



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Δυναμική Ηλεκτρικών Μηχανών

Ενότητα 1: Εισαγωγή – Βασικές Αρχές

Επ. Καθηγήτρια Τζόγια Χ. Καππάτου

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



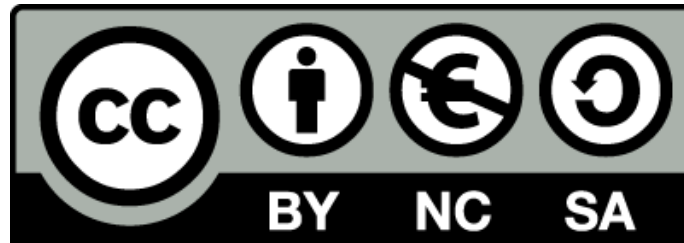
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



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.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

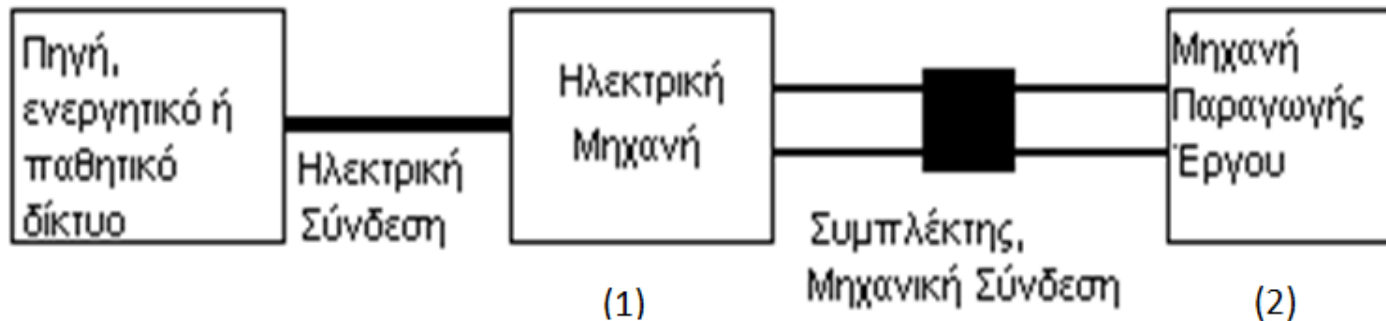


ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Περιεχόμενα

**Ενεργειακή κατάσταση ενός
Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος**

Ηλεκτρομηχανικό Ενεργειακό Σύστημα

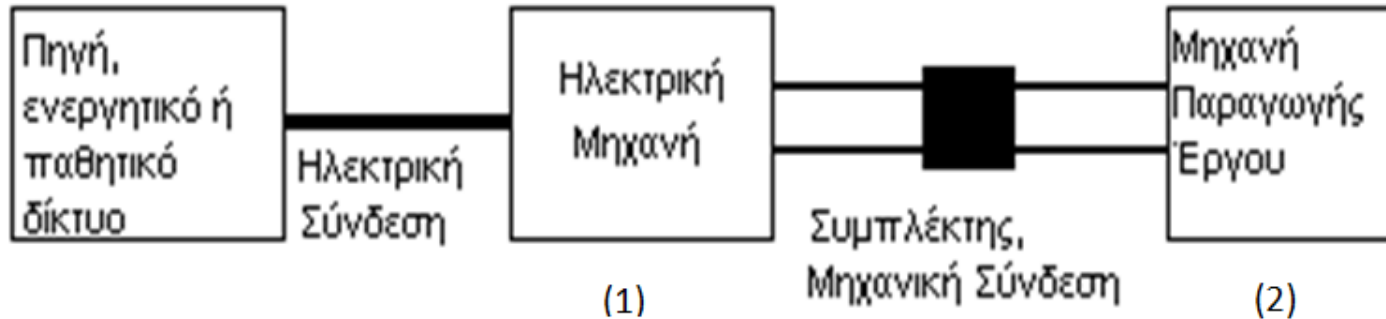


Σχ.1.1.1. Θεμελιώδης τύπος ηλεκτρομηχανικού ενεργειακού συστήματος:

Το σύστημα αποτελείται από:

- Δίκτυο.
- Στρεφόμενη ηλεκτρική μηχανή ηλεκτρικά συνδεόμενη με το δίκτυο.
- Μηχανή παραγωγής έργου, ή κινητήριος μηχανή, ή ηλεκτρική μηχανή συνδεόμενη μηχανικά με την ηλεκτρική μηχανή 1.

Κατάσταση Λειτουργίας Ηλεκτρομηχανικού συστήματος



Ηλεκτρική Μηχανή 1 συνδεδεμένη με:	Κατάσταση Λειτουργίας Ηλεκτρικής Μηχανής 1	Κατάσταση Λειτουργίας Μηχανής 2
Πηγή ή Ενεργητικό Δίκτυο	Κινητήρας ή Πέδη	Μηχανή Παραγωγής Έργου (<i>Εργαλειομηχανή, Αντλία, Αεροσυμπιεστής, κλπ.</i>)
Ενεργητικό ή Παθητικό Δίκτυο	Γεννήτρια	Κινητήρια Μηχανή (<i>Αεροστρόβιλος, υδροστρόβιλος, Μηχανή Εσωτερικής Καύσης</i>)
Πηγή ή Ενεργητικό Δίκτυο	Κινητήρας ή Γεννήτρια	Ηλεκτρική Μηχανή: Γεννήτρια ή Κινητήρας

Καταστάσεις Λειτουργίας

❖ Μετατροπή ενέργειας

Ηλεκτρική ενέργεια σε Μηχανική.
(Δίκτυο – Ηλεκτρική Μηχανή)

Μηχανική ενέργεια σε άλλες μορφές ενέργειας, κυρίως ηλεκτρική.
(Μηχανή παραγωγής έργου – Ηλεκτρική Μηχανή)

✓ Η μετατροπή λαμβάνει χώρα σε:

I. Μόνιμη Κατάσταση Λειτουργίας

II. Μεταβατική Κατάσταση Λειτουργίας

(Μελέτη Ηλεκτρομαγνητικών και Ηλεκτρομηχανικών μεταβατικών φαινομένων)

- Αν η μηχανή 2 δεν είναι ηλεκτρική \Rightarrow μια μάζα ισχυρά συνδεδεμένη στη μηχανή 1 \Rightarrow παρουσιάζει μόνο ροπή αδράνειας.
- Αν η μηχανή 2 είναι ηλεκτρική \Rightarrow η συμπεριφορά της μελετάται όπως και της μηχανής 1.

Δυναμικές Καταστάσεις Λειτουργίας

- ❖ Οι δυναμικές καταστάσεις σε ένα σύστημα είναι:
 - Σύνδεση – Αποσύνδεση Μηχανής στην Πηγή – Δίκτυο
 - Παντός είδους Βραχυκυκλώματα ή ανοιχτοκυκλώματα
 - Απότομη Μεταβολή Φορτίου
 - Απότομη Μεταβολή Αριθμού Στροφών
 - Μεταβολή Τάσεως
 - Κ.λ.π.
- ❖ Η μελέτη των παραπάνω είναι αναγκαία στις Ηλεκτρικές Μηχανές για την :
 - **Αξιοπιστία**
 - **Κατασκευή**
 - **Ευστάθεια**
 - **Προστασία**

Μελέτη Δυναμικών Καταστάσεων

“Δυναμική των Ηλεκτρικών Μηχανών” = Μελέτη συμπεριφοράς ηλεκτρικών μηχανών σε δυναμικές καταστάσεις λειτουργίας.

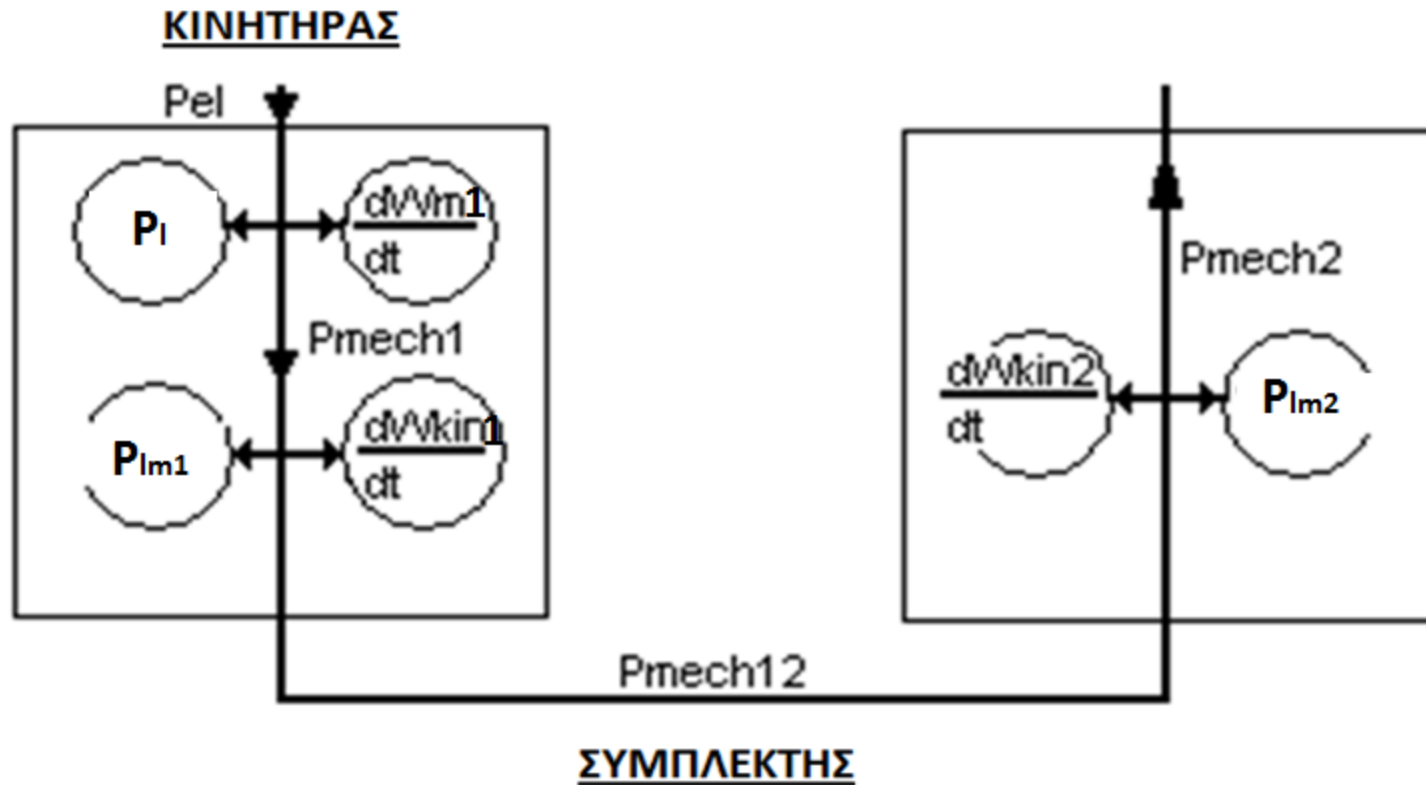
✓ Η Μελέτη αυτή απαιτεί μαθηματική ανάλυση, γενικής μεθοδολογίας, εφαρμόσιμη για όλες τις μηχανές

❖ Ποσοτική Ανάλυση

❖ Ποιοτική Ανάλυση

Χρήση Η/Υ μεγάλης υπολογιστικής δύναμης λόγω αυξημένου υπολογιστικού φόρτου .

Διάγραμμα Ροής Ενέργειας ενός Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος



Σχ.1.1.2. Διάγραμμα Ροής Ενέργειας ενός Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος

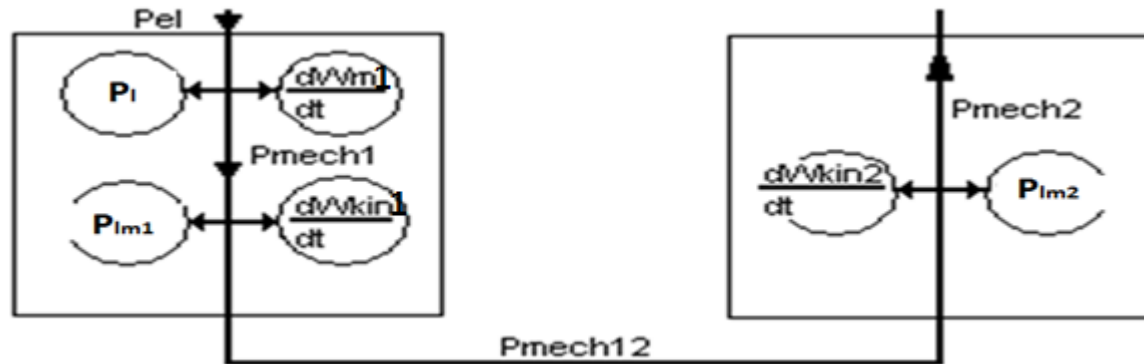
Στοιχεία Διαγράμματος Ροής Ενέργειας

Από το δίκτυο ή από πηγή προσλαμβανόμενη ηλεκτρική ισχύς	P_{el}
Απώλειες σε τυλίγματα και σιδηρομαγνητικό πυρήνα μηχανής 1	P_l
Ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ενέργειας μηχανής 1	$\frac{dW_{m1}}{dt}$
Εσωτερική μηχανική ισχύς μηχανής 1	P_{mech1}
Μηχανικές απώλειες μηχανής 1	P_{lm1}

Στοιχεία Διαγράμματος Ροής Ενέργειας (1)

Ρυθμός μεταβολής κινητικής ενέργειας του δρομέα της μηχανής 1	$\frac{dW_{kin1}}{dt}$
Μηχανική ισχύς που μεταβιβάζεται από μηχανή 1 σε μηχανή 2	P_{mech12}
Μηχανικές απώλειες μηχανής 2	P_{lm2}
Ρυθμός μεταβολής κινητικής ενέργειας μηχανής 2 που αποθηκεύεται στο πεδίο	$\frac{dW_{kin2}}{dt}$
Εσωτερική μηχανική ισχύς μηχανής 2	P_{mech2}

Εξισώσεις Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος



Εξίσωση Ηλεκτρομηχανικής Ισχύος	$P_{el} = P_l + P_{mech1} + \frac{dW_{m1}}{dt}$
Μεταφερόμενη Ισχύς από τη Μηχανή 1 προς τη Μηχανή 2	$P_{mech12} = P_{mech1} - P_{lm1} - \frac{dW_{kin1}}{dt}$
Εξίσωση Μηχανικής Ισχύος για τη Μηχανή 2	$P_{mech12} = P_{mech2} + P_{lm2} + \frac{dW_{kin2}}{dt}$

Εξισώσεις Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος (1)

Μηχανική ισχύς για κάθε περίπτωση, όπου
 M_i = εσωτερική ροπή, M_l = ροπή απωλειών

$$P_{mech1} = \Omega M_{i1}$$

$$P_{lm1} = \Omega M_{l1}$$

$$P_{mech12} = \Omega M_{12}$$

$$P_{mech2} = \Omega M_{i2}$$

$$P_{lm2} = \Omega M_{l2}$$

Κινητική Ενέργεια Δρομέα Μηχανής

$$W_{kin1} = \frac{1}{2} J_1 \Omega^2$$

$$W_{kin2} = \frac{1}{2} J_2 \Omega^2$$

Εξισώσεις Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος (2)

Ρυθμός Μεταβολής Κινητικής Ενέργειας:

$$\frac{dW_{kin1}}{dt} = \frac{1}{2} J_1 \frac{d(\Omega^2)}{dt} = M_{B1} \Omega$$

$$\frac{dW_{kin2}}{dt} = \frac{1}{2} J_2 \frac{d(\Omega^2)}{dt} = M_{B2} \Omega$$

Ροπή Επιταχύνσεως ή Επιβραδύνσεως:

$$M_{B1} = J_1 \frac{d\Omega}{dt} \quad M_{B2} = J_2 \frac{d\Omega}{dt}$$

Εξισώσεις Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος (3)

Μηχανική Ενεργειακή Κατάσταση Συστήματος

$$P_{mech1} = P_{mech2} + P_{lm1} + P_{lm2} + \frac{dW_{kin1}}{dt} + \frac{dW_{kin2}}{dt}$$

Εξίσωση Ροπών

$$M_{i1} = M_{i2} + M_{l1} + M_{l2} + (J_1 + J_2) \frac{d\Omega}{dt}$$

Ροπή στο συμπλέκτη

$$M_{12} = M_{i1} - M_{l1} - J_1 \frac{d\Omega}{dt}$$

Εξισώσεις Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος (4)

A) Αν η ταχύτητα περιστροφής του συστήματος είναι σταθερή $\Omega = \text{σταθ.}$ (αποσύνδεση και άμεση επανασύνδεση με το δίκτυο). Τότε

η ροπή επιταχύνσεως: $\frac{d\Omega}{dt} = 0$

Τότε οι παραπάνω σχέσεις απλοποιούνται!

B) Αν η μηχανή 1 λειτουργεί ως κινητήρας τότε η μηχανή 2 λειτουργεί ως γεννήτρια (Ροή ισχύος: μηχανή 1 \rightarrow μηχανή 2).
Ή και αντίστροφα.

Γ) Μόνιμη κατάσταση λειτουργίας:

$$\frac{dW_{kin}}{dt} = \frac{dW_m}{dt} = 0$$

Δυναμική κατάσταση λειτουργίας:

$$\frac{dW_{kin}}{dt} = 0 \quad \underline{\text{και}} \quad \frac{dW_m}{dt} \neq 0$$

Ή

$$\frac{dW_{kin}}{dt} \neq 0 \quad \underline{\text{και}} \quad \frac{dW_m}{dt} \neq 0$$

Πηγές

Οι πηγές των **Εικόνων, των Σχημάτων και των Διαγραμμάτων είναι:**

[1] Α.Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρικές Μηχανές Α», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2009

[2] Α.Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρικές Μηχανές Β», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2009

[3] Α.Ν. Σαφάκας, «Δυναμική Ηλεκτρομηχανικών συστημάτων» Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2008

[4] Τζόγια Χ. Καππάτου, Πανεπιστημιακές σημειώσεις και Εξομοιώσεις Μοντέλων Ηλεκτρικών Μηχανών σε περιβάλλον Πεπερασμένων Στοιχείων, Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας, Η.Μ.Τ.Υ, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

