

Συστήματα Ελέγχου
Αναφορά 2^{ης} εργαστηριακής άσκησης
(Motor-Generator)

Ομάδα εργαστηρίου	25
Σιώτος Μόδεστος	2016030030
Μελάκης Αντώνης	2019030016
Σαΐνη Γεωργία	Δεν εργάστηκε

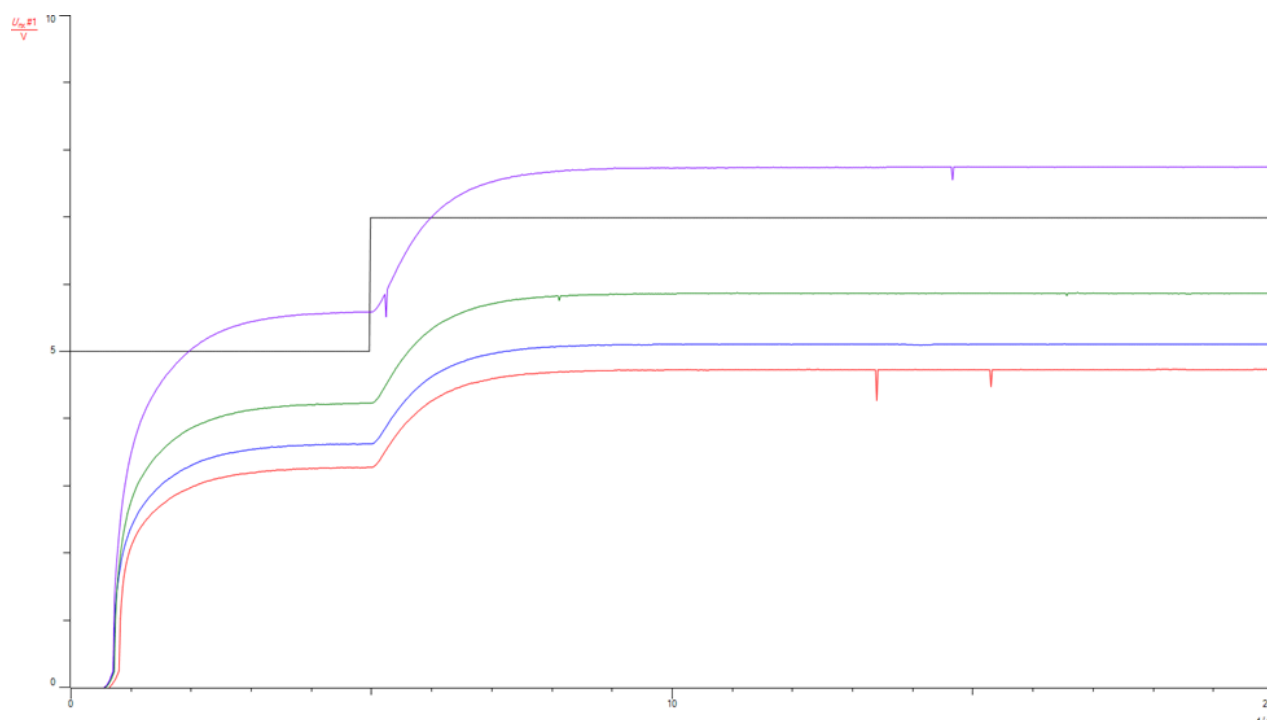
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Έλεγχος της ταχύτητας (στροφών) ενός DC κινητήρα.

Πείραμα 1.1.Βηματική απόκριση του ανοικτού συστήματος με κινητήρα, για διαφορετικά φορτία, χωρίς χρήση ελεγκτών.

Σε πρώτη φάση υλοποιήσαμε τη συνδεσμολογία που μας δόθηκε, φορτώσαμε το αρχείο και αφού ενεργοποιήσαμε το DR φίλτρο, πήραμε μετρήσεις για τιμές του Load Shifter $Z = 0, 1, 2, 3$. Παρουσιάζονται οι βηματικές αποκρίσεις του ανοικτού συστήματος, για κάθε τιμή του φορτίου Z :

Μωβ : $Z = 0$ Πράσινη : $Z = 1$ Μπλε : $Z = 2$ Κόκκινη : $Z = 3$



Μας ζητείται να πάρουμε τη μέση τιμή των K_s , T_u , T_g από τις τρεις διαφορετικές τιμές του Z (1,2,3) και έπειτα να υπολογίσουμε τις χρονικές σταθερές του απλοποιημένου δευτεροβάθμιου συστήματος καθώς και την τάξη του.

Υπολογίσαμε:

Για $Z = 1$: $K_s = 0.8$ $T_u = 0.1$ sec $T_g = 1.12$ sec

Για $Z = 2$: $K_s = 0.72$ $T_u = 0.05$ sec $T_g = 1.08$ sec

Για $Z = 3$: $K_s = 0.65$ $T_u = 0.02$ sec $T_g = 0.90$ sec

Έτσι:

$K_s = 0.72$

$T_u = 0.06$ sec

$T_g = 1.03$ sec

Οπότε οι χρονικές σταθερές παίρνουν τις τιμές:

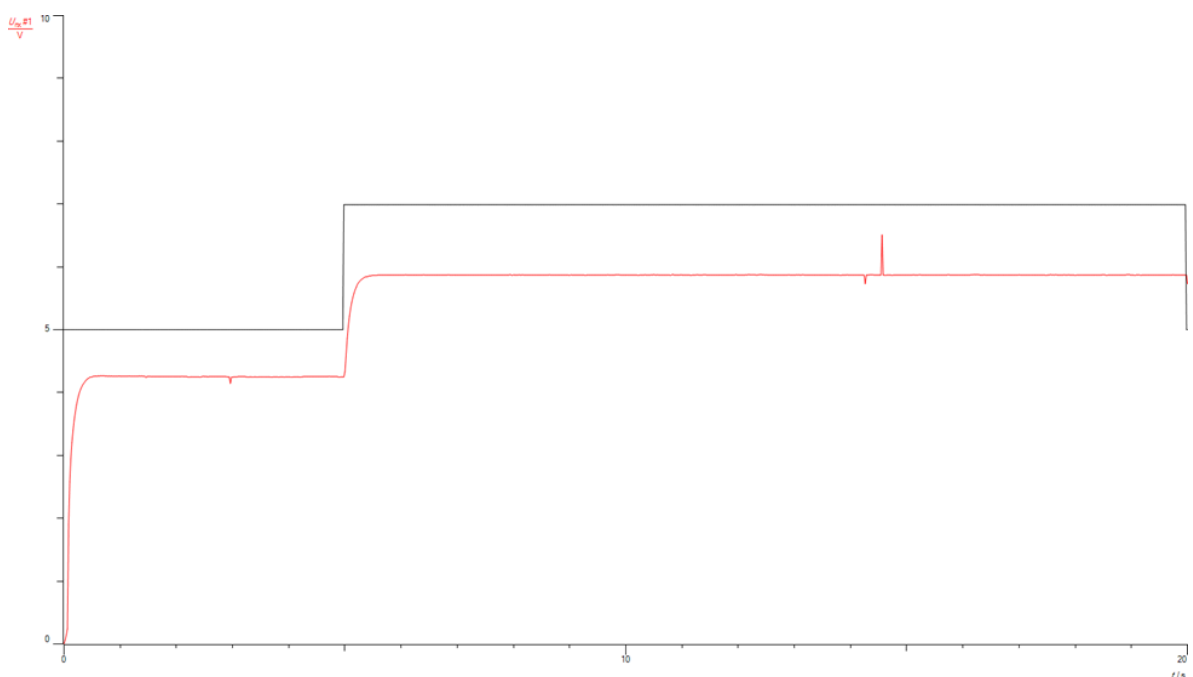
$T_1 \approx 0.38$ sec

$T_2 \approx 0.21$ sec

Και η τάξη του συστήματος:

$$n = \frac{T_u}{T_g} \cdot 10 + 1 \approx 1.58 \approx 2$$

Παρουσιάζεται η βηματική απόκριση του ανοικτού συστήματος για την τιμή του φορτίου $Z = 1$ V , χωρίς ελεγκτή, χωρίς DR φίλτρο.



Πείραμα 1.2 Βηματική απόκριση (του κλειστού συστήματος) ελέγχου στροφών κινητήρα με χρήση PI ελεγκτή

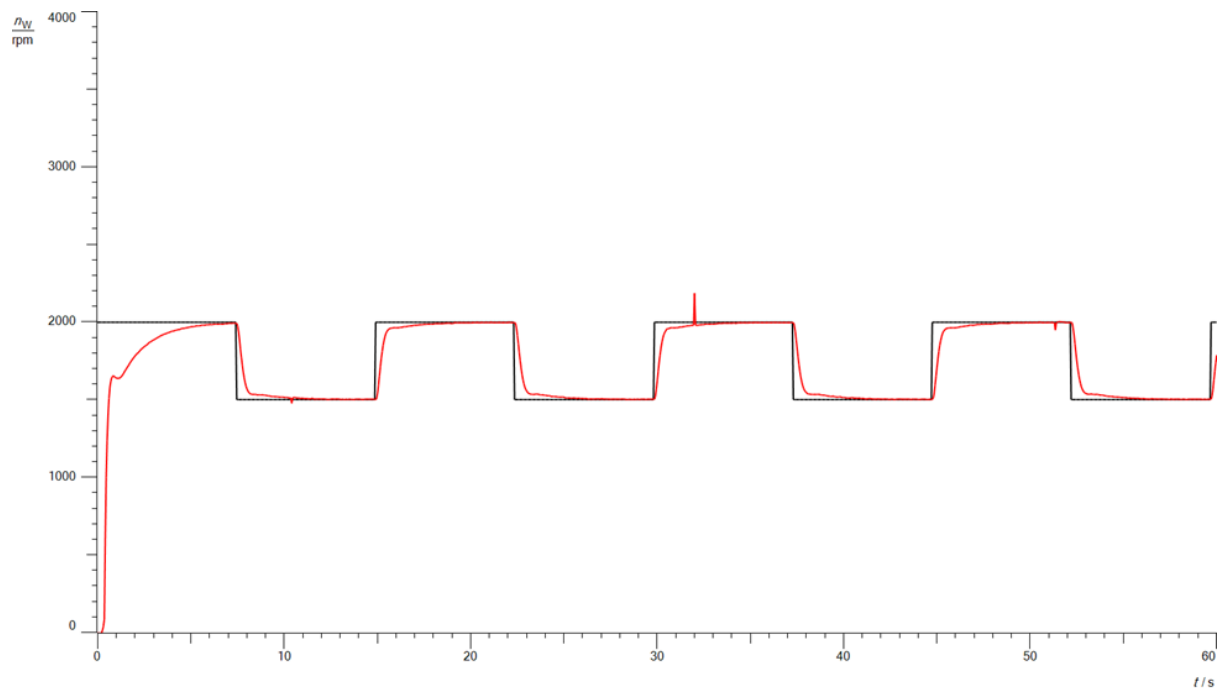
Ενεργοποιήσαμε πάλι το DR φίλτρο και θέσαμε το φορτίο Load Shifter $Z = 1$.

CHR 0% overshoot - setpoint response

Οι τιμές που χρησιμοποιήσαμε για τον PI ελεγκτή στο εργαστήριο είναι οι ακόλουθες:

Ελεγκτής	K	T_i	T_d
PI	3.3	1.3	

Η βηματική απόκριση είναι η παρακάτω:

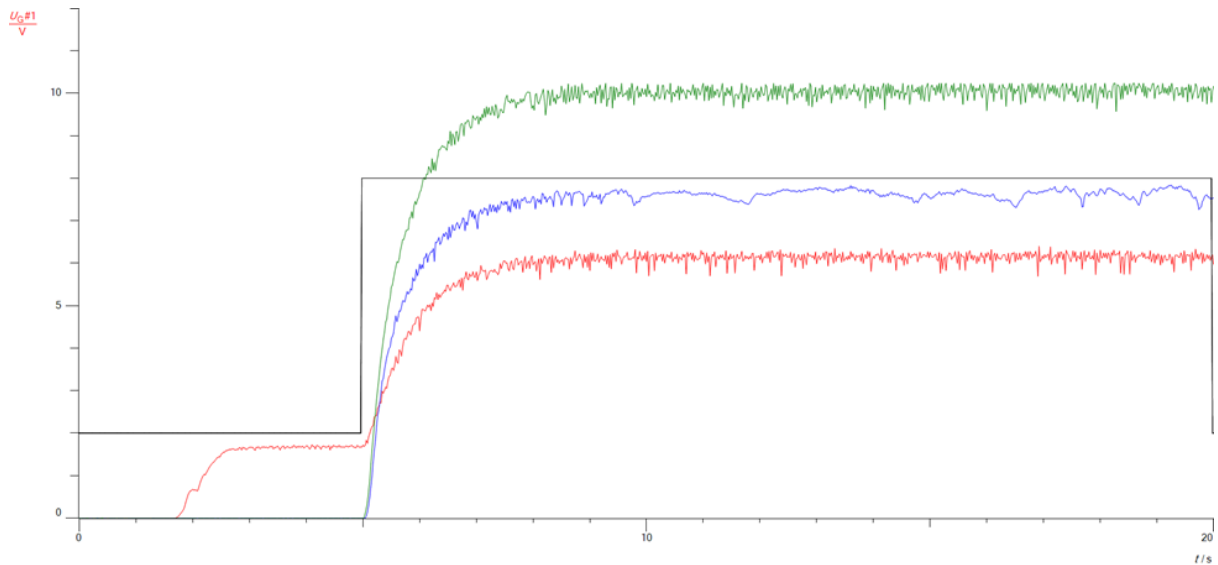


2. Έλεγχος τάσης γεννήτριας

Πείραμα 2.1 Βηματική απόκριση του ανοικτού συστήματος, χωρίς χρήση ελεγκτών.

Ακολουθήσαμε τα ίδια βήματα με το 1ο πείραμα, με μόνη διαφορά ότι οι τιμές του φορτίου Z που εξετάσαμε ήταν:

$Z = 0$, $Z = 0.5$, $Z = 1$



Έπειτα, κάναμε πάλι τους ζητούμενους υπολογισμούς.
Υπολογίσαμε:

Υπολογίσαμε:

Για $z = 0$: $K_s = 1.25$ $T_u = 0.10$ sec $T_g = 0.80$ sec

Για $z = 0.5$: $K_s = 0.72$ $T_u = 0.12$ sec $T_g = 0.90$ sec

Για $z = 1$: $K_s = 0.65$ $T_u = 0.30$ sec $T_g = 0.96$ sec

Έτσι:

$K_s = 0.87$

$T_u = 0.17$ sec

$T_g = 0.89$ sec

Οπότε οι χρονικές σταθερές παίρνουν τις τιμές:

$T_1 \approx 0.33$ sec

$T_2 \approx 0.60$ sec

Και η τάξη του συστήματος:

$$n = \frac{T_u}{T_g} \cdot 10 + 1 \approx 2.91 \approx 3$$

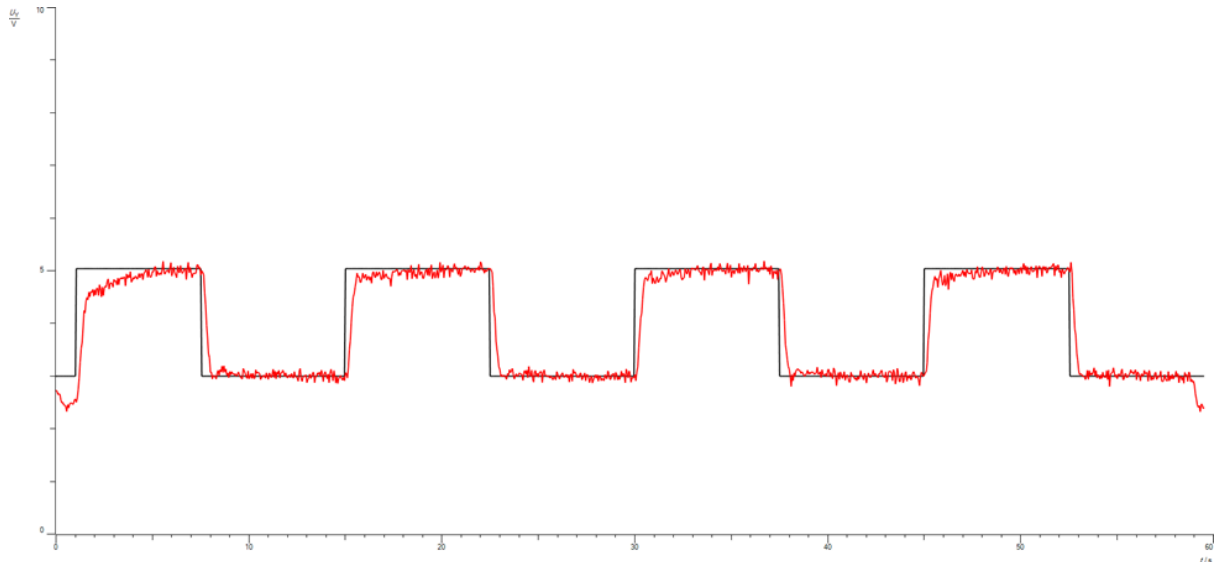
Πείραμα 2.2 Βηματική απόκριση της γεννήτριας (του κλειστού συστήματος) με χρήση PI ελεγκτή

CHR 0% overshoot - setpoint response

Οι τιμές που χρησιμοποιήσαμε για τον PI ελεγκτή στο εργαστήριο είναι οι ακόλουθες:

Ελεγκτής	K	T_i	T_d
PI	4.5	1.3	

Θέσαμε το φορτίο Load Shifter $Z = 1$ και με ενεργοποιημένο το DR filter, η βηματική απόκριση φαίνεται παρακάτω.



Ε. Επεξεργασία των μετρήσεων – Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

1. Το module 734111 του εργαστηρίου περιλαμβάνει δύο ηλεκτρικές μηχανές DC με μόνιμους μαγνήτες (PM). Αυτές οι μηχανές είναι μικρότερες σε μέγεθος σε σύγκριση με άλλους τύπους κινητήρων και προσφέρουν αυξημένη αποδοτικότητα, καθώς δεν απαιτούν περιελίξεις πεδίου ή τροφοδοσία για διέγερση πεδίου.

Κάθε μηχανή μπορεί να λειτουργήσει είτε ως γεννήτρια είτε ως κινητήρας:

- **Λειτουργία ως γεννήτρια:** Όταν ο ρότορας περιστρέφεται από έναν εξωτερικό παράγοντα, δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη (ηλεκτρική τάση) λόγω της μεταβολής της μαγνητικής ροής, σύμφωνα με τον Νόμο του Faraday.
- **Λειτουργία ως κινητήρας:** Όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό φορτίο και ρεύμα στον ρότορα, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο μέσω των πηνίων. Το νέο μαγνητικό πεδίο αλληλεπιδρά με το υπάρχον μαγνητικό πεδίο των μόνιμων μαγνητών, δημιουργώντας τη δύναμη Lorentz, η οποία παράγει ροπή και περιστρέφει τον ρότορα.

Επιπλέον, η ταχύτητα και η ροπή των κινητήρων μπορούν να ελεγχθούν μέσω του ελέγχου της τάσης του οπλισμού, του ρεοστάτη και διάφορων μεθόδων ελέγχου όπως ο κοπτήρας. Στις μετρήσεις, οι κινητήρες λειτουργούν ως σύστημα δευτέρας τάξης, προσφέροντας μεγαλύτερη χρονική ανάλυση.

Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης έναν ενσωματωμένο ενισχυτή ισχύος και κατάλληλους αισθητήρες για τη μέτρηση ροπής και επαγόμενης τάσης. Επιπλέον, υποστηρίζει τη λειτουργία ενός φίλτρου DR (Dynamic Response), το οποίο διευκολύνει τις μετρήσεις και τα πειράματα, επιτρέποντας την επέκταση των πειραματικών χρόνων.

2. Πείραμα 1:

Χρησιμοποιούμε τον πρώτο κινητήρα ως κινητήρα μηχανής και τον δεύτερο κινητήρα ως φορτίο του πρώτου. Έτσι, για διαφορετικές τιμές φορτίων με την ίδια είσοδο, παρατηρούμε πώς συμπεριφέρονται οι στροφές του κινητήρα.

Πείραμα 2:

Σε αυτό το πείραμα, ο πρώτος κινητήρας χρησιμοποιείται ως κινητήρας μηχανής και ο δεύτερος κινητήρας ως γεννήτρια. Τροφοδοτούμε με σταθερή τάση τον πρώτο κινητήρα και για διαφορετικές τιμές φορτίων στην γεννήτρια, παρατηρούμε πώς συμπεριφέρεται η τάση εξόδου της.

3. Η μέθοδος CHR ως μέθοδος ρύθμισης του ελεγκτή PI φαίνεται να είναι αποδοτική καθώς ο ελεγκτής PI επιτυγχάνει τον σκοπό του, μειώνοντας σημαντικά (σχεδόν τέλεια) το σφάλμα μόνιμης κατάστασης.

4. Ο PI ελεγκτής θεωρείται ο πιο κατάλληλος για το σύστημά μας, διότι ένας απλός P ελεγκτής δεν θα ήταν επαρκής για να φτάσουμε την επιθυμητή τιμή. Επιπλέον, ο D παράγοντας χρησιμοποιείται σε συστήματα με πιο αργούς χρόνους αντίδρασης. Επομένως, στο σύστημά μας, που αντιδρά γρήγορα, η χρήση ενός D παράγοντα θα οδηγούσε σε έντονες ταλαντώσεις του συστήματος.

5. Το πρόβλημα tracing που συναντάμε στην εκτέλεση των πειραμάτων οφείλεται στην μη γραμμικότητα του συστήματος, ενώ ο PID ελεγκτής που χρησιμοποιούμε για τον έλεγχο του

συστήματος είναι γραμμικός. Οι ελεγκτές PID και στην συγκεκριμένη περίπτωση ο PI, λειτουργούν με γραμμικό τρόπο. Κατά συνέπεια υπάρχει μια αντίφαση η οποία δημιουργεί διαταραχές και ασυνέχεια στην έξοδο του συστήματος. Κακώς στην έξοδο παρατηρούνται διαταραχές οι οποίες δεν είναι σταθερές με συνέπεια να μην επιτρέπουν στον PID ελεγκτή να ρυθμίσει το λάθος μεταξύ της εξόδου του συστήματος και της επιθυμητής εξόδου στο μηδέν. Το πρόβλημα του tracing ήταν πως η έξοδος ήταν ανάλογη της εισόδου. Στην περίπτωση του κινητήρα, επιθυμούμε οι στροφές να είναι ανάλογες της τάσης εισόδου, ενώ στη γεννήτρια θέλουμε η τάση εξόδου να είναι ανάλογη των στροφών στην είσοδο. Για τη μελέτη αυτού του προβλήματος, χρησιμοποιήσαμε μεταβαλλόμενη είσοδο, ώστε να μπορέσουμε να δούμε πως θα συμπεριφέρεται το σύστημα στις αλλαγές αυτές. Μία απλή βηματική απόκριση δεν θα αρκούσε ώστε να μελετήσει επαρκώς αυτό το πρόβλημα, καθώς έχουμε τη δυνατότητα να δούμε μόνο πως συμπεριφέρεται το σύστημα σε κατάσταση ηρεμίας, με κάποια σταθερή είσοδο. Δηλαδή, δεν θα μπορούσαμε να δούμε πως θα αντιδρούσε το σύστημα όταν θα βρίσκεται σε κίνηση και θα αλλάζει η είσοδος.

6. Η σκοπιμότητα της χρήσης του DR φίλτρου είναι η αύξηση των χρονικών σταθερών του συστήματος κινητήρα-γεννήτρια, ώστε να προσομοιάζει τη δυναμική συμπεριφορά μεγαλύτερων κινητήρων. Επειδή οι χρονικές σταθερές του μικρού σετ κινητήρων είναι πολύ μικρές (της τάξης των milliseconds), η προσθήκη του φίλτρου DR αυξάνει τις τιμές των χρονικών σταθερών σε πιο ρεαλιστικές τιμές, παρόμοιες με αυτές που συναντώνται σε μεγάλα βιομηχανικά συστήματα.

Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα του εργαστηρίου αποκτά δυναμική απόκριση που προσομοιάζει αυτή μεγαλύτερων κινητήρων, επιτρέποντας την μελέτη και τον έλεγχο του συστήματος υπό πιο ρεαλιστικές συνθήκες.