

## Τελική εξέταση στο μάθημα «Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου»

ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup> (60%)

Δοχείο, από το οποίο διέρχεται υγρό, διαθέτει θερμαντική αντίσταση 3000 Watt για την θέρμανση του εν λόγω υγρού. Η συνάρτηση μεταφοράς που συνδέει θερμοκρασία  $\theta$  του υγρού με την επιβαλλόμενη θερμαντική ισχύ  $q$ , είναι :

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{q(s)} = \frac{A}{Ts + 1}$$

1. Πως μπορεί να προέκυψε μια τέτοια μορφή συνάρτησης μεταφοράς από θεωρητική ανάλυση; (Περιγραφικά, μια παράγραφος)
2. Με δεδομένο ότι η συνάρτηση μεταφοράς έχει αυτή τη μορφή, περιγράψτε μια πειραματική διαδικασία προκειμένου να υπολογίσετε τα  $A$  και  $T$ .
3. Έστω ότι έχετε προσδιορίσει :  $A = 1/300$  ( $^{\circ}\text{C}/\text{watt}$ ),  $T = 80$  s. Την χρονική στιγμή  $t=0$ , αρχίζει να λειτουργεί η θερμαντική αντίσταση. Υπολογίστε την  $\theta(t)$ .
4. Επιθυμείτε να ελέγξετε την θερμοκρασία του υγρού. Πως μπορείτε να υλοποιήσετε ένα σύστημα κλειστού βρόχου που θα κάνει την δουλειά αυτή; (Θεωρείστε ότι χρειάζεται μόνο να θερμαίνετε το υγρό).
5. Ποιες από τις τρεις βασικές δράσεις ελέγχου (PID) θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε και γιατί.
6. Υπολογίστε τα «κέρδη» των όρων αυτών για «σωστή» συμπεριφορά του συστήματος κλειστού βρόχου. (Όποια δηλαδή από τα  $K_p$ ,  $K_i$  και  $K_d$  χρησιμοποιήσατε).

Μαθηματικό βοήθημα

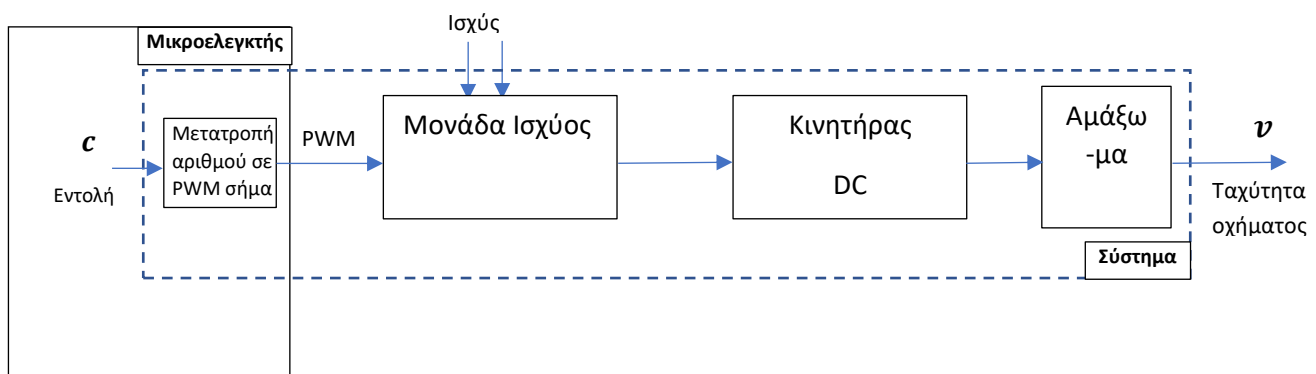
Μετασχηματισμός Laplace βηματικής συνάρτησης μεγέθους  $B$  :  $\frac{B}{s}$   
 $K(1 - e^{-\frac{t}{T}}), t \geq 0$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[ \frac{K}{s(Ts+1)} \right] =$$

## Τελική εξέταση στο μάθημα «Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου»

ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup>

Μικρό πειραματικό όχημα κινείται με ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ρεύματος (DC). Η μονάδα ισχύος του κινητήρα μπορεί να συνδεθεί με μικροελεγκτή, όπως στο παρακάτω σχήμα :



Η ταχύτητα του οχήματος ρυθμίζεται από εντολές που δημιουργούνται μέσα στον μικροελεγκτή. Η συνάρτηση μεταφοράς που συνδέει την εν λόγω εντολή με την ταχύτητα του οχήματος είναι της μορφής :

$$G(s) = \frac{v(s)}{c(s)} = \frac{A}{Ts + 1} \quad \left( \frac{m/s}{\text{"μονάδα εντολής"}} \right)$$

1. Πως μπορεί να προέκυψε μια τέτοια μορφή συνάρτησης μεταφοράς από θεωρητική ανάλυση; (Περιγραφικά, μια παράγραφος. Δεν σας ζητείτε να την βρείτε. Εκτός αν μπορείτε...)
2. Με δεδομένο ότι η συνάρτηση μεταφοράς έχει αυτή τη μορφή, περιγράψτε μια πειραματική διαδικασία προκειμένου να υπολογίσετε τα A και T.
3. Έστω ότι έχετε προσδιορίσει :  $A = 0.3 \left( \frac{m/s}{\text{"μονάδα εντολής"}} \right)$ ,  $T = 10 \text{ s}$ . Την χρονική στιγμή  $t=0$ , ο μικροελεγκτής δίνει εντολή 100. Πόση θα είναι η ταχύτητα του οχήματος σε χρόνο 10 sec;
4. Την χρονική στιγμή  $t=0$ , ο μικροελεγκτής δίνει εντολή 100. Προσδιορίσετε την συνάρτηση  $v(t)$ .
5. Με την παραπάνω εντολή, το όχημα αποκτά μια σταθερή ταχύτητα. Ποια είναι αυτή; Αν φυσήξει αντίθετος άνεμος τι θα συμβεί;
6. Πως μπορείτε να υλοποιήσετε ένα σύστημα κλειστού βρόχου ώστε να περιορίσετε την επίδραση του ανέμου στην ταχύτητα του οχήματος;
7. Ποιες από τις τρεις βασικές δράσεις ελέγχου (PID) θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε και γιατί.
8. Ας υποθέσουμε ότι θα χρησιμοποιήσετε ελεγκτή PI. Βρείτε την συνάρτηση μεταφοράς κλειστού βρόχου και υπολογίστε τα κέρδη  $K_p$ ,  $K_i$  για «καλή» συμπεριφορά του συστήματος.

9. Βρείτε τους πόλους και τους μηδενιστές του συστήματος για τις τιμές των κερδών που υπολογίσατε.
10. Αναφέρετε δυο τρόπους για να βρείτε την απόκριση του συστήματος κλειστού βρόχου σε «ξαφνική» εντολή ταχύτητας 20 m/s. (Δεν σας ζητείτε να την βρείτε εδώ. Απλώς να πείτε πως θα μπορούσατε να την βρείτε).

Κάθε μια από τις παραπάνω ερωτήσεις βαθμολογείται με **1 μονάδα**

### ΘΕΜΑ 2<sup>ο</sup> (1 μονάδα)

Τι θα μπορούσε να συνεισφέρει στον έλεγχο ενός συστήματος 4<sup>ης</sup> τάξης η αναπαράστασή του στο χώρο κατάστασης;

#### Μαθηματικό βοήθημα

Μετασχηματισμός Laplace βηματικής συνάρτησης μεγέθους B :  $\frac{B}{s}$

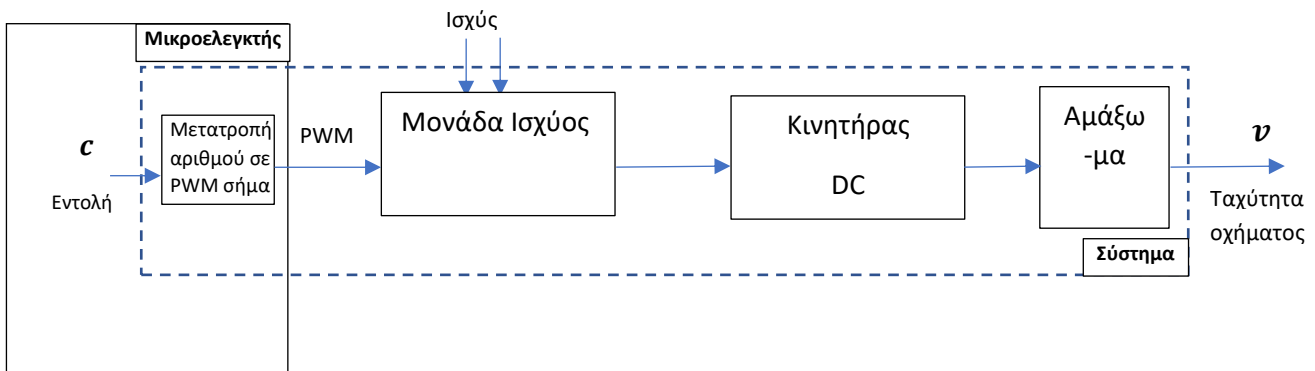
$$\mathcal{L}^{-1} \left[ \frac{K}{s(Ts+1)} \right] = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad t \geq 0$$

Χρόνος κορυφής,  $T_p$ , για το τυπικό δευτεροτάξιο σύστημα με υποαπόσβεση :  $T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}$

Τελική εξέταση στο μάθημα «Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου»

ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup> (60%)

Μικρό πειραματικό όχημα κινείται με ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ρεύματος (DC). Η μονάδα ισχύος του κινητήρα μπορεί να συνδεθεί με μικροελεγκτή, όπως στο παρακάτω σχήμα :



Η ταχύτητα του οχήματος ρυθμίζεται από εντολές που δημιουργούνται μέσα στον μικροελεγκτή. Η συνάρτηση μεταφοράς που συνδέει την εν λόγω εντολή με την ταχύτητα του οχήματος είναι της μορφής :

$$G(s) = \frac{v(s)}{c(s)} = \frac{A}{Ts + 1} \left( \frac{m/s}{\text{"μονάδα εντολής"}} \right)$$

1. Με δεδομένο ότι η συνάρτηση μεταφοράς έχει αυτή τη μορφή, περιγράψτε μια πειραματική διαδικασία προκειμένου να υπολογίσετε τα A και T.
2. Την χρονική στιγμή t=0, ο μικροελεγκτής δίνει εντολή 100. Προσδιορίσετε την συνάρτηση v(t).
3. Με την παραπάνω εντολή, το όχημα αποκτά μια σταθερή ταχύτητα. Ποια είναι αυτή; Αν φυσήξει αντίθετος άνεμος τι θα συμβεί;
4. Πως μπορείτε να υλοποιήσετε ένα σύστημα κλειστού βρόχου ώστε να περιορίσετε την επίδραση του ανέμου στην ταχύτητα του οχήματος;
5. Ας υποθέσουμε ότι θα χρησιμοποιήσετε ελεγκτή PI. Βρείτε την συνάρτηση μεταφοράς κλειστού βρόχου και υπολογίστε τα κέρδη Kp, Ki για «καλή» συμπεριφορά του συστήματος.
6. Βρείτε τους πόλους και τους μηδενιστές του συστήματος για τις τιμές των κερδών που υπολογίσατε.

Μαθηματικό βοήθημα

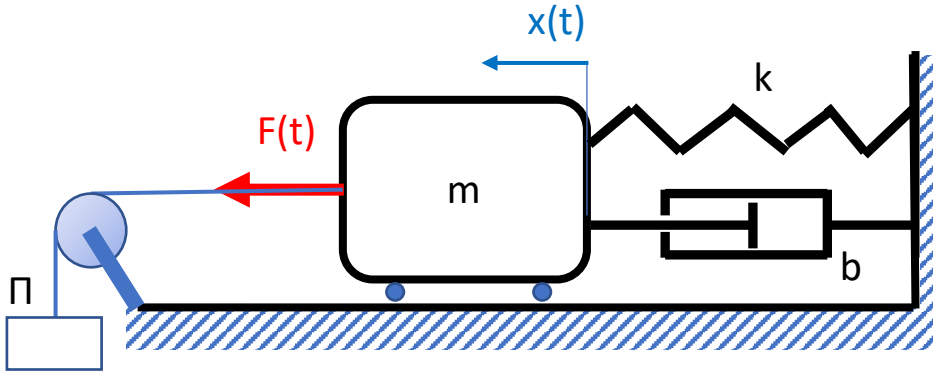
Μετασχηματισμός Laplace βηματικής συνάρτησης μεγέθους B :  $\frac{B}{s}$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[ \frac{K}{s(Ts+1)} \right] = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad t \geq 0$$

Χρόνος κορυφής, Tp, για το τυπικό δευτεροτάξιο σύστημα με υποαπόσβεση :  $T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}$

## ΘΕΜΑ 2<sup>ο</sup> (40%)

Μάζα  $m$  μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβή σε οριζόντιο δάπεδο και συγκρατείται με την βοήθεια ελατηρίου σταθεράς  $k$  και αποσβεστήρα σταθεράς  $b$ .



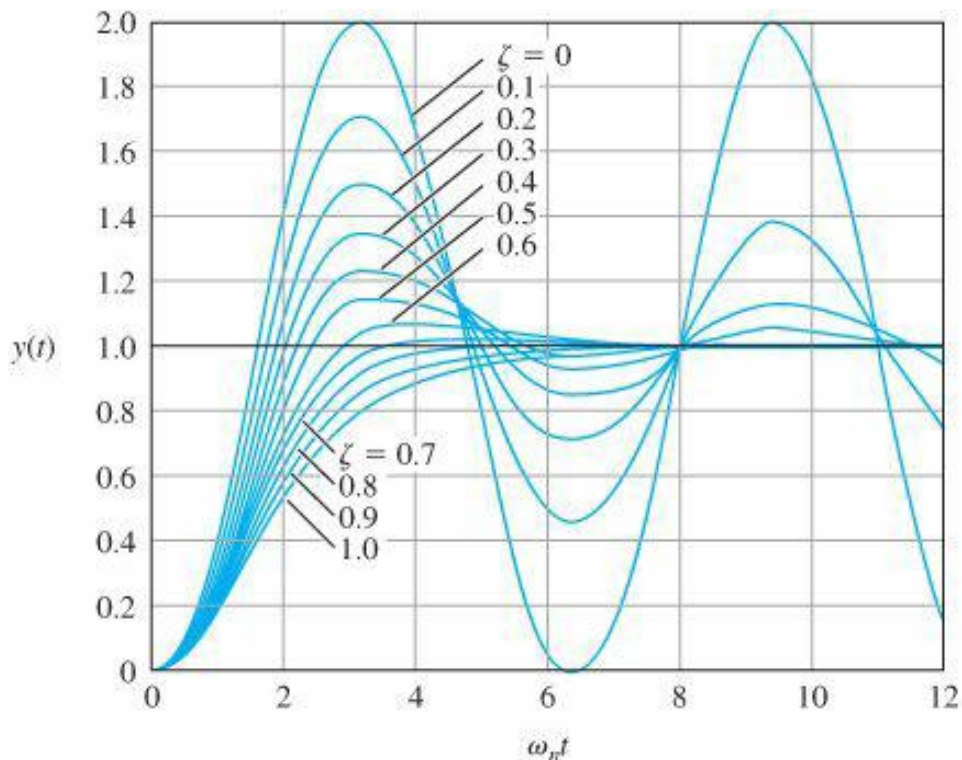
1. Βρείτε την συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος «μάζα – ελατήριο» με είσοδο την οριζόντια δύναμη  $F(t)$  και έξοδο την οριζόντια μετατόπιση της μάζας  $x(t)$ .
2. Αβαρής πλατφόρμα  $\Pi$  συγκρατείται με την βοήθεια αβαρούς σχοινιού που είναι

επίσης δεμένο στην μάζα αφού περάσει και από αβαρή τροχαλία χωρίς τριβές. Την χρονική στιγμή 0, τοποθετούμε μάζα  $M$  στην πλατφόρμα. Σχεδιάσετε πρόχειρα την  $x(t)$  συμβουλευμένοι τα διαγράμματα που φαίνονται παρακάτω. (Δεν είναι δηλαδή απαραίτητο να βρείτε την συνάρτηση  $x(t)$  – εκτός αν μπορείτε!).

Δίδονται :  $m = 1 \text{ Kgr}$  ,  $b = 10 \text{ N/(m/s)}$  ,  $k = 100 \text{ N/m}$  ,  $M = 10 \text{ Kgr}$  ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$

**Απόκριση του τυπικού δευτεροταξίου συστήματος σε είσοδο μοναδιαίας βαθμίδας.**

( $\omega_n$  : Η φυσική συχνότητα του συστήματος)

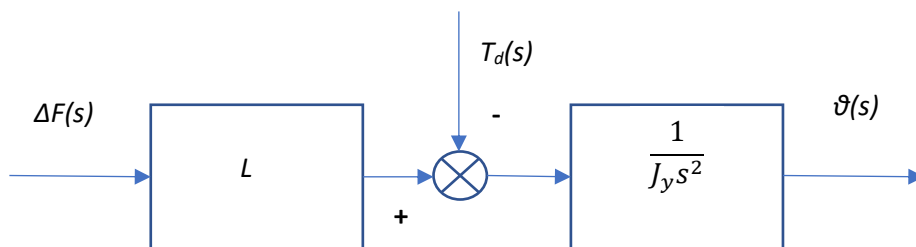


**Καλή επιτυχία !!**

Τελική εξέταση στο μάθημα «Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου»

ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup> (60%)

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα απλό δυναμικό μοντέλο της περιστροφής τετρακόπτερου περί ένα άξονα. Είσοδος η διαφορά δυνάμεων που εξασκούν δύο έλικες και έξοδος η γωνία στροφής.



1. Πως προέκυψε το εν λόγω μοντέλο;
2. Ποιο συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί αμέσως από το μοντέλο αυτό σχετικά με την δυναμική συμπεριφορά του συστήματος;
3. Πως μπορεί να

υλοποιηθεί κανείς ένα σύστημα κλειστού βρόχου για να ελέγξει την γωνία στροφής;

4. Βρείτε την συνάρτηση μεταφοράς κλειστού βρόχου με έλεγχο PD. Αγνοήστε την διαταραχή.
5. Υπολογίστε τα κέρδη του παραπάνω ελεγκτή για «καλή» δυναμική συμπεριφορά του συστήματος.
6. Ποιοι είναι στην περίπτωση αυτή οι πόλοι και οι μηδενιστές του συστήματος;
7. Υπάρχει άλλος τρόπος, εκτός από την χρήση PID ελεγκτή, να ελεγχθεί το παραπάνω σύστημα;

ΘΕΜΑ 2<sup>ο</sup> (40%)

1. Γράψετε (όχι βρείτε) την συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος «ενισχυτής ισχύος – κινητήρας συνεχούς – μειωτήρας» με είσοδο την τάση στον ενισχυτή και έξοδο την γωνία στροφής. Είναι το σύστημα ευσταθές;
2. Περιγράψετε δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί κανείς να εκτιμήσει τις δύο βασικές παραμέτρους της συνάρτησης.
3. Έστω ότι για τον έλεγχο κλειστού βρόχου του παραπάνω συστήματος χρησιμοποιείται PID ελεγκτής. Πως θα προσδιορίσετε τα κέρδη του ελεγκτή για καλή δυναμική συμπεριφορά του συστήματος;
4. Εκτός από τον έλεγχο κλειστού βρόχου, έχει νόημα κάποια άλλη μορφή ελέγχου για το παραπάνω σύστημα; Ποια είναι αυτή και πως υλοποιείται;

**Καλή επιτυχία !!**

