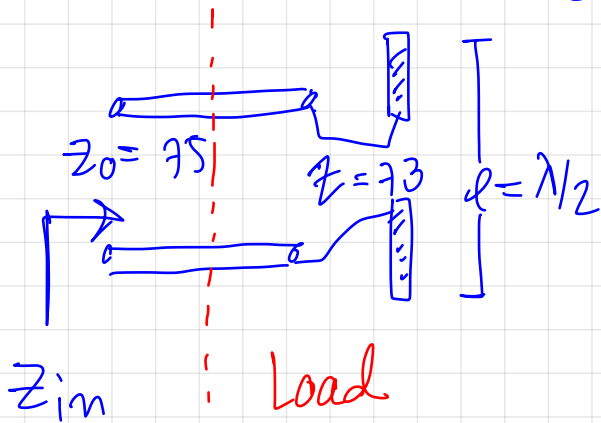


2. สายอากาศไดโพลครึ่งความยาวคลื่นมีอิมพีแดนซ์ที่หัวอินพุตเท่ากับ 73 โอห์ม มีความต้านทานการสูญเสียเท่ากับ 1 โอห์ม และได้ถูกเชื่อมต่อกับสายนำสัญญาณที่มีอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ 75 โอห์ม ถ้าสายอากาศไดโพลมีสภาพเจาะจงสูงสุดเท่ากับ 1.76 dB จงหาอัตราขยายสัมบูรณ์ (Absolute gain) ของสายอากาศนี้ (10 คะแนน)

Dipole Ant. ; $l = \frac{\lambda}{2}$; $Z_A = 73 \Omega$; $R_L = 1 \Omega$; $R_0 = 75 \Omega$

Formula: $G_{abs}(\theta, \phi) = e_r e_{cd} D(\theta, \phi) \Big|_{\max} = e_t D(\theta, \phi)$



$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta l)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta l)}$$

เลือก $l = \lambda/4$;

$$Z_{in} = \frac{Z_0^2}{Z_L} = \frac{Z_0^2}{Z_A + R_L} = \frac{75^2}{73 + 1}$$

$\therefore Z_{in} = 76.01 \Omega$

an $\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}$

; $\Gamma = \frac{76.01 - 75}{76.01 + 75} = 6.688 \times 10^{-3}$

aa: $e_r = 1 - |\Gamma|^2 = 0.9999$

an $D_{dB} = 10 \log D_0$

$1.76 = 10 \log D_0 \Rightarrow D_0 = 1.4997$

ดังนั้น $G_{abs} = e_r e_{cd} D_0$

$= (0.9999)(1)(1.4997)$

$\therefore G_{abs} = 1.49955$ หรือ 1.7596 dB ✗

3. สายอากาศมีแบบรูปการแผ่พลังงานในย่านสนามระยะไกลที่ถูกกำหนดโดยความเข้มการแผ่พลังงานคือ

$$U(\theta) = \sin \theta \sin^2 \phi$$

โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0 \leq \theta \leq \pi$, $0 \leq \phi \leq \pi$ และมีค่าเท่ากับศูนย์ที่บริเวณอื่น ๆ จงคำนวณหาสภาพเจาะจง

ทิศทาง (Directivity) ของสายอากาศนี้

(10 คะแนน)

From :

$$P_{rad} = \iint_{\Omega} U(\theta, \phi) d\Omega$$

$$; P_{rad} = \int_0^\pi \int_0^\pi (\underbrace{\sin \theta \sin^2 \phi}_{U(\theta)}) (\underbrace{r^2 \sin \theta d\theta d\phi}_{d\Omega})$$

$$= \int_0^\pi \int_0^\pi \left[\frac{\cos 2\theta - 1}{2} \right] [\sin^2 \phi] d\theta d\phi$$

$$= \frac{1}{2} \int_0^\pi \left\{ \left[\frac{1}{2} \sin 2\theta \right]_0^\pi - \left[\frac{1}{2} \theta \right]_0^\pi \right\} \sin^2 \phi d\phi$$

$$= -\frac{\pi}{4} \int_0^\pi \sin^2 \phi d\phi$$

$$= -\frac{\pi}{4} \left\{ \left[\frac{1}{2} \sin 2\phi \right]_0^\pi - \left[\frac{1}{2} \phi \right]_0^\pi \right\}$$

$$= \left(-\frac{\pi}{4} \right) \left(-\frac{\pi}{4} \right) = \frac{\pi^2}{16}$$

$$\text{จาก } D(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{rad}}$$

$$= \frac{4\pi \sin \theta \sin^2 \phi}{\frac{\pi^2}{16}}$$

$$= \frac{64 \sin \theta \sin^2 \phi}{\pi}$$

โดย Directivity สูงสุดที่ $64/\pi$ หรือ 13.09 dB

$$\cos 2\theta = 1 - 2\sin^2 \theta$$

$$\therefore \sin^2 \theta = \frac{\cos 2\theta - 1}{2} \quad \times$$

$$\int \cos 2\theta d\theta = \int \cos 2\theta d\left(\frac{2\theta}{2}\right)$$

$$= \frac{1}{2} \sin 2\theta + C$$

4. สายอากาศมีความต้านทานการแผ่พลังงาน R_r 48 โอห์ม มีความต้านทานการสูญเสีย R_L 2 โอห์ม และมีค่ารีแอ็กแตนซ์เท่ากับ 50 โอห์ม ได้ถูกเชื่อมต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันที่มีแอมพลิจูดเท่ากับ 10 โวลต์ และมีความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายเท่ากับ 50 โอห์ม ผ่านสายนำสัญญาณความยาว $l = \lambda/4$ ที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะ (Z_0) เท่ากับ 100 โอห์ม

(ก) จงหาประสิทธิภาพการแผ่พลังงานของสายอากาศ (2 คะแนน)

(ข) จงหา กำลังการแผ่พลังงานของสายอากาศ (8 คะแนน)

ข้อแนะนำ สามารถหาอิมพีแดนซ์อินพุทในสายนำสัญญาณเมื่อมองจากแหล่งจ่ายได้จาก

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta l)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta l)} \quad \text{เมื่อ } \beta = \frac{2\pi}{\lambda} : l = \lambda/4, Z_{in} = Z_0^2 / Z_L$$

โจทย์กำหนด $R_r = 48 \Omega, R_L = 2 \Omega, X_A = 50 \Omega, V_g = 10V, Z_g = 50 \Omega$
 $l = \lambda/4, Z_0 = 100 \Omega$

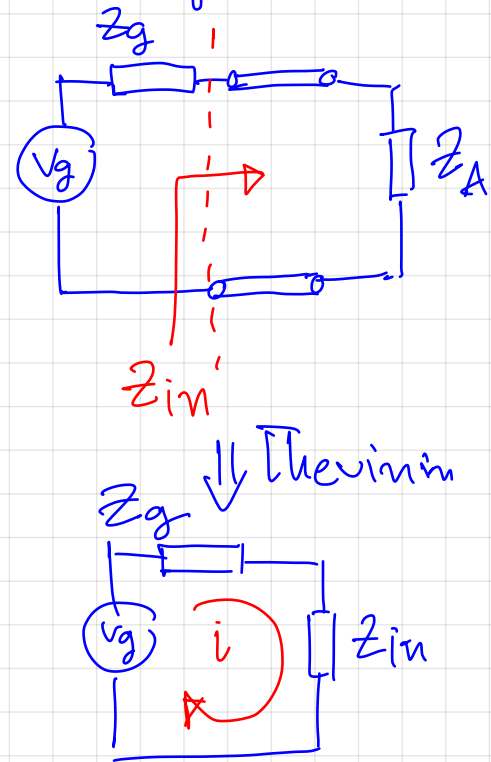
$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta l)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta l)} \Rightarrow Z_{in} = \frac{Z_0^2}{Z_L} \quad l = \frac{\pi}{4}$$

$$\therefore Z_{in} = \frac{Z_0^2}{R_r + R_L + jX_A}$$

$$= \frac{100 \times 100}{48 + 2 + j50}$$

$$\therefore Z_{in} = \frac{100 - j100}{1}$$

แฉ: $I = \frac{V_g}{Z_{in} + Z_g} = \frac{10}{100 - j100 + 50} = 0.05547 \angle 0.588$



ก) Radiation Efficiency

$$\epsilon_{rd} = \frac{R_r}{R_r + R_L} = \frac{48}{48 + 2} = 0.96 \text{ (or 96\%)}$$

ข) Radiation Power

↙ เอาแค่จำนวน

$$P_{rad} = \frac{1}{2} |I|^2 R_r = \frac{1}{2} |0.05547 \angle 0.588|^2 (48) = 0.0738 \text{ W}$$

$$= 73.8 \text{ mW}$$

5. คลื่นมีโพลาไรซ์แบบวงกลมวนซ้ายเดินทางในทิศทาง +z ผ่านเข้าหาสายอากาศที่มีโพลาไรซ์แบบวงรีที่มีสมการของสนามไฟฟ้าคือ $\mathbf{E} = (2\hat{\mathbf{a}}_x \pm j\hat{\mathbf{a}}_y)f(r, \theta, \phi)$ จงคำนวณหาค่าตัวประกอบการสูญเสียโพลาไรซ์ เมื่อสายอากาศดังกล่าวมีโพลาไรซ์ต่อไปนี้

(ก) วนขวาหรือตามเข็มนาฬิกา (CW)

(5 คะแนน)

(ข) วนซ้ายหรือทวนเข็มนาฬิกา (CCW)

(5 คะแนน)

Find PLF

Circular Properties

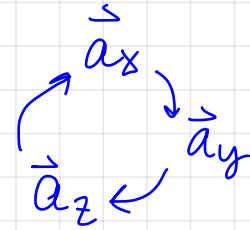
① Magnitude should be equal

② $\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$

กำหนดให้คลื่นที่มี Polarized แบบ RH เดินทางเข้าหาสายอากาศชนิด +z

$$\mathbf{E}_w = (2\hat{\mathbf{a}}_x - j\hat{\mathbf{a}}_y)f(r, \theta, \phi)$$

$$\mathbf{E}_w = (2)e^{j0}\hat{\mathbf{a}}_x + (1)e^{-j\pi/2}\hat{\mathbf{a}}_y$$

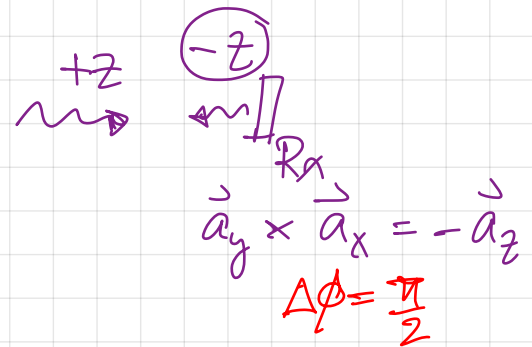


$$\therefore \Delta\phi = \phi_x - \phi_y = 0 - (-\pi/2) = \pi/2 \quad (\text{Clockwise})$$

ก) Clockwise

$$\mathbf{E}_a = (2\hat{\mathbf{a}}_x + j\hat{\mathbf{a}}_y)f(r, \theta, \phi)$$

$$\mathbf{E}_a = (2)e^{j0}\hat{\mathbf{a}}_x + (1)e^{j\pi/2}\hat{\mathbf{a}}_y$$



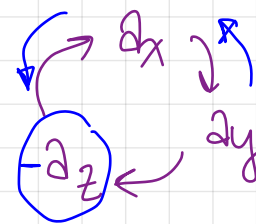
$$\therefore \Delta\phi = \phi_y - \phi_x = \frac{\pi}{2} - 0 = \frac{\pi}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{From : PLF} &= \left| \hat{\mathbf{p}}_w \cdot \hat{\mathbf{p}}_a \right| = \left| \frac{2\hat{\mathbf{a}}_x - j\hat{\mathbf{a}}_y}{\sqrt{(2)^2 + 1^2}} \cdot \frac{2\hat{\mathbf{a}}_x + j\hat{\mathbf{a}}_y}{\sqrt{(2)^2 + 1^2}} \right| \\ &= \left| \frac{4(1) - (j)(j)}{\sqrt{5} \cdot \sqrt{5}} \right| = 1 \end{aligned}$$

ข) Counterclockwise ($\Delta\phi = -\pi/2$)

$$\mathbf{E}_a = (2\hat{\mathbf{a}}_x - j\hat{\mathbf{a}}_y)f(r, \theta, \phi)$$

$$\mathbf{E}_a = (2)e^{j0}\hat{\mathbf{a}}_x + (1)e^{-j\pi/2}\hat{\mathbf{a}}_y$$



$$\therefore \Delta\phi = \phi_y - \phi_x = -\frac{\pi}{2} - 0 = -\frac{\pi}{2}$$

$$\text{From: } PLF = |\hat{g}_w \cdot \hat{g}_a|$$

$$; \quad PLF = \left| \frac{2\hat{a}_x - j\hat{a}_y}{\sqrt{(2)^2 + 1^2}} \cdot \frac{2\hat{a}_x - j\hat{a}_y}{\sqrt{(2)^2 + 1^2}} \right|$$

$$= \frac{4(1) + (j)(j)}{4 + 1}$$

$$\therefore PLF = \frac{3}{5} = 0.6 \quad \text{X}$$

6. ในระบบการสื่อสารไร้สายใช้งานที่ความถี่ 1 GHz สายอากาศส่งมีอัตราขยายเท่ากับ 25 dB ได้ถูกต่อเข้ากับเครื่องส่งด้วยกำลังส่งเท่ากับ 150 วัตต์ ผ่านสายส่งที่มีการสูญเสีย 2 dB จงคำนวณหา กำลังงานที่รับได้โดยสายอากาศรับในหน่วยวัตต์ เมื่อสายอากาศรับมีอัตราขยายเท่ากับ 20 dB ระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับเท่ากับ 0.5 กิโลเมตร และการสูญเสียในสายนำสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างสายอากาศรับและเครื่องรับเท่ากับ 1 dB (10 คะแนน)

$$\text{We know: } f = 1 \text{ GHz}, G_{tdB} = 25 \text{ dB}, P_t = 150 \text{ W}, L_{Tx} = 2 \text{ dB}$$

$$G_{rdB} = 20 \text{ dB}, R = 0.5 \text{ km}, L_{rx} = 1 \text{ dB}$$

$$\text{Formula: } P_{rdBm} = P_{tdBm} + G_{tdB} + G_{rdB} + 20 \log \left(\frac{1}{4\pi R} \right) + (1 - |\Gamma_t|^2)_{dB} + (1 - |\Gamma_r|^2)_{dB} + \cancel{\frac{1}{4\pi R} P_t}_{\text{dB}}$$

$$; P_{rdBm} = 51.761 \text{ dBm} + 25 \text{ dB} + 20 \text{ dB} - 86.421 \text{ dB} - 2 \text{ dB} - 1 \text{ dB}$$

$$\therefore P_{rdBm} = -7.34 \text{ dBm} \Rightarrow -7.34 \text{ dBm} = 10 \log P_r$$

$$P_r = 5.42 \text{ mW}$$

$$\therefore P_r = 5.42 \times 10^{-3} \text{ W}$$

X

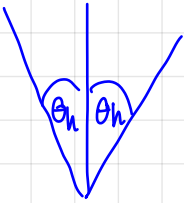
2/2562

1.1 ล้างสมการของ E(θ) = cos² 2θ เมื่อ 0 ≤ θ ≤ 90° หา HPBW & FNBW in degree

$$E(\theta) \Big|_{\theta=\theta_h} = \cos^2 2\theta \Big|_{\theta=\theta_h} = 0.707$$

$$\theta = \frac{\arccos(0.707^{-1})}{2}$$

$$\therefore \theta = 16.385^\circ$$



Half-Power Beamwidth is 16.385° × 2 = 32.77° ✗

$$E(\theta) \Big|_{\theta=\theta_n} = \cos^2 2\theta \Big|_{\theta=\theta_n} = 0$$

$$\theta = \frac{\arccos(0)}{2} = 45^\circ$$

First - Null Beamwidth is 45° × 2 = 90° ✗

1.2 จงอธิบายความหมายของ Radiation Power, Radiation Power Density, Radiation Intensity & Directivity

- Radiation Power คือ กำลังงานที่แผ่กระจายออกจาก Ant. ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการส่งพลังงานไปยังพื้นที่ โดยที่

$$P_{rad} = \iint_S W_{rad} \cdot dS$$

- Radiation Power Density คือ พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ที่แผ่กระจายจาก e-field & h-field
 $\vec{W} = \vec{E} \times \vec{H}$

- Radiation Intensity คือ กำลังงานที่แผ่กระจายออกจากสายอากาศต่อหน่วยพื้นที่ โดยที่

$$U = \frac{dP_{rad}}{d\Omega} = r^2 W_{rad}$$

- Directivity คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่แผ่กระจายในทิศทางที่ต้องการกับกำลังงานที่แผ่กระจายในทุกทิศทาง
 $D_{rad}(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{rad}}$

