



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Μηχανολογικών Κατασκευών και Αυτομάτου Ελέγχου

2.3.2007.6 Μοντελοποίηση & Αυτόματος Έλεγχος Συστημάτων

Επαναληπτική Εξέταση Εαρινού Εξαμήνου (22^α Σεπτεμβρίου '23)

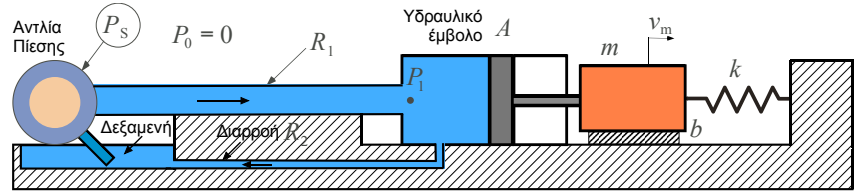
Παρατηρήσεις

- Έχετε τη σπουδαστική σας ταυτότητα στο θρανίο.
- Μην ανοίξετε το παρόν πριν σας υποδειχθεί.
- Κλειστά βιβλία, μπορείτε να έχετε μαζί σας δύο (2) φύλλα A4 (διπλής όψης).
- Επιτρέπονται: Αριθμομηχανή, κανόνας, μοιρογνωμόνιο, μολύβι/ στυλό, 2 σελίδες A4.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΟΝΤΑΙ τα ΚΙΝΗΤΑ. Πρέπει να είναι απενεργοποιημένα και όχι στο θρανίο.**
- Απαγορεύεται το κάπνισμα
- Μπορείτε να γράψετε με μπλε στυλό διαρκείας ή μαύρο μολύβι.
- Χρησιμοποιείτε για πρόχειρο τις αριστερές σελίδες. Καθαρογράψτε στα κενά.
- Οι αριθμοί σε παρενθέσεις αντιστοιχούν στις εκατοστιαίες μονάδες ανά ερώτηση.
- Διάρκεια εξέτασης **2** ώρες.
- Μη ολοκληρωμένες λύσεις θα ληφθούν υπ' όψη.
- Το παρόν **επιστρέφεται**.
- **Καλή επιτυχία!**

Όνοματεπώνυμο		
Αριθμός Μητρώου		
Πρόβλημα 1	25	
Πρόβλημα 2	25	
Πρόβλημα 3	25	
Πρόβλημα 4	25	
Σύνολο	100	

Πρόβλημα 1 (25 μονάδες)

Το σχήμα παρουσιάζει το φυσικό μοντέλο υδρομηχανικού συστήματος συμπίεσης που έχει ως είσοδο αντλία ελεγχόμενης πίεσης P_s (πηγή πίεσης). Το ρευστό θεωρείται ασυμπίεστο, ο σωλήνας έχει σχετικά μικρό μήκος και μεγάλη διατομή, ενώ το έμβολο έχει επιφάνεια A και διαρροή (επιστροφή στη δεξαμενή). Οι πιέσεις είναι υπερπιέσεις (πίεση περιβάλλοντος 0).



(α) (5) Σχεδιάστε το γράφο του κυκλώματος, το κανονικό δένδρο και τους δεσμούς.

Γράφος	Δένδρο και Δεσμοί (με άλλο χρώμα ή διακεκομμένη)

(β) (5) Γράψτε τις εξισώσεις των στοιχείων και τις ανεξάρτητες εξισώσεις συμβατότητας/ συνέχειας.

Εξισώσεις στοιχείων	Εξισώσεις συμβατότητας	Εξισώσεις συνέχειας

(γ) (2) Ποια είναι η τάξη του συστήματος; Ποιες είναι οι μεταβλητές κατάστασης;

(δ) (5) Δώστε τις εξισώσεις κατάστασης και την εξίσωση εξόδου σε μητρωϊκή μορφή εάν η έξοδος είναι η ταχύτητα $v_m(t)$.

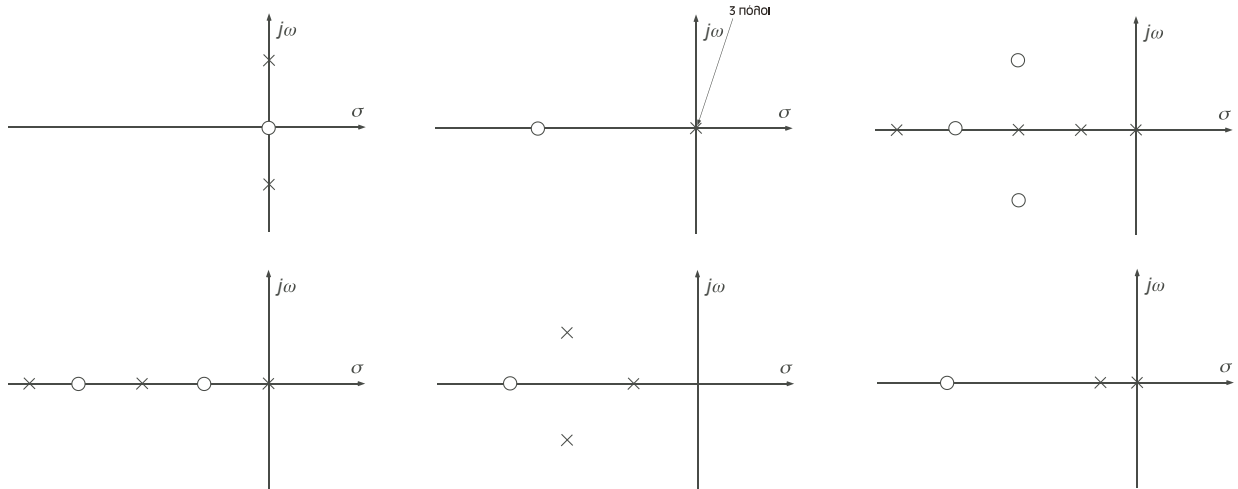
(ε) (4) Βρείτε την ταχύτητα $V_m(s)$ στο πεδίο Laplace, ως συνάρτηση της εισόδου και κατάλληλης συνάρτησης μεταφοράς.

(στ) (2) Εάν έξοδος είναι η μετατόπιση x της μάζας m , βρείτε τη συνάρτηση μεταφοράς $X_m(s)/P_S(s)$.

(ζ) (2) Βρείτε μια έκφραση για τη φυσική συχνότητα ω και τον λόγο απόσβεσης του συστήματος ζ .

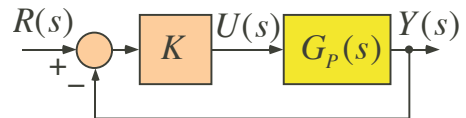
Πρόβλημα 2 (25 μονάδες)

(α) (12) Χαράξτε προσεγγιστικά τον τόπο των ριζών για τις εξής περιπτώσεις πόλων-μηδενιστών ανοικτού βρόχου (2 μονάδες ο κάθε τόπος).



(β) (13) Η συνάρτηση μεταφοράς ανοικτού βρόχου $G_p(s)$ ενός συστήματος ελέγχου είναι η εξής:

$$G_p(s) = \frac{1}{s(s^3 + 6s^2 + 11s + 6)}$$

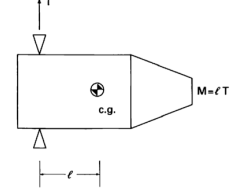
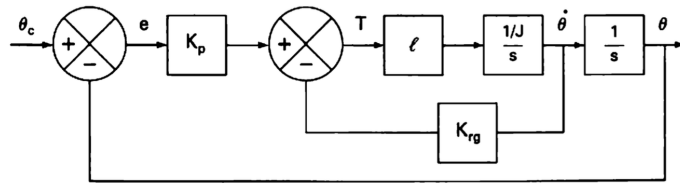


(i) (7) Βρείτε τα κέρδη K για τα οποία το σύστημα είναι ευσταθές.

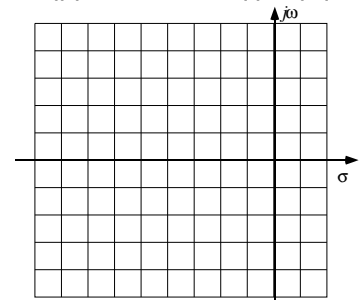
(i) (6) Τι είδους απόκριση θα έχουμε και με ποια κυκλική συχνότητα εάν $K = 10$;

Πρόβλημα 3 (25 μονάδες)

Το δομικό διάγραμμα που ακολουθεί περιγράφει το σύστημα ελέγχου πρόνευσης (γωνία θ) ενός διαστημοπλοίου. Ο έλεγχος της γωνίας επιτυγχάνεται με τη ροπή που εφαρμόζουν οι πλευρικοί προωθητήρες που ασκούν δύναμη T , βλ. σχήμα δεξιά. Μπορείτε να θέσετε $l/J = a$.

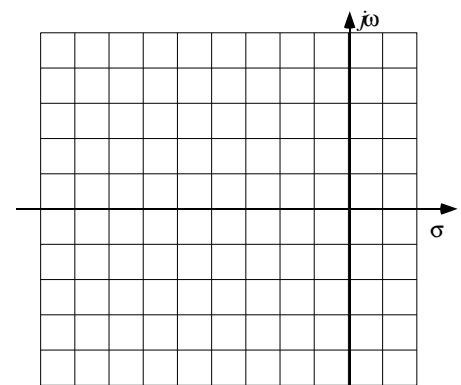


- (α) (7) Μελετάμε τι θα συμβεί εάν η ανάδραση της γωνιακής ταχύτητας μηδενισθεί λόγω βλάβης του γυροσκοπίου. Χαράξτε τον τόπο των ριζών για K_p μεταβαλλόμενο από 0 έως ∞ . Τι παρατηρείτε; Τι θα προτείνατε στον κατασκευαστή να κάνει ώστε η απόκριση να μην επηρεαστεί από τη βλάβη;



- (β) (5) Βρείτε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης $e_{ss} = \theta_c - \theta_{ss}$ όταν η επιθυμητή πρόνευση είναι (α) μοναδιαία βηματική συνάρτηση και (β) μοναδιαία συνάρτηση αναρρίχησης. Τι πρέπει να ισχύει εάν το σφάλμα αυτό πρέπει να είναι μικρότερο από 10% και στις δύο περιπτώσεις; $K_p, K_{rg} \neq 0$.

- (γ) (7) Χαράξτε τον τόπο των ριζών για K_p μεταβαλλόμενο από 0 έως ∞ λαμβάνοντας υπόψη τη συνθήκη του (β). Υπολογίστε τα σημεία αναχώρισης και άφιξης εάν υπάρχουν.

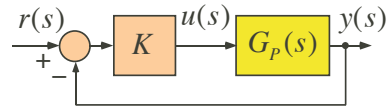


- (δ) (6) Οι προδιαγραφές δίνουν $\zeta = 0,707$. Που θα βρίσκονται οι πόλοι κλειστού βρόχου; Υπολογίστε τα κέρδη ως συνάρτηση του a . Ποιος θα είναι ο χρόνος αποκατάστασης;

Πρόβλημα 4 (25 μονάδες)

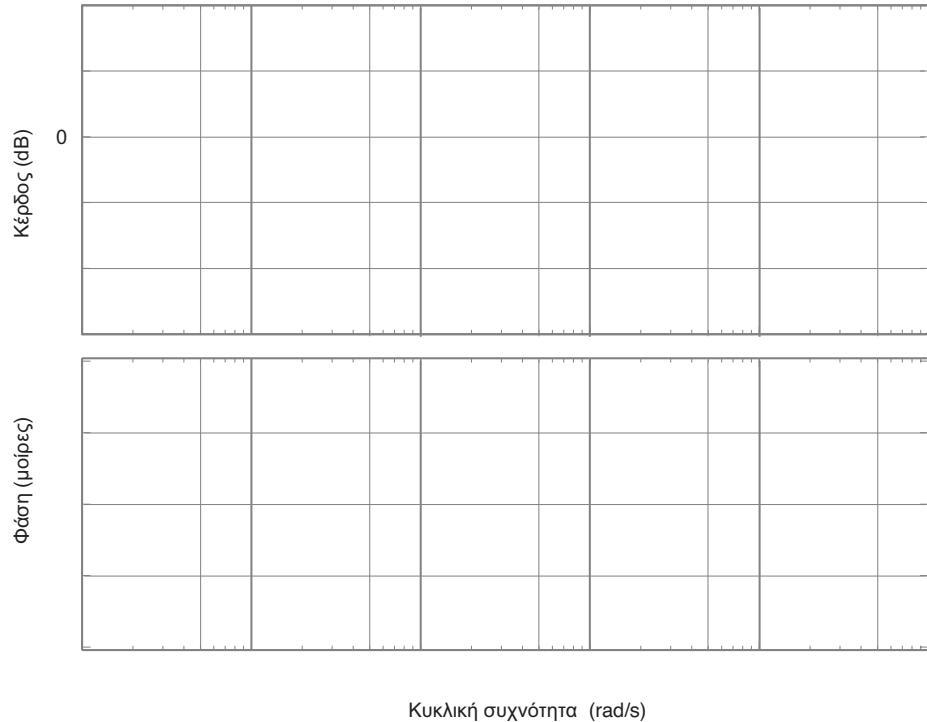
Η συνάρτηση μεταφοράς μιας εγκατάστασης είναι η εξής:

$$G_p(s) = \frac{100}{(s+0,1)(s+10)^2}$$



Ενδιαφερόμαστε να μελετήσουμε έναν απλό κατευθυντή τύπου P έτσι ώστε $u = K(r - y)$.

(α) (9) Σχεδιάστε τα ασυμπτωτικά Bode της συνάρτησης μεταφοράς *πρόσω βρόχου* για $K = 1$.



- (β) (4) Βρείτε τα περιθώρια κέρδους και φάσης όταν $K = 1$; Ποια είναι τα όρια του K για να είναι η απόκριση κλειστού βρόχου ευσταθής;
- (γ) (4) Τι τιμή πρέπει να έχει το κέρδος K , ώστε το περιθώριο κέρδους να είναι 10 dB;
- (δ) (4) Με το κέρδος από το (α), βρείτε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης, όταν η εντολή είναι μοναδιαία βηματική. Επαναλάβετε με το κέρδος από το (γ). Σχολιάστε τα αποτελέσματα.
- (ε) (4) Πόσο πρέπει να είναι το κέρδος K , ώστε το σφάλμα μόνιμης κατάστασης να είναι 0,01; Ποιο είναι το περιθώριο κέρδους σε αυτή την περίπτωση;