



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εργαστηριακή Άσκηση

Διακρίβωση μαγνητικού αισθητήρα Hall

Σπυρίδων Αγγελόπουλος

Αθήνα
2022

1. Θεωρητικό μέρος

1.1. Εισαγωγή

Τα μαγνητόμετρα αποτελούν όργανα μέτρησης του μέτρου, ή και της κατεύθυνσης ενός επιβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου. Η χρήση των μαγνητομέτρων είναι απαραίτητη σε πολλές εφαρμογές. Αυτές καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος, που περιλαμβάνει τις επιστήμες, τις μεταφορές και τη βιομηχανία. Τα χρησιμοποιούμενα μαγνητόμετρα πρέπει να προσφέρουν την επιθυμητή ακρίβεια και επαναληψιμότητα στις μετρήσεις. Συνεπώς, πρέπει να εκτελούνται διεργασίες συντήρησης και βαθμονόμησής τους. Αυτές προϋποθέτουν την ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού και τη χρήση ειδικών διατάξεων.

1.2. Διαδικασία Βαθμονόμησης

Η βαθμονόμηση ενός μαγνητικού αισθητήρα είναι δυνατή μέσω της επιβολής ενός μαγνητικού πεδίου γνωστής εντάσεως σε αυτόν. Προϋπόθεση για την ορθή βαθμονόμηση ενός μαγνητομέτρου είναι η εξάλειψη των εξωτερικώς επιβαλλόμενων μαγνητικών πεδίων, κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων. Αυτό μπορεί να γίνει εφικτό μέσω της χρήσης διατάξεων μαγνητικής θωράκισης, οι οποίες είναι ικανές να εξαλείψουν ή να αντισταθμίσουν το επιβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο.

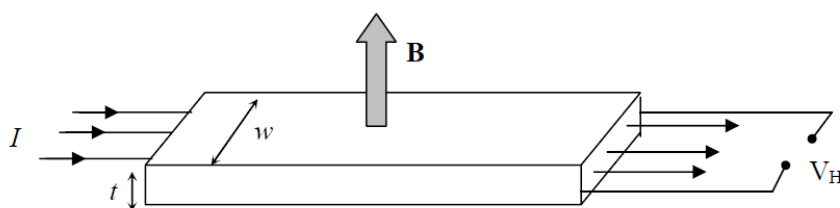
Η ελεγχόμενη επιβολή μαγνητικού πεδίου είναι εφικτή μέσω της χρήσης ενός σωληνοειδούς, στο μέσο του οποίου τοποθετείται το υπό εξέταση μαγνητόμετρο. Το σωληνοειδές, του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά, τροφοδοτείται με συνεχή τάση, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μαγνητικό πεδίο με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Λαμβάνοντας επαρκή αριθμό μετρήσεων, είναι δυνατή η δημιουργία της λεγόμενης καμπύλης βαθμονόμησης του αισθητήρα, η οποία εκφράζει την απόκρισή του για διάφορες τιμές έντασης μαγνητικού πεδίου.

1.3. Ο αισθητήρας Hall

Οι αισθητήρες Hall αποτελούν μια πολύ διαδεδομένη κατηγορία μαγνητικών αισθητήρων, λόγω της εύκολης χρήσης τους, του μικρού μεγέθους τους και του

χαμηλού κόστους τους. Χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως είναι τα αυτοκίνητα και τα κινητά τηλέφωνα.

Η λειτουργία του μαγνητικού αισθητήρα Hall βασίζεται στο ομώνυμο φαινόμενο. Βάσει αυτού, όταν ένα ρεύμα διαρρέει έναν αγωγό ή ημιαγωγό και ταυτοχρόνως στο υλικό εφαρμόζεται και ένα μαγνητικό πεδίο κάθετο στη διεύθυνση του ρεύματος, τότε κατά μήκος του υλικού εμφανίζεται μια τάση, η οποία είναι κάθετη τόσο στο ρεύμα, όσο και στο μαγνητικό πεδίο. Η τάση αυτή ονομάζεται τάση Hall (V_H).



Σχήμα 1: Αρχή λειτουργίας αισθητήρα Hall

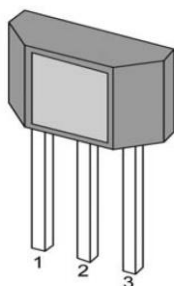
Η τάση Hall δίδεται από τον τύπο:

$$V_H = \frac{R_H \cdot I_x \cdot B_z}{t}$$

όπου:

- R_H ο λεγόμενος συντελεστής Hall
- I_x η ένταση του ρεύματος κατά τη διεύθυνση του άξονα x
- B_z το μαγνητικό πεδίο κατά τη διεύθυνση του άξονα z
- t το πάχος του ημιαγωγού

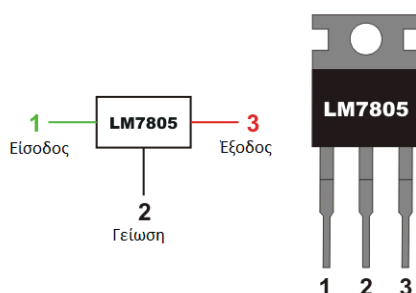
Παρακάτω δίδεται η συνδεσμολογία του αισθητήρα Hall (SS49E) που χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση.



- 1: Τροφοδοσία
- 2: Γείωση
- 3: Έξοδος

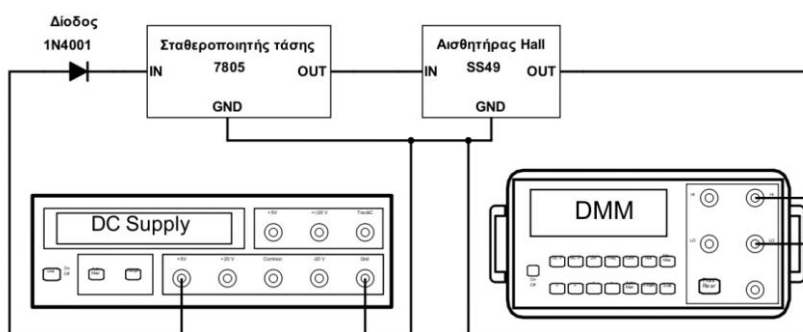
Σχήμα 2: Συνδεσμολογία του αισθητήρα Hall

Για την προστασία του αισθητήρα Hall από την τροφοδοσία με τάση εκτός των ασφαλών ορίων, στη διάταξη μέτρησης έχουν προστεθεί δύο στοιχεία: μία δίοδος (1N4001) και ένας σταθεροποιητής τάσης (LM7805).

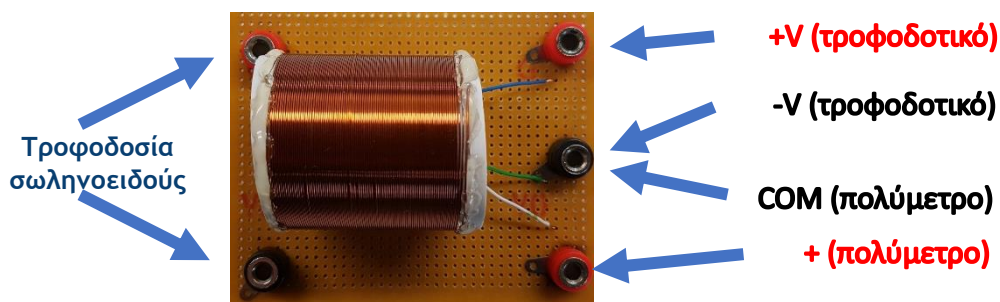


Σχήμα 3: Συνδεσμολογία του σταθεροποιητή τάσης LM7805.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η συνολική διάταξη:



Σχήμα 4: Συνολική διάταξη άσκησης.



Σχήμα 5: Σύνδεση της διάταξης.

2. Πειραματικό μέρος

2.1. Διεξαγωγή μετρήσεων

1. Μετρήστε την αντίσταση του σωληνοειδούς σας.
2. Συνδέστε τον αισθητήρα Hall με το τροφοδοτικό, σε κανάλι που μπορεί να παρέχει πάνω από 7 V (βλ. Σχήμα 5).

3. Συνδέστε τον αισθητήρα Hall με το πολύμετρο (βλ. Σχήμα 5).
4. Συνδέστε το σωληνοειδές σε ένα άλλο κανάλι του τροφοδοτικού, το οποίο μπορεί να παρέχει μεταβλητή τάση.
5. Επιλέξτε στο πολύμετρο τη μέτρηση συνεχούς τάσης (V_{DC}).
6. Επιβεβαιώστε ότι η τάση εξόδου του αισθητήρα Hall είναι περίπου ίση με **2.5 V**.
7. Μεταβάλετε την ένταση ρεύματος που παρέχεται στο σωληνοειδές από **2.6 A** έως **0** με βήμα **0.2 A** και για κάθε τιμή καταγράψτε την αντίστοιχη τάση εξόδου V_{out} του αισθητήρα Hall που εμφανίζεται στο πολύμετρο. *(Προσοχή: Αν αυξήσετε την τάση που παρέχεται στον αισθητήρα Hall, τότε αυτός θα καταστραφεί!)*
8. Αντιστρέψτε την πολικότητα στο κανάλι τροφοδοσίας του σωληνοειδούς. *(Προσοχή: Αν αντιστρέψετε την πολικότητα στο κανάλι τροφοδοσίας του αισθητήρα Hall, τότε αυτός θα καταστραφεί!)*
9. Μεταβάλετε την ένταση ρεύματος που παρέχεται στο σωληνοειδές από **0.2 A** έως **2.6 A** με βήμα **0.2 A** και για κάθε τιμή καταγράψτε την αντίστοιχη τάση εξόδου V_{out} του αισθητήρα Hall που εμφανίζεται στο πολύμετρο.

2.2. Επεξεργασία μετρήσεων

1. Για το σωληνοειδές που χρησιμοποιήσατε, δίνονται τα εξής χαρακτηριστικά:

Διάμετρος πυρήνα χαλκού d (mm)	Ακτίνα σωληνοειδούς r (mm)	Μήκος σωληνοειδούς L (mm)
0.4	22	38

Βάσει των παραπάνω χαρακτηριστικών, καθώς και της τιμής της αντίστασης που μετρήσατε, υπολογίστε το μήκος l του σύρματος του σωληνοειδούς.

2. Υπολογίστε τον αριθμό N των σπειρών του σωληνοειδούς, βάσει του τύπου $l = N \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$.
3. Για κάθε τιμή έντασης ρεύματος, υπολογίστε:

3.1. Την ένταση H του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς, βάσει του τύπου $H = \frac{N}{2 \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + r^2}} \cdot I$.

3.2. Τη μαγνητική επαγωγή B , βάσει του τύπου $B = \mu \cdot H$, όπου μ είναι η μαγνητική διαπερατότητα του αέρα (βρείτε βιβλιογραφικά την τιμή της).

4. Βάσει των παραπάνω τιμών, δημιουργήστε το διάγραμμα $V_{out}(B)$, δηλαδή την καμπύλη βαθμονόμησης του αισθητήρα Hall.
5. Υπολογίστε την κλίση της καμπύλης βαθμονόμησης.
6. Συγκρίνετε την κλίση της παραπάνω καμπύλης με την τυπική τιμή της, όπως αυτή δίνεται στο datasheet του αισθητήρα Hall.
7. Σε ποιους λόγους μπορεί να οφείλονται πιθανές αποκλίσεις;