



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Προηγμένος έλεγχος ηλεκτρικών μηχανών

Ενότητα 2: Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος με
διέγερση σε σειρά

Επαμεινώνδας Μητρονίκας - Αντώνιος Αλεξανδρίδης
Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

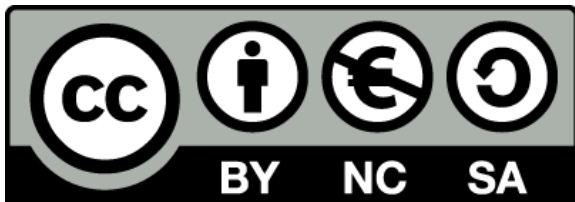
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Άδειες χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Περιεχόμενα

1. Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος με ξένη διέγερση
- 2. Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά**
3. Βαθμωτός Έλεγχος Ασύγχρονων Μηχανών
4. Βασικές αρχές διανυσματικού ελέγχου
5. Διπολικό μοντέλο ασύγχρονης μηχανής
6. Εκτίμηση συνιστωσών μαγνητικής ροής με χρήση του μοντέλου τάσης
7. Εκτίμηση συνιστωσών μαγνητικής ροής με χρήση του μοντέλου ρεύματος
8. Έμμεσος Διανυσματικός Έλεγχος Ασύγχρονου Κινητήρα
9. Άμεσος Διανυσματικός Έλεγχος Ασύγχρονων Μηχανών με προσανατολισμό στην μαγνητική ροή του στάτη
10. Άμεσος Διανυσματικός Έλεγχος Ασύγχρονων Μηχανών με προσανατολισμό στην μαγνητική ροή του δρομέα
11. Άμεσος Έλεγχος Ροής και Ροπής
12. Διανυσματικός έλεγχος Σύγχρονων Μηχανών



Περιεχόμενα

1. Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος με ξένη διέγερση
- 2. Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά**
3. Βαθμωτός Έλεγχος Ασύγχρονων Μηχανών
4. Διπολικό μοντέλο ασύγχρονης μηχανής
5. Εκτίμηση συνιστωσών μαγνητικής ροής με χρήση του μοντέλου τάσης
6. Εκτίμηση συνιστωσών μαγνητικής ροής με χρήση του μοντέλου ρεύματος
7. Έμμεσος Διανυσματικός Έλεγχος Ασύγχρονου Κινητήρα
8. Άμεσος Διανυσματικός Έλεγχος Ασύγχρονων Μηχανών με προσανατολισμό στην μαγνητική ροή του στάτη
9. Άμεσος Διανυσματικός Έλεγχος Ασύγχρονων Μηχανών με προσανατολισμό στην μαγνητική ροή του δρομέα
10. Άμεσος Έλεγχος Ροής και Ροπής



Σκοποί ενότητας

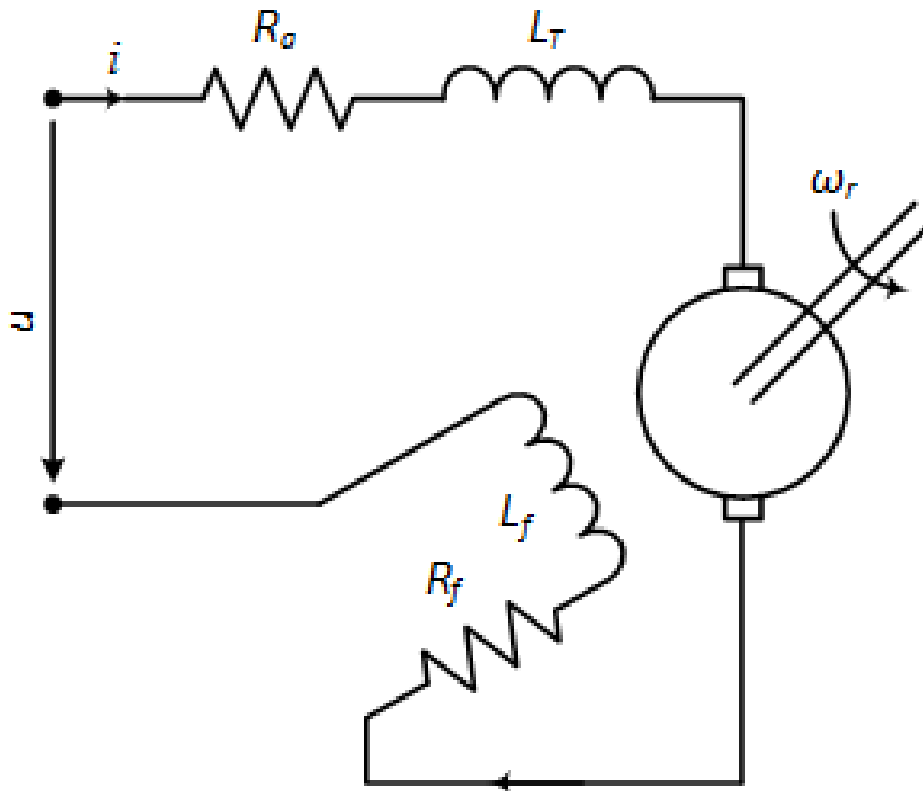
- Έλεγχος Κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά



Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς
Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

Μηχανή Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

□ Ισοδύναμο κύκλωμα



Εξισώσεις Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

- Εξίσωση τυλιγμάτων:

$$\frac{di}{dt} = -\frac{R_a + R_f}{L_a + L_f} \cdot i - \frac{C}{L_a + L_f} \cdot i \cdot \omega_r + \frac{1}{L_a + L_f} \cdot u$$

- Τάση εξ' επαγωγής:

$$E_{\varepsilon\pi} = C \cdot \lambda \cdot \omega_r$$

- Ηλεκτρομαγνητική ροπή:

$$M_{el} = C \cdot \lambda \cdot i_T$$

- Εξίσωση Κίνησης:

$$\frac{d\omega_r}{dt} = -\frac{b}{J} \cdot \omega_r + \frac{C}{J} \cdot i^2 - \frac{1}{J} \cdot T_{load}$$



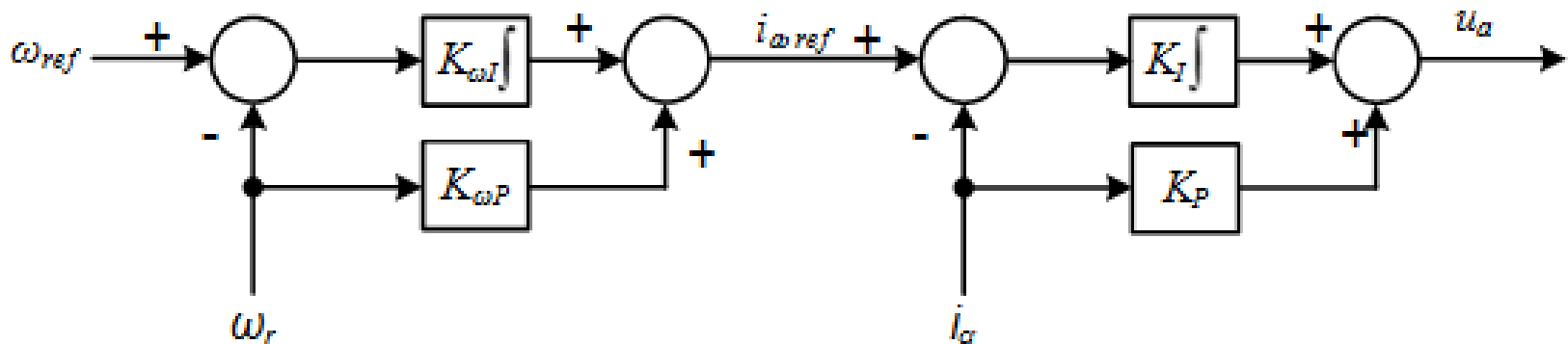
Έλεγχος Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

- ❑ Το μοντέλο της μηχανής είναι σαφώς μη γραμμικό
- ❑ Ενδεικτικά, ο έλεγχος μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους παρακάτω τρόπους:
 - Με σειριακό ελεγκτή PI.
 - Εφαρμόζοντας γραμμικοποίηση μέσω ανάδρασης.
 - Με χρήση ασαφών ελεγκτών.



Έλεγχος Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

❖ Τοπολογία σειριακού ελεγκτή



- ❑ Δύο ελεγκτές PI σε σειρά: ο πρώτος ελέγχει την ταχύτητα και ο δεύτερος το ρεύμα.
- ❑ Για να λειτουργήσει ο ελεγκτής πρέπει οι δύο εν σειρά διασυνδεδεμένοι βρόχοι να μην αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- ❑ Αυτό ισχύει στην περίπτωσή μας, εφόσον ο βρόχος ταχύτητας είναι σημαντικά πιο αργός από το βρόχο του ρεύματος.



Έλεγχος Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

❖ Γραμμικοποίηση μέσω ανάδρασης

- ❑ Κατά τη λειτουργία της μηχανής σε μόνιμη κατάσταση ισχύει:

$$I_o = \frac{u}{R_a + R_f + C \cdot \omega_r}$$

- ❑ Θέτουμε: $v = \frac{C \cdot u}{J \cdot (R_a + R_f + C \cdot \omega_r)}$

- ❑ Προκύπτει η σχέση: $\frac{d\omega_r}{dt} = -\frac{b}{J} \cdot \omega_r + v - \frac{1}{J} \cdot T_{load}$

- ❑ Το γραμμικοποιημένο σύστημα μπορεί να ελεγχθεί με ελεγκτή PI:

$$u = u_s + u_f = K_1 \cdot \omega_r - K_2 \cdot \int (\omega_r - \omega_r^{ref}) dt - K_3 \cdot (i - i_o)$$



Έλεγχος Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με διέγερση σε σειρά

❖ Χρήση ασαφούς ελεγκτή

- ❑ Η εφαρμογή του ασαφούς ελεγκτή βασίζεται στη διατύπωση κανόνων ελέγχου για τη μηχανή και προϋποθέτει την πρότερη (εμπειρική) γνώση της συμπεριφοράς της μηχανής και του ελεγκτή.
- ❑ Διαπιστώσεις:
 - Αύξηση του ολοκληρωτικού όρου συνεπάγεται αύξηση της υπερύψωσης κατά το μεταβατικό και του χρόνου αποκατάστασης του ρεύματος.
 - Αύξηση του αναλογικού όρου, συνεπάγεται μείωση του χρόνου αποκατάστασης και αύξηση αυξάνονται των ταλαντώσεων.
- ❑ Ο ασαφής ελεγκτής θα μπορούσε να ελέγχει τους όρους K_p και K_I του ελεγκτή PI. Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, το απλούστερο σύνολο κανόνων που μπορεί να διατυπωθεί είναι:
 - Αν $I > I_N$, τότε αύξησε το K_p και μείωσε το K_I .
 - Αν $I < I_N$, τότε μείωσε το K_p και αύξησε το K_I .



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.00**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Επαμεινώνδας Μητρονίκας, Αντώνιος Αλεξανδρίδης 2014. Επαμεινώνδας Μητρονίκας, Αντώνιος Αλεξανδρίδης. «Προηγμένος Έλεγχος Ηλεκτρικών Μηχανών». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/EE800/>.



Βιβλιογραφία

- [1]. Α. Αλεξανδρίδη, Ε. Μητρονίκα: «Προηγμένος Έλεγχος Ηλεκτρικών Μηχανών», Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.

