

ΤΕΙ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Ι

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

(Direct Current Circuits-DC)

Κωδ. HN0131

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Ι

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Κεφάλαιο 1 Ηλεκτρικά μεγέθη – Ηλεκτρικά στοιχεία

- Ηλεκτρικό ρεύμα – Τάση – Ηλεκτρική ισχύς
- Πηγές τάσης & ρεύματος – Εξαρτημένες πηγές τάσης & ρεύματος
- Αντίσταση

Κεφάλαιο 2 Νόμοι στα ηλεκτρικά κυκλώματα

- Τοπολογία ηλεκτρικών κυκλωμάτων: Κόμβοι, κλάδοι, βρόχοι.
- Νόμος του Ohm
- Κανόνες του Kirchhoff

Κεφάλαιο 3 Συνδυασμός αντιστάσεων και πηγών

- Σύνδεση σε σειρά – Παράλληλη σύνδεση
- Μικτά κυκλώματα
- Διαιρέτης τάσης & ρεύματος
- Πραγματικές πηγές τάσης & ρεύματος – Μετασχηματισμός πηγών

Συνεχίζεται . . .

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Ι

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

. . . Συνέχεια

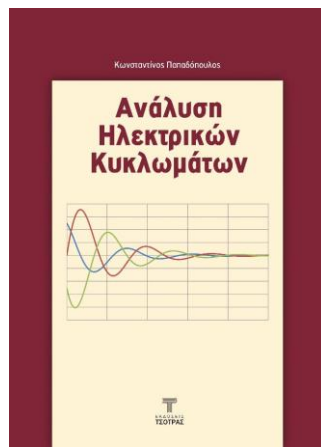
Κεφάλαιο 4 Μέθοδοι επίλυσης κυκλωμάτων

- Μέθοδος των κλάδων
- Μέθοδος των βρόχων
- Μέθοδος των κόμβων

Κεφάλαιο 5 Θεωρήματα κυκλωμάτων

- Θεώρημα υπέρθεσης
- Θεωρήματα Thevenin και Norton

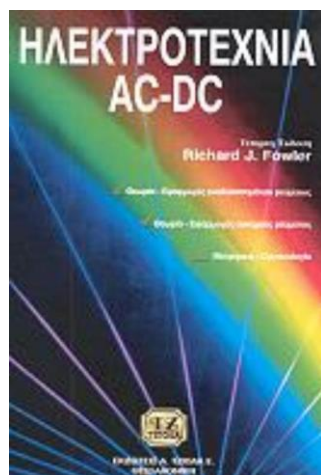
Προτεινόμενα βιβλία στο σύστημα ΕΥΔΟΞΟΣ



Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων

Παπαδόπουλος Κ.

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: **68374128**



Ηλεκτροτεχνία AC-DC

Fowler Richard J.

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: **18548872**

Κεφάλαιο 1

Ηλεκτρικά μεγέθη – Ηλεκτρικά στοιχεία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Ηλεκτρικό ρεύμα – Τάση – Ηλεκτρική ισχύς
- Πηγές τάσης & ρεύματος – Εξαρτημένες πηγές τάσης & ρεύματος
- Αντίσταση

Ηλεκτρικό Ρεύμα

(Current)

Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζουμε τη διατεταγμένη κίνηση του ηλεκτρικού φορτίου

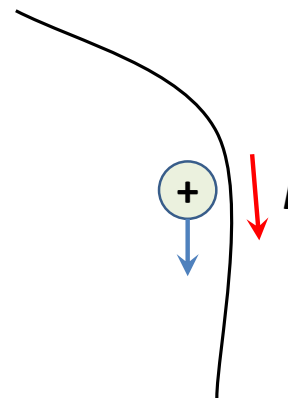
- π.χ., η κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα χάλκινο καλώδιο

Το ηλεκτρικό ρεύμα έχει **μέτρο (ένταση)** και **φορά**.

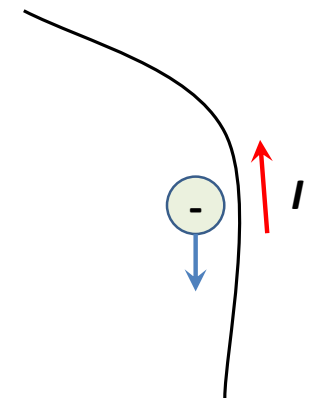
Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (I) ονομάζουμε το φορτίο (q) που διαρρέει τον αγωγό στη μονάδα του χρόνου (t)

$$I = \frac{q}{t}$$

Ως **φορά** ορίζουμε **συμβατικά** τη φορά κίνησης του θετικού φορτίου (συμβατική φορά).



α) Κίνηση θετικού φορτίου



β) Κίνηση αρνητικού φορτίου

Ampere: Η Μονάδα του Ρεύματος

Ένα **ampere** (A) είναι το ποσό ρεύματος που υπάρχει σε έναν αγωγό όταν μέσα από μία διατομή (cross-section) του υλικού περνά, μέσα σε ένα δευτερόλεπτο (1 s), ένας αριθμός ηλεκτρονίων που έχει ολικό φορτίο ενός coulomb (1 C)

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

- Υπενθυμίζεται ότι, ολικό φορτίο 1 C έχουν τα 6.25×10^{18} ηλεκτρόνια. Επομένως, ρεύμα 1 ampere σημαίνει ότι περνάνε 6.25×10^{18} ηλεκτρόνια ανά δευτερόλεπτο από μια διατομή του αγωγού.

Τάση

(Voltage)

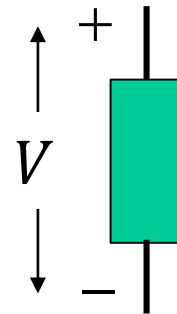
Τάση ή **διαφορά δυναμικού** (V) μεταξύ δύο σημείων είναι η ενέργεια (W) που απαιτείται για τη μεταφορά φορτίου (q) μεταξύ των δύο σημείων.

$$V = \frac{W}{q}$$

Η μονάδα της τάσης είναι το **Volt** (V)

Ένα **Volt** είναι η διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ δύο σημείων όταν απαιτείται ένα joule ενέργειας για να μεταφέρουμε ένα coulomb φορτίου από το ένα σημείο στο άλλο

Πολικότητα της τάσης: όταν ορίζουμε μια ηλεκτρική τάση (διαφορά δυναμικού) μεταξύ δύο σημείων πρέπει οπωσδήποτε να ορίζουμε ποιο σημείο έχει το υψηλότερο δυναμικό (συμβολισμός με “+”) και ποιο το χαμηλότερο (συμβολισμός με “-”)



Ισχύς

(Power)

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)**.

$$1W = \frac{1J}{1s}$$

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

Ηλεκτρική ισχύς: Σχέση ηλεκτρικής ισχύος με την ηλεκτρική τάση

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V \cdot q}{t} = V \cdot I$$

επομένως $Watt = Volt \cdot Ampere$ ($W = VA$)

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

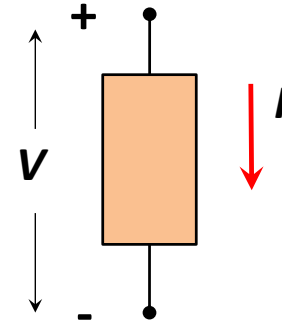
APPLIANCE	POWER RATING (WATTS)
Air conditioner	860
Blow dryer	1300
Clock	2
Clothes dryer	4800
Dishwasher	1200
Heater	1322
Microwave oven	800
Range	12,200
Refrigerator	1800
Television	250
Washing machine	400
Water heater	2500

Παραγωγή και κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος

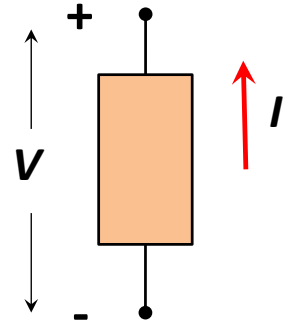
Η παραγωγή ή κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος σε ένα ηλεκτρικό στοιχείο εξαρτάται από τη σχέση της φοράς του ρεύματος με την πολικότητα της τάσης.

Ροή ρεύματος από τον θετικό στον αρνητικό ακροδέκτη ($+$ $\rightarrow$ $-$) σημαίνει μείωση της ενέργειας του ρεύματος, άρα **κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος**. [Εικ. (α)]

Ροή ρεύματος από τον αρνητικό στο θετικό ακροδέκτη ($-$ $\rightarrow$ $+$) σημαίνει αύξηση της ενέργειας του ρεύματος, άρα **παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος** [Εικ. (β)]

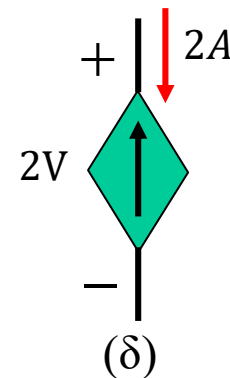
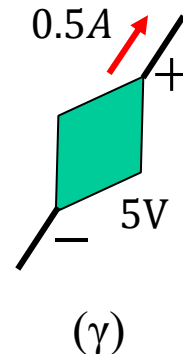
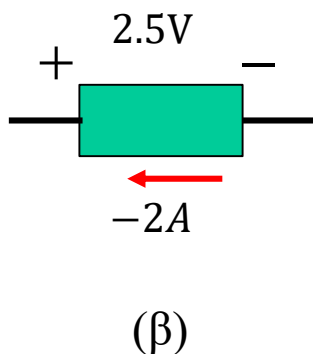
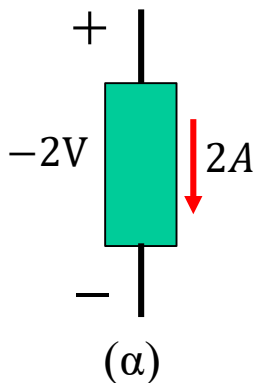


α. Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ισχύος



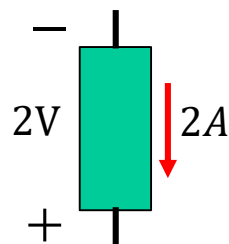
β. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ισχύος

Άσκηση 4 (Βλ. σχήμα 1-15, σελ. 34, Κ. Παπαδόπουλου “Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων”)
Βρείτε την ισχύ που αποδίδουν ή καταναλώνουν τα παρακάτω στοιχεία.



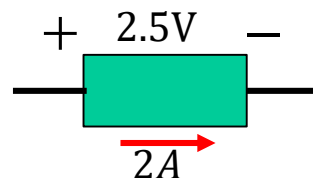
Απαντήσεις

(α) Το στοιχείο του σχήματος (α) ισοδυναμεί με



Επομένως, το στοιχείο αυτό παράγει ισχύ $P = V \cdot I = (2V)(2A) = 4W$

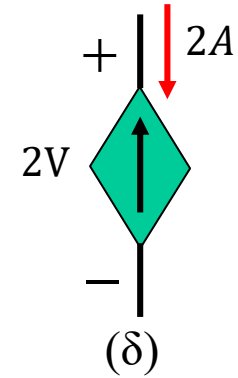
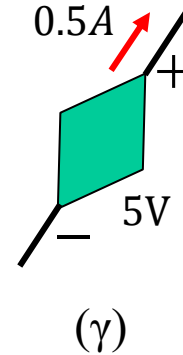
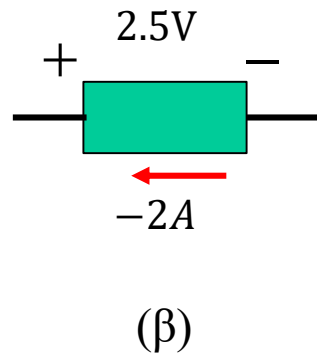
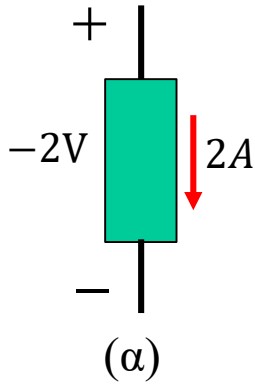
(β) Το στοιχείο του σχήματος (β) ισοδυναμεί με



Το στοιχείο αυτό είναι καταναλωτής. Καταναλώνει ισχύ $P = (2.5V)(2A) = 5W$

Συνεχίζεται . . .

Άσκηση 4 (... συνέχεια)

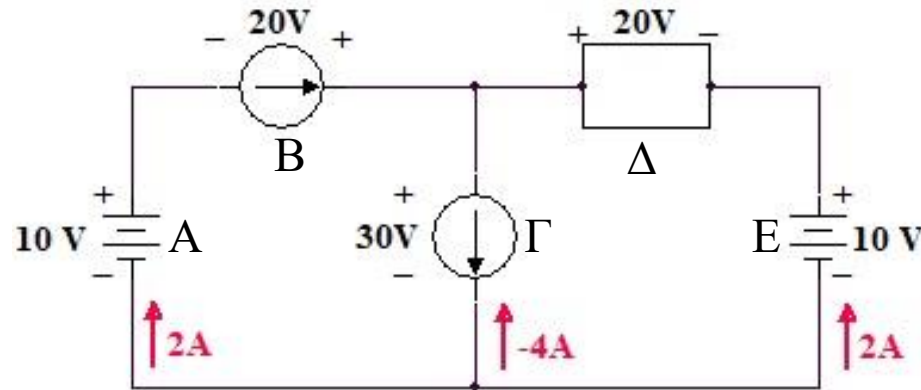


(γ) Το στοιχείο του σχήματος (γ) είναι πηγή. Παράγει ισχύ $P = (5V)(0.5A) = 2.5W$

(δ) Το στοιχείο του σχήματος (δ) καταναλώνει ισχύ $P = (2V)(2A) = 4W$

Άσκηση 10 (Βλ. Σχήμα 1-19, σελ. 35, Κ. Παπαδόπουλου ‘Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων’)

Βρείτε ποια στοιχεία του παρακάτω κυκλώματος καταναλώνουν ισχύ και ποια αποδίδουν. Ελέγξτε ότι ικανοποιείται το θεώρημα διατήρησης της ενέργειας, δηλαδή, η συνολικά παραγόμενη ισχύς ισούται με τη συνολικά καταναλισκόμενη.



Λύση

Ας ονομάσουμε τα στοιχεία με τα γράμματα Α ως Ε, όπως στο σχήμα

- Το στοιχείο Α παράγει ισχύ (ρεύμα από το ‘-’ στο ‘+’) $P_A = (10V)(2A) = 20W$
- Το στοιχείο Β παράγει ισχύ $P_B = (20V)(2A) = 40W$
- Το στοιχείο Γ καταναλώνει ισχύ $P_\Gamma = (30V)(4A) = 120W$ (το ρεύμα που το διαρρέει είναι 4Α με φορά από το θετικό στον αρνητικό ακροδέκτη του)
- Το στοιχείο Δ παράγει ισχύ $P_\Delta = (20V)(2A) = 40W$
- Το στοιχείο Ε παράγει ισχύ $P_E = (10V)(2A) = 20W$

Η ολική παραγόμενη ισχύς είναι $20W + 40W + 40W + 20W = 120W$ ίση με την καταναλισκόμενη, $120W$ (μόνο το στοιχείο Γ καταναλώνει).

Ηλεκτρικά Μεγέθη και Μονάδες στο SI

SI = Διεθνές Σύστημα μονάδων

QUANTITY		SYMBOL	UNIT	SYMBOL
capacitance	(χωρητικότητα)	C	farad	F
charge	(φορτίο)	Q	coulomb	C
conductance	(αγωγιμότητα)	G	siemens	S
current	(ρεύμα)	I	ampere	A
energy	(ενέργεια)	W	joule	J
frequency	(συχνότητα)	f	hertz	Hz
impedance	(εμπέδηση)	Z	ohm	Ω
inductance	(αυτεπαγωγή)	L	henry	H
power	(ισχύς)	P	watt	W
reactance	(ανάδραση)	X	ohm	Ω
resistance	(αντίσταση)	R	ohm	Ω
voltage	(τάση)	V	volt	V

Μετρικά Προθέματα

Για να εκφράσουμε πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια των μονάδων χρησιμοποιούμε τα **μετρικά προθέματα** (metric prefixes)

Σύμβολο	Πρόθεμα	Πολλαπλασιαστικός συντελεστής
p	pico	10^{-12}
n	nano	10^{-9}
μ	micro	10^{-6}
m	milli	10^{-3}
k	kilo	10^3
M	mega	10^6
G	giga	10^9
T	tera	10^{12}

Παραδείγματα: $6800V = 6.8 \times 10^3V = 6.8kV$

$0.0045A = 4.5 \times 10^{-3}A = 4.5mA$

Άλλες μονάδες Ισχύος και Ενέργειας

Για την ενέργεια και την ισχύ, στην καθημερινή ζωή, χρησιμοποιούνται και άλλες μονάδες που δεν ανήκουν στο SI.

Για την ισχύ, χρησιμοποιούμε τον **ίππο (hp)**: $1\text{hp} = 745.7\text{W}$

Για την ενέργεια, χρησιμοποιούνται

- **θερμίδα (cal)**: $1\text{ cal} = 4.187\text{ J}$
- **kilowatt-hour (kWh)**: $1\text{ kWh} = 3.6 \times 10^6\text{ J}$

Παράδειγμα: ένας λαμπτήρας των 100 W που καίει για 10 h καταναλώνει ενέργεια $W = P \cdot t = (100\text{W})(10\text{h}) = 1000\text{ Wh} = 10^3\text{ Wh} = 1\text{kWh}$

- **ampere-hour (Ah)**: χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του φορτίου (q) που μπορεί να αποθηκεύσει ένας συσσωρευτής (μπαταρία). Για να βρούμε την ισοδυναμία του Ah με μια άλλη μονάδα ενέργειας, πρέπει να γνωρίζουμε την ονομαστική τάση του συσσωρευτή

Παράδειγμα: Η μπαταρία ενός κινητού τηλεφώνου αναγράφει 1320mAh , 3.7V . Επομένως η ενέργεια που μπορεί να αποθηκεύσει είναι $W = q \cdot V = (1320\text{ mAh})(3.7\text{ V}) = 4884\text{ (mA} \cdot \text{V)h} = 4884\text{ mWh} = 4.884\text{ Wh} \approx 4.88\text{Wh}$ ή $4,88 \cdot 10^{-3}\text{ kWh}$

Παράδειγμα: Προσδιορίστε τον αριθμό των kWh για κάθε μια από τις παρακάτω καταναλώσεις: (α) 1400 W για 1 h, (β) 2500 W για 2 h και (γ) 100 000 W για 5 h.

(α) $1400\text{ W} = 1.4\text{ kW}$, επομένως η κατανάλωση (ενέργεια που καταναλώνεται) σε 1h είναι $W = P \cdot t = (1.4\text{ kW})(1\text{h}) = 1.4\text{ kWh}$

(β) $W = P \cdot t = (2.5\text{ kW})(2\text{h}) = 5.0\text{ kWh}$

(γ) $W = (100\text{ kW})(5\text{h}) = 500\text{ kWh}$

Παράδειγμα 1-3 (Σελ. ..., Κ. Παπαδόπουλου ‘Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων’)

Ηλεκτρικός βραστήρας έχει ονομαστική ισχύ 3000 W και μέγιστη χωρητικότητα νερού 1.7 l (λίτρα). Σε πόσο χρόνο βράζει το νερό όταν τον γεμίσουμε; Πόσα χρήματα μας στοιχίζει το βράσιμο αυτής της ποσότητας νερού εάν το κόστος της kWh είναι 0.185€ ;

Λύση

Μία θερμίδα (1 cal) είναι η ενέργεια που πρέπει να δώσουμε σε ένα γραμμάριο (1 gr) νερού για να ανυψώσουμε τη θερμοκρασία του κατά ένα βαθμό Κελσίου (1°C).

Επομένως, για να βράσουμε 1700 gr νερού (1.7 l έχουν μάζα 1700 gr), δηλαδή να το ζεστάνουμε από τους 20°C στους 100°C , δηλαδή να ανεβάσουμε τη θερμοκρασία του κατά 80°C , πρέπει να του δώσουμε θερμική ενέργεια (θερμότητα)

$$W = \left(1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}\right) (1700\text{ gr})(80^\circ\text{C}) = 136000\text{ cal}$$

Η ενέργεια αυτή σε joules είναι $W = (136000\text{ cal}) \left(4.187 \frac{\text{J}}{\text{cal}}\right) = 596000\text{ J}$

Ο χρόνος, που απαιτείται, υπολογίζεται από τον τύπο της ισχύος

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{596000\text{ J}}{3000\text{ W}} = 199\text{ s} \approx 200\text{ s}$$

(συνεχίζεται...)

Λύση (. . . συνέχεια)

Η ενέργεια αυτή των 596000 J σε κιλοβατώρες είναι

$$W = \frac{596000 \text{ J}}{3.6 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kWh}}} = 0.166 \text{ kWh}$$

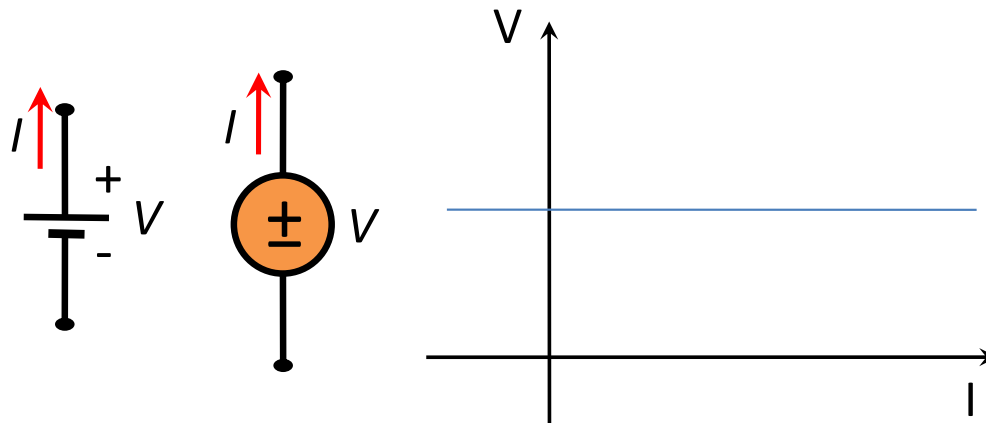
Με τιμή 0.185 €/kWh το κόστος για να βράσουμε τα 1.7 l νερού είναι

$$(0.166 \text{ kWh})(0.185 \text{ €/kWh}) = 0.03 \text{ €}$$

Πηγή τάσης

(Voltage source)

Ιδανική (ideal) πηγή τάσης ονομάζουμε ένα ηλεκτρικό στοιχείο με δύο ακροδέκτες το οποίο έχει την ιδιότητα να διατηρεί σταθερή διαφορά δυναμικού στα άκρα του, ανεξάρτητα από το ρεύμα που το διαρρέει.



α) Σύμβολα ιδανικής πηγής τάσης

β) Χαρακτηριστική $I - V$ ιδανικής πηγής τάσης

Η πηγή τάσης είναι ένα ενεργό στοιχείο, δηλαδή μπορεί να παρέχει ισχύ σε ένα κύκλωμα.

Πηγή τάσης (. . . συνέχεια)

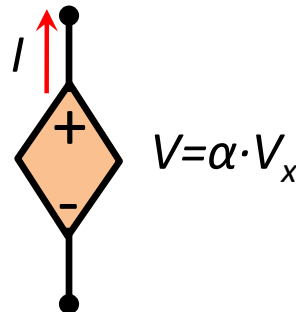
Εξαρτημένη πηγή τάσης είναι μία πηγή τάσης που η τιμή της εξαρτάται (ελέγχεται) από κάποια άλλη τάση ή κάποιο άλλο ρεύμα του κυκλώματος στο οποίο βρίσκεται.

Η τάση στα άκρα της είναι ανεξάρτητη του ρεύματος που τη διαρρέει, ακριβώς όπως και στην **ανεξάρτητη** ιδανική πηγή τάσης.

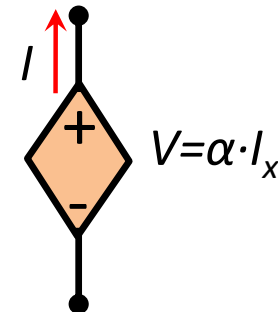
Έχουμε δύο είδη εξαρτημένων πηγών τάσης:

(α) Εξαρτημένη πηγή τάσης ελεγχόμενη από τάση

(β) Εξαρτημένη πηγή τάσης ελεγχόμενη από ρεύμα



α) Εξαρτημένη πηγή τάσης εξαρτώμενη από τάση

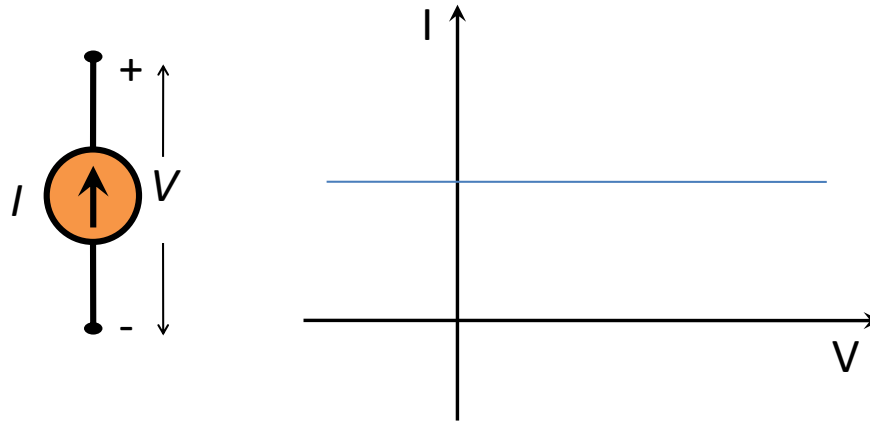


β) Εξαρτημένη πηγή τάσης εξαρτώμενη από ρεύμα

Πηγή ρεύματος

(Current source)

Ιδανική (ideal) πηγή ρεύματος ονομάζουμε ένα ηλεκτρικό στοιχείο με δύο ακροδέκτες το οποίο έχει την ιδιότητα να διαρρέεται από σταθερή ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, ανεξάρτητα από τη διαφορά δυναμικού που υπάρχει στα άκρα του .



α) Σύμβολο ιδανικής
πηγής ρεύματος

β) Χαρακτηριστική $V - I$
ιδανικής πηγής ρεύματος

Η πηγή ρεύματος είναι ένα ενεργό στοιχείο, δηλαδή μπορεί να παρέχει ισχύ σε ένα κύκλωμα.

Πηγή ρεύματος (. . . συνέχεια)

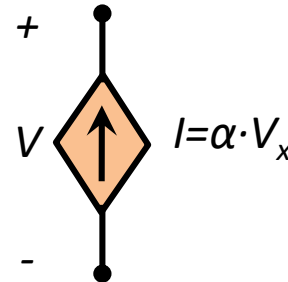
Εξαρτημένη πηγή ρεύματος είναι μία πηγή ρεύματος που η τιμή της εξαρτάται από κάποια άλλη τάση ή κάποιο άλλο ρεύμα του κυκλώματος στο οποίο βρίσκεται.

Το ρεύμα που τη διαρρέει είναι ανεξάρτητο της τάσης που έχει στα άκρα της, ακριβώς όπως και στην **ανεξάρτητη** ιδανική πηγή ρεύματος.

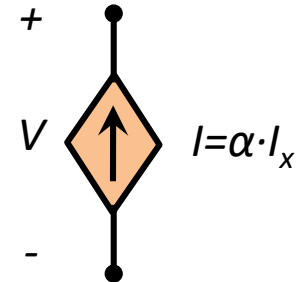
Έχουμε δύο είδη εξαρτημένων πηγών ρεύματος:

(α) Πηγή ρεύματος ελεγχόμενη από τάση

(β) Πηγή ρεύματος ελεγχόμενη από ρεύμα



α) Εξαρτημένη πηγή ρεύματος εξαρτώμενη από τάση

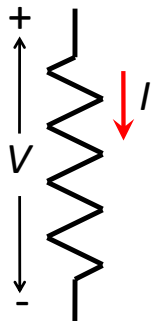


β) Εξαρτημένη πηγή ρεύματος εξαρτώμενη από ρεύμα

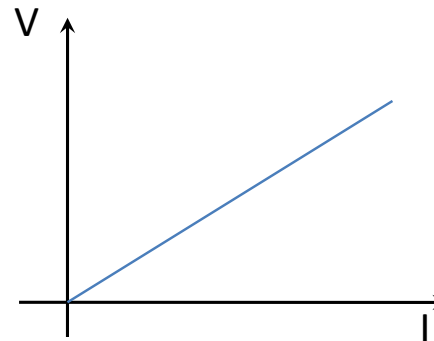
Αντίσταση

(Resistance)

(Ωμική) αντίσταση ονομάζουμε ένα στοιχείο με δύο ακροδέκτες το οποίο έχει την ιδιότητα η διαφορά δυναμικού που υπάρχει στα άκρα του να είναι ανάλογη της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει.



α) Σχηματική παράσταση αντίστασης



β) Χαρακτηριστική $I - V$ αντίστασης

Ο παραπάνω ορισμός περιγράφει ένα **ιδανικό** στοιχείο, καθώς αυτό μπορεί να καταναλώνει απεριόριστη ισχύ.

Στις **πραγματικές** ωμικές αντιστάσεις η αναλογικότητα της τάσης και του ρεύματος ισχύει μέχρι μια μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ.

Νόμος του Ohm

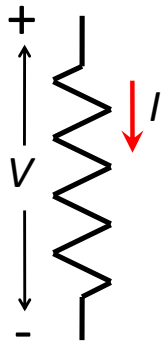
(Ohm's law)

Η γραμμική σχέση μεταξύ της τάσης και του ρεύματος σε μία αντίσταση περιγράφεται μαθηματικά από τη σχέση:

$$V = I \cdot R$$

Άλλες μορφές του νόμου του Ohm

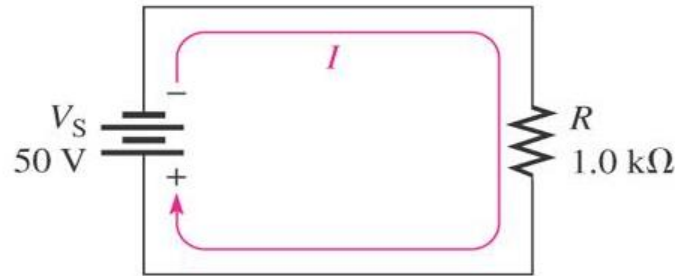
$$I = \frac{V}{R} \quad \text{ή} \quad R = \frac{V}{I}$$



Η ωμική αντίσταση είναι ένα στοιχείο που μπορεί μόνο να καταναλώνει ηλεκτρική ισχύ.

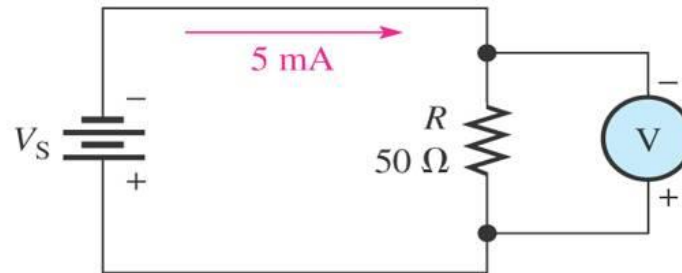
Νόμος του Ohm: Παραδείγματα

1. Υπολογίστε το ρεύμα σε milliamperes για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



Από το νόμο του Ohm, έχουμε:
$$I = \frac{V_S}{R} = \frac{50 \text{ V}}{1.0 \text{ k}\Omega} = \frac{50 \text{ V}}{1.0 \cdot 10^3 \Omega} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

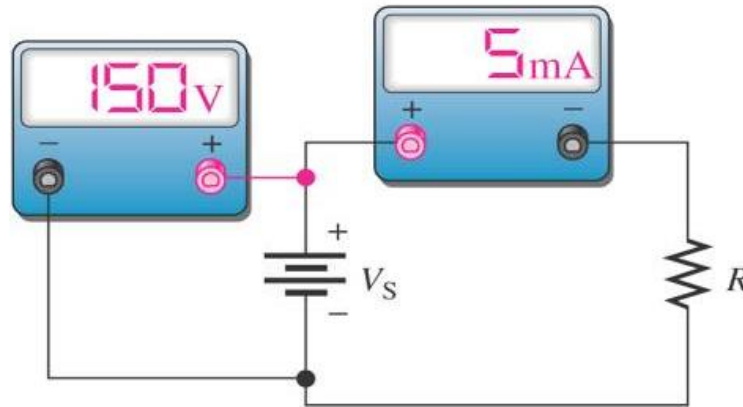
2. Πόση τάση θα μετρηθεί στα άκρα του αντιστάτη στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος;



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

Νόμος του Ohm: Παραδείγματα (. . . συνέχεια)

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



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

Η ισχύς σε ωμική αντίσταση

Συνδυάζοντας τον ορισμό της ηλεκτρικής ισχύος ($P = V \cdot I$) με το νόμο του Ohm ($V = I \cdot R$), η ισχύς που καταναλώνει μια αντίσταση R μπορεί να γραφεί:

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

- Ο νόμος του Ohm μπορεί να εκφραστεί και με το αντίστροφο μέγεθος, που λέγεται **αγωγιμότητα** (conductivity, G).
- Η αγωγιμότητα ορίζεται σαν $G = \frac{1}{R}$
- Ο νόμος του Ohm εκφρασμένος με την αγωγιμότητα γράφεται:

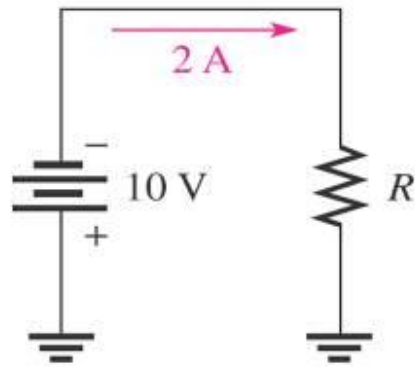
$$I = V \cdot G \quad \text{ή} \quad V = \frac{I}{G} \quad \text{ή} \quad G = \frac{I}{V}$$

- Η αγωγιμότητα μετριέται σε Ω^{-1} (Mho) ή *Siemens*, S .

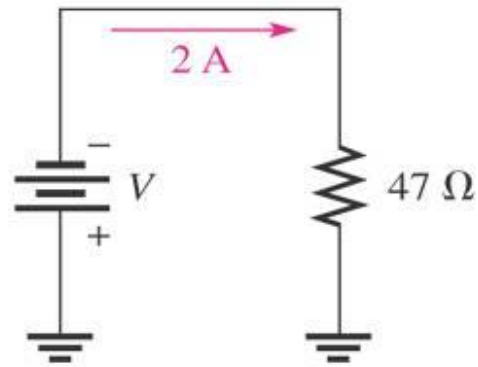
Παράδειγμα: Η αγωγιμότητα μιας αντίστασης $22k\Omega$ είναι

$$G = \frac{1}{22k\Omega} = \frac{1}{22000 \Omega} = 4.55 \cdot 10^{-5} \Omega^{-1} = 45.5 \mu S$$

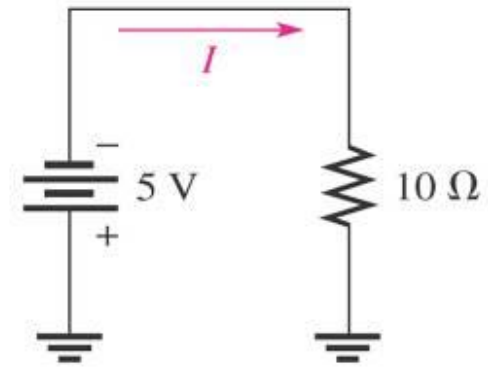
Παράδειγμα: Υπολογίστε την ισχύ σε κάθε ένα από τα τρία κυκλώματα της παρακάτω εικόνας.



(α)



(β)



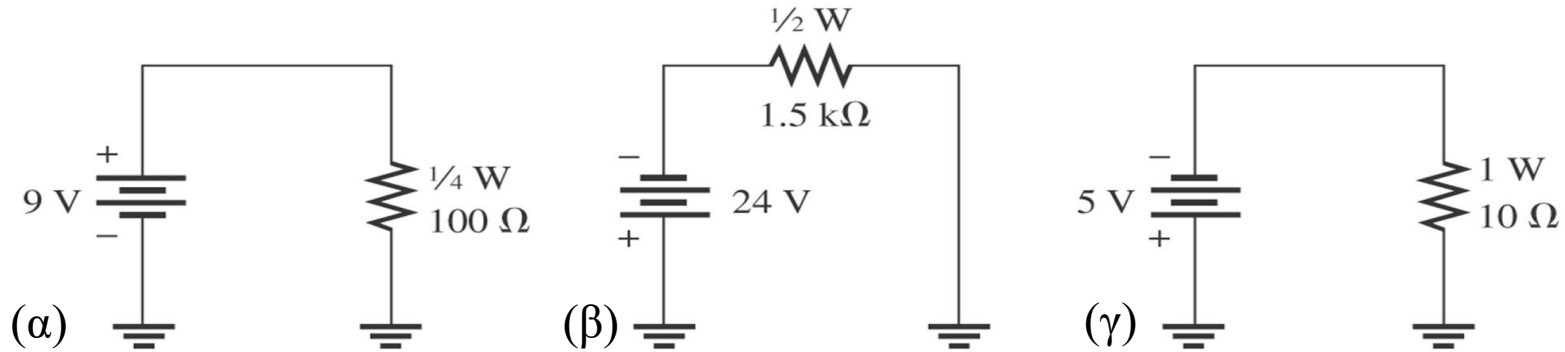
(γ)

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

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

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

Παράδειγμα: Βρείτε αν η αντίσταση σε κάθε κύκλωμα της παρακάτω Εικόνας έχει πιθανώς καταστραφεί από υπερθέρμανση.



(α) Η ισχύς που καταναλώνεται στην αντίσταση των 100Ω είναι $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(9\text{ V})^2}{100\Omega} = 0,81\text{W}$.

Η κλάση ισχύος της αντίστασης $\frac{1}{4}\text{ W}$ (0.25 W) είναι ανεπαρκής. Η αντίσταση έχει υπερθερμανθεί και πιθανώς καεί.

(β) Η ισχύς στην αντίσταση είναι $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(24\text{ V})^2}{1.5\text{ k}\Omega} = 0,384\text{W}$.

Επομένως, η κλάση της αντίστασης $\frac{1}{2}\text{ W}$ (0.5 W) είναι επαρκής.

(γ) Η ισχύς στην αντίσταση είναι $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(5\text{ V})^2}{10\Omega} = 2,5\text{W}$.

Η κλάση της αντίστασης 1 W είναι ανεπαρκής να διαχειριστεί την ισχύ του.

Παράδειγμα 1-7 (Σελ. 32, Κ. Παπαδόπουλου ‘Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων’)

Υπολογίστε την αντίσταση ενός ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Τα χαρακτηριστικά του θερμοσίφωνα είναι 220 Volt, 4 kW.

Απάντηση

Η αντίσταση του θερμοσίφωνα υπολογίζεται εύκολα από τη σχέση της ισχύος:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220V)^2}{4000W} = 12.1 \Omega$$

Ιδιότητες της ωμικής αντίστασης – Εξάρτηση από τη θερμοκρασία

Η αντίσταση μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Η σχέση που δίνει τη μεταβολή της αντίστασης με τη θερμοκρασία είναι:

$$R_{\theta} = R_0 \cdot [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]$$

όπου α είναι ο θερμοκρασιακός συντελεστής του υλικού

Τα μέταλλα, που είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού χαρακτηρίζονται από θετικό θερμοκρασιακό συντελεστή.

Η αντίσταση μιας ράβδου μήκους l και εμβαδού διατομής S δίνεται από τη σχέση

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

όπου, ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού της ράβδου

Υλικό	Ειδική αντίσταση ρ ($\Omega \cdot m$)	Θερμοκρασιακός συντελεστής α ($\Omega/^{\circ}C$)
Χαλκός	$1,68 \cdot 10^{-8}$	0,0068
Αλουμίνιο	$2,65 \cdot 10^{-8}$	0,00429
Βολφράμιο	$5,6 \cdot 10^{-8}$	0,0045
Σίδηρος	$9,71 \cdot 10^{-8}$	0,00651

Ιδιότητες της ωμικής αντίστασης

(. . . συνέχεια)

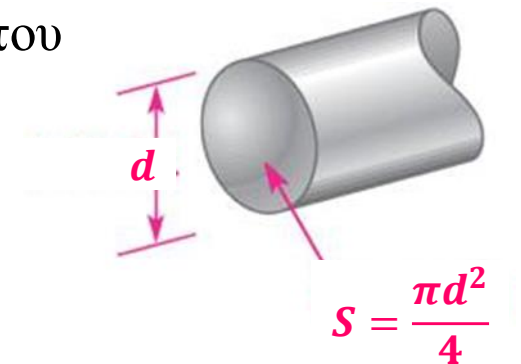
Παράδειγμα: Υπολογίστε την αντίσταση ενός χάλκινου σύρματος μήκους 100 m διαμέτρου 0.7mm . Η ειδική αντίσταση του χαλκού (βλ., προηγούμενο πίνακα) είναι $1.68 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ στους 20°C.

Η αντίσταση R του σύρματος είναι $R = \rho \frac{l}{S}$

όπου, το εμβαδόν S της διατομής (ή, απλά, η διατομή) του σύρματος διαμέτρου d δίνεται από τη σχέση $S = \frac{\pi d^2}{4}$

Επομένως,

$$\begin{aligned} R &= \rho \frac{l}{\frac{\pi d^2}{4}} = \rho \frac{4l}{\pi d^2} \\ &= (1.68 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m) \frac{4(100m)}{3.14(0.7 \cdot 10^{-3}m)^2} \\ &= 4.37 \Omega \end{aligned}$$



Παράδειγμα 1-8 (Σελ. 33, Κ. Παπαδόπουλου ‘Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων’)

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως κατασκευάζονται από νήμα βολφραμίου. Αν η θερμοκρασία λειτουργίας του λαμπτήρα φτάνει τους 2500 °C, υπολογίστε την αντίσταση του νήματος ενός λαμπτήρα των 100 W σε θερμοκρασία δωματίου.

Λύση

Η αντίσταση του λαμπτήρα σε θερμοκρασία λειτουργίας υπολογίζεται από τη σχέση της ισχύος:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220V)^2}{100W} = 484 \Omega$$

Από τη σχέση που δίνει την εξάρτηση της αντίστασης από την θερμοκρασία έχουμε:

$$\begin{aligned} R_{\theta} &= R_0 \cdot [1 + \alpha(\theta - \theta_0)] \Rightarrow R_0 = \frac{R_{\theta}}{[1 + \alpha(\theta - \theta_0)]} = \\ &= \frac{484}{[1 + 0.0045(2500 - 20)]} = \frac{484}{12.2} = 39.8 \Omega \end{aligned}$$