

<p><b>Μάθημα:</b> Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου Ι</p> <p><b>Εισηγητής:</b> Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος</p>	<p><b>Ακαδημαϊκό Έτος 2011-12</b> <b>Εξάμηνο Εαρινό</b> <b>Α΄ Εξεταστική Περίοδος</b> Σημειώσεις : κλειστές Διάρκεια εξέτασης: 2 ώρες Ημ. εξέτασης: 29/6/2012</p>
--	---

**Θέμα 1. (2.75 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 20 λεπτά)**

A) Βρείτε εάν οι παρακάτω συναρτήσεις μεταφοράς αντιπροσωπεύουν ευσταθή ή μη ευσταθή συστήματα. Σε κάθε περίπτωση, αιτιολογήστε την απάντησή σας.

i)  $G(s) = \frac{(s^2 + 9s + 3)}{(s^4 + 6s^3 + 4s^2 + 6s + 4)(s^2 + 25)}$  (0.75 Μονάδες), ii)  $G(s) = \frac{5}{(s^2 + 2s + 5)}$  (0.5 Μονάδες),

iii)  $G(z) = \frac{z + 7}{z^2 + 2z + 5}$  (0.5 Μονάδες), iv)  $G(z) = \frac{z + 7}{(z + 1)(z + 2)}$  (0.25 Μονάδες)

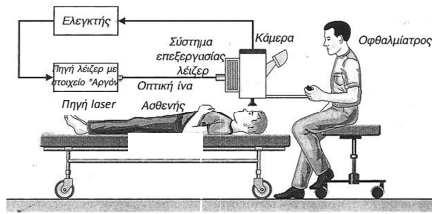
B) Θεωρήστε δύο συνεχή συστήματα 2<sup>ης</sup> τάξης που περιγράφονται από τις συναρτήσεις μεταφοράς:

$$G_1(s) = \frac{800}{s^2 + 2000s + 100}, \quad G_2(s) = \frac{400}{s^2 + 2.5s + 100}$$

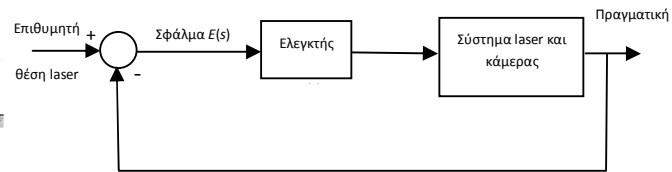
διακριτοποιηθεί με διάστημα δειγματοληψίας ίσο με μια χρονική μονάδα, ποιό από τα δύο σήματα θα έχει καλύτερη αναπαράσταση στο διακριτό χρόνο; Αιτιολογήστε την απάντησή σας. (0.75 Μονάδες)

**Θέμα 2. (5.75 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 50 λεπτά)**

Η χρήση ακτινών laser στο χώρο της οφθαλμοχειρουργικής έχει καθιερωθεί εδώ και αρκετά χρόνια, αφού με τη βοήθειά τους μπορούμε να αφαιρέσουμε ιστούς με πάρα πολύ μεγάλη ακρίβεια. Συνήθως ο στόχος της δέσμης laser είναι ένα συγκεκριμένο σημείο πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού, το οποίο καθορίζεται από τον οφθαλμίατρο. Στη συνέχεια το σύστημα αυτομάτου ελέγχου θα πρέπει να παρακολουθεί τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και να ελέγχει τη θέση της ακτίνας laser ούτως ώστε η επέμβαση να λάβει χώρα στο σωστό σημείο. Για το σκοπό απαιτείται και μια κάμερα που θα παρακολουθεί τη κίνηση του αμφιβληστροειδούς. Η όλη διάταξη για την χειρουργική επέμβαση ματιού με laser φαίνεται εποπτικά στο σχήμα α. Το διάγραμμα βαθμίδων του ανωτέρω συστήματος αυτομάτου ελέγχου απεικονίζεται στο σχήμα β.



(α)



(β)

Ως ελεγκτής χρησιμοποιείται αναλογικός ελεγκτής με συνάρτηση μεταφοράς  $G_c(s)=K_c$ , ενώ η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος laser-κάμερας είναι  $G(s) = \frac{1}{s^3 + 12s^2 + 48s + 2}$ .

Α) Υπολογίστε για ποιές τιμές της ενίσχυσης  $K_c$  του ελεγκτή, το σύστημα κλειστού βρόγχου που δίνεται από τη συνάρτηση μεταφοράς  $G_{CL}(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$  είναι ευσταθές. (1.75 Μονάδες)

Β) Υπολογίστε σε ποιό εύρος τιμών πρέπει να κυμαίνεται η ενίσχυση  $K_c$  του ελεγκτή, ούτως ώστε για βηματική μεταβολή στην επιθυμητή τιμή, το σφάλμα σε μόνιμη κατάσταση να είναι το πολύ ίσο με το 5% της τιμής της βηματικής μεταβολής. (1.75 Μονάδες)

Γ) Προκειμένου να μη προκαλείται βλάβη στους οφθαλμούς, εκτός από την επίτευξη ικανοποιητικού σφάλματος σε μόνιμη κατάσταση, θα πρέπει η ακτίνα laser να κινείται αρκετά γρήγορα. Συγκεκριμένα για τη σωστή λειτουργία του συστήματος, όταν συμβαίνει μια βηματική μεταβολή στην επιθυμητή θέση της ακτίνας laser  $X(t)$  από την τιμή 0 στην τιμή 32, τότε θα πρέπει η πραγματική θέση της ακτίνας laser  $Y(t)$  να έχει ξεπεράσει την τιμή 30 σε λιγότερο από 2 μονάδες χρόνου. Υπολογίστε εάν αυτή η προδιαγραφή πληρείται για την τιμή της ενίσχυσης του ελεγκτή  $K_c=62$ . (2.25 Μονάδες)

Υπόδειξη: Για να απαντήσετε στο ερώτημα, θα πρέπει πρώτα να υπολογίσετε την πραγματική θέση της ακτίνας laser  $Y(t)$  ως συνάρτηση του χρόνου

**Θέμα 3. (1.5 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 5 λεπτά)**

Δίνονται τα παρακάτω δεδομένα συχνοτικής απόκρισης από τον ανοιχτό βρόγχο ενός συστήματος τρίτης τάξης:

Συχνότητα (Hz)	1	3	3.5	4	6	10	14	30	50
$20 \log( G(j\omega) )$ (dB)	17	23	25	22	12	3	0	-15	-30
$\angle G(j\omega)$ ( $^\circ$ )	-10	-30	-57	-85	-120	-147	-160	-180	-190

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα:

A) Αποφανθείτε για την ευστάθεια του κλειστού βρόγχου του ανωτέρω συστήματος. (0.5 Μονάδες)

B) Βρείτε τις τιμές των παρακάτω μεγεθών: i) Κρίσιμη συχνότητα, ii) Συχνότητα συντονισμού, iii) Περιθώριο ενίσχυσης, iv) Περιθώριο φάσης (0.5 Μονάδες)

Γ) Για το ίδιο σύστημα, σχεδιάστε ποιοτικά το διάγραμμα Nyquist και δείξτε επάνω του το περιθώριο φάσης και το περιθώριο ενίσχυσης (0.5 Μονάδες)

Σε κάθε περίπτωση, αιτιολογήστε την απάντησή σας.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ LAPLACE

$F(s)=L[f(t)]$	$f(t)=L^{-1}[F(s)]$
$1/s$	$u(t)$ (μοναδιαία βηματική)
$1/(s+a)$	$e^{-at}$
$1/(s+a)^2$	$te^{-at}$
$1/(s+a)^3$	$0.5t^2 e^{-at}$

#### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΜΕΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ (ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΡΙΖΕΣ):

$$C_k = \lim_{s \rightarrow \lambda_k} (s - \lambda_k) F(s) \text{ για διακεκριμένες ρίζες } \lambda_k$$

$$C_k = \lim_{s \rightarrow \lambda} \frac{1}{(r-k)!} \frac{d^{r-k} [(s-\lambda)^r F(s)]}{ds^{r-k}} \text{ για μη διακεκριμένη ρίζα } \lambda \text{ με πολλαπλότητα } r$$

$$\text{Επίσης βοηθητικά δίνονται: } (s+a)^3 = s^3 + 3as^2 + 3a^2s + a^3, \quad \left(\frac{1}{f}\right)' = -\frac{f'}{f^2}$$

**Καλή επιτυχία**

**Ο Εισηγητής**

**Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος  
Επίκουρος Καθηγητής**