

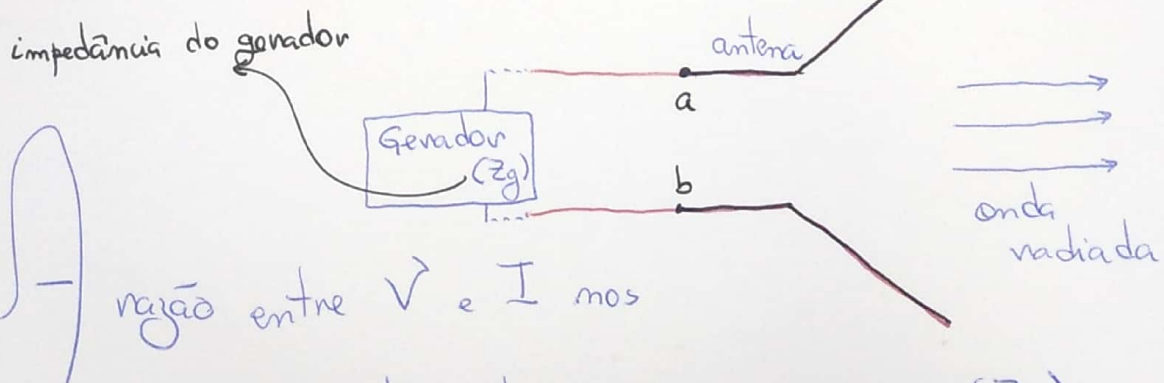
Aula 8

Impedância de Entrada, Eficiência de Radiação de Antenas, Comprimento Vetorial Efetivo e Áreas Equivalentes de Antenas

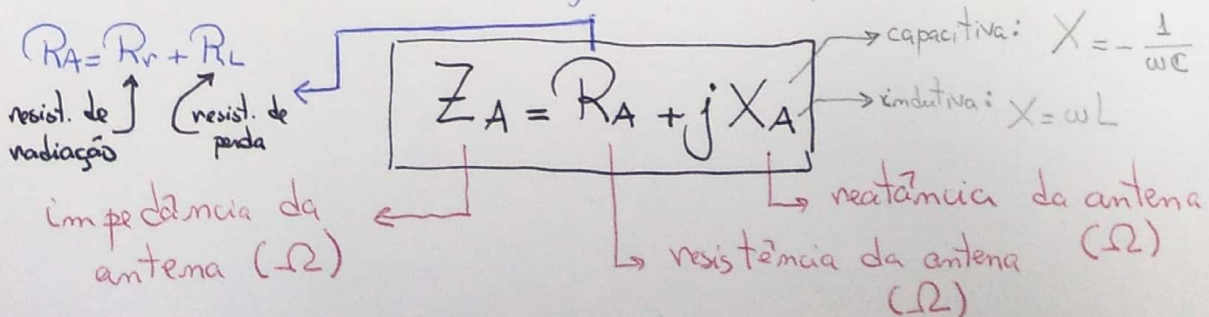
Impedância de Entrada

- Def 1: impedância (Z) nos terminais da antena
- Def 2: razão entre: V e I
- Def 3: razão entre: E e H num ponto.

Vamos aqui, analisar somente a Z nos terminais de entrada da antena (modo transmissão)



terminals a e b, define a impedância (Z_A)

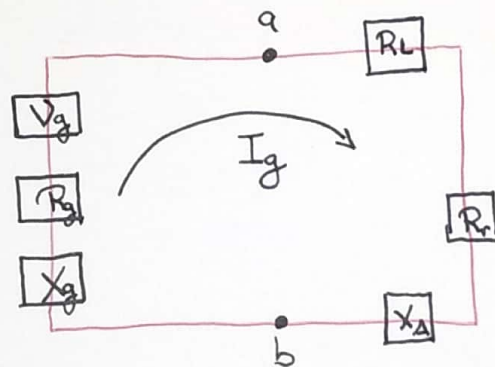


Se a antena está conectada a um gerador com impedância interna (Z_g), então:

$$Z_g = R_g + jX_g$$

do gerador

Se a antena for tratada como uma antena de transmissão: Então, podemos representá-la na forma de um circuito equivalente Thevenin.



Objetivo

- Calcular a potência entregue em R_r
- Calcular a potência dissipada em R_L

logo

$$I_g = \frac{\vec{V}_g}{Z_t} = \frac{\vec{V}_g}{Z_A + Z_g} = \frac{\vec{V}_g}{(R_r + R_L + R_g) + j(X_A + X_g)}$$

sua magnitude é

$$|I_g| = \frac{|\vec{V}_g|}{[(R_r + R_L + R_g)^2 + (X_A + X_g)^2]^{1/2}}$$

Assim, a potência entregue à antena, p/ radiação é:

$$P_r = \frac{1}{2} |I_g|^2 R_r = \frac{|V_g|^2}{2} \left[\frac{R_r}{(R_r + R_L + R_g)^2 + (X_A + X_g)^2} \right] \quad (\text{w})$$

E a potência dissipada será:

$$P_L = \frac{1}{2} |I_g|^2 R_L = \frac{|V_g|^2}{2} \left[\frac{R_L}{(R_r + R_L + R_g)^2 + (X_A + X_g)^2} \right] \quad (\text{w})$$

calor

O restante da potência é dissipada como calor na resistência interna R_g do próprio gerador, assim:

$$P_g = \frac{|V_g|^2}{2} \left[\frac{R_g}{(R_r + R_L + R_g)^2 + (X_A + X_g)^2} \right] \quad (\text{w})$$

Qual é a máxima potência entregue à antena?

$$\left. \begin{array}{l} \text{Se: } R_g = R_r + R_L \\ X_A = -X_g \end{array} \right\} \text{casamento conjugado}$$

então:

$$P_r = \frac{|V_g|^2}{2} \left[\frac{R_r}{4(R_r + R_L)^2} \right] = \frac{|V_g|^2}{8} \left[\frac{R_r}{(R_r + R_L)^2} \right]$$

$$P_L = \frac{|V_g|^2}{8} \left[\frac{R_L}{(R_r + R_L)^2} \right]$$

$$P_g = \frac{|V_g|^2}{8} \left[\frac{1}{R_r + R_L} \right] = \frac{|V_g|^2}{8 R_g}$$

Assim

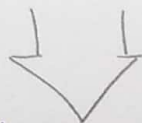
$$P_g = P_r + P_L = \frac{|V_g|^2}{8} \left[\frac{R_g}{(R_r + R_L)^2} \right] = \frac{|V_g|^2}{8} \left[\frac{R_r + R_L}{(R_r + R_L)^2} \right]$$

Então, a potência fornecida pelo gerador à antena, sob casamento conjugado é:

$$P_{\max_{ant}} = \frac{1}{2} V_g I_g^* = \frac{V_g}{2} \left[\frac{V_g^*}{2(R_r + R_L)} \right] = \frac{|V_g|^2}{4} \left[\frac{1}{R_r + R_L} \right] \quad (w)$$

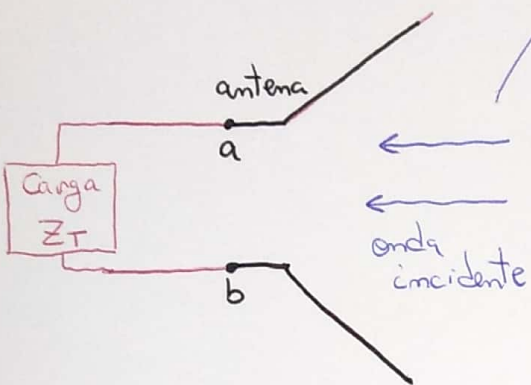
↓
metade dissipada

dissipado como calor ← | → vai p/ antena
na R_{interna} (R_g)



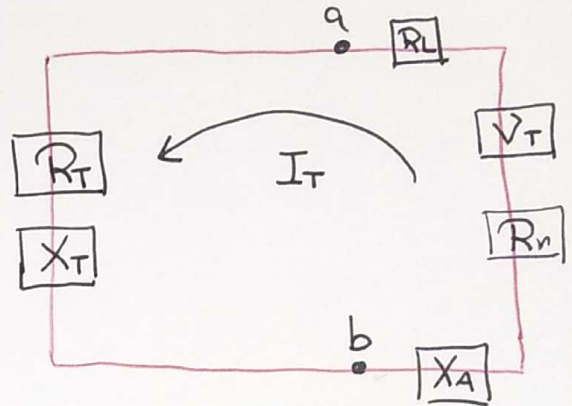
isto afeta a Eficiência total da antena

Se a antena for tratada como uma antena de Recepção, então:



modo recepção

induz uma tensão V_T



Circuito equivalente
Thevenin

$$P_T = \frac{|V_T|^2}{8R_T}$$

$\rightarrow R_T = R_r + R_L$

$$P_r = \frac{|V_T|^2}{8} \left[\frac{R_r}{(R_r + R_L)^2} \right]$$

potência entregue a $R_r =$
potência espalhada

$$P_L = \frac{|V_T|^2}{8} \left[\frac{R_L}{(R_r + R_L)^2} \right]$$

potência dissipada na forma de
calor

Qual a potência induzida (extraída ou capturada) da onda incidente?

$$P_c = \frac{V_T I_T^*}{2} = \frac{V_T}{2} \left[\frac{V_T^*}{2(R_r + R_L)} \right] = \frac{|V_T|^2}{4} \left(\frac{1}{R_r + R_L} \right) \quad (W)$$

Pontanto, ocorre uma lei de conservação nestes casos, pois

- ▣ metade da potência é entregue à carga
- ▣ metade é espalhada e dissipada

A impedância de entrada de uma antena é função da frequência, geometria, método de excitação e proximidade de objetos vizinhos.

- ▣ Desta forma somente um pequeno nº de antenas reais é possível investigar a impedância de entrada analiticamente.
- ▣ Para todas as outras antenas, somente experimental.

Eficiência de Radiação de Antenas

eficiência = f (perdas de reflexão, condução e dielétricas)

↓
difícil de calcular
↓
são agrupadas numa eficiência
 ϵ_{cd}
↓
representada pela resistência R_L

Portanto

$$\epsilon_{cd} = \left[\frac{R_r}{R_L + R_r} \right]$$

Exemplo

No caso de um cilindro metálico de comprimento l e área A , a resistência cd é:

$$R_{cd} = \frac{l}{\sigma A} \quad (\Omega)$$

Para altas frequências a Resistência (R_{hf}) será:

$$R_{hf} = \frac{l}{P} \sqrt{\frac{\omega \mu_0}{2\sigma}} \quad (\Omega)$$

onde: P é o perímetro da seção reta do cilindro ($P = C = 2\pi a$)

→ condutividade do metal

Comprimento Vetorial Equivalente

Comprimento efetivo de uma antena é uma grandeza usada para determinar a tensão induzida em seus terminais em circuito aberto, qdo da incidência de uma onda.

Para resumir:

O comprimento efetivo representa a antena em seus modos de transmissão e recepção e descreve a tensão de circuito aberto V_{oc} de antenas.

$$V_{oc} = \vec{E}_{\text{incidente}} \cdot l_{\text{equivalente}}$$

Área Equivalente de Antenas

$$A_{\text{equiv}} = \frac{P_{\text{TOTAL na antena}}}{W_{\text{incidente}}}$$

→ área efetiva (abertura efetiva) (m^2)

→ potência entregue à carga (W)

→ densidade de potência da onda incidente (W/m^2)

A abertura efetiva é a área que, qdo multiplicada pela densidade de potência incidente, fornece a potência entregue à carga.

Assim:

$$A_{ef} = \frac{|V_T|^2}{2W_i} \left[\frac{R_T}{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2} \right]$$

Se: $R_T = R_r + R_L$
 $X_A = -X_T$] casamento conjugado

reduz-se, a:

$$A_{ef \max} = \frac{|V_T|^2}{8W_i} \left[\frac{1}{R_r + R_L} \right]$$

- o Em se tratando de uma Recepção.
- o A potência capturada não é entregue totalmente à carga.
- o Sob casamento conjugado, metade da potência capturada é entregue à carga.
- o A outra metade é espalhada e dissipada como calor



Para levar isto em consideração, define-se

Área de Espalhamento

$$A_{\text{esp}} = \frac{|V_T|^2}{8W_i} \left[\frac{R_r}{(R_L + R_r)^2} \right] \quad (\text{m}^2)$$

A Área de Penda é definida como:

$$A_L = \frac{|V_T|^2}{8W_i} \left[\frac{R_L}{(R_L + R_r)^2} \right] \quad (\text{m}^2)$$

A Área de Captação é:

$$A_c = \frac{|V_T|^2}{8W_i} \left[\frac{R_T + R_r + R_L}{(R_L + R_r)^2} \right] \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{Área de Captação} = \text{Área (efetiva + Espalhamento + de Penda)}$$

Agora podemos definir a eficiência de abertura
 E_{ap} de uma antena

$$E_{\text{ap}} = \frac{A_{\text{ef,max}}}{A_{\text{física}}}$$

~~Em~~ antenas de abertura

- guias de onda
- cornetas
- refletores

$$A_{ef\max} \leq A_{física} \quad \text{ou}$$

$$0 \leq \epsilon_p \leq 1$$

~~Em~~ Antenas sem perda ($R_L = 0$)

$$A_{espalhamento} = A_{física}$$