ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ 1/2 – ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΚΑΡΑΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΕΜ: 10775

1.1. Ανάλυση κυκλώματος γραμμής μεταφοράς - Διάγραμμα Smith

(α) Z_L = 100Ω επομένως κανονικοποιώντας έχω z_L = Z_L / Z_0 = 100 / 50 = 2. Αμέσως μετά έχω γραμμή μεταφοράς 0.32λ, άρα θα κινηθώ ωρολογιακά κατά 0.25λ + 0.32λ = 0.57λ → (αφαιρώ και 0.5λ) και βρίσκομαι στο σημείο z_A = 0.57 + j0.34.
Μετά έχω X = -1 / (2πfC) = -79.58 ή κανονικοποιημένο: x = X / Z_0 = -1.59 και άρα φθάνω στο σημείο z_B = 0.57 – j1.25. Έπειτα έχω κίνηση σε γραμμή μεταφοράς 0.24λ, άρα θα κινηθώ ωρολογιακά κατά 0.347λ + 0.24λ = 0.587λ → (αφαιρώ 0.5λ) και είμαι στο σημείο $z_Γ$ = 0.3 + j0.56. Κάνοντας την μετατροπή σε δ. Smith αγωγιμοτήτων (αντιδιαμετρικό σημείο): $y_Γ$ = 0.68 – j1.42.

Για τον κλαδωτή: Έχω ανοιχτοκύκλωμα (g = 0 , 0λ) άρα κινούμαι κατά 0.1λ ωρολογιακά και άρα y_S = j0.73.

Τελικά, λοιπόν, y_{in} = $y_Γ$ + y_S = 0.68 – j0.69 ενώ SWR = 2.4 (από σημείο τομής του κόκκινου κύκλου SWR του y_{in} με το θετικό ημιάξονα του Re{Γ}) και |Γ| = (SWR-1) / (SWR+1) = 0.4117.

(β) Εκτός από την εμφανής αλλαγή στη συχνότητα (από f_0 σε $4f_0/3$) αλλάζει και το μήκος κύματος που πλέον γίνεται ίσο με λ' = 3λ/4. Ωστόσο, το φυσικό μήκος της κάθε γραμμής πρέπει να παραμείνει ίδιο. Επομένως,

- για την γραμμή 0.32λ: θα πρέπει l = l' => 0.32λ = xλ' =>… => x = (4/3) 0.32λ' ή πλέον η γραμμή αυτή θα είναι: 0.427λ'. Αντίστοιχα για τις άλλες γραμμές θα ισχύει:
- 0.24λ → 0.32λ'
- 0.1λ → 0.134λ'

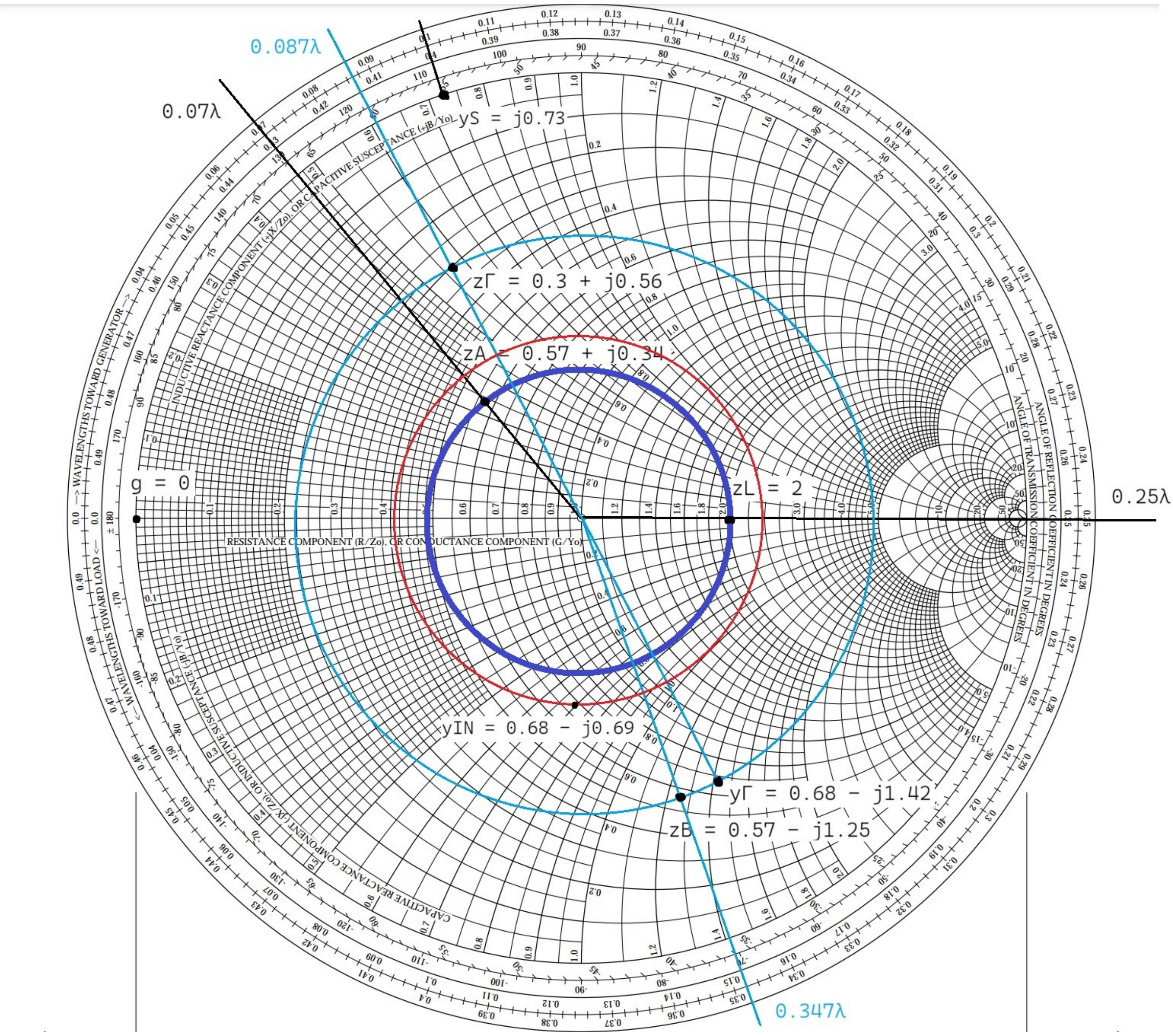
Δουλεύοντας όπως και στο α ερώτημα: αφού κανονικοποιήσω και πάλι την Z_L θα κινηθώ κατά γραμμή μεταφοράς μήκους 0.427λ', και άρα θα βρεθώ στο σημείο z_A = 1.26 + j0.75 (κίνηση ωρολογιακά κατά 0.25λ' + 0.427λ' = 0.677λ' και αφαιρώ και 0.5λ' → 0.177λ'). Έπειτα έχω πυκνωτή σε σειρά με X = -1 / (2πfC) = -59.68 ή κανονικοποιημένο: x = X / Z_0 = -1.19 και άρα φθάνω στο σημείο z_B = 1.26 – j0.44. Από εκεί έχω γραμμή μήκους 0.32λ' πλέον και άρα κινούμενος από το z_B ωρολογιακά φθάνω στο $z_Γ$ = 0.97 + j0.43 (κίνηση ωρολογιακά κατά 0.316λ' + 0.32λ' = 0.636λ' και αφαιρώ και 0.5λ' → 0.136λ'). Κάνοντας την μετατροπή σε δ. Smith αγωγιμοτήτων (αντιδιαμετρικό σημείο): $y_Γ$ = 0.87 – j0.42.

Για τον κλαδωτή: Έχω ανοιχτοκύκλωμα (g = 0 , 0λ') άρα κινούμαι κατά 0.134λ' ωρολογιακά και άρα y_S = j1.12.

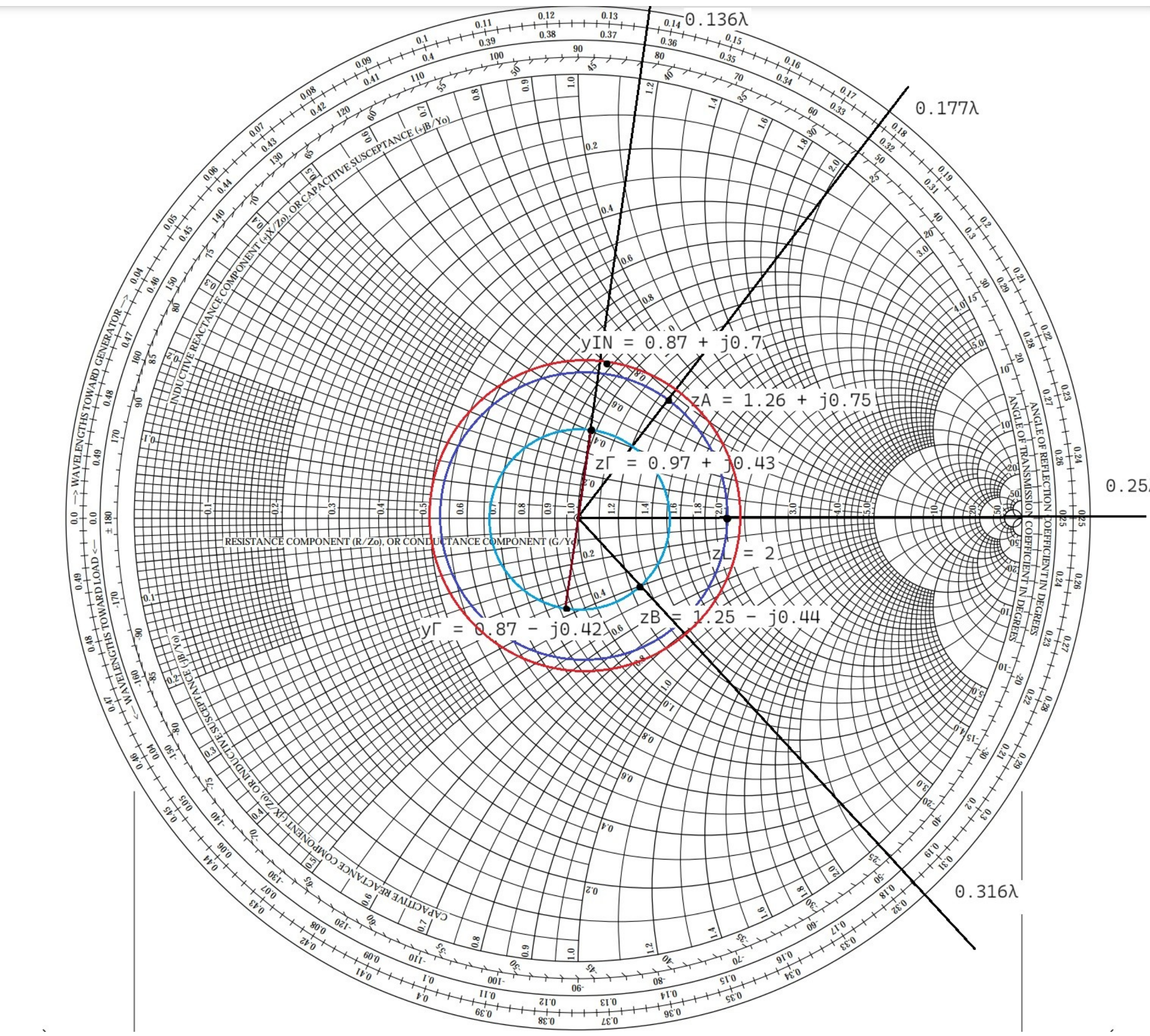
Τελικά, λοιπόν, y_{in} = $y_Γ$ + y_S = 0.87 + j0.7 ενώ SWR = 2.18 (από σημείο τομής του κόκκινου κύκλου SWR του y_{in} με το θετικό ημιάξονα του Re{Γ}) και |Γ| = (SWR-1) / (SWR+1) = 0.371.

(γ) Εάν η γραμμή δεν ήταν TEM (ή quasi-TEM), δηλαδή εάν η φασική ταχύτητα στη γραμμή μεταφοράς δεν ήταν ανεξάρτητη της συχνότητας και η σχέση β-ω δεν ήταν γραμμική, θα έπρεπε να γνωρίζουμε την σχέση αυτή ή καλύτερα, θα έπρεπε να γνωρίζουμε την φασική ταχύτητα U_p, ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος κύματος λ.
($\lambda = U_p / f$)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ SMITH
(α)



(β)



<u>1.3. Συζυγής προσαρμογή – Διάγραμμα Smith</u>

(α) Εφόσον επιδιώκουμε τη μέγιστη δυνατή μεταφορά ισχύος στο φορτίο αναγόμαστε σε συνθήκη συζυγούς προσαρμογής ($Z_{in} = Z_g^*$ ή κανονικοποιημένα $z_{in} = z_g^*$). Ακόμη, $z_g = Z_g / Z_0 = 1 – j0.8$ και $z_L = Z_L / Z_0 = 0.2 + j0.3$. Συνεπώς θα πρέπει η αντίσταση εισόδου της γραμμής να είναι $z_{in} = z_g^* = 1 + j0.8$.

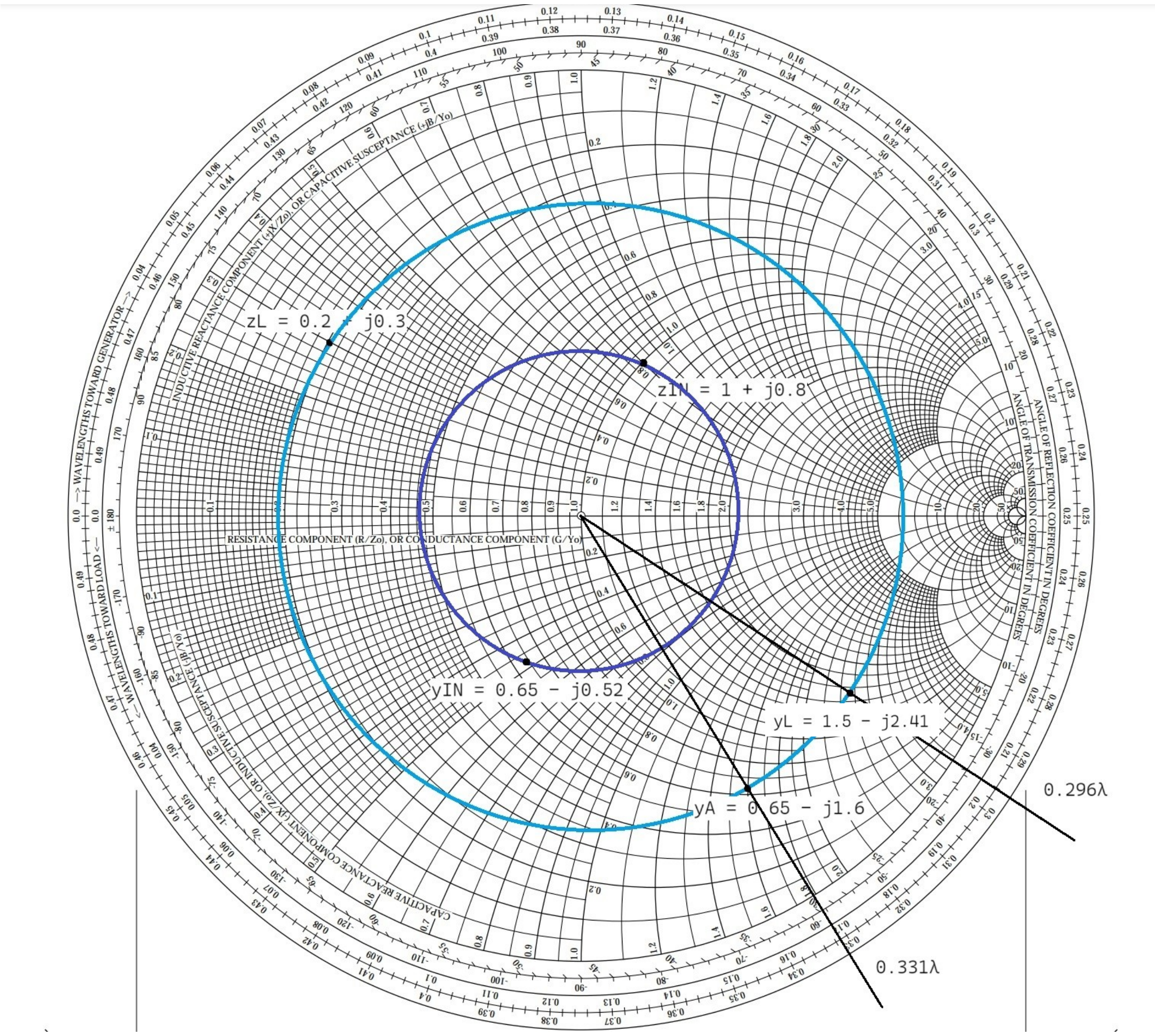
1η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος <u>παράλληλα</u> <u>στην είσοδο</u>:*

Κάνοντας την μετατροπή σε δ. Smith αγωγιμοτήτων (αντιδιαμετρικά σημεία) θα έχω:

$y_{in} = 0.65 – j0.52$ και $y_L = 1.5 – j2.41$. Επομένως, ξεκινώντας από το φορτίο y_L θέλω να καταλήξω στο y_{in} κινούμενος πρώτα κατά μήκος γραμμής μεταφοράς αγνώστου μήκους l, άρα πρώτα θα κινηθώ κατά μήκους σταθερού κύκλου SWR έως ότου φθάσω στο σημέιο $y_A = 0.65 – j1.6$ και από εκείνο το σημείο θα προσθέσω επιδεκτικότητα.

Επομένως, θα έχω: $y_{in} = y_A + jb \Rightarrow jb = y_{in} – y_A = 0.65 – j0.52 – (0.65 – j1.6) = j1.08$
και αφού $b = 2\pi fCZ_0 \Rightarrow C = b / (2\pi fZ_0)$ ή **C = 3.44pF**

ενώ, για το μήκος της γραμμής: $l = 0.331\lambda – 0.296\lambda \Rightarrow$ **$l = 0.035\lambda$**

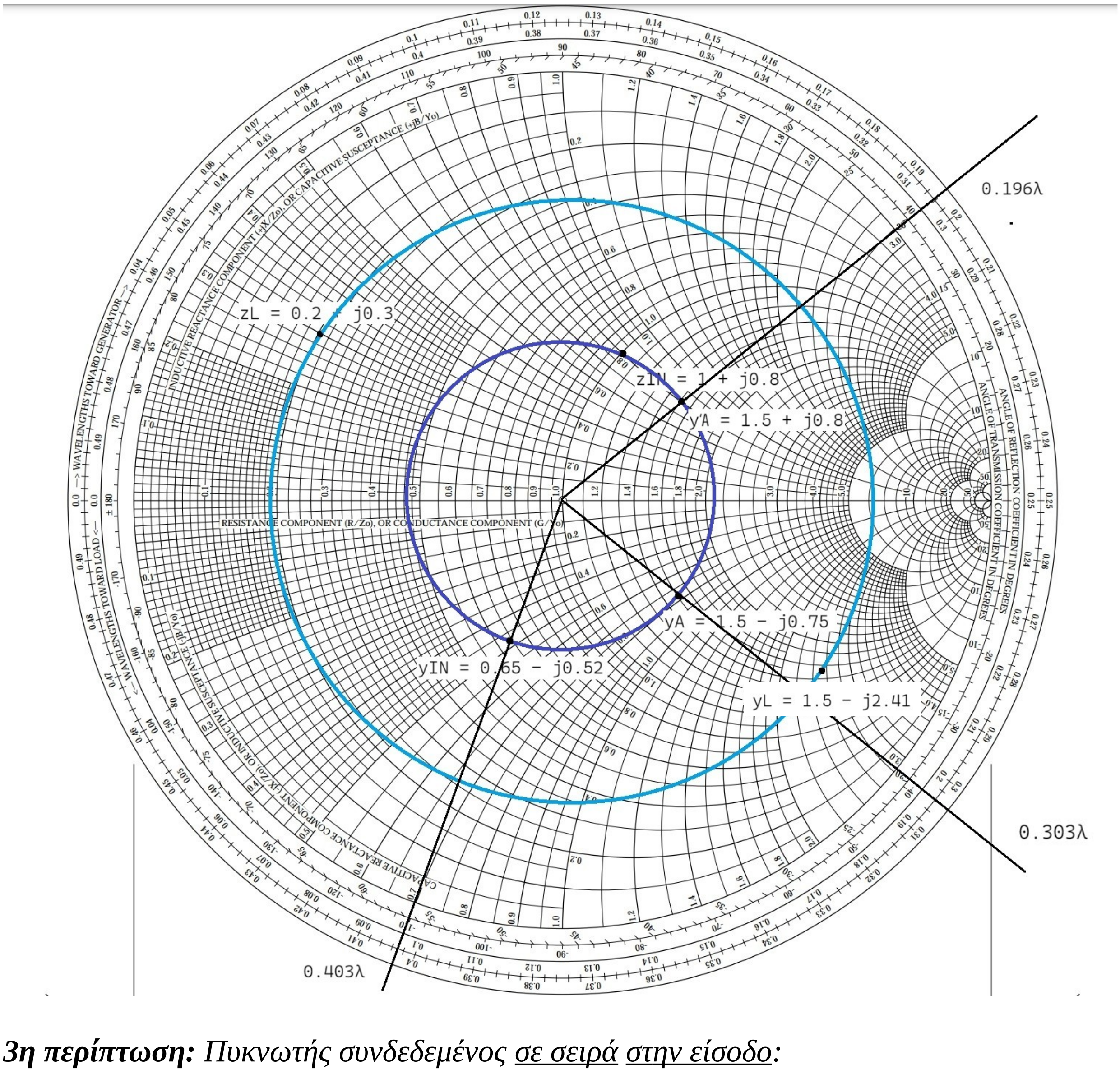


2η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος <u>παράλληλα</u> <u>στο φορτίο</u>:*

Κάνοντας και πάλι την μετατροπή σε δ. Smith αγωγιμοτήτων (αντιδιαμετρικά σημεία) θα έχω: $y_{in} = 0.65 – j0.52$ και $y_L = 1.5 – j2.41$. Επομένως, ξεκινώντας από το φορτίο y_L θέλω να καταλήξω στο y_{in} κινούμενος πρώτα κατά μήκος κύκλου σταθερού g = 1.5 και έπειτα αφού φθάσω πάνω στον σκούρο μπλε κύκλο (σημείο $y_A = 1.5 – j0.75$ ή $y_A = 1.5 + j0.8$), θα κινηθώ πάνω σε γραμμή μεταφοράς, δηλαδή θα κινηθώ ωρολογιακά πάνω στον σκούρο μπλε κύκλο μέχρι να φθάσω τελικά στο y_{in}.

Έστω ότι το σημείο είναι το y_A: $y_L + jb = y_A \Rightarrow jb = y_A - y_L =$ 1.5 – j0.75 – (1.5 – j2.41) = j1.66 => b>0 (ok!) και αφού $b = 2\pi f C Z_0 \Rightarrow C = b / (2\pi f Z_0) \Rightarrow$ **C = 5.28pF**
ενώ για το μήκος της γραμμής: l = 0.403λ – 0.303λ => **l = 0.100λ** Δοκιμάζω τώρα και το σημείο $y_{A'}$:

Έστω ότι το σημείο είναι το $y_{A'}$: $y_L + jb = y_{A'} \Rightarrow jb = y_{A'} - y_L =$ 1.5 + j0.8 – (1.5 – j2.41) = j3.21 => b>0 (ok!) και αφού $b = 2\pi f C Z_0 \Rightarrow C = b / (2\pi f Z_0) \Rightarrow$ **C = 10.21pF**
ενώ για το μήκος της γραμμής: l = 0.403λ – 0.196λ => **l = 0.207λ**
Μεταξύ των δύο ζευγών (C,l) θα επιλέξω αυτό με τις μικρότερες τιμές C και l αντίστοιχα, ωστόσο και τα 2 ζεύγη είναι αποδεκτά. Επομένως, **C = 5.28pF** και **l = 0.100λ.**

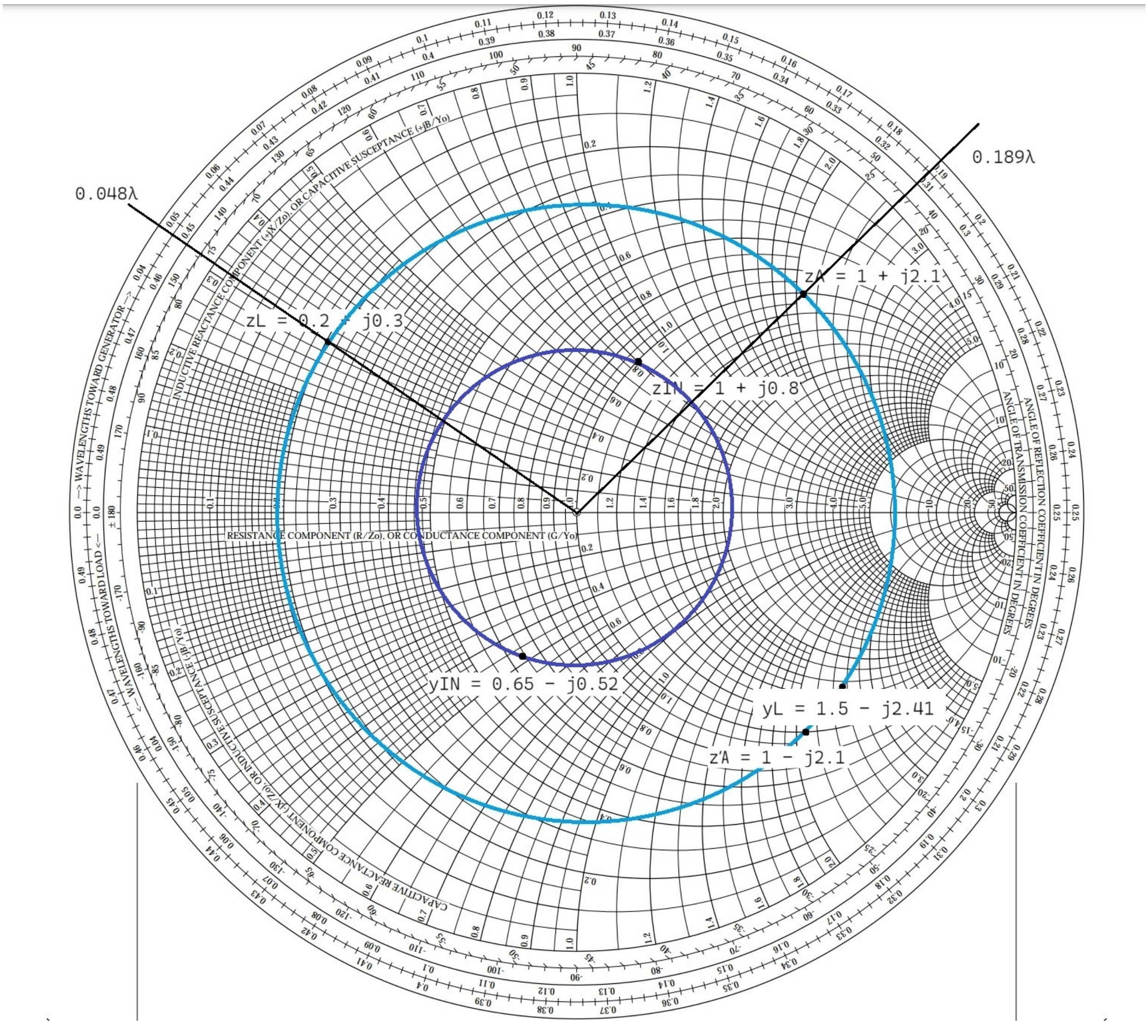


3η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος <u>σε σειρά</u> <u>στην είσοδο</u>:*

Πλέον δουλεύουμε με διάγραμμα Smith αντιστάσεων. Στόχος είναι να πάω από το z_L = 0.2 + j0.3 στο z_{in} = 1 + j0.8. Έτσι, αρχικά, αφού πρώτα έχω γραμμή μεταφοράς θα κινηθώ κατά μήκος του ανοιχτού μπλε κύκλου μέχρι να φθάσω σε σημεία με r = 1 (σημεία z_A = 1 + j2.1 ή $z_{A'}$ = 1 – j2.1). Με αντίστοιχη λογική όπως και πριν το σωστό σημείο είναι το z_A = 1 + j2.1. (Εάν το σημείο ήταν το $z_{A'}$ τότε στον παρακάτω υπολογισμό η αντίδραση x του πυκνωτή θα έβγαινε θετική. **ΆΤΟΠΟΝ**). Έπειτα προσθέτοντας αρνητική αντίδραση x θα φθάσω στο ζητούμενο z_{in}.

Επομένως, θα έχω: $z_A - jx = z_{in}$ => $-jx = z_{in} - z_A = 1 + j0.8 - (1 + j2.1) = -j1.3$
και αφού $x = X / Z_0 = 1 / (2\pi f C Z_0)$ => $C = 1 / (2\pi f x Z_0)$ => $\mathbf{C = 2.45pF}$

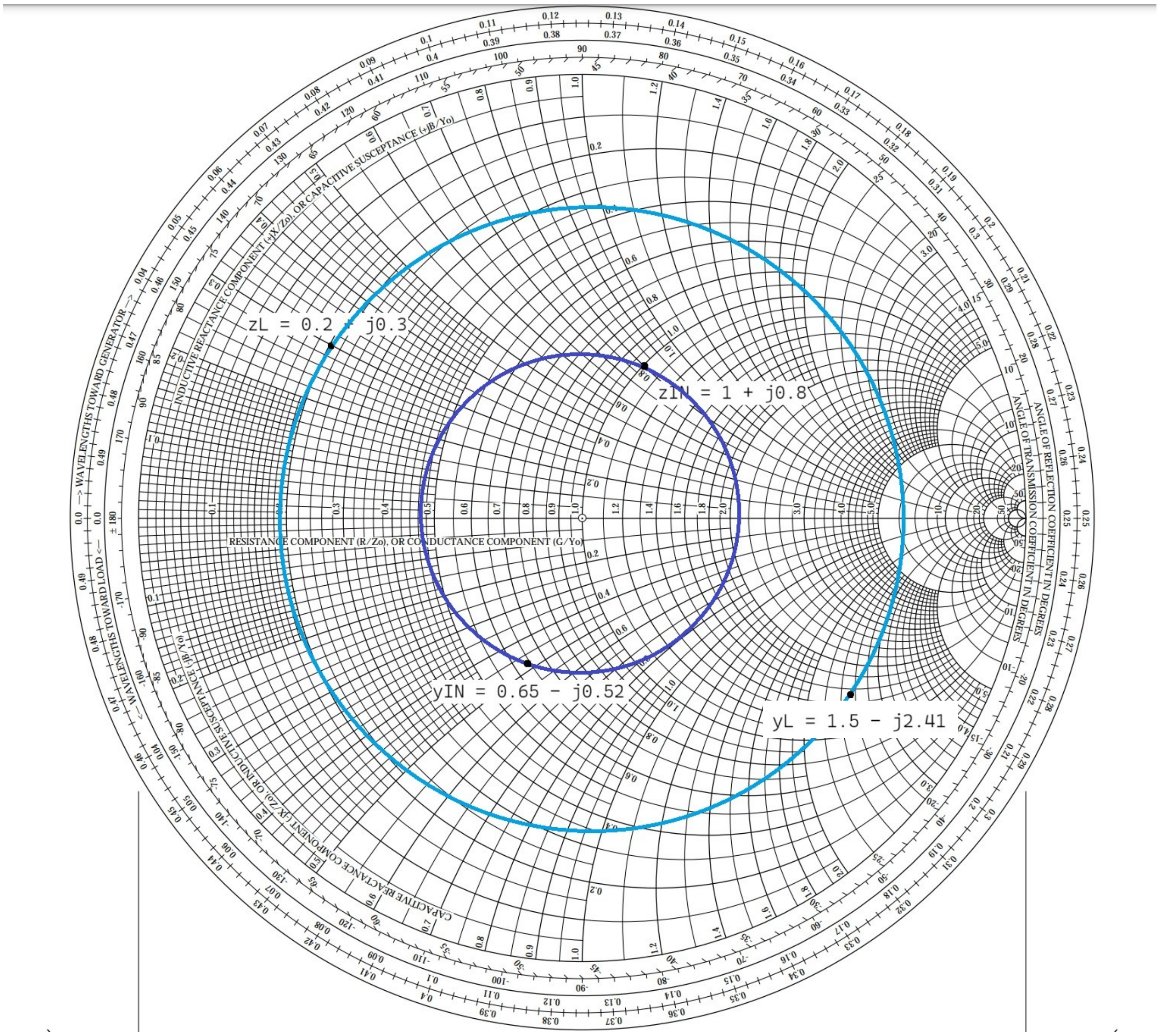
ενώ, για το μήκος της γραμμής: $l = 0.189\lambda - 0.048\lambda$ => $\mathbf{l = 0.141\lambda}$



4η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος <u>σε σειρά</u> <u>στο φορτίο</u>:*

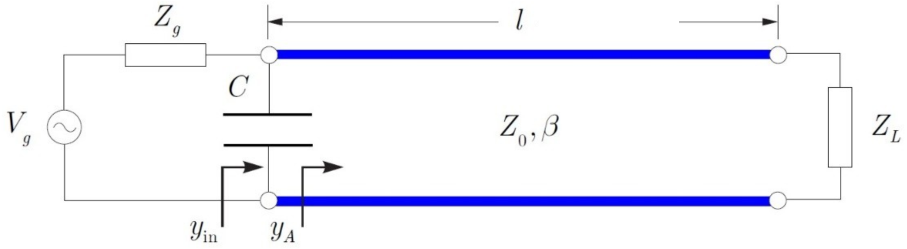
Λειτουργώντας πάλι με δ. Smith αντιστάσεων θέλω να πάω από το $z_L = 0.2 + j0.3$ στο $z_{in} = 1 + j0.8$ προσθέτωντας αρχικά αρνητική αντίδραση x έως ότου πάω από τον κύκλο ανοιχτού μπλέ στον κύκλο με σκούρο μπλε. Ωστόσο παρατηρώ πως κάτι τέτοιο είναι ΑΔΥΝΑΤΟΝ να συμβεί (φαίνεται από το διάγραμμα).

Επομένως, η περίπτωση του να συνδέσω <u>πυκνωτή σε σειρά στο φορτίο</u> ώστε να επιτύγχω τη μέγιστη δυνατή μεταφορά ισχύος στο φορτίο με τα δεδομένα της άσκησης ($Z_0 = 50\ \Omega$, $Z_L = 10+j15\ \Omega$, $Z_g = 50-j40\ \Omega$) είναι **ΑΔΥΝΑΤΗ**.



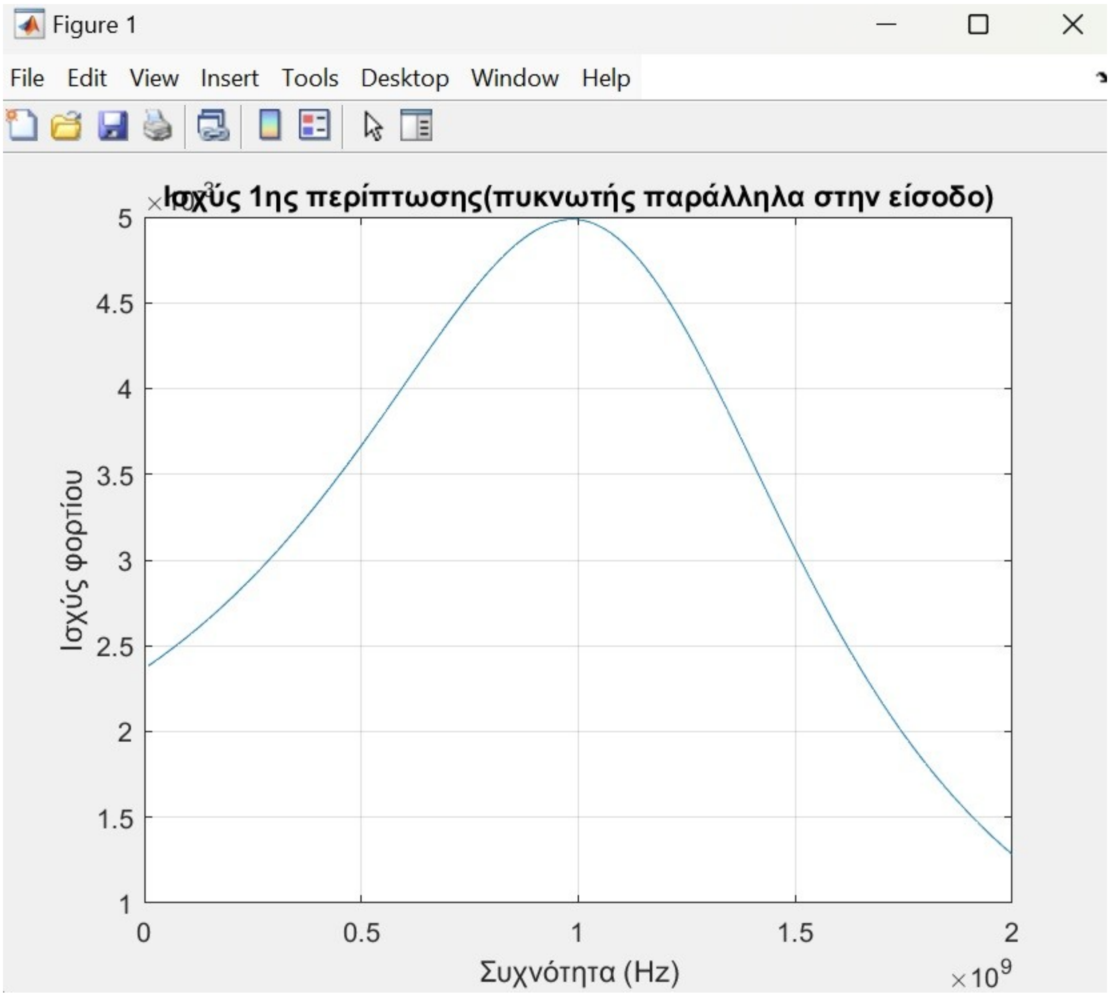
(β) Καθώς έχουμε προσαρμογή, και για τα τρία κυκλώματα η ισχύς θα είναι ίδια και ίση με $P = V^2_{g,rms} / 4R_g = 1 / 4*50 = 0.005$ Watt. Ενδεικτικά στο παρακάτω κύκλωμα φαίνεται αναλυτικά ο υπολογισμός για την **περίπτωση 1** (πυκνωτής παράλληλα στην είσοδο).

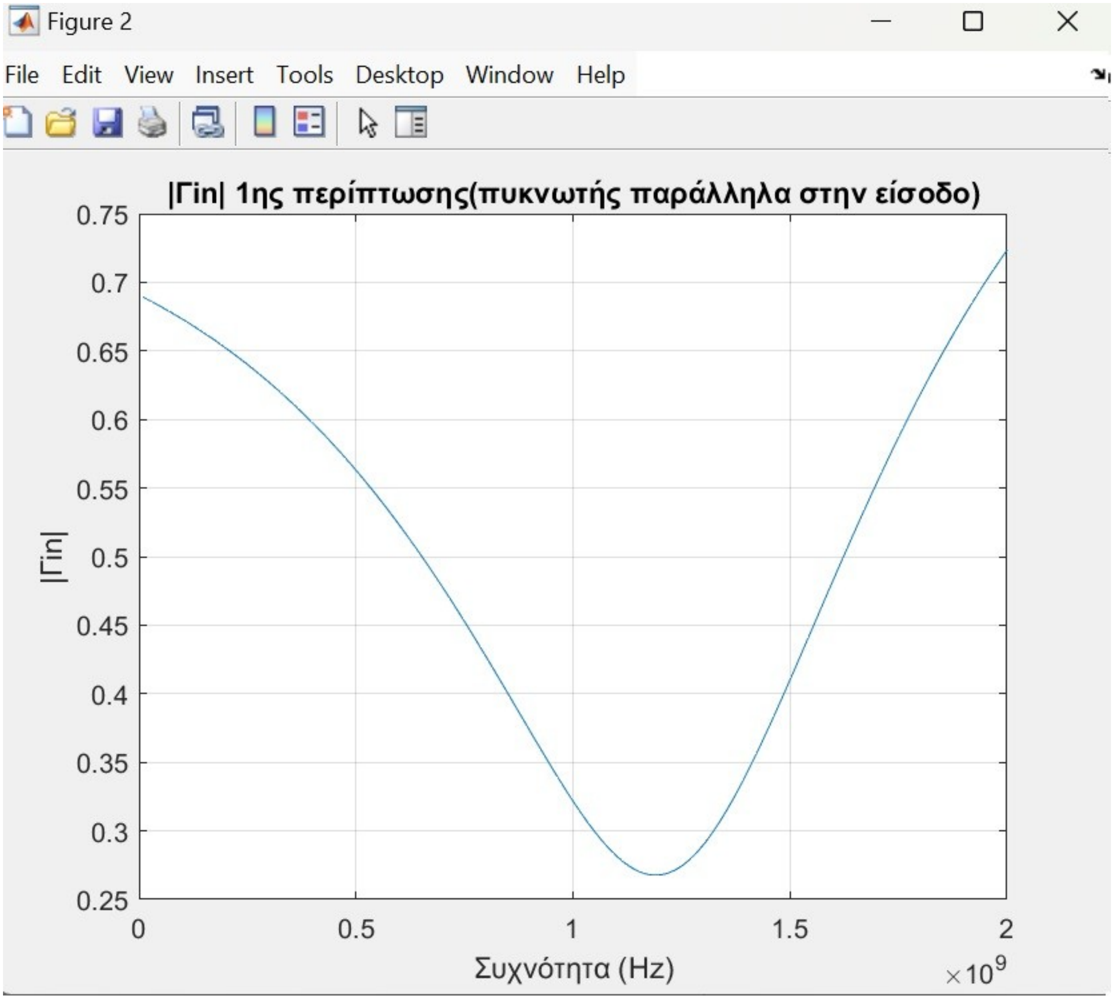
$$P=\frac{V_g^2}{2}\frac{R_{in}}{(R_{in}+R_g)^2+(X_{in}+X_g)^2}=\frac{V_g^2}{2}\frac{R_g}{(2R_g)^2}=\frac{V_g^2}{8R_g}=\frac{V_{g,rms}^2}{4R_g}$$



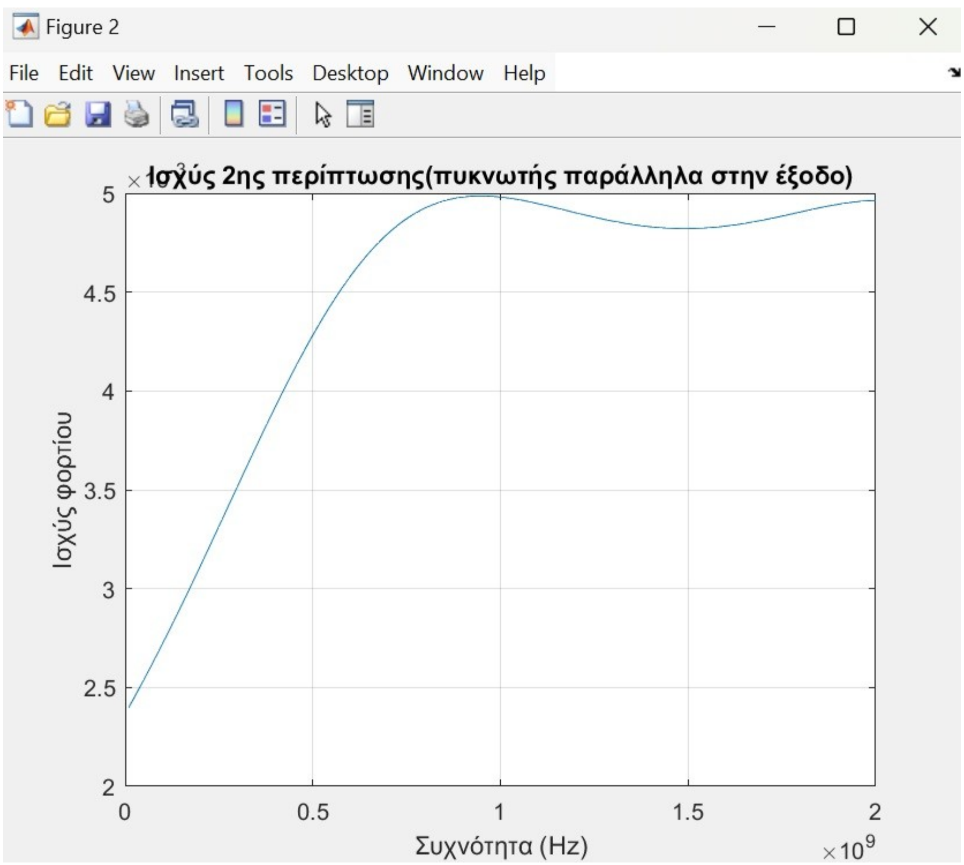
(γ)

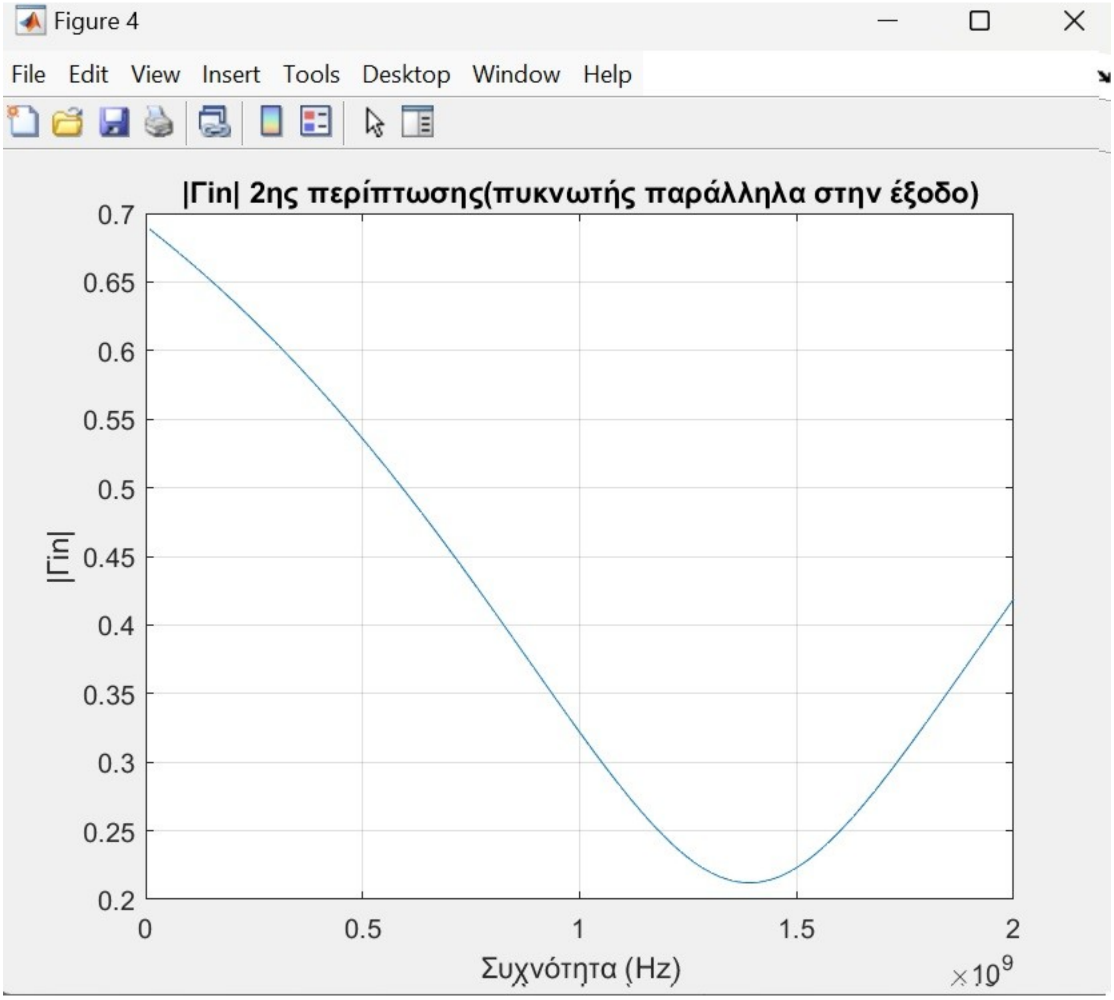
1η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος* *<u>παράλληλα</u>* *<u>στην είσοδο</u>:*



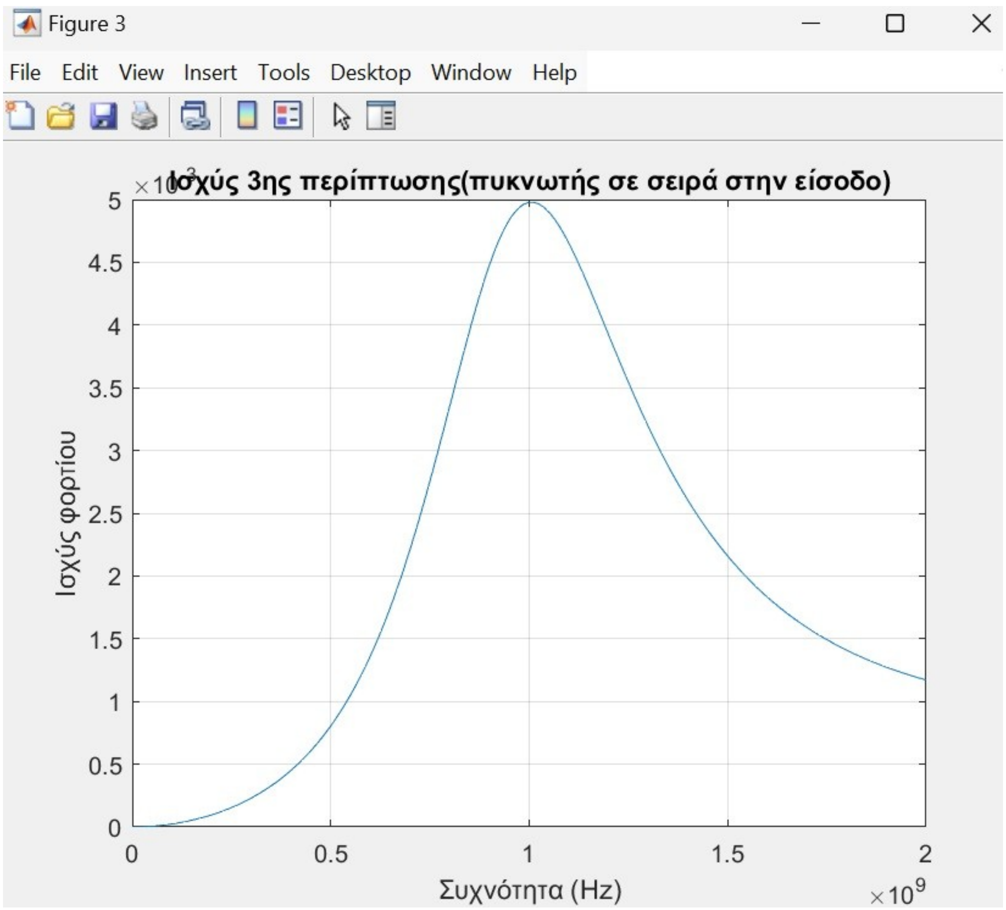


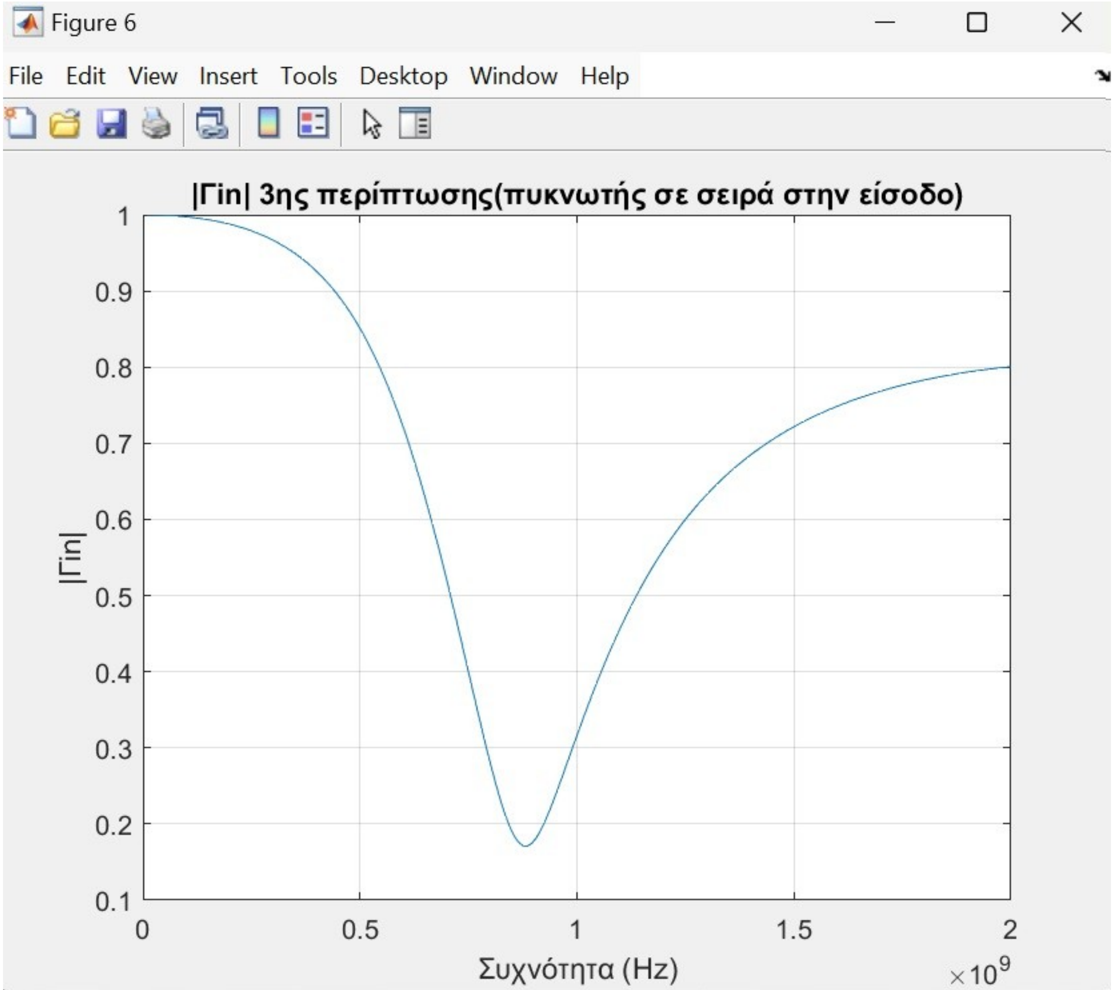
2η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος* *<u>παράλληλα</u>* *<u>στο φορτίο</u>:*





3η περίπτωση: *Πυκνωτής συνδεδεμένος <u>σε σειρά</u> <u>στην είσοδο</u>:*

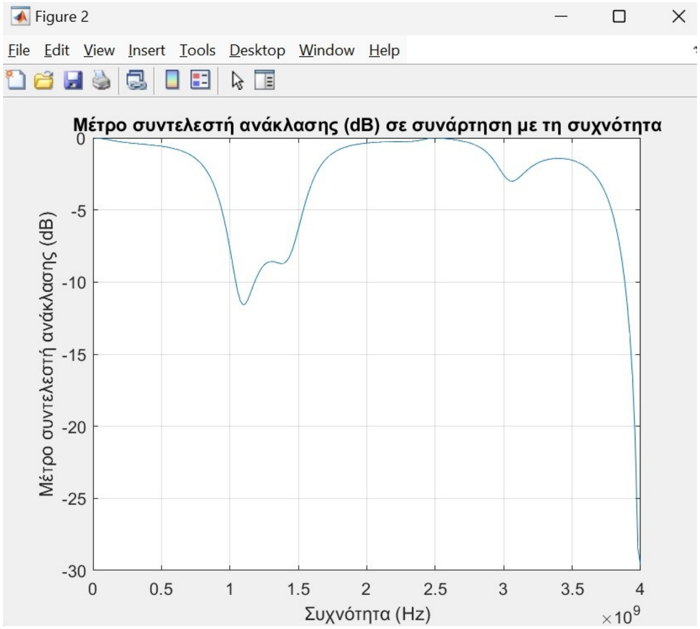


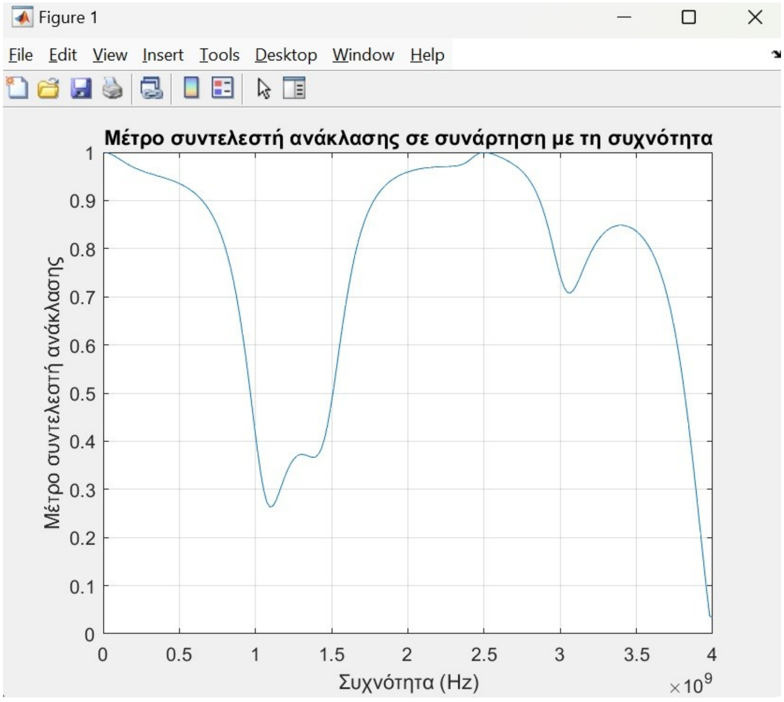


Για να συμπεράνουμε ποιο από τα 3 κυκλώματα παρέχει το καλύτερο εύρος ζώνης, από τα 3 διαγράμματα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης είναι φανερό πως το καλύτερο εύρος το παρέχει η **περίπτωση 2** (πυκνωτής παράλληλα στην έξοδο). Για να λειτουργεί καλά το εκάστοτε κύκλωμα θα θέλαμε |Γ| <= 0.316, και όπως είναι φανερό στο διάγραμμα της 2ης περίπτωσης το εύρος συχνοτήτων για τις οποίες ισχύει |Γ| <= 0.316 είναι μεγαλύτερο από ότι στα διαγράμματα των άλλων 2 περιπτώσεων.

1.2. Ανάλυση κυκλωμάτων γραμμών μεταφοράς στο πεδίο της συχνότητας

(α)





Όπως μπορούμε να δούμε και από τα διαγράμματα, στη συχνότητα των 1GHz έχουμε μέτρο συντελεστή ανάκλασης γύρω στο 0.4 όπως και στην άσκηση 1.1α.

(β)

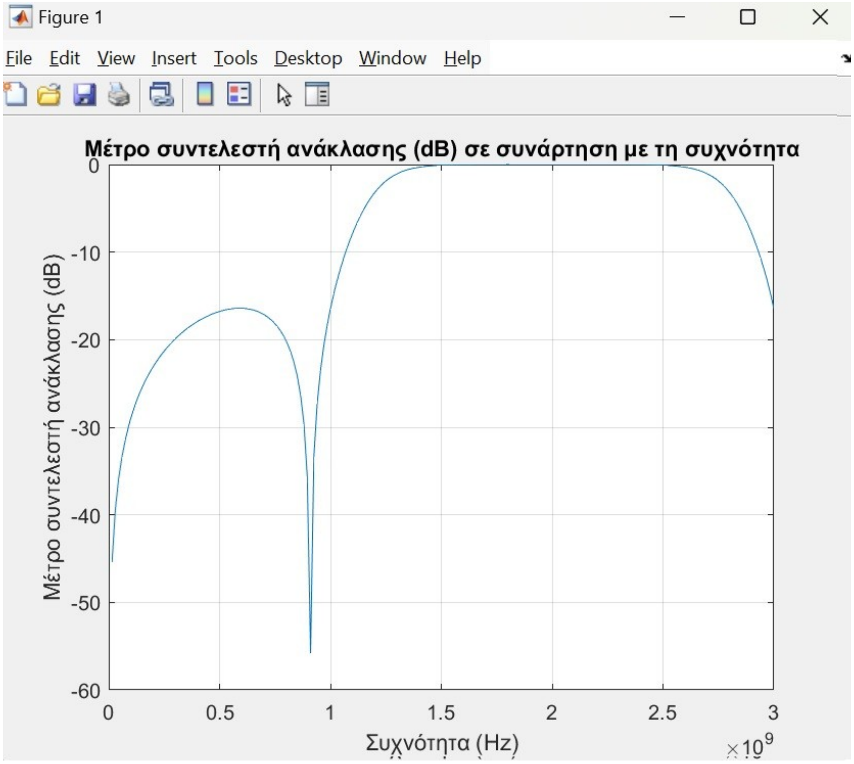


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Μέτρο συντελεστή ανάκλασης (dB) σε συνάρτηση με τη συχνότητα
Μέτρο συντελεστή ανάκλασης (dB)
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Συχνότητα (Hz)
×10^9

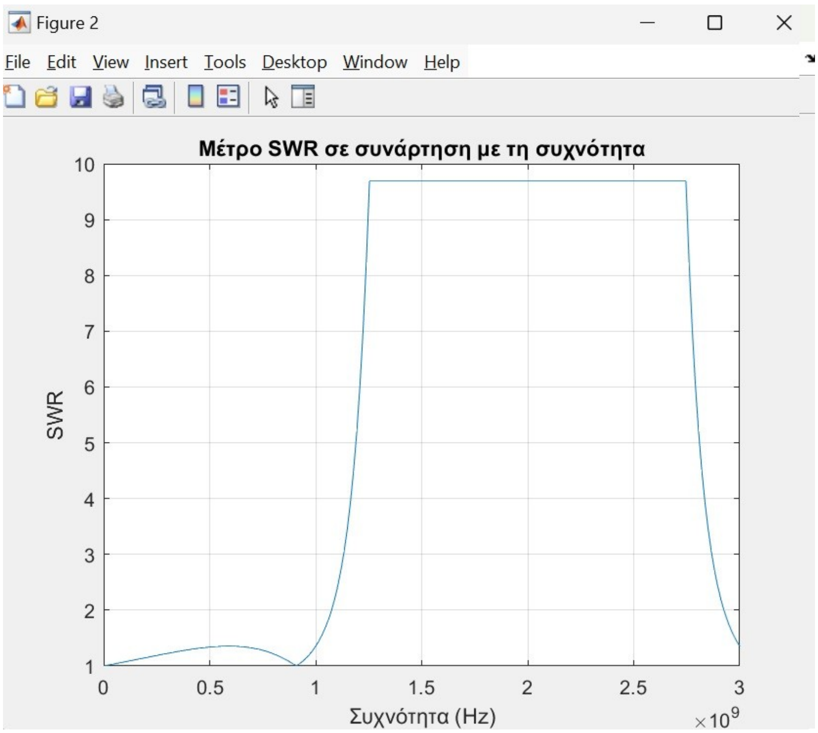
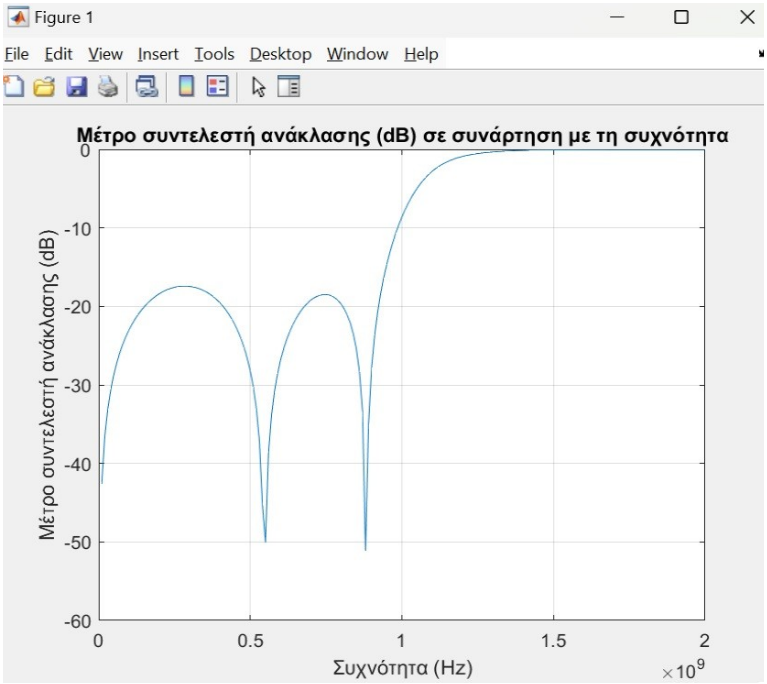
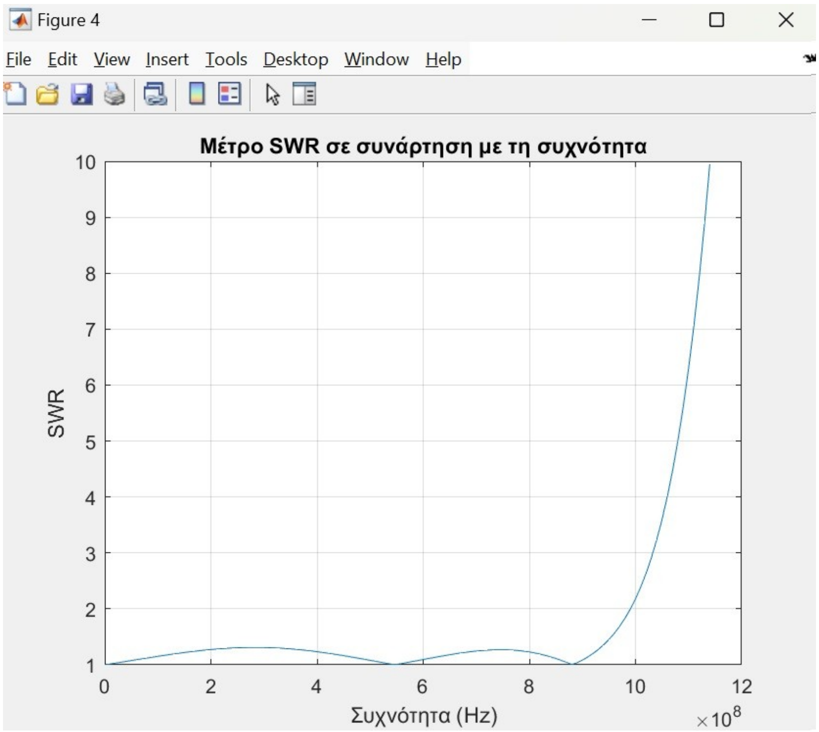


Figure 2
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Μέτρο SWR σε συνάρτηση με τη συχνότητα
SWR
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Συχνότητα (Hz)
×10^9

Το κύκλωμα του 1.2β λειτουργεί σαν **ζωνοπερατό φίλτρο**. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του συντελεστή ανάκλασης σε dB, υπάρχουν ορισμένες συχνότητες για τις οπόιες |Γ| ~= 0 dB ή = 1 σε καθαρό αριθμό. Αυτό σημαίνει ότι όλο το κύμα ανακλάται και επομένως δεν πάει τίποτα στο φορτίο. Κατά συνέπεια στις ζώνες αυτές το κύκλωμα δεν λειτουργεί. (Κανονικά δεν λειτουργεί καλά εάν: |Γ| >= 0.316 αλλά η λογική παραμένει η ίδια). Αντίστοιχα, το κύκλωμα του 1.2γ λειτουργεί **και αυτό σαν ζωνοπερατό φίλτρο**.

(γ)





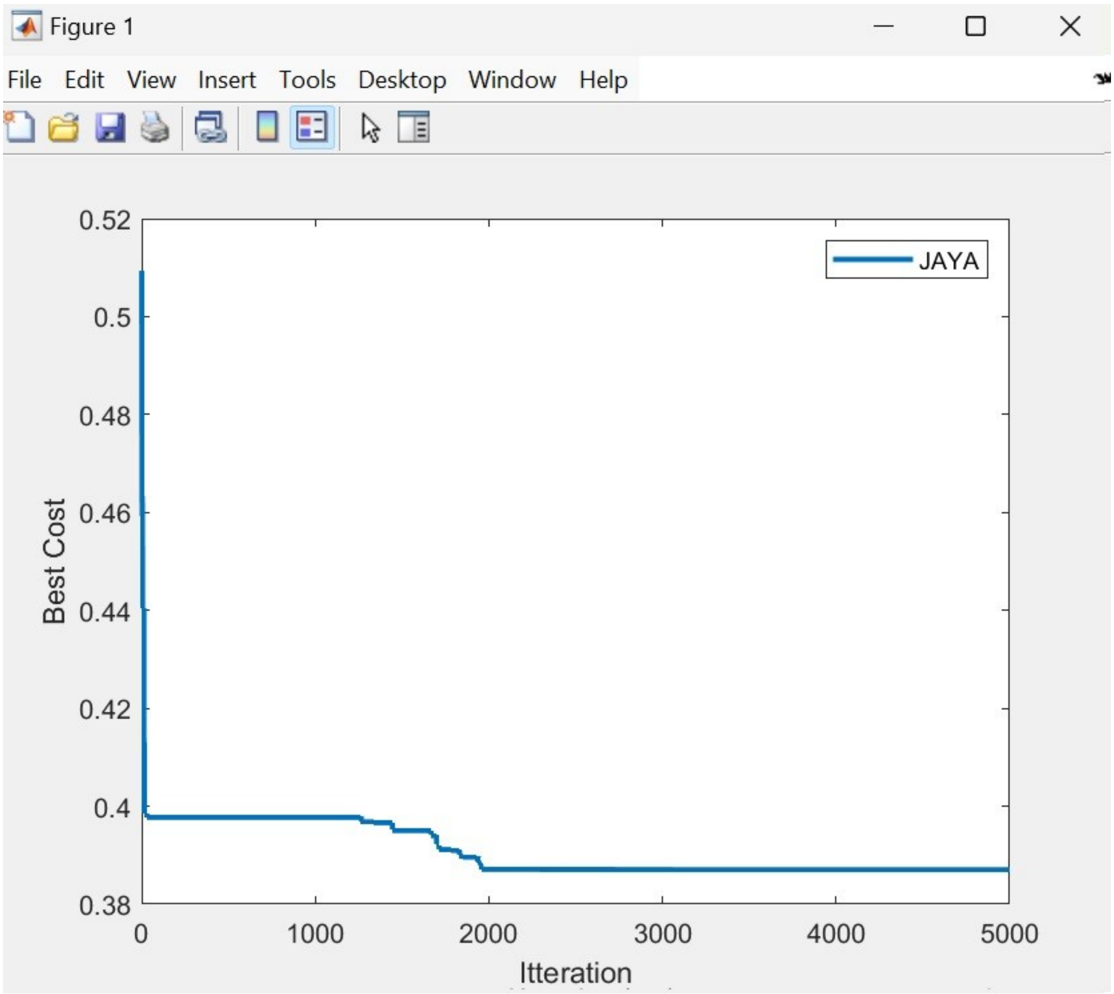
1.4. Πολλαπλός κλαδωτής

(α) Η ζητούμενη συνάρτηση με όνομα mean_Gamma υπάρχει στο zip αρχείο.

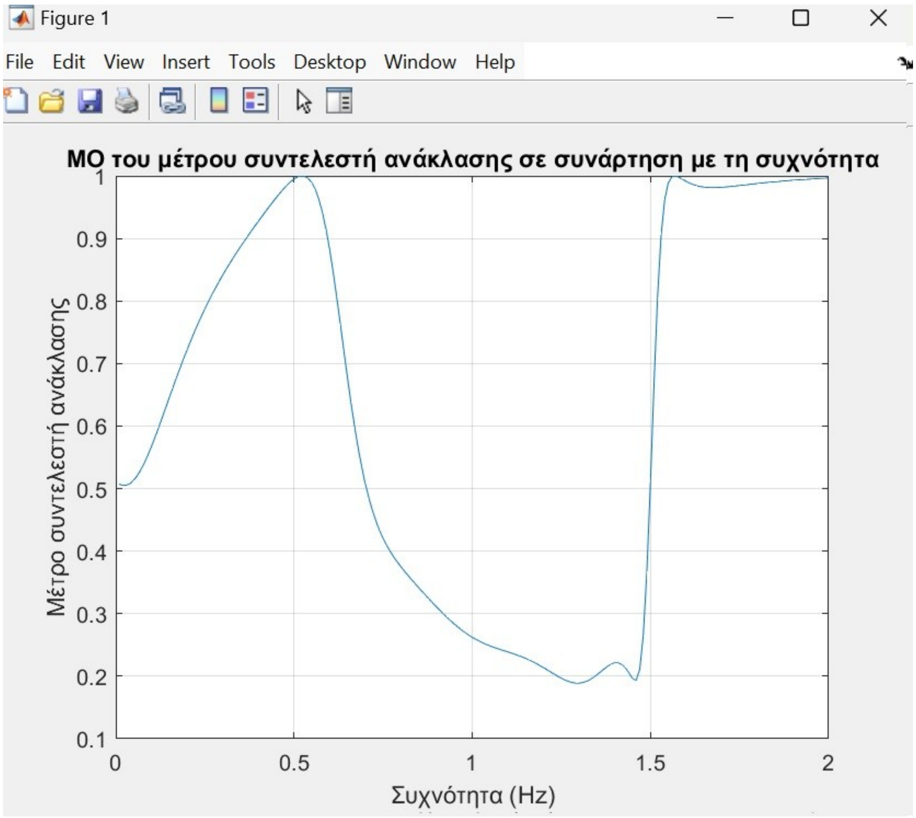
(β) Εφαρμόζοντας βελτιστοποίηση σε μια περιοχή από 0.5f0 έως 1.5f0 με τη χρήση του αλγορίθμου JAYA sέχω:

Βέλτιστη τιμή μέσου όρου του |Γ|: 0.3870160196
Βέλτιστο σετ παραμέτρων: [0.233247 0.0815 0.148625 0.4784 0.1168 0.05]

```
pop = 1000;                          % Population size
var = 6;                             % Number of design variables
maxGen = 5000;                       % Maximum number of iterations
mini = [0.05 0.05 0.05 0.05 0.05 0.05];  % Lower Bound of Variables
maxi = 1*ones(1,var);                % Upper Bound of Variables
```



(γ)



(δ) Εφαρμόζοντας βελτιστοποίηση σε όλη την περιοχή από 0.01f0 έως 2f0 με τη χρήση του αλγορίθμου JAYA έχω:

Βέλτιστη τιμή μέσου όρου του |Γ|: 0.4702324282
Βέλτιστο σετ παραμέτρων: [0.2207 0.1124 0.1249 0.0851 0.0825 0.05]

```
pop = 1000;                              % Population size
var = 6;                                 % Number of design variables
maxGen = 5000;                           % Maximum number of iterations
mini = [0.05 0.05 0.05 0.05 0.05 0.05];  % Lower Bound of Variables
maxi = 1*ones(1,var);                    % Upper Bound of Variables
```

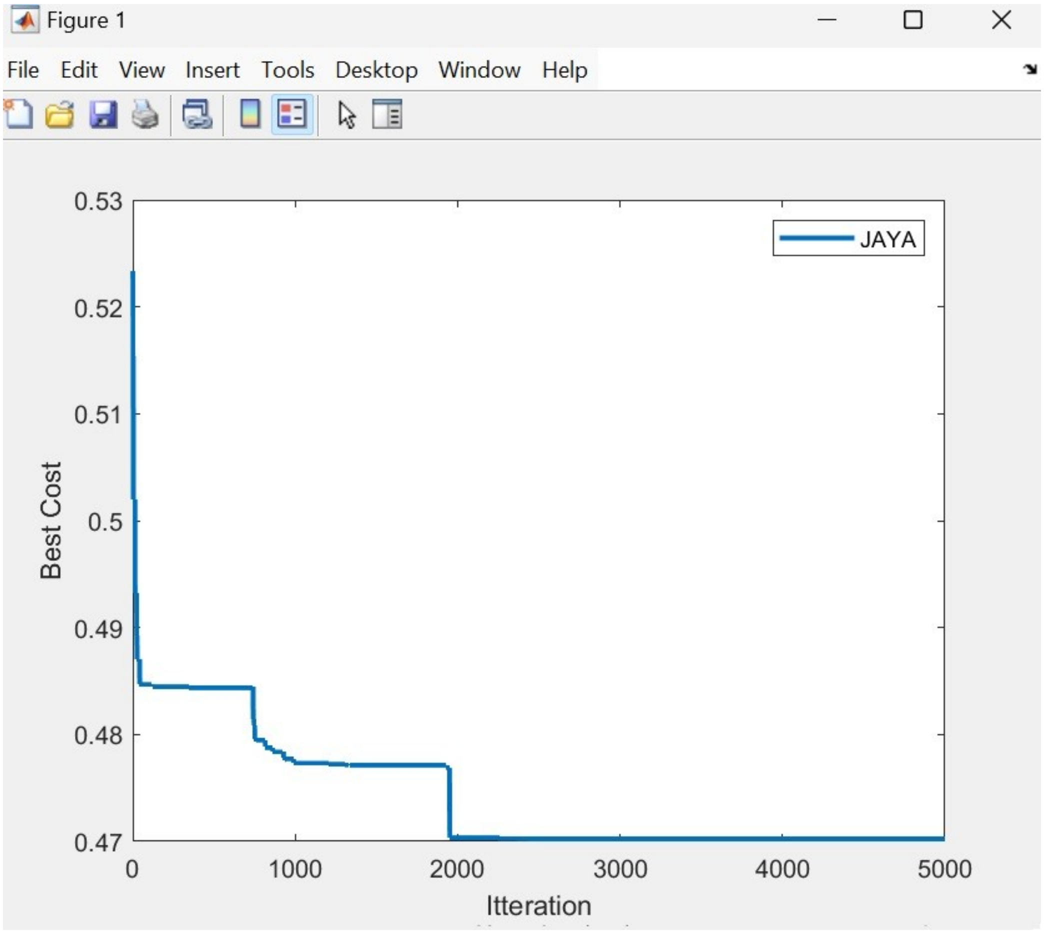


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
JAYA
Best Cost
Itteration
0.53
0.52
0.51
0.5
0.49
0.48
0.47
0
1000
2000
3000
4000
5000

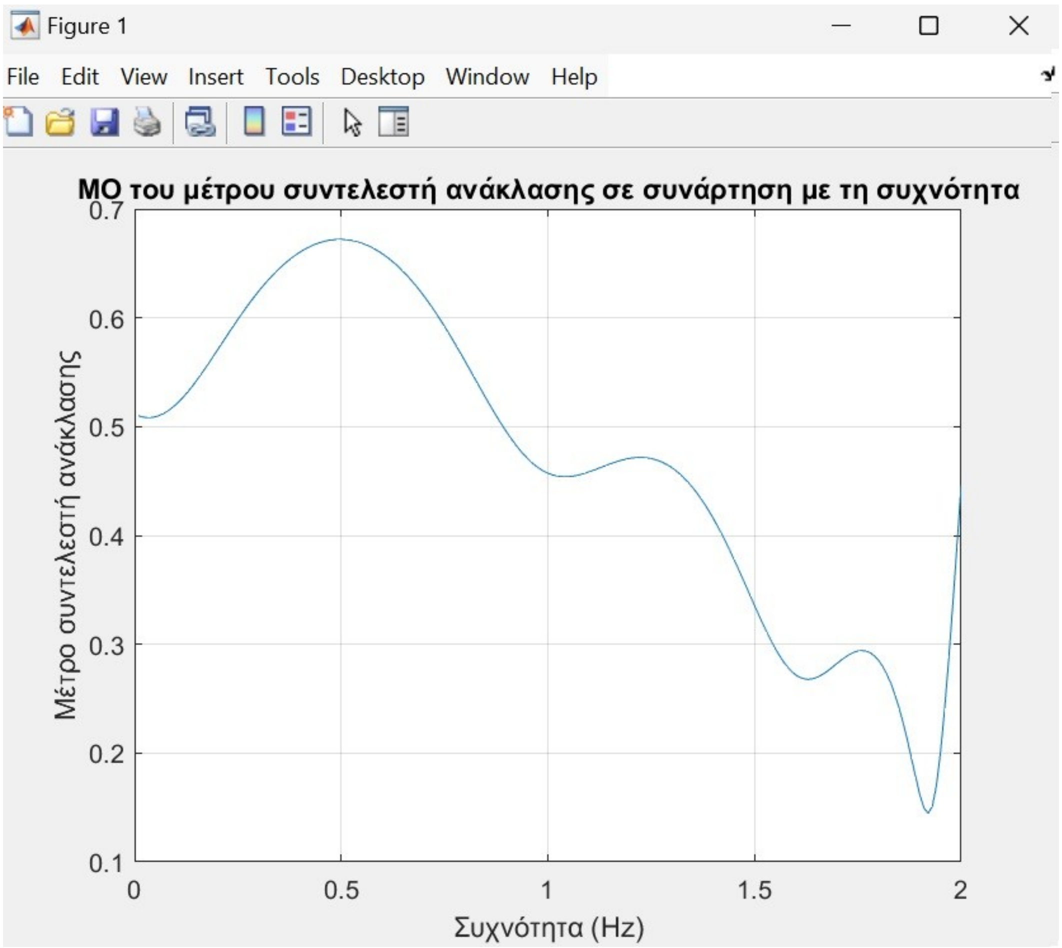
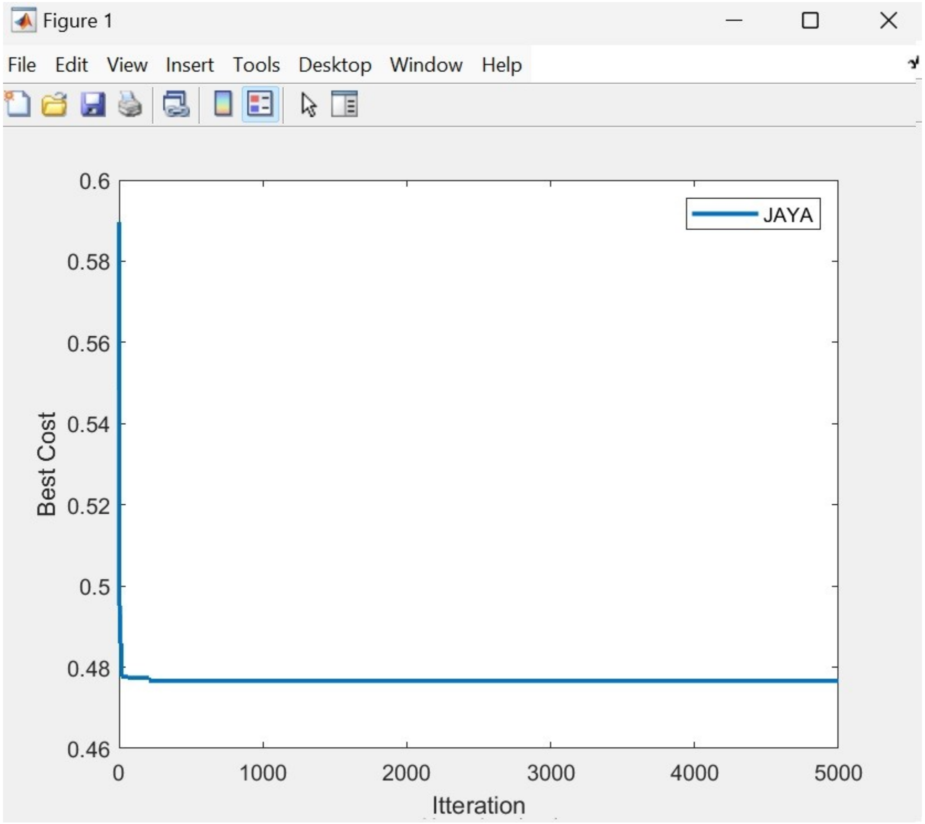
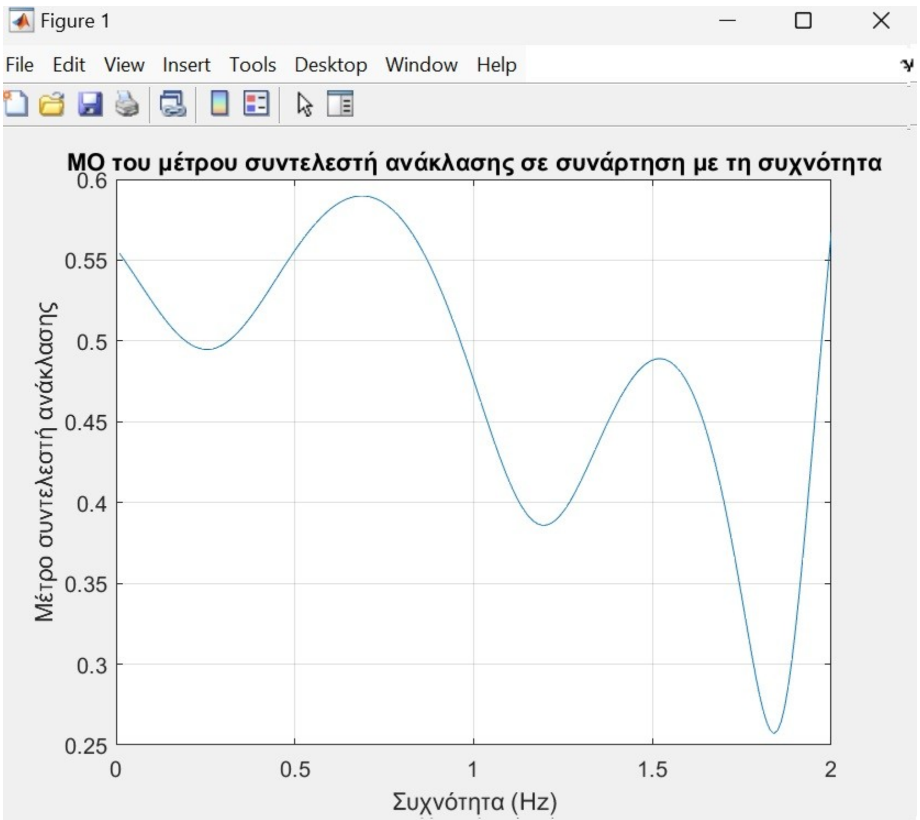


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
ΜΟ του μέτρου συντελεστή ανάκλασης σε συνάρτηση με τη συχνότητα
Μέτρο συντελεστή ανάκλασης
Συχνότητα (Hz)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.5
1
1.5
2

(ε1) Αντιστοίχως, για $\mathbf{Z_L = 20 + j30}$ θα έχω:

Βέλτιστη τιμή μέσου όρου του |Γ|: 0.4766729287
Βέλτιστο σετ παραμέτρων: [0.05 0.2106 0.1537 0.05 0.05 0.05]





(ε2) Ομοίως, για **Z_L = 180 - j200** θα έχω:

Βέλτιστη τιμή μέσου όρου του |Γ|: 0.7253786782
Βέλτιστο σετ παραμέτρων: [0.1515 0.05 0.0769 0.1107 0.1075 0.0714]