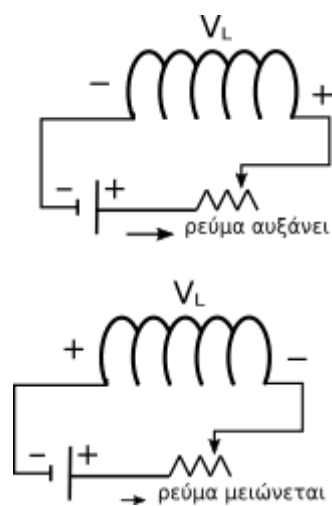


3. Αυτεπαγωγή



Στοιχεία Θεωρίας

Με τον όρο **αυτεπαγωγή** εννοούμε το φαινόμενο εμφάνισης ηλεκτρεγερτικής δύναμης σε κύκλωμα λόγω μεταβολής του ρεύματος που το διαρρέει. Η τιμή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από αυτεπαγωγή είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος και δίνεται από τη σχέση:

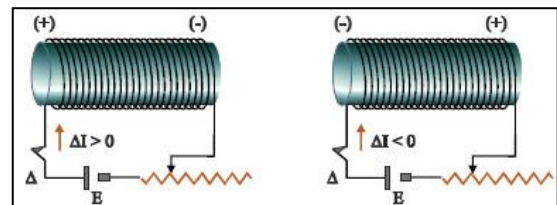
$$E_{\text{αυτ}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Όπου L , ο **συντελεστής αμοιβαίας επαγωγής** του κυκλώματος με μονάδα μέτρησης το **1 H (Henry)**, όπου $1 \text{ H} = 1 \text{ V}\cdot\text{s}/\text{A}$.

Η σχέση δίνει τη μέση τιμή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από αυτεπαγωγή. Αν θέλουμε τη στιγμιαία πρέπει να γνωρίζουμε το στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής του ρεύματος di/dt , δηλαδή το πηλίκο της μεταβολής di μέσα σε απειροστό χρόνο dt , προς το χρόνο αυτό. Τότε η σχέση γίνεται:

$$E_{\text{αυτ}} = -L \frac{di}{dt}$$

Το **αρνητικό πρόσημο** είναι συνέπεια του κανόνα του Lenz. Αυτό σημαίνει ότι η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή έχει κάθε φορά τέτοια πολικότητα ώστε να είναι αντίθετη σε κάθε μεταβολή του ρεύματος που την προκάλεσε. Αν έχουμε αύξηση του ρεύματος ($\Delta i > 0$), όπως στο σχήμα (1) η $E_{\text{αυτ}}$ έχει τέτοια πολικότητα ώστε να εμποδίζει την αύξηση αυτή, ενώ αν έχουμε μείωση ($\Delta i < 0$), όπως στο σχήμα (2) η $E_{\text{αυτ}}$ εμφανίζει αντίθετη πολικότητα ώστε να εμποδίζει αντίστοιχα τη μείωση. Εδώ παρατηρούμε ότι το φαινόμενο της αυτεπαγωγής είναι το ηλεκτρικό ανάλογο της αδράνειας, δηλαδή της αντίστασης που προβάλλουν τα σώματα σε κάθε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης.



• Υπολογισμός του συντελεστή αυτεπαγωγής L ενός πηνίου:

Για να αποδείξουμε τη σχέση του $E_{\text{αυτ}}$ και να υπολογίσουμε το συντελεστή αυτεπαγωγής κάνουμε τις ακόλουθες σκέψεις: Θεωρούμε πηνίο με μήκος ℓ , εμβαδού διατομής A και N σπείρες τυλιγμένο γύρω από πυρήνα το υλικό του οποίου έχει συντελεστή μαγνητικής διαπερατότητας μ . Αν υποθέσουμε ότι το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο μεταβάλλεται κατά Δi μέσα σε χρόνο Δt , με τη βοήθεια του ροοστάτη, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του πηνίου μεταβάλλεται κατά:

$$\Delta B = \mu \mu_0 \frac{N}{\ell} \Delta i$$

Τότε η διερχόμενη μαγνητική ροή μέσα από το εμβαδόν διατομής, A , του πηνίου μεταβάλλεται κατά,

$$\Delta \Phi = \Delta B \cdot A = \mu \mu_0 \frac{N}{\ell} A \cdot \Delta i$$

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη που επάγεται στα άκρα του πηνίου λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής θα δίνεται από το νόμο του Faraday και θα είναι:

$$E_{\text{αυτ}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \mu \mu_0 \frac{N}{\ell} A \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = -\mu \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Από την τελευταία σχέση φαίνεται ότι ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου δίνεται από τη σχέση:

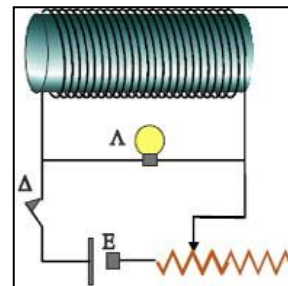
$$L = \mu \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A$$

Αν δεν υπάρχει μεταλλικός πυρήνας και στη θέση είναι ο αέρας τότε: $L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A$

• Ενέργεια μαγνητικού πεδίου

Από τα πειράματα που μελετήσαμε είναι φανερό ότι ένα πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L , που διαρρέεται από ρεύμα έντασης i έχει αποθηκευμένη **ενέργεια μαγνητικού πεδίου** U_L . Αν στο διπλανό κύκλωμα ανοίξουμε το διακόπτη Δ θα παρατηρήσουμε ότι ο λαμπτήρας συνεχίζει να φωτοβολεί με φωτοβολία που φθίνει και σβήνει σταδιακά. Αυτό σημαίνει ότι πήρε την ενέργεια μαγνητικού πεδίου ως ηλεκτρική από το πηνίο και την μετέτρεψε σε θερμότητα και φωτεινή ενέργεια. Αποδεικνύεται ότι η ενέργεια αυτή δίνεται από τη σχέση:

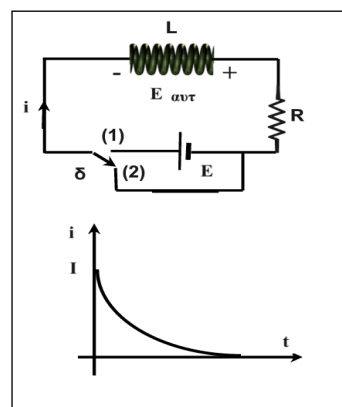
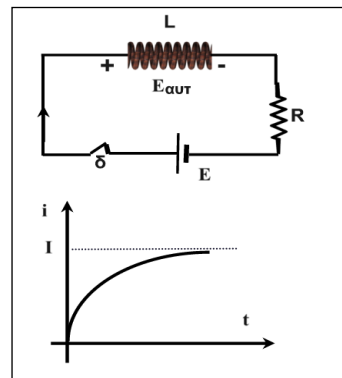
$$U_L = \frac{1}{2} Li^2$$



• Κλείσιμο – άνοιγμα διακόπτη σε κύκλωμα με πηνίο

Στο κλείσιμο του διακόπτη λόγω της εισαγωγής του ρεύματος, μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από το πηνίο και εμφανίζεται στα άκρα του ΗΕΔ αυτεπαγωγής. Σύμφωνα με τον κανόνα Lenz η πολικότητά της είναι τέτοια ώστε να εμποδίζει την αύξηση του ρεύματος που την προκάλεσε. Έτσι το ρεύμα αυξάνεται εκθετικά σε σχέση με το χρόνο και καθυστερεί μέχρι να πάρει τη μέγιστη τιμή του $I=E/R$, ενώ η ΗΕΔ αυτεπαγωγής υποχωρεί μέχρι που μηδενίζεται. Μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που δίνει η ΗΕΔ, E μετατρέπεται σε θερμότητα Joule και η υπόλοιπη αποθηκεύεται στο πηνίο ως ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου.

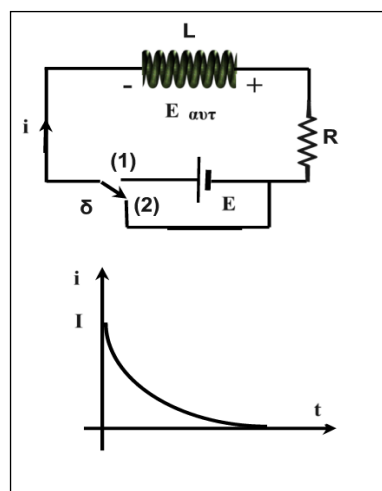
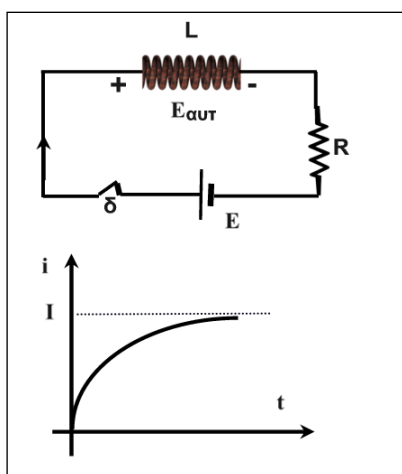
Στο άνοιγμα του διακόπτη λόγω μείωσης του ρεύματος η ΗΕΔ αυτεπαγωγής εμφανίζει τώρα αντίθετη πολικότητα και εμποδίζει τον ακαριαίο μηδενισμό του ρεύματος και έτσι αυτό φθίνει πάλι εκθετικά μέχρι τον μηδενισμό του. Η ενέργεια που ήταν αποθηκευμένη στο πηνίο μετατρέπεται τώρα σε θερμότητα Joule στον αντιστάτη.



• Μελέτη κυκλώματος με πηνίο.

• Κλείσιμο διακόπτη σε κύκλωμα με πηνίο

• Άνοιγμα διακόπτη σε κύκλωμα με πηνίο



Κλείσιμο διακόπτη

Άνοιγμα διακόπτη

$E_{\text{αυτ}} = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$	$E_{\text{αυτ}} = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$
$i = i = \frac{E - E_{\text{αυτ}}}{R}$ Για $t_0=0$, $i=0$, $E=E_{\text{αυτ}}$	E $E_{\text{αυτ}}=iR$ Για $t_0=0$, $i=I=E/R$, $E_{\text{αυτ}}=E$
Όταν το ρεύμα έχει σταθεροποιηθεί: $I=E/R$ και $E_{\text{αυτ}}=0$	A Αργότερα: $i=0$ και $E_{\text{αυτ}}=0$
$P_E = Ei$ Ρυθμός ενέργειας που δίνει η πηγή	$P_\pi = E_{\text{αυτ}}i$ P Ρυθμός ενέργειας που δίνει το πηνίο στην R
$P_\pi = E_{\text{αυτ}}i$ P_π Ρυθμός ενέργειας που απορροφά το πηνίο	$P_\pi = E_{\text{αυτ}}i$ P_π Ρυθμός ενέργειας που αποβάλλει το πηνίο
$P_j = P_R = i^2 R$ Ρυθμός θερμικής ενέργειας στην R	$P_j = P_R = i^2 R$ Ρυθμός θερμικής ενέργειας στην R
$P_E = P_\pi + P_j$ $W_E = U_L + W_j$ $U_L = \frac{1}{2} L \cdot I^2$	$P_\pi = P_j$ $U_L = W_j$ $U_L = \frac{1}{2} L \cdot I^2$

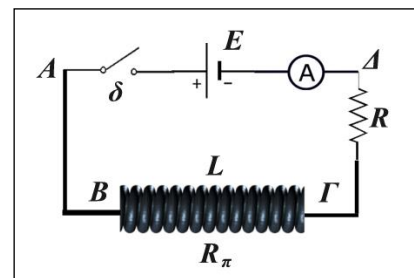
Στο κλείσιμο του διακόπτη: Λόγω της ΗΕΔ αυτεπαγωγής και του κανόνα Lenz το ρεύμα καθυστερεί να πάρει τη μέγιστη τιμή του $I=E/R$. Η αύξηση του ρεύματος είναι εκθετική. Η ηλεκτρική ενέργεια της πηγής μετατρέπεται σε θερμότητα Joule και σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου.

Στο άνοιγμα του διακόπτη: Λόγω και πάλι της ΗΕΔ αυτεπαγωγής και του κανόνα Lenz το ρεύμα καθυστερεί να μηδενιστεί. Η μείωση του ρεύματος είναι εκθετική και πάλι. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου που έχει αποταμιεύσει το πηνίο στην 1^η φάση αποβάλλεται σταδιακά ως ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα και μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη. Φυσικά και στις δύο φάσεις διατηρείται η ενέργεια.

Παράδειγμα 3.1 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή είναι ιδανική και έχει ΗΕΔ ίση με E . Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο αντίσταση $R_\pi=2R$. Ο διακόπτης, δ , κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$. Κάποια χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος είναι η μισή της μέγιστης τιμής της,

I. ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος έχει τιμή

- α. $E/2L$ β. E/L γ. $E/3L$



II. Ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι

- α. $P_\pi = E^2/3R$ β. $P_\pi = E^2/6R$ γ. $P_\pi = E^2/12R$

Απάντηση: (α) , (γ)

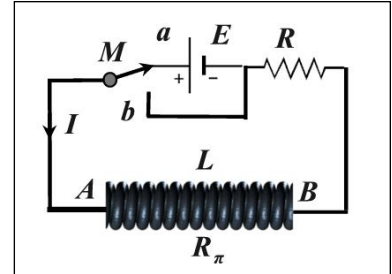
I. Η μέγιστη τιμή του ρεύματος είναι $I=E/R_{\text{ολ}}=E/3R$. Όταν το ρεύμα γίνει $i=\frac{1}{2}I=E/6R$ υπολογίζω το ρυθμό μεταβολής της έντασης από τον 2^ο κανόνα του Κίρχοφ για το κύκλωμα

$$E - E_{\text{αυτ}} = iR_{\text{ολ}} = E - L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{6R} \cdot 3R \rightarrow L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{2} \rightarrow \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{2L}$$

II. Από την διατήρηση ισχύος στο κύκλωμα:

$$P_E = P_J + P_{\pi} \rightarrow E i = i^2 3R + P_{\pi} \rightarrow P_{\pi} = E i - i^2 3R \rightarrow P_{\pi} = \frac{E^2}{6R} - \frac{E^2}{12R} \rightarrow P_{\pi} = \frac{E^2}{12R}$$

Παράδειγμα 3.2 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή είναι ιδανική και έχει ΗΕΔ ίση με E . Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο αντίσταση $R_{\pi} = 2R$. Ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Μεταφέρουμε τη χρονική στιγμή $t=0$ το μεταγωγό M στη θέση b . Τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος είναι ίση με το μισό της μέγιστης τιμής της,



I. ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος έχει τιμή

α. $E/2L$

β. $-E/L$

γ. $-E/2L$

II. ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα Joule στην αντίσταση του πηνίου είναι

(α) $P_{\pi} = E^2/12R$

(β) $P_{\pi} = E^2/6R$

(γ) $P_{\pi} = E^2/18R$

Απάντηση: (γ), (γ)

Η μέγιστη τιμή του ρεύματος είναι $I = E/R_{\text{ολ}} = E/3R$. Καθώς το ρεύμα μειώνεται όταν η τιμή του γίνει $i = \frac{1}{2}I = E/6R$ υπολογίζω το ρυθμό μεταβολής της έντασης από τον 2^ο κανόνα του Κίρχοφ για το κύκλωμα:

$$E_{\text{αυτ}} - iR_{\text{ολ}} = 0 \rightarrow -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{6R} \cdot 3R \rightarrow L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = -\frac{E}{2} \rightarrow \frac{\Delta i}{\Delta t} = -\frac{E}{2L}$$

$$\text{Για τη θερμική ισχύ: } P_{\text{θερ},\pi} = i^2 R_{\pi} = (E/6R)^2 \cdot 2R \rightarrow P_{\text{θερ},\pi} = E^2/18R$$

Παράδειγμα 3.3 Διαθέτουμε ένα κομμάτι σύρμα μήκους $d=2\text{m}$ και θέλουμε να φτιάξουμε ένα πηνίο ίδιου μήκους ℓ με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο συντελεστή αυτεπαγωγής.

α. Να το τυλίξουμε έτσι ώστε να έχει μεγάλη διάμετρο και λίγες σπείρες.

β. Να το τυλίξουμε έτσι ώστε να έχει μικρή διάμετρο και πολλές σπείρες.

γ. είναι το ίδιο όπως και να το τυλίξουμε.

Απάντηση: (γ)

Το εμβαδόν διατομής του πηνίου ακτίνας διατομής r είναι $A = \pi \cdot r^2$

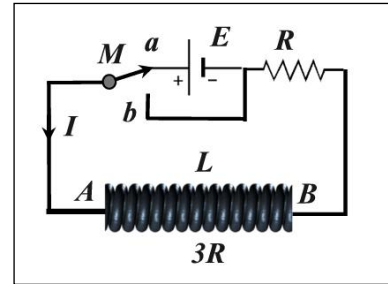
$$\text{Ο συντελεστής αυτεπαγωγής: } L = \mu_0 \cdot \frac{N^2}{\ell} \cdot A \rightarrow L = \mu_0 \cdot \frac{N^2}{\ell} \cdot \pi \cdot r^2$$

Με το σύρμα μήκους $d=2\text{m}$ φτιάχνουμε N κυκλικές σπείρες εμβαδού A , δηλαδή ακτίνας r και μήκους περιφέρειας $2\pi r$. Άρα:

$$d = N \cdot 2\pi r \rightarrow Nr = \frac{d}{2\pi} \rightarrow N^2 r^2 = \frac{d^2}{4\pi^2} \rightarrow N^2 r^2 = \frac{1}{\pi^2} = \text{σταθερό}$$

Αφού το πηνίο που θα φτιάξουμε θα έχει σταθερό μήκος και το γινόμενο $N^2 r^2 = \text{σταθερό}$ θα έχει τον ίδιο συντελεστή αυτεπαγωγής L όπως και να το τυλίξουμε.

► **Παράδειγμα 3.4** Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η πηγή είναι ιδανική με ΗΕΔ E , ο αντιστάτης έχει αντίσταση $R_1 = R$, το πηνίο αντίσταση $R_2 = 3R$ και ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι L . Ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ τον μεταγωγό στη θέση b . Η θερμότητα $Joule$ που εκλύεται στην αντίσταση R_2 του πηνίου από τη στιγμή $t=0$ μέχρι το μηδενισμό του ρεύματος είναι:



(α) $\frac{LE^2}{64R^2}$

(β) $\frac{LE^2}{32R^2}$

(γ) $\frac{LE^2}{128R^2}$

Απάντηση (γ)

Η μέγιστη ένταση του ρεύματος είναι $I = E/4R$

Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι $U_\pi = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{LE^2}{32R^2}$

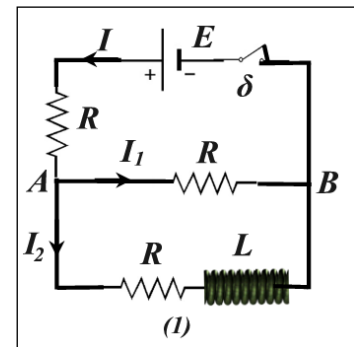
Όταν ο μεταγωγός πάει στην επαφή b η ενέργεια του πηνίου απελευθερώνεται σταδιακά και μετατρέπεται σε θερμότητα στους αντιστάτες του κυκλώματος $R_1 = R$ και $R_2 = 3R$. Από την διατήρηση της ενέργειας, πρέπει:

$$W_1 + W_2 = U_\pi \quad (1)$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\sum i^2 R_1 dt}{\sum i^2 R_2 dt} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3} \rightarrow W_1 = 3W_2 \quad (2)$$

$$\text{Άρα από (1)(2)} \rightarrow 4W_2 = U_\pi = \frac{LE^2}{32R^2} \rightarrow W_2 = \frac{LE^2}{128R^2}$$

► **Παράδειγμα 3.5** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή και το πηνίο δεν έχουν ωμική αντίσταση. Αρχικά ο διακόπτης είναι κλειστός και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγουμε το διακόπτη. Τη στιγμή που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής της, ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος θα είναι



α. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{E}{3L}$

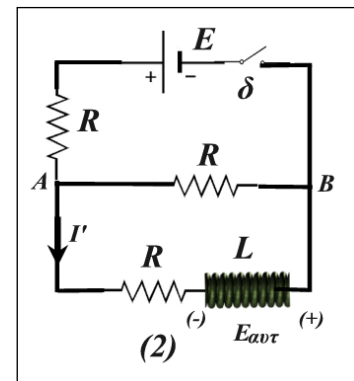
β. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{2E}{3L}$

γ. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{E}{2L}$

Απάντηση: (α)

Μετά το κλείσιμο του διακόπτη και αφού αποκατασταθούν τα ρεύματα στο κύκλωμα (σχήμα 1) στη μέγιστη και σταθερή τιμή τους το ρεύμα που διαρρέει την πηγή είναι $I = \frac{E}{R_{ολ}}$ όπου

$$R_{ολ} = R + \frac{R \cdot R}{R + R} \rightarrow R_{ολ} = \frac{3R}{2} \quad \text{Άρα: } I = \frac{E}{R_{ολ}} \rightarrow I = \frac{2E}{3R}$$



Εμάς όμως μας ενδιαφέρει το μέγιστο ρεύμα που διαρρέει το πηνίο για να υπολογίσουμε και την ενέργεια του μαγνητικού του πεδίου. Βρίσω την τάση στα άκρα AB με τον 2^ο κανόνα Κίρχοφ:

$$V_{AB} + I \cdot R - E = 0 \rightarrow V_{AB} = E - IR \rightarrow V_{AB} = \frac{E}{3}$$

$$\text{Άρα: } I_2 = \frac{V_{AB}}{R} \rightarrow I_2 = \frac{E}{3R}$$

Η μέγιστη ενέργεια μαγνητικού πεδίου στο πηνίο είναι $U = \frac{1}{2} L I_2^2$. Όταν ανοίξει ο διακόπτης δ το πηνίο απελευθερώνει την ενέργεια του ως ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα του οποίου η αντίσταση είναι $2R$. Όταν η ενέργεια αυτή γίνει η μισή της μέγιστης το ρεύμα του κυκλώματος θα είναι ίσο με $I' = \frac{1}{2} I_2 \rightarrow I' = \frac{E}{6R}$

Γράφουμε τώρα τον 2^ο κανόνα Κίρχοφ για το 2^ο κύκλωμα στο οποίο η ένταση του ρεύματος μειώνεται εκθετικά και κάποια στιγμή γίνεται ίση με $I' = E/6R$. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής τώρα έχει τέτοια πολικότητα ώστε να προσπαθεί να συντηρήσει το ρεύμα στη ζωή. Δηλαδή το πηνίο δίνει την ενέργεια μαγνητικού πεδίου που είχε και αυτή γίνεται ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος και τελικά θερμότητα Joule στους δύο αντιστάτες.

$$E_{\text{αυτ}} - I' 2R = 0 \rightarrow E_{\text{αυτ}} = I' 2R \rightarrow -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{6R} 2R \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = - \frac{E}{3L}$$

A ΘΕΜΑΤΑ

A3.1 Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν

- α. Αυτεπαγωγή ονομάζουμε το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεταιδύναμη σε ένα κύκλωμα λόγω μεταβολής του που το διαρρέει.
 β. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής δίνεται από τη σχέση, $E_{\text{αυτ}} = \dots\dots\dots$
 γ. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής είναι ανάλογη με τονμεταβολής της έντασης του που διαρρέει το πηνίο.
 δ. Η μονάδα μέτρησης του συντελεστή αυτεπαγωγής στο S.I. είναι το 1.....
 ε. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής L εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του πηνίου και από τη μαγνητική του υλικού που βρίσκεται στο εσωτερικό του.
 στ. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου που αποθηκεύεται σε ένα πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής L που διαρρέεται από ρεύμα έντασης i , ισούται με $U = \dots\dots\dots$

A3.2 Η ηλεκτρεγερτική δύναμη αυτεπαγωγής δίνεται από τη σχέση:

α. $E_{\text{αυτ}} = -L^2 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ β. $E_{\text{αυτ}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t^2}$ γ. $E_{\text{αυτ}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ δ. $E_{\text{αυτ}} = -2L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

A3.3 Πηνίο έχει εμβαδό A , N σπείρες, μήκος ℓ και περιέχει αέρα. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι

α. $L = \mu_0 \frac{N}{\ell} A^2$ β. $L = \mu_0 \frac{N^2}{2\ell} A$ γ. $L = \mu_0 \frac{N}{\ell} A$ δ. $L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A$

A3.4 Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου που έχει N σπείρες, μήκος ℓ , εμβαδόν διατομής, A , περιέχει πυρήνα με συντελεστή μαγνητικής διαπερατότητας μ , δίνεται από τη σχέση:

α. $L = \mu \mu_0 \frac{N^2}{\ell} \cdot A$ β. $L = \mu_0 \frac{N}{\mu \ell^2} \cdot A$ γ. $L = \mu \mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot A^2$ δ. $L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} \cdot A$

A3.5 Μονάδα μέτρησης του συντελεστή αυτεπαγωγής ενός πηνίου είναι το

α. 1H (Henry) β. 1T (Tesla) γ. 1A (Ampere) δ. 1F (Farad)

A3.6 Η μονάδα του συντελεστή αυτεπαγωγής στο SI 1Henry (1H) ισούται με

α. $1H = 1 \frac{A \cdot s}{V}$ β. $1H = 1 \frac{V \cdot s}{A}$ γ. $1H = 1 \frac{V \cdot s^2}{A}$ δ. $1H = 1 \frac{V \cdot s^2}{A^2}$

A3.7 Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου ενός πηνίου με συντελεστή αυτεπαγωγής L , που διαρρέεται από ρεύμα έντασης i δίνεται από την σχέση

α. $U = 2 \cdot Li^2$ β. $U = \frac{3}{4} Li^2$ γ. $U = \frac{Li^2}{4}$ δ. $U = \frac{1}{2} \cdot Li^2$

A3.8 Το φαινόμενο της αυτεπαγωγής που εμφανίζεται σ' ένα πηνίο

- α. οφείλεται στη μεταβολή του ρεύματος που διαρρέει ένα γειτονικό προς το πηνίο αυτό, κύκλωμα.
 β. οφείλεται στη μεταβολή του ρεύματος που διαρρέει το ίδιο το πηνίο.
 γ. είναι πιο ήπιο όταν η μεταβολή του ρεύματος είναι απότομη.
 δ. είναι πιο έντονο όταν ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος είναι μικρός.

A3.9 Το φαινόμενο της αυτεπαγωγής που εμφανίζεται σ' ένα πηνίο

- α. είναι πιο έντονο όταν ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι μεγαλύτερος
- β. οφείλεται μόνο στην αύξηση του ρεύματος που διαρρέει το ίδιο το πηνίο.
- γ. είναι πιο ήπιο όταν η μεταβολή του ρεύματος είναι πιο γρήγορη
- δ. είναι πιο έντονο όταν ο εμβαδόν του πηνίου είναι μικρότερο

A3.10 Ο συντελεστής L αυτεπαγωγής ενός πηνίου

- α. είναι αντιστρόφως ανάλογος του εμβαδού A του πηνίου.
- β. εξαρτάται από την μεταβολή της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει.
- γ. είναι ανάλογος του τετραγώνου των σπειρών του πηνίου.
- δ. είναι ανεξάρτητος από το υλικό που βρίσκεται στο εσωτερικό του πηνίου.

A3.11 Να κάνετε τις αντιστοιχίσεις μεταξύ των μεγεθών της αριστερής στήλης και των μονάδων της δεξιάς στήλης.

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| 1. Συντελεστής αυτεπαγωγής L | α. V |
| 2. ΗΕΔ $E_{\text{αυτ}}$ | β. Wb |
| 3. Μαγνητική ροή Φ | γ. $V \cdot s/A$ |
| 4. ρυθμός $\Delta I/\Delta t$ | δ. A/s |
| 5. ένταση μαγνητικού πεδίου | ε. $N/A \cdot m$ |

A3.12 Ο συντελεστής αυτεπαγωγής L ενός πηνίου είναι

- α. ανάλογος του αριθμού N των σπειρών
- β. ανάλογος της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο
- γ. αντιστρόφως ανάλογος του εμβαδού διατομής του πηνίου
- δ. αντιστρόφως ανάλογος του μήκους ℓ του πηνίου.

A3.13 Ποιες από τις προτάσεις αυτές είναι σωστές; Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου

- α. είναι ανάλογη του τετραγώνου του ρεύματος που το διαρρέει.
- β. μεταβάλλεται αν εισάγουμε στο εσωτερικό του πηνίου μεταλλικό πυρήνα.
- γ. είναι ανάλογη του αριθμού των σπειρών του πηνίου.
- δ. διατηρείται σταθερή και όταν το πηνίο δεν διαρρέεται από ρεύμα.
- ε. είναι ανάλογη του συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου όταν το I είναι σταθερό.

A3.14 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στο φαινόμενο της αυτεπαγωγής είναι σωστές ή λανθασμένες;

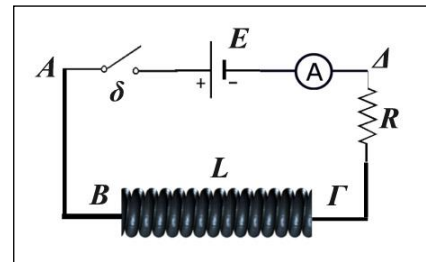
- α. Πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=1H$ του οποίου το ρεύμα μεταβάλλεται με ρυθμό $1 A/s$, εμφανίζει ΗΕΔ αυτεπαγωγής με μέτρο ίσο με $2V$.
- β. Αν πηνίο συνδεθεί με ωμική αντίσταση και πηγή συνεχούς τάσης και κλείσουμε απότομα το διακόπτη, το ρεύμα του κυκλώματος αυξάνεται σταδιακά μέχρι μια μέγιστη τιμή.
- γ. Αν το ρεύμα που διαρρέει ένα πηνίο μειωθεί η ενέργεια μαγνητικού πεδίου αυξάνεται.
- δ. Η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής που αναπτύσσεται στα άκρα ενός πηνίου είναι ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής του ρεύματος που το διαρρέει.
- ε. Πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2H$ που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=10A$ περιέχει ενέργεια μαγνητικού πεδίου ίση με $100J$.

A3.15 Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι

- α. ανάλογη του ρεύματος που το διαρρέει.
- β. ανάλογη του τετραγώνου του αριθμού των σπειρών και του εμβαδού του πηνίου
- γ. αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου του ρεύματος που το διαρρέει.
- δ. ανεξάρτητη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του πηνίου.

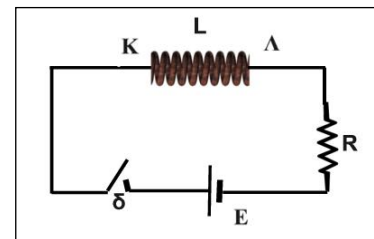
A3.16 Στο διπλανό κύκλωμα ο διακόπτης κλείνει τη χρονική στιγμή $t=0$, ενώ η αντίσταση R είναι σταθερή. Το πηνίο δεν έχει ωμική αντίσταση και η πηγή θεωρείται ιδανική. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λανθασμένες;

- Η φορά του ρεύματος είναι $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma \rightarrow \Delta$.
- Η πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου έχει στο άκρο B πρόσημο (+).
- Το ρεύμα καθυστερεί να πάρει την μέγιστη τιμή του.
- Η οριακή τιμή του ρεύματος είναι $I=E/R$.
- Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου μέχρι την τιμή, E .



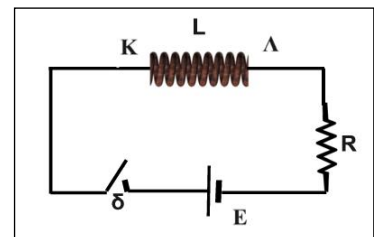
A3.17 Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει ιδανική ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ E , αντιστάτη R και πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L και αμελητέα ωμική αντίσταση. Κλείνουμε τον διακόπτη. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- Εμφανίζεται ΗΕΔ στα άκρα του πηνίου με θετικό πόλο στο K .
- Το ρεύμα θα αυξάνεται γραμμικά μέχρι τη μέγιστη τιμή $I=E/R$.
- Αν το πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2H$ και αποκατασταθεί ρεύμα έντασης $2A$ η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου θα αποκατασταθεί στην τιμή των $4J$.
- Το ρεύμα αυξάνεται εκθετικά σε σχέση με το χρόνο μέχρι τη μέγιστη τιμή, $I=E/R$.
- Καθώς το ρεύμα αυξάνεται η ΗΕΔ αυτεπαγωγής μειώνεται.



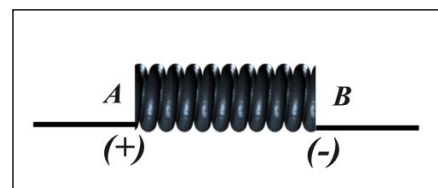
A3.18 Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει ιδανική ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ E , αντιστάτη R και πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L και αμελητέα ωμική αντίσταση. Αν κλείσει ο διακόπτης η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου

- θα αυξάνεται μέχρι τη μέγιστη τιμή, E .
- θα παρουσιάζει θετικό πόλο στο K και θα μειώνεται μέχρι το μηδενισμό της
- θα διατηρείται σταθερή
- θα παρουσιάζει θετικό πόλο στο Λ και θα μειώνεται μέχρι το μηδενισμό της



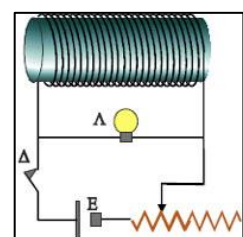
A3.19 Το πηνίο του σχήματος είναι μέρος ενός κυκλώματος του οποίου το ρεύμα μεταβάλλεται. Σύμφωνα με την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα A και B , το ρεύμα που το διαρρέει:

- έχει φορά από το A προς το B και μειώνεται.
- έχει φορά από το A προς το B και αυξάνεται.
- είναι σταθερό με φορά από το B προς το A .
- έχει φορά από το B προς το A και αυξάνεται

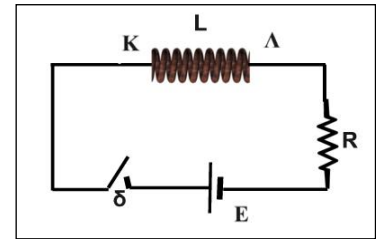


A3.20 Στο διπλανό κύκλωμα βλέπουμε πηνίο, λαμπτήρα, ροοστάτη και ηλεκτρική πηγή. Ο διακόπτης είναι κλειστός και ο λαμπτήρας φωτοβολεί σταθερά. Η αντίσταση του πηνίου είναι πολύ μικρότερη της αντίστασης του λαμπτήρα. Αν ανοίξουμε τον διακόπτη Δ θα παρατηρήσουμε ότι

- ο λαμπτήρας σβήνει σταδιακά.
- ο λαμπτήρας σβήνει σχεδόν αμέσως.
- ο λαμπτήρας διατηρεί σταθερή τη φωτοβολία του.
- ο λαμπτήρας φωτοβολεί έντονα και σταδιακά σβήνει.



A3.21 Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει ιδανική ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ E , αντιστάτη R και πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L και αμελητέα ωμική αντίσταση. Αν κλείσει απότομα ο διακόπτης τότε η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται σύμφωνα με το διάγραμμα

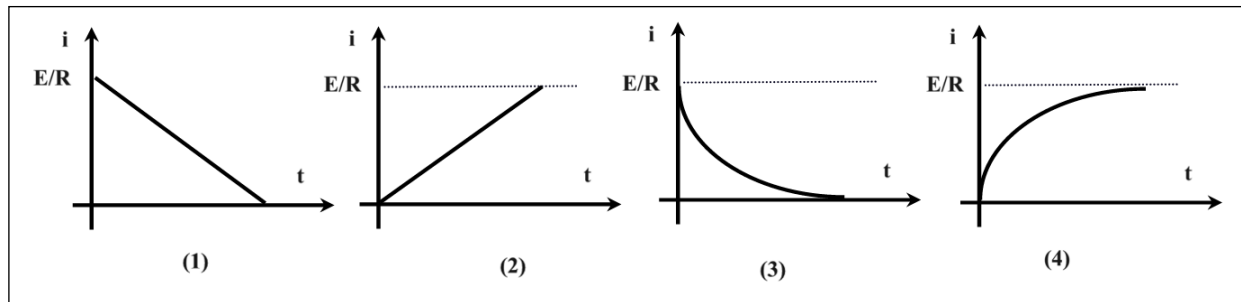


α. 1

β. 2

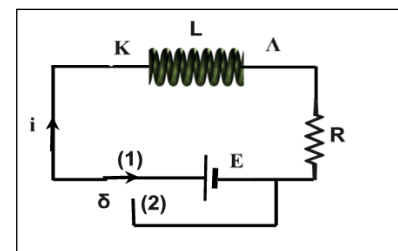
γ. 3

δ. 4



A3.22 Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει ιδανική ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ E , αντιστάτη R και πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L και αμελητέα ωμική αντίσταση. Ο διακόπτης είναι κλειστός στην επαφή (1) και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Ανοίγουμε τον διακόπτη δ στη θέση (2) και τότε

- Η ένταση του ρεύματος μειώνεται εκθετικά μέχρι το μηδενισμό της.
- Στα άκρα του πηνίου επάγεται ΗΕΔ με θετικό πόλο στο Λ .
- Η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται ακαριαία.
- Η φορά του ρεύματος αντιστρέφεται και η τιμή της έντασης μειώνεται σταδιακά.
- Στα άκρα του πηνίου επάγεται ΗΕΔ με θετικό πόλο στο K .

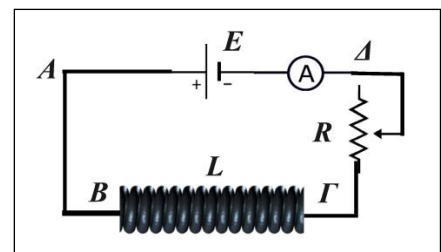


A3.23 Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα πηνίο μεταβάλλεται από την τιμή I στην τιμή $2I$. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο

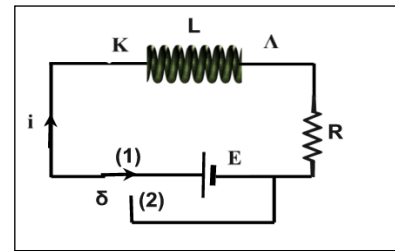
- είναι μεγαλύτερη αν η μεταβολή της έντασης του ρεύματος γίνει γρήγορα.
- δεν εξαρτάται από το χρόνο στον οποίο γίνεται η μεταβολή αλλά μόνο από την αρχική και τελική τιμή της έντασης του ρεύματος.
- εξαρτάται από την ωμική αντίσταση που υπάρχει στο κύκλωμα.
- εξαρτάται από την πηγή που τροφοδοτεί το κύκλωμα.

A3.24 Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα μεταβάλλεται με τη βοήθεια του ροοστάτη. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής που δημιουργείται στα άκρα B και Γ του πηνίου έχει πολικότητα

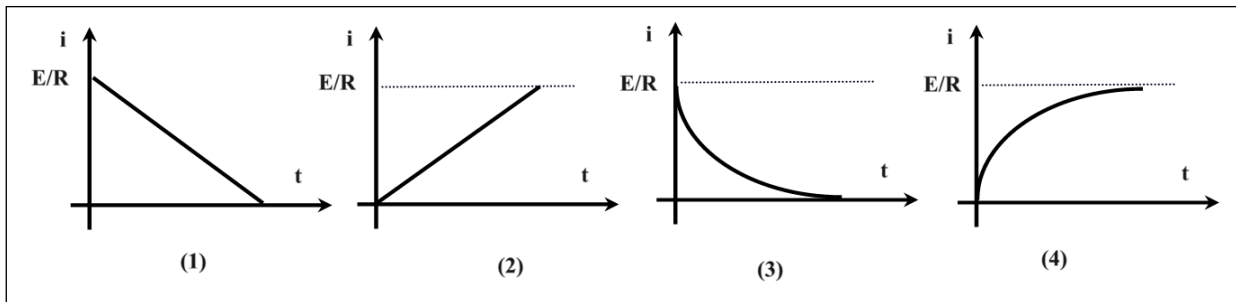
- με το (+) στο άκρο Γ όταν το ρεύμα αυξάνεται
- με το (-) στον Γ άκρο όταν το μειώνεται
- με το (+) στον B άκρο όταν το ρεύμα μειώνεται
- με το (+) στο B άκρο όταν το ρεύμα αυξάνεται



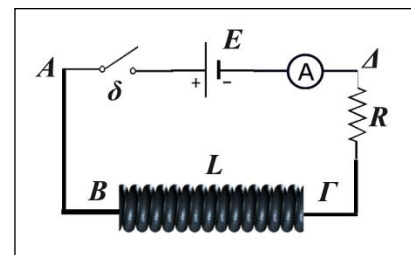
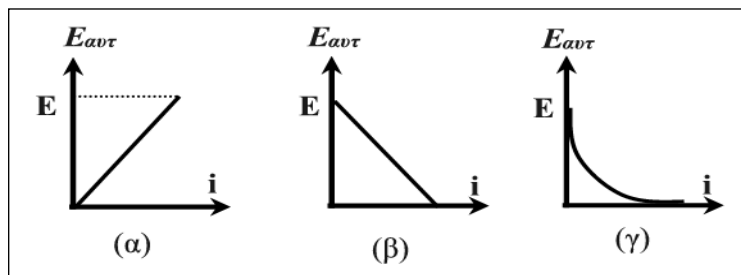
A3.25 Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει ιδανική ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ E , αντιστάτη R και πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L και αμελητέα ωμική αντίσταση. Ο διακόπτης είναι κλειστός στην επαφή (1) και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Ανοίγουμε τον διακόπτη στη θέση (2). Τότε η ένταση του ρεύματος μεταβάλλεται σύμφωνα με το διάγραμμα



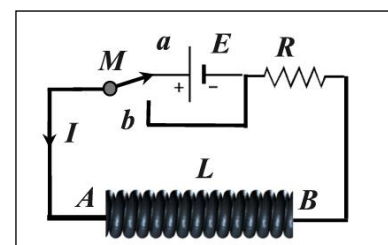
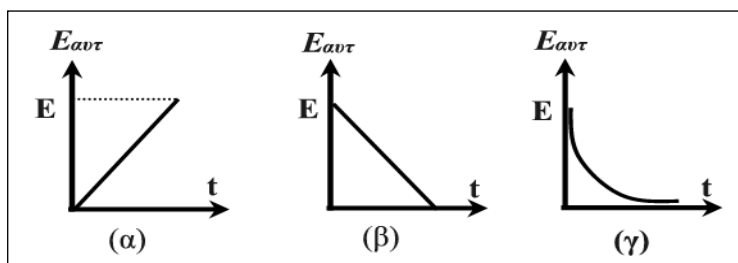
α. 1 β. 2 γ. 3 δ. 4



A3.26 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, ο διακόπτης, δ , κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$, ενώ η αντίσταση R είναι σταθερή. Το πηνίο και η ηλεκτρική πηγή έχουν αμελητέες αντιστάσεις. Να επιλέξετε σύμφωνα με ποιο διάγραμμα μεταβάλλεται η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής E_{avt} σε σχέση με την ένταση του ρεύματος, i .



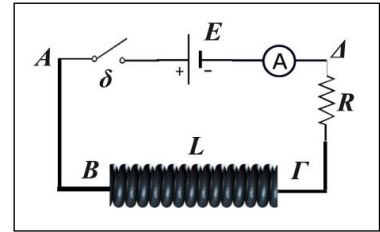
A3.27 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του, $I=E/R$. Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ τον μεταγωγό στη θέση b . Να επιλέξετε σύμφωνα με ποιο διάγραμμα μεταβάλλεται η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής E_{avt} σε σχέση με τον χρόνο, t



A3.28 Στο διπλανό κύκλωμα ο διακόπτης κλείνει τη χρονική στιγμή $t=0$, ενώ η αντίσταση R είναι σταθερή. Το πηνίο δεν έχει ωμική αντίσταση και η πηγή θεωρείται ιδανική.

I. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από τη σχέση

α. $i = \frac{E - E_{\text{αυτ}}}{R}$ β. $i = \frac{E}{R}$ γ. $i = \frac{E_{\text{αυτ}}}{R}$ δ. $i = \frac{E + E_{\text{αυτ}}}{R}$



II. Όταν κλείνει ο διακόπτης το πηνίο αρχίζει να απορροφά ενέργεια από την πηγή, υπό μορφή ενέργειας μαγνητικού πεδίου. Ο ρυθμός $P_{\pi} = dU/dt$ με τον οποίο το πηνίο απορροφά ενέργεια μεταβάλλεται με την ένταση του ρεύματος και δίνεται από τη σχέση:

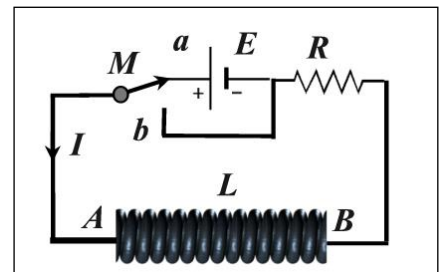
α. $P_{\pi} = Ei$ β. $P_{\pi} = Ei + i^2 R$ γ. $P_{\pi} = Ei - i^2 R$ δ. $P_{\pi} = i^2 R$

A3.29 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στο κλείσιμο του διακόπτη στο κύκλωμα με πηγή και ιδανικό πηνίο είναι σωστές ή λανθασμένες;

- α. Η ένταση του ρεύματος παίρνει ακαριαία τη μέγιστη τιμή της $I = E/R_{\text{ολ}}$.
- β. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής είναι μέγιστη τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης αλλά μετά μειώνεται και μηδενίζεται όταν το ρεύμα γίνει μέγιστο.
- γ. Η ηλεκτρική ενέργεια της πηγής μετατρέπεται σταδιακά σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου και θερμότητα.
- δ. Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος μειώνεται καθώς το ρεύμα αυξάνεται.
- ε. Ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι σταθερός καθώς το ρεύμα αυξάνεται.

A3.30 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του, I . Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ τον μεταγωγό, M στη θέση b . Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λανθασμένες;

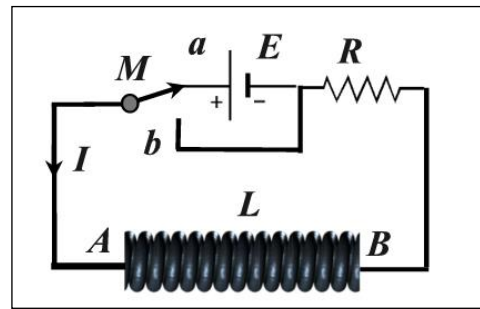
- α. Η φορά του ρεύματος δεν θα αλλάξει.
- β. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής που θα αναπτυχθεί στα άκρα του πηνίου θα εμφανίζει θετικό πόλο στο άκρο B .
- γ. Η τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής μειώνεται εκθετικά με το χρόνο από την τιμή E έως την τιμή μηδέν.
- δ. Το ρεύμα θα σταθεροποιηθεί σε μια τιμή διάφορη του μηδενός.
- ε. Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου θα μειώνεται γραμμικά με το χρόνο.



A3.31 Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στην μετάθεση του μεταγωγού από την a στη b επαφή, στο προηγούμενο κύκλωμα είναι σωστές ή λανθασμένες;

- α. Η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται ακαριαία.
- β. Η ένταση του ρεύματος μειώνεται εκθετικά με το χρόνο και μηδενίζεται.
- γ. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου μετατρέπεται ολόκληρη σε θερμότητα Joule.
- δ. Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος είναι σταθερός μέχρι το ρεύμα να μηδενιστεί.
- ε. Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου διατηρείται σταθερή.

A3.32 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του, $I=E/R$. Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ το μεταγωγό στη θέση b .



I. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από τη σχέση

α. $i = \frac{E - E_{avt}}{R}$

β. $i = \frac{E}{R}$

γ. $i = \frac{E_{avt}}{R}$

II. Η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της ενέργειας μαγνητικού πεδίου του πηνίου σε σχέση με την ένταση του ρεύματος δίνεται από τη σχέση:

α. $P_\pi = Ei + i^2 R$

β. $P_\pi = Ei - i^2 R$

γ. $P_\pi = i^2 R$

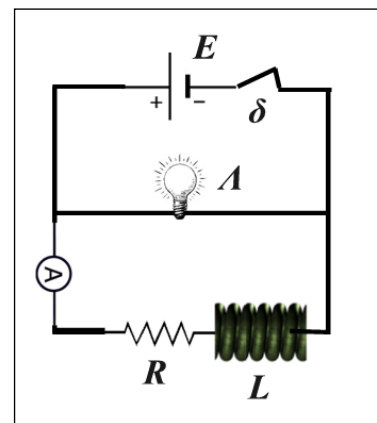
A3.33 Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή, το αμπερόμετρο και το πηνίο είναι ιδανικά δηλαδή χωρίς ωμική αντίσταση. Κάποια στιγμή κλείνει ο διακόπτης δ . Ποια πρόταση είναι η σωστή;

α. Ο λαμπτήρας δεν φωτοβολεί ποτέ ενώ η ένδειξη του αμπερομέτρου ανεβαίνει σταδιακά και σταθεροποιείται.

β. Ο λαμπτήρας φωτοβολεί εξ αρχής σταθερά και η ένδειξη του αμπερομέτρου ξεκινάει από μια μέγιστη τιμή και σταδιακά μηδενίζεται.

γ. Η φωτοβολία του λαμπτήρα αυξάνεται σταδιακά και σταθεροποιείται σε μια μέγιστη τιμή.

δ. Ο λαμπτήρας φωτοβολεί εξ αρχής σταθερά και η ένδειξη του αμπερομέτρου ανεβαίνει σταδιακά και σταθεροποιείται στην τιμή $I=E/R$.



A3.34 Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή, το αμπερόμετρο και το πηνίο είναι ιδανικά δηλαδή χωρίς ωμική αντίσταση. Κάποια στιγμή, $t=0$ κλείνει ο διακόπτης δ . Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;

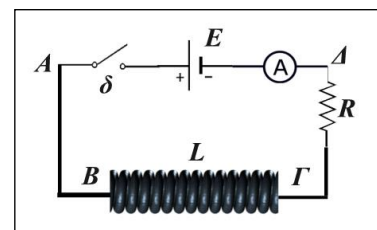
α. Το ρεύμα αποκτάει ακαριαία τη μέγιστη τιμή του

β. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου γίνεται τελικά $U=LE^2/2R$.

γ. Στο πηνίο εμφανίζεται ΗΕΔ με θετικό πόλο στο Γ .

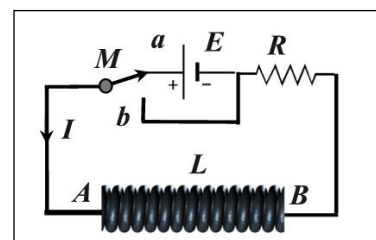
δ. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής του πηνίου παίρνει τη χρονική στιγμή $t=0$, την τιμή $|E_{avt}|=E$.

ε. Το ρεύμα μειώνεται εκθετικά με το χρόνο από την αρχική τιμή $I=E/R$



A3.35 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Πηνίο και πηγή είναι ιδανικά. Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ το μεταγωγό στη θέση b . Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λανθασμένες;

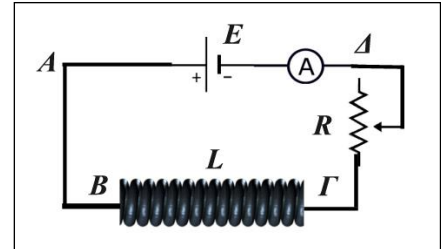
α. Η ένταση του ρεύματος μειώνεται εκθετικά με το χρόνο από την τιμή $I=E/R$.



- β. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου μετατρέπεται τελικά όλη σε θερμότητα Joule.
- γ. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής εμφανίζει θετικό πόλο στο άκρο Α.
- δ. Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος είναι σταθερός.
- ε. Η αρχική τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής είναι $|E_{\text{αυτ}}|=E$.

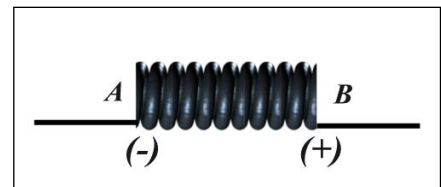
A3.36 Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα μεταβάλλεται με τη βοήθεια του ροοστάτη. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Αν η αντίσταση μειώνεται τότε

- α. η ένταση του ρεύματος αυξάνεται εκθετικά σε σχέση με το χρόνο.
- β. η ΗΕΔ αυτεπαγωγής που δημιουργείται στα άκρα Β και Γ του πηνίου έχει (+) πόλο στο άκρο Β.
- γ. η ΗΕΔ αυτεπαγωγής του πηνίου μηδενίζεται όταν τελειώσει η μεταβολή του ρεύματος.
- δ. όσο πιο γρήγορη είναι η μεταβολή του ρεύματος τόσο πιο μικρή είναι η ΗΕΔ αυτεπαγωγής
- ε. η ένταση του ρεύματος αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το χρόνο.



A3.37 Το πηνίο του σχήματος είναι μέρος ενός κυκλώματος του οποίου το ρεύμα μεταβάλλεται. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Σύμφωνα με την πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα Α και Β, το ρεύμα που το διαρρέει:

- α. έχει φορά από το Α προς το Β και αυξάνεται
- β. έχει φορά από το Β προς το Α και αυξάνεται.
- γ. είναι σταθερό με φορά από το Β προς το Α.
- δ. έχει φορά από το Α προς το Β και μειώνεται.
- ε. έχει φορά από το Β προς το Α και μειώνεται.



A3.38 Ποιες από τις προτάσεις είναι σωστές; Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου εξαρτάται

- α. από το υλικό το οποίο βρίσκεται στο εσωτερικό του πηνίου (πυρήνας).
- β. από τα γεωμετρικά στοιχεία όπως σπείρες, μήκος, εμβαδόν διατομής.
- γ. την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει
- δ. το υλικό του σύρματος που είναι κατασκευασμένο
- ε. από το πάχος του σύρματος που είναι κατασκευασμένο.

A3.39 Ποιες από τις προτάσεις είναι σωστές; Ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου είναι

- α. ανάλογος της μαγνητικής διαπερατότητας μ του υλικού του πυρήνα του.
- β. ανάλογος του εμβαδού διατομής του, Α.
- γ. ανάλογος με το μήκος ℓ του πηνίου.
- δ. ανάλογος με το τετράγωνο του αριθμού των σπειρών του.
- ε. αντιστρόφως ανάλογος του μήκους του ℓ .

A3.40 Ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L τροφοδοτείται από ιδανική πηγή με ΗΕΔ E μέσω αντιστάτη R . Ο διακόπτης κλείνει τη χρονική στιγμή $t=0$. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

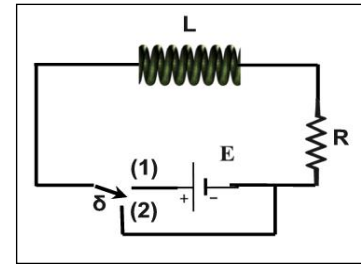
- α. Τη χρονική στιγμή $t=0$ το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα $I=E/R$.
- β. Όταν το ρεύμα σταθεροποιείται η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι $LE^2/2R^2$.
- γ. Όταν η ένταση του ρεύματος είναι ίση με το μισό της μέγιστης τιμής της, ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος έχει απόλυτη τιμή $E/2L$.
- δ. Αν το ρεύμα χρειάζεται χρόνο t για να γίνει $E/2R$ τότε χρειάζεται χρόνο $2t$ για να σταθεροποιηθεί.
- ε. Όταν το ρεύμα σταθεροποιείται η ΗΕΔ αυτεπαγωγής μηδενίζεται.

B ΘΕΜΑΤΑ

Βρείτε την σωστή απάντηση αλλά να δικαιολογήσετε την επιλογή σας

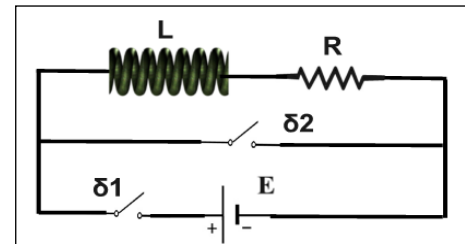
B3.1 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα η μοναδική αντίσταση του κυκλώματος είναι η R και η ΗΕΔ της πηγής είναι E .

Να σημειωθούν η φορά του ρεύματος η, πολικότητα της ΗΕΔ αυτεπαγωγής που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου και να σχεδιαστεί η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος και της ΗΕΔ αυτεπαγωγής σε σχέση με το χρόνο, στις εξής περιπτώσεις που (i) κλείνουμε τον διακόπτη δ στην επαφή (1) και (ii) ανοίγουμε τον διακόπτη στην επαφή (2).



B3.2 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, να σημειωθούν η φορά του ρεύματος η πολικότητα της ΗΕΔ αυτεπαγωγής που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου και να σχεδιαστεί η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος σε σχέση με το χρόνο, στις εξής περιπτώσεις:

- I. Κλείνουμε το διακόπτη δ_1 ενώ κρατάμε ανοικτό τον δ_2 .
- II. Ενώ το ρεύμα στο πηνίο έχει τη μέγιστη τιμή του ανοίγουμε το διακόπτη δ_1 και κλείνουμε ταυτόχρονα τον διακόπτη δ_2 .

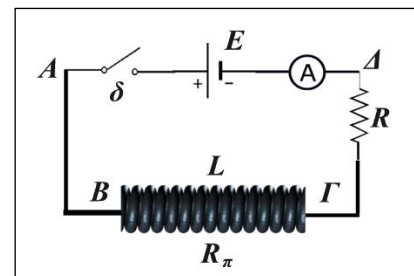


B3.3 Πηνίο αποτελούμενο από $N=800$ σπείρες διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10 A , οπότε η μαγνητική ροή που περνάει από κάθε σπείρα του είναι $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι

- (α) $L=2 \cdot 10^{-3} \text{ H}$ (β) $L=32 \cdot 10^{-3} \text{ H}$ (γ) $L=3 \cdot 10^{-3} \text{ H}$

B3.4 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή είναι ιδανική και έχει ΗΕΔ ίση με E . Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο αντίσταση $R_\pi=2R$. Ο διακόπτης, δ , κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$. Κάποια χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος είναι η μισή της μέγιστης τιμής της,

- I. η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου έχει απόλυτη τιμή
(α) $E/2$ (β) E (γ) $E/3$



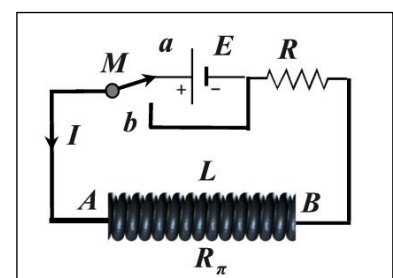
II. Ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι

- (α) $P_\pi = E^2/3R$ (β) $P_\pi = E^2/6R$ (γ) $P_\pi = E^2/12R$

III. Ο ρυθμός με τον οποίο παρέχει η πηγή, E , ενέργεια στο κύκλωμα είναι

- (α) $P_E = E^2/R$ (β) $P_E = E^2/6R$ (γ) $P_E = E^2/2R$

B3.5 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή είναι ιδανική και έχει ΗΕΔ ίση με E . Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο αντίσταση $R_\pi=2R$. Ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Μεταφέρουμε τη χρονική στιγμή $t=0$ το μεταγωγό M στη θέση b . Τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος είναι ίση με το μισό της μέγιστης τιμής της,



I. η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου έχει απόλυτη τιμή

(α) $E/2$

(β) E

(γ) $E/3$

II. ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα Joule στην αντίσταση του πηνίου είναι

(α) $P_{\pi} = E^2/12R$

(β) $P_{\pi} = E^2/6R$

(γ) $P_{\pi} = E^2/18R$

B3.6 Δύο πηνία (1) και (2) έχουν τον ίδιο αριθμό σπειρών ανά μονάδα μήκους, σπείρες N_1 και N_2 με $N_1=4N_2$, ίδια ακτίνα σπείρας και τυλιγμένα γύρω από πλαστικό σωλήνα που περιέχει αέρα. Το πηλίκο των συντελεστών αυτεπαγωγής των δύο πηνίων είναι L_1/L_2 ίσο με

(α) $1/4$

(β) 4

(γ) $=2$

B3.7 Πηνίο με N σπείρες, μήκους ℓ έχει συντελεστή αυτεπαγωγής L . Αν το πηνίο κοπεί στη μέση τότε το μισό τμήμα θα έχει συντελεστή αυτεπαγωγής:

(α) $2L$

(β) $L/2$

(γ) $L/4$

B3.8 Πηνίο με N σπείρες, μήκους ℓ έχει συντελεστή αυτεπαγωγής L . Αν επιμηκυνθεί ώστε το μήκος του να διπλασιαστεί, ο συντελεστής αυτεπαγωγής θα γίνει:

(α) $L/4$

(β) $2L$

(γ) $L/2$

B3.9 Δύο πηνία Π_1 και Π_2 έχουν συντελεστές αυτεπαγωγής L_1 και L_2 και διαφέρουν μόνο στις σπείρες. Το Π_1 έχει N και το Π_2 $3N$. Για τους συντελεστές αυτεπαγωγής ισχύει

(α) $L_2=3L_1$

(β) $L_2=9L_1$

(γ) $L_2=L_1/9$

B3.10 Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου που έχει αποθηκευτεί μέσα σε πηνίο όταν διαρρέεται από ρεύμα έντασης I είναι $8J$. Αν το ρεύμα διπλασιαστεί τότε η ενέργεια θα γίνει

(α) $16J$

(β) $64J$

(γ) $32J$

► **B3.11** Διαθέτουμε ένα κομμάτι σύρμα μήκους $d=2m$ και θέλουμε να φτιάξουμε ένα πηνίο ίδιου μήκους ℓ με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο συντελεστή αυτεπαγωγής.

(α) Να το τυλίξουμε έτσι ώστε να έχει μεγάλη διάμετρο και λίγες σπείρες.

(β) Να το τυλίξουμε έτσι ώστε να έχει μικρή διάμετρο και πολλές σπείρες.

(γ) είναι το ίδιο όπως και να το τυλίξουμε.

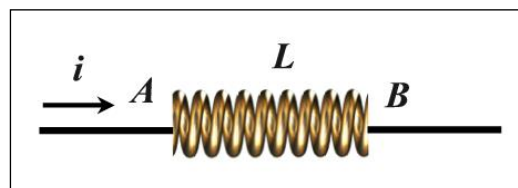
B3.12 Το πηνίο του σχήματος είναι ιδανικό, έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=0,02H$ και ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος που το διαρρέει είναι $di/dt=-5A/s$. Η φορά του I φαίνεται στο σχήμα.

Ποιες από τις ερωτήσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λανθασμένες και γιατί;

(α) Η πολικότητα της ΗΕΔ αυτεπαγωγής εμφανίζει τον θετικό πόλο, (+), στο άκρο Α.

(β) Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής έχει αλγεβρική τιμή $0,1V$.

(γ) Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου αυξάνεται.



B3.13 Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου όταν αυτό διαρρέεται από ρεύμα μέγιστης έντασης I είναι 10J . Μετά ανοίγει ο διακόπτης και το πηνίο μετατρέπει την ενέργειά του σε θερμότητα Joule μέσω αντιστάτη.

I. Αν η ένταση του ρεύματος υποδιπλασιαστεί, τότε η ενέργεια του πηνίου θα γίνει:

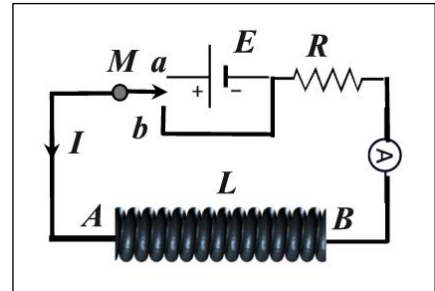
- (α) 5J (β) 2J (γ) $2,5\text{J}$

II. Η θερμότητα Joule που παράγεται μέχρι το ρεύμα να υποδιπλασιαστεί είναι:

- (α) 10J (β) $2,5\text{J}$ (γ) $7,5\text{J}$

•**B3.14** Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, η ΗΕΔ της ιδανικής πηγής είναι $E=12\text{V}$ και η μοναδική αντίσταση του κυκλώματος είναι η $R=2\Omega$. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι $L=2\text{mH}$. Ο μεταγωγός M κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$ στην επαφή **α**.

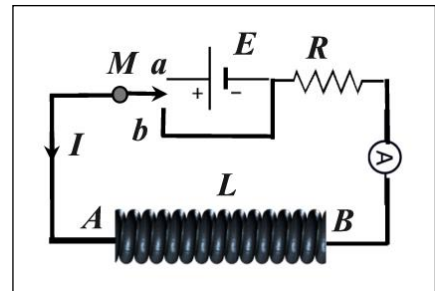
Να συμπληρώσετε τον πίνακα με τις τιμές της έντασης του ρεύματος i , της ΗΕΔ αυτεπαγωγής $E_{\text{αυτ}}$, της τάσης, V_R στα άκρα της αντίστασης, R και της ενέργειας U του μαγνητικού πεδίου του πηνίου που λείπουν



$i(\text{A})$	$E_{\text{αυτ}}(\text{V})$	$V_R(\text{V})$	$U(\text{J})$
0			
2			
	6		
		12	

•**B3.15** Στο κύκλωμα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, η ΗΕΔ της ιδανικής πηγής είναι $E=12\text{V}$ και η μοναδική αντίσταση του κυκλώματος είναι η $R=2\Omega$. Ο μεταγωγός M κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$ στην επαφή **α**.

I. Να συμπληρώσετε τα κενά στον πίνακα με τις τιμές της έντασης του ρεύματος i , της ισχύος P_E , που παρέχει η ηλεκτρική πηγή στο κύκλωμα, της ισχύος P_R που δαπανάται στην αντίσταση, και του ρυθμού ενέργειας P_π που απορροφά το πηνίο, υπό μορφή ενέργειας μαγνητικού πεδίου

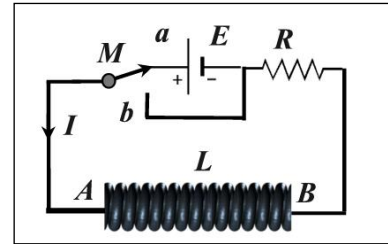


$i(\text{A})$	$P_E(\text{W})$	$P_R(\text{W})$	$P_\pi(\text{W})$
		0	
2			
3			
	48		
		72	

II. Η τιμή της έντασης του ρεύματος ώστε ο ρυθμός απορρόφησης της ενέργειας από το μαγνητικό πεδίο να είναι μέγιστος είναι

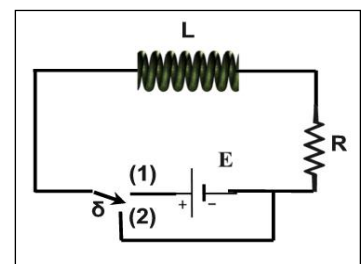
- (α) $i=2\text{ A}$ (β) $i=3\text{ A}$ (γ) $i=4\text{ A}$

●B3.16 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η πηγή είναι ιδανική με $E=12\text{V}$ και ο μοναδικός αντιστάτης του κυκλώματος είναι $R=2\Omega$. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι $L=2\text{mH}$. Ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ τον μεταγωγό στη θέση b . Να συμπληρώσετε τα κενά στον πίνακα που ακολουθεί.



$i(\text{A})$	$E_{\text{αυτ}}(\text{V})$	$V_R(\text{V})$	$P_R(\text{W})$	$P_{\Pi}(\text{W})$	$U(\text{mJ})$
6					
				32	
					4
	0				

B3.17 Όταν κλείνουμε το διακόπτη δ στην θέση (1) ο ρυθμός που το πηνίο απορροφάει ενέργεια μαγνητικού πεδίου είναι P_1 τη στιγμή που η ένταση του ρεύματος γίνεται το $1/3$ της μέγιστης τιμής της. Όταν ανοίγουμε τον διακόπτη δ στη θέση (2) ο ρυθμός με τον οποίο το πηνίο αποβάλλει την ενέργεια του για την ίδια ένταση του ρεύματος είναι P_2 . Η σχέση P_1, P_2 είναι

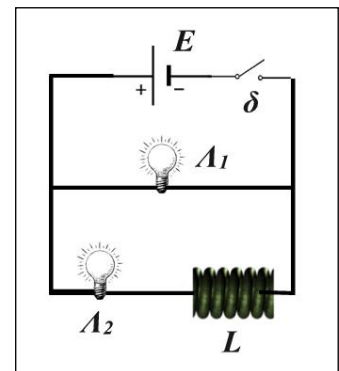


- (α) $P_1=P_2$ (β) $P_2=2P_1$ (γ) $P_1=2P_2$

► B3.18 Στο διπλανό κύκλωμα το ιδανικό πηνίο (χωρίς ωμική αντίσταση) συνδέεται σε σειρά με λαμπτήρα Λ_2 ενώ παράλληλα συνδέεται όμοιος λαμπτήρας Λ_1 .

I. Κλείνουμε το διακόπτη. Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστή; Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις.

- α. Και οι δύο αποκτούν μέγιστη φωτοβολία σχεδόν ακαριαία.
β. Ο λαμπτήρας Λ_1 αυξάνει τη φωτοβολία του σταδιακά, ενώ ο Λ_2 φωτοβολεί σταθερά αμέσως.
γ. Ο λαμπτήρας Λ_1 φωτοβολεί αμέσως σταθερά, ενώ η φωτοβολία του Λ_2 αυξάνεται σταδιακά μέχρι την ίδια τιμή με τον Λ_1 .

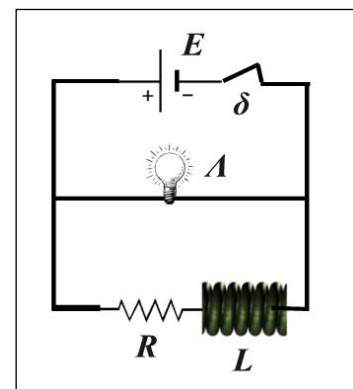


II. Ανοίγουμε τον διακόπτη. Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστή;

- α. Οι δύο λαμπτήρες σβήνουν σχεδόν αμέσως.
β. Ο λαμπτήρας Λ_1 συνεχίζει να φωτοβολεί ενώ ο Λ_2 σβήνει σταδιακά.
γ. Και οι δύο λαμπτήρες μειώνουν σταδιακά τη φωτοβολία τους μέχρι να σβήσουν.

► B3.19 Στο διπλανό κύκλωμα ο διακόπτης, δ , είναι κλειστός μεγάλο χρονικό διάστημα και τα ρεύματα είναι σταθερά. Αν ανοίξουμε το διακόπτη ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

- α. Στο πηνίο δημιουργείται ΗΕΔ αυτεπαγωγής που δίνει για λίγο χρόνο ρεύμα ίδιας φοράς με το ρεύμα που διέρρεε το πηνίο πριν ανοίξει ο διακόπτης.
β. Ο λαμπτήρας σβήνει σχεδόν ακαριαία.
γ. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου μετατρέπεται τελικά όλη σε θερμική.



δ. Αντιστάτης και λαμπτήρας διαρρέονται από ρεύματα αντίθετης φοράς.

ε. Ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας Joule στο κύκλωμα είναι ίδιος με τον αντίστοιχο ρυθμό που μειώνεται η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου.

●B3.20 Πηνίο αντίστασης R συνδέεται με ιδανική πηγή ΗΕΔ, E και μέχρι το ρεύμα να αποκατασταθεί το πηνίο απορροφά ενέργεια μαγνητικού πεδίου ίση $U=20J$. Αν κόψουμε το πηνίο στη μέση και το συνδέσουμε στο ίδιο κύκλωμα με την ίδια E , θα απορροφήσει ενέργεια

(α) 20J

(β) 40J

(γ) 10 J

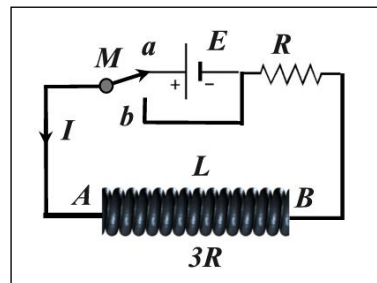
►B3.21 Πηνίο αμελητέας ωμικής αντίστασης τροφοδοτείται από ιδανική πηγή με ΗΕΔ E μέσω αντιστάτη ωμικής αντίστασης R . Η μέγιστη τιμή του ρυθμού αποθήκευσης ενέργειας μαγνητικού πεδίου στο πηνίο και η αντίστοιχη τιμή της έντασης του ρεύματος είναι

(α) $i=E/2R$, $P_{\pi,max}=E^2/4R$

(β) $i=E/2R$, $P_{\pi,max}=E^2/2R$

(γ) $i=E/R$, $P_{\pi,max}=E^2/4R$

►B3.22 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η πηγή είναι ιδανική με ΗΕΔ E , ο αντιστάτης έχει αντίσταση R , το πηνίο αντίσταση $3R$ και ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι L . Ο μεταγωγός M είναι αρχικά κλειστός στην επαφή a και το ρεύμα στο κύκλωμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Μεταφέρουμε την χρονική στιγμή $t=0$ τον μεταγωγό στη θέση b . Η θερμότητα Joule που εκλύεται στον αντιστάτη R από τη στιγμή $t=0$ μέχρι το μηδενισμό του ρεύματος είναι:



(α) $\frac{LE^2}{64R^2}$

(β) $\frac{LE^2}{32R^2}$

(γ) $\frac{LE^2}{128R^2}$

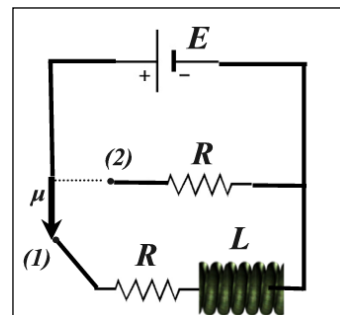
B3.23 Πηνίο αμελητέας ωμικής αντίστασης τροφοδοτείται από ιδανική πηγή με ΗΕΔ E μέσω αντιστάτη ωμικής αντίστασης R . Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης του ρεύματος (μεταγωγός στη θέση a) κάποια χρονική στιγμή η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου γίνεται ίση με $1/9$ της μέγιστης τιμής της. Εκείνη τη στιγμή η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου γίνεται ίση με

(α) $E/3$

(β) $2E/3$

(γ) $E/9$

►B3.24 Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή και το πηνίο δεν έχουν ωμική αντίσταση. Αρχικά ο μεταγωγός είναι κλειστός στη θέση (1) και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Τη χρονική στιγμή $t=0$ μεταφέρουμε τον μεταγωγό στη θέση (2). Τη στιγμή που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι το $1/4$ της μέγιστης τιμής της, ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος θα είναι

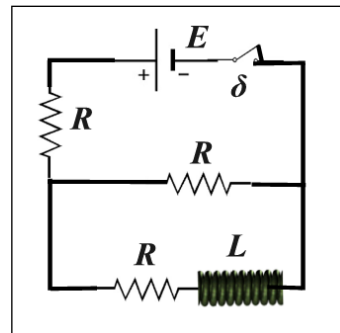


(α) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{L}$

(β) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{E}{L}$

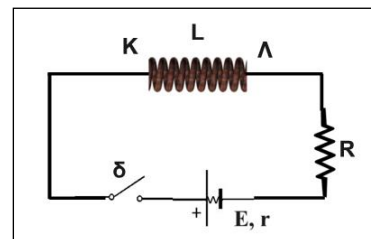
(γ) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{E}{2L}$

► **B3.25** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή και το πηνίο δεν έχουν ωμική αντίσταση. Αρχικά ο διακόπτης είναι κλειστός και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγουμε το διακόπτη. Τη στιγμή που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής της, ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος θα είναι



(α) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{E}{3L}$ (β) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{2E}{3L}$ (γ) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{E}{2L}$

B3.26 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή έχει ΗΕΔ ίση με E και εσωτερική αντίσταση r . Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο είναι ιδανικό. Ο διακόπτης, δ , κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$. Η μέγιστη τιμή της ενέργειας μαγνητικού πεδίου που αποθηκεύεται στο πηνίο είναι U . Κάποια χρονική στιγμή που το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής του, η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι ίση με

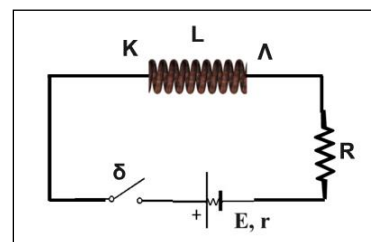


α. $3U/8$

β. $9U/16$

γ. $U/16$

B3.27 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή έχει ΗΕΔ ίση με E και εσωτερική αντίσταση $r=R$. Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο είναι ιδανικό. Ο διακόπτης, δ , κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$. Η μέγιστη τιμή της ενέργειας μαγνητικού πεδίου που αποθηκεύεται στο πηνίο είναι U_0 . Τη χρονική στιγμή που η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι $U_1=U_0/16$,



I. και η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος $|\Delta I/\Delta t|$ είναι

α. $3E/4L$

β. $E/3L$

γ. $2E/3L$

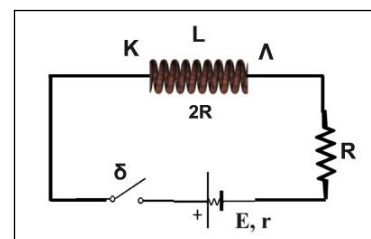
II. ο ρυθμός με τον οποίο αποθηκεύεται η ενέργεια μαγνητικού πεδίου στο πηνίο, υπολογίζεται από τη σχέση

α. $3E^2/32R$

β. $E^2/32R$

γ. $E^2/64R$

B3.28 Στο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα, η ηλεκτρική πηγή έχει ΗΕΔ ίση με E και εσωτερική αντίσταση $r=R$. Ο αντιστάτης έχει αντίσταση R και το πηνίο αντίσταση $2R$. Ο διακόπτης, δ , κλείνει την χρονική στιγμή $t=0$ και το ρεύμα αποκαθίσταται στη μέγιστη τιμή του I . Τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος έχει τιμή ίση με $i=I/2$ η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στα άκρα K, Λ του πηνίου είναι



α. είναι $3E/4$ με θετικό πόλο στο Λ .

β. είναι $E/2$ με θετικό πόλο στο K .

γ. είναι $3E/4$ με θετικό πόλο στο K .

δ. είναι $3E/8$ με θετικό πόλο στο Λ .

► **B3.29** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή και το πηνίο δεν έχουν ωμική αντίσταση. Οι αντιστάτες που φαίνονται στο κύκλωμα είναι $3R$ και R αντιστοίχως. Τη χρονική στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη.

I. Η μέγιστη τιμή της ενέργειας μαγνητικού πεδίου που αποθηκεύεται στο πηνίο είναι

α. $E^2L/3R^2$

β. $E^2L/2R^2$

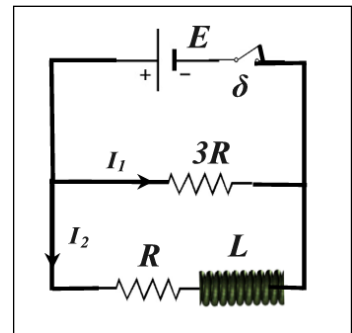
γ. $E^2L/9R^2$

II. Τη χρονική στιγμή που οι εντάσεις των ρευμάτων i_1 και i_2 στους κλάδους του κυκλώματος είναι ίσες η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο είναι

α. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2E}{3L}$

β. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{3L}$

γ. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{2L}$

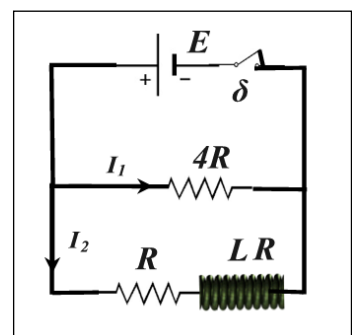


► **B3.30** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή είναι ιδανική, το πηνίο έχει αντίσταση R και οι αντιστάτες που φαίνονται στο κύκλωμα είναι R και $4R$ αντιστοίχως. Αρχικά ο διακόπτης είναι κλειστός και τα ρεύματα έχουν αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή τους και η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο πηνίο είναι U . Τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγουμε το διακόπτη. Κάποια χρονική στιγμή t_1 η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη $4R$ γίνεται ίση με την ένταση του ρεύματος που διέρρεε τον ίδιο αντιστάτη πριν ανοίξουμε το διακόπτη. Από τη χρονική στιγμή $t=0$ έως τη χρονική στιγμή t_1 η θερμότητα Joule που εκλύεται στους αντιστάτες του κυκλώματος είναι

α. $2U/3$

β. $U/3$

γ. $3U/4$



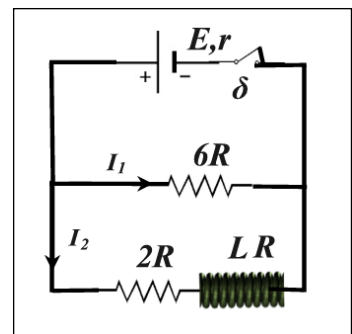
► **B3.31** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή έχει αντίσταση $r=2R$, το πηνίο έχει αντίσταση R και οι αντιστάτες που φαίνονται στο κύκλωμα είναι $2R$ και $6R$ αντιστοίχως. Αρχικά ο διακόπτης είναι κλειστός και τα ρεύματα έχουν αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή τους και η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο πηνίο είναι U . Τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγουμε το διακόπτη.

I. Τη χρονική στιγμή $t=0$, ο ρυθμός με τον οποίο το πηνίο παρέχει ενέργεια σε όλο το κύκλωμα είναι

α. $E^2/3R$

β. $4E^2/9R$

γ. $E^2/4R$



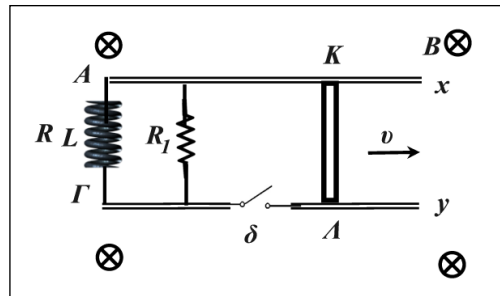
II. Από τη χρονική στιγμή $t=0$ που ανοίξαμε το διακόπτη μέχρι τη χρονική στιγμή που η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι $E/2L$, η θερμότητα που εκλύεται στους αντιστάτες του κυκλώματος συνολικά είναι

α. $U/3$

β. $U/9$

γ. $8U/9$

B3.32 Στο διπλανό κύκλωμα το πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής L και αντίσταση R , ο αντιστάτης έχει αντίσταση $R_1=3R$ και ο ευθύγραμμος αγωγός $ΚΛ$ αμελητέα αντίσταση. Αρχικά ο διακόπτης δ είναι ανοικτός και ο αγωγός $ΚΛ$ κινείται χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα v έχοντας πάντα επαφή με τις παράλληλες αγωγίμες ράγες αμελητέας αντίστασης στα K και Λ . Όλη η διάταξη είναι μέσα σε κάθετο ομογενές μαγνητικό πεδίο, B . Κάποια χρονική στιγμή κλείνουμε το διακόπτη δ και ασκούμε στον $ΚΛ$ κατάλληλη δύναμη F παράλληλη στις δύο ράγες ώστε να συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα, v . Σε χρονική διάρκεια $\Delta t_1=6L/R$ εκλύεται από τον αντιστάτη R_1 ποσό θερμότητας, Q_1 και στο τέλος αυτής της χρονικής διάρκειας το ρεύμα σταθεροποιείται σε όλους τους κλάδους του κυκλώματος.



I. Η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος στον κλάδο του πηνίου τη στιγμή που κλείσαμε το διακόπτη είναι

α. $Bv\ell/2L$

β. $Bv\ell/L$

γ. $Bv\ell/3L$

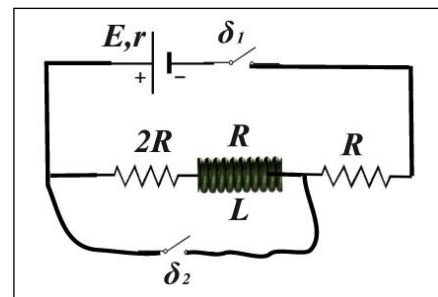
II. Στο τέλος της χρονικής διάρκειας Δt_1 ανοίγουμε το διακόπτη και μετά από χρόνο Δt_2 το ρεύμα στον κλάδο του πηνίου μηδενίζεται. Στη διάρκεια Δt_2 εκλύθηκε στον αντιστάτη R_1 ποσό θερμότητας Q_1' που είναι ίσο με

α. $3Q_1/16$

β. $3Q_1/4$

γ. $Q_1/2$

► **B3.33** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή έχει ΗΗΕΔ, E και εσωτερική αντίσταση $r=R$, το πηνίο έχει αντίσταση R και οι αντιστάτες που φαίνονται στο κύκλωμα είναι $2R$ και R αντιστοίχως. Αρχικά και οι δύο διακόπτες είναι ανοικτοί. Κάποια στιγμή κλείνουμε τον διακόπτη δ_1 οπότε η μέγιστη απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος είναι $|\Delta I_1/\Delta t|=k$. Στη συνέχεια ανοίγουμε το διακόπτη δ_1 και κλείνουμε το διακόπτη δ_2 . Μέχρι να μηδενιστεί το ρεύμα η μέγιστη τιμή του ρυθμού μεταβολής του ρεύματος είναι $|\Delta I_2/\Delta t|=\lambda$. Η σχέση των k και λ είναι



α. $\lambda=3k/5$

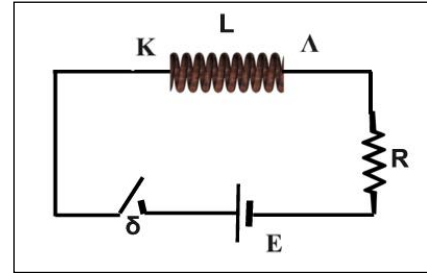
β. $\lambda=k$

γ. $\lambda=5/3k$

Γ ΘΕΜΑΤΑ

Γ3.1 Πηνίο μήκους $\ell=0,2\text{m}$, έχει εμβαδόν διατομής $A=2\cdot 10^{-3}\text{m}^2$, αποτελείται από $N=100$ σπείρες και περιέχει μεταλλικό πυρήνα με συντελεστή μαγνητικής διαπερατότητας $\mu=1000$. Αν το πηνίο διαρρέεται αρχικά από ρεύμα έντασης $i=2\text{A}$ και αντιστραφεί η φορά αυτού του ρεύματος σε χρόνο 2s , να υπολογιστούν:

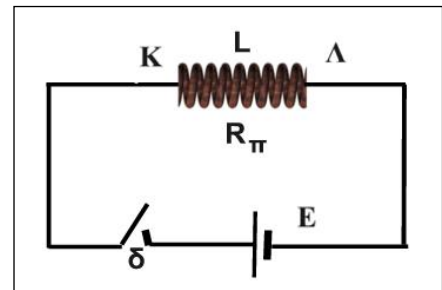
- Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου.
 - Η απόλυτη μέση τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου.
 - Η μεταβολή της ενέργειας μαγνητικού πεδίου του πηνίου στο χρονικό διάστημα των 2s .
- Δίνεται $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{N/A}^2$.



$\alpha. 4\pi \cdot 10^{-2} \text{H}, \beta. 8\pi \cdot 10^{-2} \text{V}, \gamma. 0$

Γ3.2 Πηνίο ωμικής αντίστασης $R_\pi=10\Omega$ συνδέεται με ιδανική πηγή $E=10\text{V}$ και κλείνει ο διακόπτης. Αν η ενέργεια που αποθηκεύεται στο πηνίο όταν σταθεροποιείται η ένταση του ρεύματος είναι $U=5\cdot 10^{-4}\text{J}$ να υπολογιστούν:

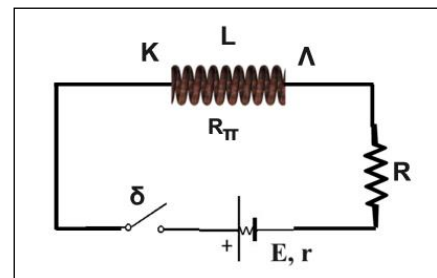
- Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου.
- Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης.
- Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος τη στιγμή που η ένταση του ρεύματος γίνεται $0,5\text{A}$.
- Η μέγιστη ενέργεια του μαγνητικού πεδίου που αποθηκεύεται στο πηνίο αν συνδεθεί σε σειρά με αυτό αντιστάτης ωμικής αντίστασης $R=10\Omega$ και το κύκλωμα τροφοδοτηθεί από την ίδια πηγή.



$\alpha. L=10^{-3}\text{H}, \beta. 10^4\text{A/s}, \gamma. 0,5\cdot 10^4\text{A/s}, \delta. U=1,25\cdot 10^{-4}\text{J}$

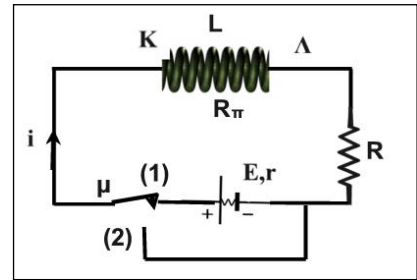
●**Γ3.3** Ανοικτό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$, με $N=10$ σπείρες και αντίσταση $R_\pi=2\Omega$, αντιστάτη αντίστασης $R=2\Omega$ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=10\text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r=1\Omega$. Κάποια στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη. Τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος γίνεται η μισή της μέγιστης τιμής της να υπολογιστούν:

- Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος
- Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου
- Οι ρυθμοί που αποθηκεύεται η ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου και εκλύεται η θερμότητα Joule σε όλο το κύκλωμα.
- Η διαφορά δυναμικού $V_{K\Lambda}$ στα άκρα του πηνίου.
- Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό του πηνίου



$\alpha. 2,5^4/\text{s}, \beta. U=1\text{J}, \gamma. P_\pi=P_J=5\text{J/s}, \delta. V_{K\Lambda}=7\text{V}, \epsilon. \Delta\Phi/\Delta t=-0,2\text{Wb/s}$

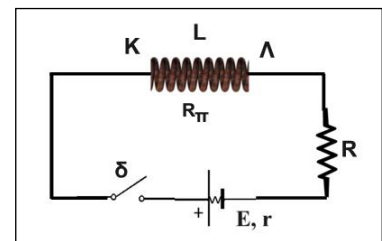
●Γ3.4 Κλειστό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$, με $N=10$ σπείρες και αντίσταση $R_{\pi}=2\Omega$, αντιστάτη αντίστασης $R=2\Omega$ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=10\text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r=1\Omega$. Η ένταση του ρεύματος είναι σταθερή ίση με I . Κάποια χρονική στιγμή $t=0$ ο μεταγωγός μ ανοίγει και μεταφέρεται ακαριαία από τη θέση (1) στη θέση (2). Τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος γίνεται $i=I/2$ να υπολογιστούν:



- Ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος
- Η μεταβολή της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου του πηνίου
- Οι ρυθμοί που μειώνεται η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου και εκλύεται η θερμότητα Joule σε όλο το κύκλωμα.
- Η διαφορά δυναμικού $V_{K\Lambda}$ στα άκρα του πηνίου.
- Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό του πηνίου

$\alpha. -2^4/\text{s}, \beta. \Delta U = -3\text{J}, \gamma. P_{\pi} = P_J = 4\text{J/s}, \delta. V_{K\Lambda} = -2\text{V}, \epsilon. \Delta\Phi/\Delta t = -0,4\text{ Wb/s}$

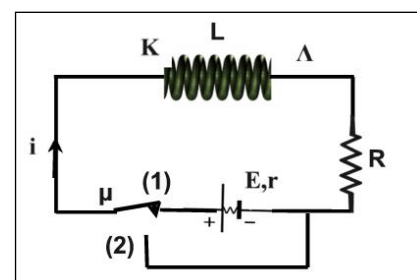
●Γ3.5 Ανοικτό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$, και αντίσταση $R_{\pi}=3\Omega$, αντιστάτη αντίστασης $R=2\Omega$ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=30\text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r=1\Omega$. Κάποια στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη.



- Να υπολογιστεί η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου τη χρονική στιγμή που ρυθμός παραγωγής θερμότητας στο αντιστάτη R είναι 8J/s
- Να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος τη χρονική στιγμή που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι 16J .
- Να υπολογιστεί ο ρυθμός με τον οποίο απορροφά ενέργεια το πηνίο τη χρονική στιγμή που η πολική τάση της πηγής είναι 27V .
- Να υπολογιστεί η διαφορά δυναμικού στα άκρα K, Λ του πηνίου τη στιγμή που η ΗΕΔ αυτεπαγωγής είναι ίση με 6V .

$\alpha. 18\text{V}, \beta. 3\text{A/s}, \gamma. 36\text{J/s}, \delta. 18\text{V}$

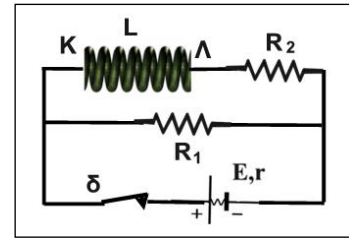
●Γ3.6 Κλειστό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής $L=0,02\text{H}$ με ωμική αντίσταση $R_{\pi}=2\Omega$ αντιστάτη αντίστασης $R=4\Omega$ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=32\text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r=2\Omega$. Ο μεταγωγός είναι κλειστός στην επαφή (1) και η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου είναι μηδενική.



- Να υπολογιστεί η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου. Μετακινούμε τον μεταγωγό στη θέση (2) τη χρονική στιγμή $t=0$.
- Να υπολογιστεί η θερμότητα Joule που εκλύεται στον αντιστάτη R από τη στιγμή $t=0$ έως τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος γίνεται 1A .
- Να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος τη χρονική στιγμή που ο ρυθμός μείωσης της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι 6J/s .
- Να υπολογιστεί η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής του πηνίου τη χρονική στιγμή που ο ρυθμός θερμότητας που εκλύεται στον αντιστάτη του πηνίου είναι 2J/s

$\alpha. U=0,16\text{J}, \beta. W_R=0,1\text{J}, \gamma. \Delta i/\Delta t = -300\text{A/s}, \delta. E_L=6\text{V}$

●Γ3.7 Ηλεκτρικό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής L , αμελητέας ωμικής αντίστασης, δύο αντιστάτες $R_1=4\Omega$ και $R_2=12\Omega$ διακόπτη δ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=32V$ και εσωτερική αντιστάτη $r=1\Omega$ στη σύνδεση που φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη και μετά από κάποιο χρόνο τα ρεύματα σταθεροποιούνται, στις τελικές τιμές τους



Τότε η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι ίση με $U=0,4J$.

α. Να υπολογιστούν οι σταθερές εντάσεις όλων των ρευμάτων.

β. Να υπολογιστεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου.

Αφού αποκατασταθούν οι τελικές τιμές των ρευμάτων ανοίγουμε τον διακόπτη δ .

γ. Να υπολογιστεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_1 τη στιγμή που ανοίγουμε τον διακόπτη και να καθοριστεί η φορά του.

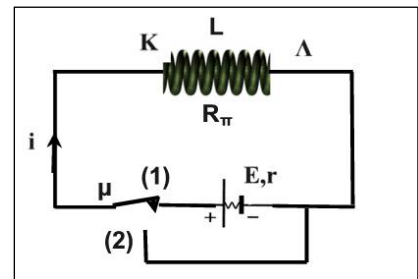
●δ. Τη θερμότητα Joule που εκλύθηκε από κάθε αντιστάτη από τη στιγμή που ανοίξαμε τον διακόπτη μέχρι να μηδενιστεί η ένταση του ρεύματος.

$$\alpha. 8 A, 6 A, 2 A, \beta. L=0,2H, \gamma. 2A, \delta. W_1=0,1J, W_2=0,3J$$

●Γ3.8 Κλειστό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2H$ με ωμική αντίσταση $R_\pi=5\Omega$ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=30 V$ και εσωτερική αντίσταση $r=1\Omega$. Ο μεταγωγός κλείνει το κύκλωμα στην επαφή (1).

Να υπολογιστούν

α. Η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος όταν η ένταση του ρεύματος είναι το μισό της μέγιστης τιμής του.



●β. Η τιμή της διαφοράς δυναμικού στα άκρα ΚΛ του πηνίου, όταν η ενέργεια μαγνητικού πεδίου είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής της.

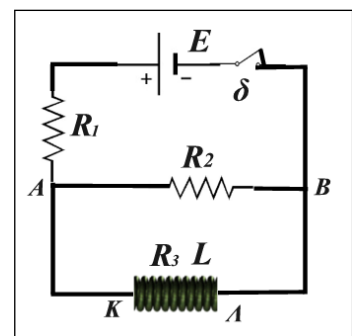
Όταν το ρεύμα έχει αποκατασταθεί μεταφέρουμε ακαριαία τον μεταγωγό στην επαφή (2) τη χρονική στιγμή $t=0$. Να υπολογιστούν

γ. Η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος όταν η ενέργεια μαγνητικού πεδίου είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής της.

δ. Η ΗΕΔ αυτεπαγωγής όταν η ένταση του ρεύματος είναι το μισό της αρχικής τιμής της ($t=0$).

$$\alpha. 7,5A/s, \beta. V_{KA}=27,5V, \gamma. 6,25^A/s, \delta. -12.5V$$

► Γ3.9 Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή είναι ιδανική και έχει ΗΕΔ ίση με $E=12V$. Οι αντιστάτες είναι $R_1=4\Omega$, $R_2=3\Omega$ και η αντίσταση του πηνίου, $R_3=6\Omega$. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι $L=2H$. Ο διακόπτης είναι κλειστός και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Να υπολογιστούν



α. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου.

Ανοίγουμε το διακόπτη τη χρονική στιγμή $t_0=0$. Να υπολογιστούν

β. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο και ο ρυθμός μεταβολής της έντασης, τη χρονική στιγμή $t_0=0$.

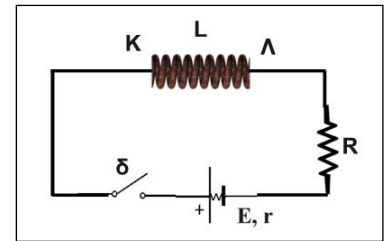
γ. Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος τη χρονική στιγμή t_1 που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής της.

δ. Η θερμότητα Joule που έχει εκλυθεί στο κύκλωμα από τη στιγμή $t_0=0$ έως τη t_1 .

●ε. Η διαφορά δυναμικού V_{KA} στα άκρα του πηνίου τη χρονική στιγμή t_1 .

$$\alpha. 4/9J, \beta. i=2/3A, \Delta i/\Delta t=-3A/s, \gamma. -1,5^A/s, \delta. 1/3J, \epsilon. V_{KA}= -1V$$

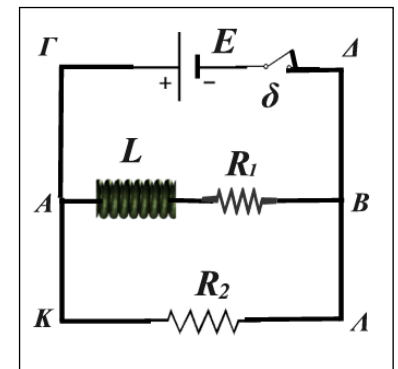
Γ3.10 Το κύκλωμα του σχήματος αποτελείται από πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης $E=40V$ και εσωτερικής αντίστασης $r=2\Omega$, ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=0,5H$ και αντιστάτη με αντίσταση $R=8\Omega$. Κάποια στιγμή κλείνουμε το διακόπτη του κυκλώματος. Να υπολογιστούν:



- Η τελική τιμή της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα
- Η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται από αυτεπαγωγή στο πηνίο τη στιγμή κατά την οποία το ρεύμα στο κύκλωμα αυξάνεται με ρυθμό $di/dt = 6A/s$.
- Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα και η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο πηνίο την ίδια στιγμή.
- Ο ρυθμός με τον οποίο αποθηκεύεται ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου την ίδια στιγμή.

α. 4 A, β. 3 V, γ. 3,7 A 3,42 J δ. 11,1 W

●**Γ3.11** Στο κύκλωμα του σχήματος είναι $E=12V$, $r=0$, $R_1=3\Omega$, $R_2=6\Omega$, $L=0,2H$. Αρχικά ο διακόπτης Δ είναι ανοιχτός και το κύκλωμα δε διαρρέεται από ρεύμα. Τη στιγμή $t_1=0$ κλείνει ο διακόπτης, δ.



- Να υπολογιστούν τα ρεύματα στο κύκλωμα i) αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη και ii) μετά από αρκετό χρόνο, όταν θα έχουν αποκατασταθεί οι τελικές τιμές.

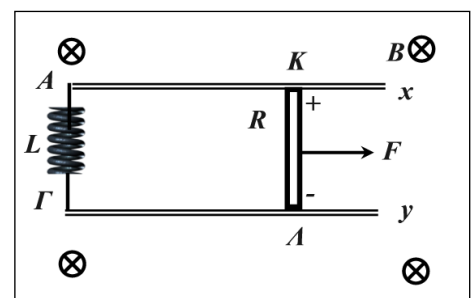
Αφού αποκατασταθούν οι τελικές τιμές των ρευμάτων, ανοίγουμε το διακόπτη τη χρονική στιγμή t_2 .

- Να καθορίσετε ποιοι κλάδοι του κυκλώματος εξακολουθούν να διαρρέονται από ρεύμα και να σχεδιάσετε τη φορά του ρεύματος και να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο και το ρυθμό μεταβολής του ρεύματος τη χρονική στιγμή που ανοίγει ο διακόπτης.

- Να υπολογίσετε τη θερμότητα που θα παραχθεί στις αντιστάσεις από τη στιγμή που ανοίγουμε το διακόπτη μέχρι να μηδενιστεί το ρεύμα στο πηνίο.

α) i) 0 και 2 A, ii) 4 A, 2 A, β. 4A, $-180^4/s$. γ. 1,6 J

► **Γ3.12** Οι δύο παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy αμελητέας αντίστασης συνδέονται στο ένα άκρο τους με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=1H$. Οι αγωγοί απέχουν απόσταση $\ell=1m$ και επάνω τους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΚΛ μήκους $\ell=1m$ και ωμικής αντίστασης $R=1\Omega$ και μάζας $m=0,4kg$ παραμένοντας συνεχώς κάθετη στους αγωγούς. Ολη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κάθετο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=0,5T$. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ εκτοξεύουμε την ΚΛ προς τα δεξιά με αρχική ταχύτητα v_0 παράλληλη προς τους αγωγούς Ax και Γy ενώ ταυτόχρονα ασκούμε και κατάλληλη δύναμη F έτσι ώστε το ρεύμα να μεταβάλλεται ως προς το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση $i=4+2t$ (SI).



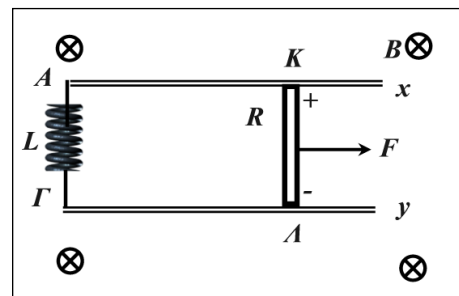
Να υπολογιστούν

- Η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ λόγω επαγωγής που αναπτύσσεται στο πηνίο.
- Η σχέση που δίνει την ταχύτητα του αγωγού ΚΛ συναρτήσει του χρόνου.
- Το μέτρο της επιτάχυνση του αγωγού ΚΛ και της αρχικής ταχύτητας της ράβδου.
- Οι ακόλουθοι ρυθμοί τη χρονική στιγμή $t=3s$:
 Δ_1 ο ρυθμός με τον οποίο προσφέρει ενέργεια η F στον αγωγό,
 Δ_2 ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας Joule στον αντιστάτη,
 Δ_3 ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΚΛ και

Δ4 ο ρυθμός αποθήκευσης ενέργειας στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου

$$A. 2V, B. v=12+4t \text{ (SI)} \quad \Gamma. a=4\text{m/s}^2, v_0=12\text{m/s.} \quad \Delta. P_F=158,4\text{J/s} \quad P_J=100\text{J/s}, \\ dK/dt=38,4\text{J/s}, P_\pi=20\text{J/s}$$

► **Γ3.13** Οι δύο παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy αμελητέας αντίστασης συνδέονται στο ένα άκρο τους με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=1\text{H}$. Οι αγωγοί απέχουν απόσταση $\ell=1\text{m}$ και επάνω τους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$ και ωμικής αντίστασης $R=2\Omega$ και μάζας $m=1\text{kg}$ παραμένοντας συνεχώς κάθετη στους αγωγούς. Όλη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κάθετο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=0,5\text{T}$. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ εκτοξεύουμε την ΚΛ προς τα δεξιά με αρχική ταχύτητα v_0 παράλληλη προς τους αγωγούς Ax και Γy ενώ ταυτόχρονα ασκούμε και δύναμη F η οποία μεταβάλλεται ως προς το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση $F=8+t$ (SI) και διατηρεί στη ράβδο σταθερή επιτάχυνση $a=8\text{m/s}^2$.

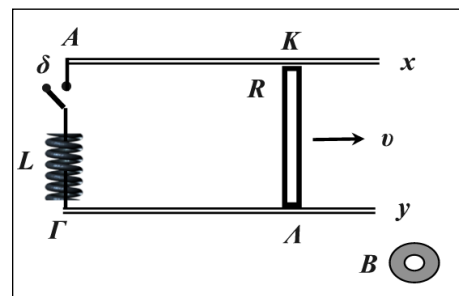


Να υπολογιστούν

- A. Η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ λόγω επαγωγής που αναπτύσσεται στο πηνίο.
 B. Η σχέση που δίνει την ταχύτητα του αγωγού ΚΛ σε συνάρτηση με το χρόνο.
 Γ. Το φορτίο που μετατοπίζεται στο κύκλωμα από $t=0$ έως $t=2\text{s}$.
 Δ. Ο ρυθμός με τον οποίο προσφέρει ενέργεια η F στον αγωγό, ο ρυθμός θερμότητας Joule στον αντιστάτη και ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας της ράβδου ΚΛ τη χρονική στιγμή $t=2\text{s}$.
 Ε. Ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας μαγνητικού πεδίου στο πηνίο και η ενέργεια μαγνητικού πεδίου τη χρονική στιγμή $t=2\text{s}$.

$$A. E_L=2V, B. v=4+8t \text{ (SI)}, \Gamma. q=4C, \Delta. P_F=200\text{J/s}, P_J=32\text{J/s}, dK/dt=160\text{J/s}, E. 8\text{J/s και } U=8\text{J}.$$

► **Γ3.14** Οι δύο παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy αμελητέας αντίστασης συνδέονται στο ένα άκρο τους με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$. Οι αγωγοί απέχουν απόσταση $\ell=2\text{m}$ και πάνω τους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΚΛ μήκους $\ell=2\text{m}$, ωμικής αντίστασης $R=4\Omega$ και μάζας $m=0,4\text{kg}$ παραμένοντας συνεχώς κάθετη στους αγωγούς. Όλη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κάθετο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=1\text{T}$ με φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

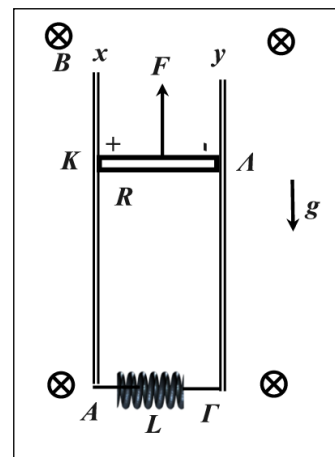


Αρχικά ο διακόπτης δ είναι ανοικτός και η ράβδος κινείται με σταθερή ταχύτητα $v=10\text{m/s}$. Κάποια στιγμή κλείνουμε τον διακόπτη δ και αναγκάζουμε τη ράβδο να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα $v=10\text{m/s}$ με την επίδραση κατάλληλης οριζόντιας δύναμης F στη ράβδο. Να υπολογιστούν:

- A. Η μέγιστη ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου.
 B. Η απόλυτη τιμή της ΗΕΔ αυτεπαγωγής που αναπτύσσεται στο πηνίο τη χρονική στιγμή που η ένταση του ρεύματος γίνεται ίση με $i_1=1\text{A}$.
 Γ. Το μέτρο της οριζόντιας δύναμης F που πρέπει να ασκούμε στη ράβδο τη χρονική στιγμή t_1 που ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα είναι $\Delta i/\Delta t=4\text{A/s}$.
 Δ. Οι ρυθμοί, που προσφέρει ενέργεια στη ράβδο η δύναμη F, παραγωγής θερμότητας Joule στην αντίσταση R και μεταβολής ενέργειας μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή t_1 .

$$A. 25\text{J}, B. 16\text{V}, \Gamma. 6\text{N}, \Delta. 60\text{J/s}, 36\text{J/s}, 24\text{J/s}$$

► **Γ3.15** Οι δύο κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί Αx και Γy αμελητέας αντίστασης συνδέονται στο ένα άκρο τους με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$. Οι αγωγοί απέχουν απόσταση $\ell=1\text{m}$ και επάνω τους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$, ωμικής αντίστασης $R=2\Omega$ και μάζας $m=0,2\text{kg}$ παραμένοντας συνεχώς κάθετη στους αγωγούς. Όλη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=1\text{T}$, με τη φορά που φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ εκτοξεύουμε τη ράβδο ΚΛ προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα v_0 παράλληλη προς τους αγωγούς Αx και Γy ενώ ταυτόχρονα ασκούμε κατάλληλη δύναμη F η οποία μεταβάλλεται ως προς το χρόνο έτσι ώστε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα να δίνεται από τη σχέση $I=5t$ (SI). Να υπολογιστούν



Α. Η αρχική ταχύτητα της ράβδου και η επιτάχυνση.

Β. Το φορτίο που μετατοπίζεται στο κύκλωμα από $t=0$ έως $t=2\text{s}$.

Γ. Ο ρυθμός μεταβολής της δύναμης F .

Δ. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή $t_1=2\text{s}$.

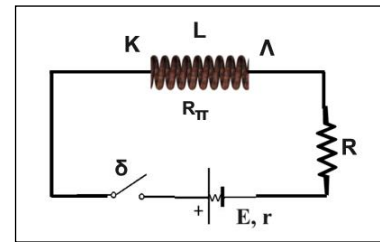
Ε. Τη χρονική στιγμή $t_1=2\text{s}$ να υπολογιστούν, ο ρυθμός με τον οποίο η δύναμη F προσφέρει ενέργεια στη ράβδο, ο ρυθμός μεταβολής κινητικής ενέργειας της ράβδου, ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας στην αντίσταση R , ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας μαγνητικού πεδίου του πηνίου και ο ρυθμός μεταβολής της δυναμικής ενέργειας βαρύτητας της ράβδου.

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$

Α. $v_0=10\text{m/s}$, $a=10\text{m/s}^2$, Β. 10C , Γ. 5N/s , Δ. 100J , Ε. 420J/s , 60J/s , 200J/s , 100J/s , 60J/s

ΛΥΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ στην ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

●S3.1 Ανοικτό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$, και αντίσταση $R_{\pi}=3\Omega$, αντιστάτη αντίστασης $R=2\Omega$ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=30\text{V}$ και εσωτερική αντίσταση $r=1\Omega$. Κάποια στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη.



Α. Να υπολογιστεί η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου τη χρονική στιγμή που ρυθμός παραγωγής θερμότητας στο αντιστάτη R είναι 8J/s .

Β. Να υπολογιστεί ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος τη χρονική στιγμή που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι 16J .

Γ. Να υπολογιστεί ο ρυθμός με τον οποίο απορροφά ενέργεια το πηνίο τη χρονική στιγμή που η πολική τάση της πηγής είναι 27V .

Δ. Να υπολογιστεί η διαφορά δυναμικού στα άκρα K, Λ του πηνίου τη στιγμή που η ΗΕΔ αυτεπαγωγής είναι ίση με 6V .

Ε. Για ποια τιμή της έντασης του ρεύματος ο ρυθμός με τον οποίο απορροφά ενέργεια το πηνίο γίνεται μέγιστος και ποια είναι η μέγιστη τιμή αυτού του ρυθμού;

Λύση

Α. $P_J = i^2 R \rightarrow i = \sqrt{\frac{P_J}{R}} \rightarrow i = 2\text{A}$

Η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι $R_{ολ} = r + R + R_{\pi} = 6\Omega$

Σύμφωνα με την κανόνα Lenz η $E_{αυτ}$ πρέπει να αντιστέκεται στην αύξηση του ρεύματος και γι αυτό παρουσιάζει το πηνίο (+) πόλο στο άκρο K Από το 2° κανόνα Κίρχοφ: $E - E_{αυτ} = i R_{ολ} \rightarrow E_{αυτ} = 18\text{V}$

Β. $U = \frac{1}{2} L i^2 \rightarrow i = \sqrt{\frac{2U}{L}} \rightarrow i = 4\text{A}$

Από το 2° κανόνα Κίρχοφ: $E - E_{αυτ} = i R_{ολ} \rightarrow E - L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = i R_{ολ} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 3\text{A/s}$

Γ. Από τη σχέση της πολικής τάσης: $V_{\pi} = E - i \cdot r \rightarrow i = 3\text{A}$

Από τη αρχή διατήρησης της ενέργειας στο κύκλωμα προκύπτει και η διατήρηση των ρυθμών ενέργειας δηλαδή η ισχύς της πηγής ισούται με την ισχύ που καταναλώνεται στους αντιστάτες και τον ρυθμό ενέργειας που απορροφά το πηνίο ως ενέργεια μαγνητικού πεδίου. Συνεπώς

$P_E = P_J + P_{\pi} \rightarrow P_{\pi} = E i - i^2 R_{ολ} \rightarrow P_{\pi} = 36\text{J/s}$

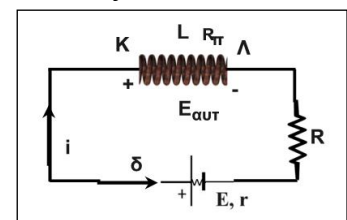
Δ. Από το 2° κανόνα Κίρχοφ υπολογίζω πρώτα την ένταση του ρεύματος

$$E - E_{αυτ} = i R_{ολ} \rightarrow i = \frac{E - E_{αυτ}}{R_{ολ}} \rightarrow i = 4\text{A}$$

Σύμφωνα με την κανόνα Lenz η $E_{αυτ}$ πρέπει να αντιστέκεται στην αύξηση

του ρεύματος και γι αυτό παρουσιάζει το πηνίο (+) πόλο στο άκρο K . Από το 2° κανόνα Κίρχοφ από το K στο Λ μέσω της πηγής έχουμε: $V_{K\Lambda} - E + i(r + R) \rightarrow V_{K\Lambda} = E - i(R + r) \rightarrow V_{K\Lambda} = 18\text{V}$

● Διαφορετικά μέσω του πηνίου $V_{K\Lambda} - |E_{αυτ}| - i R_{\pi} \rightarrow V_{K\Lambda} = |E_{αυτ}| + i R_{\pi} = 6\text{V} + 4 \cdot 3\text{V} \rightarrow V_{K\Lambda} = 18\text{V}$



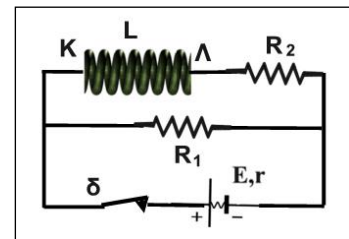
Ε. Από τη διατήρηση της ισχύος: $P_E = P_J + P_{\pi} \rightarrow P_{\pi} = E i - i^2 R_{ολ} \rightarrow i^2 R_{ολ} - E i + P_{\pi} = 0$

Για να έχει η εξίσωση πραγματικές ρίζες για το i πρέπει η διακρίνουσα να είναι

$\Delta \geq 0 \rightarrow E^2 - 4 R_{ολ} P_{\pi} \rightarrow P_{\pi} \leq \frac{E^2}{4 R_{ολ}}$. Άρα η μέγιστη τιμή είναι $P_{\pi, \max} = \frac{E^2}{4 R_{ολ}} \rightarrow P_{\pi, \max} = 150\text{J/s}$

Όταν όμως $\Delta = 0$ η εξίσωση έχει μια διπλή ρίζα και συνεπώς $i = \frac{E}{2 R_{ολ}} \rightarrow i = \frac{30\text{V}}{12\Omega} \rightarrow i = 2,5\text{A}$

●S3.2 Ηλεκτρικό κύκλωμα περιλαμβάνει πηνίο συντελεστή αυτεπαγωγής L , αμελητέας ωμικής αντίστασης, δύο αντιστάτες $R_1=4\Omega$ και $R_2=12\Omega$ διακόπτη δ και ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ $E=32V$ και εσωτερική αντιστάτη $r=1\Omega$ στη σύνδεση που φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη και μετά από κάποιο χρόνο τα ρεύματα σταθεροποιούνται, στις τελικές τιμές τους. Τότε η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι ίση με $U=0,4J$.



A. Να υπολογιστούν οι σταθερές εντάσεις όλων των ρευμάτων.

B. Να υπολογιστεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου.

Αφού αποκατασταθούν οι τελικές τιμές των ρευμάτων ανοίγουμε τον διακόπτη δ .

Γ. Να υπολογιστεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_1 τη στιγμή που ανοίγουμε τον διακόπτη και να καθοριστεί η φορά του.

Δ. Τη θερμότητα Joule που εκλύθηκε από κάθε αντιστάτη από τη στιγμή που ανοίξαμε τον διακόπτη μέχρι να μηδενιστεί η ένταση του ρεύματος.

Λύση

A. $R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow R_{1,2} = 3\Omega$.

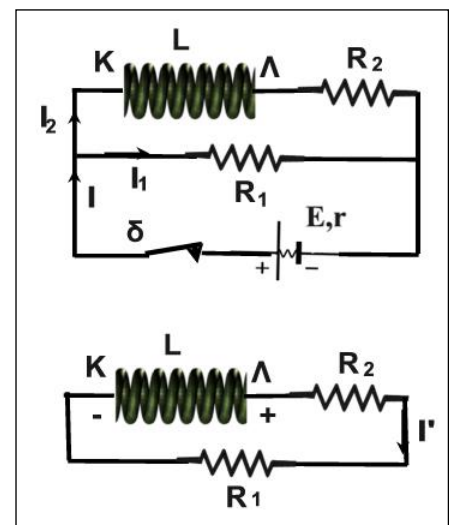
Άρα η ολική αντίσταση $R_{ολ} = r + R_{1,2} \rightarrow R_{ολ} = 4\Omega$

$I = \frac{E}{R_{ολ}} \rightarrow I = 8A$ και $V_{ΚΛ} = E - I \cdot r \rightarrow V_{ΚΛ} = 24V$

$I_1 = \frac{V_{ΚΛ}}{R_1} \rightarrow I_1 = 6A$ και $I_2 = I - I_1 \rightarrow I_2 = 2A$

B. Για την ενέργεια του ΜΠ του πηνίου $U = \frac{1}{2}LI_2^2 \rightarrow L = 0,2H$

Γ. Όταν ανοίγουμε το διακόπτη τότε δημιουργείται ένας βρόχος και ένα ρεύμα έντασης I' του οποίου η φορά και η τιμή εκείνη τη στιγμή είναι ίδια με αυτή του I_2 πριν ανοίξει ο διακόπτης. Στη συνέχεια το I' μειώνεται εκθετικά και μηδενίζεται. Στα άκρα του πηνίου εμφανίζεται ΗΕΔ αυτεπαγωγής $E_{αυτ}$ η οποία προσπαθεί να διατηρήσει το ρεύμα I_2 που λόγω έλλειψης πηγής μειώνεται. Και γι αυτό η $E_{αυτ}$ παρουσιάζει (+) πόλο στο Λ . Άρα τη στιγμή του ανοίγματος $I' = 2A$ και η φορά φαίνεται στο σχήμα



Δ. Η ενέργεια του ΜΠ του πηνίου μετατρέπεται σταδιακά σε ηλεκτρική και τελικά σε θερμότητα Joule στους αντιστάτες. Σύμφωνα με την ΑΔΕ $U = W = 0,4J \rightarrow W_1 + W_2 = 0,4J$ (1)

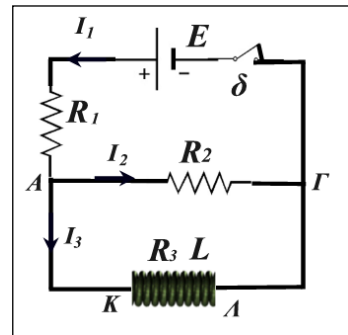
Οι αντιστάτες διαρρέονται από κοινό ρεύμα I' που μειώνεται εκθετικά.

Προσοχή !!! το ρεύμα δεν είναι σταθερό άρα για να βρούμε τη θερμότητα σε κάθε αντιστάτη πρέπει:

$$W_1 = \int_0^t I'^2 R_1 dt \quad \text{και} \quad W_2 = \int_0^t I'^2 R_2 dt \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{\int_0^t I'^2 R_1 dt}{\int_0^t I'^2 R_2 dt} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3} \rightarrow W_2 = 3W_1 \quad (2)$$

Από (1)(2) $\rightarrow 4W_1 = 0,4 \rightarrow W_1 = 0,1J$ και $W_2 = 0,3J$

S3.3 Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή είναι ιδανική και έχει ΗΕΔ ίση με $E=12V$. Οι αντιστάτες είναι $R_1=2\Omega$, $R_2=3\Omega$ και η αντίσταση του πηνίου, $R_3=6\Omega$. Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι $L=2H$. Ο διακόπτης είναι κλειστός και το ρεύμα έχει αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή του. Να υπολογιστούν



Α. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου.

Ανοίγουμε το διακόπτη τη χρονική στιγμή $t_0=0$. Να υπολογιστούν

Β. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο και ο ρυθμός μεταβολής της έντασης, τη χρονική στιγμή $t_0=0$.

Γ. Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος τη χρονική στιγμή t_1 που η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι το $\frac{1}{4}$ της μέγιστης τιμής της.

Δ. Η θερμότητα Joule που έχει εκλυθεί στο κύκλωμα από τη στιγμή $t_0=0$ έως τη t_1 .

Ε. Η διαφορά δυναμικού V_{KL} στα άκρα του πηνίου τη χρονική στιγμή t_1 .

Λύση

Με το κλείσιμο του διακόπτη εμφανίζεται στα άκρα Κ και Λ του πηνίου ΗΕΔ αυτεπαγωγής και τα ρεύματα του κυκλώματος αυξάνονται εκθετικά μέχρι να σταθεροποιηθούν στις μέγιστες τιμές τους. Τότε η ΗΕΔ αυτεπαγωγής μηδενίζεται, αλλά το πηνίο λόγω του ρεύματος I_3 έχει αποθηκευμένη μέγιστη ενέργεια μαγνητικού πεδίου

Α. Για την αντίσταση του κυκλώματος $R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \rightarrow R_{2,3} = 2\Omega$ και $R_{ολ} = R_1 + R_{2,3} \rightarrow R_{ολ} = 4\Omega$

Για τα μέγιστα ρεύματα: $I_1 = \frac{E}{R_{ολ}} \rightarrow I_1 = 3 \text{ A}$.

$$V_{AB} = I_1 \cdot R_{2,3} \rightarrow V_{AB} = 6V$$

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} \rightarrow I_2 = 2A \text{ και } I_3 = \frac{V_{AB}}{R_3} \rightarrow I_3 = 1A.$$

Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου είναι: $U = \frac{1}{2} L I_3^2 \rightarrow U = 1J$

Β. Με το άνοιγμα του διακόπτη δημιουργείται και πάλι στα άκρα του πηνίου ΗΕΔ αυτεπαγωγής που τώρα προσπαθεί να συντηρήσει το ρεύμα I_3 και έτσι παρουσιάζει (+) πόλο στο Λ. Το ρεύμα διαρρέει το πηνίο και τον αντιστάτη R_2 . Τη στιγμή $t=0$ που ανοίγει ο διακόπτης από το νόμο του Κίρχοφ έχουμε:

$$E_{αυτ} - i(R_2 + R_3) = 0 \rightarrow -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = I_3(R_2 + R_3) \rightarrow \frac{\Delta i}{\Delta t} = -4,5A/s$$

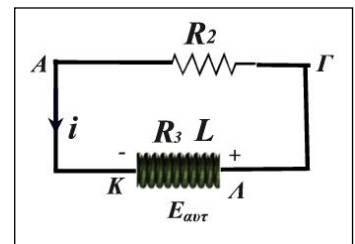
Γ. Όταν $U = \frac{1}{4} U_0 \rightarrow \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} L I_3^2 \rightarrow i = 0,5A$

$$E_{αυτ} - i(R_2 + R_3) = 0 \rightarrow -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = i(R_2 + R_3) \rightarrow \frac{\Delta i}{\Delta t} = -2,25A/s$$

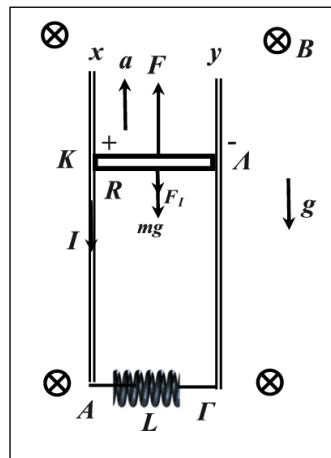
Δ. Από $t=0$ έως $t=t_1$ η ενέργεια γίνεται από U_0 , σε $\frac{1}{4} U_0$ και η απώλεια εκλύεται στο αντιστάτες R_2 και R_3 ως θερμότητα δηλαδή $W = |\Delta U| = |U_0 - \frac{1}{4} U_0| \rightarrow W = 0,75J$

Ε. Όταν $i = \frac{1}{2} I_3 = 0,5A$ από τον κανόνα Κίρχοφ από το Κ στο Λ στη διαδρομή ΚΑΓΛ έχουμε

$$V_{KL} + iR_2 = 0 \rightarrow V_{KL} = -0,5 \cdot 3 \rightarrow V_{KL} = -1,5V$$



S3.4 Οι δύο κατακόρυφοι παράλληλοι αγωγοί Ax και Γy αμελητέας αντίστασης συνδέονται στο ένα άκρο τους με ιδανικό πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=2\text{H}$. Οι αγωγοί απέχουν απόσταση $\ell=1\text{m}$ και επάνω τους μπορεί να ολισθαίνει χωρίς τριβές ομογενής και ισοπαχής ράβδος ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$, ωμικής αντίστασης $R=2\Omega$ και μάζας $m=0,2\text{kg}$ παραμένοντας συνεχώς κάθετη στους αγωγούς. Όλη η διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=1\text{T}$, με τη φορά που φαίνεται στο σχήμα. Τη χρονική στιγμή $t_0=0$ εκτοξεύουμε τη ράβδο ΚΛ προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα v_0 παράλληλη προς τους αγωγούς Ax και Γy ενώ ταυτόχρονα ασκούμε κατάλληλη δύναμη F η οποία μεταβάλλεται ως προς το χρόνο έτσι ώστε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα να δίνεται από τη σχέση $i=5t$ (SI). Να υπολογιστούν



A. Η αρχική ταχύτητα της ράβδου και η επιτάχυνση.

B. Το φορτίο που μετατοπίζεται στο κύκλωμα από $t=0$ έως $t=2\text{s}$.

Γ. Ο ρυθμός μεταβολής της δύναμης F .

Δ. Η ενέργεια μαγνητικού πεδίου του πηνίου τη χρονική στιγμή $t_1=2\text{s}$.

Ε. Τη χρονική στιγμή $t_1=2\text{s}$ να υπολογιστούν, ο ρυθμός με τον οποίο η δύναμη F προσφέρει ενέργεια στη ράβδο, ο ρυθμός μεταβολής κινητικής ενέργειας της ράβδου, ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας στην αντίσταση R , ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας μαγνητικού πεδίου του πηνίου και ο ρυθμός μεταβολής της δυναμικής ενέργειας βαρύτητας της ράβδου.

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$

Λύση

A. Το ρεύμα είναι της μορφής $I=5t$ και συνεπώς $di/dt=5\text{A/s}$. Άρα η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου θα είναι $|E_{\text{αυτ}}|=L \cdot di/dt \rightarrow |E_{\text{αυτ}}|=10\text{V}$. Στα άκρα της ράβδου ΚΛ επάγεται επαγωγική ΗΕΔ λόγω της κίνησής της στο ΜΠ της μορφής $E_{\text{ΚΛ}}=Bv\ell$.

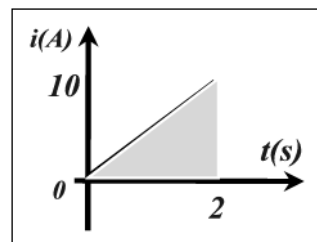
Από το 2° νόμο Κίρχοφ: $E_{\text{ΚΛ}} - |E_{\text{αυτ}}| = iR \rightarrow Bv\ell - |E_{\text{αυτ}}| = iR$ (1)

Από τον 2° νόμο: $\Sigma F = ma \rightarrow F - mg - F_L = ma \rightarrow F - mg - Bi\ell = ma$ (2)

Από την (1) με αντικατάσταση των δεδομένων $\rightarrow v - 10 = 10t \rightarrow v = 10 + 10t$ (SI)

Άρα η ταχύτητα είναι της μορφής: $v = v_0 + at$ οπότε $v_0 = 10\text{m/s}$ και $a = 10\text{m/s}^2$

B. Από τη μορφή της έντασης $i=5t$ (SI) υπολογίζω το διερχόμενο επαγωγικό φορτίο από τη γραφική παράσταση για χρονικό διάστημα $0 \leq t \leq 2\text{s}$. Το φορτίο ισούται αριθμητικά με το εμβαδόν του εδαφίου μεταξύ γραφικής παράστασης και χρόνου, δηλαδή του τριγώνου άρα $q=10\text{C}$.



Γ. Η μορφή της δύναμης F : Από την (2) $\rightarrow F - mg - Bi\ell = ma \rightarrow F = 4 + 5t$ (SI)

Άρα ο ρυθμός μεταβολής της δύναμης είναι $\Delta F / \Delta t = 5\text{A/s}$

Δ. Για $t=2\text{s}$ η ένταση του ρεύματος είναι $i=5t=10\text{A}$ και η ενέργεια ΜΠ του πηνίου

$$U = \frac{1}{2} Li^2 \rightarrow U = 100\text{J}$$

Ε. Για τους ρυθμούς ενέργειας: Για $t=2\text{s}$ είναι $I=10\text{A}$ και $F=14\text{N}$ και $v=30\text{m/s}$. Άρα

Ο ρυθμός έργου της F :

$$P_F = F \cdot v \rightarrow P_F = 420\text{J/s}$$

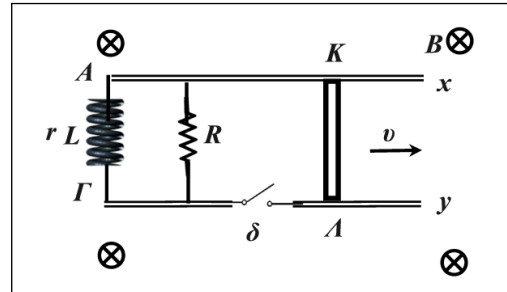
Ο ρυθμός θερμότητας Joule:

$$P_J = I^2 R \rightarrow P_J = 200\text{J/s}$$

Ο ρυθμός αύξησης της δυναμικής ενέργειας βαρύτητας: $|P_{mg}| = \Delta U_{βαρ} / \Delta t = mgv = 60 \text{ J/s}$
 Ο ρυθμός μεταβολής κιν. Ενέργειας: $dK/dt = \Sigma F \cdot v = ma \cdot v = 60 \text{ J/s}$
 Ο ρυθμός αύξησης της ενέργειας ΜΠ: $dU_L/dt = P_L = |E_{avt}| \cdot I = 100 \text{ J/s}$

Προφανώς και λόγω της ΑΔΕ: $P_F = P_J + |P_{mg}| + dK/dt + dU_L/dt$

S3.5 Στο διπλανό κύκλωμα το πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής $L=1\text{H}$ και αντίσταση $r=1\Omega$, ο αντιστάτης έχει αντίσταση $R=2\Omega$ και ο ευθύγραμμος αγωγός ΚΛ μήκος $\ell=1\text{m}$ και αμελητέα αντίσταση. Αρχικά ο διακόπτης δ είναι ανοικτός και ο αγωγός ΚΛ κινείται χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα $v=2\text{m/s}$ έχοντας πάντα επαφή με τις παράλληλες αγωγίμες ράγες αμελητέας αντίστασης στα Κ και Λ. Όλη η διάταξη είναι μέσα σε κάθετο ομογενές μαγνητικό πεδίο, $B=1\text{T}$. Κάποια χρονική στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη δ και ασκούμε στον ΚΛ κατάλληλη δύναμη F παράλληλη στις δύο ράγες ώστε να συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα, v . Σε χρονική διάρκεια $\Delta t_1=6\text{s}$ εκλύεται από τον αντιστάτη R ποσό θερμότητας, Q_1 και στο τέλος αυτής της χρονικής διάρκειας το ρεύμα σταθεροποιείται σε όλους τους κλάδους του κυκλώματος.



Να υπολογιστούν

A. Ο ρυθμός μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο τη χρονική στιγμή $t=0$.

B. Η θερμότητα Q_1 που εκλύεται στη R και η ενέργεια U που αποθηκεύει το πηνίο, στη διάρκεια Δt_1 .

Γ. Μόλις το ρεύμα αποκατασταθεί ανοίγουμε ακαριαία τον διακόπτη. Πόση θερμότητα εκλύεται στον κάθε έναν από τους δύο αντιστάτες, r και R , από τη στιγμή που άνοιξε ο διακόπτης μέχρι να μηδενιστεί το ρεύμα.

Λύση

A. Όταν κλείνει ο διακόπτης η ΗΕΔ που επάγεται στα άκρα Κ,Λ είναι $E=Bv\ell=2\text{V}$ και διατηρείται σταθερή. Αυτή τροφοδοτεί το παράλληλο κύκλωμα αντιστάτη R και πηνίου, (r, L) . Άρα το πηνίο τροφοδοτείται από την τάση $V_{KL}=E=2\text{V}$, αφού η ΚΛ δεν έχει αντίσταση. Από τον δεύτερο κανόνα Κιρχοφ στον κλάδο (ΚΑΓΛΚ)

$$E - E_L - I_2 r = 0 \rightarrow E - L \frac{\Delta i}{\Delta t} - I_2 r = 0 \quad (1) \quad \text{Τη χρονική στιγμή όμως } t=0 \text{ το}$$

ρεύμα είναι $I=0$, άρα και το $I_2=0$ οπότε $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{E}{L} = 2\text{A/s}$

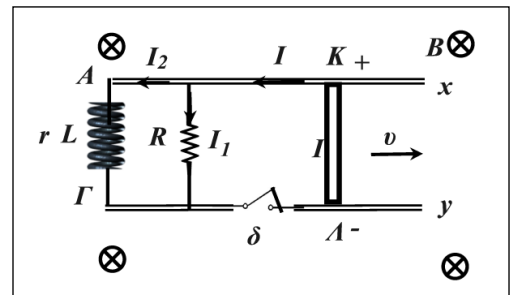
B. Το ρεύμα I_1 που διαρρέει την αντίσταση R είναι σταθερό εξ αρχής και ίσο με $I_1 = E/R = 1\text{A}$. Άρα η θερμότητα που εκλύεται θα είναι $Q_1 = I_1^2 R \cdot \Delta t_1 = 12\text{J}$.

Η μέγιστη ενέργεια που αποθηκεύει το πηνίο αντιστοιχεί στο μέγιστο ρεύμα που το διαρρέει και είναι $I_{2\max} = E/r = 2\text{V}/1\Omega = 2\text{A}$ οπότε $U = \frac{1}{2} L \cdot I_{2\max}^2 \rightarrow U = 2\text{J}$.

Γ. Το άνοιγμα του διακόπτη βγάζει την ΗΕΔ από το παιχνίδι. Όμως η ενέργεια U του μαγνητικού πεδίου του πηνίου τώρα μετατρέπεται σταδιακά σε θερμότητα στους δύο αντιστάτες.

$$U = Q = Q_r + Q_R$$

$$\frac{Q_r}{Q_R} = \frac{\Sigma I^2 r dt}{\Sigma I^2 R dt} = \frac{r}{R} = \frac{1}{2} \rightarrow Q_R = 2Q_r \quad \text{Άρα: } 3Q_r = U = 2\text{J} \rightarrow Q_r = 2/3\text{J} \text{ και } Q_R = 4/3\text{J}$$



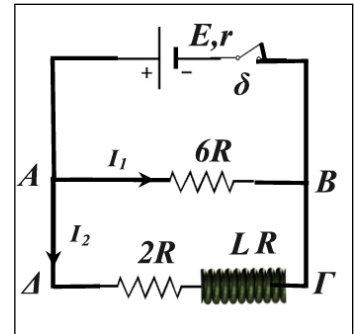
► **S3.6** Στο διπλανό κύκλωμα η πηγή έχει αντίσταση $r=2R$, το πηνίο έχει αντίσταση R και οι αντιστάτες που φαίνονται στο κύκλωμα είναι $2R$ και $6R$ αντιστοίχως. Αρχικά ο διακόπτης είναι κλειστός και τα ρεύματα έχουν αποκατασταθεί στη μέγιστη τιμή τους και η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο πηνίο είναι U . Τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγουμε το διακόπτη.

I. Τη χρονική στιγμή $t=0$, ο ρυθμός με τον οποίο το πηνίο παρέχει ενέργεια σε όλο το κύκλωμα είναι

α. $E^2/3R$

β. $4E^2/9R$

γ. $E^2/4R$



II. Από τη χρονική στιγμή $t=0$ που ανοίξαμε το διακόπτη μέχρι τη χρονική στιγμή που η απόλυτη τιμή του ρυθμού μεταβολής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι $E/2L$, η θερμότητα που εκλύεται στους αντιστάτες του κυκλώματος συνολικά είναι

α. $U/3$

β. $U/9$

γ. $8U/9$

Απάντηση: (γ), (γ)

I. Αρχικά υπολογίζω όλα τα ρεύματα με το διακόπτη κλειστό. Η εξωτερική αντίσταση του κυκλώματος είναι

$$R_{εξ} = \frac{3R \cdot 6R}{3R + 6R} = 2R \quad \text{και} \quad R_{ολ} = r + R_{εξ} = 2R + 2R = 4R. \quad \text{Άρα} \quad I = E/R_{ολ} = E/4R \quad \text{και η τάση στα } A, B \text{ είναι η}$$

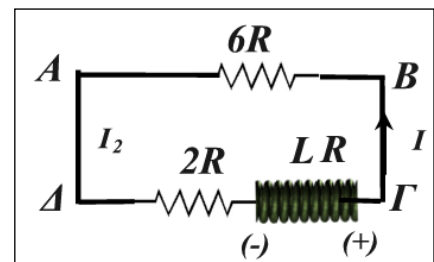
$$\text{πολική τάση της πηγής δηλαδή } V_{AB} = I \cdot R_{εξ} = \frac{E}{4R} \cdot 2R = E/2.$$

Άρα τα επιμέρους ρεύματα είναι:

$$I_1 = V_{AB}/6R \rightarrow I_1 = E/12R \quad \text{και} \quad I_2 = V_{AB}/3R \rightarrow I_2 = E/6R.$$

Η μέγιστη ενέργεια του πηνίου θα είναι $U = \frac{1}{2} L I_2^2 \rightarrow$

$$U = \frac{L \cdot E^2}{72R^2} \quad (1)$$



Ανοίγει ο διακόπτης και τη στιγμή $t=0$ ο βρόχος $AB\Gamma\Delta A$ διαρρέεται από το ρεύμα $I_2 = E/6R$ που διέρρεε το πηνίο πριν ανοίξει ο διακόπτης. Επειδή το ρεύμα αυτό αρχίζει να πέφτει το η ΗΕΔ αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου εμφανίζει την πολικότητα που βλέπουμε στο σχήμα ώστε να στηρίξει το ρεύμα αυτό. Πως; Μετατρέποντας την ενέργεια μαγνητικού πεδίου σε ηλεκτρική και τελικά σε θερμότητα στους αντιστάτες. Ο ρυθμός της ενέργειας που γίνεται θερμότητα στις δύο αντιστάσεις του κυκλώματος θα είναι

$$P = I_2^2 \cdot R_{AB\Gamma\Delta A} = (E/6R)^2 \cdot 9R \rightarrow P_J = E^2/4R$$

II. Από το 2° κανόνα Κίρχοφ στο βρόχο $A\Delta\Gamma B A$:

$$E_{αυτ} - I \cdot 9R = 0 \rightarrow L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| - 9 \cdot IR = 0 \rightarrow L \cdot \frac{E}{2L} = 9 \cdot IR \rightarrow I = E/18R$$

$$\text{Άρα εκείνη τη στιγμή η ενέργεια που απομένει στο πηνίο θα είναι } U' = \frac{1}{2} L I^2 \rightarrow U' = \frac{L E^2}{648 R^2} \quad (2)$$

Από (1)(2) βλέπουμε ότι αυτή είναι $U' = U/9$ και συνεπώς το $8U/9$ που λείπει έχει γίνει θερμότητα.