

Αποτύπωση του μαγνητικού πεδίου ρευματοφόρων αγωγών χωρίς αισθητήρα μαγνητικού πεδίου

Φύλλο εργασίας

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε κάθε σημείο του χώρου γύρω από ρευματοφόρο αγωγό είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό και εξαρτάται από τη θέση του σημείου στο χώρο σε σχέση με την κατανομή του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτή η εξάρτηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου από τη θέση του κάθε σημείου καθορίζει και τη μορφή του μαγνητικού φάσματος και μας περιγράφει ποιοτικά την μορφή του μαγνητικού πεδίου.

Αν θέλουμε να περιγράψουμε επομένως την μορφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από ρευματοφόρο αγωγό πρέπει να απεικονίσουμε την εξάρτηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου από τη θέση. Αυτή η διαδικασία μπορεί πειραματικά να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα μαγνητικού πεδίου, μετρώντας την ένταση του πεδίου σε διάφορα σημεία και λαμβάνοντας υπόψη την ενδεχόμενη συμμετρία.

Μπορούμε όμως να πραγματοποιήσουμε τη διαδικασία στο εργαστήριο **χωρίς να διαθέτουμε κάποιον εξειδικευμένο αισθητήρα μαγνητικού πεδίου** με τον τρόπο που περιγράφεται στη συνέχεια, και να συγκρίνουμε το αποτέλεσμα με την θεωρητική πρόβλεψη.

Ο "αισθητήρας" και η αποτύπωση του πεδίου

Στο ένα άκρο ενός λεπτού πλαστικού σωλήνα (διάμετρος 4mm) τυλίγουμε πολλές φορές λεπτό μονωμένο χάλκινα σύρμα όπως φαίνεται στις φωτογραφίες. Οι δύο άκρες του σύρματος καταλήγουν σε δύο ακροδέκτες και μπορούν να συνδεθούν με πολύμετρο.



Αν ο αγωγός διαρρέεται από αρμονικά εναλλασσόμενο ρεύμα ορισμένης συχνότητας, θα έχουμε σε κάθε σημείο γύρω από τον αγωγό, μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο με ένταση που θα μεταβάλλεται και αυτή αρμονικά με το χρόνο. Αν τοποθετήσουμε το άκρο του «αισθητήρα» σε κάποιο σημείο του χώρου γύρω από τον αγωγό θα τότε θα εμφανίζεται στα άκρα του ΗΕΔ από επαγωγή την οποία μπορούμε να μετράμε συνδέοντας το πολύμετρο.

Αν $B = B_0 \eta \mu(\omega t)$ είναι η συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου που είναι παράλληλη στον άξονα του αισθητήρα τότε η επαγωγική ΗΕΔ στα άκρα του πηνίου είναι:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt} = -NA \frac{dB}{dt} = -NAB_0 \sigma \nu (\omega t)$$

και η τάση που μετράει το πολύμετρο θα είναι η ενεργός τιμή της επαγωγικής τάσης, δηλ.: $V = \frac{NAB_0}{\sqrt{2}}$.

Συνεπώς η ένδειξη του πολυμέτρου θα είναι ανάλογη του πλάτους της συνιστώσας του μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου που είναι παράλληλη στον άξονα του αισθητήρα.

Μεταβάλλοντας τον προσανατολισμό του αισθητήρα μπορούμε να διαπιστώσουμε την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, βρίσκοντας ποιος είναι ο προσανατολισμός του όταν μεγιστοποιηθεί η ένδειξη του πολυμέτρου. Αυτό βέβαια δεν είναι απαραίτητο αν η διεύθυνση της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι γνωστή λόγω συμμετρίας.

Συνεπώς, τοποθετώντας τον αισθητήρα με τον άξονά του παράλληλο στο μαγνητικό πεδίο που παράγεται από κάποιο ρευματοφόρο αγωγό, η τάση από επαγωγή σε διάφορα σημεία γύρω από τον αγωγό είναι ανάλογη του πλάτους της έντασης του μαγνητικού πεδίου και η χωρική εξάρτηση θα είναι ίδια με την χωρική εξάρτηση της έντασης του πεδίου που δημιουργεί και ένα χρονικά σταθερό ρεύμα.

Μετρήσεις με τον αυτοσχέδιο αισθητήρα

A. Κατά μήκος του άξονα ρευματοφόρου σωληνοειδούς

Για σωληνοειδές «απείρου» μήκους που διαρρέεται από σταθερό ρεύμα, το θεωρητικό μοντέλο προβλέπει πως το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο:

- Στην κεντρική περιοχή του σωληνοειδούς είναι ομογενές.
- Στα άκρα του σωληνοειδούς έχει τιμή ίση με το μισό αυτής που έχει στην κεντρική του περιοχή.

Πειραματική διερεύνηση

Χρησιμοποιήσαμε ένα σωληνοειδές μήκους $\ell = 29\text{cm}$ και με ακτίνα σπειρών ίση με $R = 1,1\text{cm}$.



Στο πείραμα που μπορείτε να παρακολουθήσετε στο [βίντεο](#), το συγκεκριμένο σωληνοειδές διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα ενεργού έντασης περίπου 5A. Παίρνοντας μετρήσεις κατά μήκος του άξονα του σωληνοειδούς από το μέσον του μέχρι και έξω από αυτό καταγράφουμε τιμές της επαγωγικής τάσης που φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Πειραματικά δεδομένα

X (cm)	V (mV)	X (cm)	V (mV)	X (cm)	V (mV)	X (cm)	V (mV)
0,0	6,8	7,0	6,7	12,5	6,2	16,0	0,6
1,0	6,8	8,0	6,8	13,0	5,8	16,5	0,4
2,0	6,8	9,0	6,6	13,5	5,3	17,0	0,2
3,0	6,7	10,0	6,6	14,0	4,5	17,5	0,1
4,0	6,7	11,0	6,5	14,5	3,3	18,0	0,1
5,0	6,8	11,5	6,5	15,0	2,0	18,5	0,1
6,0	6,8	12,0	6,4	15,5	1,1		

Ζητούνται:

1. Να σχεδιάσετε σε χιλιοστομετρικό χαρτί τη γραφική παράσταση $V = f(x)$ για το διάστημα $-18,5\text{cm} \leq x \leq 18,5\text{cm}$, προσεγγίζοντας όσο το δυνατόν καλύτερα τα πειραματικά σημεία, λαμβάνοντας υπόψη ότι λόγω συμμετρίας ισχύει: $f(-x) = f(x)$ (μπορείτε να εκτυπώσετε την σχετική σελίδα στο τέλος του φύλλου εργασίας).
2. Επιβεβαιώνει η γραφική παράσταση τις προβλέψεις του θεωρητικού μοντέλου;
3. Να δώσετε τις απαραίτητες εξηγήσεις.

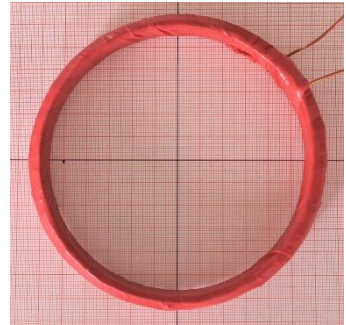
Β. Κατά μήκος μιας διαμέτρου ενός ρευματοφόρου κυκλικού πλαισίου

Στην περίπτωση κυκλικού ρεύματος η ένταση του παραγόμενου μαγνητικού πεδίου δίνεται από μια απλή σχέση μόνο στο κέντρο του κύκλου. Με τον αυτοσχέδιο αισθητήρα μπορούμε να διερευνήσουμε πως μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο πάνω σε μια διάμετρο του ρευματοφόρου πλαισίου.

Πειραματική διερεύνηση

Το κυκλικό πλαίσιο της φωτογραφίας αποτελείται από περίπου 50 σπείρες μονωμένου χάλκινου σύρματος και έχει μέση ακτίνα $R = 6\text{cm}$.

Στο [βίντεο](#) φαίνεται η διαδικασία λήψης μετρήσεων της έντασης του μαγνητικού πεδίου με τον αυτοσχέδιο αισθητήρα, ξεκινώντας από το κέντρο του και κατά μήκος μιας ακτίνας του και της προέκτασής της. Το πλαίσιο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και είναι τοποθετημένο στον πάγκο εργασίας πάνω σε μια σελίδα μιλλμετρικού χαρτιού για διευκόλυνση της διαδικασίας. Οι μετρήσεις φαίνονται στον Πίνακα 2.



Πίνακας 2 : Πειραματικά δεδομένα

r(cm)	V(mV)	r(cm)	V(mV)	r(cm)	V(mV)
0,0	5,4	6,7	7	12,5	0,3
0,5	5,5	7,0	5	13,0	0,3
1,0	5,6	7,5	3,2	13,5	0,2
1,5	5,8	8,0	2,2	14,0	0,2
2,0	5,9	8,5	1,6	14,5	0,2
2,5	6,3	9,0	1,3	15,0	0,2
3,0	6,8	9,5	1	15,5	0,1
3,5	7,4	10,0	0,8	16,0	0,1
4,0	8,4	10,5	0,7	16,5	0,1
4,5	10	11,0	0,5	17,0	0,1
5,0	12,9	11,5	0,5	17,5	0,1
5,5	--	12,0	0,4	18,0	0,1
6,0	--				

Ζητούνται:

1. Σχεδιάστε σε χιλιοστομετρικό χαρτί τη γραφική παράσταση $V = f(x)$ (μπορείτε να εκτυπώσετε την σχετική σελίδα στο τέλος του φύλλου εργασίας). Σχεδιάστε επίσης την καμπύλη που προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματικά σημεία.
2. Προσπαθήστε να δικαιολογήσετε ποιοτικά την μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου καθώς απομακρυνόμαστε από το κέντρο του πλαισίου προς την περιφέρεια.
3. Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου ενός συνεχούς ρεύματος πως μεταβάλλεται κατά μήκος μιας ακτίνας του πλαισίου και στην προέκτασή της.

