

Κεφάλαιο 3

Ο Νόμος του Ohm

3

Ο Νόμος του Ohm (Ohm's Law)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Ο Νόμος του Ohm
- Εφαρμογή του Νόμου του Ohm
- Ενέργεια και Ισχύς
- Ισχύς σε ένα Ηλεκτρικό Κύκλωμα
- Οι Ονομαστικές Τιμές Ισχύος των Αντιστάσεων
- Μετατροπή Ενέργειας και Πτώση Τάσης σε μια Αντίσταση
- Τροφοδοτικά
- Εισαγωγή στον Εντοπισμό και Διόρθωση Βλαβών

Ο Νόμος του Ohm

(Ohm's Law)

Ο νόμος του Ohm περιγράφει μαθηματικά πως σχετίζονται η **τάση**, το **ρεύμα** και η **αντίσταση** σε ένα κύκλωμα

$$I = \frac{V}{R}$$

- Η σχέση ρεύματος – τάσης (I-V) είναι γραμμική
- Γραμμική σχέση σημαίνει ότι αν το ένα μέγεθος αυξηθεί ή μειωθεί κατά ένα ορισμένο ποσοστό, το άλλο μέγεθος θα αυξηθεί ή θα μειωθεί κατά το ίδιο ποσοστό, υποθέτοντας ότι η αντίσταση παραμένει σταθερή.

Που θα το βρείτε: R. J. Fowler, “ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ AC-DC”, σελ. 55-56

Άλλες μορφές του νόμου του Ohm

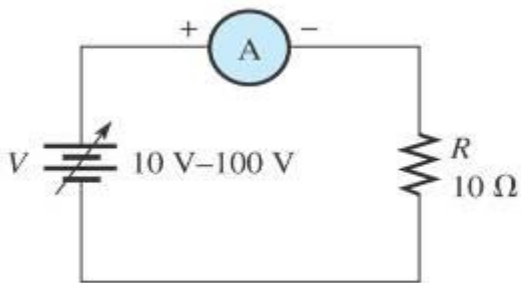
- $V = I \cdot R$

- $R = \frac{V}{I}$

Που θα το βρείτε: R. J. Fowler, “ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ AC-DC”, σελ. 55-56

Το Διάγραμμα της Τάσης ως προς το Ρεύμα

- Ας πάρουμε την σταθερή αντίσταση των $10\ \Omega$ και τη μεταβλητή πηγή $10\text{-}100\ \text{V}$ του κυκλώματος της εικόνας (α)
- Ας υπολογίσουμε τις τιμές του ρεύματος, I , για κάθε τιμή της τάσης, V . Οι τιμές φαίνονται στον πίνακα (β).
- Η γραφική παράσταση του $I - V$ φαίνεται στην εικόνα (γ). Σημειώστε ότι είναι μια **ευθεία γραμμή**.

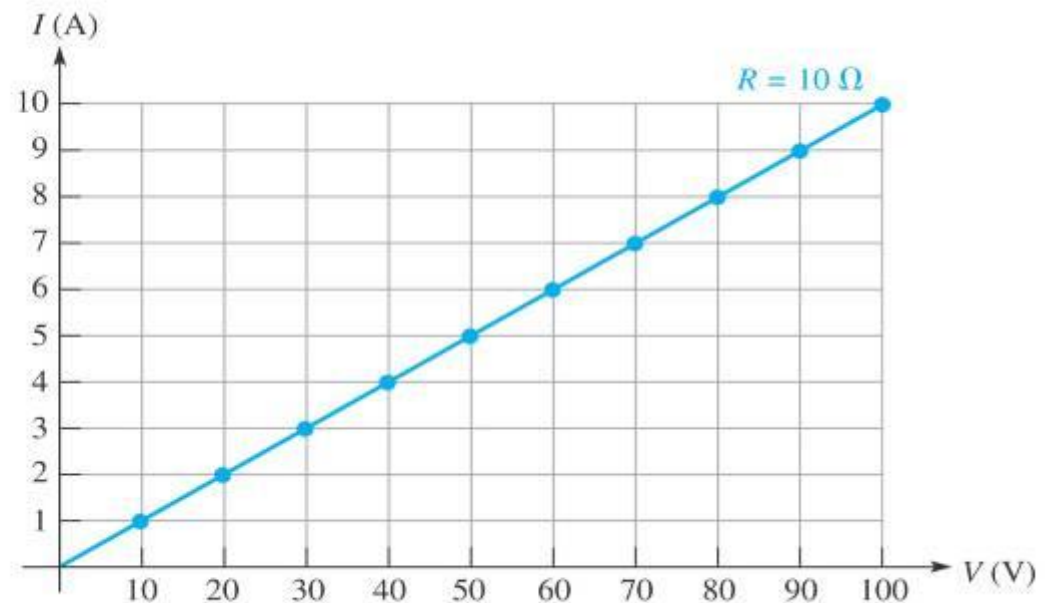


(α)

V	I
10 V	1 A
20 V	2 A
30 V	3 A
40 V	4 A
50 V	5 A
60 V	6 A
70 V	7 A
80 V	8 A
90 V	9 A
100 V	10 A

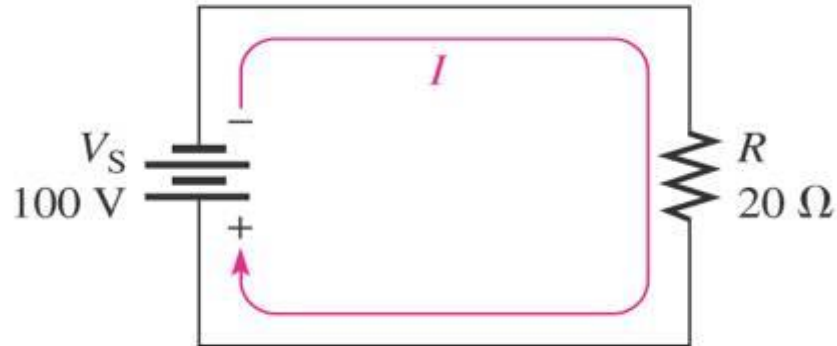
$$I = \frac{V}{10\ \Omega}$$

(β)



(γ)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-2 Πόσα amperes ρεύματος υπάρχουν στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος;

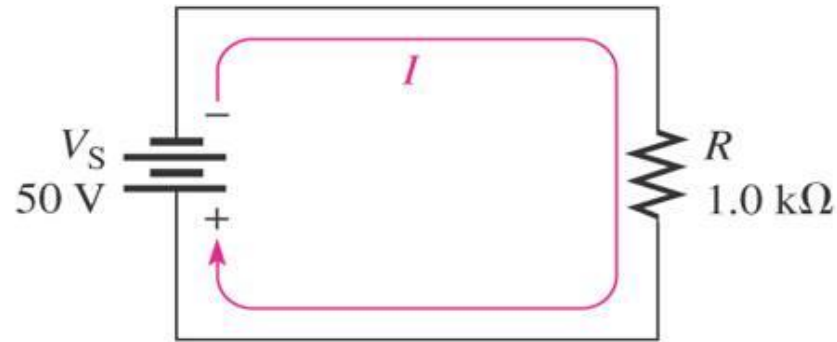


Λύση

Χρησιμοποιούμε τον τύπο $I = V/R$ του νόμου του Ohm

$$I = \frac{V_S}{R} = \frac{100 \text{ V}}{20 \Omega} = \mathbf{5 \text{ A}}$$

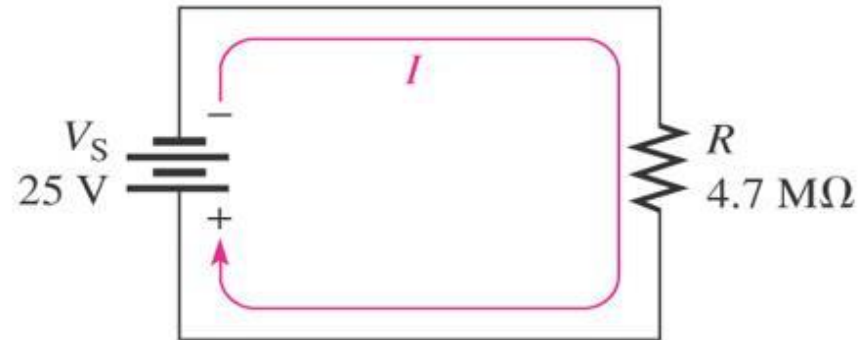
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-3 Υπολογίστε το ρεύμα σε milliamperes για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



Λύση

$$I = \frac{V_S}{R} = \frac{50 \text{ V}}{1.0 \text{ k}\Omega} = \frac{50 \text{ V}}{1.0 \times 10^3 \Omega} = 50 \times 10^{-3} \text{ A} = \mathbf{50 \text{ mA}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-4 Προσδιορίστε το ποσό ρεύματος σε microamperes για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



Λύση

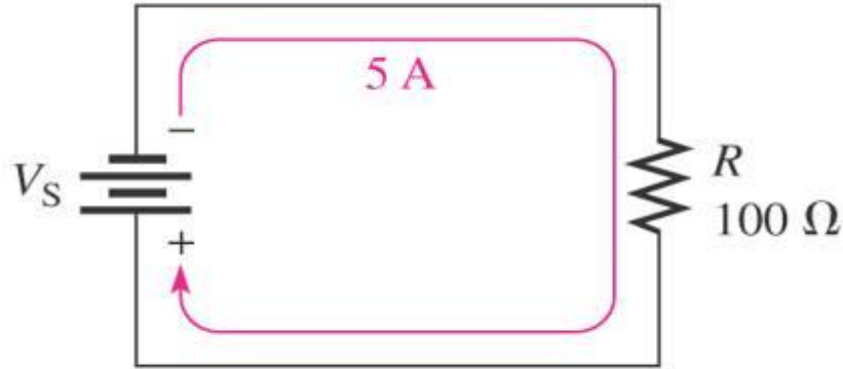
$$I = \frac{V_S}{R} = \frac{25 \text{ V}}{4.7 \text{ M}\Omega} = \frac{25 \text{ V}}{4.7 \times 10^6 \Omega} = 5.3 \times 10^{-6} \text{ A} = \mathbf{5.3 \mu\text{A}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-5 Πόσο ρεύμα σε microamperes υπάρχει μέσα από έναν αντιστάτη 100 MΩ όταν 50 kV εφαρμόζονται στα άκρα του;

Λύση

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{50 \text{ kV}}{100 \text{ M}\Omega} = \frac{50 \times 10^3 \text{ V}}{100 \times 10^6 \Omega} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ A} = \mathbf{500 \mu\text{A}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-6 Στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος, πόση τάση χρειάζεται για να προκαλέσει 5 A ρεύμα;

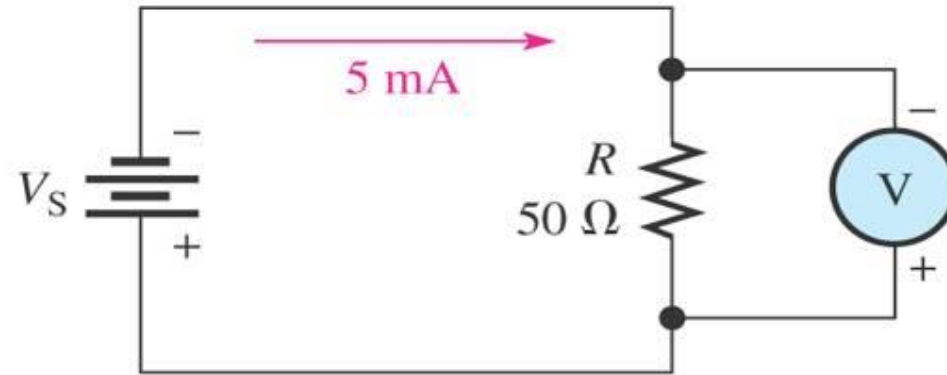


Λύση

Χρησιμοποιώντας τον τύπο $V = I \cdot R$ του νόμου του Ohm, έχουμε

$$V_S = I \cdot R = (5\text{ A})(100\ \Omega) = \mathbf{500\text{ V}}$$

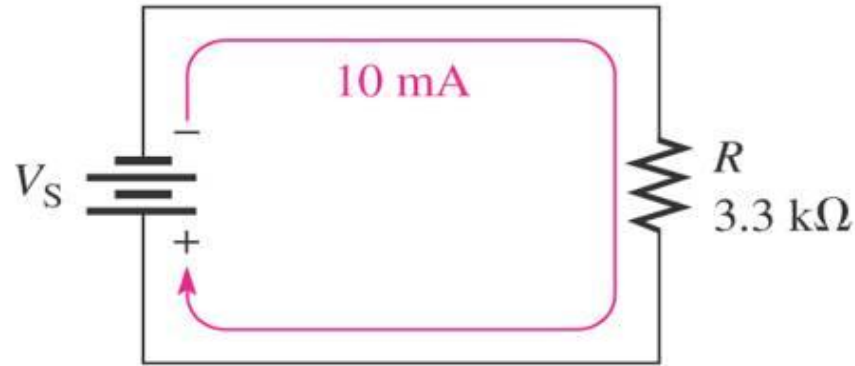
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-7 Πόση τάση θα μετρηθεί στα άκρα του αντιστάτη στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος;



Λύση

$$V_R = I \cdot R = (5\text{ mA})(50\ \Omega) = (5 \times 10^{-3}\text{ A})(50\ \Omega) = \mathbf{250\text{ mV}}$$

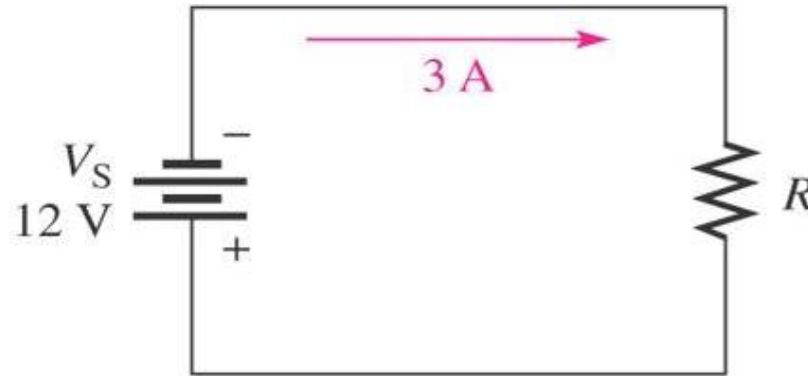
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-8 Το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος έχει ένα ρεύμα των 10 mA. Πόση είναι η τάση της πηγής;



Λύση

$$V_S = I \cdot R = (10 \text{ mA})(3.3 \text{ k}\Omega) = (10 \times 10^{-3} \text{ A})(3.3 \times 10^3 \Omega) = \mathbf{33 \text{ V}}$$

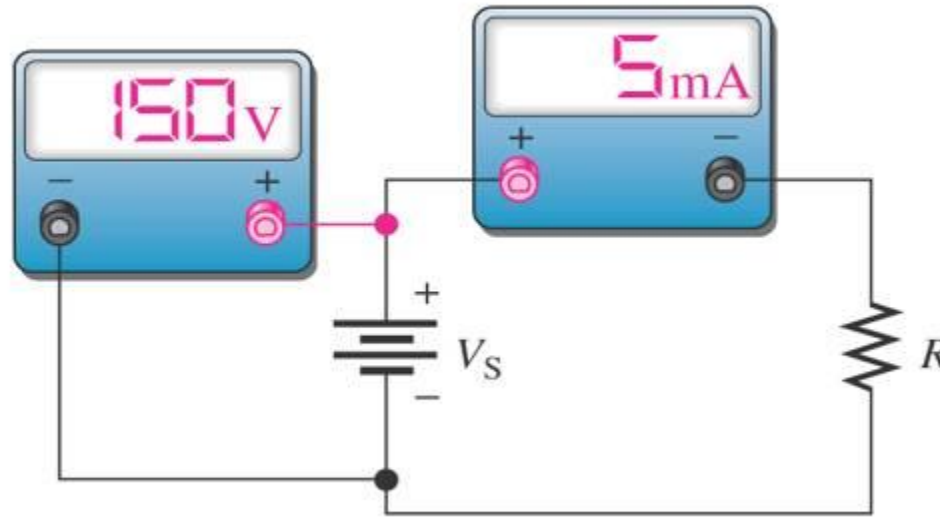
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-9 Στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος, πόση αντίσταση χρειάζεται για να βγάλει 3 A ρεύματος από το συσσωρευτή;



Λύση

$$R = \frac{V_S}{I} = \frac{12 \text{ V}}{3 \text{ A}} = \mathbf{4 \Omega}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-10 Το αμπερόμετρο στο παρακάτω σχήμα δείχνει 5 mA ρεύματος και το βολτόμετρο δείχνει 150 V. Ποια είναι η τιμή του R;



Λύση

$$R = \frac{V_S}{I} = \frac{150 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = \frac{150 \text{ V}}{5 \times 10^{-3} \text{ A}} = 30 \times 10^3 \Omega = \mathbf{30 \text{ k}\Omega}$$

Ενέργεια και Ισχύς

(Energy and Power)

Ενέργεια (W) είναι η ικανότητα παραγωγής έργου

- Η Ενέργεια μετριέται σε **Joules (J)**

Ισχύς είναι ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται ή καταναλώνεται η ενέργεια, δηλαδή, είναι η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου.

$$P = \frac{W}{t}$$

- Η Ισχύς μετριέται σε **Watts (W)**.
- Ένα watt (W) ισούται με ένα joule/second, $1W = \frac{1J}{1s}$

ΠΡΟΣΟΧΗ: Μη μπερδεύετε το “W”, σύμβολο του Watt, με το σύμβολο W για την ενέργεια.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-11 Μια ποσότητα ενέργειας ίση με 100 J χρησιμοποιείται σε 5s. Πόση είναι η ισχύς σε watts;

Λύση

$$P = \frac{\text{ενέργεια}}{\text{χρόνος}} = \frac{W}{t} = \frac{100\text{ J}}{5\text{ s}} = \mathbf{20\text{ W}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-12 Εκφράστε τις ακόλουθες ισχύς χρησιμοποιώντας το κατάλληλο μετρικό πρόθεμα:

(α) 0.045 W (β) 0.000012 W

(γ) 3500 W (δ) 10 000 000 W

Λύση

(α) $0.045\text{ W} = 45 \times 10^{-3}\text{ W} = \mathbf{45\text{ mW}}$

(β) $0.000012\text{ W} = 12 \times 10^{-6}\text{ W} = \mathbf{12\text{ }\mu\text{W}}$

(γ) $3500\text{ W} = 3.5 \times 10^3\text{ W} = \mathbf{3.5\text{ kW}}$

(δ) $10\,000\,000\text{ W} = 10 \times 10^6\text{ W} = \mathbf{10\text{ MW}}$

Η Μονάδα Ενέργειας Κιλοβατώρα (kWh)

(Kilowatt-hour, kWh)

- Η ενέργεια που χρησιμοποιείται (παράγεται ή καταναλώνεται) σε ένα κύκλωμα δίνεται από το γινόμενο της ισχύος επί τον χρόνο λειτουργίας

$$W = P \cdot t$$

- Αν πολλαπλασιάσουμε την ισχύ σε **watts** και το χρόνο σε **seconds**, έχουμε την ενέργεια σε **joules**
- Αν εκφράσουμε την ισχύ σε **kilowatts** και το χρόνο σε **ώρες (hours)**, έχουμε την ενέργεια σε **kilowatt-hours (kWh)**.

Παράδειγμα: ένας λαμπτήρας των 100 W που καίει για 10 h καταναλώνει

$$W = P \cdot t = (100 \text{ W})(10 \text{ h}) = 1000 \text{ Wh} = \mathbf{1 \text{ kWh}}$$

- Η kWh σαν μονάδα ενέργειας χρησιμοποιείται κυρίως στη μέτρηση της κατανάλωσης ισχύος και στους λογαριασμούς του ηλεκτρικού.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-13 Προσδιορίστε τον αριθμό των kWh για κάθε μια από τις παρακάτω καταναλώσεις:

(α) 1400 W για 1 h,

(β) 2500 W για 2 h,

(γ) 100 000 W για 5 h.

Λύση

(α) 1400 W = 1.4 kW

$$W = P \cdot t = (1.4 \text{ kW})(1 \text{ h}) = \mathbf{1.4 \text{ kWh}}$$

(β) 2500 W = 2.5 kW

$$\text{Ενέργεια} = (2.5 \text{ kW})(2 \text{ h}) = \mathbf{5 \text{ kWh}}$$

(γ) 100 000 W = 100 kW

$$\text{Ενέργεια} = (100 \text{ kW})(5 \text{ h}) = \mathbf{500 \text{ kWh}}$$

Τυπικές τιμές ισχύος (power ratings) σε watts για διάφορες οικιακές συσκευές (appliances)

APPLIANCE	POWER RATING (WATTS)
Air conditioner	860
Blow dryer	1300
Clock	2
Clothes dryer	4800
Dishwasher	1200
Heater	1322
Microwave oven	800
Range	12,200
Refrigerator	1800
Television	250
Washing machine	400
Water heater	2500

Η Ισχύς σε ένα Ηλεκτρικό Κύκλωμα

Η Ισχύς σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα μπορεί να εκφραστεί σαν:

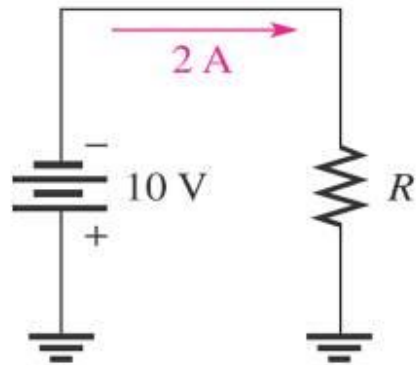
$$P = V \cdot I$$

Χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ohm και αντικαθιστώντας, μπορούμε να πάρουμε επίσης τους τύπους:

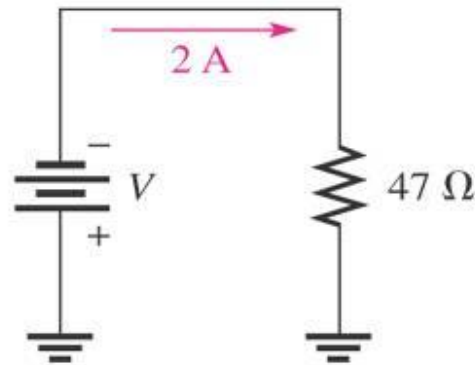
$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

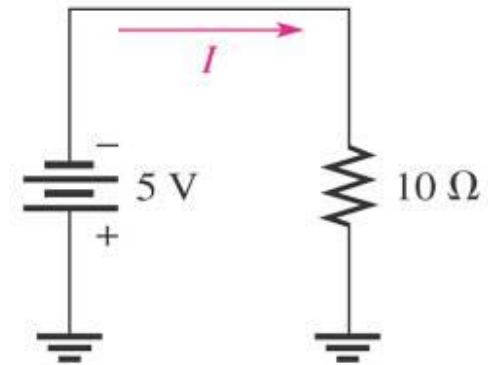
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-14 Υπολογίστε την ισχύ σε κάθε ένα από τα τρία κυκλώματα της παρακάτω εικόνας.



(α)



(β)



(γ)

Λύση Στο κύκλωμα (α), V και I είναι γνωστά. Η ισχύς υπολογίζεται ως εξής:

$$P = V \cdot I = (10 \text{ V})(2 \text{ A}) = \mathbf{20 \text{ W}}$$

Στο κύκλωμα (β), τα I και R είναι γνωστά. Επομένως:

$$P = I^2 \cdot R = (2 \text{ A})^2(47 \text{ } \Omega) = \mathbf{188 \text{ W}}$$

Στο κύκλωμα (γ), τα V και R είναι γνωστά. Επομένως:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5 \text{ V})^2}{10 \text{ } \Omega} = \mathbf{2.5 \text{ W}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-15 Ένας λαμπτήρας φωτισμού 100 W λειτουργεί σε 220 V. Πόσο ρεύμα απαιτεί;

Λύση Χρησιμοποιούμε τον τύπο $P = V \cdot I$.

Λύνουμε ως προς το άγνωστο ρεύμα I διαιρώντας και τα δύο μέλη της εξίσωσης δια V .

$$\frac{\cancel{V} \cdot I}{\cancel{V}} = \frac{P}{V}$$

Η τάση V στο αριστερό μέλος απαλείφεται από αριθμητή και παρονομαστή, οπότε

$$I = \frac{P}{V}$$

Αντικαθιστούμε 100 W για το P και 220 V για το V .

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100\text{W}}{220\text{V}} = 0.455\text{A} = 455\text{mA}$$

Κλάση Ισχύος των Αντιστατών

(Power Rating of Resistors)

Η **κλάση ισχύος** είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να καταναλώσει ένας αντιστάτης χωρίς να καταστραφεί από υπερβολική ανάπτυξη θερμότητας

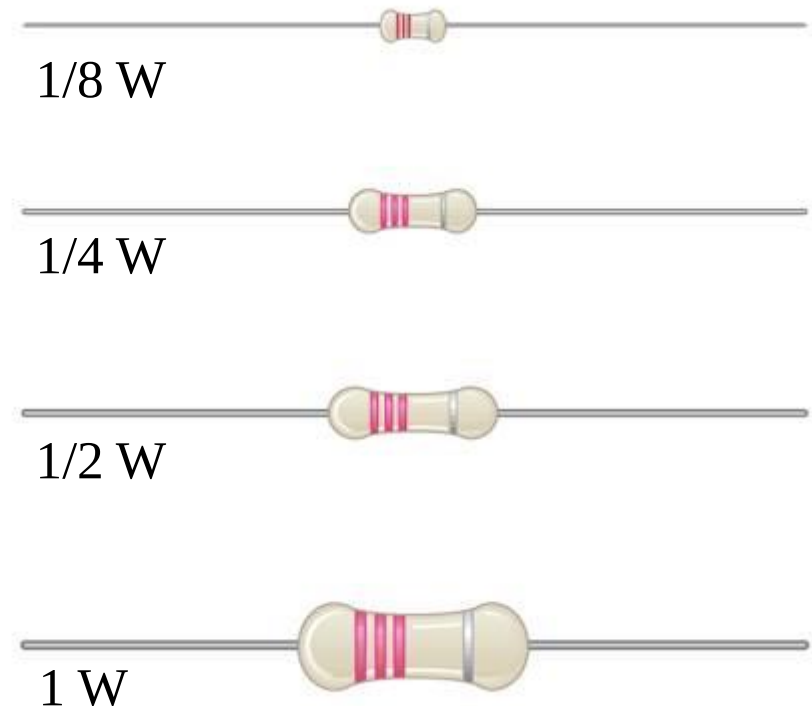
- Η κλάση ισχύος δεν σχετίζεται με την ωμική τιμή
- Η κλάση ισχύος καθορίζεται από τη φυσική σύνθεση, το μέγεθος και το σχήμα του αντιστάτη
- Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν της επιφάνειας ενός αντιστάτη τόσο περισσότερη ισχύ μπορεί να καταναλώσει.

Κλάση Ισχύος των Αντιστατών (συνέχεια)

Οι αντιστάτες μεταλλικής μεμβράνης (metal-film resistors) είναι διαθέσιμοι σε σπάντα κλάσεις ισχύος από 1/8 W ως 1 W (Εικ. 3-4).

- Όταν ένας αντιστάτης χρησιμοποιείται σε ένα κύκλωμα, **η κλάση ισχύος του πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ισχύ που πρόκειται να καταναλωθεί σε αυτόν.**

ΕΙΚΟΝΑ 3-4



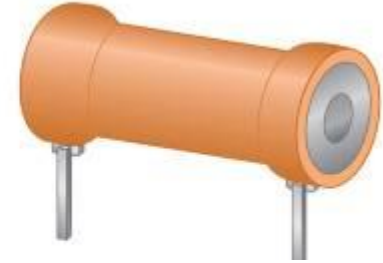
EIKONA 3-5 Συνηθισμένοι αντιστάτες μεγάλης κλάσης ισχύος.



(α) Αντιστάτης σύρματος με αξονικούς ακροδέκτες

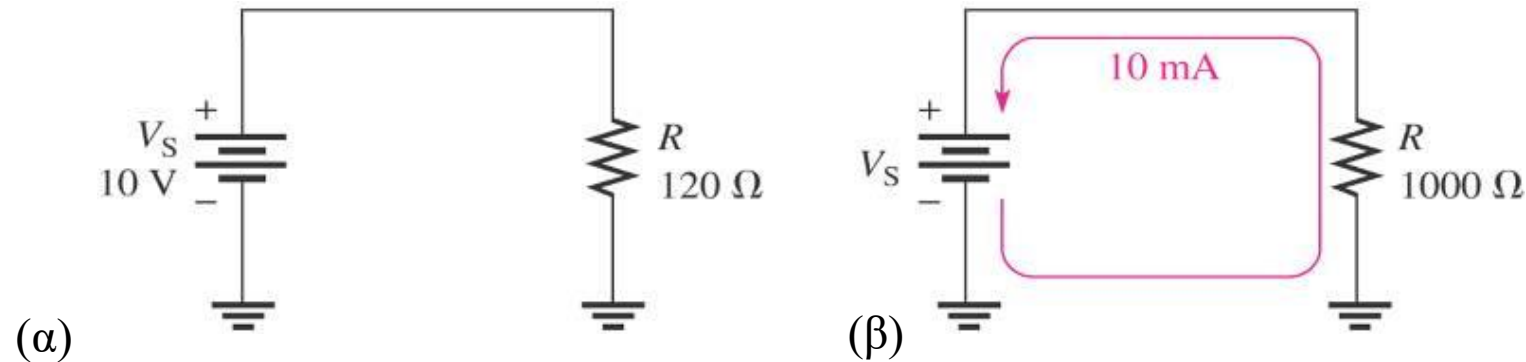


(β) Ρυθμιζόμενος αντιστάτης σύρματος



(γ) Αντιστάτης με ακτινικούς ακροδέκτες για PC

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-16 Επιλέξτε μια επαρκή κλάση ισχύος ($1/8 \text{ W}$, $1/4 \text{ W}$, $1/2 \text{ W}$ ή 1 W) για κάθε έναν αντιστάτη μεταλλικής μεμβράνης που παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα.



Λύση Για το κύκλωμα (α), η πραγματική ισχύς είναι

$$P = \frac{V_S^2}{R} = \frac{(10 \text{ V})^2}{120 \Omega} = \frac{100 \text{ V}^2}{120 \Omega} = 0.833 \text{ W}$$

Επιλέξτε έναν αντιστάτη με κλάση ισχύος μεγαλύτερη από την πραγματική κατανάλωση ισχύος. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί **αντιστάτης 1 W** .

Για το κύκλωμα (β), η πραγματική ισχύς είναι

$$P = I^2 \cdot R = (10 \text{ mA})^2 (1000 \Omega) = 0.1 \text{ W}$$

Ένας **αντιστάτης $1/8 \text{ W}$ (0.125 W)** πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε αυτή την περίπτωση,.

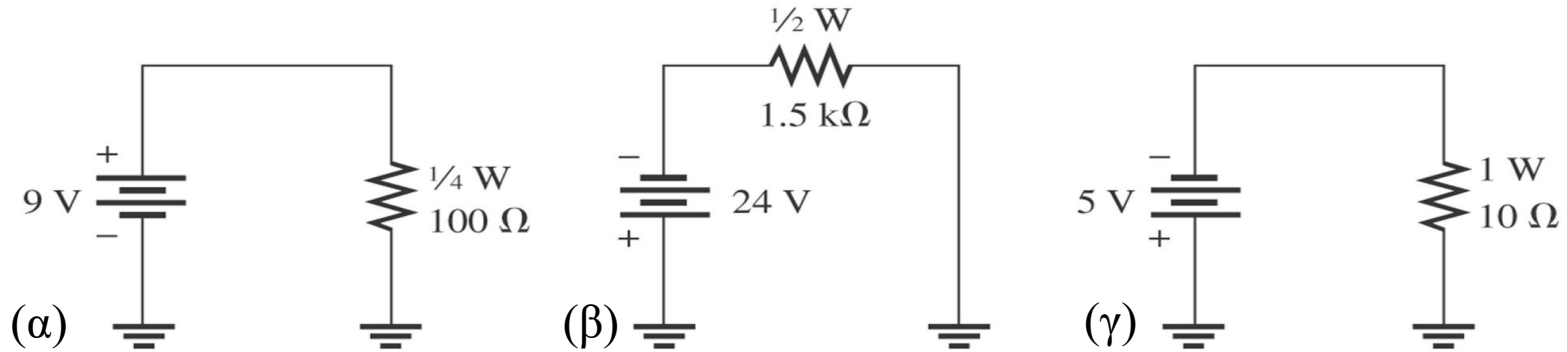
Βλάβες Αντιστατών

(Resistor Failures)

Όταν η ισχύς που καταναλώνεται σε έναν αντιστάτη είναι περισσότερη από την κλάση του, ο αντιστάτης θα θερμανθεί υπερβολικά και

- ο αντιστάτης μπορεί να καεί
- η τιμή της αντίστασής του μπορεί να αλλάξει σημαντικά
- ένας κατεστραμμένος αντιστάτης μπορεί να εντοπιστεί άμεσα από την καμένη ή αλλοιωμένη όψη της επιφάνειάς του, αλλιώς, ένας ύποπτος αντιστάτης πρέπει να απομακρυνθεί από το κύκλωμα και να ελεγχθεί με ένα ομόμετρο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-17 Βρείτε αν ο αντιστάτης σε κάθε κύκλωμα της παρακάτω Εικόνας έχει πιθανώς καταστραφεί από υπερθέρμανση.



Λύση

Για το κύκλωμα (α), $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(9 \text{ V})^2}{100 \Omega} = 0,81 \text{ W}$

Η κλάση ισχύος του αντιστάτη $\frac{1}{4} \text{ W}$ (0.25 W) είναι ανεπαρκής. Ο αντιστάτης έχει υπερθερμανθεί και πιθανώς καεί, δημιουργώντας ένα άνοιγμα στο κύκλωμα.

Για το κύκλωμα (β), $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(24 \text{ V})^2}{1.5 \text{ k}\Omega} = 0,384 \text{ W}$

Η κλάση του αντιστάτη $\frac{1}{2} \text{ W}$ (0.5 W) είναι επαρκής.

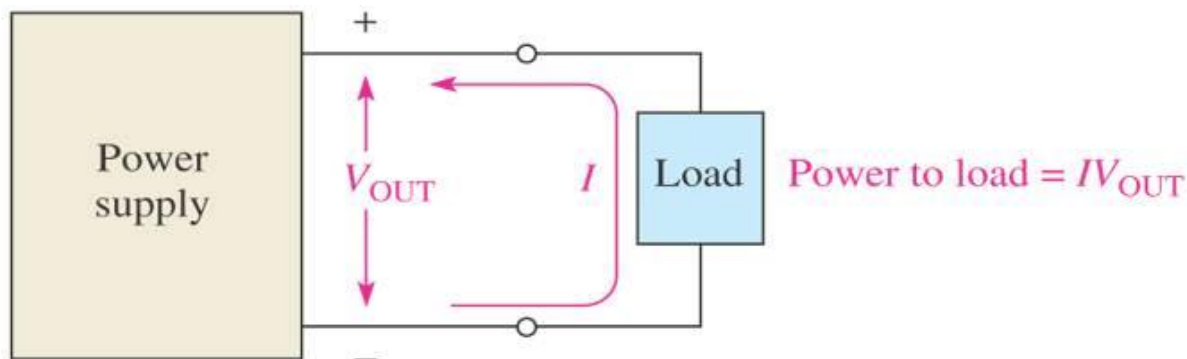
Για το κύκλωμα (γ), $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5 \text{ V})^2}{10 \Omega} = 2,5 \text{ W}$

Η κλάση του αντιστάτη 1 W είναι ανεπαρκής να διαχειριστεί την ισχύ του. Ο αντιστάτης έχει υπερθερμανθεί και πιθανώς καεί, δημιουργώντας ένα άνοιγμα στο κύκλωμα.

Τροφοδοτικά

(Power Supplies)

- DC τροφοδοτικό (DC power supply είναι μια συσκευή που παρέχει ρεύμα σε ένα φορτίο (load).
 - Διατηρεί τάση (V_{OUT}) μεταξύ των ακροδεκτών εξόδου του και παρέχει ρεύμα (I) μέσω του φορτίου
 - Το γινόμενο $I \cdot V_{OUT}$ είναι η ισχύς που παράγεται από το τροφοδοτικό και καταναλώνεται από το φορτίο
 - Ένας συσσωρευτής είναι ένα dc τροφοδοτικό που μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια



Η χωρητικότητα των συσσωρευτών σε Αμπερώρια (Ah)

Οι συσσωρευτές έχουν συγκεκριμένη δυνατότητα παροχής ηλεκτρισμού που καθορίζεται από το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μπορούν να παρέχουν ένα ορισμένο επίπεδο ρεύμα. Αυτή η δυνατότητα μετριέται σε **αμπερώρια (ampere-hours, Ah)**

- Τα αμπερώρια προσδιορίζουν τον αριθμό των ωρών που ένας συσσωρευτής μπορεί να παρέχει ρεύμα ενός ampere
- Τα αμπερώρια δείχνουν επίσης τον αριθμό των amperes ρεύματος που ένας συσσωρευτής μπορεί να παρέχει σε ένα φορτίο για μια ώρα

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-18 Για πόσες ώρες μπορεί ένας συσσωρευτής να παρέχει ρεύμα 2 A αν έχει δυναμικότητα 70 Ah;

Λύση Η χωρητικότητα σε αμπερώρια του συσσωρευτή είναι το γινόμενο του ρεύματος που παρέχει επί τον αριθμό των ωρών, x.

$$70 \text{ Ah} = (2 \text{ A})(x \text{ h})$$

Λύνοντας ως προς τον αριθμό των ωρών, x, παίρνουμε

$$x = \frac{70 \text{ Ah}}{2 \text{ A}} = \mathbf{35 \text{ h}}$$

Απόδοση Τροφοδοτικού

(Power Supplies Efficiency)

Η **%απόδοση (efficiency)**, ενός τροφοδοτικού είναι ο λόγος της ισχύος εξόδου P_{OUT} προς την ισχύ εισόδου P_{IN}

$$\% \text{απόδοση} = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100$$

- Η ισχύς εξόδου είναι πάντα μικρότερη από την ισχύ εισόδου διότι ένα μέρος της ισχύος χρησιμοποιείται (καταναλώνεται) εσωτερικά για να λειτουργήσει το κύκλωμα του τροφοδοτικού
- Η κατανάλωση της εσωτερικής ισχύος ονομάζεται **απώλεια ισχύος (power loss)**:

$$P_{OUT} = P_{IN} - P_{LOSS}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3-19 Συγκεκριμένο τροφοδοτικό απαιτεί 25 W ισχύος εισόδου. Μπορεί να παρέχει στην έξοδο ισχύ 20 W. Ποια είναι η απόδοσή του και πόση είναι η απώλεια ισχύος;

Λύση

$$\% \text{απόδοση} = \frac{P_{\text{OUT}}}{P_{\text{IN}}} \cdot 100 = \frac{20 \text{ W}}{25 \text{ W}} \cdot 100 = \mathbf{80\%}$$

$$P_{\text{LOSS}} = P_{\text{IN}} - P_{\text{OUT}} = 25 \text{ W} - 20 \text{ W} = \mathbf{5 \text{ W}}$$