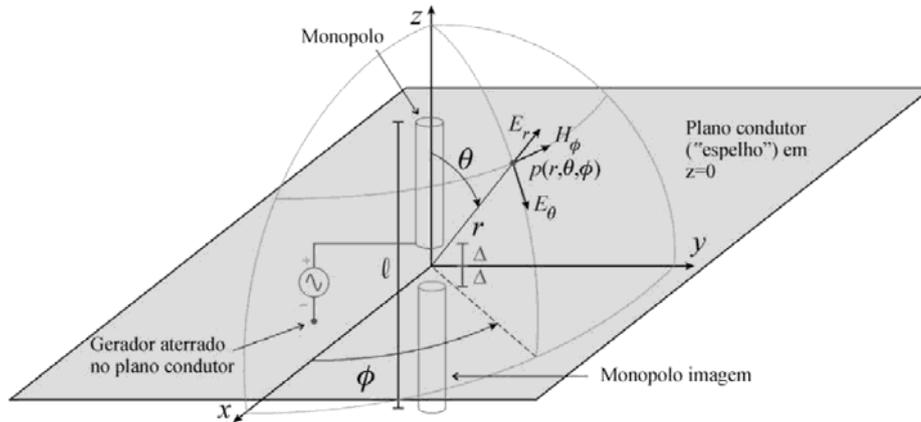


PUCRS – Escola Politécnica – Engenharia Elétrica
 Antenas – T480 – 1º exercício aula 27/08/2019

Uma estação de radiodifusão transmite na frequência de 1150 KHz e utiliza como antena o monopolo vertical esquematizado na figura abaixo. A distância entre o topo do monopolo e o plano de terra (plano do solo) é 11.5 m.

Utilizando-se um medidor de intensidade de campo, mediu-se a componente vertical do campo elétrico em um ponto p situado ao nível do solo e a uma distância de 5 Km da base da antena, tendo sido obtido o valor de 375 mV/m.



- Determine o campo magnético H_ϕ em p .
- Determine o Vetor de Poynting em p .
- Determine a potência que o transmissor desta estação de radiodifusão (o gerador na figura acima) entrega para a antena.

Solução:

$$f := 1150 \cdot 10^3 \cdot \text{Hz} \rightarrow \text{frequência de operação}$$

$$E\theta := 375 \cdot \frac{\text{mV}}{\text{m}} \rightarrow \text{campo elétrico indicado pelo medidor de intensidade de campo}$$

$$l_e := 23 \cdot \text{m} \rightarrow \text{comprimento do dipolo elementar}$$

$$\eta := 120 \cdot \pi \cdot \Omega \rightarrow \text{impedância do espaço livre}$$

$$\lambda := \frac{c}{f} \quad \lambda = 260.689 \text{ m} \rightarrow \text{comprimento de onda da onda eletromagnética}$$

$$\beta := \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \quad \beta = 0.024 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{m}} \rightarrow \text{constante de propagação da onda eletromagnética}$$

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f \quad \omega = 7.226 \times 10^6 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \rightarrow \text{velocidade angular da onda eletromagnética}$$

$$r := 5000 \cdot \text{m} \rightarrow \text{distância do ponto p à origem do sistema cartesiano}$$

$$\theta := 90 \cdot \text{deg} \rightarrow \text{o ponto p situa-se no plano xy}$$

$$\text{a) } H\phi := \frac{E\theta}{\eta} \quad H\phi = 9.947 \times 10^{-4} \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$\text{b) } S := \frac{1}{2} \cdot E\theta \cdot \overline{H\phi} \quad S = 1.865 \times 10^{-4} \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

c) Uma vez que o dipolo elementar é a própria antena (vide Figura 11 Cap II apostila), a distribuição de corrente ao longo do dipolo será triangular (portanto, não constante), e será necessário aplicar o conceito de comprimento equivalente l_e , isto é:

$$l_e := \frac{l}{2} \quad l_e = 11.5 \text{ m}$$

$$E\theta = 0.5 \cdot \eta \cdot I_0 \cdot \left(\frac{l_e}{r \cdot \lambda} \right) \cdot e^{-j \cdot \left(\beta \cdot r - \frac{\pi}{2} \right)} \cdot \sin(\theta) \rightarrow \text{Eq. (52) Cap. II da apostila}$$

Visto que o problema solicita a determinação de uma potência, e como potência não depende do ângulo de fase, podemos eliminar a exponencial complexa na equação acima e trabalhar apenas com o módulo de $E\theta$:

$$E\theta = 0.5 \cdot \eta \cdot I_0 \cdot \left(\frac{l_e}{r \cdot \lambda} \right) \cdot \sin(\theta)$$

Resolvendo a equação acima para I_0 :

$$I_0 := 2 \cdot E\theta \cdot r \cdot \frac{\lambda}{\eta \cdot l_e \cdot \sin(\theta)} \quad I_0 = 225.489 \text{ A}$$

A resistência de radiação (= resistência de entrada p/ o dipolo elementar) é dada pela equação (62) do Cap II da apostila:

$$R_r := 80 \cdot \pi^2 \cdot \left(\frac{l_e}{\lambda} \right)^2 \cdot \Omega \quad R_r = 1.537 \Omega$$

Mas como o irradiador está na forma de um monopolo vertical (vide Figura 12 do Cap II da apostila), é necessário dividir por dois sua impedância de entrada:

$$\underline{R}_r := \frac{R_r}{2} \quad R_r = 0.768 \Omega$$

Daí, a potência entregue ao monopolo vertical pelo transmissor é obtida através de:

$$P := \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot R_r \quad P = 19.5313 \cdot \text{kW}$$