

Kết quả nghiên cứu tuần 2
Phòng thí nghiệm Thông tin Vô tuyến

Tín Vũ

tinvu1309@gmail.com

❶ Tài liệu tham khảo

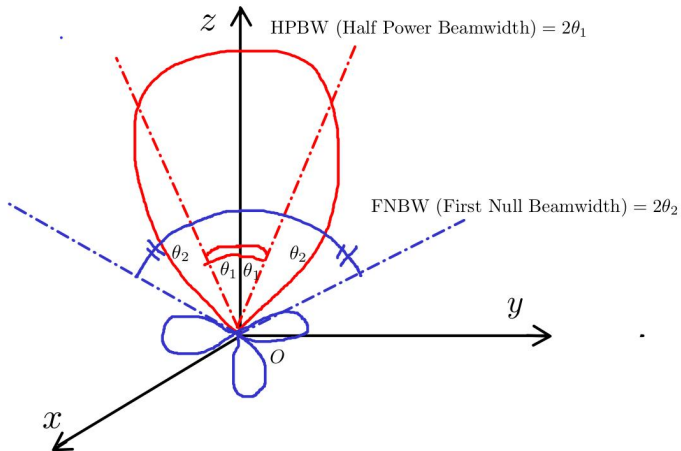
❷ Các tham số cơ bản của Antenna

- Beamwidth
- Directivity
 - Ví dụ 1
 - Ví dụ 2
 - Ví dụ 3
 - Ví dụ 4

Tài liệu tham khảo được sử dụng để nghiên cứu gồm: Antenna Theory (A.Balanis).

Các tham số cơ bản của Antenna

- Beamwidth



Hình: Beamwidth model

Các tham số cơ bản của Antenna

Theo IEEE, khái niệm "beamwidth" được định nghĩa là khoảng cách góc giữa hai điểm giống nhau đối xứng qua trục xác định.

Trong quá trình thiết kế antenna, nếu giảm beamwidth thì side lobe tăng và ngược lại.

Ví dụ: Antenna có cường độ bức xạ chuẩn hóa được biểu diễn như sau:

$$U(\theta) = \cos^2 \theta \cos^2 3\theta \quad \left(0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}, 0 \leq \phi \leq 2\pi\right)$$

Hãy tìm HPBW và FNBW.

Từ công thức $U = r^2 W$ đã được thảo luận ở slide trước, ta thấy U, W, P là 3 đại lượng tỉ lệ thuận với nhau. Hiển nhiên ta có:

$$P(\theta_h) = \frac{1}{2}P(\theta) \Leftrightarrow U(\theta_h) = \frac{1}{2}U(\theta) = \frac{1}{2}$$

Giải phương trình lượng giác trên, ta thu được giá trị $\theta_h = 0.25 \text{ (rad)}$, vậy ta có $\text{HPBW} = 2\theta_h = 0.5 \text{ (rad)}$. Hoàn toàn tương tự, ta cũng dễ dàng tìm được FNBW:

$$U(\theta_f) = 0$$

Ta thu được 2 nghiệm $\theta_{f1} = \frac{\pi}{6} \text{ (rad)}$ và $\theta_{f2} = \frac{\pi}{2} \text{ (rad)}$. Nghiệm đầu tiên θ_{f1} chính là nghiệm của FNBW:

$$\text{FNBW} = 2\theta_{f1} = \frac{\pi}{3} \text{ (rad)} \quad (\text{side lobe angular})$$

Nghiệm thứ hai θ_{f2} chính là nghiệm của SNBW (second null beamwidth):

$$\text{SNBW} = 2\theta_{f2} = \pi \text{ (rad)} \quad (\text{back lobe angular})$$

Các kết quả này hoàn toàn khớp với mô hình đã được trình bày ở trên.

Các tham số cơ bản của Antenna

- Directivity

Khái niệm "directivity" của antenna được định nghĩa là tỉ số giữa cường độ bức xạ tại một hướng với cường độ bức xạ tại mọi hướng (của một antenenna đẳng hướng đã được phân tích ở slide trước).

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{U}{P_{rad}/(4\pi)} = \frac{4\pi U}{P_{rad}}$$

Trong hệ tọa độ cầu, chúng ta định nghĩa:

$$D = D_\phi + D_\theta$$

với:

$$D_\phi = \frac{4\pi U_\phi}{(P_{rad})_\phi + (P_{rad})_\theta}$$

$$D_\theta = \frac{4\pi U_\theta}{(P_{rad})_\phi + (P_{rad})_\theta}$$

Các tham số cơ bản của Antenna

Ví dụ 1: xét một antenna có mật độ bức xạ:

$$W_{rad} = \hat{a}_r W_r = \hat{a}_r A_0 \frac{\sin \theta}{r^2} \quad (W/m^2)$$

Với điều kiện bị giới hạn bởi mặt kín $S = \{(\phi, \theta) | 0 \leq \phi \leq 2\pi, 0 \leq \theta \leq \pi\}$. Viết phương trình hàm $D(\phi, \theta)$ và tính $D_{max}(\phi, \theta)$. Từ công thức:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}}$$

Ta cần xác định U và P_{rad} :

$$P_{rad} = \iint_S W_{rad} \hat{a}_r da = \iint_S W_{rad} \hat{a}_r r^2 \sin \theta d\theta d\phi = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi A_0 \sin^2 \theta d\theta d\phi = \pi^2 A_0$$

$$U = r^2 W_{rad} = A_0 \sin \theta \Rightarrow D = \frac{4 \sin \theta}{\pi}$$

Vậy ta có:

$$D(\phi, \theta) = \frac{4 \sin \theta}{\pi} \Rightarrow D_{max}(\phi, \theta) = \frac{4}{\pi}$$

Các tham số cơ bản của Antenna

Ví dụ 2: thực hiện tương tự yêu cầu như ví dụ 1, nhưng với hàm mật độ bức xạ:

$$W_{rad} = \hat{a}_r W_r = \hat{a}_r A_0 \frac{\sin^2 \theta}{r^2} \quad (W/m^2)$$

Ta cần xác định U và P_{rad} :

$$P_{rad} = \iint_S W_{rad} \hat{a}_r da = \iint_S W_{rad} \hat{a}_r r^2 \sin \theta d\theta d\phi = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi A_0 \sin^3 \theta d\theta d\phi = \frac{8\pi}{3} A_0$$

$$U = r^2 W_{rad} = A_0 \sin^2 \theta \Rightarrow D = \frac{3}{2} \sin^2 \theta$$

Vậy ta có:

$$D(\phi, \theta) = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \Rightarrow D_{max}(\phi, \theta) = \frac{3}{2}$$

Các tham số cơ bản của Antenna

Ví dụ 3: Cho một antenna có phương trình hàm cường độ bức xạ của búp chính (main lobe) như sau:

$$U = B_0 \cos^4 \theta$$

Bức xạ này bị giới hạn bởi mặt kín $S = \{(\phi, \theta) | 0 \leq \phi \leq 2\pi, 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}\}$. Tìm phương trình hàm $D(\phi, \theta)$, biết B_0 là hằng số.

Ta có thể tiếp cận bài toán bằng hai hướng như sau:

$$\begin{aligned} P_{rad} &= \iint_S U d\Omega = B_0 \iint_S \cos^4 \theta \sin \theta d\theta d\phi = B_0 \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^4 \theta \sin \theta d\theta d\phi = \frac{B_0 2\pi}{5} \\ P_{rad} &= \iint_S W da = \iint_S \frac{U}{r^2} r^2 \sin \theta d\theta d\phi = \iint_S U \sin \theta d\theta d\phi = B_0 \iint_S \cos^4 \theta \sin \theta d\theta d\phi \\ &= \frac{B_0 2\pi}{5} \end{aligned}$$

Vậy ta thu được:

$$D(\phi, \theta) = \frac{4\pi U}{P_{rad}} = 10 \cos^4 \theta$$

Ta có: $D_{max}(\phi, \theta) = 10$.

Thay vì biểu diễn các thông số không chiều (dimensionless), ta sẽ đổi chúng sang thang dB để tiện biểu diễn:

$$D_{max}(dB) = 10 \log_{10}(D_{max}(\phi, \theta))$$

Các tham số cơ bản của Antenna

Ví dụ 4: xác định hàm $D(\phi, \theta)$ của antenna sao cho HPBW = $\frac{\pi}{2}$, với:

$$U(\theta, \phi) = \sin^n \theta$$

Biết bức xạ lan tỏa trên toàn miền không gian.

Ta thấy do HPBW = $\frac{\pi}{2}$, nên suy ra $\theta_h = \frac{1}{2} \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{4}$. Sử dụng kết quả của ví dụ 1, ta có:

$$U(\theta_h, \phi) = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin^n \theta_h = \frac{1}{2} \Rightarrow n = 2$$

Do bức xạ lan tỏa trên toàn miền không gian, nên ta có

$$S = \{(\phi, \theta) | 0 \leq \phi \leq 2\pi, 0 \leq \theta \leq \pi\}.$$

Vậy ta có:

$$P_{rad} = \iint_S U d\Omega = \iint_S \sin^2 \theta (\sin \theta d\theta d\phi) = \frac{8\pi}{3}$$

Và ta có thể dễ dàng suy ra:

$$D(\phi, \theta) = \frac{4\pi U}{P_{rad}} = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \Rightarrow D_{max}(\phi, \theta) = \frac{3}{2}$$

Đổi ra thang dB:

$$D_{max}(dB) = 10 \log_{10}(D_{max}(\phi, \theta)) = 1.76dB$$