

Μελέτη ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων με χρήση παλμογράφου

Βασικές έννοιες

Καθοδικός σωλήνας – Θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων – Διαμόρφωση ηλεκτρονικής δέσμης με σύστημα αντικαθόδων (ηλεκτρονικό κανόνι) – Κατακόρυφη και οριζόντια απόκλιση της ηλεκτρονικής δέσμης – Τάση σάρωσης (σκανδαλισμού) – Κυματομορφή – Κανάλια.

1) Ρυθμίσεις της ηλεκτρονικής δέσμης – μετρήσεις τάσης και χρόνου.

- a) Ρυθμίζω την ένταση και την εστίαση της ηλεκτρονικής δέσμης με τα κουμπιά intensity, focus.
- b) Επιλέγω ώστε να εμφανίζεται: 1) το ίχνος της δέσμης μόνο του ch1, 2) μόνο του ch2, 3) και των δύο καναλιών. Μετακινώ το ίχνος της δέσμης κάθε καναλιού κατακόρυφα και οριζόντια.
- c) Βγάζω εκτός την τάση σάρωσης και μετακινώ το ίχνος της ηλεκτρονικής δέσμης πάνω στην οθόνη.
- d) Συνδέω το σηματολήπτη στο probe adjust του παλμογράφου. Παρατηρώ το σήμα στην οθόνη. Ρυθμίζω τις κλίμακες χρόνου και τάσης. Μετρώ την τάση και τη συχνότητα της κυματομορφής. Συγκρίνω τις τιμές με εκείνες του κατασκευαστή.
- e) Συναρμολογώ ποτενσιομετρική διάταξη (σχήμα 1), χρησιμοποιώντας τη σταθερή τάση των 5Volt της γεννήτριας, ή μια μπαταρία. Συνδέω το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο του ποτενσιόμετρου (η γείωση του παλμογράφου συνδέεται με τη γείωση του τροφοδοτικού). Μετρώ την τάση εξόδου του ποτενσιόμετρου για διάφορες θέσεις του δρομέα.
- f) Συνδέω το κανάλι 2 του παλμογράφου στα άκρα πηνίου (πχ 300 σπειρών). Βγάζω εκτός της τάση σάρωσης. Πλησιάζω και απομακρύνω στο πηνίο, ραβδόμορφο μαγνήτη. Παρατηρώ την απόκλιση της ηλεκτρονικής δέσμης, που προκαλείται από την ΗΕΔ από επαγωγή, που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου.

2) Παρατήρηση κυματομορφών [Προσοχή: συνδέουμε τη γείωση του παλμογράφου με αυτή της γεννήτριας]

- a) Συνδέω την έξοδο signal out της 1ης γεννήτριας με το κανάλι 1. Παρατηρώ διαδοχικά όλες τις διαθέσιμες κυματομορφές της γεννήτριας. Ρυθμίζω τη συχνότητα της τάσης σάρωσης, ώστε κάθε κυματομορφή να σταθεροποιείται στην οθόνη του παλμογράφου (sweep mode: πατημένο το κουμπί auto – σταθεροποιώ με το κουμπί level).
- b) Ρυθμίζω τη γεννήτρια ώστε το σήμα εξόδου της να είναι αρμονικό, συχνότητας 16 kHz και πλάτους 10 Volt peak to peak. Μετρώ τη συχνότητα και το πλάτος, ρυθμίζοντας τα κουμπιά βαθμονόμησης τάσης και χρόνου του παλμογράφου.
- c) Συνδέω την έξοδο signal out της 2ης γεννήτριας με το κανάλι 2. Ρυθμίζω το σήμα εξόδου της σε πλάτος 10 Volt peak to peak και συχνότητα 16 KHz, περίπου. Ρυθμίζω τα κουμπιά ch1 και ch2, ώστε στην οθόνη να εμφανιστεί το άθροισμα των δύο κυματομορφών. Ρυθμίζω προσεκτικά το πλάτος και τη συχνότητα των δύο κυματομορφών, ώστε να προκύψουν διακροτήματα. [Εναλλακτικά, η παρατήρηση διακροτημάτων μπορεί να γίνει σε κύκλωμα δύο γεννητριών συνδεδεμένων παράλληλα μεταξύ τους και με αντιστάτη 100Ω]
- d) Συνδέω τις δύο γεννήτριες στα κανάλια 1 και 2 αντίστοιχα. Επιλέγω αρμονικές κυματομορφές. Βγάζω εκτός της τάση σάρωσης. Ρυθμίζω το πλάτος και τη συχνότητα κάθε κυματομορφής, ώστε το ίχνος της ηλεκτρονικής δέσμης να είναι κυκλικό.

3) Μελέτη της ταλάντωσης κυκλώματος R-L

- a) **Στόχος:** Μέτρηση του συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.
- b) **Απαιτούμενα όργανα:** 1) Πηνίο 300 σπειρών 2) Γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων με ενισχυτή 3) Πολύμετρο 4) Παλμογράφο 5) Καλώδια.
- c) Τοποθετώ τον επιλογέα του πολύμετρου στην περιοχή μέτρησης αντίστασης και μετρώ την αντίσταση (R_{π}) του πηνίου.

$$R_{\pi} = \text{___} \Omega$$

- d) Συνθέτω κύκλωμα (σχήμα 2) που περιλαμβάνει συνδεδεμένα στη σειρά: το πηνίο των 300 σπειρών, αμπερόμετρο AC (πολύμετρο με τον επιλογέα στη θέση 2A AC), τη γεννήτρια (η σύνδεση της γεννήτριας γίνεται στην έξοδο power out: προσοχή: πρέπει να είναι πατημένο το κουμπί power out). Συνδέω το σηματολήπτη του παλμογράφου στα άκρα του πηνίου (προσοχή: η γείωση του παλμογράφου να συνδεθεί με τη γείωση της γεννήτριας).
- e) Για να μετρήσω το συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου πρέπει να μετρήσω την εμπέδηση του πηνίου και τη συχνότητα της τάσης της γεννήτριας. Με τον παλμογράφο μετρώ τη συχνότητα και το πλάτος της τάσης που εφαρμόζω στο πηνίο. Με το αμπερόμετρο μετρώ την ενεργό ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και απ' αυτήν υπολογίζω το πλάτος του ρεύματος. Ρυθμίζω τη γεννήτρια ώστε το κύκλωμα να τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση συχνότητας $\geq 2\text{KHz}$ και πλάτους 6 έως 10 Volt p-p.

$$I_{\text{ev}} = \text{___} \text{A}$$

$$I_0 = \text{___} \text{A}$$

$$V_0 = \text{___} \text{ Volt}$$

$$T = \text{___} \text{ s}$$

$$f = \text{___} \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = \text{___} \text{ Hz}$$

Ισχύει η σχέση:

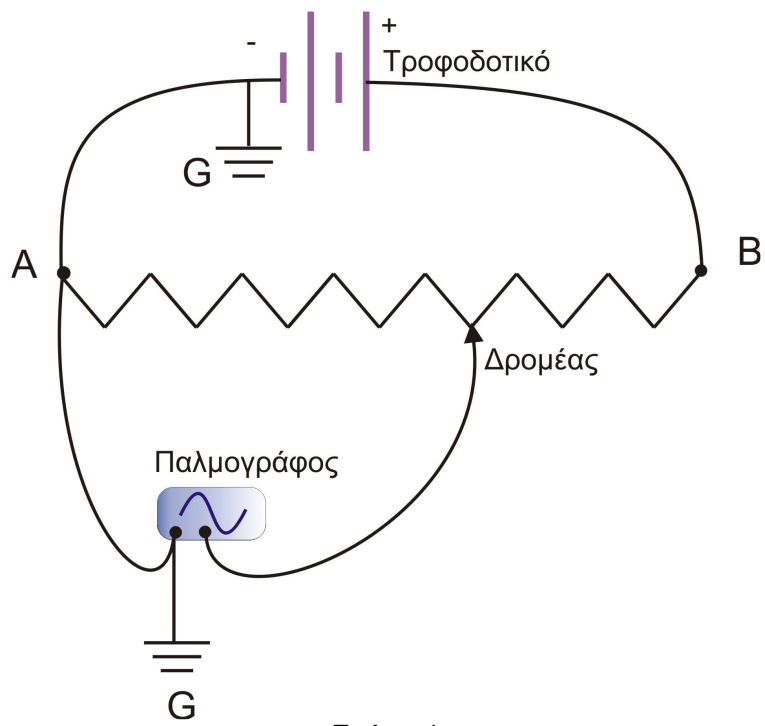
$$R_{\pi}^2 + L^2\omega^2 = \frac{V_0^2}{I_0^2} \quad (1)$$

Ένα πηνίο σχολικού εργαστηρίου έχει συντελεστή αυτεπαγωγής της τάξης των 2mH. Για συχνότητα $f=3\text{KHz}$, ο όρος $L^2\omega^2$ στη σχέση (1) έχει τάξη μεγέθους $\approx 1,4 \times 10^3 \Omega$. Η αντίσταση του πηνίου είναι της τάξης των 2~3 Ω . Επομένως, για συχνότητες $f \geq 2\text{KHz}$, ισχύει $R_{\pi}^2 \ll L^2\omega^2$ και ο συντελεστής αυτεπαγωγής L, μπορεί να υπολογιστεί από την προσεγγιστική σχέση:

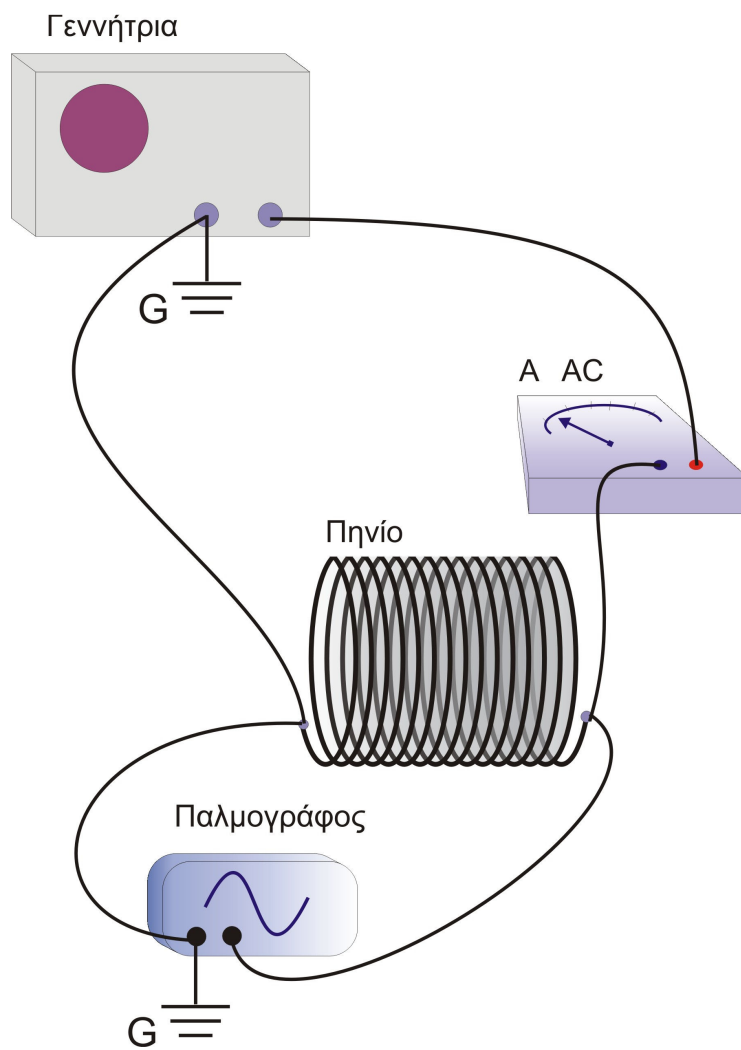
$$L \cong \frac{V_0}{\omega I_0} \quad (2)$$

$$L = \text{___} \text{ mH}$$

- f) Συγκρίνω την πειραματική τιμή του L, με εκείνη του κατασκευαστή.
- g) Αυξάνω σταδιακά τη συχνότητα της γεννήτριας και διατηρώντας το πλάτος της τάσης σταθερό, παρατηρώ τη μεταβολή της ενεργού τιμής του ρεύματος. Για συχνότητες μεγαλύτερες των 2KHz, ελέγχω αν τα δύο μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα, όπως προβλέπει η προσεγγιστική σχέση (2).



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Ενδεικτικές μετρήσεις

ΕΚΦΕ Αχαρνών

ΠΗΝΙΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ, 1200 σπειρών, με $R=6\Omega$ και

Συντελεστή Αυτεπαγωγής $L=14\text{ mH}$

$$V_{p-p} = 5\text{Volt}$$

$$V_0 = 2,5\text{V}$$

$$I_{\text{εν.}} = 0,009\text{A}$$

$$I_0 = I_{\text{εν.}} \cdot \sqrt{2} = 0,0127(\text{A})$$

$$Z = \frac{V_0}{I_0} = \frac{2,5}{0,0127} = 196,85\Omega$$

$$T = 0,2 \left(\frac{\text{ms}}{\text{Div}} \right) \cdot 2,4\text{Div} = 0,48 \cdot 10^{-3}\text{sec}$$

$$f = \frac{1}{T} = 2,083 \cdot 10^3\text{Hz}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = 13,083 \cdot 10^3\text{Hz}$$

$$L \approx \frac{V_0}{\omega \cdot I_0} \Leftrightarrow L = \frac{196,85}{13,083} \left(\frac{\text{Volt}}{\text{A}} \cdot \text{sec} \right) = 15,05\text{mH}$$

$$\sigma\% = \frac{|L_{\text{κατασκ.}} - L_{\text{πειρ.}}|}{L_{\text{κατασκ.}}} \% = \frac{1,05}{14} \% = 7,5\%$$