

Μελέτη και κατασκευή Σύγχρονης Μηχανής Μονίμων Μαγνητών Αξονικής Ροής για χρήση ως ανεμογεννήτρια

Γεώργιος Ζαλοκώστας¹, Δημήτριος Σπυράτος¹, Τζόγια Καππάτου²

1: φοιτητής Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπ. Πατρών

2: Επίκ. Καθηγήτρια, Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπ. Πατρών

Τύποι μηχανών στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες.

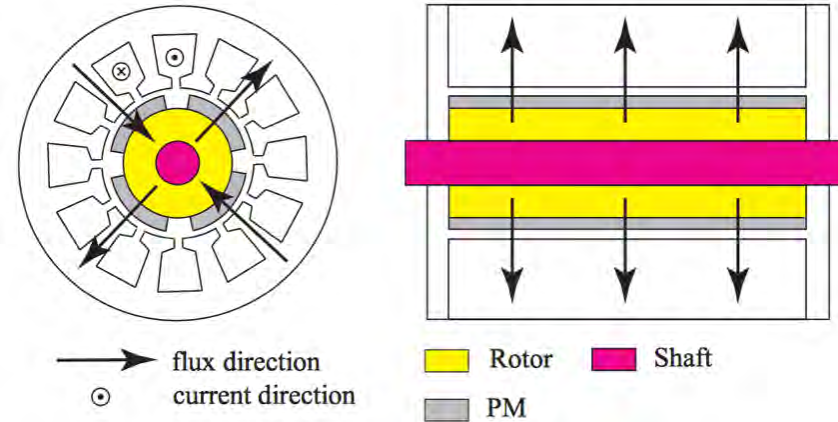
- ▶ Ασύγχρονες μηχανές
- ▶ Σύγχρονες μηχανές
 - ▶ Ακτινικής ροής
 - ▶ Αξονικής ροής

▶ Ασύγχρονες μηχανές

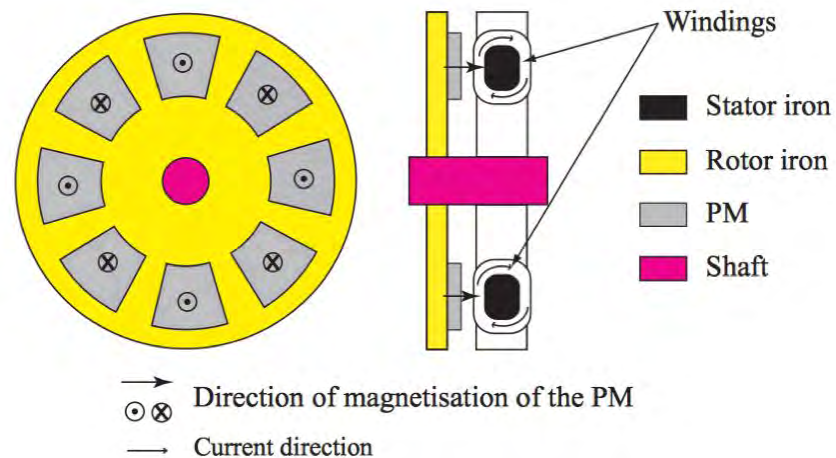
- Ο πιο διαδεδομένος τύπος μηχανής σε εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες υψηλής ισχύος μέχρι σήμερα.
- Βασικοί λόγοι:
 - Υψηλός βαθμός αξιοπιστίας
 - Χαμηλό κόστος

▶ Σύγχρονες μηχανές

- ▶ Ακτινικής ροής – Radial flux
 - διάνυσμα μαγνητικής ροής κάθετο στον άξονα της μηχανής



- ▶ Αξονικής ροής – Axial flux
 - διάνυσμα μαγνητικής ροής παράλληλο στον άξονα της μηχανής



Μόνιμοι μαγνήτες στις σύγχρονες μηχανές.

- ▶ Πλεονεκτήματα
 - ▶ Μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης
 - ▶ Απουσία τυλίγματος διέγερσης / μείωση απωλειών
 - ▶ Απουσία ψηκτρών και συλλέκτη / αυξημένη αξιοπιστία και χαμηλότερο κόστος συντήρησης
 - ▶ Δεν υπάρχει απορρόφηση αέργου ισχύος από το δίκτυο / ιδανικές για χρήση σε αυτόνομες εφαρμογές
 - ▶ Υψηλή πυκνότητα ροής / μικρότερο βάρος και όγκο για μία μηχανή δεδομένης ισχύος.
 - ▶ Μεγάλος αριθμός πόλων / αποφυγή χρήσης κιβωτίου ταχυτήτων
- ▶ Μειονέκτημα
 - ▶ Η διάρκεια ζωής των μαγνητών
 - ▶ εξαρτάται από την καμπύλη απομαγνήτισης και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες

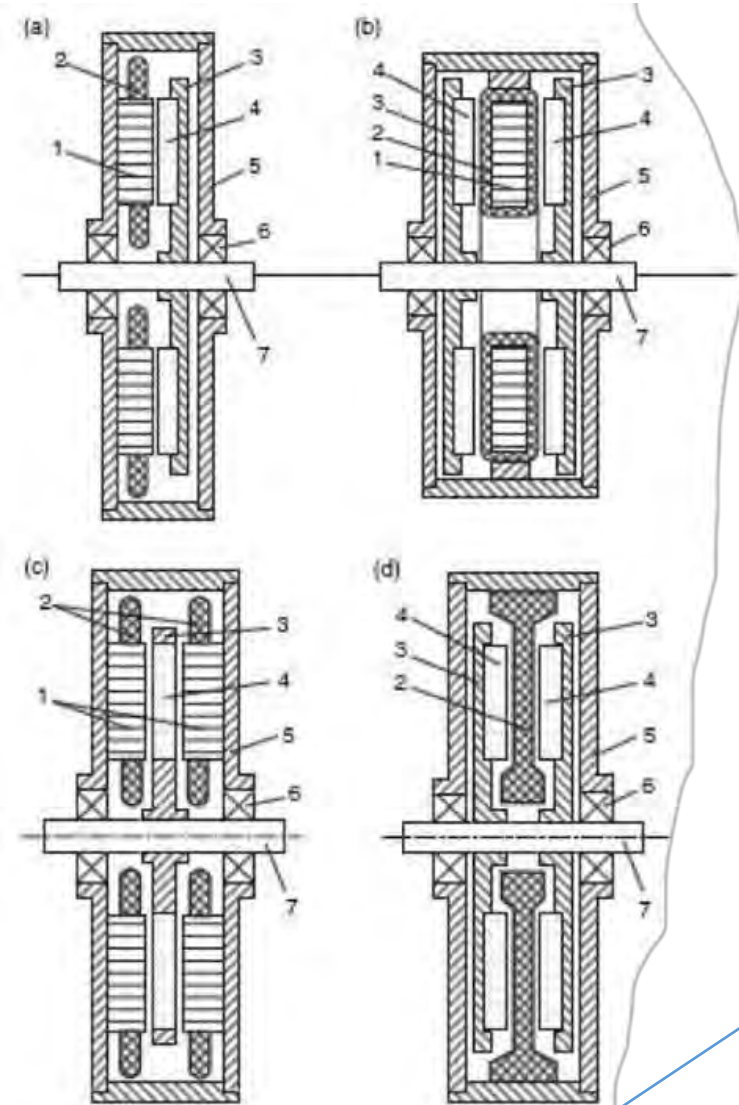
Σύγχρονη μηχανή αξονικής ροής μονίμων μαγνητών.

▶ Εφαρμογές

- ▶ Ηλεκτρικά οχήματα
- ▶ Αντλίες, ανεμιστήρες, έλεγχος βαλβίδων, φυγόκεντρους
- ▶ Ρομποτική
- ▶ Βιομηχανικός εξοπλισμός
- ▶ Ως flywheel
- ▶ Για μικρής και μεσαίας ισχύος γεννήτριες σε:
 - Ηλεκτρομηχανικές μονάδες φρένων
 - Ανελκυστήρες
 - **Ανεμογεννήτριες**

Τοπολογίες AFPM

- Μονός δρομέας – Μονός στάτης
- Διπλός δρομέας – Μονός στάτης
- Διπλός στάτης – Μονός δρομέας
- Πολλαπλών δίσκων

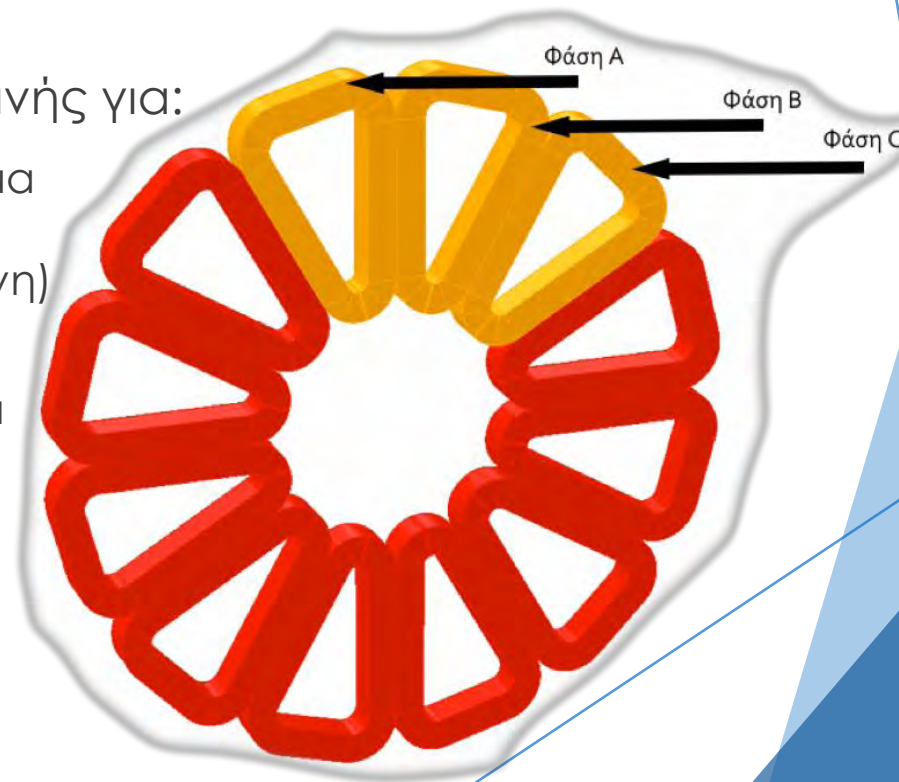


Αντικείμενο παρούσας μελέτης και κατασκευής.

- ▶ Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια μονίμων μαγνητών αξονικής ροής (AFPMSG) για χρήση ως ανεμογεννήτρια μικρής ισχύος άνευ κιβωτίου ταχυτήτων. Τα επιθυμητά μεγέθη εξόδου της γεννήτριας θα καθοριστούν με την χρήση κατάλληλου ηλεκτρονικού μετατροπέα ισχύος στην έξοδο της γεννήτριας.
- ▶ AFPMSG
 - Μελέτη
 - Προσομοίωση
 - Κατασκευή

Μελέτη

- ▶ Επιλογή τοπολογίας
 - ▶ διπλού δρομέα – μονού στάτη
- ▶ Υπολογισμός γεωμετρικών μεγεθών μηχανής για:
 - ▶ συγκεντρωμένο μη επικαλυπτόμενο τύλιγμα 12 τραπεζοειδών πηνίων χωρίς πυρήνα (4 πηνία ανά φάση εμβαπτισμένα σε ρητίνη)
 - ▶ δύο δρομείς ανοξειδωτού ατσαλιού που φέρουν επιφανειακά και ομοιόμορφα κατανεμημένους δεκαέξι μόνιμους μαγνήτες Νεοδυμίου – Σιδήρου - Βορίου (NdFeB), βαθμού N40 ο καθένας



Προσομοίωση

- ▶ Κατασκευή μοντέλου μηχανής σε τρεις διαστάσεις.
- ▶ Ηλεκτρομαγνητική ανάλυση τρισδιάστατου μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων (3D FEM analysis) με τη χρήση του προγράμματος OPERA 3D (Carmen motional analysis).
- ▶ Η γεννήτρια μελετήθηκε ως προς τη λειτουργική συμπεριφορά της (τάση, ροπή, ισχύς, απόδοση) για 4 διαφορετικά σχήματα μαγνήτη.

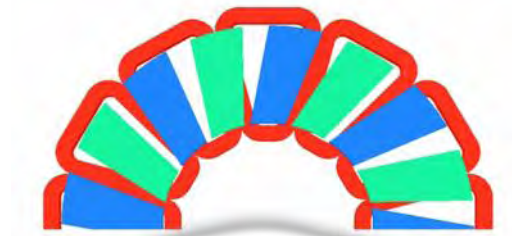
Σχήματα μαγνητών

(κατηγοριοποίηση ανάλογα με τη λοξότητα τους)

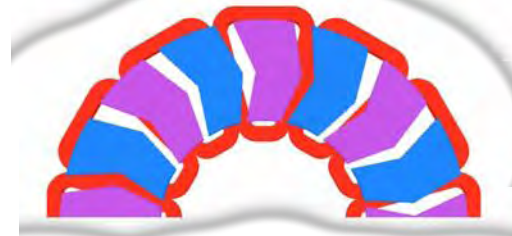
▶ Ακτινικής λοξότητας



▶ Συμβατικής λοξότητας



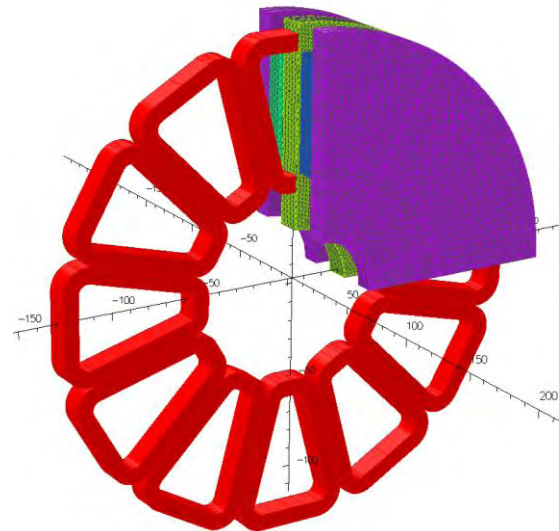
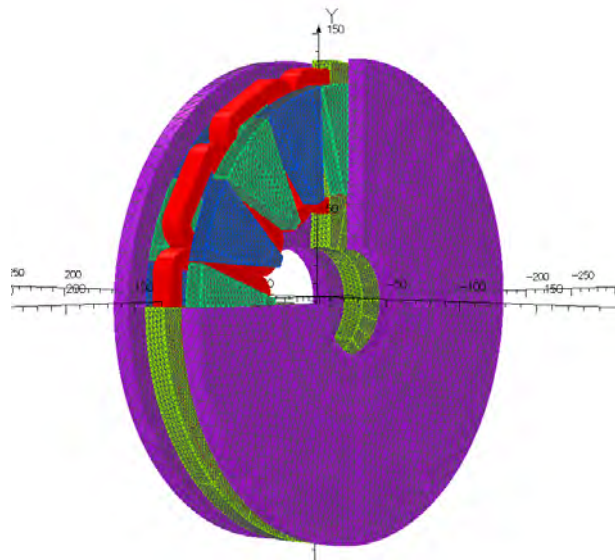
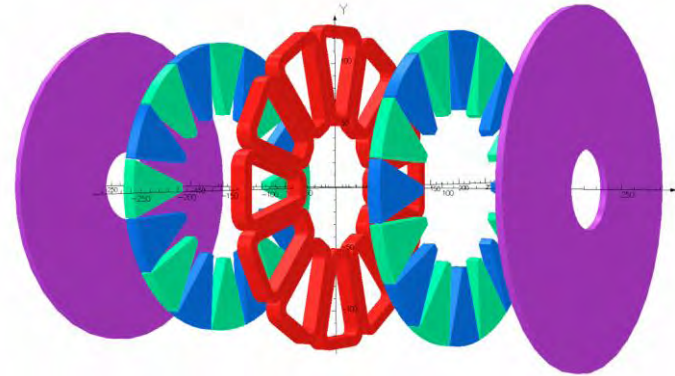
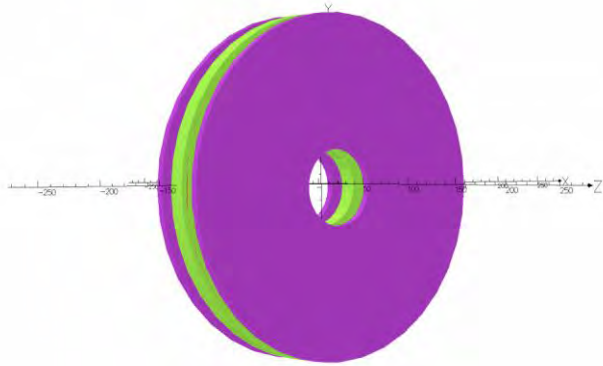
▶ Διπλής λοξότητας

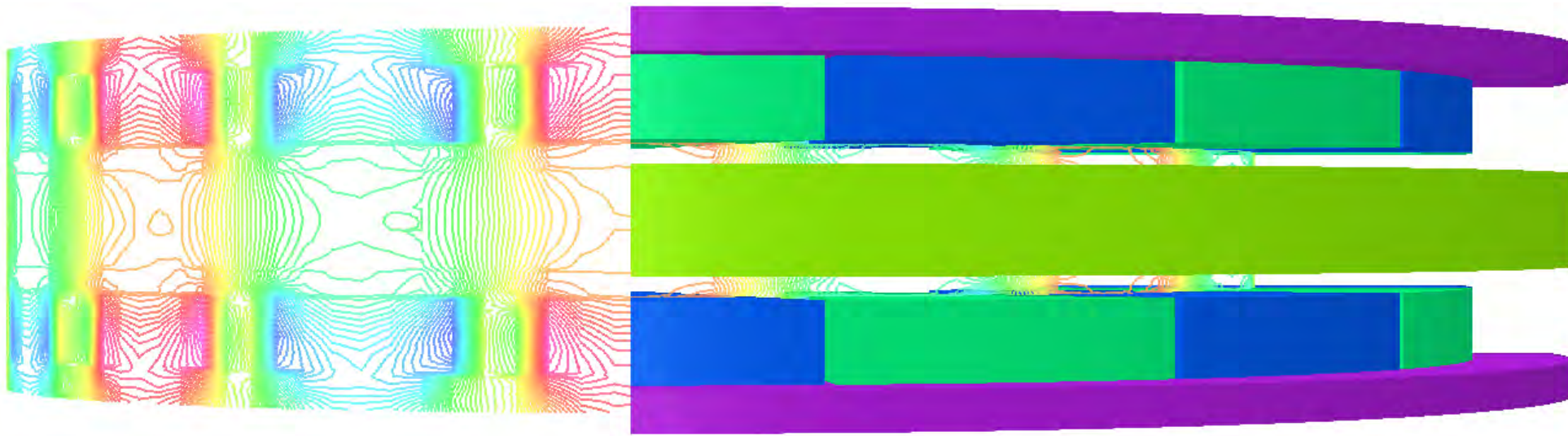


▶ Τριγωνοειδούς λοξότητας

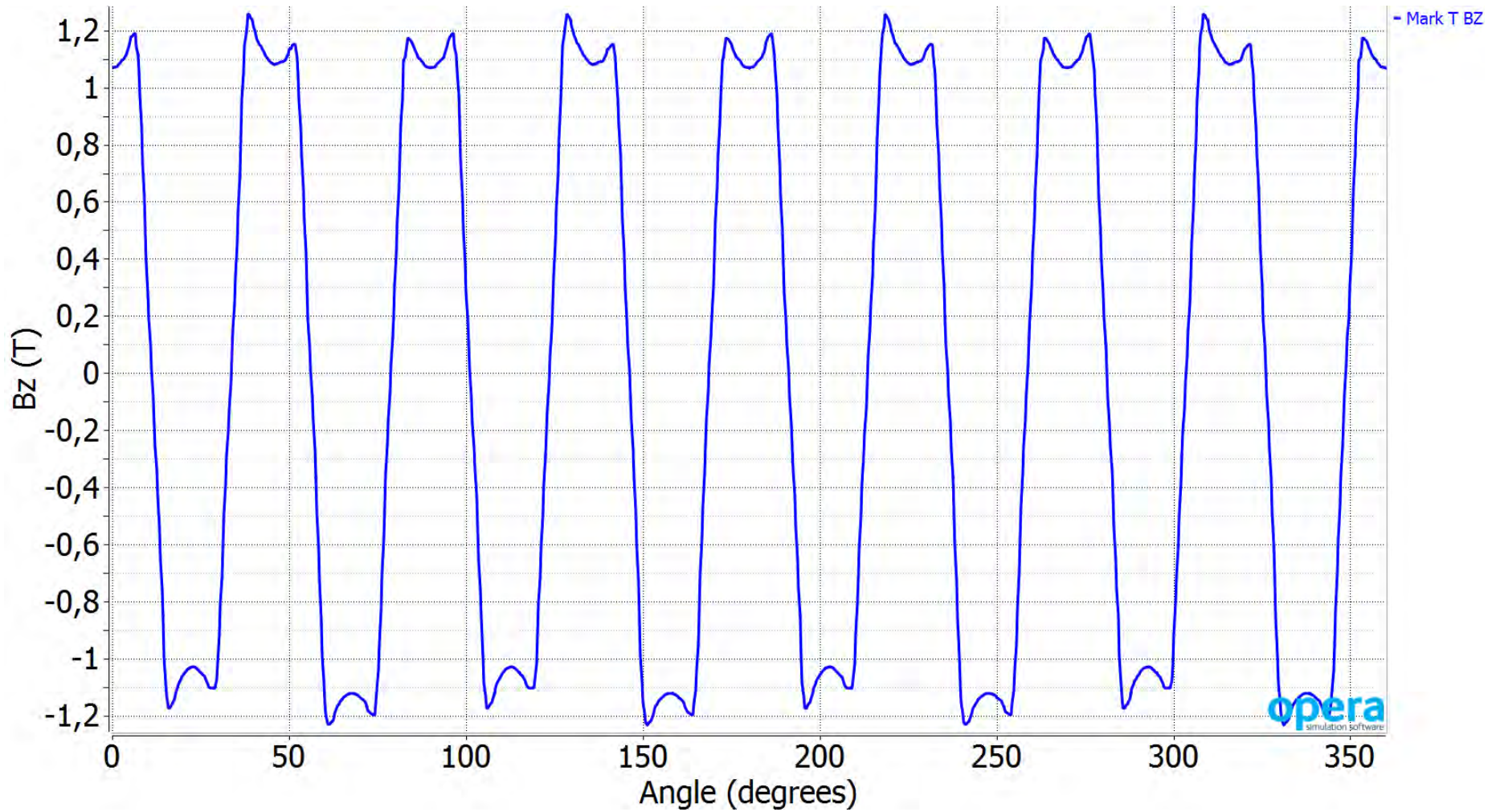


Τελικό 3D FEM AFPM Model





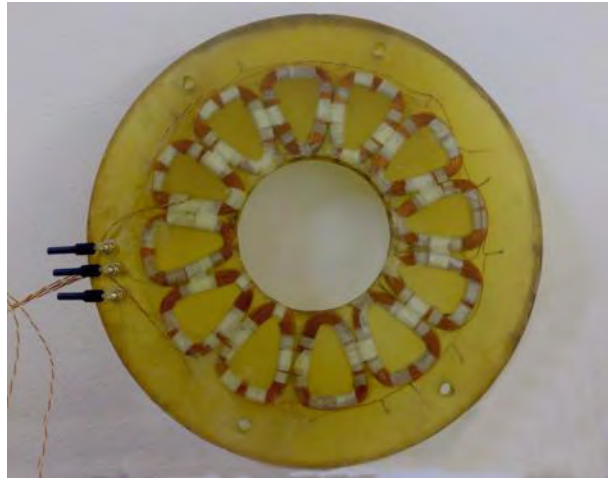
Απεικόνιση της αξονικής συνιστώσας (B_z) της μαγνητικής επαγωγής σε μερική τομή για την μέση ακτίνα ($r = 90.5\text{mm}$).



Απεικόνιση της αξονικής συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου στο μέσο του διακένου, για την μέση ακτίνα ($r = 90.5\text{mm}$)

Διαδικασία κατασκευής

- ▶ Τα αποτελέσματα της ηλεκτρομαγνητικής ανάλυσης που προέκυψαν για τα τέσσερα μοντέλα διερευνήθηκαν και αξιολογήθηκαν και επιλέχθηκε ως βέλτιστη λύση το μοντέλο με μαγνήτες τριγωνοειδούς λοξότητας.
- ▶ Διαδικασία κατασκευής στάτη:
 - Κατασκευή πηνίων με χρήση καλουπιού.
 - Κατασκευή δίσκου στάτη με βύθιση του τυλίγματος σε ρητίνη.
- ▶ Κατασκευή δρομέων και λοιπών μεταλλικών τμημάτων.
(Μηχανουργείο του Πανεπιστημίου Πατρών)
- ▶ Τοποθέτηση μαγνητών στους δρομείς.
- ▶ Κατασκευή πάγκου δοκιμών.



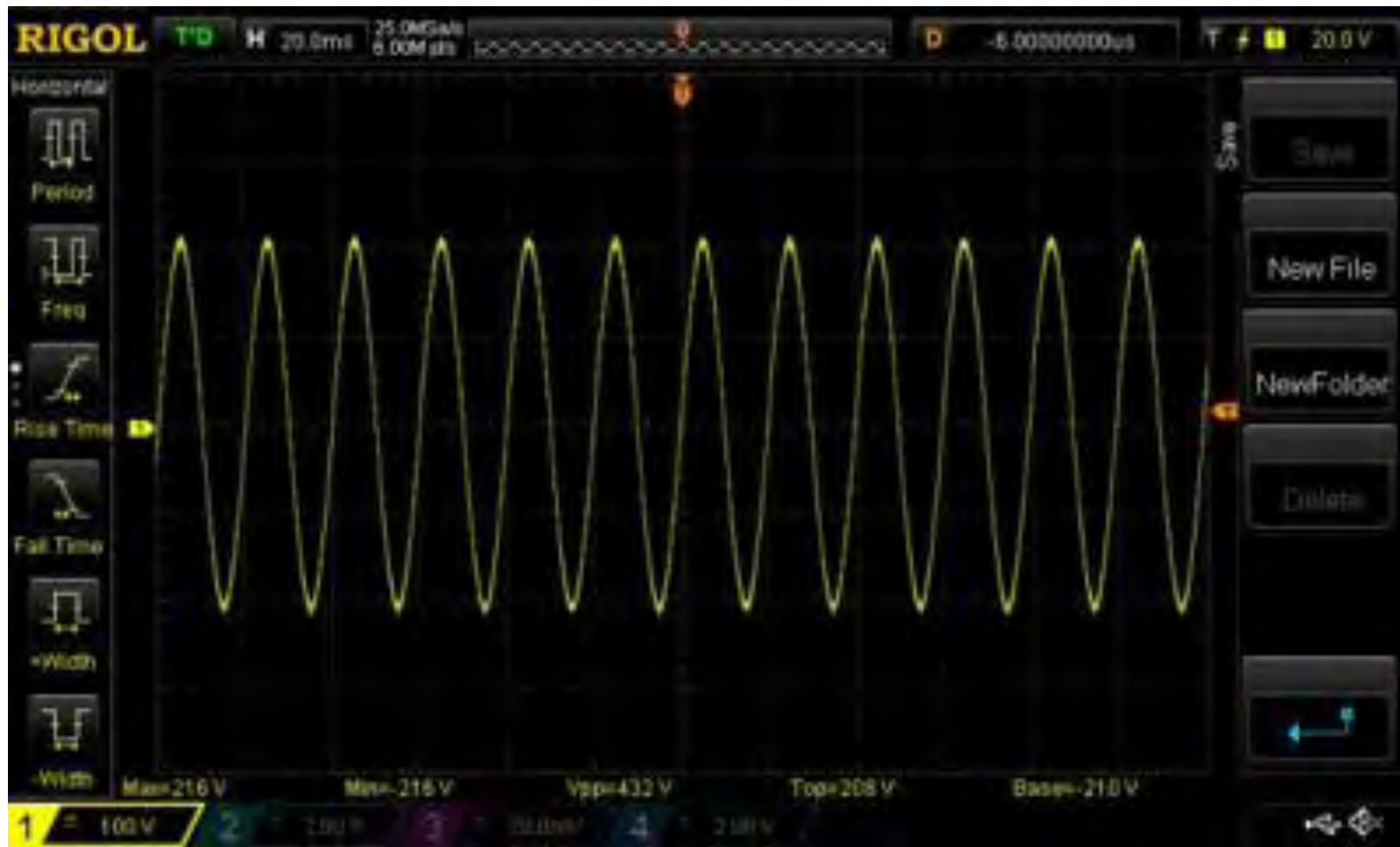
Στάτης



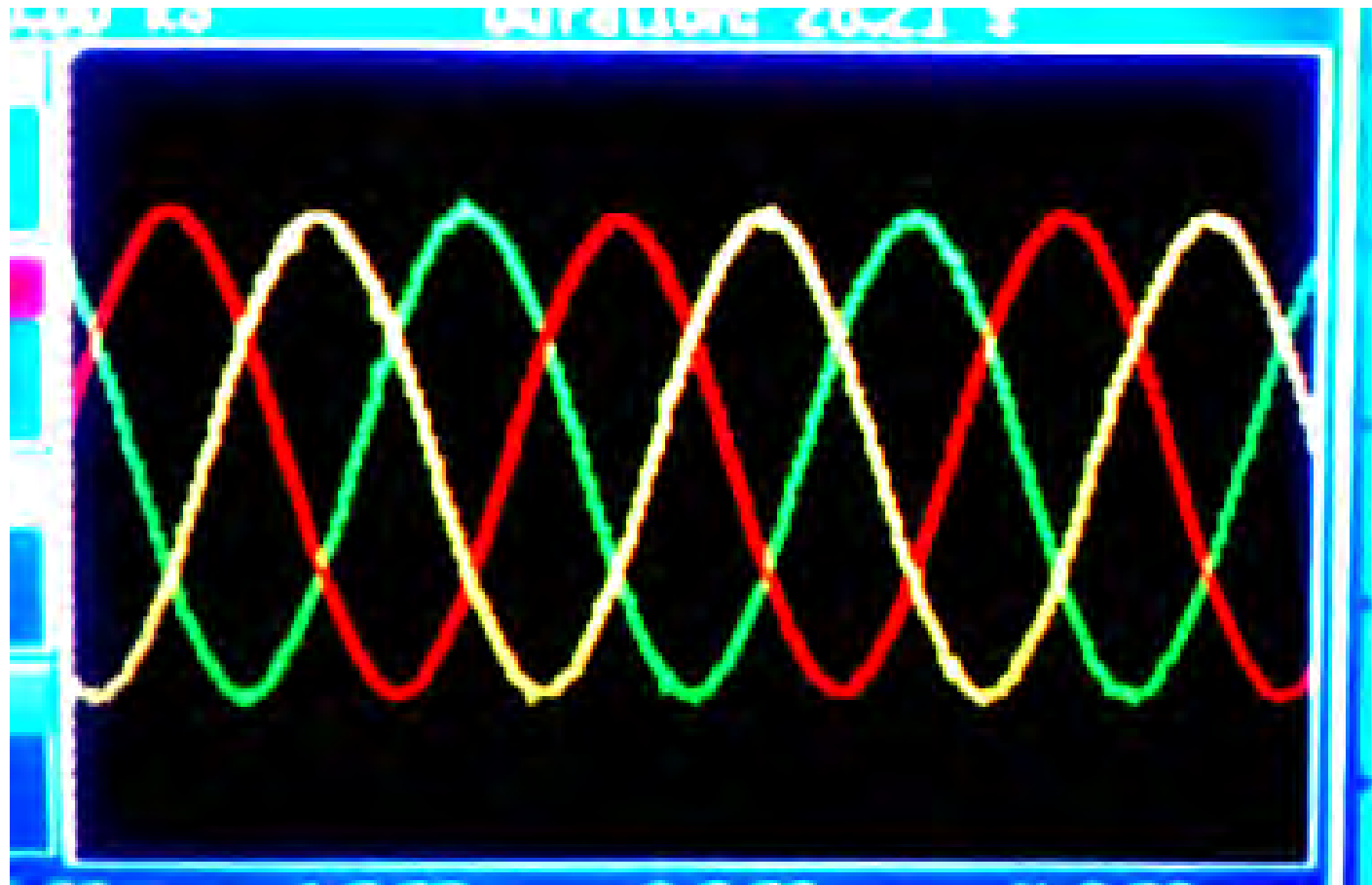
Δρομέας με μαγνήτες



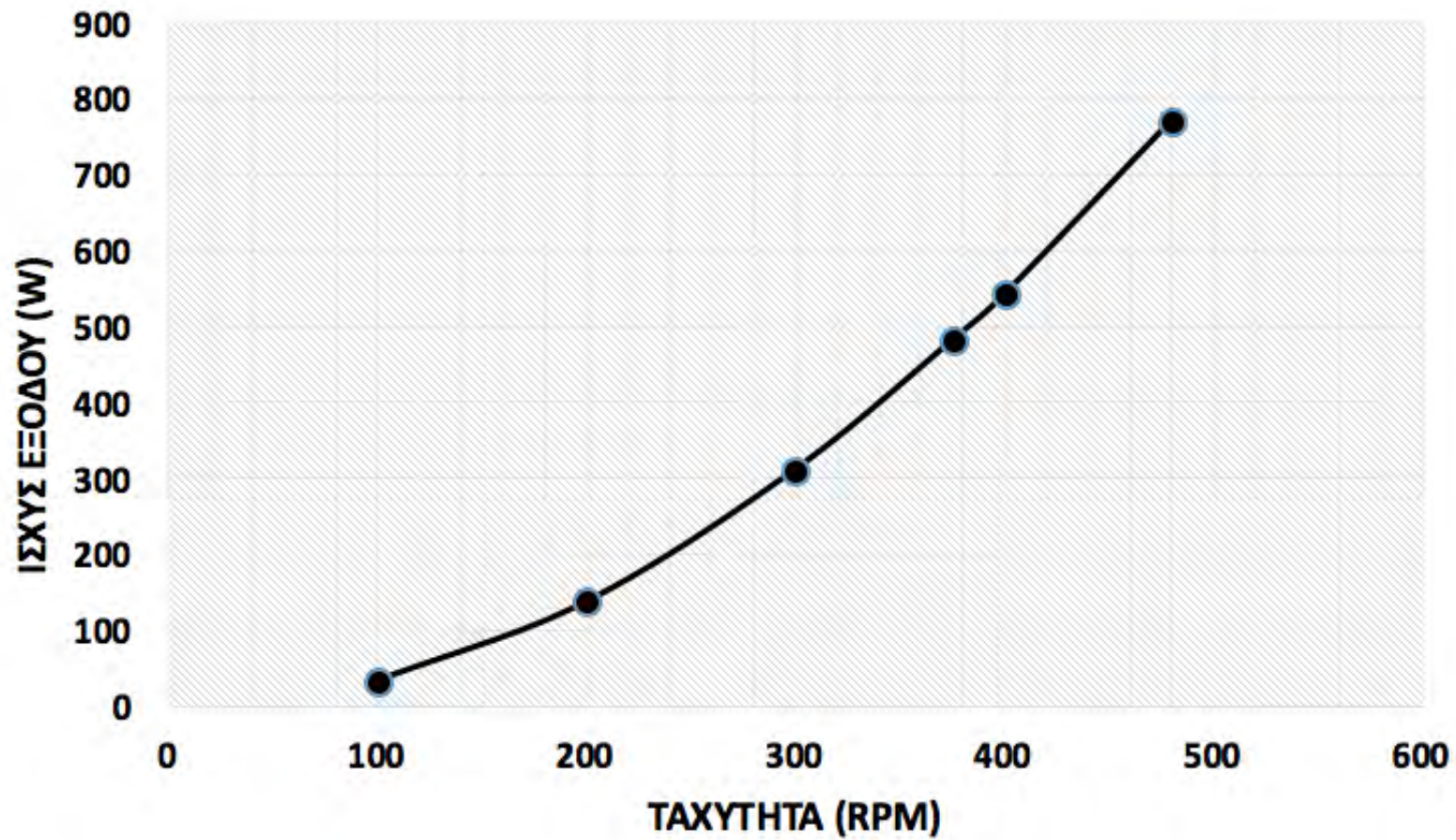
Διάταξη δοκιμών



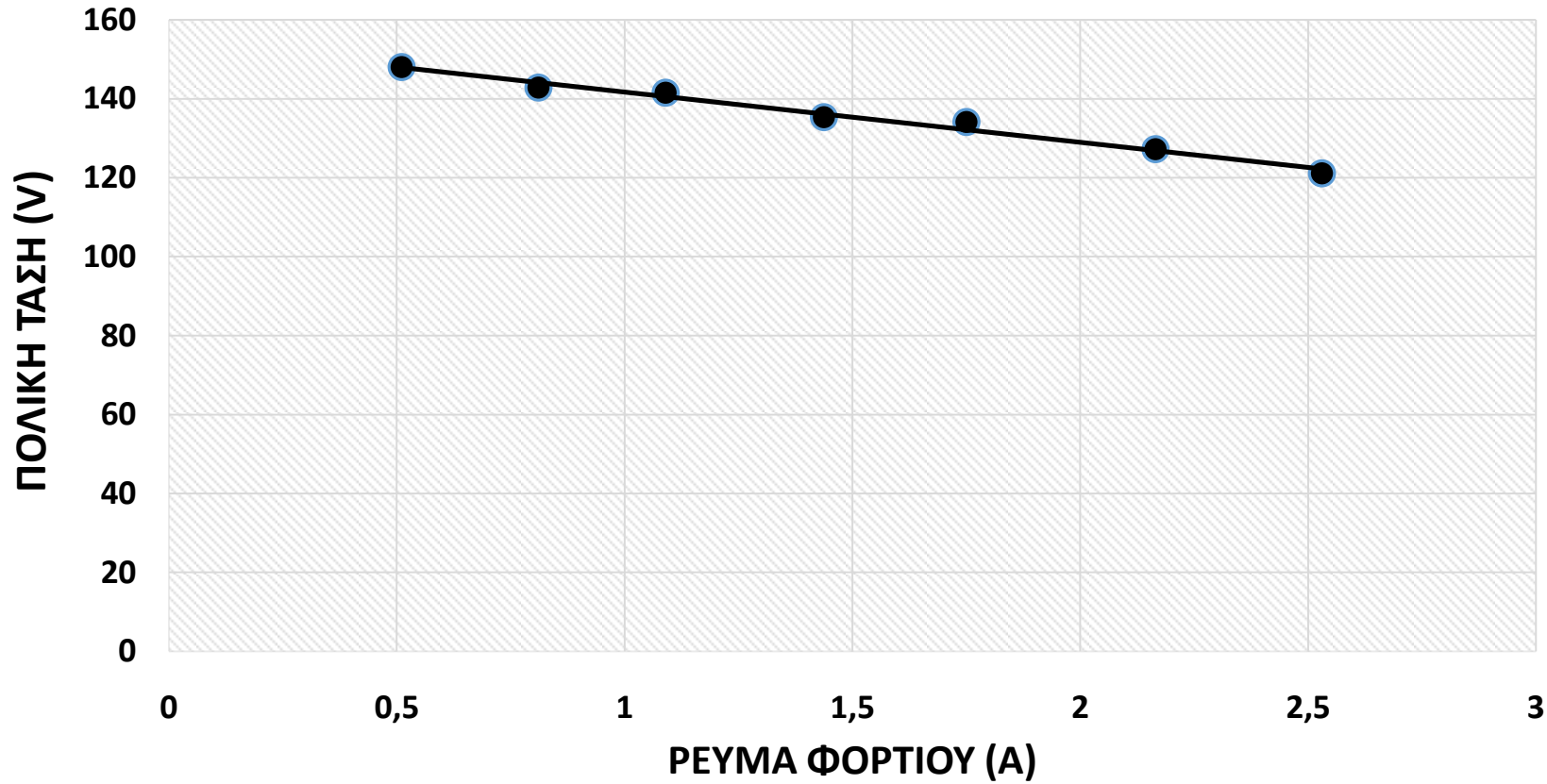
Πολική τάση γεννήτριας



Πολικές τάσεις γεννήτριας



Μεταβολή ισχύος συναρτήσει ταχύτητας υπό σταθερό ωμικό φορτίο (60 ohm)



Μεταβολή πολικής τάσεως συναρτήσει ρεύματος φορτίου υπό σταθερές στροφές (375 1/min).

Αναφορές

- ▶ Minimization of Cogging Torque in Axial-Flux Permanent-Magnet Machines: Design Concepts M. Aydin, Z. Q. Zhu, T. A. Lipo, Fellow, IEEE, and D. Howe.
- ▶ Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines: Jacek F. Gieras Rong-Jie Wang Maarten J. Kamper
- ▶ Design of a Permanent Magnet Synchronous Generator for a Vertical Axis Wind Turbine: Degree project in Electrical Engineering Master of Science Stockholm, Sweden 2011, Nima Madani
- ▶ Optimal Design of a Coreless Stator Axial Flux Permanent-Magnet Generator Rong-Jie Wang, *Member, IEEE*, Maarten J. Kamper, *Member, IEEE*, Kobus Van der Westhuizen, and Jacek F. Gieras, *Fellow, IEEE*

A.F.P.M. @ L.E.M.E.C. UPatras

Axial flux permanent magnet synchronous machine by Zalokostas Georgios & Spyratos Dimitrios
Supervisor professor: Kappatou Joya

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!



<https://goo.gl/rKpT5q>