Report: Waveguides and Antennas

Panagiotis Koutris

June 2024

2.1. Μέτρηση διηλεκτρικής σταθεράς υλικού με κυματοδηγό

Ερώτημα (α)

Για τον αέρα:

- $\beta_0 = \frac{2\pi f}{c_0} \cdot \sqrt{1 - (\frac{f_{c0}}{f})^2} \Rightarrow \beta_0 = 156,33 \; rad/m$
- $Z_0 = \frac{\eta_0}{\sqrt{1-(\frac{f_{c0}}{f})^2}} \Rightarrow Z_0 = 419,2 \; \Omega$

Για το διηλεκτρικό:

- ${k_1}^2 = \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 \epsilon_r \Rightarrow {k_1}^2 = 44413,22\epsilon_r$
- ${k_c}^2 = \frac{\pi}{\alpha}^2 \Rightarrow k_c^2 = 18886,32$
- $\beta_1 = \sqrt{k_1^2 - k_c^2} \Rightarrow \beta_1 = \sqrt{44413,22\epsilon_r - 18866,32}$
- $\alpha_{d_1} = \frac{k1^2 tan\delta}{2\beta_1} \Rightarrow \alpha_{d_1} = \frac{(44413,22\epsilon_r)^2 tan\delta}{2\sqrt{44413,22\epsilon_r - 18886,32}}$
- $\gamma_1 = \alpha_{d_1} + j\beta_1 =$ .....
- $Z_1 = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r - 0,1913}}$

Οπότε τώρα για τις 2 περιπτώσεις έχουμε:

- $Z_{A_1} = Z_1 tanh[\gamma_1 d] \quad (d_1 = d) \quad \&$
- $Z_{A_2} = Z_1 tanh[2\gamma_1 d] \quad (d_2 = 2d)$
- $Z_{in_1} = Z_0 \frac{Z_{A_1} + jZ_0 tan[\beta_0 l_1]}{Z_0 + jZ_{A_1} tan[\beta_0 l_1]} \quad (l_1 = L - d) \quad \&$
- $Z_{in_2} = Z_0 \frac{Z_{A_2} + jZ_0 tan[\beta_0 l_2]}{Z_0 + jZ_{A_2} tan[\beta_0 l_2]} \quad (l_2 = L - 2d)$

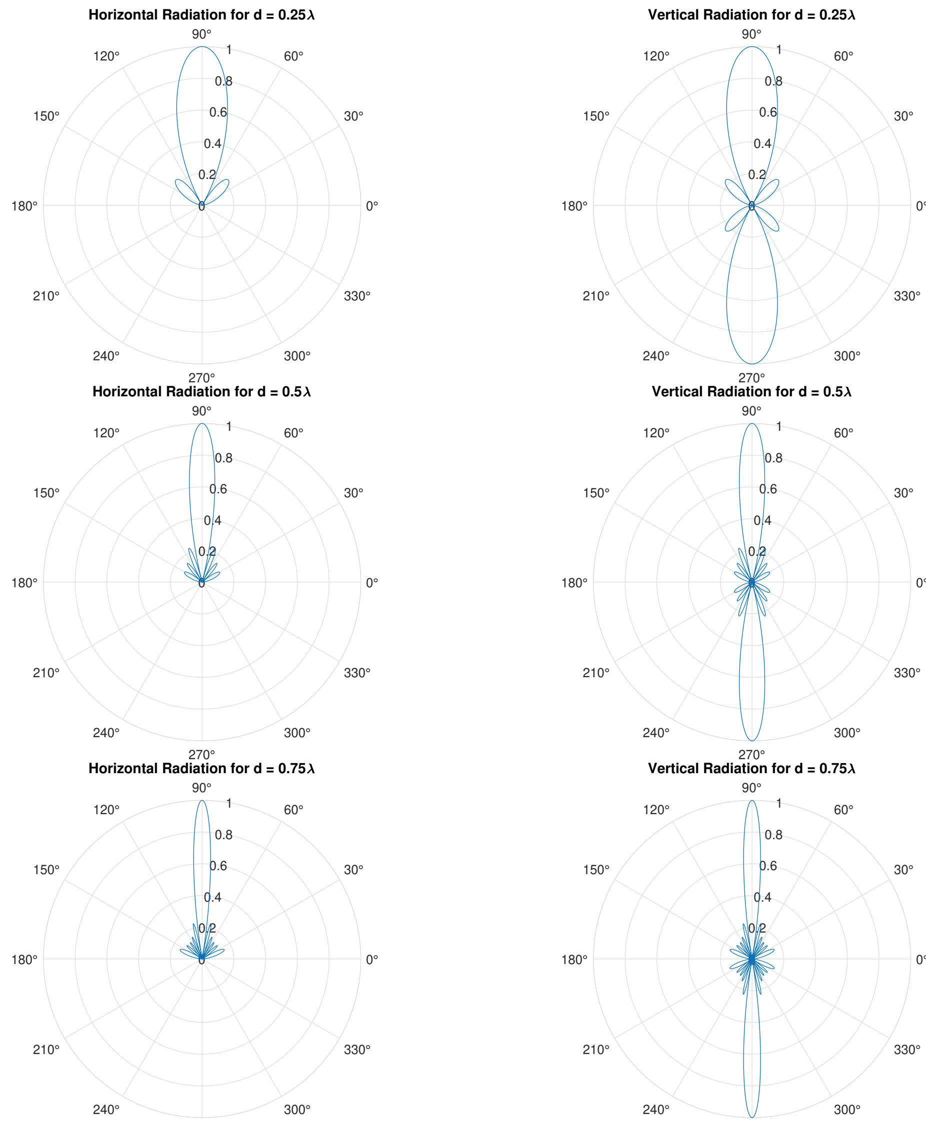
Ερώτημα (β)

```
e_r = 4234.664325
tan_delta = 0.010000
```

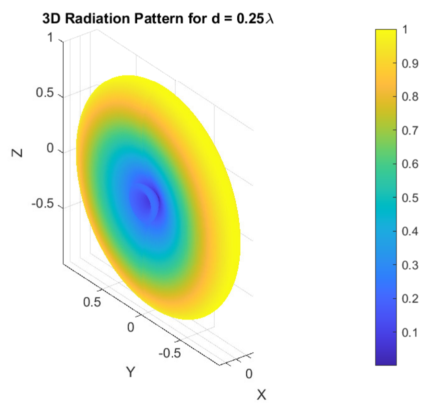
Σημείωση: Το αποτέλεσμα βγαίνει πολύ κακό αλλά ευελπιστώ ότι ευθύνεται στο ότι δεν βρήκα κατάλληλες αρχικές συνθήκες από το προηγούμενο ερώτημα.

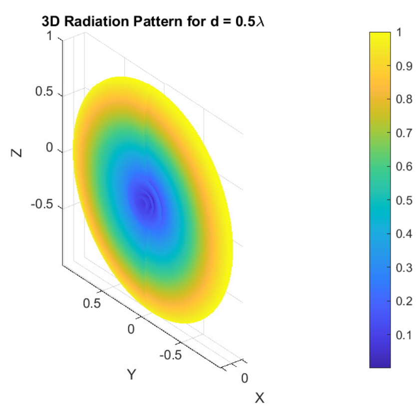
2.2 Πεδίο στοιχειοκεραίας

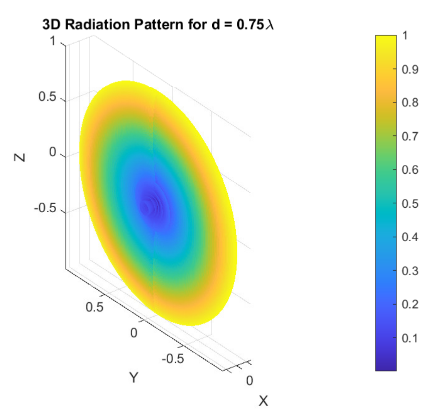
Ερώτημα (α)



Ερώτημα (β)


3D Radiation Pattern for d = 0.25λ
Z
Y
X

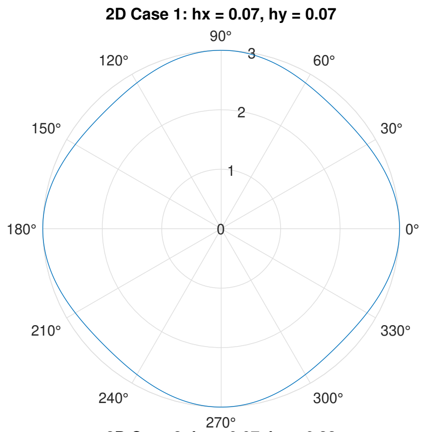

3D Radiation Pattern for d = 0.5λ
Z
Y
X

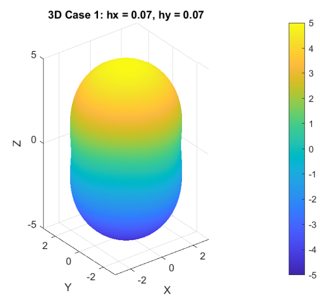

3D Radiation Pattern for d = 0.75λ
Z
Y
X

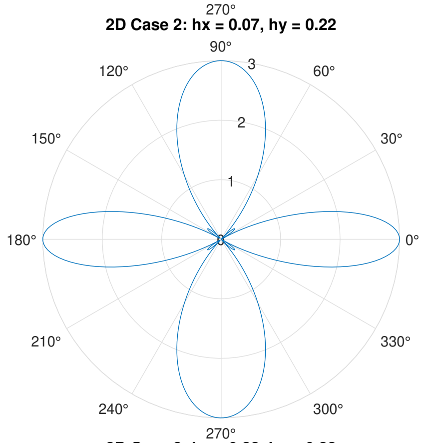
Ερώτημα (γ)

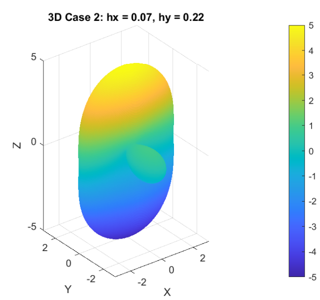
```
d = 0.25λ:
Calculated Directicity: 4.16
Theoretical Directicity: 4.00

d = 0.50λ:
Calculated Directicity: 8.00
Theoretical Directicity: 8.00

d = 0.75λ:
Calculated Directicity: 11.55
Theoretical Directicity: 12.00
```

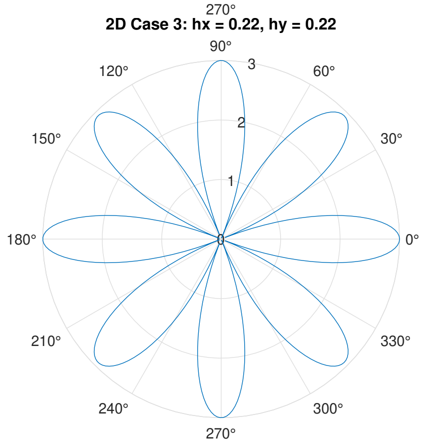
Ερώτημα (δ)

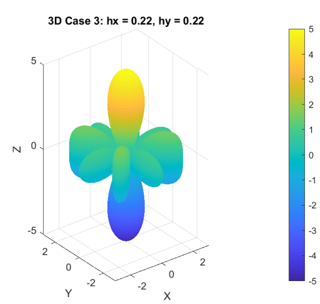

2D Case 1: hx = 0.07, hy = 0.07
90°
120°
60°
150°
30°
180°
0°
210°
330°
240°
300°
270°
0
1
2
3


3D Case 1: hx = 0.07, hy = 0.07
Z
Y
X


2D Case 2: hx = 0.07, hy = 0.22
90°
120°
60°
150°
30°
180°
0°
210°
330°
240°
300°
270°
1
2
3


3D Case 2: hx = 0.07, hy = 0.22
Z
Y
X


2D Case 3: hx = 0.22, hy = 0.22
90°
120°
60°
150°
30°
180°
0°
210°
330°
240°
300°
270°
1
2
3


3D Case 3: hx = 0.22, hy = 0.22
Z
Y
X

2.3. Διπλός παράλληλος κλαδωτής (αναλυτική λύση και εύρος ζώνης)

Ερώτημα (α)

Θα χρησιμοποιήσουμε τους τύπους των Γραμμών Μεταφοράς:

- $Y_{open1} = jY_0 tan(\beta l_1)$
- $Y_{in1} = Y_L + Y_{open1} \Rightarrow Y_{in1} = \frac{1}{Z_L} + jY_0 tan(\beta l_1)$
- $Y_{L1} = Y_0 \frac{Y_{in1} + jY_0 tan(\beta d)}{Y_0 + jY_{in1} tan(\beta d)}$
- $Y_{open2} = jY_0 tan(\beta l_2)$
- $Y_{in} = Y_{L1} + Y_{open2} \Rightarrow Z_{in} = \frac{1}{Y_{in}}$

Για έχουμε προσαρμογή του φορτίου, οι κλαδωτές θα πρέπει να παράγουν την απαιτούμενη αντιδραστική συνιστώσα:

- $X_1 = Z_0 tan(\beta l_1) \Rightarrow l_1 = \frac{\lambda}{2\pi} arctan(\frac{X_1}{Z_0})$
- $X_2 = Z_0 tan(\beta l_2) \Rightarrow l_2 = \frac{\lambda}{2\pi} arctan(\frac{X_2}{Z_0})$

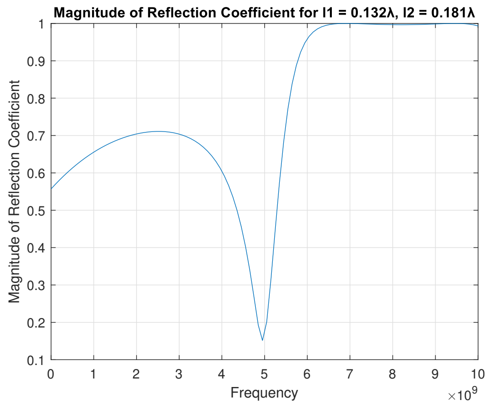
Ερώτημα (β)

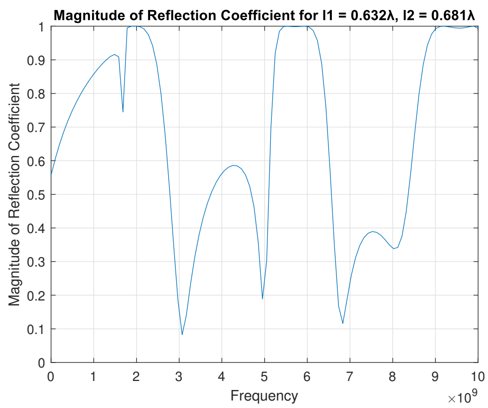
- $z_L = \frac{Z_L}{Z_0} \Rightarrow z_L = 0,4 - j0,6 \Rightarrow y_L = 0,75 + j1,12$

Σχεδιάζουμε στο διάγραμμα Smith τον κύκλο $g = 1$ και τον περιστρέφουμε κατά $d = \lambda/8$. Προσθέτουμε επιδεικτικότητα jb_1 μέχρι να βρούμε το σημείο τομής του κύκλου $g = 0,75$ με τον περιστραμένο κύκλο όπου παίρνουμε:
- $y_1 = 0,75 + j1,86 \Rightarrow jb_1 = j0,74$

Κινούμαστε πάνω στον κύκλο σταθερού $|\Gamma|$ κατα $d = \lambda/8$ και για να βρισκόμαστε στην προσαρμογή έχουμε:
- $y_2 = 1 - j2,19 \Rightarrow jb_2 = j2,19$

Τέλος βρίσκουμε:
- $l_1 = 0,132\lambda$ & $l_2 = 0,181\lambda$
- $l'_1 = l_1 + 0,5 = 0,632\lambda$ & $l'_2 = l_2 + 0,5 = 0,681\lambda$





Παρατήρηση: Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε πράγματι ότι η λύση που δίνει κλαδωτές μικρότερου μήκους είναι και καλύτερη ως προς το εύρος ζώνης.

Ερώτημα (γ)

Μέσω του διαγράμματος Smith παρατηρούμε ότι η τιμή $d = \lambda/8$ είναι αδύνατη. Άρα δοκιμάζουμε $d = 3\lambda/8$

- $z_L = \frac{Z_L}{Z_0} \Rightarrow z_L = 0,4 - j0,6$

Μετακινούμε τον κύκλο $g = 1$ κατά $d = 3\lambda/8$

Παραμένοντας πάνω στον κύκλο σταθερού $r = 0,4$, το σημείο τομής με τον περιστραμένο κύκλο είναι:
- $z_1 = 0,4 - j1,7 \Rightarrow x_1 = -1,1 \Rightarrow C_1 = 0,578\,pF$

Στη συνέχεια, μετακινούμαστε κατά $d = 3\lambda/8$ προς την πηγή και βρίσκουμε:
• $z_2 = 1 + j2,9 \Rightarrow x_2 = -2,9 \Rightarrow C_2 = 0,219\ pF$

2.4. Συντονιστής μικροταινίας συζευγμένος με γραμμή μεταφοράς

Ερώτημα (α)

• $A = \frac{Z_0}{3}\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1}(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r}) \Rightarrow A = 1,529 > 1,52$

• $\frac{W}{d} = \frac{8e^A}{e^{2A}-2} \Rightarrow \frac{W}{d} = 1,913 > 1 \Rightarrow W = 3,06\ mm$

• $F = \frac{1}{\sqrt{1+12\frac{d}{W}}} \Rightarrow F = 0,37$

• $\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \cdot F - \frac{\epsilon_r-1}{4,6} \cdot \frac{t/d}{\sqrt{W/d}} \Rightarrow \epsilon_{r,eff} = 3,329$

• $\lambda = \frac{c_0}{f\sqrt{\epsilon_{r,eff}}} \Rightarrow \lambda = 6,57\ cm$

• $\beta = \frac{2\pi f\sqrt{\epsilon_{r,eff}}}{c_0} \Rightarrow \beta = 95,53\ rad/m$

• $Q = \frac{\beta}{2\alpha} \Rightarrow \alpha = 0,2198\ Np/m$

Οπότε τώρα το μόνο που μας μένει είναι να λύσουμε την εξής υπερβατική εξίσωση:
• $tan(\frac{2\pi f_r l}{c_0/\sqrt{\epsilon_{r,eff}}}) + \sqrt{\frac{ac_0}{2f_r\sqrt{\epsilon_{r,eff}}}} = 0$

Μέσω του MATLAB καταλήγουμε στο εξής αποτέλεσμα:

• $f_r = 2,43\ GHz$

• $C = \frac{b}{\omega_r Z_0} \Rightarrow C = 0,0042\ pF$

Ερώτημα (γ)

Για να λειτουργεί ο συζευγμένος συντονιστής στα $f = 2.5\ GHz$, επιλύουμε επαναληπτικά, με κλιμάκωση του μήκους:

1) $l_1 = l\frac{f_r}{f} = 3,285\frac{2,43}{2,5} \Rightarrow l_1 = 3,1932\ cm$

Μέσω του MATLAB κώδικα βρίσκουμε: $f_r' = 2,50532\ GHz$ & $C' = 0,0998\ pF$

2) $l_2 = l_1\frac{f_r'}{f} = 3,1932\frac{2,50532}{2,5} \Rightarrow l_2 = 3,1999\ cm$

Μέσω του MATLAB κώδικα βρίσκουμε: $f_r'' = 2,5008\ GHz$ & $C'' = 0,1153\ pF$

Οπότε παίρνουμε ως τελικό αποτέλεσμα τις εξής τιμές :
$fr = 2,50055\ GHz$ & $C = 0,1152\ pF$
Το W είναι προφανώς το ίδιο.