

Ηλεκτρικές Μηχανές 1 – Εργαστήριο 1

Μονοφασικός Μετασχηματιστής

Κάπρος Παναγιώτης: 03118926

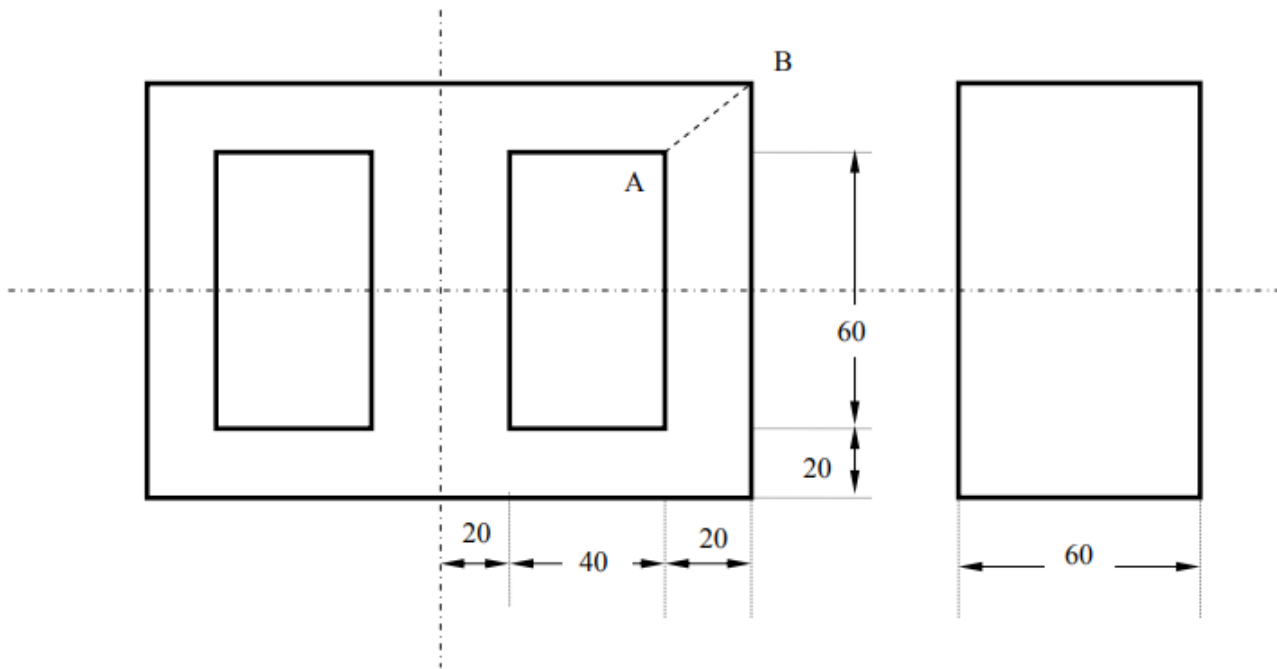


Εισαγωγή

Για την υλοποίηση της πρώτης εργαστηριακής άσκησης ζητήθηκε η δημιουργία ενός μονοφασικού μετασχηματιστή συγκεκριμένων διαστάσεων και αριθμού ελιγμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος σε λογισμικό προσομοίωσης FEMM, για την μελέτη της κατανομής του μαγνητικού πεδίου κατά τις δοκιμές **ανοικτού κυκλώματος** (no load), **βραχυκύκλωσης** (short circuit) και σε συνθήκες **ονομαστικής λειτουργίας** (full load).

Διεξαγωγή Άσκησης

Οι διαστάσεις του μετασχηματιστή παρατίθενται σε mm στην παρακάτω εικόνα:

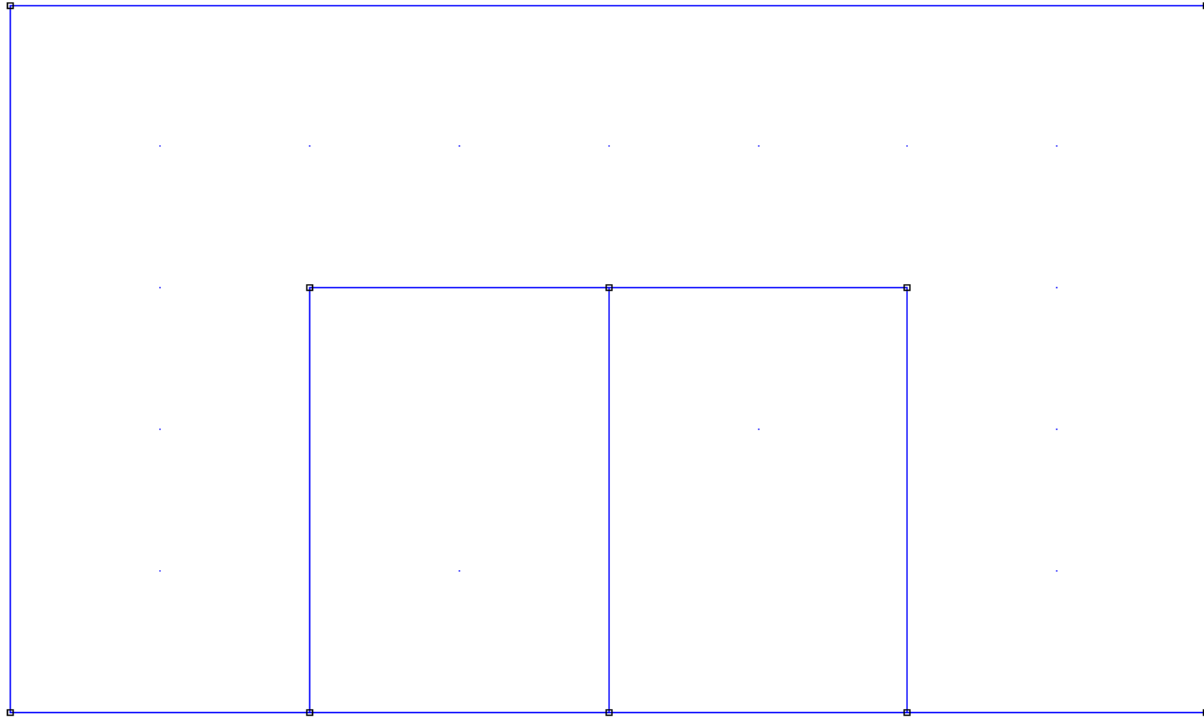


Εικόνα 1: Γεωμετρία του μετασχηματιστή.

Επίσης γνωρίζουμε ότι:

- Το πρωτεύον αποτελείται αποτελείται από 412 ελίσματα ενώ το δευτερεύον από 206.
- Η ονομαστική τάση πρωτεύοντος είναι 220V στα 50Hz.
- Η ονομαστική φαινόμενη ισχύς είναι 500VA.

Λόγω της συμμετρίας του μετασχηματιστή στα δύο κάθετα επίπεδα είναι προτιμότερο και δεν επηρεάζει τα αποτελέσματά μας η προσομοίωση του **ενός τετάρτου** του μετασχηματιστή όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2: Σχέδιο του μετασχηματιστή κατά 1/4 στο λογισμικό προσομοίωσης FEMM.

Κατόπιν, ορίσαμε το υλικό του πυρήνα του μετασχηματιστή αλλά και του περιβάλλοντος που έχουμε γύρω από αυτόν, τις οριακές συνθήκες ($A = 0$) αλλά και τα ρεύματα που εφαρμόζονται ανάλογα την δοκιμή που κάνουμε. Συγκεκριμένα:

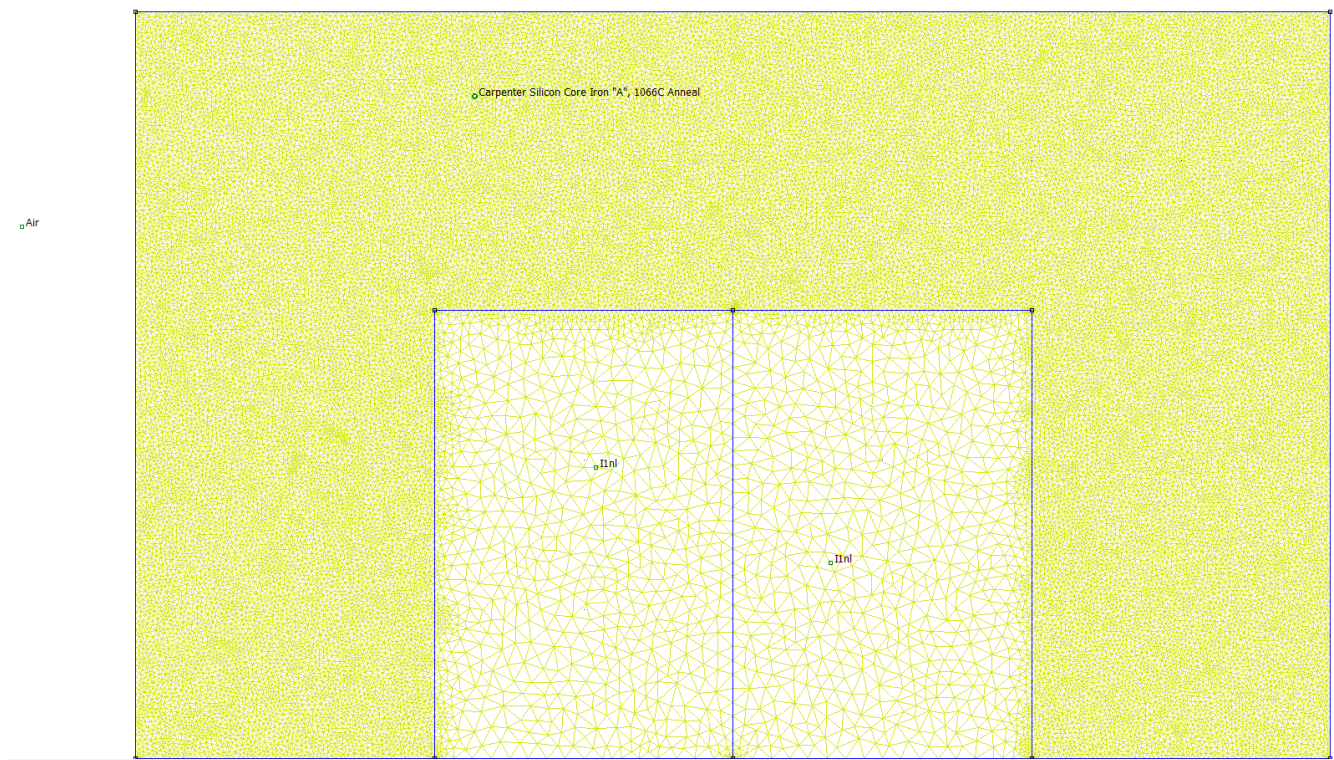
- Για το ρεύμα ανοικτού κυκλώματος ορίζω τα ρεύματα I_{1nl} και I_{2nl} και την τιμή τους στο FEMM την καθορίζω μέσω της τιμής πυκνότητας ρεύματος. Για να βρω την πυκνότητα, πρέπει να γνωρίζω της επιφάνεια και το ρεύμα που διαπερνά αυτή. Άρα δεδομένου ότι δουλεύουμε σε δοκιμή ανοικτού κυκλώματος ξέρουμε από την εκφώνηση ότι το ρεύμα στο πρωτεύον (ρεύμα μαγνήτισης) είναι **0.115A** και το ρεύμα στο δευτερεύον θα είναι **0A**. Επίσης γνωρίζουμε πως στο πρωτεύον έχουμε **412 ελίγματα** γύρω από τον πυρήνα διάστασης **60x20 mm²**. Έτσι η πυκνότητα ρεύματος στο πρωτεύον είναι $\frac{412 \cdot 0.115}{60 \times 20} = 0.0395 \frac{MA}{m^2}$ και στο δευτερεύον είναι "0".
- Για το ρεύμα βραχυκύκλωσης ορίζω τα ρεύματα I_{1sc} και I_{2sc} και έτσι για το πρωτεύον έχουμε $\frac{500}{220} = 2.27 A$ άρα για την πυκνότητα με την αντίστοιχη με παραπάνω σκέψη έχουμε: $\frac{412 \cdot 2.27}{60 \times 20} = 0.78 \frac{MA}{m^2}$ και αντίστοιχα για το δευτερεύον έχουμε η πυκνότητα ρεύματος θα είναι η αρνητική τιμή της πυκνότητας του πρωτεύοντος.

- Για το ονομαστικό ρεύμα ορίζω τα ρεύματα I_{1fl} και I_{2fl} και έχω: για το πρωτεύον το ρεύμα θα είναι το **ρεύμα βραχυκύκλωσης + ρεύμα μαγνήτισης = 2.385A** και έτσι η πυκνότητα ρεύματος είναι $\frac{412 \cdot 2.385}{60 \times 20} = 0.82 \frac{MA}{m^2}$ ενώ για το δευτερεύον το ρεύμα θα είναι όσο το ρεύμα του πρωτεύοντος χωρίς το ρεύμα μαγνήτισης και έτσι το ρεύμα θα είναι ίσο με **2.27A** και η πυκνότητα ρεύματος εν τέλει θα είναι $-\frac{412 \cdot 2.27}{60 \times 20} = -0.78 \frac{MA}{m^2}$.

Έχοντας ορίσει τα παραπάνω δεδομένα εκτελώ την προσομοίωση με τα παρακάτω αποτελέσματα:

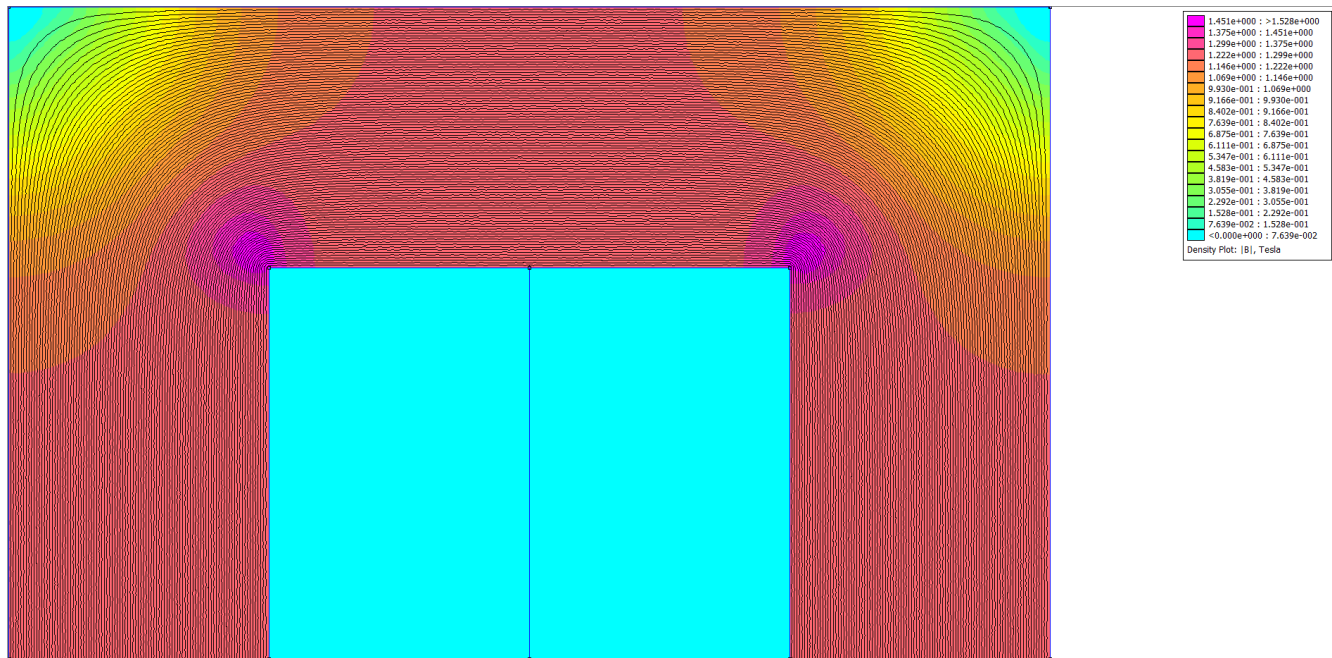
Δοκιμή Ανοικτού Κυκλώματος

Παρακάτω παρατίθεται το πλέγμα που προέκυψε κατά την δοκιμή. Να σημειωθεί πως προέκυψαν **36220** κόμβοι:



Εικόνα 3: Καταγραφή πλέγματος σε δοκιμή ανοικτού κυκλώματος.

Για την κατανομή μαγνητικής επαγωγής παρατίθεται παρακάτω το αποτέλεσμα που προέκυψε από την προσομοίωση:

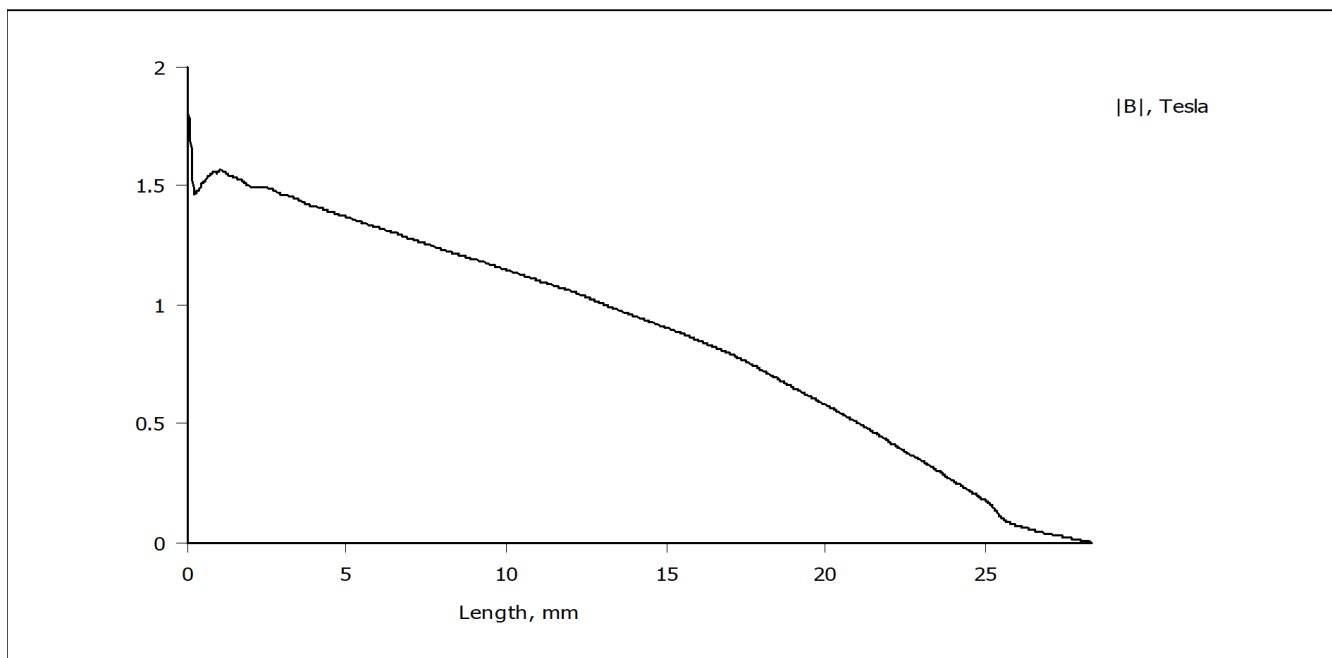


Εικόνα 4: Κατανομή μαγνητικής επαγωγής σε δοκιμή ανοικτού κυκλώματος.

Τέλος για τις απώλειες του μετασχηματιστή βάσει της προσομοίωσης προκύπτει ότι:

- Στον πυρήνα οι απώλειες είναι **0 Watts**.
- Στο πρωτεύον οι απώλειες είναι **0.000968431 Watts**.
- Στο δευτερεύον οι απώλειες είναι **0 Watts**.

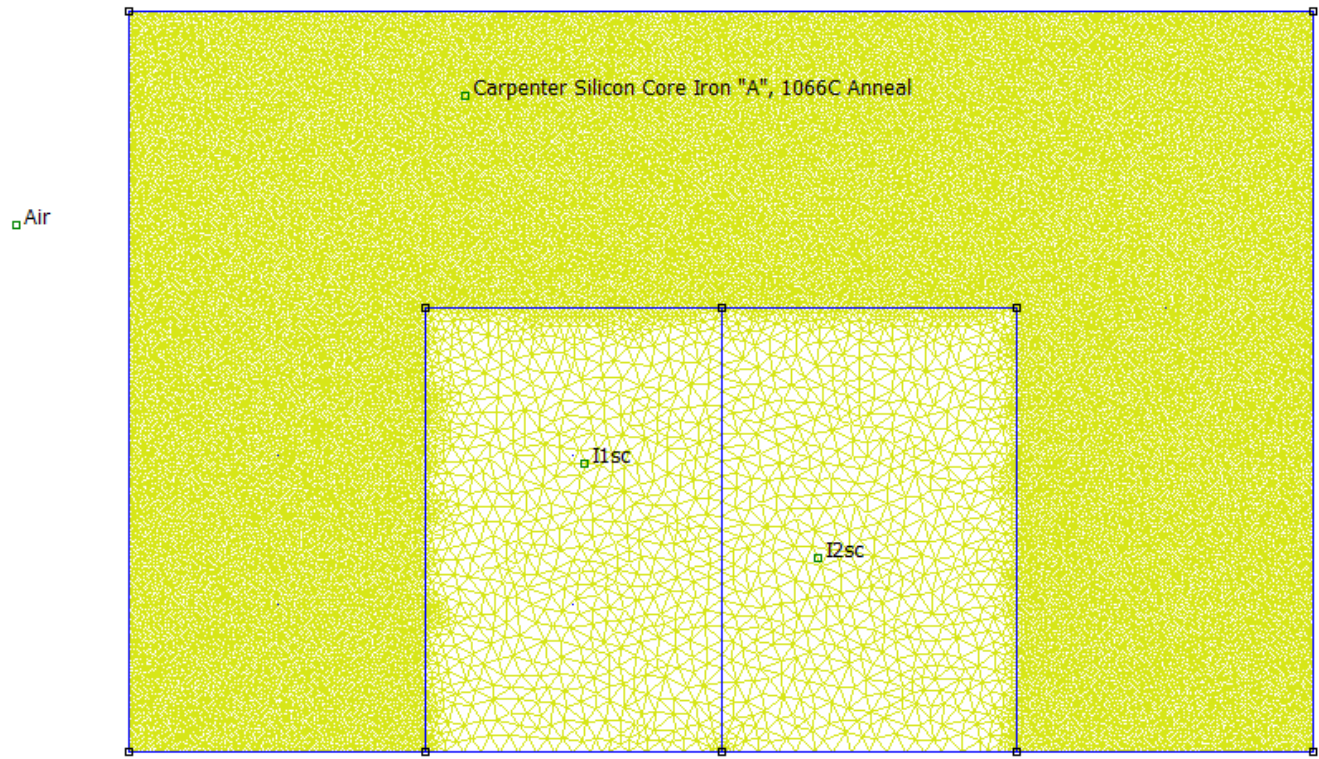
Στο ευθύγραμμο τμήμα AB το μέγεθος πυκνότητας ροής φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 5: Μέγεθος πυκνότητας ροής σε δοκιμή ανοικτού κυκλώματος.

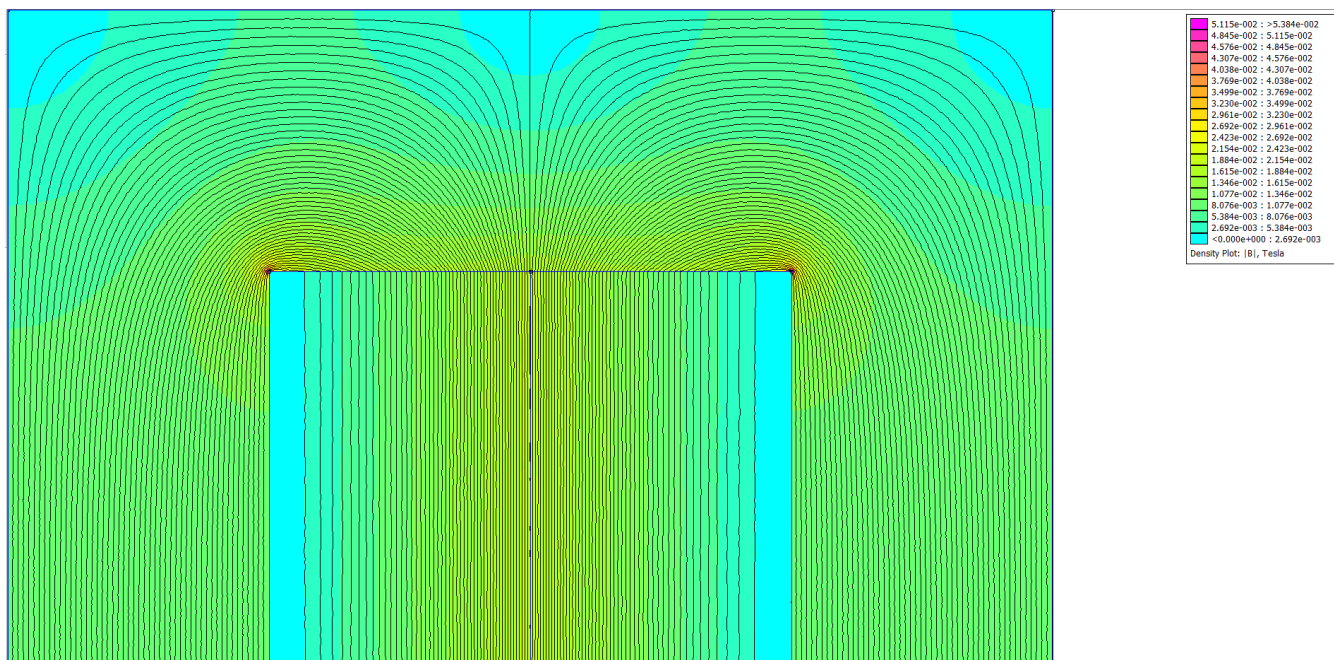
Δοκιμή Βραχυκύκλωσης

Παρακάτω παρατίθεται το πλέγμα που προέκυψε κατά την δοκιμή. Να σημειωθεί πως προέκυψαν 36220 κόμβοι:



Εικόνα 6: Καταγραφή πλέγματος σε δοκιμή βραχυκύκλωσης.

Για την κατανομή μαγνητικής επαγωγής παρατίθεται παρακάτω το αποτέλεσμα που προέκυψε από την προσομοίωση:

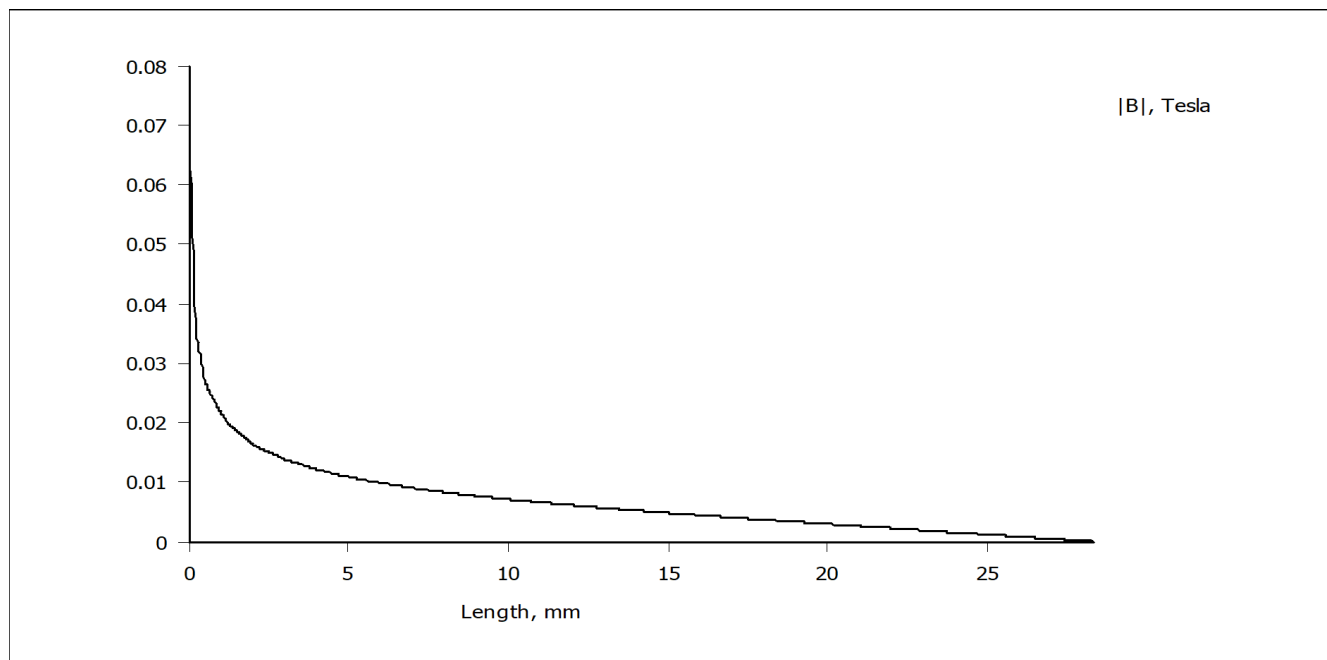


Εικόνα 7: Κατανομή μαγνητικής επαγωγής σε δοκιμή βραχυκύκλωσης.

Τέλος για τις απώλειες του μετασχηματιστή βάσει της προσομοίωσης προκύπτει ότι:

- Στον πυρήνα οι απώλειες είναι **0 Watts**.
- Στο πρωτεύον οι απώλειες είναι **0.377628 Watts**.
- Στο δευτερεύον οι απώλειες είναι **0.377628 Watts**.

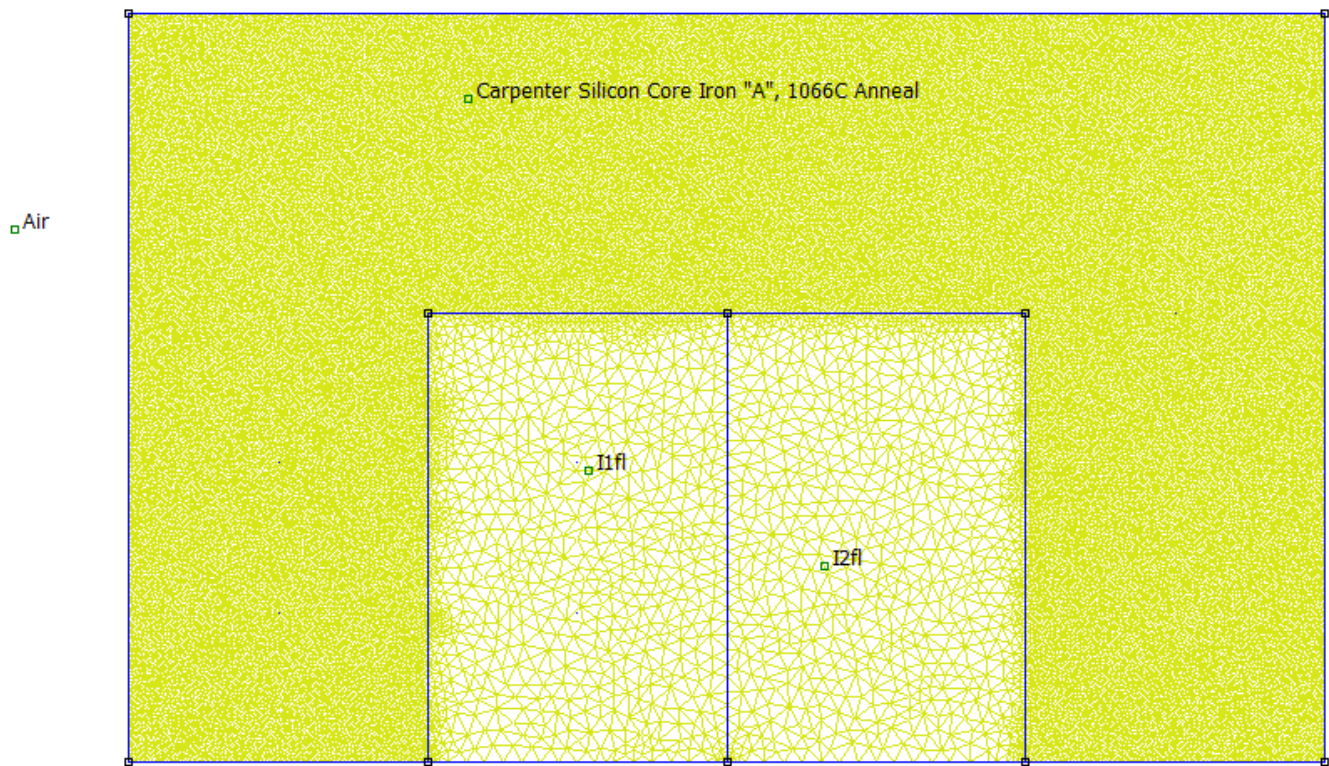
Στο ευθύγραμμο τμήμα AB το μέγεθος πυκνότητας ροής φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 8: Μέγεθος πυκνότητας ροής σε δοκιμή βραχυκύκλωσης.

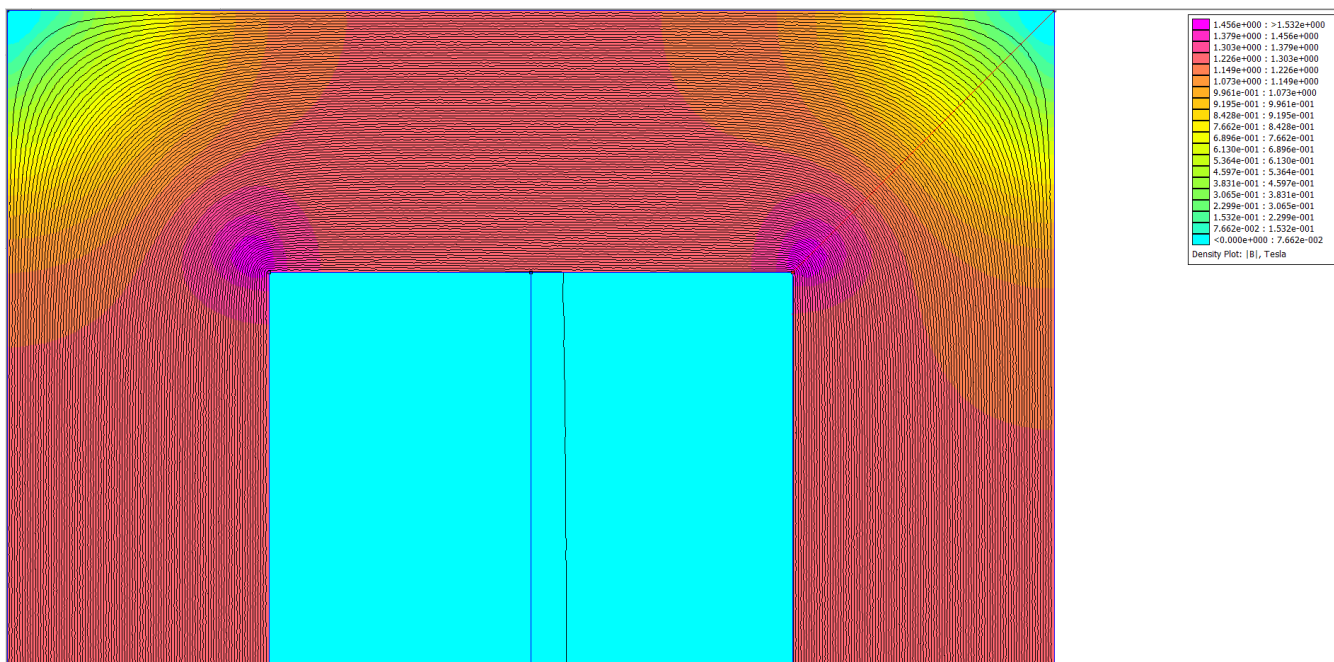
Δοκιμή Ονομαστικών Συνθηκών

Παρακάτω παρατίθεται το πλέγμα που προέκυψε κατά την δοκιμή. Να σημειωθεί πως προέκυψαν 36220 κόμβοι:



Εικόνα 9: Καταγραφή πλέγματος σε δοκιμή ονομαστικών συνθηκών.

Για την κατανομή μαγνητικής επαγωγής παρατίθεται παρακάτω το αποτέλεσμα που προέκυψε από την προσομοίωση:

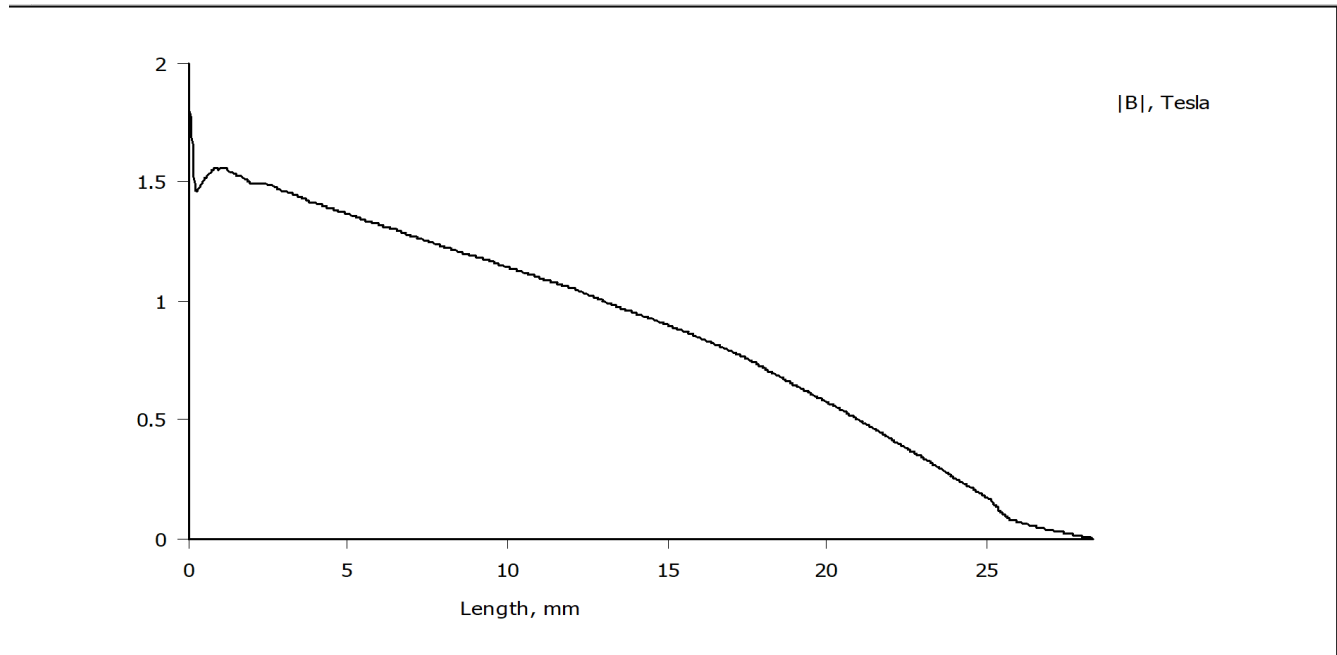


Εικόνα 10: Κατανομή μαγνητικής επαγωγής σε δοκιμή ονομαστικών συνθηκών.

Τέλος για τις απώλειες του μετασχηματιστή βάσει της προσομοίωσης προκύπτει ότι:

- Στον πυρήνα οι απώλειες είναι **0 Watts**.
- Στο πρωτεύον οι απώλειες είναι **0.417352 Watts**.
- Στο δευτερεύον οι απώλειες είναι **0.377628 Watts**.

Στο ευθύγραμμο τμήμα AB το μέγεθος πυκνότητας ροής φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 11: Μέγεθος πυκνότητας ροής σε δοκιμή ονομαστικών συνθηκών.

Συμπεράσματα

Δοκιμή Ανοικτού Κυκλώματος

Αυτό που ισχύει σε αυτήν την δοκιμή είναι ότι έχουμε για ονομαστικές τάσεις μικρές τιμές ρευμάτων. Ακόμα παρατηρούμε ότι η μαγνητική ροή περνάει εξ' ολοκλήρου από την πυρήνα και ότι στο σημείο A έχουμε έντονη μαγνητική ροή ενώ στο B υπάρχει εξασθένηση. Τέλος, παρατηρούμε ότι στην γραφική παράσταση έχουμε ένα "βύθισμα" το οποίο οφείλεται στην γωνία του μετασχηματιστή.

Δοκιμή Βραχυκύκλωσης

Αυτό που ισχύει σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι έχουμε ονομαστικές τιμές ρευμάτων και μικρές τιμές τάσης. Παρατηρούμε ότι έχουμε έντονο φαινόμενο σκέδασης με τις δυναμικές γραμμές να περνάνε μέσα από τα τυλίγματα. Τέλος έχουμε μικρές τιμές μαγνητικής ροής ενώ κατά μήκος του ευθύγραμμου τμήματος AB έχουμε απότομη πτώση στην κατανομή της μαγνητικής επαγωγής σε σχέση με την δοκιμή ανοικτού κυκλώματος.

Δοκιμή Ονομαστικών Συνθηκών

Σε αυτήν την περίπτωση η μαγνητική ροή περνάει από τον πυρήνα ενώ το μαγνητικό πεδίο είναι ομοιόμορφο παντού εκτός από τις ακμές. Επίσης δεν έχουμε ροή σκέδασης όπως στην δοκιμή βραχυκυκλώματος. Τέλος, να αναφερθεί ότι οι απώλειες είναι πολύ πιο μεγάλλες λόγω του ότι έχουμε μεγαλύτερες τιμές ρεύματος ενώ η γραφική παράσταση μαγνητικής επαγωγής για το

ευθύγραμμο τμήμα AB είναι ίδια με αυτή του ανοικτού κυκλώματος καθώς έχουμε την ίδια ονομαστική τάση.