

# Ηλεκτρικό ρεύμα

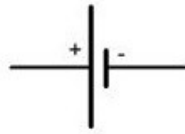
## Συνοπτική θεωρία - Τυπολόγιο

### Ηλεκτρικό ρεύμα

Είναι η προσανατολισμένη κίνηση ελεύθερων φορτισμένων σωματιδίων ή ιόντων. Επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής μιας διαφοράς δυναμικού (τάσης) σε έναν κλειστό αγωγίμο δρόμο (ηλεκτρικό κύκλωμα). Την διαφορά δυναμικού παρέχει μια ηλεκτρική πηγή (π.χ μπαταρία).

### Ηλεκτρική πηγή

Είναι μία διάταξη που δίνει την απαραίτητη ενέργεια στα φορτία να προσανατολιστούν. Σχεδιάζεται με έναν θετικό και έναν αρνητικό πόλο, δηλαδή με δύο σημεία ενός υψηλού και ενός χαμηλού δυναμικού. Η πηγή μετατρέπει μια άλλη μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική (π.χ χημική ή μηχανική). Όταν οι πόλοι είναι σταθεροί, το ρεύμα ονομάζεται συνεχές.



### Φορά ηλεκτρικού ρεύματος

Για κίνηση ηλεκτρονίων, η φορά είναι από τον αρνητικό στον θετικό πόλο μιας πηγής (πραγματική φορά). Για ιστορικούς λόγους, θεωρούμε κίνηση από τον θετικό στον αρνητικό πόλο μιας πηγής (συμβατική φορά), σαν να κινούνται θετικά φορτία.

### Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος $I$

Είναι το φορτίο  $Q$  που περνά από μία διατομή ενός αγωγού ανά μονάδα χρόνου  $t$ :

$$I = \frac{Q}{t} \quad [1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}]$$

- Το ελάχιστο φορτίο που υπάρχει ελεύθερο στη φύση είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου:

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

- Κάθε φορτίο  $Q$  είναι ακέραιο πολλαπλάσιο  $N$  του φορτίου του ηλεκτρονίου. Το φορτίο δηλαδή είναι κβαντισμένο.

$$Q = N \cdot |e|$$

### Διαφορά δυναμικού ή τάση $V$

Είναι το έργο της δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου που παράγει η πηγή για μετακίνηση φορτίου  $Q$  (υπόθεμα) από ένα σημείο A σε ένα σημείο B. Είναι η ενέργεια ανά μονάδα φορτίου.

$$V = \frac{W_{A \rightarrow B}}{Q} = \frac{E_{\eta\lambda}}{Q} \quad [1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}]$$

- Τα σημεία A και B ορίζουν τα άκρα μιας πηγής ή ενός ηλεκτρικού δίπολου. Το ηλεκτρικό δίπολο είναι κάθε ηλεκτρικό στοιχείο -αντίσταση, λαμπτήρας, συσκευή - με δύο άκρα (πόλοι). Η καμπύλη  $I = f(V)$  ονομάζεται χαρακτηριστική καμπύλη του ηλεκτρικού διπόλου.

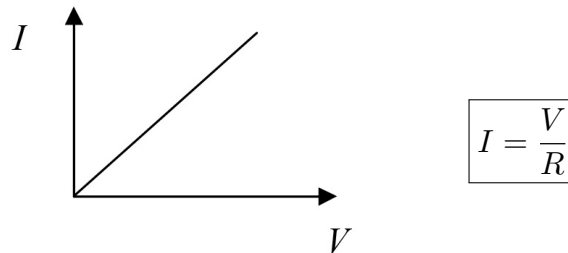
### Αντίσταση $R$

Είναι το μέγεθος που εκφράζει τη δυσκολία μετακίνησης των ηλεκτρονίων σε έναν αγωγό λόγω της σύγκρουσης μεταξύ τους ή με τα θετικά ιόντα.

$$R = \frac{V}{I} \quad [1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}]$$

## Νόμος του Ohm

Για σταθερή θερμοκρασία, ο λόγος τάσης ρεύματος  $V/I$  είναι σταθερός, δηλ. η τιμή της αντίστασης είναι σταθερή. Εναλλακτικά η τάση είναι ανάλογη του ρεύματος. Μία αντίσταση για την οποία ισχύει ο νόμος του Ohm ονομάζεται αντιστάτης. Δεν είναι όλοι οι αγωγοί ωμικοί.



- Η κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης  $I = f(V)$  μας δίνει το  $1/R$ .
- Κάθε ηλεκτρικό δίπολο εμφανίζει αντίσταση.

## Νόμος του Joule

Σε έναν μεταλλικό αγωγό αντίστασης  $R$ , η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε χρόνο  $t$ , μετατρέπεται εξ' ολοκλήρου σε θερμότητα  $Q$ .

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad [1 \text{ J}]$$

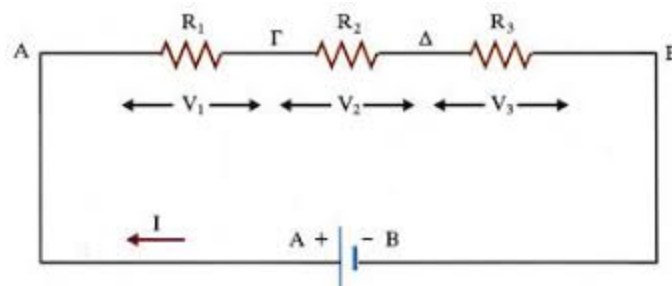
- $Q = E_{\eta\lambda} = VQ = VIt = \frac{V^2}{R}t = I^2Rt$ .
- Προσοχή, άλλο θερμότητα  $Q$  και άλλο φορτίο  $Q$ .

## Ισοδύναμη αντίσταση $R_{o\lambda}$

Ένα κύκλωμα μπορεί να έχει πολλές αντιστάσεις. Αν στα άκρα του συστήματος των αντιστατών εφαρμόσουμε τάση  $V$  τότε θα διέλθει ρεύμα  $I$ . Ο λόγος  $V/I$  ορίζει την ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος των αντιστατών. Ουσιαστικά όλες οι αντιστάσεις αντικαθίστανται με μία.

### Σύνδεση αντιστατών σε σειρά

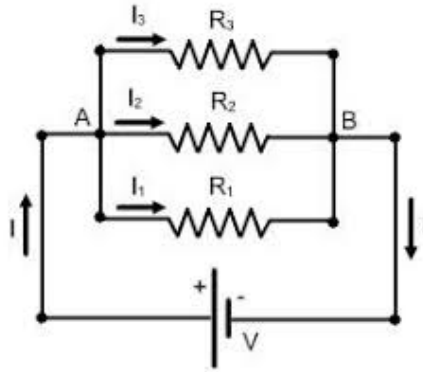
Σύνδεση σε σειρά σημαίνει κοινό ρεύμα. Από αρχή διατήρησης της ενέργειας προκύπτει:



- $V_{AB} = V_{A\Gamma} + V_{\Gamma\Delta} + V_{\Delta B}$  ή  $V = V_1 + V_2 + V_3$
- $I = I_1 = I_2 = I_3$
- $R_{o\lambda} = R_1 + R_2 + R_3$

### Παράλληλη σύνδεση αντιστατών

Παράλληλη σύνδεση σημαίνει κοινά άκρα. Από αρχή διατήρησης του φορτίου - δεν υπάρχουν πηγές ούτε καταβόθρες φορτίων- προκύπτει:



- $I = I_1 + I_2 + I_3$
- $V = V_1 = V_2 = V_3$
- $\frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
- Για δύο αντιστάσεις  $R_{o\lambda} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

### Αμπερόμετρο

Όργανο μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Συνδέεται πάντα σε σειρά και έχει μη-δενική αντίσταση (ιδανικό αμπερόμετρο).

### Βολτόμετρο

Όργανο μέτρησης της διαφοράς δυναμικού (τάσης) μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος. Συνδέεται πάντα παράλληλα και έχει άπειρη αντίσταση (ιδανικό βολτόμετρο).

### Ισχύς $P$ ηλεκτρικού ρεύματος

Είναι ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται η ενέργεια του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ δύο σημείων A και B ενός ηλεκτρικού κυκλώματος.

$$P = \frac{W_{A \rightarrow B}}{t} = \frac{E_{\eta\lambda}}{t} \quad [1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}]$$

- $E_{\eta\lambda} = Pt$
- $P = \frac{E_{\eta\lambda}}{t} = \frac{V \cdot Q}{t} = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R$

### 1 kWh

Μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας με την οποία γίνεται η χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος.

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ J}$$

### Ηλεκτρεγερτική Δύναμη ΗΕΔ $\mathcal{E}$

Είναι η ενέργεια ανά μονάδα φορτίου που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα. Μεταξύ των πόλων της πηγής δεν θα μπορούσαν να μετακινηθούν τα ηλεκτρόνια, καθώς ο θετικός πόλος θα τα έλκυε και ο αρνητικός θα τα απωθούσε. Η πηγή δίνει την απαραίτητα ενέργεια για αυτήν την μετακίνηση μέσω της δαπάνης μιας άλλης μορφής ενέργειας (π.χ χημική, μηχανική).

$$\mathcal{E} = \frac{W_{+ \rightarrow -}}{Q} = \frac{E_{\eta\lambda}}{Q} \quad [1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}]$$

- Προσοχή η ΗΕΔ είναι τάση και όχι δύναμη.

### Εσωτερική αντίσταση $r$

Μέγεθος που εκφράζει την δυσκολία μετακίνησης του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από την πηγή. Όταν μια πηγή δεν έχει εσωτερική αντίσταση ονομάζεται ιδανική ( $r = 0$ ).

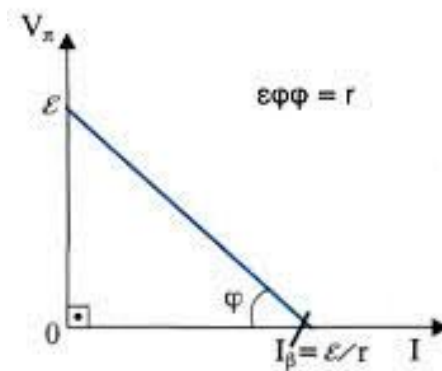
### Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα

$$I = \frac{E}{R_{\varepsilon\xi} + r}$$

### Πολική τάση $V_{\pi\sigma\lambda}$

Είναι η τάση στα άκρα της πηγής  $V_{\pi\sigma\lambda} = IR_{\varepsilon\xi}$ . Ισούται με την ΗΕΔ όταν το κύκλωμα είναι ανοικτό ή δεν υπάρχει εσωτερική αντίσταση (ιδανική πηγή).

$$I = \frac{E}{R_{\varepsilon\xi} + r} \Leftrightarrow IR_{\varepsilon\xi} + Ir = E \Leftrightarrow \boxed{V_{\pi\sigma\lambda} = E - I \cdot r}$$



- Ισχύς που παρέχει η πηγή  $P_{\pi\eta\gamma} = \frac{E_{\pi\eta\gamma}}{t} = \frac{EQ}{t} \Leftrightarrow \boxed{P_{\pi\eta\gamma} = E \cdot I}$
- Ισχύς που παρέχει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα  $P_{\varepsilon\xi} = V_{\pi\sigma\lambda}I = \frac{V_{\pi\sigma\lambda}^2}{R_{\varepsilon\xi}} = I^2 R_{\varepsilon\xi}$
- Ισχύς που παρέχει η πηγή στο εσωτερικό κύκλωμα  $P_{\varepsilon\sigma} = I^2 r$
- Ισχύει  $P_{\pi\eta\gamma} = P_{\varepsilon\xi} + P_{\varepsilon\sigma}$

### Βραχυκύκλωμα

Είναι αγωγίμος δρόμος μηδενικής αντίστασης ( $R_{\varepsilon\xi} = 0$ ). Το ρεύμα  $I_\beta$  του βραχυκυκλώματος είναι:

$$\boxed{I_\beta = \frac{E}{r}}$$