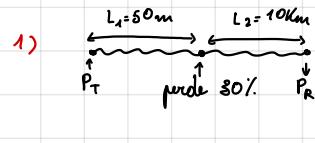


28/03/20



$$\alpha_1 = 0,1 \text{ Np/m}$$

$$\alpha_2 = 2 \text{ dB/Km}$$

$$P_{R,\min} = -65 \text{ dBm}$$

Quale è la minima  $P_T$  trasmessa se il ricevitore ha una sensibilità di  $-65 \text{ dBm}$

Caso 1:  $\text{loss} = \alpha_1 L_1 = 5 \text{ Np} \rightarrow \text{loss}_{DB} = \text{loss} \cdot 2,686 = 43,4 \text{ dB}$

Caso 2:  $\text{loss}_{DB} = \alpha_2 L_2 = 20 \text{ dB}$

Giunto:  $\text{loss}_{DB} = -10 \log(0,7) = 1,55 \text{ dB}$   
 $\text{loss}_{DB} = 43,4 + 20 + 1,55 = 65 \text{ dB}$

$$P_{R,DB} = P_{T,DB} - \text{loss}_{DB} \rightarrow -65 = P_{T,DB} - 65 = 0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

2) 
$$H(f) = \frac{V_{out}(f)}{V_{in}(f)} = e^{-\alpha L} e^{-j\beta L}$$

$$\alpha = 0,015 \text{ Np/Km}$$

$$\beta = \frac{2\pi f}{c} n \text{ rad/m} \quad (n = \sqrt{\epsilon_r} \geq 1)$$

↳ costante di fase  
 $n = 1,45$

- 1) Introduce una distorsione?  $\rightarrow$  No!
- 2) Calcola l'attenuazione totale.
- 3) Calcola il ritardo di gruppo.

$$P \propto |V|^2 \rightarrow P_{out} = P_{in} e^{-2\alpha L} \rightarrow \frac{P_{out}}{P_{in}} = e^{-2\alpha L} = \dots = \frac{dB}{L} = 20 \text{ dB}$$

$$\tau_g(f) = -\frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi(f)}{df} = -\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{2\pi n L}{c} = \frac{L}{c/n} = \dots = 0,5 \text{ ms}$$

3)  $B_s = 1000 \text{ MHz}$

$$H(f) = A e^{-j\pi f \tau_A} + B e^{-j2\pi f \tau_B} \quad \text{numero con cammini multipli}$$

$$\tau_A = 1 \text{ ns} \quad A = B = 0,5$$

$$\tau_B = 1,5 \text{ ns}$$

Il numero di trasmissore introduce slettività in frequenza? Se sì, conviene trasmettere con portante 1 GHz o 2 GHz?

Dove se il numero introduce dispersione cronologica e calcolare il ritardo di gruppo

(calcoliamo)  $|H(f)| = \sqrt{H(f)\bar{H}(f)} = \sqrt{(A e^{-j\pi f \tau_A} + B e^{-j2\pi f \tau_B})(A e^{j\pi f \tau_A} + B e^{j2\pi f \tau_B})} = \dots = |\cos[\pi f(\tau_A - \tau_B)]| \Rightarrow |H(f)| \text{ non è costante, quindi vi è slettività!}$

$$|H(1 \text{ GHz})| = |\cos[2\pi \cdot 10^9 \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}]| = |\cos[\pi]| = 0 \quad \rightarrow \text{Meglio 2 GHz}$$

$$|H(2 \text{ GHz})| = |\cos[2\pi \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 0,5 \cdot 10^{-9}]| = |\cos[2\pi]| = 1$$

$$H(f) = 0,5 e^{-j\pi f} + 0,5 e^{-j2\pi f} = 0,5 e^{-j\frac{\pi f + \pi f}{2}} \underbrace{[e^{j\frac{\pi f - \pi f}{2}} + e^{-j\frac{\pi f - \pi f}{2}}]}_{2 \cos(\frac{\pi f}{2})} \Rightarrow \Delta H(f) = -\frac{\pi f + \pi f}{2} = -\frac{\pi f(\tau_A + \tau_B)}{2} = -\pi f(\tau_A + \tau_B)$$

da fase è lineare quindi non c'è dispersione!

$$\tau_g(f) = -\frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi(f)}{df} = \frac{\pi(\tau_A + \tau_B)}{2\pi} = \frac{\tau_A + \tau_B}{2}$$

$$\rightarrow 0,5 [\cos -\pi f_A + \cos -\pi f_B + i(\sin -\pi f_A + \sin -\pi f_B)] = 0,5 [\cos \frac{\pi f_A + \pi f_B}{2} \cos \frac{\pi f_A - \pi f_B}{2} + i \sin \frac{\pi f_A + \pi f_B}{2} \cos \frac{\pi f_A - \pi f_B}{2}] = \\ \omega \sin \frac{\pi f_A - \pi f_B}{2} [\cos \frac{\pi f_A + \pi f_B}{2} + i \sin \frac{\pi f_A + \pi f_B}{2}] = \underbrace{\cos \frac{\pi f_A - \pi f_B}{2}}_{|H(f)|} \cdot e^{-j\frac{\pi f_A + \pi f_B}{2}}$$

5/10/20

1)  $H(f) = e^{-2\pi A(f-f_0)^2} e^{-j2\pi B(f-f_0)} e^{-j2\pi C(f-f_0)^2}$

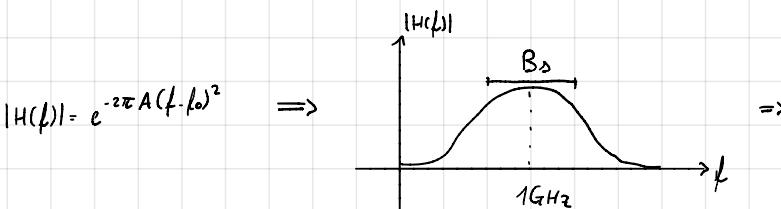
$$f_0 = 1 \text{ GHz}$$

$$B_s = 10 \text{ MHz} \rightarrow T = \frac{1}{B_s} = 1000 \text{ ns}$$

$$A = 10^{-18} \text{ s}^2$$

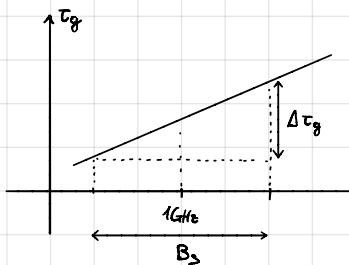
$$B = 10^{-7} \text{ s}$$

$$C = 10^{-12} \text{ s}^2$$



Calcoliamo la variazione della slettività:  
 $\Delta |H(f)| = |H(f_0)| - |H(f_0 + 3 \text{ MHz})| = \dots = 0,83 \text{ dB}$   
 ↳ Il segnale non vede slettività

$$\Delta H(f) = -2\pi B(f-f_0) - 2\pi C(f-f_0)^2 \rightarrow \tau_g = \frac{1}{2\pi} \frac{dH(f)}{df} = B + 2C(f-f_0)$$



$$\Delta \tau_g = \tau_{g,\max} - \tau_{g,\min} = 2C(f_{\max} - f_{\min}) = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 10^7 = 2 \cdot 10^{-10} = 0,2 \text{ ns}$$

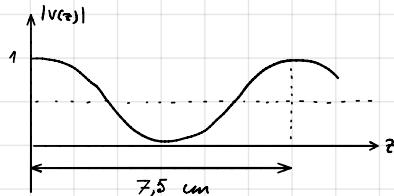
B\_s

→ poiché  $T \gg \Delta \tau_g$ , il ritardo dovuto alla dispersione non è significativo

Il ritardo assoluto sarà  $\frac{L}{c} = 333 \text{ ns}$ , rendendo il nostro ritardo di 0,2 ns fisicamente impossibile.

12/10/20

1)  $V(z) = V_0^+ e^{-j\beta z} + V_0^- e^{j\beta z}$   $f = 1 \text{ GHz}$



Se  $\Delta \phi = 2K\pi$  avremo un massimo in  $|V(z)| \Rightarrow \Delta \phi = -2\beta z = 2K\pi$

↪  $\beta z = K\pi \rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} z = N \rightarrow z = N \frac{\lambda}{2} \Rightarrow$  massimo ogni  $\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 15 \text{ cm}$

$$\beta = \frac{2\pi}{15 \cdot 10^9} = 41,88 \text{ rad/m} \rightarrow v_f = \lambda f = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s} = \frac{c}{2}$$

14/10/20

1)

$d=0$	$f = 100 \text{ MHz}$	$v_0^+(0) = 1 \text{ V}$	$Z_0?$ $\lambda?$ $v(0,t)?$ $v(z,t)?$
$\tilde{v}_S^+$	$R=G=0$	$v_f = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	
	$C = 100 \text{ pF/m}$	lunghezza infinita e $V_0^- = 0$	

$$z=0: \frac{v_f}{Z_0} = \frac{1}{v_f c} \rightarrow L = \frac{1}{v_f^2 c} \Rightarrow Z_0 = \sqrt{\frac{L}{c}} = \frac{1}{v_f c} = 50 \Omega$$

$$\lambda = \frac{v_f}{f} = 2 \text{ m}$$

$$V(z) = V_0^+ e^{-j\beta z} \xrightarrow{z=0} V(0) = V_0^+ \Rightarrow v(0,t) = \operatorname{Re} \{ V_0^+ e^{j\omega t} \} = V_0^+ \cos(\omega t) = \cos(\omega t) \quad [V]$$

$$\xrightarrow{z=1} V(0) = V_0^+ e^{-j\beta} = V_0^+ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}} = V_0^+ e^{-j\pi} \Rightarrow v(1,t) = \operatorname{Re} \{ V_0^+ e^{j(\omega t-\pi)} \} = V_0^+ \cos(\omega t-\pi) = -\cos(\omega t) \quad [V]$$

2)

$\tilde{v}_S^+$	$\tilde{v}_S^- = 2 \text{ V}$	$d=0$	$V_0^+ = 3 \text{ V}$	$V_{\max}?$ $z_b: V(z_b) = V_{\max}?$ $Z_L?$
		$R=G=0$	$f = 250 \text{ MHz}$	
		$L = 500 \text{ nH/m}$	$z_A = 15 \text{ cm}$	
		$C = 30 \text{ pF/m}$	$V(z_A)_{\min} = 1 \text{ V}$	

$$z_b: V(z_b) = V_{\max}?$$

Se  $Z_L = \infty$ , come varia la posizione dei massimi.

Quando vario  $Z_L$  dovrà allontanarsi per avere un minimo in  $z=0$

$$V_{\max} = |V_0^+| + |V_0^-| = |V_0^+| + |V_0^-| - V_{\min} = 5 \text{ V} \Rightarrow |V_0^-| = 2 \text{ V}$$

La distanza tra min e max è  $\frac{\lambda}{4}$ ;  $\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{1}{f c} = 60 \text{ cm}$ . Poiché  $z_A = \frac{\lambda}{4}$ , ottieniamo il massimo in  $z_b = 0 \text{ cm}$

$$|\Gamma_L| = \left| \frac{V_0^-}{V_0^+} \right| = \frac{2}{3}. \text{ Poiché sul carico siamo su un massimo, possiamo dire che } \Delta \Gamma_L = 0 \Rightarrow \Gamma_L = |\Gamma_L| = \frac{2}{3}. \text{ Dato qui non mi serve } Z_L:$$

$$\frac{2}{3} = \frac{z_b + 74,5}{z_b - 74,5} \rightarrow \dots \rightarrow z_b = 372,5 \Omega$$

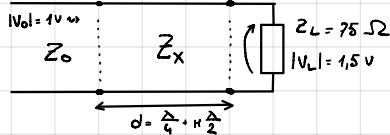
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 74,5 \Omega$$

Se mettiamo  $Z_L = \infty$ , i massimi non si spostano perché sul C.A. il massimo è in corrispondenza del C.A., come nel nostro vecchio carico

Tutti i carichi con  $\Gamma_L = e^{j\pi}$  provano un minimo al carico:  $0 < Z_L < Z_0$

26/10/20

1)



Se l'adattamento è stato effettuato bene:  $\frac{|V_0|^2}{Z_0} = \frac{|V_L|^2}{Z_L} \rightarrow |V_L| = |V_0| \sqrt{\frac{Z_L}{Z_0}}$   
Se  $\sqrt{\frac{Z_L}{Z_0}} > 1$  allora  $|V_L| > |V_0| \Rightarrow$  la potenza si conserva, ma i voltaggi non più forze devono coincidere!

Se ipotizziamo  $Z_0 = 33 \Omega$ , allora  $Z_x = \sqrt{Z_0 Z_L} = 50 \Omega$  e  $|V_L| = |V_0| \sqrt{\frac{Z_L}{Z_0}} = 1.5 \text{ V}$  e tutto torna.

Chechiammo i parametri dell'onda nel tratto  $Z_x$ :  $\Gamma_x = \frac{Z_L - Z_x}{Z_L + Z_x} = 0.2 \Rightarrow$  del carico  $|V_{x,0}|$  sarà massimo. Questo significa che  $V(0) = V_{MAX} = |V_x^+| + |V_x^-| = 1.5 \text{ V}$ , però  $|V_x^-| = |\Gamma_x| |V_x^+| = 0.2 |V_x^+| \Rightarrow V(0) = |V_x^+| + 0.2 |V_x^+| = 1.5 \text{ V} \Rightarrow |V_x^+| = 1.25 \text{ V} \Rightarrow |V_x^-| = 0.25 \text{ V}$

Obliamo anche che  $P_0^+ = P_L = P_x^+ - P_x^-$ :

$$P_0^+ = \frac{1}{2} \frac{|V_0|^2}{Z_0} = 15 \text{ mW}$$

$$P_x^+ = \frac{1}{2} \frac{|V_0|^2}{Z_x} = 15.6 \text{ mW}$$

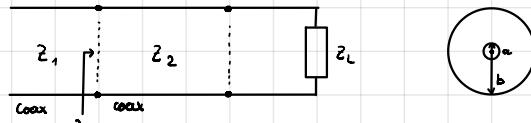
$$P_x^- = \frac{1}{2} \frac{|V_0|^2}{Z_x} = 0.6 \text{ mW}$$

2/11/20

1)  $Z_1 = 50 \Omega \quad Z_2 \neq Z_1 \quad d=0$

$b = 7.2 \text{ m} \quad Z_2 = ? \quad \text{ROS}_1 = 1.77 \text{ Mf}$

$a = 2 \text{ m} \quad Z_L = ?$



$$\text{ROS}_1 = \frac{V_{1,\max}}{V_{2,\min}} = \frac{1 + |\Gamma_{in}|}{1 - |\Gamma_{in}|} \quad \Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_1}{Z_{in} + Z_1} \cdot \frac{V_1^+}{V_1^-} \quad Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \cdot 50 \Omega \rightarrow \epsilon_r = 2.36$$

1) Se  $Z_L \neq Z_2$ ,  $Z_{in} = Z_2 \frac{Z_L + Z_2 \tan(\beta L)}{Z_2 + Z_L \tan(\beta L)}$ . Se  $Z_{in}(f)$ , allora anche  $\Gamma_{in}(f) \in \text{ROS}_1(f)$ . Per ipotesi, però, ciò non accade, quindi  $Z_L = Z_2$ .

2) Se  $L = \lambda/4$ , andiamo contro la natura di ROS, ad ogni frequenza poiché varrà lungo  $\lambda/4$  solo ad alcune frequenze. Quindi  $L \neq \lambda/4$

3) Se  $L = \lambda/2$ , come in 2. Quindi  $L \neq \lambda/2$

4) Supponiamo che sul secondo cavo ci sia una componente stazionaria. Questo non è possibile poiché in 1 abbiamo dimostrato che  $Z_0 = Z_L$ , quindi non ci sarà retroriflessione sul secondo cavo.

5) Se il cavo 1 fosse adattato, avremo  $\text{ROS}_{1,1}$ , ma questo è contrologico

6) Possiamo ricavare  $|\Gamma_{in}| = \frac{\text{ROS}_{1,1}}{\text{ROS}_{1,1}} = 0.28$ . Possiamo scrivere  $\Gamma_{in} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$ ; poiché  $d=0$   $Z_2 \in \mathbb{R}$  e quindi  $|\Gamma_{in}| = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \pm 0.28$ .

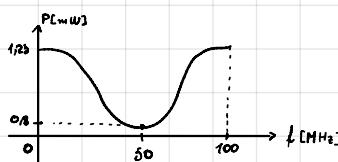
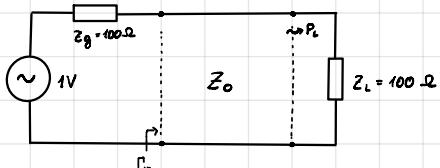
Separando i casi:

- $\Gamma_{in} = 0.28 \rightarrow Z_2 = 89 \Omega \Rightarrow Z_2 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \epsilon_r = 0.74 \rightarrow \text{impossibile!}$
- $\Gamma_{in} = -0.28 \rightarrow Z_2 = 28 \Omega \quad Z_2 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \epsilon_r = 7.53$

Se  $\Gamma_{in} = -0.28$ , allora la fase di  $\Gamma_{in}$  varrà  $\pi$ , indicandoci che in entrata al cavo 2 ci sarà un minimo.

4/11/20

1)



1)  $Z_0 = 100 \Omega$ ?

Se fosse così,  $P_L$  non dipendrebbe dalla frequenza, quindi è impossibile.

2) La linea  $Z_0$  ha perdite significative?

La potenza massima erogabile è  $P_d = \frac{V_0^2}{8Z_0} = 1.25 \text{ mW}$ , che coincide con il picco di  $P_L$ , quindi la linea non ha perdite. Andiamo poniamo che in  $f=0$ ;  $f=100$  il cavo è adattato.

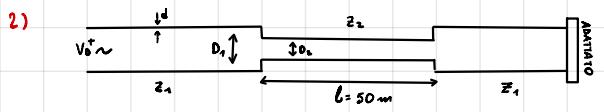
3) Se  $\Delta\Gamma_{in}(50 \text{ MHz}) = \pi$ ,  $Z_0$  quanto vale?

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_0 - Z_2}{Z_0 + Z_2} = |\Gamma_{in}| e^{j\Delta\Gamma_{in}} \quad P_L(50 \text{ MHz}) = P^+ - P^- = P^+ (1 - |\Gamma_{in}|^2) = P_d (1 - |\Gamma_{in}|^2) = 0.8 \rightarrow \rightarrow |\Gamma_{in}| = 0.36 \Rightarrow \Gamma_{in}(50 \text{ MHz}) = -0.36$$

$$Z_{in} = \dots = 25 \Omega \Rightarrow Z_0 = \sqrt{Z_{in} Z_L} = 50 \Omega$$

4) Se la linea  $z_0$  è un coassiale con  $a = 2 \text{ mm}$  e  $b = 7 \text{ mm}$ , il cavo è lungo  $0,5 \text{ m}$ , 1 m o 2 m?

$$z_0 = \frac{\epsilon_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \epsilon_r = 2,25; \quad \lambda(50 \text{ MHz}) = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} = 4 \text{ m}.$$



$$d = 0,5 \text{ mm} \quad \epsilon_r = 2,25$$

$$D_1 = 3,05 \text{ mm} \quad \delta D = 0,68 \text{ mm}$$

$$z_0 = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{2D}{d}\right)$$

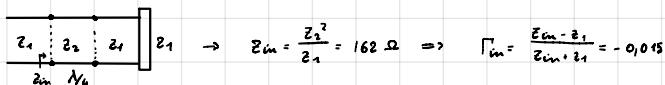
$$V_0 = 1 \text{ V} \quad f = 1 \text{ MHz}$$

$$1) Z, \beta = ?$$

$$Z_1 = \dots \approx 200 \Omega, \quad Z_2 = \dots \approx 180 \Omega; \quad \beta_1 = \beta_2 = \frac{2\pi f}{c} \sqrt{\epsilon_r} = \dots = \frac{\pi}{100} \text{ rad/m}$$

2) Se il trasmettitore libera  $-20 \text{ dBm}$  di potenza rifronfissiva, valutare se la deformazione è un problema.

$$P^+ = \frac{1}{2} \frac{|V_0|^2}{Z_1} = \dots = 2,5 \text{ mW}; \quad \lambda(1 \text{ MHz}) = \frac{2\pi}{\beta} = 200 \text{ m}$$



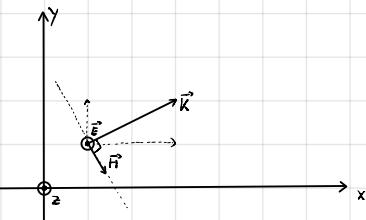
$$P^- = P^+ |\Gamma_m|^2 = 27,5 \mu\text{W} \Rightarrow P_{dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P^-}{1 \mu\text{W}}\right) = \dots = -15,6 \text{ dBm} > -20 \text{ dBm} \Rightarrow \text{è un problema al trasmettitore}$$

3) Cosa cambierebbe se  $l = 100 \text{ m}$ ?

Non ci sarebbe un adattamento  $\lambda_0$  ma  $\lambda/2$ , ciò significa che non ci saranno rifronfissioni.

18/11/20

1) Abbiamo un'onda EM piana uniforme con  $\vec{s} = S i_x$ ,  $C_N = \frac{\sqrt{3}}{2} i_x + \frac{1}{2} i_y$ ,  $S = 2,65 \text{ mW/m}^2$ ,  $\vec{E} = E_0 i_z$ ,  $E_0 = 1 \text{ V/m}$ ,  $f = 1 \text{ GHz}$ . Calcola l'impedenza intrinseca del mezzo, la costante di fase, la funzione d'onda  $\vec{E}(x, y, z)$  nel dominio dei fosori, la funzione d'onda del campo magnetico.



$$\vec{k} \cdot \vec{\beta} i_x = \beta_{us} \theta i_x + \beta_{rm} \theta i_y$$

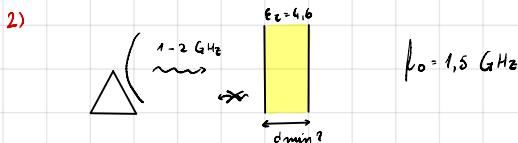
$$\beta \in \mathbb{R} \Rightarrow \alpha = 0$$

$$1) \eta = \frac{1}{2} \frac{|E_0|^2}{S} \approx 188,5 \Omega \approx 60\pi \Omega$$

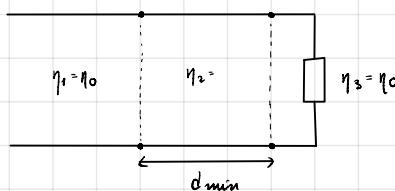
$$2) \alpha = 0 \Rightarrow \eta = \frac{\eta_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{20\pi}{\sqrt{\epsilon_r}} \Rightarrow \epsilon_r = 4 \Rightarrow \beta = w \sqrt{\mu_0 \epsilon_r} = w \sqrt{\mu_0 \epsilon_r} = \frac{w}{c} \sqrt{\epsilon_r} = 41,3 \text{ rad/m}$$

$$3) \vec{E} = \vec{E}_0 e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}} = \vec{E}_0 e^{-j(\beta x + \beta y)} = \vec{E}_0 e^{-j(\beta \cos 30^\circ x + \beta \sin 30^\circ y)} = i_2 e^{-j(86,27x + 20,55y)} \text{ V/m}$$

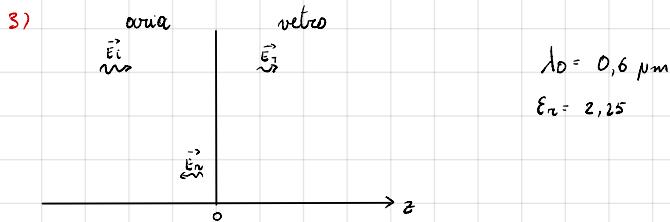
$$4) \vec{H} = \vec{H}_0 e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}} = \frac{i_0 \times \vec{E}_0}{\eta} e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}} = \frac{1}{\eta} \left[ \left( \frac{\sqrt{3}}{2} i_x + \frac{1}{2} i_y \right) \times i_2 \right] E_0 e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}} = \frac{E_0}{\eta} \left[ \frac{\sqrt{3}}{2} (-i_y) \cdot \frac{1}{2} (i_x) \right] e^{-j\vec{k} \cdot \vec{r}} = \frac{1}{60\pi} \left[ -\frac{\sqrt{3}}{2} i_y + \frac{1}{2} i_x \right] e^{-j(86,27x + 20,55y)} \text{ A/m}$$



Per l'equivalenza tra onde EM e linee di trasmissione possiamo tradurre il seguente problema in:



risolvendo il problema ad uno di adattamento del cavo:  $d_{min} = M \frac{\lambda_0}{2} = M \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r}} = M \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_r}} = M \cdot 4,66 \text{ cm}$



$$\lambda_0 = 0,6 \mu m$$

$$\epsilon_r = 2,25$$

1) Dove ci sono i massimi del campo elettrico totale in area?

Il massimo sarà a  $\bar{z} = -\frac{\lambda}{4} = -0,150 \mu m$  e moltiplici di spazi

2) Quanto vale il ROS?  $ROS = \frac{|E_{max}|}{|E_{min}|} = \frac{|E_i| + |E_r|}{|E_i| - |E_r|} = \frac{1 + |R|}{1 - |R|} = 1,5$

3) Quanta potenza viene trasferita?  $\frac{S_t}{S_i} = 1 - |R|^2 = 96\%$

30/11/20

1)  $D = 21 \text{ dB}$   $P_{\text{rad}} = 100 \text{ mW}$   
 $f = 1 \text{ GHz}$



1)  $|E| = ?$   $L = 1 \text{ Km}$   $F_t(\theta, \varphi) = 1$

$$S_{\text{MAX}}(\theta, \varphi) = S_0 F(\theta, \varphi) = S_0 = \frac{P_{\text{RAD}}}{4\pi L^2} D = \frac{100 \text{ mW}}{4\pi (1 \text{ Km})^2} \cdot 10^{\frac{21}{10}} = 1 \text{ \mu W/m}^2$$

$$S_0 = \frac{1}{2} \frac{|E|^2}{\eta_0} \Rightarrow |E| = \sqrt{2 \eta_0 S_0} = 27,5 \text{ mV/m}$$

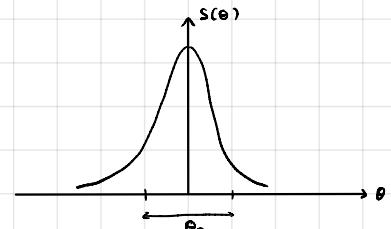
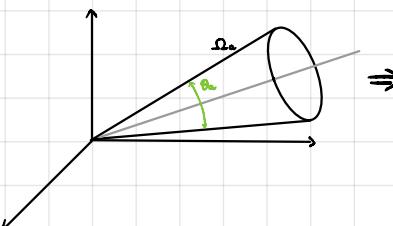
2)  $S(\theta, \varphi) = ?$   $F(\theta, \varphi)$

$$\theta = 30^\circ$$

$$\Omega_a = \frac{4\pi}{D} = \frac{4\pi}{10^{\frac{21}{10}}} = 0,1 \text{ [sr]}$$

$$\hookrightarrow \Omega_a \approx \pi \left( \frac{\theta_a}{2} \right)^2 \Rightarrow \theta_a = \sqrt{\frac{4 \Omega_a}{\pi}} \approx 0,35 \text{ rad}$$

$\hookrightarrow S(\theta, \varphi)$  per  $\theta \approx 30^\circ$  è nulla



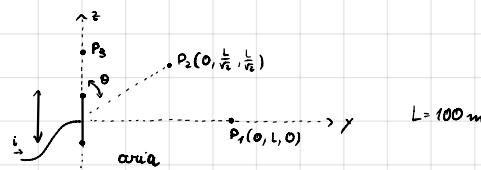
3)  $P_{\text{rad}} = 100 \text{ mW}$ 
 $\rightarrow F_t = F_n = 1$   
 $D = 21 \text{ dB}$

$$P_n = P_t G_t F_t \left( \frac{\lambda}{4\pi L} \right)^2 G_n F_n = P_{\text{rad}} D_t \left( \frac{c}{4\pi f} \right)^2 D_n \approx 0,8 \text{ \mu W}$$

2)  $h = 1 \text{ cm}$

$$i(t) = I_0 \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$I_0 = 10 \text{ mA} \quad \omega = 2\pi f \quad f = 300 \text{ MHz}$$



1) dipolo corto?  $\frac{h}{\lambda} = \dots = 10^{-2} \ll 1 \checkmark$   
campo lontano?  $\frac{L}{\lambda} = \dots = 100 \gg 1 \checkmark$

$$\vec{E} = E_0 \hat{i}_\theta = j \frac{\eta_0 K}{4\pi} \frac{I_0 h}{L} \sin \theta e^{-j k L} \hat{i}_\theta \rightarrow \vec{E}(P_1) = 0$$

$$\rightarrow |\vec{E}(P_2)| = \dots = 183,5 \text{ \mu V/m}$$

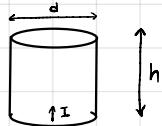
2) Confronta il dipolo circolare con un'antenna isotropa a  $L=100$  dm circa che la stessa potenza del dipolo

$$P_{\text{rad}} = \frac{\mu_0 \pi I_0^2}{3} \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2 = 3,35 \mu W$$

$$S_i(L) = \frac{P_{\text{rad}}}{c \pi L^2} = 31,4 \text{ } \mu W/m^2 \rightarrow S_i = \frac{1}{2} \frac{|E|^2}{\eta_0} \rightarrow |E| = \sqrt{2 \eta_0 S_i} = 154 \text{ } \mu V/m$$

3)  $\sigma = 5,8 \cdot 10^7 \text{ } S/m \quad P_t = ?$

$d = 1 \text{ mm}$



$$\epsilon_r = \frac{R_{\text{rad}}}{R_{\text{rad}} + R_p} \approx 0,35 \rightarrow P_t = \frac{P_{\text{rad}}}{\epsilon_r} \approx 4,67 \mu W$$

$$\hookrightarrow R_{\text{rad}} = \frac{2}{3} \frac{\mu_0 \pi h^2}{\lambda^2} = \dots = 0,079 \Omega$$

$$\hookrightarrow R_p = \sigma \frac{1}{\pi (d/2)^2} = \dots = 0,015 \Omega$$

!! da considerare l'effetto pelle !!  $\rightarrow \delta = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \pi \sigma f}} = 3,81 \text{ } \mu m$