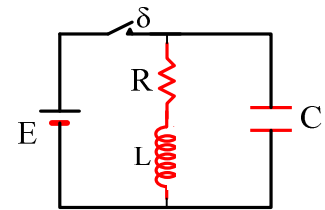


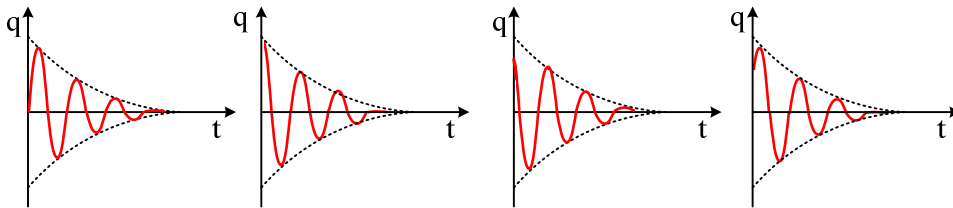
### Πόση είναι η αρχική ενέργεια ταλάντωσης;

Δίνεται το κύκλωμα του σχήματος, όπου ο διακόπτης είναι κλειστός για μεγάλο χρονικό διάστημα και η πηγή διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης. Δίνεται  $E=20\text{V}$ ,  $R=4\Omega$  και  $C=5\mu\text{F}$ , ενώ το ιδανικό πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής  $L=4\cdot 10^{-4}\text{H}$



Σε μια στιγμή, την οποία θεωρούμε  $t=0$  ανοίγουμε το διακόπτη  $\delta$ .

- i) Αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη (για  $t=0^+$ ), να βρεθούν:
  - α) Η ενέργεια της ταλάντωσης
  - β) Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.
  - γ) Ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας του πυκνωτή και του πηνίου.
- ii) Μετά από λίγο, τη στιγμή  $t_1$ , το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα, η ένταση του οποίου παίρνει στιγμιαία τη μέγιστη τιμή της  $I_1=4\text{A}$ . Πόση θερμότητα έχει παραχθεί πάνω στον αντιστάτη από το άνοιγμα του διακόπτη, μέχρι τη στιγμή  $t_1$ ;
- iii) Ποια από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις παριστά το φορτίο του πυκνωτή (το φορτίο του πάνω οπλισμού, τον οποίο λαμβάνουμε σαν οπλισμό αναφοράς) σε συνάρτηση με το χρόνο;



#### Απάντηση:

Με το διακόπτη κλειστό, το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης:

$$i = \frac{E}{R} = \frac{20\text{V}}{4\Omega} = 5\text{A}$$

οπότε δεν εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή στο πηνίο, ενώ ο πυκνωτής είναι φορτισμένος έχοντας φορτίο  $q=CV=CE=5\cdot 10^{-6}\cdot 20\text{C}=10^{-4}\text{C}$ .

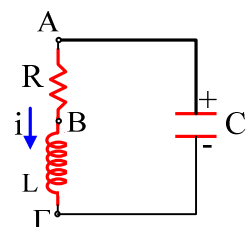
- i) Μόλις ανοίξουμε το διακόπτη  $\delta$ , το πηνίο θα συνεχίσει, λόγω αυτεπαγωγής να διαρρέεται από ρεύμα, της ίδιας φοράς και με αρχική τιμή  $i=5\text{A}$ , με αποτέλεσμα να μειώνεται το φορτίο του πυκνωτή (ο πυκνωτής εκφορτίζεται).

α) Η αρχική ενέργεια ταλάντωσης είναι:

$$E = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \frac{10^{-8}}{5 \cdot 10^{-6}} \text{J} + \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-4} \cdot 5^2 \text{J} = 6 \cdot 10^{-3} \text{J}$$

- β) Η τάση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι  $V_{\text{AT}}=q/C=E=20\text{V}$ , ενώ  $V_{\text{AB}}=i\cdot R=20\text{V}$ , κατά συνέπεια  $V_{\text{BT}}=0$ , δηλαδή αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη δεν έχει αναπτυχθεί «ακόμη» ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο. Αλλά τότε:

$$E_{\text{avt}} = -L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{di}{dt} = 0$$



γ) Ο πυκνωτής εκφορτίζεται συνεπώς ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειάς του είναι:

$$\frac{dU_E}{dt} = -V_c \cdot i = -20 \cdot 5 \text{ J/s} = -100 \text{ J/s}$$

Ενώ ο αντίστοιχος ρυθμός μεταβολής της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι:

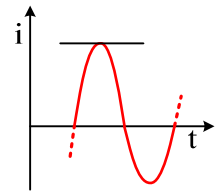
$$\frac{dU_B}{dt} = V_{BF} \cdot i = 0$$

Πράγματι τη στιγμή αυτή πάνω στον αντιστάτη παράγεται θερμότητα με ρυθμό:

$$P = i^2 \cdot R = 5^2 \cdot 4 \text{ W} = 100 \text{ W}$$

όση είναι και η μείωση της ενέργειας του πυκνωτή.

ii) Τη χρονική στιγμή  $t_1$  η ένταση του ρεύματος παίρνει τη μέγιστη (τοπικά) τιμή της, συνεπώς ο ρυθμός μεταβολής της έντασης είναι μηδενικός. Δείτε το διπλανό σχήμα. Τη στιγμή που η ένταση γίνεται μέγιστη, η κλίση της γραφικής παράστασης είναι μηδενική. Αλλά τότε μηδενική είναι και η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο, άρα  $V_{BF}=0$  και  $|V_{AB}| = |V_{AF}|^* = V_c = i_1 \cdot R = 16 \text{ V}$ .



Συνεπώς ο πυκνωτής έχει φορτίο  $|q_1| = C \cdot V_c = 8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  και ενέργεια:

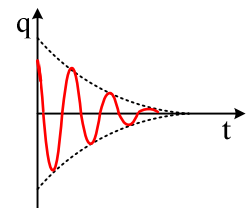
$$U_E = \frac{1}{2} \frac{q_1^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{64 \cdot 10^{-10}}{5 \cdot 10^{-6}} \text{ J} = 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

Ενώ το πηνίο έχει ενέργεια  $U_B = \frac{1}{2} L i_1^2 = \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-4} \cdot 16 \text{ J} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

Από την διατήρηση της ενέργειας λοιπόν θα πάρουμε ότι πάνω στον αντιστάτη θα έχει παραχθεί θερμότητα ίση με την απώλεια της ενέργειας ταλάντωσης:

$$Q_\theta = E_{\text{αρχ}} - E_{\text{τελ}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ J} - (6,4 \cdot 10^{-5} + 3,2 \cdot 10^{-3}) \text{ J} = 2,736 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

iii) Σωστό είναι το τρίτο διάγραμμα. Το αρχικό φορτίο του πάνω οπλισμού του πυκνωτή είναι θετικό και αρχίζει να μειώνεται αφού ο πυκνωτής αρχίζει να εκφορτίζεται. Αλλά η εκφόρτιση αυτή δεν ξεκινά από μέγιστη τιμή φορτίου, αφού για  $t=0$  το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα.



### Σχόλιο:

Τη στιγμή που  $i=+4 \text{ A}$ , το ρεύμα έχει αντίθετη φορά από αυτή που έχει σχεδιαστεί στο κύκλωμα, συνεπώς  $V_{AB} = -16 \text{ V}$  και ο πυκνωτής έχει τον πάνω οπλισμό με αρνητικό φορτίο, δηλαδή το φορτίο του οπλισμού αναφοράς μας θα είναι  $q_1 = -8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

### Υλικό Φυσικής - Χημείας.

Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια

Διονύσης Μάργαρης