

# Zadanie 1

Wyznaczyć indukcyjność/pojemność rozwartego odcinka linii współosiowej ( $a=3.15$  mm,  $b = 0.94$  mm) wypełnionego  $\epsilon_r = 2.1$  o długości 20 mm na częstotliwości 1 GHz. Narysuj E H J w przekroju wzdłużnym.

# Fala płaska w układzie 3 ośrodków: przypadki szczególne

Impedancja falowa przetransformowana z granicy 23 do granicy 12  $Z_{f2tr} = Z_{w2} \frac{Z_{w3} + j Z_{w2} \tan(\beta_2 d)}{Z_{w2} + j Z_{w3} \tan(\beta_2 d)}$

## Transformator ćwierćfalowy

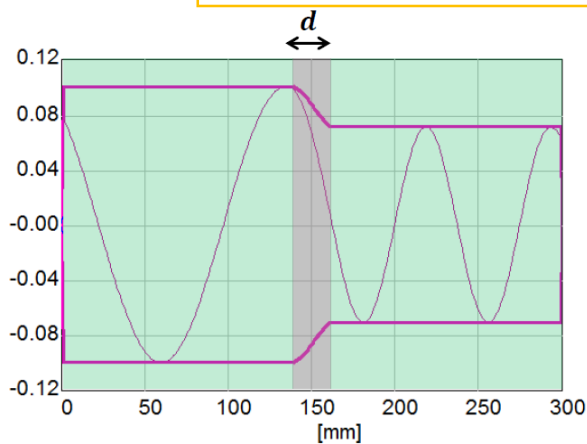
$$d = \frac{\lambda_2}{4}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{\lambda_2}{4} = \frac{\pi}{2}$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan\left(\frac{\pi}{2}\right) = \infty$$

$$Z_{f2tr} = \frac{(Z_{w2})^2}{Z_{w3}}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{f2tr} - Z_{w1}}{Z_{f2tr} + Z_{w1}}$$



Dopasowanie

$$\text{zał. } Z_{w2} = \sqrt{Z_{w1} Z_{w3}}$$



$$\Gamma_{12} = 0$$

## Transformator półfalowy

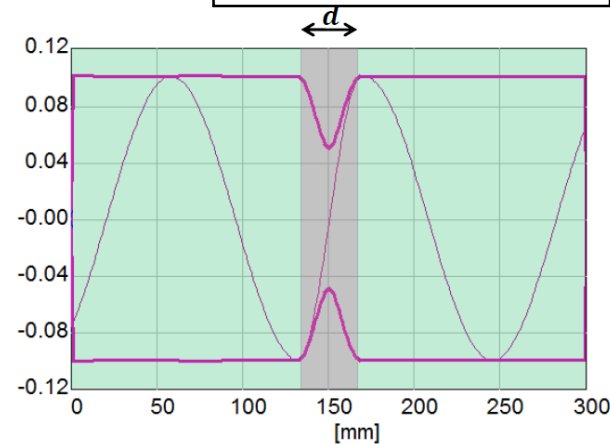
$$d = \frac{\lambda_2}{2}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{\lambda_2}{2} = \pi$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan(\pi) = 0$$

$$Z_{f2tr} = Z_{w3}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{w3} - Z_{w1}}{Z_{w3} + Z_{w1}}$$



Przezroczystość

## Zadanie 2

W falowodzie prostokątnym o wymiarach  $(a, b)$  w kierunku  $+\vec{i}_z$  propaguje się rodzaj  $TE_{10}$ . W chwili  $t = 0$  jedna ze składowych prądu powierzchniowego płynącego po ścianie  $y = b$  wyraża się zależnością:

$$J_x(x, y = b, z) = 4 \cos(30\pi x) \cos(40\pi z) \left[ \frac{A}{m} \right]$$

Wiedząc, że stosunek długości boków wynosi  $\frac{b}{a} = 2$  oblicz:

- wymiary falowodu,
- częstotliwość fali,
- amplitudy składowych pola:  $H_{z0}, H_{x0}, E_{y0}$ .

## Rodzaje TM (E)

$$E_z = E_{z_0} \sin(\beta_x x) \sin(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$E_x = \frac{-j\beta_z \beta_x}{\beta_c^2} E_{z_0} \cos(\beta_x x) \sin(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$E_y = \frac{-j\beta_z \beta_y}{\beta_c^2} E_{z_0} \sin(\beta_x x) \cos(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$H_x = \frac{jE_{z_0} \beta_y \omega \varepsilon}{\beta_c^2} \sin(\beta_x x) \cos(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$H_y = -\frac{jE_{z_0} \beta_x \omega \varepsilon}{\beta_c^2} \cos(\beta_x x) \sin(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

## Rodzaje TE (H)

$$H_z = H_{z_0} \cos(\beta_x x) \cos(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$H_x = \frac{j\beta_z \beta_x}{\beta_c^2} H_{z_0} \sin(\beta_x x) \cos(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$H_y = \frac{j\beta_z \beta_y}{\beta_c^2} H_{z_0} \cos(\beta_x x) \sin(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$E_x = \frac{j\beta_y \omega \mu}{\beta_c^2} H_{z_0} \cos(\beta_x x) \sin(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

$$E_y = \frac{-j\beta_x \omega \mu}{\beta_c^2} H_{z_0} \sin(\beta_x x) \cos(\beta_y y) e^{-\gamma_z z}$$

Uwaga: możliwe są rodzaje TE<sub>m0</sub> lub TE<sub>0n</sub> ale **niemożliwe** są rodzaje TM<sub>m0</sub> and TM<sub>0n</sub>.

# Jak zmienia się impedancja falowa?

$$Z_{\perp} = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}}{\sqrt{1 - \frac{\omega_c^2}{\omega^2}}} \quad \text{rodzaje TE}$$

$$Z_{\perp} = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \sqrt{1 - \frac{\omega_c^2}{\omega^2}} \quad \text{rodzaje TM}$$

Przenikalność elektryczna próżni  $\varepsilon_0 \approx \frac{1}{36\pi} 10^{-9} \left[ \frac{F}{m} \right]$

Przenikalność magnetyczna próżni  $\mu_0 \approx 4\pi 10^{-7} \left[ \frac{H}{m} \right]$

# Fala płaska: wzory ogólne

Współczynnik propagacji:

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{j\omega\mu(\sigma + j\omega\varepsilon)} = \frac{j\omega}{v} \sqrt{1 - j\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}}$$

Współczynnik strat:

$$\tan \delta = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon}$$

Impedancja właściwa ośrodka:

$$Z_w = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\sigma + j\omega\varepsilon}}$$

# Fala płaska: wzory uproszczone

Dielektryk małostratny

Warunek:  $\tan \delta \ll 1$

$$\alpha \approx \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

$$\beta \approx \omega \sqrt{\mu\varepsilon}$$

$$Z_i = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} e^{j\frac{\delta}{2}}$$

Dobry przewodnik

Warunek:  $\tan \delta \gg 1$

$$\alpha \approx \beta \approx \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}$$

$$Z_i = \sqrt{\frac{\omega\mu}{\sigma}} e^{j\frac{\pi}{4}}$$

Przenikalność elektryczna próżni  $\varepsilon_0 \approx \frac{1}{36\pi} 10^{-9} \left[ \frac{F}{m} \right]$

Przenikalność magnetyczna próżni  $\mu_0 \approx 4\pi 10^{-7} \left[ \frac{H}{m} \right]$