



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα

Ενότητα 8: Λειτουργική συμπεριφορά ασύγχρονων
κινητήρων

Επαμεινώνδας Μητρονίκας

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.



Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή στα Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα
2. Συγκρότηση ενός Ηλεκτρικού Κινητήριου Συστήματος – είδη φορτίων
3. Μεταφορά Ισχύος
4. Επιλογή Ηλεκτρικών Κινητήρων
5. Απώλειες και ψύξη Ηλεκτρικών Κινητήρων σε μεταβατικές και μόνιμες καταστάσεις
6. Λειτουργική Συμπεριφορά Ηλεκτρικών Κινητήρων
7. Περιγραφή Κινητήρων Σ.Ρ. με χονδρικά διαγράμματα
- 8. Λειτουργική συμπεριφορά ασύγχρονων κινητήρων**
9. Λειτουργική συμπεριφορά σύγχρονων κινητήρων



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



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Σκοπός ενότητας

- Παρουσίαση της λειτουργικής συμπεριφοράς και των μεθόδων ελέγχου των ασύγχρονων κινητήρων



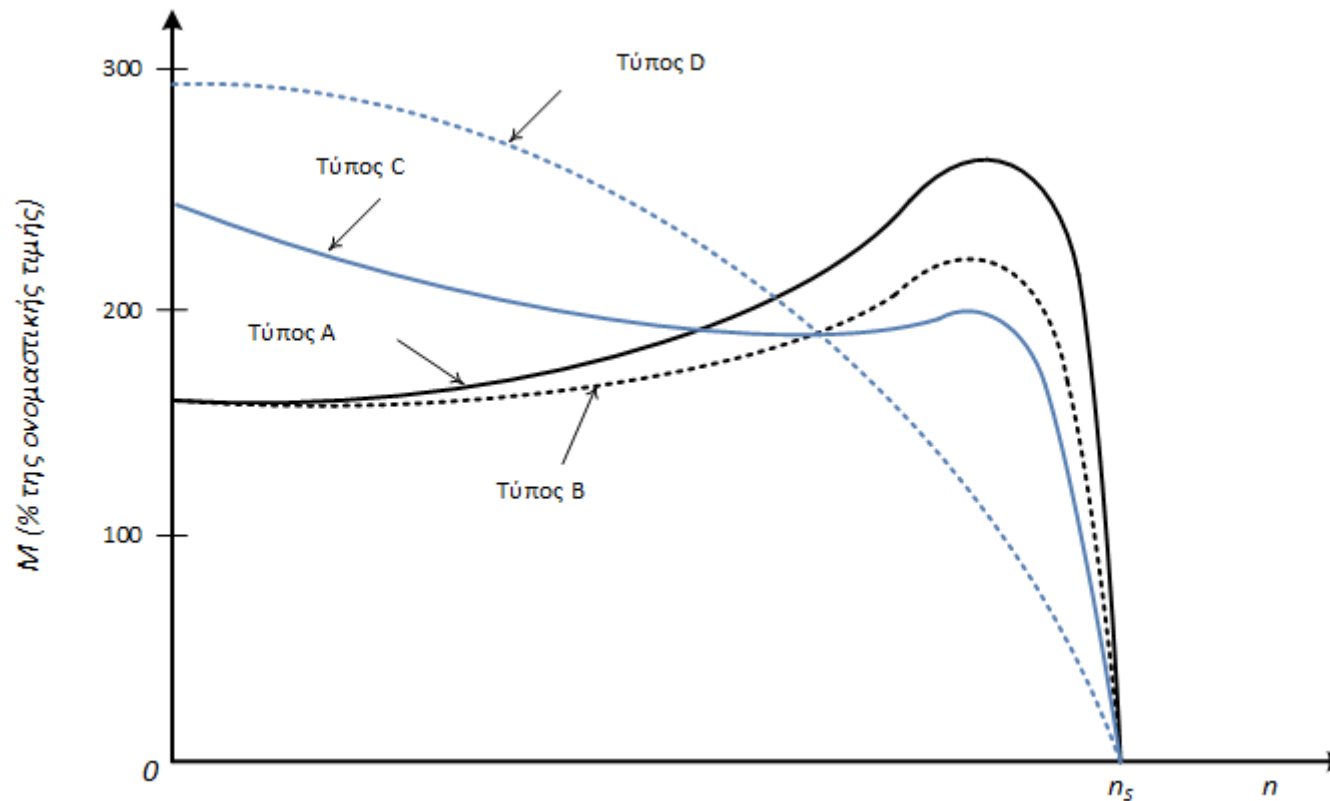
Ασύγχρονη μηχανή

- ❑ Η συμπεριφορά της ασύγχρονης μηχανής σε μόνιμη κατάσταση περιγράφεται από το ισοδύναμο κύκλωμα.
- ❑ Η εξάρτηση της ταχύτητας από το φορτίο φαίνεται στην καμπύλη ροπής – στροφών.
- ❑ Βασικά επιπλέον χαρακτηριστικά της μηχανής που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ενσωμάτωσή της σε ένα κινητήριο σύστημα είναι η ροπή εκκίνησης και η ροπή ανατροπής.
- ❑ Επιπλέον πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και το γεγονός ότι η ροπή εξαρτάται από το τετράγωνο της τάσης.



Καμπύλη ροπής – στροφών (1/2)

- Ανάλογα με τη μορφή των αυλακώσεων, η καμπύλη ροπής – στροφών διαφοροποιείται.



Καμπύλη ροπής – στροφών (2/2)

- ❑ Οι εμπορικά διαθέσιμες μηχανές συναντώνται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες ανάλογα με την μορφή της καμπύλης ροπής στροφών:
 - NEMA τύπος A
μέγιστη ολίσθηση 5%, υψηλό ως μεσαίο ρεύμα εκκίνησης, μέτρια ροπή εκκίνησης και ανατροπής.
 - NEMA τύπος B
μέγιστη ολίσθηση 5%, χαμηλό ρεύμα εκκίνησης, μέτρια ροπή εκκίνησης και μέτρια ροπή ανατροπής.
 - NEMA τύπος C
μέγιστη ολίσθηση 5%, χαμηλό ρεύμα εκκίνησης, υψηλή ροπή εκκίνησης και μέτρια ροπή ανατροπής.
 - NEMA τύπος D
μέγιστη ολίσθηση 5-13%, χαμηλό ρεύμα εκκίνησης, πολύ υψηλή ροπή εκκίνησης.



Εκκίνηση

□ Μέθοδοι εκκίνησης

➤ **Με απευθείας σύνδεση με το δίκτυο υπό πλήρη τάση**

Δημιουργούνται μεγάλα ρεύματα που μπορεί να προκαλέσουν βύθιση τάσης. Επίσης εμφανίζεται μεγάλη ροπή στην εκκίνηση.

➤ **Εκκίνηση με συνδεσμολογία αστέρα- τριγώνου**

Η φασική τάση στη εκκίνηση ανέρχεται στο $1/\sqrt{3}$ της πολικής. Το ρεύμα που παίρνουμε από το δίκτυο και η ροπή της μηχανής μειώνονται στο $1/3$.

➤ **Εκκίνηση με ωμική αντίσταση στο δρομέα**

Για μηχανές με δακτυλιοφόρο δρομέα. Το ρεύμα εκκίνησης μειώνεται ενώ αυξάνεται η ροπή. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικές απώλειες στην αντίσταση.

➤ **Εκκίνηση με μετασχηματιστή εκκίνησης**

Το ρεύμα και η ροπή εκκίνησης μειώνονται.

➤ **Εκκίνηση με ωμική αντίσταση η επαγωγική αντίσταση σε μια φάση του στάτη**

Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η κρουστική ροπή στην εκκίνηση.

➤ **Εκκίνηση με ηλεκτρονικό μετατροπέα ισχύος**

Η πλέον ενδεδειγμένη λύση για την εκκίνηση με καλά χαρακτηριστικά ροπής και περιορισμό του ρεύματος.



Πέδηση

□ Μέθοδοι πέδησης

➤ Υπερσύγχρονη πέδηση

Είναι η κατάσταση την οποία η μηχανή λειτουργεί σε γεννήτρια με $s < 0$.

➤ Αλλαγή δυο φάσεων της τροφοδοσίας του στάτη

Αν εναλλάξουμε δύο φάσεις στην τροφοδοσία του στάτη, το στρεφόμενο πεδίο περιστρέφεται με αντίθετη φορά με αποτέλεσμα της επιβράδυνση της μηχανής και την περιστροφή της σε αντίθετη κατεύθυνση. Άμεση συνέπεια είναι τα μεγάλα ρεύματα στην επιβράδυνση.

➤ Πέδηση με συνεχές ρεύμα

Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε ένα συνεχές πεδίο και η μηχανή επιβραδύνεται με παρόμοιο τρόπο όπως στην υπερσύγχρονη πέδηση.

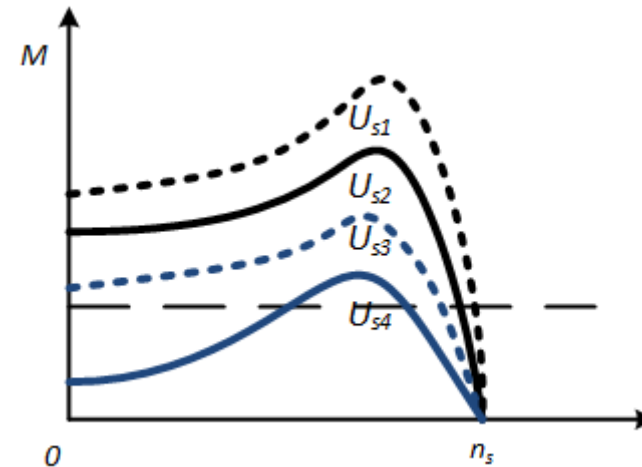
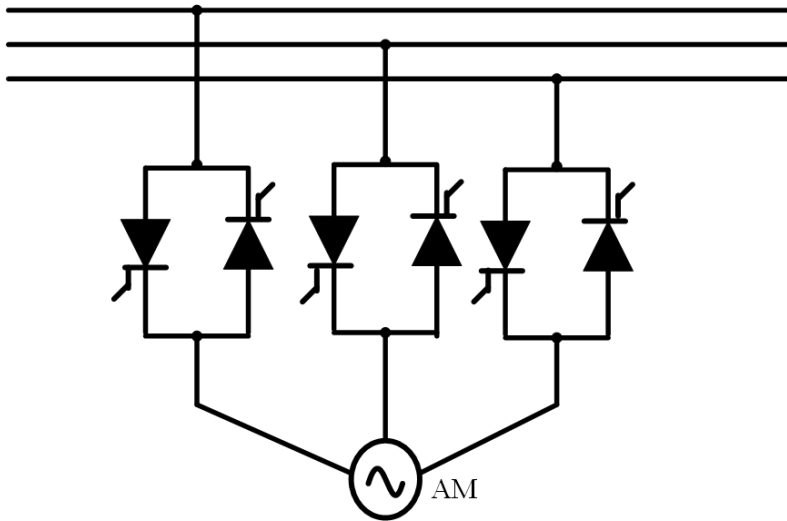
➤ Μηχανική πέδηση

Επιτυγχάνεται συνήθως με μηχανικό ή υδραυλικό μηχανισμό πέδησης.



Δυνατότητες ρύθμισης (1/3)

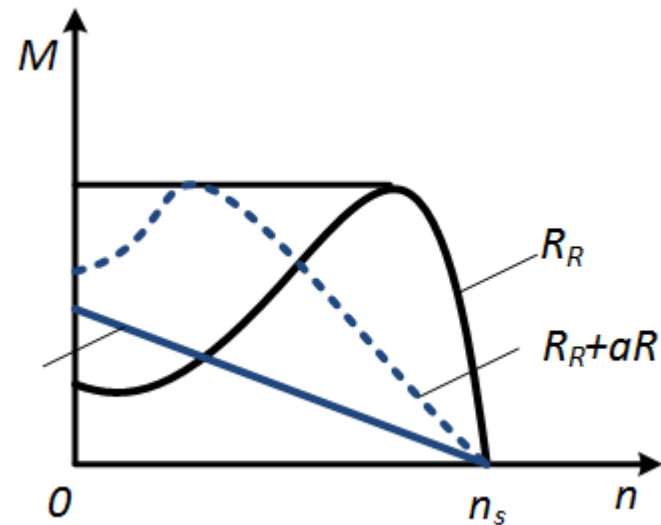
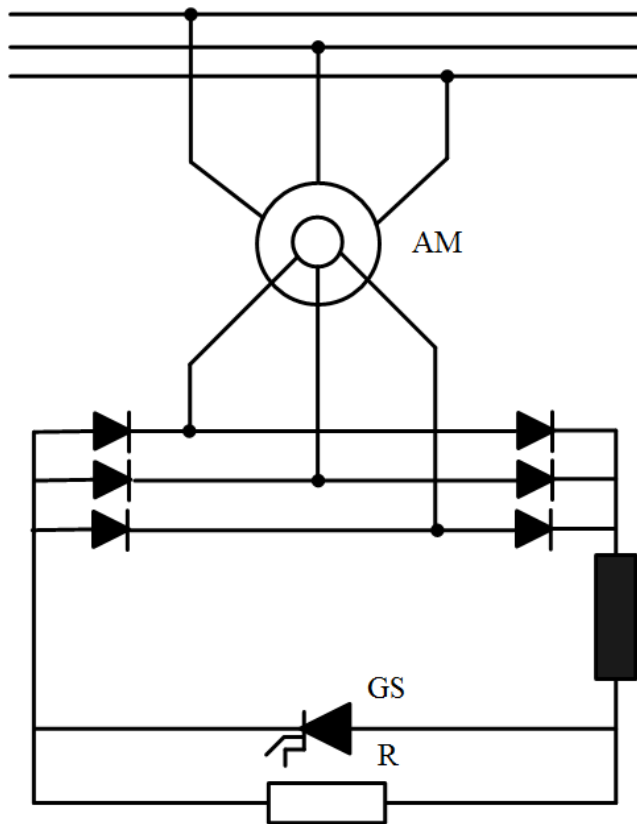
- **Με αλλαγή του αριθμού των πόλων**
Απαιτεί κατάλληλα κατασκευασμένη μηχανή.
- **Με αλλαγή της συχνότητας τροφοδοσίας**
Στις σύγχρονες διατάξεις επιτυγχάνεται με ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος.
- **Με αλλαγή της τάσης τροφοδοσίας του στάτη**
Επιτυγχάνεται με διάταξη αντιπαράλληλων θυρίστορ (soft starter). Παρουσιάζει το μειονέκτημα πως επιτρέπει μικρή περιοχή ρύθμισης.



Δυνατότητες ρύθμισης (2/3)

➤ Με μεταβλητή αντίσταση στο δρομέα

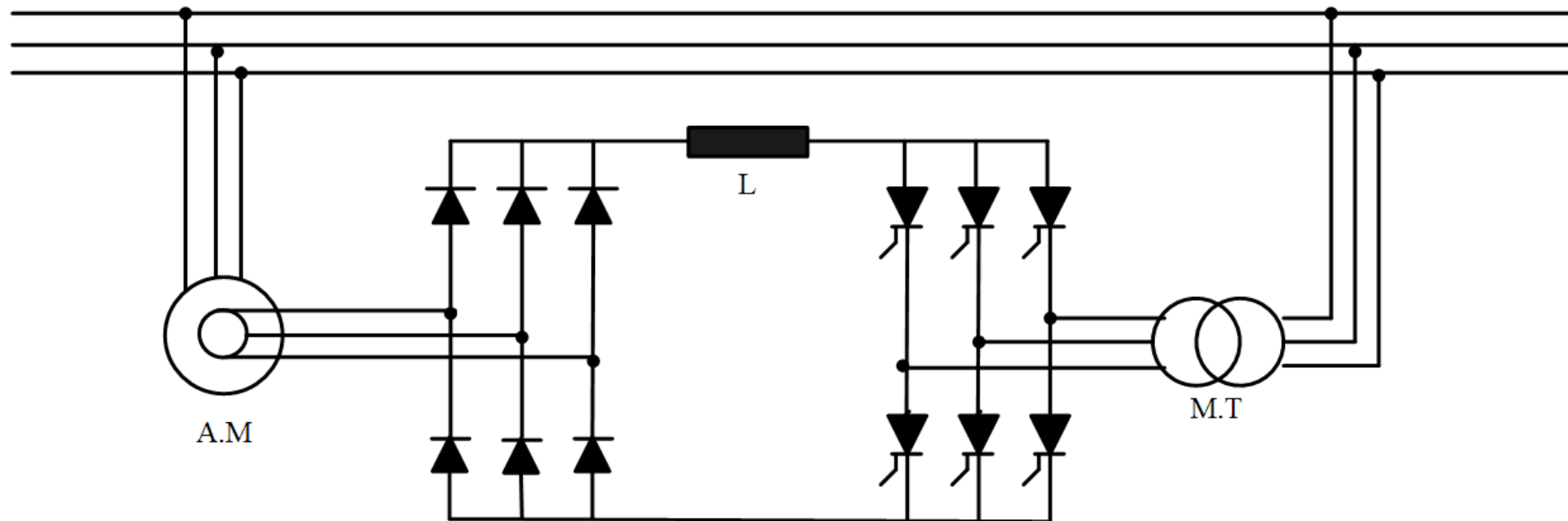
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μηχανές με δακτυλιοφόρο δρομέα. Συνήθως στην πράξη χρησιμοποιείται σταθερή αντίσταση ισχύος και ηλεκτρονικός μετατροπέας ισχύος, που έχει τη δομή του παρακάτω σχήματος:



Δυνατότητες ρύθμισης (3/3)

➤ Με τοπολογία υποσύγχρονης cascade

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μηχανές με δακτυλιοφόρο δρομέα. Σε αντίθεση με τη σύνδεση αντίστασης στο δρομέα, η επιπλέον ισχύς δεν καταναλώνεται σε ωμική αντίσταση, αλλά επιστρέφει στο δίκτυο. Άμεση συνέπεια αυτού είναι ο βελτιωμένος βαθμός απόδοσης:



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 2014.
Επαμεινώνδας Μητρονίκας. «Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα». Έκδοση: 1.0.
Πάτρα 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/courses/EE747/>.



Βιβλιογραφία

- [1]. Αθανασίου Ν. Σαφάκα, «Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2013.
- [2]. NEMA motor characteristics
http://petrowiki.org/NEMA_motor_characteristics#Speed_torque_curve

