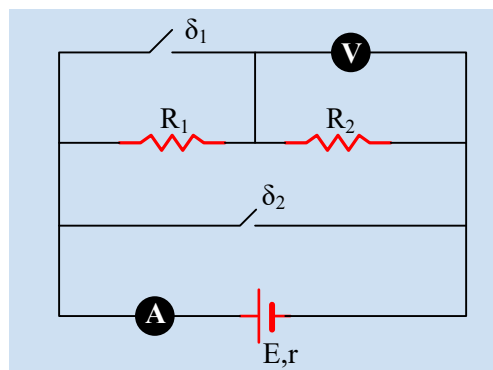


Κλείνοντας έναν - έναν τους διακόπτες.

Στο κύκλωμα του διπλανού σχήματος, οι διακόπτες είναι ανοικτοί, τα όργανα ιδανικά, ενώ δίνονται για την πηγή, ΗΕΔ $E=20V$ και $r=2\Omega$, ενώ οι δυο αντιστάτες έχουν αντιστάσεις $R_1=5\Omega$ και $R_2=3\Omega$.



A) Να βρεθούν οι ενδείξεις των δύο οργάνων (αμπερομέτρου και βολτομέτρου), καθώς και η ισχύς της πηγής, στις εξής περιπτώσεις:

- i) Οι διακόπτες είναι ανοικτοί.
- ii) Ο διακόπτης δ_1 είναι κλειστός και ο δ_2 ανοικτός.
- iii) Και οι δύο διακόπτες είναι κλειστοί.

B) Ένα φορτίο $|q|=3C$ περνά από την πηγή. Πόση ενέργεια κερδίζει από την πηγή και πόση ενέργεια, το ίδιο φορτίο, αποδίδει με τη μορφή της θερμότητας περνώντας από την αντίσταση R_2 ; Θεωρείστε το παραπάνω φορτίο θετικό, δουλεύοντας με την συμβατική φορά του ρεύματος. Να εξετασθεί το ερώτημα και για τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις i), ii) και iii).

Απάντηση:

A) Παρακάτω, θα σχεδιάσουμε διαφορετικά σχήματα, δίνοντας κάθε φορά το κύκλωμα, όπως μετασχηματίζεται, μετά το κλείσιμο κάποιου διακόπτη, για ευκολότερη μελέτη.

- i) Με τους διακόπτες ανοικτούς το κύκλωμα είναι αυτό του διπλανού σχήματος όπου οι αντιστάτες συνδέονται σε σειρά και διαρρέονται από ρεύμα έντασης I_1 . Από το νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα βρίσκουμε:

$$I_1 = \frac{E}{R_{\text{eq}} + r} = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} = \frac{20V}{5\Omega + 3\Omega + 2\Omega} = 2A$$

Αυτή θα είναι και η ένδειξη του ιδανικού αμπερομέτρου.

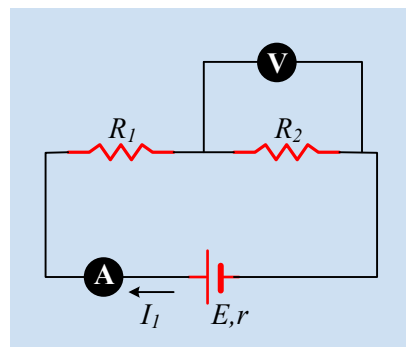
Το βολτόμετρο μας δείχνει την τάση που επικρατεί στα άκρα της αντίστασης R_2 , οπότε από το νόμο του Ohm βρίσκουμε:

$$I_1 = \frac{V_{v1}}{R_2} \rightarrow V_{v1} = I_1 R_2 = 2A \cdot 3\Omega = 6V$$

Ενώ η ισχύς την οποία παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, είναι ίση:

$$P_1 = EI_1 = 20V \cdot 2A = 40W$$

- ii) Κλείνοντας τον διακόπτη δ_1 (ο δ_2 παραμένει ανοικτός), η αντίσταση R_1 βραχυκυκλώνεται και δεν διαρρέεται από ρεύμα, πράγμα που είναι ισοδύναμο με να αφαιρείται η R_1 από το κύκλωμα. Αλλά τότε στην



πραγματικότητα έχουμε το κύκλωμα του διπλανού σχήματος, το οποίο διαρρέεται από ρεύμα έντασης I_2 . Ξανά με την ίδια λογική με παραπάνω, θα έχουμε:

$$I_2 = \frac{E}{R_{\text{εξ}} + r} = \frac{E}{R_2 + r} = \frac{20V}{3\Omega + 2\Omega} = 4A$$

Αυτή θα είναι και η ένδειξη του αμπερομέτρου. Το βολτόμετρο μετρά ξανά την τάση στα άκρα της αντίστασης R_2 (αλλά και την πολική τάση της πηγής...):

$$I_2 = \frac{V_{v2}}{R_2} \rightarrow V_{v2} = I_2 R_2 = 4A \cdot 3\Omega = 12V$$

Και η ισχύς την οποία παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, είναι ίση:

$$P_2 = EI_2 = 20V \cdot 4A = 80W$$

- iii) Όταν κλείσουμε το διακόπτη δ_2 και ανεξάρτητα τι κάνει ο διακόπτης δ_1 (ανοικτός – κλειστός) η πηγή βραχυκυκλώνεται και το κύκλωμα μετατρέπεται σε αυτό του διπλανού σχήματος (το υπόλοιπο μέρος δεν διαρρέεται από ρεύμα και ...δεν υπάρχει!!!). Τότε:

$$I_3 = I_\beta = \frac{E}{r} = \frac{20V}{2\Omega} = 10A$$

Ενώ προφανώς αφού η αντίσταση R_2 δεν διαρρέεται από ρεύμα, η ένδειξη του βολτομέτρου είναι μηδενική.

Τέλος για την αντίστοιχη ισχύ της πηγής, θα έχουμε:

$$P_3 = EI_3 = 20V \cdot 10A = 200W$$

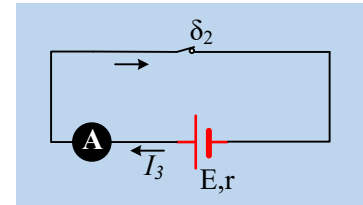
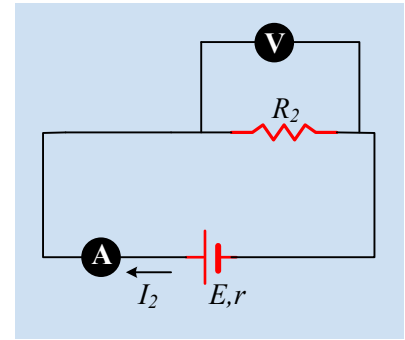
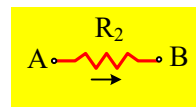
- B) Προφανώς τα φορτία τα οποία μετακινούνται στο κύκλωμα είναι ελεύθερα ηλεκτρόνια, όπου η πηγή τα μεταφέρει από τον θετικό της πόλο στον αρνητικό, αυξάνοντας την δυναμική τους ενέργεια. Όμως αυτό δεν μας ενδιαφέρει αφού θα δουλέψουμε θεωρώντας την συμβατική φορά του ρεύματος, υποθέτοντας κίνηση θετικού φορτίου. Έτσι από τον ορισμό της ηλεκτρεγερτικής δύναμης της πηγής παίρνουμε:

$$E = \frac{W}{q} \rightarrow$$

$$W_E = qE = 3C \cdot 20V = 60J$$

Όπου W η ενέργεια που προσφέρει η πηγή στα φορτία και τελικά στο κύκλωμα. Το αποτέλεσμα αυτό είναι το ίδιο και για τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις, αφού δεν εξαρτάται από το τι υπάρχει στο κύκλωμα.

Εξάλλου όταν ο αντιστάτης R_2 διαρρέεται από κάποιο ρεύμα, μεταφέρεται φορτίο q από το άκρο του A στο άκρο του B και στη διάρκεια αυτής της μετακίνησης, το ηλεκτρικό πεδίο παράγει έργο πάνω στο κινούμενο φορτίο, ίσο με:



$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = qV_2$$

Το παραπάνω έργο μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται στον αντιστάτη και η οποία τελικά εμφανίζεται με τη μορφή, της θερμότητας, σύμφωνα με το φαινόμενο Joule. Έτσι θα έχουμε, για τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις:

$$Q_{\theta 1} = qV_{v1} = 3C \cdot 6V = 18J$$

$$Q_{\theta 2} = qV_{v2} = 3C \cdot 12V = 36J$$

Ενώ στην περίπτωση του βραχυκυκλώματος (3^η περίπτωση) δεν περνάει φορτίο από τον αντιστάτη με αντίσταση R_2 συνεπώς δεν θερμαίνεται και $Q_{\theta 3} = 0$.

Και ένα πρόσθετο ερώτημα, πρόταση του Θοδωρή Παπασγουρίδη:

Σε ποια από τις τρεις περιπτώσεις η πηγή αποδίδει στο φορτίο των $3C$ συντομότερα, την ενέργεια που υπολογίστηκε;

dmargaris@gmail.com