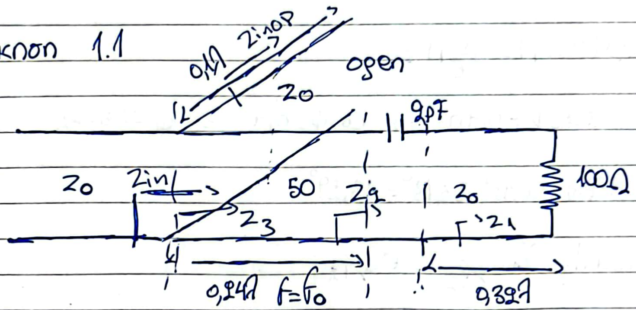
1 Άσκηση 1.1

Άσκηση 1.1

a)



κάνοντας κανονικοποίηση παίρνω f=f0
το διάγραμμα Smith για τις αντιστάσεις

$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} \Rightarrow z_L = 2$

για $l = 0,32\lambda$ κινούμαστε στον ίδιο SWR κύκλο
οπότε φτάνουμε σε $l' = 0,25\lambda + 0,32\lambda - 0,5\lambda$
$= 0,07\lambda$

είμαστε περίπου σε
$z_1 = 0,6 + 0,325j$

Βρίσκεται σε σειρά με πυκνωτή
$C = 2pF$ και υπολογίζουμε την αντίδραση του

$X_1 = -\frac{j}{2\pi f C} \Rightarrow X_1 = -79,57j$

κάνοντας κανονικοποίηση $x_1 = \frac{X_1}{Z_0} \Rightarrow$

$x_1 = -1,591j$ πηγαίνοντας στο διάγραμμα smith/αντιστάσεων
καθώς η πραγματική αντίσταση δεν αλλάζει
κινούμαστε σε κύκλο σταθερής αντίστασης
$z_2 = x_1 + z_1 \Rightarrow z_2 = 0,6 + 0,325j - 1,591j \Rightarrow$
$z_2 = 0,6 - 1,266j$ κινούμε για μήκος γραμμής
$l_2 = 0,24\lambda$ στον ίδιο SWR κύκλο άρα
είμαστε σε $0,342\lambda$ του διαγράμματος Smith και καταλήγουμε
σε $0,082\lambda$

τελικά $Z_3 = 0,3 + 0,55j$

έχουμε παράλληλα στην Z_3 έναν κλάδο ανοιχτοκυκλωμένο μήκους $l_3 = 0,1\lambda$

η αντίσταση εισόδου (Z_{in}) του ανοιχτοκυκλωμένου κλάδου είναι

$$Z_{inop} = \frac{-jZ_0}{\tan(\beta l)} = -j\frac{Z_0}{\tan\left(\frac{2\pi}{\lambda}0,1\lambda\right)} =$$

$$= -j\frac{Z_0}{\tan\left(\frac{\pi}{5}\right)} = -jZ_0 1,376$$

παίρνοντας κανονικοποιημένη μορφή

$z_{op} = -j1,376$

καθώς Z_3, Z_{op} είναι παράλληλα παίρνω τις αγωγιμότητες του Smith άρα τα αντιδιαμετρικά των Z_3, Z_{op}

$y_3 = 0,735 - 1,401j$

$y_{op} = 0,726j$ $\quad y_{in} = 0,764 - 0,674j$

τελικά $y_{in} =$ ~~0,735 - 0,5j~~ Βρίσκω το αντιδιαμετρικό του

$Z_{in} = \frac{1}{y_{in}} =$

$Z_{in} = 0,736 + 0,653j$

καταλήγω σε $|\Gamma| \approx 0,38$

άρα $SWR = \frac{1+0,38}{1-0,38} = 2,258$

B)

$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{10^9} = 0,3m$

$l_1 = 0,096m \quad l_2 = 0,072m \quad l_3 = 0,03m$

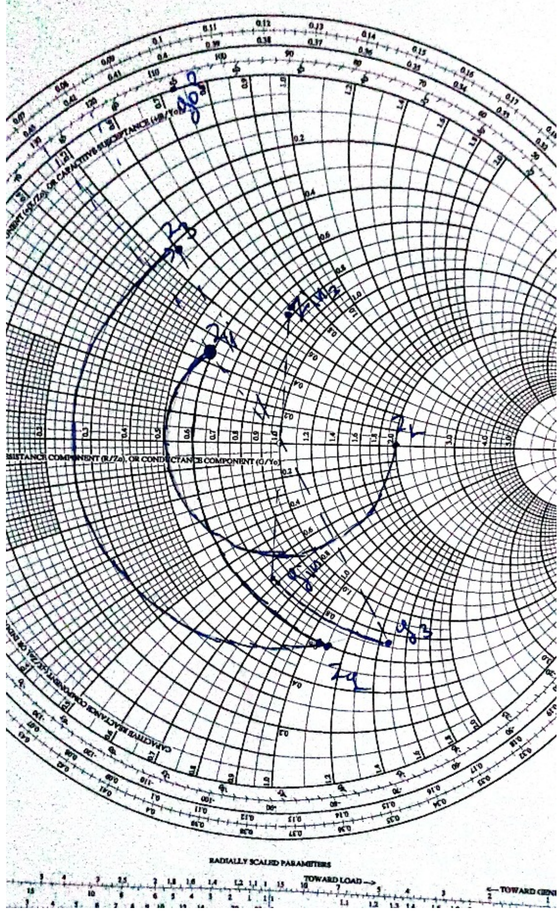
για $f' = \frac{4f_0}{3}$

$\lambda' = \frac{c}{f'} \Rightarrow \lambda' = \frac{3 \cdot 10^8}{\frac{4 \cdot 10^9}{3}} = \frac{9 \cdot 10^{-1}}{4} = 2,25 \cdot 10^{-1} m = 0,225m$

$l_1 = 0,496\lambda' \quad l_2 = 0,32\lambda' \quad l_3 = 0,133\lambda'$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



αλλάξει το μήκος κύματος όχι όμως το μήκος της γραμμής οπότε έχουμε καινούργιες εκφράσεις για τα μήκη των γραμμών

$Z_L = 2$ για $\ell_1 = 0{,}496\lambda'$ κινούμαστε στο ίδιο SWR κύκλο με $\ell' = 0{,}496\lambda' + 0{,}25\lambda' - 0{,}5\lambda'$

$\Rightarrow \ell' = 0{,}176$

φτάνουμε σε

$z_1 = 1{,}9 + 0{,}8j$ ($z_1 = 1{,}9 + 0{,}8j$)

έχουμε πυκνωτή με αντίδραση

$$X = -\frac{j}{C\omega} = -\frac{j}{2\pi \frac{4}{3} 10^9 \cdot 10^{-12} \cdot 2} = -59{,}68j$$

κάνοντας κανονικοποίηση

$x_{gc} = -1{,}193j$

καθώς το πραγματικό μέρος δεν αλλάζει

$z_2 = 1{,}9 + 0{,}8j - 1{,}193j$

$\Rightarrow z_2 = 1{,}9 - 0{,}393j$

κινούμαστε αριστερά οπότε για $0{,}38\lambda$

είμαστε σε $0{,}985\lambda$

κινούμενοι στο ίδιο SWR κύκλο

$0{,}985\lambda + 0{,}38\lambda - 0{,}5\lambda = 0{,}145\lambda$

$z_3 = 1 + 0{,}4j$

έχουμε παράλληλα σε z_3 ανοιχτοκύκλωμα με

$$Z_{in} = -j\frac{Z_0}{\tan\left(\frac{2\pi}{\lambda} 0{,}133\lambda\right)} = -j\frac{Z_0}{\tan(0{,}266\pi)}$$

$$= -jZ_0 \cdot 0{,}90490$$

κάνω κανονικοποίηση οπότε έχουμε

$Z_{inop} = -j \cdot 0{,}90490$ και παίρνω τα αντιδιαμετρικά και πηγαίνω διάγραμμα Smith αγωγιμοτήτων

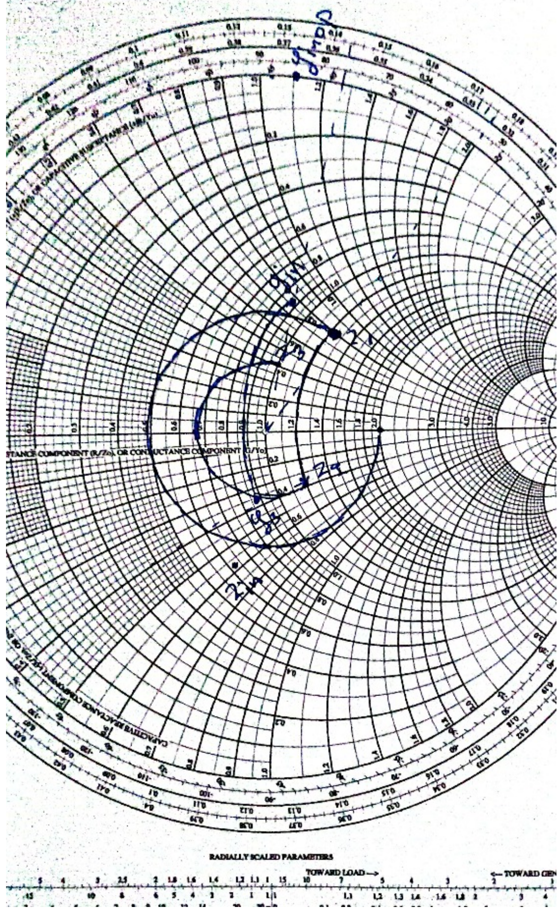
$y_3 = 0{,}862 - 0{,}344j$ $\quad y_{inop} = 1{,}106j$

Βρίσκω την συνολική $y_{in} = y_{inop} + y_3 \Rightarrow$

$y_{in} = 0{,}862 + 0{,}762j$

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



παίρνωντας το ανειδιαμεερικό

$Z_{in} = 0,\cancel{\ldots}\ 0,5121 - 0,5756j$

$|\Gamma| = 0,37$

$SWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = \frac{1+0,37}{1-0,37} = \cancel{\ldots} = 2,176$

γ)

Σε περίπτωση που η γραμμή δεν είναι TEM η σταθερά διάδοσης δεν θα ταυτίζεται με τον ~~αρθ~~ κυματικό αριθμό k άρα το B θα έπρεπε να προσδιοριστεί

Άσκηση 1.2

θεωρητική ανάλυση

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta l)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta l)}$$

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{c_0}{f}}$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\frac{c_0}{f}} \Rightarrow$$

$\beta = \frac{2\pi f}{c_0}$ -> μόνο για TEM γραμμή μεταφοράς

για την πρώτη γραμμή

Δεδομένου ότι

$l_1 : 0,096m$

$l_2 : 0,072m$

$l_3 : 0,03m$

-> για τις γραμμές $C = 2pF$

$c_0 = 3 \cdot 10^8 m/s$

για l_1

$$Z_{in_1} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan(\beta(f) l_1)}{Z_0 + jZ_L \tan(\beta(f) l_1)}$$

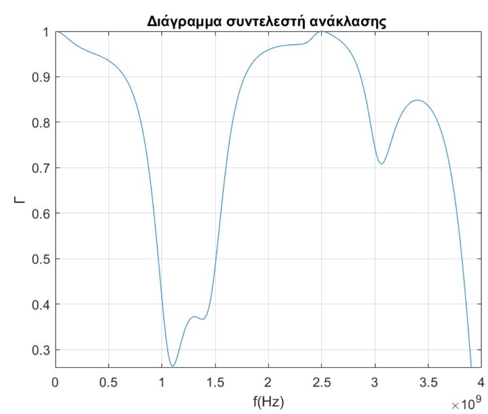
όταν έχουμε πυκνωτή το φορτίο γίνεται

$$Z_L = Z_{in_1} - \frac{j}{C\omega} \Rightarrow Z_L = Z_{in_1} - jC^{-1}(2\pi f)^{-1}$$

ομοίως βρίσκω Z_{in_2}. Η Z_{in_3} του κλάδου είναι γνωστή

2 Άσκηση 1.2

2.1 Διαγράμματα ερωτήματος 1.2α



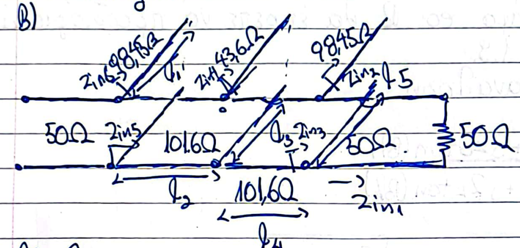
Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης παίρνει τιμές μικρότερες από 0.3 για μια ζώνη συχνοτήτων μεταξύ 1.06Ghz-1.16Ghz οπότε το φίλτρο ειναι ζωνοπερατό.Ωστόσο παρατηρούμε το ίδιο και για συχνότητες μεταξύ 3.9GHz-4GHz

την βρίσκω και παίρνω παράλληλη συνδεσμολογία
με Z_{in2} άρα παίρνω Z_{in4}
και τελικά παίρνω

$$\Gamma = \frac{Z_{in4} - Z_o}{Z_o + Z_{in4}}$$

και σε dB
το $20\log|\Gamma|$

β)



$$\ell_1 = \frac{\lambda}{8}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3\cdot 10^8}{10^9} \Rightarrow \lambda = 0{,}3m$$

$$\ell_1 = \frac{3}{80}m \Rightarrow \ell_1 = 0{,}0375m$$

έχουμε προσαρμοσμένο φορτίο στο ~~[illegible]~~ τέρμα άρα $Z_{in1} = 50\Omega$

γ)

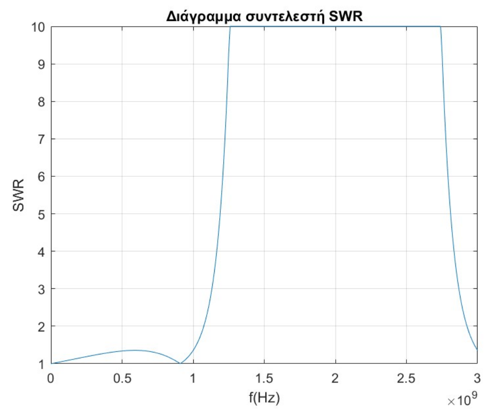
$\beta\ell_1 = 0{,}121\pi$ $\quad \ell_1 = \ell_5 \quad \ell_1 = \frac{0{,}121\pi\, 0{,}3}{2\pi} \Rightarrow \ell_1 = 0{,}01815$

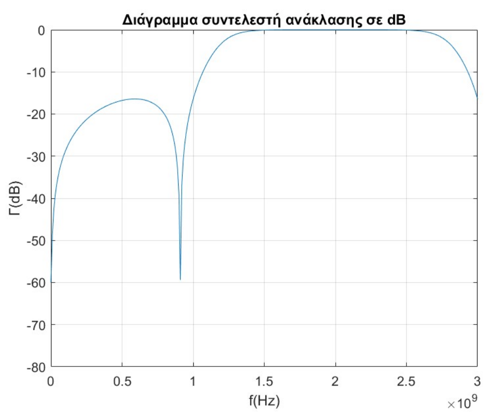
$\beta\ell_2 = 0{,}174\pi$ $\quad \ell_2 = \ell_4 \quad \ell_2 = \frac{0{,}174\cdot 0{,}3}{2} \Rightarrow$

$\ell_2 = 0{,}0261m$

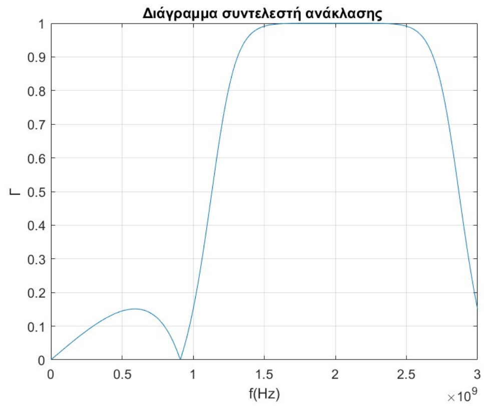
$\beta\ell_3 = 0{,}201\pi \Rightarrow \ell_3 = \frac{0{,}201\pi\cdot 0{,}3}{2\pi} \Rightarrow \ell_3 = 0{,}03143$

2.2 Διαγράμματα ερωτήματος 1.2β



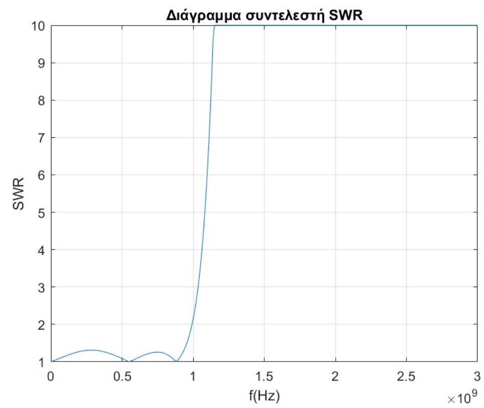


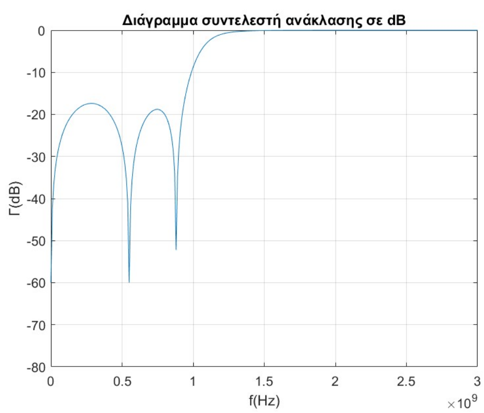
Παρατηρούμε ότι για μια ζωνη συχνοτήτων μεταξύ 0 εώς 1.07Ghz

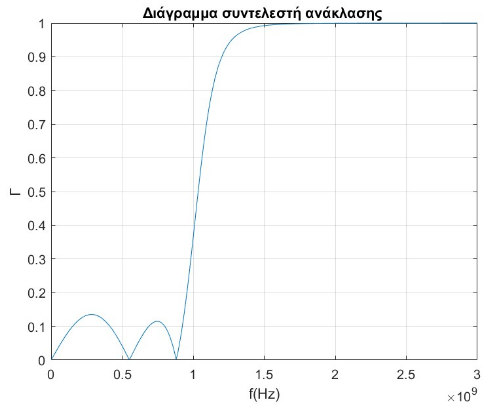


ο συντελεστής ανάκλασης Γ είναι μικρότερος απο 0.3 οπότε το φίλτρο ειναι χαμηλοπερατό.

2.3 Διαγράμματα ερωτήματος 1.2γ







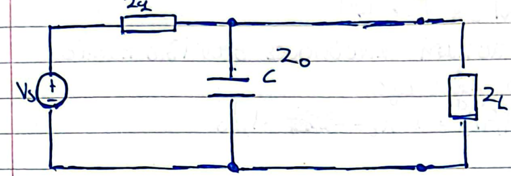
Συμπέρασμα παρατηρούμε ότι για μια ζωνη συχνοτήτων μεταξύ 0 εώς 1.04Ghz

ο συντελεστής ανάκλασης Γ είναι μικρότερος απο 0.3 οπότε το φίλτρο ειναι χαμηλοπερατό.

3 Άσκηση 1.3

Άσκηση 1.3

α) α) περίπτωσης πυκνωτής παράλληλα στην είσοδο



κανονικοποιώ

$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} \Rightarrow z_L = 0,2+0,3j \qquad l = 0,05\lambda$

$z_{in} = z_g^*$

$z_g^* = \frac{Z_g^*}{Z_0} \Rightarrow z_g^* = 1+0,8j \Rightarrow y_g^* = 0,6-0,5j$

$z_L' // x_c$ παίρνω αγωγιμότητες άρα κινούμαι αντιδιαμετρικά

$y_L = 1,538-2,3078j$

μπορούμε κινούμενοι στο SWR κύκλο του y_L

να φτάσουμε σε σημείο που $Re\{y_L'\} = Re\{y_g\}$

και να προσθέσουμε επιδεκτικότητα μέχρι το y_g^*

$y_{in}' = 0,6 - 1,6j$ και $y_c = y_g^* - y_L' \Rightarrow$

$y_c = 1,1j \qquad y_{in} = 0,6 - 1,6j$

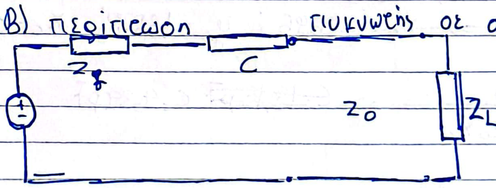
κινηθήκαμε κατά $0,04\lambda$

άρα $l = 0,04\lambda$ και $y_c = 1,1j$ $\cancel{x_c = -0,526j}$ $x_c = 0,909$

$X_c = Z_0 x_c \Rightarrow \frac{-j}{C 2\pi f} = Z_0 x_c \Rightarrow$

$\frac{-j}{Z_0 2\pi f x_c} = C \Rightarrow \cancel{C = 6,05pF} \qquad C = 3,50175pF$

α) β) περίπτωση πυκνωτής σε σειρά με την είσοδο



προκύπτει για γραμμή μεταφοράς

$z_{in} = 1 + 1,9j$

$l = 0,18\lambda - 0,05\lambda \Rightarrow l = 0,13\lambda$

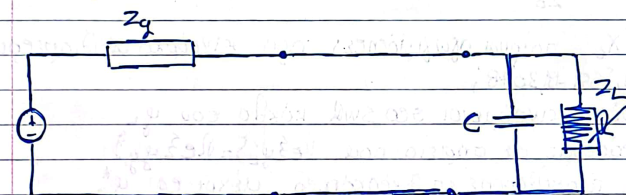
και με σειρά πυκνωτή κινούμαστε στον ίδιο κύκλο αντίστασης με το z_g^* άρα

για $x_c = (+0,8 - 1,9)j \Rightarrow x_c = -1,1j$

$X_c = x_c \cdot Z_0 \Rightarrow -\frac{1}{C 2\pi f} = x_c Z_0 \Rightarrow$

$-\frac{1}{2\pi f Z_0 x_c} = C \Rightarrow C = \cancel{1,179 pF} \Rightarrow C = 2,89 pF$

α)γ) περίπτωση πυκνωτή παράλληλα στο φορτί



προσθέτουμε επιδεκτικότητα μέχρι να φτάσουμε στον ίδιο SWR κύκλο με το z_g^*

και καταλήγουμε σε $y_L' = 1,538\ \cancel{0,115j} - 0,95j$

οπότε κινούμαστε στον SWR κύκλο μέχρι να φτάσουμε στο y_g^*

$\cancel{l = (0,5 - 0,299 + 0,096)\lambda} \Rightarrow l = 0,405\lambda - 0,305\lambda$

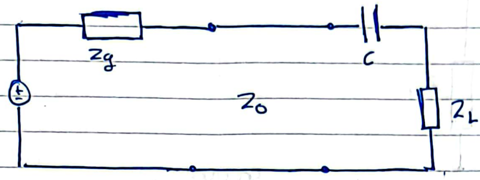
$\cancel{l = 0,404\lambda - 0,304\lambda} \Rightarrow l = 0,1\lambda$

και $y_c = -0,95 - (-2,3078)j \Rightarrow$

$\cancel{y_c = 3,8078j \Rightarrow x_c = -0,2626j}$ $y_c = 1,3578j$ $x_c = 0,736j$

$C = -\frac{1}{2\pi f Z_0 x_c} \Rightarrow \cancel{C = 12,12 pF}$ $C = 4,39 pF$

αγ) περίπτωση πυκνωτή σε σειρά με το φορτίο



δεν μπορούμε να επιτύχουμε καλή προσαρμογή
οπότε προσπαθούμε να φέρουμε Z_L' όσο πιο κοντά γίνεται
στο Z_g^* οπότε
για $Z_L = 0,2+0,3j$
αφαιρώ αντίδραση μέσω του πυκνωτή με $x_c = -0,3j$

$$C = \frac{-j}{2\pi f Z_0 x_c} \Rightarrow C = 10,61\,pF$$

για να φτάσουμε σε κοντινή ακτίνα με αυτή του κύκλου
SWR του Z_g^* $l = 0,156\lambda$
για ~~l=0,34λ~~ φτάνουμε σε κοντινότερη θέση
με $Z_L' \approx 0,6+1,3j$

β)

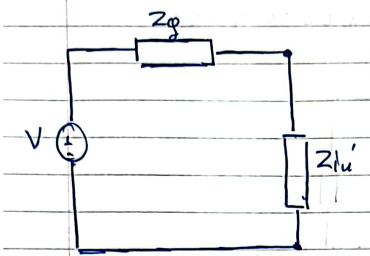
για την α περίπτωση καθώς η γραμμή δεν έχει απώλειες
η ισχύς στην είσοδο είναι ίση και στο φορτίο
και επειδή προσθέτουμε σε κάθε περίπτωση πυκνωτή που δεν
προσφέρει πραγματική ισχύ, η ισχύς εξαρτάται μόνο απ' το
Z_L

$$y_L = y_g^* \Rightarrow y_L' = y_{in} = 0,6-1,4j$$

$$Z_{in} = \frac{1}{y_{in}} Z_0 \Rightarrow Z_{in} = 12,93+30,17j$$

$$y_{in}' = y_g^* \Rightarrow y_{in}' = 0,6+0,5j$$

$$Z_{in}' = \frac{1}{y_{in}'} Z_0 \Rightarrow Z_{in}' = 49,18+40,1j \simeq Z_g^*$$



$$V_{in}' = \frac{Z_{in}'}{Z_g + Z_{in}'} V \Rightarrow V_{in} = 1 \, \frac{50+40j}{50+50} \, 1 \Rightarrow V_{in} = 0,5 + 0,4j$$

$$|V_{in}| = 0,64\,V$$

$$P_{in} = Re\{V_{in}' \cdot I_{in}^{*'}\} = Re\{V_{in}' \cdot \frac{V_{in}'^{*}}{Z_{in}'^{*}}\}$$

$$= Re\{\frac{|V_{in}'^{2}|}{Z_{in}'^{*}}\} = Re\{\frac{(0,64)^2}{50+40j}\} = Re\{0,01215 + 9,75 \cdot 10^{-3} j\}$$

$$= 0,01215\,W \cdot (0,64)^2 = 5,12 \cdot 10^{-3}\,W = 5,12\,mW$$

για την Β περιπτωση

$Z_{in} = 1 + 1,9j$ ~~$X_c = 2,7j$~~ $X_c = 1,1j$

$Z_{in} = 50 + 95j$ ~~$X_c = 135j$~~ $X_c = -55j$

$$V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_g + X_c + Z_{in}} V \Rightarrow$$

$$V_{in} = \frac{50+95j}{100} V \Rightarrow V_{in} = 0,5 + 0,95j$$

$|V_{in}| = 1,07\,Volt$

$$P_{in} = Re\{\frac{|V_{in}|^2}{Z_{in}^*}\} = \{4,967 \cdot 10^{-3} - 9,43733 \cdot 10^{-3} j\}$$

$$= 4,967 \cdot 10^{-3}\,W$$

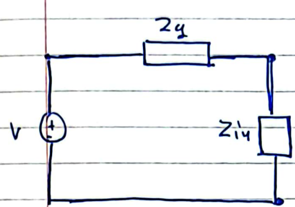
(λόγω αριθμητικών βγαίνει περίπου 100 με το πάνω αποτέλεσμα όπως αναφέραμε στην γ) περίπτωση έχουμε πάλι συζυγής προσαρμογή

$P_{Zin} = P_L = 5mW$ $\quad Z_{in} = 48{,}6949 + 43{,}4063j$ $\quad P_{Zin} = 4{,}9938mW$

στην δ) δεν έχουμε συζυγή προσαρμογή και προκύπτει

$z_{in} = 0{,}6 + 1{,}3j \Rightarrow$

$Z_{in} = Z_0 z_{in} \Rightarrow Z_{in} = 30 + 65j$



$$V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_g + Z_{in}} V \Rightarrow$$

$$V_{in} = \frac{30 + 65j}{50 - 40j + 30 + 65j} \, 1V \Rightarrow$$

$$V_{in} = \frac{30 + 65j}{80 + 25j} \, 1 \Rightarrow$$

$V_{in} = 0{,}573 + 0{,}6334j$

$|V_{in}| = 0{,}8541 Volt$

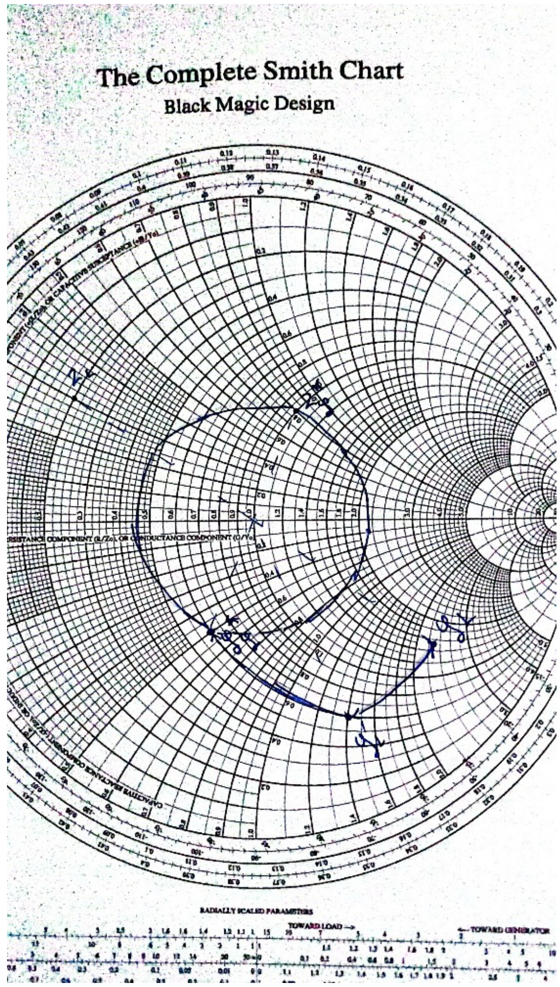
$$P_{in} = Re\left\{\frac{|V_{in}|^2}{Z_{in}}\right\} = Re\left\{\frac{0{,}7295}{30 + 65j}\right\} = Re\{4{,}270 \cdot 10^{-3} - 9{,}2522 \cdot 10^{-3} j\}$$

$= 4{,}27mW$

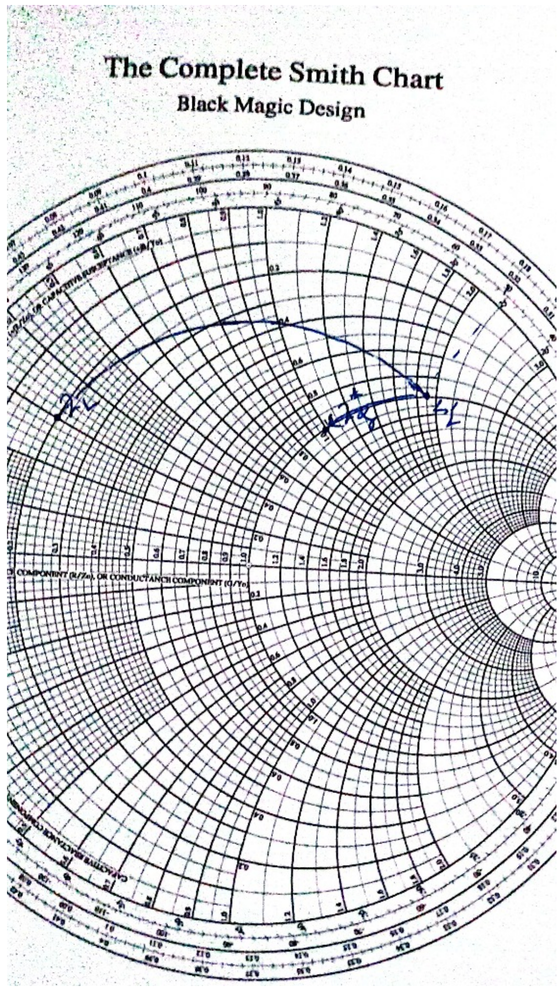
γ)

παίρνω την 2η περίπτωση με

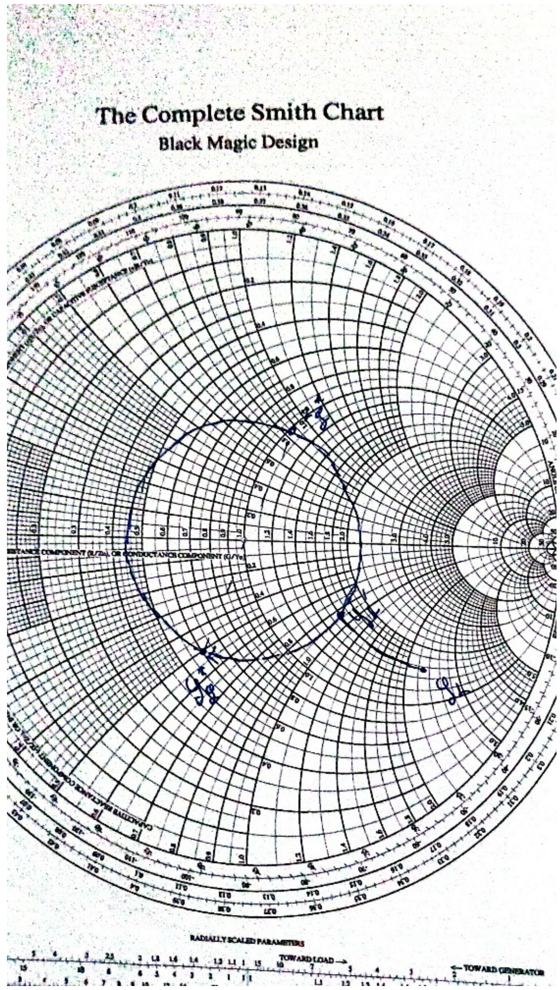
$l = 0{,}13\lambda \Rightarrow l = 0{,}13 \cdot 0{,}3\, m \Rightarrow l = 0{,}039m$



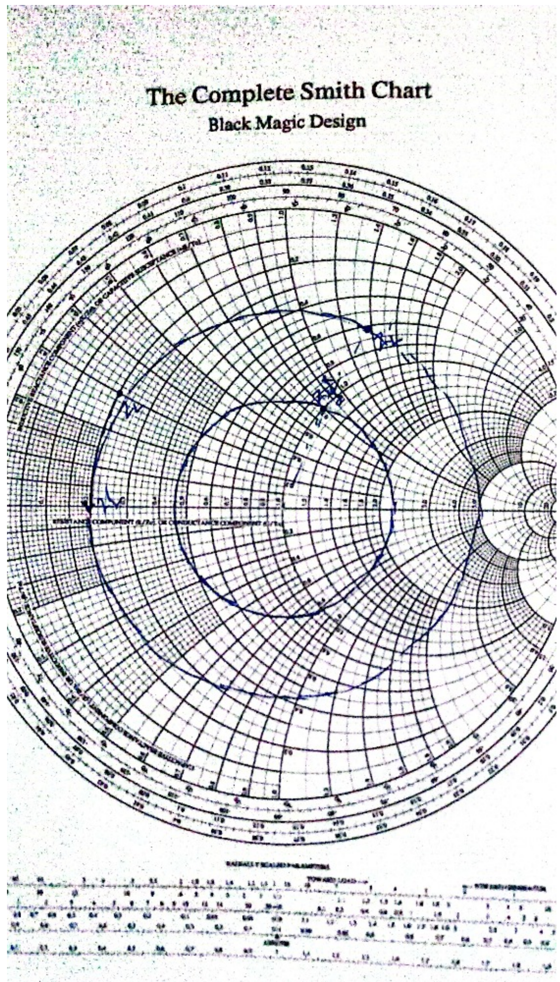
Σχήμα 1: Διαγραμμα Smith για πυκνωτή παραλληλα στην είσοδο



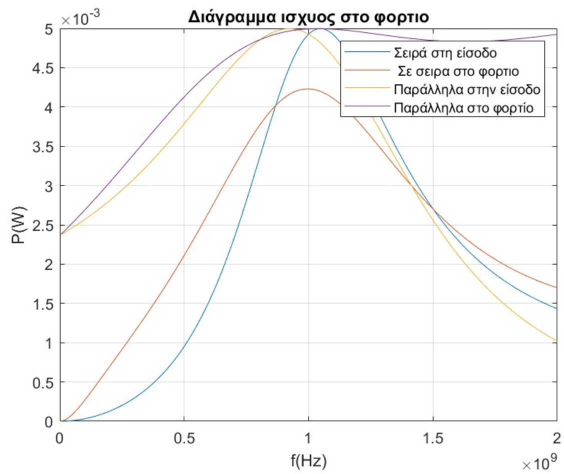
Σχήμα 2: Διαγραμμα Smith για πυκνωτή σε σειρά στην είσοδο



Σχήμα 3: Διαγραμμα Smith για πυκνωτή παράλληλα στο φορτίο



Σχήμα 4: Διαγραμμα Smith για πυκνωτή σε σειρά στο φορτίο

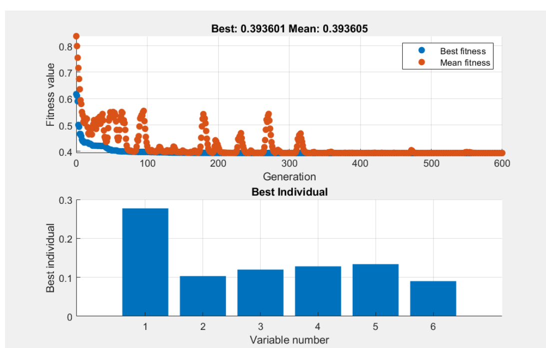


Σχήμα 5: Όλες οι περιπτώσεις εκτός απο την περίπτωση του πυκνωτή σε σειρά στο φορτίο,η συζυγής προσαρμογή είναι δυνατή.

4 Άσκηση 1.4

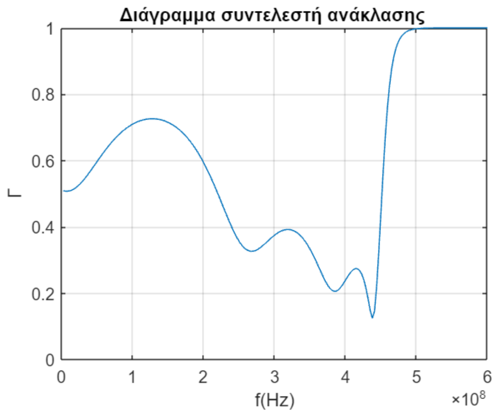
4.1 1.4 β,γ

Οι τιμές των λυσεων απεικονίζουν τα [d1,d2,d3,l1,l2,l3] ,ενώ η τελική τιμή την ελάχιστη μεση τιμή συντελεστή ανάκλασης.



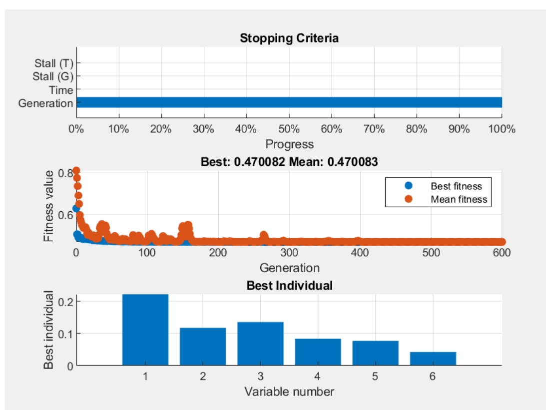
Λύση: 0.2770 0.1030 0.1196 0.1283 0.1340 0.0903

Τιμή :0.3936



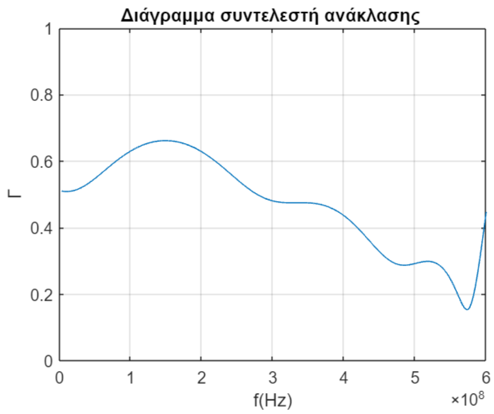
Σχήμα 6: Διάγραμμα συντελεστή ανάκλασης για βέλτιστη λύση,σε ζώνη συχνοτήτων

4.2 1.4 δ



Λύση: 0.2215 0.1176 0.1355 0.0837 0.0770 0.0424

Τιμή :0.4736

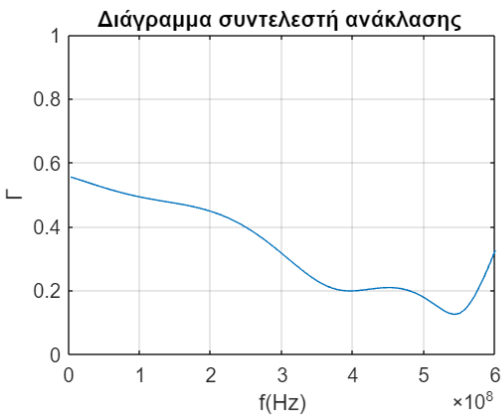


Σχήμα 7: Διάγραμμα συντελεστή ανάκλασης για βέλτιστη λύση,σε ζώνη συχνοτήτων,σε διαφορετικη νορμα συχνοτητας

4.3 1.4ε1

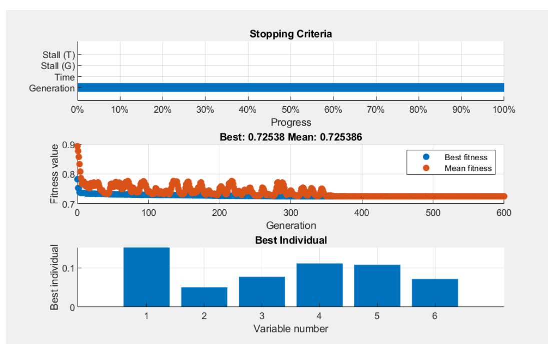
Λύση: 0 0.1866 0.2191 0.0846 0.0030 0.0154

Τιμή: 0.3333



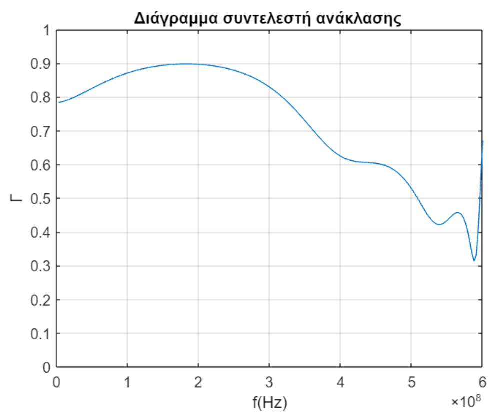
Σχήμα 8: Διάγραμμα συντελεστή ανάκλασης για βέλτιστη λύση,σε ζώνη συχνοτήτων,με σύνθετη αντίσταση ZL=20+30j

4.4 1.4ε2



Λύση: 0.1514 0.0500 0.0770 0.1107 0.1075 0.0714

Τιμή: 0.7254



Σχήμα 9: Διάγραμμα συντελεστή ανάκλασης για βέλτιστη λύση,σε ζώνη συχνοτήτων,με σύνθετη αντίσταση ZL=180-200j