

ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

2^ο ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7) - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

A1α. β A1β. δ

A2α. α A2β. δ

A3α. γ A3β. γ

A4α. α A4β. δ

A5. Λ, Λ, Σ, Σ, Λ

ΘΕΜΑ Β

B1. Σωστή απάντηση είναι η (β).

Όταν ο διακόπτης δ κλείνει, στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται $E_{\text{ΑΥΤ}}$ τέτοιας πολικότητας, ώστε αυτό να αντιδρά στην αύξηση της τιμής της έντασης του ρεύματος, η οποία ξεκινώντας από την τιμή $i=0$ σταδιακά αυξάνεται για να πάρει τη μέγιστη τιμή της $I = \frac{E}{R}$.

Ο 2^{ος} κανόνας Kirchhoff κατά τη διάρκεια του φαινομένου γράφεται

$$E - |E_{\text{ΑΥΤ}}| - iR = 0 \Rightarrow |E_{\text{ΑΥΤ}}| = E - iR \quad (1)$$

Η σχέση (1) ως προς i είναι μια εξίσωση πρώτου βαθμού με αρνητική κλίση. Επομένως η ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή ξεκινώντας από μια μέγιστη τιμή μειώνεται καθώς η ένταση i αυξάνεται.

Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου στο πηνίο είναι ανάλογη του τετραγώνου της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, $U = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$, οπότε κατά τη διάρκεια του φαινομένου, αυξάνεται και αυτή.

B2. Σωστή απάντηση είναι η (α).

Το κλειστό ορθογώνιο πλαίσιο που σχηματίζουν οι αγωγοί έχει σταθερό πλάτος που είναι ίσο με $l-d$ και το μήκος του διαρκώς ελαττώνεται, άρα το εμβαδόν του διαρκώς ελαττώνεται. Εάν υποθέσουμε ότι την χρονική στιγμή $t_0 = 0$ η απόσταση μεταξύ των αγωγών ΚΛ και ΛΜ είναι x_0 τότε τη χρονική στιγμή t το μήκος δίνεται από τη σχέση $x = x_0 - (v_1 - v_2) \cdot t$

Οπότε το εμβαδόν του πλαισίου θα είναι $A = (l-d) \cdot x$ και η μαγνητική ροή του

$$\Phi = B \cdot A = B \cdot (l-d) \cdot x \Rightarrow \Phi = B \cdot (l-d) \cdot x_0 - B \cdot (l-d) \cdot (v_1 - v_2) \cdot t$$

Σύμφωνα με το νόμο του Faraday στο πλαίσιο θα αναπτυχθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγική

$$E_{\text{ΕΠ}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow E_{\text{ΕΠ}} = B \cdot (l-d) \cdot (v_1 - v_2)$$

B3. Σωστή απάντηση είναι η (α).

Στην περίπτωση που οι δύο αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι σε σειρά διαρρέονται από το ίδιο εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η ενεργός τιμή είναι $I_{\text{εν}}$. Οι αντιστάτες παράγουν θερμότητα με μέσο ρυθμό $P_1 = I_{\text{εν}}^2 R_1$ και $P_2 = I_{\text{εν}}^2 R_2$ αντίστοιχα, και ο λόγος των μέσων ισχύων είναι:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

Στην περίπτωση που οι δύο αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα έχουν στα άκρα τους την ίδια εναλλασσόμενη τάση της οποίας η ενεργός τιμή είναι $V_{\text{εν}}$. Οι αντιστάτες παράγουν θερμότητα με ρυθμό $P'_1 = V_{\text{εν}}^2 / R_1$ και $P'_2 = V_{\text{εν}}^2 / R_2$ αντίστοιχα, και ο λόγος των μέσων ισχύων είναι:

$$\frac{P'_1}{P'_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$

Πολλαπλασιάζοντας κατά μέλη τις (1) και (2) έχουμε: $\frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{P'_1}{P'_2} = 1$

B4. Σωστή απάντηση η (γ).

Από το νόμο του Faraday η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στα άκρα του κυκλικού αγωγού, κατ' απόλυτη τιμή, είναι: $E_{\text{επ}} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$ (1), όπου $\Phi = \pi r_1^2 \cdot B$ (2) είναι η μαγνητική ροή που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό και $B = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I$ (3) είναι η ένταση του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το σωληνοειδές στο κέντρο του.

Αντικαθιστώντας την (3) στην (2) και το αποτέλεσμα της αντικατάστασης στην (1) έχουμε:

$$E_{\text{επ}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \pi r_1^2 \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow E_{\text{επ}} = \pi r_1^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Σύμφωνα με την εκφώνηση η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές αυξάνεται με σταθερό ρυθμό $a \frac{A}{s}$, άρα η τελευταία σχέση γίνεται $E_{\text{επ}} = \frac{\pi r_1^2 \cdot \mu_0 \cdot N}{l} \cdot a$.

Συνοψίζοντας, η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στα άκρα του κυκλικού αγωγού είναι σταθερή και ανεξάρτητη από το εμβαδόν του κυκλικού αγωγού.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Λόγω του φαινομένου της αυτεπαγωγής, στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη που διατηρεί για λίγο χρόνο ρεύμα ίδιας φοράς με το αρχικό ρεύμα. Επομένως, το πηνίο λειτουργεί ως πηγή στο κύκλωμα, μετατρέπει την αποθηκευμένη ενέργεια μαγνητικού πεδίου σταδιακά σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία από τον αντιστάτη του κυκλώματος μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια που αποβάλλεται στο περιβάλλον.

Γ2. Επειδή η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα μεταβάλλεται διαρκώς, ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας στο πηνίο δεν έχει σταθερή τιμή.

Ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου είναι η ισχύς του πηνίου και για τον υπολογισμό της θα πρέπει να γνωρίζουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο και την ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή.

Εφαρμόζουμε τον 2^ο κανόνα του Kirchhoff στον κλειστό βρόχο του κυκλώματος:

$$|E_{AYT}| - i \cdot R = 0 \Rightarrow |E_{AYT}| = i \cdot R \quad (1)$$

Τη χρονική στιγμή $t = 0$, η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι $i = I_0 = \frac{E}{R} = 5 \text{ A}$, οπότε η E_{AYT} στα άκρα του πηνίου λόγω της σχέσης (1) έχει τιμή:

$$|E_{AYT}| = i \cdot R = 5 \text{ A} \cdot 20 \Omega \Rightarrow |E_{AYT}| = 100 \text{ V}$$

Επειδή η ενέργεια του πηνίου μειώνεται, ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας $\frac{dU_L}{dt}$ στο πηνίο είναι αρνητικός.

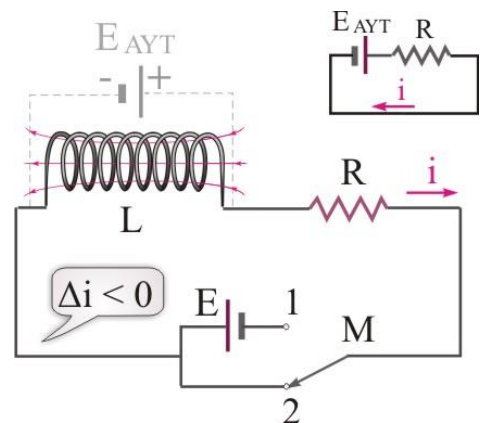
$$\frac{dU_L}{dt} = P_L = E_{AYT} \cdot i = -100 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} \Rightarrow \frac{dU_L}{dt} = -500 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Γ3. Από τη σχέση (1) με αντικατάσταση του $E_{AYT} = -L \frac{di}{dt}$ παίρνουμε

$$-L \frac{di}{dt} = iR \Rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{iR}{L} \quad (2)$$

Από το ρυθμό παραγωγής θερμότητας, $\frac{dQ}{dt}$, στον αντιστάτη προκύπτει

$$\frac{dQ}{dt} = P_R = i^2 R \Rightarrow i = \sqrt{\frac{P_R}{R}} = \sqrt{\frac{125 \frac{\text{J}}{\text{s}}}{20 \Omega}} \Rightarrow i = 2,5 \text{ A}.$$



Με αντικατάσταση στη σχέση (2) παίρνουμε

$$\frac{di}{dt} = -\frac{2,5A \cdot 20\Omega}{0,1H} \Rightarrow \frac{di}{dt} = -500A/s$$

Γ4. Τη χρονική στιγμή που ο μεταγωγός Μ μεταφέρεται ακαριαία στη θέση (2), η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι $i = I_0 = \frac{E}{R} = 5A$, οπότε η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι:

$$U_0 = \frac{1}{2}LI_0^2 = \frac{1}{2}0,1H \cdot (5A)^2 \Rightarrow U_0 = 1,25J$$

Όταν η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα είναι $i = \frac{I_0}{5} = 1A$, η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι:

$$U_1 = \frac{1}{2}L\left(\frac{I_0}{5}\right)^2 = \frac{1}{2}0,1H \cdot (1A)^2 \Rightarrow U_1 = 0,05J$$

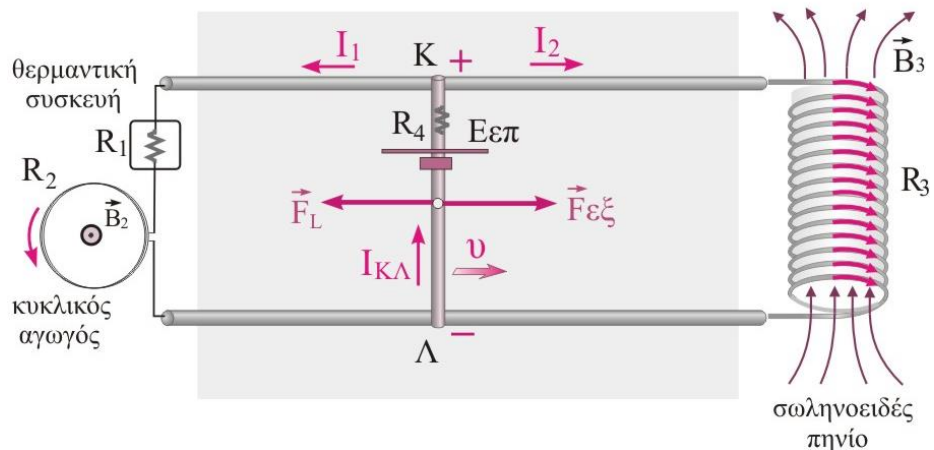
Το πηνίο είναι ιδανικό, οπότε η μείωση της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου μετατρέπεται σε θερμότητα μόνο στον αντιστάτη R. Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας υπολογίζεται η ζητούμενη θερμότητα:

$$U_0 = Q + U_1 \Rightarrow Q = U_0 - U_1 = 1,25J - 0,05J \Rightarrow Q = 1,2J$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. $P_{\kappa} = V_{\kappa}I_{\kappa} \Rightarrow I_{\kappa} = P_{\kappa}/V_{\kappa} = 2A$ και από το νόμο του Ohm για αντιστάτες $R_1 = V_{\kappa}/I_{\kappa} = 5\Omega$.

Δ2. Η προς τα δεξιά κινούμενη ράβδος μέσα στο ομογενές μαγνητικό πεδίο προκαλεί μεταβολή μαγνητικής ροής στα δημιουργούμενα πλαίσια και δημιουργεί στα άκρα της ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή η οποία προκύπτει ίση με $E_{στ} = Bvl = 6V$. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το επαγωγικό ρεύμα θα έχει φορά από το Λ προς το Κ, δηλαδή ο θετικός πόλος της ράβδου θα είναι στο σημείο της Κ.



Από το νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα, η ράβδος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα με ένταση:

$$I_{\kappa\lambda} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{\left[\frac{(R_1 + R_2) // R_3}{6+3}\right] + R_4} = \frac{6V}{\left[\frac{6 \cdot 3}{6+3}\right] \Omega + 0,5\Omega} \Rightarrow I_{\kappa\lambda} = \frac{6V}{(2+0,5)\Omega} \Rightarrow I_{\kappa\lambda} = 2,4 \text{ A}$$

Η δύναμη Laplace που ασκείται στη ράβδο, σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων έχει οριζόντια διεύθυνση και φορά προς τα αριστερά. Το μέτρο της είναι: $F_L = BI_{\kappa\lambda}l = 4,8 \text{ N}$

Η απαραίτητη εξωτερική δύναμη ώστε η ράβδος να κινείται με σταθερή ταχύτητα είναι αντίθετη της δύναμης Laplace, δηλαδή έχει φορά προς τα δεξιά και μέτρο $F_{\varepsilon\xi} = 4,8 \text{ N}$.

Δ3. Η πολική τάση στα άκρα της ράβδου είναι:

$$V_{\kappa\lambda} = E_{\varepsilon\pi} - I_{\kappa\lambda}R_4 = 6V - (2,4A) \cdot (0,5\Omega) \Rightarrow V_{\kappa\lambda} = 4,8 \text{ V}$$

και το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τη θερμαντική συσκευή είναι

$$I_1 = \frac{V_{\kappa\lambda}}{R_1 + R_2} = \frac{4,8V}{6\Omega} \Rightarrow I_1 = 0,8 \text{ A}.$$

Η θερμαντική συσκευή υπολειτουργεί.

Για να λειτουργεί κανονικά θα πρέπει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_{\kappa} = 2 \text{ A}$ πράγμα που θα απαιτούσε πολική τάση στα άκρα της ράβδου ίση με

$$2 \text{ A} = \frac{V'_{\kappa\lambda}}{R_1 + R_2} \Rightarrow V'_{\kappa\lambda} = 12 \text{ V}.$$

Με αυτήν την πολική τάση το σωληνοειδές διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης

$$I_3 = \frac{V'_{\kappa\lambda}}{R_3} = \frac{12V}{3\Omega} \Rightarrow I_3 = 4 \text{ A}.$$

Επομένως το ηλεκτρικό ρεύμα που έπρεπε να διαρρέει τη ράβδο θα έπρεπε να έχει φορά από το Λ προς το Κ και ένταση $I'_{\kappa\lambda} = 2 + 4 = 6 \text{ A}$.

Με το ρεύμα αυτό η δύναμη Laplace που θα ασκείται στη ράβδο θα έχει μέτρο: $F'_L = BI'_{\kappa\lambda}l = (2T) \cdot (6A) \cdot (1m) \Rightarrow F'_L = 12 \text{ N}$.

Έτσι η εξωτερική δύναμη θα έπρεπε από $4,8 \text{ N}$ να αυξηθεί σε 12 N πράγμα που αντιστοιχεί σε ποσοστιαία αύξηση:

$$\pi\% = \frac{12 - 4,8}{4,8} \cdot 100\% = \frac{7,2}{4,8} \cdot 100\% \Rightarrow \pi\% = 150\%$$

Δ4. Ο κλάδος με την θερμαντική συσκευή και ο κλάδος με το σωληνοειδές έχουν στα άκρα τους την ίδια διαφορά δυναμικού $V_{\text{κλ}}$. Αν I_1 είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο με τη θερμαντική συσκευή και I_3 είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο με το σωληνοειδές θα ισχύει:

$$V_{\text{κλ}} = I_1 \cdot (R_1 + R_2) = I_3 \cdot R_3 \Rightarrow I_1/I_3 = 1/2$$

Στο κέντρο του κυκλικού αγωγού η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει μέτρο: $B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I_1}{a} N_2$

Στο κέντρο του σωληνοειδούς η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει μέτρο: $B_3 = \mu_0 \frac{N_3}{l} I_3$

Ο λόγος των δύο εντάσεων θα είναι:
$$\frac{B_2}{B_3} = \frac{\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I_1}{a} N_2}{\mu_0 \frac{N_3}{l} I_3} = \frac{l N_2}{2a N_3} \cdot \frac{I_1}{I_3} \Rightarrow \frac{B_2}{B_3} = \frac{1}{100}$$

Η εκπόνηση του διαγωνίσματος έγινε με τη βοήθεια Εθελοντών Εκπαιδευτικών:

Τα θέματα επιμελήθηκαν οι **Πετρίδης Παναγιώτης, Τσάδαρης Θανάσης και Χατζηθεοδωρίδης Στέλιος, Φυσικοί.**

Ο επιστημονικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από τον **Παλόγο Αντώνιο, Φυσικό.**