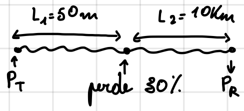
28/09/20

1)



$\alpha_1 = 0,1\ Np/m$

$\alpha_2 = 2\ dB/Km$

$P_{R,MIN} = -65\ dBm$

Qual è la minima P_T trasmessa se il ricevitore ha una sensibilità di $-65\ dBm$

Cavo 1: $Loss = \alpha_1 L_1 = 5\ Np \rightarrow Loss_{DB} = Loss \cdot 8,686 = 43,4\ dB$

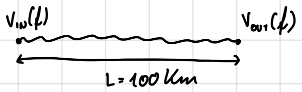
Cavo 2: $Loss_{DB} = \alpha_2 L_2 = 20\ dB$

Giunto: $Loss_{DB} = -10 \log(0,7) = 1,55\ dB$

$Loss_{TOT} = 43,4 + 20 + 1,55 = 65\ dB$

$P_{R,DB} = P_{T,DB} - Loss_{TOT} \rightarrow \cancel{-65} = P_{T,DB} \cancel{-65} = 0\ dBm = 1\ mW$

2)



$H(f) = \frac{V_{OUT}(f)}{V_{IN}(f)} = e^{-\alpha L} e^{-j\beta L}$

$\alpha = 0,023\ Np/Km$

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

↳ costante di fase

$n = 1,45$

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

$P \propto |V|^2 \rightarrow P_{OUT} = P_{IN} e^{-2\alpha L} \rightarrow \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = e^{-2\alpha L} = \dots \xrightarrow{dB} = 20dB$

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

3)

$B_S = 1000\ MHz$

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

$\tau_A = 1\ ns \qquad A = B = 0,5$

$\tau_B = 1,5\ ns$

Il mezzo di trasmissione introduce selettività in frequenza? Se sì, conviene trasmettere con portante 1 GHz o 2 GHz?
Dire se il mezzo introduce dispersione cromatica e calcolare il ritardo di gruppo

Calcoliamo $|H(f)| = \sqrt{H(f)\bar{H}(f)} = \sqrt{(Ae^{-j2\pi f\tau_A} + Be^{-j2\pi f\tau_B})(Ae^{j2\pi f\tau_A} + Be^{j2\pi f\tau_B})} = \dots = |\cos[\pi f(\tau_A - \tau_B)]| \Rightarrow$ $|H(f)|$ non è costante, quindi vi è selettività!

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

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

→ Meglio 2 GHz

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

↓

La fase è lineare quindi non c'è dispersione!

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

→ $0,5[\cos\phi_A + \cos\phi_B + i(\sin\phi_A + \sin\phi_B)] = 0,5[\cancel{2}\cos\frac{\phi_A + \phi_B}{2}\cos\frac{\phi_A - \phi_B}{2} + \cancel{2}\, i \sin\frac{\phi_A + \phi_B}{2}\cos\frac{\phi_A - \phi_B}{2}] =$
$\cos\frac{\phi_A - \phi_B}{2}\left[\cos\frac{\phi_A + \phi_B}{2} + i\sin\frac{\phi_A + \phi_B}{2}\right] = \underbrace{\cos\frac{\phi_A - \phi_B}{2}}_{|H(f)|} \cdot \underbrace{e^{-j\frac{\phi_A + \phi_B}{2}}}_{\measuredangle H(f)}$

5/10/20

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

$f_0 = 1\ GHz$

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

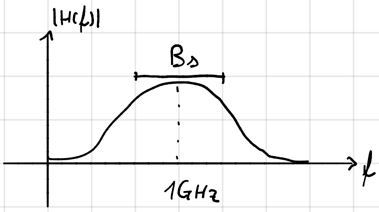
$B_S = 10\ MHz \rightarrow T = \frac{1}{B_S} = 1000\ ns$ ($B_S = R$)

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

$C = 10^{-17}\ s^2$

$l = 100\ m$

$|H(f)| = e^{-2\pi A(f - f_0)^2} \Rightarrow$

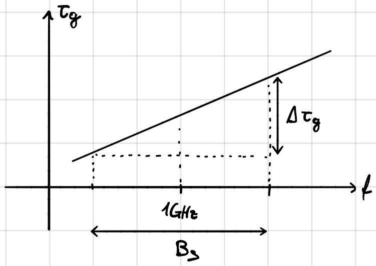


⇒ Calcoliamo la variazione della selettività:

$\Delta|H(f)| = |H(f_0)| - |H(f_0 + 5MHz)| = \dots = 0,9998$

↳ Il segnale non vede selettività

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



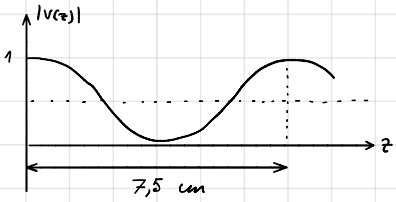
$\Rightarrow$ $\Delta\tau_g = \tau_{g\,max} - \tau_{g\,min} = 2C\underbrace{(f_{max} - f_{min})}_{B_s} = 2\cdot 10^{-17}\cdot 10^{7} = 2\cdot 10^{-10} = 0{,}2\ ns$

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

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

12/10/20

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



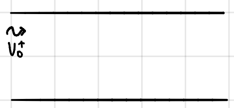
se $\Delta\phi = 2K\pi$ avremo un massimo in $|V(z)| \Rightarrow \Delta\phi = -2\beta z = 2K\pi$

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

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

14/10/20

1)



$\alpha = 0$ $\qquad f = 100\ MHz$ $\qquad V_0^+(0) = 1\ V$ $\qquad Z_0?\ \lambda?\ v(0,t)?\ v(1,t)?$

$R = G = 0$ $\qquad v_f = 2\cdot 10^{8}\ m/s$

$C = 100\ pF/m$ $\qquad$ lunghezza infinita e $V_0^- = 0$

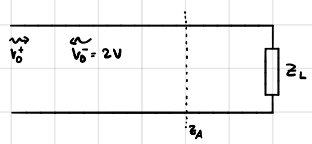
$\alpha = 0$: $v_f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow L = \frac{1}{v_f^2 C} \Rightarrow Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{v_f C} = 50\ \Omega$

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

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

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

2)



$\alpha = 0$ $\qquad V_0^+ = 3\ V$ $\qquad V_{max}?\ z_b : V(z_b) = V_{MAX}?\ Z_L?$

$R = G = 0$ $\qquad f = 250\ MHz$

$L = 500\ nH/m$ $\qquad z_A = 15\ cm$ $\qquad$ Se $Z_L = \infty$, come varia la posizione dei massimi.

$C = 90\ pF/m$ $\qquad V(z_A)_{min} = 1\ V$ $\qquad$ Che carico devo attaccare per avere un minimo in $z = 0$

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

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

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

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

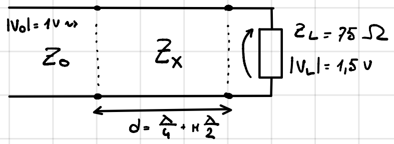
$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 74{,}5\ \Omega$

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

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

26/10/20

1)



Se l'adattamento è stato effettuato bene: $\frac{|V_0^+|^2}{2Z_0} = \frac{|V_L|^2}{2Z_L} \rightarrow |V_L| = |V_0^+|\sqrt{\frac{Z_L}{Z_0}}$

Se $\sqrt{\frac{Z_L}{Z_0}} > 1$ allora $|V_L| > |V_0^+| \Rightarrow$ la potenza si conserva, ma i voltaggi non per forza devono coincidere!

Se ipotizziamo $Z_0 = 33\ \Omega$, allora $Z_X = \sqrt{Z_0 Z_L} = 50\ \Omega$ e $|V_L| = |V_0|\sqrt{\frac{Z_L}{Z_0}} = 1{,}5$ V e tutto torna.

Calcoliamo i parametri dell'onda nel tratto Z_X: $\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_X}{Z_L + Z_X} = 0{,}2 \Rightarrow$ sul carico $|V_{TOT,X}|$ sarà massimo. Questo significa che $V(0) = V_{MAX} = |V_X^+| + |V_X^-| = 1{,}5$ V, però $|V_X^-| = |\Gamma_L||V_X^+| = 0{,}2\,|V_X^+| \Rightarrow V(0) = |V_X^+| + 0{,}2\,|V_X^+| = 1{,}5$ V $\Rightarrow |V_X^+| = 1{,}25$ V, $|V_X^-| = 0{,}25$ V

Abbiamo anche che $P_0^+ = P_L = P_X^+ - P_X^-$:

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

$P_X^+ = \frac{1}{2}\frac{|V_X^+|^2}{Z_X} \cong 15{,}6$ mW

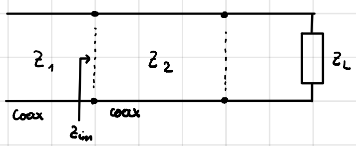
$P_X^- = \frac{1}{2}\frac{|V_X^-|^2}{Z_X} \cong 0{,}6$ mW

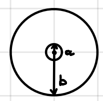
2/11/20

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

$b = 7{,}2$ m $\quad Z_2 = ?$ $\quad ROS_1 = 1{,}77\ \forall f$

$a = 2$ m $\quad Z_L = ?$





$ROS_1 = \frac{V_{1,max}}{V_{1,min}} = \frac{1+|\Gamma_{in}|}{1-|\Gamma_{in}|}$ e $\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_1}{Z_{in} + Z_1} = \frac{V_1^-}{V_1^+}$ e $Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}}\ln\left(\frac{b}{a}\right) = 50\ \Omega \rightarrow \varepsilon_r = 2{,}36$

1) Se $Z_L \neq Z_2$, $Z_{in} = Z_2\frac{Z_L + jZ_2\tan(\beta l)}{Z_2 + jZ_L\tan(\beta l)}$. Se $Z_{in}(f)$, allora anche $\Gamma_{in}(f)$ e $ROS_1(f)$. Per ipotesi, però, ciò non accade, quindi $Z_L = Z_2$
2) Se $l = \lambda/4$, andiamo contro la misura di ROS_1 ad ogni frequenza poiché sarà lungo $\lambda/4$ solo ad alcune frequenze. Quindi $l \neq \frac{\lambda}{4}$
3) Se $l = \frac{\lambda}{2}$, come in 2. Quindi $l \neq \frac{\lambda}{2}$
4) Supponiamo che nel secondo cavo ci sia una componente stazionaria. Questo non è possibile poiché in 1 abbiamo dimostrato che $Z_2 = Z_L$, quindi non ci sarà retroriflessione nel secondo cavo.
5) Se il cavo 1 fosse adattato, avremo $ROS_1 = 1$, ma questo è controipotesi
6) Possiamo ricavare $|\Gamma_{in}| = \frac{ROS_1 + 1}{ROS_1 - 1} \cong 0{,}28$. Possiamo scrivere $\Gamma_{in} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$; poiché $\alpha = 0$ $Z_2 \in \mathbb{R}$ e quindi $|\Gamma_{in}| = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \pm 0{,}28$.

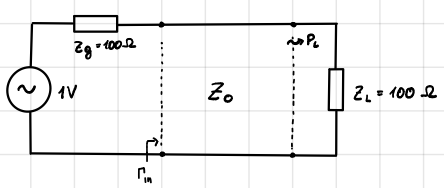
Separando i casi:

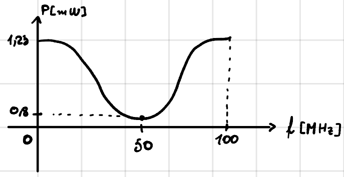
- $\Gamma_{in} \cong 0{,}28 \rightarrow Z_2 \cong 89\ \Omega \Rightarrow Z_2 = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}}\ln\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \varepsilon_r = 0{,}74 \rightarrow$ impossibile!
- $\Gamma_{in} \cong -0{,}28 \rightarrow Z_2 \cong 28\ \Omega$ $\quad Z_2 = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}}\ln\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \varepsilon_r = 7{,}53$

Se $\Gamma_{in} \cong -0{,}28$, allora la fase di Γ_{in} sarà π, indicandoci che in entrata al cavo 2 ci sarà un minimo.

4/11/20

1)



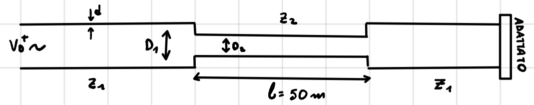


1) $Z_0 = 100\ \Omega$?
Se fosse così, P_L non dipenderebbe dalla frequenza, quindi è impossibile.
2) La linea Z_0 ha perdite significative?
La potenza massima erogabile è $P_d = \frac{V_g^2}{8Z_g} = 1{,}25$ mW, che coincide con il picco di P_L, quindi la linea non ha perdite. Inoltre possiamo dire che in $f = 0$; $f = 100$ il carico è adattato.
3) Se $\measuredangle\Gamma_{in}(50\text{ MHz}) = \pi$, Z_0 quanto vale?
$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_g}{Z_{in} + Z_g} = |\Gamma_{in}|e^{j\measuredangle\Gamma_{in}}$; $P_L(50\text{ MHz}) = P^+ - P^- = P^+(1 - |\Gamma_{in}|^2) = P_d(1 - |\Gamma_{in}|^2) = 0{,}8 \rightarrow \cdots \rightarrow |\Gamma_{in}| = 0{,}36 \Rightarrow \Gamma_{in}(50\text{ MHz}) = -0{,}36$
$Z_{in} = \cdots = 25\ \Omega \Rightarrow Z_0 = \sqrt{Z_{in} Z_L} = 50\ \Omega$

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

$z_0 = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \varepsilon_r = 2,25$; $\lambda(50\,MHz) = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r}} = 4\,m$. Poiché d deve essere $\lambda/4$, $d = 1\,m$.

2)



$d = 0,5\,mm$ $\quad \varepsilon_r = 2,25$

$D_1 = 3,05\,mm$ $\quad \delta D = 0,68\,mm$ $\quad z_0 = \frac{120}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln\left(\frac{2D}{d}\right)$

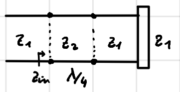
$V_0^+ = 1\,V$ $\quad f = 1\,MHz$

1) $Z, \beta = ?$

$z_1 = \dots \cong 200\,\Omega$, $z_2 = \dots \cong 180\,\Omega$; $\beta_1 = \beta_2 = \frac{2\pi f}{c}\sqrt{\varepsilon_r} = \dots = \frac{\pi}{100}\,rad/m$

2) Se il trasmettitore tollera $-20\,dBm$ di potenza retroriflessa, valutare se la deformazione è un problema.

$P^+ = \frac{1}{2}\frac{|V_0^+|^2}{z_1} = \dots = 2,5\,mW$; $\lambda(1\,MHz) = \frac{2\pi}{\beta} = 200\,m$



$\rightarrow z_{in} = \frac{z_2^2}{z_1} = 162\,\Omega \Rightarrow \Gamma_{in} = \frac{z_{in} - z_1}{z_{in} + z_1} = -0,015$

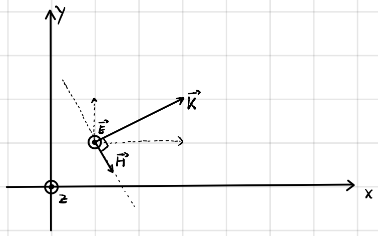
$P^- = P^+|\Gamma_{in}|^2 = 27,5\,\mu W \Rightarrow P^-_{dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P^-[mW]}{1[mW]}\right) = \dots = -15,6\,dBm > -20\,dBm \Rightarrow$ dà problemi al trasmettitore

3) Cosa cambierebbe se $l = 100\,m$?

Non ci sarebbe un adattamento $\lambda/4$ ma $\lambda/2$, ciò significa che non ci saranno retroriflessioni.

18/11/20

1) Abbiamo un'onda EM piana uniforme con $\vec{S} = S\,\hat{i}_k$, $\hat{i}_k = \frac{\sqrt{3}}{2}\hat{i}_x + \frac{1}{2}\hat{i}_y$, $S = 2,65\,mW/m^2$, $\vec{E} = E_0\,\hat{i}_z$, $E_0 = 1\,V/m$, $f = 1\,GHz$. Calcola l'impedenza intrinseca del mezzo, la costante di fase, la funzione d'onda $E(x,y,z)$ nel dominio dei fasori, la funzione d'onda del campo magnetico



$\vec{K} = \beta\,\hat{i}_k = \beta\cos\theta\,\hat{i}_x + \beta\sin\theta\,\hat{i}_y$

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

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

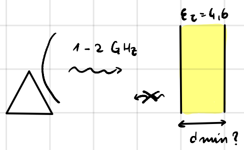
2) $\alpha = 0 \Rightarrow \eta = \frac{\eta_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{20\pi}{\sqrt{\varepsilon_r}} \rightarrow \varepsilon_r = 4 \Rightarrow \beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} = \omega\sqrt{\mu_0\mu_r\varepsilon_0\varepsilon_r} = \frac{\omega}{c}\sqrt{\varepsilon_r} = 41,9\,rad/m$

3) $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-j\vec{K}\cdot\vec{r}} = \vec{E}_0 e^{-j(\beta_x x + \beta_y y)} = \vec{E}_0 e^{-j(\beta\cos 30\,x + \beta\sin 30\,y)} = \hat{i}_z e^{-j(36,27x + 20,95y)}$ V/m

4) $\vec{H} = \vec{H}_0 e^{-j\vec{K}\cdot\vec{r}} = \frac{\hat{i}_k \times \vec{E}_0}{\eta} e^{-j\vec{K}\cdot\vec{r}} = \frac{1}{\eta}\left[\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\hat{i}_x + \frac{1}{2}\hat{i}_x\right)\times\hat{i}_z\right]E_0 e^{-j\vec{K}\cdot\vec{r}} = \frac{E_0}{\eta}\left[\frac{\sqrt{3}}{2}(-\hat{i}_y) + \frac{1}{2}(\hat{i}_x)\right]e^{-j\vec{K}\cdot\vec{r}} = \frac{1}{60\pi}\left[-\frac{\sqrt{3}}{2}\hat{i}_y + \frac{1}{2}\hat{i}_x\right]e^{-j(\beta_x x + \beta_y y)} =$

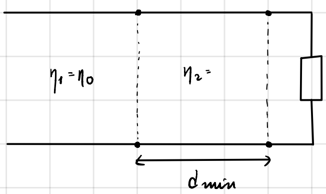
$\frac{1}{60\pi}\left[-\frac{\sqrt{3}}{2}\hat{i}_y + \frac{1}{2}\hat{i}_x\right]e^{-j(36,27x + 20,95y)}$ A/m

2)



$f_0 = 1,5\,GHz$

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



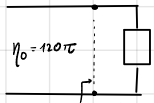
riducendo il problema ad uno di adattamento del carico: $d_{min} = M\frac{\lambda_2}{2} = M\frac{\lambda_0}{2\sqrt{\varepsilon_r}} = M\frac{c}{2f_0\sqrt{\varepsilon_r}} = M \cdot 4,66$ cm

3)

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

$\varepsilon_r = 2{,}25$

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



$\eta_L = \frac{\eta_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} = 80\pi\ \Omega$

$\Gamma_L = \frac{\eta_L - \eta_0}{\eta_L + \eta_0} = -0{,}2$ → fase π → in $z=0$ abbiamo un minimo

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

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

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