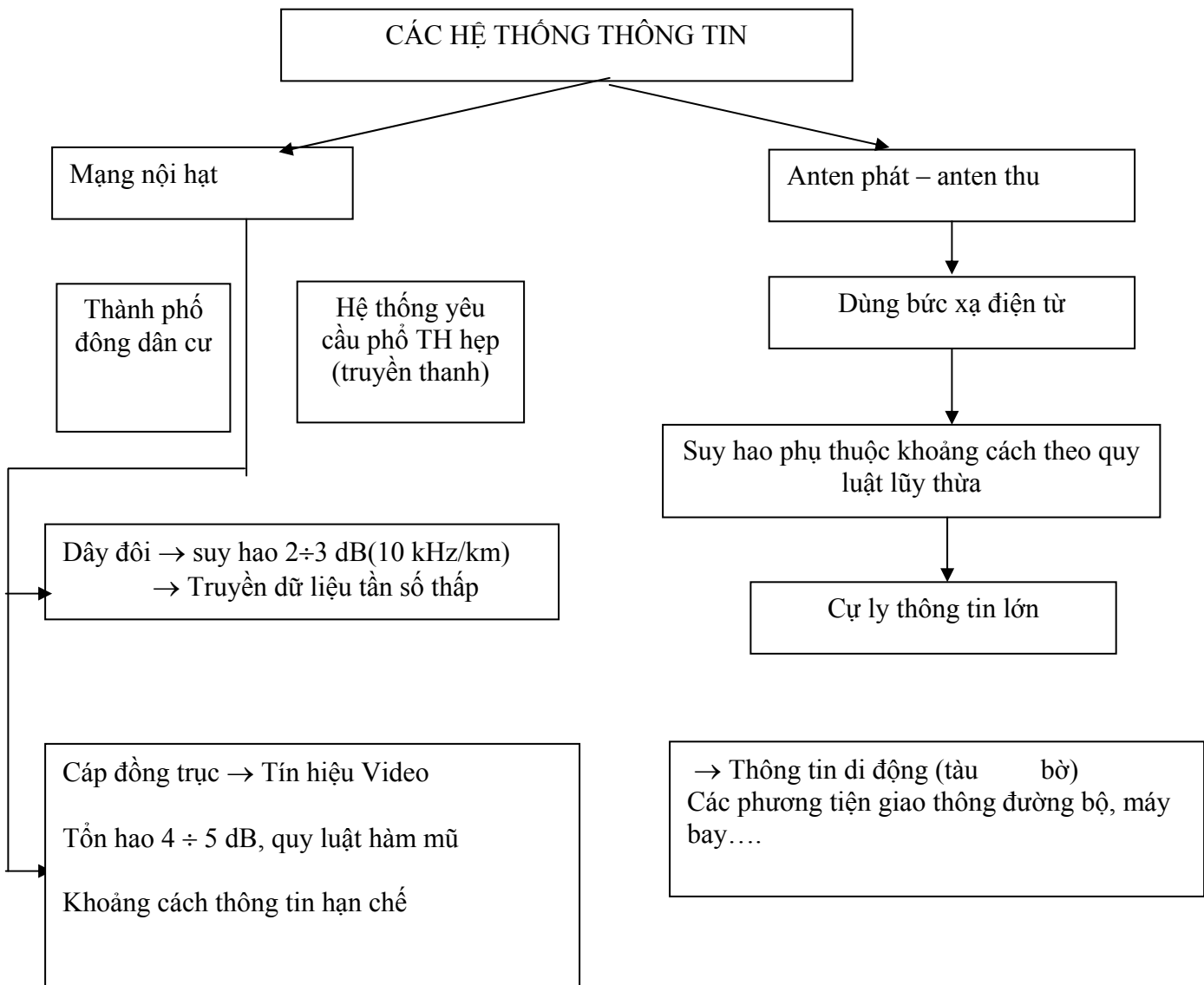


# CHƯƠNG I. GIỚI THIỆU

## §1.1 LỊCH SỬ

- \* Thông tin điện : - Telegraphy (1884)
- Telephony (1878)

- \* Nền tảng lý thuyết : LT trường điện từ Maxwell (1854)
- \* Hệ thống Telegraphy không dây dùng bức xạ điện từ (Marconi – 1897)
- \* Đèn điện tử và phát dao động (1904 – 1915)



- Thông tin vệ tinh
- Kinh tế
- Bảo mật
- \* Nhược điểm : Hiệu suất thấp

## §1.2 CÁC HỆ THỐNG ANTEN

- + Anten thông dụng :
  - Anten râu trên ô tô
  - Anten tai thỏ trên tivi
  - Anten vòng cho UHF
  - Anten Log-chu kỳ cho TV
  - Anten Parabol thu sóng vệ tinh
- + Trạm tiếp sóng vi ba (Microwave Relay)
  - Anten mặt
  - Anten Parabol bọc nhựa
- + Hệ thống thông tin vệ tinh :
  - Hệ anten loa đặt trên vệ tinh
  - Anten chảo thu sóng vệ tinh
  - Mảng các loa hình nón chiếu xạ (20-30GHz)
- + Anten phục vụ nghiên cứu khoa học

### QUY ƯỚC VỀ CÁC DẢI TẦN SỐ

Dải tần số	Tên, ký hiệu	Ứng dụng
3 – 30 kHz	Very low freq. (VLF)	Đạo hàng, định vị
30 – 300kHz	Low freq. (LF)	Pha vô tuyến cho mục đích đạo hàng
300 – 3000kHz	Medium freq. (MF)	Phát thanh AM, hàng hải, trạm thông tin duyên hải, chỉ dẫn tìm kiếm
3 – 30 MHz	High Freq. (HF)	Điện thoại, điện báo, phát thanh sóng ngắn, hàng hải, hàng không
30 – 300MHz	Very High Freq. (VHF)	TV, phát thanh FM, điều khiển giao thông, cảnh sát, taxi, đạo hàng
0,3 – 3 GHz	Ultrahigh (UHF)	TV, thông tin vệ tinh, do thám, Radar giám sát, đạo hàng
3 – 30 GHz	Superhigh freq. (SHF)	Hàng không, Viba (microwave links), thông tin di động, thông tin vệ tinh
30 – 300GHz	Extremely high freq. (EHF)	Radar, nghiên cứu khoa học

### §1.3 KHÁI QUÁT VỀ TRUYỀN SÓNG ĐIỆN TỬ

+ Dải phát thanh AM chuẩn (0,55 – 1,6 MHz): Dùng tháp anten

+ Dải sóng dài :

- Anten đơn giản với độ lợi thấp, đặt trên mặt đất.
- Mode truyền: sóng mặt, suy hao  $\sim R^{-4}$ .
- Mức nhiễu cao do nhiễu công nghiệp
- Cần máy phát công suất lớn (50-500kW)
- Mức nhiễu và suy hao cao
- Cự ly thông tin cỡ vài trăm dặm
- Suy hao tăng nhanh theo tần số (không sử dụng cho TS>20MHz)
- Chiều cao của anten cần được lựa chọn thích hợp.
- Có thể có hiện tượng Fading trong thời gian hàng giây, phút, chịu ảnh hưởng của nhiệt độ và độ ẩm không khí. → khắc phục Fading → phân tập theo không gian và tần số.

+ Dải sóng 30 – 40 MHz :

- Có thể sử dụng sự phản xạ từ tầng điện ly
- Cự ly thông tin hàng ngàn km → các dịch vụ truyền thông quốc tế
- Sự phản xạ phụ thuộc mật độ điện tử tạo bởi bức xạ mặt trời
- Không được sử dụng trên 40MHz (do xuyên qua và fading)

+Trên 40MHz

- Truyền thẳng (TV, Viba)
- Kích thước anten phải lớn gấp một số lần bước sóng
- Ở dải sóng Viba ( 3 – 30cm) có thể dùng những anten gương có độ lợi cao (40-50dB), công suất máy phát giảm, nhiễu khí quyển giảm, có thể dùng tín hiệu biên độ nhỏ

+ Dải sóng mm :

- Suy giảm sóng do khí quyển hoặc do mưa tăng
- Cự ly thông tin bị giới hạn

## CHƯƠNG 2

### CƠ SỞ LÝ THUYẾT AN TEN, CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA AN TEN

#### §2.1 MỞ ĐẦU

*Một số qui ước về ký hiệu:* chữ nét đậm  $\rightarrow$  vector, chữ nghiêng  $\rightarrow$  thông số

+ **Định nghĩa anten:** là một cấu trúc được làm từ những vật liệu dẫn điện tốt, được thiết kế để có hình dạng kích thước sao cho có thể bức xạ sóng điện từ theo một kiểu nhất định một cách hiệu quả.

+ **Nguyên lý hoạt động:** dòng điện thay đổi theo thời gian trên bề mặt anten  $\rightarrow$  bức xạ sóng điện từ

$\rightarrow$  Anten là một cấu trúc mà dòng thay đổi theo thời gian, được cấp từ một nguồn thích hợp qua đường truyền hoặc ống dẫn sóng, có thể bị kích thích với biên độ lớn trên bề mặt anten.

+ **Yêu cầu về cấu trúc anten:** đơn giản, kinh tế (ví dụ : anten nửa sóng)

+ **Bài toán chính của lý thuyết và kỹ thuật anten:** xác định phân bố mật độ dòng điện  $\mathbf{J}$  trên bề mặt anten sao cho trường bức xạ thỏa mãn các điều kiện biên trên anten. Bài toán này thường chỉ có thể giải gần đúng.

+ Phân bố dòng trên anten có thể được xác định chính xác hơn khi xác định được đặc trưng trở kháng của anten.

+ Từ đặc tính tuyến tính của hệ phương trình Maxwell, về nguyên tắc có thể xác định được phân bố trường tổng khi biết phân bố trường của phân tử dòng.

+ Các phương trình Maxwell, thế vector và thế vô hướng là những công cụ toán học chủ yếu để giải bài toán về anten.

+ **Các đặc trưng cơ bản của một anten:**

- Kiểu bức xạ (hàm phương hướng).

- Độ rộng tia, hệ số định hướng, điện trở bức xạ.

+ **Các phần tử bức xạ cơ bản:** Phần tử dòng điện nguyên tố, vòng điện nguyên tố, dòng từ nguyên tố, vòng từ nguyên tố.

## § 2.2 PHƯƠNG TRÌNH MAXWELL VÀ CÁC ĐIỀU KIỆN BIÊN

### 2.2.1 HỆ PHƯƠNG TRÌNH MAXWELL

+ Đối tượng chủ yếu của thuyết và kỹ thuật anten là khảo sát sự bức xạ và thu trường điều hòa  $\sim e^{j\omega t}$ .

+ Dòng điện và trường sẽ được biểu diễn dưới dạng các vector mà các thành phần của chúng là các số phức. Khi đó, trường thực có dạng:

$$\mathcal{E}(\mathbf{r}, t) = \text{Re } \vec{\mathbf{E}}(\mathbf{r}) e^{j\omega t} \quad (2.1)$$

+ Các phương trình Maxwell: (2.2.a  $\rightarrow$  e)

$$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = -j\omega \vec{\mathbf{B}} \quad (2.2a)$$

$$\nabla \times \vec{\mathbf{H}} = j\omega \vec{\mathbf{D}} + \vec{\mathbf{J}} \quad (2.2b)$$

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{D}} = \rho \quad (2.2c)$$

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{B}} = 0 \quad (2.2d)$$

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{J}} = -j\omega\rho \quad (2.2e)$$

+ Trong chân không :

$$\vec{\mathbf{D}} = \epsilon_0 \vec{\mathbf{E}}, \quad \vec{\mathbf{B}} = \mu_0 \vec{\mathbf{H}}, \quad (2.3a);$$

+  $\epsilon_0 = 10^{-9} / 36\pi$  (Fara/met);  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (Henry/met)

+ Trong môi trường có hằng số điện môi  $\epsilon$  và độ dẫn điện  $\sigma$ : dòng dẫn  $\vec{\mathbf{J}}_c = \sigma \vec{\mathbf{E}}$

$$(2.2b) \Rightarrow \nabla \times \vec{\mathbf{H}} = (j\omega\epsilon + \sigma) \vec{\mathbf{E}} + \vec{\mathbf{J}} = j\omega \left( \epsilon + \frac{\sigma}{j\omega} \right) \vec{\mathbf{E}} + \vec{\mathbf{J}}$$

### 2.2.2 CÁC ĐIỀU KIỆN BIÊN

BIÊN CỦA MỘT VẬT DẪN LÝ TƯỞNG ( $\sigma = \infty$ ): (2.5)

Bên trong vật dẫn:  $\vec{\mathbf{E}}, \vec{\mathbf{H}} = 0$

Trên bề mặt:  $\vec{\mathbf{n}} \times \vec{\mathbf{E}} = 0, \quad \vec{\mathbf{n}} \cdot \vec{\mathbf{H}} = 0$

Mật độ dòng điện mặt:  $\vec{\mathbf{J}}_s = \vec{\mathbf{n}} \times \vec{\mathbf{H}}$

Mật độ điện tích mặt:  $\rho_s = \vec{\mathbf{n}} \cdot \vec{\mathbf{D}}$

BIÊN CỦA MỘT VẬT DẪN KHÔNG LÝ TƯỞNG: Trường điện từ xuyên qua bề mặt với biên độ giảm theo hàm mũ:  $e^{-z/\delta}$  ( $\delta = (2/\omega\mu_0\sigma)^{1/2}$  với đồng  $\sigma = 5.8 \times 10^7$  S/m,  $\delta = 6.6 \times 10^{-3}$  cm ở tần số 1MHz, và  $2.1 \times 10^{-4}$  cm ở 1GHz) (2.7)

**Ví dụ**: với đồng,  $\sigma = 5.8 \times 10^7$  S/m,  $\delta = 6.6 \times 10^{-3}$  cm ở tần số 1MHz, và  $2.1 \times 10^{-4}$  cm ở tần số 1GHz.

Trong đa số các trường hợp thực tế có thể coi trường điện từ không xuyên qua các vật dẫn tốt như kim loại. Tuy nhiên, khi tính đến điện trở của các vật dẫn kim loại

thì cần tính tới tổn hao Joule theo định luật Ohm (tổn hao của đường truyền, ống dẫn sóng...)

### TÍNH TỔN HAO:

Từ trường  $\vec{H}$  tạo ra dòng mặt  $\vec{J}_s = \vec{n} \times \vec{H}$  (định luật Ampere)

Thành phần tiếp tuyến của điện trường liên quan với mật độ dòng điện mặt:

$$\vec{n} \times \vec{E} = Z_s \vec{n} \times \vec{J}_s \text{ (ĐL Ohm)} \quad (2.8)$$

Trong đó  $Z_s$  là trở kháng bề mặt của vật dẫn:  $Z_s = (1+j)/\sigma\delta_s$  (Ohm/dt) (2.9)

Bao gồm thành phần thuần trở  $1/\sigma\delta_s$  (điện trở của lớp da có chiều sâu  $\delta_s$ ) và thành phần cảm ứng do sự xuyên qua của từ trường.

Tổn hao trên đơn vị diện tích được cho bởi phần thực của vector Poynting hướng vào vật dẫn tại bề mặt vật dẫn:

$$\vec{P} = \frac{1}{2} \frac{|\vec{J}_s|^2}{\sigma\delta_s} \quad (2.10)$$

- Nếu  $\sigma = \infty$ , thì chiều sâu lớp da, và do đó trở kháng bề mặt và tổn hao = 0

- Thường người ta so sánh trở kháng bề mặt với trở kháng của không gian tự do:

$$Z_0 = \left( \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \right)^{1/2} = 377 \text{ Ohm} \quad (2.11)$$

- Với Cu, tại 1MHz,  $Z_s = 2.6 \times 10^{-4} (1+j)$  Ohm

- Kết quả trên có thể áp dụng cho các vật dẫn tốt khác và cho các bề mặt có bán kính cong lớn hơn nhiều so với độ sâu lớp da.

### BIÊN GIỮA HAI ĐIỆN MÔI:

$$\vec{n} \times \vec{E}_1 = \vec{n} \times \vec{E}_2, \quad \vec{n} \times \vec{H}_1 = \vec{n} \times \vec{H}_2, \quad \vec{n} \times \vec{D}_1 = \vec{n} \times \vec{D}_2$$

### 2.2.3 THỂ VECTOR VÀ THỂ VÔ HƯỚNG

$$\text{Từ (2.2a), (2.2b) và (2.3) } \Rightarrow \nabla \times \nabla \times \vec{E} = k_0^2 \vec{E} - j\omega\mu_0 \vec{J}, \quad (2.12)$$

Với  $k_0 = \omega(\mu_0\epsilon_0)^{1/2}$  là số sóng của không gian tự do

- Theo phương trình này điện trường có thể được tìm trực tiếp khi biết phân bố dòng.

Trong thực tế có thể đơn giản hóa bài toán nhờ thể vector  $\vec{A}$  và thể vô hướng  $\Phi$ :

Mặt khác bất cứ vectơ nào với zero curl đều có thể biểu diễn dưới dạng gradient của một hàm vô hướng. Do đó có thể đặt:

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A} \quad (2.13)$$

- Vì  $\nabla \times \nabla \times \vec{A} = 0$  nên  $\vec{A}$  được gọi là thể vector.

- Sử dụng công thức của giải tích vector  $\Rightarrow$

$$\nabla^2 \vec{A} + k_0^2 \vec{A} = -\mu_0 \vec{J} + \nabla(\nabla \cdot \vec{A} + j\omega\mu_0\epsilon_0\Phi) \quad (2.14)$$

- Để đơn giản ta chọn:  $\nabla \times \vec{A} = -j\omega\mu_0\epsilon_0\Phi$  (Điều kiện Lorentz) (2.15)

- Khi đó (2.14) trở thành:  $\nabla^2 \vec{A} + k_0^2 \vec{A} = -\mu_0 \vec{J}$  (2.16)

- Thay các phương trình (2.14) và (2.15) vào (2.2c)  $\Rightarrow$

$$\nabla^2 \Phi + k_0^2 \Phi = -\rho / \epsilon_0 \quad (2.17)$$

- Sử dụng điều kiện Lorentz và (2.14) =>

$$\vec{E} = -j\omega\vec{A} + \nabla\nabla\cdot\vec{A} / j\omega\mu_0\epsilon_0 \quad (2.18)$$

- Trường hợp nguồn dòng :

$$\vec{J} = J_z \cdot \vec{a}_z \text{ thì } \vec{J} = J_z \cdot \vec{a}_z \text{ và } (\nabla^2 + k_0^2)A_z = -\mu_0 J_z \quad (2.19)$$

## § 2.3 BỨC XẠ CỦA PHẦN TỬ DÒNG ĐIỆN

- Định nghĩa phần tử dòng điện:  $\vec{l}dl$  thẳng, rất mỏng, rất ngắn. Giả thiết dữ liệu // (z).

- Thế vector chỉ có một thành phần theo phương (z) tuân theo PT (2.19). trong đó  $J_z = I/dS$ , với  $dS$  là tiết diện của phần tử dòng. Thể tích  $dV \ll \lambda$  nên phần tử dòng có thể coi như nguồn định xứ tại một điểm.

- Nguồn đối xứng cầu  $\rightarrow A_z$  chỉ là hàm của r

- Với  $r \neq 0$ :

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial A_z}{\partial r}) + k_0^2 A_z = 0 \quad (2.20)$$

- Thay  $A_z = \frac{\Psi}{r}$  thì  $\frac{dA_z}{dr} = \frac{1}{r} \frac{d\Psi}{dr} - \frac{\Psi}{r^2}$  và (2.20) trở thành :

$$\frac{d^2\Psi}{dr^2} + k_0^2\Psi = 0 \quad (2.21)$$

- Phương trình dao động điều hoà này có 2 nghiệm :  $C_1 e^{-jk_0 r}$  và  $C_2 e^{jk_0 r}$

- Nếu chọn nghiệm thứ nhất và tính tới biến thời gian t thì có thể viết:

$$\Psi_{(r,t)} = C_1 e^{-jk_0 r + j\omega t}$$

Lưu ý:  $k = \frac{\omega}{c}$  ,  $C = (\mu_0 E_0)^{\frac{1}{2}}$

Thì thu được:  $\Psi_{(r,t)} = C_1 e^{j\omega(t - r/c)}$  (2.22)

- Nhận xét: Phương trình sóng bức xạ với góc pha ban đầu  $k_0 r$ , thời gian trễ  $r/c$

- Tính C1: Tích phân (2.19) trong thể tích của hình cầu có bán kính ro rất nhỏ, viết:(công thức)

- Lưu ý:  $dV = r^2 \sin \theta d\theta d\phi dr$  và  $A_z$  là hàm của  $1/r$ . Nếu chọn ro rất nhỏ thì tích phân khối của  $A_z$  sẽ tỷ lệ với  $r^2$  và có thể bỏ qua. Tích phân khối của  $J_z$  chính là  $Idl$ , ta có: (ý nghĩa của grad)

- Lời giải cuối cùng của  $\vec{A}$  sẽ là:

$$\vec{A} = \mu_0 Idl \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \vec{a}_z \quad (2.24)$$

\* Nhận xét: - Thế vector có dạng sóng lan truyền ra không gian với biên độ giảm tỷ lệ nghịch với r.

- Các mặt sóng đồng pha có dạng hình cầu bán kính r, tâm = góc toạ độ.

- Vận tốc pha = (công thức)

$$\text{- Bước sóng} \quad \lambda_o = \frac{2\pi}{k_o} = \frac{C}{\frac{\omega}{2\pi}} = \frac{C}{f} \quad (2.25)$$

Tìm biểu thức của của trường:

- Sử dụng (2.13) và (2.18) và hệ toạ độ cầu.

- Biểu diễn  $\vec{A}$  theo các thành phần trong hệ toạ độ cầu và lưu ý rằng:

$$\text{Ta có:} \quad \vec{A} = \frac{\mu_0 Idl}{4\pi r} e^{-jk_0 r} (\vec{a}_r \cos\theta - \vec{a}_\theta \sin\theta) \quad (2.26)$$

Dùng (2.13):

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu_0} \nabla \times \vec{A} = \frac{Idl \sin\theta}{4\pi} \left( \frac{jk_0}{r} + \frac{1}{r^2} \right) e^{-jk_0 r} \vec{a}_\phi \quad (2.27)$$

$$\text{Từ (2.18) } \Rightarrow \quad \vec{E} = -j\omega \vec{A} + \frac{\nabla \nabla \cdot \vec{A}}{j\omega \mu_0 \epsilon_0} = E_r \vec{a}_r + E_\theta \vec{a}_\theta \quad (2.28)$$

- Nếu r rất lớn so với bước sóng thì : (vùng xa) bỏ qua các số  $\frac{1}{r^2}, \frac{1}{r^3}$

$$\vec{E} = jZ_0 Idl k_0 \sin\theta \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \vec{a}_\theta \quad (2.29a)$$

$$\vec{H} = jIdl k_0 \sin\theta \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \vec{a}_\phi \quad (2.29b)$$

\* Nhận xét:

- Vậy ở khu xa, trường bức xạ chỉ có thành phần ngang, điện trường và từ trường vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng. tỷ số biên độ của chúng chính bằng trở kháng sóng của không gian tự do  $Z_0$ ;  $Z_0 = \left( \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \right)^{\frac{1}{2}}$

- Dạng vector:

$$\vec{E} = -Z_0 \vec{a}_r \times \vec{H} \quad (2.30a)$$

$$\vec{H} = Y_0 \vec{a}_r \times \vec{E} \quad (2.30b)$$

Trong đó:  $Y_0 = Z_0^{-1}$

- Trường không có tính đối xứng cầu. ( $\vec{E}$  và  $\vec{H}$  phụ thuộc  $\sin\theta$ )

\* Vector Poynting phức:

$$\frac{1}{2} \vec{E} \times \vec{H}^* = I I^* Z_0 (dl)^2 k_0^2 \sin^2 \theta \frac{\vec{a}_r}{32\pi^2 r^2} \quad (2.31b)$$



Có dạng thuần thực, (trường bức xạ) có hướng trùng với hướng lan truyền, và công suất bức xạ giảm tỷ lệ nghịch với  $r^2$

\* Các số hạng còn lại của (2.27) và (2.28): chiếm ưu thế khi  $r < \lambda_0$  và tạo ra trường phản ứng ở khu gần vì tính thuần ảo của vector Poynting.

- Nếu  $k_0 r$  rất nhỏ sao cho có thể thay  $e^{-jk_0 r} \cong 1$  thì: (khu gần)

$$\vec{H} = \frac{Id\ell k_0 \sin \theta}{4\pi r} \vec{a}_\varphi \quad (2.32a)$$

$$\vec{E} = \frac{Z_0 Id\ell}{4\pi} \left[ \frac{2 \cos \theta}{r^2} \left( 1 + \frac{1}{jk_0 r} \right) \vec{a}_r + \frac{\sin \theta}{r^2} \left( 1 + \frac{1}{jk_0 r} \right) \vec{a}_\theta \right] \quad (2.32b)$$

Cho  $k_0 r \ll 1$  và thay  $1 + 1/k_0 r \Rightarrow$  phương trình (2.32b) trở thành

$$\vec{E} = \frac{Qd\ell}{4\pi} \left[ \frac{2 \cos \theta}{r^3} \vec{a}_r + \frac{\sin \theta}{r^3} \vec{a}_\theta \right] \quad (2.32c)$$

Lưu ý : - Tương tự như phân bố trường tĩnh của một dipole điện.

- Mặc dù trường ở khu gần không đóng góp vào công suất bức xạ, chỉ liên quan đến sự tích tụ năng lượng ở khu vực bao quanh ngay gần anten, nhưng cần được tính đến khi tính trở kháng anten.

- Biểu thức của vector Poynting phức, được tính bởi việc sử dụng các biểu thức tổng quát của trường sẽ có phần thực (phần liên quan trực tiếp đến bức

xạ) chỉ bao gồm trường bức xạ cho bởi biểu thức (2.31)

## § 2.4 MỘT SỐ CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA ANTEN

Bức xạ của một phân tử dòng điện còn được gọi là bức xạ lưỡng cực. Được dùng để định nghĩa các thông số cơ bản của anten nói chung.

### Kiểu bức xạ:

Phân bố tương đối của công suất bức xạ như là hàm của hướng bức xạ trong không gian

- Công suất bức xạ của dipole nguyên tố tỷ lệ với  $\sin^2 \theta$  (2.31). Kiểu bức xạ có dạng hình số 8 như hình sau:

(hình vẽ)

-a) Mặt 3 chiều

-b) Mặt E

-c) Mặt H

\* **Tia nửa công suất:** Giữa các điểm mà công suất bức xạ =  $\frac{1}{2}$  công suất cực đại

**Hệ số định hướng và độ lợi:**

- Các anten thường không bức xạ đồng đều theo mọi hướng.  
- Sự thay đổi của cường độ bức xạ theo hướng không gian được mô tả bởi hàm hệ số định hướng  $D(\theta, \varphi)$  của anten.

- Cường độ bức xạ là công suất bức xạ góc đặt (hay góc khối). Chính bằng tích của vector Poynting với  $r^2$ .

- Đối với dipole nguyên tố: (lưu ý (31))

$$\frac{dP_r}{d\Omega} = I.I^* Z_0 (d\ell)^2 k_0^2 \frac{\sin^2 \theta}{32\pi^2} \tag{2.33}$$

**Định nghĩa hệ số định hướng:**

$$D(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{dP_r / d\Omega}{P_r} \tag{2.34}$$

Với  $P_r$  là công suất bức xạ toàn phần.

- Với dipole nguyên tố: từ (2.33) =>

$$P_r = \frac{I.I^* Z_0 (d\ell k_0)^2}{12\pi} \tag{2.35}$$

Vì  $d\Omega = \sin\theta \, d\theta \, d\varphi$ .

Từ (2.33) và (2.34) =>

$$D(\theta, \varphi) = 1,5 \sin^2 \theta \tag{2.36}$$

Cực đại đạt giá trị 1.5 khi  $\theta = \pi/2$ .

• **Hệ số định hướng cực đại** (thường viết tắt là hệ số định hướng) đặc trưng cho khả năng của anten tập trung năng lượng bức xạ theo một hướng cho trước.

• **Anten vô hướng:** Bức xạ đồng đều theo mọi hướng.

• **Độ lợi**  $G(\theta, \varphi)$  của 1 anten được định nghĩa tương tự như hệ số định hướng, nhưng công suất bức xạ được thay bằng công suất toàn phần đặt vào anten  $P_{in}$ .

• **Hiệu suất của anten:**  $P_r = \eta P_{in}$  (2.37)

• **Vậy:**  $G(\theta, \varphi) = \eta G(\theta, \varphi)$  (2.38)

\* **Effective isotropic radiated power:** (EIRP) = (input power) x (maximum gain).

chẳng hạn 1 anten có độ lợi = 10, công suất nguồn = 1W chỉ đạt hiệu quả như 1 anten có độ lợi 2 và công suất 5W. Cả hai anten có cùng 1 chỉ số EIRP. vậy có thể giảm công suất máy phát nếu sử dụng anten có độ lợi cao.

\* **Điện trở bức xạ  $R_a$ :**

- Định nghĩa: là điện trở tương đương tiêu thụ cùng 1 lượng công suất như anten bức xạ khi dòng cung cấp như nhau.

- **Đối với anten dipode:**

$$\Rightarrow R_a = \frac{Z_0 (d\ell k_0)^2}{6\pi} = 80\pi^2 \left( \frac{d\ell}{\lambda_0} \right)^2 \tag{2.39}$$