



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Προηγμένος έλεγχος ηλεκτρικών μηχανών

Ενότητα 6: Εκτίμηση συνιστωσών μαγνητικής ροής με
χρήση του μοντέλου ρεύματος

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. 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

- ❑ Παρουσίαση του μοντέλου ρεύματος της ασύγχρονης μηχανής
- ❑ Κατανόηση του τρόπου υπολογισμού των συνιστωσών της μαγνητικής ροής με βάση το μοντέλο ρεύματος.



Μοντέλο Ρεύματος Ασύγχρονης Μηχανής

Γενικά

- ❑ Το μοντέλο ρεύματος βασίζεται στις εξισώσεις του δρομέα της Ασύγχρονης Μηχανής, με βάση το διπολικό μοντέλο.
- ❑ Η διατύπωση του μοντέλου ρεύματος ως συνάρτηση διακριτού χρόνου αξιοποιείται στην υλοποίηση των τεχνικών διανυσματικού ελέγχου που το χρησιμοποιούν.



Εξαγωγή του μοντέλου ρεύματος (1/3)

- Προκύπτει από τις εξισώσεις του δρομέα:

$$\left(U_{DQO} \right) = \left(R_S \right) \cdot \left(I_{DQO} \right) + \frac{d}{dt} \left(\lambda_{DQO} \right) - \dot{\vartheta}_R \cdot \begin{bmatrix} \lambda_{Rq} \\ -\lambda_{Rd} \\ 0 \end{bmatrix}$$

- Λύνοντας ως προς τις συνιστώσες της ροής του δρομέα:

$$\frac{d}{dt} \left(\lambda_{DQO} \right) = \left(U_{DQO} \right) - \left(R_S \right) \cdot \left(I_{DQO} \right) + \dot{\vartheta}_R \cdot \begin{bmatrix} \lambda_{Rq} \\ -\lambda_{Rd} \\ 0 \end{bmatrix}$$



Εξαγωγή του μοντέλου ρεύματος (2/3)

(3.84)

- Τα ρεύματα του δρομέα δεν είναι μετρήσιμα μεγέθη στις μηχανές με βραχυκυκλωμένο κλωβό, οπότε εκφράζονται συναρτήσει της ροής του δρομέα και του ρεύματος του στάτη και αντικαθίστανται στην παραπάνω σχέση. Τελικά προκύπτει:

$$\frac{d\lambda_{rd}^s}{dt} = \frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sd}^s - \omega_r \cdot \lambda_{rq}^s - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rd}^s$$

$$\frac{d\lambda_{rq}^s}{dt} = \frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sq}^s + \omega_r \cdot \lambda_{rd}^s - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rq}^s$$



Εξαγωγή του μοντέλου τάσης (2/3)

- Τα ρεύματα του δρομέα δεν είναι μετρήσιμα μεγέθη στις μηχανές με βραχυκυκλωμένο κλωβό, οπότε εκφράζονται συναρτήσει της ροής του δρομέα και του ρεύματος του στάτη και αντικαθίστανται στην παραπάνω σχέση. Τελικά προκύπτει η παρακάτω σχέση (τ_r είναι η σταθερά χρόνου του δρομέα).

$$\frac{d\lambda_{rd}^s}{dt} = \frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sd}^s - \omega_r \cdot \lambda_{rq}^s - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rd}^s$$

$$\frac{d\lambda_{rq}^s}{dt} = \frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sq}^s + \omega_r \cdot \lambda_{rd}^s - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rq}^s$$

$$\tau_r = \frac{L_r}{R_r}$$



Εξαγωγή του μοντέλου ρεύματος (3/3)

□ Μετά από ολοκλήρωση:

$$\lambda_{rd}^s = \int \left(\frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sd}^s - \omega_r \cdot \lambda_{rq}^s - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rd}^s \right) \cdot dt$$

$$\lambda_{rq}^s = \int \left(\frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sq}^s + \omega_r \cdot \lambda_{rd}^s - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rq}^s \right) \cdot dt$$



Διακριτή μορφή του μοντέλου ρεύματος

- Θεωρώντας σταθερή δειγματοληψία συχνότητα $f=1/T_S$, το μοντέλο ρεύματος γράφεται:

$$\lambda_{rd}^s(k+1) = \lambda_{rd}^s + T_S \cdot \frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sd}^s(k) - T_S \cdot \omega_r \cdot \lambda_{rq}^s(k) - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rd}^s(k)$$

$$\lambda_{rq}^s(k+1) = \lambda_{rq}^s + T_S \cdot \frac{L_m}{\tau_r} \cdot i_{sq}^s(k) + T_S \cdot \omega_r \cdot \lambda_{rd}^s(k) - \frac{1}{\tau_r} \cdot \lambda_{rq}^s(k)$$

- Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των συνιστωσών της ροής χρησιμοποιώντας τις στιγμιαίες τιμές τάσεων και ρευμάτων.



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του μοντέλου ρεύματος

- ❑ Το μοντέλο ρεύματος απαιτεί την επαρκή γνώση αρκετών παραμέτρων της μηχανής προκειμένου να υπολογισθεί η ροή του δρομέα.
- ❑ Μεταξύ των παραμέτρων αυτών συμπεριλαμβάνεται και η σταθερά χρόνου του δρομέα, η οποία μεταβάλλεται κυρίως λόγω θέρμανσης του δρομέα.
- ❑ Λόγω του τρόπου υπολογισμού της ροής με βάση το μοντέλο ρεύματος, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αξόνων d και q , το μοντέλο ρεύματος είναι πιο αξιόπιστο από το μοντέλο τάσης για χαμηλές ταχύτητες λειτουργίας. Στις υψηλές ταχύτητες λειτουργίας προτιμάται το μοντέλο τάσης.



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.

