

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

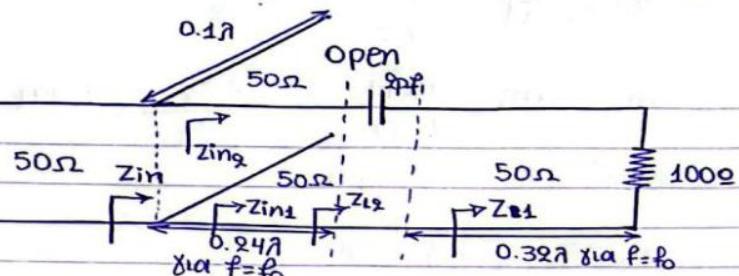
ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ 1/2 - ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Όνοματεπώνυμο: Νικολέτα Παπουτσή
ΑΕΜ:10858

❖ Άσκηση 1.1

Παρατίθεται χειρόγραφα λόγω αναλυτικής επίλυσης με το διάγραμμα Smith

1.1 Ανάλυση κυκλώματος χρημάτων μεταφοράς - Διάγραμμα Smith



a) $f_0 = 1\text{GHz}$, χαρακτηριστική αντίσταση $Z_0 = 50\Omega$

• $Z_{L1} = 100\Omega$ και κανονικοποιημένο $Z_{L1} = \frac{Z_{L1}}{Z_0} = 2$ (0.25λ)

• αριθμούθει κινητής κατά 0.39λ :

$$l = 0.25\lambda + 0.39\lambda = 0.57 \equiv 0.07\lambda$$

$$(0.07\lambda) : Z_{L1} = 0.6 + 0.4j$$

• Σε σειρά πυκνωτής: η αντίδραση του:

$$X_{L2} = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi f_0 C} = -\frac{1}{2\pi \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-12}} = -79,577 \Omega$$

$$X_{L2} = \frac{X_{L2}}{Z_0} = -1.591j$$

$$Z_{L2} = Z_1 + X_{L2} = 0.6 + 0.4j - 1.591j = 0.6 - 1.191j \quad (0.361\lambda)$$

• αριθμούθει κινητής τατα πηγής κατά 0.24λ : στον ίδιο κυκλό SWR

$$l = 0.24\lambda + 0.361\lambda = 0.601\lambda \equiv 0.101\lambda$$

$$Z_{in1} = 0.41 + 0.69j \quad \text{το αναδιαμετριό: } Y_{in1} = 0.63 - 1.08j$$

Η ανοιχτού γλωσσιδιού: $g = 0$ (0.1λ) $Z_L = \infty$

$$Z_{in2} = -j Z_0 \cot \beta l \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$
$$= \frac{-j Z_0}{\tan(\beta l)} = -j \frac{Z_0}{\tan(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0)} = -j \frac{Z_0}{\tan(2\pi \cdot 0.1)} = -j \frac{Z_0}{\tan(\frac{\pi}{5})}$$

$$\Rightarrow Z_{in2} = -j Z_0 \cdot 1.376 \quad Y_{in2} = j 0.74$$
$$\Rightarrow Z_{in2} = -j 1.376$$

Οι δύο γράμμες συνδέονται παραλλήλα για αυτό λογίζεται:

$$Y_{in} = Y_{in1} + Y_{in2} = 0.63 - 1.08j + j 0.74 = 0.63 - 0.34j$$

ο αναδιαμετριό τοπείο: $Z_{in} = 0.63 - 0.34j$

Για το μετρό του συντελεστή ανακλάσεως μετρώ την απόσταση του Z_{in} από το κέντρο. 9.5cm καθώς και την απόσταση του

Εσωτερικού κυκλού από το κέντρο: 7.8cm (Θεωρείται μοναδικός)

$$\text{Apa}, |\Gamma| = \frac{9.5}{7.8} = 0.32$$

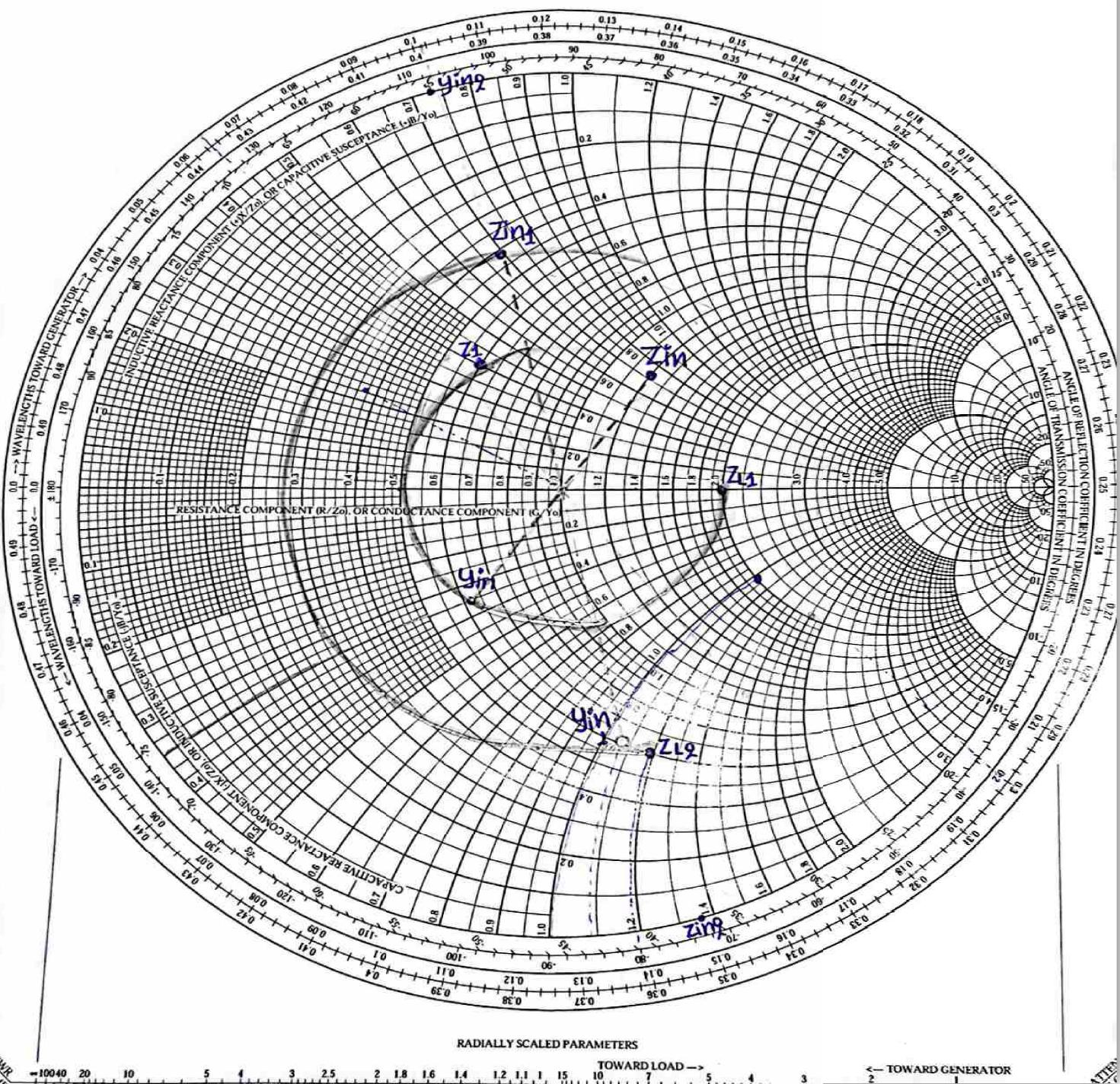
$$\text{Kur SWR} = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{1.32}{0.68} = 1.941$$

- #### ▪ Το διάγραμμα Smith για το ερώτημα (α)

(a)

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



$$(B) f' = \frac{4}{3} f_0 = 1.333 \text{ GHz}$$

$$\lambda' = \frac{v_p}{f'} \text{, πριν: } \lambda = \frac{v_p}{f_0}$$

Για γραμμές TEM, $v_p = \text{const}$ - ανεξάρτητη της συχνότητας
Θα τοχύνει οποιαδήποτε λέπτη $\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{f_0}{f'} \Rightarrow \lambda = \frac{f_0}{f'} \lambda' = \frac{4}{3} \lambda'$

• Το φυσικό μήκος $0.39\lambda \Rightarrow 0.426\lambda'$
των γραμμών : $0.24\lambda \Rightarrow 0.32\lambda'$ { σε συχνότητα $f' = 1.33 \text{ GHz}$
δεν αλλάζει. $0.1\lambda \Rightarrow 0.133\lambda'$

• $Z_{L1} = 100 \Omega$ κανονισμούμενο $Z_{L1} = 2 \quad (0.25\lambda')$

Για $l = 0.426\lambda'$ κινουμένε πάνω στον ίδιο κύκλο SWR οπότε,
 $l = 0.426\lambda' + 0.25\lambda' = 0.676\lambda' \equiv 0.176\lambda'$

($0.176\lambda'$) : $Z_1 = 1.31 + 0.72j$

• Σε σειρά πυκνωτικός, εκουμενή απίδραση:

$$X_{L2} = -\frac{1}{\omega' c} = -\frac{1}{2\pi f' c} = -\frac{1}{2\pi \cdot \frac{4}{3} \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-12}}$$

$$\Rightarrow X_{L2} = -59.68 \Omega$$

κανονισμούμενο: $X_{L2} = \frac{X_{L2}}{Z_0} = -1.193j$

$$Z_{L2} = Z_1 + X_{L2} = 1.31 + 0.72j - 1.193j = 1.31 - 0.473j \quad (0.311\lambda')$$

- απολογείται κινούμενη κατα γηγή κατα $0.32\lambda'$:

$$l = 0.311\lambda' + 0.32\lambda', \text{ κινουμένοι στον ίδιο κύκλο SWR} \\ = 0.631\lambda' \equiv 0.131\lambda'$$

$Z_{in} = 0.92 + 0.49j$, το απιδιαμετρικό: $Y_{in1} = 0.86 - 0.442j$

• Η ανοιχτού κύκλου γραμμή: $(0.133\lambda')$

$$Z_{in2} = -jZ_0 \cot \beta l = -j \frac{Z_0}{\tan(\beta l)} = -j \frac{Z_0}{\tan(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \lambda')} = -j \frac{Z_0}{\tan(2\pi \cdot 0.133)}$$

$$\Rightarrow Z_{in2} = -j \cdot Z_0 \cdot 0.9042 \quad \text{κανονισμούμενο: } Z_{in2} = -j \cdot 0.9042$$

το απιδιαμετρικό: $Y_{in2} = 1.085j$

• Οι δύο γραμμές συνδέονται παραπομπή λόγω αυτού ισχυει.

$$Y_{in} = Y_{in1} + Y_{in2} = 0.86 - 0.442j + 1.085j = 0.86 + 0.643j$$

To απιδιαμετρικό: $Z_{in} = 0.76 + 0.55j$

• αποστάση Z_{in} από κέντρο: 2.3 cm

$$|\Gamma| = \frac{2.3}{7.8} = 0.294$$

$$\text{Άρα, SWR} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = \frac{1.294}{0.706} = 1.832$$

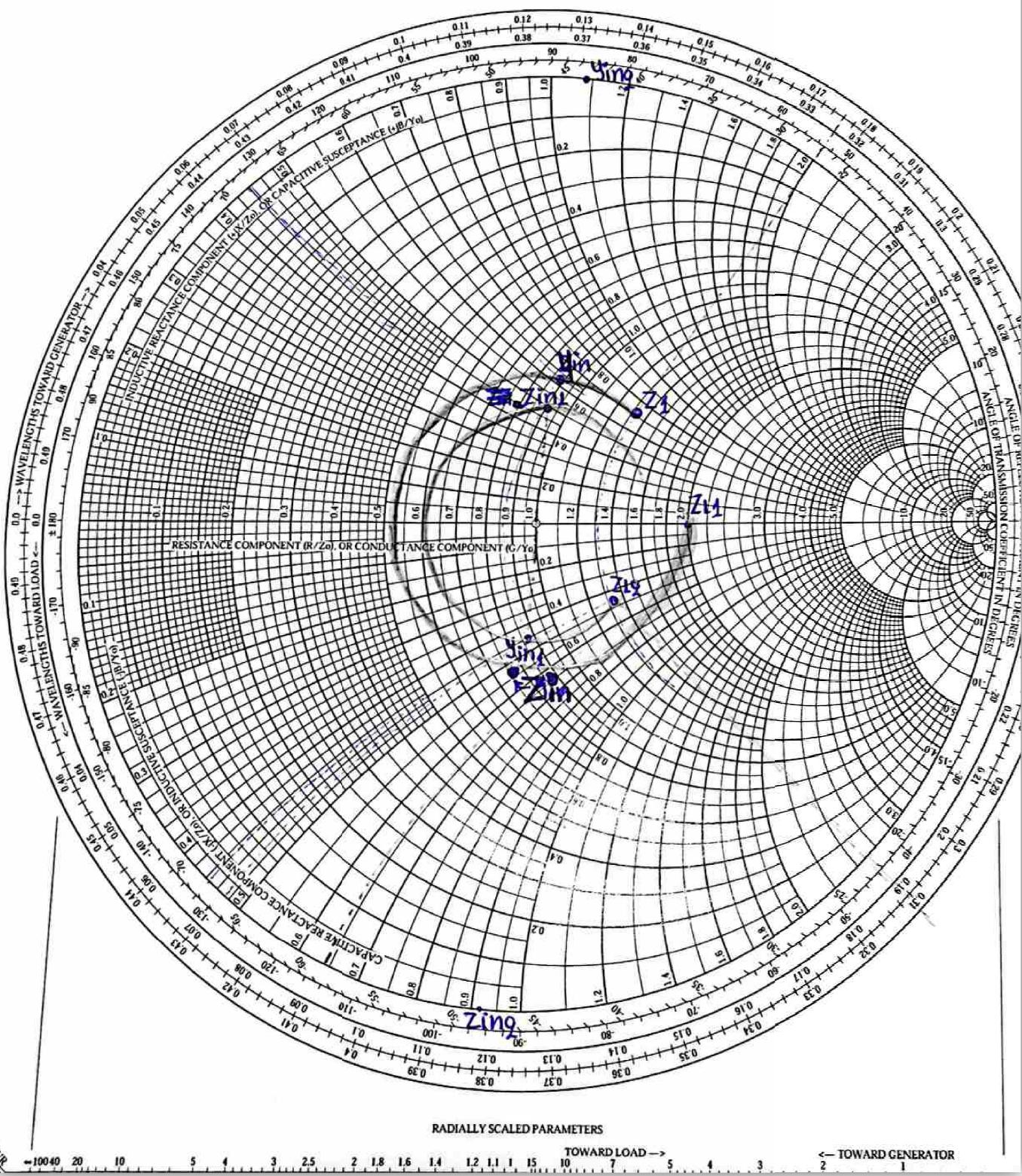
8) Αν η γραμμή δεν ήταν TEM, θα έπρεπε να χωρίζουμε τη σταθερά διαδοσης B , καθώς σε αυτή τη περίπτωση το B δεν συμπίπτει με τον κυματικό αριθμό K . και η φασική ταχύτης τα δεν είναι σταθερή.

- Το διάγραμμα Smith για το ερώτημα (β)

(B)

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



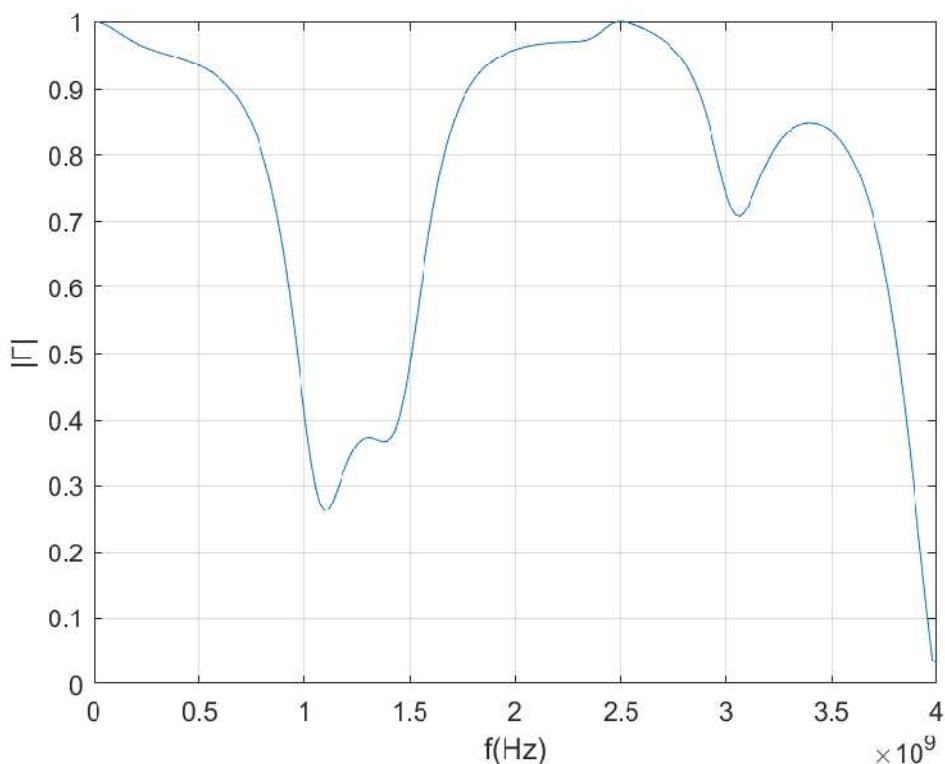
❖ **Άσκηση 1.2.** Ανάλυση κυκλωμάτων γραμμών μεταφοράς στο πεδίο της συχνότητας

(α) Χρησιμοποιώντας την προγραμματιστική πλατφόρμα Matlab για τον υπολογισμό του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης στην είσοδο παρατίθενται ο κώδικας και τα γραφήματα σε καθαρό αριθμό και σε dB. Όπου, g ο συντελεστής ανάκλασης και g1 το μέτρο του σε καθαρό αριθμό και g2 σε dB.

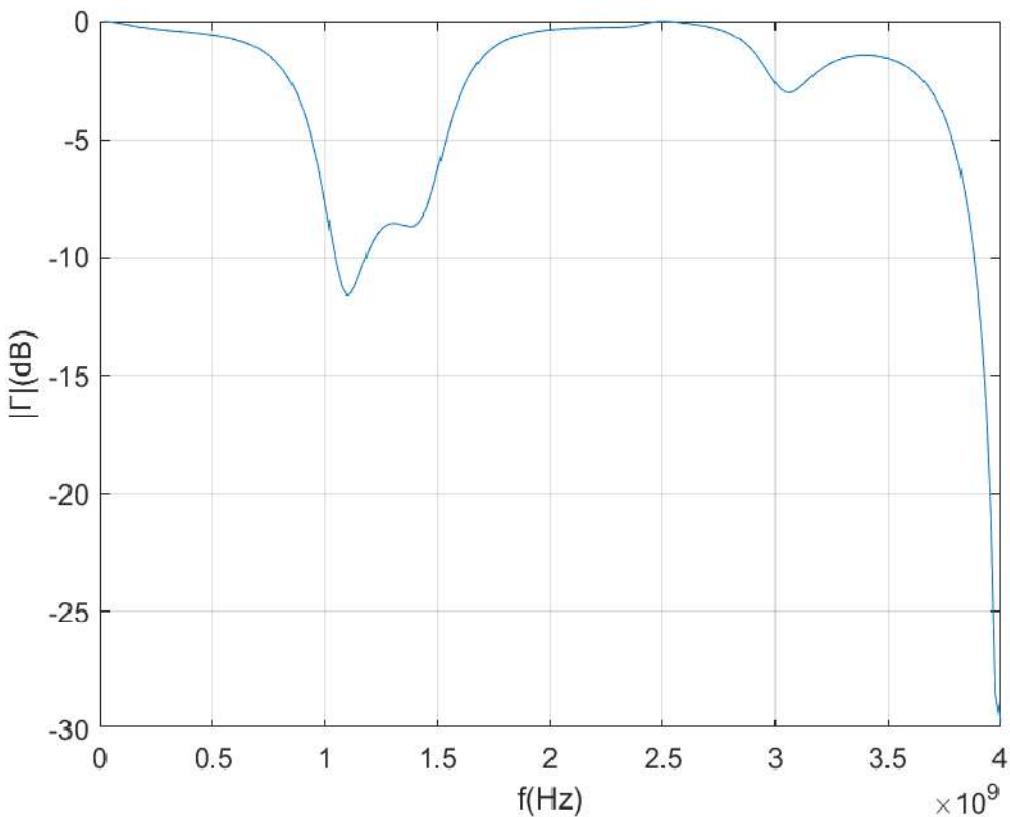
❖ **Κώδικας**

```
reflectionCoeff.m exercise2a.m + 
1 N=201;
2 fo=10^9;
3 zo=50;
4 f=0:(4*fo/N):(4*fo);
5
6 zl1=100;
7 zl=zo*(zl1+1i*zo*tan((0.32*2*pi/fo)*f))./(zo+1i*zl1.*tan((0.32*2*pi/fo)*f));
8 zl=zl-1i./((2*pi*2*10^(-12))*f);
9 zin1=zo*(zl+1i*zo*tan((0.24*2*pi/fo)*f))./(zo+1i*zl.*tan((0.24*2*pi/fo)*f));
10 yin1=1./zin1;
11 zin2=-1i*zo*cot((0.1*2*pi/fo)*f);
12 yin2=1./zin2;
13 yin=yin1+yin2;
14 zin=1./yin;
15 g=(zin-zo)./(zin+zo);
16 g1=abs(g);
17 g2=20*log10(g1);
18
19 plot(f,g1)
20 plot(f,g2)
21
```

❖ **Γράφημα σε καθαρό αριθμό**

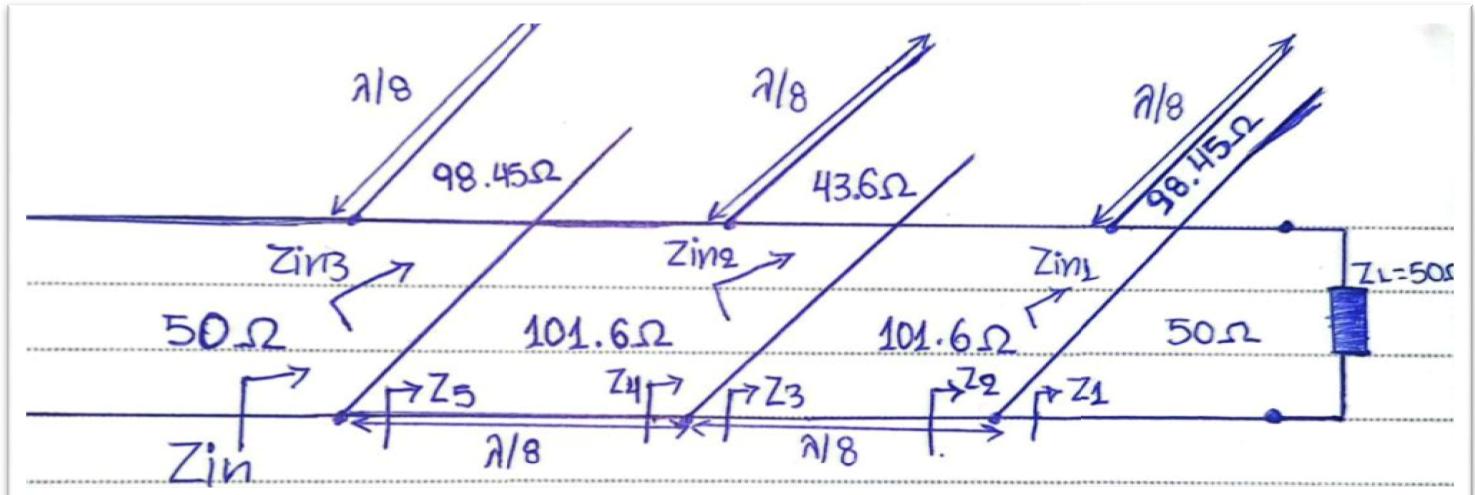


❖ Γράφημα σε dB



- Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης παίρνει τιμές μικρότερες του 0.3 για μια ζώνη συχνοτήτων μεταξύ 1.055GHz- 1.17GHz. Επιπλέον, οι τιμές του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης που βρήκαμε με το διάγραμμα Smith στην άσκηση 1.1. συγκλίνουν αρκετά με τις τιμές που αναπαριστούνται στο γράφημα με καθαρό αριθμό για συχνότητες f_0 και $\frac{4}{3}f_0$.

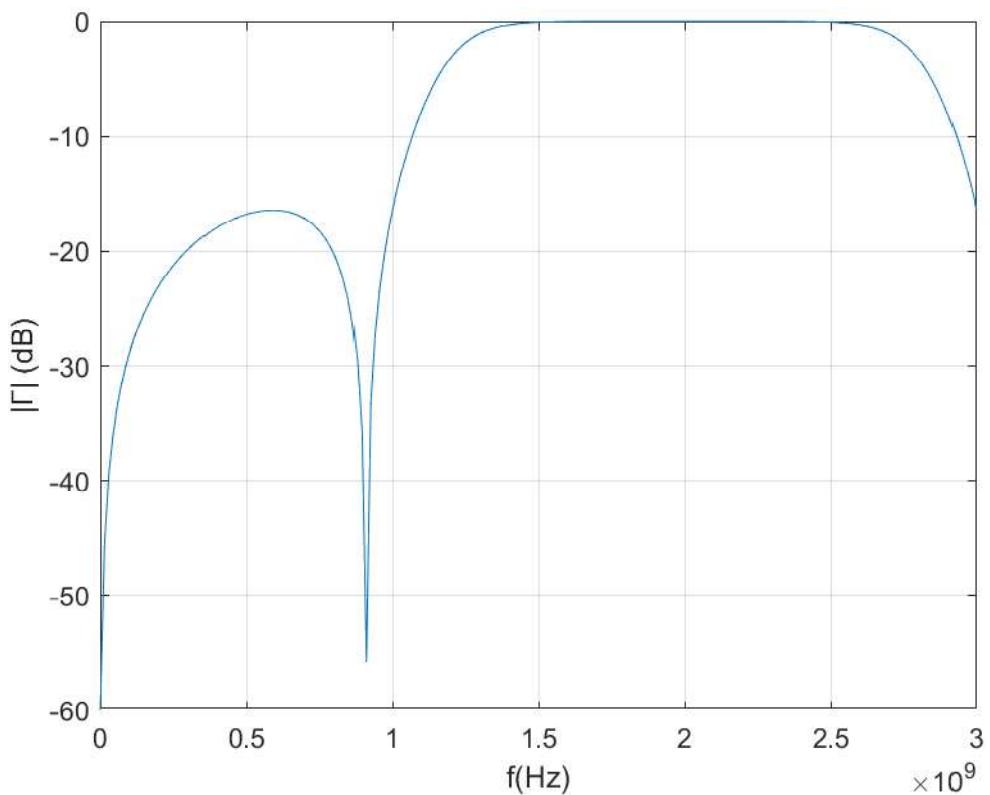
(β) Για την εύρεση του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης και τον SWR στην είσοδο παρατίθεται ο κώδικας και τα γραφήματα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης σε dB και τον SWR σε καθαρό αριθμό. Επιπλέον, φαίνεται το κυκλωματικό ισοδύναμο γραμμής μεταφοράς του κυκλώματος.



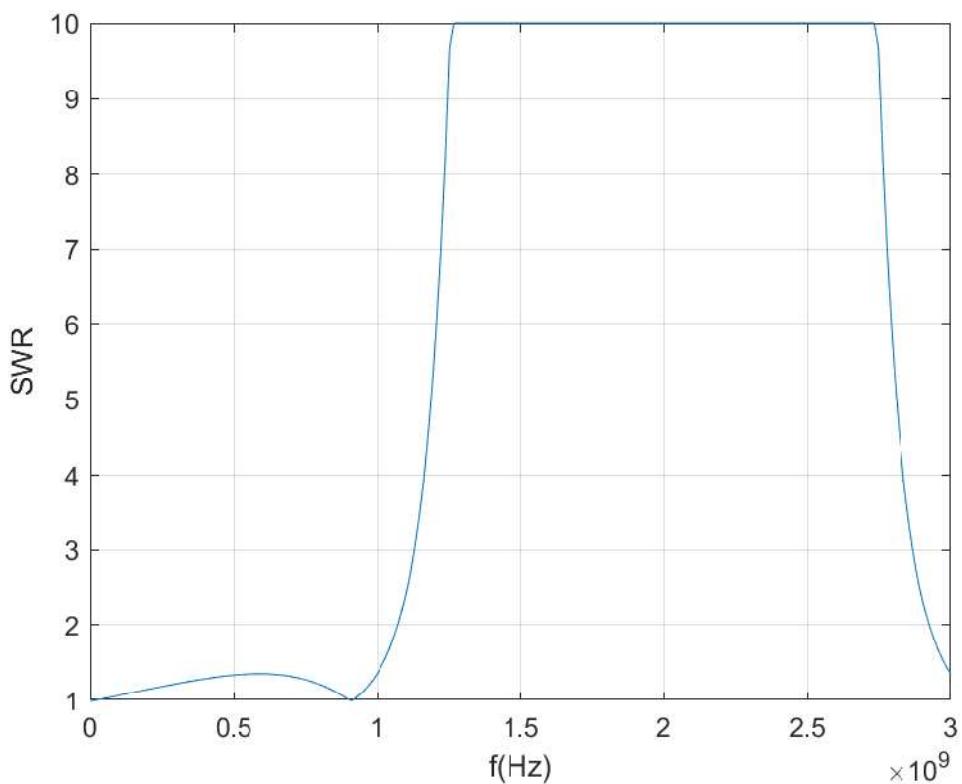
❖ Ο κώδικας

```
reflectionCoeff.m  exercise2a.m  exercise2b.m  +  
1 N=201;  
2 fo=10^9;  
3 f=0:(3*fo/N):(3*fo);  
4 zl=50;  
5 za=50;  
6 zb=101.6;  
7 xc=98.45;  
8 zd=43.6;  
9  
10 zin1=-1i*zc*cot((0.125*2*pi/fo).*f);  
11 yin1=1./zin1;  
12 zin2=-1i*zd*cot((0.125*2*pi/fo).*f);  
13 yin2=1./zin2;  
14 zin3=-1i*zc*cot((0.125*2*pi/fo).*f);  
15 yin3=1./zin3;  
16 zl=za;  
17 y1=1./zl;  
18 y2=y1+yin1;  
19 z2=1./y2;  
20 z3=zb*(z2+1i*zb*tan((0.125*2*pi/fo).*f))./(zb+1i*z2.*tan((0.125*2*pi/fo).*f));  
21 y3=1./z3;  
22 y4=y3+yin2;  
23 z4=1./y4;  
24 z5=zb*(z4+1i*zb*tan((0.125*2*pi/fo).*f))./(zb+1i*z4.*tan((0.125*2*pi/fo).*f));  
25 y5=1./z5;  
26 yin=y5+yin3;  
27 zin=1./yin;  
28  
29 g=(zin-za)./(zin+za);  
30 g1=abs(g);  
31 g2=20*log10(g1);  
32 swr=(1+g1)./(1-g1);  
33  
34 for k=1:201  
35 if g2(k)<-60  
36 g2(k)=-60;  
37 end  
38 end  
39  
40 for k=1:201  
41 if swr(k)>10  
42 swr(k)=10;  
43 end  
44 end  
45 plot(f,g2)  
46 plot(f,swr)
```

❖ Γράφημα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης σε dB



❖ Γράφημα SWR



Συμπεραίνεται , ότι το κύκλωμα αποτελεί ένα χαμηλοπερατό φίλτρο καθώς, από το γράφημα του SWR φαίνεται ότι για μια ζώνη συχνοτήτων 0.2GHz-0.92GHz οι τιμές του SWR είναι μικρότερες και κοντά στο 1.

(γ)

- $\beta_1 * \ell_1 = (2\pi * \ell_1) / \lambda_1 = 21.903^\circ \Rightarrow \beta_1 * \ell_1 = 0.121\pi = \beta_5 * \ell_5$
- $\beta_2 * \ell_2 = 0.174\pi = \beta_4 * \ell_4$
- $\beta_3 * \ell_3 = 0.209\pi$
- $\ell_1 = \ell_5 = 0.01815\text{m}$
- $\ell_2 = \ell_4 = 0.0261\text{m}$
- $\ell_3 = 0.03135\text{m}$

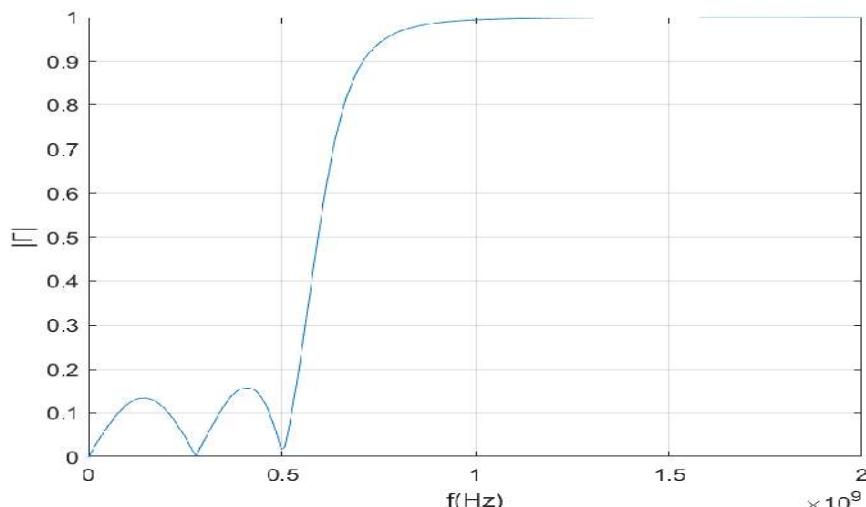
❖ Ο κώδικας

```

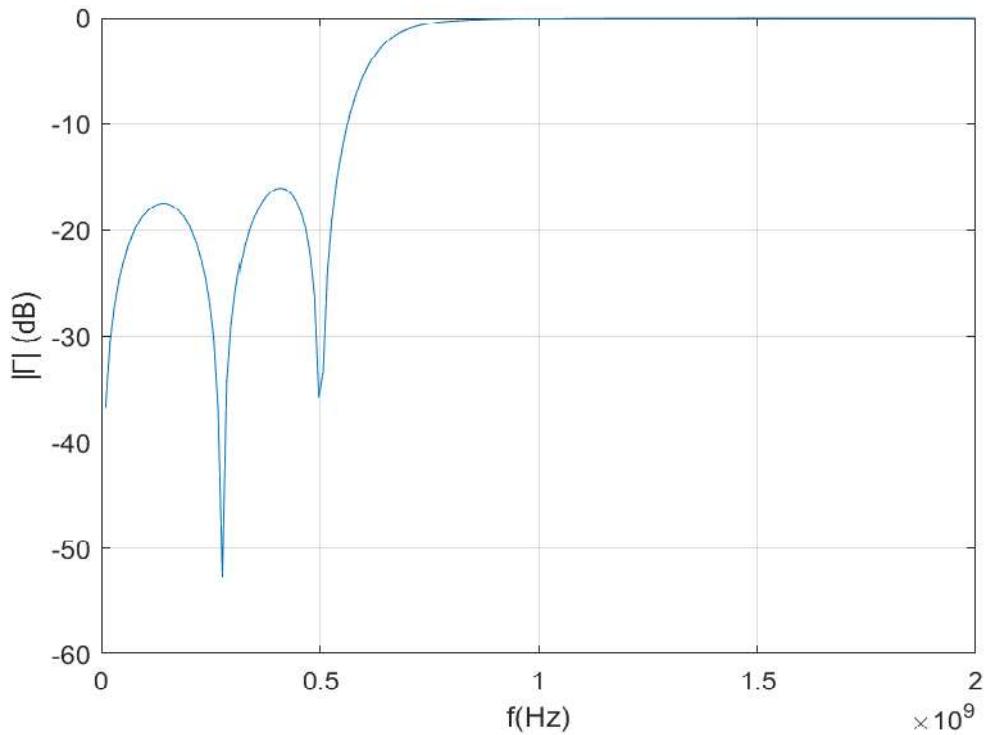
1 N=201;
2 fo=10^9;
3 f=0:(2*fo/N):(2*fo);
4 zo=50;
5 zh=150;
6 zl=20;
7 z=50;
8
9 z5=zh*((z+1i*zh*tan(0.121*2*pi/fo).*f)./(zh+1i*z.*tan(0.121*2*pi/fo).*f)));
10 z4=z1*((z5+1i*z1*tan(0.174*2*pi/fo).*f)./(z1+1i*z5.*tan(0.174*2*pi/fo).*f)));
11 z3=zh*((z4+1i*zh*tan(0.209*2*pi/fo).*f)./(zh+1i*z4.*tan(0.209*2*pi/fo).*f)));
12 z2=z1*((z3+1i*z1*tan(0.174*2*pi/fo).*f)./(z1+1i*z3.*tan(0.174*2*pi/fo).*f)));
13 zin=zh*((z2+1i*zh*tan(0.121*2*pi/fo).*f)./(zh+1i*z2.*tan(0.121*2*pi/fo).*f)));
14
15 s=(zin-zo)./(zin+zo);
16 s1=abs(s);
17 s2=20*log10(s1);
18 swr=(1+s1)./(1-s1);
19
20
21 for k=1:202
22 if swr(k)>10
23 swr(k)=10;
24 end
25 end
26
27
28 plot(f,s1)
29 plot(f,s2)
30 plot(f,swr)

```

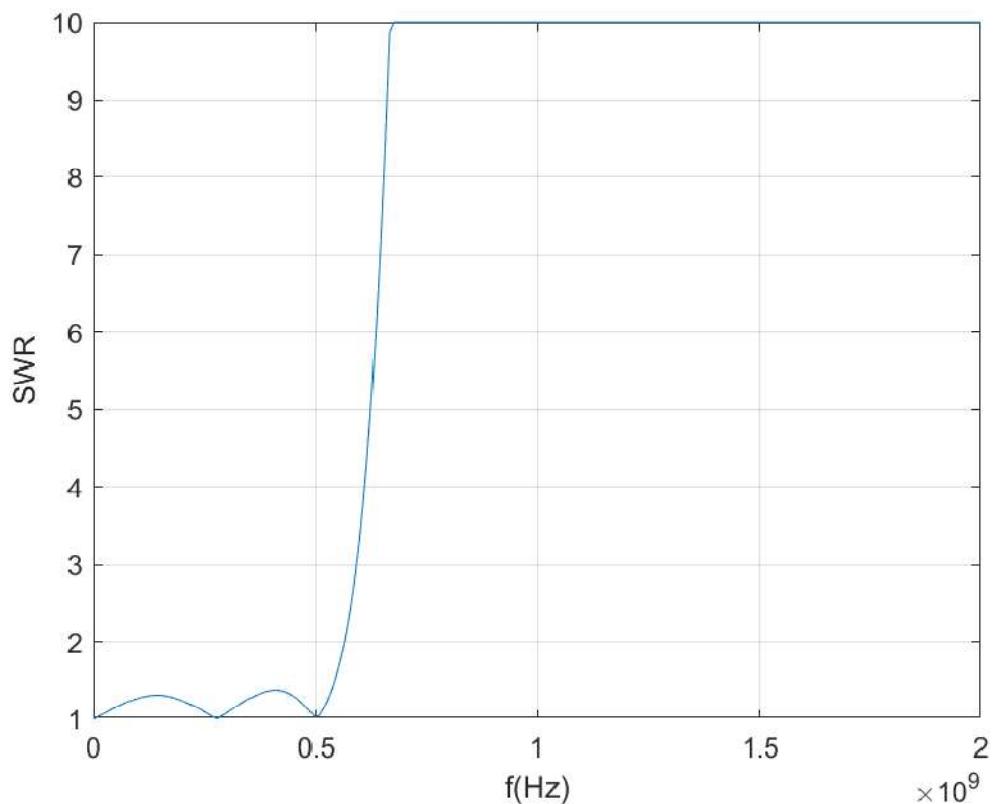
❖ Γράφημα συντελεστή ανάκλασης



❖ Γράφημα συντελεστή ανάκλασης σε dB



❖ Γράφημα SWR

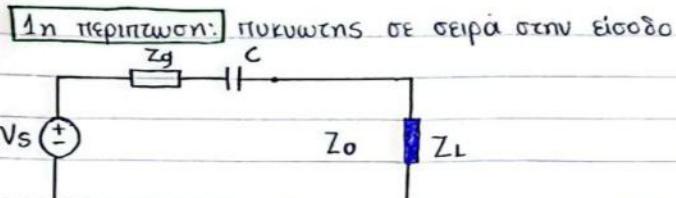


❖ Άσκηση 1.3

Ερώτημα (α)

1.3 Συγκόνιση προσαρμογής - Διάγραμμα Smith

Ερωτηματικό (α) $Z_0 = 50 \Omega$



$$Z_L = 10 + j15 \Omega \xrightarrow{\text{κανονικοποιηθέντο}} Z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = 0.2 + j0.3 \quad l = 0.048\lambda$$

$$Z_{in} = Z_g^* = 50 + j40 \Omega \quad \text{ωστε να έχουμε το μεγιστο δύνατο κεράσου}$$

$$Z_g^* = Z_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_0} = 1 + j0.8 \quad Y_{in} = 0.6 - 0.45j$$

Προσθήκη αρνητικής αντίδρασης:

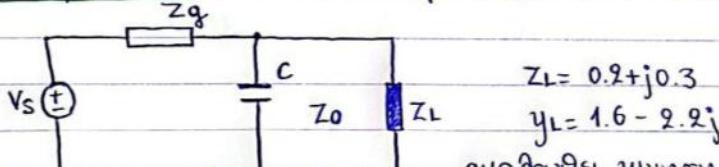
αρδούθει κίνηση από το φορτίο προς την είσοδο μεταξύ του σημείου τούμης με τον κυκλό $Y=1$ και προκύπτει $Z_{in} = 1 + 1.8j$
 $l' = 0.18\lambda - 0.048\lambda = 0.134\lambda$

Έπειτα, προστίθεται ο πικουίντης με αντίδραση $X = -1.8$

$$\text{αρά, } X_C = 0.8j - 1.8j = -1j$$

$$X_C = Z_0 \cdot X_C \quad | \quad X_C = -j \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow -1j \cdot 50 = -j \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 10^9 \cdot C} \Rightarrow C = 3.18 \text{ pF}$$

2η περίπτωση: πικουίντης παραλλήλη στην είσοδο



$$Z_L = 0.2 + j0.3$$

$$Y_L = 1.6 - 2.2j$$

αρδούθει κίνηση από το φορτίο προς την είσοδο πλην στον 1διο κυκλό SWR μεταξύ του σημείου τούμης με τον κυκλό $g=1$, για 1διο Γ.

$$Y_g^* = 0.6 - 0.45j$$

$$Y_A = 0.6 - 1.2j$$

$$Z_L \parallel X_C$$

$$Y_C = Y_g^* - Y_A = +1.2j - 0.45j = 0.75j$$

$$\text{Άρα, } y_{in} = 0.6 - 1.2j$$

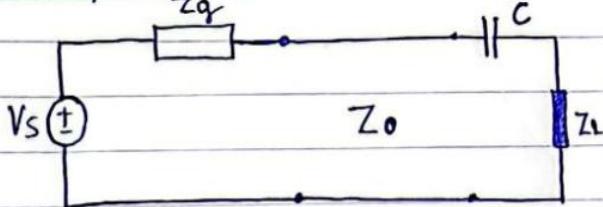
$$l = 0.405\lambda - 0.348\lambda = 0.057\lambda$$

$$y_C = 0.75j \quad X_C = 1.25j$$

$$\begin{aligned} X_C &= Z_0 X_C & Z_0 X_C &= -j \cdot \frac{1}{2\pi f C} \\ X_C &= -j \cdot \frac{1}{2\pi f C} & \Rightarrow C &= -j \frac{1}{2\pi f Z_0 X_C} = \cancel{j} \frac{1}{2\pi \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot (1.25j)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow C = 9.54 \mu F$$

3η περίπτωση: πυκνώτης σε σειρά με το φορτίο



Δεν είναι δύνατο με την αρχική γραφή να καταλήξουμε σε επιβαρυντική προσαρμογή.

$$Z_L = 0.9 + j0.3 \quad (0.048\lambda)$$

ο πυκνώτης προσθέτει αρνητική αντίδραση $X_C = -0.3j$

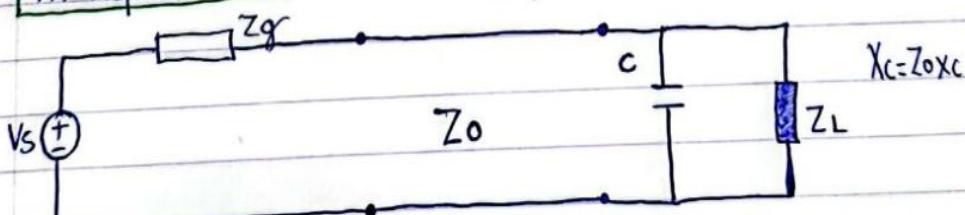
$$C = -j \frac{1}{2\pi f Z_0 X_C} = \cancel{j} \frac{1}{2\pi \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot (0.3j)} = 10.61 \mu F$$

$$Z_g^* = 1 + j0.8 \quad (0.156\lambda)$$

Θέλουμε $Z_g^* \approx Z_A$ • η καλύτερη τιμή, που μοιάζει στο Z_g^* στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι:

$$Z_A = 0.6 + 1.3j \quad \text{και} \quad l = 0.156\lambda$$

4η περίπτωση: πυκνώτης παράλληλα στο φορτίο



$$y_g^* = 0.6 - 0.45j$$

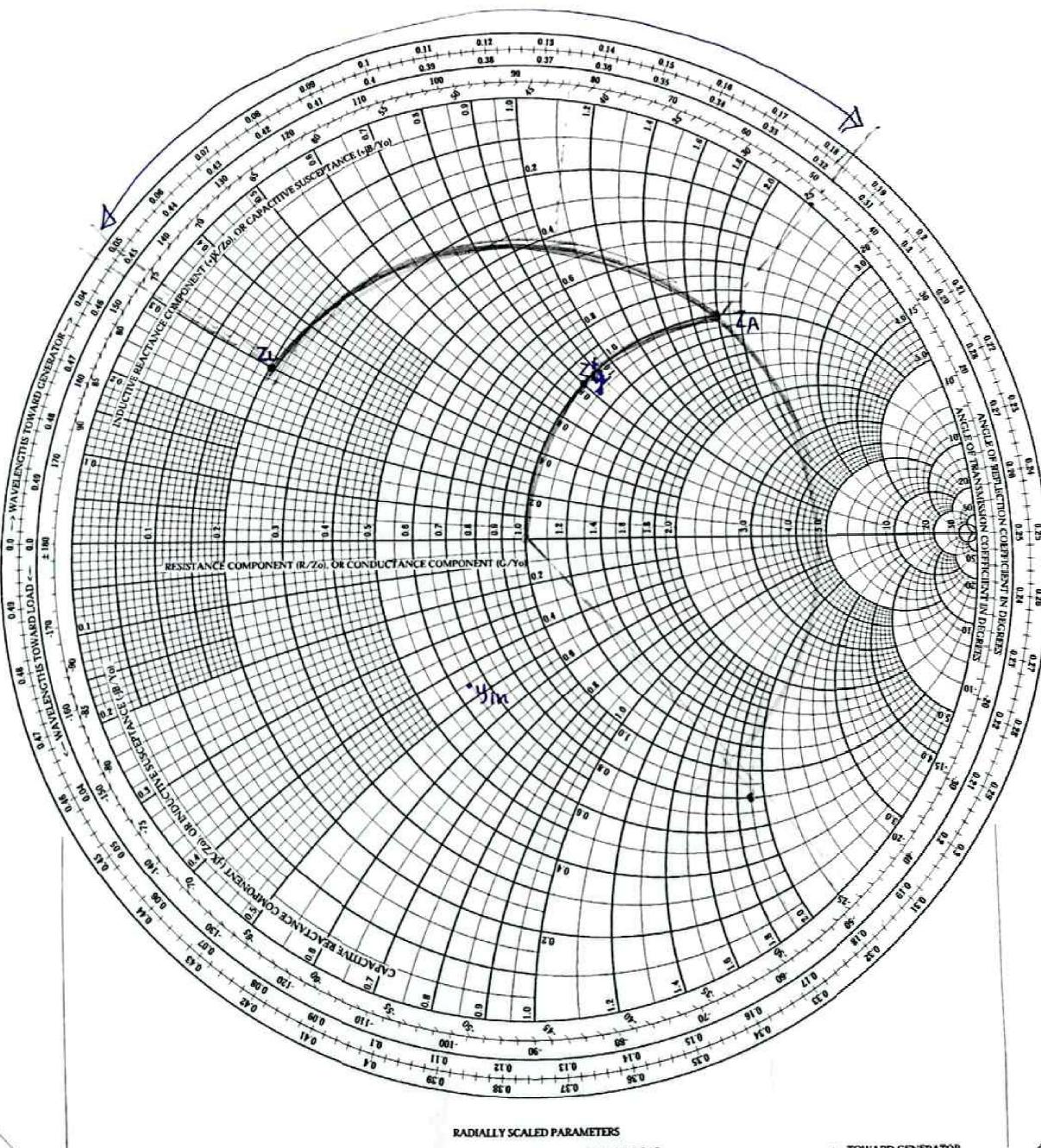
ο πυκνώτης προσθέτει θετική επιδερματιστική τετοια ώστε να βρεθούμε πανω στον κυκλό

$$\begin{aligned} y_L &= 1.6 - 2.2j & \text{SWR} \text{ με } r = 1.6, l' = 0.41\lambda - 0.3j = 0.11\lambda \\ y_A &= 1.6 - 0.89j \Rightarrow y_C = y_A - y_L = 1.38j \Rightarrow X_C = 0.735j \Rightarrow C = -j \frac{1}{2\pi f Z_0 X_C} = 4.33 \mu F \end{aligned}$$

Διαγράμματα Smith

1η Περίπτωση: πυκνωτής σε σειρά στην είσοδο

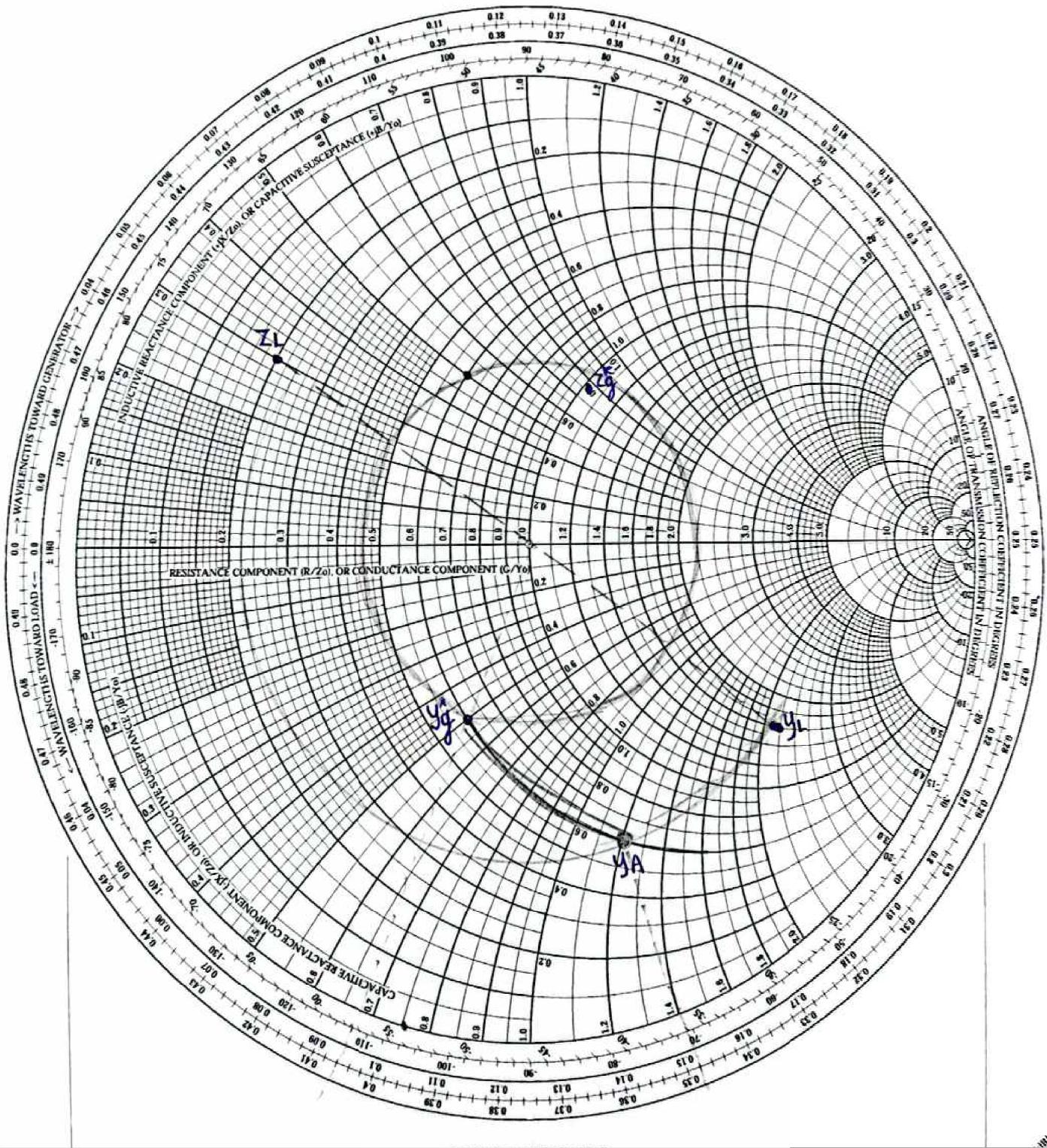
The Complete Smith Chart
Black Magic Design



2η Περίπτωση : πυκνωτής παράλληλα στην είσοδο

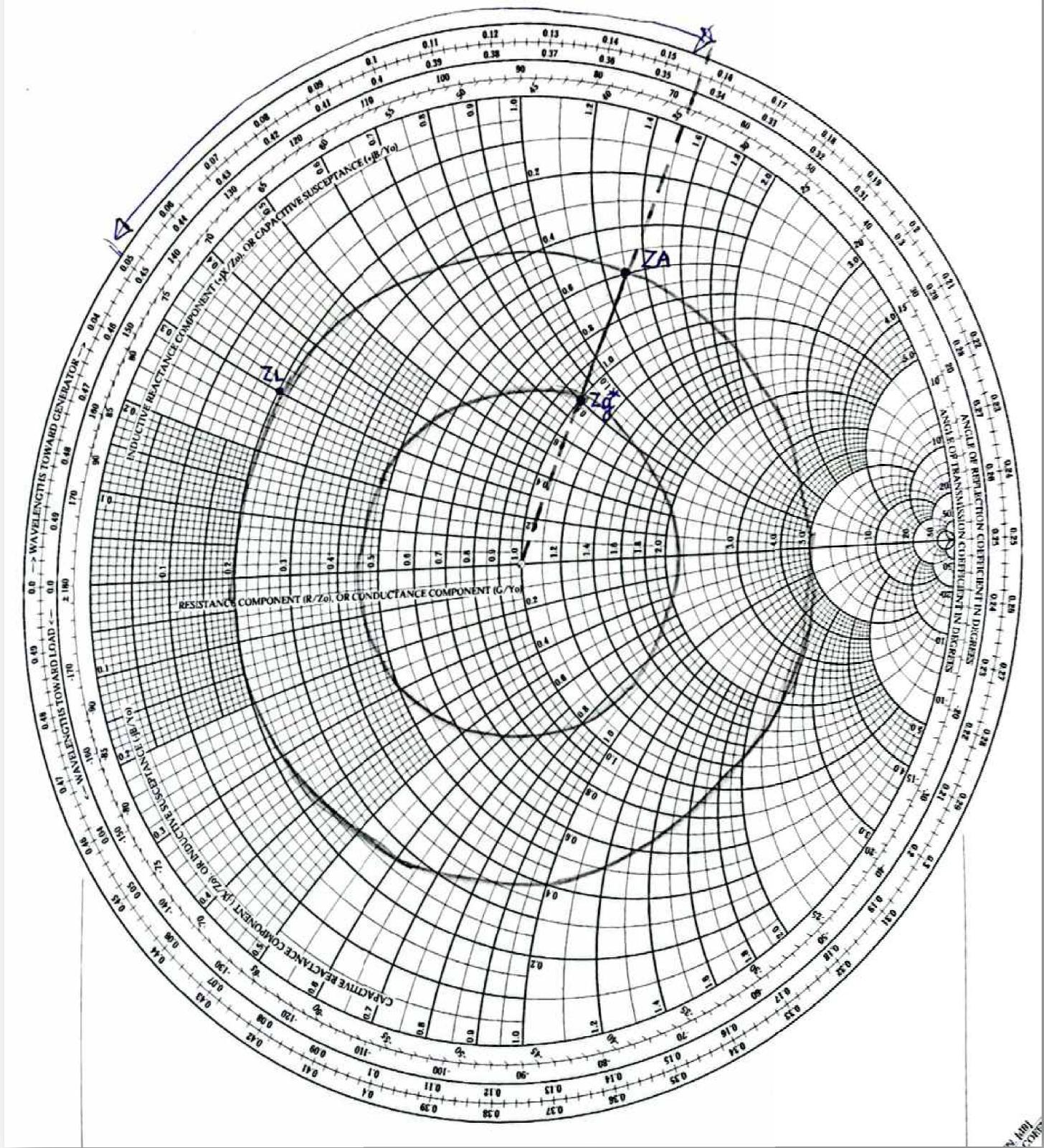
The Complete Smith Chart

Black Magic Design

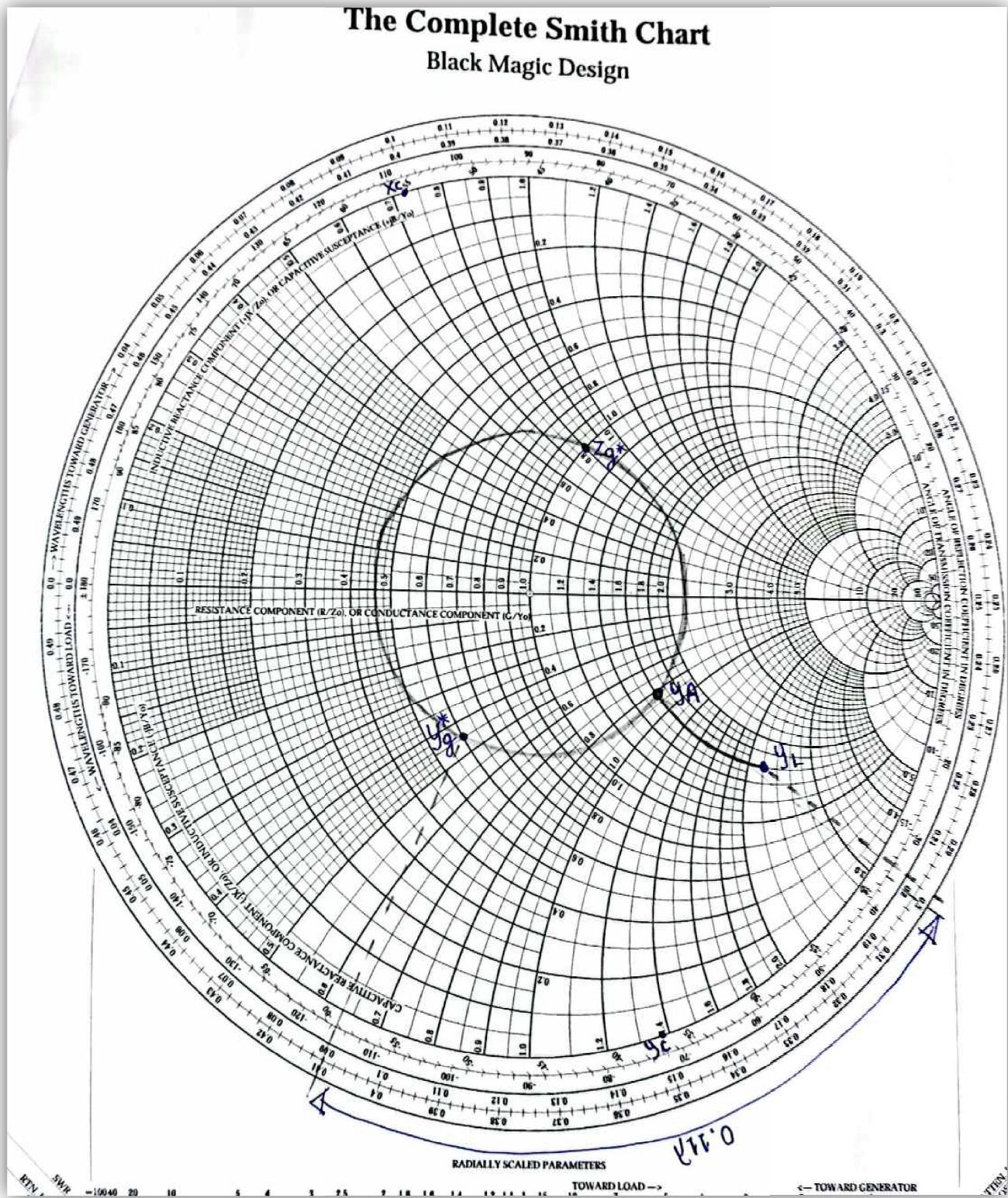


3η Περίπτωση : πυκνωτής σε σειρά με το φορτίο

Black Magic Design



4η Περίπτωση : πυκνωτής παράλληλα στο φορτίο



Ερώτημα (β)

ερώτημα (β)

$$\text{1n περίπτωση: } V_S = 1V \quad V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + Z_g + X_C} V_S$$

$$Z_{in} = 1 + 1.8j \implies Z_{in} = 50 + 90j$$

$$\text{Άρα, } V_{in} = \frac{50 + 90j}{50 + 90j + 50 + j40 - 50j} \cdot 1$$

$$\Rightarrow V_{in} = \frac{50 + 90j}{100} \rightarrow V_{in} = 0.5 + 0.9j$$

$$\text{ιούς: } P_{in} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{|V_{in}|^2}{Z_{in}^*} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{1.1236}{50 - 90j} \right\}$$

$$|V_{in}| = 1.06V$$

$$= \operatorname{Re} \left\{ \frac{(1.1236)(50 + 90j)}{10.600} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ 0.0053 + 0.477j \right\}$$

$$\Rightarrow P_{in} = 0.0053 \text{ ή } 5.3 \text{ mW}$$

2n περίπτωση:

η ισχυς εξαρτάται μόνο από φορτία που προσφέρουν πραγματική ισχυ. οπότε, ο πυκνωτης δεν επηρεάζει, άρα:

$$\cdot Z_{in} = \frac{Z_0}{y_{in}} \rightarrow y_{in} = 0.6 - 1.2j$$

$$\Rightarrow Z_{in} = \frac{50}{0.6 - 1.2j} \rightarrow Z_{in} = \frac{50(0.6 + 1.2j)}{1.8} = 27.77 \cdot (0.6 + 1.2j)$$

$$\Rightarrow Z_{in} = 16.66 + 33.32j = Z_A$$

$$\cdot \text{ Για } y_{in} = 0.6 - 0.45j \rightarrow Z_{in} = \frac{1}{y_{in}} Z_0 \rightarrow Z_{in} = \frac{50(0.6 + 0.45j)}{0.5625}$$

$$\Rightarrow Z_{in} = 53.33 + 40j = Z_g^*$$

αφού, ο πυκνωτης δεν επηρεάζει την ίαντη της ισχυς:

$$V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + Z_g} V_S \rightarrow V_{in} = \frac{50 + j40}{50 + j40 + 53.33 - 40j}$$

$$\Rightarrow \text{Av ιποθεσών με στα λόγω προσαρμογής}$$

$$Z_{in} = Z_g^* \approx 53 \cdot 33 + j40 \approx 50 + j40$$

$$\text{TOTE: } V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + Z_g} V_s \Rightarrow V_{in} = \frac{50 + j40}{50 + j40 + 50 - j40} \cdot 1$$

$$\Rightarrow V_{in} = \frac{50 + j40}{100} = 0.5 + 0.4j \quad |V_{in}| = 0.64V$$

$$\Rightarrow P_{in} = \operatorname{Re} \left\{ V_{in} \cdot I_{in}^* \right\} = \operatorname{Re} \left\{ V_{in} \cdot \frac{V_{in}^*}{Z_{in}} \right\}$$

$$= \operatorname{Re} \left\{ \frac{|V_{in}|^2}{Z_{in}} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{0.4096}{50 - j40} \right\}$$

$$= \operatorname{Re} \left\{ \frac{0.4096 \cdot (50 + j40)}{4100} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ 0.0049 + j0.003996 \right\}$$

$$= 4.9 \text{ mW}$$

3n περιπτώση:

Σε αυτή τη περιπτώση δεν υπάρχει συγκέντρωση προσαρμογής

$$Z_{in} = Z_A = 0.6 + 1.3j \Rightarrow Z_{in} = 30 + j65$$

Άριστη, συμφωνα με τα παραπάνω:

$$V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + Z_g} V_s = \frac{30 + j65}{30 + j65 + 50 - j40} \cdot 1$$

$$\Rightarrow V_{in} = \frac{30 + j65}{80 + j95} = \frac{(30 + j65)(80 - j25)}{7025} = \frac{2400 - j750 + j5200 + 1625}{7025}$$

$$\Rightarrow V_{in} = 0.572 + j0.633$$

$$P_{in} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{|V_{in}|^2}{Z_{in}^*} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{0.8531}{30 + j65} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{0.8531 (30 - j65)}{5125} \right\}$$

$$\Rightarrow P_{in} = \operatorname{Re} \left\{ 0.004993 - 0.01081j \right\} \Rightarrow P_{in} = 4.99 \text{ mW}$$

4n περιπτώση:

$$Z_{in} = \frac{Z_0}{Y_{in}} = \frac{50}{0.6 - 0.45j} = 53.33 + j40$$

$$V_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + Z_g} \cdot V_s = \frac{53.33 + j40}{53.33 + j40 + 50 - j40} \cdot 1 = \frac{53.33 + j40}{103.33}$$

$$= 0.5161 + j0.3871$$

$$P_{in} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{|V_{in}|^2}{Z_{in}^*} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{0.4161}{53.33 - j40} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \frac{0.4161 (53.33 + j40)}{4444.08} \right\}$$

$$|V_{in}| = 0.6451$$

$$\Rightarrow P_{in} = \operatorname{Re} \left\{ 0.0049939 + j0.003745 \right\}$$

$$\Rightarrow P_{in} = 4.99 \text{ mW}$$

Ερώτημα (γ)

Παίρνω την περίπτωση πυκνωτής παράλληλα στο φορτίο με

$$\ell = 0.11\lambda = 0.11 \cdot 0.3 = 0.033\text{m} \text{ που είναι δυνατή η συζυγής προσαρμογή.}$$

```

1 N=201;
2 fo=10^9;
3 f=0:(2*fo/N):(2*fo);
4 zo=50;
5 zl=10+15i;
6 zg=50-40i;
7
8
9 zin1=zo*(zl+1i*zo*tan((0.134*2*pi/fo).*f))./(zo+1i*zl.*tan((0.134*2*pi/fo).*f));
10 vin1=(zin1./(zin1+zg-(1i./2*pi*f^3.18*10.^(-12)))); p1=real(((abs(vin1)).^2)./conj(zin1));
11 zin2=zo*(zl+1i*zo*tan((0.057*2*pi/fo).*f))./(zo+1i*zl.*tan((0.057*2*pi/fo).*f));
12 vin2=(zin2./(zin2+zg-(1i./2*pi*f^2.54*10.^(-12)))); p2=real(((abs(vin2)).^2)./conj(zin2));
13 zin3=zo*(zl+1i*zo*tan((0.156*2*pi/fo).*f))./(zo+1i*zl.*tan((0.156*2*pi/fo).*f));
14 vin3=(zin3./(zin3+zg-(1i./2*pi*f^10.61*10.^(-12)))); p3=real(((abs(vin3)).^2)./conj(zin3));
15 zin4=(zo*(zl+1i*zo*tan((0.11*2*pi/fo).*f))./(zo+1i*zl.*tan((0.11*2*pi/fo).*f)));
16 vin4=(zin4./(zin4+zg-(1i./2*pi*f^4.33*10.^(-12)))); p4=real(((abs(vin4)).^2)./conj(zin4));
17
18 figure(1)
19 plot(f,p1)
20 hold on
21 plot(f,p2)
22 figure(1)
23 plot(f,p3)
24 hold on
25 plot(f,p4)
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
389
390
391
392
393
394
395
396
397
397
398
399
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
489
490
491
492
493
494
495
496
497
497
498
499
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
589
590
591
592
593
594
595
596
597
597
598
599
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
689
690
691
692
693
694
695
696
697
697
698
699
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
788
789
789
790
791
792
793
794
795
796
796
797
798
798
799
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
888
889
889
890
891
892
893
894
895
896
896
897
898
898
899
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
909
910
911
912
913
914
915
916
916
917
918
919
919
920
921
922
923
924
925
926
927
927
928
929
929
929
930
931
932
933
934
935
936
937
937
938
939
939
940
941
942
943
944
945
946
946
947
948
948
948
949
950
951
952
953
954
955
956
956
957
958
958
958
959
959
959
960
961
962
963
964
964
965
965
966
966
966
967
967
967
968
968
968
969
969
969
970
970
970
971
971
971
972
972
972
973
973
973
974
974
974
975
975
975
976
976
976
977
977
977
978
978
978
979
979
979
980
980
980
981
981
981
982
982
982
983
983
983
984
984
984
985
985
985
986
986
986
987
987
987
988
988
988
989
989
989
990
990
990
991
991
991
992
992
992
993
993
993
994
994
994
995
995
995
996
996
996
997
997
997
998
998
998
999
999
999
1000
1000
1000
1001
1001
1001
1002
1002
1002
1003
1003
1003
1004
1004
1004
1005
1005
1005
1006
1006
1006
1007
1007
1007
1008
1008
1008
1009
1009
1009
1010
1010
1010
1011
1011
1011
1012
1012
1012
1013
1013
1013
1014
1014
1014
1015
1015
1015
1016
1016
1016
1017
1017
1017
1018
1018
1018
1019
1019
1019
1020
1020
1020
1021
1021
1021
1022
1022
1022
1023
1023
1023
1024
1024
1024
1025
1025
1025
1026
1026
1026
1027
1027
1027
1028
1028
1028
1029
1029
1029
1030
1030
1030
1031
1031
1031
1032
1032
1032
1033
1033
1033
1034
1034
1034
1035
1035
1035
1036
1036
1036
1037
1037
1037
1038
1038
1038
1039
1039
1039
1040
1040
1040
1041
1041
1041
1042
1042
1042
1043
1043
1043
1044
1044
1044
1045
1045
1045
1046
1046
1046
1047
1047
1047
1048
1048
1048
1049
1049
1049
1050
1050
1050
1051
1051
1051
1052
1052
1052
1053
1053
1053
1054
1054
1054
1055
1055
1055
1056
1056
1056
1057
1057
1057
1058
1058
1058
1059
1059
1059
1060
1060
1060
1061
1061
1061
1062
1062
1062
1063
1063
1063
1064
1064
1064
1065
1065
1065
1066
1066
1066
1067
1067
1067
1068
1068
1068
1069
1069
1069
1070
1070
1070
1071
1071
1071
1072
1072
1072
1073
1073
1073
1074
1074
1074
1075
1075
1075
1076
1076
1076
1077
1077
1077
1078
1078
1078
1079
1079
1079
1080
1080
1080
1081
1081
1081
1082
1082
1082
1083
1083
1083
1084
1084
1084
1085
1085
1085
1086
1086
1086
1087
1087
1087
1088
1088
1088
1089
1089
1089
1090
1090
1090
1091
1091
1091
1092
1092
1092
1093
1093
1093
1094
1094
1094
1095
1095
1095
1096
1096
1096
1097
1097
1097
1098
1098
1098
1099
1099
1099
1100
1100
1100
1101
1101
1101
1102
1102
1102
1103
1103
1103
1104
1104
1104
1105
1105
1105
1106
1106
1106
1107
1107
1107
1108
1108
1108
1109
1109
1109
1110
1110
1110
1111
1111
1111
1112
1112
1112
1113
1113
1113
1114
1114
1114
1115
1115
1115
1116
1116
1116
1117
1117
1117
1118
1118
1118
1119
1119
1119
1120
1120
1120
1121
1121
1121
1122
1122
1122
1123
1123
1123
1124
1124
1124
1125
1125
1125
1126
1126
1126
1127
1127
1127
1128
1128
1128
1129
1129
1129
1130
1130
1130
1131
1131
1131
1132
1132
1132
1133
1133
1133
1134
1134
1134
1135
1135
1135
1136
1136
1136
1137
1137
1137
1138
1138
1138
1139
1139
1139
1140
1140
1140
1141
1141
1141
1142
1142
1142
1143
1143
1143
1144
1144
1144
1145
1145
1145
1146
1146
1146
1147
1147
1147
1148
1148
1148
1149
1149
1149
1150
1150
1150
1151
1151
1151
1152
1152
1152
1153
1153
1153
1154
1154
1154
1155
1155
1155
1156
1156
1156
1157
1157
1157
1158
1158
1158
1159
1159
1159
1160
1160
1160
1161
1161
1161
1162
1162
1162
1163
1163
1163
1164
1164
1164
1165
1165
1165
1166
1166
1166
1167
1167
1167
1168
1168
1168
1169
1169
1169
1170
1170
1170
1171
1171
1171
1172
1172
1172
1173
1173
1173
1174
1174
1174
1175
1175
1175
1176
1176
1176
1177
1177
1177
1178
1178
1178
1179
1179
1179
1180
1180
1180
1181
1181
1181
1182
1182
1182
1183
1183
1183
1184
1184
1184
1185
1185
1185
1186
1186
1186
1187
1187
1187
1188
1188
1188
1189
1189
1189
1190
1190
1190
1191
1191
1191
1192
1192
1192
1193
1193
1193
1194
1194
1194
1195
1195
1195
1196
1196
1196
1197
1197
1197
1198
1198
1198
1199
1199
1199
1200
1200
1200
1201
1201
1201
1202
1202
1202
1203
1203
1203
1204
1204
1204
1205
1205
1205
1206
1206
1206
1207
1207
1207
1208
1208
1208
1209
1209
1209
1210
1210
1210
1211
1211
1211
1212
1212
1212
1213
1213
1213
1214
1214
1214
1215
1215
1215
1216
1216
1216
1217
1217
1217
1218
1218
1218
1219
1219
1219
1220
1220
1220
1221
1221
1221
1222
1222
1222
1223
1223
1223
1224
1224
1224
1225
1225
1225
1226
1226
1226
1227
1227
1227
1228
1228
1228
1229
1229
1229
1230
1230
1230
1231
1231
1231
1232
1232
1232
1233
1233
1233
1234
1234
1234
1235
1235
1235
1236
1236
1236
1237
1237
1237
1238
1238
1238
1239
1239
1239
1240
1240
1240
1241
1241
1241
1242
1242
1242
1243
1243
1243
1244
1244
1244
1245
1245
1245
1246
1246
1246
1247
1247
1247
1248
1248
1248
1249
1249
1249
1250
1250
1250
1251
1251
1251
1252
1252
1252
1253
1253
1253
1254
1254
1254
1255
1255
1255
1256
1256
1256
1257
1257
1257
1258
1258
1258
1259
1259
1259
1260
1260
1260
1261
1261
1261
1262
1262
1262
1263
1263
1263
1264
1264
1264
1265
1265
1265
1266
1266
1266
1267
1267
1267
1268
1268
1268
1269
1269
1269
1270
1270
1270
1271
1271
1271
1272
1272
1272
1273
1273
1273
1274
1274
1274
1275
1275
1275
1276
1276
1276
1277
1277
1277
1278
1278
1278
1279
1279
1279
1280
1280
1280
1281
1281
1281
1282
1282
1282
1283
1283
1283
1284
1284
1284
1285
1285
1285
1286
1286
1286
1287
1287
1287
1288
1288
1288
1289
1289
1289
1290
1290
1290
1291
1291
1291
1292
1292
1292
1293
1293
1293
1294
1294
1294
1295
1295
1295
1296
1296
1296
1297
1297
1297
1298
1298
1298
1299
1299
1299
1300
1300
1300
1301
1301
1301
1302
1302
1302
1303
1303
1303
1304
1304
1304
1305
1305
1305
1306
1306
1306
1307
1307
1307
1308
1308
1308
1309
1309
1309
1310
1310
1310
1311
1311
1311
1312
1312
1312
1313
1313
1313
1314
1314
1314
1315
1315
1315
1316
1316
1316
1317
1317
1317
1318
1318
1318
1319
1319
1319
1320
1320
1320
1321
1321
1321
1322
1322
1322
1323
1323
1323
1324
1324
1324
1325
1325
1325
1326
1326
1326
1327
1327
1327
1328
1328
1328
1329
1329
1329
1330
1330
1330
1331
1331
1331
1332
1332
1332
1333
1333
1333
1334
1334
1334
1335
1335
1335
1336
1336
1336
1337
1337
1337
1338
1338
1338
1339
1339
1339
1340
1340
1340
1341
1341
1341
1342
1342
1342
1343
1343
1343
1344
1344
1344
1345
1345
1345
1346
1346
1346
1347
1347
1347
1348
1348
1348
1349
1349
1349
1350
1350
1350
1351
1351
1351
1352
1352
1352
1353
1353
1353
1354
1354
1354
1355
1355
1355
1356
1356
1356
1357
1357
1357
1358
1358
1358
1359
1359
1359
1360
1360
1360
1361
1361
1361
1362
1362
1362
1363
1363
1363
1364
1364
1364
1365
1365
1365
1366
1366
1366
1367
1367
1367
1368
1368
1368
1369
1369
1369
1370
1370
1370
1371
1371
1371
1372
1372
1372
1373
1373
1373
1374
1374
1374
1375
1375
1375
1376
1376
1376
1377
1377
1377
1378
1378
1378
1379
1379
1379
1380
1380
1380
1381
1381
1381
1382
1382
1382
1383
1383
1383
1384
1384
1384
1385
1385
1385
1386
1386
1386
1387
1387
1387
1388
1388
1388
1389
1389
1389
1390
1390
1390
1391
1391
1391
1392
1392
1392
1393
1393
1393
1394
139
```

❖ Άσκηση 1.4

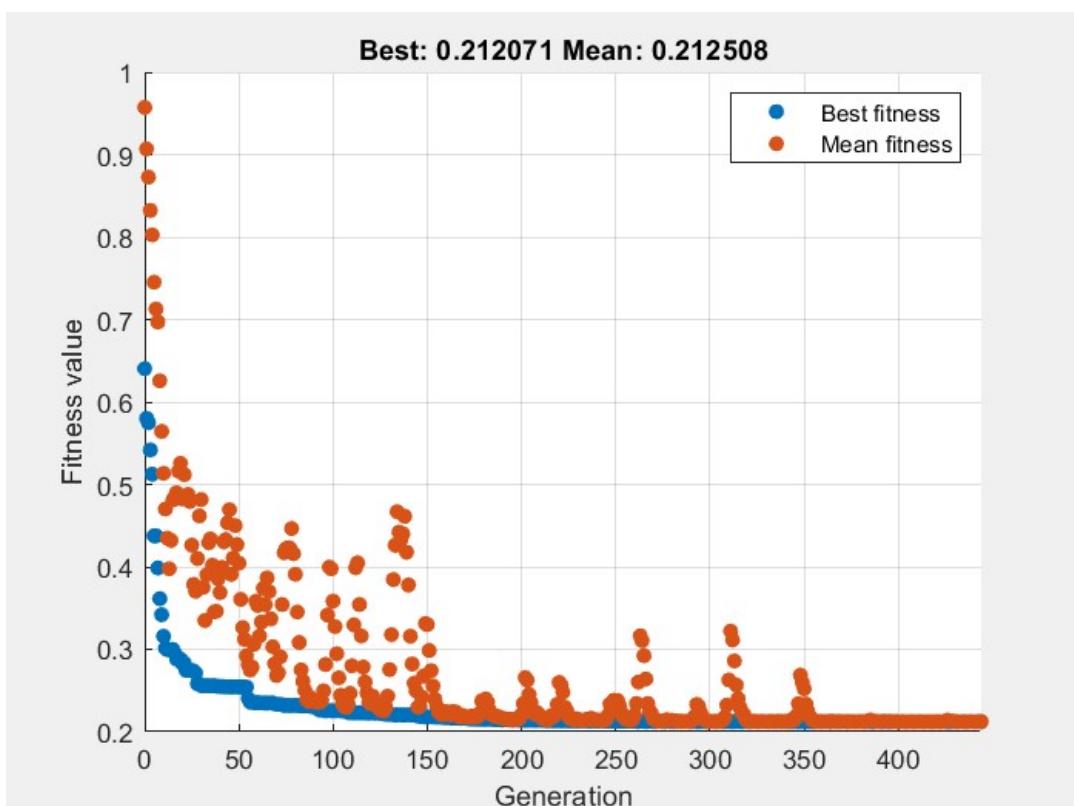
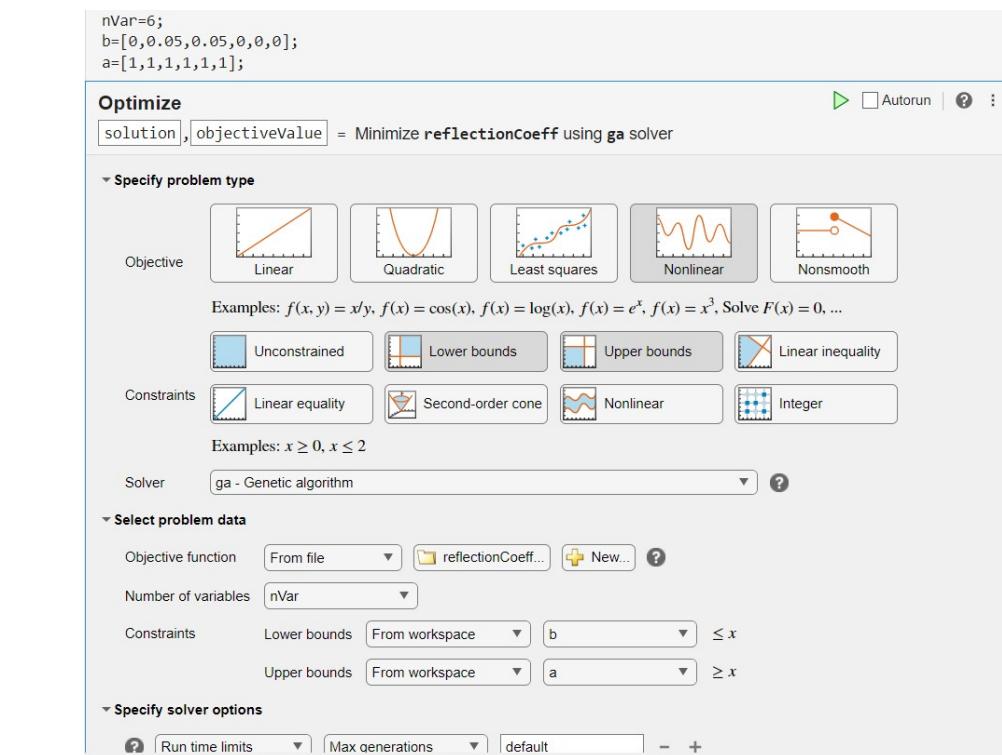
Ερώτημα (α)

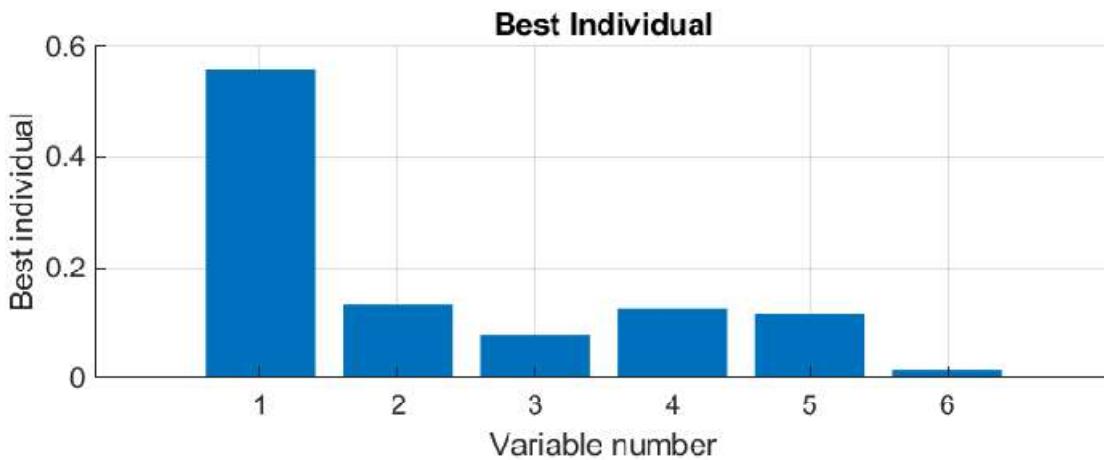
Χρησιμοποιώντας Matlab υλοποιείται μια συνάρτηση με είσοδο ένα διάνυσμα p (το οποίο είναι το διάνυσμα των παραμέτρων της βελτιστοποίησης [d1 d2 d3 l1 l2 l3]) και επιστρέφει το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης (meanS) σε μια ζώνη συχνοτήτων από 0.5fo -1.5fo.

```
reflectionCoeff.m  ×  +
1 [-] function [meanS]=reflectionCoeff(p)
2     normf=0.5:0.01:1.5;
3     z0=50;
4     zl=120+60i;
5     z1=-1i*z0*cot((p(4)*2*pi)*normf);
6     y1=1./z1;
7     z2=-1i*z0*cot((p(5)*2*pi)*normf);
8     y2=1./z2;
9     z3=-1i*z0*cot((p(6)*2*pi)*normf);
0     y3=1./z3;
1     za=zo*(zl+1i*zo*tan((p(1)*2*pi)*normf)./zo+1i*zl.*tan((p(1)*2*pi)*normf));
2     ya=1./za;
3     yb=ya+y1;
4     zb=1./yb;
5     zc=zo*(zb+1i*zo*tan((p(2)*2*pi)*normf)./zo+1i*zb.*tan((p(2)*2*pi)*normf));
6     yc=1./zc;
7     yd=yc+y2;
8     zd=1./yd;
9     ze=zo*(zd+1i*zo*tan((p(3)*2*pi)*normf)./zo+1i*zd.*tan((p(3)*2*pi)*normf));
0     ye=1./ze;
1     yin=ye+y3;
2     zin=1./yin;
3
4     s=(zin-zo)./(zin+zo);
5     s1=abs(s);
6     meanS=mean(s1);
7
8 end
```

Ερώτημα (β)

Για τη βελτιστοποίηση και ελαχιστοποίηση του μέσου όρου του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης στην περιοχή από 0.5f0 εως 1.5f0 χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο optimtool του MATLAB. Η βέλτιστη τιμή που προέκυψε είναι 0.212071 και η διαδικασία φαίνεται παρακάτω.





Οι τιμές των λύσεων απεικονίζουν τα:

[d1,d2,d3,l1,l2,l3]: 0.559707 ,0.13208, 0.07804, 0.125039, 0.114158 ,0.01316

Ερώτημα (γ)

Για την απεικόνιση του μέτρου του συντελεστή ανάκλασής σε μια ζώνη συχνοτήτων από 0.01fo έως 2fo χρησιμοποιήθηκε ένα αντίγραφο της συνάρτησης που υλοποιήθηκε στο **ερώτημα (α)** η οποία δέχεται σαν είσοδο το διάνυσμα των βέλτιστων παραμέτρων που προέκυψε από την διαδικασία της βελτιστοποίησης του προηγούμενου ερωτήματος. Παρακάτω παρατίθενται ο κώδικας και το διάγραμμα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης.

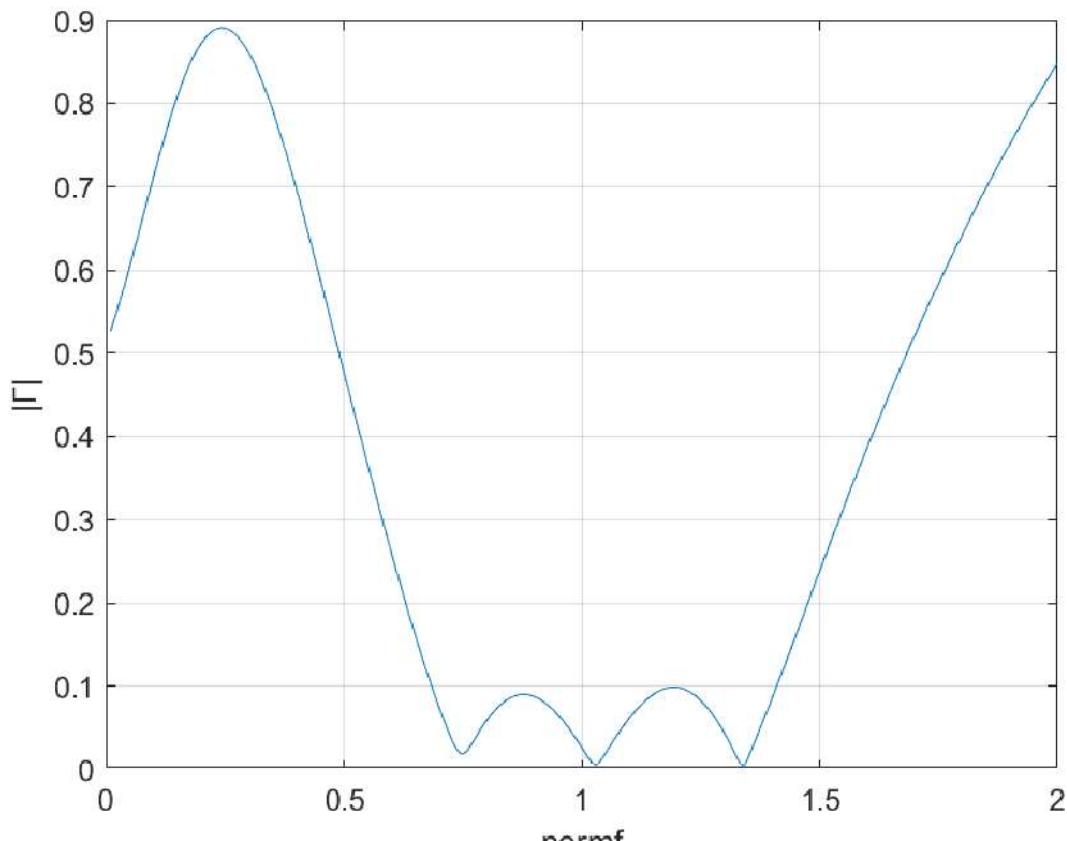
❖ Ο κώδικας

```

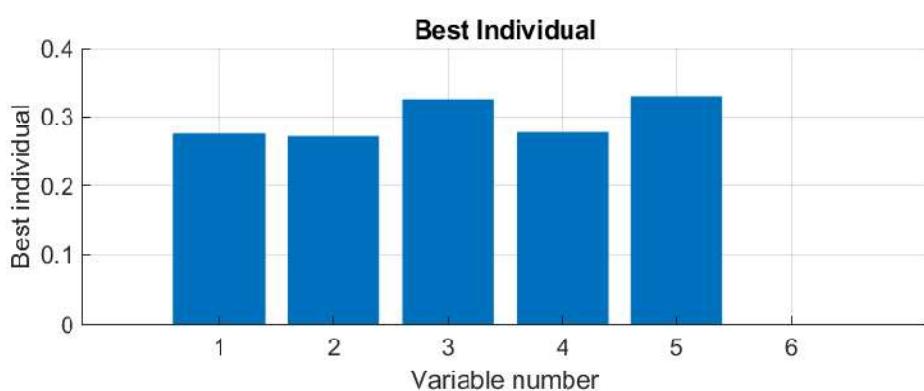
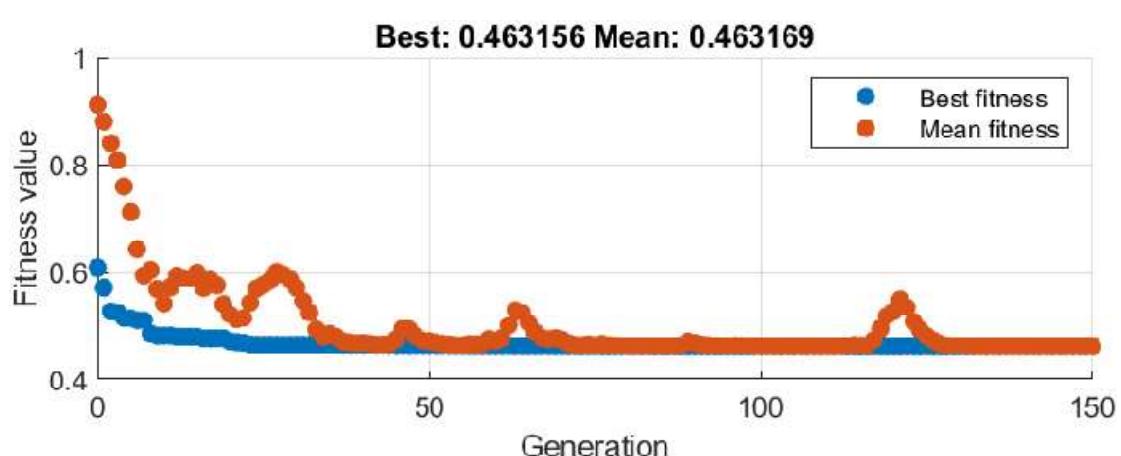
1 function [meanS]=reflectionCoeff(p)
2 p=[0.559707 0.13208 0.07804 0.125039 0.114158 0.01316];
3 normf=0.01:0.01:2;
4 zo=50;
5 zl=120+60i;
6 z1=-1i*zo*cot((p(4)*2*pi)*normf);
7 y1=1./z1;
8 z2=-1i*zo*cot((p(5)*2*pi)*normf);
9 y2=1./z2;
10 z3=-1i*zo*cot((p(6)*2*pi)*normf);
11 y3=1./z3;
12 za=(zo*(zl+1i*zo*tan((p(1)*2*pi)*normf))./zo+1i*zl.*tan((p(1)*2*pi)*normf));
13 ya=1./za;
14 yb=ya+y1;
15 zb=1./yb;
16 zc=(zo*(zb+1i*zo*tan((p(2)*2*pi)*normf))./zo+1i*zb.*tan((p(2)*2*pi)*normf));
17 yc=1./zc;
18 yd=yc+y2;
19 zd=1./yd;
20 ze=(zo*(zd+1i*zo*tan((p(3)*2*pi)*normf))./zo+1i*zd.*tan((p(3)*2*pi)*normf));
21 ye=1./ze;
22 yin=ye+y3;
23 zin=1./yin;
24
25 s=(zin-zo)/(zin+zo);
26 s1=abs(s);
27 meanS=mean(s1);
28 plot(normf,s1)
29
30 end

```

❖ Το διάγραμμα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης



Ερώτημα (δ)

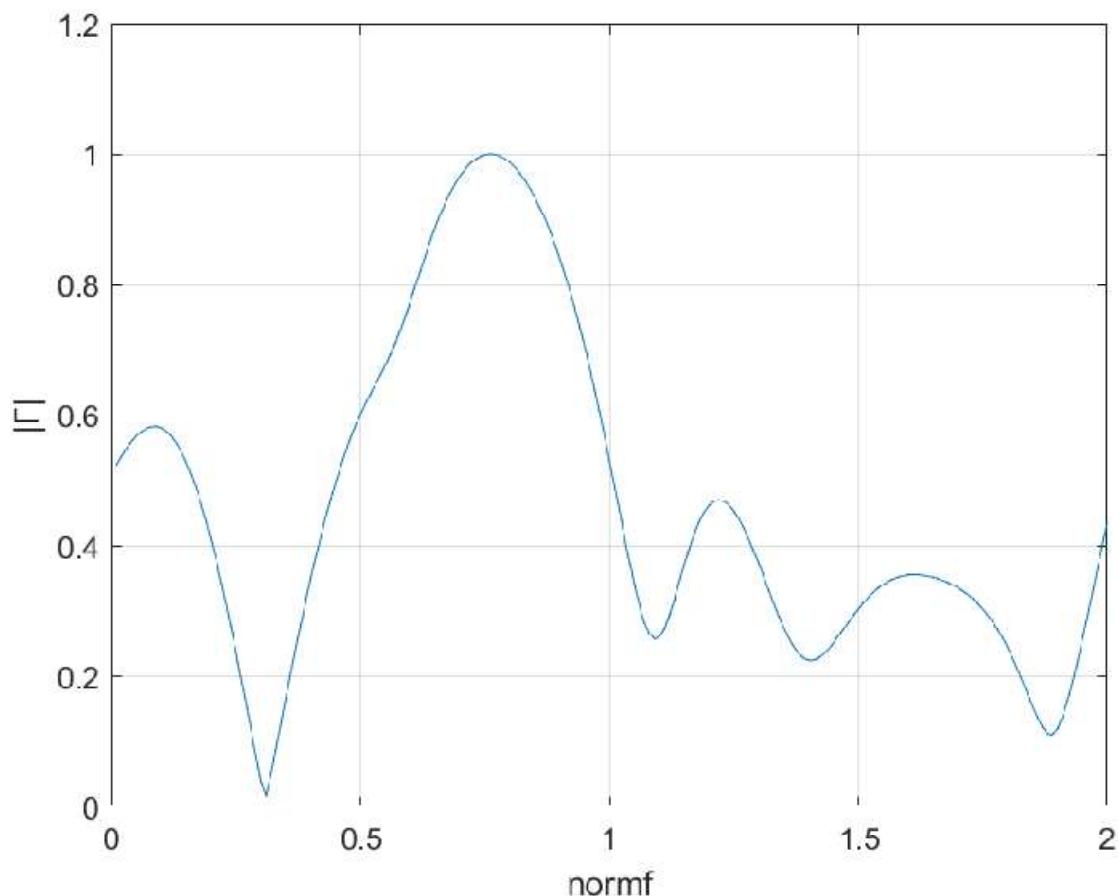


Η βέλτιστη τιμή που προέκυψε είναι 0.463169

Οι τιμές των λύσεων απεικονίζουν τα:

[d1,d2,d3,l1,l2,l3]: 0.27683 ,0.273015, 0.326486, 0.278641, 0.330889 ,0.0024

❖ **Το διάγραμμα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης**



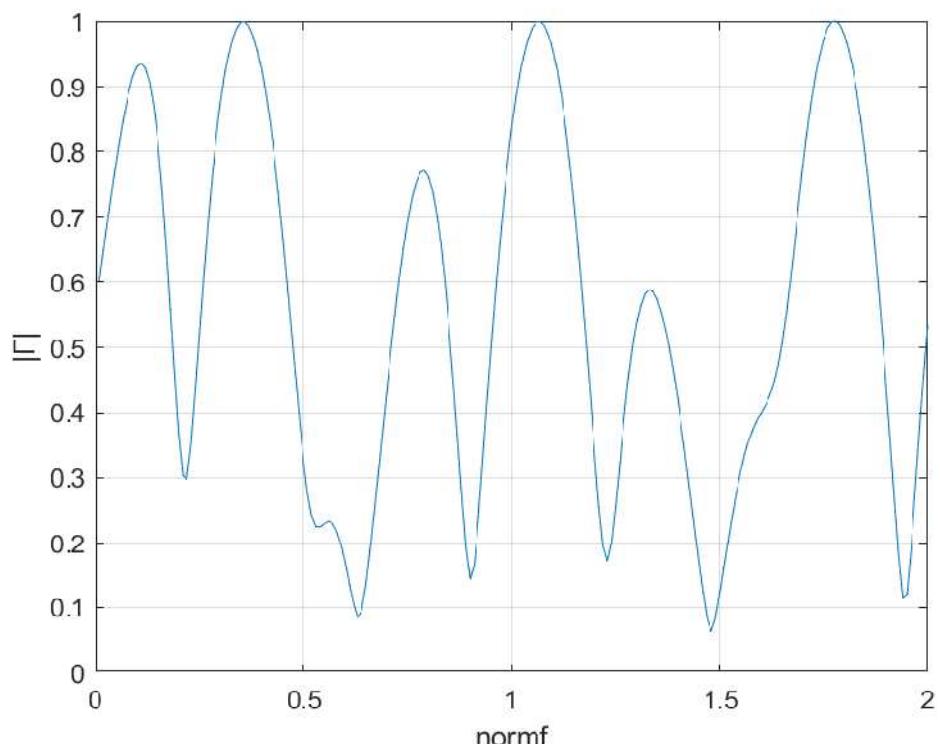
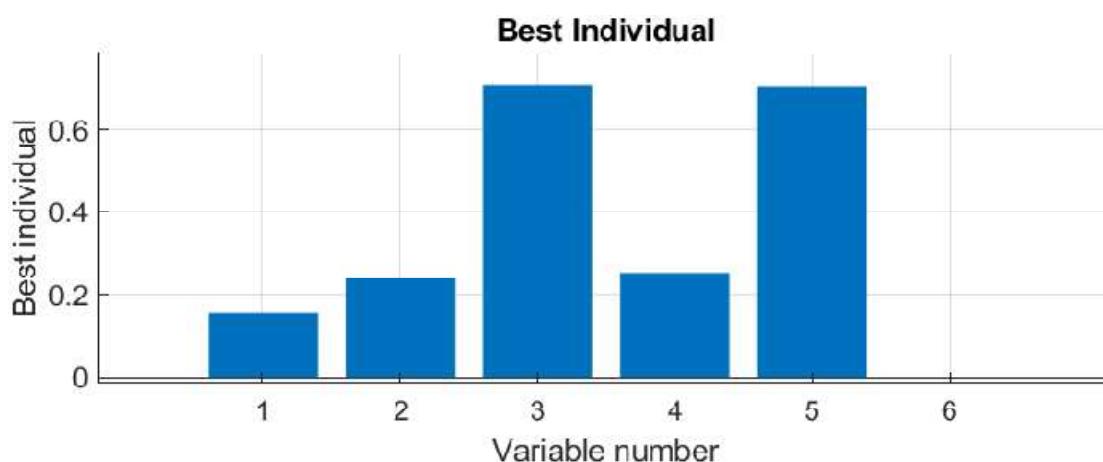
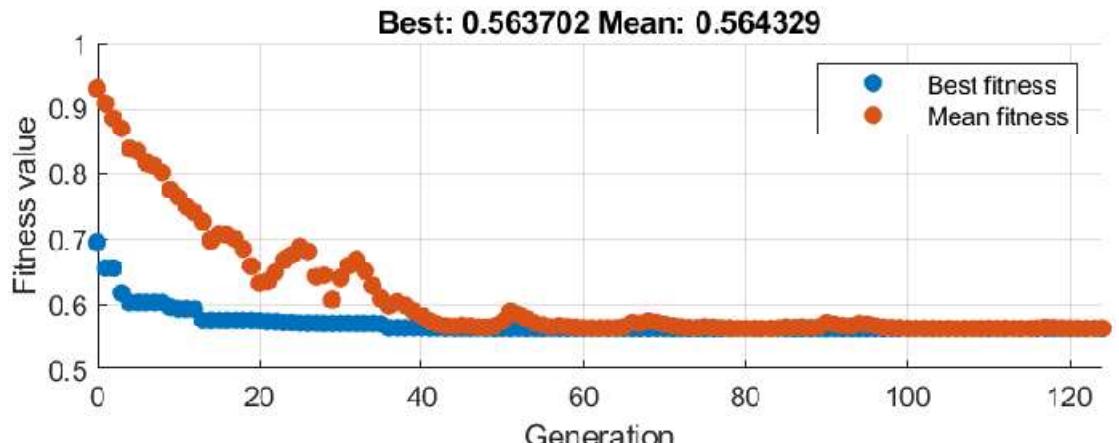
Ερώτημα (ϵ)

- $Z_L=20+j30 \Omega$

Η βέλτιστη τιμή που προέκυψε είναι 0.5637

Οι τιμές των λύσεων απεικονίζουν τα:

[d1,d2,d3,l1,l2,l3]: 0.156993 ,0.239604, 0.705321, 0.255039, 0.702322 ,0.00017



- $Z_L=180-j200 \Omega$

Η βέλτιστη τιμή που προέκυψε είναι 0.264635

Οι τιμές των λύσεων απεικονίζουν τα:

[d1,d2,d3,l1,l2,l3]: 0.08454 ,0.106016, 0.061098, 0.088473, 0.084327 ,0.00707

