



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

Ηλεκτρικές Μηχανές II

Ενότητα 1: Εισαγωγή – Βασικές Έννοιες

Επ. Καθηγήτρια Τζόγια Χ. Καππάτου

Πολυτεχνική Σχολή

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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Μηχανές εναλλασσομένου ρεύματος

- *Ασύγχρονη Μηχανή*
- *Σύγχρονη Μηχανή*

Αποτελούν τους κυρίαρχους μετατροπείς από ηλεκτρική σε μηχανή ισχύ και αντίστροφα.

Ασύγχρονη Μηχανή 1

- Αποτελούν το 80% των ηλεκτρικών μηχανών του πλανήτη.
- Από λίγα Watt μέχρι 30MW.
- Κυρίως ως κινητήρες, μικρός αριθμός ως γεννήτριες σε αιολικά πάρκα.
- Μονοφασικές ή τριφασικές.

Ασύγχρονη Μηχανή 2

Αντικατάσταση των Μηχανών Συνεχούς Ρεύματος, λόγω:

- *απλή κατασκευή*
- *στιβαρότητα*
- *μακροζωία*
- *συντήρηση*
- *δυνατότητες ελέγχου*



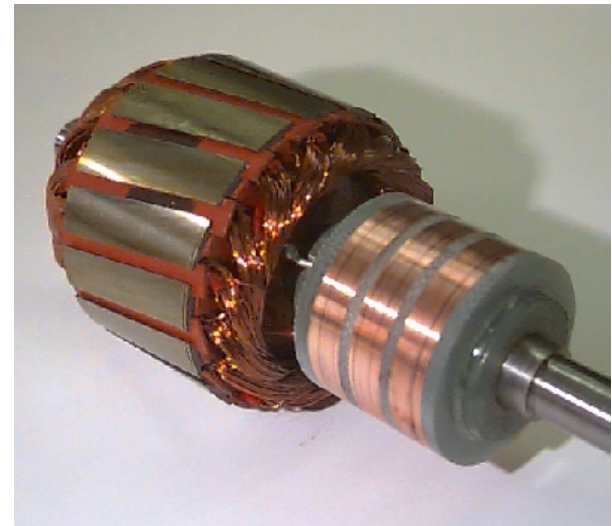
Ασύγχρονες μηχανές κλωβού μικρής ισχύος (4KW) [1]



Ασύγχρονη Μηχανή με δακτυλιοφόρο δρομέα και με φορτίο μία αντλία [2]

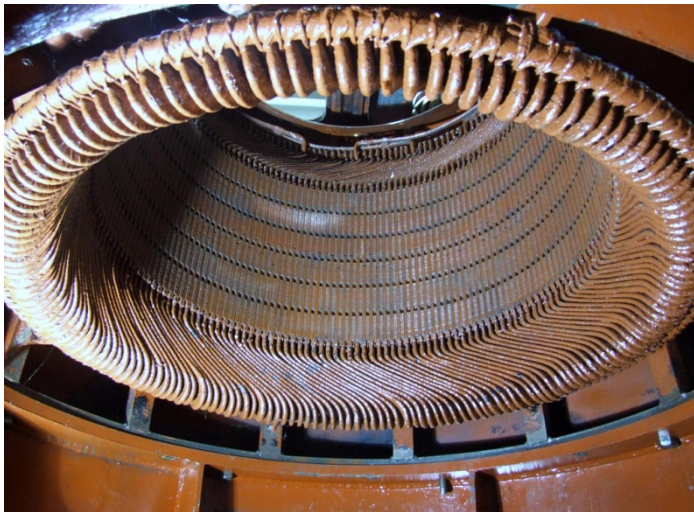
Κατασκευαστικοί τύποι δρομέα

- Κλωβού [3]
- Δακτυλιοφόρου δρομέα [4]



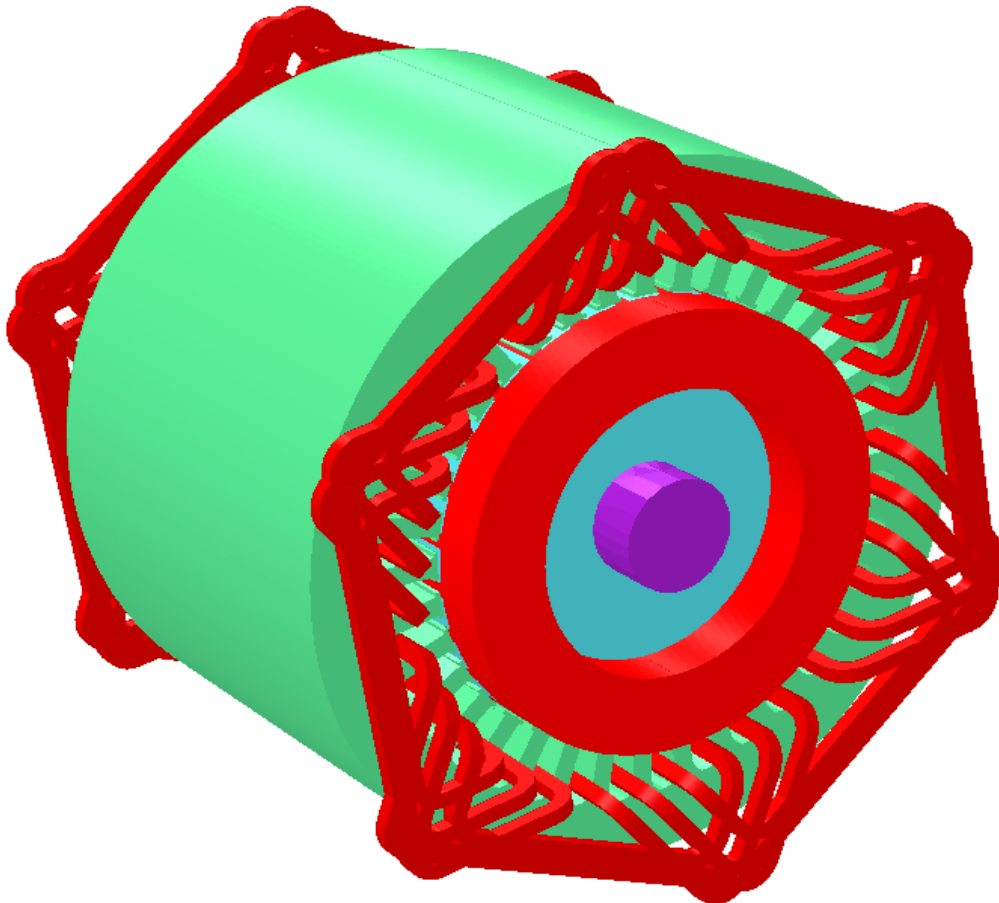
Κατασκευαστικοί τύποι στάτη

- Τριφασικό τύλιγμα [5]
- Μονοφασικό τύλιγμα [6]



A.M. Βραχυκυκλωμένου κλωβού [7]

24/??/2011 10:13:28



UNITS

Length	mm
Magn Flux Density T	
Magn Field	A m ⁻¹
Magn Scalar Pot	A
Magn Vector Pot	Wb m ⁻¹
Elec Flux Density	C m ⁻²
Elec Field	V m ⁻¹
Conductivity	S mm ⁻¹
Current Density	A mm ⁻²
Power	W
Force	N
Energy	J
Mass	kg

MODEL DATA

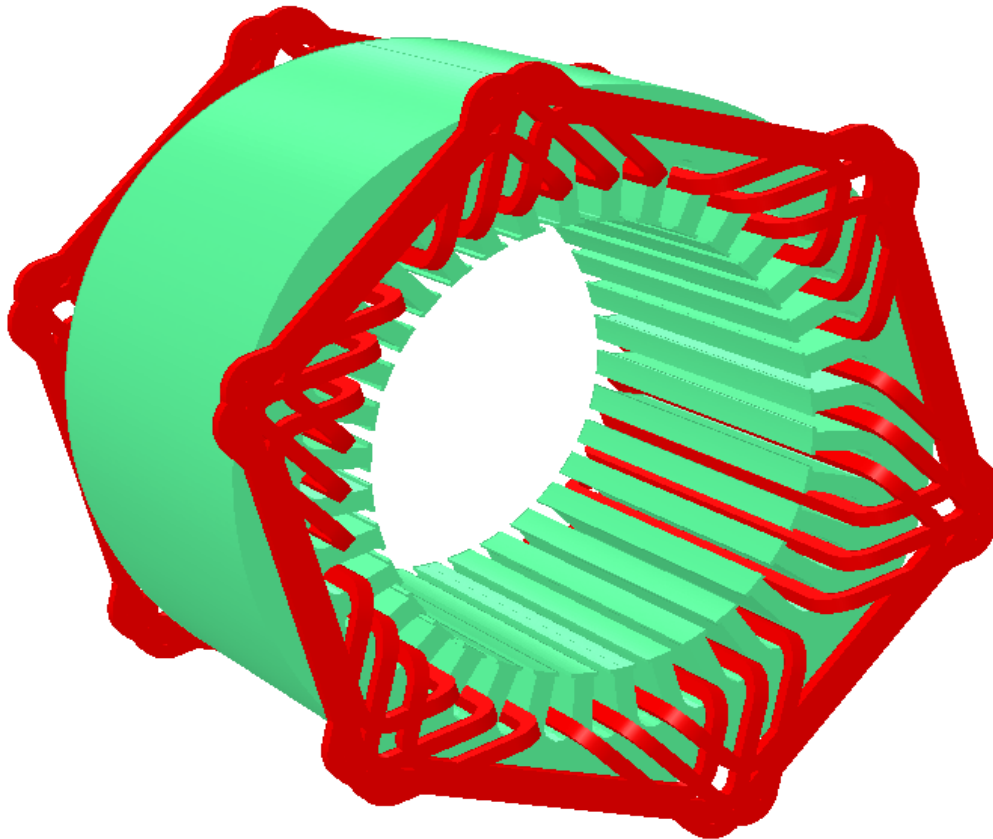
me symmetry circuits.op3
ELEKTRA Steady state AC
Freq(Hz) = 50.0
Linear materials
Simulation No 1 of 1
1045179 elements
1225617 edges
18 conductors
Nodally interpolated fields
AC time=0.0
Activated in global coordinates
Reflection in YZ plane (Y+Z fields=0)
Reflection in ZX plane (Z+X fields=0)

Field Point Local Coordinates

Local = Global

Στάτης της Α.Μ. [7]

24/??/2011 10:21:01



UNITS

Length	mm
Magn Flux Density	T
Magn Field	A m ⁻¹
Magn Scalar Pot	A
Magn Vector Pot	Wb m ⁻¹
Elec Flux Density	C m ⁻²
Elec Field	V m ⁻¹
Conductivity	S mm ⁻¹
Current Density	A mm ⁻²
Power	W
Force	N
Energy	J
Mass	kg

MODEL DATA

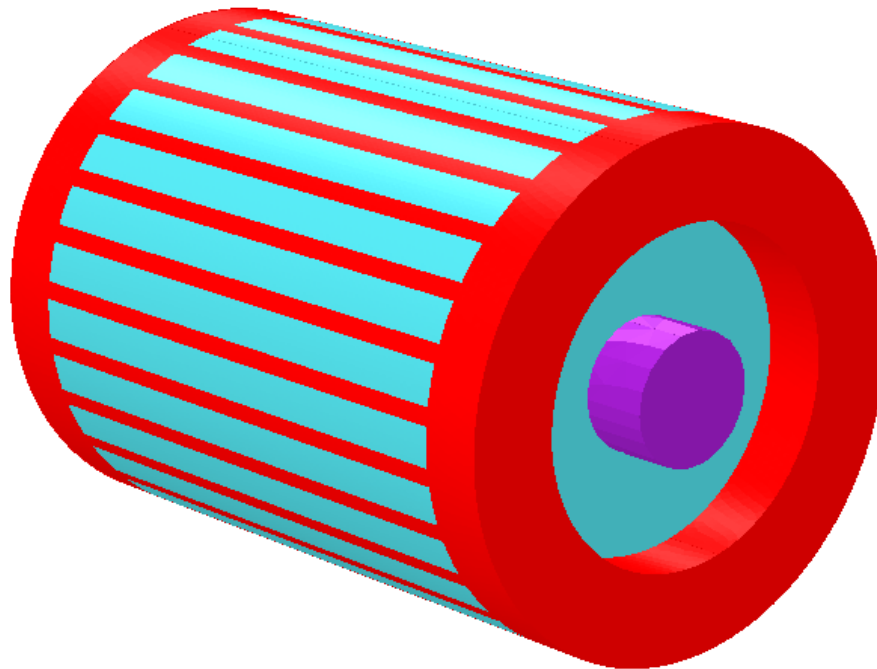
me symmetry circuits.op3
ELEKTRA Steady state AC
Freq(Hz) = 50.0
Linear materials
Simulation No 1 of 1
1045179 elements
1225617 edges
18 conductors
Nodally interpolated fields
AC time=0.0
Activated in global coordinates
Reflection in YZ plane (Y+Z fields=0)
Reflection in ZX plane (Z+X fields=0)

Field Point Local Coordinates

Local = Global

Δρομέας Α.Μ. [7]

24/??/2011 10:26:51



UNITS

Length	mm
Magn Flux Density	T
Magn Field	A m ⁻¹
Magn Scalar Pot	A
Magn Vector Pot	Wb m ⁻¹
Elec Flux Density	C m ⁻²
Elec Field	V m ⁻¹
Conductivity	S mm ⁻¹
Current Density	A mm ⁻²
Power	W
Force	N
Energy	J
Mass	kg

MODEL DATA

me symmetry circuits.op3
ELEKTRA Steady state AC
Freq(Hz) = 50.0
Linear materials
Simulation No 1 of 1
1045179 elements
1225617 edges
18 conductors
Nodally interpolated fields
AC time=0.0
Activated in global coordinates
Reflection in YZ plane (Y+Z fields=0)
Reflection in ZX plane (Z+X fields=0)

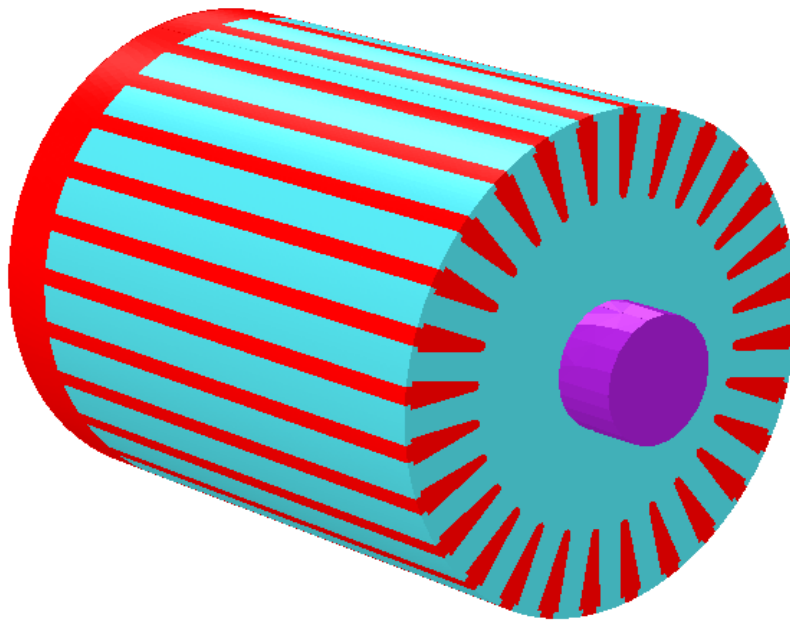
Field Point Local Coordinates

Local = Global

Δρομέας Α.Μ. απουσία ενός δακτυλίου

[7]

24/??/2011 10:28:03



UNITS

Length	mm
Magn Flux Density	T
Magn Field	A m ⁻¹
Magn Scalar Pot	A
Magn Vector Pot	Wb m ⁻¹
Elec Flux Density	C m ⁻²
Elec Field	V m ⁻¹
Conductivity	S mm ⁻¹
Current Density	A mm ⁻²
Power	W
Force	N
Energy	J
Mass	kg

MODEL DATA

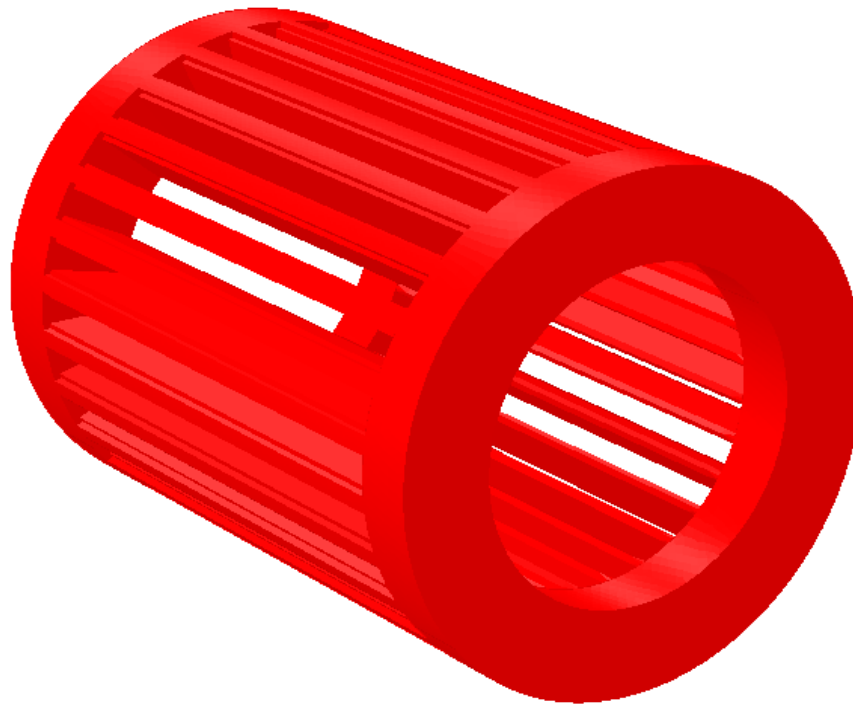
me symmetry circuits.op3
ELEKTRA Steady state AC
Freq(Hz) = 50.0
Linear materials
Simulation No 1 of 1
1045179 elements
1225617 edges
18 conductors
Nodally interpolated fields
AC time=0.0
Activated in global coordinates
Reflection in YZ plane (Y+Z fields=0)
Reflection in ZX plane (Z+X fields=0)

Field Point Local Coordinates

Local = Global

Κλωβός της Α.Μ. [7]

24/??/2011 10:30:54



UNITS

Length	mm
Magn Flux Density	T
Magn Field	A m ⁻¹
Magn Scalar Pot	A
Magn Vector Pot	Wb m ⁻¹
Elec Flux Density	C m ⁻²
Elec Field	V m ⁻¹
Conductivity	S mm ⁻¹
Current Density	A mm ⁻²
Power	W
Force	N
Energy	J
Mass	kg

MODEL DATA

me symmetry circuits.op3
ELEKTRA Steady state AC
Freq(Hz) = 50.0
Linear materials
Simulation No 1 of 1
1045179 elements
1225617 edges
18 conductors
Nodally interpolated fields
AC time=0.0
Activated in global coordinates
Reflection in YZ plane (Y+Z fields=0)
Reflection in ZX plane (Z+X fields=0)

Field Point Local Coordinates

Local = Global

Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο

- Συνάρτηση χώρου και χρόνου

$$B(x,t) = B_{\max} \sin\left(\omega t + \pi \frac{x}{\tau_p}\right)$$

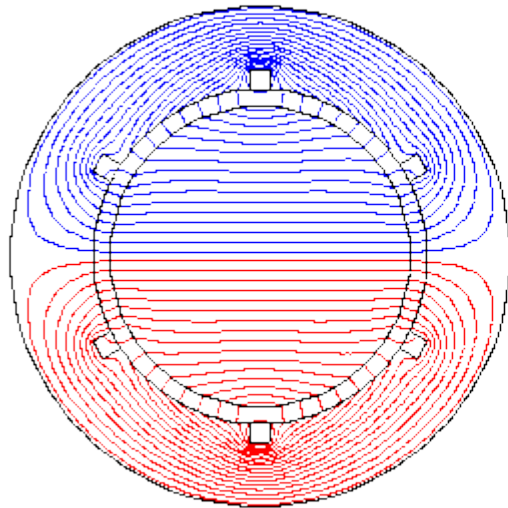
- Σύγχρονος Αριθμός Στροφών

$$n_s = \frac{f_s}{p}$$

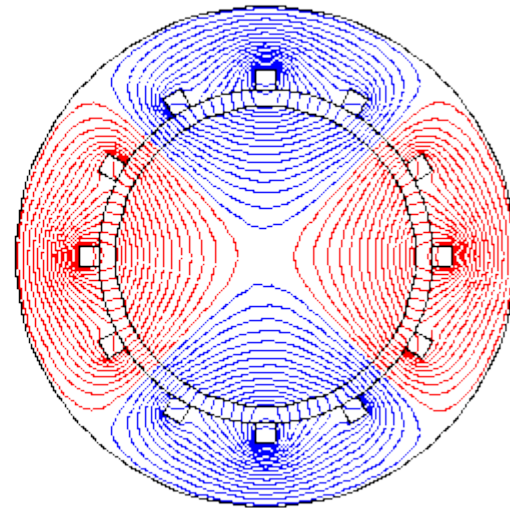
Δημιουργία στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου

- Συμμετρικό τριφασικό τύλιγμα κατάλληλα τοποθετημένο στο στάτη.
- Τροφοδοσία με συμμετρική τριφασική τάση στα τυλίγματα του στάτη.

Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο [7]

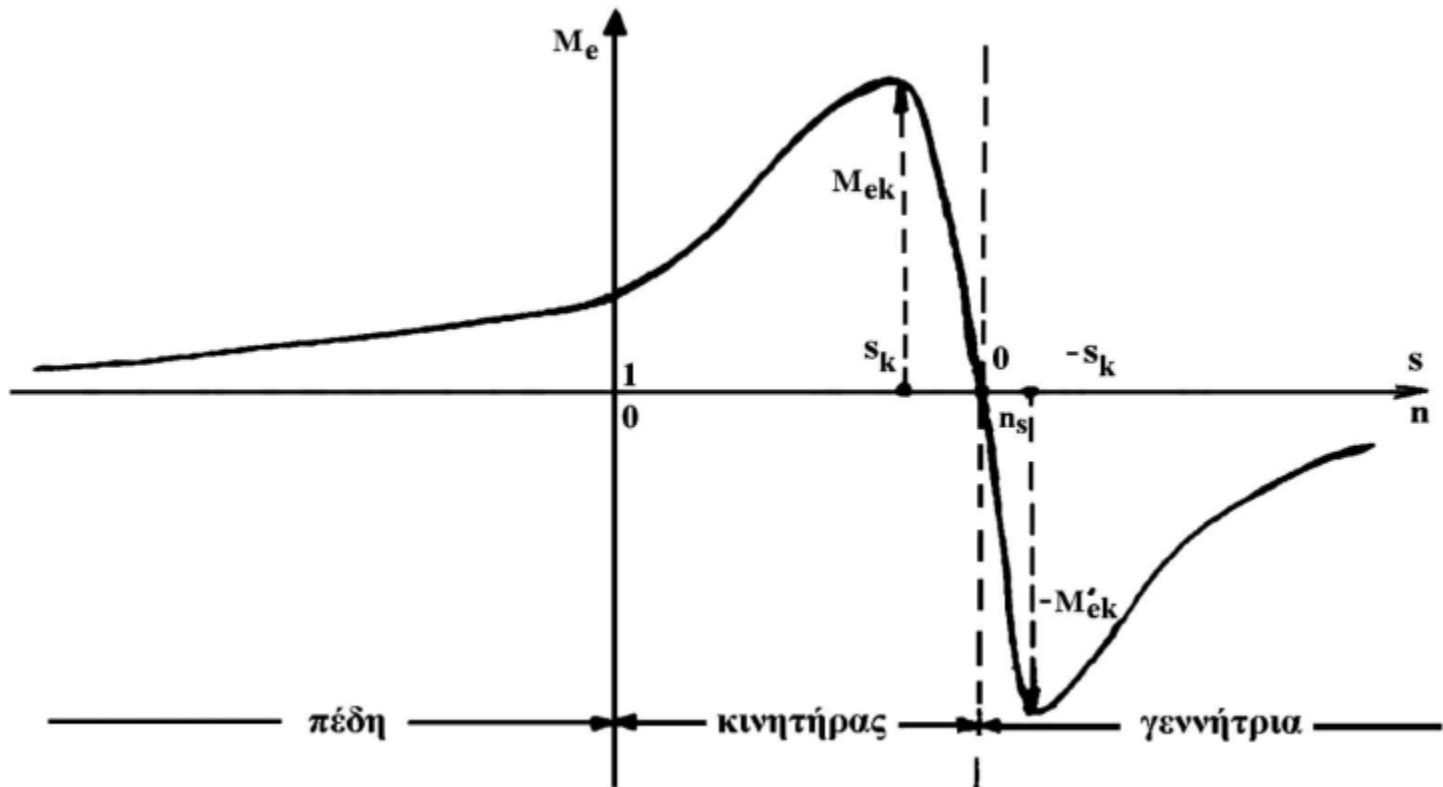


Διπολική
(1 ζεύγος πόλων)



Τετραπολική
(2 ζεύγος πόλων)

Χαρακτηριστική Ροπής – Στροφών [7]



Σύγχρονη Μηχανή 1

Μεγαλύτερες Μηχανές σε:

ΙΣΧΥ

και

ΜΕΓΕΘΟΣ

*(Από VA ως
GVA)*

Σύγχρονη Μηχανή 2

Οι σύγχρονες Μηχανές χρησιμοποιούνται ως:

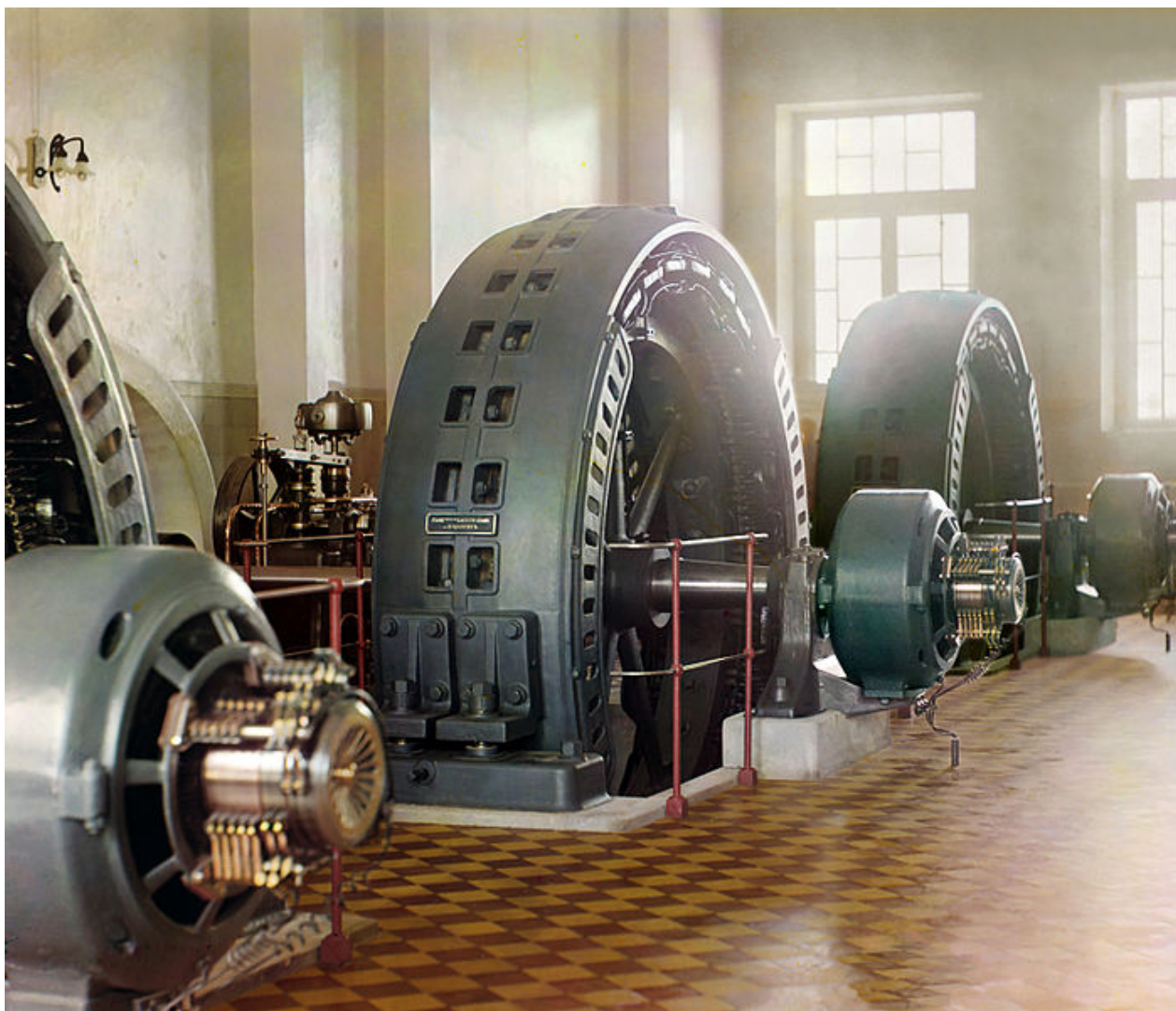
- Γεννήτριες σε ηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω υψηλού βαθμού απόδοσης (99% σε μηχανές πολύ μεγάλες).
- Κινητήρες σε κάποιες εφαρμογές, λόγω σταθερού αριθμού στροφών, ανεξαρτήτως φορτίου.

Σύγχρονη Μηχανή 3

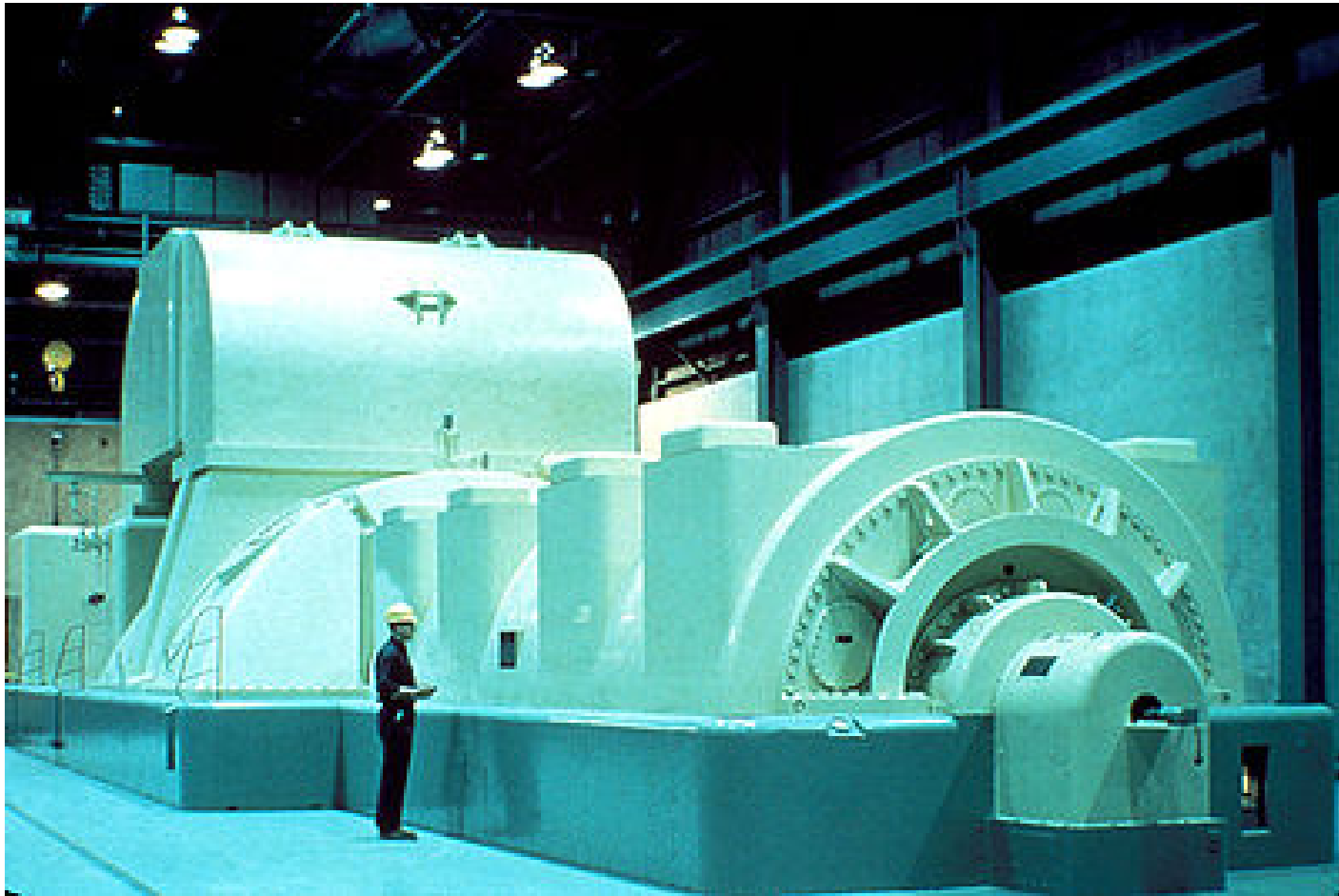
- Γεννήτριες σχεδόν αποκλειστικά σε:
- *Θερμοηλεκτρικούς σταθμούς*
- *Υδροηλεκτρικούς σταθμούς*
- *Πυρηνικούς σταθμούς*



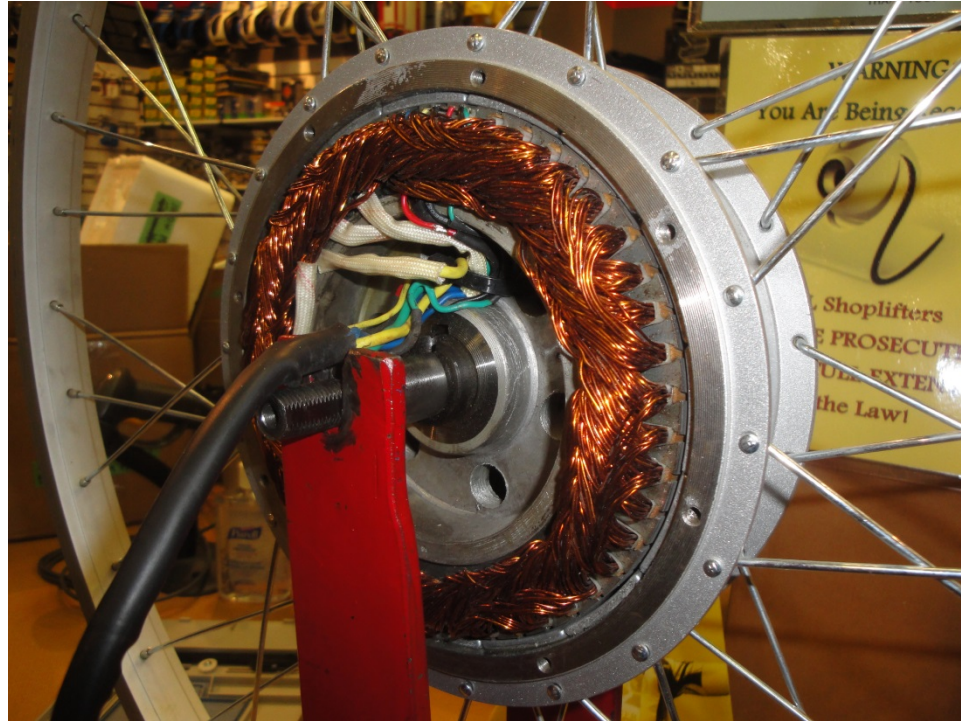
**Σειρά Γεννητριών Σύγχρονων Μηχανών
σε υδροηλεκτρικό Εργοστάσιο [8]**



Σειρά Γεννητριών Σύγχρονων Μηχανών σε υδροηλεκτρικό Εργοστάσιο [9]



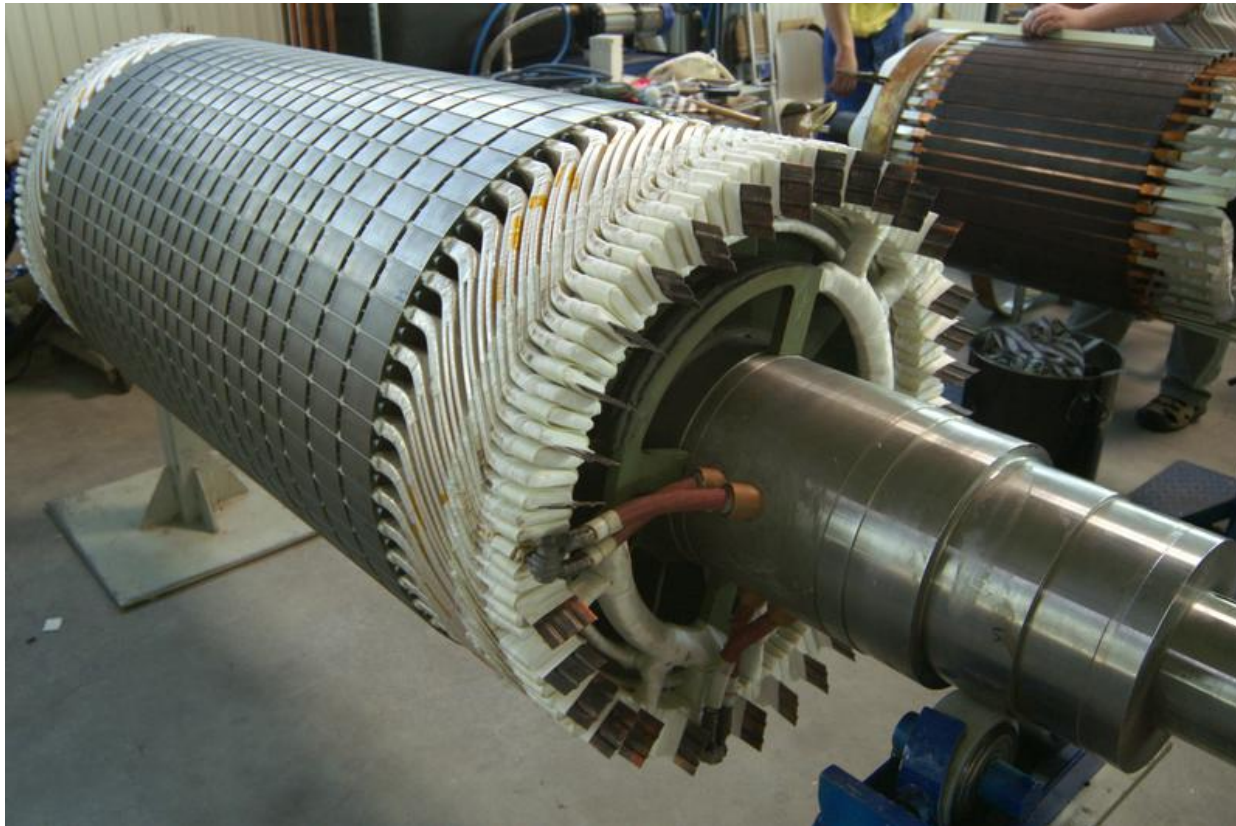
**Γεννήτρια Σύγχρονης Μηχανής σε
Θερμοηλεκτρικό Σταθμό [10]**



**In-Wheel σύγχρονος κινητήρας Μόνιμου
Μαγνήτη για ηλεκτρικό ποδήλατο[11]**

Κατασκευαστικοί τύποι δρομέα

- Κατανεμημένου Τυλίγματος [12]



- Έκτυπων πόλων [13]



Στάτης Σύγχρονης Μηχανής

Στο στάτη τοποθετείται τύλιγμα:

- **Τριφασικό** = 3 φάσεις με χρονική διαφορά 120° .
- **Συμμετρικό** = 120° χωρική κατανομή μεταξύ των πηνίων των 3 φάσεων.



**Κατασκευή Στάτη Σύγχρονης
Μηχανής Έκτυπων Πόλων [14]**

Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο

- Δημιουργία στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου λόγω τυλίγματος στάτη.

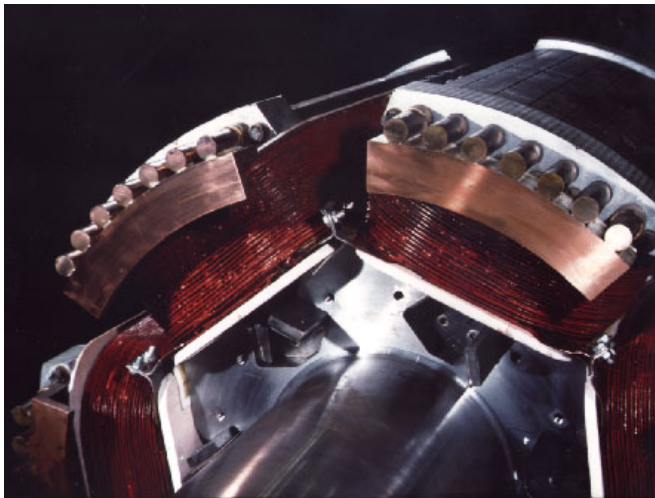
$$B(x,t) = B_{\max} \sin\left(\omega t + \pi \frac{x}{\tau_p}\right)$$

- ✓ **Ονομάζεται Σύγχρονη** διότι ο δρομέας στρέφεται **σύγχρονα (ίδια ταχύτητα) με το στρεφόμενο πεδίο.**

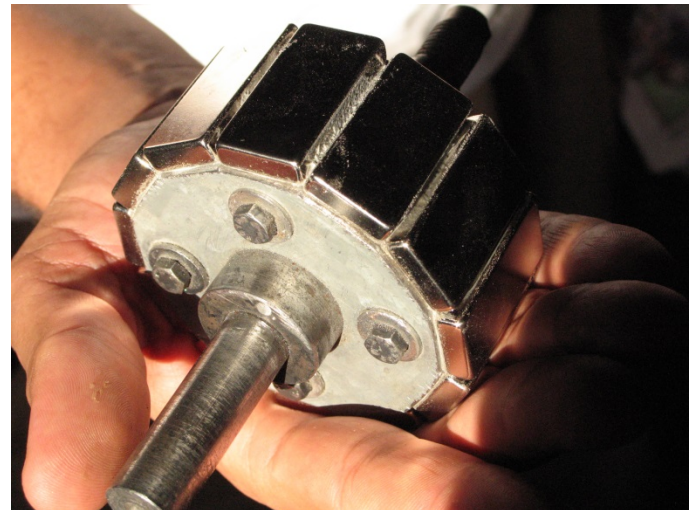
Διέγερση Σύγχρονης Μηχανής

Το πεδίο της διέγερσης των σύγχρονων μηχανών δημιουργείται στο δρομέα με δύο τρόπους:

1) Τροφοδοσία τυλιγμάτων με συνεχής τάση [15]



2) Μόνιμους Μαγνήτες [16]



Πηγές

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

[1]http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stator_and_rotor_by_Zureks.JPG

[2]<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ac-elektromotor-robuster-asynchronmotor.jpg>

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Squirrel-cage_rotor

[4]<http://www.brighthubengineering.com/diy-electronics-devices/43725-slip-ring-induction-motors-basics/>

[5]http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stator_of_an_electric_water_pump.jpg

[6]http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shaded_pole_detail.jpg

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

Πηγές

[8] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoover_Dam's_generators2.jpg

[9] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gorskii_04414u.jpg

[10] http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_generator

[11] http://www.jeromedemers.com/blog/wp-content/uploads/2010/07/Calgary_brushless_hub_motor_lithium_battery_100206_0004.jpg

[12] <http://en.partzsch.de/slip-ring-rotors>

Πηγές

[13]http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stator_winding_at_WPS.JPG

[14]http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stator_winding_at_WPS.JPG

[15]<https://www.tecowestinghouse.com/custom/synchronous.aspx>

[16]<https://www.flickr.com/photos/aidg/2382339376>

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Τζόγια Καππάτου. Τζόγια Καππάτου, «Ηλεκτρικές Μηχανές II». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE687/>.

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.

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Πρόγραμμα για την ανάπτυξη