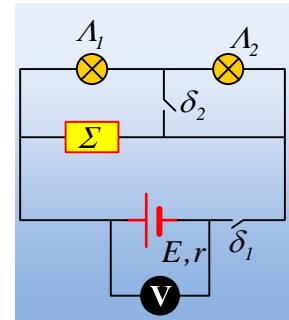


Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στο κύκλωμα του σχήματος οι δυο διακόπτες δ_1 και δ_2 είναι ανοικτοί και το ιδανικό βολτόμετρο δείχνει ένδειξη 100V. Οι δυο λαμπτήρες έχουν στοιχεία κανονικής λειτουργίας (40V,80W).



- i) Κλείνουμε το διακόπτη δ_1 . Ποιος λαμπτήρας θα φωτοβολήσει πρώτος ο Λ_1 ή ο Λ_2 ;

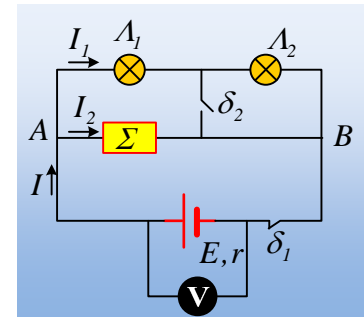
Αν οι λαμπτήρες, οι οποίοι θεωρούνται αντιστάτες, λειτουργούν κανονικά, όπως κανονικά λειτουργεί και η συσκευή Σ , η οποία καταναλώνει ισχύ $P=240W$:

- ii) Ποια είναι τώρα η ένδειξη του βολτομέτρου;
 iii) Να βρεθεί η εσωτερική αντίσταση της πηγής.
 iv) Ποιο ποσοστό της ενέργειας που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, μεταφέρεται στη συσκευή Σ ;
 v) Κλείνουμε και το διακόπτη δ_2 .
 α) Τι θα συμβεί με τις φωτοβολίες των δύο λαμπτήρων;
 β) Η συσκευή Σ θα συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά ή όχι;

Να δικαιολογήστε αναλυτικά τις απαντήσεις σας στα δυο παραπάνω ερωτήματα.

Απάντηση:

- i) Μόλις κλείσουμε το διακόπτη, όλα τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στο κλειστό κύκλωμα θα δεχτούν δύναμη από το ηλεκτρικό πεδίο και θα επιταχυνθούν. Συνεπώς όλο το κύκλωμα θα διαρρέεται από ρεύμα και οι δύο λαμπτήρες θα ανάψουν ταυτόχρονα.
 ii) Πριν κλείσουμε το διακόπτη η τάση, η τάση στους πόλους της πηγής είναι ίση με την ΗΕΔ. Άρα $E=100V$.
 Μόλις κλείσουμε το διακόπτη η ένδειξη του βολτομέτρου είναι:



$$V_v = V_{AB} = V_{A1} + V_{A2} = 40V + 40V = 80V$$

- iii) Οι δυο λαμπτήρες φωτοβολούν κανονικά, συνεπώς διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I_1 , όπου:

$$P_A = V_A I_1 \rightarrow I_1 = \frac{P_A}{V_A} = \frac{80W}{40V} = 2A$$

Εξάλλου και η συσκευή Σ λειτουργεί κανονικά, οπότε $I_2 = \frac{P_\Sigma}{V_\Sigma} = \frac{240W}{80V} = 3A$

Αλλά τότε από τον 1^ο κανόνα του Kirchhoff παίρνουμε:

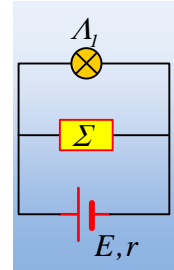
$$I = I_1 + I_2 = 2A + 3A = 5A.$$

$$\text{Αλλά τότε για την πολική τάση της πηγής } V_{\pi}=E-Ir \rightarrow r = \frac{E - V_v}{I} = \frac{100V - 80V}{5A} = 4\Omega.$$

- iv) Η ενέργεια που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα σε χρονικό διάστημα t , είναι $W_1=E \cdot I \cdot t$. Στο ίδιο χρονικό διάστημα η ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά η συσκευή (μετατρέποντάς την σε άλλη ή άλλες μορφές) είναι $W_{\Sigma}=P_{\Sigma} \cdot t$, οπότε το ζητούμενο ποσοστό θα είναι:

$$\pi = \frac{W_{\Sigma}}{W_E} 100\% = \frac{P_{\Sigma} t}{E I t} 100\% = \frac{P_{\Sigma}}{E I} 100\% = \frac{240}{100 \cdot 5} 100\% = 48\%$$

- v) α) Μόλις κλείσουμε το διακόπτη δ_2 ο λαμπτήρας Λ_2 βραχυκυκλώνεται, οπότε η τάση στα άκρα του μηδενίζεται και σταματά να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, με αποτέλεσμα να σβήσει. Αλλά τότε το κύκλωμα μετατρέπεται ισοδύναμα, στο διπλανό κύκλωμα. Τι θα κάνει ο λαμπτήρας Λ_1 ; Μπορεί να συνεχίσει να είναι η τάση στα άκρα του 40V;



$$\text{Έστω ότι } V_1 = V_{\text{πολ}} = 40V \text{ τότε } I' = \frac{E - V_v}{r} = \frac{100V - 40V}{4\Omega} = 15A.$$

Αλλά για να συμβεί αυτό θα πρέπει η συσκευή, με μικρότερη τάση στα άκρα της, να διαρρέεται από πολύ μεγαλύτερη ένταση ρεύματος (από 3A σε 13A), πράγμα άτοπο. Μπορεί να μην γνωρίζουμε τι είναι η συσκευή, αλλά δεν μπορεί όταν μειώνεται η τάση της να αυξάνεται η ένταση του ρεύματος, αφού τότε η ισχύς της $P=V \cdot I=50V \cdot 13A=650W$, θα αυξανόταν. Δηλαδή θα είχαμε μια συσκευή να υπερλειτουργεί με τάση μικρότερη από την τάση κανονικής λειτουργίας της!

Συνεπώς η πολική τάση θα έχει τιμή μεγαλύτερη από 40V και ο λαμπτήρας Λ_1 κινδυνεύει να καεί.

- β) Έστω ότι η συσκευή Σ λειτουργεί κανονικά, με τάση στα άκρα της $V_{\pi}=80V$, ενώ διαρρέεται από ρεύμα έντασης 3 A. Το θέμα είναι έχει καεί ο λαμπτήρας Λ_1 ;

$$\beta_1) \text{ Ο λαμπτήρας } \delta_1 \text{ δεν έχει καεί, ενώ έχει αντίσταση } P = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{40^2}{80} \Omega = 20\Omega$$

$$\text{Τότε ο λαμπτήρας διαρρέεται από ρεύμα } I'_1 = \frac{V_{\pi}}{R} = \frac{80V}{20\Omega} = 4A. \text{ (προφανώς υπερλειτουργεί...)}$$

Αλλά τότε $V_{\pi}=E-I_{\text{ολ}}r=100V-7 \cdot 5V=65V$, άτοπο, αφού υποθέσαμε ότι η συσκευή λειτουργεί κανονικά, με τάση στα άκρα της 80V!

- $\beta_2)$ Ο λαμπτήρας έχει καεί, ενώ η συσκευή λειτουργεί κανονικά σε $V_{\Sigma}=80V$ και $I=3A$.

Τότε η πολική τάση της πηγής, ίση με την τάση στα άκρα της συσκευής είναι:

$$V_{\pi}=E-Ir=100V=100V-3 \cdot 5V=85V$$

Και πάλι άτοπο, αφού υποθέσαμε ότι η τάση της συσκευής θα ήταν 80V.

Άρα και στις δύο περιπτώσεις η συσκευή δεν λειτουργεί πια κανονικά.