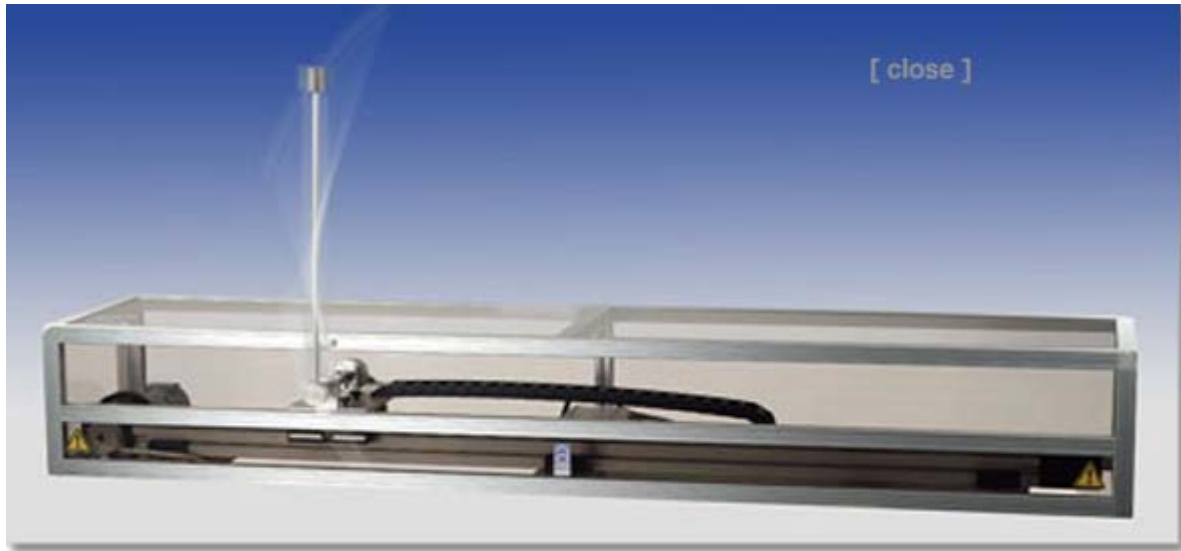


Εργασία 4. Έλεγχος αντεστραμμένου εκκρεμούς

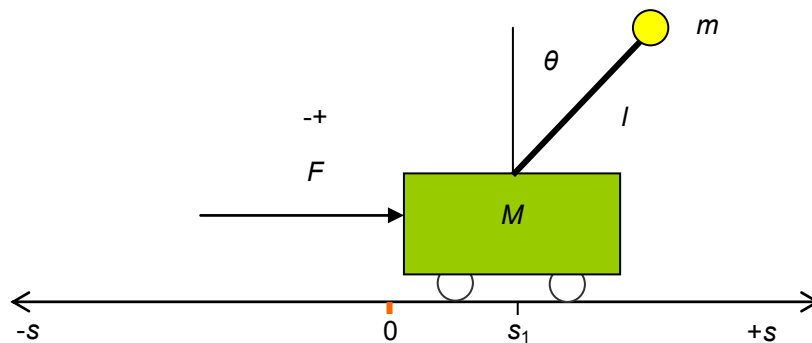
Εγκατάσταση

Το αντεστραμμένο εκκρεμές είναι από τις πιο δημοφιλείς πειραματικές διατάξεις των Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου. Είναι ένα μη γραμμικό, ασταθές εκ φύσεως, σύστημα το οποίο είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί.



Σχήμα 1 Αντεστραμμένο εκκρεμές PS600 της Amira

Η απλοποιημένη διάταξη ενός κινούμενου αντεστραμμένου εκκρεμούς είναι η ακόλουθη:



Το γραμμικοποιημένο υπόδειγμα που περιγράφει το σύστημα αυτό δίνεται από τις εξισώσεις,

$$\frac{d^2 s(t)}{dt^2} = -\frac{mg}{M}\theta(t) + \frac{1}{M}F(t)$$

$$\frac{d^2 \theta(t)}{dt^2} = \left(\frac{g}{l} + \frac{mg}{Ml}\right)\theta(t) - \frac{1}{Ml}F(t)$$

Οι μονάδες μέτρησης είναι m, Kg, sec, N (Kg \cdot m/s²) και ακτίνια (rad).

Αυτό το (γραμμικοποιημένο) υπόδειγμα ισχύει για μικρές γωνίες θ ($\leq \pm 0,17$ rad).

Οι τιμές των παραμέτρων του συστήματος είναι:

m	μάζα εκκρεμούς	0,329Kg
M	μάζα καρτσιού	3,2Kg
l	απόσταση κέντρου βάρους εκκρεμούς από τη βάση στήριξης	0,44m
g	επιτάχυνση βαρύτητας	9,81 m/s ²

Επιπλέον το συνολικό μήκος που μπορεί να διατρέξει το καρτσι είναι 1m (-0,5 έως 0,5).

(Οι τιμές αυτές είναι πραγματικές και αναφέρονται στη πειραματική συσκευή του εργαστηρίου).

Ζητούμενα: Επιθυμούμε να σταθεροποιήσουμε το εκκρεμές στην όρθια θέση και σε απόσταση 0,3m από την αρχή του άξονα κίνησης.

Προδιαγραφές: Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες προδιαγραφές στη μεταβατική απόκριση, αλλά θα πρέπει να προσεχθεί η γωνία του εκκρεμούς (να μην υπερβεί το όριο γραμμικοποίησης $\pm 0,17$ rad), η θέση του εκκρεμούς (μεταξύ $-0,5$ m και $0,5$ m που είναι το μήκος του άξονα κίνησης) και επίσης το μέγεθος του ελέγχου, καθώς στο πραγματικό σύστημα η ανώτερη δύναμη (F_{max}) που μπορεί να εφαρμοσθεί είναι $F_{max}=26$ N.

Απαντήστε στα ακόλουθα:

1. Περιγράψτε πώς και βάσει ποιων φυσικών νόμων έχει εξαχθεί το μαθηματικό υπόδειγμα.
2. Βρείτε το μαθηματικό υπόδειγμα που περιγράφει το σύστημα στο χώρο κατάστασης με

$$x(t) = \begin{bmatrix} s(t) \\ \theta(t) \\ \dot{s}(t) \\ \dot{\theta}(t) \end{bmatrix}$$

$$u(t) = F(t)$$

και,

$$y(t) = [x_1(t) \ x_2(t) \ x_3(t)]^T.$$

3. Εξετάστε την ελεγχσιμότητα, παρατηρησιμότητα και ευστάθεια του ανοικτού συστήματος.
4. Υλοποιήστε έναν ελεγκτή ανάδρασης εξόδου τέτοιον ώστε το σύστημα να ανακάμπτει ικανοποιητικά από την αρχική τιμή,

$$x(0)=[0,25 \ 0,05 \ 0 \ 0]^T$$

υποθέτοντας κατ' αρχή πλήρη μέτρηση του διανύσματος κατάστασης. Στη συνέχεια προσπαθήστε να επαναλάβετε τη σχεδίαση χρησιμοποιώντας: (α) πλήρη παρατηρητή κατάστασης και (β) παρατηρητή κατάστασης μειωμένης τάξης. Τί διαφορές παρατηρείτε; Για κάθε περίπτωση σχεδιάστε τα γραφήματα της απόκρισης του συστήματος (θέση, γωνία) και του απαιτούμενου σήματος ελέγχου.

5. Τί αισθητήρες απαιτούνται για κάθε μία από τις περιπτώσεις του (4); Βρείτε στο Internet κατασκευαστές των αισθητήρων αυτών και παραθέστε στοιχεία (προδιαγραφές, τιμές).
6. Όλα τα παραπάνω να υποβληθούν γραπτά σε *WORD*, προσπαθώντας να τηρήσετε σωστούς κανόνες γραψίματος επιστημονικού κειμένου (θεωρήστε σαν πρότυπο τις σημειώσεις μου).

Πηγή: Rohrs C.E., Melsa J.L. & D.G. Schulz, «Γραμμικά Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου», σ. 617.

19/3/05