ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ PART 1

ΔΙΑΚΟΛΟΥΚΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ 10642

ΑΣΚΗΣΗ 1

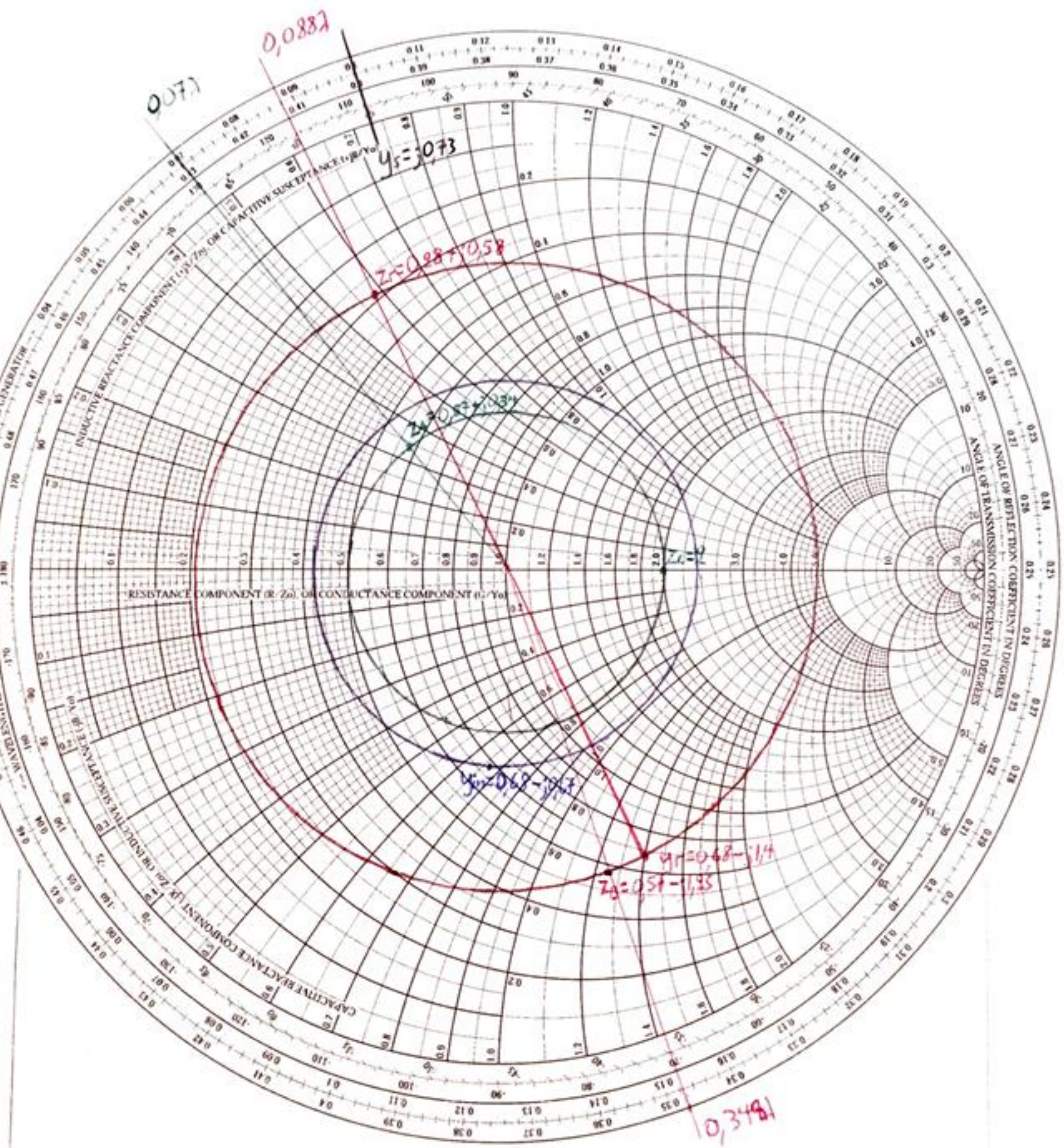
(A) Προκειμένου να υπολογίσω το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης και τον SWR στην είσοδο, για τη συχνότητα f_0, με το διάγραμμα του Smith θα ξεκινήσω κανονικοποιώντας την αντίσταση Z_L = 100Ω του φορτίου ($z_L = Z_L / Z_0 = 2$ όπου Z_0 η αντίσταση της γραμμής μεταφοράς) και θα κινηθώ κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς ωρολογιακά κατά 0.32λ + 0.25λ = 0.57λ, δηλαδή 0.07λ αφού το φορτίο $z_L = 2$ έχει μόνο πραγματικό μέρος. Έπειτα, θα βρεθώ στο σημείο (από διάγραμμα Smith) $z_A = 0.57 + j0.34$ και μετά έχοντας υπολογίσει την αντίσταση του πυκνωτή $X_c = -1 / (2\pi fC) = -79.55$ όπου $f = f_0 = 1GHz$ θα την κανονικοποιήσω ($x_c = X_c / Z_0 = -1.59$ όπου Z_0 η αντίσταση της γραμμής μεταφοράς) προκειμένου να βρω την αντίσταση $z_B = 0.57 – j1.25$. Μετά θα έχω γραμμή μεταφοράς μήκους 0.24λ συνεπώς θα κινηθώ ωρολογιακά πάλι στο διάγραμμα Smith από το z_B (βρίσκεται στα 0.348λ) και θα βρεθώ στο $z_Γ = 0.28 + j0.58$ στα 0.348λ + 0.24λ = 0.588λ, δηλαδή 0.088λ πάνω στον κύκλο που βρισκόταν και το z_B. Επειδή έχω κλαδωτή θα προτιμήσω να δουλέψω με αγωγιμότητες οπότε από το $z_Γ$ θα κινηθώ αντιδιαμετρικά του κύκλου και θα βρω την αγωγιμότητα $y_Γ = 0.68 – j1.4$. Για τον κλαδωτή έχω ανοιχτοκύκλωμα δηλαδή g = 0, 0λ επομένως κινούμαι 0.1λ ωρολογιακά και βρίσκω το $y_s = j0.73$. Τέλος, για να βρω το y_{in} θα υπολογίσω $y_{in} = y_Γ + y_s = 0.68 – j0.67$. Από εκεί θα βρώ το SWR = 2.39 σχεδιάζοντας τον κύκλο με ακτίνα y_{in} (από σημείο τομής του κύκλου SWR του in y με το θετικό ημιάξονα του Re{Γ}) και Γ =(SWR-1)/(SWR+1) = 0.41. Λίγο πιο κάτω επισυνάπτω το αντίστοιχο διάγραμμα Smith.

(B) Προκειμένου να υπολογίσω το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης και τον SWR στην είσοδο, για τη συχνότητα $f_0' = 3f_0 / 4$, με το διάγραμμα του Smith θα πρέπει αρχικά να υπολογίσω τα νέα μήκη κύματος (παρόλο που τα φυσικά μήκη των γραμμών μεταφοράς δεν επηρεάζονται). Ετσι υπολογίζοντας τα βρίσκω:

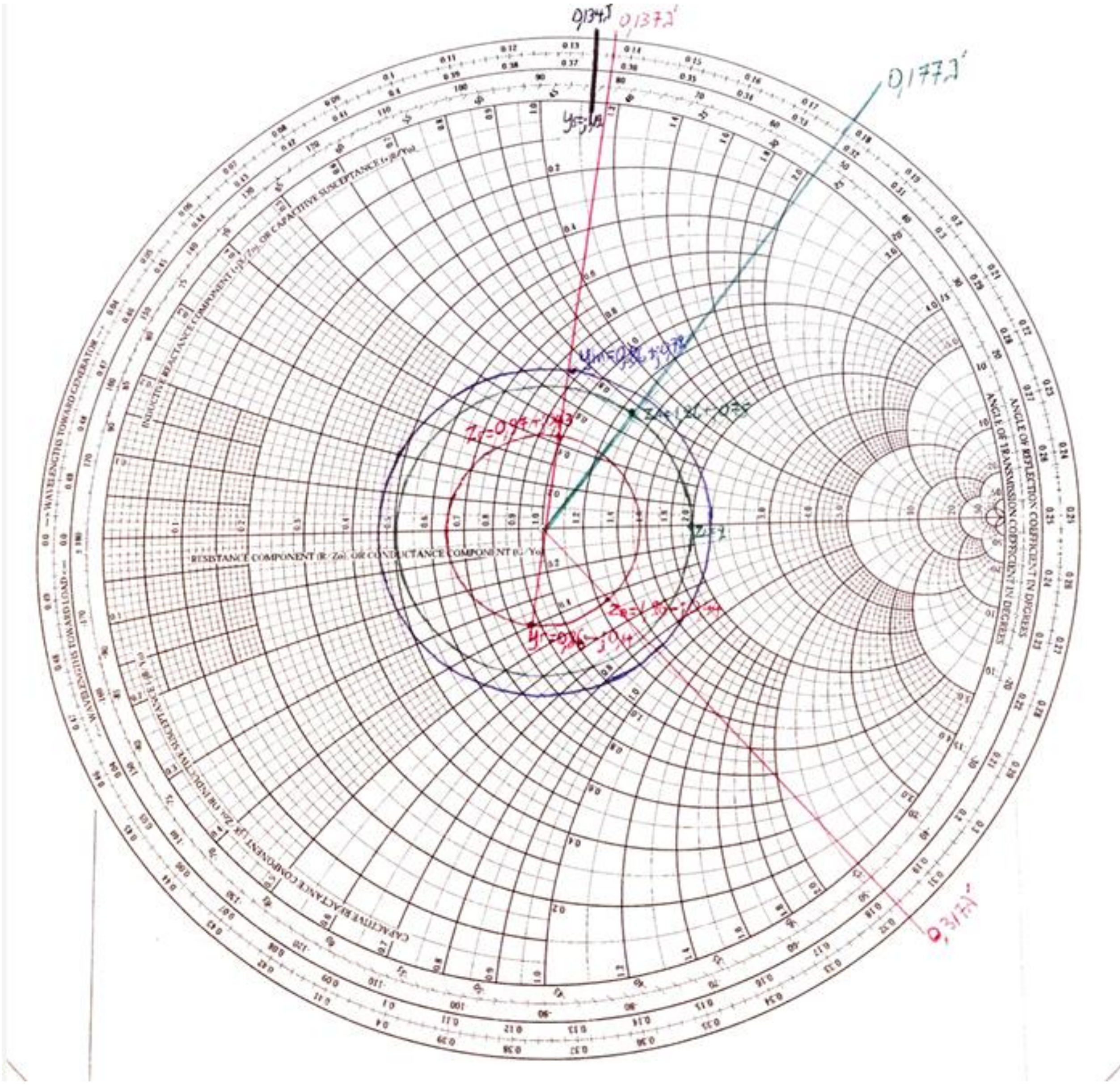
- Γραμμή μεταφοράς $l_1' = 0.32λ' (4 / 3) = 0.427λ'$
- Γραμμή μεταφοράς $l_2' = 0.24λ'(4 / 3) = 0.32λ'$
- Γραμμή μεταφοράς $l_1' = 0.1λ' (4 / 3) = 0.134λ'$

Στη συνέχεια κανονικοποιώντας την αντίσταση Z_L = 100Ω του φορτίου ($z_L = Z_L / Z_0 = 2$ όπου Z_0 η αντίσταση της γραμμής μεταφοράς) και θα κινηθώ κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς ωρολογιακά κατά 0.427λ' + 0.25λ' = 0.677λ', δηλαδή 0.177λ' αφού το φορτίο $z_L = 2$ έχει μόνο πραγματικό μέρος. Έπειτα, θα βρεθώ στο σημείο (από διάγραμμα Smith) $z_A = 1.26 + j0.75$ και μετά έχοντας υπολογίσει την αντίσταση του πυκνωτή $X_c = -1 / (2\pi fC) = -59.66$ όπου $f = f_0 = 1.33GHz$ θα την κανονικοποιήσω ($x_c = X_c / Z_0 = -1.19$ όπου Z_0 η αντίσταση της γραμμής μεταφοράς) προκειμένου να βρω την αντίσταση $z_B = 1.26 – j0.44$. Μετά θα έχω γραμμή μεταφοράς μήκους 0.32λ' συνεπώς θα κινηθώ ωρολογιακά πάλι στο διάγραμμα Smith από το z_B (βρίσκεται στα 0.317λ') και θα βρεθώ στο $z_Γ = 0.97 + j0.43$ στα 0.317λ' + 0.32λ' = 0.637λ', δηλαδή 0.137λ' πάνω στον κύκλο που βρισκόταν και το z_B. Επειδή έχω κλαδωτή θα προτιμήσω να δουλέψω με αγωγιμότητες οπότε από το z_Γ θα κινηθώ αντιδιαμετρικά του κύκλου και θα βρω την αγωγιμότητα y_Γ = 0.86 – j0.4. Για τον κλαδωτή έχω ανοιχτοκύκλωμα δηλαδή g = 0, 0λ επομένως κινούμαι 0.134λ΄ ωρολογιακά και βρίσκω το y_s = j1.12. Τέλος, για να βρω το y_{in} θα υπολογίσω $y_{in} = y_\Gamma + y_s$ = 0.86 + j0.72. Από εκεί θα βρώ το SWR = 2.2 σχεδιάζοντας τον κύκλο με ακτίνα y_{in} (από σημείο τομής του κύκλου SWR του in y με το θετικό ημιάξονα του Re{Γ}) και Γ =(SWR-1)/(SWR+1) = 0.375. Λίγο πιο κάτω επισυνάπτω το αντίστοιχο διάγραμμα Smith.

(A)



(B)



WAVELENGTHS TOWARD GENERATOR
WAVELENGTHS TOWARD LOAD
RESISTANCE COMPONENT (R/Zo), OR CONDUCTANCE COMPONENT (G/Yo)
ANGLE OF REFLECTION COEFFICIENT IN DEGREES
ANGLE OF TRANSMISSION COEFFICIENT IN DEGREES

(Γ) Σε περίπτωση που η γραμμή δεν υποστήριζε μια καθαρή TEM ή quasi-TEM διάδοση, για να προβούμε στον υπολογισμό του (Β) ερωτήματος, θα χρειαζόμασταν επιπλέον πληροφορίες και πιο συγκεκριμένα την τιμή της φασικής ταχύτητας u_p (δηλαδή να δοθεί η σχέση της διασποράς β) για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε πώς αλλάζει η το μήκος κύματος με τη συχνότητα. Για την ακρίβεια με την τιμή της φασικής ταχύτητας στο χέρι, θα προχωρούσαμε στον υπολογισμό της ταχύτητας διάδοσης $u_p = \omega / \beta$ και του προσαρμοσμένου μήκους κύματος μέσα στη γραμμή μετάδοσης $\lambda' = u_p / f$, όπου $\omega = 2\pi f$ είναι η γωνιακή συχνότητα.

ΑΣΚΗΣΗ 2

(Α) Η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή αντανάκλασης (Γ) στην είσοδο του κυκλώματος μετάδοσης της άσκησης 1.1 είναι η εξής. Το κύκλωμα αποτελείται από τρεις γραμμές μετάδοσης (εκ των οποίων ένας ανοιχτοκυκλωμένος κλαδωτής) με διάφορα ηλεκτρικά μήκη ένα φορτίο στο τέλος. Στόχος είναι να υπολογίσουμε αναλυτικά και να κάνουμε ένα γράφημα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης, σε καθαρό αριθμό και ένα σε dB, σε όλη τη ζώνη συχνοτήτων από 0 έως $4f_0$ (σε N=201 τιμές συχνότητας). Παρακάτω αναλύεται ο αλγόριθμος που ακολουθήθηκε στην υλοποίηση της λύσης σε περιβάλλον προγραμματισμού MATLAB:

- Καθορίζονται οι βασικές παράμετροι του κυκλώματος όπως η συχνότητα λειτουργίας (f_0=1GHz), η χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής μετάδοσης (Z_0=50Ω), η αντίσταση φορτίου (Z_{L}=100Ω), και η χωρητικότητα του πυκνωτή (C=2pF).
- Παράγεται ένα φάσμα συχνοτήτων που εκτείνεται από 0 έως $4f_0$, διανεμημένο σε N=201 σημεία.
- Γίνεται ο υπολογισμός των ηλεκτρικών μηκών για τις τρεις γραμμές μετάδοσης βάσει της συχνότητας f που εξετάζεται κάθε φορά.
- Κατασκευάζεται το ισοδύναμο κύκλωμα του συστήματος, υπολογίζοντας την εισερχόμενη αντίσταση (Zin) για την κάθε γραμμή, σε συνάρτηση με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί.
- Υπολογίζεται ο συντελεστής αντανάκλασης Γ στην είσοδο, ως συνάρτηση της εισερχόμενης αντίστασης και της χαρακτηριστικής αντίστασης.
- Εφαρμόζεται ένα κατώφλι στις τιμές του Γ σε dB, ώστε να μην παρουσιαστούν τιμές χαμηλότερες του -40 dB στην οπτικοποίηση.
- Δημιουργούνται δύο διαγράμματα: το πρώτο δείχνει το μέτρο του Γ σε dB και το δεύτερο το απόλυτο μέτρο του Γ nominal, και τα δύο είναι σε συνάρτηση με την συχνότητα.

Και από τα διαγράμματα μπορούμε εύκολα να επαληθεύσουμε ότι για f = 1GHz προκύπτει το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης ίσο με 0.4 περίπου, όπως το είχαμε υπολογίσει και με την βοήθεια του διαγράμματος Smith στο ερώτημα 1.1 (Α).

Τα αποτελέσματα από την οπτικοποίηση βρίσκονται πιο κάτω.

(Β) Στην απάντηση του ερωτήματος αυτού αποτυπώνεται η μεθοδολογία υπολογισμού του συντελεστή αντανάκλασης (Γ) και του Standing Wave Ratio (SWR) σε ένα πολύπλοκο κύκλωμα μετάδοσης που περιλαμβάνει κύριες γραμμές μετάδοσης και διακλαδιζόμενους κλάδους με διαφορετικές αντιστάσεις. Όπως και στο ερώτημα (Α) υπολογίστηκαν σε ένα εύρος συχνοτήτων. Παρακάτω αναλύεται ο αλγόριθμος που ακολουθήθηκε στην υλοποίηση της λύσης σε περιβάλλον προγραμματισμού MATLAB:

- Ορίζονται οι αντιστάσεις των κυρίων γραμμών και των κλαδιών, η συχνότητα λειτουργίας (f_0=1GHz), και το εύρος των συχνοτήτων που θα εξεταστεί.
- Παράγεται ένα φάσμα συχνοτήτων από 0 έως 3 GHz, με N=201 σημεία.
- Προσδιορίζονται τα ηλεκτρικά μήκη των γραμμών σε συνάρτηση με τις συχνότητες.
- Υπολογίζονται οι εισερχόμενες αντιστάσεις για κάθε κλάδο, χρησιμοποιώντας τα ηλεκτρικά μήκη και τις γνωστές αντιστάσεις.
- Υπολογίζεται η συνολική εισερχόμενη αντίσταση του συστήματος, συνδυάζοντας τις αντιστάσεις των κλάδων με αυτές των τμημάτων.
- Υπολογίζεται ο συντελεστής αντανάκλασης και το SWR για το σύνολο του φάσματος συχνοτήτων. Επιβάλλεται ένα όριο -60 dB για το Γ και 10 για το SWR, ώστε να διατηρηθεί η συνέπεια των αποτελεσμάτων.
- Σχεδιάζονται δύο διαγράμματα. Το πρώτο δείχνει το μέτρο του Γ σε dB και το δεύτερο το SWR, και τα δύο είναι σε συνάρτηση με τη συχνότητα.

Τα δεδομένα από τα διαγράμματα υποδηλώνουν την ύπαρξη ενός φίλτρου ζωνοπερατού. Το μέτρο συντελεστή αντανάκλασης σε dB δείχνει χαμηλή απόρριψη σε μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων, ενώ στις χαμηλότερες και υψηλότερες συχνότητες η απόρριψη αυξάνεται σημαντικά

Τα αποτελέσματα από την οπτικοποίηση βρίσκονται πιο κάτω.

(Γ) Σε αυτό το ερώτημα υπολογίζουμε του συντελεστή αντανάκλασης (Γ) και του Standing Wave Ratio (SWR) για ένα κύκλωμα μετάδοσης που λειτουργεί στην περιοχή των 0-2 GHz. Η διαδικασία εστιάζει στην ανάλυση του κυκλώματος το οποίο είναι εναλλασσόμενο μεταξύ τμημάτων υψηλής και χαμηλής χαρακτηριστικής αντίστασης. Παρακάτω αναλύεται ο αλγόριθμος που ακολουθήθηκε στην υλοποίηση της λύσης σε περιβάλλον προγραμματισμού MATLAB:

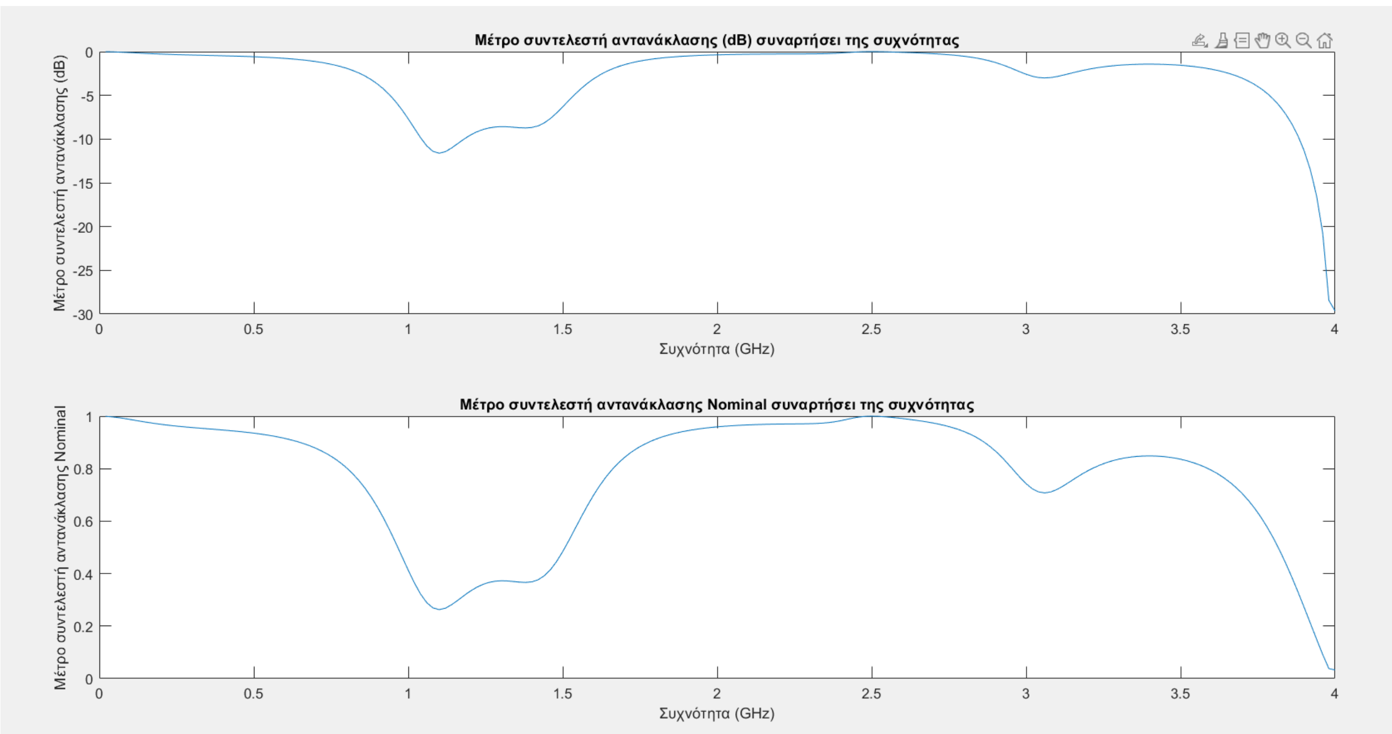
- Αρχικά, καθορίζονται οι ηλεκτρικές αντιστάσεις των τμημάτων υψηλής και χαμηλής χαρακτηριστικής αντίστασης καθώς και τα ηλεκτρικά μήκη των γραμμών σε μοίρες.
- Δημιουργείται ένα φάσμα συχνοτήτων από 0 έως 2 GHz για την ανάλυση.
- Τα ηλεκτρικά μήκη σε μοίρες μετατρέπονται σε φάσεις σε rad για τη χρήση σε τριγωνομετρικές συναρτήσεις.
- Υπολογίζονται οι εισερχόμενες αντιστάσεις για κάθε τμήμα του κυκλώματος με τη χρήση των μετατροπών που εκτελέστηκαν.

- Μετά την εύρεση της συνολικής εισερχόμενης αντίστασης, υπολογίζεται ο συντελεστής αντανάκλασης και το SWR για όλο το φάσμα συχνοτήτων, με την εφαρμογή ορίων για την αποφυγή ακραίων τιμών.
- Σχεδιάζονται δύο γραφήματα για την οπτική απεικόνιση των μετρήσεων του Γ σε dB και του SWR σε συνάρτηση με τη συχνότητα.

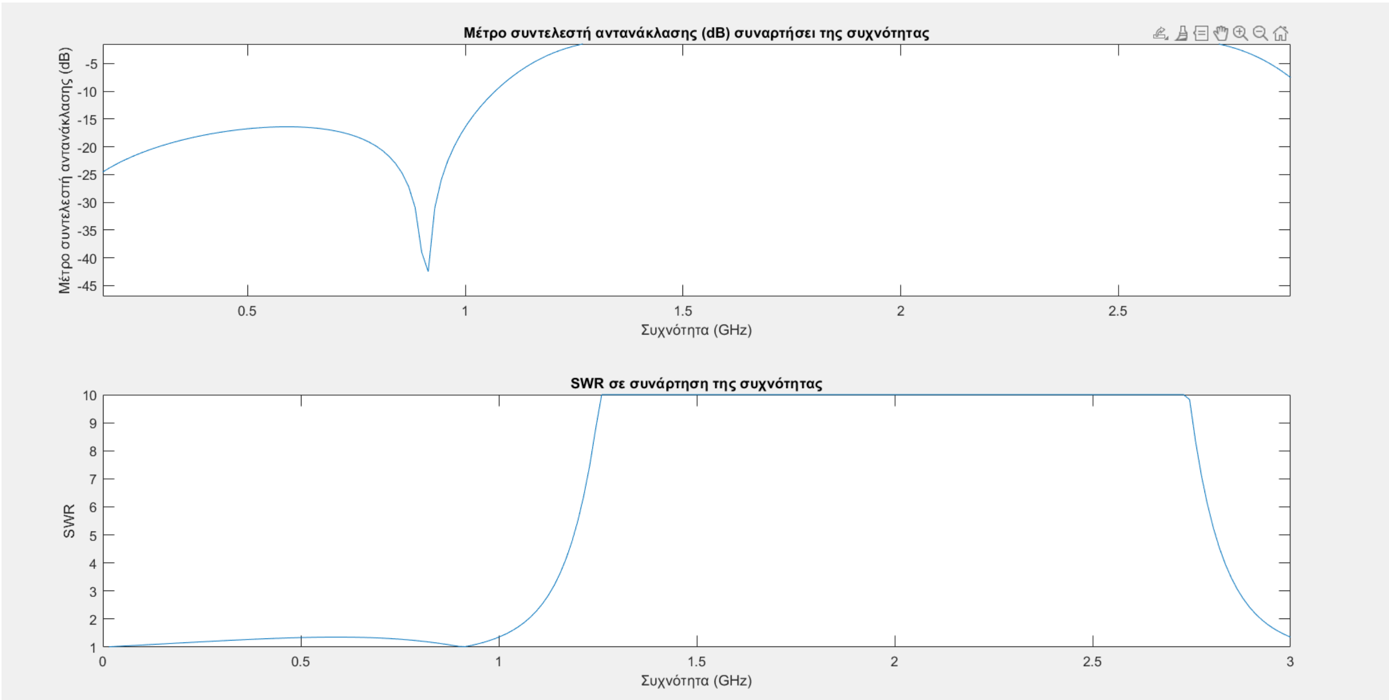
Και εδώ το φίλτρο αυτό επιτρέπει τη διέλευση σημάτων σε συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων, ενώ απορρίπτει σήματα που βρίσκονται εκτός αυτής της ζώνης επομένως είναι και πάλι ζωνοπερατό.

Τα αποτελέσματα από την οπτικοποίηση βρίσκονται πιο κάτω.

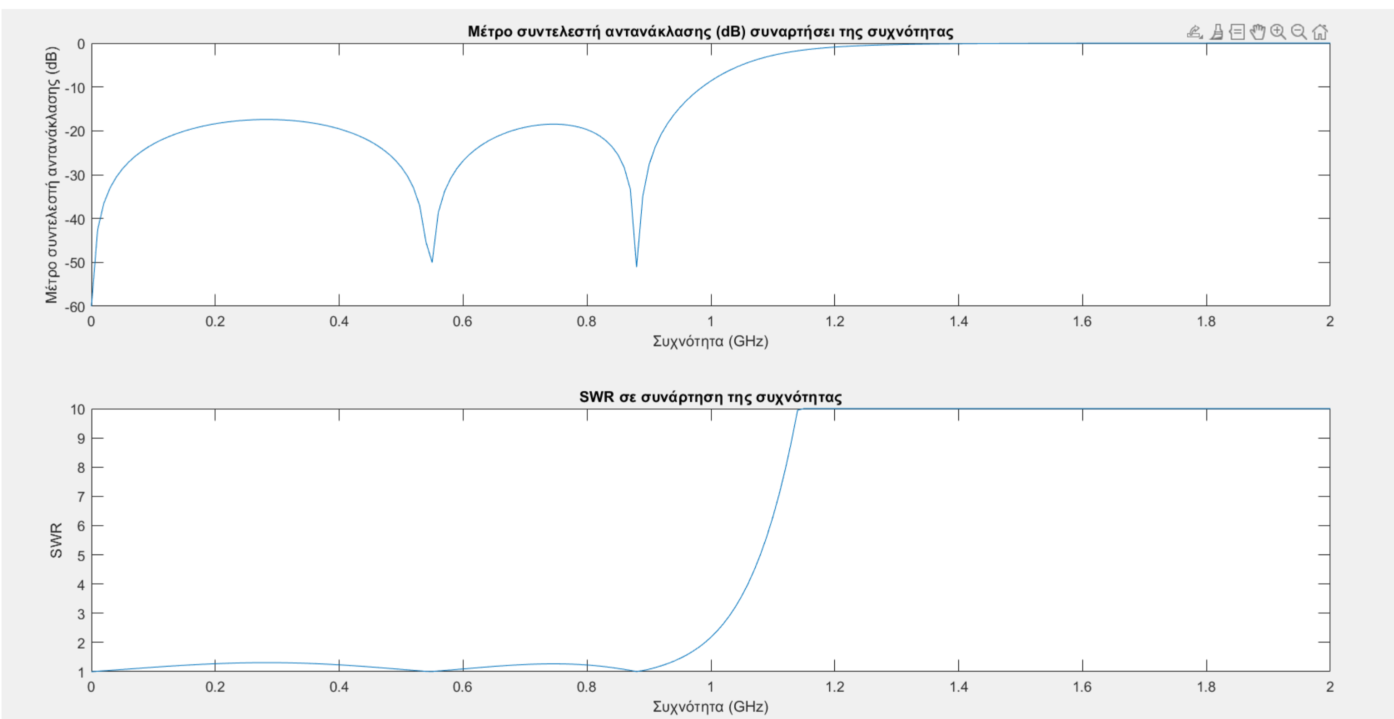
(A)



(B)



(Γ)

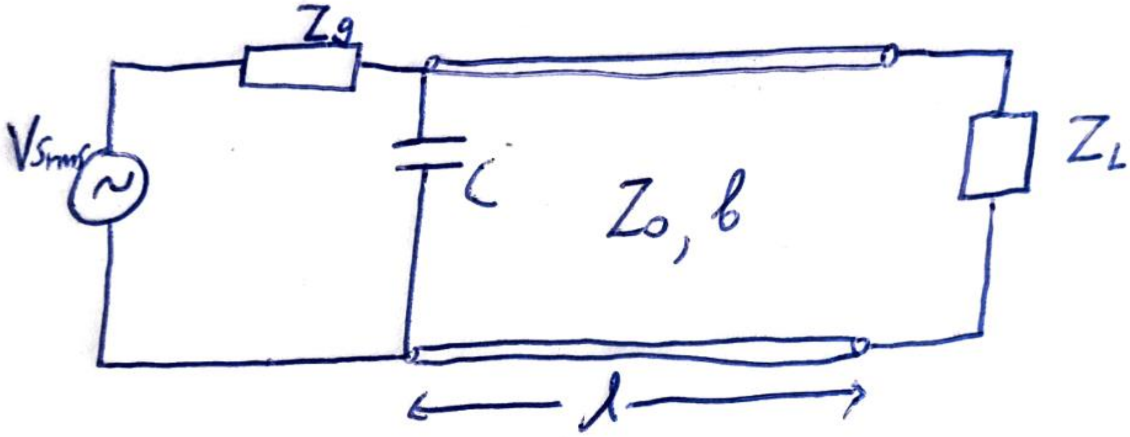


Οι αντίστοιχοι κώδικες με σχόλια για καθοδήγηση είναι στο .zip αρχείο που έχει υποβληθεί μαζί. Συγκεκριμένα το EXERCISE_1_2_a.m αντιστοιχεί στο (Α), το EXERCISE_1_2_b.m στο (Β) και το EXERCISE_1_2_c.m στο (Γ) αντίστοιχα.

ΑΣΚΗΣΗ 3

(A) Υπό συνθήκες συζυγούς προσαρμογής ισχύει ότι $Z_{in} = Z_g^*$ και προκειμένουνα εξετάσουμε τις 4 πιθανές περιπτώσεις θα πρέπει αρχικά να κανονικοποιήσουμε τις σύνθετες αντιστάσεις της πηγής και του φορτίου, οπότε $z_g = Z_g / Z_0 = 1 - j0.8$, και $z_L = Z_L / Z_0 = 0.2 + j0.3$. Συνεπώς η αντίσταση εισόδου της γραμμής θα είναι $z_{in} = z_g^* = 1 + j0.8$. Θα χρειαστεί να βρω επίσης με την βοήθεια του διαγράμματος Smith την σύνθετη αγωγιμότητα εισόδου της γραμμής μεταφοράς κινούμενος αντιδιαμετρικά του κύκλου από το z_{in}. Έτσι βρίσκω $y_{in} = 0.6 - j0.5$. Αντίστοιχα βρίσκω και την αγωγιμότητα του φορτίου κινούμενος αντιδιαμετρικά από το z_L και $y_L = 1.56 - j2.37$.

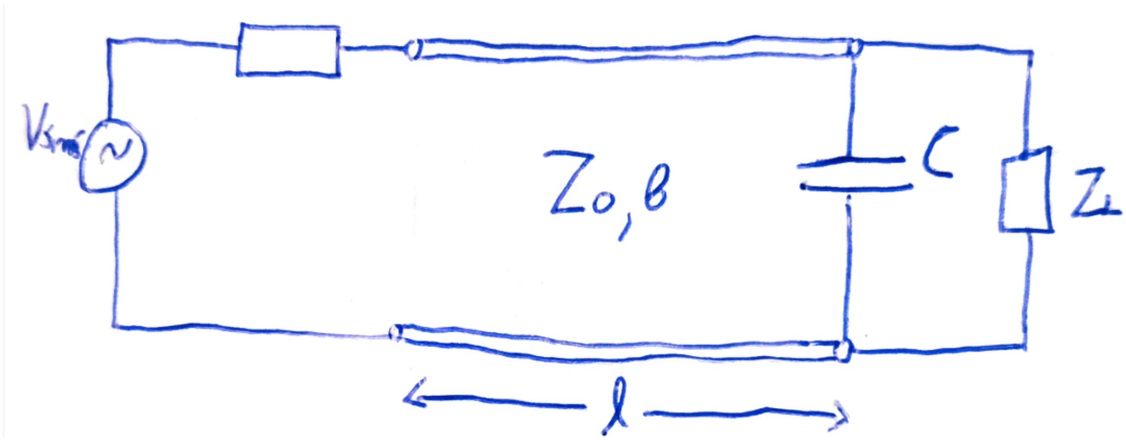
(α) Σύνδεση παράλληλα στην είσοδο:



Σε αυτή την περίπτωση αν στο φορτίο προσθέσουμε κατάλληλο μήκος γραμμής μεταφοράς θα μετακινηθούμε πάνω στον κύκλο SWR (στο διάγραμμα Smith) από το y_L έως ένα σημείο y_A, στο οποίο το πραγματικό μέρος της σύνθετης αγωγιμότητας θα πρέπει να είναι το ίδιο με αυτό της σύνθετης αγωγιμότητας εισόδου y_{in} που θέλουμε να βλέπει η πηγή ώστε να έχουμε συζυγή προσαρμογή. Επιπλέον, το φανταστικό μέρος της y_A θα πρέπει να είναι μικρότερο αυτού της y_{in} ώστε αν προτεθεί θετική επιδεκτικότητα, να προκύψει η επιθυμητή $y_{in.}$ Έτσι, μετακινούμαστε μέχρι το σημείο τομής y_A του SWR κύκλου του φορτίου με τον κύκλο $g = Re\{y_{in}\} = 0.6$. και βρίσκουμε $y_A = 0.6 - j1.44$. Προσθέτοντας με τον παράλληλο πυκνωτή επιδεκτικότητα jb φτάνουμε στο σημείο $y_{in.}$ Και άρα βρίσκουμε $jb = y_{in} - y_A = j0.94$. Η μετακίνηση από το y_L στο y_A είναι κατά $l = 0.338\lambda - 0.298\lambda = 0.04\lambda$ που είναι το μήκος της γραμμής μεταφοράς. Επίσης ισχύει $b = B / Y_0 = BZ_0 = \omega CZ_0 = 2\pi fCZ_0 \Rightarrow C = b / (2\pi fZ_0) = 2.99pF$.

Το αντίστοιχο διάγραμμα Smith βρίσκεται πιο κάτω.

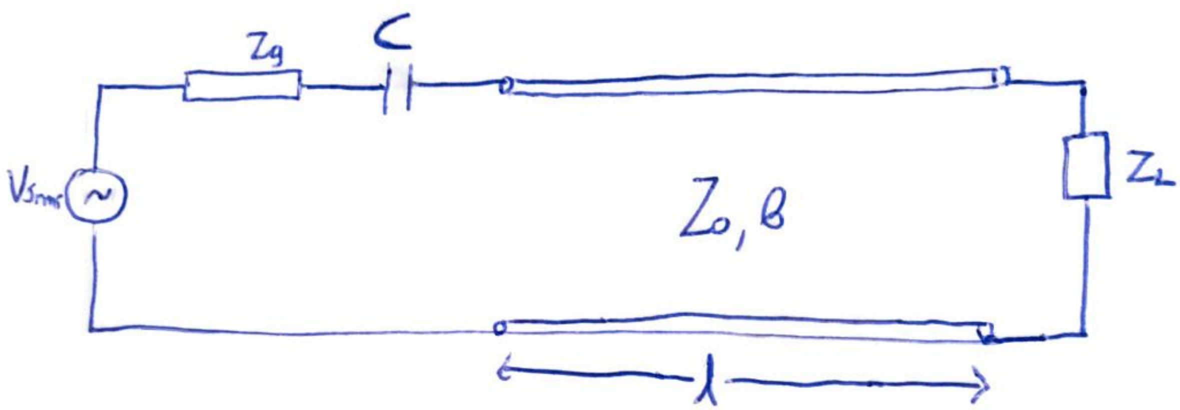
(β) Σύνδεση παράλληλα στο φορτίο:



Αντίστοιχα σχεδόν ίδια διαδικασία με το ερώτημα (α) ακολουθούμε και σε αυτή την περίπτωση. Μπορούμε να συνδέσουμε πυκνωτή (θετική b) παράλληλα στο φορτίο. Στο διάγραμμα Smith κινούμαστε από y_L πάνω στον κύκλο $g = Re\{y_L\} = 1.56$ μέχρι το σημείο τομής $y_A = 1.56 – j0.85$ με τον κύκλο SWR του y_{in}. Προστέθηκε επιδεκτικότητα $jb = y_A – y_L = j1.52$, όπου $b = B / Y_0 = BZ_0 = \omega CZ_0 = 2\pi fCZ_0$ $\Rightarrow C = b / (2\pi fZ_0) = 4.77pF$. Η μετακίνηση από το y_A στο y_{in} είναι κατά $l = 0.404\lambda – 0.304\lambda = 0.1\lambda$ που είναι το μήκος της γραμμής μεταφοράς.

Το αντίστοιχο διάγραμμα Smith βρίσκεται πιο κάτω.

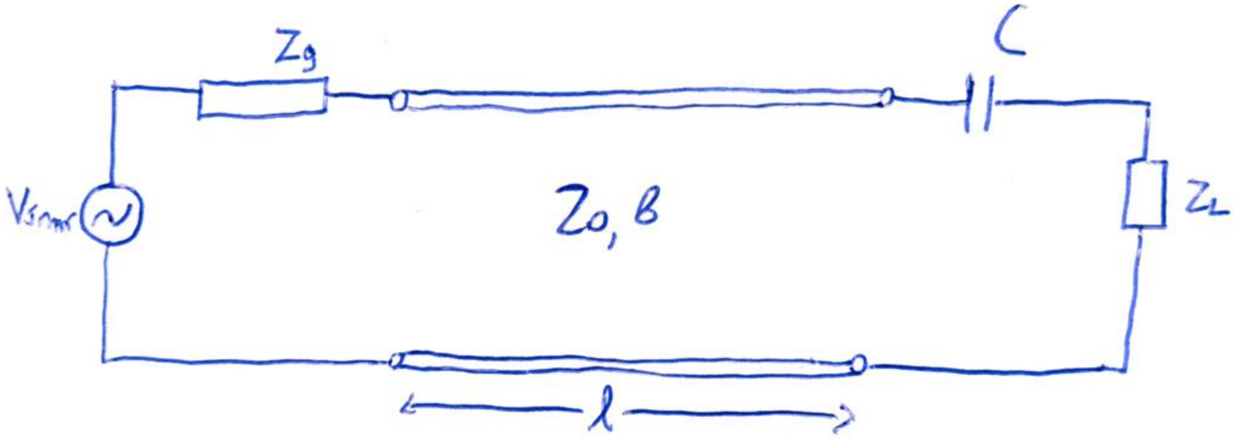
(γ) Σύνδεση σε σειρά με την είσοδο:



Πολύ παρόμοια διαδικασία ακολουθούμε και σε αυτή την περίπτωση. Στο διάγραμμα Smith κινούμαστε από z_{in} πάνω στον κύκλο $g = Re\{z_{in}\} = 1$ μέχρι το σημείο τομής $z_A = 1 + j1.2$ με τον κύκλο SWR του z_L. Προστέθηκε σύνθετη αντίσταση πυκνωτή $jx = z_{in} – z_A = -j1.1$, και υπολογίζω την χωρητικότητα του πυκνωτή ως εξής: $x = X / Z_0 = -1 / (2\pi fCZ_0) \Rightarrow C = -1 / (2\pi fxZ_0) \Rightarrow C = 2.89pF$. Η μετακίνηση από το z_L στο z_A είναι κατά $l = 0.185\lambda – 0.048\lambda = 0.137\lambda$ που είναι το μήκος της γραμμής μεταφοράς.

Το αντίστοιχο διάγραμμα Smith βρίσκεται πιο κάτω.

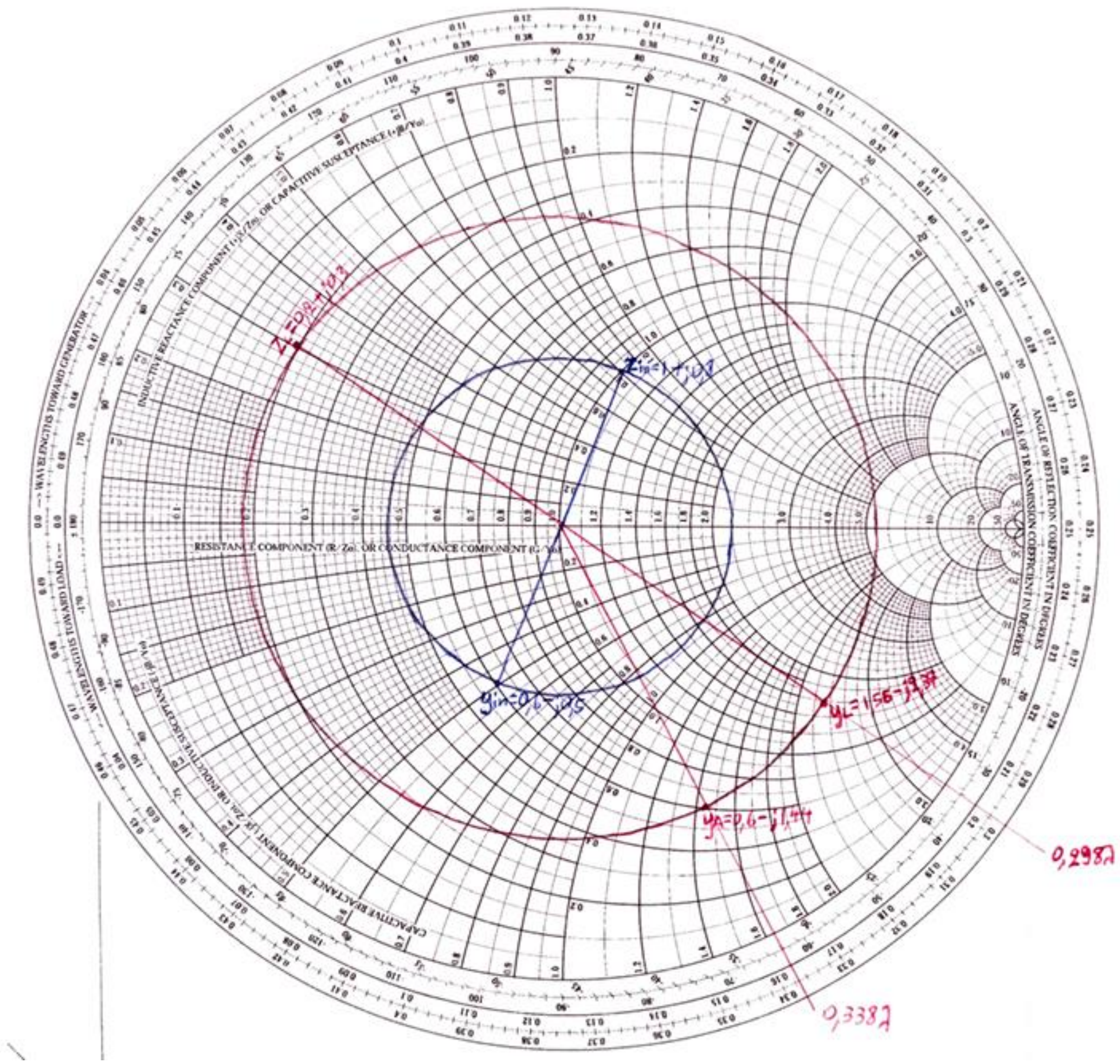
(δ) Σύνδεση σε σειρά με το φορτίο:



Σε αυτή την περίπτωση με την βοήθεια του διαγράμματος Smith παρατηρούμε ότι προσθέτοντας αρνητική σύνθετη αντίσταση πυκνωτή ($x < 0$) στο z_L δεν υπάρχει σημείο τομής με τον SWR της εισόδου. Επομένως, είναι αδύνατο να υπολογίσουμε τα ζητούμενα.

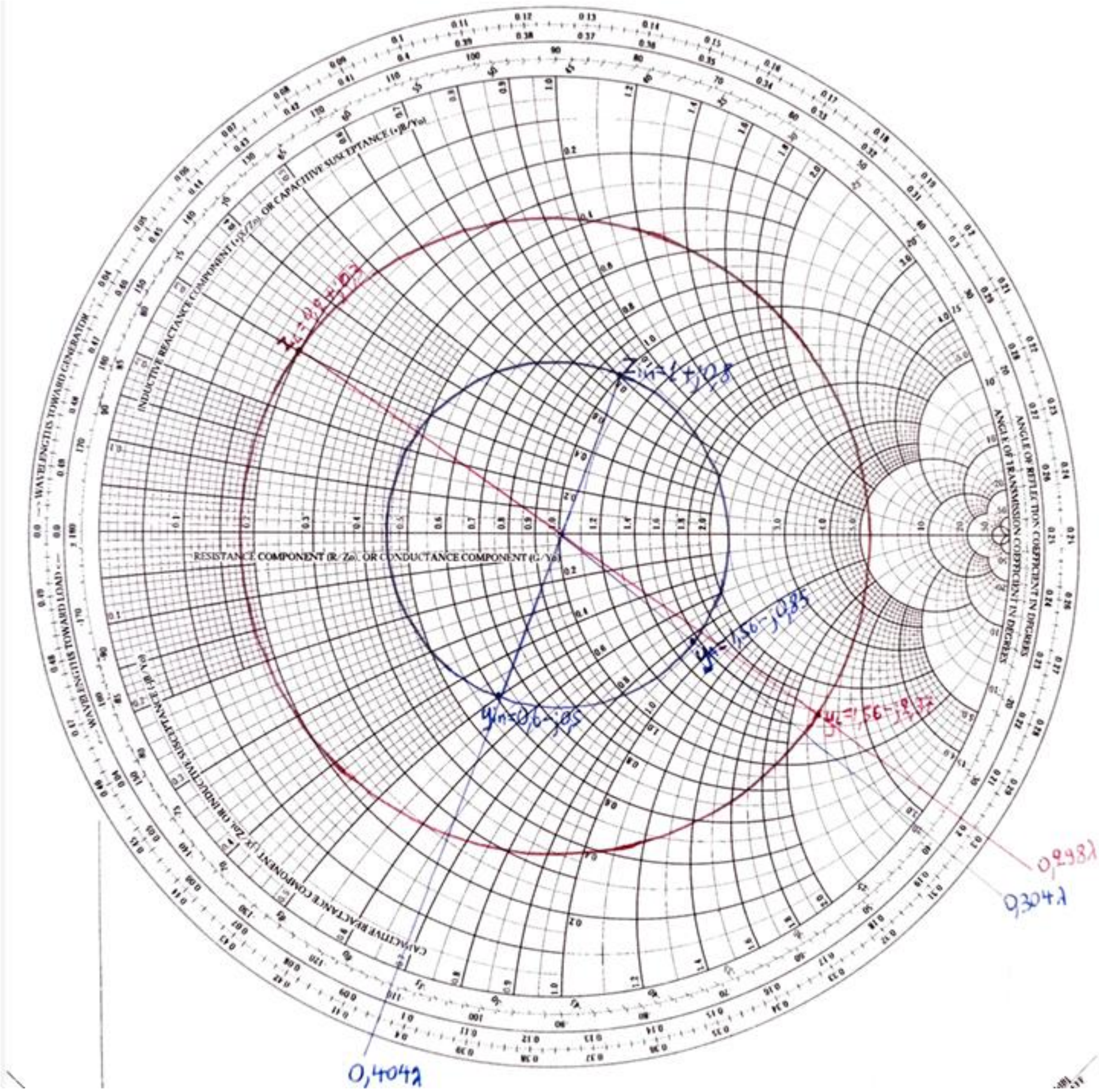
(A)

(α)

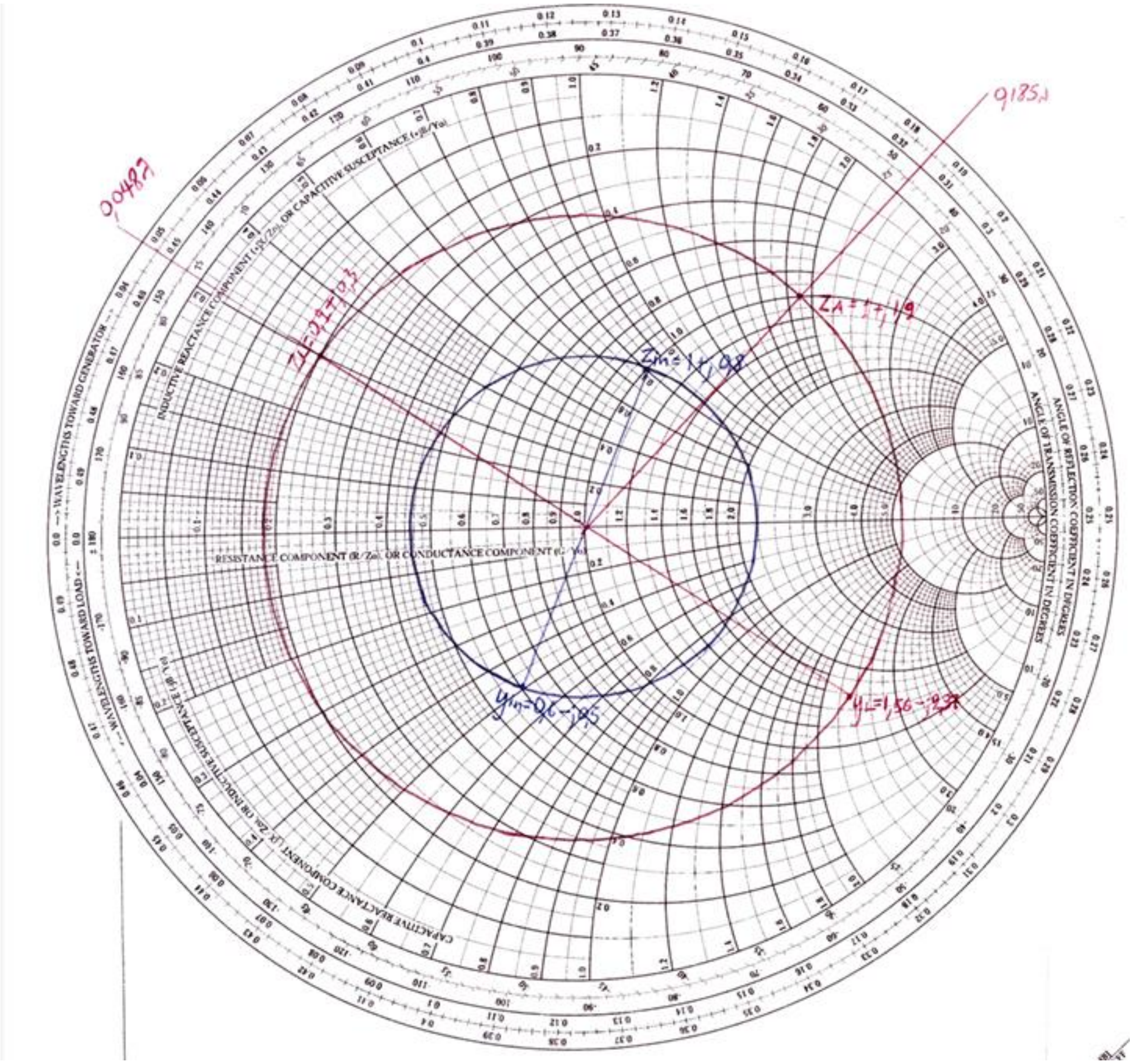


RESISTANCE COMPONENT (R/Zo), OR CONDUCTANCE COMPONENT (G/Yo)
yA=0,6-j1,44
0,298λ
0,338λ

(β)


RESISTANCE COMPONENT (R/Zo), OR CONDUCTANCE COMPONENT (G/Yo)
Zin=1+j0,8
yin=0,6-j0,5
0,298λ
0,304λ
0,404λ

(γ)


RESISTANCE COMPONENT (R/Zo), OR CONDUCTANCE COMPONENT (G/Yo)
INDUCTIVE REACTANCE COMPONENT (+jX/Zo), OR CAPACITIVE SUSCEPTANCE (+jB/Yo)
CAPACITIVE REACTANCE COMPONENT
WAVELENGTHS TOWARD GENERATOR
WAVELENGTHS TOWARD LOAD
ANGLE OF REFLECTION COEFFICIENT IN DEGREES
ANGLE OF TRANSMISSION COEFFICIENT IN DEGREES
0,185λ
0,0487

(Β) Για να υπολογίσουμε την ισχύ στο φορτίο θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον εξής τύπο:

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

Και αντικαθιστώντας τα δεδομένα στην δική μας περίπτωση $P = V_{s,rms}^2 / 4R_g$ προκύπτει P = 5mW.

(Γ) Παρακάτω αναλύονται οι διαδικασίες που υλοποιήθηκαν και σε περιβάλλον προγραμματισμού MATLAB για τον υπολογισμό και την οπτικοποίηση της ισχύος σε φάσμα συχνοτήτων για τις διάφορες περιπτώσεις του ερωτήματος (Α). Και στις τρεις περιπτώσεις:

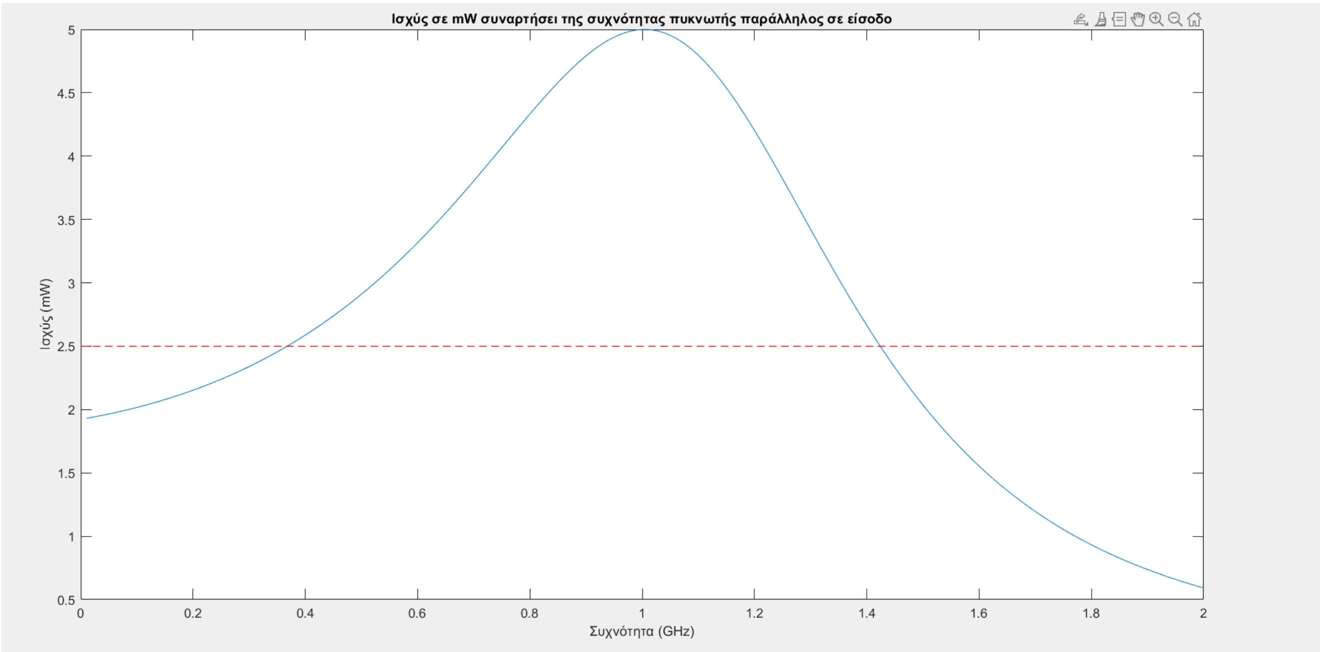
- Ορίζονται οι βασικές παράμετροι του κυκλώματος όπως η συχνότητα λειτουργίας (f_0 = 1 GHz), ο αριθμός των συχνοτήτων (N = 201) και οι αντιστάσεις της γραμμής μετάδοσης, του φορτίου και της εσωτερικής αντίστασης της πηγής.
- Παράγεται ένα φάσμα συχνοτήτων από 0 έως 2 GHz για την ανάλυση.
- Μετατρέπονται τα μήκη των γραμμών σε ηλεκτρικά μήκη συναρτήσει των συχνοτήτων.
- Υπολογίζεται η πυκνωτική αντίσταση (XC) για κάθε συχνότητα.
- Υπολογίζεται η νέα μιγαδική αντίσταση του φορτίου (επαγωγικό) Z_L.
- Αναλύονται οι αντιστάσεις στα διάφορα τμήματα του κυκλώματος με τη χρήση των ηλεκτρικών μηκών και των δομικών στοιχείων, οδηγώντας στην εύρεση της εισερχόμενης αντίστασης (Z_{in}).
- Η ισχύς στο φορτίο υπολογίζεται με βάση την τάση RMS της γεννήτριας και την αντίσταση εισόδου του κυκλώματος. Η έκφραση της ισχύος πολλαπλασιάζεται με 10^{-3} για την μετατροπή της σε mW.
- Τα δεδομένα ισχύος σχεδιάζονται ως συνάρτηση της συχνότητας. Επισημαίνεται μία αναφορική τιμή ισχύος με μια οριζόντια γραμμή για οπτική σύγκριση.

Τα διαγράμματα δείχνουν την ισχύ σε mW ως συνάρτηση της συχνότητας για ένα φάσμα από 0 έως 2 GHz. Συγκεκριμένα στο διάγραμμα της ισχύος σε mW με πυκνωτή παράλληλα στο φορτίο, η καμπύλη παρουσιάζει μια ελαφρώς επίπεδη κορυφή και μια ευρύτερη ζώνη μέγιστης απόδοσης γύρω από το 1 GHz. Η ισχύς παραμένει πάνω από τα 2.5 mW για μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων σε σύγκριση με τα άλλα δύο διαγράμματα, δείγμα ευρύτερης και πιο σταθερής απόδοσης.

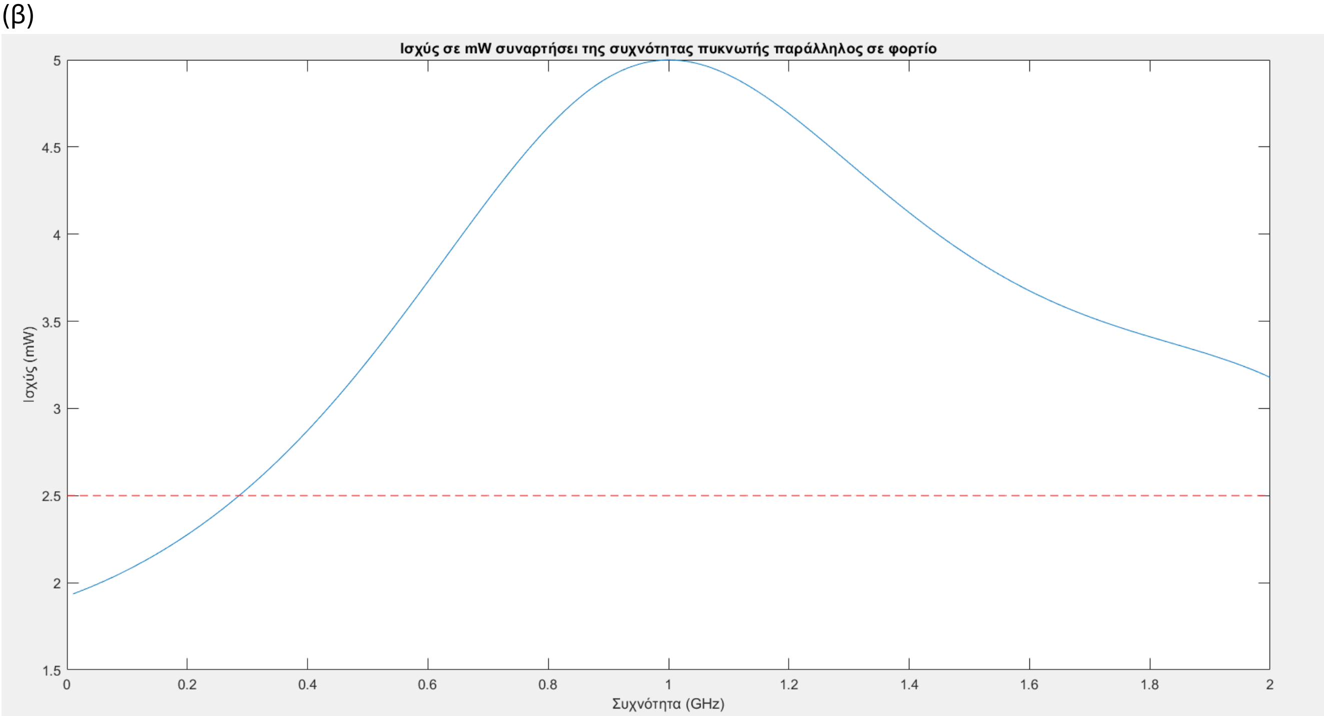
Παρακάτω επισυνάπτω τα διαγράμματα για την κάθε περίπτωση.

(Γ)

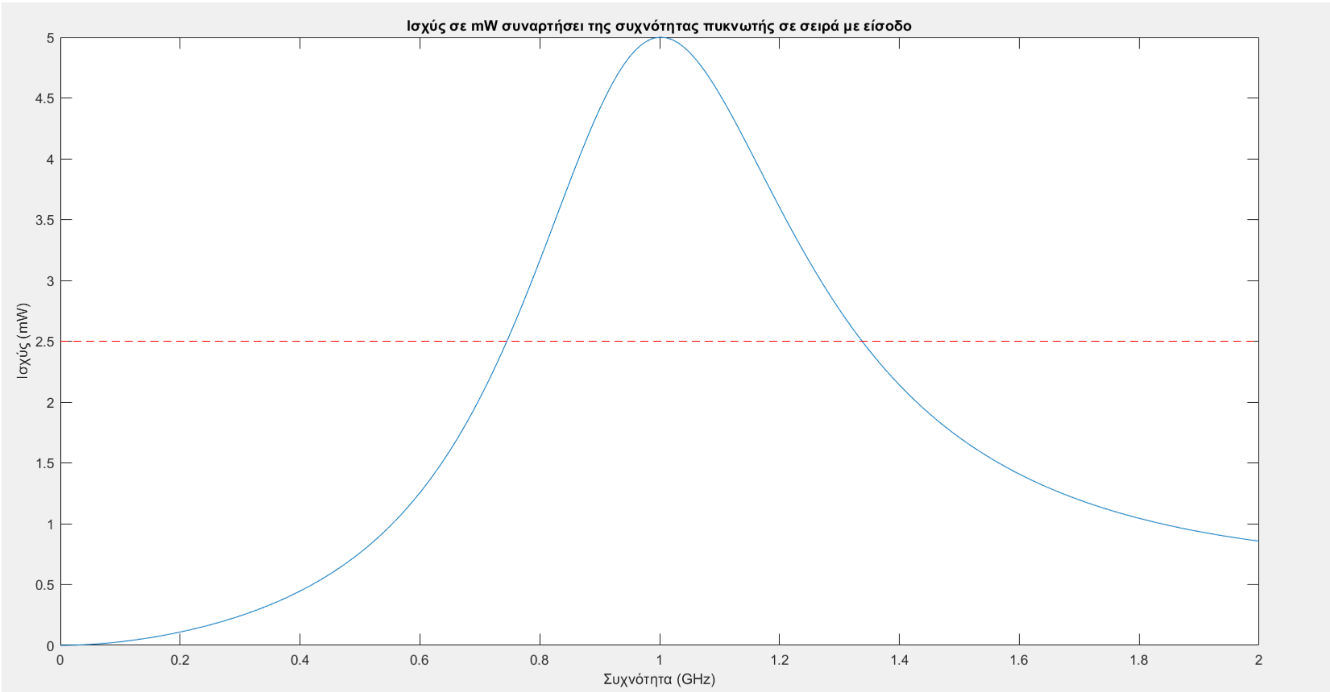
(α)


Ισχύς σε mW συναρτήσει της συχνότητας πυκνωτής παράλληλος σε είσοδο
Ισχύς (mW)
Συχνότητα (GHz)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5

(β)


Ισχύς σε mW συναρτήσει της συχνότητας πυκνωτής παράλληλος σε φορτίο
Ισχύς (mW)
Συχνότητα (GHz)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5

(γ)



Οι αντίστοιχοι κώδικες με σχόλια για καθοδήγηση είναι στο .zip αρχείο που έχει υποβληθεί μαζί. Συγκεκριμένα το plot_power_parallel_entry.m αντιστοιχεί στο (α), το plot_power_parallel_load.m στο (β) και το plot_power_in_series_entry.m στο (γ) αντίστοιχα. Επιπλέον ο κώδικας power_of_load.m βρίσκει την ισχύ σε όλες τις περιπτώσεις.

ΑΣΚΗΣΗ 4

(Α) Στο ερώτημα αυτό δημιούργησα μία συνάρτηση που θα υπολογίζει το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης (σε καθαρό αριθμό) στην είσοδο του κυκλώματος, σε μια ζώνη συχνοτήτων. Το σύστημα περιλαμβάνει τρία κύρια τμήματα γραμμής μετάδοσης και τρεις παράλληλους κλάδους, των οποίων οι γεωμετρίες και ηλεκτρικές ιδιότητες εξαρτώνται από τις διαστάσεις $d1$,$d2$,$d3$,$l1$,$l2$,$l3$. Η συνάρτηση παίρνει ως είσοδο της διαστάσεις (παραμέτρους βελτιστοποίησης) σε μορφή διανύσματος p. Η συνάρτηση επιστρέφει το μέσο όρο του |Γ| στη ζώνη συχνοτήτων που όρισα. Τον μέσο όρο αυτόν πρόκειται σε επόμενα ερωτήματα να ελαχιστοποιήσω με εργαλεία βελτιστοποίησης. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία που χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίηση σε προγραμματιστική πλατφόρμα MATLAB:

- Ορίζεται η χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς.
- Ορίζεται η αντίσταση φορτίου στο τέλος της γραμμής μεταφοράς.
- Θεωρείται το μήκος κύματος ίσο με 1, για απλοποίηση των υπολογισμών.
- Δημιουργεί ένα διάνυσμα κανονικοποιημένων συχνοτήτων από 0.5 έως 1.5 με βήμα 0.01.
- Υπολογίζεται η σταθερά διάδοσης στο φάσμα των κανονικοποιημένων συχνοτήτων.
- Υπολογίζονται οι εισερχόμενες αντιστάσεις για κάθε τμήμα και κλάδο του κυκλώματος με τη χρήση των μετατροπών που εκτελέστηκαν.
- Υπολογίζεται ο συντελεστής ανάκλασης, το μέτρο του και η μέση τιμή στο εύρος των συχνοτήτων.

(Β) Σε αυτό το ερώτημα στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση της μέσης τιμής του συντελεστή ανάκλασης στο φάσμα των συχνοτήτων (μέτρο προσαρμογής). Για να επιτευχθεί χρησιμοποιήθηκε το έτοιμο εργαλείο βελτιστοποίησης σε προγραμματιστική πλατφόρμα MATLAB Jaya Optimization Toolbox. Εκεί ορίστηκαν οι παράμετροι που ζητήθηκαν από την άσκηση, όπως φαίνεται παρακάτω.

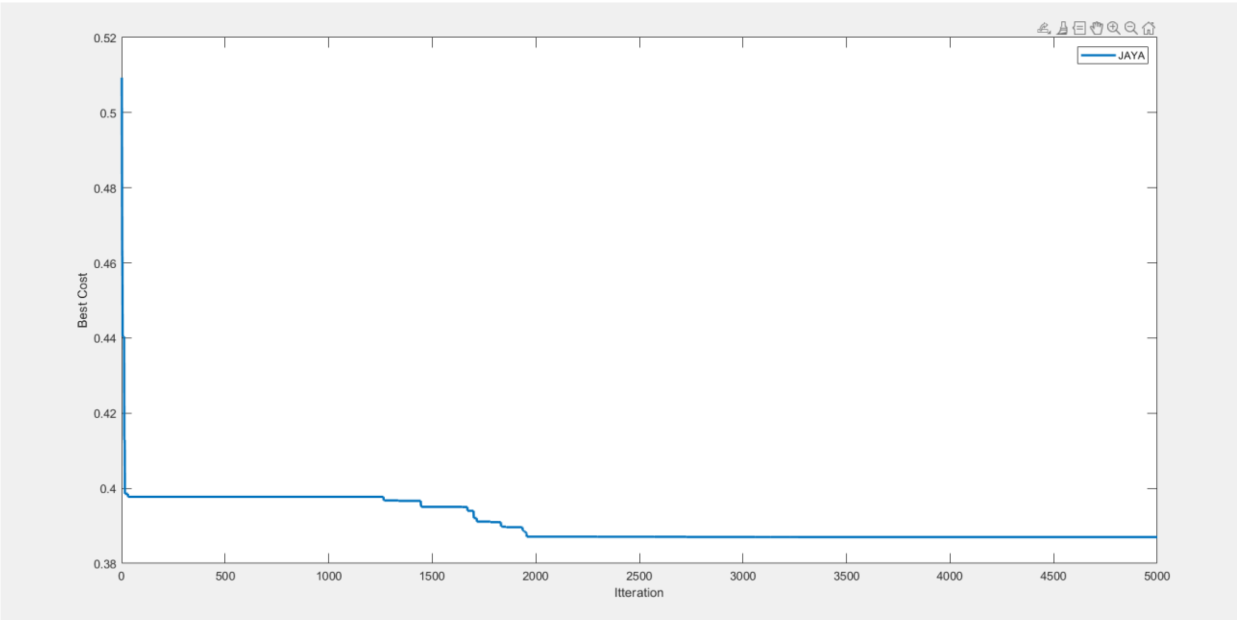
```
%% Problem Definition

pop = 1000;                            % Population size (αυξήθηκε για καλύτερο αποτέλεσμα)
var = 6;                               % Number of design variables
maxGen = 5000;                         % Maximum number of iterations
mini = 0.05*ones(1, var);              % Lower Bound of Variables
maxi = 1*ones(1, var);                 % Upper Bound of Variables
objective = @calculate_average_gamma;  % Cost Function
```

Στη συνέχεια έτρεξα το πρόγραμμα και έλαβα τα εξής αποτελέσματα:

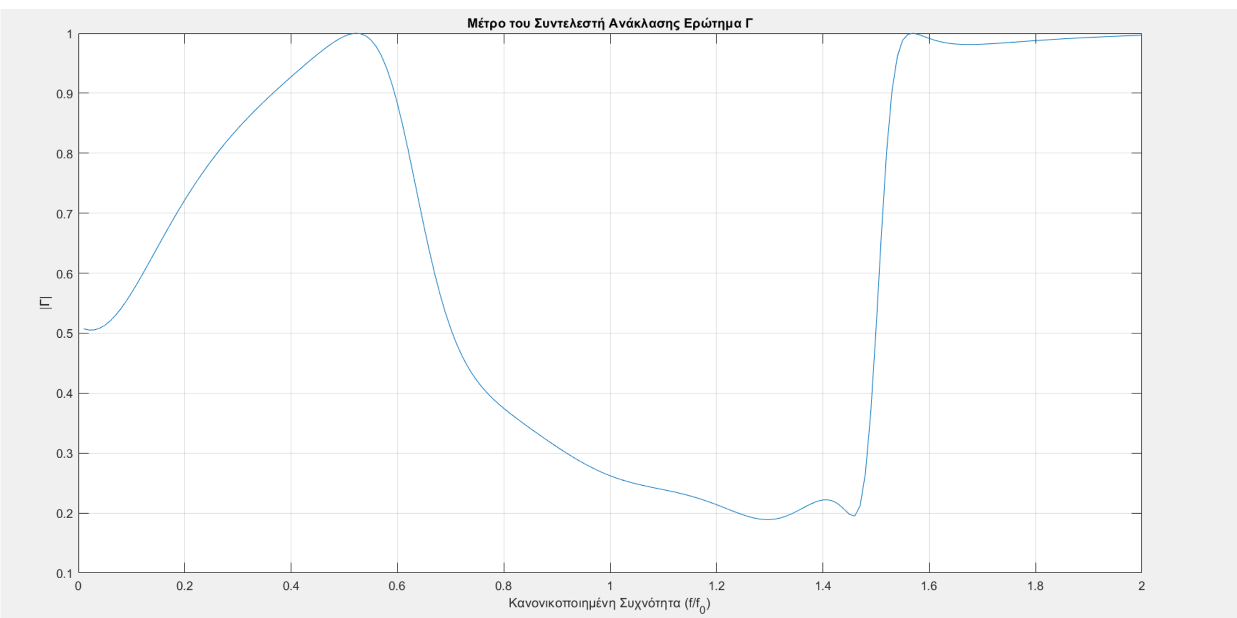
- Βέλτιστο set παραμέτρων: P = [0.2333 0.0814 0.1486 0.4783 0.1167 0.05]

- Βελτιστοποιημένος συντελεστής ανάκλασης: Optimum value = 0.3870160196

Επίσης έλαβα και το παρακάτω διάγραμμα που αναπαριστά την βελτιστοποίηση του κόστους (|Γ|)



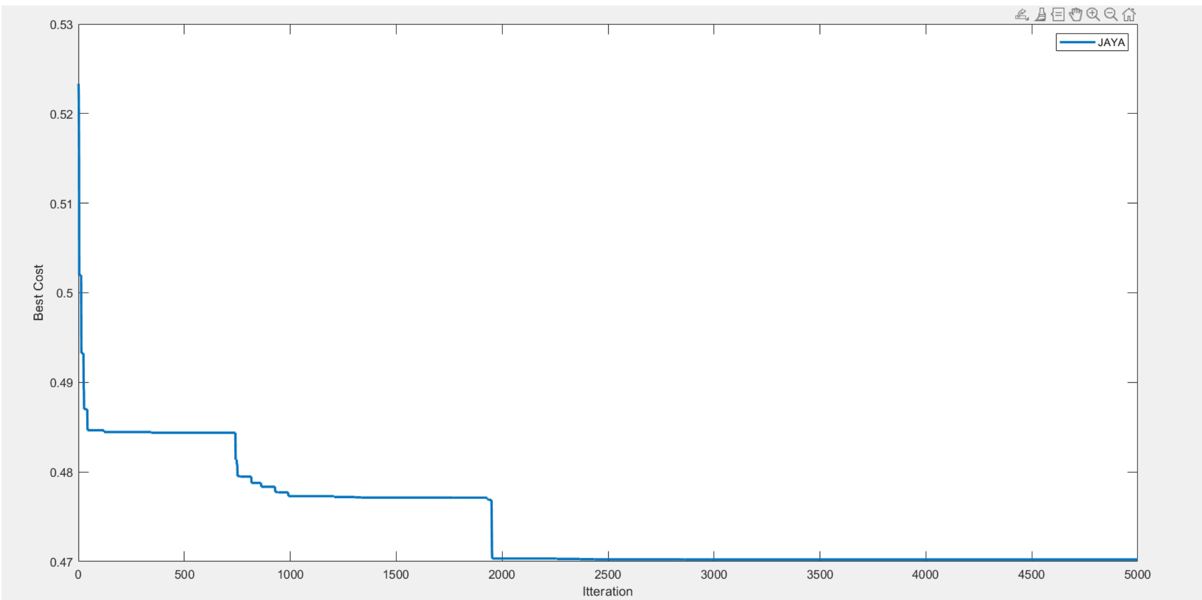
(Γ) Παίρνοντας το βέλτιστο set παραμέτρων και τροποποιώντας ελαφρός την συνάρτηση που περιεγράφηκε στο ερώτημα (Α), δηλαδή αλλάζοντας το κανονικοποιημένο φάσμα, προσθέτοντας διάγραμμα για οπτικοποίηση και καλώντας την συνάρτηση με όρισμα το βέλτιστο set αυτό, απεικονίστηκε το διάγραμμα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης (σε καθαρό αριθμό) σε μια ζώνη από $0.01f_0$ έως $2f_0$. Έτσι προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα:



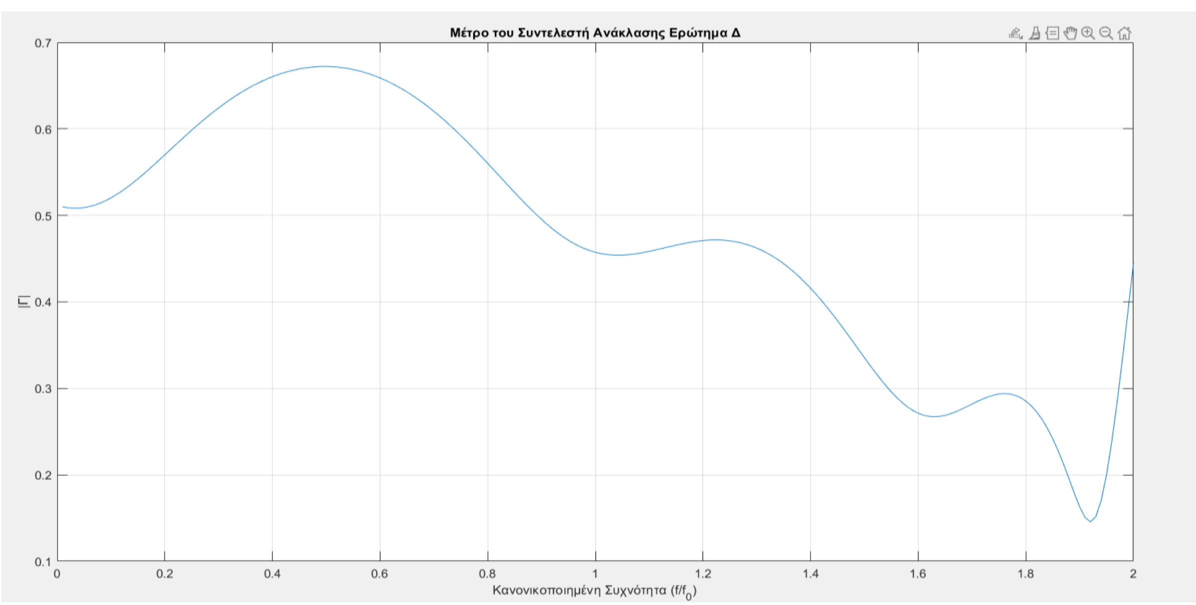
(Δ) Επαναλαμβάνοντας ουσιαστικά την διαδικασία που ακολουθήσαμε στα προηγούμενα ερωτήματα ορίστηκε εκ νέου μία συνάρτηση όπως αυτή στο (Α) ερώτημα με μόνη διαφορά το νέο κανονικοποιημένο φάσμα συχνοτήτων από $0.01f_0$ έως $2f_0$ με βήμα 0.01. Έτσι, βάζοντας πάλι την συνάρτηση αυτή στο Jaya Optimization Toolkit ως συνάρτηση κόστους παίρνουμε (με ίδιες παραμέτρους με το ερώτημα (Β)) τα εξής αποτελέσματα:

- Βέλτιστο set παραμέτρων: P = [0.2206 0.1123 0.1248 0.0851 0.0824 0.05]
- Βελτιστοποιημένος συντελεστής ανάκλασης: Optimum value = 0.4702324282

Επίσης έλαβα και το παρακάτω διάγραμμα που αναπαριστά την βελτιστοποίηση του κόστους (|Γ|)



Τέλος, καλώντας όπως στο ερώτημα (Γ) την συνάρτηση που επιστρέφει τον μέσο όρο των τιμών του συντελεστή ανάκλασης στο εύρος συχνοτήτων από $0.01f_0$ έως $2f_0$ με βήμα 0.01 και οπτικοποιώντας τα αποτελέσματα παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα:

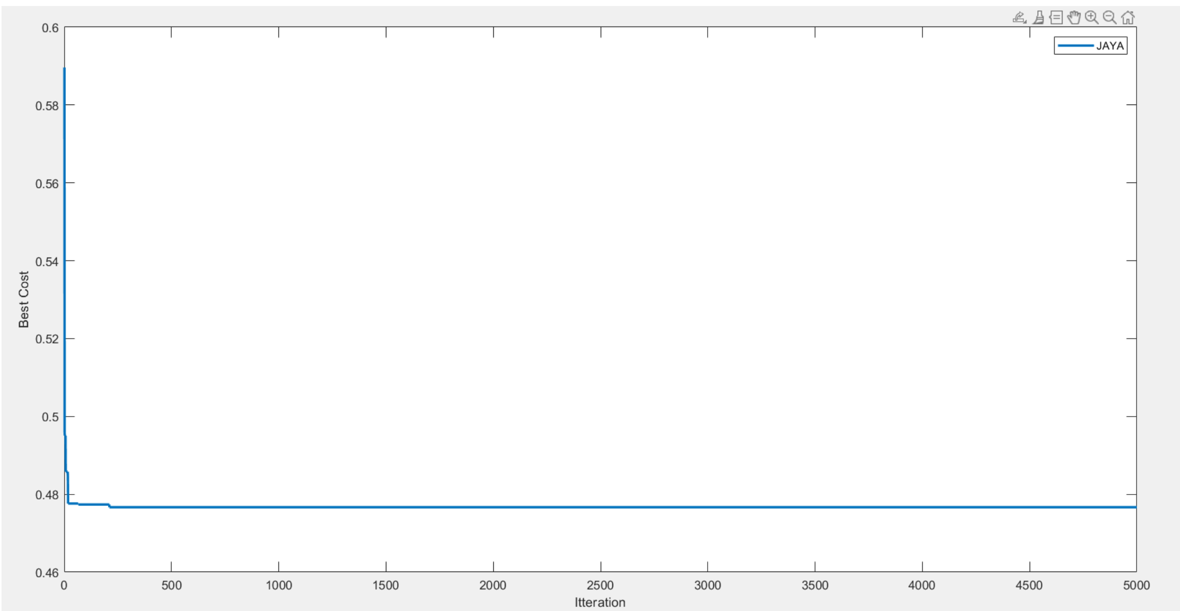


(Ε) Η διαδικασία εύρεσης του ζητούμενο και σε αυτό το ερώτημα είναι παραπλήσια των προηγούμενων ερωτημάτων και συγκεκριμένα του (Δ).

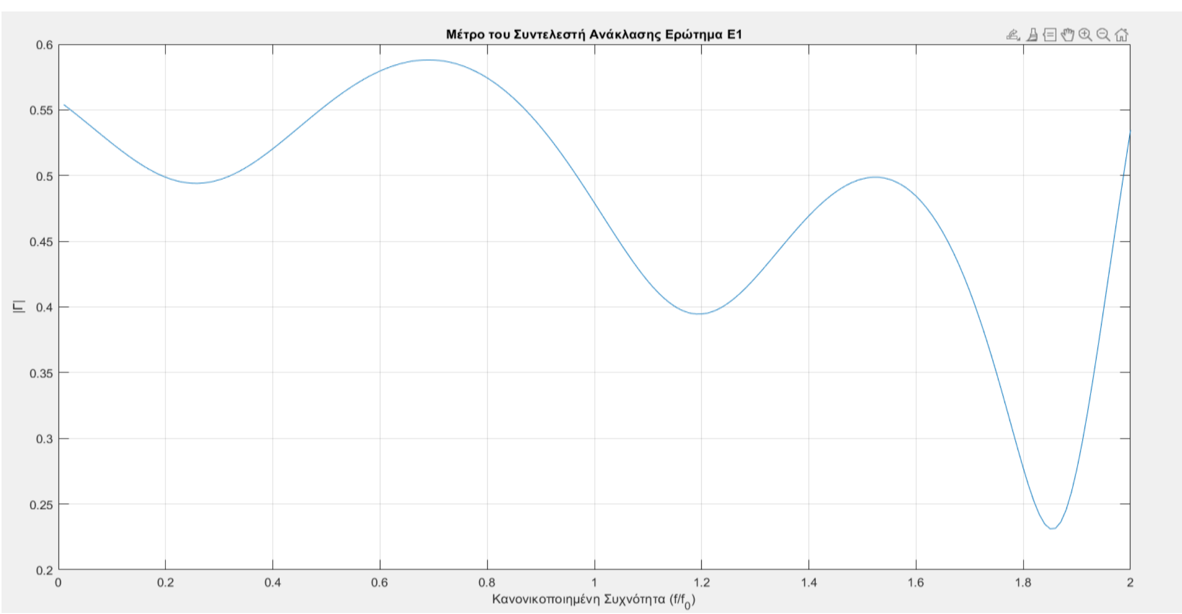
Στην περίπτωση που το φορτίο αλλάξει σε Z_L = 20 + j30 Ω. Η συνάρτηση παραμένει ίδια με το ερώτημα (Δ) με διαφορά την αρχικοποίηση της μιγαδικής αντίστασης του φορτίου. Τώρα, τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης είναι τα εξής:

- Βέλτιστο set παραμέτρων: P = [0.05 0.2047 0.1567 0.05 0.05 0.05]
- Βελτιστοποιημένος συντελεστής ανάκλασης: Optimum value = 0.4766729287

Διάγραμμα που αναπαριστά την βελτιστοποίηση του κόστους (|Γ|)



Τέλος, καλώντας όπως στο ερώτημα (Δ) την συνάρτηση που επιστρέφει τον μέσο όρο των τιμών του συντελεστή ανάκλασης και οπτικοποιώντας τα αποτελέσματα παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα:

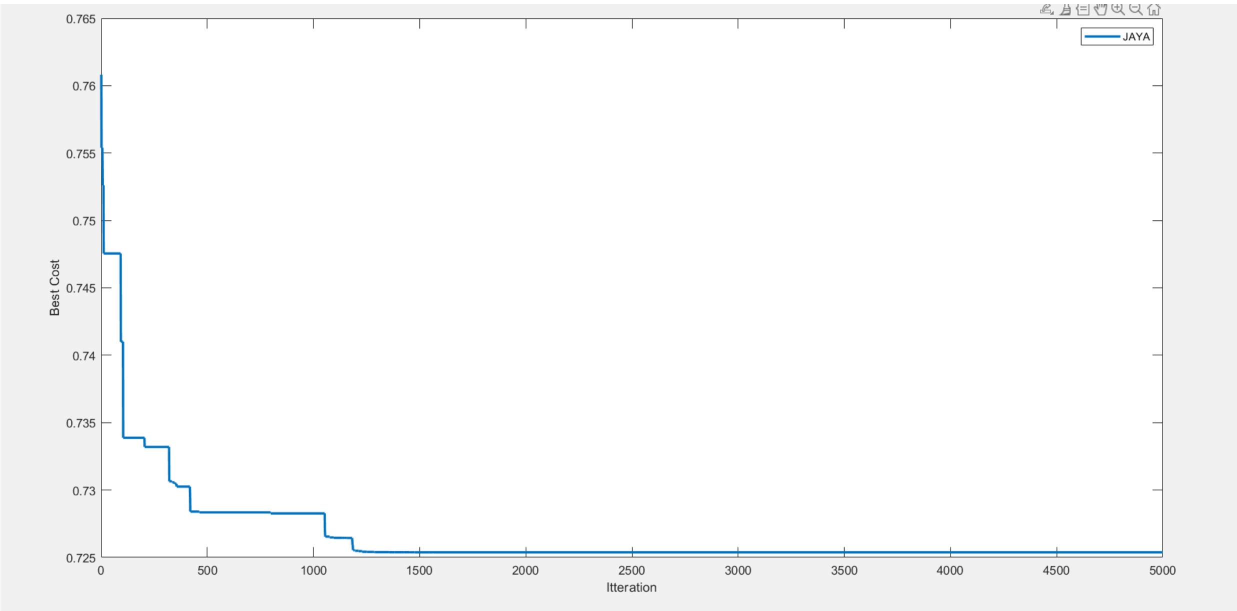


Αντίστοιχα στην περίπτωση που το φορτίο αλλάξει σε Z_L = 180 - j200 Ω λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

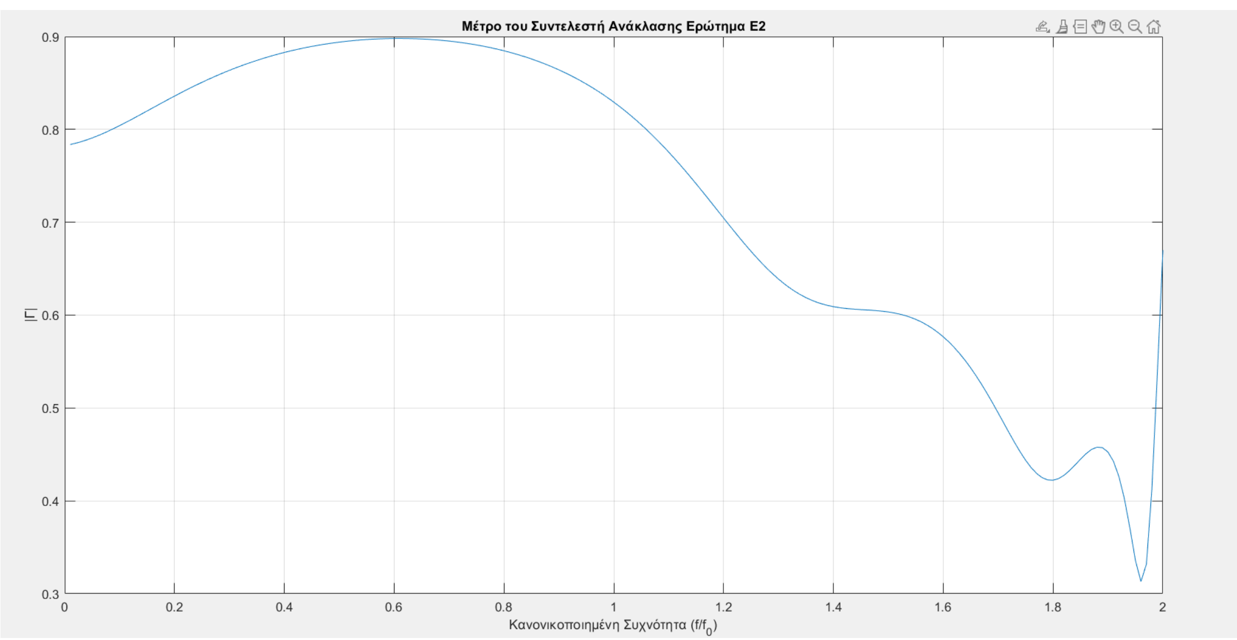
Η συνάρτηση παραμένει ίδια με το ερώτημα (Δ) με διαφορά την αρχικοποίηση της μιγαδικής αντίστασης του φορτίου. Τώρα, τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης είναι τα εξής:

- Βέλτιστο set παραμέτρων: P = [0.1514 0.05 0.0768 0.1107 0.1074 0.0714]
- Βελτιστοποιημένος συντελεστής ανάκλασης: Optimum value = 0.72532786782

Διάγραμμα που αναπαριστά την βελτιστοποίηση του κόστους (|Γ|)



Τέλος, καλώντας όπως στο ερώτημα (Δ) την συνάρτηση που επιστρέφει τον μέσο όρο των τιμών του συντελεστή ανάκλασης και οπτικοποιώντας τα αποτελέσματα παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα:



Οι αντίστοιχοι κώδικες με σχόλια για καθοδήγηση είναι στο .zip αρχείο που έχει υποβληθεί μαζί. Πιο συγκεκριμένα για την άσκηση 1.4 θα δείτε τους κώδικες που αντιστοιχούν στο README.txt.