

Ηλεκτρεγερτική δύναμη

Συσκευές (όπως π.χ. μία μπαταρία, ή μία γεννήτρια) που προκαλούν διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος ονομάζονται “πηγές ηλεκτρεγερτικής δύναμης” (ΗΕΔ).

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας μπαταρίας, \mathcal{E} , είναι η μέγιστη δυνατή τάση που μπορεί να παρέχει η μπαταρία μεταξύ των πόλων της (πολική τάση).

Ο όρος ΗΕΔ δεν υποδηλώνει κάποια ασκούμενη δύναμη, αλλά την ενέργεια που παρέχει η μπαταρία (και που είναι αναγκαία για την κίνηση φορτίων).

Εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας

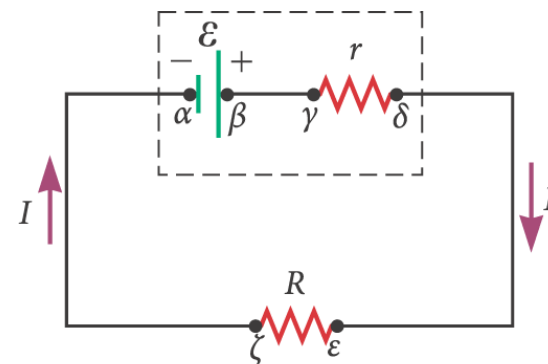
Οι πραγματικές μπαταρίες έχουν κάποια εσωτερική αντίσταση r , με αποτέλεσμα η πολική τάση να είναι

$$\Delta V = \mathcal{E} - Ir.$$

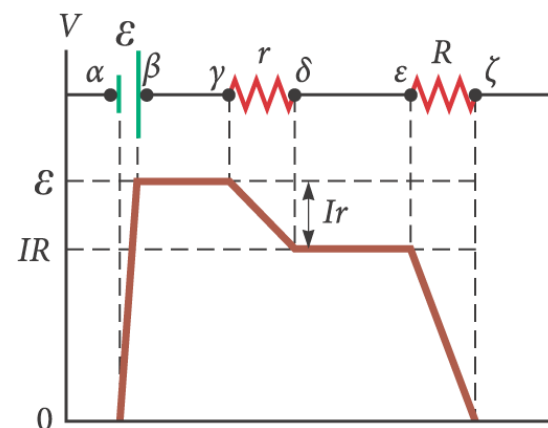
Η ΗΕΔ αντιστοιχεί στην τάση που επικρατεί όταν το κύκλωμα είναι ανοιχτό. Η ΗΕΔ είναι η τάση που αναγράφεται επάνω σε κάθε μπαταρία.

Η πραγματική διαφορά δυναμικού που επικρατεί μεταξύ των πόλων της μπαταρίας εξαρτάται από το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα.

Καθώς «παλιώνει» η μπαταρία, η εσωτερική της αντίσταση αυξάνεται, με αποτέλεσμα η ισχύς που μπορεί να παρέχει σε οποιοδήποτε εξωτερικό αντιστάτη να ελαττώνεται.



α



β

Ισχύς

Η συνολική ισχύς που παρέχει η μπαταρία στο κύκλωμα είναι: $P = I\varepsilon$

Αυτή η ισχύς αποδίδεται τόσο στην εξωτερική αντίσταση (I^2R) όσο και στην εσωτερική (I^2r): $P = I^2R + I^2r$

- Η μπαταρία δεν παρέχει πάντα το ίδιο ρεύμα, αφού το ρεύμα που διαρρέει ένα κύκλωμα εξαρτάται από την αντίσταση που είναι συνδεδεμένη στα άκρα της μπαταρίας.
- Η μπαταρία δεν παρέχει πάντα την ίδια πολική τάση (αφού αυτή ελαττώνεται κατά ένα παράγοντα ίσο με Ir).

Η εξωτερική αντίσταση ονομάζεται *αντίσταση φόρτου*. Στο προηγούμενο κύκλωμα, η αντίσταση φόρτου είναι απλώς η εξωτερική αντίσταση. Γενικά, η αντίσταση φόρτου θα μπορούσε να είναι η αντίσταση μιας οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής. Οι αντιστάσεις αυτές αποτελούν *φορτία* για την μπαταρία, επειδή η μπαταρία πρέπει να παρέχει ενέργεια για τη λειτουργία της συσκευής η οποία περιέχει την αντίσταση.

Ανάλυση κυκλωμάτων

Τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα μπορεί να περιέχουν μπαταρίες, αντιστάτες, και πυκνωτές σε διάφορες συνδεσμολογίες. Η πηγή της ενέργειας ενός κυκλώματος είναι η μπαταρία.

Θεωρούμε ότι τα σύρματα δεν έχουν ηλεκτρική αντίσταση.

Σε ένα κύκλωμα μπορεί να κυκλοφορεί συνεχές ρεύμα ή εναλλασσόμενο ρεύμα. Όταν το ρεύμα σε ένα κύκλωμα έχει σταθερή φορά, τότε ονομάζεται **συνεχές ρεύμα (ΣΡ)**. Επειδή η διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων μιας μπαταρίας είναι σταθερή, η μπαταρία δημιουργεί συνεχές ρεύμα στο κύκλωμα που είναι συνδεδεμένη.

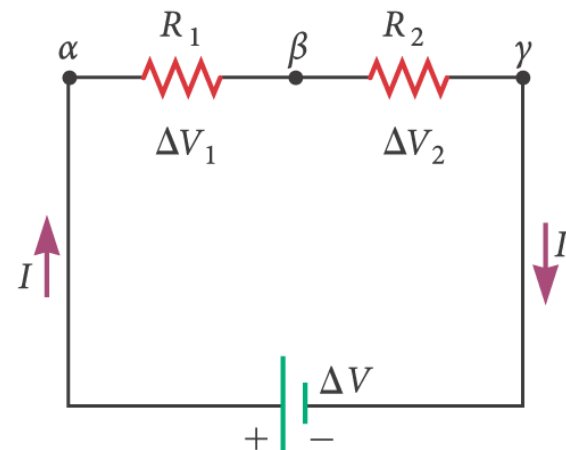
Συνδεσμολογία αντιστάσεων: 1) Αντιστάτες συνδεδεμένοι σε σειρά

Όταν δύο ή περισσότεροι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους έτσι ώστε το ένα άκρο καθενός να ενώνεται με το ένα άκρο του επόμενου, τότε λέμε ότι οι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι σε σειρά.

Στη συνδεσμολογία αντιστατών σε σειρά, το ρεύμα είναι το ίδιο σε όλους τους αντιστάτες, επειδή η ποσότητα φορτίου που περνάει από έναν αντιστάτη πρέπει να περάσει και από τους υπόλοιπους αντιστάτες της συνδεσμολογίας στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Η διαφορά δυναμικού κατανέμεται στους αντιστάτες έτσι ώστε το άθροισμα των διαφορών δυναμικού στα άκρα των αντιστατών να ισούται με τη συνολική διαφορά δυναμικού στα άκρα της συνδεσμολογίας αντιστατών σε σειρά.

Διάγραμμα κυκλώματος στο οποίο φαίνονται οι δύο αντιστάτες που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά με μια μπαταρία.



Το ρεύμα έχει παντού την ίδια τιμή

- $I = I_1 = I_2$

Οι διαφορές δυναμικού αθροίζονται (αυτό είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας).

- $$\Delta V = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2$$
$$= I(R_1 + R_2)$$

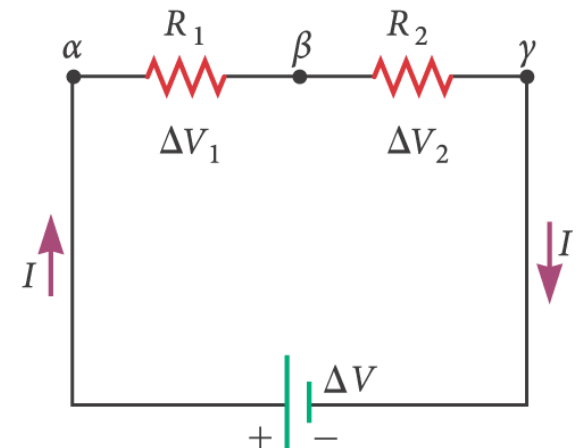
Ισοδύναμη αντίσταση ονομάζουμε εκείνη την αντίσταση που έχει το ίδιο αποτέλεσμα στο κύκλωμα με εκείνο της αρχικής συνδεσμολογίας αντιστατών.

$$R_{\text{ισοδ.}} = R_1 + R_2$$

Η ισοδύναμη αντίσταση μιας συνδεσμολογίας αντιστατών σε σειρά ισούται με το άθροισμα των αντιστάσεων των επιμέρους αντιστατών και είναι πάντα μεγαλύτερη από την αντίσταση κάθε αντιστάτη.

Αν μία από τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε ένα κύκλωμα σε σειρά αστοχήσει με αποτέλεσμα να ανοίξει το κύκλωμα, τότε όλες οι συσκευές θα σταματήσουν να λειτουργούν.

Διάγραμμα κυκλώματος στο οποίο φαίνονται οι δύο αντιστάτες που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά με μια μπαταρία.



β

Συνδεσμολογία αντιστάσεων: 2) Αντιστάτες συνδεδεμένοι παράλληλα

Στα άκρα κάθε αντιστάτη υπάρχει η ίδια διαφορά δυναμικού, επειδή κάθε αντιστάτης είναι συνδεδεμένος απευθείας στους πόλους της μπαταρίας.

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

Τα σημεία όπου το ρεύμα διακλαδίζεται ονομάζονται **κόμβοι**.

Το ρεύμα, I , που εισρέει σε έναν κόμβο πρέπει να είναι ίσο με το συνολικό ρεύμα που εκρέει απ' αυτόν τον κόμβο. (αυτό είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου):

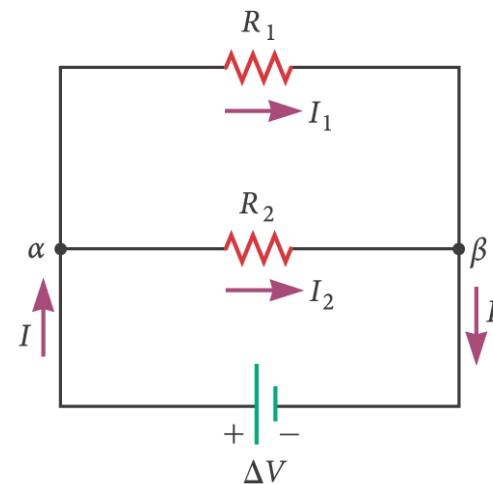
$$I = I_1 + I_2 = (\Delta V / R_1) + (\Delta V / R_2) = \Delta V(1/R_1 + 1/R_2)$$

Άρα: $I = \Delta V / R_{\text{ισοδ}}$, όπου:

$$\frac{1}{R_{\text{ισοδ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Η ισοδύναμη αντίσταση είναι πάντα μικρότερη από τη μικρότερη αντίσταση της συνδεσμολογίας.

Διάγραμμα κυκλώματος στο οποίο φαίνονται οι δύο αντιστάτες που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα με μια μπαταρία.



Αντιστάτες συνδεδεμένοι παράλληλα

Στην παράλληλη συνδεσμολογία, όλες οι συσκευές λειτουργούν με την ίδια τάση. Κάθε συσκευή λειτουργεί ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες, οπότε όταν απενεργοποιείται κάποια από αυτές, οι υπόλοιπες συνεχίζουν να λειτουργούν.

Η καλωδίωση των κυκλωμάτων στις κατοικίες είναι πάντα τέτοια έτσι ώστε οι συσκευές να είναι συνδεδεμένες παράλληλα.

Το ρεύμα περνά από όλες τις διαδρομές.

- Από τη διαδρομή με τη μικρότερη αντίσταση περνά ισχυρό ρεύμα.
- Ρεύμα κυκλοφορεί ακόμα και στις διαδρομές με πολύ μεγάλη αντίσταση.

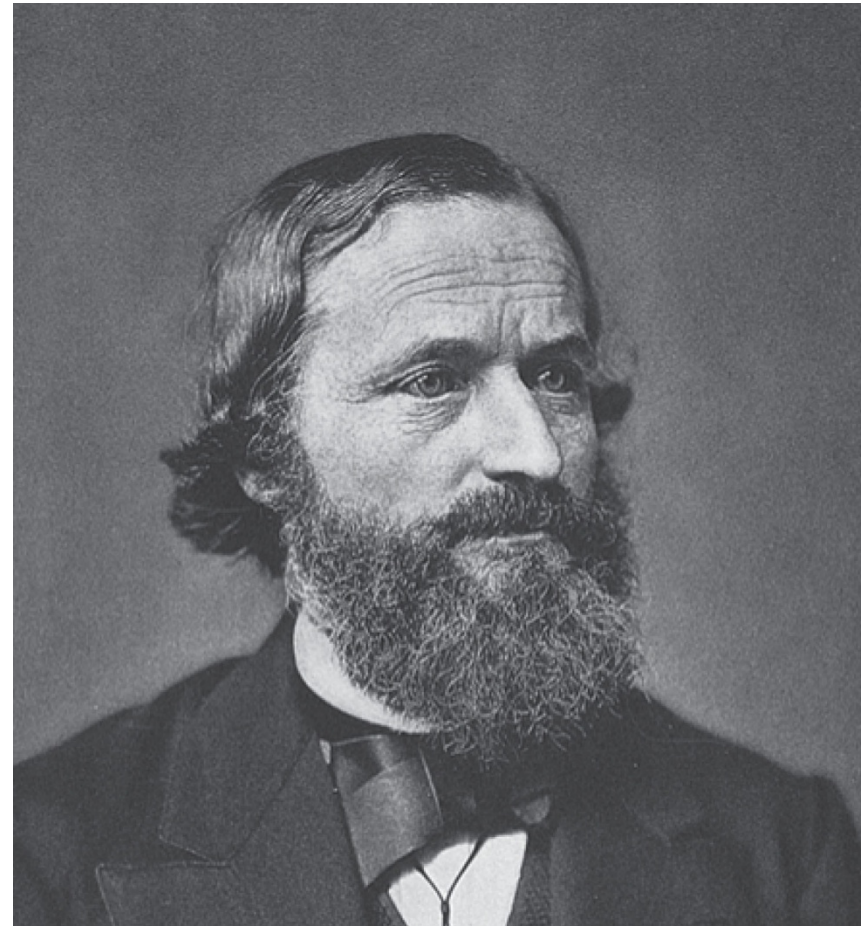
Gustav Kirchhoff

1824–1887

Γερμανός φυσικός. Συνεργάστηκε με τον Robert Bunsen (Γερμανός Χημικός).

Ο Kirchhoff και ο Bunsen

- Εφηύραν το φασματοσκόπιο και θεμελίωσαν την επιστήμη της φασματοσκοπίας.
- Ανακάλυψαν τα χημικά στοιχεία καίσιο και ρουβίδιο.
- Θεμελίωσαν την αστρονομική φασματοσκοπία.
- Ορισμός μέλαν σώματος.



Οι κανόνες του Kirchhoff

Για την “ανάλυση” κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος, όσο “περίπλοκη” και αν είναι η συνδεσμολογία αντιστατών (και πυκνωτών) μπορούμε να χρησιμοποιούμε δύο κανόνες, οι οποίοι ονομάζονται **κανόνες του Kirchhoff**.

Πρώτος κανόνας: Ο κανόνας των κόμβων

Σε κάθε κόμβο του κυκλώματος, το άθροισμα των ρευμάτων πρέπει να είναι ίσο με το μηδέν.

Τα ρεύματα που εισέρχονται στον κόμβο θεωρούνται θετικά (+I), ενώ εκείνα που εξέρχονται από αυτόν θεωρούνται αρνητικά (-I).

Ο κανόνας αυτός είναι μια διατύπωση της αρχής διατήρησης του φορτίου: σε κανένα σημείο του κυκλώματος δεν μπορούμε να έχουμε συσσώρευση φορτίου. Σε μαθηματική μορφή:

$$\sum_{\text{κόμβου}} I = 0$$

Δεύτερος κανόνας του Kirchhoff: **Ο κανόνας των βρόχων**

Το άθροισμα των διαφορών δυναμικού στα άκρα όλων των στοιχείων κάθε κλειστού βρόχου του κυκλώματος πρέπει να είναι ίσο με το μηδέν.

Είναι μια διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας. Σε μαθηματική μορφή:

$$\sum_{\text{κλειστού βρόχου}} \Delta V = 0$$

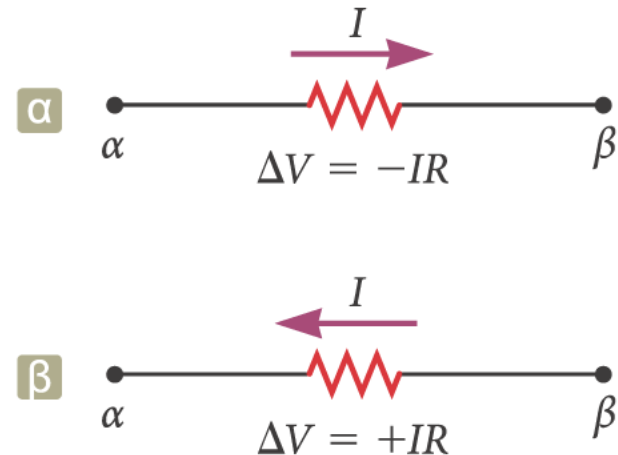
Περισσότερα για τον κανόνα των βρόχων

Έστω ότι διατρέχουμε ένα βρόχο με φορά από το σημείο α προς το β .

Στο διάγραμμα (α), διατρέχουμε τον αντιστάτη με φορά ίδια με αυτή του ρεύματος. Η τάση στα άκρα του αντιστάτη είναι $-IR$.

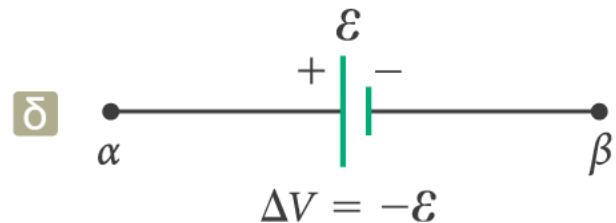
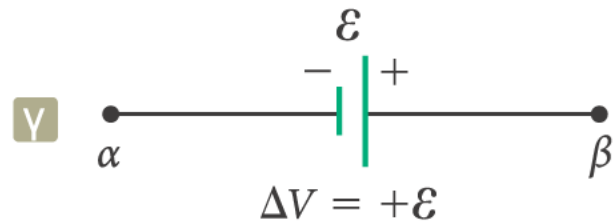
Στο διάγραμμα (β), διατρέχουμε τον αντιστάτη με φορά αντίθετη από αυτή του ρεύματος. Η τάση στα άκρα του αντιστάτη είναι $+IR$.

Σε κάθε κύκλωμα, $\Delta V = V_\beta - V_\alpha$ και διατρέχουμε το στοιχείο του κυκλώματος από το σημείο α προς το σημείο β , από αριστερά προς δεξιά.



Στο διάγραμμα (γ), διατρέχουμε την πηγή ΗΕΔ με φορά ίδια με αυτήν της ΗΕΔ (από τον πόλο $-$ στον πόλο $+$), οπότε η μεταβολή της διαφοράς δυναμικού, $\Delta V = V(\beta) - V(\alpha)$ είναι $+\mathcal{E}$.

Στο διάγραμμα (δ), διατρέχουμε την πηγή ΗΕΔ με φορά αντίθετη από αυτή της ΗΕΔ (από τον πόλο $+$ στον πόλο $-$), οπότε η μεταβολή της διαφοράς δυναμικού είναι $-\mathcal{E}$.



Μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων – Οι κανόνες του Kirchhoff

Μελετήστε το διάγραμμα του κυκλώματος και αναγνωρίστε όλα τα στοιχεία του.

A) Διαπιστώστε αν μπορείτε να απλουστεύσετε το κύκλωμα, συνδυάζοντας τους αντιστάτες παράλληλα και σε σειρά. Αν ναι, συνεχίστε υπολογίζοντας τις ισοδύναμες αντιστάσεις. Αν όχι,

B) εφαρμόστε τους κανόνες του Kirchhoff.

1) Προσδιορίστε την πολικότητα κάθε μπαταρίας.

2) Επισημάνετε τα γνωστά μεγέθη και δώστε σύμβολα στα άγνωστα μεγέθη.

3) Ορίστε τη φορά κάθε ρεύματος σε κάθε βρόχο του κυκλώματος. Αν και ο ορισμός της φοράς κάθε ρεύματος γίνεται αυθαίρετα, πρέπει στη συνέχεια να τηρήσετε τις επιλογές σας κατά την εφαρμογή των κανόνων του Kirchhoff.

4) Εφαρμόστε τον κανόνα των κόμβων σε όσους κόμβους του κυκλώματος δίνουν νέες σχέσεις μεταξύ των διαφόρων ρευμάτων.

Χρησιμοποιούμε τον κανόνα των κόμβων όσες φορές θέλουμε, αρκεί κάθε εξίσωση να περιλαμβάνει ένα ρεύμα που δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλη εξίσωση του ίδιου κανόνα. Γενικά, το πλήθος των εξισώσεων που μπορούμε να γράψουμε χρησιμοποιώντας τον κανόνα των κόμβων υπολείπεται κατά ενός του πλήθους των κόμβων του κυκλώματος.

5) Εφαρμόστε τον κανόνα των βρόχων σε όσους βρόχους του κυκλώματος δίνουν νέες σχέσεις μεταξύ των διαφόρων ρευμάτων.

Καθώς διατρέχετε το κύκλωμα, πρέπει να προσδιορίσετε σωστά τη διαφορά δυναμικού σε κάθε στοιχείο του κυκλώματος που συναντάτε. Χρησιμοποιούμε τον κανόνα των βρόχων όσες φορές θέλουμε, αρκεί κάθε εξίσωση να περιλαμβάνει ένα στοιχείο του κυκλώματος (αντιστάτη ή μπαταρία) ή ένα ρεύμα που δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλη εξίσωση του κανόνα των βρόχων.

6) Για να λύσουμε ένα πρόβλημα κυκλώματος (δηλαδή, να βρούμε τις τιμές των ρευμάτων), πρέπει να γράψουμε (χρησιμοποιώντας τους κανόνες του Kirchhoff) τόσες ανεξάρτητες εξισώσεις όσες και το πλήθος των άγνωστων ρευμάτων.

Λύστε το σύστημα εξισώσεων ως προς τα άγνωστα μεγέθη.

7) Ελέγξτε τις τιμές που βρήκατε. Αν η τιμή κάποιου ρεύματος είναι αρνητική, αυτό σημαίνει ότι η αρχική σας υπόθεση για τη φορά του συγκεκριμένου ρεύματος ήταν λανθασμένη. Η απόλυτη τιμή του ρεύματος είναι σωστή.

Αν στο κύκλωμα υπάρχει κάποιος πυκνωτής, τότε αυτός θεωρείται ως ανοιχτός κλάδος του κυκλώματος. **Σε σταθερή κατάσταση, το ρεύμα στον κλάδο του πυκνωτή ισούται με μηδέν.**

Κυκλώματα *RC*

Κύκλωμα *RC* ονομάζεται το κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν αντιστάτη και έναν πυκνωτή σε σειρά.

Σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος στα οποία υπάρχουν και πυκνωτές, το ρεύμα μεταβάλλεται συναρτήσεως του χρόνου μέχρι να φορτιστεί ή να αποφορτιστεί ο πυκνωτής. Το ρεύμα εξακολουθεί να έχει την ίδια φορά.

Φόρτιση πυκνωτή

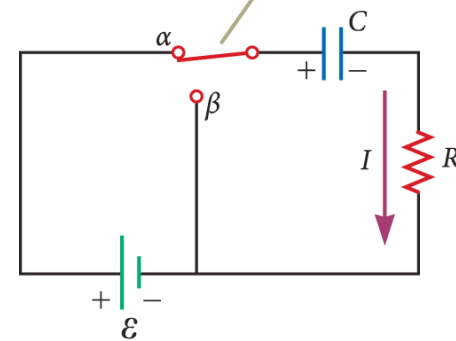
Μόλις ο διακόπτης πάει στη θέση α τότε ο πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται μέχρι να φτάσει στο μέγιστο φορτίο του ($Q = C\varepsilon$). Καθώς φορτίζονται οι οπλισμοί, αυξάνεται η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή. Μόλις ο πυκνωτής αποκτήσει το μέγιστο φορτίο του, το ρεύμα στο κύκλωμα γίνεται ίσο με μηδέν και η διαφορά δυναμικού στα άκρα του είναι ίδια με εκείνη που παρέχει η μπαταρία.

Το φορτίο του πυκνωτή μεταβάλλεται με τον χρόνο, σύμφωνα με τη σχέση: $q(t) = C\varepsilon (1 - e^{-t/RC}) = Q(1 - e^{-t/\tau})$

Και η τιμή του ρεύματος μεταβάλλεται με το χρόνο:

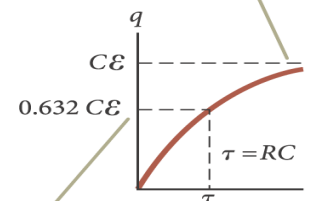
$I(t) = (\varepsilon/R)e^{-t/\tau}$, τ είναι η σταθερά χρόνου: $\tau = RC$

Όταν θέτουμε τον διακόπτη στη θέση α , αρχίζει η φόρτιση του πυκνωτή.



β

Όταν το t τείνει στο άπειρο, το φορτίο πλησιάζει στη μέγιστη τιμή του, $C\varepsilon$.



Επειτα από χρονικό διάστημα ίσο με μία σταθερά χρόνου τ , το φορτίο είναι ίσο με το 63.2% της μέγιστης τιμής του, $C\varepsilon$.

α

Εκφόρτιση πυκνωτή σε κύκλωμα RC

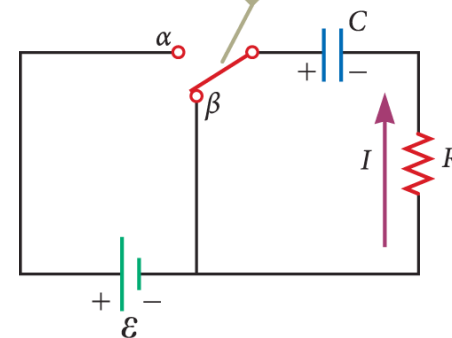
Όταν ο διακόπτης τεθεί στη θέση β, ο φορτισμένος πυκνωτής θα εκφορτισθεί μέσω του αντίστατη R. Το φορτίο θα μειωθεί με το χρόνο εκθετικά, σύμφωνα με τη σχέση: $q(t) = Qe^{-t/RC}$

Τη χρονική στιγμή $t = \tau = RC$, το φορτίο έχει μειωθεί στην τιμή $0.368 Q_{\max}$. (σε χρονικό διάστημα ίσο με μία σταθερά χρόνου, ο πυκνωτής έχει χάσει το 63.2% του αρχικού φορτίου). Μπορούμε να βρούμε την τιμή του ρεύματος χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q}{RC} e^{-t/RC}$$

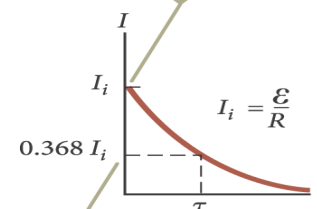
Και το ρεύμα μειώνεται εκθετικά με ρυθμό που εξαρτάται από τη σταθερά χρόνου $\tau = RC$.

Όταν θέτουμε τον διακόπτη στη θέση β, αρχίζει η εκφόρτιση του πυκνωτή.



γ

Το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του, $I_i = \varepsilon/R$ τη χρονική στιγμή $t = 0$ και, όταν το t τείνει στο άπειρο, φθίνει εκθετικά στο μηδέν.



Έπειτα από χρονικό διάστημα ίσο με μία σταθερά χρόνου τ , το ρεύμα είναι ίσο με το 36.8% της αρχικής τιμής του.

β

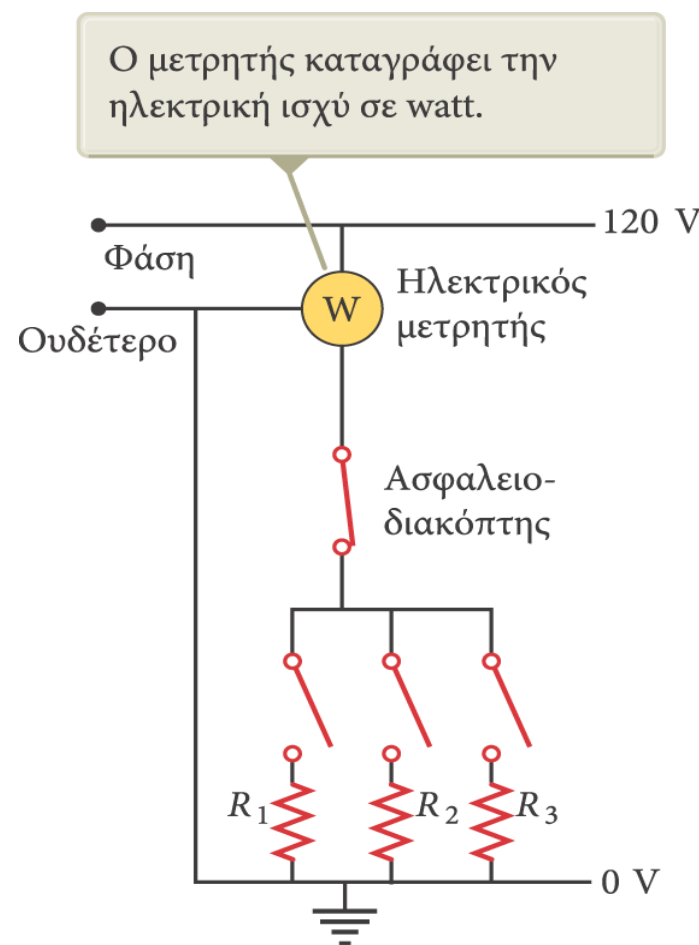
Οικιακή καλωδίωση

Η επιχείρηση ηλεκτρισμού διανέμει την ηλεκτρική ισχύ στις κατοικίες μέσω ενός ζεύγους καλωδίων. Η ηλεκτρική εγκατάσταση κάθε κατοικίας είναι συνδεδεμένη παράλληλα με αυτά τα καλώδια. Το ένα καλώδιο ονομάζεται «φάση» ή ενεργό καλώδιο και το άλλο ουδέτερο καλώδιο (γείωση).

Το δυναμικό του ουδέτερου καλωδίου θεωρείται ότι είναι ίσο με μηδέν (στην πραγματικότητα, το ρεύμα και η τάση μεταβάλλονται περιοδικά.) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ της φάσης και του ουδέτερου είναι περίπου 120 V. Ένας μετρητής είναι συνδεδεμένος σε σειρά με το καλώδιο της φάσης που καταλήγει στην κατοικία και καταγράφει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κάθε κατοικίας.

Μετά τον μετρητή, το καλώδιο χωρίζεται, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλά ξεχωριστά παράλληλα κυκλώματα κατανεμημένα σε ολόκληρη την κατοικία. Κάθε κύκλωμα έχει τον δικό του ασφαλειοδιακόπτη.

Για τις συσκευές που απαιτούν 240 V για τη λειτουργία τους, υπάρχει ένα τρίτο καλώδιο το οποίο διατηρείται κατά 120 V κάτω από το δυναμικό της γείωσης.



Επιπτώσεις ηλεκτρικού ρεύματος

Η ηλεκτροπληξία μπορεί να προκαλέσει θανάσιμα εγκαύματα και δυσλειτουργία των μυών ζωτικών οργάνων όπως είναι η καρδιά. Ο βαθμός της βλάβης εξαρτάται από: την τιμή του ρεύματος, το χρονικό διάστημα που επιδρά, το μέρος του σώματος που έρχεται σε επαφή με το καλώδιο φάσης, το μέρος του σώματος από το οποίο περνά το ρεύμα.

Ρεύμα μικρότερο από **5 mA**: Προκαλεί τίναγμα. Γενικά, δεν προκαλεί τραυματισμούς.

Ρεύμα **10 mA**: Οι μύες συσπώνονται. Ο άνθρωπος μπορεί να μην είναι σε θέση να αφήσει το καλώδιο φάσης από το χέρι του.

Ρεύμα **100 mA**: Μπορεί να αποβεί θανατηφόρο ακόμα και αν διαπεράσει το ανθρώπινο σώμα για λίγα δευτερόλεπτα. Παραλύει τους αναπνευστικούς μύες και εμποδίζει την αναπνοή.

Ρεύματα της τάξης του **1 A** μπορούν να προξενήσουν σοβαρά εγκαύματα, που μπορεί να αποβούν μοιραία.

Στην πράξη, όταν η τάση υπερβαίνει τα **24 V**, η επαφή με τη φάση δεν θεωρείται ασφαλής.

Βραχυκύκλωμα

Όταν μεταξύ δύο σημείων που έχουν διαφορετικό δυναμικό υπάρχει σχεδόν μηδενική αντίσταση, τότε συμβαίνει *βραχυκύκλωμα*. Σε αυτή την περίπτωση, δημιουργείται ισχυρό ρεύμα.

Στα κυκλώματα των κατοικιών, υπάρχουν ασφαλειοδιακόπτες οι οποίοι, σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, θέτουν εκτός λειτουργίας το κύκλωμα.

- Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι βλάβες στις συσκευές.

Αν κάποιος άνθρωπος που είναι σε επαφή με το έδαφος αγγίξει το καλώδιο της φάσης, τότε μπορεί να πάθει ηλεκτροπληξία.

Γείωση

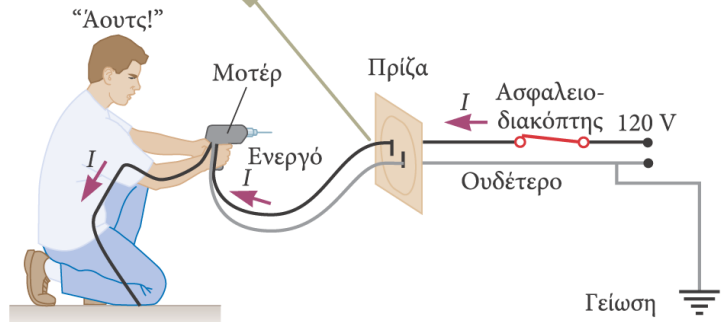
Οι κατασκευαστές ηλεκτρολογικού υλικού χρησιμοποιούν ηλεκτρικά καλώδια που έχουν και ένα τρίτο σύρμα, το σύρμα γείωσης.

Το σύρμα της γείωσης δεν φέρει ρεύμα και είναι συνδεδεμένο με την ηλεκτρική συσκευή.

Αν συμβεί βραχυκύκλωμα μεταξύ της φάσης και του περιβλήματος της συσκευής, τότε το μεγαλύτερο μέρος του ρεύματος θα ακολουθήσει τη διαδρομή που παρουσιάζει τη μικρότερη αντίσταση προς τη γη μέσω της συσκευής.

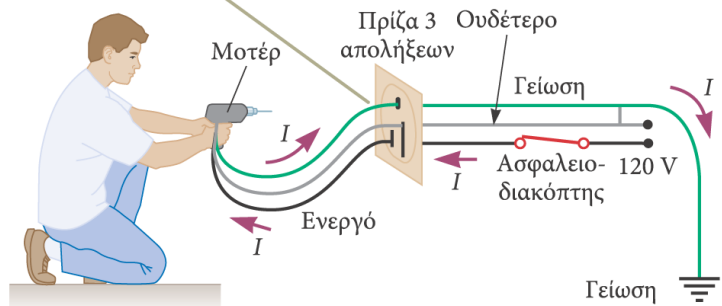
Αν δεν υπήρχε κατάλληλη γείωση, τότε ο χειριστής της συσκευής θα κινδύνευε να πάθει ηλεκτροπληξία, επειδή το σώμα του αποτελεί μια διαδρομή προς τη Γη η οποία παρουσιάζει χαμηλή αντίσταση.

Σε αυτή την περίπτωση, η φάση έχει έρθει σε επαφή με το περίβλημα του τρυπανιού. Έτσι ο χειριστής του τρυπανιού κλείνει τη διαδρομή του ρεύματος προς τη Γη και παθαίνει ηλεκτροπληξία.



α

Εδώ, το περίβλημα του τρυπανιού συνεχίζει να έχει το δυναμικό της γείωσης και ο χειριστής δεν δέχεται ρεύμα.



β

Ασφαλειοδιακόπτες διαρροής γείωσης

Οι διατάξεις αυτές:

- Είναι ειδικές πρίζες.
- Χρησιμοποιούνται σε χώρους όπου υπάρχει κίνδυνος βραχυκυκλώματος.
- Είναι σχεδιασμένες για να μας προστατεύουν από τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.
- Ανιχνεύουν ασθενή ρεύματα ($< 5 \text{ mA}$) διαροής προς τη γη.
- Όταν ανιχνεύσουν ρεύμα που ξεπερνά αυτή την τιμή, το διακόπτουν.