

ΘΕΜΑ 4

4.1. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής L του πηνίου, εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του και το μέσον στο εσωτερικό του. Με αέρα στο εσωτερικό του πηνίου, ισχύει η σχέση:

$$L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10^8 \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{16 \cdot \pi \cdot 10^{-2}} \text{ H} = \frac{80 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-2}} \text{ H} = \mathbf{0,5 \text{ H}}$$

Μονάδες 6

4.2. Αν η συσκευή Σ λειτουργεί κανονικά σε κύκλωμα, θα καταναλώνει ηλεκτρική ισχύ $P_{\eta\lambda} = 20 \text{ W}$ και η τάση στα άκρα της θα είναι $V_{\Sigma} = 10 \text{ V}$. Επειδή η συσκευή αυτή είναι θερμική, η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε θερμική ισχύ και ισχύει $P_{\eta\lambda} = P_{\theta} = \frac{V_{\Sigma}^2}{R_{\Sigma}}$. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλεκτρική αντίσταση της συσκευής $R_{\Sigma} = \frac{V_{\Sigma}^2}{P_{\eta\lambda}} = \frac{100}{20} \Omega = 5 \Omega$.

Εφαρμόζουμε το νόμο του Ohm στο κλειστό κύκλωμα:

$$I = \frac{E}{R_{\Sigma} + r} = \frac{12}{5 + 1} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

Η τάση στα άκρα της συσκευής σε αυτό το κύκλωμα είναι:

$$V_{\Sigma} = I \cdot R_{\Sigma} = 2 \cdot 5 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

Άρα η συσκευή λειτουργεί κανονικά στο αρχικό κύκλωμα.

Μονάδες 6

4.3. Από τη χρονική στιγμή που μεταφέρθηκε το άκρο του διακόπτη στην επαφή Α και για όσο χρόνο υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα, αυτό οφείλεται στο φαινόμενο της αυτεπαγωγής και για την ένταση του ρεύματος στο κλειστό αυτό κύκλωμα, ισχύει ο νόμος του Ohm. Έτσι τη δεδομένη χρονική στιγμή, ισχύει:

$$i = \frac{E_{\text{αυτεπ.}}}{R_1 + R_{\Sigma}}, \text{ ή } E_{\text{αυτεπ.}} = i \cdot (R_1 + R_{\Sigma}) = 20 \text{ V} \quad (1)$$

Αλλά για το μέτρο της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή ισχύει:

$$E_{\text{αυτεπ.}} = L \cdot \left| \frac{di}{dt} \right| \quad (2)$$

Από τις εξισώσεις (1) και (2), προκύπτει:

$$\left| \frac{di}{dt} \right| = \frac{E_{\text{αυτεπ.}}}{L} = \frac{20 \text{ V}}{0,5 \text{ H}} = 40 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Επειδή η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί, ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος την παραπάνω χρονική στιγμή, θα είναι:

$$\frac{di}{dt} = -40 \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Μονάδες 6

4.4. Με τον διακόπτη στην επαφή Β και αφού έχει σταθεροποιηθεί η ένταση του ρεύματος, η αποθηκευμένη ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου είναι:

$$U = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2^2 \text{ J} = 1 \text{ J}$$

Όλη αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα στη συσκευή (Q_{Σ}) και στον αντιστάτη (Q_1), εξαιτίας του φαινομένου Joule. Επειδή κατά τη διάρκεια του φαινομένου, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος

μεταβάλλεται, θεωρούμε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα dt , στη διάρκεια του οποίου η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, μπορεί να θεωρηθεί σταθερή. Για τα στοιχειώδη ποσά θερμότητας που εκλύονται σε αυτό το μικρό χρονικό διάστημα ισχύουν:

$$\frac{dQ_{\Sigma}}{dQ_1} = \frac{i^2 \cdot R_{\Sigma} \cdot dt}{i^2 \cdot R_1 \cdot dt} = \frac{R_{\Sigma}}{R_1} = \frac{5}{15} = \frac{1}{3}$$

Έτσι για τα στοιχειώδη αυτά ποσά θερμότητας σε κάθε ασήμαντο dt , ισχύει:

$$dQ_1 = 3 \cdot dQ_{\Sigma}$$

Για τα συνολικά ποσά θερμότητας που εκλύονται σε αντιστάτη και συσκευή, ισχύει:

$$Q_1 = \sum dQ_1 = \sum 3 \cdot dQ_{\Sigma} = 3 \cdot \sum dQ_{\Sigma} = 3 \cdot Q_{\Sigma}$$

Όμως είναι

$$Q_1 + Q_{\Sigma} = U, \text{ ή } 3 \cdot Q_{\Sigma} + Q_{\Sigma} = U, \text{ ή } 4 \cdot Q_{\Sigma} = 1 \text{ J}$$

Και τελικά

$$Q_{\Sigma} = 0,25 \text{ J}$$

Μονάδες 7