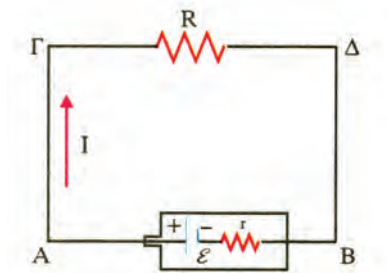


(2.9) Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα



Κλειστό κύκλωμα με πηγή και αντιστάτη.

Εικόνα 2.9-48.

Σε ένα κλειστό κύκλωμα (εικ. 48) υπάρχει γεννήτρια, που έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} και εσωτερική αντίσταση r . Το εξωτερικό κύκλωμα αποτελείται από μια αντίσταση R . Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται για τη συνδεσμολογία έχουν ασήμαντη αντίσταση. Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα έντασης I .

Σε χρονικό διάστημα t , η πηγή δίνει ενέργεια:

$$W = P \cdot t \Rightarrow W = \mathcal{E} \cdot I \cdot t$$

η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα

στην αντίσταση R : $Q_R = I^2 \cdot R \cdot t$ και

στην αντίσταση r : $Q_r = I^2 \cdot r \cdot t$

Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας έχουμε:

$$W = Q_R + Q_r \Rightarrow \mathcal{E} \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t \Rightarrow$$

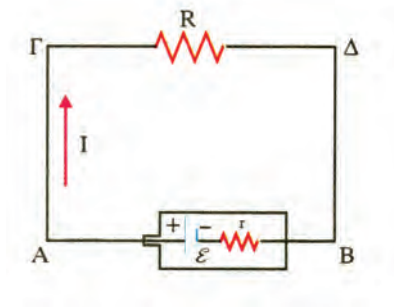
$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r \Rightarrow \mathcal{E} = I(R + r) \Rightarrow \mathcal{E} = I \cdot R_{ολ} \quad \text{ή}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}}$$

Η τελευταία σχέση αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του **νόμου του Ohm για κλειστό κύκλωμα**, και διατυπώνεται ως εξής:

Σε κλειστό κύκλωμα, που αποτελείται από ηλεκτρική πηγή και ωμικές αντιστάσεις, η ένταση του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με το πηλίκο της ΗΕΔ της πηγής \mathcal{E} προς την ολική αντίσταση $R_{ολ}$ του κυκλώματος.

Τάση στους πόλους πηγής (πολική τάση)



Κλειστό κύκλωμα με πηγή και αντιστάτη.

Εικόνα 2.9-49.

Θεωρούμε το κύκλωμα της εικ. 49. Επειδή οι αγωγοί της συνδεσμολογίας ΑΓ και ΒΔ έχουν ασήμαντη αντίσταση, τα άκρα Γ και Δ της αντίστασης R έχουν το ίδιο δυναμικό με τους πόλους Α και Β της πηγής αντίστοιχα, δηλαδή

$$V_A = V_\Gamma \quad \text{και} \quad V_B = V_\Delta.$$

$$\text{Άρα: } V_A - V_B = V_\Gamma - V_\Delta.$$

Η τάση στα άκρα της πηγής $V_A - V_B$ λέγεται **πολική τάση της πηγής** και συμβολίζεται με V_π .

Επομένως: $V_\pi = V_R$

δηλαδή η τάση στους πόλους της πηγής είναι ίση με την τάση στα άκρα της αντίστασης R .

Είναι όμως: $V_R = I \cdot R$ (από το νόμο τον Ohm για τμήμα αγωγού).

Άρα: $V_\pi = I \cdot R$

Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας έχουμε:

$$W = Q_R + Q_r \Rightarrow \mathcal{E} \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r \Rightarrow \mathcal{E} = V_\pi + I \cdot r \Rightarrow$$

$$V_\pi = \mathcal{E} - I \cdot r \quad (25)$$

Παρατηρούμε ότι σ' αυτό το κλειστό κύκλωμα η **τάση V_π στους πόλους της πηγής είναι ίση με την ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} της πηγής ελαττωμένη κατά τον παράγοντα Ir , που λέγεται πτώση τάσης μέσα στην πηγή.**

Αν το κύκλωμα είναι ανοιχτό, τότε η πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα, δηλαδή είναι $I = 0$.

$$\text{Άρα: } V_\pi = \mathcal{E} - I \cdot r \stackrel{I=0}{\Rightarrow} V_\pi = \mathcal{E} .$$

Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι:

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} της πηγής είναι ίση με την τάση V_π στους πόλους της πηγής, όταν η πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα ($I = 0$).

Αν η πηγή είναι ιδανική, τότε έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση, δηλαδή είναι $r = 0$.

$$\text{Άρα: } V_\pi = \mathcal{E} - I \cdot r \stackrel{r=0}{\Rightarrow} V_\pi = \mathcal{E} .$$

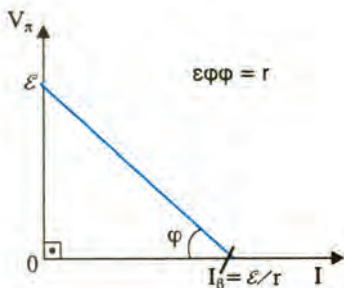
Έτσι μπορούμε να πούμε ότι:

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} της πηγής είναι ίση με την τάση V_π στους πόλους της πηγής, όταν η πηγή είναι ιδανική ($r = 0$).

Αν συνδέσουμε τους πόλους της πηγής με αγωγό αμελητέας αντίστασης, δηλαδή $R = 0$, τότε λέμε ότι **η πηγή είναι βραχυκυκλωμένη.**

Από το νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα έχουμε:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R} + r \stackrel{R=0}{\Rightarrow} I_\beta = \frac{\mathcal{E}}{r}$$



Χαρακτηριστική καμπύλη πηγής.
Εικόνα 2.9-50.

Το ρεύμα αυτό είναι το μέγιστο που μπορεί να διαρρέει την πηγή και λέγεται **ρεύμα βραχυκύκλωσης**.

Από τη σχέση $V_{\pi} = E - Ir$ κατασκευάζουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη της πηγής, που φαίνεται στην εικ. 50.

Παράδειγμα 12

Δύο αντιστάσεις $R_1 = 5\Omega$ και $R_2 = 3\Omega$ συνδέονται σε σειρά και τα άκρα του συστήματος συνδέονται με γεννήτρια ΗΕΔ $\mathcal{E} = 10V$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 2\Omega$.

Να βρεθούν:

α) η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα

β) η τάση στους πόλους της γεννήτριας και η τάση στα άκρα της R_1 και της R_2

γ) η ισχύς της πηγής και η ισχύς που αποδίδει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα.

Λύση

α) Η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1 + R_2} \Rightarrow I = 1A$$

β) Η τάση στους πόλους της γεννήτριας είναι:

$$V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r \Rightarrow V_{\pi} = 10V - 1A \cdot 2\Omega \Rightarrow V_{\pi} = 8V$$

Η τάση στα άκρα της R_1 είναι:

$$V_1 = IR_1 \Rightarrow V_1 = 1A \cdot 5\Omega \Rightarrow V_1 = 5V$$

Η τάση στα άκρα της R_2 είναι:

$$V_2 = IR_2 \Rightarrow V_2 = 1A \cdot 3\Omega \Rightarrow V_2 = 3V$$

γ) Η ισχύς της πηγής είναι:

$$P_{πηγ} = \mathcal{E}I \Rightarrow P_{πηγ} = 10W$$

Η ισχύς που αποδίδει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα είναι:

$$P_{εξ} = I^2(R_1 + R_2) \Rightarrow P_{εξ} = 8W$$

$$(ή P_{εξ} = P_{πηγ} - P_r = \mathcal{E}I - I^2r \Rightarrow P_{εξ} = 8W)$$