



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ηλεκτρικές Μηχανές II

Ενότητα 1: Ισοδύναμο Κύκλωμα Ασύγχρονης
Μηχανής

Επ. Καθηγήτρια Τζόγια Χ. Καππάτου

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών



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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

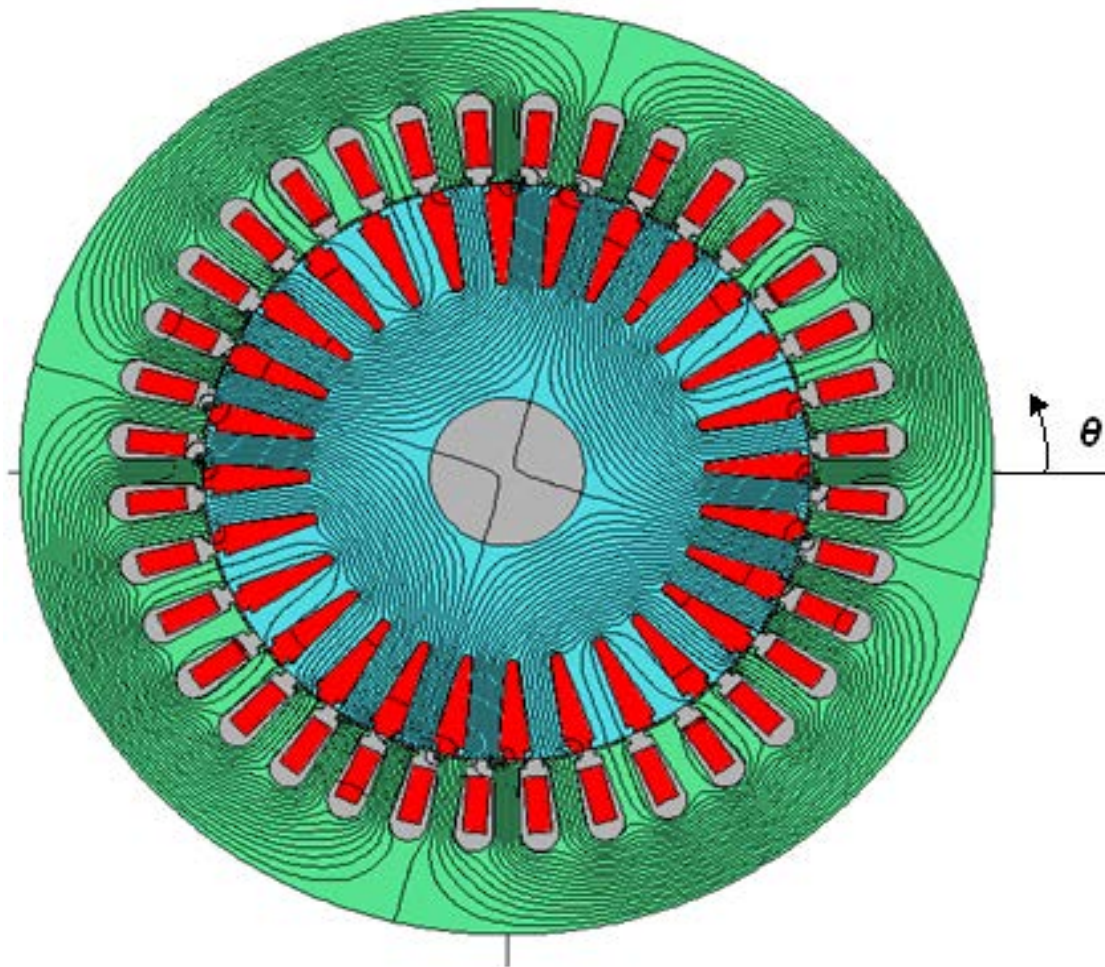
Μόνιμη Ημιτονοειδής Κατάσταση Λειτουργίας (Μ.Η.Κ)

Στην μόνιμη ημιτονοειδή κατάσταση λειτουργίας:

- *Τάσεις* = Ημιτονοειδείς
- *Ρεύματα* = Ημιτονοειδή

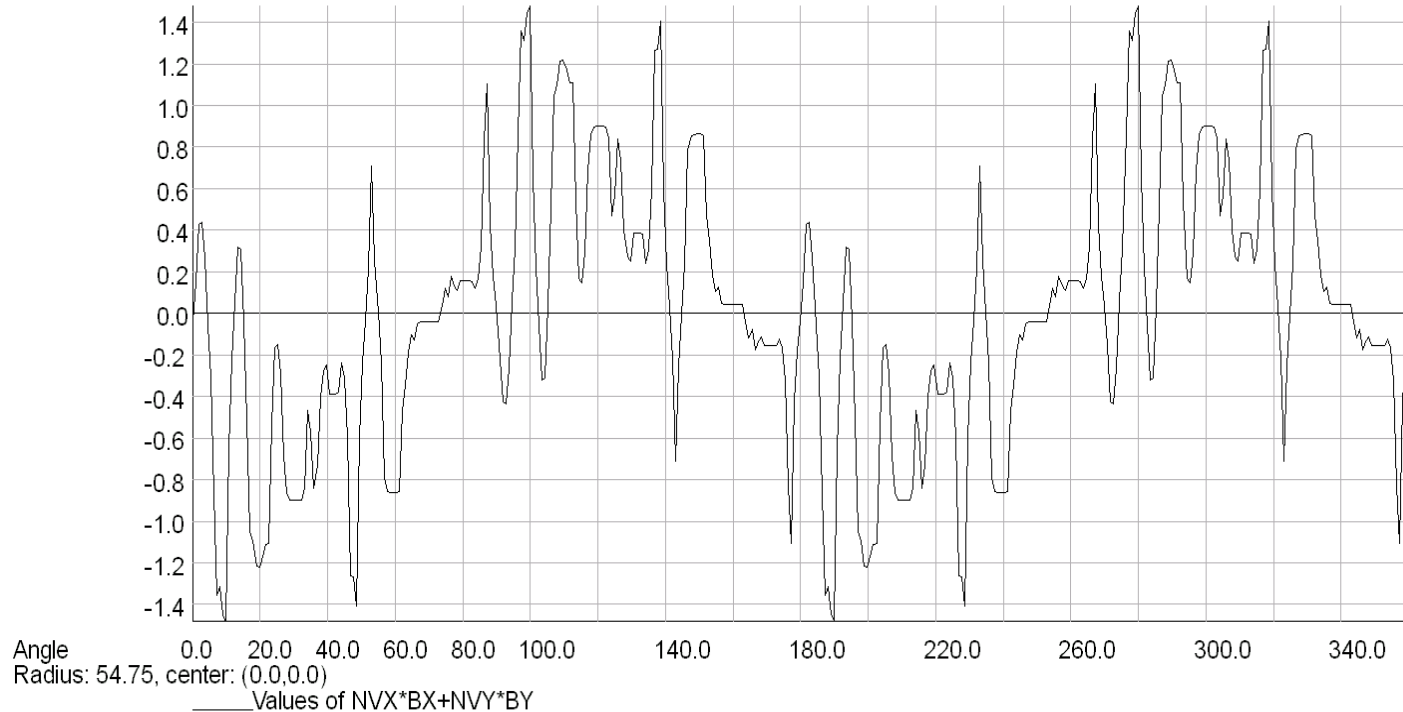
ΠΡΟΣΟΧΗ: Λαμβάνεται υπόψη μόνο η *βασική αρμονική* του στρεφόμενου πεδίου (B) για σταθερές στροφές

Μόνιμη Κατάσταση Α.Μ. 1

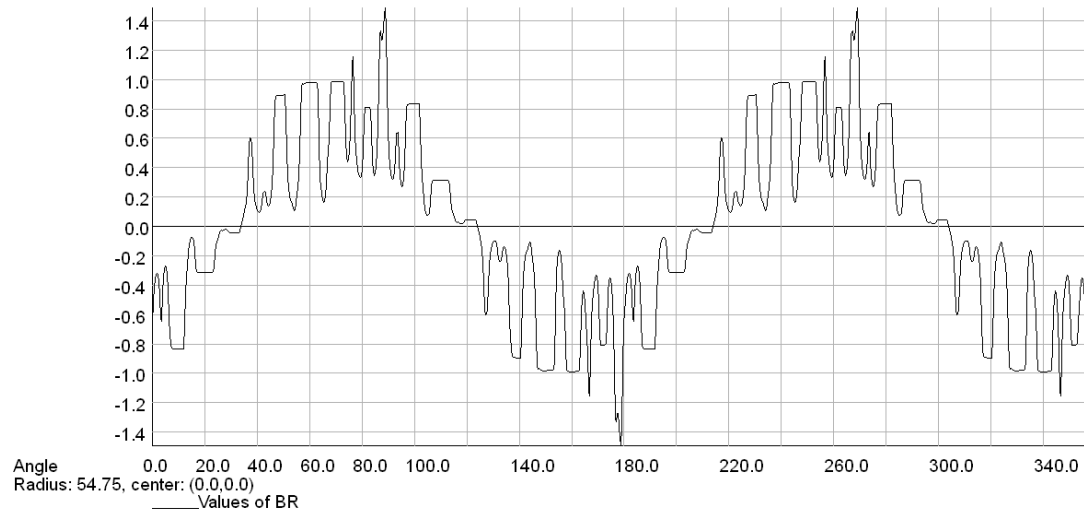


Κατανομή Μαγνητικών Γραμμών κατά την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας μιας Α.Μ.

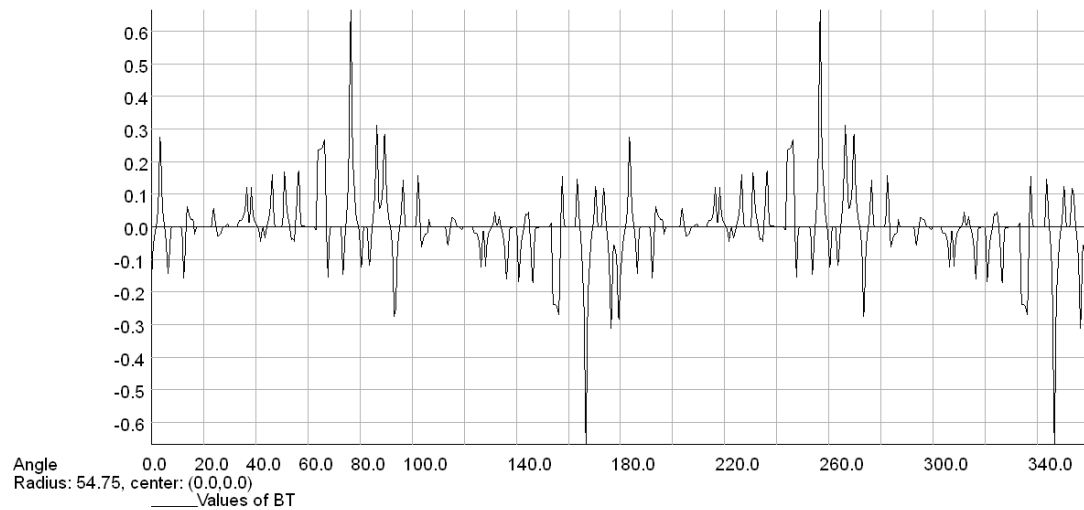
Μόνιμη Κατάσταση Α.Μ. 2



$B(\theta)$ στο διάκενο 3-φασικής Α.Μ.



Κάθετη Συνιστώσα Μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής



Εφαπτομενική Συνιστώσα Μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής

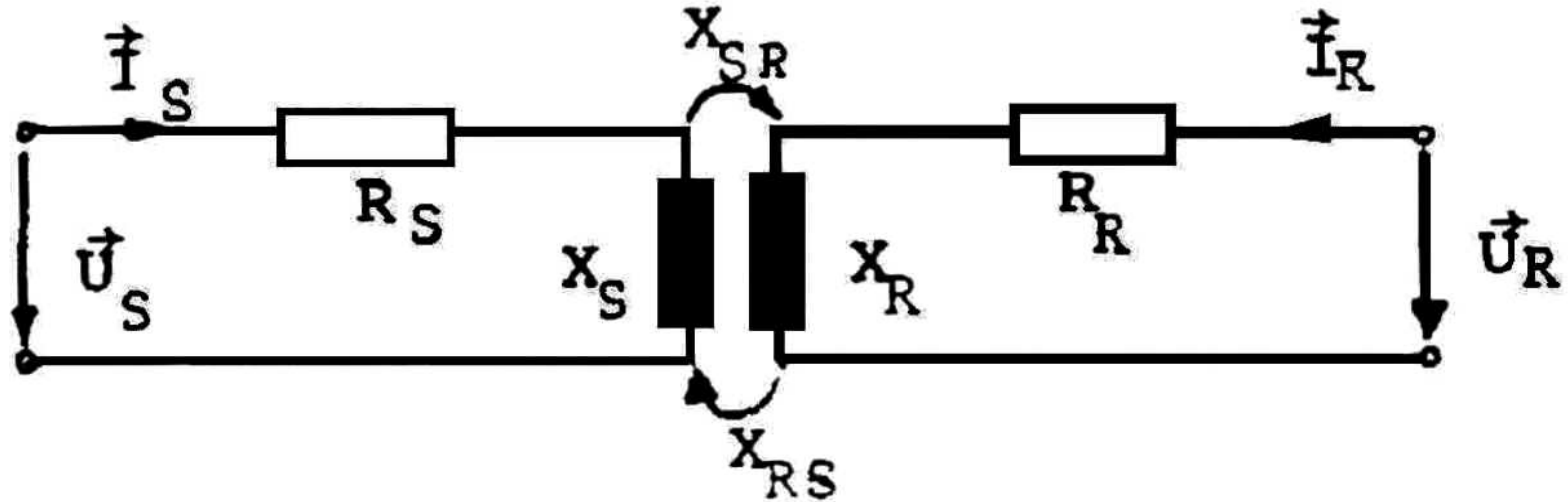
Εξισώσεις Τάσεων Στάτη-Δρομέα

- Οι εξισώσεις Στάτη και Δρομέα στη Μ.Η.Κ:

$$\vec{U}_S = (R_S + jX_S)\vec{I}_S + jX_{SR}\vec{I}_R$$

$$\vec{U}_R = (R_R + jX_R)\vec{I}_R + jX_{RS}\vec{I}_S$$

Ισοδύναμο Κύκλωμα Α.Μ



Ισοδύναμο κύκλωμα Α.Μ. με Μαγνητική Ζεύξη

Ισοδύναμο Κύκλωμα Α.Μ

Μαγνητική Ζεύξη



*Αναγωγή Στοιχείων Δρομέα στο Στάτη
(Ανοιγμένα Μεγέθη)*



*Γαλβανική Ζεύξη
(Χρήση Κανόνων Kirchoff)*

Ανοιγμένα μεγέθη

$$E'_R = \frac{w_S \xi_S}{w_R \xi_R} E_R$$

Τάση Δρομέα

$$X_h = \frac{w_S \xi_S}{w_R \xi_R} X_{SR}$$

$$X_{SR} = X_{RS}$$



Επαγωγές

Ανοιγμένα μεγέθη 2

$$\vec{U}_S = (R_S + jX_S)\vec{I}_S + jX_h(\vec{I}'_R + \vec{I}_S)$$

$$\vec{U}'_R = (R'_R + jX'_{RS})\vec{I}'_R + jsX_h(\vec{I}'_R + \vec{I}_S)$$

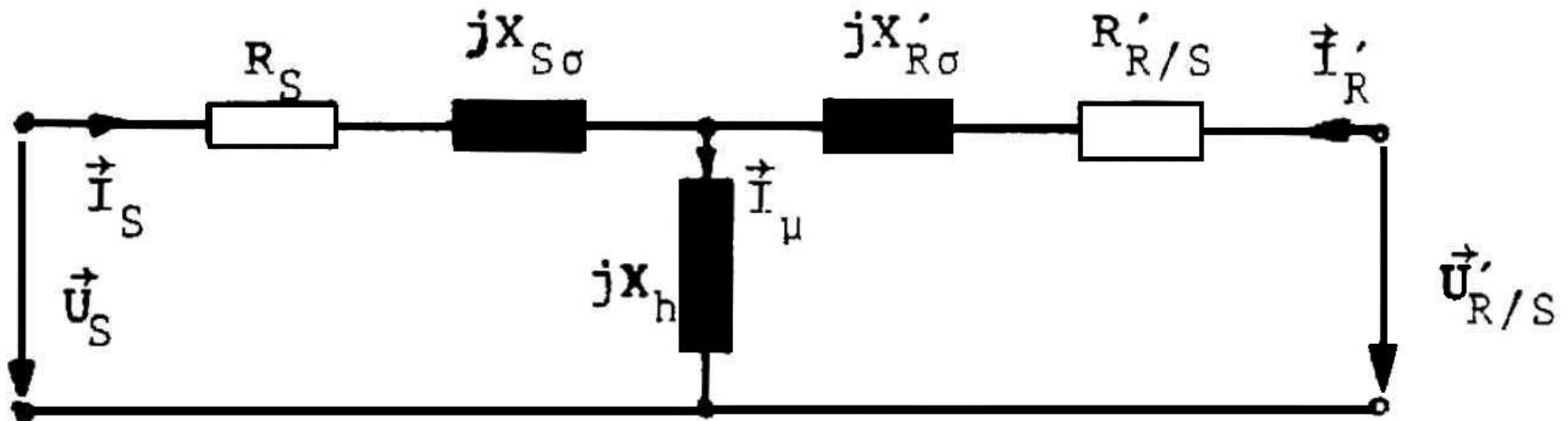
$$I'_R = I_R \frac{w_R \xi_R}{w_S \xi_S}, \quad R'_R = R_R \left(\frac{w_S \xi_S}{w_R \xi_R} \right)^2, \quad X'_{R\sigma} = X_{R\sigma} \left(\frac{w_S \xi_S}{w_R \xi_R} \right)^2$$

$$\vec{U}'_R = \vec{U}_R \frac{w_S \xi_S}{w_R \xi_R}, \quad X_S = X_{S\sigma} + X_h, \quad X'_R = X'_{R\sigma} + X_h$$

$$\vec{I}'_R = \vec{I}_R \frac{w_R \xi_R}{w_S \xi_S}$$

Εξισώσεις για Γαλβανική Σύζευξη

Ισοδύναμο Κύκλωμα Α.Μ 1



Ισοδύναμο κύκλωμα Α.Μ. με Γαλβανική Ζεύξη

Ισοδύναμο Κύκλωμα Α.Μ 2

Την αντίσταση $\frac{R'_R}{s}$ μπορούμε να τη χωρίσουμε σε δύο μέρη :

$$\frac{R'_R}{s} = R'_R + \frac{1-s}{s} \cdot R'_R$$

**Αντίσταση
τυλίγματος ή
μπαρών Δρομέα**

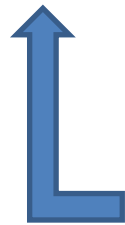
**Υποθετική Αντίσταση
Συμβολίζει Μηχανική
Ισχύ**

Ισοδύναμο Κύκλωμα Α.Μ Βραχυκυκλωμένου Δρομέα 1

ΟΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΡΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ :

$$\vec{U}_s = (R_s + j X_{s\sigma}) \vec{I}_s + j X_h \vec{I}_\mu$$

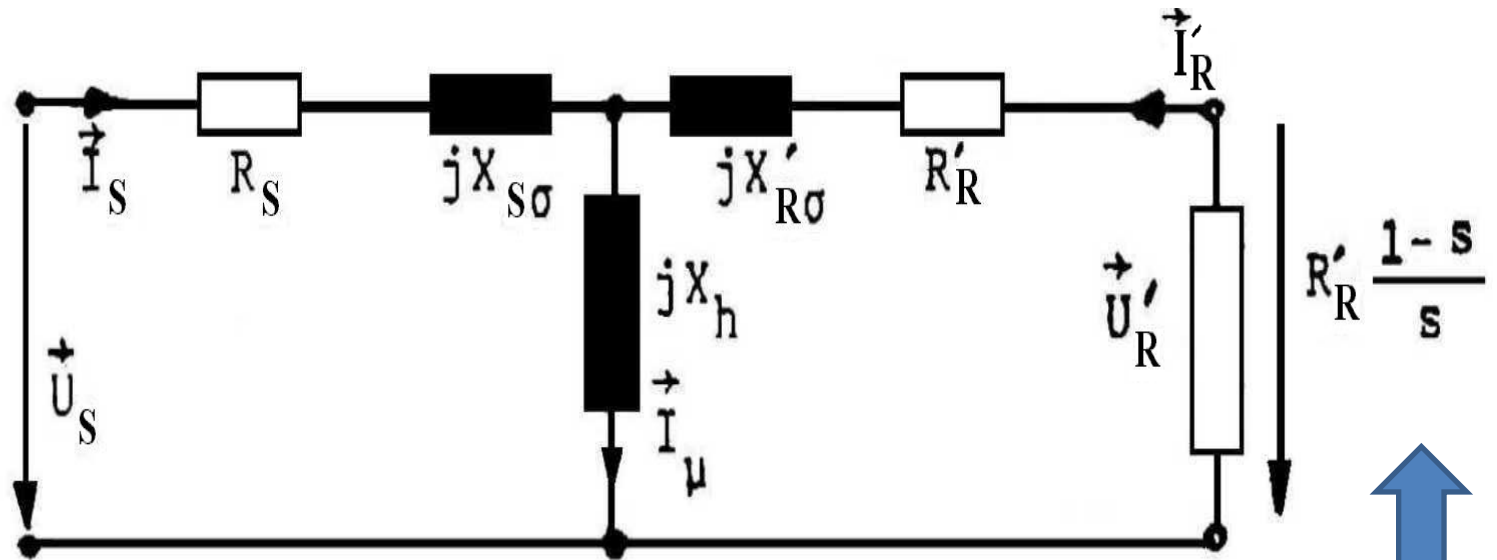
$$0 = \left(\frac{R'_R}{s} + j X'_{R\sigma} \right) \cdot \vec{I}'_R + j X_h \vec{I}_\mu$$



**Βραχυκυκλωμένος Δρομέας Α.Μ.
(κλωβού-δακτυλιοφόρου)**

$$U_R = 0$$

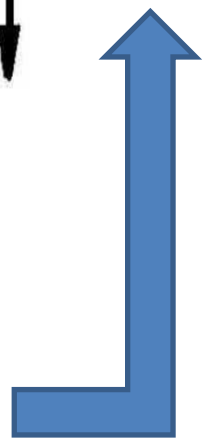
Ισοδύναμο Κύκλωμα Α.Μ Βραχυκυκλωμένου Δρομέα 2



Ολίσθηση (s)

$s=1$
Εκκίνηση

$s=0$
Εν κενώ

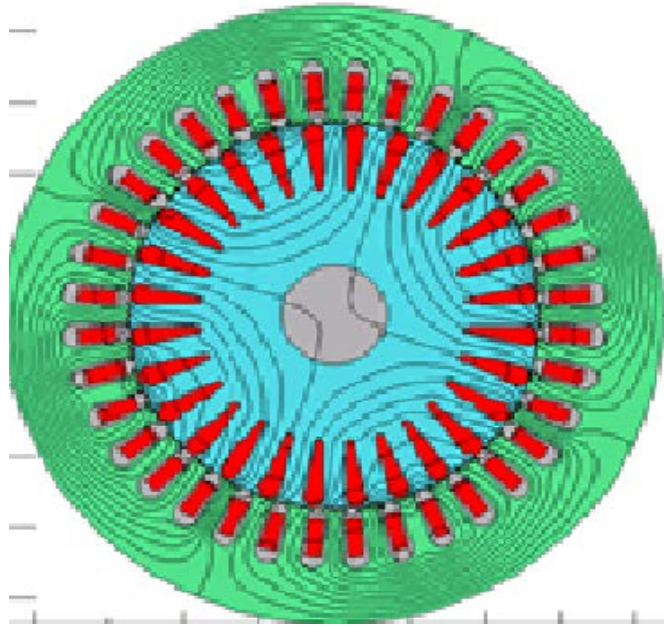


Εκκίνηση Ασύγχρονου Κινητήρα 1

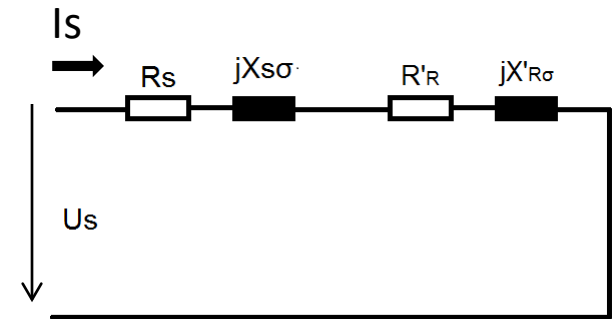
Κατά την εκκίνηση:

- Ολίσθηση $s=1$.
- Μέγιστη Συχνότητα Ρευμάτων Δρομέα.
- Έντονο Φαινόμενο Σκέδασης.
- Έντονο Επιδερμικό Φαινόμενο (Skin effect).
Μεγάλη Πυκνότητα Ρεύματος κοντά στο διάκενο.

Εκκίνηση Ασύγχρονου Κινητήρα 2

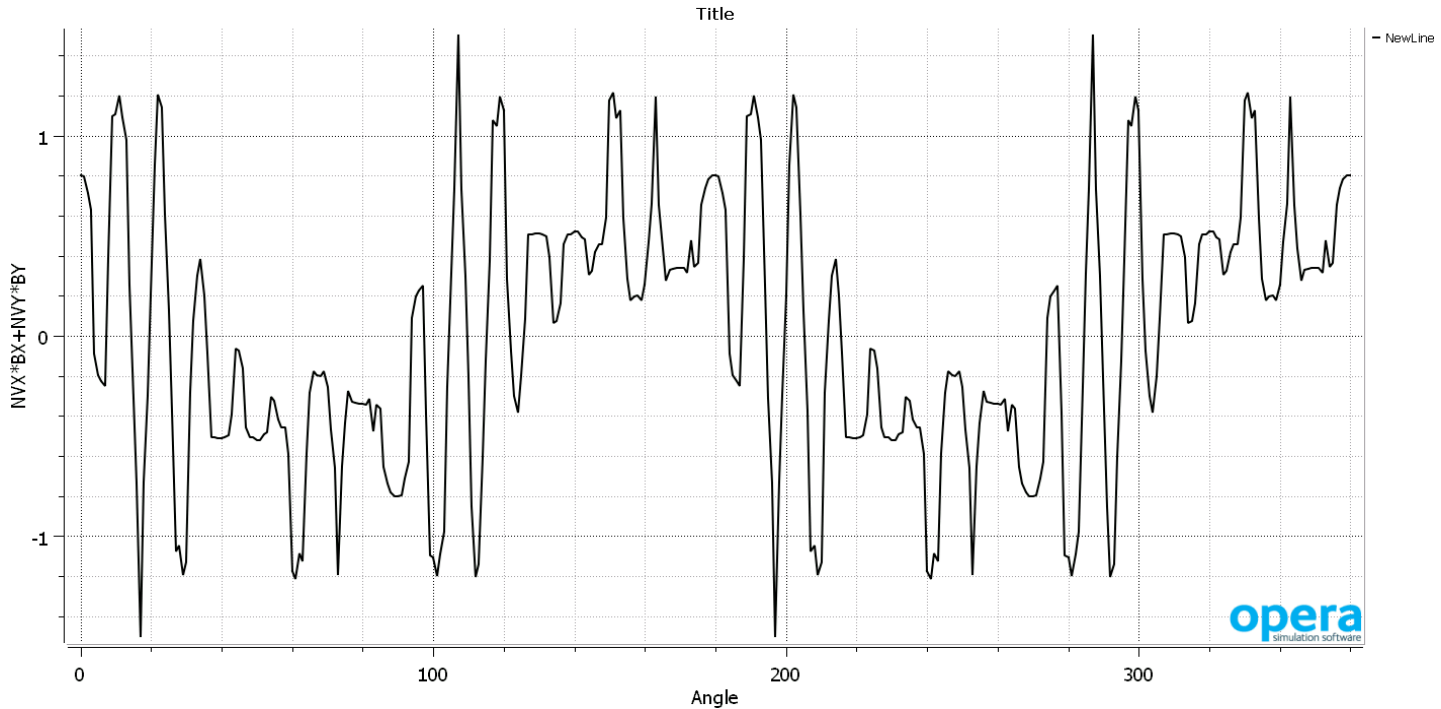


*Κατανομή Μαγνητικών
Γραμμών*

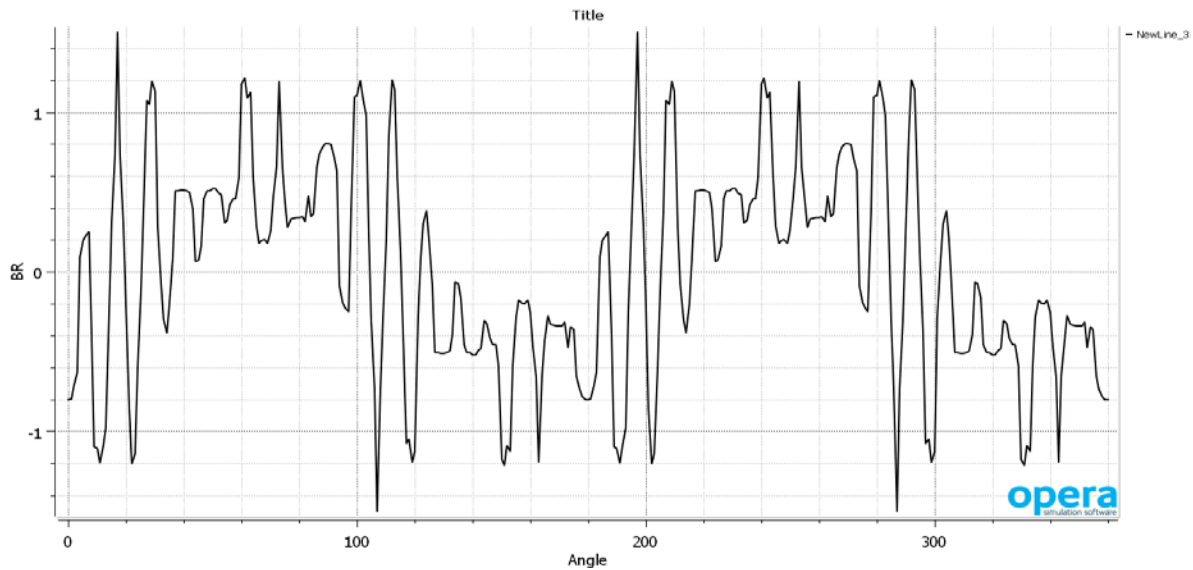


*Ισοδύναμο
Κύκλωμα*

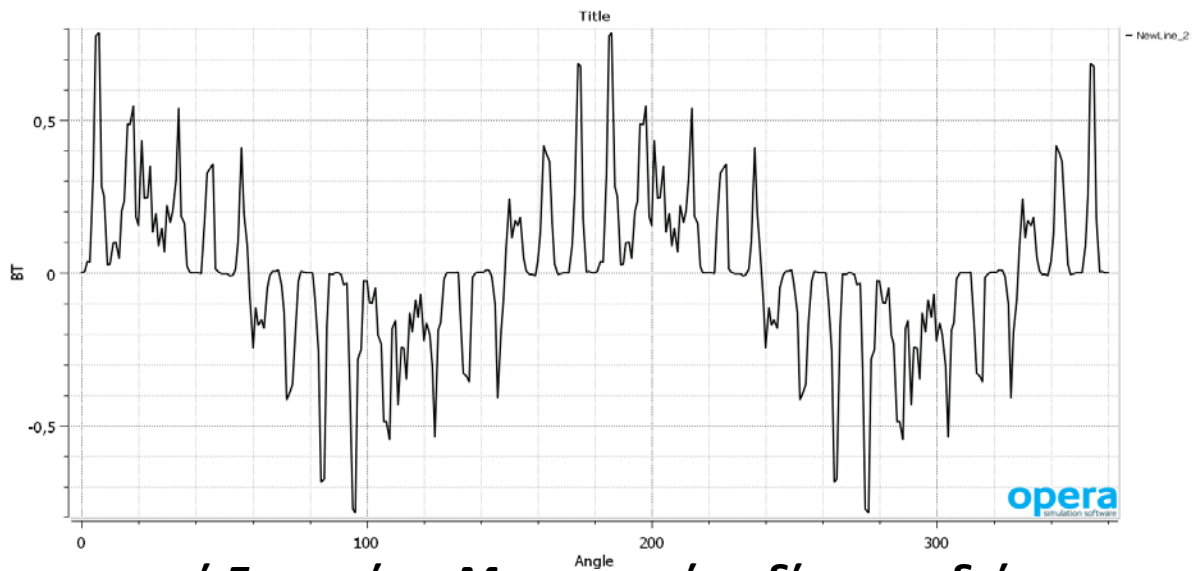
Εκκίνηση Ασύγχρονου Κινητήρα 3



***$B(\theta)$ στο διάκενο 3-φασικής Α.Μ.
κατά την εκκίνηση***



Κάθετη Συνιστώσα Μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής



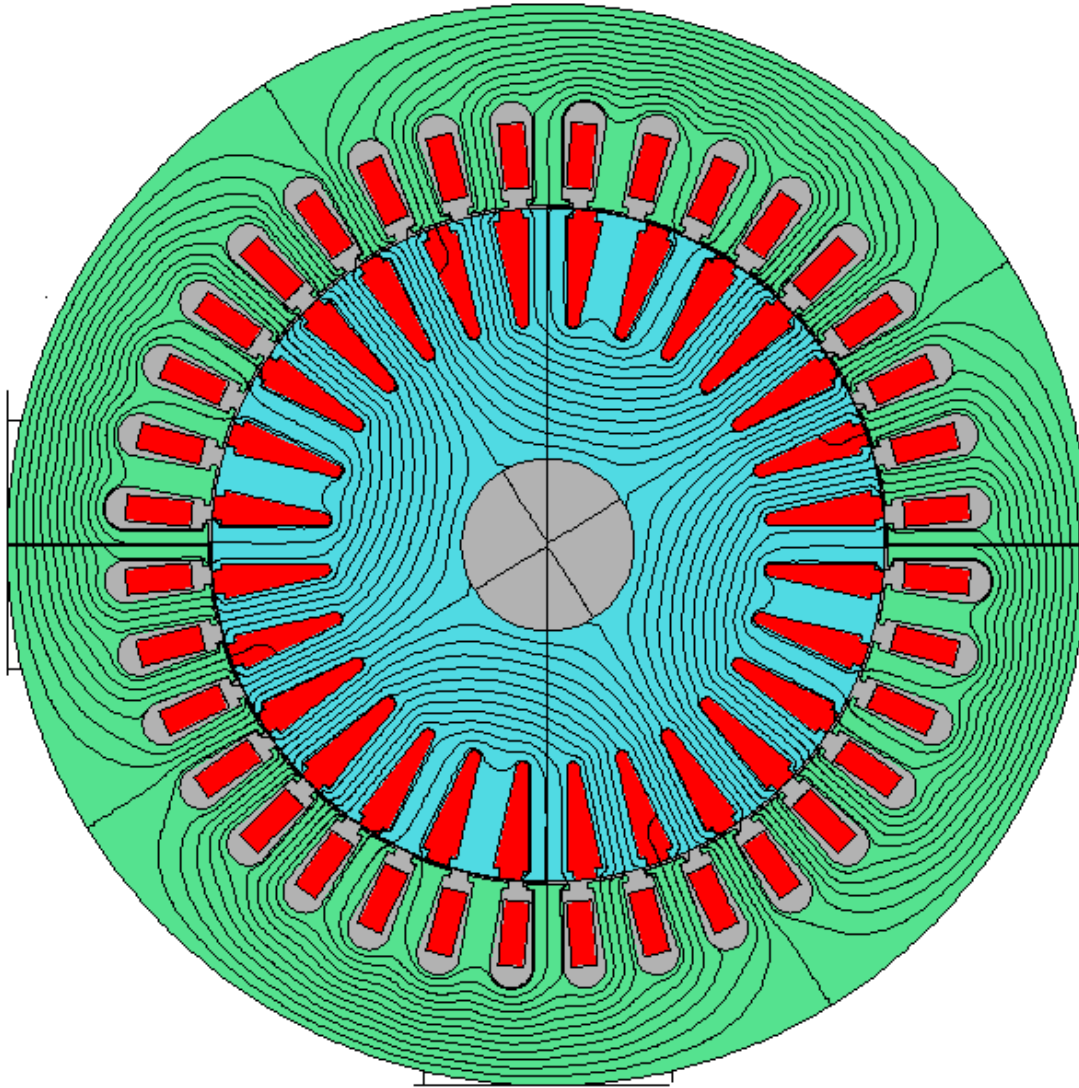
Εφαπτομενική Συνιστώσα Μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής

Κατάσταση Α.Μ. Εν Κενώ 1

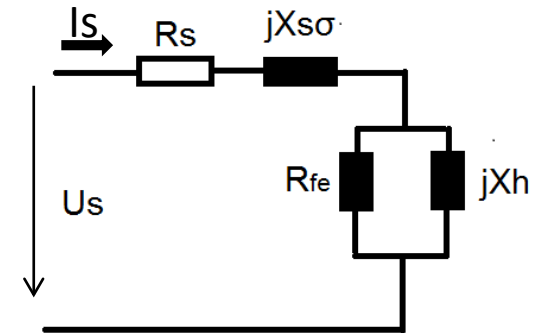
Κατά την λειτουργία εν κενώ:

- Ολίσθηση $s=0$
- Μηδενικά Ρεύματα Δρομέα.
- Βαθύτερη διείσδυση των μαγνητικών γραμμών στο πυρήνα του δρομέα.

Κατάσταση Α.Μ. Εν Κενώ 2

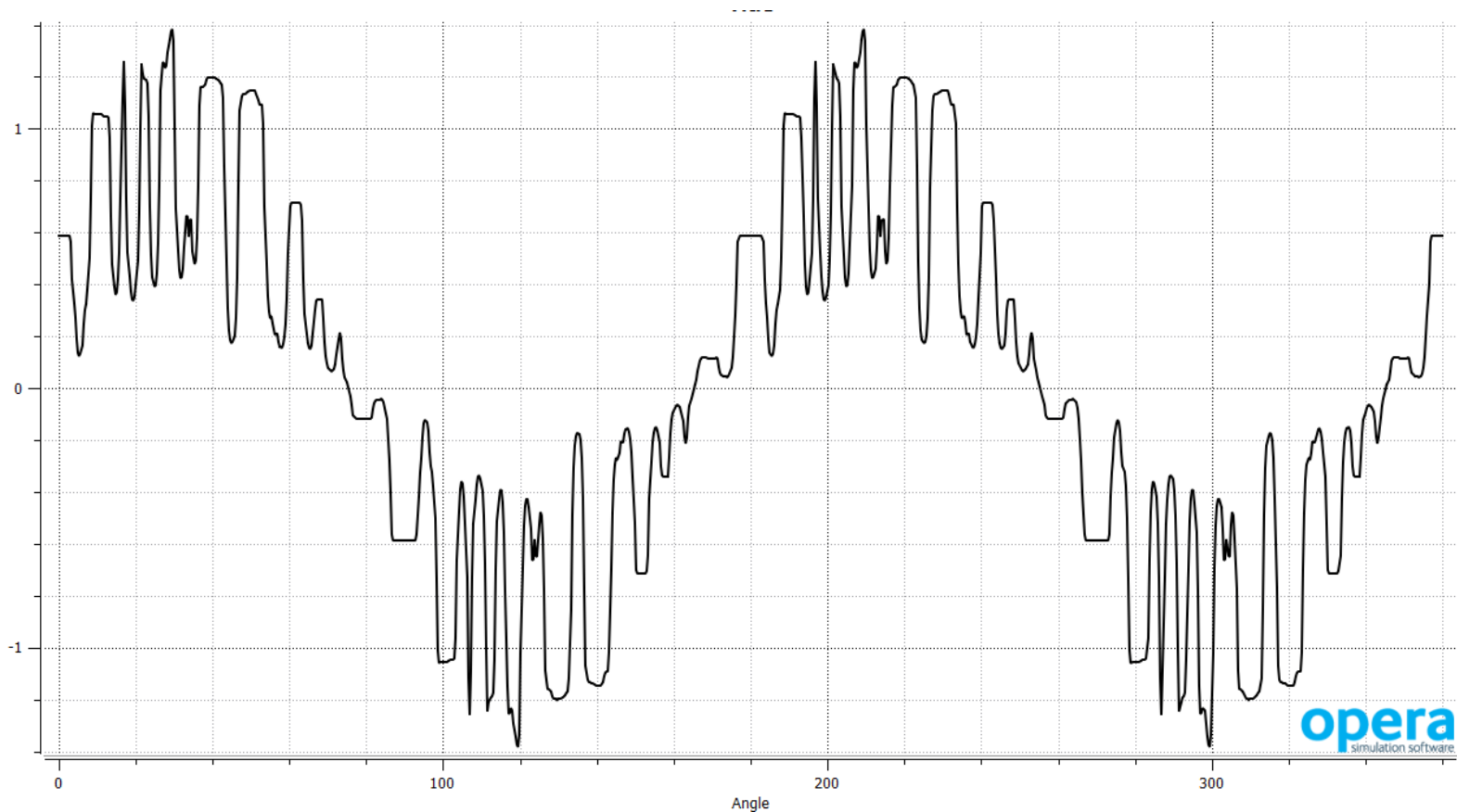


*Κατανομή Μαγνητικών
Γραμμών*

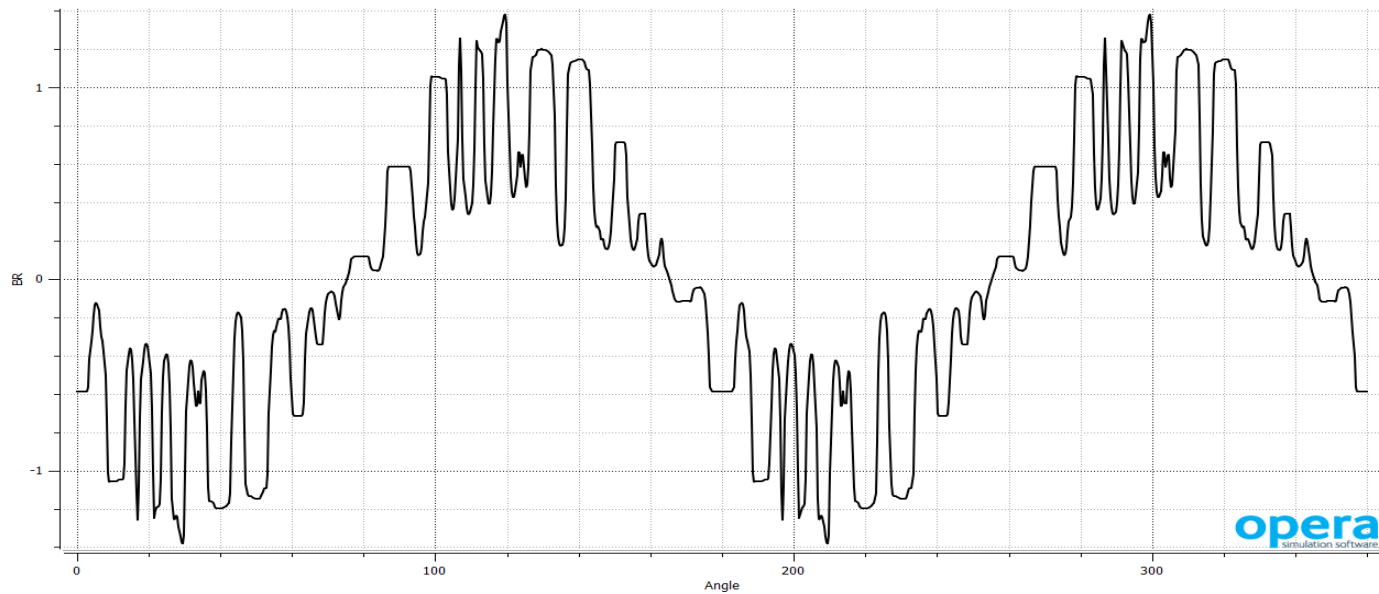


*Ισοδύναμο
Κύκλωμα*

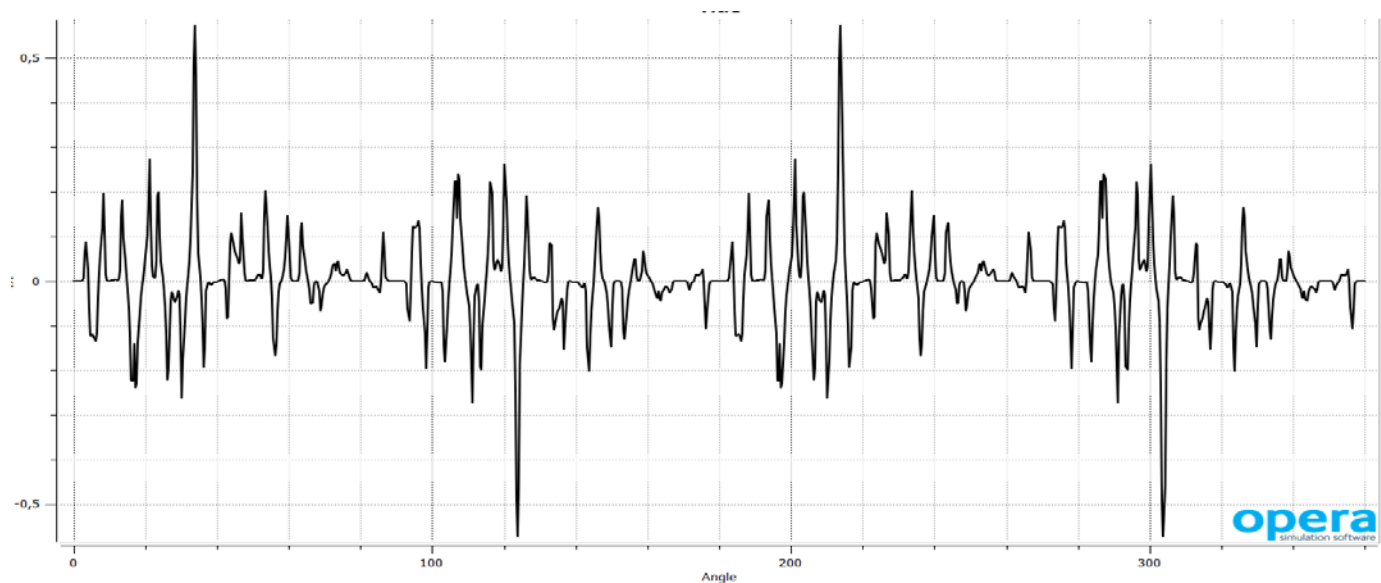
Κατάσταση Α.Μ. Εν Κενώ 3



$B(\theta)$ στο διάκενο 3-φασικής Α.Μ. εν κενώ



Κάθετη Συνιστώσα Μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής



Εφαπτομενική Συνιστώσα Μαγνητικού πεδίου στο διάκενο της μηχανής

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, Εξομοιώσεις Ηλεκτρικών Μηχανών σε περιβάλλον Πεπερασμένων Στοιχείων, Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας, Η.Μ.Τ.Υ, Πανεπιστήμιο Πατρών.

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



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης