưng bởi trở kháng vào của anten
 - Điện trở thuần R : Đặc trưng cho thành phần năng lượng bức xạ thành sóng điện từ - và phần tổn hao nhiệt
 - Điện kháng X là do phần trường gần, bị ràng buộc với anten (vô công)

$$Z_{in} = \frac{U_a}{I_a} = R_{in} + jX_{in} \quad (4.9)$$

Trở kháng vào ảnh hưởng tới chế độ làm việc của các thiết bị nối tới anten và cả hệ thống



Hình 4.6: Mạch trở kháng tương đương của anten

4.2 – Các tham số cơ bản

• Chỉ số sóng dừng (VSWR)

- Tỉ số biên độ của sóng dừng ở điểm bụng và điểm nút trên một đường truyền sóng

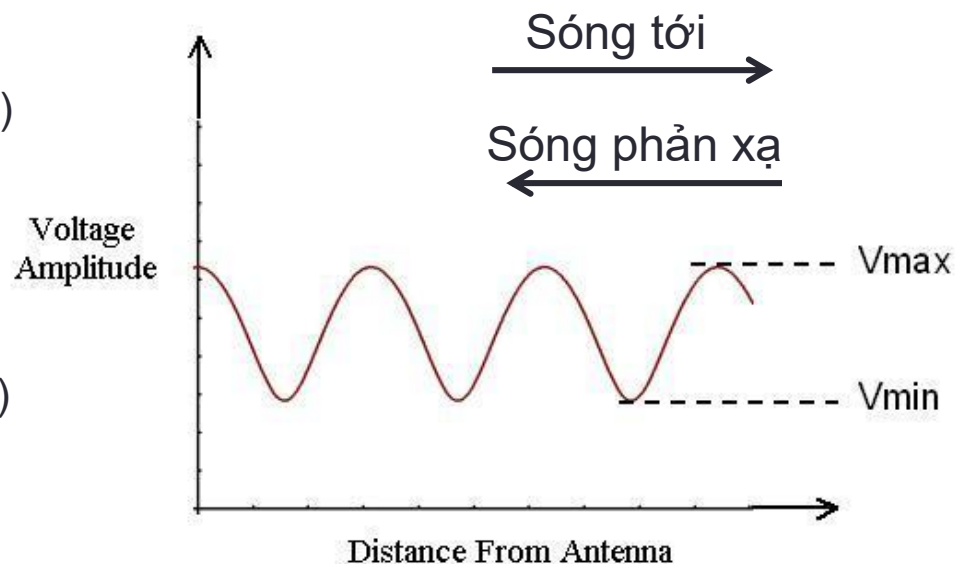
$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} > 1 \quad (4.10)$$

Γ : hệ số phản xạ

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_f} \quad (4.11)$$

V_r : Sóng phản xạ

V_f : Sóng tới



Hình 4.7: Hiệu điện thế của tín hiệu trên đường truyền sóng

$$\frac{P_r}{P_f} = |\Gamma|^2 = \left(\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right)^2 \quad (4.12) \quad VSWR \Rightarrow 1 \text{ thì } P_r \Rightarrow 0$$

4.2 – Các tham số cơ bản

• Băng thông (dải tần hoạt động)

- Là dải tần số mà Anten có thể hoạt động, các thông số thay đổi ở mức cho phép
 - Năng lượng sóng điện từ bức xạ (hoặc nhận được) ở mức được chấp nhận
 - Thường được định nghĩa kèm theo chỉ số sóng đứng VSWR

• Phân loại:

- Dải hẹp (narrow band):

$$\frac{\Delta f}{f_0} < 10\%$$

- Dải rộng (Wide band):

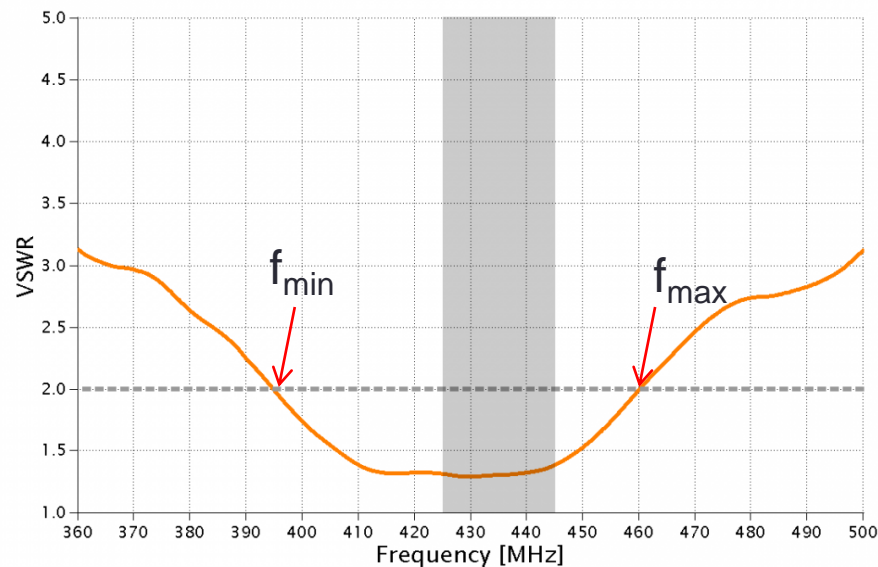
$$10\% < \frac{\Delta f}{f_0} < 20\%$$

- Dải siêu rộng (Ultra Wide band)

$$20\% < \frac{\Delta f}{f_0}$$

$$\Delta f = f_{\min} - f_{\max}$$

$$f_0 = (f_{\min} + f_{\max})/2$$



Hình 4.7: Băng thông hoạt động của anten

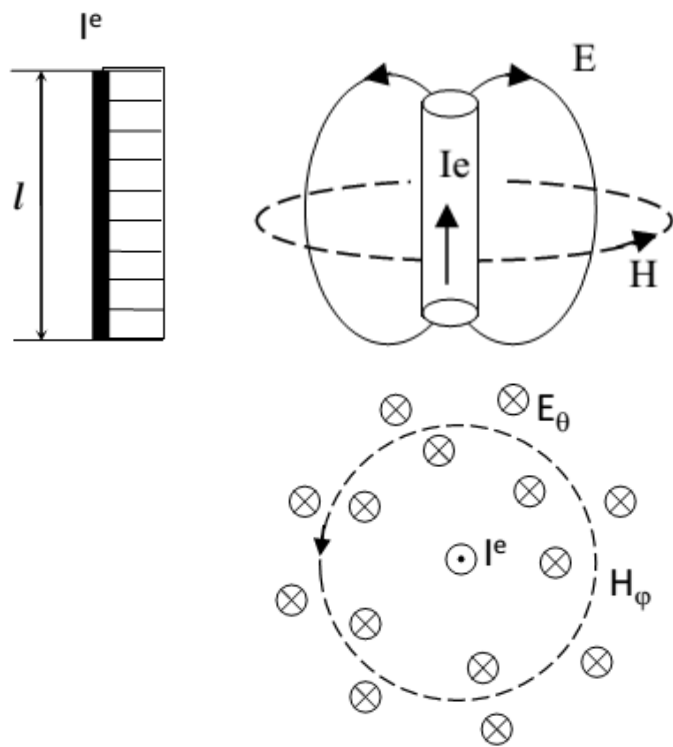
Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- 4.4 Nguyên lý anten thu
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

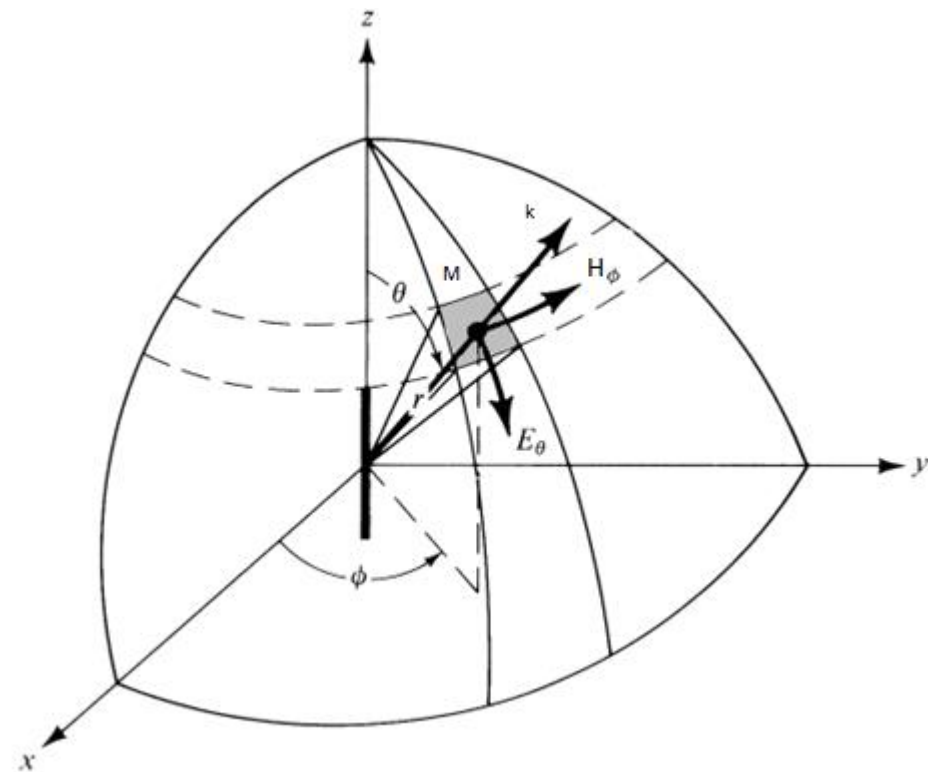
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Chấn tử điện (dipol điện):

- Là phần tử dẫn điện thẳng, rất mảnh, có độ dài l rất nhỏ so với bước sóng. Dòng điện phân bố đều cả về biên độ và pha



Hình 4.8: Phân bố trường và dòng điện của chấn tử



Hình 4.9: Trường bức xạ của chấn tử điện trong không gian tự do

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Chấn tử điện (dipol điện):

• Khảo sát trường tại điểm M

- Tồn tại vectơ điện trường trong mặt phẳng điện trường (θ)
- Tồn tại vectơ từ trường trong mặt phẳng từ trường (φ)

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{E}_\theta = \frac{ikZ}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\theta \quad (V / m) \\ \overline{E}_\varphi = 0 \\ \overline{H}_\theta = 0 \\ \overline{H}_\varphi = \frac{ik}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\varphi \quad (A / m) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Khảo sát tại trường} \\ \text{xa (far field } kr \gg 1) \end{array} \quad (4.10)$$

Trong đó:

- $k = 2\pi/\lambda$: hệ số sóng
- Z : trở kháng sóng của môi trường truyền. Trong không gian tự do $Z = 120\pi$
- I^e : Là dòng điện trong dipol điện
- r : khoảng cách từ tâm O đến điểm khảo sát M
- l : chiều dài của dipol
- θ, φ : các góc tọa độ cầu

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Chấn tử điện (dipol điện):

• Khảo sát trường tại điểm M

- Tồn tại vectơ điện trường trong mặt phẳng điện trường (θ)
- Tồn tại vectơ từ trường trong mặt phẳng từ trường (φ)

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{E}_\theta = \frac{ikZ}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\theta \quad (V / m) \\ \overline{E}_\varphi = 0 \\ \overline{H}_\theta = 0 \\ \overline{H}_\varphi = \frac{ik}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\varphi \quad (A / m) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Khảo sát tại trường} \\ \text{xa (far field } kr \gg 1) \end{array} \quad (4.10)$$

- Trường bức xạ của dipol điện là trường phân cực thẳng, điện trường chỉ có thành phần E_θ và từ trường chỉ có thành phần H_φ
- Mặt phẳng E trùng với mặt phẳng kinh tuyến chứa trục chấn tử, mặt phẳng H trùng với mặt phẳng vĩ tuyến vuông với trục chấn tử
- Tại mỗi điểm vectơ E và H có pha giống nhau nên năng lượng bức xạ là năng lượng thực

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

- Khảo sát trường tại điểm M
- Hàm tính hướng

$$\bar{f}(\theta, \varphi) = -Z.I^e l \sin \theta \cdot \bar{i}_\theta \quad (4.11)$$

$$|\bar{f}(\theta, \varphi)| = Z.I^e l |\sin \theta|$$

$$\begin{aligned} |F(\theta)| &= |\sin \theta| \quad (\varphi = \text{const}) \\ |F(\varphi)| &= \text{const} \quad (\theta = \text{const}) \end{aligned} \quad (4.12)$$

Trường bức xạ có hướng trong mặt phẳng E, vô hướng trong mặt phẳng H

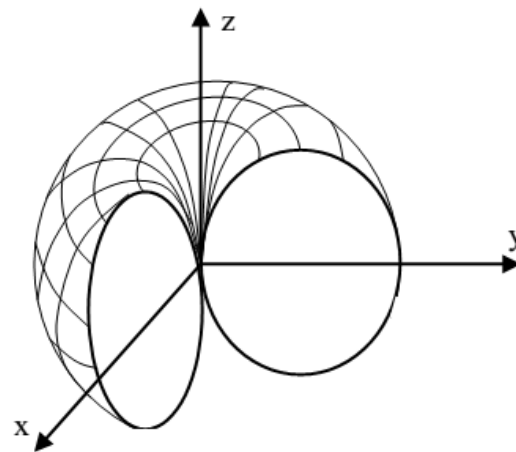
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử điện (dipol điện):

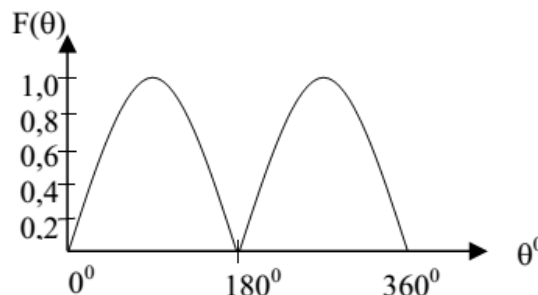
- Khảo sát trường tại điểm M
 - Đồ thị phương hướng

Hình 4.10: Đồ thị phương hướng của dipol điện

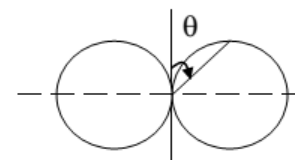
a) Trong không gian



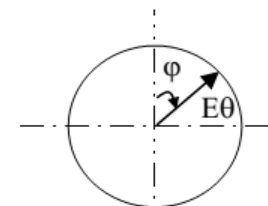
c) Tọa độ vuông góc



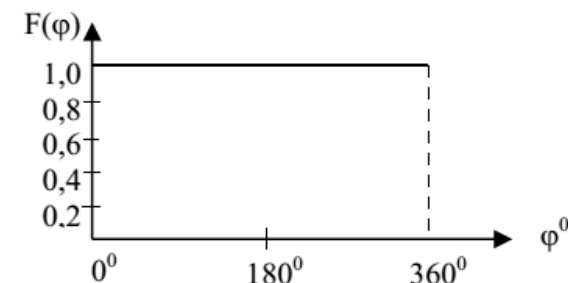
b) Tọa độ cực



$F(\theta); \varphi = \text{const}$



$F(\varphi) = 1; \theta = \text{const}$



4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Chấn tử điện (dipol điện):

• Khảo sát trường tại điểm M

- Công suất bức xạ

$$P_{\Sigma}^e = \frac{1}{2} \int_s (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \cdot d\mathbf{s} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \left(\frac{|\mathbf{E}_{\theta}|^2}{Z} \right) \cdot r^2 \sin \theta d\theta = \frac{\pi Z |I^e|^2 l}{4\lambda} \int_0^{\pi} \sin^3 \theta d\theta$$

$$P_{\Sigma}^e = \frac{\pi Z |I^e|^2}{3} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad (4.13)$$

- Điện trở bức xạ

$$R_{\Sigma}^e = \frac{2\pi Z}{3} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad \Omega \quad (4.14)$$

- Hệ số tính hướng

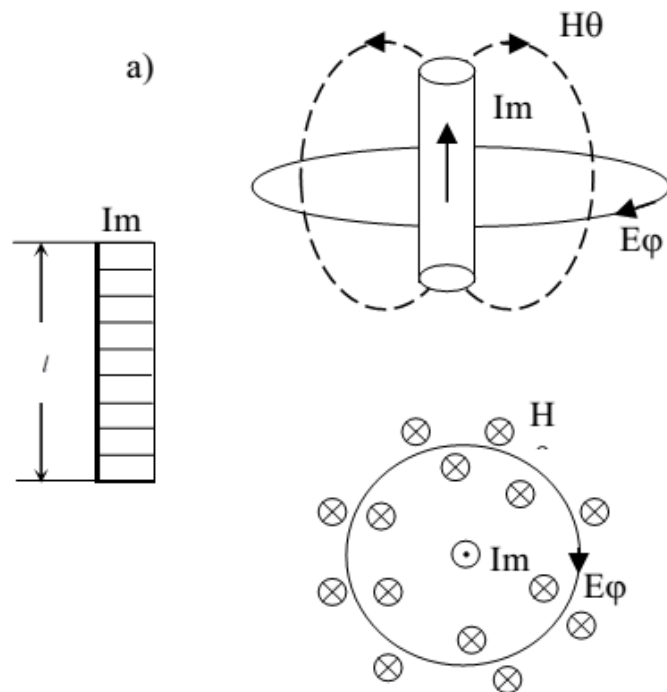
$$D(\theta, \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_h^2(\theta, \varphi) 4\pi r^2}{Z \cdot P_{\Sigma}} = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \quad (4.15)$$

$$D_{\max} = 3/2$$

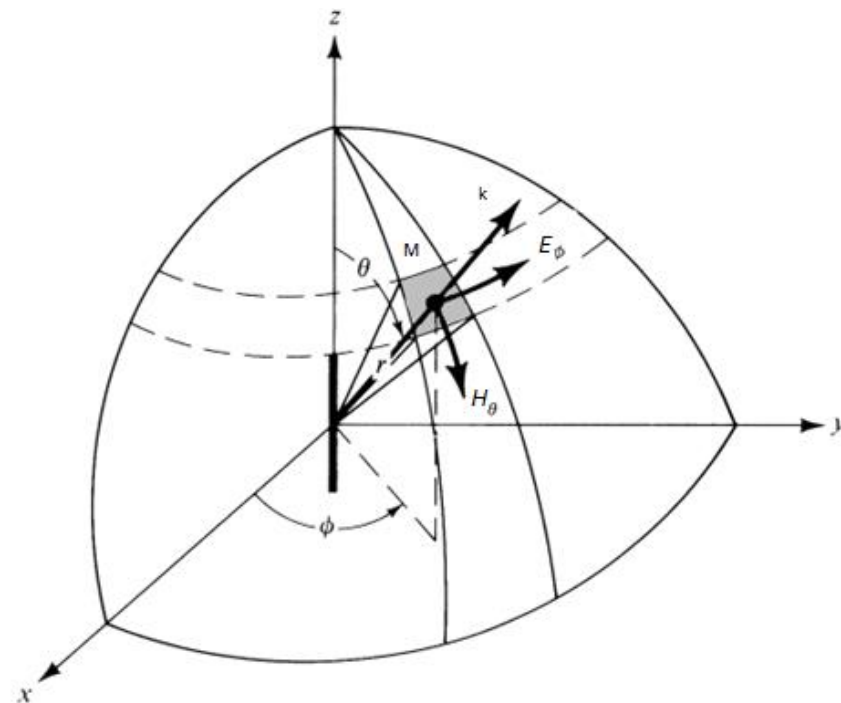
4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Chấn tử từ (dipol từ):

- Là phần tử dẫn từ thẳng, rất mảnh, có độ dài l rất nhỏ so với bước sóng. Dòng từ phân bố đều cả về biên độ và pha



Hình 4.11: Phân bố trường và dòng từ của chấn tử



Hình 4.12: Trường bức xạ của chấn tử từ trong không gian tự do

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Chấn tử từ (dipol từ):

• Khảo sát trường tại điểm M

- Tồn tại vectơ điện trường trong mặt phẳng điện trường (φ)
- Tồn tại vectơ từ trường trong mặt phẳng từ trường (θ)

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{E}_{\varphi} = -\frac{ik}{4\pi} I^m l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_{\varphi} \quad (V / m) \\ \overline{E}_{\theta} = 0 \\ \overline{H}_{\varphi} = 0 \\ \overline{H}_{\theta} = \frac{ik}{4\pi Z} I^m l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_{\theta} \quad (A / m) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Khảo sát tại trường} \\ \text{xa (far field } kr \gg 1) \end{array} \quad (4.16)$$

Trong đó:

- $k = 2\pi/\lambda$: hệ số sóng
- Z : trở kháng sóng của môi trường truyền. Trong không gian tự do $Z = 120\pi$
- I^m : Là dòng điện trong dipol điện
- r : khoảng cách từ tâm O đến điểm khảo sát M
- l : chiều dài của dipol
- θ, φ : các góc tọa độ cầu

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử từ (dipol từ):

- Khảo sát trường tại điểm M

- Trường bức xạ của dipol từ là trường phân cực thẳng, điện trường chỉ có thành phần E_φ và từ trường chỉ có thành phần H_θ
- Mặt phẳng H trùng với mặt phẳng kinh tuyến chứa trục chấn tử, mặt phẳng H trùng với mặt phẳng vĩ tuyến vuông với trục chấn tử

- Hàm tính hướng

$$\overline{f}(\theta, \varphi) = I^m l \sin \theta \cdot \overline{i}_\theta \quad (4.17)$$

$$|\overline{f}(\theta, \varphi)| = I^m \cdot l |\sin \theta|$$

$$|F(\theta)| = |\sin \theta| \quad (\varphi = \text{const}) \quad (4.18)$$

$$|F(\varphi)| = \text{const} \quad (\theta = \text{const})$$

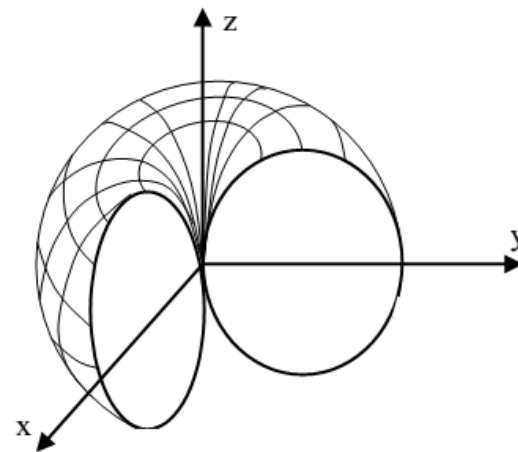
Trường bức xạ có hướng trong mặt phẳng H, vô hướng trong mặt phẳng E

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

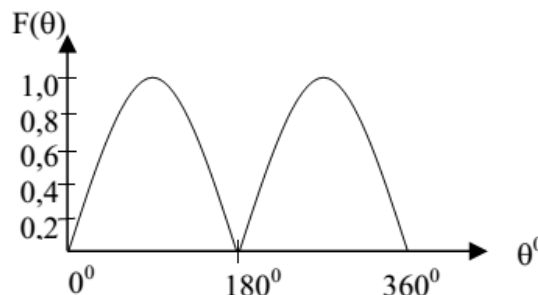
- Chấn tử từ (dipol từ):
 - Khảo sát trường tại điểm M
 - Đồ thị phương hướng

Hình 4.13: Đồ thị phương hướng của dipol từ

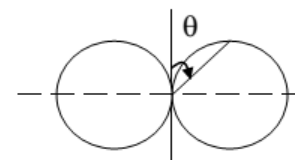
a) Trong không gian



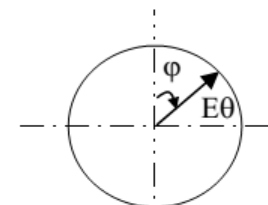
c) Tọa độ vuông góc



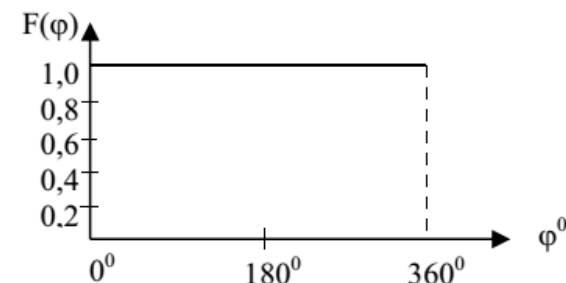
b) Tọa độ cực



$$F(\theta); \varphi = \text{const}$$



$$F(\varphi) = 1; \theta = \text{const}$$



4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Chấn tử từ (dipol từ):
 - Khảo sát trường tại điểm M
 - Công suất bức xạ

$$I^m = ZI^e \quad (4.19)$$

$$P_{\Sigma}^e = \frac{\pi |I^m|^2}{3Z} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad (4.20)$$

- Điện dẫn bức xạ

$$G_{\Sigma}^e = \frac{2\pi}{3Z} \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 \quad (1/\Omega) \quad (4.21)$$

- Hệ số tính hướng

$$D(\theta, \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_h^2(\theta, \varphi) 4\pi r^2}{Z \cdot P_{\Sigma}} = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \quad (4.22)$$

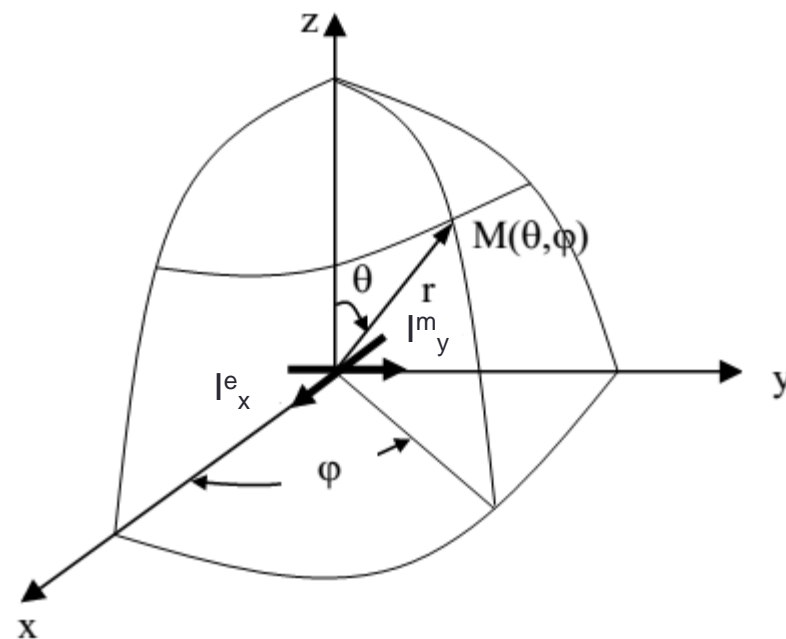
$$D_{\max} = 3/2$$

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

- Cấu tạo: phần tử bức xạ gồm một dipol điện đặt vuông góc với một dipol từ
- Dipol điện đặt theo trục Ox, dòng I_x^e ; Dipol từ đặt theo trục Oy, dòng I_y^m
- Độ dài bằng nhau l
- Quan hệ dòng điện và dòng từ:

$$\frac{I_y^m}{I_x^e} = a.Z \quad (4.23)$$



Hình 4.14: Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

- Khảo sát trường tại điểm M

- Trường bức xạ gồm đủ 4 thành phần E_θ , E_φ , H_θ , H_φ
- Trường tại vùng xa (Far field):

$$\begin{aligned}\overline{E}_\theta &= -\frac{ikZ}{4\pi} I_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\theta \\ \overline{E}_\varphi &= \frac{ikZ}{4\pi} I_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\varphi \\ \overline{H}_\theta &= -\frac{ik}{4\pi} I_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\theta \\ \overline{H}_\varphi &= \frac{ik}{4\pi} I_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} \overline{i}_\varphi\end{aligned}\tag{4.24}$$

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

• Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

• Khảo sát trường tại điểm M

- Hàm tính hướng

$$\begin{aligned}\overline{f_{\theta}}(\theta, \varphi) &= ZI_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \overline{i_{\theta}} \\ \overline{f_{\varphi}}(\theta, \varphi) &= -ZI_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \overline{i_{\varphi}}\end{aligned}\quad (4.25)$$

- Hàm tính hướng biên độ chuẩn hóa

$$\begin{aligned}|F_{\theta}(\theta, \varphi)| &= \frac{\cos \varphi (\cos \theta + a)}{1 + a} \\ |F_{\varphi}(\theta, \varphi)| &= \frac{\sin \varphi (1 + a \cos \theta)}{1 + a}\end{aligned}\quad (4.26)$$

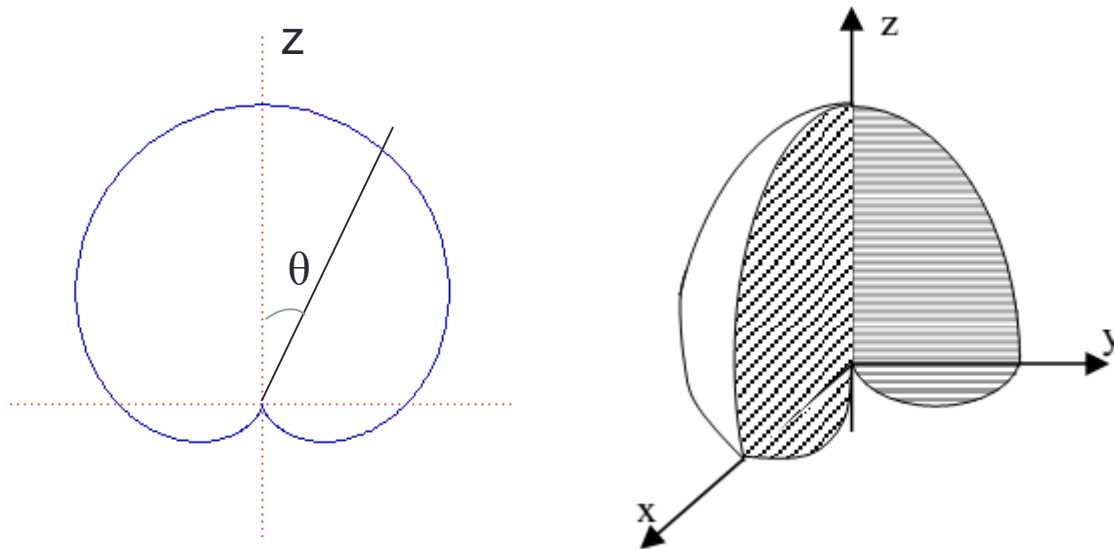
Max khi $\theta = 0$; Min khi $\theta = \pi$

- Hệ số tính hướng ($a = 1$)

$$D(\theta, \varphi) = \frac{3(\cos \theta + 1)^2}{4} \qquad D(\theta, \varphi)_{\max} = 3 \quad (4.27)$$

4.3 – Các nguồn bức xạ nguyên tố

- Nguyên tố bức xạ hỗn hợp
 - Khảo sát trường tại điểm M
 - Đồ thị phương hướng:
 - Đồ thị hình Cardioid tròn xoay
 - Năng lượng bức xạ cực đại về một hướng, là hướng của tích vecto $(\vec{I}^e \times \vec{I}^m)$



Hình 4.15: Đồ thị phương hướng của nguyên tố bức xạ hỗn hợp

Nội dung

- 4.1 Giới thiệu chung về anten
- 4.2 Các tham số cơ bản của anten
- 4.3 Các nguồn bức xạ nguyên tố
- **4.4 Nguyên lý anten thu**
- 4.5 Câu hỏi và bài tập

4.4 – Nguyên lý anten thu

• Khảo sát

- Hai anten đặt cách nhau 1 khoảng cách R trong môi trường đẳng hướng
- Trở kháng tổng là Z_1 và Z_2

$$Z_1 = Z_{L1} + Z_{in1} \quad (4.28)$$

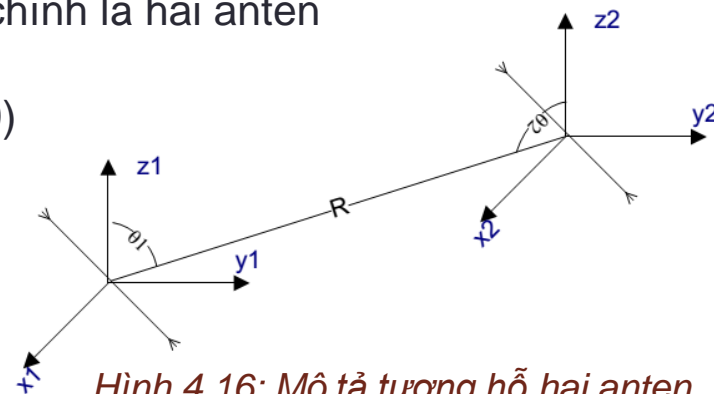
$$Z_2 = Z_{L2} + Z_{in2}$$

Với Z_L là trở kháng của tải nối với anten,
 Z_{in} là trở kháng vào của anten

- Nguyên lý tương hỗ:
 - Môi trường là đẳng hướng nên coi hệ hai anten và môi trường giữa chúng như một mạng hai cửa mà đầu vào và ra chính là hai anten

$$\frac{e_1}{I_{2thu}} = \frac{e_2}{I_{1thu}} \quad (4.29)$$

e : Suất điện động của anten phát
 I_{thu} : Dòng thu được trên anten thu



Hình 4.16: Mô tả tương hỗ hai anten

4.4 – Nguyên lý anten thu

- Xác định suất điện động trên anten thu

- Trường bức xạ của anten 1 tại anten 2 và dòng đầu vào tại anten 2

$$\overline{E}_{21} = \frac{-ik}{4\pi} ZL_{h1} I_{01} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1) \frac{e^{-ikR}}{R}$$

$$\Rightarrow I_{01} = \frac{\overline{E}_{21} \cdot 4\pi R}{-ikZL_{h1} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1) e^{-ikR}} \quad (4.30)$$

Với I_{01} dòng điện đầu vào anten 1

L_{h1} chiều dài hiệu dụng của anten 1

Z Trở kháng tương đương của môi trường truyền

- Suất điện động trên anten

$$I_{01} = \frac{e_1}{Z_1} \Rightarrow \begin{aligned} e_1 &= \frac{\overline{E}_{21} 4\pi R Z_1}{-ikZL_{h1} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1) e^{-ikR}} \\ e_2 &= \frac{\overline{E}_{12} 4\pi R Z_2}{-ikZL_{h2} \overline{F}_2(\theta_2, \varphi_2) e^{-ikR}} \end{aligned} \quad (4.31)$$

4.4 – Nguyên lý anten thu

• Xác định dòng trong tải anten

- **Tổng quát:** Thay (4.31) vào (4.29)

$$\frac{I_{1thu} (Z_{L1} + Z_{in1})}{\overline{E}_{12} L_{h1} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1)} = \frac{I_{2thu} (Z_{L2} + Z_{in2})}{\overline{E}_{21} L_{h2} \overline{F}_2(\theta_2, \varphi_2)} \quad (4.32)$$

- Do các anten là bất kì nên tỉ số (4.32) là hằng số, nên một cách tổng quát ta có:

$$\frac{I_{thu} (Z_L + Z_{in})}{\overline{E}_0 L_h \overline{F}(\theta, \varphi)} = C$$

- Dòng trong tải anten và suất điện động nhận được trên anten thu

$$I_{thu} = C \frac{\overline{E}_0 L_h \overline{F}(\theta, \varphi)}{(Z_L + Z_{in})}$$

Với \overline{E}_0 Cường độ trường sóng tới tại điểm đặt anten thu

$$e_0 = C \overline{E}_0 L_h \overline{F}(\theta, \varphi)$$

4.6 Câu hỏi và bài tập

10. Xác định hệ số hướng tính (theo dBi) của một anten có tính hướng tạo nên mật độ công suất tại điểm xem xét là 3mW/m^2 khi mà anten vô hướng tạo nên mật độ công suất cũng tại điểm đó là $0,5\mu\text{W/m}^2$.

(a) 30,8 dBi; (b) 33,8 dBi; (c) 35,8 dBi; (d) 37,8 dBi

11. Xác định hệ số khuếch đại (theo dBi) của anten có hệ số hướng tính là 40 và hiệu suất làm việc 60%.

(a) 13,8 dBi; (b) 15,8 dBi; (c) 17,8 dBi; (d) 20,8 dBi

12. Xác định công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (theo dBW và dBm) của một anten có hệ số hướng tính 43 dBi, hiệu suất 70% và công suất đầu vào anten là 5 W.

(a) 45,44 dBW và 75,44 dBm; (b) 48,44 dBW và 78,44 dBm; (c) 45,44 dBW và 78,44 dBm; (d) 48,44 dBW và 75,44 dBm

3.6 Câu hỏi và bài tập

13. Một anten có điện trở bức xạ 20Ω , điện trở tổn hao $0,5\Omega$ và hệ số hướng tính là 200.

a, Xác định hiệu suất của anten.

(a) 87,56 %; (b) 90,56 %; (c) 95,56 %; (d) 97,56 %

b, Xác định hệ số khuếch đại.

(a) 22,4 dBi; (b) 22,6 dBi; (c) 22,8 dBi; (d) 22,9 dBi

14. Một anten có công suất bức xạ 65W, công suất tổn hao 5W và hệ số hướng tính là 500.

a, Xác định hiệu suất của anten.

(a) 90,86 %; (b) 92,86 %; (c) 95,86 %; (d) 97,86 %

b, Xác định hệ số khuếch đại.

(a) 26,6 dBi; (b) 26,7 dBi; (c) 26,8 dBi; (d) 26,9 dBi