Linee di trasmissione

Formule generali

Grandezza	Formula
Impedenza z	$Z\infty = \sqrt{\frac{L_c}{C_c}}$ $L_c = L - j\frac{R}{\omega}$ $C_c = C - j\frac{G}{\omega}$ $Z\infty = \sqrt{\frac{\mu}{\tilde{\varepsilon}}}$
Velocità di fase v_f	$v_f = \frac{1}{\mathrm{Re}\left(\sqrt{\mu\tilde{\varepsilon}}\right)}$ $v_f = \frac{\omega}{\mathrm{Re}(k)}$ $v_f = \frac{1}{\mathrm{Re}\left(\sqrt{L_c \cdot C_c}\right)}$ $v_f = f \cdot \lambda$
Costante di propag. k	$k = \omega\sqrt{\mu\tilde{\varepsilon}}$ $k = \beta - j\alpha$ $k = \omega\sqrt{L_c C_c}$ $\mathrm{Re}(k) = \frac{2\pi}{\lambda}$ $\mathrm{Re}(k) = \frac{2\pi f}{v_f}$ $\beta_0 \to$ rad/m $\alpha_0 \to$ Np/m
Pulsazione ω	$\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\omega = 2\pi f$
Cost. dielettrica $\tilde{\varepsilon}$	$\tilde{\varepsilon} = \varepsilon' - j\varepsilon''$ $\tilde{\varepsilon} = \varepsilon_0\varepsilon_r - j\frac{\sigma}{\omega}$
Frequenza	$f = \frac{1}{T}$
Profondità di penetrazione per effetto pelle	$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{H}{m}$ $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\ \frac{F}{m}$ $c = 3 \cdot 10^8$ m/s $Z_0 = 120\pi \approx 377\ \Omega$

Impedenze equivalenti

$$Z(z) = \frac{V_0\cos(kz) - jZ_\infty I_0\sin(kz)}{I_0\cos(kz) - jY_\infty V_0\sin(kz)} = \frac{V_0 - jZ_\infty tg(kz)}{I_0 - jY_\infty V_0 tg(kz)} = \frac{Z_0 - jZ_\infty tg(kz)}{1 - jY_\infty Z_0 tg(kz)} \qquad \zeta(z) = \frac{1}{y} = \frac{\varsigma_0 - jtg(kz)}{1 - j\varsigma_0 tg(kz)}$$

Impedenza carico	Impedenza ingresso	Linea lunga $\frac{\lambda}{4}$
corto circuito	$Z_{in} = jZ_\infty tg(k \cdot z)$	$Z_{in} = \infty$
circuito aperto	$Z_{in} = -jZ_\infty \cot(k \cdot z)$	$Z_{in} = 0$
carico reattivo X_L	$Z_{in} = jZ_\infty tg(kz + \phi_L)$ $\phi_L = \angle X_L$	$Z_{in} = -jZ_\infty \cot(\phi_L)$
$Z_L = Z_\infty$	$Z_{in} = Z_\infty \quad \forall z$	/
generica	formula generale	$Z_{in} = \frac{Z_\infty^2}{Z_L}$

Coefficienti di riflessione

$${}^V\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L Y_\infty - 1}{Z_L Y_\infty + 1} = \frac{\zeta_0 - 1}{\zeta_0 + 1} = \frac{Z_L - Z_\infty}{Z_L + Z_\infty} \qquad {}^V\Gamma = -{}^I\Gamma$$

$${}^V\Gamma = \frac{\zeta - 1}{\zeta + 1} = -\frac{y-1}{y+1} \quad \zeta = \frac{1 + {}^V\Gamma}{1 - {}^V\Gamma} = \frac{1 - {}^I\Gamma}{1 + {}^I\Gamma} \qquad {}^V\Gamma(z) = {}^V\Gamma_0 \cdot e^{+j2kz}$$

$$V = V^+ \cdot (1 + {}^V\Gamma)$$

$${}^V\Gamma = -\frac{\zeta - 1}{\zeta + 1} = \frac{y-1}{y+1} \qquad y = \frac{1 - {}^V\Gamma}{1 + {}^V\Gamma} = \frac{1 + {}^I\Gamma}{1 - {}^I\Gamma} \qquad \Gamma^k = \frac{Z_{in} - Z_{gen}^*}{Z_{in} + Z_{gen}}$$

Potenza

$$P(z) = \frac{1}{2} Y_\infty |V^+|^2 - \frac{1}{2} Y_\infty |V^-|^2 = \frac{|V^+|^2}{2 Z_\infty}(1 - |V_\Gamma|^2) \qquad P_{disp} = \frac{|V^+|^2}{2 Z_L}$$

Coefficienti vari

ROS o VSWR $= \frac{\text{Tensione massima sulla linea}}{\text{Tensione minima sulla linea}} = \frac{1 + |V_\Gamma|}{1 - |V_\Gamma|}$

Return Loss $= RL = \frac{\text{Potenza riflessa dal carico}}{\text{Potenza incidente sul carico}} = -10 \log_{10}(|V_\Gamma|^2)$

Coefficiente di trasmissione di potenza $= \frac{\text{Potenza assorbita dal carico}}{\text{Potenza incidente sul carico}} = 1 - |V_\Gamma|^2$

Reflection Loss $= \frac{\text{Potenza assorbita dal carico}}{\text{Potenza incidente sul carico}} = -10 \log_{10}(1 - |V_\Gamma|^2)$

	Carico completamente disadattato ($V^+ = V^-$)	Carico adattato $V^- = 0$
$\lvert\Gamma\rvert$	1	0
ROS	∞	1
Return Loss (dB)	0	∞
Coeff. di tx di P	0	1
Reflection Loss	∞	0

Linee con perdite

Si applica la sostituzione generale: $\begin{matrix} L \to L + \frac{R}{j\omega} \\ C \to C + \frac{G}{j\omega} \end{matrix} \quad \to \quad \begin{matrix} L_c = L - j\frac{1}{\omega\tau_s} \\ C_c = C - j\frac{C}{\omega\tau_p} \end{matrix}$

Bassa frequenza	**Alta frequenza**
$k = \sqrt{-(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$ $Z_\infty = \sqrt{\frac{R + j\omega C}{G + j\omega L}}$	$k = \omega\sqrt{LC}\sqrt{\left(1 - j\frac{1}{\omega\tau_s}\right)\left(1 - j\frac{1}{\omega\tau_p}\right)}$ $Z_\infty = \sqrt{\frac{L}{C} \cdot \frac{1 - j\frac{1}{\omega\tau_s}}{1 - j\frac{1}{\omega\tau_p}}}$

$${}^V\Gamma(z) = V_{\Gamma_0} e^{j2\beta z} e^{2\alpha z} \qquad \frac{P_B}{P_A} = \frac{1 - |V_{\Gamma_B}|}{1 - |V_{\Gamma A}|} \cdot e^{-2\alpha z}$$

Attenuazione nominale: $A_n = e^{-2\alpha z} = e^{-\frac{2\alpha_{dB}}{8,68} z}$

Nota: se si tratta di potenze o gamma, si usa 2α, per tensioni e correnti si usa α
P_B = potenza sulla linea dalla parte del carico
P_A = potenza sulla linea dalla parte del generatore