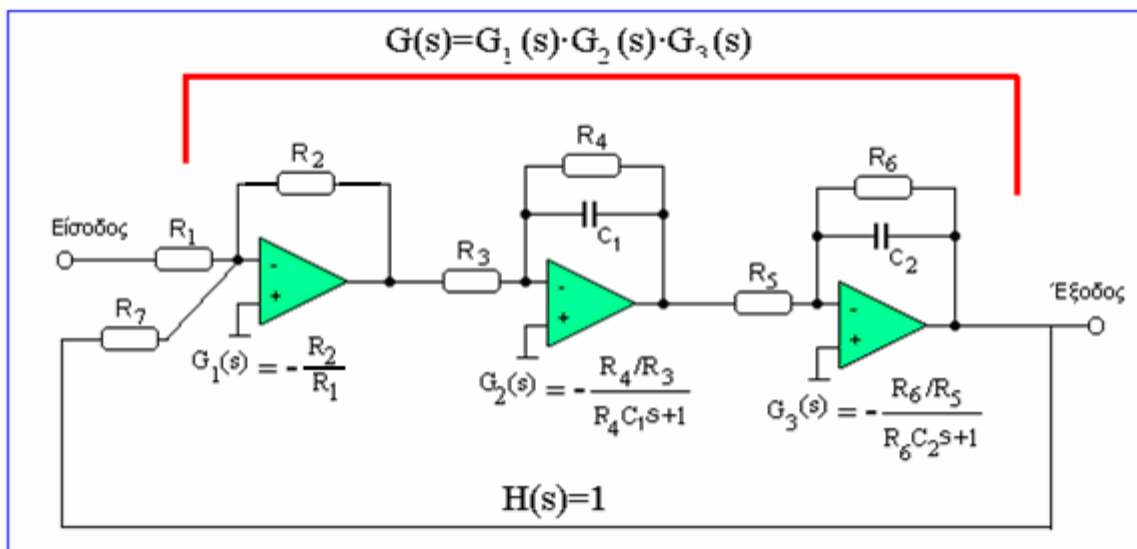


Βελτίωση Συστημάτων

Έστω το σύστημα του σχήματος.



Όπου:

$$R_1 = R_3 = R_5 = R_7 = 50 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = R_4 = R_6 = 100 \text{ k}\Omega,$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 12 \text{ nF}.$$

A . Πρώτο σκέλος ερωτημάτων.

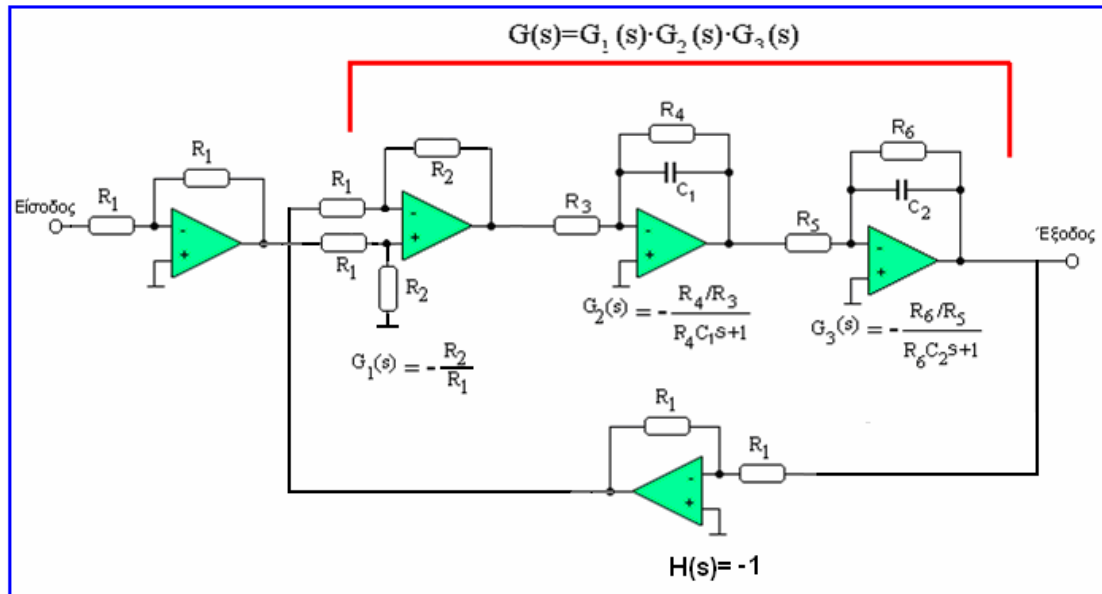
1. Υπολογίστε τη συνάρτηση μεταφοράς του ανοικτού βρόχου,
2. Υπολογίστε την συνάρτηση του κλειστού βρόχου.
3. Με την βοήθεια του των διαγραμμάτων Bode μελετήστε την ευστάθεια του συστήματος.
4. Ποια είναι η χρονική απόκριση του συστήματος με σήμα εισόδου αυτή της βηματικής συνάρτησης. Καταγράψτε όλα τα χαρακτηριστικά της.

B . Δεύτερο σκέλος ερωτημάτων.

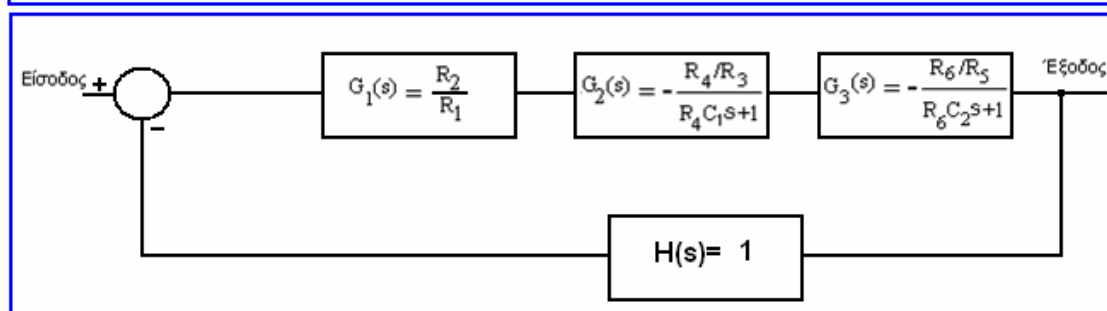
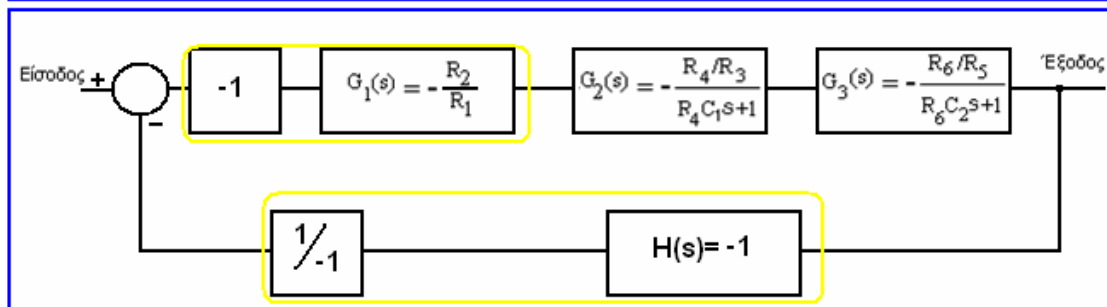
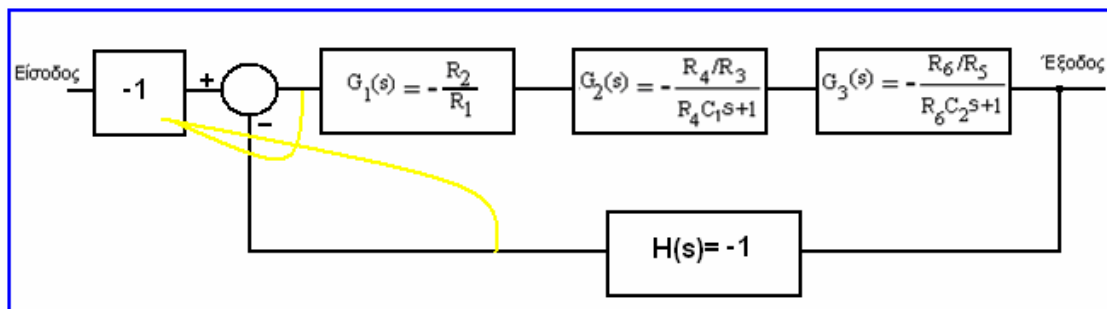
1. Σχεδιάστε ελεγκτή ώστε το σύστημα να είναι ευσταθές και ο συντελεστής απόσβεσης του συστήματος να είναι $\zeta = 0,7$
2. Καταγράψτε την βηματική απόκριση του βελτιωμένου συστήματος. Καταγράψτε όλα τα χαρακτηριστικά της.

Διαδικασία επίλυσης προβλήματος.

Με απλή παρατήρηση μπορούμε να τροποποιήσουμε το αρχικό σύστημα στο επόμενο ισοδύναμο.

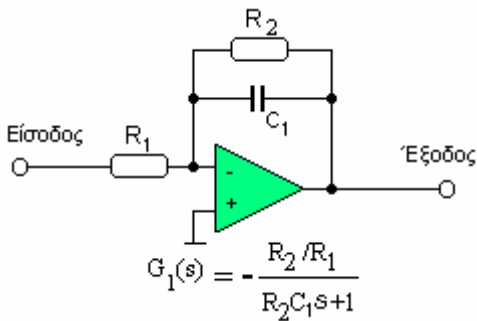


Η ακόμη απλοποιώντας και χρησιμοποιώντας διαγράμματα βαθμίδων καταλήγουμε,



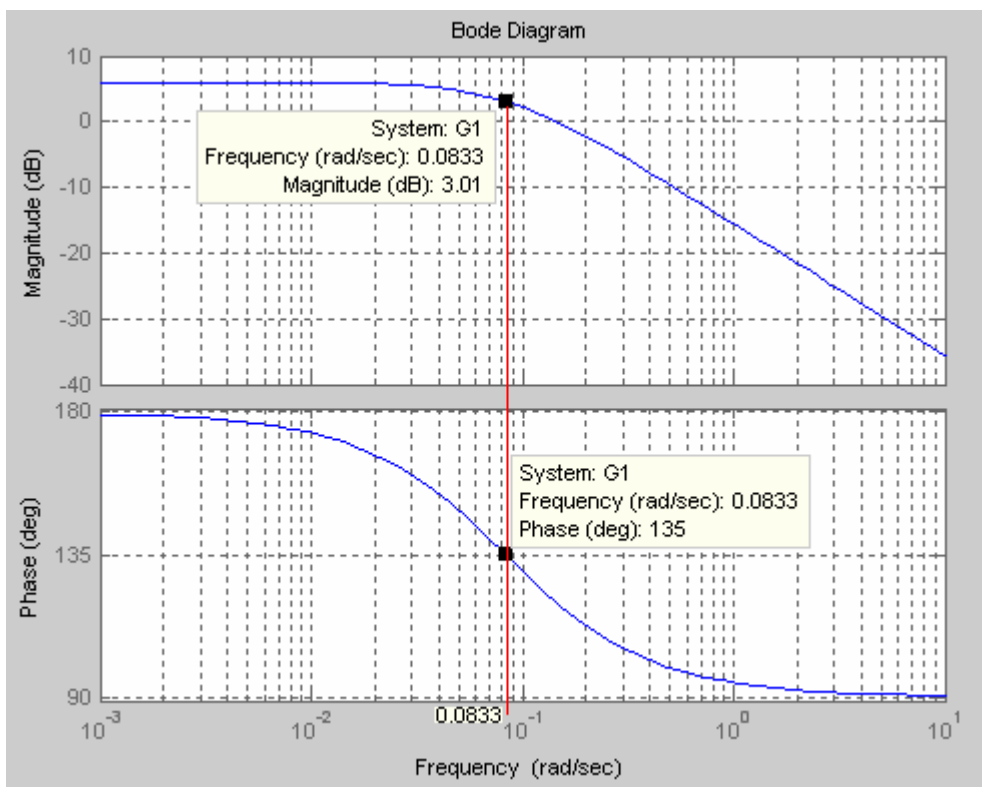
Συνάρτηση μεταφοράς της μιας βαθμίδας

$$R_1=50\text{k}\Omega, \quad R_2=100\text{k}\Omega, \quad C_1=12\text{nF}.$$



$$G_1(s) = -\frac{R_2 \cdot \frac{1}{C \cdot s}}{R_2 + \frac{1}{C \cdot s}} = -\frac{R_2}{R_2 \cdot C \cdot s + 1} = -\frac{\frac{R_2}{R_1}}{(R_2 \cdot C \cdot s + 1)}$$

$$G_1(s) = -\frac{100 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-9} \cdot s + 1} = -\frac{2}{0,0012 \cdot s + 1}$$



Η βαθμίδα έχει απολαβή 6db ($A=2$) ενώ η φάση είναι 180° στις χαμηλές συχνότητες, η δε συχνότητα θάλασεως είναι $\omega_0=0,0833\text{rad/sec}$.

A. Σκέλος απαντήσεων.

Η συνάρτηση μεταφοράς του ανοικτού βρόχου του συστήματος είναι :

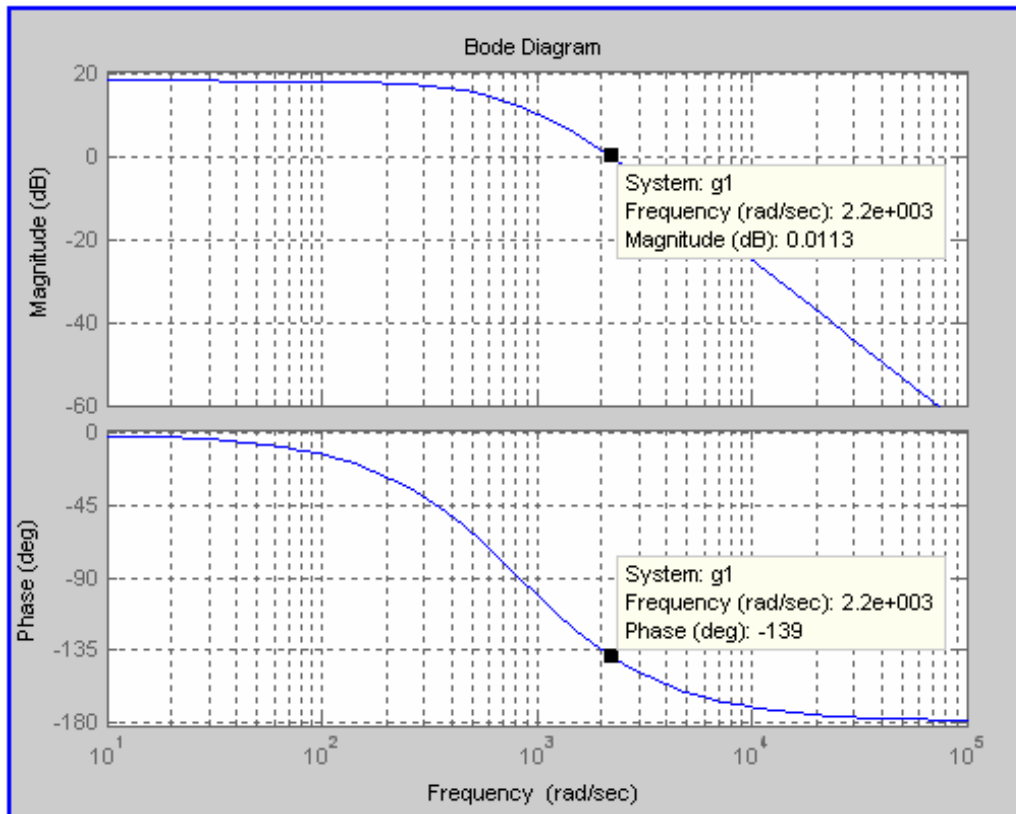
$$G_{total}(s) = G(1) \cdot G(2) \cdot G(3) \cdot H(s) \Rightarrow$$

$$G_{total}(s) = (2) \cdot \left(-\frac{2}{0,0012 \cdot s + 1} \right)^2 (1) \Rightarrow$$

$$G_{total}(s) = 2 \cdot \left(\frac{2^2}{(0,0012 \cdot s + 1)^2} \right) = \frac{8}{(0,0012)^2 \cdot s^2 + 2 \cdot 0,0012 \cdot s + 1} \Rightarrow$$

$$G_{total}(s) = \frac{8}{(0,0012)^2 \cdot s^2 + 0,0024 \cdot s + 1}$$

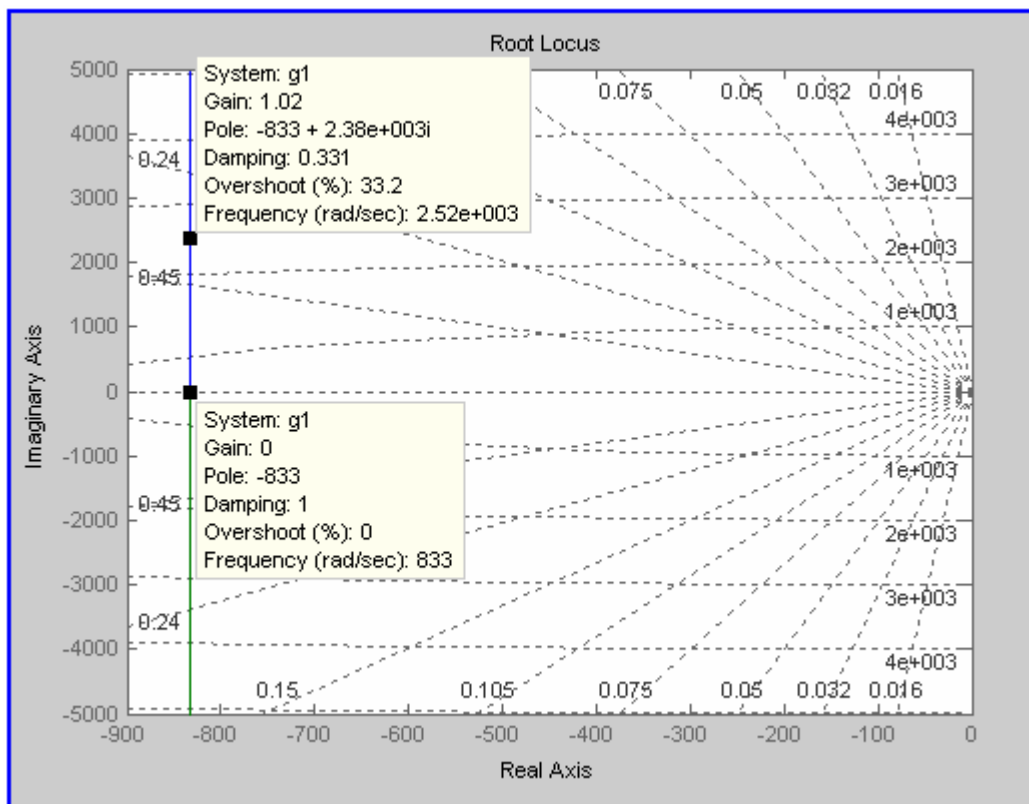
Με την χρήση του προγράμματος MatLab χαράσσουμε τα διαγράμματα Bode



Με βάση τα διαγράμματα Bode το σύστημα είναι ευσταθές

Χαράσσοντας το διάγραμμα του τύπου ριζών από το οποίο εξάγουμε τα επόμενα συμπεράσματα για το κλειστό σύστημα με $K=1$,

- έχει συζυγείς πόλους στα σημεία $-833 \pm j2,38 \cdot 10^3$
- , $\zeta=0,331$
- και υπερύψωση 33,2%.



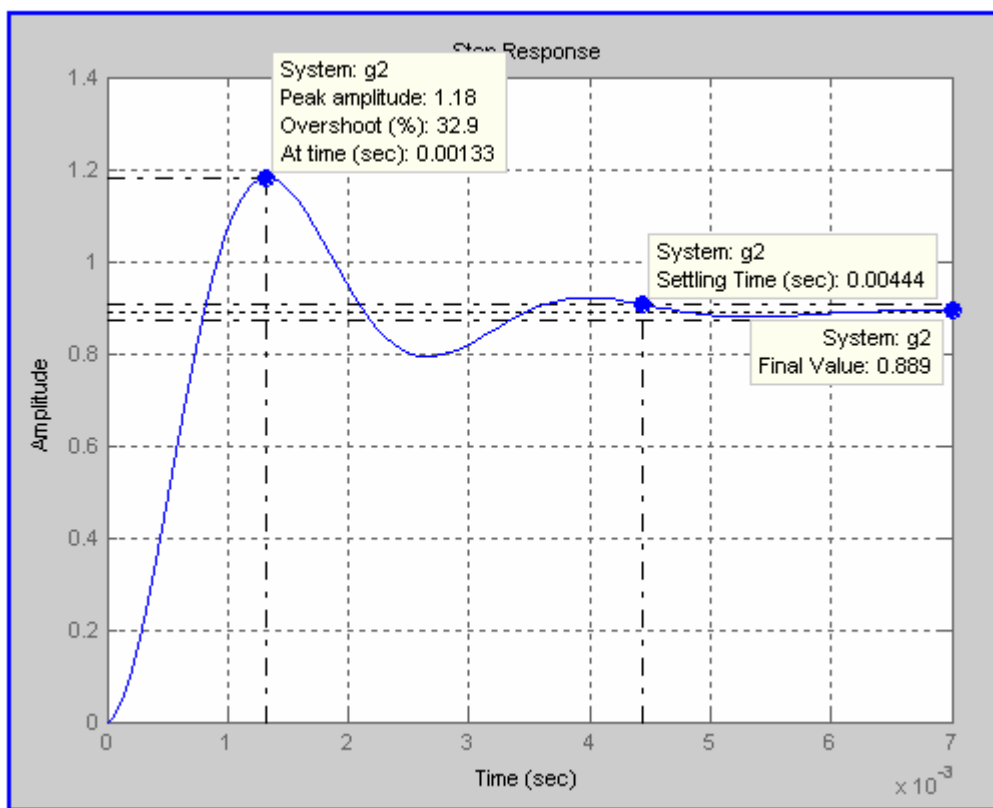
Η συνάρτηση κλειστού βρόχου του συστήματος είναι,

$$F(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s) \cdot H(s)} = \frac{G(1) \cdot G(2) \cdot G(3)}{1 + G(1) \cdot G(2) \cdot G(3) \cdot H(s)} \Rightarrow$$

$$F(s) = \frac{(2) \cdot \left(-\frac{2}{0,0012 \cdot s + 1}\right)^2}{1 + (2) \cdot \left(-\frac{2}{0,0012 \cdot s + 1}\right)^2 (1)} = -\frac{8}{(0,0012 \cdot s + 1)^2} = -\frac{8}{(0,0012 \cdot s + 1)^2 + 8} \Rightarrow$$

$$F(s) = -\frac{8}{(0,0012)^2 \cdot s^2 + 0,0024 \cdot s + 9}$$

Η χρονική απόκριση του συστήματος είναι η επόμενη,

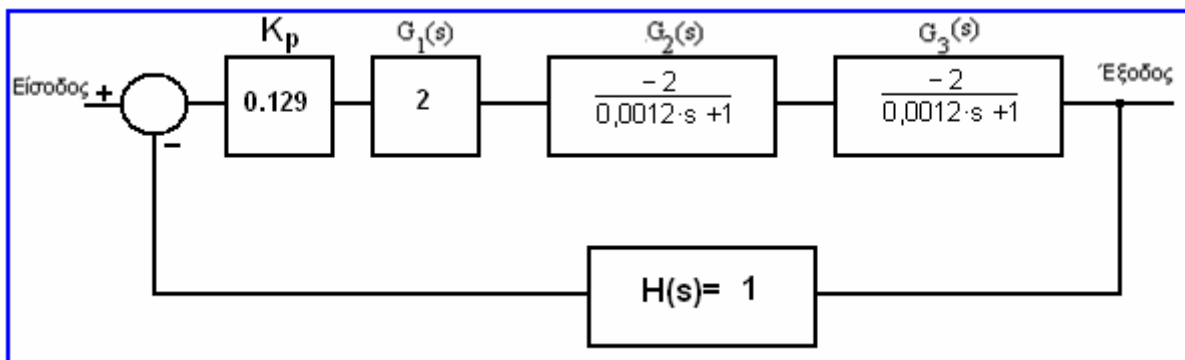
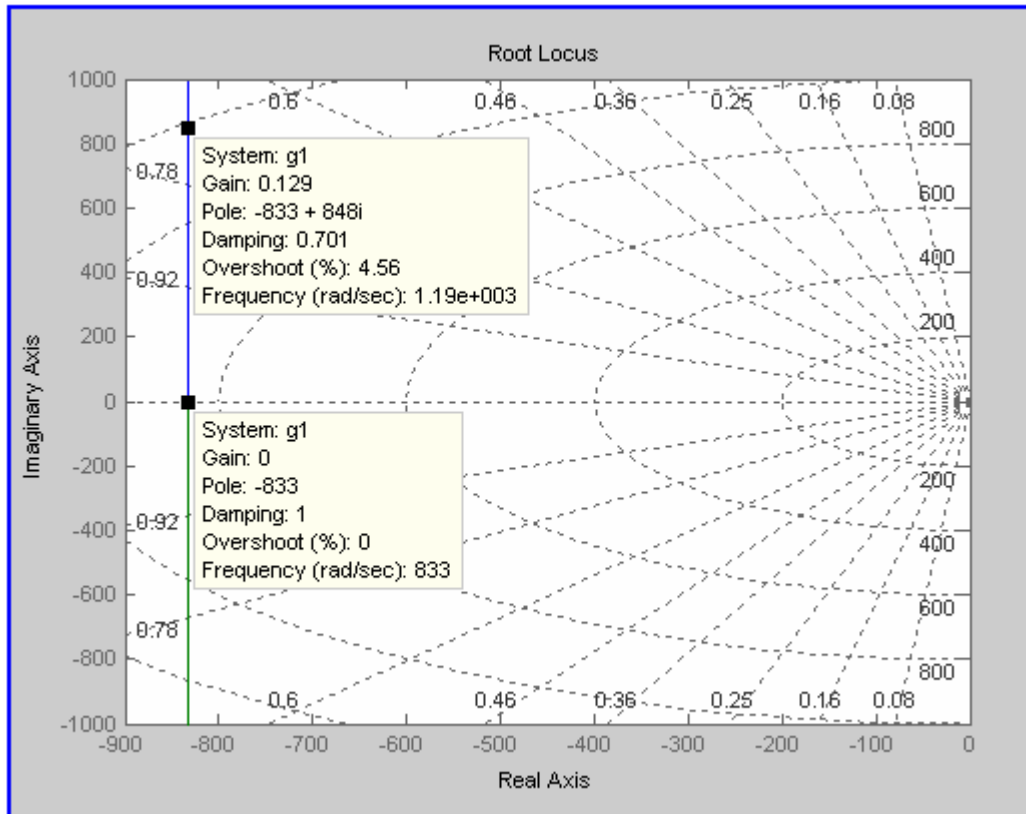


Το αποτέλεσμα είναι το αναμενόμενο και όπως έχει περιγραφεί στην προηγούμενη παράγραφο από το διάγραμμα του τύπου ριζών.

B. Σκέλος απαντήσεων.

Η απαίτηση του προβλήματος είναι μόνο η ρύθμιση του συντελεστή απόσβεσης $\zeta=0,7$. Με την βοήθεια του διαγράμματος τύπου των ριζών βρίσκουμε το σημείο όπου $\zeta=0,7$ διαπιστώνουμε ότι αρκεί να θέσουμε μόνο έναν αναλογικό ελεγκτή με απολαβή $K=0,129$.

Μειώνοντας την απολαβή του απ' ευθείας δρόμου γνωρίζουμε ότι το σύστημα θα γίνει πιο αργό.



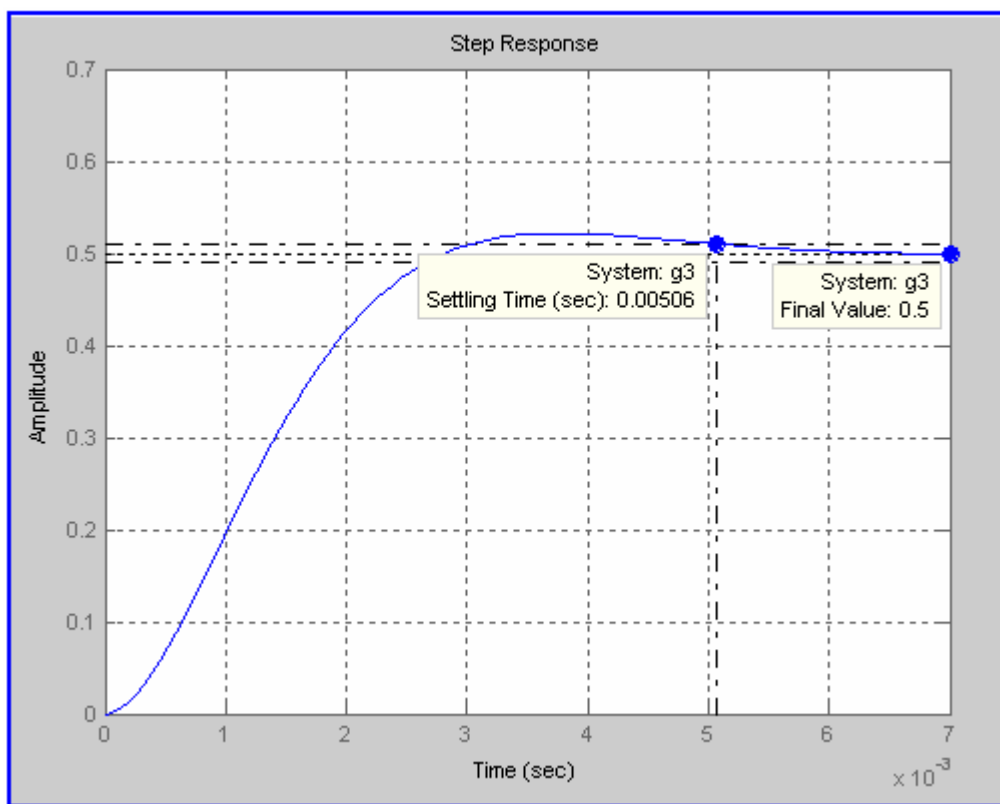
Η συνάρτηση κλειστού βρόχου του συστήματος είναι,

$$F(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s) \cdot H(s)} = \frac{K_p \cdot G(1) \cdot G(2) \cdot G(3)}{1 + K_p \cdot G(1) \cdot G(2) \cdot G(3) \cdot H(s)} \Rightarrow$$

$$F(s) = \frac{(0.129) \cdot (2) \cdot \left(-\frac{2}{0,0012 \cdot s + 1}\right)^2}{1 + (0.129) \cdot (2) \cdot \left(-\frac{2}{0,0012 \cdot s + 1}\right)^2 (1)} \cong \frac{1}{(0,0012 \cdot s + 1)^2} \cong \frac{1}{(0,0012 \cdot s + 1)^2 + 2} \Rightarrow$$

$$F(s) \cong \frac{1}{(0,0012)^2 \cdot s^2 + 0,0024 \cdot s + 2}$$

Η χρονική απόκριση του συστήματος είναι,



Ο χρόνος αποκατάστασης του βελτιωμένου συστήματος είναι 5 msec πιο αργό κατά περίπου 1msec σε σχέση με το αρχικό σύστημα..

Αυτό που είναι σημαντικό είναι το μόνιμο σφάλμα που έχει αυξηθεί κατά (τελική τιμή 0,889→0,5) -43%.