DALGA KILAVUZLARINDA GÜÇ ve ZAYIFLAMA

Güç hesabı : X-bandı $a = 2{,}286\,cm$ $b = 1{,}016\,cm$ hava ile dolu boşluklu mod TE_{10}'da Havanın dielektrik dayanıklılığı $3\,MV/m$. Hava delinmeden $9\,GHz$'de iletilebilecek max P kaçtır? $\varepsilon_0 \approx 8{,}85$

$$|E_y|_{max} = \frac{|A_{10}|}{\varepsilon_0}\cdot\frac{\pi}{a}\left|\sin\left(\frac{\pi}{a}x\right)\right|_{max} = \frac{A_{10}}{\varepsilon_0}\cdot\frac{\pi}{a} = 3.10^6$$

$$A_{10} = \frac{3.10^6 \cdot \varepsilon_0 \cdot a}{\pi} = 1{,}933.10^{-7}$$

Boşluk TE_{10}'un kesim frekansı; $f_{c,10} = \frac{c}{2a} = \frac{3.10^{10}}{2(2{,}286)} = 6{,}562\,GHz$ Mikrodalga

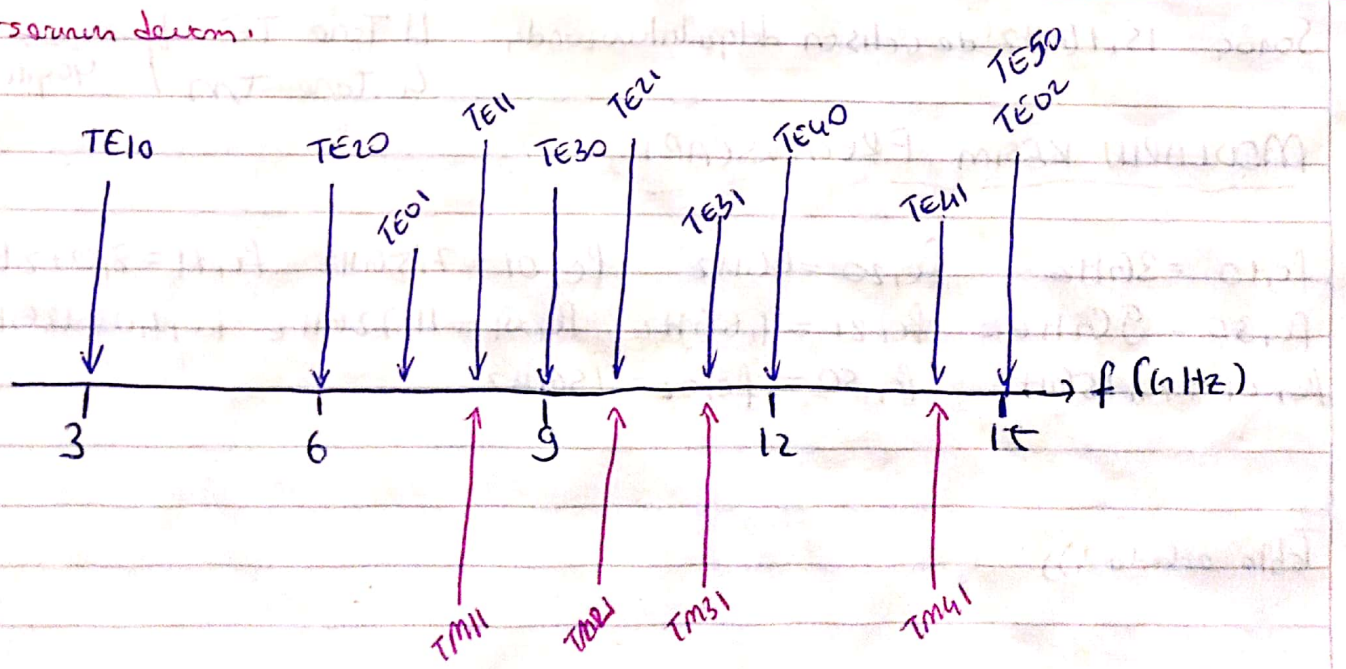
Dalga empedansı; $Z_{TE} = \frac{\eta_0}{\sqrt{1-(f/f_c)^2}} = \frac{377}{\sqrt{1-(6{,}562/9)^2}} \cong \frac{377}{0{,}68439} \cong 551\,\Omega$

TE_{10}'daki max güç; $P_{or,10} = \frac{|A_{10}|^2}{2(Z_{TE,10})\varepsilon_0^2}\cdot\left(\frac{\pi}{a}\right)^2\cdot\left(\frac{ab}{2}\right)$ Formülünden

$$P_{or,10} = \frac{|A_{10}|^2}{2(Z_{TE,10})\varepsilon_0^2}\left(\frac{\pi}{a}\right)^2\left(\frac{ab}{2}\right) = \frac{(1{,}933)^2.10^{-14}.\pi^2(1{,}016)}{2204\,(8{,}85)^2.10^{-24}(2{,}286)} = 9{,}49.10^5\,W$$

$P_{or,10} = 949\,kW$

Diğer sorunun devamı:



Zayıflama

$a=2,5cm$ $b=1cm$ dikdörtgen kesitli → dalga kılavuzu $f=15,1GHz$

Kaç TE ve TM modu iletilebilir? İletilen modların frekansları

$\sigma_d=0$, $\varepsilon=4\varepsilon_0$, $\mu_r=1$

$$v=\frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}=\frac{c}{2}$$

$b=1cm$ $\boxed{\varepsilon_r=4}$ $d=2,5cm$

$$f_{c,mn}=\frac{v}{2}\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2+\left(\frac{n}{b}\right)^2}$$

$$f_{c,mn}=\frac{c}{2\sqrt{\varepsilon_r}\,a}\sqrt{m^2+\left(\frac{a}{b}n\right)^2}=\frac{c}{2\cdot 2,5}\sqrt{m^2+6,25n^2}$$

→ 15,1 GHz'den küçük olmalı,

$$f_{c,mn}=\frac{3\cdot 10^{10}}{4(2,5)}\sqrt{m^2+6,25n^2}=\left(3\sqrt{m^2+6,25n^2}\ GHz\right)$$ kesim frekansı

$3\sqrt{m^2+6,25n^2}<15,1$ $n=0$ için $3\sqrt{m^2}=3m$ $m=0$ için → $7,5n$

$n=0$ için $3m<15,1$ → $m\le 5$: TE_{10}, TE_{20}, TE_{30}, TE_{40}, TE_{50} ✓

$n=1$ için $3\sqrt{m^2+6,25}<15,1$ $m\le 4$: TE_{11}, TE_{21}, TE_{31}, TE_{41}, TM_{11}, TM_{21}, TM_{31}, TM_{41}

$m=0$ için $7,5n<15,1$ → $n\le 2$: TE_{01}, TE_{02}

Sonuç 15,1 GHz'de açılsın dalga kılavuzunda 11 Tane TE, 4 Tane TM modu yayılım

MODLARIN KESİM FREKANSLARI

$f_{c,10}=3GHz$ $f_{c,20}=6GHz$ $f_{c,01}=7,5GHz$ $f_{c,11}=8,0786GHz$

$f_{c,30}=9GHz$ $f_{c,21}=9,6GHz$ $f_{c,31}=11,726GHz$ $f_{c,40}=12GHz$

$f_{c,41}=14,156GHz$ $f_{c,50}=f_{c,02}=15GHz$

Tablo arkada :))

ÖR2: $a=8{,}636$ cm $b=4{,}318$ cm $\varepsilon_r=1$ Kaçkeyigel kablo 4 GHz
TE10 modunun yayılım yapıy yapanadığı faz hızı=? grup hızı=?

$$f_{c,10}=\frac{c}{2a}=\frac{30}{2(8{,}636)}=\frac{15}{8{,}636}=1{,}737\ \text{GHz}$$

$f=4\ \text{GHz} > f_c$ TE10 modunda yayılımda

$$v_p=\frac{c}{\sqrt{1-(f_c/f)^2}}=\frac{3.10^8}{\sqrt{1-(1{,}737/4)^2}}=3{,}333.10^8\ \text{m/s}$$

$$v_g=c\sqrt{1-(f_c/f)^2}=3.10^8\sqrt{1-(7{,}37/4)^2}=2{,}7.10^8\ \text{m/s}$$

ÖR3: İçi boş dikd. dalga kılavuzu $a=30$mm $b=15$mm $G_{dışmf}$, K_{esitmf} %30 fark

TE10 ve TM11 modları için kılavuz dalga boyunu, faz ve grup hızlarını bulunuz

TE10

$$f_{c,10}=\frac{c}{2a}=\frac{30}{2.3}=5\ \text{GHz}\qquad f=1{,}3f_{c,10}=6{,}5\ \text{GHz}$$

$\lambda_b > \lambda$

$$\lambda_b=\frac{\lambda}{\sqrt{1-(f_c/f)^2}}=\frac{c/f}{\sqrt{1-(f_c/f)^2}}=\frac{4{,}615}{\sqrt{1-(5/6{,}5)^2}}=7{,}22\ \text{cm}$$

$$v_p=f\lambda_b=(6{,}5)\,10^9\,(7{,}22)=4{,}693.10^{10}\ \text{cm/s}$$

$$v_g=c^2/v_p=1{,}92.10^{10}\ \text{cm/s}$$

TM11

$$f_{c,11}=\frac{c}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2+\left(\frac{1}{b}\right)^2}=\frac{30}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2+\left(\frac{1}{1{,}5}\right)^2}=11{,}18\ \text{GHz}$$

$$f=1{,}3f_{c,11}=14{,}534\ \text{GHz}$$

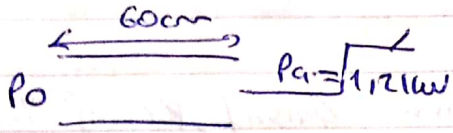
$$\lambda_b = \frac{\lambda}{\sqrt{1-(f_c/f)^2}} = \frac{2,064}{\sqrt{1-(11,18/14,534)^2}} = 3,23\,cm$$

$$V_p = f\lambda_b = 14,534.10^9.(3,23) = 4,696.10^{10}\ cm/s$$

$$V_g = c^2/v_p = 1,92.10^{10}\ cm/s$$

ÖRNEK: $a=4,2cm$ $b=2,6cm$ eu $60cm$ □ $4,8\,GHz$
Anteni $1,2\,kW$'lık güçle beslemektedir,
Polistren malzemeyle doldurulmuş TE10 modunda kayıp güç = ?

Polistren için $\sigma_d = 10^{-17}\ S/m$, $\varepsilon_r = 2,55$, Cu $\Rightarrow \sigma = 5,8.10^7\ S/m$



$$P_a = P_o.e^{-2\alpha d}$$

$$\alpha = \alpha_i + \alpha_d \cong \alpha_i$$

$$P_k = P_a - P_o \Rightarrow P_o = P_a - P_k$$

$$P_d = (P_a - P_k)e^{-2\alpha d} \Rightarrow \boxed{P_k = P_a(e^{2\alpha d} - 1)}$$

$$f_{c,10} = \frac{c}{2\sqrt{\varepsilon_r}\,a} = \frac{30}{2(\sqrt{2,55}\,(4,2))} = 2,236\ GHz$$

$$\alpha_d = \frac{\sigma_d}{2}\eta\sqrt{1-(f_c/f)^2} = \frac{\sigma_d}{2}\frac{\eta_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}\sqrt{1-(f_c/f)^2}$$

$$\alpha_d = \frac{10^{-17}.377}{2\sqrt{2,55}}\sqrt{1-(2,236/4,8)^2} = 1,045.10^{-15}\ Np/m$$

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi f\mu}{\sigma_i}} = R_s = \sqrt{\frac{\pi.(4,8)10^9.4\pi 10^{-7}}{(5,8).10^7}} = 18,08\ m\Omega$$

$$\alpha_i = \frac{2R_s}{b\eta\sqrt{1-(f_c/f)^2}}\left[\frac{1}{2} + \frac{b}{a}\left(\frac{f_c}{f}\right)^2\right]$$

$$\alpha_i = \frac{2(12,08)10^{-3}}{(2,6)(23,61)\sqrt{1-(2,236/4,8)^2}}\left[\frac{1}{2}+\frac{2,6}{4,2}\left(\frac{2,236}{4,8}\right)^2\right] = 4,218\cdot10^{-3}\ Np/m$$

Toplam zayıflama $\alpha = \alpha_i + \alpha_d \approx \alpha_i = 4,218\cdot10^{-3}\ Np/m$

(α_i ↓ $4,218\cdot10^{-3}$)

Kayıp güç: $P_k = P_a(e^{2\alpha d}-1) = 1200\left(e^{2(4,218)10^{-3}(0,6)}-1\right) = 6,089\ W$

ÖRN: $a=5$ yarıçap boş daire kesitli bir dalga kılavuzu TE11 modunda 3GHz'deki kesim frekansı kılavuzlu dalga boyunu ve dalga empedansını hesaplayınız.

TE modları $p_{11}' = 1,841$

$$f_{c11} = \frac{c p_{11}'}{2\pi a} = \frac{30(1,841)}{2\pi\cdot5} = 1,758\ GHz$$

$$\lambda_b = \frac{\lambda}{\sqrt{1-(f_c/f)^2}} = \frac{10}{\sqrt{1-(1,758/3)^2}} = 12,34\ cm$$

$$Z_{TE} = \frac{\eta_0}{\sqrt{1-|f_c/f|^2}} = \eta_0\frac{\lambda_b}{\lambda} = 377\frac{12,34}{10} = 465\ \Omega$$

ÖR2: $a=2$ 10GHz yayılabilecek mod $\varepsilon_r = 1$

$f_c < f$ $f_c = f$ olalım $\beta_c a = \frac{2\pi}{\lambda_c}a = \frac{2\pi}{c/f_c}a = \frac{2\pi}{30/10}2 = 4,18$

$f_{cnm} = \frac{c(p'_{nm}, p_{nm})}{2\pi a}$ $10 < \frac{30(p'_{nm}, p_{nm})}{4\pi}$ ⇒ $p'_{nm}, p_{nm} < 4,18$

$TE_{11}(1,841)$, $TM_{01}(2,405)$, $TE_{21}(3,054)$, TM_{11} - $TE_{01}(3,832)$

$TE_{11}, TM_{01}, TE_{21}, TM_{11}$ ÷ TE_{01}

ÖR3/ Çap 2cm boş yalnızca baskın modun yayılım yapabilmesi için çalışma frekans aralığı? %10 güvenlik payı

$D=2 \rightarrow a=1$ $\qquad 1{,}1\, f_{c,11} \le f \le 0{,}9\, f_{c,01}$

$f_{c,11} = \frac{c\, p'_{11}}{2\pi a} = \frac{30\cdot(1{,}841)}{2\pi 2} = 8{,}79\ GHz$ $\qquad f_a = 1{,}1\, f_{c,11} = 9{,}67\ GHz$

$f_{c,01} = \frac{c\, p_{01}}{2\pi a} = \frac{30(2{,}405)}{2\pi 2} = 11{,}48\ GHz$ $\qquad f_ü = 0{,}9\, f_{c,01} = 10{,}33\ GHz$

$9{,}67\ GHz \le f \le 10{,}33\ GHz$ } Çalışma f aralığı

ÖR/ 3 nolu uç hariç → empedans uygunluğu ✓ yönlü kuplör yönelticilik ∞

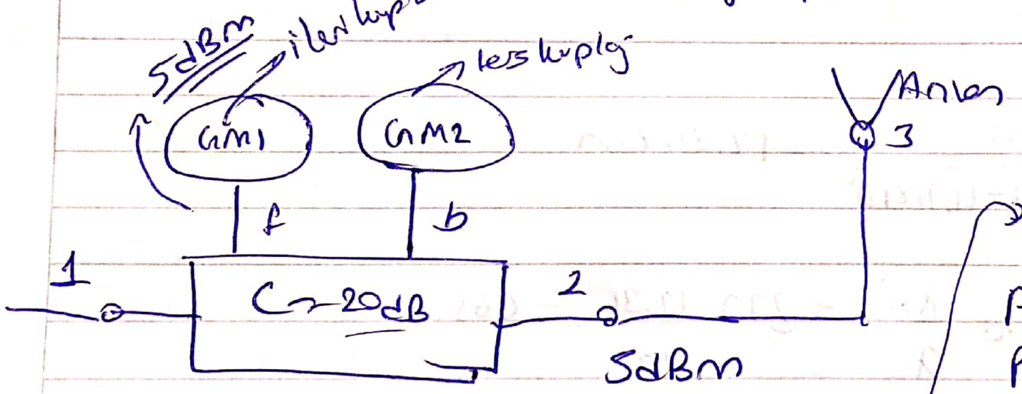
Açık = 0dB

Sist. emp = 50Ω

İleri yön kuplaj kapısı GM1 → 5dBm

3. noktadaki |Γ| => 0,2

Ters kuplaj kapısı GM2 → ? dBm



$P_3^+ = P_2^+ = P_1^+ = 25\ dBm$

$P_3^+ = 10^{25/10} = 10^{2{,}5}$

$P_3^+ = 316{,}227\ mW$

$P_2 = P_f = 5\ dBm$

$|\Gamma_3| = \sqrt{\frac{P_3^-}{P_3^+}}$

$C = 10\log\frac{P_1}{P_2} = P_1(dBm) - P_2(dBm)$

$P_3^- = |\Gamma_3|^2 P_3^+$

$P_1 = C + P_2 = 20\ dB + 5\ dBm = 25\ dBm$

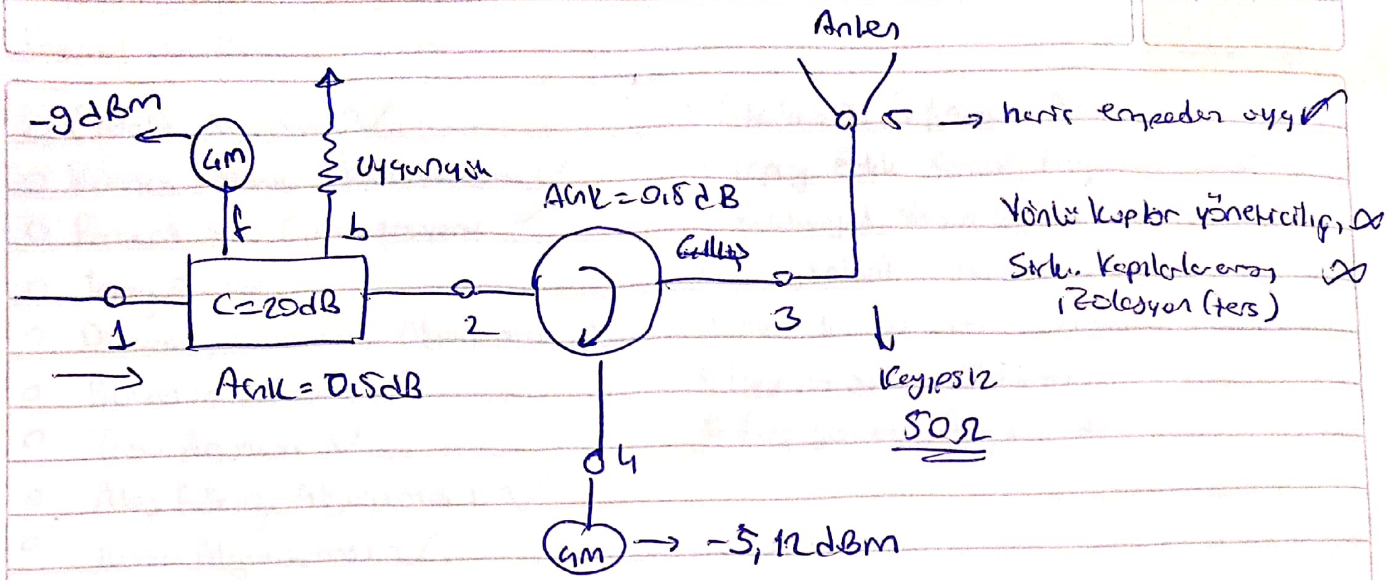
$P_3^- = (0{,}2)^2\ 316{,}227$

$(0{,}04)(316{,}227)$

$|\Gamma_3| = 12{,}65\ mW = 11\ dBm$

$P_b = P_2^- - C = 11 - 20 = -9\ dBm$ $\qquad P_2^- = P_3^- = 11\ dBm$

Antenin nominal olan giriş empedansının ne olabileceğini değerlendir?



$P_1^+ = C + P_f = 20 - 9\,dBm = \underline{11\,dBm}$

$P_2^+ = P_1^+ - Atk = 11\,dBm - 0{,}5\,dB = \underline{10{,}5\,dBm}$

$P_3^+ = P_2^+ - Atk = 10{,}5 - 0{,}5 = \underline{10\,dBm}$

$P_5^+ = P_3^+ = 10\,dBm = \underline{10\,mW}$

$P_3^- = P_4 + Atk = -5{,}12 + 0{,}5 = \underline{-4{,}62\,dBm}$

$P_5^- = P_3^- = \underline{-4{,}62\,dBm} = \underline{0{,}345\,mW}$

$|\Gamma_5| = \sqrt{\frac{P_5^-}{P_5^+}} = \sqrt{\frac{0{,}345}{10}} = 0{,}186 \quad \Gamma_5 = 0{,}186 \quad \Gamma_5 = -0{,}186$

$\Gamma_5 = 0{,}186$ için $Z_a = Z_0 \frac{1+\Gamma_5}{1-\Gamma_5} = 50 \frac{1{,}186}{0{,}814} \approx 73\Omega$

$\Gamma_5 = -0{,}186$ $Z_a = Z_0 \frac{1+\Gamma_5}{1-\Gamma_5} = 50 \frac{0{,}814}{1{,}186} \approx 34\Omega$