RÜ 6

Dienstag, 17. Mai 2011
15:58

Aufgabe 4

4.1.1 $\alpha_R = \frac{1}{2} \frac{R'}{\sqrt{\frac{L'}{C'}}}$

$$R' = \frac{1}{2\pi \kappa \delta} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_a} \right)$$

Hier $r_i = d \quad r_a = D$

$\Rightarrow$ α_R abhängig von κ der Leiter

Schwach verlustbehaftet: Z_L reell

$$\alpha_G = \frac{1}{2} \cdot G' \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

$$G' = \frac{2\pi \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r''}{\ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right)} = \omega C' \tan \delta_\varepsilon$$

$\Rightarrow$ α_G: abhängig von $\tan \delta_\varepsilon$ des Dielektrikums

1.2 $\alpha_R \sim \frac{1}{\delta} \sim \sqrt{f}$

$\alpha_G \sim \omega \sim f$

wobei ausgehend von κ, $\tan \delta_\varepsilon \neq F(f)$

1.3)

$$Z_L = \frac{Z_0}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_r'}{\varepsilon_r'}} \ln\left(\frac{D}{d}\right)$$

1.4) Ja, Z_L = konst wenn $\frac{D}{d}$ konst

$$\alpha_R \sim \left(\frac{1}{D} + \frac{1}{d}\right) \Rightarrow \alpha_R \text{ kleiner falls}$$

D und d vergrößert werden

1.5) Es können auch andere Moden ausbreitungsfähig werden

2.1) Eingangsimpedanz Z_E der schwach verlustbehafteten Leitung:

$$Z_E = Z_L \frac{\frac{Z_2}{Z_L} + \tanh(\gamma L)}{1 + \frac{Z_2}{Z_L}\tanh(\gamma L)}$$

Bestimmung Z_L

1.) Leerlauf $Z_2 = \infty$

$$Z_{EL} = Z_L \cdot \frac{1}{\tanh(\gamma L)}$$

2.) Kurzschluß $Z_2 = 0$

$$Z_{EK} = Z_L \tanh(\gamma L)$$

1.) + 2.) $\rightarrow$ $\tanh(\gamma L) = \frac{Z_L}{Z_{EL}} = \frac{Z_{EK}}{Z_L}$

$1.) + 2.) \rightarrow \tanh(\gamma L) = \frac{Z_L}{Z_{EL}} = \frac{Z_{EK}}{Z_L}$

$\Rightarrow Z_L^2 = Z_{EK} \cdot Z_{EL}$

$= \sqrt{Z_{EK} \cdot Z_{EL}} = 60\Omega$

Bestimmung von α:

Leerlauf: $Z_2 = \infty$

$r_2 = \frac{Z_2 - Z_L}{Z_2 + Z_L} = \underline{+1}$

$r_1 = r_2 \, e^{-2\gamma L}$

mit $\gamma = \alpha + j\beta$

$r_1 = 1 \, e^{-2\alpha L} \, e^{-j2\beta L}$

$r_1 = \frac{Z_{EL} - Z_L}{Z_{EL} + Z_L} = \frac{180\Omega - 60\Omega}{180\Omega + 60\Omega} = \underline{\frac{1}{2}}$

$\Rightarrow \frac{1}{2} = +1 \, e^{-2\alpha L} \, e^{-2j\beta L}$

Betrag: $\frac{1}{2} = e^{-2\alpha L}$

$\alpha = \frac{\ln(2)}{2L} = 0{,}0116 \, \frac{Np}{m} = 1{,}1552 \, \frac{Np}{100m}$

$\underset{\cdot 8{,}686}{=} 10{,}0345 \, \frac{dB}{100m}$

Phase: $1 = e^{-2j\beta L}$

$$\Rightarrow 2\beta L = n \cdot 2\pi$$

$$\Rightarrow \frac{4\pi}{\lambda} L = n \cdot 2\pi$$

$$\Rightarrow L = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$L = n \cdot \frac{\lambda_0}{2} = (n+1)\frac{\lambda_2}{2} \quad \text{wegen} \quad \lambda_2 < \lambda_0$$

$$n = \frac{\lambda_2}{\lambda_0 - \lambda_2} = \frac{\frac{c_0/\sqrt{\varepsilon_r}}{f_2}}{\frac{c_0/\sqrt{\varepsilon_r}}{f_0} - \frac{c_0/\sqrt{\varepsilon_r}}{f_2}} = \frac{f_0}{f_2 - f_0}$$

$$n = \frac{213}{216{,}55 - 213} = 60$$

$$L = n \cdot \frac{\lambda_0}{2} = n \cdot \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}\, f_0\, 2}$$

$$\sqrt{\varepsilon_r} = 1{,}4085$$

$$\Rightarrow \varepsilon_r \overset{!}{=} \varepsilon_r' = 1{,}984$$

3.1 Allseitige Anpassung: $r_2 = 0$, $r_1 = 0$

$$P_e = P_s \cdot 10^{-\frac{\alpha_{ges}}{10dB}}$$

$\hookrightarrow$ Leistungsgrößen

Hier $\alpha = \frac{7dB}{100m}$

$$\Rightarrow \alpha_{ges} = \frac{7dB}{100m} \cdot 1000km = 70dB$$

$P_e = P_s \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-6}$ Watt

<u>4.4</u>

a) allseitige Anpassung

b) $\eta = 1$

c) Optimale Ausrichtung

$$P_e = \frac{P_s \cdot G_s}{4\pi r^2} \cdot A_W$$

A_W $\frac{\lambda}{2}$-Dipolantenne im freien Raum

$A_W = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_e$ mit $G = G_e = G_s = 1{,}64$

(c) optimale Ausrichtung

$$P_e = \frac{P_s\, G^2}{4\pi r^2} \frac{\lambda^2}{4\pi} = P_s \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 G^2$$

$$P_s = P_e \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \frac{1}{G^2} = 29{,}597 \text{ Watt}$$

<u>F 2003 A.4</u>

<u>1.1</u>) $\varepsilon_r = 1 \Rightarrow \varepsilon_{r1} = \varepsilon_{r0}$

$\Rightarrow$ Homogenes, verlustloses Dielektrikum

$\Rightarrow$ Zwei metallische Leiter im Querschnitt

durch guten Isolator getrennt

Somit TEM-Welle <u>möglich</u>

$$v_{Ph,1} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} = c_0$$

$$\beta_1 = \frac{\omega}{c_0}\sqrt{\varepsilon_r} = \frac{\omega}{c_0}$$

<u>1.2)</u> $\varepsilon_r \neq 1 \Rightarrow \varepsilon_{r2} \neq \varepsilon_{r0}$

$\Rightarrow$ nur Quasi-TEM-möglich!

$$v_{phase\,2} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \qquad \beta_2 = \frac{\omega}{c_0}\sqrt{\varepsilon_{reff}}$$

<u>1.3)</u> Aus Graph h Script S. 34

a) $\frac{w}{h}\Big|_{\varepsilon_r = 3,\, Z_L = 50\Omega} = 2{,}5$

$$\varepsilon_{r,eff} = 2{,}42$$

$\Rightarrow w = 1{,}25$

b) $z = \frac{L}{\lambda_{eff}} \overset{!}{=} \frac{120^\circ}{180^\circ}\pi$

$$\Rightarrow L = \frac{2}{3}\cdot\frac{1}{2}\,\frac{c_0}{f}\left(\sqrt{\varepsilon_{r,eff}}\right)^{-1}$$

$$= 0{,}639\ \text{cm}$$

<u>1.4)</u> $$\varepsilon_{r,eff}(f) = \varepsilon_r' + \frac{\varepsilon_{r\,eff}(f=0) - \varepsilon_r'}{1+\rho}$$

$$\text{mit } P = \left(\frac{h}{Z_L(f=0)}\right)\left(0{,}43\,(f/GHz)^2 - 0{,}009\,(f/GHz)^3\right)$$

$$\text{Abweichung } \Delta\varepsilon_{r,eff} = \frac{2{,}51 - 2{,}42}{2{,}42} = 0{,}04$$

$$Z_L(f = 10\,GHz) = Z_L(f=0)\sqrt{\frac{\varepsilon_{reff}(f=0)}{\varepsilon_{reff}(f=10\,GHz)}} \cdot$$

$$\cdot \frac{\varepsilon_{reff}(f=10\,GHz) - 1}{\varepsilon_{reff}(f=0) - 1} = 51{,}13$$

$$\Rightarrow \Delta Z_L = 1{,}13$$

1.5) $\alpha = \alpha_R + \alpha_G$

$$\alpha_R = \frac{1}{\varkappa \delta \omega Z_L} \quad \text{mit } \delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \varkappa \mu}}$$

$$\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{Vs}{Am}$$

$$\delta = 6.6 \cdot 10^{-7}$$

$$\alpha_R = 0{,}39\ Np/m$$

$$\alpha_G = \frac{k_0}{2}\sqrt{\varepsilon_{r,eff}}\ \frac{\frac{1}{\varepsilon_{reff}} - 1}{\frac{1}{\varepsilon_r'} - 1}\tan\delta_\varepsilon$$

$$k_0 = \omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} = \frac{2\pi}{\lambda_0} = 209{,}43$$

$$\alpha_G = 0{,}14622\ Np/m$$

$$\alpha = \alpha_R + \alpha_G = 0{,}39 + 0{,}146 = 0{,}54$$

$$\alpha = 0{,}54 \cdot 8{,}868 = 4{,}69\ \mathrm{dB/m}$$

1.6 $$\lambda_\varepsilon = \frac{c_0}{f\sqrt{\varepsilon_{r\,eff}}} = 0{,}019\,\mathrm{m}$$

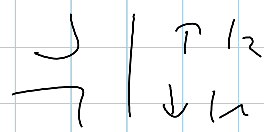
$$\alpha\big|_{\mathrm{dB}\,\lambda_\varepsilon} = 4{,}69 \cdot 0{,}019 = 0{,}089\ \mathrm{dB}\,\lambda_\varepsilon$$

2.1 $Z_{L5} = R_{V1} = 240\,\Omega$

2.2) Parallelverzweigung

$\Rightarrow$ Parallelschaltung

$$\left.\begin{aligned} P_2 &= \tfrac{1}{2}\, U \cdot I_2^* \\ P_1 &= \tfrac{1}{2}\, U \cdot I_1^* \end{aligned}\right\} \text{Und in Phase}$$



$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2^*}{I_1^*} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{Z_{L5}}{Z_{L3}} \overset{!}{=} 3$$

$$\Rightarrow Z_{L3} = \frac{Z_{L5}}{3} = 80\,\Omega$$

2.3) $r_3 = 0$ falls Anpassung

$Z_{L3} \neq R_{V2} \Rightarrow$ Anpassleitung

$\Rightarrow \frac{\lambda}{4}$ – Trafo

$$L_4 = \frac{\lambda}{4} \qquad Z_{L4} = \sqrt{R_{V2} \cdot Z_{L3}} = 120\,\Omega$$

$\lambda \varepsilon_4$

2.4) $Z_{L2} = Z_{L3} \parallel Z_{L5} = \frac{80 \cdot 240}{80 + 240} \Omega = 60\,\Omega$

$\frac{L_1}{\lambda \varepsilon_1} = \frac{\lambda}{4}$ $\quad Z_{L1} = \sqrt{Z_{L2} \cdot Z_{L0}} = 77{,}46\,\Omega$