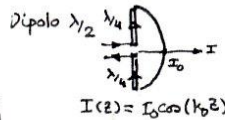


1) DEFINICIÓN Y FUNDAMENTOS DE ANTENAS: Distribución de corriente:

Conductor Real: $\eta_{rad} = \frac{P_{radiada}}{P_{total}} \leq 1$
 $\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_0 \sigma}}$ $Z_s = \frac{1+j}{\sigma \delta}$
 $I(z) = I_0 \cos(k_0(\frac{L}{2} - z))$
 $I(z) = I_0 \cos(k_0(\frac{L}{2} - |z|))$

Campo radiado lejano:

$\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{e^{-jk_0 r}}{r} \text{Idl} (f \cos \theta - \hat{\theta} \sin \theta)$ $\eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi$
 Se obtiene \vec{E}, \vec{H}
 Campo radiado lejano ($k_0 r \gg 1, r \gg \lambda$):
 $\vec{H} = j k_0 \text{Idl} \sin \theta \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\phi}$
 $\vec{E} = j k_0 \text{Idl} \sin \theta \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\theta}$
 $R = |\vec{r} - \vec{r}'| \approx r - \hat{r} \cdot \vec{r}'$
 $\vec{H} = -j \omega (\hat{r} \times \vec{A})$ $\vec{H} = \frac{f \times \vec{E}}{\eta}$
 $\vec{E} = -j \omega (\hat{r} \times \vec{A}) \times \hat{r}$ $\vec{E} = \eta (\hat{H} \times \hat{r})$
 $E_r = 0, H_r = 0$
 $E_\theta = -j \omega A_\theta, E_\phi = -j \omega A_\phi$



$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \Rightarrow \vec{B} = \nabla \times \vec{A}$
 $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$
 $\Delta \vec{A} + k_0^2 \vec{A} = -\mu_0 \vec{J}$
 $\Delta \phi + k_0^2 \phi = -\rho/\epsilon_0$
 $\vec{E} = -\nabla \phi - j \omega \vec{A}$ $\vec{H} = \frac{1}{\mu_0} \nabla \times \vec{A} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$
 $\vec{E} = \frac{1}{j \omega \epsilon_0} \nabla \times \vec{H}$

Radiación de una antena:

$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\vec{J}(\vec{r}') e^{-jk_0 |\vec{r} - \vec{r}'|}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV'$
 $\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \frac{\vec{J}_s(\vec{r}') e^{-jk_0 |\vec{r} - \vec{r}'|}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dS'$
 $\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_L \frac{I(\vec{r}') e^{-jk_0 |\vec{r} - \vec{r}'|}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d\vec{r}'$
 Region de radiación:
 Campo próximo reactivo (Fresnel)
 Campo lejano radiante (Fraunhofer)
 D: dim. máx antena

LOOCIANO.COM

2) PARÁMETROS BÁSICOS DE RADIACIÓN:

LT \vec{I} $Z_i = \frac{V}{I}$
 $Z_i = R_i + jX_i$
 $X_i(f) = 0$: antena resonante
 Directividad: (Ganancia directiva)
 $D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_{isotropica}} = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{rad}} = 4\pi r^2 \frac{dS}{d\Omega} \frac{d\Omega}{P_{rad}}$
 $P_{rad} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi U(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$ $f(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_{max}}$
 $D(\theta, \phi) = 4\pi \frac{U}{\int_{4\pi} U d\Omega} = 4\pi \frac{f(\theta, \phi)}{\int_{4\pi} f(\theta, \phi) d\Omega}$ $D_{max} = \frac{4\pi}{\int_{4\pi} f(\theta, \phi) d\Omega}$
 $D_0 = \frac{4\pi}{\int_{4\pi} f(\theta, \phi) d\Omega}$ $S_A = \int_{4\pi} f(\theta, \phi) d\Omega$ $D \approx \frac{4\pi}{\Omega_{max}}$
 Ganancia directiva en la dir. de máx. rad.
 Fórmula de Friis:
 $\frac{P_{DR}}{P_{ET}} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 G_T(\theta, \phi) G_R(\theta, \phi)$
 $P_{DR} = \langle \vec{S}_e \rangle A_e = \langle \vec{S}_e \rangle \cdot \vec{A}_e$ $P_{ET} = \langle \vec{S}_e \rangle A_e = \langle \vec{S}_e \rangle \cdot \vec{A}_e$
 $P_{ER} = \langle \vec{S}_e \rangle A_e = \langle \vec{S}_e \rangle \cdot \vec{A}_e$
 Factores de pérdidas:
 $-10 \log \left(\frac{P_{DR}}{P_{ET}} \right) = -20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right) - 10 \log (1 - |\Gamma|^2) - 10 \log (1 - |\Gamma_r|^2) + 20 \log \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right) - G_T(\text{dB}) - G_R(\text{dB})$
 Para inserción radiante: $T = T_A + T_{rx}$
 Antenas fijas: $T_A = T_A 10^{-\alpha/10} + T_f (1 - 10^{-\alpha/10})$
 $G = 0,7 \left(\frac{ND}{\lambda} \right)^2 \frac{G}{T} = 10 \log \frac{G}{T} \frac{ND^2}{\lambda^2}$
 $S_0 = \langle \vec{S}_e \rangle \frac{\lambda^2}{4\pi} \left(\frac{G}{T} \right)$
 $T = T_A + T_f (1 - 10^{-\alpha/10})$
 Propagación VLF: [3-30 kHz]
 Onda guiada tierra-ionosf.
 Antenas verticales: 1. elect. pag. 2. físic. grandes
 Propagación LF, MF: [30-300 kHz]
 Onda de tierra: Antenas grandes, pol. vertical
 Propagación VHF: [30-300 MHz]
 Onda espacio: La ionosfera es transparente
 Antenas elevadas y directivas [30-300 MHz]

3) PROPAGACIÓN DE ONDAS EN MEDIO NATURAL:

Velocidad pte. incidente: $\langle S \rangle = \frac{P_e G_e}{4\pi d^2}$
 Campo inc. en la recept.: $\langle S \rangle = \frac{P_e G_e}{4\pi d^2}$
 Pte. recibida: $P_R = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 G_R G_T = \frac{A_R A_T}{\lambda^2 d^2}$
 $\langle S \rangle = \frac{P_e G_e}{4\pi d^2} \cdot F_p$ $F_p = 1 + |\Gamma|^2$
 $F_p = 20 \log |1 + \Gamma|^2$ $\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$
 PROPAGACIÓN ONDAS SUPERFICIE:
 $E_p = \frac{E_z}{\sqrt{\epsilon_r - j\sigma/\omega}}$ Aprox. tierra plana:
 $F_e = \frac{2 + 0,3p}{2 + p + 0,6p^2}$ $p = \frac{\pi d}{60 \lambda^2}$
 sobre el mar: $\sigma = 4$
 Aprox. tierra perfecta:
 $E = E_{carta} \sqrt{\frac{1}{2} P_e (kW)} G_e = E_{carta} \sqrt{\frac{PIRE (kW)}{PIRE_{monopolo 1kW}}}$
 $D_{monop} = 2 D_{dipolo}$ $D_{dipolo} = 1,5$ INFLUENCIA CAMP. MAG. TERRESTRE:
 $G_L = 2 D_{dipolo} \eta_{monop.}$ $D_{dipolo} = 1,64$ $\epsilon = \epsilon_0 \left(1 + \frac{N_e^2}{j \omega m \epsilon_0 (1 + j \omega \mu_0 \epsilon_0)} \right)$
 IONOSFERA ESTRATIFICADA:
 $n = \sqrt{1 - 80,8 \frac{N (m^{-3})}{f^2}}$ $f_c \approx 9 \sqrt{N_{max}}$
 Máxima Frecuencia Utilizable (MUF):
 $MUF_c = f_{max} = f_c \sec \phi_0$
 $\phi = 0 \Rightarrow P_r = -1$ $P_h = -1$ $P_h = \frac{\sin \psi - j(\epsilon_r - j) \cos \psi}{\sin \psi + j(\epsilon_r - j) \cos \psi}$
 Pol. horizontal: $P_r = \frac{(\epsilon_r - j) \sin \psi - \cos \psi}{(\epsilon_r - j) \sin \psi + \cos \psi}$
 Pol. vertical: $P_r = \frac{(\epsilon_r - j) \sin \psi - \cos \psi}{(\epsilon_r - j) \sin \psi + \cos \psi}$
 $x = \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0} = 60 \lambda \sigma$
 MODELO PROPAG. IONOSF. TIERRA PLANA:
 $h_v = PE$ $MUF_c(d) = f_c \sqrt{1 + \left(\frac{d}{2h_v} \right)^2}$
 A Alcance: $TR = d$ $OWF_c(d) = 0,85 MUF_c(d)$
 $f = \sec \phi_0$ $\tan \phi_0 = \frac{d/2}{h_v}$
 $\frac{f}{f_{crita}} = \sec \phi_0 = \frac{1}{\cos \phi_0}$

RADIACIONES MODEL TIERRA PLANA:

Diagrama de un dipolo sobre una superficie plana. Se define R_1 y R_2 como las distancias desde el dipolo y su imagen hasta un punto de observación.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E = E_0 (1 + |\rho| e^{-j\Delta\phi}) = E_0 (1 - e^{-j\Delta\phi})$$

$$R_1 = \sqrt{d^2 + (h + h_2)^2}$$

$$R_2 = \sqrt{d^2 + (h - h_2)^2}$$

$$\Delta\phi = k_0(R_2 - R_1)$$

$$E = 2E_0 \sin \frac{\Delta\phi}{2} = 2E_0 \sin \left(\frac{2\pi h h_2}{\lambda d} \right)$$

$$\frac{P_R}{P_T} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 G_T G_R 4 \sin^2 \left(\frac{2\pi h h_2}{\lambda d} \right)$$

DIFRACCIÓN POR OBSTÁCULOS:

Diagrama de difracción por un obstáculo. Se define T y R como los caminos de las ondas.

$$TC + TR = TOR + n \frac{\lambda}{2}$$

$$\Gamma_n = n \lambda \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$\Gamma_n = \sqrt{TC^2 - TO^2}$$

$$\Delta R = \frac{n\lambda}{2} = \sqrt{TK^2 + (2h)^2} - TR$$

$$\frac{P_R}{P_T} \approx \frac{(h + h_2)^2}{d^4} G_T G_R$$

REFRACCIÓN TROPOSFÉRICA:

Diagrama de refracción troposférica. Se define n como el índice de refracción.

$$n = \sqrt{\epsilon_r} \approx 1 + 77.6 \left(\frac{P}{T} + \frac{4810 P_{\text{agua}}}{T} \right) 10^{-6}$$

Balanza de potencias:

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = P_{Tx}(\text{dBm}) + D_{ex}(\text{dBi}) + D_{rx}(\text{dBi}) - L_{el}$$

POL. CIRCULAR

Diagrama de polarización circular. Se define p como el coeficiente de polarización.

$$p = \frac{|\vec{E}_{RHc}|}{|\vec{E}_{LHc}|}$$

$$AR = \frac{|\vec{E}_{RHc}| + |\vec{E}_{LHc}|}{|\vec{E}_{RHc}| - |\vec{E}_{LHc}|}$$

Relación de pol. circular: $p = 0$ Lineal: $p = 1$ Nivel isotropo: $XP = 1/p$

4) ANTENAS LINEALES: DIPOLOS CUADROS Y HÉLICES. BALUNES E IMÁGENES:

Dipolo eléctrico:

Potencial lejano: $\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m}{r} \frac{2\sin(\frac{kl}{2} \cos\theta) - \cos(\frac{kl}{2})}{\sin^2\theta}$

Campo lejano: $\vec{E} = j\eta \frac{e^{-jkr}}{2\pi r} I_m \frac{\sin(\frac{kl}{2} \cos\theta) - \cos(\frac{kl}{2})}{\sin\theta}$

Dipolo paralelo campo cond. par.

$$G_E(\alpha) = \sqrt{\frac{R_{11}}{R_{11} - R_{12}}} [2\sin(kh \sin\alpha \cos\theta)]$$

ANTENAS DE CUADRO:

$$C = 2\pi a$$

Constante uniforme: $\vec{E}_{ef} = \oint 60\pi k_a \frac{e^{-jkr}}{r} \vec{J}_s(k, a \sin\theta)$

MONOPOLO:

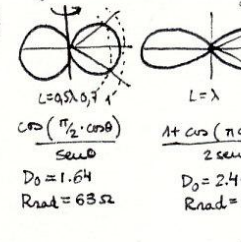
Resonancia: $\lambda/4 = h$

ANTENAS HF ONDA PROGRESIVA:

Diagrama de una antena de onda progresiva. Se define θ_{max} como el ángulo de máxima radiación.

$$\theta_{max} = \cos^{-1} \left(1 - \frac{\lambda}{2L} \right)$$

Diagramas normaliz. campo:



Impedancia entrada:

Diagrama de un balun. Se define R_{in} como la impedancia de entrada.

$$R_{in} = 20 \left(\frac{\lambda}{L} \right)^2 L < 0.3 \lambda$$

BALUNES:

Diagrama de un balun. Se define I_1, I_2, I_3 como las corrientes en los bobinados.

5) APERTURAS: REFLECTORES DIÉDRICOS Y PARABÓLICOS. ARRAYS: YAGI Y LOG-PERÍODICOS.

Radiación apertura plana:

Diagrama de una apertura plana. Se define \vec{E}_a como el campo en la apertura.

$$\vec{E}_a = \hat{x} E_{ax}(x', y') + \hat{y} E_{ay}(x', y')$$

Campo radiado:

$$E_\theta = jk \frac{e^{-jkr}}{2\pi r} (P_\theta \cos\theta + P_\phi \sin\theta)$$

$$E_\phi = -jk \frac{e^{-jkr}}{2\pi r} \cos\theta (P_\theta \sin\theta + P_\phi \cos\theta)$$

Bocina rectangular:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_a$$

Bocina piramidal:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{ef} = \epsilon_a \frac{4\pi}{\lambda^2} S_a$$

Bocinas cónicas:

Diagrama de una bocina cónica. Se define θ como el ángulo de apertura.

Antena de exploración:

Diagrama de una antena de exploración. Se define θ_{max} como el ángulo de máxima radiación.

$$\theta_{max} = \cos^{-1} \left(1 - \frac{\alpha}{k_0 d} \right)$$

Bocinas:

Diagrama de una bocina. Se define θ como el ángulo de apertura.

CASSEGRAIN:

Diagrama de una antena Cassegrain. Se define θ_0 como el ángulo de apertura.

$$\theta_0 = 2a \tan \left(\frac{1}{4F/D} \right)$$

REFLECTOR PARABÓLICO CENTRADO:

Diagrama de un reflector parabólico centrado. Se define θ_0 como el ángulo de apertura.

$$\theta_0 = 2a \tan \left(\frac{1}{4F/D} \right)$$

Diagrama de irradiación:

Diagrama de irradiación. Se define $C(\text{dB})$ como el coeficiente de concentración.

$$C(\text{dB}) = 10 \log \frac{G(\theta_0)}{G_{max}} + 20 \log \left(\cos^2 \frac{\theta_0}{2} \right)$$

Bocina rectangular:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_a$$

Bocina piramidal:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{ef} = \epsilon_a \frac{4\pi}{\lambda^2} S_a$$

Bocinas cónicas:

Diagrama de una bocina cónica. Se define θ como el ángulo de apertura.

YAGI:

Diagrama de una antena Yagi. Se define θ como el ángulo de apertura.

Diagrama de irradiación:

Diagrama de irradiación. Se define $C(\text{dB})$ como el coeficiente de concentración.

$$C(\text{dB}) = 10 \log \frac{G(\theta_0)}{G_{max}} + 20 \log \left(\cos^2 \frac{\theta_0}{2} \right)$$

Eficiencias típicas:

Diagrama de una antena. Se define θ como el ángulo de apertura.

Diagrama de irradiación:

Diagrama de irradiación. Se define $C(\text{dB})$ como el coeficiente de concentración.

$$C(\text{dB}) = 10 \log \frac{G(\theta_0)}{G_{max}} + 20 \log \left(\cos^2 \frac{\theta_0}{2} \right)$$

LOOCIANO.COM

