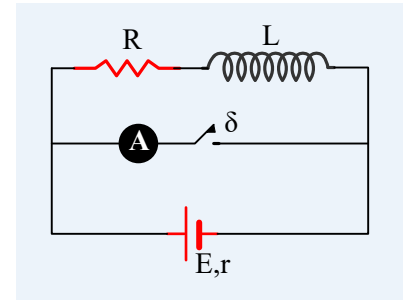


Αυτεπαγωγή και κανόνες του Kirchhoff.

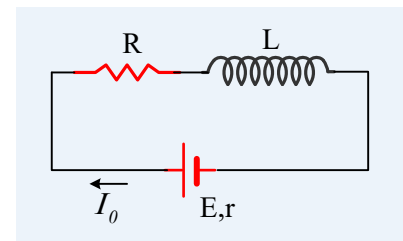
Για το κύκλωμα του διπλανού σχήματος δίνονται $E=10V$, $r=1\Omega$, $R=1,5\Omega$, το ιδανικό πηνίο έχει αυτεπαγωγή $L=2mH$, το αμπερόμετρο είναι ιδανικό και ο διακόπτης ανοικτός για μεγάλο χρονικό διάστημα.



- i) Να βρεθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, καθώς και η ενέργεια του μαγνητικού του πεδίου.
- ii) Σε μια στιγμή $t=0$, κλείνουμε το διακόπτη δ . Για αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη, να βρεθούν:
 - α) η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο καθώς και ο ρυθμός μεταβολής της έντασης αυτής.
 - β) Η ένδειξη του αμπερομέτρου.
- iii) Ποια η ελάχιστη και ποια η μέγιστη ένδειξη του αμπερομέτρου;
- iv) Αν τη στιγμή $t_1=2s$ έχει σταθεροποιηθεί η ένδειξη του αμπερομέτρου, να υπολογιστεί η θερμότητα που εκλύεται στην αντίσταση R και στην εσωτερική αντίσταση r της πηγής, από 0-2s.

Απάντηση:

- i) Με ανοικτό το διακόπτη, έχουμε το κύκλωμα του διπλανού σχήματος, όπου η ένταση I_0 του ρεύματος είναι σταθερή, αφού μιλάμε για μεγάλο χρονικό διάστημα, που το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα, οπότε στο πηνίο δεν έχουμε ΗΕΔ από αυτεπαγωγή.



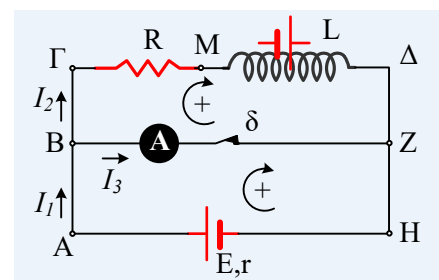
$$I_0 = \frac{E}{R+r} = \frac{10V}{1,5\Omega + 1\Omega} = 4A$$

Ενώ στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου έχει αποθηκευτεί ενέργεια:

$$U_0 = \frac{1}{2}LI_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4^2 J = 0,016J$$

- ii) Κλείνοντας το διακόπτη, έχουμε το κύκλωμα του σχήματος, όπου έχουν σημειωθεί οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους τρεις κλάδους του κυκλώματος.

- α) Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα $I_2=I_0=4A$, αφού λόγω αυτεπαγωγής, το πηνίο δεν «επιτρέψει» τις απότομες μεταβολές της έντασης. Εφαρμόζουμε το 2° κανόνα του Kirchhoff στον βρόχο ΒΓΔΖΒ παίρνουμε:



$$E_{avt} = i_2 R \rightarrow -L \frac{di}{dt} = I_2 R \rightarrow$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{I_2 R}{L} = -\frac{4 \cdot 1,5}{2 \cdot 10^{-3}} A/s = -3.000 A/s$$

β) Αντίστοιχα στο βρόχο ABZHA, παίρνουμε:

$$E = i_1 r \rightarrow I_1 = \frac{E}{r} = \frac{10V}{1\Omega} = 10A$$

Όποιος αναγνωρίζει στην τελευταία εξίσωση το νόμο του Ohm και το ρεύμα βραχυκύκλωσης... καλά κάνει και μπράβο του!!!

Ενώ εφαρμόζοντας τον 1^ο κανόνα του Kirchhoff στο κόμβο B, παίρνουμε:

$$I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow I_3 = I_1 - I_2 = 10A - 4A = 6A$$

iii) Μετά το κλείσιμο του διακόπτη, η πηγή διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης 10A, αφού τότε είναι η ένταση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Αντίθετα η ένταση του ρεύματος i_2 που διαρρέει το πηνίο θα μειώνεται μέχρι να μηδενιστεί. Αλλά τότε από την εξίσωση $I_1 = I_2 + I_3$ προκύπτει ότι η ένδειξη του αμπερομέτρου γίνεται ελάχιστη και ίση με 6A, όπως βρήκαμε παραπάνω, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη, ενώ η μέγιστη ένταση θα είναι 10A, όταν μηδενιστεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

iv) Αν τη στιγμή $t_1=2s$ έχει σταθεροποιηθεί η ένδειξη του αμπερομέτρου στην τιμή 10 A, αυτό σημαίνει ότι δεν έχουμε πια φαινόμενα αυτεπαγωγής, το πηνίο δεν διαρρέεται από ρεύμα, ενώ όλη η αρχικά αποθηκευμένη ενέργεια στο μαγνητικό του πεδίο, έχει μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα.

Αλλά σε ποιο κύκλωμα; Είναι φανερό ότι η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή καθορίζει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R, πάνω στην οποία η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.

Αν προτιμάτε μπορείτε να δείτε ισοδύναμα το «κύκλωμα»-βρόχο του σχήματος. Άρα:

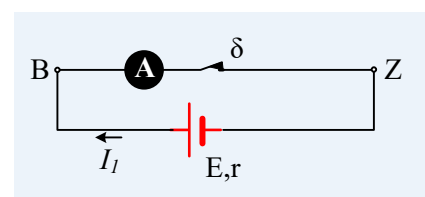
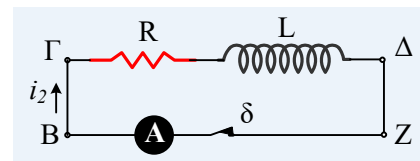
$$Q_{R,ολ} = U_0 = 0,016J$$

Ενώ η ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα στην εσωτερική αντίσταση r , δίνεται από το νόμο του Joule:

$$Q_{r,ολ} = I_1^2 r t = 10^2 \cdot 1 \cdot 2J = 200J$$

Προφανώς ίση με την ενέργεια που προσφέρει στο κύκλωμα η πηγή E, το οποίο (κύκλωμα) μπορούμε να «δούμε» και με τη μορφή του διπλανού σχήματος:

$$W = EI_1 t = 10 \cdot 10 \cdot 2J = 200J$$



dmargaris@gmail.com