



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Προηγμένος έλεγχος ηλεκτρικών μηχανών

Ενότητα 1: Έλεγχος Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος με
ξένη διέγερση

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

- ❑ Γενικά για τον προηγμένο έλεγχο
- ❑ Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

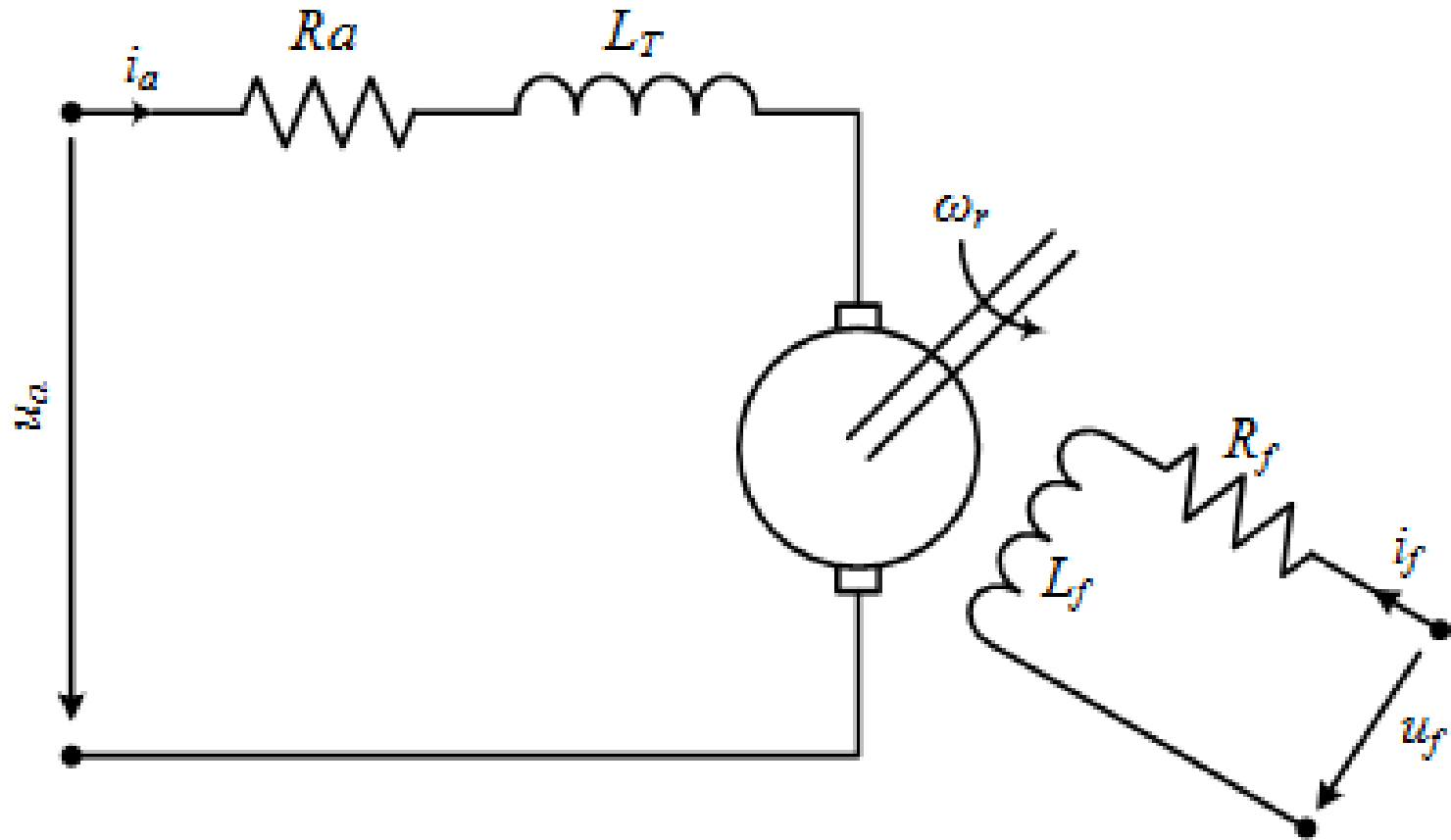
Γενικά για τον Προηγμένο Ελέγχο

- Στόχος του μαθήματος είναι να παρουσιάσει τις νέες μεθόδους ελέγχου που εφαρμόζονται σε ηλεκτρικούς κινητήρες.
 - Αρχικά παρουσιάζονται οι βασικές αρχές ελέγχου των κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Αν και οι κινητήρες αυτοί είναι «παρωχημένοι» και σπάνια συναντώνται πλέον σε εφαρμογές, οι μεθοδολογίες ελέγχου αυτών συνήθως αποτελούν τη θεωρητική βάση επάνω στην οποία βασίζεται η θεωρία ελέγχου των πιο εξελιγμένων μηχανών.
 - Με βάση τα συμπεράσματα από τον έλεγχο των μηχανών συνεχούς ρεύματος, ο αναγνώστης μπορεί πιο εύκολα να κατανοήσει τις μεθόδους διανυσματικού ελέγχου που συναντώνται σε πιο εξελιγμένα συστήματα.
 - Στη συνέχεια, αναλύονται οι μέθοδοι για τον διανυσματικό έλεγχο των ασύγχρονων κινητήρων.
 - Η μεθοδολογία του διανυσματικού ελέγχου για τους σύγχρονους κινητήρες είναι παρόμοια, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στο μοντέλο των μηχανών αυτών.



Μηχανές Συνεχούς Ρεύματος

Δυναμικό μοντέλο Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος



Εξισώσεις Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος (1/2)

- Εξίσωση Στάτη:

$$\frac{di_f}{dt} = -\frac{R_f}{L_f} \cdot i_f + \frac{1}{L_f} \cdot u_f$$

- Εξίσωση τυμπάνου:

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R_a}{L_a} \cdot i_a - \frac{C}{L_a} \cdot i_f \cdot \omega_r + \frac{1}{L_a} \cdot u_a$$

- Τάση εξέπαγωγής: $E_{\varepsilon\pi} = C \cdot \lambda \cdot \omega_r$

- Ηλεκτρομαγνητική ροπή: $M_{el} = C \cdot \lambda \cdot i_T$



Εξισώσεις Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος (2/2)

□ Εξίσωση Κίνησης:

$$\frac{d\omega_r}{dt} = -\frac{b}{J} \cdot \omega_r + \frac{C}{J} \cdot i_f \cdot i_T - \frac{1}{J} \cdot T_{load}$$



Έλεγχος Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με ξένη διέγερση

- ❑ Το ρεύμα διέγερσης ελέγχεται ανεξάρτητα από το ρεύμα στο τύμπανο.
- ❑ Με τον τρόπο αυτό η ροή ελέγχεται ανεξάρτητα από την ηλεκτρομαγνητική ροπή, έχοντας ως αποτέλεσμα η μεθοδολογία ελέγχου να είναι απλούστερη.
- ❑ Αν το ρεύμα διέγερσης διατηρηθεί σταθερό, η ροή παραμένει σταθερή, οδηγώντας σε γραμμικό σύστημα.
 - Ο έλεγχος της μηχανής μπορεί να επιτευχθεί με ελεγκτή PI, με ανατροφοδότηση κατάστασης, καθώς και με άλλες μεθόδους.



Εξισώσεις Μηχανής Συνεχούς Ρεύματος με σταθερή διέγερση

□ Εξίσωση τυμπάνου:

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R_a}{L_a} \cdot i_a - \frac{C_f}{L_a} \cdot \omega_r + \frac{1}{L_a} \cdot u_a$$

□ Τάση εξ'επαγωγής:

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

□ Ηλεκτρομαγνητική ροπή:

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

□ Εξίσωση Κίνησης:

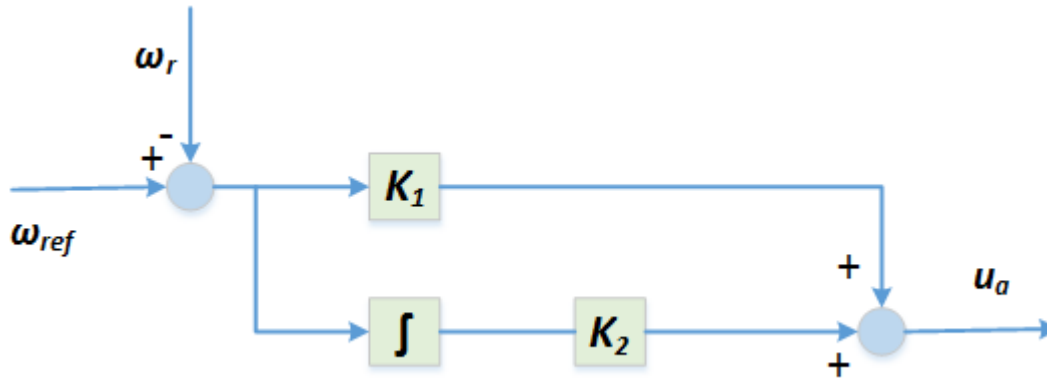
$$\frac{d\omega_r}{dt} = -\frac{b}{J} \cdot \omega_r + \frac{C_f}{J} \cdot i_T - \frac{1}{J} \cdot T_{load}$$



Έλεγχος Συνεχούς Ρεύματος με σταθερή διέγερση με ελεγκτή PI

□ Εξίσωση ελεγκτή:

$$u_a = K_1(\omega_{ref} - \omega_r) + K_2 \cdot \int (\omega_{ref} - \omega_r) dt$$

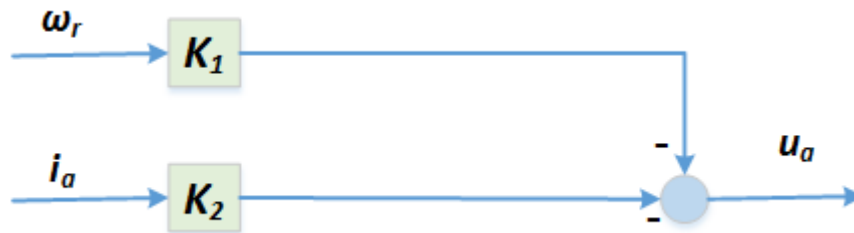


Έλεγχος Συνεχούς Ρεύματος με σταθερή διέγερση με ανατροφοδότηση κατάστασης

□ Εξίσωση ελεγκτή:

$$u_a = -K_1 \cdot \omega_r - K_2 \cdot i_a = -[K_1 \quad K_2] \cdot \begin{bmatrix} \omega_r \\ i_a \end{bmatrix}$$

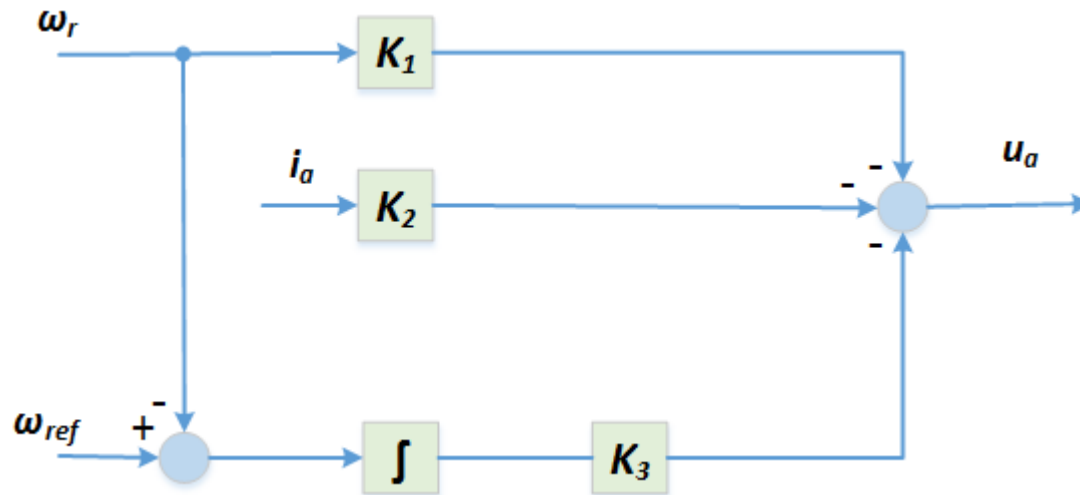
□ Η επιλογή των κερδών του ελεγκτή μπορεί να γίνει είτε με τοποθέτηση πόλων, είτε με μεθοδολογίες βελτίστου ελέγχου, είτε με άλλες μεθόδους.



Έλεγχος Συνεχούς Ρεύματος με σταθερή διέγερση με ανατροφοδότηση κατάστασης και ολοκληρωτικό έλεγχο

□ Εξίσωση ελεγκτή:

$$u_a = -[K_1 \quad K_2] \cdot \begin{bmatrix} \omega_r \\ i_a \end{bmatrix} - K_3 \cdot \int (\omega_r - \omega_{ref}) dt$$



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.

