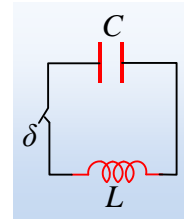


Οπλισμός πυκνωτή με αρνητικό φορτίο.

Στο ιδανικό κύκλωμα LC του σχήματος, δίνονται ότι $C=10\mu\text{F}$ και $L=4\text{mH}$. Ο πυκνωτής είχε φορτιστεί με φορτίο $Q=40\mu\text{C}$ και εκτελεί αμείωτη ηλεκτρική ταλάντωση. Δεχόμαστε $t=0$ τη στιγμή που $q=-20\mu\text{C}$ και $i>0$. Να βρεθούν:

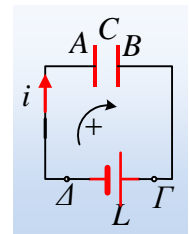


- i) Οι εξισώσεις του φορτίου του πυκνωτή και της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με το χρόνο.
- ii) Η τάση του πυκνωτή V_c και η τάση του πηνίου V_L , όπως και η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο τη στιγμή $t=0$.
- iii) Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος την παραπάνω χρονική στιγμή.
- iv) Η ισχύς του πυκνωτή και η ισχύς του πηνίου.

Απάντηση:

Τι σημαίνει ότι το φορτίο του πυκνωτή είναι αρνητικό; Ότι τη στιγμή $t=0$, το φορτίο του οπλισμού αναφοράς μας είναι αρνητικό. Αλλά ποιος είναι αυτός;

A) Έστω ότι είναι ο οπλισμός A, του διπλανού σχήματος. Τότε η θετική φορά διαγραφής είναι αυτή από τον οπλισμό A προς το B και η θετική ένταση του ρεύματος, σημαίνει ρεύμα με φορά προς τον οπλισμό A.



i) Αλλά τότε έχουμε, σε αντιστοιχία με τις μηχανικές ταλαντώσεις, τις εξισώσεις:

$$q=Q\cdot\eta\mu(\omega t+\varphi_0) \quad (1) \quad \text{και} \quad i=I\cdot\sigma\upsilon\nu(\omega t+\varphi_0) \quad (2)$$

$$\text{όπου} \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{4\cdot 10^{-3} \cdot 10\cdot 10^{-6}}} \text{ rad/s} = 5.000 \text{ rad/s} \quad \text{και}$$

$$I=\omega Q=5\cdot 10^3\cdot 40\cdot 10^{-6} \text{ A}=0,2 \text{ A}$$

Για $t=0$ με αντικατάσταση στην (1) παίρνουμε:

$$-20\cdot 10^{-6}=40\cdot 10^{-6}\cdot\eta\mu\varphi_0 \rightarrow \eta\mu\varphi_0 = -\frac{1}{2} \quad \text{οπότε:}$$

$$\varphi_0 = \pi + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6} \text{ rad} \quad \text{ή} \quad \varphi_0 = 2\pi - \frac{\pi}{6} = \frac{11\pi}{6} \text{ rad}$$

Αλλά τότε:

$$i=I\cdot\sigma\upsilon\nu\frac{7\pi}{6} < 0 \quad \text{απορ. ή} \quad i=I\cdot\sigma\upsilon\nu\frac{11\pi}{6} > 0 \quad \text{δεκτή λύση, οπότε:}$$

$$q = 4\cdot 10^{-5}\eta\mu\left(5.000t + \frac{11\pi}{6}\right) \quad \text{και} \quad i = 0,2\sigma\upsilon\nu\left(5.000t + \frac{11\pi}{6}\right) \quad (\text{μονάδες στο S.I.})$$

ii) Από τη στιγμή που έχουμε πάρει οπλισμό αναφοράς τον οπλισμό A, η τάση του πυκνωτή είναι η

$$\text{διαφορά δυναμικού} \quad V_c=V_A-V_B = \frac{q}{C} = \frac{-20\cdot 10^{-6}}{10\cdot 10^{-6}} = -2\text{V}.$$

Αντίστοιχα λέγοντας τάση πηνίου (με βάση τη φορά διαγραφής) είναι η τάση $V_{\Gamma\Delta}=+2\text{V}$, ενώ η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο είναι ίση με $E_{\text{αυτ}}=-2\text{V}$, αφού τείνει να δώσει ρεύμα αρ-

νητικής φοράς στο κύκλωμα.

iii) Από την εξίσωση της $E_{av\tau}$ παίρνουμε:

$$E_{av\tau} = -L \frac{di}{dt} \rightarrow$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{E_{av\tau}}{L} = -\frac{-2}{4 \cdot 10^{-3}} \text{ A/s} = +500 \text{ A/s}$$

iv) Τη στιγμή $t=0$, με βάση τα παραπάνω ο πυκνωτής εκφορτίζεται, οπότε παρέχει ενέργεια στο κύκλωμα με ρυθμό:

$$P_c = |V_c| \cdot i = 4 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

Αντίστοιχα το πηνίο λειτουργεί ως αποδέκτης απορροφώντας ενέργεια με ρυθμό:

$$P_L = |V_L| \cdot i = 4 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

Αν θέλαμε να τα θέσουμε «κάτω από την ίδια ομπρέλα» :

Η ισχύς την οποία αποδίδει το ηλεκτρικό ρεύμα στον πυκνωτή (η ισχύς του πυκνωτή), είναι:

$$P_c = V_c \cdot i = -2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ W} = -4 \text{ mW}$$

Και η αντίστοιχη ισχύς στο πηνίο:

$$P_L = |V_L| \cdot i = 4 \cdot \text{mW}$$

Όπου θετική ισχύς σημαίνει ότι το ρεύμα παρέχει ενέργεια και αρνητική ότι παίρνει ενέργεια από το αντίστοιχο τμήμα του κυκλώματος, εδώ τον πυκνωτή.

A) Έστω ότι οπλισμός αναφοράς είναι τώρα ο οπλισμός B, του διπλανού σχήματος. Τότε η θετική φορά διαγραφής είναι αυτή από τον οπλισμό B προς τον A και η θετική ένταση του ρεύματος, σημαίνει ρεύμα με φορά προς τον οπλισμό B.

v) Αλλά τότε έχουμε, σε αντιστοιχία με τις μηχανικές ταλαντώσεις, τις εξισώσεις:

$$q = Q \cdot \eta \mu(\omega t + \varphi_0) \quad (1) \quad \text{και} \quad i = I \cdot \sigma \nu \nu(\omega t + \varphi_0) \quad (2)$$

Για $t=0$ με αντικατάσταση στην (1) παίρνουμε:

$$-20 \cdot 10^{-6} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot \eta \mu \varphi_0 \rightarrow \eta \mu \varphi_0 = -\frac{1}{2} \text{ οπότε:}$$

$$\varphi_0 = \pi + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6} \text{ rad} \quad \text{ή} \quad \varphi_0 = 2\pi - \frac{\pi}{6} = \frac{11\pi}{6} \text{ rad}$$

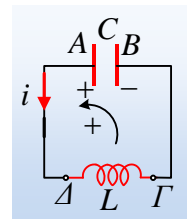
Αλλά τότε:

$$i = I \cdot \sigma \nu \nu \frac{7\pi}{6} < 0 \text{ απορ. ή } i = I \cdot \sigma \nu \nu \frac{11\pi}{6} > 0 \text{ δεκτή λύση, οπότε:}$$

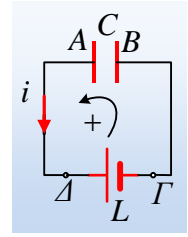
$$q = 4 \cdot 10^{-5} \eta \mu \left(5.000t + \frac{11\pi}{6} \right) \quad \text{και} \quad i = 0,2 \sigma \nu \nu \left(5.000t + \frac{11\pi}{6} \right) \quad (\text{μονάδες στο S.I.)}$$

ii) Από τη στιγμή που έχουμε πάρει οπλισμό αναφοράς τον οπλισμό B, η τάση του πυκνωτή είναι η δια-

$$\text{φορά δυναμικού } V_c = V_B - V_A = \frac{q}{C} = \frac{-20 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-6}} = -2V .$$



Αντίστοιχα λέγοντας τάση πηνίου (με βάση τη φορά διαγραφής) είναι η τάση $V_{\Delta\Gamma}=+2V$, ενώ η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο είναι ίση με $E_{\text{αυτ}}=-2V$, αφού τείνει να δώσει ρεύμα αρνητικής φοράς στο κύκλωμα.



Συμπέρασμα:

Δεν αλλάζει τίποτα στο τελικό αποτέλεσμα, αλλάζοντας σπλισμό αναφοράς, αρκεί να συνειδητοποιούμε ότι ανάλογα με τον σπλισμό που θα πάρουμε, θα οριστεί διαφορετικά και η θετική φορά διαγραφής. Και αυτό ανεξάρτητα από το τι φορτίο θα έχει ο σπλισμός αναφοράς μας τη στιγμή $t=0$. Το πρόσημο και η τιμή του φορτίου θα καθορίσει απλά την αρχική φάση.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιάζεις πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης