



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

ΤΟΜΟΣ Α΄



1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ

Ειδικότητες Μηχανοτεχνίτη καὶ Ἡλεκτροτεχνίτη

- 1.— *Μαθηματικά* τόμοι Α', Β', Γ'.
- 2.— *Μηχανουργικὴ Τεχνολογία* τόμοι Α', Β', Γ'.
- 3.— *Κινητήριες Μηχανές* τόμοι Α', Β'.
- 4.— *Τεχνικὸ Σχέδιο* τόμοι Α', Β', Γ', Δ', Ε'.
Τετράδια Ἀσκήσεων Σχεδίου Α', Β'.
- 5.— *Χημεία*
- 6.— *Ἡλεκτροτεχνία* τόμοι Α', Β', Γ', Δ', Ε'.
- 7.— *Φυσικὴ*
- 8.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*
- 9.— *Μηχανικὴ*
- 10.— *Τὰ Ὑλικά*
- 11.— *Μηχανολογικὸ Μνημόνιο*
- 12.— *Ἡλεκτρολογικὸ Μνημόνιο.*
- 13.— *Ἡλεκτροτεχνία τοῦ Μηχανοτεχνίτη.*
- 14.— *Τὸ Ἡλεκτρικὸ Σύστημα τοῦ Αὐτοκινήτου.*

Ήταν βαθειά ἡ πεποίθησις στὸν Εὐγένιο Εὐγενίδη ὅτι σημαντικὸς παράγων στὴν πρόοδο τοῦ Ἑθνους εἶναι ἡ ἄρτια κατάρτισις τῶν νέων τεχνιτῶν μας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἡθικὴ ἀγωγή τους.

Τὴν πεποίθησή του αὐτὴ τὴν μετέτρεπε σὲ γενναιοφρονα πράξη εὐεργεσίας, ὅταν κληροδοτοῦσε σεβαστὸ ποσὸν γιὰ τὴν σύστασις Ἰδρύματος ποῦ θὰ εἶχε σκοπὸ νὰ συμβάλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευσιν τῶν νέων.

Μὲ τὸ Β. Διάταγμα τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη τὸ "Ἰδρυμα Εὐγενίδου καί, κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτου, ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς του κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμή ἐκείνη ἄρχισαν νὰ πραγματοποιοῦνται οἱ σκοποὶ ποῦ ὠραματίσθηκε ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης καὶ μαζὶ ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τίς βασικῆς ἀνάγκες τοῦ ἔθνικοῦ μας βίου.

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν του, τὸ "Ἰδρυμα ἐπρόταξε τὴν ἔκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων, τόσο γιὰ λόγους θεωρητικόνες ὥς καὶ πρακτικόνες. Διότι ἐκρίθη πρωταρχικὴ ἡ ἀνάγκη νὰ ἐφοδιασθοῦν οἱ μαθηταὶ τῶν τεχνικῶν ἐπαγγελματικῶν σχολῶν μὲ μιὰ πλήρη σειρὰ βιβλίων, ποῦ νὰ θεμελιώσῃ σωστά τὴν πρώτη τους ἐπαφὴ μὲ τὸν κύκλον τῶν σπουδῶν καὶ τῆς τέχνης τους.

Στὴν ἐκτέλεσιν τοῦ προγράμματος αὐτοῦ τὸ Ὑπουργεῖο Βιομηχανίας ἔδωκε πλήρη καὶ πολὺτιμη τὴν συνδρομὴν του.

Μὲ ἀπόφασιν τοῦ Ὑπουργοῦ Βιομηχανίας τὸ ὅλον ἔργον μελέτης, ὁργανώσεως καὶ πραγματοποιήσεως τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος ἀνετέθη σὲ Ἐπιτροπὴ ἀπὸ δύο ἐκπροσώπους τοῦ Ἰδρύματος καὶ δύο τοῦ Συμβουλίου Ἐπαγγελματικῆς Ἐκπαιδεύσεως.

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ κατέβαλαν κάθε προσπάθεια γιὰ νὰ κάνουν τὸ περιεχόμενον τῶν βιβλίων ὥς γίνεται πιὸ ἀπλὸ καὶ προσαρμοσμένο στὶς ἀνάγκες καὶ τίς δυνατότητες τῶν μαθητῶν. Γι' αὐτὸ καὶ τὰ βιβλία αὐτὰ εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ νεοελληνικὴ ποῦ διδάσκεται στὰ δημοτικὰ σχολεῖα. Ἡ τιμὴ τους ὠρίσθη τόσο χαμηλὴ, ὥστε νὰ εἶναι προσιτὰ καὶ στοὺς πιὸ ἀπόρους μαθητάς.

Ἔτσι προσφέρονται στὸ εὐρὸ κοινὸ τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς τεχνικῆς μας ἐκπαιδεύσεως οἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος, τῶν ὁποίων ἡ συμβολὴ στὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐλπίζεται νὰ εἶναι μεγάλῃ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παππᾶς, Καθηγητὴς Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Πρόεδρος. *Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης*, Διπλ. Μηχ. Ἠλ., Ἀναπλ. Γεν. Διευθυντὴς Ο.Τ.Ε., Ἀντιπρόεδρος. *Ἄγγελος Καλογεράς*, Καθηγητὴς Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Ἐπιστημονικὸς Σύμβουλος. *Νικόλαος Βασιώτης*, Διευθυντὴς Ἑπαγγελματικῆς Ἐκπαιδεύσεως Ὑπουργείου Παιδείας. *Κωνσταντῖνος Α. Μανάφης*, Φιλολόγος, Προϊστάμενος Ἐκδόσεων. *Δημοσθένης Π. Μεγαρίτης*, Γραμματεὺς τῆς Ἐπιτροπῆς.

Ι Δ Ρ Υ Μ Α Ε Υ Γ Ε Ν Ι Δ Ο Υ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Π. ΘΕΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΥ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΑΘΗΝΑΙ
1967

Α'. ΕΚΔΟΣΗ

Πρώτη έκτύπωση (1958) αντίτυπα 1 — 5 000

Δεύτερη έκτύπωση (1959) αντίτυπα 5 001 — 10 000

Τρίτη έκτύπωση (1960) αντίτυπα 10 001 — 15 000

Τέταρτη έκτύπωση (1960) αντίτυπα 15 001 — 23 000

Πέμπτη έκτύπωση (1961) αντίτυπα 23 001 — 28 000

Έκτη έκτύπωση (1962) αντίτυπα 28 001 — 36 000

Β'. ΕΚΔΟΣΗ

Πρώτη έκτύπωση (1963) αντίτυπα 36 001 — 47 000

Δεύτερη έκτύπωση (1965) αντίτυπα 47 001 — 57 000

Τρίτη έκτύπωση (1966) αντίτυπα 57 001 — 67 000

Τέταρτη έκτύπωση (1967) αντίτυπα 67 001 — 79 000

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Τὸ βιβλίον αὐτὸ τῆς « Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη » εἶναι ὁ πρῶτος Τόμος τῆς Ἑλεκτροτεχνίας.

Σκοπὸς τοῦ εἶναι νὰ ἐξοικειώσῃ τὸν μαθητὴ μὲ τὶς ἔννοιαι τῶν κυριωτέρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν καὶ μὲ τὰ βασικότερα ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα ποὺ θὰ τὸν ἀπασχολήσουν στὸ ἐπάγγελμά του. Ἀποτελεῖ, ἔτσι, μιὰ εἰσαγωγὴ τῶν ἐπομένων Τόμων, οἱ ὁποῖοι ἔχουν περισσότερο τεχνικὸ χαρακτῆρα καὶ ἀσχολοῦνται εἰδικότερα καὶ πιὸ διεξοδικὰ μὲ τὶς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

Προσπάθησα νὰ πραγματευθῶ ὅλα τὰ Κεφάλαια ὅσο τὸ δυνατόν ἀπλούστερα, μεθοδικότερα καὶ παραστατικότερα.

Γιὰ τὸν λόγον αὐτόν, εὐθὺς ἀπὸ τὴν ἀρχή, ἀνέπτυξα τὰ στοιχεῖα τῆς δομῆς τῶν ἀτόμων καὶ τῆς ἐννοίας τοῦ ἡλεκτρονίου.

Ἀπὸ τὴν εἰκόνα αὐτὴ τοῦ ἀτόμου προκύπτουν οἱ ἔννοιαι τοῦ θετικοῦ καὶ ἀρνητικοῦ φορτίου, τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τῆς ἡλεκτρικῆς ἀγωγιμότητος, τῆς ἀντιστάσεως κλπ. Ἐπειδὴ στὸ βιβλίον αὐτὸ δὲν περιλαμβάνονται τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρολύσεως, γιὰ τοῦτο δὲν εἰσάγεται καὶ ἡ ἔννοια τῶν ἰόντων.

Ἐπίσης, ἀπὸ τὴν θεμελιώδη ιδιότητα τῶν ἑλκτικῶν δράσεων μεταξὺ ἡλεκτρονίων καὶ πρωτονίων, προκύπτει ἀπλὰ ἡ ἔννοια τῆς τάσεως, καὶ διευκολύνεται ἐπίσης ἡ σαφὴς διάκρισις τάσεως καὶ ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

Οἱ ἔννοιαι τῆς ἐνεργείας, τοῦ ἔργου καὶ τῆς ἰσχύος εἶναι γνωστὰς στὸν μαθητὴ ἀπὸ τὸ βιβλίον τῆς Φυσικῆς καὶ γι' αὐτὸ δὲν ἀναπτύσσονται ἐδῶ παρὰ μόνο ὅσο χρειάζεται γιὰ τὶς ἡλεκτροτεχνικὰς ἐφαρμογὰς.

Στὸ Κεφάλαιον τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐχρησιμοποίησα ἐντατικά τὴν εἰκόνα τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν καὶ μάλιστα σὲ ἔκτασι μεγάλυτερη ἀπ' ὅτι ἴσως θὰ ἔπρεπε. Καὶ τοῦτο, γιὰ νὰ γίνῃ πιὸ παραστατικὴ ἡ διατύπωση τοῦ θέματος.

Οἱ νόμοι τοῦ συνεχοῦς ρεύματος ἀναπτύσσονται σὲ ἀρκετὴ ἔκτασι γιὰτὶ εἶναι δυνατόν νὰ ἀφομοιωθοῦν πλήρως ἀπὸ τὸν μαθητὴ. Τὰ Κεφάλαια ὅμως τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς καὶ τοῦ ἐναλλασσομένου, καὶ ἰδιαίτερα τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος, ἀναπτύσσονται σὲ μικρότερη ἔκτασι καὶ περιορίζονται στὰ ὅσα ὁ τεχνίτης τῆς μέσης στάθμης μπορεῖ νὰ κατανοήσῃ.

Τὸ κεφάλαιον τῶν πυκνωτῶν θὰ μπορούσε νὰ περιληφθῇ στὸ πρῶτον μέρος τοῦ βιβλίου ὅπου ἀναπτύσσονται οἱ βασικὰς ἡλεκτροτεχνικὰς ἔννοιαι. Προτίμησα ὅμως νὰ τὸ περιλάβω στὸ τέταρτον μέρος, καὶ ἀμέσως πρὶν ἀπὸ τὶς ἀναπτύξεις γιὰ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ὥστε νὰ φανῇ ἀμέσως τὸ πεδίου χρησιμοποίησεως τοῦ πυκνωτῆ καὶ νὰ μὴν παραμείνῃ στὴν ἀντίληψιν τοῦ μαθητῆ ἡ χωρητικότης σὰν μιὰ ἀφηρημένη ἔννοια.

Σ' ὅλο τὸ βιβλίο δὲν ἀναφέρονται περισσότεροι ἀπὸ 8 ἀπλοὶ μαθηματικοὶ τύποι. Μ' αὐτούς, ὅμως, ὁ μαθητὴς μπορεῖ νὰ ἀντιμετωπίσῃ ὅλα τὰ ἀπλὰ προβλήματα ποὺ θὰ τοῦ παρουσιαθοῦν στὴν πράξη. Περισσότεροι τύποι ὄχι μόνον εἶναι ἄχρηστοι σὲ ἓναν τεχνίτη, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ διδακτικῆς πλευρᾶς εἶναι ἐπιζήμιοι, γιατί ἡ προσοχὴ τοῦ μαθητῆ συγκεντρώνεται στὴν ἐκτέλεση ἀριθμητικῶν καὶ ἀλγεβρικῶν πράξεων, μὲ τίς ὁποῖες δὲν εἶναι ἐξουκειωμένος καὶ ἀποσπᾶται ἀπὸ τὴν κατανόηση τῶν ἠλεκτροτεχνικῶν ἐννοιῶν, οἱ ὁποῖες κυρίως πρέπει νὰ τὸν ἐνδιαφέρουν.

Ἀντίθετα, κατεβλήθη προσπάθεια στὸ νὰ περιληφθοῦν ὅσο τὸ δυνατόν περισσότερες πρακτικὲς ἐφαρμογές, ὥστε ὁ μαθητὴς νὰ ἀντιληφθῇ ὅτι τὸ περιεχόμενο αὐτοῦ τοῦ βιβλίου δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ θεωρίες ποὺ τοῦ εἶναι ξένες, ἀλλὰ ἔχει ἄμεση σχέση μὲ τὴν πρακτικὴ ἐξάσκηση τοῦ ἐπαγγέλματος του.

Ἡ διάταξη τῆς ὕλης ἔγινε κατὰ Κεφάλαια καὶ παραγράφους. Κάθε παράγραφος φέρει ἓνα διψήφιο ἀριθμὸ. Ὁ πρῶτος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τοῦ Κεφαλαίου ὅπου ἀνήκει ἡ παράγραφος, ἐνῶ ὁ δεύτερος εἶναι ὁ αὐξων ἀριθμὸς τῆς. Ἔτσι π.χ. ἡ ἀριθμητικὴ ἔνδειξη « 2·1 » σημαίνει « Κεφάλαιο δεύτερο, παράγραφος πρώτη ». Κάθε σχῆμα ἀριθμεῖται μὲ τρία στοιχεῖα, ποὺ εἶναι: ὁ ἀριθμὸς τοῦ Κεφαλαίου, ὁ ἀριθμὸς τῆς παραγράφου στὴν ὁποία ἀνήκει τὸ σχῆμα καὶ ἓνα γράμμα τοῦ ἀλφαβήτου ποὺ δηλώνει τὴ σειρά τοῦ σχήματος μέσα στὴν παράγραφο.

Ὅταν λάβῃ κανεὶς ὑπ' ὄψιν του τίς ἐπεξηγήσεις αὐτὲς εἶναι εὐκόλο νὰ ἐρμηνεύσῃ τί σημαίνουν οἱ ἀριθμοὶ τῶν παραπομπῶν ποὺ γίνονται μέσα στὸ κείμενο. Ἔτσι π.χ. ἡ ἔνδειξη « (σχ. 3·1 α) », σημαίνει παραπομπὴ στὸ πρῶτο σχῆμα τῆς πρώτης παραγράφου τοῦ τρίτου Κεφαλαίου.

Ἀθῆναι, Ὀκτώβριος 1958

Ὁ συγγραφεὺς

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

Τί είναι ηλεκτρισμός.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

Τὰ κύρια συστατικά τῆς ὕλης.

Παράγρ.	Σελίδα
2-1 Μόρια	3
2-2 Ἄτομα	3
2-3 Πυρήνας καὶ ἠλεκτρόνια	4
2-4 Ἀνακεφαλαίωση	6

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

Ἡλεκτρικὰ φορτία - Ἡλεκτρικὲς δράσεις.

3-1 Ἡλεκτρικὲς δυνάμεις	7
3-2 Ἡλεκτρικὰ φορτία	7
3-3 Ἄτομα ἠλεκτρισμένα - Ἡλεκτριστὴ σωμάτων	9
3-4 Δυνάμεις μεταξὺ ἠλεκτρισμένων σωμάτων	10
3-5 Ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια	11
3-6 Σώματα ἀγώγιμα καὶ σώματα μονωτικά	12
3-7 Ἡ μονάδα κουλόμπ (coulomb)	13
3-8 Ἡλεκτρικὴ τάση	15

Παράγγρ.	Σελίδα
3-9 'Ανακεφαλαίωση	19
3-10 'Ερωτήσεις	20

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

'Ηλέκτριση σωμάτων - 'Ηλεκτρεγερτική δύναμη.

4-1 'Ηλέκτριση με τριβή	22
4-2 'Ηλεκτρικά στοιχεία	22
4-3 'Ηλεκτρεγερτική δύναμη	24
4-4 "Άλλοι τρόποι για την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως	28
4-5 'Ανακεφαλαίωση. 'Αριθμητικές εφαρμογές	31
4-6 'Ερωτήσεις	32

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 5

Τò ηλεκτρικό ρεύμα.

5-1 Τί είναι ηλεκτρικό ρεύμα	34
5-2 'Ηλεκτρικό κύκλωμα	40
5-3 'Η ένταση στο συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. 'Η μονάδα αμπέρ	43
5-4 'Ανακεφαλαίωση	50
5-5 'Ερωτήσεις	51

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

'Ηλεκτρική αντίσταση.

6-1 'Ηλεκτρική αντίσταση σωμάτων	52
6-2 Μονάδες αντιστάσεως	54
6-3 Γραφικό σύμβολο αντιστάσεως	55
6-4 'Ανακεφαλαίωση	55
6-5 'Ερωτήσεις	56

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

Νόμος του $\Omega\mu$.

Παράγρ.	Σελίδα
7-1 Σχέση ανάμεσα στην τάση και την ένταση	57
7-2 Σχέση ανάμεσα στην ένταση και την αντίσταση	58
7-3 Νόμος του $\Omega\mu$	59
7-4 Άλλες μορφές του νόμου του $\Omega\mu$	60
7-5 Αριθμητικά παραδείγματα	61

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 8

Ήλεκτρική αντίσταση συρμάτων.

8-1 Από τί εξαρτάται η αντίσταση των συρμάτων	63
8-2 Ειδική αντίσταση	63
8-3 Σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική αντίσταση και στα γεωμετρικά στοιχεία ενός σύρματος	65
8-4 Τύπος ύπολογισμού της αντιστάσεως σύρματος	67
8-5 Αριθμητικά προβλήματα	68

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 9

Διακλαδώσεις ηλεκτρικού ρεύματος.

9-1 Πρόταση Κίρχωφ (Kirchhoff)	71
9-2 Έφαρμογές	73

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 10

Συνδέσεις πολλών καταναλωτών.

Παράγρ.	Σελίδα
10-1 Σύνδεση σὲ σειρά	79
10-2 Πτώση τῆς τάσεως	81
10-3 Παράλληλη σύνδεση	84
10-4 Ρύθμιση τάσεως	87
10-5 Ἀνακεφαλαίωση	90

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 11

Νόμος τοῦ Ὠμ γιὰ τὸ κλειστὸ κύκλωμα.

11-1 Κλειστὸ ἡλεκτρικὸ κύκλωμα	92
11-2 Ἀνακεφαλαίωση	93
11-3 Ἀριθμητικὰ παραδείγματα	94

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 12

Σύνδεση πολλῶν πηγῶν.

12-1 Συστοιχίες	97
12-2 Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη	100
12-3 Ἀνακεφαλαίωση	104

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 13

Ἔργον, ἐνέργεια καὶ ἰσχὺς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

13-1 Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα εἶναι μιὰ μορφή ἐνεργείας	105
13-2 Ἴσχυς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	106
13-3 Μονάδες ἰσχύος	110
13-4 Ἀπόδοση	112
13-5 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές	113

Παράγρ.	Σελίδα
13-6 Ἡλεκτρικὸ ἔργο	116
13-7 Ἀνακεφαλαίωση	121

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 14

Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

14-1 Φαινόμενο Τζούλ	123
14-2 Ἡλεκτρικοὶ θερμοσίφωνες	127
14-3 Ἡλεκτρικὲς κουζίνες	129
14-4 Θέρμανση ἀγωγῶν	131
14-5 Βραχυκύκλωμα	136
14-6 Ἀσφάλειες	138
14-7 Ἀνακεφαλαίωση	144
14-8 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές	145

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 15

Μαγνήτες.

15-1 Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνήτες	149
15-2 Μαγνητικὲς γραμμὲς	155
15-3 Μαγνητικὴ ἀντίσταση	158
15-4 Ἀνακεφαλαίωση	160

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 16

Μαγνητικὸ πεδίο ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

16-1 Μαγνητικὸ πεδίο γύρω ἀπὸ ἀγωγούς	162
---	-----

Παράγρ.	Σελίδα
16-2 Ἡλεκτρομαγνήτες	166
16-3 Μαγνητικός κόρος	173
16-4 Ἀνακεφαλαίωση	175

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 17

Ἐπίδραση μαγνητικοῦ πεδίου σὲ ἠλεκτρικὸ ἀγωγό.

17-1 Κίνηση ἀγωγοῦ σὲ μαγνητικὸ πεδίο	177
17-2 Ἡλεκτρικοὶ κινητήρες	179
17-3 Ἀνακεφαλαίωση	182

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 18

Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγή.

18-1 Κίνηση εὐθύγραμμου ἀγωγοῦ σὲ μαγνητικὸ πεδίο	183
18-2 Ἐπαγωγή σὲ ἠλεκτρικὸ κύκλωμα	187
18-3 Δινορρεύματα	196
18-4 Ἀνακεφαλαίωση	197

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 19

Αὐτεπαγωγή.

19-1 Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγή	199
19-2 Ἡ μονάδα τῆς αὐτεπαγωγῆς	202
19-3 Ἀνοίγμα κυκλώματος	204
19-4 Ἐνέργεια μαγνητικοῦ πεδίου	208
19-5 Ἀνακεφαλαίωση	209

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 20

Συμπυκνωτές.

Παράγρ.	Σελίδα
20-1 Φόρτιση καὶ ἐκφόρτιση συμπυκνωτῆ	211
20-2 Χωρητικότητα	216
20-3 Συνδέσεις πυκνωτῶν	218
20-4 Εἴδη πυκνωτῶν	220
20-5 Ἀνακεφαλαίωση	224

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 21

Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

21-1 Ἐναλλασσόμενο ρεῦμα νεροῦ	226
21-2 Ἐναλλασσόμενο ἡλεκτρικὸ ρεῦμα	228
21-3 Ἐναλλασσομένη τάση	237
21-4 Ἀνακεφαλαίωση	242

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 22

Νόμοι τοῦ ἡμιτονοειδοῦς ρεύματος.

22-1 Κύκλωμα μὲ ὠμικὸ καταναλωτὴ	244
22-2 Κύκλωμα μὲ χωρητικὸ καταναλωτὴ	246
22-3 Κύκλωμα μὲ ἐπαγωγικὸ καταναλωτὴ	249
22-4 Διαχωρισμὸς τοῦ συνεχοῦς ἀπὸ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα	252
22-5 Σύνθετοι καταναλωτὲς	253

Παράγρ.	Σελίδα
22-6 Ἡ ἰσχὺς στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα	256
22-7 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές	259
22-8 Ἀνακεφαλαίωση	260

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 23

Τὸ τριφασικὸ ρεῦμα.

23-1 Παραγωγή τριφασικοῦ ρεύματος	262
23-2 Συνδέσεις τριφασικῶν γεννητριῶν	266
23-3 Τριφασικὰ δίκτυα	270
23-4 Ἴσχυς τριφασικοῦ συστήματος	274
23-5 Τριφασικοὶ καταναλωτὲς	275
23-6 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές	277
23-7 Ἀνακεφαλαίωση	281

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

I. Τὰ κύρια ἡλεκτρικὰ μεγέθη καὶ οἱ μονάδες τους	282
II. Οἱ ἡλεκτροτεχνικοὶ τύποι ποὺ ἀναφέρονται στὸ κείμενο	282
III. Πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια βασικῶν μονάδων	283
IV. Τριγωνομετρικὲς συναρτήσεις	284
V. Εἰδικὰ βάρη στερεῶν σωμάτων	284
VI. Εἰδικὰ βάρη ὑγρῶν σωμάτων	285
VII. Διατομές, βάρη καὶ ἀντιστάσεις χαλκίνων συρμάτων σὲ θερμοκρασία 20° C	285
VIII. Ἐπιτρεπόμενες ἐντάσεις ρεύματος σὲ χάλκινους ἀγωγούς	286
IX. Ἀντιστοιχία ἀνάμεσα στὴν ἔνταση καὶ στὴν ἰσχύ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος	287

Π Ρ Ω Τ Ο Μ Ε Ρ Ο Σ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Όχι μόνον ο ειδικός τεχνίτης, αλλά κάθε άνθρωπος, που ζει σὲ μέρος όπου υπάρχει *ηλεκτρικὸ ρεῦμα*, συναντᾷ καὶ χρησιμοποιεῖ καθημερινὰ τὶς διάφορες ἐφαρμογὰς τοῦ ηλεκτρισμοῦ.

Σπίτια, καταστήματα, δρόμοι, ἐργοστάσια φωτίζονται μὲ *ηλεκτρικὸ ρεῦμα*. Μηχανήματα, τράμ, σιδηρόδρομοι κινούνται μὲ *ηλεκτρισμό*. Μηνύματα, εἰδήσεις, μουσική, εἰκόνες μεταδίδονται σὲ τεράστιες ἀποστάσεις καὶ μὲ καταπληκτικὴ ταχύτητα χάρις στὸν *ηλεκτρισμό*. Ἡλεκτρικὰ μηχανήματα χρησιμοποιοῦνται στὴν ἰατρικὴ γιὰ τὴν διάγνωση καὶ τὴν καταπολέμηση ἀσθενειῶν. Στὴν βιομηχανία καὶ γενικὰ στὴν τεχνικὴ πολυάριθμες εἶναι οἱ ἐργασίες, στίς ὁποῖες χρησιμοποιεῖται ὁ *ηλεκτρισμός*. Ἀκόμα καὶ γιὰ ἐπίλυση πολυπλόκων προβλημάτων ἢ γιὰ τὴν ἐκτέλεση λογιστικῶν ὑπολογισμῶν χρησιμοποιοῦνται σήμερα *ηλεκτρικὰ μηχανήματα*, πού μὲ θαυμαστὴ ταχύτητα καὶ ἀκρίβεια δίνουν τὰ ἀποτελέσματα, πού ἄλλοτε μόνον ἡ πνευματικὴ ἐργασία εἰδικὰ ἐκπαιδευμένων ἀτόμων καὶ μάλιστα ἐργασία πολλῶν ἡμερῶν μπορούσε νὰ ἀποδώσει.

Ἔτσι, ὁ *ηλεκτρισμός* ὄχι μόνον ὑλικά ἀγαθὰ καὶ ἀνέσεις παρέχει στὸ σύγχρονο πολιτισμό, ἀλλὰ καὶ γιὰ τὴν ἐκτέλεση ἐργασίας πού ἀπαιτεῖ κατανάλωση τῶν πνευματικῶν δυνάμεων τοῦ ἀνθρώπου, προσφέρει σημαντικές ὑπηρεσίες στὴν ἀνθρωπότητα.

Δὲν εἶναι φυσικὰ ἀνάγκη ὅλοι οἱ ἄνθρωποι, πού ἐξυπηρετοῦνται ἀπὸ τὶς *ηλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις*, νὰ ξέρουν πῶς λει-

τουργοῦν αὐτές, ἢ τί εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ἢ τί ἀκριβῶς σημαίνουν εἰδικοί ἡλεκτροτεχνικοί ὅροι, ὅπως: «Βόλτ», «Ἀμπέρ», «Κιλοβάττ», ποὺ πολὺς κόσμος χρησιμοποιεῖ συχνὰ στὴν καθημερινή του ζωή.

Ἀπεναντίας, ὅμως, ὁ τεχνικὸς ποὺ κατασκευάζει, συντηρεῖ ἢ ἐπισκευάζει ἡλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις, πρέπει ἀπαραίτητα νὰ ἔχῃ πολὺ καλὲς γνώσεις γιὰ τὰ *ἡλεκτρικὰ φαινόμενα* καί, κυρίως, πρέπει νὰ γνωρίζῃ ἀκριβῶς τὶς *ιδιότητες τῶν ἐγκαταστάσεων* ποὺ θὰ τοῦ ἐμπιστευθοῦν.

Αὐτός, ὅμως, ποὺ ἀποφασίζει νὰ μελετήσῃ κάπως συστηματικὰ τόσο τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα γενικά, ὅσο καί, εἰδικότερα, τὶς διαφορὲς ἡλεκτροτεχνικὲς ἐφαρμογές, συναντᾷ ἀμέσως ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ἓνα ἐμπόδιο: δυσκολεύεται νὰ ἐννοήσῃ *τί εἶναι ἡλεκτρισμός*. Ἡ δυσκολία του αὐτὴ εἶναι ἀπόλυτα δικαιολογημένη, γιατί ὁ ἡλεκτρισμὸς δὲν γίνεται ἅμεσα αἰσθητός, μὲ καμμιὰ ἀπὸ τὶς πέντε αἰσθήσεις μας.

Γιὰ τὸν λόγο αὐτόν, ἄλλως τε, καὶ ἡ ἐπιστήμη, ἀπὸ τότε ποὺ ὁ ἄνθρωπος ἄρχισε νὰ παρατηρῇ τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα, ἔκαμε πολλὰς ὑποθέσεις καὶ διαμόρφωσε πολλὰς θεωρίες γιὰ τὸ τί εἶναι ἡλεκτρισμός. (Οἱ πρῶτες παρατηρήσεις ποὺ γνωρίζομε ἀπὸ τὴν ἱστορία χρονολογοῦνται γύρω στὰ 600 π.Χ. καὶ τὶς ἔκαμε ὁ φιλόσοφος Θαλῆς ὁ Μιλήσιος). Τὶς θεωρίες ὅμως αὐτὲς ἀναγκάσθηκε διαδοχικὰ νὰ τὶς ἀναπροσαρμόσῃ καὶ τελικὰ νὰ τὶς ἀπορρίψῃ, μέχρις ὅτου κατέληξε σὲ μιὰ θεωρία ποὺ νὰ ἐπαληθεύεται ἀπὸ ὅλα τὰ μέχρι σήμερα γνωστὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα.

Σύμφωνα μὲ τὶς σημερινὲς γνώσεις μας, ὁ ἡλεκτρισμὸς εἶναι μιὰ μορφή ἐνεργείας ποὺ ταυτίζεται μὲ τὰ συστατικὰ τῆς ὕλης, ὅπως σὲ ἀδρές, γενικὲς γραμμὲς περιγράφεται παρακάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

2·1 Μόρια.

Ἀπὸ τῇ Φυσικῇ καὶ τῇ Χημείᾳ μαθαίνομε ὅτι τὰ ὑλικά σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ μικρὰ κομματάκια, τὰ μόρια, ποὺ μὲ κανένα μηχανικὸ μέσο δὲν μποροῦν νὰ χωρισθοῦν σὲ μικρότερα.

Γιὰ νὰ δώσωμε μιὰ ἰδέα γιὰ τὸ μέγεθος τῶν μορίων ἀναφέρομε πὼς τὰ περισσότερα ἀπ' αὐτὰ δὲν εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ μερικὰ ἑκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστοῦ.

Τὰ μόρια κάθε σώματος δὲν βρίσκονται σὲ ἐπαφῇ τὸ ἓνα μὲ τὸ ἄλλο. Ἀπεναντίας, ἡ ἀπόσταση μεταξὺ δύο γειτονικῶν μορίων εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὶς διαστάσεις τους.

2·2 Ἄτομα.

Ἄν καὶ τὰ μόρια εἶναι τόσο πολὺ μικρά, ἐν τούτοις, εἶναι σύνθετοι σχηματισμοί. Μὲ χημικὰ μέσα εἶναι δυνατόν νὰ διασπασθοῦν, δηλαδὴ νὰ χωρισθοῦν σὲ μικρότερα κομματάκια. Τὰ κομματάκια αὐτά, ποὺ σχηματίζουν τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων, ὀνομάζονται ἄτομα, γιατί μὲ κανένα μηχανικὸ ἢ χημικὸ μέσο δὲν τέμνονται, δηλαδὴ δὲν μποροῦν νὰ χωρισθοῦν ἢ νὰ κοποῦν σὲ ἀκόμῃ μικρότερα κομμάτια.

Ὅλα τὰ ἄτομα δὲν εἶναι ὅμοια μεταξὺ τους. Σήμερα εἶναι γνωστὰ 100 περίπου εἴδη ἀτόμων, τὰ ὁποῖα, καθὼς ἐνώνονται μεταξὺ τους σὲ διάφορους σχηματισμούς, ἀποτελοῦν τὰ μόρια ὅλων τῶν γνωστῶν σωμάτων.

Τὰ σώματα ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνο εἶδος ἀτόμων λέγονται ἀπλὰ σώματα ἢ στοιχεῖα. Τέτοια π.χ. εἶναι :

- Τὸ ὕδρογόνο,
- τὸ ὀξυγόνο,
- ὁ σίδηρος,
- ὁ χαλκὸς κ.ἄ.

Τὰ μέχρι σήμερα γνωστὰ στοιχεῖα εἶναι, φυσικά, ὅσα καὶ τὰ εἶδη τῶν ἀτόμων, δηλαδή 100 περίπου.

Τὰ ὑπόλοιπα ἀπὸ τῆς χιλιάδες τῶν ὑλικῶν σωμάτων ποὺ βρίσκονται στὴ φύση, ἢ κατασκευάζονται τεχνητὰ ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο, ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο ἢ περισσότερα στοιχεῖα. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται *σύνθετα σώματα*. Τέτοια π.χ. εἶναι:

—τὸ νερό, ποὺ κάθε μόριό του ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ἓνα ὀξυγόνου,

—τὸ θεικὸ ὀξύ, ποὺ κάθε μόριό του ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὕδρογόνου, ἓνα ἄτομο θείου (θειοφίου) καὶ τέσσερα ὀξυγόνου,

—τὸ κοινὸ μαγειρικὸ ἀλάτι, ποὺ κάθε μόριό του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἄτομο χλωρίου καὶ ἓνα νατρίου, κ.ἄ.

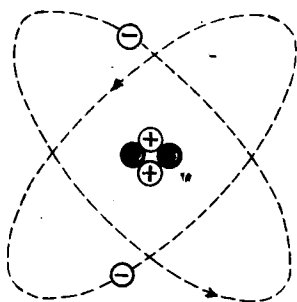
Τὰ ἄτομα, ποὺ σχηματίζουν ἓνα μόριο, δὲν βρίσκονται σὲ ἐπαφὴ τὸ ἓνα μὲ τὸ ἄλλο. Ἀπεναντίας, οἱ ἀποστάσεις μεταξὺ τους εἶναι μεγάλες σχετικὰ μὲ τῆς διαστάσεις τους.

2.3 Πυρήνας καὶ ἠλεκτρόνια.

Τὸ ὅτι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ διαιρέσωμε μὲ μηχανικὰ ἢ χημικὰ μέσα ἓνα ἄτομο σὲ μικρότερα κομματάκια, δὲν σημαίνει ὅτι τὸ ἄτομο αὐτὸ εἶναι ἓνα ἀπλό, συμπαγὲς σωματίδιο, ὅπως πίστευαν παλαιότερα. Οἱ ἔρευνες ποὺ ἐγίναν τὰ τελευταῖα χρόνια ἀπέδειξαν πὼς κάθε ἄτομο εἶναι ἓνα πολυσύνθετο σύνολο, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ μικρότερα σωματίδια. Τὰ κυριότερα ἀπὸ αὐτὰ εἶναι:

- α) Τὰ πρωτόνια,
- β) τὰ νετρόνια, ποὺ ὀνομάζονται ἐπίσης οὐδετερόνια, καὶ
- γ) τὰ ἠλεκτρόνια.

Τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια ἀποτελοῦν τὸν πυρήνα τοῦ ἀτόμου καὶ βρίσκονται στὸ κέντρο του καὶ σὲ μικρὲς μεταξύ τους ἀποστάσεις. Τὰ ηλεκτρόνια βρίσκονται σὲ πολὺ μεγάλη (σχετικὰ μὲ τὶς διαστάσεις τους) ἀπόσταση ἀπὸ τὸν πυρήνα καὶ περιστρέφονται ταχύτατα γύρω ἀπὸ αὐτόν. Κάθε ηλεκτρόνιο περιστρέφεται σὲ ξεχωριστὴ τροχιά ἀπὸ τὰ ὑπόλοιπα. Στὸ σχῆμα 2.3 μὲ



Σχ. 2.3.

μαύρους κύκλους σημειώνονται τὰ νετρόνια, μὲ + σημειώνονται τὰ πρωτόνια καὶ μὲ — τὰ ηλεκτρόνια.

Φυσικά, τὰ συστατικὰ αὐτὰ τοῦ ἀτόμου εἶναι πάρα πολὺ μικρά. Γιὰ νὰ σχηματίσωμε μιὰ ἰδέα γιὰ τὸ μέγεθός τους φθάνει νὰ ποῦμε πὼς μέσα σὲ ἓνα μικρὸ κύβο ἀπὸ χαλκό, ποὺ κάθε πλευρά του ἔχει μῆκος 1 cm, βρίσκονται τόσα πολλὰ ηλεκτρόνια, ποὺ ἂν θέλαμε νὰ τὰ ἀριθμήσωμε, θὰ γράφαμε ἓναν ἀριθμὸ μὲ 25 ψηφία. Μέσα στὸν ἴδιο αὐτὸ χάλκινο κύβο βρίσκονται ἄλλα τόσα πρωτόνια καὶ ἀκόμη περισσότερα νετρόνια.

Τὸ πόσο μεγάλος εἶναι αὐτὸς ὁ ἀριθμὸς φαίνεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθη σκέψη. Ἄν φαντασθοῦμε ὅτι μπορούσαμε νὰ βάλωμε τὰ ηλεκτρόνια αὐτὰ σὲ μιὰ γραμμὴ καὶ τόσο κοντὰ τὸ ἓνα μὲ τὸ ἄλλο, ὥστε σὲ κάθε χιλιοστὸ μῆκος τῆς γραμμῆς νὰ βρίσκωνται ἓνα ἑκατομμῦριο ηλεκτρόνια, τὸ συνολικὸ μῆκος τῆς γραμμῆς ποὺ θὰ σχηματίζαμε θὰ ἦταν 16 400 φορές μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν

ἀπόσταση μεταξύ Γῆς καὶ Ἡλίου, ποὺ εἶναι 150 000 000 χιλιομέτρα.

2.4 Ἀνακεφαλαίωση.

- α) Ὅλα τὰ σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια.
 - β) Τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα.
 - γ) Τὰ κύρια συστατικά κάθε ἀτόμου εἶναι ὁ πυρήνας καὶ τὰ ἠλεκτρόνια.
 - δ) Τὰ ἠλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα.
 - ε) Οἱ πυρήνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ — ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

3.1 Ἡλεκτρικὲς δυνάμεις.

Αὐτὰ ποὺ μάθαμε ὥς τώρα γιὰ τὸν πυρήνα τῶν ἀτόμων καὶ γιὰ τὰ ἠλεκτρόνια ποὺ περιστρέφονται γύρω του, πρέπει νὰ μᾶς κάμουν νὰ ρωτήσωμε: Γιατί τὰ ἠλεκτρόνια μὲ τὴν ταχύτητα ποὺ ἔχουν, δὲν ξεφεύγουν ἀπὸ τὸν πυρήνα, ἀλλὰ περιστρέφονται συνεχῶς γύρω ἀπὸ αὐτόν;

Ἡ ἀπάντηση σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα εἶναι ὅτι ὁ πυρήνας ἔλκει (τραβά) τὰ ἠλεκτρόνια, καθὼς καὶ ἀντίστροφα, τὰ ἠλεκτρόνια ἔλκουν τὸν πυρήνα. Ὑπάρχουν λοιπὸν δυνάμεις μεταξὺ τοῦ πυρήνα καὶ τῶν ἠλεκτρονίων καὶ μάλιστα δυνάμεις ἐλκτικές.

Ἡ ιδιότητα ποὺ ἔχουν τὰ ἠλεκτρόνια καὶ ὁ πυρήνας νὰ ἔλκωνται μεταξὺ τους λέγεται *ἠλεκτρικὴ ιδιότητα*.

Ὡστε, *ἠλεκτρικὴ ιδιότητα* εἶναι ἡ ιδιότητα τῆς ἑλξεως ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὰ ἠλεκτρόνια καὶ στὸν πυρήνα.

3.2 Ἡλεκτρικὰ φορτία.

Ἀπὸ πολλὰ πειράματα καὶ μὲ πολλὴ ἐργασία ἔχει ἀποδειχθῇ ὅτι:

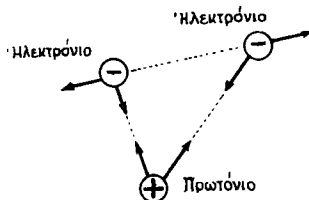
α) τὴν ἠλεκτρικὴ ιδιότητα δὲν τὴν ἔχουν ὅλα τὰ συστατικά τοῦ πυρήνα ἀλλὰ μόνον τὰ πρωτόνια. Μόνον τὰ πρωτόνια ἔλκουν τὰ ἠλεκτρόνια, ἐνῶ τὰ νετρόνια δὲν ἔχουν νὰ κάμουν τίποτε μ' αὐτὴ τὴν ἑλξη. Λέμε πὼς τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ πρωτόνια εἶναι *ἠλεκτρικὰ φορτία*, ἐνῶ τὰ νετρόνια δὲν εἶναι. Τὰ νετρόνια λέμε ὅτι εἶναι οὐδέτερα.

β) ἡ ἡλεκτρικὴ ιδιότητα τῶν ἡλεκτρονίων διαφέρει ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴ ιδιότητα τῶν πρωτονίων, γιατί τὰ ἡλεκτρόνια ἐνῶ, ὅπως εἴπαμε, ἔλκονται ἀπὸ τὰ πρωτόνια, μεταξύ τους ἀπωθοῦνται (σχ. 3·2).

γ) ἓνα ἡλεκτρόνιο καὶ ἓνα πρωτόνιο ποὺ βρίσκονται κοντὰ τὸ ἓνα στὸ ἄλλο δὲν ἐξασκοῦν καμμία ἐπίδραση στὰ ἡλεκτρόνια καὶ στὰ πρωτόνια ποὺ βρίσκονται σὲ μεγάλη ἀπόσταση ἀπὸ αὐτά.

Πρέπει λοιπὸν νὰ δεχθοῦμε ὅτι :

α) τὰ ἡλεκτρικά φορτία εἶναι δύο εἰδῶν : Τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο τῶν πρωτονίων καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο τῶν ἡλεκτρονίων.



Σχ. 3·2.

Γιὰ νὰ διακρίνεται τὸ ἓνα εἶδος ἀπὸ τὸ ἄλλο, τὸ ἓνα ὠνομάσθηκε *θετικὸ* καὶ τὸ ἄλλο *ἀρνητικὸ*. Γιὰ λόγους ἱστορικούς, ποὺ δὲν ἔχουν θέση νὰ ἀναπτυχθοῦν ἐδῶ, τὰ πρωτόνια θεωρήθηκαν ὡς *θετικὰ ἡλεκτρικά φορτία*, τὰ δὲ ἡλεκτρόνια θεωρήθηκαν ὡς *ἀρνητικὰ ἡλεκτρικά φορτία*.

Θὰ δοῦμε παρακάτω ὅτι καλύτερα θὰ ἦταν ἂν ἐξ ἀρχῆς οἱ ὀνομασίες « *θετικὸ* » καὶ « *ἀρνητικὸ* » εἶχαν δοθῇ ἀντίθετα ἀπὸ ὅ,τι ἔγινε.

β) Τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ὅσο καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο τοῦ πρωτονίου. Τὰ δύο αὐτὰ φορτία, ὅταν βρίσκονται τὸ ἓνα κοντὰ στὸ ἄλλο, ἀλληλοεξουδετερώνονται, δηλαδὴ δὲν ἐπηρεάζουν ἄλλα ἡλεκτρικά φορτία (πρωτόνια ἢ ἡλεκτρόνια) ποὺ βρίσκονται μακριὰ τους.

3·3 Ἄτομα ἠλεκτρισμένα. Ἠλέκτριση σωμάτων.

Κάθε ἄτομο, στή φυσική του κατάσταση, ἔχει τόσα ἠλεκτρόνια ὅσα εἶναι τὰ πρωτόνια ποὺ περιέχονται στὸν πυρήνα του. Ἔτσι π.χ.

α) ὁ πυρήνας τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μόνον πρωτόνιο καὶ γύρω του περιστρέφεται ἓνα μόνον ἠλεκτρόνιο.

β) Ὁ πυρήνας τοῦ ατόμου τοῦ χαλκοῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ 35 νετρόνια καὶ 29 πρωτόνια. Γύρω ἀπὸ αὐτὸν περιστρέφονται 29 ἠλεκτρόνια.

γ) Ὁ πυρήνας τοῦ ατόμου τοῦ οὐρανίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 146 νετρόνια καὶ 92 πρωτόνια. Γύρω ἀπὸ αὐτὸν περιστρέφονται 92 ἠλεκτρόνια.

Σύμφωνα λοιπὸν μὲ αὐτὰ ποὺ εἶπαμε στὸ τέλος τῆς προηγούμενης παραγράφου (3·2), κάθε ἄτομο στή φυσική του κατάσταση ἐμφανίζεται ἠλεκτρικὰ οὐδέτερο καὶ δὲν ἐξασκεῖ ἠλεκτρικὲς δυνάμεις στὰ γειτονικά του ἄτομα ἢ στὰ ἄτομα ἄλλων σωμάτων. Βρίσκεται, ὅπως λέμε, σὲ οὐδέτερη κατάσταση.

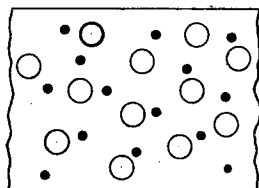
Εἶναι δυνατὸν ὅμως ἓνα ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια νὰ ξεφύγουν ἀπὸ ἓνα ἄτομο, ὅπως, ἐπίσης, εἶναι δυνατὸν ἓνα ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια νὰ προσκολληθοῦν σὲ ἓνα ἄτομο. Καὶ οἱ δύο περιπτώσεις τὸ ἄτομο χάνει τὴν οὐδέτερή του κατάσταση.

Στὴ πρώτη περίπτωση τὸ ἄτομο ἠλεκτρίζεται θετικά, ἐνῶ στὴ δεύτερη ἠλεκτρίζεται ἀρνητικά.

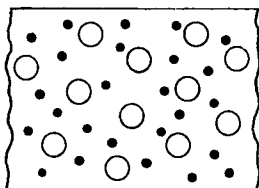
Ἐνα σῶμα ποὺ ἀπὸ τὰ ἄτομά του ἔχουν ἀφαιρεθῇ ἠλεκτρόνια, λέμε ὅτι εἶναι ἠλεκτρισμένο θετικά. Ἀπ' ἐναντίας λέμε ὅτι ἓνα σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένο ἀρνητικά ὅταν στὰ ἄτομά του ἔχουν προστεθῇ ἠλεκτρόνια.

Τὸ σχῆμα 3·3 α δείχνει, σὲ τεράστια μεγέθυνση βέβαια, ἓνα σῶμα ἠλεκτρισμένο θετικά· τὸ σχῆμα 3·3 β δείχνει τὸ ἴδιο σῶμα

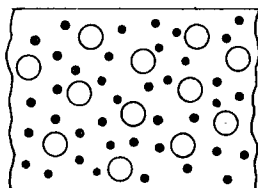
σὲ οὐδέτερη κατάσταση καὶ τὸ σχῆμα 3·3 γ τὸ ἴδιο σῶμα ἡλεκτρισμένο ἀρνητικά.



Σχ. 3·3 α.



Σχ. 3·3 β.



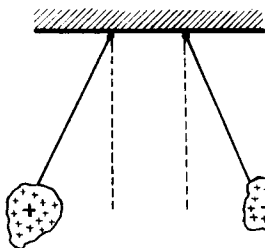
Σχ. 3·3 γ

3·4 Δυνάμεις μεταξὺ ἡλεκτρισμένων σωμάτων.

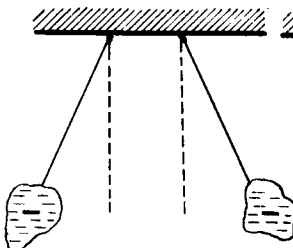
Οἱ ἡλεκτρικὲς δυνάμεις ποὺ ἐξασκοῦν τὰ ἡλεκτρισμένα ἄτομα μεταξὺ τους μεταδίδονται καὶ στὰ σώματα, στὰ ὁποῖα ἀνήκουν. Ἔτσι :

α) σώματα ποὺ εἶναι ἡλεκτρισμένα θετικά, δηλαδὴ ἔχουν δμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία, ἀπωθοῦνται μεταξὺ τους (σχ. 3·4 α).

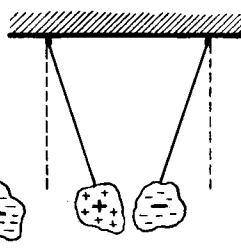
β) σώματα ποὺ εἶναι ἡλεκτρισμένα ἀρνητικά, δηλαδὴ ἔχουν πάλι δμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία, ἀπωθοῦνται μεταξὺ τους (σχ. 3·4 β).



Σχ. 3·4 α.



Σχ. 3·4 β.



Σχ. 3·4 γ.

γ) δύο σώματα ποὺ τὸ ἓνα εἶναι ἡλεκτρισμένο θετικά καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικά, δηλαδὴ ἔχουν ἐτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία, ἔλκονται μεταξὺ τους (σχ. 3·4 γ).

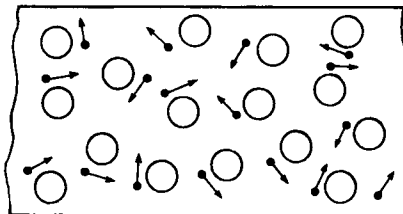
Τὶς προηγούμενες παρατηρήσεις συνοψίζουμε στὴ πρόταση :

Τὰ ἑτερώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἔλκονται, ἐνῶ τὰ ὁμώνυμα ἀπωθοῦνται.

Δὲν εἶναι ἴσως ἄσκοπο νὰ προστεθῇ πῶς, ἂν προσθέσουμε ἢ ἀφαιρέσουμε ἠλεκτρόνια στὰ ἄτομα ἑνὸς σώματος ἐμφανίζονται μεταξὺ τους, ὅπως εἴπαμε, ἠλεκτρικὲς δυνάμεις, ἀλλὰ δὲν ἀλλάζουν οἱ χημικὲς τοὺς ιδιότητες. Ἐνὰ ἄτομο χαλκοῦ π.χ., στὸ ὁποῖο ἔχουν προστεθῇ ἢ ἀφαιρεθῇ ἠλεκτρόνια, δηλαδὴ, ἔχει ἠλεκτρισθῇ ἀρνητικά, ἢ, ἀντίστοιχα, θετικά, ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ἄτομο χαλκοῦ. Μόνο ἂν ἐπέμβωμε στὸ ἐσωτερικὸ τῶν πυρήνων καὶ ἀφαιρέσουμε ἢ προσθέσουμε πρωτόνια, τότε μόνον γίνονται ριζικὲς ἀλλαγές στὴ σύσταση τῶν ἁτόμων αὐτῶν. Γίνεται, δηλαδὴ, διάσπαση αὐτῶν τῶν ἀτόμων καὶ σχηματίζονται ἄλλου εἴδους ἄτομα μὲ διαφορετικὲς χημικὲς ιδιότητες. Μὲ τὴν διάσπαση, ὅμως, τοῦ ἀτόμου καὶ γενικὰ μὲ πυρηνικὲς μεταβολές, δὲν πρόκειται φυσικὰ νὰ ἀσχοληθοῦμε σ' αὐτὸ τὸ βιβλίο.

3.5 Ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια ποὺ βρίσκονται σὲ μεγάλῃ ἀπόστασι ἀπὸ τὸν πυρήνα τοὺς, ξεφεύγουν πολλὲς φορὲς ἀπὸ τὴν ἔλξη, τοῦ καὶ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸ ἄτομο, στὸ ὁποῖο ἀρχικὰ ἀνήκαν. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ κινοῦνται μέσα στὰ κενὰ διαστήματα ποὺ ὑπάρχουν μεταξὺ τῶν ἀτόμων μέχρις ὅτου συγκρουσθοῦν



Σχ. 3.5.

μὲ ἓνα ἄλλο ἄτομο (σχ. 3.5). Τότε εἶναι δυνατόν νὰ ἀποσπασθοῦν ἀπὸ τὸ ἄτομο αὐτὸ νέα ἠλεκτρόνια τὰ ὁποῖα θὰ περιπλανηθοῦν ἐπίσης μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ σώματος κ. ο. κ.

Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ ὀνομάζονται ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια.

3·6 Σώματα ἀγώγιμα καὶ σώματα μονωτικά.

Σὲ ὅλα τὰ σώματα ὑπάρχουν ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Μερικὰ ὅμως σώματα ἐπιτρέπουν στὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ νὰ κινοῦνται μὲ μεγάλη ἐλευθερία ἀνάμεσα στὰ ἄτομά τους, ἐνὼ ἄλλα ὄχι. Τὰ σώματα ποὺ ἀφήνουν τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια νὰ μετακινοῦνται μὲ μεγάλη εὐκολία ὀνομάζονται ἀγώγιμα σώματα ἢ καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ, ἀπλά, ἀγωγοί.

Λέμε πὼς τὰ ἀγώγιμα σώματα παρουσιάζουν μικρὴ ἀντίσταση στὴν κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων ἀνάμεσα ἀπὸ τὰ ἄτομά τους. Σ' αὐτὴ τὴν κατηγορίαν τῶν σωμάτων ἀνήκουν κυρίως τὰ μέταλλα.

Ἰδιαίτερα ὁ χαλκὸς εἶναι πολὺ καλὸς ἀγωγός, γιατί παρουσιάζει, ὅπως εἴπαμε, πολὺ μικρὴ ἀντίσταση στὴν κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων, καὶ γι' αὐτὸ τὸν λόγο τὸν χρησιμοποιοῦμε πολὺ γιὰ νὰ κατασκευάζουμε γραμμὲς μὲ τίς ὁποῖες μεταφέρουμε ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπὸ μιὰ θέση σὲ ἄλλη.

Τὰ σώματα, ποὺ, ἀντίθετα, δὲν ἐπιτρέπουν σχεδὸν καμμιά μετακίνηση ἠλεκτρονίων ἀνάμεσα στὰ ἄτομά τους καὶ στὰ ὁποῖα τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια εἶναι ἐλάχιστα, ὀνομάζονται μονωτικά σώματα ἢ κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ἀπλῶς, μονωτῆρες.

Μονωτικά σώματα εἶναι π.χ. ἡ πορσελάνη, τὸ γυαλί, τὸ ἐλαστικόν, ὁ ἐβόνιτης, τὸ μάρμαρο, τὸ χαρτί, τὸ πρεσπάν, τὸ ξύλο (ὅταν δὲν εἶναι ὑγρὸ), ὁ ξηρὸς ἀέρας καὶ ἄλλα.

Υπάρχουν καλότερα καὶ χειρότερα μονωτικά, ὅπως ἄλλωστε ὑπάρχουν καλότεροι καὶ χειρότεροι ἀγωγοί. Τὸ ἀπείλυτο κενόν, ποὺ δὲν ἔχει καθόλου ἠλεκτρόνια, εἶναι τέλειον μονωτικόν.

Γιὰ τὴν ἠλεκτροτεχνία τὰ μονωτικά σώματα εἶναι τόσο ἀπαραίτητα ὅσο εἶναι καὶ τὰ ἀγώγιμα. Χρησιμοποιοῦν γιὰ νὰ μὴν ἀφήνουν τὸν ἠλεκτρισμὸ νὰ διαρρέῃ ἀπὸ τίς γραμμὲς μὲ τίς ὁποῖες

μεταφέρεται καθὼς καὶ ἀπὸ τὶς συσκευὲς στὶς ὁποῖες χρησιμοποιεῖται καὶ νὰ τὸν ἐμποδίζουσιν νὰ πηγαίνει στὰ σώματα μὲ τὰ ὁποῖα ἔρχονται αὐτὲς σὲ ἐπαφή.

Ἀνάμεσα στοὺς ἀγωγοὺς καὶ στοὺς μονωτῆρες ὑπάρχει μιὰ τρίτη κατηγορία σωμάτων: Τὰ *ἡμιαγωγὰ σώματα*. Αὐτὰ ἐπιτρέπουν μικρὴ ἐλευθερία στὴν μετακίνηση τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἀνάμεσα ἀπὸ τὰ ἄτομά τους. Τέτοια π. χ. εἶναι τὸ σελήνιο, τὸ γερμάνιο, ὁ γαληνίτης. Σὲ ὁρισμένες περιπτώσεις τὰ ἡμιαγωγὰ σώματα συμπεριφέρονται ὡς ἀγωγοὶ ἐνῶ σὲ ἄλλες περιπτώσεις συμπεριφέρονται ὡς μονωτῆρες.

Καὶ τὰ ἡμιαγωγὰ σώματα χρησιμοποιοῦνται στὴν ἠλεκτροτεχνία, γιὰ εἰδικoὺς ὁμῶς σκοποὺς, οἱ ὁποῖοι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναπτυχθοῦν ἐδῶ.

Ἀπὸ ὅ,τι ἔχομε πῆ ὥς τώρα βγαίνει τὸ συμπέρασμα πῶς ἂν μὲ ὁποιοδήποτε τρόπο προστεθοῦν σὲ ἓνα σημεῖο ἐνὸς ἀγωγοῦ ἠλεκτρόνια, αὐτὰ θὰ μπορέσουν νὰ μετακινήθουν μέσα ἀπ' αὐτὸν καὶ νὰ διαμοιρασθοῦν σὲ ὅλη τὴν ἐπιφάνειά του.

Ἐπίσης, ἂν ἀφαιρεθοῦν ἠλεκτρόνια ἀπὸ ἓνα σημεῖο ἐνὸς ἀγωγοῦ, τότε ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ἀπὸ τὰ ὑπόλοιπα μέρη τοῦ σώματος, ἔρχονται νὰ συμπληρώσουν τὸ ἔλλειμμα αὐτό, ποὺ ἔτσι γίνεταί αἰσθητὸ σὲ ὅλη τὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἀντίθετα, ἂν προστεθοῦν ἢ ἀφαιρεθοῦν ἠλεκτρόνια ἀπὸ ἓνα σημεῖο ἐνὸς μονωτικοῦ σώματος, τὸ πλεόνασμα ἢ τὸ ἔλλειμμα τῶν ἠλεκτρονίων *περιορίζεται μόνο* στὰ σημεῖα ὅπου δημιουργήθηκε.

3.7. Ἡ μονὰς κουλὸμ (Coulomb).

Σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα (3.3.), ἓνα σῶμα ποὺ σὲ κάθε ἄτομό του περιέχονται τόσα ἠλεκτρόνια ὅσα εἶναι καὶ τὰ πρωτόνια, δὲν παρουσιάζει ἠλεκτρικὲς ιδιότητες. Λέμε πῶς τὸ σῶμα αὐτὸ βρίσκεται σὲ *οὐδέτερη ἠλεκτρικὴ κατάσταση* ἢ ὅτι δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένο ἢ ὅτι ἔχει ἠλεκτρικὸ φορτίο μηδέν.

Ἀντίθετα, ἂν σὲ ἓνα σῶμα τὸ πλῆθος τῶν ἡλεκτρονίων διαφέρει ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν πρωτονίων του, τὸ σῶμα παρουσιάζει ἡλεκτρικὲς ιδιότητες. Ἄν τὰ ἡλεκτρόνια ἐνὸς σώματος εἶναι λιγότερα ἀπὸ τὰ πρωτόνια του, τότε λέμε πὼς τὸ σῶμα εἶναι *ἡλεκτρισμένο θετικὰ* ἢ ὅτι ἔχει ἡλεκτρικὸ φορτίο *θετικό*. Ἄν ὅμως τὰ ἡλεκτρόνια του εἶναι περισσότερα ἀπὸ τὰ πρωτόνια, τότε λέμε πὼς τὸ σῶμα εἶναι *ἡλεκτρισμένο ἀρνητικὰ* ἢ ὅτι ἔχει ἀρνητικὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο.

Ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ ἔλλειμμα τῶν ἡλεκτρονίων ἐνὸς σώματος, ἐν σχέσει πρὸς τὰ πρωτόνια του, τόσο περισσότερο ἡλεκτρισμένο θετικὰ παρουσιάζεται τὸ σῶμα αὐτό.

Καὶ ἀντίστροφα, ὅσο πῶς μεγάλο εἶναι τὸ περίσσευμα τῶν ἡλεκτρονίων ἐνὸς σώματος, ἐν σχέσει πρὸς τὰ πρωτόνια του, τόσο περισσότερο ἡλεκτρισμένο ἀρνητικὰ παρουσιάζεται τὸ σῶμα αὐτό.

Ἡ ποσότητα, λοιπόν, τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, δηλαδὴ τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο, ποὺ ὑπάρχει σὲ ἓνα σῶμα θὰ μπορούσε νὰ μετρηθῇ σὲ ἀριθμὸ ἡλεκτρονίων. Ἔτσι π. χ. γιὰ ἓνα σῶμα στὸ ὁποῖο ἔχουν προστεθῇ 3 500 000 ἡλεκτρόνια, θὰ λέγαμε ὅτι εἶναι ἡλεκτρισμένο μὲ ποσότητα ἀρνητικοῦ ἡλεκτρισμοῦ 3 500 000 ἡλεκτρονίων. Καὶ γιὰ ἓνα σῶμα ἀπὸ τὸ ὁποῖο ἔχουν ἀφαιρεθῇ 625 ἑκατομμύρια ἡλεκτρόνια θὰ λέγαμε ὅτι εἶναι ἡλεκτρισμένο θετικὰ μὲ ποσότητα 625 000 000 ἡλεκτρονίων.

Κατὰ τὴν ἡλέκτριση ὅμως σωματίων, οἱ συνηθισμένες περιπτώσεις ποὺ παρουσιάζονται στὴν πράξι, προστίθενται σ' αὐτά, ἢ ἀφαιροῦνται ἀπ' αὐτά, τεράστιες ποσότητες ἡλεκτρονίων, καὶ μάλιστα πάρα πολλὰ τρισεκατομμύρια ἡλεκτρόνια.

Γιὰ νὰ μὴν γράφουμε λοιπὸν πολὺ μεγάλους καὶ δύσχρηστους ἀριθμούς, ἀλλὰ καὶ ἐπειδὴ ὑπάρχουν λόγοι ἱστορικοί, ποὺ δὲν χρειάζεται νὰ ἀναπτυχθοῦν ἐδῶ, ἡ ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ μετρίεται σὲ μονάδες ποὺ λέγονται *κουλόμ (coulomb)*, ἀπὸ τὸ ὄνο-

μα τοῦ γάλλου φυσικοῦ Καρόλου Αὐγούστου Ντέ Κουλὸμ (de Coulomb, 1736 — 1806).

Τὸ διεθνὲς σύμβολον τῆς μονάδας κουλὸμ εἶναι: coul.

Ἐνα κουλὸμ εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο ποὺ σχηματίζει ἓνα ὁρισμένο πλῆθος ἀπὸ ἠλεκτρονία.

Ἀκριθέστερα, ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἑνὸς κουλὸμ εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο $6,28 \cdot 10^{18}$ ἠλεκτρονίων, δηλαδὴ, 6,5 περίπου πεντακισεκατομμυρίων ἠλεκτρονίων.

Ἐάν, ἐπομένως, ἓνα σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένο θετικὰ μὲ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 2 coul, αὐτὸ σημαίνει πὼς ἀπὸ τὸ σῶμα αὐτὸ ἔχουν ἀφαιρεθῇ 13 περίπου πεντακισεκατομμύρια ἠλεκτρονία.

Στὴν πράξιν χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ ἐξῆς ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδας κουλόμ:

α) τὸ **μιλλικουλὸμ** (mcoul), ποὺ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ κουλόμ.

$$1 \text{ mcoul} = \frac{1}{1000} \text{ coul.}$$

β) τὸ **μικροκουλὸμ** (μcoul), ποὺ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ μιλλικουλόμ, δηλαδὴ ἴσο μὲ ἓνα ἑκατομμυριοστὸ τοῦ κουλόμ.

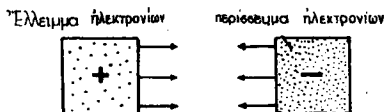
$$1 \text{ μcoul} = \frac{1}{1000} \text{ mcoul} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ coul.}$$

3·8 Ἡλεκτρικὴ τάση.

Ὅπως εἶδαμε, μεταξὺ ἑνὸς σώματος ἠλεκτρισμένου θετικὰ καὶ ἑνὸς σώματος ἀρνητικὰ ἠλεκτρισμένου ἐξασκοῦνται ἐλκτικές δυνάμεις (βλ. 3·4).

Λέμε πὼς μεταξὺ τῶν σωμάτων αὐτῶν ὑπάρχει **ἠλεκτρικὴ τάση** (ἢ ἀπλῶς **τάση**) καὶ μὲ αὐτὸ θέλομε νὰ ποῦμε ὅτι τὰ θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τοῦ ἑνὸς σώματος **τείνουν**, δηλαδὴ προσπαθοῦν, νὰ μετακινηθοῦν πρὸς τὸ ἄλλο σῶμα ποὺ εἶναι ἀρνητικὰ

ἡλεκτρισμένο, ὅπως ἐπίσης τὰ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δευτέρου αὐτοῦ σώματος τείνουν νὰ μετακινηθοῦν πρὸς τὸ πρῶτο σῶμα, ποὺ εἶναι θετικὰ ἡλεκτρισμένο (Σχ. 3·8 α).



Σχ. 3·8 α.

Ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ περίσσευμα τῶν ἡλεκτρονίων ποὺ ἔχει τὸ ἓνα σῶμα καθὼς καὶ ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ ἔλλειμμα ποὺ ὑπάρχει στὸ δεύτερο σῶμα, τόσο μεγαλύτερες εἶναι οἱ ἐλκτικὲς δυνάμεις ποὺ ἐξασκοῦν ἀμοιβαῖα τὸ ἓνα πᾶνω στὸ ἄλλο. Συνεπῶς, τόσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ *ἡλεκτρικὴ τάση* ποὺ ὑπάρχει μεταξύ τους.

Φυσικά, ἂν μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων μεσολαβοῦν μονωτικὰ σῶματα, δὲν θὰ μπορέσουν νὰ μετακινηθοῦν ἡλεκτρόνια ἢ θετικοὶ πυρῆνες ἀπὸ τὸ ἓνα σῶμα στὸ ἄλλο, παρ' ὅλο ποὺ μεταξύ τους ὑπάρχει ἡλεκτρικὴ τάση.

Γιὰ νὰ καταλάβουμε αὐτὰ ποὺ εἴπαμε πρὶν πᾶνω μποροῦμε νὰ πάρουμε γιὰ παράδειγμα ἓνα ἀνάλογο σχεδὸν *μηχανικὸ* φαινόμενο :

Σὲ ἓνα δοχεῖο βρίσκεται ἀέρας μὲ πίεση π.χ. 2 ἀτμοσφαιρῶν καὶ σὲ ἓνα ἄλλο δοχεῖο ἀέρας μὲ πίεση 10 ἀτμοσφαιρῶν (σχ. 3·8 β).



Σχ. 3·8 β.

Τὰ δύο αὐτὰ δοχεῖα συγκοινωνοῦν μὲ ἓνα σωλῆνα, ποὺ τὸν κλείνουμε ὅμως ἐρμητικὰ μὲ μιὰ στρόφιγγα. Ἐπειδὴ ὑπάρχει διαφορά στὶς πιέσεις, τὰ μόρια τοῦ ἀερίου τῶν 10 ἀτμοσφαιρῶν

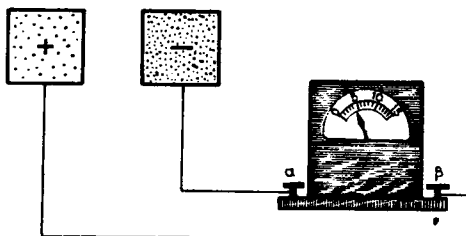
έχουν την τάση να μετακινήθουν προς το δοχείο των 2 ατμοσφαιρών, έμποδίζονται όμως σ' αυτό από την στρόφιγγα.

Ό,τι κάνει ή στρόφιγγα στο παράδειγμα αυτό κάνει και ή μονωτήρας μεταξύ δύο ήλεκτρισμένων σωμάτων: Έμποδίζει την μετακίνηση πυρήνων και ήλεκτρονίων από τὸ ένα σῶμα στο άλλο.

Τὴν ήλεκτρική τάση μετρούμε σὲ μονάδες πὸν λέγονται Βόλτ από τὸ ὄνομα τοῦ Ἰταλοῦ φυσικοῦ κόμητος Ἀλεξάνδρου Βόλτα (Volta, 1745-1827). Για σύμβολο τῆς μονάδας αὐτῆς χρησιμοποιεῖται τὸ λατινικὸ κεφαλαῖο γράμμα V.

Τὰ ὄργανα πὸν χρησιμοποιοῦνται για νὰ μετρούμε τὶς τάσεις λέγονται βολτόμετρα.

Τὰ βολτόμετρα εἶναι ἐφωδιασμένα με δύο ἀκροδέκτες (α καὶ β σχ. 3-8 γ). Για νὰ μετρηθῇ ή τάση μεταξύ δύο σωμάτων



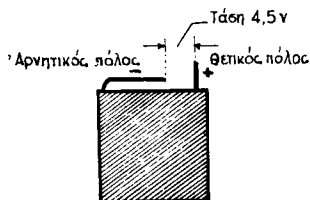
Σχ. 3-8 γ.

πρέπει ὁ ένας ἀκροδέκτης, πὸν ἔχει τὸ βολτόμετρο, νὰ συνδεθῇ με τὸ ένα ήλεκτρισμένο σῶμα (με ένα ἄγωγό), καὶ ὁ ἄλλος ἀκροδέκτης νὰ συνδεθῇ με τὸ ἄλλο. Τότε μιὰ βελόνα, πὸν ὑπάρχει στο βολτόμετρο, μετακινεῖται καὶ μᾶς δείχνει πόσων βόλτ εἶναι ή τάση πὸν μετρούμε.

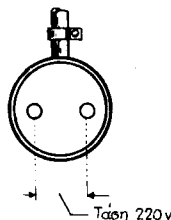
Μιὰ συνηθισμένη ήλεκτρική στήλη τῆς τσέπης (σχ. 3-8 δ) δημιουργεῖ ἀνάμεσα στοὺς πόλους της τάση 4,5 V περίπου.

Μεταξὺ τῶν δύο πόλων μιᾶς ήλεκτρικῆς πρίζας (σχ. 3-8 ε) ὑπάρχει τάση 110 βόλτ ἢ 220 βόλτ, ἀνάλογα με τὸ ήλεκτρικὸ δίκτυο στο ὁποῖο συνδέεται.

Ἀνάμεσα σὲ δύο ἄγωγους τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς τοῦ ἐλληνικοῦ ἐθνικοῦ δικτύου ὑπάρχει τάση πολλῶν δεκάδων χιλιάδων βόλτ (150 000 V).



Σχ. 3-8 δ.



Σχ. 3-8 ε.

Στὴν πράξη γιὰ νὰ μετροῦμε μεγάλες τάσεις χρησιμοποιοῦμε τὰ ἑξῆς πολλαπλάσια τῆς μονάδας βόλτ:

α) τὸ *χιλιοβόλτ* ἢ *κιλοβόλτ*, πὺν ἰσοῦται μὲ 1 000 βόλτ καὶ πὺν ἔχει σύμβολο τὸ kV.

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V.}$$

β) τὸ *μεγαβόλτ*, πὺν ἰσοῦται μὲ 1 000 *κιλοβόλτ*, δηλαδὴ μὲ 1 000 000 βόλτ, καὶ πὺν ἔχει σύμβολο τὸ MV.

$$1 \text{ MV} = 1\,000 \text{ kV} = 1\,000\,000 \text{ V}$$

Γιὰ νὰ μετρήσωμε, πάλι, πολὺ μικρὰς τάσεις χρησιμοποιοῦμε τὰ ἑξῆς ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδας βόλτ:

α) τὸ *μιλλιβόλτ*, πὺν ἰσοῦται μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ βόλτ καὶ πὺν ἔχει σύμβολο τὸ mV

$$1 \text{ mV} = \frac{1}{1\,000} \text{ V.}$$

β) τὸ *μικροβόλτ*, πὺν ἰσοῦται μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ *μιλλιβόλτ*, δηλαδὴ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸ τοῦ βόλτ καὶ πὺν ἔχει σύμβολο τὸ μV

$$1 \text{ μV} = \frac{1}{1\,000} \text{ mV} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ V.}$$

Ἀπὸ ὅσα ἔχομε μάθει ὥς τώρα, βγαίνουν τὰ ἑξῆς συμπεράσματα :

α) Ἡ τάση μετριέται πάντα ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα ἢ ἀνάμεσα σὲ δύο σώματα. Τὸ νὰ λέμε « τάση τοῦ τάδε (ἐνὸς) σημείου » ἢ « τάση τοῦ τάδε (ἐνὸς) σώματος » εἶναι σφάλμα γιὰτὶ δὲν ἔχει κανένα νόημα.

β) Ὄταν μεταξὺ δύο σωμάτων ὑπάρχῃ ἡλεκτρικὴ τάση, αὐτὸ σημαίνει πὼς τὸ ἓνα εἶναι ἡλεκτρισμένο πρὸς θετικὰ ἀπὸ τὸ ἄλλο, τὸ ὁποῖο φυσικά, εἶναι ἡλεκτρισμένο πρὸς ἀρνητικὰ ἀπὸ τὸ πρῶτο.

γ) Ἡ τάση μετριέται σὲ βόλτ.

Ἄς ἀναφέρωμε τέλος πῶς, συχνά, ἀντὶ νὰ χρησιμοποιοῦμε τὸν ὅρο « ἡλεκτρικὴ τάση μεταξὺ δύο σημείων », χρησιμοποιοῦμε καὶ τὸν ὅρο « διαφορὰ δυναμικοῦ » τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

3-9 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Τὰ πρωτόνια ἀπωθοῦνται μεταξὺ τους.

β) Τὰ ἡλεκτρόνια ἀπωθοῦνται μεταξὺ τους.

γ) Τὰ πρωτόνια ἔλκουν τὰ ἡλεκτρόνια ὅπως καὶ τὰ ἡλεκτρόνια ἔλκουν τὰ πρωτόνια.

δ) Τὰ νετρόνια δὲν παίρνουν μέρος σ' αὐτὲς τὶς ἑλξεις καὶ τὶς ἀπώσεις (ἀπωθήσεις).

ε) Λέμε πὼς τὰ πρωτόνια εἶναι θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία καὶ πὼς τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία.

στ) Τὰ νετρόνια εἶναι οὐδέτερα.

ζ) Ὄταν στὰ ἄτομα ἐνὸς σώματος βρίσκονται τόσα ἡλεκτρόνια ὅσα καὶ πρωτόνια, τὸ σῶμα βρίσκεται σὲ οὐδέτερη ἡλεκτρικὴ κατάσταση.

η) Ὄταν ἓνα σῶμα ἔχῃ ἑλλειμμα ἡλεκτρονίων, ἄρα περὶσσευμα πρωτονίων, εἶναι ἡλεκτρισμένο θετικά. Ἐχει θετικὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο.

θ) Ὄταν ἓνα σῶμα ἔχῃ περίσσευμα ἡλεκτρονίων, δηλαδὴ ἔλλειμμα πρωτονίων, εἶναι ἡλεκτρισμένο ἀρνητικά. Ἔχει ἀρνητικὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο.

ι) Τὰ θετικὰ φορτία ἔλκουν τὰ ἀρνητικὰ φορτία καὶ ἀπωθοῦν τὰ θετικά.

ια) Τὰ ἀρνητικὰ φορτία ἔλκουν τὰ θετικὰ φορτία καὶ ἀπωθοῦν τὰ ἀρνητικά.

ιβ) Τὰ ἐτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἔλκονται καὶ τὰ ὁμόνυμα ἀπωθοῦνται.

ιγ) Ἡ μονάδα τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων ὀνομάζεται κουλόμ (coul).

ιδ) Ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια εἶναι αὐτὰ ποὺ δὲν μένουν πάντα σὲ ἓνα ἄτομο, ἀλλὰ κυκλοφοροῦν ἀπὸ ἄτομο σὲ ἄτομο.

ιε) Ἀγώγιμα σῶματα ἢ ἀγωγοὶ εἶναι τὰ σῶματα ποὺ ἀφήνουν εὐκόλα τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια νὰ κυκλοφοροῦν ἀνάμεσα στὰ ἄτομά τους.

ιστ) Μονωτικὰ σῶματα ἢ μονωτῆρες εἶναι τὰ σῶματα ποὺ ἐμποδίζουν τὴν μετακίνηση τῶν ἐλεύθερων ἡλεκτρονίων ἀνάμεσα ἀπὸ τὰ ἄτομά τους.

ιζ) Ὄταν ἀσκοῦνται ἡλεκτρικὲς δυνάμεις μεταξὺ δύο σωμάτων, λέμε ὅτι μεταξὺ τους ὑπάρχει ἡλεκτρικὴ τάση. Ὡστε, ἂν ὑπάρχῃ ἡλεκτρικὴ τάση μεταξὺ δύο σημείων, θὰ ὑπάρχουν ἡλεκτρικὲς δυνάμεις ποὺ προσπαθοῦν νὰ μετακινήσουν ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπὸ τὸ ἓνα σημεῖο στὸ ἄλλο.

ιη) Ἡ μονάδα μὲ τὴν ὁποία μετροῦμε τὴν ἡλεκτρικὴ τάση ὀνομάζεται Βόλτ.

ιθ) Τὰ ὄργανα μὲ τὰ ὁποία μετροῦμε τὶς ἡλεκτρικὲς τάσεις λέγονται βολτόμετρα.

3·10 Ἐρωτήσεις.

α) Ποιά σῶματα λέγονται ἀπλά καὶ ποιὰ σύνθετα;

β) Ποιά εἶναι τὰ συστατικά τοῦ ατόμου ;

γ) Τί εἶναι τὰ θετικά ἠλεκτρικά φορτία καὶ τί τὰ ἀρνητικά ;

δ) Τί εἶδους δυνάμεις ἐξασκοῦνται ἀνάμεσα σὲ δμῶνυμα ἠλεκτρικά φορτία καὶ τί δυνάμεις ἀνάμεσα σὲ ἐτερώνυμα ;

ε) Ποιά σώματα ὀνομάζονται ἀγώγιμα καὶ ποιὰ μονωτικά ; Ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται ἡ ιδιότητα αὐτῇ τῶν σωμάτων ;

στ) Μὲ ποιὰ μονάδα μετροῦμε τὰ ἠλεκτρικά φορτία ; Ποιά εἶναι τὰ ὑποπολλαπλάσιά της ;

ζ) Τί θὰ πῇ ὅτι ἓνα σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένο θετικά ; Πότε ἓνα σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένο ἀρνητικά ; Πότε λέμε ὅτι ἓνα σῶμα δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένο ;

η) Τί ὀνομάζεται ἠλεκτρικὴ τάση μεταξὺ δύο σημείων ; Πῶς ἀλλοιῶς ὀνομάζεται ἡ ἠλεκτρικὴ τάση ;

θ) Μὲ ποιὰ μονάδα μετροῦμε τὴν ἠλεκτρικὴ τάση ; Ποιά εἶναι τὰ πολλαπλάσια καὶ ποιὰ τὰ ὑποπολλαπλάσιά της ;

ι) Μὲ ποιὰ ὄργανα μετροῦμε τὴν διαφορὰ δυναμικοῦ δύο σημείων ;

ΗΛΕΚΤΡΙΣΗ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

4.1 'Ηλέκτριση με τριβή.

Μπορούμε με πολλούς τρόπους να επιτύχουμε την ήλεκτριση σωμάτων, δηλαδή, ν' αφαιρέσουμε ή νά προσθέσουμε ηλεκτρόνια στα σώματα αυτά.

Από την αρχαιότητα κι' έλας ήταν γνωστό πώς όταν τρίψουμε όρισμένα σώματα δυνατά, τότε αυτά αποκτούν την ικανότητα να έλκουν άλλα έλαφρά σώματα, δηλαδή μπορούν να άσκουν ήλεκτρικές δυνάμεις επάνω στα έλαφρά αυτά σώματα. Τò φαινόμενο αυτό ονομάζεται ήλεκτριση με τριβή και εξηγείται ως εξής:

Όταν τρίβουμε π.χ. ένα κομμάτι γυαλι με ένα μάλλινο ύφασμα, τότε ελεύθερα ηλεκτρόνια αφαιρούνται από τò γυαλι και προστίθενται στο ύφασμα. Έπομένως, με την τριβή προκαλούμε στο γυαλι έλλειμμα ηλεκτρονίων, που θα πη ότι με την τριβή τò γυαλι ήλεκτρίζεται θετικά. Αντιστρόφως, με την τριβή προκαλούμε στο ύφασμα πλεόνασμα ηλεκτρονίων, που θα πη ότι αυτό ήλεκτρίζεται άρνητικά και μάλιστα με τόση ποσότητα ήλεκτρισμού όση και τò γυαλί.

Με την απομάκρυνση του ύφασματος από τò γυαλι δημιουργείται ανάμεσά τους, σύμφωνα με όσα μάθαμε προηγουμένως (3.8), μιá διαφορά δυναμικού.

4.2 'Ηλεκτρικά στοιχεία.

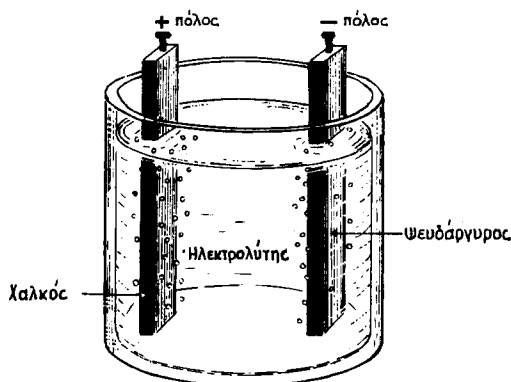
Στην ήλεκτροτεχνική πράξη σήμερα, για να δημιουργήσουμε διαφορές δυναμικού ανάμεσα σε δύο σώματα, δηλαδή για να τὰ ήλεκτρίσουμε, σπανιότατα χρoσιμοποιούμε τή μέθοδο τής τριβής.

Για τὸν σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιοῦνται σήμερα εἰδικές συσκευές ποὺ ὀνομάζονται *ἠλεκτρικὲς πηγές* ἢ, καλύτερα, *πηγές ἠλεκτρικοῦ ρεύματος*.

Υπάρχουν πολλῶν εἰδῶν πηγές. Τὸ ἀπλούστερο εἶδος πηγῶν ἀποτελοῦν τὰ λεγόμενα *ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα*, ποὺ λέγονται ἀλλοιῶς καὶ *ἠλεκτροχημικὰ στοιχεῖα*.

Ἐνα ἀπλὸ ἠλεκτροχημικὸ στοιχεῖο, ποὺ μπορούμε εὐκολὰ νὰ τὸ κατασκευάσωμε, σχηματίζεται μὲ δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα (ἢ ράβδους), ποὺ εἶναι ὅμως κατασκευασμένα ἀπὸ διαφορετικὸ μέταλλο τὸ καθένα. Τὸ ἓνα ἠλεκτρόδιο μπορεῖ π.χ. νὰ εἶναι ἀπὸ χαλκὸ καὶ τὸ δεύτερο ἀπὸ ψευδάργυρο (τσιγκο). Τὰ ἐλάσματα αὐτά, ποὺ ὀνομάζονται *ἠλεκτρόδια* τοῦ στοιχείου, τὰ τοποθετοῦμε μέσα σὲ ἓνα γυάλινο δοχεῖο.

Στὸ γυάλινο δοχεῖο ρίχνομε τὸν *ἠλεκτρολύτη* (σχ. 4.2 α),



Σχ. 4.2 α.

δηλας, νερὸ μέσα στὸ ὁποῖο ἔχει διαλυθῇ κάποιο ὀξύ ἢ ἀλάτι ὅπως π.χ. ἀμμωνιακὸ ἀλάτι, ἢ θεικὸ ὀξύ.

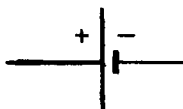
Τὰ ἐξωτερικὰ ἄκρα τῶν ἠλεκτροδίων ὀνομάζονται *πόλοι* τοῦ στοιχείου.

Κατὰ τὴν κατασκευὴ κάθε ἡλεκτρικοῦ στοιχείου θὰ πρέπει νὰ δίνουμε προσοχὴ ὥστε:

- α) τὰ ἡλεκτρόδια νὰ μὴν ἔρχονται σὲ ἐπαφὴ μεταξύ τους,
- β) ὁ ἡλεκτρολύτης νὰ περιβρέχη καὶ τὰ δύο ἡλεκτρόδια,
- γ) οἱ πόλοι νὰ βρίσκονται ἔξω ἀπὸ τὸν ἡλεκτρολύτη.

Μποροῦμε τότε νὰ διαπιστώσωμε (μὲ ἓνα βολτόμετρο ποὺ τὸ συνδέομε μὲ τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου) ὅτι μεταξύ τῶν δύο πόλων ἔχει δημιουργηθῇ μιὰ διαφορὰ δυναμικοῦ, δηλαδὴ μιὰ τάση, ποὺ εἶναι ἴση μὲ ἓνα περίπου βόλτ, καὶ πὼς ὁ χαλκὸς ἔχει ἡλεκτρισθῇ θετικὰ ἐνῶ ὁ ψευδάργυρος ἀρνητικὰ.

Στὰ ἡλεκτροτεχνικὰ σχέδια παριστάνομε τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεία συμβολικὰ μὲ δύο μικρὰς γραμμές, ποὺ ἢ μιὰ ἀπ' αὐτὰς εἶναι παράλληλη πρὸς τὴν ἄλλη, ἀλλὰ μεγαλύτερῃ της καὶ κάπως λεπτότερῃ, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 4·2 β. Ἡ μικρὴ γραμμὴ



Σχ. 4·2 β.

παριστάνει τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ στοιχείου καὶ ἡ μεγαλύτερη τὸν θετικόν του πόλον.

4·3 Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη.

Τὰ ἡλεκτρόδια ἐνὸς στοιχείου ἡλεκτρίζονται, ὅπως εἴπαμε πρὶν πάντω, γιατί ὁ ἡλεκτρολύτης ποὺ ὑπάρχει μεταξύ τους γεννᾷ μιὰ ἡλεκτρικὴ δύναμη. Ἡ δύναμη αὕτῃ ἐπιδρᾷ στὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ποὺ βρίσκονται στὸν ἡλεκτρολύτη σὲ οὐδέτερη κατάστασι, τὰ διαχωρίζει καὶ μεταφέρει τὰ μὲν ἀρνητικὰ ἡλεκτρόνια στὸν ψευδάργυρο, τοὺς δὲ θετικούς πυρῆνες στὸν χαλκόν.

Ἡ δύναμη ποὺ κάμει αὐτὴ τὴ δουλειά, ὀνομάζεται *ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη* τοῦ στοιχείου καὶ μετριέται σὲ βόλτ.

Παρουσιάζεται ὁμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Ἐφ' ὅσον ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ὑφίσταται συνεχῶς στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ στοιχείου, ἡ μεταφορὰ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων στὰ ἡλεκτρόδια θὰ γίνεται καὶ αὐτὴ συνεχῶς ἢ θὰ σταματήσει κάποτε; καὶ πότε θὰ σταματήσει;

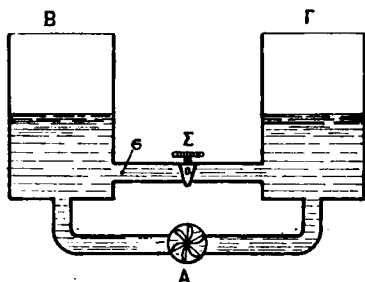
Ἡ ἀπάντηση σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα εἶναι ἡ ἐξῆς: Στὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τοῦ στοιχείου δὲν ἐπιδρᾷ μόνο ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ τοῦ δύναμη. Γιατὶ μόλις ἐμφανισθοῦν ἑτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία στοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου, τότε παρουσιάζονται μεταξύ τους οἱ ἑλκτικὲς δυνάμεις γιὰ τὶς ὁποῖες μιλήσαμε πρὶν ($3 \cdot 1$, $3 \cdot 8$), δηλαδή ἡ ἡλεκτρικὴ τάση, ἡ ὁποία προσπαθεῖ νὰ τὰ ἐνώσει πάλι. Ἡ τάση αὐτή, ποὺ ἐμφανίζεται στοὺς πόλους τοῦ στοιχείου, λέγεται *πολικὴ τάση*. Καὶ λέγεται ἔτσι ἐπειδὴ ἡ τάση αὐτὴ ἀσκεῖται ἀνάμεσα στὰ φορτία ποὺ μαζεύτηκαν στοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη λοιπὸν καὶ ἡ πολικὴ τάση τοῦ στοιχείου εἶναι δύο ἀντίθετες ἡλεκτρικὲς δυνάμεις.

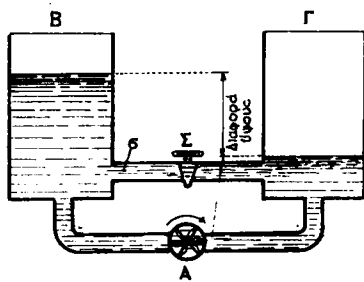
Στὴν ἀρχή, ὅταν ἀκόμη μικρὲς ποσότητες ἡλεκτρισμοῦ ἔχουν συγκεντρωθῇ στοὺς πόλους τοῦ στοιχείου, ἡ πολικὴ τάση ποὺ ἀναπτύσσεται ἀνάμεσα σ' αὐτοὺς εἶναι μικρή· ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη εἶναι πὶδ μεγάλη, ἀπὸ τὴν πολικὴ τάση καὶ ἔτσι ἐξακολουθεῖ νὰ μεταφέρῃ ἀρνητικὰ φορτία, δηλαδή ἡλεκτρόνια, στὸν ψευδάργυρο καὶ θετικὰ φορτία (πυρῆνες) στὸν χαλκό.

Ἐτσι ὁμως, ὅσο αὐξάνονται τὰ ἑτερόνυμα φορτία, ποὺ συσσωρεύονται στοὺς πόλους τοῦ στοιχείου, τόσο συνεχῶς αὐξάνεται καὶ ἡ πολικὴ τάση ποὺ ὑπάρχει μεταξύ τους, ἕως δτου γίνῃ ἀκριβῶς ἴση μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ στοιχείου. Τότε πολικὴ τάση καὶ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἰσορροποῦν καὶ σταματᾷ ἔτσι ἡ μετακίνηση ἡλεκτρικῶν φορτίων.

Τὸ ἠλεκτρικὸ αὐτὸ φαινόμενο μποροῦμε νὰ τὸ παρομοιάσω-
με μὲ τὸ ἐξῆς ὑδραυλικὸ φαινόμενο.



Σχ. 4·3 α.



Σχ. 4·3 β.

Δύο δοχεῖα, Β καὶ Γ, συνδέονται, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 4·3 α, μὲ ἓνα σωλήνα σ ποὺ κλείνει μὲ μιὰ στρόφιγγα Σ. Ἐφ' ὅσον ἡ στρόφιγγα εἶναι κλειστή, ὁ σωλήνας σ εἶναι σὰν νὰ μὴν ὑπάρχῃ καὶ δὲν πρόκειται νὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ ἐδῶ. Τὸν σχεδιά-
ζομε ὁμῶς γιατί θὰ τὸν χρειασθοῦμε ἀργότερα, στὸ ἐπόμενο Κε-
φάλαιο (βλ. 5·1).

Τὰ δοχεῖα Β καὶ Γ συνδέονται ἐπίσης μεταξὺ τους μὲ ἓναν ἄλλο σωλήνα, στὸν ὁποῖο παρεμβάλλεται μιὰ ἀντλία Α. Ὑποθέ-
τομε πῶς ἡ ἀντλία δὲν ἐργάζεται.

Στὰ δοχεῖα Β καὶ Γ ρίχνομε νερό. Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, τὸ νερὸ ποὺ συγκοινωνεῖ μὲ τὸν σωλήνα τῆς ἀντλίας θὰ φθάσῃ καὶ στὰ δύο δοχεῖα στὸ ἴδιο ὕψος.

Ἄν τώρα ἡ ἀντλία Α τεθῇ σὲ κίνησιν, θὰ παίρνῃ νερὸ ἀπὸ τὸ δοχεῖο Γ καὶ θὰ τὸ μεταφέρῃ στὸ δοχεῖο Β, ὅπως παραστατι-
κὰ φαίνεται στὸ σχῆμα 4·3 β. Τὸ νερὸ θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ με-
τακινῆται ἕως ὅτου ἡ διαφορὰ ὕψους, ποὺ θὰ ἀποκτήσουν οἱ ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ νεροῦ στὰ δύο δοχεῖα, γίνῃ ἴση μὲ τὴν πίεσιν ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδώσῃ ἡ ἀντλία, δηλαδὴ μὲ τὸ *μανομε-
τρικὸ τῆς ὕψους*, ὅπως λέγεται στὴν ὑδραυλική. Τότε θὰ παύσῃ

πιὰ νὰ γίνεταί μετακίνηση νεροῦ ἀπὸ τὸ ἓνα δοχεῖο στὸ ἄλλο.

Τὸ μανομετρικὸ ὕψος λοιπὸν τῆς ἀντλίας, ποὺ ἀναφέρομε στὸ παράδειγμά μας αὐτό, ἀντιστοιχεῖ στὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ στοιχείου, ἐνῶ ἡ διαφορὰ ὕψους τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ νεροῦ ἀντιστοιχεῖ στὴν πολικὴ του τάση. Ἡ αὔξηση τοῦ ὄγκου τοῦ νεροῦ στὸ ἓνα δοχεῖο καὶ ἡ ἀντίστοιχη ἐλάττωση στὸ ἄλλο ἀντιστοιχεῖ στὴν ἡλέκτριση τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.

Ἡ ἀντιστοιχία τῶν ὕδραυλικῶν καὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων φαίνεται ἀναλυτικὰ ἀπὸ τὰ παρακάτω :

- | | |
|---|---|
| <p>α) Μὲ τὴν ἐπενέργεια τῆς ἀντλίας (τοῦ μανομετρικοῦ ὕψους της) τὸ νερὸ φεύγει ἀπὸ τὸ ἓνα δοχεῖο καὶ προστίθεται στὸ ἄλλο.</p> | <p>α) Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη προκαλεῖ ἔλλειμμα ἡλεκτρονίων στὸν ἓνα πόλο καὶ περίσσειμα στὸν ἄλλο. Τὰ ἡλεκτρόδια ἡλεκτρίζονται.</p> |
| <p>β) Ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ στὰ δύο δοχεῖα εἶναι τώρα διαφορετικὴ.</p> | <p>β) Μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων ἐμφανίζεται ἡ πολικὴ τάση.</p> |
| <p>γ) Ἡ διαφορὰ τοῦ ὕψους τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ νεροῦ στὰ δύο δοχεῖα ἀντιστέκεται στὴ μετακίνηση τοῦ νεροῦ. Προσπαθεῖ νὰ στείλῃ τὸ νερὸ ἀπὸ τὸ ἓνα δοχεῖο δηλαδὴ ἀπὸ ἐκεῖνο στὸ ὁποῖο ἔχει τὸ μεγαλύτερο ὕψος, στὸ ἄλλο.</p> | <p>γ) Ἡ πολικὴ τάση ἀντιστέκεται στὴ μετακίνηση τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Προσπαθεῖ νὰ στείλῃ στὸν θετικὸ πόλο τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ μαζεύτηκαν στὸν ἀρνητικὸ, καὶ στὸν ἀρνητικὸ πόλο τοὺς θετικοὺς πυρῆνες ποὺ μαζεύτηκαν στὸν θετικὸ.</p> |
| <p>δ) Μανομετρικὸ ὕψος καὶ διαφορὰ στάθμης ἐπενεργοῦν ἀντίθετα.</p> | <p>δ) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη καὶ πολικὴ τάση εἶναι ἀντίθετες μεταξὺ τους.</p> |
| <p>ε) Τὸ μανομετρικὸ ὕψος ποὺ δημιουργεῖ ἡ ἀντλία εἶναι ὀρισμένο καὶ σταθερό.</p> | <p>ε) Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ στοιχείου εἶναι σταθερή. Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν μετάλλων ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι</p> |

κατασκευασμένα τὰ ηλεκτρόδια καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ ἡλεκτρολύτη.

ζ) Ἡ διαφορά ποὺ ὑπάρχει στὸ ὕψος τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ νεροῦ στὰ δύο δοχεῖα εἶναι πάντοτε ἀνάλογη μὲ τὸν ὄγκο τοῦ νεροῦ ποὺ ἔχει φύγει ἀπὸ τὸ ἓνα δοχεῖο καὶ μαζεύτηκε στὸ ἄλλο.

η) Ἐφ' ὅσον τὸ μανομετρικὸ ὕψος τῆς ἀντλίας εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν διαφορά ὕψους τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν, συνεχίζεται ἡ μετακίνηση τοῦ νεροῦ.

θ) Ὅταν ἡ διαφορά ὕψους τῶν ἐλευθέρων ἐπιφανειῶν τοῦ νεροῦ γίνῃ ἴση μὲ τὸ μανομετρικὸ ὕψος τῆς ἀντλίας, σταματᾷ ἡ μετακίνηση τοῦ νεροῦ.

ζ) Ἡ πολικὴ τάση εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἡλέκτριση τῶν ἡλεκτροδίων, δηλαδὴ μὲ τὸ ποσὸν τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων ποὺ μεταφέρθηκαν σ' αὐτά.

η) Ἐφ' ὅσον ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πολικὴ τάση, συνεχίζεται ἡ μετακίνηση τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Ἡ ἡλέκτριση τῶν ἡλεκτροδίων μεγαλώνει καθὼς καὶ ἡ μεταξὺ τους πολικὴ τάση.

θ) Ἡ μετακίνηση τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων συνεχίζεται μέχρις ὅτου ἡ πολικὴ τάση γίνῃ ἴση μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ στοιχείου.

4.4 Ἄλλοι τρόποι γιὰ τὴν ἀνάπτυξη ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς δύο τρόπους, ποὺ ἀναφέραμε ὡς τώρα (ἡλέκτριση μὲ τριβή, ἡλεκτροχημικὰ στοιχεῖα), ὑπάρχουν πολλοὶ ἄλλοι τρόποι, μὲ τοὺς ὁποίους μποροῦμε νὰ ἀναπτύξωμε ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις, δηλαδὴ νὰ δημιουργήσωμε ἑλλειμμα ἡλεκτρονίων σὲ ἓνα σῶμα καὶ ἀντίστοιχο περίσσειμα σὲ ἓνα ἄλλο.

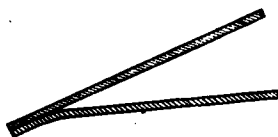
Ἀπ' αὐτοὺς τῇ μεγαλύτερῃ σπουδαιότητῃ γιὰ τὴν ἡλεκτροτεχνία ἔχει ἡ ἀνάπτυξη ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μὲ εἰδικὰς

ηλεκτρικές μηχανές, που λέγονται *γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος* (συνεχούς ή εναλλασσομένου).

Με την αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία των μηχανών αυτών θα ασχοληθούμε διεξοδικά στο τρίτο μέρος του βιβλίου. Αναφέρουμε όμως από τώρα πώς οι γεννήτριες αυτές, όπως άλλωστε και όλες οι πηγές του ηλεκτρικού ρεύματος, διαθέτουν δύο πόλους, μεταξύ των οποίων αναπτύσσουν μια διαφορά δυναμικού. Στο έσωτερικό κάθε γεννήτριας οι πόλοι της συνδέονται άγωγιμα μεταξύ τους με μεταλλικούς άγωγους.

Με τέτοιες ηλεκτρικές μηχανές είναι τεχνικά εύκολο να αναπτυχθούν μεγάλες διαφορές δυναμικού, δηλαδή πολλών εκατοντάδων ή και χιλιάδων άκρη βόλτ.

Μικρότερο ενδιαφέρον, σαν πηγές ηλεκτρικού ρεύματος, παρουσιάζουν τα λεγόμενα *θερμοηλεκτρικά στοιχεία*. Αποτελούνται από δύο μεταλλικά στελέχη, που είναι κατασκευασμένα από διαφορετικό το καθένα μέταλλο και κολλημένα μεταξύ τους στη μία άκρη τους, (σχ. 4.4 α).



Σχ. 4.4 α.

Όταν το σημείο στο οποίο είναι κολλημένα θερμανθώ, γεννιέται ηλεκτρεγερτική δύναμη, που κάμει το ένα μέταλλο πιά θετικό από το άλλο.

Η ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία στην οποία φθάνει το σημείο όπου έχει γίνη ή συγκόλληση των στελεχών.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται με αυτόν τον τρόπο είναι πολύ μικρή. Στον παρακάτω Πίνακα 1 αναφέρονται τα θερμοηλεκτρικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται συνήθως καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. Στη δεύτερη στήλη του Πίνακα γράφεται το μέταλλο που με τη θέρμανση του στοιχείου ηλεκτρίζεται θετικά και στην τρίτη, το μέταλλο που ηλεκτρίζεται άρνητικά.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1.
Τὰ πὺδ συνηθισμένα θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ τὰ χαρακτηριστικὰ τοὺς.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
α/α	Σύσταση τῶν μεταλλικῶν στελεχῶν		Μεγίστη θερμοκρασία, σὲ βαθμοὺς Κελσίου, μὲ τὴν ἐποῖα μπορεῖ νὰ ἐργάζεται συνεχῶς τὸ στοιχεῖο.	Ήλεκτρογεννητικὴ δύναμη, σὲ μιλλιβόλτ, πὺδ ἀναπτύσσεται σὲ θερμοκρασία :						
	Θετικὸ μέταλλο	Ἀρνητικὸ μέταλλο		0°	100°	200°	400°	600°	900°	1300°
1	Χαλκὸς	Κοινσταντάν	400°	0	4,2	9,2	21,0	—	—	—
2	Σίδηρος	Κοινσταντάν	600°	0	5,4	11,0	22,1	33,7	—	—
3	Χρωμιομικέλιο	Νικέλιο	900°	0	4,0	8,1	16,4	24,9	37,3	—
4	Πλατινορόδιο	Πλατίνα	1300°	0	0,6	1,4	3,3	5,2	8,5	13,2

Τὰ θερμοηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται κυρίως στὰ πυρόμετρα πού χρησιμεύουν γιά νά μετρούμε πολύ ύψηλές θερμοκρασίες, καθώς και σέ ειδικά ηλεκτρικά μετρητικά ὄργανα (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα μέ τὰ ὁποία μετρούμε ραδιοφωνικά ρεύματα κ.λ.π.)

Ἡλεκτρεγερτική δύναμη μπορεῖ ν' ἀναπτυχθῇ ἐπίσης καί μέ τὸν φωτισμὸ μεταλλικῶν πλακῶν. Οἱ πλάκες αὐτὲς περιέχονται σέ ειδικὰ ὄργανα πού λέγονται φωτοηλεκτρικά στοιχεία. Ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμη πού ἀναπτύσσουν τὰ φωτοηλεκτρικά στοιχεία εἶναι σχεδὸν ἀνάλογη μέ τὴν ἔνταση μέ τὴν ὁποία φωτίζονται. Πάντως καί αὐτὴ εἶναι πολὺ μικρή.

Φωτοηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιοῦνται στὴν τηλεόραση, στὶς κινηματογραφικὲς μηχανὲς γιά τὴν ἀπόδοση τοῦ ἤχου, σέ διάφορες διατάξεις πού προστατεύουν χώρους ἀπὸ διαρρήξεις, σέ αὐτομάτους μηχανισμοὺς κ.λ.π.

Ἡλεκτρεγερτική δύναμη ἀναπτύσσεται ἐπίσης καί ὅταν συμπιέζουμε ἢ κάμπτουμε πλάκες ἀπὸ χαλαζία (ἢ καί ἀπὸ ἄλλου εἶδους κρυστάλλου). Τὸ μέγεθος τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως εἶναι ἀνάλογο μέ τὸ μέγεθος τῆς παραμορφώσεως τῆς πλάκας, ἀλλὰ κι' αὐτὸ εἶναι πολὺ μικρό. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται πιεζοηλεκτρισμός. Τέτοια πιεζοηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιοῦνται στὰ μικρόφωνα, τὰ πίκ-ἅπ καί σέ παρόμοιες ἡλεκτροακουστικὲς συσκευές.

4.5 'Ανακεφαλαίωση.

α) Τρίβοντας δύο σώματα μεταξύ τους, τὰ ἡλεκτρίζουμε. Ἄν κατόπιν ἀπομακρύνουμε τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ ἄλλο δημιουργοῦμε μεταξύ τους διαφορά δυναμικοῦ.

β) Τὰ ἡλεκτρικά στοιχεία δημιουργοῦν μεταξύ τῶν πόλων τους διαφορά δυναμικοῦ, δηλαδή παράγουν συσσώρευση θετικῶν ηλεκτρικῶν φορτίων στὸν ἓνα πόλο τους καί ἀρνητικῶν στὸν ἄλλον.

γ) Τὰ ἡλεκτρικά φορτία πού ἐμφανίζονται στοὺς πόλους τῶν στοιχείων, προέρχονται ἀπὸ τὰ φορτία πού ἦταν σέ οὐδέτερη κατάστασι στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ηλεκτρολύτη καί τὰ ὁποία ξεχώρισε ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ στοιχείου.

δ) Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῶν ἡλεκτροχημικῶν στοιχείων γεννιέται ἀπὸ τὴν χημικὴ δράση τοῦ ἡλεκτρολύτη ἐπάνω στὰ ἡλεκτρόδια.

ε) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις δημιουργοῦμε ἐπίσης δταν ζεστάνουμε τὴν θέση στὴν ὁποία εἶναι συγκολλημένα δύο διαφορετικὰ μέταλλα. Ἐπίσης δημιουργοῦμε ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις δταν φωτίσωμε ὀρισμένες μεταλλικὲς πλάκες ὅπως καὶ δταν κάμψωμε ὀρισμένους κρυστάλλους. Οἱ ἡλεκτρεγερτικὲς αὐτὲς δυνάμεις εἶναι μικρὲς (μερικὰ χιλιοστὰ τοῦ Βόλτ).

στ) Μεγάλαις ἡλεκτρεγερτικαῖς δυνάμεις μπορούμε νὰ ἀναπτύξωμε μὲ τὶς γεννήτριες τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μὲ αὐτὲς δημιουργοῦμε τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ χρησιμοποιεῖται γιὰ τὸν φωτισμὸ τῶν πόλεων, γιὰ κίνηση καὶ γιὰ βιομηχανικὲς χρήσεις.

ζ) Σὲ κάθε πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνομε δύο πόλους: τὸν θετικὸ καὶ τὸν ἀρνητικόν. Ἀνάμεσά τους δημιουργεῖται ἡ πολικὴ τάση. Ὅταν ἀπὸ τὴν πηγὴ δὲν πλῆρνωμε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ἡ πολικὴ τῆς τάσης εἶναι ἴση μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ τῆς δυνάμει.

η) Οἱ δύο πόλοι κάθε πηγῆς συνδέονται ἀγώγιμα μεταξὺ τους, στὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς.

4·6 Ἐρωτήσεις.

α) Μὲ ποιούς τρόπους εἶναι δυνατόν νὰ ἡλεκτρισθοῦν δύο σώματα;

β) Ποιά εἶναι τὰ κύρια μέρη ἑνὸς ἡλεκτροχημικοῦ στοιχείου;

γ) Ποιά εἶναι ἡ δράση τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ ποιά τῆς πολικῆς τάσεως;

δ) Πόση εἶναι περίπου ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἑνὸς ἡλεκτροχημικοῦ στοιχείου;

ε) Ἀπὸ τί ἀποτελεῖται ἓνα θερμοηλεκτρικὸ στοιχεῖο; Πόσο μεγάλη εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ποὺ ἀναπτύσσει; Ποῦ χρησιμοποιοῦνται τὰ θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα;

- στ) Τί εἶναι τὰ φωτοηλεκτρικά στοιχεῖα ;
ζ) Ποιό φαινόμενο ὀνομάζεται πιεζοηλεκτρισμός ;
η) Τί εἶδους πηγές χρησιμοποιοῦνται γιά τήν ἀνάπτυξη μεγάλων τάσεων ; Ποῦ χρησιμοποιοῦνται ;
-

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

5.1 Τί είναι ηλεκτρικό ρεύμα.

"Αν ανοίξουμε τὴν στρόφιγγα τοῦ σωλήνα, ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 3·8 β, τότε μόρια τοῦ αἰρίου, ποὺ βρίσκεται με πίεση 10 ἀτμοσφαιρῶν στὸ δεξιὸ δοχεῖο τοῦ σχήματος, θὰ ὀρμήσουν πρὸς τὸ ἀριστερὸ δοχεῖο, ὅπου ἡ πίεση εἶναι μόνο 2 ἀτμόσφαιρες.

Μέσα στὸν σωλήνα θὰ δημιουργηθῇ ἓνα ρεῦμα αἰρίου, ποὺ ὀφείλεται στὴν διαφορὰ τῶν πιέσεων ποὺ ἔχουν τὰ αἲρια στὰ δύο δοχεῖα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ θὰ διαρκέσῃ, μέχρις ὅτου οἱ πιέσεις στὰ δύο δοχεῖα γίνουν ἴσες.

"Αν ανοίξουμε τὴν στρόφιγγα τοῦ σωλήνα σ, ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 4·3 β, τότε μόρια τοῦ νεροῦ ποὺ βρίσκεται στὸ δοχεῖο Β, θὰ μετακινήθουν πρὸς τὸ δοχεῖο Γ.

Μέσα στὸν σωλήνα δημιουργεῖται ἓνα ρεῦμα νεροῦ. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ γίνεται γιατί ὑπάρχει διαφορὰ στὶς πιέσεις ποὺ ἐξασκεῖ τὸ νερὸ στὰ δύο δοχεῖα Β καὶ Γ, δηλαδή, στὴ διαφορὰ ὕψους ποὺ ἔχουν οἱ ἐλεύθερες στάθμες τους. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ διαρκεῖ, φυσικά, μέχρις ὅτου ἐξισωθοῦν οἱ στάθμες τῶν δύο δοχείων.

"Αν ὅμως ἡ ἀντλία Α τοῦ σχήματος ἐργάζεται συνεχῶς, οἱ στάθμες τῶν δύο δοχείων δὲν θὰ ἐξισωθοῦν ποτὲ καὶ τὸ ρεῦμα τοῦ νεροῦ μέσα στὸν σωλήνα σ θὰ ἐξακολουθῇ συνεχῶς, γιατί ἡ ἀντλία θὰ τραβᾷ τὸ νερὸ ἀπὸ τὸ δοχεῖο Γ καὶ θὰ τὸ μεταφέρει, στὸ Β, δηλαδή, θὰ διατηρῇ σταθερὴ τὴν διαφορὰ στάθμης τοῦ νεροῦ στὰ δύο δοχεῖα.

Αὐτὸ ὀφείλεται, στὸ ὅτι μόλις μεταφερθῇ μιὰ ποσότητα νεροῦ ἀπὸ τὸ Β στὸ Γ, ἐλαττώνεται φυσικά ἡ διαφορὰ στάθμης ἀνάμεσα στὰ δύο δοχεῖα. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ μανομετρικὸ ὕψος τῆς ἀν-

τλίας παραμένει τὸ ἴδιο, ὑπερνικᾷ τὴν ἐλαττωμένη διαφορά στάθμης καὶ μεταφέρει νέα ποσότητα νεροῦ ἀπὸ τὸ δοχεῖο Γ στὸ Β.

Ἔτσι σχηματίζεται ἓνα κλειστὸ κύκλωμα νεροῦ. Τὰ μόρια τοῦ νεροῦ, λόγῳ τοῦ μανομετρικοῦ ὕψους τῆς ἀντλίας, μετακινούνται μέσα ἀπὸ αὐτὴν καὶ μεταφέρονται ἀπὸ τὸ δοχεῖο Γ στὸ Β καί, λόγῳ τῆς διαφορᾶς στάθμης τῶν δύο δοχείων, μεταφέρονται μετὸν σωλήνα σ ἀπὸ τὸ δοχεῖο Β στὸ Γ.

Λίγη ὥρα μετὰ τὸ ἀνοιγμα τῆς στρόφιγγας ἡ ποσότητα τοῦ νεροῦ, ποὺ φεύγει σὲ κάθε χρονικὴ στιγμή ἀπὸ τὸ δοχεῖο Β, εἶναι ἴση μὲ τὴν ποσότητα νεροῦ ποὺ ἐπαναφέρει σ' αὐτὸ ἡ ἀντλία, καὶ τὰ μόρια τοῦ νεροῦ, ποὺ κινούνται μέσα στὸν σωλήνα σ, ἀποκτοῦν μιὰ σταθερὴ ταχύτητα.

Τὸ ρεῦμα αὐτὸ τοῦ νεροῦ στὸν σωλήνα σ, ποὺ τὰ μόριά του κινούνται πάντα πρὸς τὴν ἴδια διεύθυνση (ἀπὸ τὸ δοχεῖο Β στὸ Γ) καὶ μὲ σταθερὴ ταχύτητα, λέγεται *ρεῦμα συνεχές*.

Ἀντίθετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει στὸ κλειστὸ κύκλωμα ποὺ περιγράψαμε παραπάνω, ἡ ταχύτητα τῶν μορίων τοῦ ἀερίου ποὺ ἀναφέραμε προηγουμένως, θὰ λιγοστεύῃ σιγά-σιγά, ὅσο ἐλαττώνεται ἡ διαφορά πιέσεων τῶν δύο δοχείων καὶ θὰ σταματήσῃ ἐντελῶς, ὅπως εἴπαμε, ὅταν οἱ πιέσεις στὰ δοχεῖα γίνουν ἴσες.

Τὸ ρεῦμα τοῦ ἀερίου στὸν σωλήνα τοῦ σχήματος 3·8 β δὲν εἶναι λοιπὸν συνεχές· εἶναι ρεῦμα *μεταβλητό*.

Ἀνάλογες παρατηρήσεις κάνομε καὶ γιὰ τὴ μετακίνηση τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ἔτσι π.χ. ἔχομε ὑποθέσει πὺς τὰ δύο σώματα τοῦ σχήματος 3·8 α εἶναι ἠλεκτρισμένα ἐτερόνυμα καί, ἐπομένως, ὅτι μεταξὺ τους ὑπάρχει κάποια τάση. Ἄν τώρα ὑποθέσωμε ὅτι συνδέσωμε μὲ ἓναν ἄγωγὸ τὰ σώματα αὐτὰ μεταξὺ τους (σχ. 5·1 α), τότε ἠλεκτρικὰ φορτία θὰ μεταφερθοῦν ἀπὸ τὸ ἓνα σῶμα στὸ ἄλλο περνώντας μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγό. Ἡ μετακίνηση αὐτὴ ὀφείλεται στὴν ἠλεκτρικὴ τάση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὰ δύο σώματα, δηλαδή στὶς ἐλκτικές δυνάμεις ποὺ ἐξασκοῦν

μεταξύ τους τὰ ἑτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα βρίσκονται στὰ δύο σῶματα.

Ἡ μετακίνηση αὐτὴ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων λέγεται ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

Ποιά εἶναι ἡ διεύθυνση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα στὸν ἄγωγό; Εὐκόλη εἶναι ἡ ἀπάντηση σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα: Τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ πλεονάζουν στὸ ἀρνητικὰ ἡλεκτρισμένο σῶμα Α ἔλκονται πρὸς τὸ θετικὰ ἡλεκτρισμένο σῶμα Θ, ὅπου ὑπάρχει



Σχ. 5 · 1 α.

ἔλλειμμα ἡλεκτρονίων, δηλαδή πλεονάζουν τὰ θετικὰ πρωτόνια. Ὡστε, τὰ ἡλεκτρόνια θὰ μετακινηθοῦν μέσα στὸν ἄγωγό, περνώντας ἀπὸ τὰ κενὰ διαστήματα ποὺ ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὰ ἄτομά του, ἀπὸ τὸ Α πρὸς τὸ Θ, δηλαδή, ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸ σῶμα πρὸς τὸ θετικόν.

Ἀντίθετα, οἱ θετικοὶ πυρῆνες ποὺ βρίσκονται στὸ σῶμα Θ, θὰ προσπαθήσουν νὰ περάσουν μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγό γιὰ νὰ φθάσουν στὸ σῶμα Α, πρὸς τὸ ὁποῖο ἔλκονται ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ πλεονάζουν ἐκεῖ. Γεννιέται, ὁμοίως τώρα τὸ ἐρώτημα: Οἱ θετικοὶ πυρῆνες (ποὺ εἶναι πολὺ μεγαλύτεροι καὶ φυσικὰ πιὸ δυσκίνητοι ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόνια) θὰ μπορέσουν νὰ περάσουν μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγό;

Ἡ ἀπάντηση εἶναι πὼς αὐτὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση (δηλαδή ἀπὸ τὸ ὕλικό) τοῦ ἄγωγου. Ἄν, δηλαδή, ὁ ἄγωγός εἶναι μεταλλικός, τότε οἱ θετικοὶ πυρῆνες βρίσκουν πολὺ μεγάλη δυσκολία νὰ περάσουν μέσα ἀπ' αὐτόν. Ἀπεναντίας, ἂν ὁ ἄγωγός εἶναι «ὕγρὸς», π.χ. θεϊκὸ (ἢ ἄλλο) ὀξὺ ἀραιωμένο μὲ νερό, τότε οἱ θετικοὶ πυρῆνες μποροῦν νὰ περάσουν εὐκολώτερα μέσα ἀπ' αὐτόν.

Συμπεραίνομε λοιπόν πώς:

α) Το ηλεκτρικό ρεύμα που περνά μέσα από μεταλλικό αγωγό, αποτελείται από ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται προς μία διεύθυνση μέσα απ' αυτόν.

β) Στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρόνια κινούνται: από το **αρνητικό άκρο** του μεταλλικού αγωγού προς το **θετικό** του.

γ) Το ηλεκτρικό ρεύμα, που περνά μέσα από υγρό αγωγό, αποτελείται: από ηλεκτρόνια, που κινούνται μέσα απ' αυτόν προς μία διεύθυνση, και από θετικούς πυρήνες που κινούνται προς την αντίθετη διεύθυνση.

δ) Στην περίπτωση αυτή τα **ηλεκτρόνια** μετακινούνται από το **αρνητικό άκρο** του αγωγού προς το **θετικό** του, ενώ οι θετικοί πυρήνες μετακινούνται: από το **θετικό** προς το **αρνητικό άκρο** του υγρού αγωγού.

Το ηλεκτρικό ρεύμα ήταν γνωστό από πολύ παλαιά, από τον καιρό που δεν γνωρίζαμε ακόμη ότι υπήρχαν τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια και τα άλλα συστατικά του ατόμου και που φανταζόμαστε τον ηλεκτρισμό σαν ένα μυστηριώδες ρευστό που πλεόναζε στα θετικά ηλεκτρισμένα σώματα και έλλειπε από τα αρνητικά ηλεκτρισμένα. Με αυτή τη θεωρία ήταν λογικό να υποθέσουμε πως το ηλεκτρικό ρεύμα, που δημιουργείται σε ένα αγωγό ο οποίος ενώνει ένα θετικό με ένα αρνητικό σώμα, σχηματίζεται από το ρευστό αυτό που ξέφευγε από το θετικό σώμα και πήγαινε προς το αρνητικό για να συμπληρώσει το έλλειμμα που υπήρχε εκεί.

Ωρίσθηκε, λοιπόν, από τότε ότι: **φορά (διεύθυνση) του ηλεκτρικού ρεύματος** σε έναν οποιοδήποτε αγωγό, είναι ή διεύθυνση από το **θετικό** του άκρο προς το **αρνητικό**.

Με βάση όμως αυτήν την **υποθετική** φορά του ηλεκτρικού ρεύματος έχουν διαμορφωθεί ένα σωρό κανόνες και όρισμοί που δεν είναι εύκολο τώρα να τους αλλάξουμε.

Γι' αὐτὸ στὴν συνέχεια τοῦ βιβλίου αὐτοῦ θὰ παραδεχόμεστε συμβατικά, ὥπως ἄλλωστε γίνεται γενικὰ καὶ στὴν πράξη, ὅτι ἡ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ διεύθυνσί του ἀπὸ τὸ θετικὸ ἄκρο τοῦ ἀγωγοῦ πρὸς τὸ ἀρνητικόν· θὰ θυμώμαστε ὅμως πάντοτε ὅτι αὐτὸ δὲν εἶναι σωστὸ καὶ πὼς στὴν πραγματικότητα τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα σχηματίζεται ἀπὸ ἡλεκτρόνια ποὺ κινοῦνται ἀντίθετα καί, σὲ ὁρισμένες περιπτώσεις, ἀπὸ θετικοὺς πυρῆνες ποὺ κινοῦνται σύμφωνα μὲ τὴ διεύθυνση αὐτὴ (σχ. 5·1 α).

Ἡ αἰτία, λοιπόν, ποὺ προκαλεῖ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὴν ἀγωγὸ τοῦ σχήματος 5·1 α, εἶναι ἡ ἡλεκτρικὴ τάση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὰ σώματα Θ καὶ Α. Καθὼς ὅμως γίνεται μεταφορὰ ἡλεκτρικῶν φορτίων ἀπὸ τὸ ἓνα σῶμα στὸ ἄλλο, τὰ ἐλεύθερα φορτία, ποὺ βρίσκονται σ' αὐτά, συνεχῶς λιγοστεύουν, ἡ τάση ποὺ ὑπάρχει ἐλαττώνεται καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐξασθενίζει συνεχῶς μέχρις ὅτου μηδενισθῇ ἐντελῶς.

Τὸ ἡλεκτρικὸ αὐτὸ ρεῦμα, ἐπομένως, εἶναι μεταβλητό.

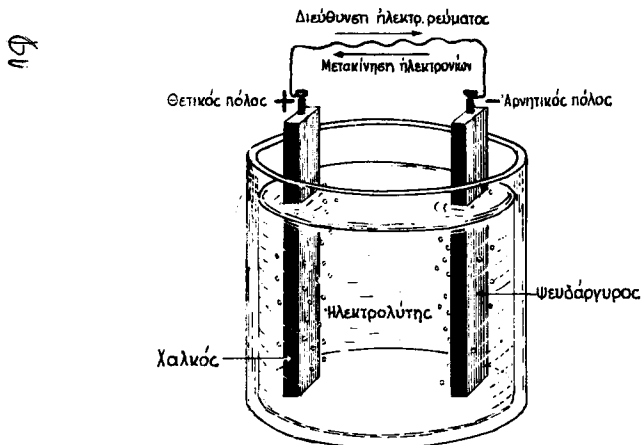
Μπορεῖ νὰ παραβληθῇ μὲ τὸ μεταβλητὸ ρεῦμα τοῦ ἀερίου, ποὺ ἐξετάσαμε στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 3·8 β.

Συνεχὲς ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μπορεῖ νὰ δημιουργηθῇ μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς.

Ὅπως εἶδαμε (παρ. 4·2 καὶ 4·3), ἀνάμεσα στοὺς δύο πόλους καθε πηγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἡλεκτρικὴ τάση.

Ἄν, λοιπόν, μὲ ἓνα μεταλλικὸ σύρμα, ἐνωθοῦν ἐξωτερικὰ μεταξὺ τοὺς οἱ δύο πόλοι μιᾶς πηγῆς (σχ. 5·1 β), ἀνοίγεται ἐλεύθερος δρόμος στὰ ἡλεκτρόνια ποὺ εἶναι συσσωρευμένα στὸν ἀρνητικὸ πόλο καὶ τὰ ὁποῖα ἡ πολικὴ τάση τῆς πηγῆς σπρώχνει συνεχῶς πρὸς τὸν θετικὸ τῆς πόλο. Αὐτὸ ἀκριβῶς γίνεται καὶ μὲ τὸ ἀνοίγμα τῆς στρόφιγγας Σ, στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 4·3 β· τὰ μόρια, δηλαδή, τοῦ νεροῦ μποροῦν τότε νὰ μετακινηθοῦν ἀπὸ τὸ δοχεῖο Β στὸ Γ.

Μέσα στο σύρμα δημιουργείται λοιπόν ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό είναι συνεχές διότι :



Σχ. 5.1 β.

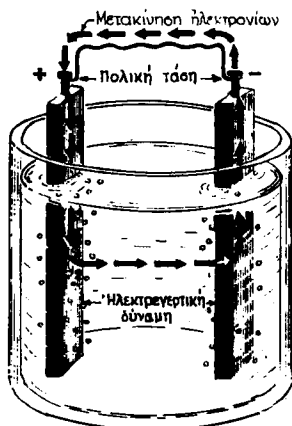
α) Όταν, μέσα από το σύρμα, περάσουν λίγα ηλεκτρόνια από τον αρνητικό πόλο στον θετικό, ελαττώνεται η τάση μεταξύ των πόλων.

β) Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής, η οποία παραμένει σταθερή, υπερικχύει τώρα και, από το εσωτερικό της πηγής, μεταφέρει πάλι ηλεκτρόνια από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο.

γ) Σχηματίζεται ένα κλειστό κύκλωμα (σχ. 5.1 γ) στο οποίο συνεχώς κυκλοφορούν ηλεκτρόνια: στο εσωτερικό της πηγής τα ηλεκτρόνια κυκλοφορούν από τον θετικό πόλο προς τον αρνητικό (λόγω της ηλεκτρεγερτικής δύναμης) και στο εξωτερικό σύρμα από τον αρνητικό πόλο προς τον θετικό (λόγω της πολικής τάσεως).

δ) Όσο η ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής είναι σταθερή (άμετάβλητη), σταθερή θα είναι και η ταχύτητα με την οποία

τὰ ηλεκτρόνια ἔρχονται στὸν ἀρνητικὸ πόλο ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς καί, φεύγοντας ἀπ' αὐτόν, κινοῦνται στὸ μεταλλικὸ σύρμα.



Σχ. 5-1 γ.

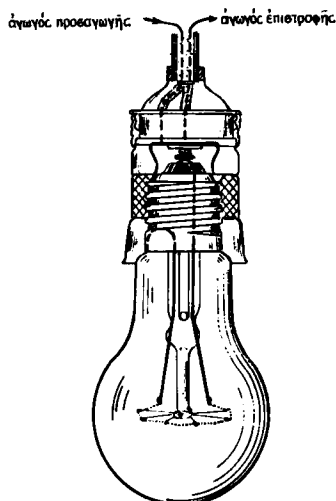
Τὸ ηλεκτρικὸ αὐτὸ ρεῦμα θὰ διατηρηῇται συνεχῶς μέχρις ὅτου εἴτε παύσῃ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη, εἴτε διακοπῇ τὸ κύκλωμα σὲ ὁποιοδήποτε σημεῖο του.

5-2 Ἡλεκτρικὸ κύκλωμα.

Οἱ ἡλεκτρικὲς συσκευές (π. χ. ἡλεκτρικὲς λάμπες, κινητῆρες κλπ.) λειτουργοῦν ὅταν περνᾷ μέσα ἀπ' αὐτὲς ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Πρέπει, λοιπόν, νὰ συνδένονται μὲ δύο ἀγωγούς σὲ ἓνα κύκλωμα, στὸ ὅποῖον θὰ ὑπάρχῃ μιὰ (τοῦλάχιστον) ἡλεκτρικὴ πηγὴ. Μὲ τὸν ἓνα ἀγωγὸ ἔρχονται στὴ συσκευὴ τὰ ηλεκτρόνια ἀπὸ τὴν πηγὴ (ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ τῆς πόλο) (σχ. 5-2 α) καὶ μὲ τὸν ἄλλο ἀγωγὸ ἐπιστρέφουν ἀπὸ τὴ συσκευὴ πρὸς τὴν πηγὴ (στὸ θετικὸ τῆς πόλο).

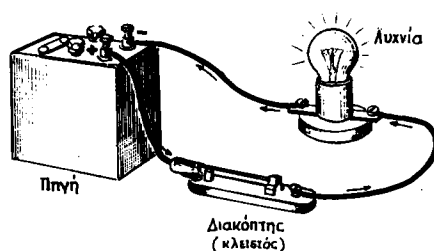
Οἱ συσκευές, ποὺ λειτουργοῦν ὅταν μέσα ἀπ' αὐτὲς περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, λέγονται καὶ καταναλωτὲς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ἢ καταναλωτὲς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἢ, ἀπλῶς, ἡλεκτρικοὶ καταναλωτὲς.

Για να είναι εύκολο να μπαίνει σε λειτουργία ή συσκευή, καθώς και για να διακόπτεται ή λειτουργία της, προστίθεται στο



Σχ. 5.2 α.

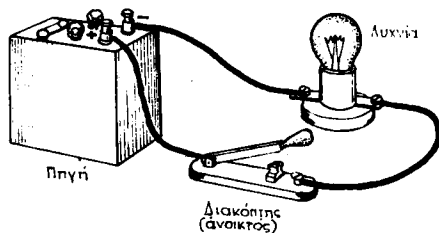
κύκλωμα ένας διακόπτης (σχήματα 5.2 β, 5.2 γ, 5.2 δ, 5.2 ε). Ο διακόπτης αυτός αποτελείται από ένα μονωτικό σώμα το οποίο



Σχ. 5.2 β.

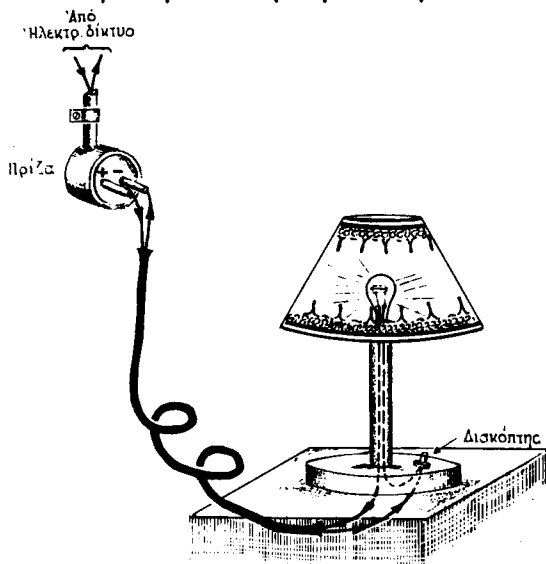
παρεμβάλλεται στο κύκλωμα και εμποδίζει την ροή των ηλεκτρονίων. Μπορεί, όμως, το σώμα αυτό με απλό χειρισμό να γεφυρώνεται (δηλαδή, να ενώνονται τα άκρα του) με ένα μεταλλικό ελασμα, από το οποίο τότε περνούν τα ηλεκτρόνια. Είναι αδιάφορο φυσικά για τη λειτουργία της συσκευής, σε ποιό από τα δύο σύρ-

ματα, πού τήν ενώνουν μέ τήν πηγή, θά παρεμβάλουμε τόν διακόπτη.



Σχ. 5-2 γ.

Γιά νά λειτουργήσῃ ἡ συσκευή πρέπει νά κλείσωμε τò κύκλωμα, ὥστε τὰ ἡλεκτρόνια νά μποροῦν νά μετακινουῦνται σ' αὐτό,

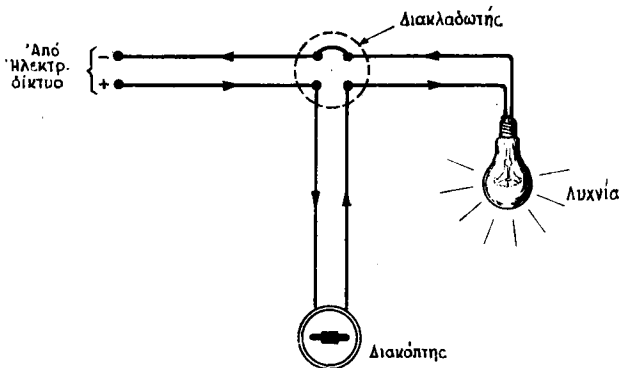


Σχ. 5-2 δ.

δηλαδή, πρέπει νά κλείσωμε τόν διακόπτη, γεφυρώνοντας μέ τò μεταλλικό του ἔλασμα τò μονωτικό ὕλικό, πού διακόπτει τò κύκλωμα.

Ὅστε, όταν λέμε ὅτι κλείνομε τόν διακόπτη ἐνὸς κυκλώ-

ματος ἐννοοῦμε ὅτι κλείνομε τὸ κύκλωμα καὶ προκαλοῦμε τὴν λειτουργία τῶν συσκευῶν πού βρίσκονται σ' αὐτὸ (σχ. 5.2 β). Ἀντίθετα, ὅταν λέμε ὅτι ἀνοίγομε τὸν διακόπτη ἐνὸς κυκλώ-



Σχ. 5.2 ε.

ματος, ἐννοοῦμε ὅτι ἀνοίγομε, δηλαδή, ὅτι διακόπτομε, τὸ κύκλωμα καὶ σταματᾷμε τὴν λειτουργία τῶν συσκευῶν πού ἐξυπηρετεῖ (σχ. 5.2 γ).

5.3 Ἡ ἔνταση στὸ συνεχὲς ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἡ μονάδα ἀμπέρ.

Μόλις κλεισθῇ ὁ διακόπτης ἐνὸς κυκλώματος, ἀρχίζει ἀμέσως νὰ ρέη σὲ ὅλα τὰ σημεία τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, διότι τὰ ἡλεκτρόνια πού φεύγουν ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς πηγῆς προσκρούουν στὰ πρῶτα ἄτομα τοῦ συνδετικοῦ ἀγωγοῦ τὰ ὁποῖα συναντοῦν καὶ ἀποσποῦν ἀπ' αὐτὰ ἡλεκτρόνια. Ἡλεκτρόνιο, πού ξέφυγε ἔτσι ἀπὸ τὸ πρῶτο ἄτομο, προσκρούει σὲ ἓνα ἐπόμενο ἄτομο καὶ μεταδίδει τὴν κίνησή του σὲ ἡλεκτρόνιο τοῦ δευτέρου αὐτοῦ ἀτόμου, τὸ ὁποῖο μὲ τὴν σειρά του προσκρούει σὲ ἐπόμενο ἄτομο καὶ οὕτω καθεξῆς (σχ. 5.3 α).

Ἡ κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ ἄτομο σὲ ἄτομο μεταδίδεται ἀστραπιαίᾳ σὲ ὁλόκληρο τὸ κύκλωμα μὲ τὴν τεράστια ταχύτητα

των 300 000 km/sec περίπου, δηλαδή, μεταδίδεται σχεδόν με τήν ταχύτητα πού έχει τò φώς.

Έτσι, αν και τò κάθε ένα ηλεκτρόνιο κινείται με πολὺ μικρὴ ταχύτητα, ἡ μετάδοση τῆς κινήσεώς τους, δηλαδή ἡ δημιουργία ηλεκτρικοῦ ρεύματος, γίνεται σχεδόν ταυτόχρονα σὲ ὅλα τὰ ση-

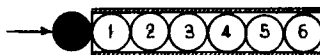


Σχ. 5-3 α.

μεῖα τοῦ κυκλώματος. Γιὰ νὰ ἀρχίσει ἡ κίνηση τῶν ηλεκτρονίων σὲ ὅλα τὰ σημεῖα ἑνὸς ἀγωγοῦ μήκους 300 Km (ὅση περίπου εἶναι ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὴν Ἀθήνα ὡς τὴν Λάρισα), δὲν χρειάζεται χρόνος περισσότερος ἀπὸ ἕνα χιλιοστὸ τοῦ δευτερολέπτου.

Τò ηλεκτρικὸ αὐτὸ φαινόμενο εἶναι ἀνάλογο μὲ τὸ ἐξῆς μηχανικὸ φαινόμενο, πὸν μπορούμε νὰ τὸ καταλάβουμε εὐκολώτερα :

Μέσα σὲ ἕνα ὀριζόντιο σωλήνα βρίσκονται σὲ ἐπαφὴ μεταξύ τους μεταλλικὲς σφαῖρες (σχ. 5-3 β). Ἄν ἀπὸ τὸ ἀριστερὸ ἄκρο του βάλουμε



Σχ. 5-3 β.

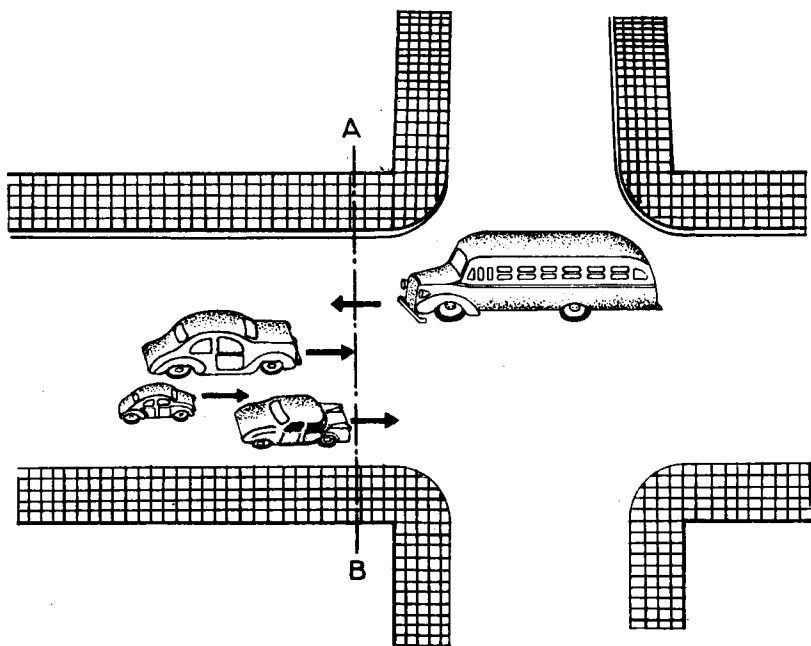


Σχ. 5-3 γ.

μέσα στὸν σωλήνα μιὰ ἄλλη σφαῖρα (τὴν μαύρη, πὸν δείχνει τὸ σχῆμα) καὶ τὴν σπρώξουμε μὲ μικρὴ ταχύτητα πρὸς τὰ δεξιὰ, ἡ κίνηση θὰ μεταδοθῇ ἀμέσως σὲ ὅλες τὶς σφαῖρες, ὥστε σχεδὸν ἀμέσως ἡ τελευταία θὰ ξεφύγῃ ἀπὸ τὸ δεξιὸ ἄκρο τοῦ σωλήνα (σχ. 5-3 γ), ἔστω καὶ ἂν ἡ ταχύτητα τῆς σφαίρας πὸν σπρώξαμε εἶναι μικρή.

Μιλώντας γιὰ τὴν κίνηση τῶν αὐτοκινήτων στοὺς δρόμους μιᾶς πόλεως λέμε πὼς ἡ κυκλοφορία στὸν τᾶδε δρόμο εἶναι πολὺ έντατικὴ ἢ ὅτι ἔχει μεγάλη ένταση. Τί ἀκριβῶς σημαίνει ένταση κυκλοφορίας;

Ἄς φαντασθοῦμε πὼς σὲ ἕλο τὸ πλάτος τοῦ δρόμου χαράζομε μιὰ γραμμὴ. Ὀνομάζομε ένταση τῆς κυκλοφορίας σ' αὐτὸ τὸ μέρος τὸ πλῆθος τῶν αὐτοκινήτων πού, σὲ ἕνα ὀρισμένο χρονικὸ διάστημα, περνοῦν πάνω ἀπὸ τὴν γραμμὴ.



Σχ. 5.3 δ.

Ἄν ἡ ένταση τῆς κυκλοφορίας σὲ ἕναν δρόμο εἶναι 50 αὐτοκίνητα τὸ λεπτὸ, δηλαδὴ $50 \cdot 60 = 3\,000$ αὐτοκίνητα τὴν ὥρα, καὶ σὲ ἕναν ἄλλο δρόμο ἡ ένταση τῆς κυκλοφορίας εἶναι μόνο 1 000 αὐτοκίνητα τὴν ὥρα, τότε λέμε πὼς ἡ κυκλοφορία στὸν πρῶτο δρόμο ἔχει τριπλάσια ένταση ἀπὸ ὅ,τι ἔχει στὸν δεῦτερο.

Ἐντελῶς ἀνάλογα μποροῦμε νὰ ὀνομάσωμε *ένταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος*, ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓναν μεταλλικὸ ἀγωγό, τὸ πλῆθος τῶν ἠλεκτρονίων ποὺ περνοῦν ἀπὸ μίαν τομὴ τοῦ ἀγωγοῦ σὲ ἓνα ὀρισμένο χρονικὸ διάστημα. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ πλῆθος αὐτὸ τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι πάρα πολὺ μεγάλο, δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων σὲ κάθε δευτερόλεπτο, καὶ γιὰ νὰ μὴν χρησιμοποιήσωμε πολὺ μεγάλους ἀριθμούς, ὀρίζομε ὡς *ένταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ποὺ περνᾷ ἀπὸ μιὰ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ σὲ ἓνα ὀρισμένο χρονικὸ διάστημα*. Καὶ ἀφοῦ τὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ, ὅπως εἶδαμε, τὴν μετροῦμε σὲ κουλόμ, τὴν ένταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν μετροῦμε συνήθως σὲ *κουλόμ ἀνὰ δευτερόλεπτο*.

Θὰ μπορούσαμε, λοιπόν, νὰ ποῦμε πὼς ἡ ένταση τοῦ ρεύματος, ποὺ περνᾷ π. χ. ἀπὸ ἓνα λαμπτήρα, εἶναι 0,2 κουλόμ ἀνὰ δευτερόλεπτο, ἢ ὅτι ἡ ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓναν ἠλεκτρικὸ κινητήρα εἶναι 20 κουλόμ ἀνὰ δευτερόλεπτο (σχ. 5·3 ε).

Ἡ μονάδα ὅμως αὐτὴ τῆς έντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει ἰδιαιτέρο ὄνομα καὶ ὀνομάζεται *ἀμπέρ* (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ Γάλλου φιλοσόφου, μαθηματικοῦ καὶ φυσικοῦ Ἀνδρέα Μαρί Αμπέρ 1775 — 1836).

Δηλαδή **1 ἀμπέρ σημαίνει 1 κουλόμ σὲ κάθε δευτερόλεπτο**.

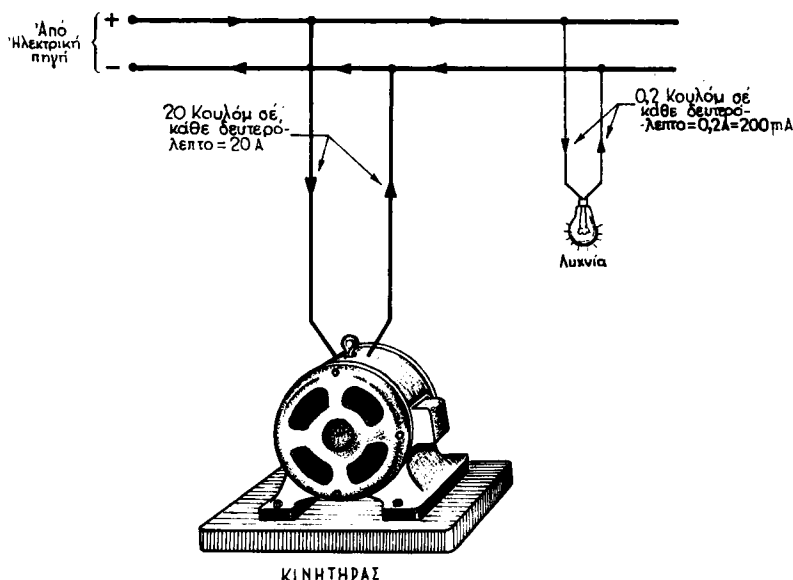
Γιὰ σύμβολο τῆς μονάδος ἀμπέρ χρησιμοποιεῖται τὸ κεφαλαῖο γράμμα Α.

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{coul}}{\text{sec}}$$

Ἄν, λοιπόν, ἀπὸ μιὰ διατομὴ ἐνὸς ἀγωγοῦ περνᾷ σὲ κάθε δευτερόλεπτο ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 2 ἢ 5 ἢ 7,5 κουλόμ, αὐτὸ σημαίνει πὼς ἡ ένταση τοῦ ρεύματος εἶναι 2Α ἢ 5Α ἢ 7,5Α.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε *ἀσθενῆ ρεύματα* (π.χ. ρεύματα ποὺ περνοῦν ἀπὸ τὰ κυκλώματα ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν, τηλεφώνων κλπ.)

ἡ μονάδα ἀμπέρ δὲν εἶναι πρακτικὴ. Χρησιμοποιοῦμε λοιπὸν γι' αὐτὰ τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ ἀμπέρ:



Σχ. 5.3 ε.

α) τὸ **μιλλιαμπέρ** (mA), ποὺ ἰσοῦται μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ ἀμπέρ:

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A}$$

β) τὸ **μικροαμπέρ** (μΑ), ποὺ ἰσοῦται μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ μιλλιαμπέρ, δηλαδὴ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸ τοῦ ἀμπέρ:

$$1 \text{ μΑ} = \frac{1}{1000} \text{ mA} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ A}.$$

Ἔτσι, ἂν ἀπὸ ἓνα τηλεφωνικὸ ἀκουστικὸ περνᾷ ρεῦμα μὲ ένταση 10 ἑκατομμυριοστὰ τοῦ ἀμπέρ, μποροῦμε νὰ γράψωμε τὴν ένταση αὐτὴ ὡς ἑξῆς:

$$0,000\,010 \text{ A} \quad \text{ἢ} \quad 0,010 \text{ mA} \quad \text{ἢ} \quad 10 \text{ μΑ}.$$

Ἀντίθετα, γιὰ νὰ μετρήσωμε *ισχυρὰ ρεύματα*, χρησιμοποιοῦμε τὴ μονάδα *χιλιοαμπέρ* ἢ *κιλοαμπέρ*, ποὺ ἰσοῦται μὲ 1 000 ἀμπέρ.

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A.}$$

Γιὰ νὰ σχηματίσωμε μιὰ ἰδέα γιὰ τὴν μονάδα ἀμπέρ, σημειώνομε πῶς ἡ *ἔνταση* τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ :

- ἓναν κινητήρα ἐνὸς τράμ εἶναι 100 A περίπου,
- μία λάμπα φωτισμοῦ εἶναι 0,1 ἕως 0,4 A περίπου,
- μία ἡλεκτρικὴ λυχνία ραδιοφώνου 5 ἕως 50 mA περίπου,
- ἓνα ἀκουστικὸ τηλεφώνου 10 ἕως 100 μA περίπου.

Τὰ ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα μετροῦμε τὴν ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ὀνομάζονται *ἀμπερόμετρα*.

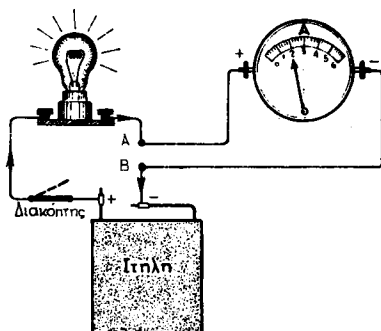
Τὰ ἀμπερόμετρα ἔχουν δύο ἀκροδέκτες, ἀπὸ τοὺς ὁποῖους συνήθως ὁ ἓνας σημειώνεται μὲ τὸ σημεῖο + καὶ ὁ ἄλλος μὲ τὸ —. Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓνα κύκλωμα, πρέπει νὰ διακόψωμε κάπου τὸ κύκλωμα καὶ νὰ παρεμβάλωμε τὸ ἀμπερόμετρο μὲ τέτοιο τρόπο, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος νὰ περνᾷ μέσα ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρο. Ὅταν οἱ ἀκροδέκτες τοῦ ἀμπερόμετρου σημειώνωνται μὲ τὰ σημεῖα + καὶ —, πρέπει νὰ προσέξωμε στὴν σύνδεση, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ μπαίνειν στὸ ἀμπερόμετρο ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτη + καὶ νὰ βγαίνειν ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτη —.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε π. χ. τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν λυχνία τοῦ σχήματος 5·2 β, πρέπει νὰ παρεμβάλωμε στὸ κύκλωμά της ἓνα ἀμπερόμετρο, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 5·3 ζ ἢ τὸ σχῆμα 5·3 η. Καὶ στὶς δύο αὐτὲς περιπτώσεις τὸ ἀμπερόμετρο θὰ δείξῃ φυσικὰ τὴν ἴδια ἔνταση.

Σὲ ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κυκλώματος τὸ ρεῦμα ἔχει τὴν ἴδια ἔνταση.

Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές.

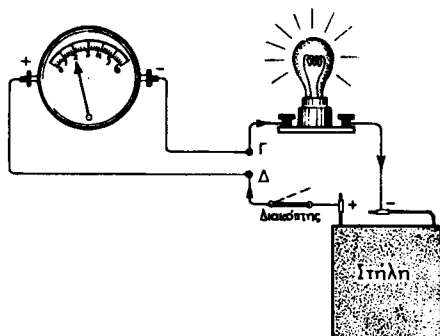
α) Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν λυχνία τοῦ σχήματος 5.3 ζ εἶναι 0,2 A. Τί ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ θὰ δώσει



Σχ. 5.3 ζ.

ἡ στήλη, ἂν ἡ λυχνία μείνῃ ἀναμμένη 5 πρῶτα λεπτά τῆς ὥρας;

Ἀπάντηση: Τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν στήλη ἔχει τὴν ἴδια ἔνταση μὲ τὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας, δηλαδὴ 0,2 A. Αὐτὸ σημαίνει πὺς σὲ κάθε δευτερόλεπτο φεύγει ἀπὸ τὸν ἕναν πόλο τῆς



Σχ. 5.3 η.

στήλης καὶ ἐπιστρέφει ἀπὸ τὸν ἄλλο ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 0,2 coul.

Σὲ ἓνα λεπτό, δηλαδή σὲ 60 δευτερόλεπτα, περνοῦν ἀπὸ τὴν στήλη: $0,2 \text{ A} \cdot 60 \text{ sec} = 12 \text{ coul}$, καὶ σὲ 5 λεπτά.

$$12 \text{ coul} \cdot 5 = 60 \text{ coul}.$$

β) Ἀπὸ ἓναν ἡλεκτρικὸ καταναλωτὴ (λ. χ. ἓναν ἡλεκτρικὸ κινητήρα) περνᾷ συνεχὲς ρεῦμα. Ποιὰ εἶναι ἡ ἔντασι τοῦ ρεύματος, ἂν σὲ μία ὥρα περνᾷ μέσα ἀπὸ τὸν καταναλωτὴ ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ 10 800 coul.

Ἀπάντηση: Μία ὥρα ἀποτελεῖται ἀπὸ 3 600 sec. Ἐπομένως, σὲ κάθε δευτερόλεπτο περνᾷ ἀπὸ τὸν καταναλωτὴ ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ $\frac{10\,800 \text{ coul}}{3\,600 \text{ sec}} = 3 \text{ coul/sec}$. Ἡ ἔντασι τοῦ ρεύματος εἶναι λοιπὸν 3 coul/sec, δηλαδή 3 A.

5.4 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Ἡλεκτρικὸ ρεῦμα εἶναι ἡ μετακίνησις ἡλεκτρικῶν φορτίων.

β) Συμβατικὰ ἡ διεύθυνσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ ρέει μέσα σ' ἓναν ἄγωγὸ ἢ σὲ ἓναν καταναλωτὴ, ὀρίζεται ἀπὸ τὸ θετικὸ πρὸς τὸ ἀρνητικὸ ἄκρο τοῦ ἄγωγου ἢ τοῦ καταναλωτῆ.

γ) Τὰ ἡλεκτρόνια μέσα σὲ ἓναν ἄγωγὸ κινουντά: ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸ πρὸς τὸ θετικὸ ἄκρο τοῦ ἄγωγου.

δ) Ὅταν ἀπὸ ἓναν ἄγωγὸ περνᾷ συνεχὲς ρεῦμα, αὐτὸ σημαίνει πὼς τὰ ἡλεκτρόνια κινουνται μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ πρὸς μία μόνον διεύθυνση καὶ μὲ σταθερὴ ταχύτητα.

ε) Γιὰ νὰ δημιουργηθῇ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα σὲ ἓναν ἄγωγό, πρέπει τὰ ἄκρα του νὰ συνδεθοῦν μὲ δύο σημεῖα μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑπάρχει ἡλεκτρικὴ τάσις.

στ) Ἐνα ἀπλὸ ἡλεκτρικὸ κύκλωμα ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν πηγὴ, τὸν καταναλωτὴ καὶ τοὺς ἄγωγους ποὺ τὸ συνδέουν μὲ τὴν πηγὴ. Ἡ αἰτία ποὺ προκαλεῖ τὴν ροὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σὲ ἓνα ἀπλὸ κύκλωμα εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς.

ζ) Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι το ποσόν του ηλεκτρισμού που περνά σε κάθε δευτερόλεπτο.

η) Η ένταση του ρεύματος μετριέται σε άμπέρ. Ένα άμπέρ σημαίνει ένα κουλόμ σε κάθε δευτερόλεπτο.

θ) Τις μικρές εντάσεις τις μετρούμε σε μιλλιαμπέρ. Τις μεγάλες εντάσεις τις μετρούμε σε χιλιοαμπέρ (κιλοαμπέρ).

ι) Τα όργανα με τα οποία μετρούμε την ένταση λέγονται άμπερόμετρα.

ια) Τα άμπερόμετρα συνδέονται στα ηλεκτρικά κυκλώματα με τέτοιο τρόπο, ώστε, μέσα απ' αυτά, να περνά το ρεύμα που θέλομε να μετρήσωμε την έντασή του.

ιβ) Σε όλα τα σημεία ενός άπλου κυκλώματος ή ένταση είναι ή ίδια.

5.5 Έρωτήσεις.

α) Ποιά είναι η διεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος που περνά από τους άγωγους του σχήματος 5.3 ζ;

β) Προς ποιά διεύθυνση μετακινούνται τα ηλεκτρόνια στους άγωγους του ίδιου σχήματος.

γ) Γιατί το άμπερόμετρο δείχνει την ίδια ένταση, είτε συνδεθῇ όπως δείχνει το σχήμα 5.3 ζ, είτε όπως στο σχήμα 5.3 η;

δ) Αν συνδέσωμε τους πόλους της στήλης ανάποδα από δ, τι δείχνει το σχήμα 5.3 ζ, ποιά άλλη αλλαγή πρέπει να κάμωμε στο κύκλωμα, ώστε το άμπερόμετρο να εξακολουθῇ να δείχνῃ την ένταση του ρεύματος; Σχεδιάστε το νέο σχήμα.

ε) Γιατί οι λυχνίες τῶν σχημάτων 5.2 β, 5.2 δ, 5.2 ε ανάβουν μόλις κλείσωμε τους διακόπτες τους;

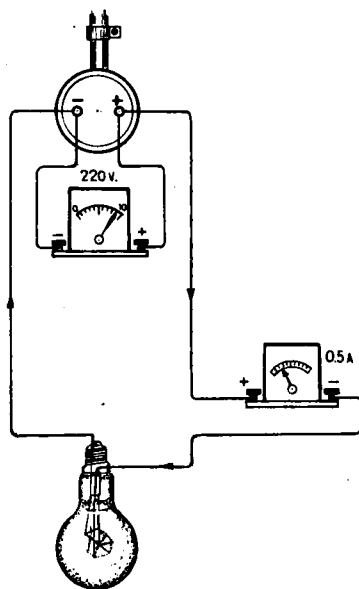
στ) Τί σημαίνει « διακόπτης ανοικτός »;

ζ) Τί σημαίνει « κλειστό κύκλωμα »;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

6.1 Ήλεκτρική αντίσταση σωμάτων.

Όπως είδαμε, η αίτια που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η ηλεκτρική τάση. Αν, λοιπόν, με τους δύο πόλους μιᾶς πρίζας, που ανάμεσά τους υπάρχει τάση π. χ. 220 V, συνδέσουμε ένα λαμπτήρα ή ένα σίδερο του σιδερώματος, θα περάσει από αυτά ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση αυτού του ρεύματος και η τάση της

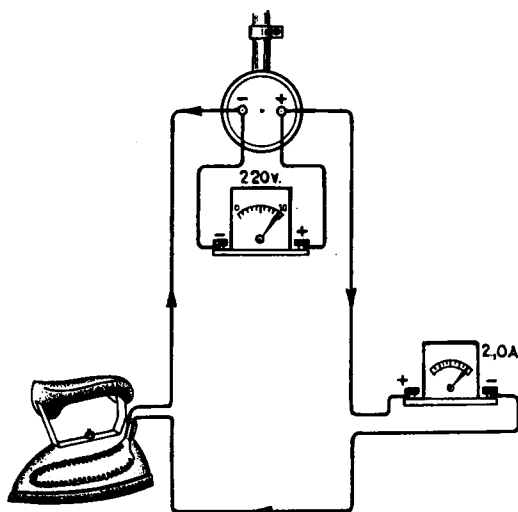


Σχ. 6.1 α.

πρίζας μπορούν να μετρηθούν με ένα αμπερόμετρο και ένα βολτόμετρο, που θα συνδεθούν στο κάθε κύκλωμα, όπως δείχνουν τα σχήματα 6.1α και 6.1β.

Παρατηρούμε πώς το αμπερόμετρο δεν δείχνει την ίδια ένταση στις δύο αυτές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση (του λαμπτήρα) ή ένταση είναι π. χ. 0,5 A, ενώ στην δεύτερη (σίδερο) ή ένταση είναι 2,0 A.

Η διαφορά οφείλεται στο εξής: το συρματάκι που είναι μέσα στην λάμπα και που πυρακτώνεται καθώς περνά απ' αυτό το ηλεκτρικό ρεύμα, παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση στην μετα-



Σχ. 6.1 β.

κίνηση των ηλεκτρονίων από την αντίσταση που παρουσιάζει το σύρμα που βρίσκεται μέσα στο ηλεκτρικό σίδερο. Έτσι, αν και στις δύο περιπτώσεις ή τάση είναι ή ίδια (220 V), ή ένταση του ρεύματος είναι διαφορετική.

Κάθε αγωγός, και γενικότερα κάθε σώμα, παρουσιάζει κάποιαν αντίσταση στο πέρασμα του ρεύματος κι' αυτό είναι φυσικό, γιατί τα ηλεκτρόνια, καθώς κινούνται μέσα από τα διάκενα που υπάρχουν ανάμεσα απ' τα άτομα του σώματος, προσκρούουν κάθε τόσο επάνω στα άτομα αυτά. Μē τις συγκρούσεις αυτές τὰ

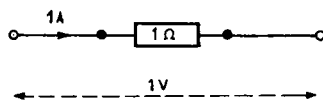
ήλεκτρόνια χάνουν την ταχύτητά τους και, γενικά, έμποδίζονται στην κίνησή τους, ενώ, έξ' άλλου, όλος ο άγωγός θερμαίνεται, γιατί με τις συγκρούσεις ή κινητική ενέργεια που είχαν τα ήλεκτρονία μετατρέπεται, όπως ξέρομε από την Φυσική, σε θερμότητα.

Τα μονωτικά σώματα παρουσιάζουν πολύ μεγάλη, τεράστια αντίσταση, έτσι, που και όταν ακόμη τοποθετούνται ανάμεσα σε δύο σημεία, τα όποια βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού πολλών βόλτ, δεν αφήνουν να περνούν παρά μόνον τόσα λίγα ήλεκτρόνια, ώστε να μπορούμε να πούμε πως, πρακτικά, τα μονωτικά σώματα έμποδίζουν την ροή του ήλεκτρικού ρεύματος.

Τα άγωγιμα σώματα παρουσιάζουν πολύ μικρότερη αντίσταση από τους μονωτήρες. Άλλα και μεταξύ άγωγίμων σωμάτων υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές ήλεκτρικής αντίστασεως, ανάλογα με τα υλικά, από τα όποια το καθένα αποτελείται και ανάλογα με το γεωμετρικό σχήμα που έχει.

6.2 Μονάδες αντίστασεως.

Η βασική μονάδα με την όποια μετρούμε τις ήλεκτρικές αντιστάσεις λέγεται $\omega\mu$ (από το όνομα του Γερμανού φυσικού Γεωργίου Σίμων Ohm 1787-1854). Το σύμβολό της είναι το ελληνικό κεφαλαίο γράμμα Ω .



Σχ. 6.2 α.

Το $\omega\mu$ όρίζεται ως εξής: Αντίσταση ενός $\omega\mu$ (1Ω) έχει εκείνο το σώμα πού, όταν παρεμβληθής ανάμεσα σε δύο σημεία με διαφορά δυναμικού ενός βόλτ ($1V$), αφήνει να περνά μέσα απ' αυτό ρεύμα ενός άμπέρ ($1A$) (σχ. 6.2 α).

Ἡ ἀντίσταση τῆς λάμπας τοῦ σχήματος 6.1 α εἶναι $440 \, \Omega$, ἐνῶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ σιδήρου, τοῦ σχήματος 6.1β, εἶναι $110 \, \Omega$.

Ἡ ἀντίσταση τῶν ἡλεκτρικῶν γραμμῶν, μὲ τὶς ὁποῖες δια-
χτεύεται ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἀπὸ ἡλεκτρικὲς πηγὲς πρὸς τοὺς κα-
ταναλωτὲς, εἶναι συνήθως μερικὰ ὦμ ἢ κλάσμα τοῦ ὦμ.

Ἀντίθετα σὲ ἄλλες περιπτώσεις, ἰδίως δὲ στὶς τηλεπικοινωνω-
νικὲς ἐγκαταστάσεις (τηλέφωνα, τηλέγραφοι, ἀσύρματοι, ραδιό-
φωνα κλπ.), χρησιμοποιοῦνται ἄγωγοι ποὺ ἔχουν ἀντίσταση πολ-
λῶν χιλιάδων ἢ ἑκατομμυρίων ὦμ.

Γιὰ νὰ μετροῦμε τὶς μεγάλες αὐτὲς ἀντιστάσεις χρησιμο-
ποιοῦμε τὶς μονάδες:

α) τὸ κιλοὼμ (σύμβολο $k\Omega$), ποὺ ἰσοῦται μὲ $1\,000 \, \Omega$:

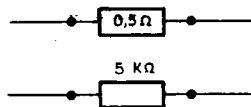
$$1 \, k\Omega = 1\,000 \, \Omega$$

β) τὸ μεγγῶμ (σύμβολο $M\Omega$) ποὺ ἰσοῦται μὲ $1\,000\,000 \, \Omega$:

$$1 \, M\Omega = 1\,000 \, k\Omega = 1\,000\,000 \, \Omega.$$

6.3 Γραφικὸ σύμβολο ἀντιστάσεως.

Στὰ ἡλεκτροτεχνικὰ σχέδια συμβολίζομε γενικὰ ἕναν ἄγωγὸ
ἢ ἕναν καταναλωτὴ, ποὺ ἔχει κάποια σημαντικὴ ἀντίσταση, μὲ
ἕνα στενόμακρο ὀρθογώνιο, (ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 6.3 α), δίπλα



Σχ. 6.3 α.

ἢ μέσα στὸ ὁποῖο ἀναγράφεται ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεώς του.

6.4 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Ἡ ἀντίσταση τῶν σωμάτων μετρεῖται σὲ ὦμ (Ω).

β) Γιὰ νὰ μετροῦμε μεγάλες ἀντιστάσεις χρησιμοποιοῦμε καὶ τὲς μονάδες $k\Omega$ καὶ $M\Omega$

γ) Ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓνα σῶμα, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τάση ποὺ ἐφαρμόζεται σ' αὐτὸ καὶ ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴ του ἀντίστασι.

δ) Γιὰ τὴν ἴδια τάση, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι τόσο μικρότερη ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἀντίσταση τοῦ σώματος.

ε) Τὰ μονωτικὰ σώματα παρουσιάζουν πάρα πολὺ μεγάλη ἀντίστασι.

6·5 Ἐρωτήσεις.

α) Πότε λέμε ὅτι ἓνας ἀγωγὸς ἔχει ἀντίσταση ἐνὸς ὧμ;

β) Γιατί τὰ σώματα παρουσιάζουν ἀντίσταση στὴν διάβαση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος;

γ) Γιατί οἱ ἀγωγοὶ θερμαίνονται ὅταν ἀπ' αὐτοὺς περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα;

δ) Ἄν σὲ ἀγωγὸ ἀντιστάσεως $5\ \Omega$ ἐφαρμόσωμε τάση $1\ V$, θὰ περάσῃ ἀπ' αὐτὸν ἔνταση μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀπὸ $1\ A$;

ε) Μὲ τί μονάδες μετροῦμε τὴν ἀντίστασι τῶν μονωτικῶν σωμάτων;

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 7

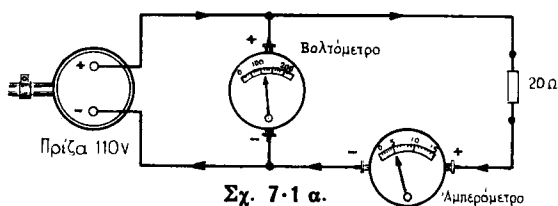
ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ

7·1 Σχέση ανάμεσα στην τάση και την ένταση.

Αν στα άκρα ενός καταναλωτή εφαρμόσουμε μιὰ διαφορά δυναμικοῦ, δηλαδή μιὰ τάση, θὰ περάσῃ, ὅπως μάθαμε, μέσα ἀπ' αὐτὸν ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

Ἡ ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓναν ὀρισμένο καταναλωτὴ, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέγεθος ποὺ ἔχει ἡ τάση ποὺ ἐπιβάλλομε σ' αὐτόν.

Ἐτσι, ἂν σὲ ἓνα καταναλωτὴ ποὺ ἡ ἀντίστασή του εἶναι π.χ. $20\ \Omega$ ἐφαρμοσθῇ τάση 110 V , τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτὸν εἶναι $5,5\text{ A}$ ($7\cdot 1\alpha$).

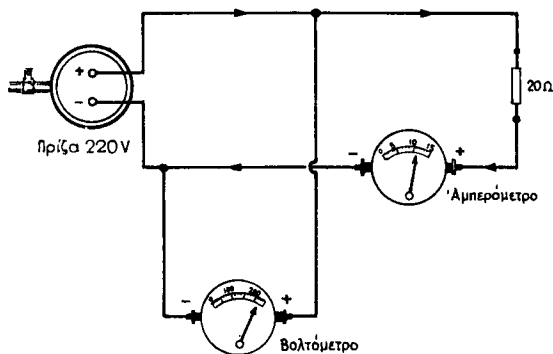


Αν στὸν ἴδιο καταναλωτὴ ἐφαρμοσθῇ διπλάσια τάση, δηλαδή 220 V , τὸ ρεῦμα ποὺ θὰ περάσῃ ἀπ' αὐτὸν εἶναι 11 A , δηλαδή διπλάσιο (σχ. 7·1 β).

Ἐπίσης ἂν τριπλασιασθῇ, τετραπλασιασθῇ κλπ. ἡ τάση ποὺ ἐφαρμόζεται στὸν ἴδιο καταναλωτὴ, παρατηροῦμε πὼς καὶ ἡ ένταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτὸν γίνεται τριπλάσια, τετραπλάσια κλπ.

Συμπέρασμα :

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, πὸν περνᾷ ἀπὸ ἕναν καταναλωτὴ ὁρισμένης ἀντιστάσεως, εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν τάση πὸν ἐφαρμόζεται σ' αὐτόν.



Σχ. 7-1 β.

7·2 Σχέση ἀνάμεσα στὴν ἔνταση καὶ τὴν ἀντίσταση.

Ἄν αντικαταστήσωμε τὸν καταναλωτὴ τοῦ σχήματος 7·1 α μὲ ἕναν ἄλλο, πὸν νὰ ἔχῃ ἀντίσταση $10\ \Omega$, τὸ ἀμπερόμετρο θὰ δείξῃ ἔνταση 11 A.

Παρατηροῦμε, δηλαδή, πὼς ἂν ἡ τάση πὸν ἐφαρμόζεται σὲ ἕναν καταναλωτὴ μένῃ ἀμετάβλητη καὶ ἡ ἀντίστασή του περιορίζεται στὸ μισό, στὸ ἕνα τρίτο, στὸ ἕνα τέταρτο κ.λ.π., τότε ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος πὸν περνᾷ ἀπ' αὐτόν τὸν καταναλωτὴ γίνεται διπλάσια, τριπλάσια, τετραπλάσια κ.ο.κ.

Ἀντίστροφα, ἂν ἡ ἀντίσταση τοῦ καταναλωτὴ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κ.λ.π., ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος περιορίζεται στὸ ἕνα δεύτερο, στὸ ἕνα τρίτο κ.λ.π.

Συμπέρασμα :

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος πὸν περνᾷ ἀπὸ ἕναν καταναλωτὴ, στὸν ὁποῖο ἐφαρμόζομε μιὰ σταθερὴ τάση, μεταβάλλεται ἀντιστροφῶς ἀνάλογι πρὸς τὴν ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ.

7.3 Νόμος του Όμ.

Και τις δύο προηγούμενες παρατηρήσεις μπορούμε να τις εκφράσουμε με την εξής πρόταση:

‘Η ένταση του ρεύματος, που περνά από έναν καταναλωτή, βρίσκεται αν διαιρέσουμε την τάση, που εφαρμόζεται στα άκρα του, με την ηλεκτρική αντίσταση του καταναλωτή.

Η πρόταση αυτή ονομάζεται στην Ήλεκτροτεχνία Νόμος του Όμ και έχει μεγάλη σπουδαιότητα αφού, όπως θα δούμε παρακάτω, μας χρησιμεύει για να λύνουμε ένα σωρό προβλήματα, όπως π.χ. το επόμενο:

Πόση είναι η ένταση του ρεύματος που περνά από έναν καταναλωτή αντίστασεως 20 Ω, όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 60 V;

Κατά τον νόμο του Όμ η ένταση που ζητούμε είναι:

$$\frac{60 \text{ V}}{20 \text{ } \Omega} = 3 \text{ A.}$$

Γενικά, αν παραστήσουμε μέ:

- U την τάση, που εφαρμόζεται στα άκρα του καταναλωτή, σε βόλτ,
- R την αντίσταση του καταναλωτή, σε Ωμ, και
- I την ένταση του ρεύματος που περνά απ’ αυτόν, σε αμπέρ, μπορούμε με την εξίσωση:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1-a)$$

να εκφράσουμε σύντομα, σε μαθηματική γλώσσα, τον νόμο του Όμ. Συνοπτικά εκφράζουμε τον νόμο αυτό έτσι:

$\text{Ένταση} = \frac{\text{τάση}}{\text{αντίσταση}}$	
$I = \frac{U}{R}$	$\text{αμπέρ} = \frac{\text{βόλτ}}{\text{Ωμ}}$

7.4 "Άλλες μορφές του νόμου του "Ωμ.

Ο νόμος του "Ωμ συνδέει μεταξύ τους τρία ηλεκτρικά μεγέθη (τάση, αντίσταση, ένταση), που αναφέρονται όμως όλα στον ίδιο καταναλωτή.

Μπορούμε, λοιπόν, όταν ξέρουμε δύο απ' αυτά τα μεγέθη, να υπολογίσουμε το τρίτο.

Στην προηγούμενη παράγραφο έμαθαμε πώς να υπολογίσουμε την ένταση, όταν ξέρουμε την τάση και την αντίσταση. Πολλές φορές, όμως, ξέρουμε την ένταση και την αντίσταση και ζητούμε να υπολογίσουμε την τάση. Για να κάμουμε τον υπολογισμό αυτό, μάς βοηθεί η εξίσωση (1 - α), την οποία μπορούμε, όταν πολλαπλασιάσουμε και τα δύο μέλη της επί την αντίσταση R, να την γράψουμε ως εξής :

$$U = R \cdot I \quad (1-\beta)$$

Μ' αυτή τη μορφή η εξίσωση μάς δείχνει ότι την τάση (σέ βόλτ), που πρέπει να εφαρμοσθῇ στα άκρα ενός καταναλωτή για να περάσει απ' αυτόν ρεύμα ορισμένης έντάσεως, μπορούμε να την υπολογίσουμε αν πολλαπλασιάσουμε την αντίστασή του (σέ ωμ) επί την ένταση του ρεύματος (σέ αμπέρ).

Τάση = Αντίσταση $\times$ Ένταση	
$U = R \cdot I$	Βόλτ = "Ωμ $\times$ Άμπέρ

"Άλλες φορές πάλι ξέρουμε ποιά τάση εφαρμόζεται σέ έναν καταναλωτή και ποιά ένταση, ρεύματος περνά απ' αυτόν και ζητούμε να υπολογίσουμε την αντίσταση του καταναλωτή.

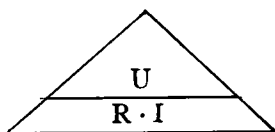
Για τον υπολογισμό αυτόν πάλι μάς βοηθεί η εξίσωση (1 - β) που μπορούμε, αν διαιρέσουμε και τα δύο μέλη της με την ένταση I, να την γράψουμε και με τη μορφή :

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-\gamma)$$

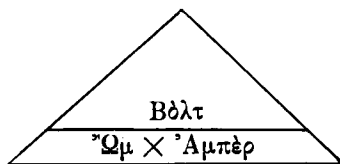
Μ' αυτή τη μορφή ή εξίσωση μάς δείχνει: ότι την αντίσταση ενός καταναλωτή (σὲ ὤμ) μπορούμε νὰ τὴν ὑπολογίσουμε ἂν διαιρέσουμε τὴν τάση (σὲ βόλτ), πὺν ἐφαρμόζεται σ' αὐτόν, μὲ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος (σὲ ἀμπέρ) πὺν περνᾷ μέσα ἀπ' αὐτόν.

Ἀντίσταση = $\frac{\text{τάση}}{\text{ένταση}}$	
$R = \frac{U}{I}$	Ωμ = $\frac{\text{βόλτ}}{\text{ἀμπέρ}}$

Ὁ κατάλληλος τρόπος ὑπολογισμοῦ γιὰ κάθε μία ἀπὸ τὶς 3 προηγούμενες περιπτώσεις προκύπτει εὐκολα ἀπὸ τὸ σχῆμα 7.4 α ἢ τὸ σχῆμα 7.4 β.



Σχ. 7.4 α.



Σχ. 7.4 β.

Στὰ σχήματα αὐτά, ἂν σκεπάσουμε τὸ ζητούμενο ἄγνωστο μέγεθος, θὰ βλέπουμε μόνο τὰ ὑπόλοιπα δύο γνωστὰ μεγέθη, μὲ σημειωμένη τὴν μαθηματικὴ πράξι (πολλαπλασιασμὸς ἢ διαίρεση) πὺν πρέπει νὰ γίνη.

7.5 Ἀριθμητικὰ παραδείγματα.

α) Τί ἔνταση ρεύματος περνᾷ ἀπὸ μιὰ ἠλεκτρικὴ θερμάστρα πὺν συνδέεται σὲ μιὰ πρίζα 220 V; Ἡ ἀντίσταση τῆς θερμάστρας εἶναι: 20 Ω.

Ἀπὸ τὴν εξίσωση (1-α) προκύπτει:

$$I = \frac{220 \text{ V}}{20 \Omega} = 11 \text{ A.}$$

Ώστε, ή ένταση του ρεύματος που περνά από την θερμάστρα είναι 11 A, δηλαδή ή ποσότητα του ήλεκτρισμού που περνά απ' αυτήν σε κάθε δευτερόλεπτο, είναι 11 κουλόμ.

β) Ποιά τάση πρέπει να θεωρηται επικίνδυνη, δηλαδή μπορεί να προκαλέση ήλεκτροπληξία;

Έχει εύρεθῇ ότι είναι δυνατόν να προκληθῇ θάνατος αν περάσῃ από τὸ ἀνθρώπινο σῶμα ρεύμα τουλάχιστον 20 mA καὶ στήν τροχιά του ρεύματος βρεθῇ ή καρδιά. Επίσης έχει εύρεθῇ ότι ή αντίσταση που παρουσιάζει τὸ ἀνθρώπινο σῶμα (ή οποία πάντως κυμαίνεται ανάμεσα σε μεγάλα ὅρια) είναι δυνατόν, ὑπὸ ὁρισμένεσ συνθήκες, νὰ γίνῃ μόνο 4 kΩ.

Ἡ ζητούμενη επικίνδυνη τάση λοιπὸν θὰ βρεθῇ ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (1-β):

$$U = 4 \text{ k}\Omega \cdot 20 \text{ mA} = 4 \text{ 000 } \Omega \cdot 0,02 \text{ A} = 4 \text{ 000} \cdot 0,02 \cdot \Omega \cdot \text{A} = 80 \text{ V.}$$

Ώστε, οἱ τάσεις που μποροῦν νὰ προκαλέσουν θάνατο ἀπὸ ήλεκτροπληξία είναι οἱ τάσεις ἀπὸ 80 βόλτ καὶ ἐπάνω. Φυσικά ὅσο μεγαλύτερες είναι οἱ τάσεις μετὶς ὁποῖες ἐρχόμαστε σὲ ἐπαφή τόσο περισσότερο επικίνδυνες είναι.

γ) Όταν ή λάμπα του μπροστινοῦ φανοῦ ἐνὸς αὐτοκινήτου συνδεθῇ μετὶν μπαταρία του αὐτοκινήτου, πὸν ή τάση της είναι 6 V, τότε ἀπὸ τὴ λάμπα αὐτὴ περνά ρεύμα 5 A. Ποιά είναι ή αντίσταση τῆς λάμπας;

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (1-γ) προκύπτει:

$$R = \frac{6 \text{ V}}{5 \text{ A}} = \frac{6}{5} \cdot \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1,2 \Omega.$$

Ώστε ή αντίσταση του φανοῦ είναι 1,2 Ω.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΥΡΜΑΤΩΝ

8·1 Από τί εξαρτάται η αντίσταση των συρμάτων.

Τα σύρματα είναι μεταλλικά σώματα που έχουν μήκος πολύ μεγάλο σχετικά με τις διαστάσεις της διατομής τους.

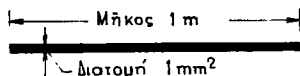
Η ηλεκτρική αντίσταση των συρμάτων μπορεί εύκολα να υπολογισθῇ, καὶ εξαρτάται :

α) ἀπὸ τὶς φυσικὲς ιδιότητες τοῦ ὕλικου, ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σύρμα; καὶ

β) ἀπὸ τὶς γεωμετρικὲς διαστάσεις τοῦ σύρματος, δηλαδή, ἀπὸ τὸ μήκος του καὶ τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς του.

8·2 Εἰδικὴ ἀντίσταση.

Εἰδικὴ ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση ἢ ἀπλὰ εἰδικὴ ἀντίσταση ἑνὸς ὕλικου, εἶναι ἡ ἀντίσταση ποὺ παρουσιάζει σύρμα ἑνὸς μέτρου, διατομῆς ἑνὸς τετραγωνικοῦ χιλιοστοῦ, κατασκευασμένο ἀπ' αὐτὸ τὸ ὕλικό (Σχ. 8·2 α).



Σχ. 8·2 α.

Ἡ ἀντίσταση ποὺ παρουσιάζει ἓνα σύρμα τέτοιων διαστάσεων καὶ κατασκευασμένο ἀπὸ :

— χαλκὸς	εἶναι	0,018 Ω	περίπου,
— ἄλουμίνιο	»	0,035 Ω	»
— χρομιονικελίνη	»	1 Ω	»

Ὡς σύμβολο γιὰ τὴν εἰδικὴν ἀντίσταση χρησιμοποιοῦμε τὸ μικρὸ γράμμα ρ τοῦ ἐλληνικοῦ ἀλφαθήτου.

Τὴν εἰδικὴν ἀντίσταση διαφόρων ὕλικῶν, ποὺ παρουσιάζουν περισσότερο ἐνδιαφέρον γιὰ τὴν ἡλεκτροτεχνία, μᾶς τὴν δίνει ὁ ἐπόμενος Πίνακας:

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2.

Εἰδικὴ ἀντίσταση μετάλλων καὶ κραμάτων σὲ θερμοκρασίᾳ 20° C.

1	2	3	4
Μέταλλα	Εἰδ. Ἀντίσταση	Κράματα	Εἰδ. Ἀντίσταση
Ἀργυρος	0,016	Ὁρείχαλκος	0,075
Χαλκός	0,017 $\approx$ 0,018	Νεάργυρος	0,40
Χρυσός	0,023	Μαγγανίτης	0,42
Ἀλουμίνιο	0,035	Νικελίνης	0,42
Μαγνήσιο	0,043	Κωνσταντάν	0,50
Βολφράμιο	0,055	Κρουπίνης	0,85
Ψευδάργυρος	0,063	Χρωμιονικελίνη	1
Νικέλιο	0,10		
Πλατίνα	0,11		
Κασσίτερος	0,12		
Σίδηρος	0,12		
Μόλυβδος	0,21		
Ὑδράργυρος	0,96		

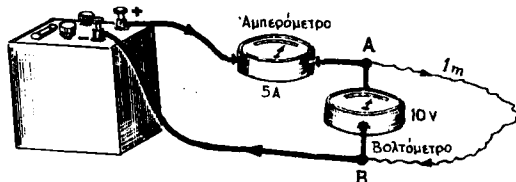
Παρατηροῦμε πὼς τὴν μικρότερη εἰδικὴν ἀντίσταση ἀπὸ τὰ μέταλλα ἔχει ὁ ἄργυρος καὶ κατόπιν ὁ χαλκός. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο τὰ καλώδια, τὰ σύρματα καὶ γενικὰ οἱ ἀγωγοί, μὲ τοὺς ὁποίους διοχετεύεται τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἀπὸ μιὰ θέση σὲ ἄλλη καὶ οἱ ὅποιοι πρέπει νὰ ἔχουν μικρὴν ἀντίσταση, κατασκευάζονται γενικὰ ἀπὸ χαλκὸ ἀφοῦ ὁ ἄργυρος εἶναι πολὺ ἀκριβός.

Ἡ εἰδικὴν ἀντίσταση τῶν περισσότερων μεταλλικῶν σωματίων δὲν εἶναι σταθερὴ ἀλλὰ μεγαλύνει ὅταν θερμαίνονται. Π.χ. ἡ

αντίσταση του χαλκού αυξάνει κατά 4‰ για κάθε βαθμό Κελσίου. Οι τιμές της ειδικής αντίστασης που αναγράφονται στον παραπάνω Πίνακα είναι αυτές που έχουν τα σώματα σε θερμοκρασία 20°C .

8.3 Σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική αντίσταση και στα γεωμετρικά στοιχεία ενός σύρματος.

Η αντίσταση ενός σύρματος μπορεί, όπως δείχνει το σχήμα 8.3 α, να μετρηθεί με ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο. Με



Σχ. 8.3 α.

το βολτόμετρο μετρούμε την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του σύρματος και με το αμπερόμετρο μετρούμε την ένταση του ρεύματος που περνά απ' αυτό.

Ας υποθέσουμε πως το σύρμα έχει μήκος 1 m και πως οι ένδείξεις των οργάνων είναι 10 V και 5 A . Αυτό σημαίνει πως η αντίσταση του σύρματος είναι :

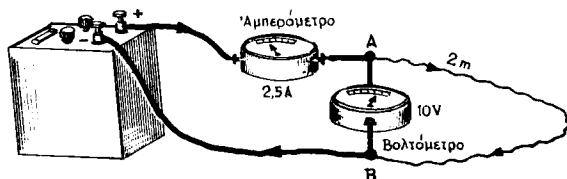
$$R = \frac{10\text{ V}}{5\text{ A}} = 2\ \Omega.$$

Αν τώρα αντικαταστήσουμε το σύρμα αυτό με ένα άλλο, ίδιο με το πρώτο, που να είναι δηλαδή καμωμένο από το ίδιο υλικό, να έχει την ίδια διατομή αλλά μήκος 2 m (σχ. 8.3 β), θα παρατηρήσουμε πως, ενώ το βολτόμετρο εξασκοιλουθεί να δείχνει 10 V , το αμπερόμετρο δείχνει μόνον $2,5\text{ A}$. Αυτό σημαίνει πως η αντίσταση του δευτέρου σύρματος είναι :

$$R_2 = \frac{10\text{ V}}{2,5\text{ A}} = 4\ \Omega$$

δηλαδή διπλάσια ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ποὺ ἔχει τὸ πρῶτο σύρμα.

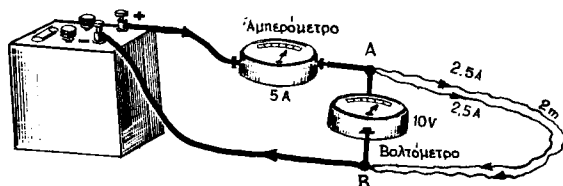
Ἀπὸ παρόμοια πειράματα προκύπτει ὅτι ἂν διπλασιάσωμε, τριπλασιάσωμε κ.λ.π. τὸ μῆκος ἑνὸς σύρματος, ἡ ἀντίστασή του



Σχ. 8.3β.

διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λ.π., δηλαδή προκύπτει ὅτι ἡ ἀντίσταση ἑνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ μῆκος του.

Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ ἔπρεπε νὰ τὸ περιμένωμε, γιατί, ὅπως ξέρομε, ἡ ἀντίσταση τοῦ σύρματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν συγκρούσεων ποὺ παθαίνουν τὰ κινούμενα ἠλεκτρόνια μὲ τὰ ἄτομα τοῦ ἀγωγοῦ (βλ. 6.1). Εἶναι λοιπὸν φανερὸ πὼς ὅσο πιὸ μεγαλύτερο εἶναι ἓνα σύρμα τόσο καὶ πιὸ πολλὰ εἶναι οἱ συγκρούσεις. Μ' ἄλλα λόγια ἀνάλογα μὲ τὸ μῆκος τοῦ σύρματος αὐξάνει ἢ μικραίνει καὶ τὸ πλῆθος τῶν συγκρούσεων, ἄρα αὐξάνει ἢ μικραίνει καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ.



Σχ. 8.3γ.

Ἄν πλάϊ στὸ σύρμα τοῦ σχήματος 8.3β τοποθετηθῇ καὶ ἓνα ἄλλο σύρμα ἐντελῶς ὅμοιο μὲ τὸ πρῶτο, τὸ ὁποῖο ἐπομένως ἔχει ἐπίσης ἀντίσταση 4Ω , θὰ περνᾷ καὶ ἀπ' αὐτὸ ρεῦμα

$$\frac{10\text{ V}}{4\Omega} = 2.5\text{ A.}$$

Ἀπὸ τὰ δύο σύρματα (σχ. 8·3 γ) περνᾷ, ἐπομένως, ρεῦμα :
 $2,5 \text{ A} + 2,5 \text{ A} = 5 \text{ A}.$

Τίποτα δὲν ἀλλάζει ἂν τὰ δύο σύρματα τοποθετηθοῦν τὸ ἓνα ἐπάνω στὸ ἄλλο, ὥστε νὰ σχηματισθῇ ἓνα μόνο σύρμα μήκους 2 m , διπλάσιος ὅμως διατομῆς, μέσα ἀπὸ τὸ ὁποῖο θὰ περνᾷ τὸ ρεῦμα τῶν 5 A . Ἡ ἀντίσταση τοῦ σύρματος αὐτοῦ εἶναι :

$$\frac{10 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 2 \Omega,$$

δηλαδή, τὸ μισὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀπλοῦ σύρματος.

Ἀπὸ παρόμοια πειράματα προκύπτει τὸ συμπέρασμα ὅτι δταν ἡ διατομὴ ἑνὸς σύρματος διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ, τετραπλασιασθῇ κλπ., ἡ ἀντίστασή του ἐλαττώνεται στὸ μισό, στὸ ἓνα τρίτο, στὸ ἓνα τέταρτο κλπ. δηλαδή, προκύπτει ὅτι :

ἡ ἀντίσταση κάθε σύρματος εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη μὲ τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς του.

8.4 Τύπος υπολογισμού τῆς ἀντιστάσεως σύρματος.

Οἱ προηγούμενες παρατηρήσεις περιλαμβάνονται στὸν τύπο :

$\text{Ἀντίσταση σύρματος} = \text{Εἰδικὴ ἀντίσταση} \times \frac{\text{μῆκος}}{\text{διατομὴ}}$
--

ὁ ὁποῖος πιδ σύντομα μπορεῖ νὰ γραφῇ ὡς ἑξῆς:

$R = \rho \frac{l}{S}$	$(2-a)$
------------------------	---------

ὅπου παριστάνομε μέ :

- R τὴν ἀντίσταση τοῦ σύρματος, σὲ ὤμ (Ω),
- l τὸ μῆκος τοῦ σύρματος, σὲ μέτρα (m),
- S τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς τοῦ σύρματος, σὲ τετραγωνικὰ χιλιοστά (mm^2),
- ρ τὴν εἰδικὴ ἀντίσταση τοῦ ὕλικου ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σύρμα.

Πρέπει όμως να προσέχουμε όταν χρησιμοποιούμε τον προηγούμενο τύπο 2 - α (καθώς και τους επόμενους 2 - β και 2 - γ) ώστε να βάζουμε τις τιμές των μεγεθών R , l και S στις μονάδες που είπαμε, δηλαδή, σε Ωm , μέτρα και τετραγωνικά χιλιοστά, γιατί σ' αυτές αναφέρονται οι αριθμοί του Πίνακα 2, των ειδικών αντιστάσεων, που δώσαμε στην παράγραφο 8 · 2.

Τον προηγούμενο μαθηματικό τύπο μπορούμε εύκολα να τον μετασχηματίσουμε έτσι, που να μας επιτρέπη να κάμουμε άμέσως τον υπολογισμό του μήκους ή της διατομής του σύρματος, όταν ξέρουμε τα υπόλοιπα μεγέθη :

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} \quad (2 - \beta)$$

και

$$S = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad (2 - \gamma)$$

8 · 5 Άριθμητικά προβλήματα.

α) Ένας άγωγός έναερίου γραμμής, χάλκινος, έχει μήκος 1 200 m και διατομή 16 mm². Ποιά είναι η αντίστασή του ;

Η ειδική αντίσταση του χαλκού της γραμμής είναι :

$$\rho = 0,018.$$

Η ζητούμενη αντίσταση είναι λοιπόν :

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,018 \cdot \frac{1\,200}{16} = 1,35 \, \Omega.$$

β) Τι αντίσταση έχει ένας άγωγός όμοιος με τον προηγούμενο, κατασκευασμένος όμως από *άλουμίνιο* ;

Ειδική αντίσταση αλουμινίου : $\rho = 0,035.$

Αντίσταση άγωγού : $R = \rho \frac{l}{S} = 0,035 \cdot \frac{1\,200}{16} = 2,62 \, \Omega.$

γ) Για την κατασκευή ενός ρεοστάτη χρησιμοποιούνται 55 m σύρμα από νικελίνη, με διάμετρο 2,5 mm.

Ποιά είναι η αντίσταση του ρεοστάτη;

Ειδική αντίσταση νικελίνης: 0,42.

Η διατομή του σύρματος είναι:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{3,14}{4} \cdot d^2 = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 2,5^2 \\ = 0,785 \cdot 6,25 = 4,9 \text{ mm}^2.$$

Η αντίσταση του σύρματος είναι λοιπόν:

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,42 \cdot \frac{55}{4,9} = 4,7 \Omega.$$

δ) Αν το προηγούμενο σύρμα ήταν από χαλκό, ποιά θα ήταν η αντίστασή του;

Η ειδική αντίσταση του χαλκού είναι: $\rho = 0,0175$.

Η αντίσταση του σύρματος: $R = 0,0175 \cdot \frac{55}{4,9} = 0,196 \Omega$.

ε) Από ένα σύρμα χρωμονικελίνης πρέπει να περνά ρεύμα 5 A όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 60 V. Η διάμετρος του σύρματος είναι 0,65 mm. Τί μήκος πρέπει να έχει το σύρμα;

Η ειδική αντίσταση της χρωμονικελίνης είναι $\rho = 1,0$.

Από το νόμο του Ωμ βρίσκουμε τί αντίσταση πρέπει να έχει το σύρμα:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{60 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 12 \Omega.$$

Η διατομή του είναι:

$$S = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 0,65^2 = 0,332 \text{ mm}^2.$$

Το μήκος του υπολογίζεται από τον τύπο $(2-\beta)$.

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{12 \cdot 0,332}{1,0} = 3,98 \text{ m}.$$

στ) Ένας άγωγός ηλεκτρικής γραμμής χάλκινος, μήκους

650 m πρέπει νὰ ἔχῃ ἀντίσταση 0,5 Ω. Ποιά πρέπει νὰ εἶναι ἡ διατομὴ του;

Ἡ εἰδικὴ ἀντίσταση τοῦ χαλκοῦ εἶναι $\rho = 0,018$.

Ἀπὸ τὸν τύπο $(2-\gamma)$ προκύπτει:

$$S = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{0,018 \cdot 650}{0,5} = 23,4 \text{ mm}^2.$$

Γιὰ τὴν κατασκευὴ τῆς γραμμῆς λοιπόν, θὰ χρησιμοποιηθῇ, ἄγωγος τοῦ ἐμπορίου μὲ διατομὴ 25 mm².

ζ) Γιὰ νὰ βροῦμε πόσο μῆκος ἔχει ἓνας ρόλος ἀπὸ χάλκινο σύρμα, ποὺ ἔχει διάμετρο 0,1 mm, συνδέομε τὶς ἄκρες του μὲ μιὰ πηγὴ τάσεως 24 V καί, μὲ ἓνα ἀμπερόμετρο, μετροῦμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ σύρμα. Ἄν ἡ ἔνταση αὐτὴ εἶναι 1,5 mA, πόσο εἶναι τὸ μῆκος τοῦ σύρματος;

Ἀπὸ τὸν νόμο τοῦ Ὁμ βρίσκομε τὴν ἀντίσταση τοῦ σύρματος:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24 \text{ V}}{1,5 \text{ mA}} = \frac{24 \text{ V}}{0,0015 \text{ A}} = 16\,000 \, \Omega = 16 \text{ k}\Omega.$$

Ἡ ἀντίσταση τοῦ σύρματος εἶναι λοιπόν 16 kΩ.

Ἡ διατομὴ τοῦ σύρματος εἶναι:

$$S = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot (0,1 \text{ mm})^2 = 0,785 \cdot 0,01 \text{ mm}^2 = 0,00785 \text{ mm}^2.$$

Ἀπὸ τὸν τύπο $(2-\beta)$ βρίσκομε τὸ μῆκος τοῦ σύρματος:

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{16 \text{ k}\Omega \cdot 0,00785 \text{ mm}^2}{\rho}$$

Ἐπειδὴ, ὅμως, ὅταν χρησιμοποιοῦμε τὴν τιμὴ τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως τοῦ χαλκοῦ $\rho = 0,018$, ποὺ μᾶς δίνει ὁ Πίνακας 2 τῆς παραγράφου 8·2, πρέπει νὰ ἔχωμε τὴν ἀντίσταση σὲ ὧμ καὶ ὄχι σὲ kΩ, γράφομε:

$$l = \frac{16\,000 \cdot 0,00785}{0,018} = \frac{16\,000 \cdot 7,85}{18} = \frac{125\,600}{18} \simeq 7\,000$$

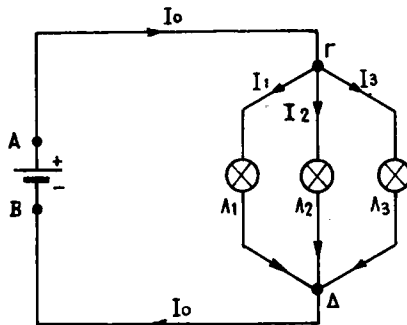
καὶ ἔχομε τὸ μῆκος τοῦ σύρματος σὲ μέτρα.

Τὸ ζητούμενο μῆκος λοιπόν εἶναι 7 000 m, δηλαδὴ, 7 km.

ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

9·1 Πρόταση Κίρχωφ (Kirchhoff).

Σε πολλά κυκλώματα μάς είναι εύκολο νά παρατηρήσουμε ότι τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ὁδηγεῖται μὲ ἓναν ἄγωγὸ σὲ μιὰ θέση καὶ ἀπὸ ἐκεῖ διακλαδίζεται ἔπειτα σὲ μικρότερα ρεύματα, τὰ ὁποῖα, μὲ ἄλλους ἄγωγους, ὁδηγοῦνται σὲ διαφόρους καταναλωτές. Π.χ. οἱ τρεῖς λάμπες Λ_1 , Λ_2 , Λ_3 τοῦ σχήματος 9·1 α τρο-



Σχ. 9·1 α.

φοδοτοῦνται ἀπὸ μία πηγὴ. Τὸ ρεῦμα I_0 τῆς πηγῆς διευθύνεται, σύμφωνα μ' ὅσα ξέρομε, ἀπὸ τὸν θετικὸ τῆς πόλο Α καὶ μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ ΑΓ, πρὸς τὸ σημεῖο Γ, ὅπου διακλαδίζεται στὰ τρία μερικὰ ρεύματα I_1 , I_2 , I_3 . Κάθε ἓνα ἀπ' αὐτὰ τροφοδοτεῖ μία ἀπὸ τὶς λυχνίες Λ_1 , Λ_2 καὶ Λ_3 . Στὸ σημεῖο Δ τὰ μερικὰ αὐτὰ ρεύματα ἐνώνονται πάλι στὸ ὅλικο ρεῦμα I_0 καὶ μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ ΔΒ ἐπιστρέφουν πρὸς τὸν ἀρνητικὸ πόλο Β τῆς πηγῆς.

Τὰ σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος, στὰ ὁποῖα γίνονται διακλαδώσεις ρευμάτων (ὅπως τὰ Γ καὶ Δ τοῦ σχήματος 9·1 α), ὀνο-

μάζονται κόμβοι τοῦ κυκλώματος. Μποροῦμε ἐπίσης νά ποῦμε πὼς κόμβος ἐνὸς κυκλώματος εἶναι τὸ σημείο, στὸ ὁποῖο ἐνώνονται 3 ἢ περισσότεροι ἀγωγοί του.

Εἶναι φανερό πὼς τὸ πλῆθος τῶν ηλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα, μέσα σὲ ὁποιοδήποτε χρονικὸ διάστημα, φθάνουν στὸν κόμβο Γ ἀπ' τὸν ἀγωγὸ ΑΓ, εἶναι ἴσα πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρονίων πού, μέσα στὸ ἴδιο χρονικὸ διάστημα, φεύγουν ἀπ' αὐτὸν διευθυνόμενα πρὸς τὶς λάμπες Λ_1 , Λ_2 καὶ Λ_3 .

Μὲ ἄλλα λόγια : ἡ ἔντασι τοῦ ρεύματος I_0 εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων I_1 , I_2 καὶ I_3 :

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3.$$

Ἡ παρατήρησις αὕτῃ εὐκόλα γενικεύεται γιὰ κάθε κόμβο ὁποιοδήποτε κυκλώματος ὡς ἑξῆς :

Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, ποὺ διευθύνονται πρὸς ἓνα κόμβο, εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων ποὺ φεύγουν ἀπ' αὐτὸν τὸν κόμβο.

Ἡ πρότασις αὕτῃ ὀνομάζεται *πρόταση τῶν κόμβων ἢ πρώτη πρόταση τοῦ Κίρχωφ* (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ γερμανοῦ φυσικοῦ Γουσταύου Ροβέρτου Kirchhoff 1824-1875).

Λέγεται *πρώτη πρόταση* γιατί ὁ Κίρχωφ ἔχει διατυπώσει καὶ μία ἄλλη πρόταση ποὺ εἶναι πάρα πολὺ σημαντικὴ γιὰ τὴν ἠλεκτροτεχνία, ἀλλὰ μὲ τὴν ὁποία δὲν θὰ ἀσχοληθοῦμε στὸ βιβλίον αὐτό.

Ἀπὸ τὴν πρόταση τῶν κόμβων συμπεραίνομε πὼς ἂν (ὅπως στὴν περίπτωσι τοῦ σχήματος 9·1 β, π.χ.) στὸν κόμβο Β διευθύνωνται δύο ρεύματα μὲ ἔντασι 8 A τὸ ἓνα καὶ 1 A τὸ ἄλλο, ποὺ τὸ ἄθροισμά τους εἶναι :

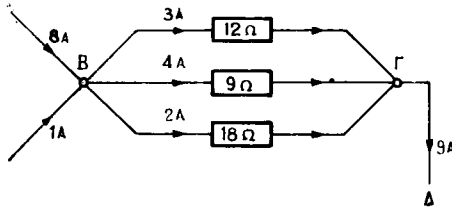
$$8 + 1 = 9 \text{ A},$$

τότε εἶναι βέβαιον ὅτι οἱ ἐντάσεις τῶν τριῶν ρευμάτων ποὺ φεύγουν ἀπὸ τὸν κόμβο καὶ περνοῦν ἀπὸ τὶς ἀντιστάσεις τῶν 12 Ω, 9 Ω καὶ 18 Ω, ἔχουν ἐπίσης ἄθροισμα 9 A.

Πράγματι, ἂν μετρούσαμε κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς ἐντάσεις αὐτές, θὰ βρῖσκαμε ὅτι κατὰ σειράν εἶναι 3 A, 4 A καὶ 2 A. Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων αὐτῶν εἶναι ἐπίσης

$$3 + 4 + 2 = 9 \text{ A.}$$

Ἐπίσης τὸ ρεῦμα, ποὺ μέσα ἀπ' τὸν ἄγωγὸ ΓΔ φεύγει ἀπὸ

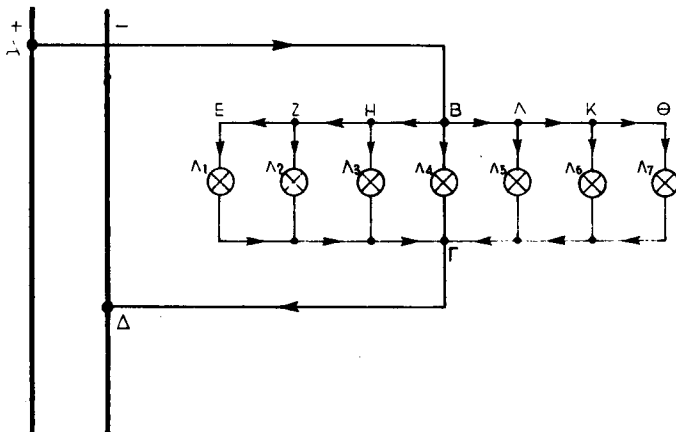


Σχ. 9.1β.

τὸν κόμβο Γ, ἔχει ἐνταση 9 A, ἀφοῦ οἱ ἐντάσεις τῶν τριῶν ρευμάτων, ποὺ ὁδηγοῦνται πρὸς αὐτόν, ἔχουν ἄθροισμα 9 A.

9.2 Ἐφαρμογές.

Μιὰ γραμμὴ τροφοδοτεῖ 7 λάμπες φωτισμοῦ (σχ. 9.2 α.).



Σχ. 9.2α.

Κάθε λάμπα χρειάζεται γιὰ τὴ λειτουργία της ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A. Ποιὰ εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴ γραμμή;

Ἀρχίζοντας ἀπὸ τὸν κόμβο Z παρατηροῦμε ὅτι ἀπ' αὐτὸν φεύγουν τὰ ρεύματα ποὺ περνοῦν ἀπὸ τὶς λάμπες Λ_1 καὶ Λ_2 . Ἐπομένως, τὸ ρεῦμα ποὺ διευθύνεται πρὸς τὸν κόμβο Z μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ HZ ἔχει ἔνταση :

$$0,5 + 0,5 = 1 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὸν κόμβο H φεύγει τὸ ρεῦμα τοῦ ἄγωγου HZ (1 A) καὶ τὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας Λ_3 (0,5 A). Ἐπομένως, τὸ ρεῦμα ποὺ διευθύνεται πρὸς αὐτὸν μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ BH ἔχει ἔνταση :

$$1 + 0,5 = 1,5 \text{ A.}$$

Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο προκύπτει ὅτι ἡ ἔνταση στὸν ἄγωγὸ KΘ εἶναι 0,5 A, στὸν ἄγωγὸ AK εἶναι 1,0 A καὶ στὸν ἄγωγὸ BA εἶναι 1,5 A.

Ἀπὸ τὸν κόμβο B φεύγουν τρία ρεύματα : τοῦ ἄγωγου BH (1,5 A), τοῦ ἄγωγου BA (1,5 A) καὶ τὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας Λ_4 (0,5 A). Ἐπομένως, τὸ ρεῦμα, ποὺ μὲ τὸν ἄγωγὸ AB διευθύνεται ἀπὸ τὸ δίκτυο πρὸς τὸν κόμβο B, ἔχει ἔνταση :

$$1,5 + 1,5 + 0,5 = 3,5 \text{ A.}$$

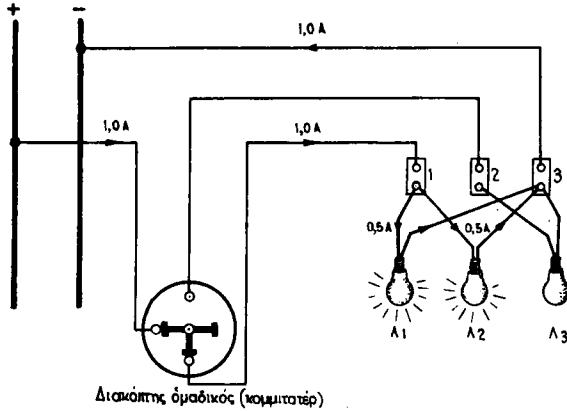
Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο βρίσκεται πῶς καὶ τὸ ρεῦμα, ποὺ μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ ΓΔ ἐπιστρέφει στὸ δίκτυο, ἔχει ἔνταση ἐπίσης 3,5 A.

Τὰ σχήματα 9·2 β, γ, δ καὶ ε δείχνουν πῶς συνδέομε ἕναν ὁμαδικὸ διακόπτη (κομμιτατέρ), ὥστε νὰ μπορούμε νὰ ἀνάβωμε εἴτε μόνον τὴν ὁμάδα τῶν λυχνιῶν Λ_1 καὶ Λ_2 (σχ. 9·2 β), εἴτε ὅλες τὶς λυχνίες μαζὺ (σχ. 9·2 γ), εἴτε μόνον τὴ λυχνία Λ_3 (σχ. 9·2 δ). Βλέπομε ἐπίσης πῶς μπορούμε καὶ νὰ ἀποσυνδέωμε ὅλες τὶς λυχνίες ἀπὸ τὸ δίκτυο (σχ. 9·2 ε).

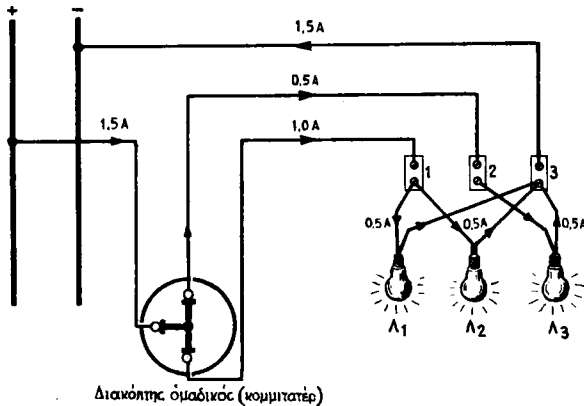
Ἄν ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ κάθε λυχνία εἶναι 0,5 A, τί ρεῦμα περνᾷ ἀπὸ κάθε συνδετικὸ ἄγωγό;

Ἐφαρμόζοντας τὴν πρόταση τοῦ Κίρχωφ στοὺς κόμβους 1 καὶ 3 βρίσκομε ἀμέσως τὶς ζητούμενες ἐντάσεις γιὰ κάθε θέση τοῦ διακόπτη. Οἱ ἐντάσεις αὐτὲς ἔχουν γραφῇ στὰ σχήματα.

Το σχήμα 9-2 ζ δείχνει τους άγωγους μιās έσωτερικής ηλεκτρικής εγκαταστάσεως, που φεύγουν από τους δύο πίνακες



Σχ. 9-2 β.

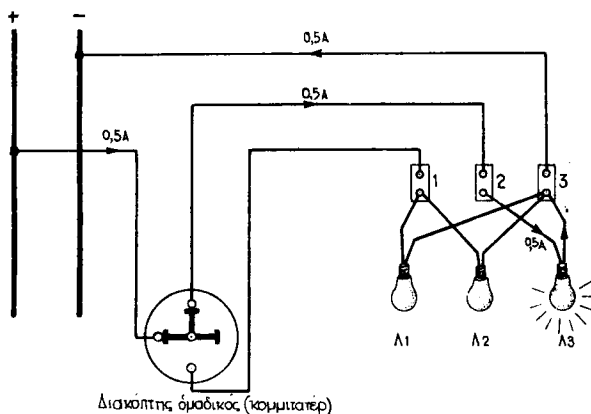


Σχ. 9-2 γ.

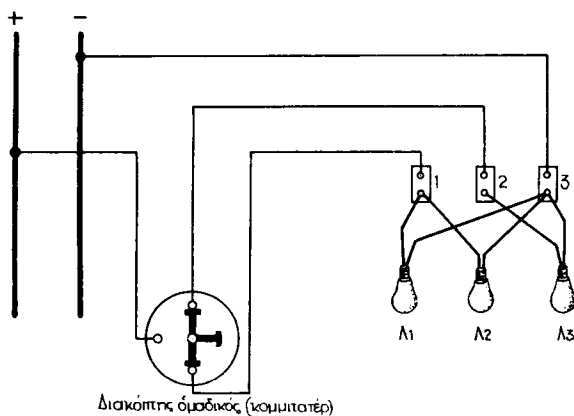
διανομής Π_1 και Π_2 . Στο σχήμα σημειώνεται επίσης πόσες λάμπες τροφοδοτούνται από κάθε γραμμή. Η ένταση του ρεύματος που περνά από κάθε λάμπα είναι $0,5 \text{ A}$.

Ζητείται να βρεθῇ πόση είναι ἡ ένταση του ρεύματος που περνά από κάθε ασφάλεια.

Ἀπὸ τὴν πρόταση τοῦ Κίρχωφ προκύπτουν οἱ ζητούμενες ἐντάσεις :



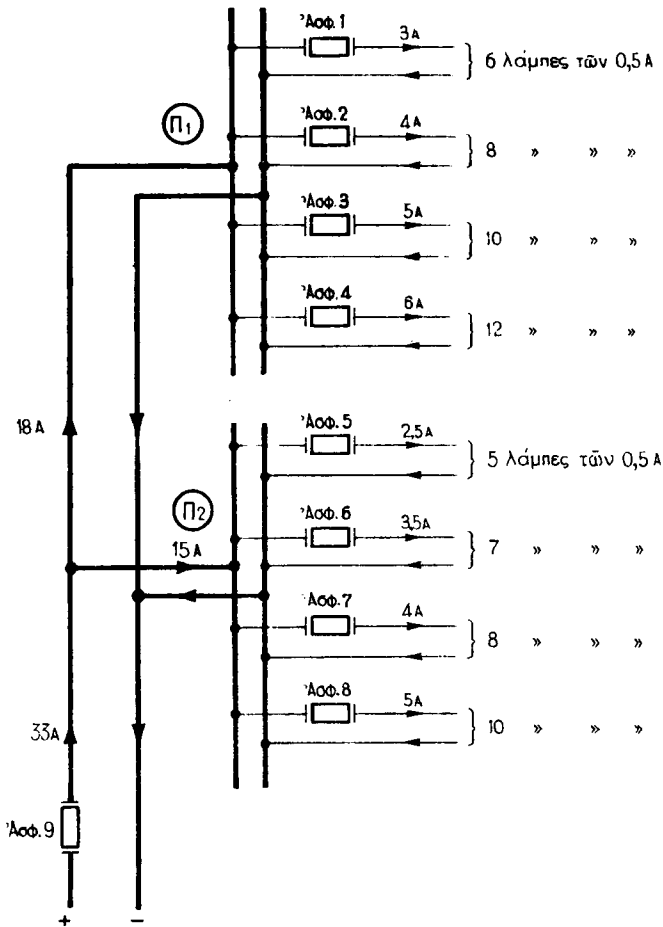
Σχ. 9.2δ.



Σχ. 9.2ε.

Πίνακας Π₁

Ἀσφάλεια	1:	$6 \cdot 0,5 \text{ A} = 3,0 \text{ A}$
»	2:	$8 \cdot 0,5 \text{ A} = 4,0 \text{ A}$
»	3:	$10 \cdot 0,5 \text{ A} = 5,0 \text{ A}$
»	4:	$12 \cdot 0,5 \text{ A} = 6,0 \text{ A}$
Ἀθροισμα		<u>18,0 A.</u>



Σχ. 9.2 ζ.

Πίνακας Π₂

Ασφάλεια	5 :	$5 \cdot 0,5 \text{ A} = 2,5 \text{ A}$
»	6 :	$7 \cdot 0,5 \text{ A} = 3,5 \text{ A}$
»	7 :	$8 \cdot 0,5 \text{ A} = 4,0 \text{ A}$
»	8 :	$10 \cdot 0,5 \text{ A} = 5,0 \text{ A}$
		<u> </u>
	»Αθροισμα	15,0 A.

Επομένως, από τους άγωγους τροφοδοτήσεως του πίνακα Π₁ περνά ρεύμα $3 + 4 + 5 + 6 = 18,0 \text{ A}$, από τους άγωγους τροφοδοτήσεως του πίνακα Π₂ περνά ρεύμα $2,5 + 3,5 + 4 + 5 = 15,0 \text{ A}$ και από την ασφάλεια 9, του κεντρικού άγωγού τροφοδοτήσεως, περνά ρεύμα :

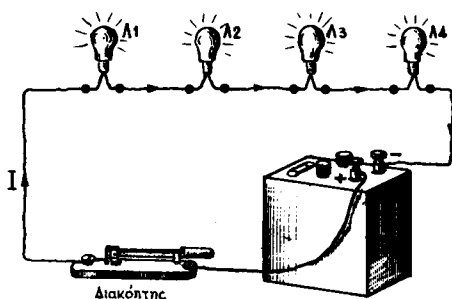
$$18,0 + 15,0 = 33,0 \text{ A}.$$

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 10

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΟΛΛΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ

10.1 Σύνδεση σέ σειρά.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τούς οποίους μπορούμε νά συνδέωμε μεταξύ τους τούς καταναλωτὲς ἑνὸς ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος. Ἐναν ἀπ' αὐτοὺς τούς τρόπους δείχνει τὸ σχῆμα 10.1 α,



Σχ. 10.1 α.

στὸ ὁποῖο 4 καταναλωτὲς (λυχνίες), οἱ Λ_1 , Λ_2 , Λ_3 καὶ Λ_4 , συνδέονται μετὰ μιὰ πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ σύνδεση γίνεται ὡς ἑξῆς:

Τὸ τέλος τοῦ πρώτου καταναλωτῆ συνδέεται μετὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ δευτέρου, τὸ τέλος τοῦ δευτέρου μετὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ τρίτου καὶ τὸ τέλος τοῦ τρίτου μετὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ τετάρτου. Μετὰ τὸν ἕνα πόλο τῆς πηγῆς συνδέεται ἡ ἀρχὴ τοῦ πρώτου καταναλωτῆ καὶ μετὰ τὸν ἄλλο πόλο τὸ τέλος τοῦ τελευταίου καταναλωτῆ.

Ὁ τρόπος αὐτὸς λέγεται *σύνδεση σέ σειρά*, γιατί τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ θέτει σέ κίνηση ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς διατρέχουν στὴ σειρὰ τὸν ἕνα καταναλωτῆ ὕστερα ἀπὸ τὸν ἄλλο.

Εἶναι φανερὸ πὼς ὅλα τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ σέ ἕνα ὁποιοδὴ-

ποτε χρονικό διάστημα βγαίνουν από έναν καταναλωτή, αλλά μό-
νον αυτά, μπαίνουν στον άμέσως επόμενο. Με άλλα λόγια :

ή ένταση του ρεύματος είναι ή ίδια σέ όλους
τούς καταναλωτές που συνδέονται σέ σειρά.

Από τή βασική αὐτή παρατήρηση προκύπτουν τὰ ἑξῆς συ-
μπεράσματα :

α) Σέ σειρά μπορούν νά συνδεθοῦν μόνο καταναλωτές που
εἶναι κατασκευασμένοι γιά νά λειτουργοῦν μέ τήν ἴδια ένταση,
ρεύματος. Διότι ἂν π.χ. συνδεθοῦν σέ σειρά μιᾶ λυχνία κατα-
σκευασμένη γιά 0,3 A καί μιᾶ ἄλλη κατασκευασμένη γιά 1,0 A
καί ρυθμισθῇ ή ένταση του ρεύματος του κυκλώματος ἔτσι, ὥστε νά
εἶναι 0,3 A, τότε ή πρώτη λυχνία θά φωτίζη κανονικά ἐνῶ ή δεύ-
τερη δὲν θά ἀνάβη. Ἄν, πάλι, ή ένταση του ρεύματος του κυκλώμα-
τος ρυθμισθῇ ἔτσι, ὥστε νά εἶναι 1,0 A, τότε ή πρώτη λυχνία θά καῖ.

β) Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστό, τότε λειτουργοῦν ὅλοι
οἱ καταναλωτές συγχρόνως. Ὄταν ὅμως διακόπτεται σέ ὁποιοδή-
ποτε σημεῖο του, τότε σταματᾷ ταυτόχρονα ή λειτουργία ὅλων τῶν
καταναλωτῶν. Με αὐτή τήν σύνδεση λοιπὸν δὲν εἶναι δυνατόν νά
ἐπιτύχωμε ὥστε ὁ κάθε καταναλωτῆς νά λειτουργήῃ ἀνεξάρτητα
ἀπὸ τοὺς ἄλλους.

Ἄς φαντασθοῦμε πὼς συνδέονται σέ σειρά δύο καταναλωτές,
ποὺ ὁ καθένας εἶναι κατασκευασμένος γιά ένταση 0,2 A καί πὼς
ή ἀντίσταση του ἑνὸς εἶναι 5 Ω καί του ἄλλου 15 Ω. Ποιά πρέ-
πει νά εἶναι ή τάση τῆς πηγῆς ποὺ τοὺς τροφοδοτεῖ, ὥστε νά λει-
τουργήσουν κανονικά ;

Ἀπὸ τὸν νόμο τοῦ Ὄμ προκύπτει ὅτι στὸν πρῶτο κατανα-
λωτῇ πρέπει νά ἐφαρμόζεται τάση

$$U_1 = 5 \, \Omega \cdot 0,2 \, \text{A} = 1,0 \, \text{V}$$

καί στὸν δεύτερο

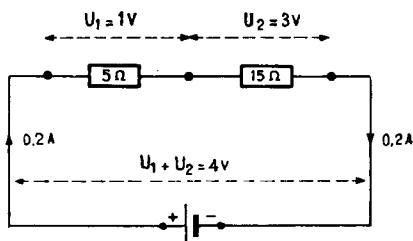
$$U_2 = 15 \, \Omega \cdot 0,2 \, \text{A} = 3,0 \, \text{V}.$$

Ἐπομένως, ή τάση τῆς πηγῆς πρέπει νά εἶναι :

$$U_1 + U_2 = 1,0 + 3,0 = 4,0 \, \text{V}.$$

Ἡ πολικὴ τάση τῆς πηγῆς πρέπει νὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων ὅλων τῶν καταναλωτῶν.

Τὰ ἡλεκτρόνια τοῦ ρεύματος συναντοῦν στὴν πορεία τους ὅλους τοὺς καταναλωτές. Ἡ ἀντίσταση ποὺ βρίσκουν προέρχεται ἀπὸ τὶς ἀντιστάσεις ὅλων τῶν καταναλωτῶν. Ἐπομένως :



Σχ. 10.1 β.

ἡ συνολικὴ ἀντίσταση τοῦ συστήματος τῶν καταναλωτῶν ποὺ συνδέονται σὲ σειρὰ, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεών τους.

Στὸ προηγούμενο παράδειγμα ἡ συνολικὴ ἀντίσταση, ποὺ παρουσιάζουν καὶ οἱ δύο καταναλωτές, εἶναι :

$$5\ \Omega + 15\ \Omega = 20\ \Omega.$$

Αὐτὸ ἐπαληθεύεται καὶ ἀπὸ τὸ νόμο τοῦ Ὀμ, διότι ἂν διαιρέσουμε τὴν τάση τῆς πηγῆς μὲ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ δίνει, πρέπει νὰ βροῦμε τὴν ἀντίσταση ὅλου τοῦ κυκλώματος. Κι' αὐτὴ πραγματικὰ εἶναι :

$$\frac{4\ V}{0.2\ A} = 20\ \Omega.$$

10.2 Πτώση τῆς τάσεως.

Ἀπὸ τὸ σχῆμα 10.1 β βλέπομε πῶς, ἂν καὶ ἡ πολικὴ τάση τῆς πηγῆς εἶναι 4 V, ὁ καταναλωτὴς τῶν 15 Ω βρίσκεται σὲ τάση 3 V μόνον. Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι ἀπὸ τὴν ὅλη τάση τῆς πηγῆς

τὸ 1 V χρησιμοποιεῖται γιὰ νὰ περάσῃ τὸ ρεῦμα ἀπὸ τὸν πρῶτο καταναλωτὴ τῶν 5 Ω.

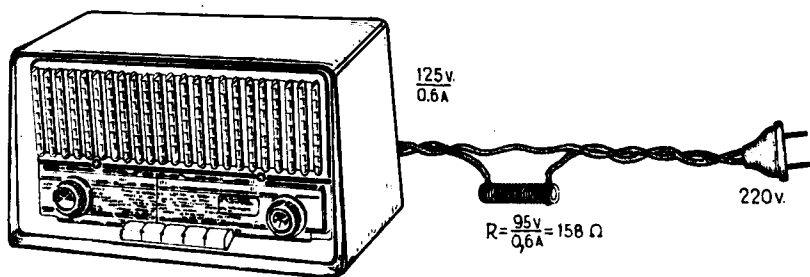
Λέμε πὼς ὁ πρῶτος καταναλωτὴς (τῶν 5 Ω) δημιουργεῖ γιὰ τὸν δεύτερο καταναλωτὴ (τῶν 15 Ω) πτώση τάσεως 1 V.

Ὁ δεύτερος καταναλωτὴς δημιουργεῖ γιὰ τὸν πρῶτο καταναλωτὴ ἐπίσης πτώση τάσεως 3 V.

Εἶναι, ἐπομένως, δυνατόν καταναλωτές, ποὺ εἶναι κατασκευασμένοι γιὰ μιὰ ὀρισμένη τάση, νὰ συνδεθοῦν σὲ δίκτυο μεγαλύτερης τάσεως, ἂν τοποθετηθῇ σὲ σειρὰ μὲ αὐτοὺς μιὰ κατάλληλη ἀντίσταση, ἥ ὁποία νὰ δημιουργῇ τὴν πτώση τάσεως ποὺ χρειάζεται.

Ἄν π.χ. σὲ μιὰ πρίζα 220 V θέλωμε νὰ συνδέσωμε ἕνα ραδιόφωνο ποὺ εἶναι κατασκευασμένο γιὰ 125 V (σχ. 10·2 α), θὰ πρέπει νὰ προσθέσωμε, σὲ σειρὰ μὲ αὐτό, μιὰ ἀντίσταση, ἥ ὁποία νὰ δημιουργῇ πτώση τάσεως

$$220 \text{ V} - 125 \text{ V} = 95 \text{ V}.$$



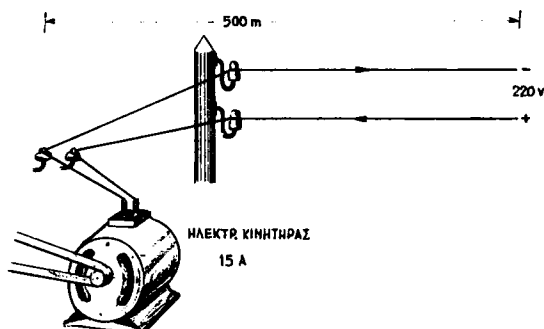
Σχ. 10·2 α.

Τὸ μέγεθος αὐτῆς τῆς ἀντιστάσεως ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος, ποὺ θὰ περνᾷ ἀπ' αὐτήν. Ἄν π.χ. ἡ ἔνταση τοῦ ραδιοφώνου εἶναι 0,6 A, ἡ πρόσθετη ἀντίσταση ποὺ θὰ δημιουργῇ τὴν πτώση τῆς τάσεως πρέπει νὰ εἶναι :

$$R = \frac{95 \text{ V}}{0,6} = 158 \Omega.$$

Πολλές φορές, τὰ σύρματα ποὺ συνδέουν τοὺς καταναλωτὲς μὲ τὴν πηγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔχουν τέτοια ἀντίσταση, ὥστε νὰ προκαλοῦν μεγάλη πτώση τάσεως καὶ οἱ καταναλωτὲς νὰ μὴν ἐργάζωνται κανονικά.

* Ἀς ὑποθέσωμε π.χ. πὼς ἓνας ἡλεκτρικὸς κινητήρας συνδέεται μὲ ἓνα ἡλεκτρικὸ δίκτυο 220 V μὲ γραμμὴ μήκους 500 m (σχ. 10.2 β). Ὁ κινητήρας χρειάζεται γιὰ τὴν λειτουργία του



Σχ. 10.2 β.

ρεύμα 15 A. Ἄν οἱ χάλκινοι ἀγωγοὶ τῆς γραμμῆς ἔχουν διατομὴ 1,5 mm², ἡ ἀντίσταση τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ θὰ εἶναι :

$$R_1 = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,018 \cdot 500}{1,5} = 6 \, \Omega$$

καὶ ἡ πτώση τάσεως σ' αὐτὸν εἶναι :

$$6 \, \Omega \cdot 15 \, \text{A} = 90 \, \text{V}.$$

Ἐπειδὴ οἱ δύο ἀγωγοὶ τῆς γραμμῆς βρίσκονται σὲ σειρὰ μὲ τὸν κινητήρα καὶ μεταξύ τους, ἡ συνολικὴ πτώση τῆς τάσεως ποὺ προκαλοῦν εἶναι :

$$90 \, \text{V} + 90 \, \text{V} = 180 \, \text{V}$$

καὶ ὁ κινητήρας βρίσκεται σὲ τάση

$$220 \, \text{V} - 180 \, \text{V} = 40 \, \text{V}.$$

Ὁ κινητήρας εἶναι ἀδύνατον νὰ ἐργασθῇ κανονικά μὲ τὰ

40 V. Για να ἐλαττωθῇ ἡ πτώση τῆς τάσεως πρέπει νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἀντίσταση τῶν ἀγωγῶν τῆς γραμμῆς, δηλαδὴ θὰ πρέπει νὰ τοποθετηθοῦν νέοι ἀγωγοὶ μὲ μεγαλύτερη διατομή. Ἄν ἡ διατομὴ τῶν ἀγωγῶν τῆς γραμμῆς γίνῃ 25 mm^2 , ἡ ἀντίσταση τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ θὰ εἶναι:

$$R_1 = \frac{0,018 \cdot 500}{25} = 0,36 \, \Omega,$$

ἡ ἀντίσταση καὶ τῶν δύο ἀγωγῶν θὰ εἶναι:

$$2 \cdot 0,36 \, \Omega = 0,72 \, \Omega$$

καὶ ἡ πτώση τάσεως, ποὺ προκαλοῦν, θὰ εἶναι:

$$0,72 \, \Omega \cdot 15 \text{ A} = 10,8 \text{ V}.$$

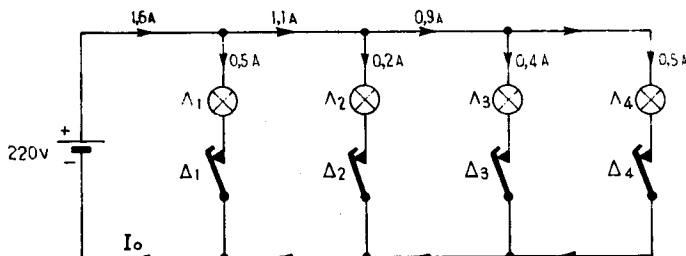
Ὁ κινητήρας βρίσκεται τότε σὲ τάση:

$$220 \text{ V} - 10,8 \text{ V} = 209,2 \text{ V}.$$

Ἡ τάση αὐτὴ εἶναι ἀρκετὴ γιὰ νὰ ἐξασφαλισθῇ ἡ καλὴ λειτουργία τοῦ κινητήρα.

10·3 Παράλληλη σύνδεση.

Ὅταν σὲ ἓνα ἡλεκτρικὸ δίκτυο λειτουργοῦν πολλοὶ καταναλωτές, σπάνια συνδέονται μεταξύ τους σὲ σειρά. Πιο συχνὰ χρησιμοποιεῖται ὁ τρόπος ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 10·3 α. Μὲ τὸν τρό-



Σχ. 10·3 α.

πο αὐτὸ ὁ ἓνας ἀκροδέκτης καθενὸς καταναλωτῆ συνδέεται μὲ τὸν θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς καὶ ὁ ἄλλος τοῦ ἀκροδέκτης μὲ τὸν ἀρνητικὸ πόλο.

Ο τρόπος αυτός λέγεται *παράλληλη σύνδεση* ή *σύνδεση σε διακλάδωση*. Τέτοια είναι ή σύνδεση που δείχνει και το προηγούμενο σχήμα 9·2 α.

Χαρακτηριστικό του τρόπου αυτού της συνδέσεως είναι ότι (αν παραμελήσουμε την πτώση της τάσεως στους συνδετικούς άγωγούς, ή όποία συνήθως είναι πολύ μικρή),

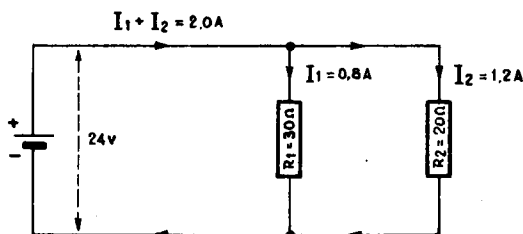
ή ίδια τάση εφαρμόζεται σε κάθε ένα από τους καταναλωτές.

Όλοι επομένως οι καταναλωτές, που πρόκειται να συνδεθούν παράλληλα, πρέπει να είναι κατασκευασμένοι για την ίδια τάση.

Αντίθετα, οι εντάσεις του ρεύματος λειτουργίας των καταναλωτών μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους αφού εξαρτώνται μόνο από την τάση της πηγής και την αντίσταση κάθε καταναλωτή, ή όποια μπορεί να είναι οποιαδήποτε.

Στην παράλληλη σύνδεση μπορεί να τοποθετηθή, σε σειρά με κάθε καταναλωτή, από ένας διακόπτης (βλ. σχ. 10·3 α), με τον όποιο να μπορούμε να διακόπτουμε και να ξαναβάζουμε σε λειτουργία κάθε καταναλωτή ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους. Αυτό είναι ένας από τους λόγους για τους όποιους οι λάμπες φωτισμού ενός σπιτιού, οι κινητήρες ενός έργοστασίου κλπ. συνδέονται κατά κανόνα παράλληλα μεταξύ τους.

Έστω ότι δύο καταναλωτές συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους και ότι τροφοδοτούνται από μια πηγή, που ή πολική της τάσης είναι 24 V (σχ. 10·3 β). Η αντίσταση του ενός καταναλωτή έστω ότι είναι $R_1 = 30 \Omega$ και του δευτέρου $R_2 = 20 \Omega$. Η αντίσταση των συνδετικών άγωγών άς πούμε ότι είναι έλάχιστη, ώστε ή πτώση της τάσεως που προκαλούν να είναι τόσο πολύ μικρή, ώστε να επιτρέπεται να μην την λογαριάζουμε. Τότε, έπειδή σε κάθε καταναλωτή εφαρμόζεται ή τάση των 24 V, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την ένταση του ρεύματος που περνά απ' αυτόν :



Σχ. 10·3 β.

Ἀπὸ τὸν πρῶτο καταναλωτὴ περνᾷ ρεῦμα :

$$I_1 = \frac{24 \text{ V}}{30 \Omega} = 0,8 \text{ A}$$

καὶ ἀπὸ τὸν δεύτερο :

$$I_2 = \frac{24 \text{ V}}{20 \Omega} = 1,2 \text{ A.}$$

Ἡ πηγή, ἐπομένως, σύμφωνα μὲ τὴν πρώτη πρόταση τοῦ Κίρχωφ, δίνει ρεῦμα

$$I_1 + I_2 = 0,8 \text{ A} + 1,2 \text{ A} = 2,0 \text{ A.}$$

Τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ φεύγουν ἀπὸ τὸν ἓνα πόλο τῆς πηγῆς τοῦ σχήματος 10·3 β, κατὰ τὴν πορεία τους πρὸς τὸν ἄλλο πόλο συναντοῦν συνολικὰ ἀντίσταση μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ὅποιοιδήποτε ἀπὸ τοὺς καταναλωτές, οἱ ὁποῖοι εἶναι παράλληλα ἐνωμένοι. Αὐτὸ ἐξηγεῖται εὐκολὰ γιατί παράλληλα πρὸς τὸν καταναλωτὴ τῶν 20 Ω βρίσκεται ὁ καταναλωτὴς τῶν 30 Ω, ὁ ὁποῖος σχηματίζει καὶ ἓναν ἄλλο ἀκόμη ἀγώγιμο δρόμο γιὰ τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ ἡ μετακίνησή τους διευκολύνεται μ' αὐτὸν τὸν τρόπο. Ἔτσι ἡ ἀντίσταση ποὺ παρουσιάζουν καὶ οἱ δύο καταναλωτές μαζί πρέπει νὰ εἶναι μικρότερη ἀπὸ 20 Ω.

Πραγματικά, στὸ παράδειγμα ποὺ ἐξετάζουμε, ἡ ἀντίσταση τοῦ συστήματος τῶν δύο καταναλωτῶν εἶναι τέτοια, ὥστε νὰ ἐπιτρέπη νὰ περνᾷ, ὅπως εἶδαμε, ρεῦμα 2,0 A, ὅταν ἡ τάση τῆς πη-

γής είναι 24 V. Δηλαδή ή αντίσταση, που παρουσιάζουν και οι δύο καταναλωτές μαζί, ή *ισοδύναμη αντίστασή* τους, όπως λέγεται, είναι :

$$R_0 = \frac{24 \text{ V}}{2,0 \text{ A}} = 12 \Omega.$$

Ἡ *ισοδύναμη αντίσταση* δύο καταναλωτῶν, που είναι ἐνωμένοι παράλληλα, μπορεί νά ὑπολογισθῇ μέ τὸν τύπο :

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

ὅπου R_1 καὶ R_2 είναι οἱ ἀντιστάσεις τῶν καταναλωτῶν.

Γιά τὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 10·3 β, προκύπτει ἀπὸ τὸν τύπο αὐτὸν :

$$R_0 = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = \frac{600}{50} = 12 \Omega$$

δηλαδή ἀποτέλεσμα πὺ εἶναι σύμφωνο μέ ὅσα εἶπαμε πὺ πάνω.

Σημείωση. Γιά τὴ σωστὴ ἀπόδειξη τοῦ τύπου αὐτοῦ, πρέπει νά γίνη χρήση ὀχι μόνο τῆς πρώτης ἀλλὰ καὶ τῆς δεύτερης προτάσεως τοῦ Κίρχωφ, μέ τὴν ὁποία ὁμως δὲν θὰ ἀσχοληθοῦμε σ'αὐτὸ τὸ βιβλίο.

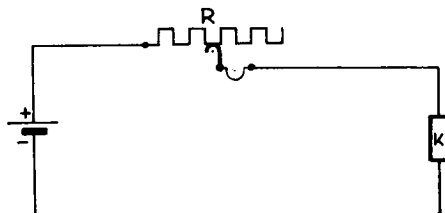
10·4 Ρύθμιση τάσεως.

Πολλὲς φορές πρέπει νά ἔχωμε τὴν δυνατότητα νά μεταβά-
λῳμε εὐκολα τὴν τάση πὺ ἐφαρμόζεται σὲ ἓνα καταναλωτὴ. Ἡ
ρύθμιση αὐτὴ τῆς τάσεως *στὴν περίπτωση τοῦ συνεχοῦς ρεύμα-*
τος μπορεί νά γίνη κατὰ δύο τρόπους.

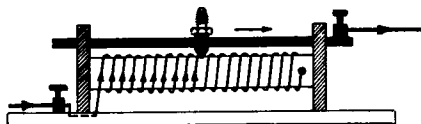
Ὁ ἓνας τρόπος εἶναι νά συνδέσωμε σὲ σειρά μέ τὸν κατανα-
λωτὴ μιὰ μεταβλητὴ *ρρυθμιστικὴ ἀντίσταση* R , ὅπως σχηματικὰ
δείχνει τὸ σχῆμα 10·4 α.

Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ μπορεί π. χ. νά εἶναι, ὅπως δείχνουν τὰ
σχῆματα 10·4 β καὶ 10·4 γ ἓνα γυμνὸ σύρμα, τυλιγμένο ἐπάνω
σὲ ἓνα κύλινδρο πορσελλάνης. Πάνω ἀπὸ τὸν κύλινδρο καὶ σὲ ἐπα-
φὴ μέ τὸ σύρμα γλυστρά, παράλληλα μέ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου,
ἓνας μεταλλικὸς σύρτης. Ἐπίσης, μπορούμε νά χρησιμοποιήσωμε

γι' αυτό το σκοπό ένα στρόφαλο (σχ. 10·4 δ), με τόν οποίο νά παρεμβάλλωμε στο κύκλωμα λίγες ή περισσότερες αντίστασεις.

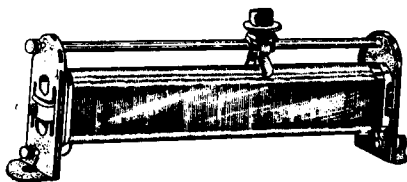


Σχ. 10·4 α.

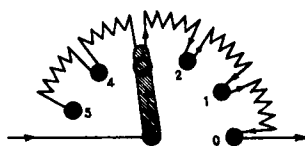


Σχ. 10·4 β.

Όσο μεγαλύτερη αντίσταση παρεμβάλλομε στο κύκλωμα, τόσο μεγαλύτερη πτώση τάσεως προκαλούμε καί, φυσικά, τόσο μι-



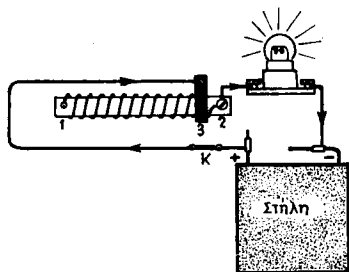
Σχ. 10·4 γ.



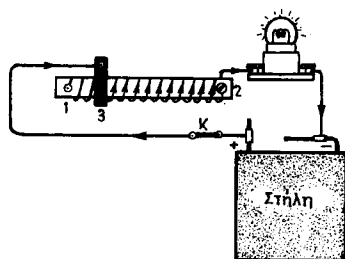
Σχ. 10·4 δ.

κρότερη θά είναι ή τάση πού εφαρμόζεται στον καταναλωτή. Έτσι, στην περίπτωση του σχήματος 10·4 ε, όταν ο κινητός σύρτης βρίσκεται πρὸς τὰ δεξιὰ, παρεμβάλλεται μικρή αντίσταση καί ὅλη σχεδὸν ή τάση τῆς πηγῆς εφαρμόζεται στὴ λυχνία. Ἡ λυχνία τότε φωτίζει κανονικά. Ἄν ὅμως μετακινήσωμε τὸν σύρτη πρὸς τὰ ἀριστερὰ (σχ. 10·4 ζ), παρεμβάλλομε στοῦ κύκλωμα μεγάλη αντίσταση, πού προκαλεῖ μεγάλη πτώση τάσεως. Έτσι ή τάση πού ἀπομένει γιὰ τὴ λυχνία εἶναι μικρή. Ἡ λυχνία τότε μόλις φωτίζει.

Ο δεύτερος τρόπος είναι να χρησιμοποιήσωμε ένα καταμεριστή τάσεως (ποτενσιόμετρο). Αυτός είναι μιὰ μεταβλητή αντίσταση, όπως αυτή που δείχνουν τὰ σχήματα 10.4 β, 10.4 γ,

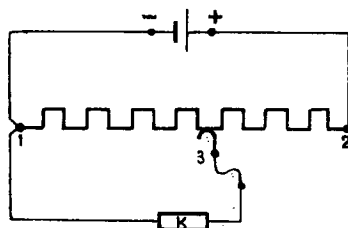


Σχ. 10.4 ε.



Σχ. 10.4 ζ.

10.4 δ, που καταλήγει όμως σε τρεις άκροδέκτες. Οι δύο άκροδέκτες συνδέονται άγωγίμα με τὰ άκρα του σύρματος και ο τρί-



Σχ. 10.4 η.

τος με τον κινητό σύρτη ή το στρόφαλο. Η σύνδεση πηγής, καταναλωτή και καταμεριστή φαίνεται στο σχήμα 10.4 η.

Η τάση που εφαρμόζεται στον καταναλωτή είναι μηδενική, όταν ο σύρτης βρίσκεται στο άκρο 1 του σύρματος, αυξάνει όταν ο σύρτης μετακινείται προς τὰ δεξιά, και γίνεται ίση με την τάση της πηγής όταν ο σύρτης βρίσκεται στο άκρο 2 του σύρματος.

Η ρύθμιση της τάσεως με ρυθμιστική αντίσταση είναι προτιμότερη όταν ή αντίσταση του καταναλωτή είναι μικρή και ή ένταση του ρεύματος, που χρειάζεται για την λειτουργία του, με-

γάλη. Στην περίπτωση, π.χ. που χρειάζεται να ανάβουμε ή να σβύνουμε προσθετικά ένα συγκρότημα λυχνιών φωτισμού, συνδέουμε σε σειρά μ' αυτό μια κατάλληλη ρυθμιστική αντίσταση.

Αντίθετα, ή ρύθμιση με καταμεριστή τάσεως είναι προτιμότερη όταν ή αντίσταση του καταναλωτή είναι μεγάλη και ή ένταση του ρεύματος μικρή. Όταν π.χ. θέλουμε να μεταβάλλουμε την τάση που οδηγείται στην λυχνία ενός ραδιοφώνου, για να ρυθμίζουμε την ένταση του ήχου που αποδίδει, χρησιμοποιούμε σχεδόν πάντοτε καταμεριστή τάσεως.

10·5 Άνακεφαλαίωση.

α) Η ένταση του ρεύματος είναι ή ίδια σε όλους τους καταναλωτές που συνδέονται σε σειρά.

β) Η τάση είναι ή ίδια σε όλους τους καταναλωτές που συνδέονται παράλληλα.

γ) Η τάση που εφαρμόζεται σε ένα σύστημα καταναλωτών, οί όποιοι συνδέονται σε σειρά, είναι ίση με τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων που εφαρμόζονται σε κάθε ένα καταναλωτή.

δ) Η ένταση του ρεύματος που οδηγείται σε ένα σύστημα καταναλωτών, οί όποιοι συνδέονται παράλληλα, είναι ίση με τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων που περνούν ἀπὸ κάθε καταναλωτή.

ε) Η τάση που εφαρμόζεται σ' ένα καταναλωτή ἐλαττώνεται, ἂν συνδεθῇ σε σειρά μ' αὐτὸν μιὰ ἀντίσταση.

στ) Οί συνδετικοί ἄγωγοί προκαλοῦν πτώση τῆς τάσεως τῶν καταναλωτῶν που τροφοδοτοῦν. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ πρέπει ή ἀντίσταση τῶν συνδετικῶν ἄγωγῶν νὰ εἶναι ὅσο τὸ δυνατόν πιὸ μικρή.

ζ) Η ἰσοδύναμη ἀντίσταση καταναλωτῶν, οί όποιοι συνδέονται σε σειρά, είναι ίση με τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεών τους.

η) Η ἰσοδύναμη ἀντίσταση καταναλωτῶν, οί όποιοι συνδέ-

ονται παράλληλα, είναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ὅποιουδήποτε ἀπ' αὐτούς.

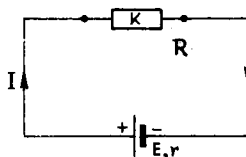
θ) Μὲ ἓνα καταμεριστὴ τάσεως (ποτενσιόμετρο) μποροῦμε νὰ ρυθμίζουμε τὴν τάση ποὺ ἐφαρμόζουμε σ' ἓνα καταναλωτή. Γιὰ τὸν ἴδιο σκοπὸ χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης (μεταβλητὲς) ρυθμιστικὲς ἀντιστάσεις, ποὺ συνδέονται σὲ σειρὰ μὲ τὸν καταναλωτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

11.1 Κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ἡ αἰτία, ἡ ὁποία δημιουργεῖ τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα σὲ ἓνα κλειστὸ κύκλωμα ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ πηγὴ καὶ ἓναν καταναλωτὴ K (σχ. 11.1α), εἶναι, ὅπως ξέρομε, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη E τῆς πηγῆς (βλ. 5.1).



Σχ. 11.1 α.

Οἱ ἀντιστάσεις ποὺ συναντᾷ τὸ ἠλεκτρικὸ αὐτὸ ρεῦμα εἶναι :

α) Ἡ ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ (καὶ τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν), τὴν ὁποία ἄς παραστήσωμε μὲ τὸ γράμμα R , καὶ

β) ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀγώγιμου δρόμου στὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πρὸς τὸν θετικὸ τῆς πόλο, τὴν ὁποία ἄς παραστήσωμε μὲ τὸ γράμμα r .

Ἀφοῦ τὸ ρεῦμα διατρέχει σὲ σειρὰ τὸν καταναλωτὴ καὶ τὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς, ἡ συνολικὴ ἀντίσταση ποὺ συναντᾷ εἶναι.

$$R + r.$$

Ἐπομένως, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα εἶναι :

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

Καθὼς περνᾷ ὁμως τὸ ρεῦμα ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς, προκαλεῖ μιὰ πτώση τάσεως, ἡ ὁποία ὅπως ξέρομε, εἶναι ἴση πρὸς

$$I \cdot r.$$

Έπομένως, ή τάση που εφαρμόζεται στον καταναλωτή, δηλαδή, ή πολική τάση U τής πηγής, είναι μικρότερη από την ήλεκτρεγερτική δύναμη τής πηγής και ίση με :

$$U = E - I \cdot r.$$

Αν π. χ. ή ήλεκτρεγερτική δύναμη τής πηγής είναι 2 V και ή έσωτερική της αντίσταση 0,6 Ω, ή ένταση του ρεύματος που θα δίδη, όταν ο καταναλωτής και οι συνδετικοί άγωγοί έχουν αντίσταση 3,4 Ω, είναι :

$$I = \frac{2}{3,4 + 0,6} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ A}.$$

Η πτώση τής τάσεως στο έσωτερικό τής πηγής είναι τότε :

$$0,5 \text{ A} \cdot 0,6 \Omega = 0,3 \text{ V}$$

και ή πολική της τάση :

$$U = 2 - 0,3 = 1,7 \text{ V}.$$

Η πολική τάση δέν είναι σταθερή. Έλαττώνεται όσο μεγαλύτερο ρεύμα δίνει ή πηγή. Αν π. χ. στην πηγή που εξέτάσαμε συνδεθ ή δεύτερος καταναλωτής, παράλληλα προς τον πρώτο, ώστε ή πηγή νά δίνη τώρα ρεύμα 1,8 A αντί 0,5 A που έδινε πρίν, ή πολική της τάση θα έλαττωθ ή στα

$$U = 2 \text{ V} - 1,8 \text{ A} \cdot 0,6 \Omega = 2 \text{ V} - 1,08 \text{ V} = 0,92 \text{ V}.$$

Η έλάττωση τής πολικής τάσεως των πηγών, που συμβαίνει όταν αυξάνεται ή κατανάλωση που τροφοδοτούν, είναι φυσικά τόσο περισσότερο αίσθητή, όσο μεγαλύτερη είναι ή έσωτερική τους αντίσταση.

11.2 'Ανακεφαλαίωση.

α) Την ένταση του ρεύματος που δίνει μι ά πηγή βρίσκομε όταν διαιρέσωμε την ήλεκτρεγερτική δύναμη τής πηγής με τδ άθροισμα τής έσωτερικής αντιστάσεως τής πηγής και τής αντίστασεως του έξωτερικού κυκλώματος.

β) Όταν μια πηγή δίνει ρεύμα σε ένα κύκλωμα, γίνεται στο έσωτερικό της μια πτώση τάσεως. Αυτή βρίσκεται αν πολλαπλασιάσουμε την έσωτερική αντίσταση της πηγής με την ένταση του ρεύματος.

γ) Η πολική τάση κάθε πηγής είναι ίση με την ηλεκτρεγερτική της δύναμη μόνον όταν η πηγή δέν δίνει ρεύμα. Όταν η πηγή τροφοδοτή ένα έξωτερικό κύκλωμα, δηλαδή όταν δίνει ρεύμα, η πολική της τάση είναι μικρότερη από την ηλεκτρεγερτική της δύναμη. Η πολική τάση βρίσκεται αν από την ηλεκτρεγερτική δύναμη αφαιρέσουμε την έσωτερική πτώση τάσεως.

δ) Η ηλεκτρεγερτική δύναμη των πηγών είναι σταθερή (σε πρώτη προσέγγιση). Η πολική τους τάση όμως ελαττώνεται, όσο αυξάνει η ένταση του ρεύματος που δίνουν.

ε) Όσο πιο μικρή είναι η έσωτερική αντίσταση μιας πηγής, τόσο μικρότερες είναι οι μεταβολές της πολικής της τάσεως.

11.3 Αριθμητικά παραδείγματα.

α) Μια πηγή έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 220 V και έσωτερική αντίσταση 5 Ω. Με αυτήν πρόκειται να τροφοδοτήσουμε 5 λυχνίες, κάθε μια από τις οποίες είναι κατασκευασμένη για τάση 42 V και ένταση 0,5 A.

Ζητούνται: Πόση θα είναι η πολική τάση της πηγής και τί αντίσταση πρέπει να συνδεθώ σε σειρά με αυτήν, ώστε οι λυχνίες να εργάζονται κανονικά;

Απάντηση: Οι λυχνίες θα συνδεθούν σε σειρά, ώστε η πηγή να δίνει ρεύμα 0,5 A. Η πτώση της τάσεως στο έσωτερικό της πηγής είναι τότε:

$$0,5 \text{ A} \cdot 5 \Omega = 2,5 \text{ V}$$

και η πολική της τάση είναι:

$$220 \text{ V} - 2,5 \text{ V} = 217,5 \text{ V}.$$

Οι πέντε λυχνίες χρειάζονται για την λειτουργία τους τάση:

$$5 \cdot 42 \text{ V} = 210 \text{ V}.$$

Ώστε σὲ σειρά μὲ αὐτὲς πρέπει νὰ συνδεθῇ ἀντίσταση R , ποὺ νὰ δημιουργῇ πτώση τάσεως:

$$217,5 \text{ V} - 210 \text{ V} = 7,5 \text{ V}.$$

Ἀφοῦ καὶ ἀπ' αὐτὴν τὴν ἀντίσταση περνᾷ τὸ ἴδιο ρεῦμα, δηλαδὴ $0,5 \text{ A}$, θὰ πρέπει νὰ εἶναι:

$$R = \frac{7,5 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 15 \Omega.$$

β) Μία πηγὴ ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη 36 V καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση 3Ω . Εἶναι δυνατόν νὰ δώσῃ ρεῦμα 20 A ;

Ἀπάντηση.

Ὁχι· γιατί ἂν ἔδινε 20 A ἡ πτώση τάσεως στὸ ἐσωτερικὸ τῆς θὰ ἦταν:

$$20 \text{ A} \cdot 3 \Omega = 60 \text{ V},$$

δηλαδή, μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ τῆς δύναμη. Αὐτὸ ὁμῶς εἶναι ἀδύνατο.

γ) Ποιά εἶναι ἡ μεγαλύτερη ἔνταση ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ ἡ πηγὴ τοῦ προηγούμενου παραδείγματος;

Ἀπάντηση.

Ἡ μεγαλύτερη ἔνταση εἶναι αὐτὴ ποὺ προκαλεῖ τὴν μεγαλύτερη πτώση τάσεως στὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς. Ἡ μεγαλύτερη ὁμῶς πτώση τάσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς, δηλαδή, μὲ 36 V . Ἡ μεγαλύτερη ἔνταση εἶναι λοιπόν:

$$\frac{36 \text{ V}}{3 \Omega} = 12 \text{ A}.$$

δ) Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίσταση τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος, ὥστε ἡ πηγὴ τοῦ προηγούμενου παραδείγματος νὰ δόνη ρεῦμα ἐντάσεως 12 A ;

Ἀπάντηση. Στὴν περίπτωσιν αὐτὴ ἡ πολικὴ τάση τῆς πηγῆς εἶναι:

$$U = E - I \cdot r = 36 \text{ V} - 36 \text{ V} = 0.$$

Ἐπομένως, σύμφωνα με τὸν νόμο τοῦ Ὠμ, πρέπει καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος νὰ εἶναι μηδενική.

Γιὰ νὰ δώσῃ λοιπὸν ἡ πηγὴ τὴν μεγαλύτερη δυνατὴ ἔνταση πρέπει νὰ βραχυκυκλωθῇ, δηλαδὴ πρέπει οἱ πόλοι τῆς νὰ συνδεθοῦν ἐξωτερικὰ μεταξύ τους με ἀγωγὸ πολὺ μεγάλης διατομῆς, ὥστε πρακτικὰ νὰ παρουσιάξῃ μηδενικὴ ἀντίσταση.

Ἡ ἔνταση ποὺ περνᾷ τότε ἀπὸ αὐτὸν τὸν ἀγωγὸ λέγεται ἔνταση βραχυκυκλώσεως τῆς πηγῆς.

Ἡ πηγὴ δὲν μπορεῖ νὰ δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως μεγαλύτερης ἀπὸ τὴν ἔνταση βραχυκυκλώσεώς τῆς. Δὲν ἐπιτρέπεται ὁμῶς νὰ βραχυκυκλώνωμε τίς ἡλεκτρικὰς πηγές, γιατί συνήθως δὲν εἶναι κατασκευασμένες ἔτσι, ὥστε νὰ ἀντέχουν στίς μεγάλες ἐντάσεις ποὺ προκαλοῦν τὰ βραχυκυκλώματα καὶ ὑπάρχει κίνδυνος νὰ καταστραφοῦν.

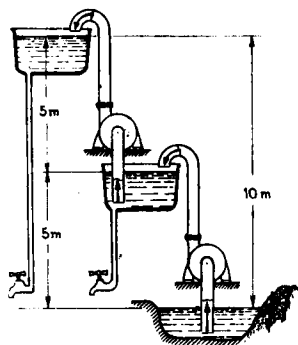
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΟΛΛΩΝ ΠΗΓΩΝ

12·1 Συστοιχίες.

Ἐς ὑποθέσωμε ὅτι πρέπει νὰ ἀντλήσωμε νερὸ σὲ ὕψος 10 m καὶ πὼς δὲν ὑπάρχουν παρὰ μόνο ἀντλίες ποὺ ἔχουν μανομετρικὸ ὕψος 5 m.

Τὴν ἀνύψωση τοῦ νεροῦ θὰ μπορέσωμε νὰ τὴν ἐπιτύχωμε ἂν χρησιμοποιήσωμε δύο ἀντλίες, ὅπως δεῖχνει τὸ σχῆμα 12·1 α. Ἡ μία ἀντλία ἀνεβάζει τὸ νερὸ σὲ ὕψος 5 m καὶ ἀπὸ ἐκεῖ ἡ δευτέρα ἀντλία τὸ ἀνεβάζει ἄλλα 5 m.



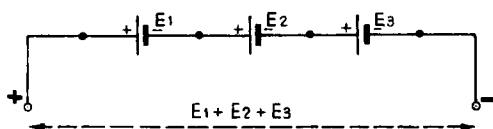
Σχ. 12·1 α.

Οἱ δύο αὐτὲς ἀντλίες εἶναι ἐνωμένες σὲ σειρά.

Ἡ παροχὴ τοῦ συγκροτήματος τῶν δύο ἀντλιῶν εἶναι ὅση καὶ ἡ παροχὴ τῆς μιᾶς μόνο ἀντλίας, τὸ μανομετρικὸ ὕψος ὅμως τοῦ συγκροτήματος εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μανομετρικῶν ὑψῶν τῶν δύο ἀντλιῶν.

Ἀνάλογη περίπτωση ἐμφανίζεται στὴν Ἡλεκτροτεχνία, ὅταν θέλωμε νὰ σχηματίσωμε πηγὴ ὁρισμένης ἡλεκτρεγερτικῆς δυνά-

μεως, αλλά δὲν διαθέτομε παρὰ μόνο πηγές μικρότερης ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως. Συνδέομε τότε δύο ἢ περισσότερες πηγές σὲ σειρά, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 12·1 β, δηλαδή συνδέομε τὸν ἀρνητικὸν πόλο τῆς πρώτης πηγῆς μὲ τὸν θετικὸν τῆς δεύτης, τὸν ἀρνητικὸν τῆς δεύτης μὲ τὸν θετικὸν τῆς τρίτης κ. ο. κ. Τὸ συγκρότημα αὐτὸ τῶν πηγῶν λέγεται *συστοιχία*. Θετικὸς πόλος τῆς συστοιχίας εἶναι ὁ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ ἀρνητικὸς τῆς πόλος ὁ ἀρνητικὸς τῆς τελευταίας.



Σχ. 12·1 β.

Ἡ *ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας* εἶναι ἴση μὲ τὸ *ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν* ποὺ τὴν ἀποτελοῦν, γιατί ὅλες οἱ *ηλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις* ὠθοῦν (σπρώχνουν) τὰ *ηλεκτρόνια* πρὸς τὴν ἴδια διεύθυνση. (Στὸ σχῆμα 12·1 β τὰ ὠθοῦν ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιὰ).

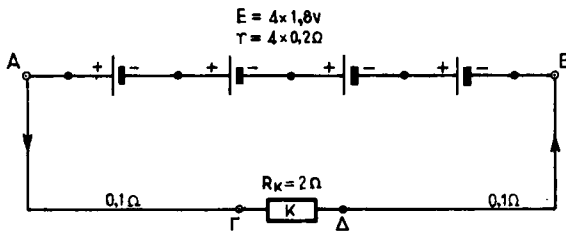
Σημείωση. Αὐτὸ προκύπτει ἀπὸ τὴν δεύτη πρόταση τοῦ Κίρχωφ, μὲ τὴν ὁποία ὅμως δὲν θὰ ἀσχοληθοῦμε στὸ βιβλίο αὐτό.

Ἡ *ἀντίσταση*, ποὺ παρουσιάζει ἡ συστοιχία, εἶναι ἐπίσης ἴση μὲ τὸ *ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων τῶν πηγῶν* ποὺ τὴν ἀποτελοῦν, ἀφοῦ ὅλες εἶναι ἐνώμενες σὲ σειρά.

Ἄς ὑποθέσωμε πὼς μία συστοιχία ἀποτελεῖται ἀπὸ 4 στοιχεῖα, κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἔχει *ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις* 1,8 V καὶ *ἐσωτερικὴ ἀντίσταση* 0,2 Ω. Ἡ συστοιχία τροφοδοτεῖ ἓνα συγκρότημα λυχνιῶν K, ποὺ ἔχουν *ισοδύναμη ἀντίσταση* $R = 2 \Omega$. Κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς συνδετικoὺς ἀγωγoὺς ΑΓ καὶ ΔΒ (σχ. 12·1 γ) ἔχει ἀντίσταση 0,1 Ω.

Ζητοῦνται :

- α) Ἡ ηλεκτρεγερτική δύναμη τῆς συστοιχίας (E).
 β) Ἡ ἐσωτερική της ἀντίσταση (r).
 γ) Ἡ ἀντίσταση τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος (R).
 δ) Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος (I).
 ε) Ἡ τάση ποὺ ἐφαρμόζεται στὶς λυχνίες ($U_{\Gamma\Delta}$).
 στ) Ἡ πτώση τάσεως στοὺς συνδετικούς ἀγωγοὺς (ε).
 ζ) Ἡ πολικὴ τάση τῆς συστοιχίας (U_{AB}).



Σχ. 12.1 γ.

Λύσεις :

α) $E = 4 \cdot 1,8 \text{ V} = 7,2 \text{ V}.$

β) $r = 4 \cdot 0,2 \Omega = 0,8 \Omega.$

γ) $R = 0,1 + 2 + 0,1 = 2,2 \Omega.$

δ) Ἡ συνολικὴ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος εἶναι :

$$r + R = 0,8 + 2,2 = 3 \Omega.$$

Ἐπομένως : $I = \frac{E}{r + R} = \frac{7,2 \text{ V}}{3 \Omega} = 2,4 \text{ A}.$

ε) Ἀπὸ τὸν νόμο τοῦ Ὁμ προκύπτει :

$$U_{\Gamma\Delta} = I \cdot R_K = 2,4 \text{ A} \cdot 2 \Omega = 4,8 \text{ V}.$$

στ) Ἡ πτώση τάσεως σὲ ἕνα συνδετικὸ ἀγωγὸ εἶναι :

$$2,4 \text{ A} \cdot 0,1 \Omega = 0,24 \text{ V}.$$

Ἐπομένως, οἱ δύο συνδετικοὶ ἀγωγοὶ προκαλοῦν πτώση τάσεως :

$$\varepsilon = 0,24 + 0,24 = 0,48 \text{ V}.$$

ζ) Ἡ πολικὴ τάση τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$U_{AB} = U_{\Gamma\Delta} + \varepsilon = 4,8 + 0,48 = 5,28 \text{ V}.$$

Τὴν πολικὴ τάση βρίσκουμε ἐπίσης, ἂν ἀπὸ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμι τῆς πηγῆς (7,2 V) ἀφαιρέσωμε τὴν ἐσωτερικὴ πτώση τάσεως, ἥ ὁποία εἶναι $r \cdot I = 0,8 \Omega \cdot 2,4 \text{ A} = 1,92 \text{ V}$.

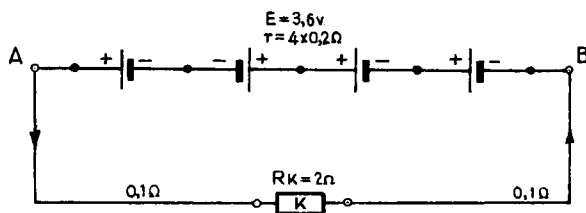
Πραγματικὰ ἔτσι προκύπτει:

$$U_{AB} = E - r \cdot I = 7,2 - 1,92 = 5,28 \text{ V}.$$

12·2 Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμι.

Τί θὰ συμβῇ ἂν συνδεθοῦν ἀνάποδα οἱ πόλοι μιᾶς ἀπὸ τὶς πηγές, ποὺ ἀποτελοῦν τὴν συστοιχία τοῦ σχήματος 12·1 γ;

Στὴν περίπτωσι αὐτὴ (σχ. 12·2 α) ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύ-



Σχ. 12·2 α.

ναμι, τῆς πηγῆς, ἥ ὁποία ἔχει συνδεθῇ ἀνάποδα, βρίσκεται σὲ ἀντίθεση μὲ τὶς ἡλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις τῶν ἄλλων πηγῶν. Ἐνῶ οἱ ἡλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις τῆς πρώτης, τρίτης καὶ τέταρτης πηγῆς κινοῦν τὰ ἡλεκτρόνια ἀπὸ τὸ A πρὸς τὸ B, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμι τῆς δεύτερης πηγῆς ἀντιστέκεται σ' αὐτὴ τὴ μετακίνηση, γιὰ αὐτὴ προσπαθεῖ νὰ μετακινήσῃ τὰ ἡλεκτρόνια ἀπὸ τὸ B πρὸς τὸ A. Ὡστε, ἂν μεταξὺ A καὶ B ἦταν μόνο ἡ πρώτη, ἡ τρίτη καὶ ἡ τέταρτη πηγὴ, θὰ εἴχαμε μιὰ συστοιχία μὲ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμι :

$$1,8 + 1,8 + 1,8 = 5,4 \text{ V}.$$

Ἐπειδὴ ὅμως ὑπάρχει καὶ ἡ δεύτερη πηγὴ, ποὺ ἀντιστέκεται στὴν μετακίνηση τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει (γιὰ νὰ βροῦμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμι ποὺ δίνουν καὶ οἱ τέσσερις πηγές) ἀπὸ τὰ

5,4 V νὰ ἀφαιρέσωμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμη τῆς δεύτερης πηγῆς. Βρίσκομε ἔτσι ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ὅλης τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$E = 5,4 - 1,8 = 3,6 \text{ V.}$$

Ὡστε, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ὅλης τῆς συστοιχίας, ἡ δύναμη, δηλαδή, ποὺ προκαλεῖ πράγματι τὴν κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων σὲ ὅλο τὸ κύκλωμα, εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων ὅλων τῶν πηγῶν, δηλαδή, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἀλγεβρικοῦ ἄθροισμά τους.

Στὸ παράδειγμα ποὺ ἐξετάζομε εἶναι :

$$E = 1,8 - 1,8 + 1,8 + 1,8 = 3,6 \text{ V.}$$

Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς συστοιχίας φυσικὰ δὲν μεταβάλλεται. Ἐπομένως, ἡ ἀντίσταση ὅλου τοῦ κυκλώματος εἶναι, ὅπως καὶ προηγουμένως, 3 Ω, καὶ ἡ ἔνταση ρεύματος τοῦ κυκλώματος εἶναι τώρα :

$$I = \frac{3,6 \text{ V}}{3 \Omega} = 1,2 \text{ A.}$$

Ὁ καταναλωτὴς βρίσκεται τώρα σὲ τάση :

$$U_{\Gamma\Delta} = 1,2 \text{ A} \cdot 2 \Omega = 2,4 \text{ V.}$$

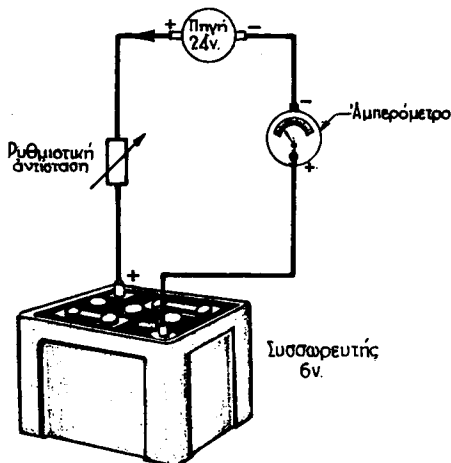
Ὅπως εἶδαμε, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς ποὺ ἔχει συνδεθῇ ἀνάποδα, προσπαθεῖ νὰ ἐμποδίσῃ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος. Γι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀνομάζεται εἰδικότερα ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη.

Στὰ κυκλώματα ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὴν πράξιν ἐμφανίζονται συχνὰ ἀντιηλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις.

Γιὰ νὰ φορτίσωμε π. χ. ἓνα συσσωρευτὴ (μπαταρία) πρέπει νὰ τὸν συνδέσωμε μὲ μιὰ πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος, ποὺ νὰ ἔχῃ μεγαλύτερη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπ' αὐτόν. Ἡ σύνδεσις πρέπει νὰ γίνῃ ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 12·2 β. Πρέπει, δηλαδή, ὁ θετικὸς πόλος τοῦ συσσωρευτῆ νὰ συνδεθῇ μὲ τὸν θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς

καὶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τοῦ συσσωρευτῆ μετὸν ἀρνητικὸ της πόλο.

Ἐπομένως, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ συσσωρευτῆ ἀντιστέκεται, στὴν κυκλοφορίᾳ τοῦ ρεύματος.



Σχ. 12·2β.

Συνήθως στὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται (σὲ σειρὰ) καὶ μιὰ μεταβλητὴ ἀντίσταση, ὥστε νὰ ρυθμίζεται εὐκόλα ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, ποὺ φορτίζει τὸν συσσωρευτῆ.

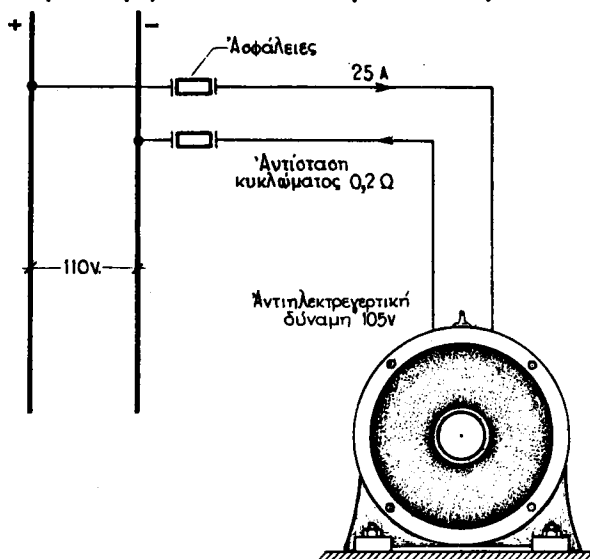
Ἄν ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς εἶναι 24 V, ἡ ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη τοῦ συσσωρευτῆ 6 V, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς πηγῆς, μαζὺ μετὴν ἀντίσταση τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν, 0,1 Ω, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τοῦ συσσωρευτῆ 0,2 Ω καὶ ἂν στὸ κύκλωμα παρεμβληθῇ ρυθμιστικὴ ἀντίσταση 1,2 Ω, τότε ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ φορτίζει τὸν συσσωρευτῆ εἶναι :

$$I = \frac{24 - 6}{0,1 + 0,2 + 1,2} \frac{\text{V}}{\Omega} = \frac{18 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 12 \text{ A}.$$

Οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητήρες ἐπίσης, κατὰ τὴν λειτουργία τους, ἀναπτύσσουν ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη.

Ὁ κινητήρας τοῦ σχήματος 12·2 γ, ὁ ὁποῖος συνδέεται σὲ

δίκτυο 110 V, αναπτύσσει κατά την λειτουργία του αντιηλεκτρεγερτική δύναμη 105 V. Άν ή αντίσταση δλου τοῦ κυκλώ-



Σχ. 12-2 γ.

ματος είναι 0,2 Ω, ή ένταση τοῦ ρεύματος με την όποια λειτουργεί ο κινητήρας είναι:

$$\frac{110 - 105}{0,2} \frac{\text{V}}{\Omega} = \frac{5 \text{ V}}{0,2 \Omega} = 25 \text{ A.}$$

Άν όμως φρενάρουμε τόν κινητήρα έτσι, πού νά τόν αναγκάσωμε νά σταματήσει, τότε μηδενίζεται ή αντιηλεκτρεγερτική του δύναμη. Η ένταση τοῦ ρεύματος σ' αὐτή τήν περίπτωση θα γίνει:

$$\frac{110 \text{ V}}{0,2 \Omega} = 550 \text{ A.}$$

Η ένταση αὐτή τοῦ ρεύματος είναι τόσο μεγαλύτερη από τήν ένταση τῆς κανονικῆς λειτουργίας τοῦ κινητήρα, ὥστε νά είναι επικίνδυνη για τόν κινητήρα.

Γι' αὐτό τὸ λόγο, όταν θέλωμε νά βάλωμε σέ κίνηση ἕναν

κινητήρα, δὲν τὸν συνδέομε ἀπ' εὐθείας στὸ δίκτυο. Διότι τὴν στιγμήν ἐκείνην, ποὺ ὁ κινητήρας δὲν ἔχει ἀρχίσει ἀκόμῃ νὰ περιστρέφεται καὶ δὲν ἀναπτύσσει ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος θὰ ἦταν ἀπαράδεκτα μεγάλη.

Γιὰ τὸ ξεκίνημα τῶν κινητήρων ὑπάρχουν εἰδικές μεταβλητὲς ἀντιστάσεις (*ρεοσιτάτες ἐκκινήσεως*) ποὺ συνδέονται, στὴν ἀρχήν σὲ σειρὰ μὲ τὸν κινητήρα καὶ περιορίζουν τὴν μεγάλη ἔνταση τοῦ ρεύματος. Ὅταν ξεκινήσῃ ὁ κινητήρας καὶ ἀναπτύξῃ ἀρκετὴ ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη, τότε ἀφαιροῦμε τὶς ἀντιστάσεις αὐτὰς ἀπὸ τὸ κύκλωμα.

12·3 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Οἱ συστοιχίες ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο ἢ περισσότερες πηγὰς ποὺ τὶς συνδέομε σὲ σειρὰ.

β) Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων ὅλων τῶν πηγῶν ποὺ τὴν ἀποτελοῦν.

γ) Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἀλγεβρικὸ ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων ὅλων τῶν πηγῶν ποὺ τὴν ἀποτελοῦν.

δ) Ὅταν ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη μιᾶς πηγῆς ἔχει διεύθυνση ἀντίθετη ἀπὸ τὴν διεύθυνση τοῦ ρεύματος, ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν πηγὴν, λέγεται *ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη*.

ε) Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀναπτύσσουν οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητήρες ὅταν λειτουργοῦν.

στ) Στὸ ξεκίνημα τῶν κινητήρων, ὅταν δὲν ἔχουν ἀρχίσει ἀκόμῃ νὰ περιστρέφονται καὶ νὰ ἀναπτύσσουν ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη, πρέπει νὰ συνδέωμε, σὲ σειρὰ μὲ αὐτοὺς, ἀντιστάσεις, γιὰ νὰ μὴν ἀφήνωμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος νὰ γίνεταί ἐπικίνδυνα μεγάλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 13

ΕΡΓΟΝ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

13.1 Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας.

Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα δίνει κίνηση σὲ κινητήρες, οἱ ὅποιοι κινοῦν βαροῦλκα, τράμ, μηχανήματα.

Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα δταν περνᾷ ἀπὸ ἀντιστάσεις (θερμάστρες, φούρνους, λάμπες) προκαλεῖ θερμότητα ἢ καὶ φῶς.

Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐπίσης προκαλεῖ χημικὰς ἀντιδράσεις (φόρτιση συσσωρευτῶν, ἡλεκτρόλυση, γαλβανοπλαστική).

Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ἐπομένως, ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδώσῃ μηχανικόν, θερμικόν, φωτιστικόν, χημικὸ κλπ. ἔργο, εἶναι μία μορφὴ ἐνεργείας, ἥ ὅποια εὐκόλα μπορεῖ νὰ μετατραπῇ σὲ ἄλλες μορφές.

Ἀντίθετα, γιὰ νὰ παραχθῇ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, πρέπει νὰ καταναλωθῇ ἄλλης μορφῆς ἐνέργεια, γιατί, ὅπως εἶναι γνωστὸ ἀπὸ τὴν Φυσική, ἡ ἐνέργεια οὔτε παράγεται ἀπὸ τὸ μηδὲν οὔτε ἐξαφανίζεται, ἀλλὰ μόνο μετατρέπεται ἀπὸ μιὰ μορφὴ σὲ ἄλλη ἢ σὲ ἄλλες.

Τὸ ρεῦμα ποὺ παρέχει π.χ. ἓνα ἡλεκτρικὸ στοιχεῖο ὀφείλεται στὴν κατανάλωση χημικῆς ἐνεργείας στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ στοιχείου.

Ἐνα θερμοηλεκτρικὸ ἐργοστάσιο, γιὰ νὰ ἀποδώσῃ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, πρέπει νὰ καταναλώσῃ καύσιμα (κάρβουνο, πετρέλαιο κλπ.). Ἡ χημικὴ ἐνέργεια τῶν καυσίμων μετατρέπεται μὲ τὴν καύση σὲ θερμότητα, ἥ ὅποια ζεσταίνει τὸ νερὸ τῶν λεβήτων καὶ τὸ μετατρέπει σὲ ἀτμό. Ὁ ἀτμὸς κινεῖ τοὺς ἀτμοστροβίλους τοῦ ἐργοστασίου· σ' αὐτοὺς δηλαδὴ ἡ θερμικὴ ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ μετατρέπεται σὲ μηχανικὸ ἔργο. Τέλος, οἱ στρόβιλοι κινοῦν τίς ἡλεκτρι-

κές γεννήτριες, οι οποίες αναπτύσσουν ηλεκτρεγερτική δύναμη και παρέχουν ηλεκτρικό ρεύμα. Οι γεννήτριες είναι λοιπόν συσκευές, οι οποίες μετατρέπουν το μηχανικό έργο σε ηλεκτρική ενέργεια.

Με *ηλεκτρικές γραμμές* ή *ένέργεια* αυτή μεταφέρεται στους *καταναλωτές* (έργοστάσια, σπίτια, ηλεκτρικές συσκευές κλπ.), όπου χρησιμοποιείται, δηλαδή, μετατρέπεται σε έργο ωφέλιμο.

Όσο περισσότεροι και μεγαλύτεροι είναι οι καταναλωτές, τόσο περισσότερα καύσιμα χρειάζεται το θερμοηλεκτρικό έργοστάσιο για να μπορέση να τους εξυπηρετήσει.

13.2 Ισχύς ηλεκτρικού ρεύματος.

Ας υποθέσουμε πώς ένας ηλεκτρικός κινητήρας περιστρέφει ένα βαρούλκο, με το οποίο ανυψώνεται βάρος 500 kg. Πόσος χρόνος θα χρειασθῇ για να ανυψωθῇ το βάρος σε ένα ορισμένο ύψος, π.χ. 30 m;

Αν ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι μεγάλος, θα μπορέση να περιστρέψῃ γρήγορα το βαρούλκο και θα χρειασθῇ λίγος χρόνος για τὴν ανύψωση, π.χ. 30 sec. Αν όμως ο κινητήρας είναι μικρός, δὲν θα μπορέση να περιστρέψῃ το βαρούλκο, ἐκτός ἂν ἡ μετάδοση τῆς κινήσεως σ' αὐτὸ γίνῃ με τροχαλίες ἢ ὀδοντωτοὺς τροχούς, ὁπότε ὁμως τὸ βαρούλκο θὰ περιστρέφεται ἀργά. Ἐτσι, γιὰ ν' ανυψώσῃ τὸ βάρος θὰ χρειασθῇ περισσότερο χρόνο, ἄς ποῦμε 2 min.

Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις τὸ έργο ποὺ ἔγινε εἶναι τὸ ἴδιο: Ἀνύψωση 500 kg σὲ ὕψος 30 m, δηλαδή

$$500 \cdot 30 = 15\,000 \text{ kgm.}$$

Ἐπομένως, καὶ στὶς δύο περιπτώσεις θὰ καταναλωθῇ τὸ ἴδιο ποσὸ ηλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ὁ πρῶτος κινητήρας ὁμως δίνει τὸ έργο αὐτὸ σὲ χρόνο 4 φορές μικρότερο, ἀπὸ τὸν χρόνο ποὺ χρειάζεται ὁ δεύτερος. Λέμε

ὅτι ὁ πρῶτος κινητήρας εἶναι 4 φορές *ισχυρότερος* ἀπὸ τὸν δεύτερο, ἢ, καλύτερα, ὅτι ἔχει *τετραπλάσια ἰσχύ*.

Ὅπως εἶναι γνωστὸ ἀπὸ τὴν Φυσικὴ, ἡ ἰσχύς μιᾶς μηχανῆς μετρίεται μὲ τὸ ἔργο ποὺ δίνει (ἢ καταναλίσκει) στὴν μονάδα τοῦ χρόνου :

$$\text{Ίσχυς} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Χρόνος}}$$

Οἱ κατασκευασταὶ τῶν μηχανῶν καθορίζουν τὶς διαστάσεις ποὺ δίνουν στὶς μηχανὲς ἀνάλογα μὲ τὴν μεγαλύτερη ἰσχύ ποὺ θὰμποροῦν νὰ ἀποδώσουν αὐτές. Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἰσχύς γιὰ τὴν ὁποία τὶς υπολογίζουν, τόσο ὀγκωδέστερες καὶ βαρύτερες τὶς κατασκευάζουν.

Δὲν ἐπιτρέπεται νὰ ἀναγκάζουμε μιὰ μηχανὴ νὰ ἐργάζεται μὲ μεγαλύτερη ἰσχύ ἀπὸ ἐκείνη γιὰ τὴν ὁποία ἔχει κατασκευασθῇ, γιατί ὑπάρχει κίνδυνος νὰ καταστραφῇ.

Ἀντίθετα ὅμως, εἶναι δυνατόν νὰ μὴν ἐκμεταλλευώμαστε ἐντελῶς ὅλη τὴν ἰσχύ ποὺ μπορεῖ νὰ ἀποδώσῃ μιὰ μηχανὴ καὶ νὰ τὴν ἀφίνουμε νὰ λειτουργῇ μὲ μικρότερη ἰσχύ, ἀπὸ ἐκείνη γιὰ τὴν ὁποία κατασκευάσθηκε. Π.χ. τὸν μεγάλο κινητήρα, ποὺ ἀναφέραμε στὸ προηγούμενο παράδειγμα, μποροῦμε νὰ τὸν ρυθμίσουμε ἔτσι, ὥστε νὰ σηκώνῃ τὸ βάρος τῶν 500 kg σὲ 2 min. Ὁ κινητήρας τότε θὰ ἐργάζεται ξεκούραστα. Λέμε ὅτι ὁ κινητήρας ἐργάζεται μὲ *ἐλαττωμένο φορτίο*.

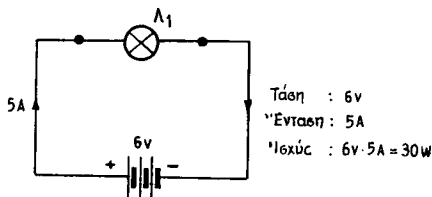
Ἀντίθετα, ἂν ἀναγκάσουμε τὸν μικρὸν κινητήρα νὰ ἀνυψώσῃ τὸ βάρος σὲ 30 sec, δὲν θὰ ἀνθέξῃ. Ὁ κινητήρας αὐτὸς θὰ ἐργάζεται μὲ *ὑπερφόρτιση*. Θὰ υπερθερμανθῇ καὶ εἶναι πιθανὸ καὶ νὰ καῇ.

Ἡ ἰσχύς μιᾶς μηχανῆς εἶναι, λοιπόν, μέγεθος ποὺ ἔχει μεγάλη, ὅχι μόνον θεωρητικὴ, ἀλλὰ καὶ πρακτικὴ σημασία. Γι' αὐτὸ, ἐπάνω σὲ ὅλες σχεδὸν τὶς ἡλεκτρικὲς μηχανὲς γράφεται ἀπὸ τὸν

κατασκευαστή τους ή ισχύς για την οποία έχουν κατασκευασθή. Ο εγκαταστάτης και ο συντηρητής των μηχανών πρέπει να φροντίζουν, ώστε κατά την λειτουργία τους να μην υπερφορτίζονται, δηλαδή, να μην αναγκάζονται να αποδώσουν ή να καταναλώσουν μεγαλύτερη ισχύ από εκείνην για την οποία έχουν κατασκευασθή.

Μια ηλεκτρική λάμπα, όταν συνδεθῇ με κατάλληλη ηλεκτρική πηγή, παραλαμβάνει από αυτήν ηλεκτρική ισχύ και αποδίδει φωτιστική ισχύ.

Ας υποθέσουμε πώς μια λάμπα, για να φωτίσει κανονικά, πρέπει να συνδεθῇ με πηγή 6 V και ότι τότε παραλαμβάνει ρεύμα 5 A και καταναλίσκει μία ορισμένη ηλεκτρική ισχύ (σχ. 13.2 α).



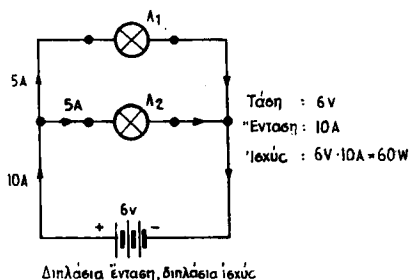
Σχ. 13.2 α.

Αν τώρα συνδέσουμε δύο τέτοιες λάμπες έτσι, ώστε σε κάθε μια να εφαρμόζεται τάση 6 V, θα καταναλίσκουν φυσικά διπλάσια ηλεκτρική ισχύ και θα αποδίδουν διπλάσια φωτιστική ισχύ.

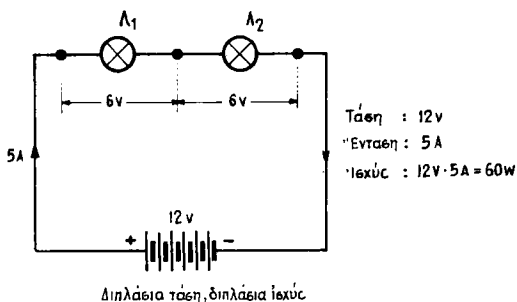
Οι δύο λάμπες είναι δυνατόν να συνδεθούν είτε παράλληλα (σχ. 13.2 β) είτε σε σειρά (σχ. 13.2 γ).

Στην παράλληλη σύνδεση η πηγή πρέπει να ἔχη την ίδια πολική τάση (6V), ἡ ένταση ὅμως τοῦ ρεύματος ποὺ δίνει εἶναι 10 A, ἀφοῦ ἀπὸ κάθε λάμπα περνᾷ ρεῦμα 5 A. Ὡστε, ἡ πηγή δίνει διπλάσια ηλεκτρική ισχύ, όταν ἡ τάση της μένῃ ἡ ἴδια διπλασιάζεται ὅμως ἡ ένταση τοῦ ρεύματος, ποὺ παρέχει στοὺς καταναλωτές.

Στήν σύνδεση σειράς, ή πηγή δίνει ρεύμα 5 A, αλλά πρέπει να έχει πολική τάση 12 V, ώστε σε κάθε λάμπα να εφαρμόζεται τάση 6 V. Ώστε, ή πηγή δίνει διπλάσια ισχύ όταν ή ένταση του ρεύματος μένη ή ίδια, διπλασιάζεται όμως ή τάση της.



Σχ. 13·2 β.



Σχ. 13·2 γ.

Όταν διπλασιάζεται και ή τάση και ή ένταση, ή ισχύς τετραπλασιάζεται (σχ. 13·2 δ), αφού ή πηγή τροφοδοτεί τότε κανονικά 4 λάμπες, όμοιες με ή λάμπα του σχήματος 13·2 α.

Ώστε, ή ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ανάλογη προς τὸ γινόμενο τῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ένταση.

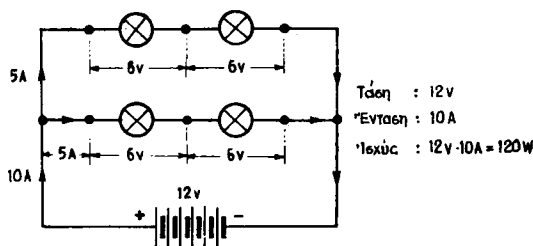
Γράφομε :

$$\text{Ίσχύς} = \text{Τάση} \times \text{Ένταση}$$

Για σύμβολο της ισχύος χρησιμοποιούμε το κεφαλαίο γράμμα N . Η προηγούμενη σχέση γράφεται, σύντομα, ως εξής:

$$N = U \cdot I$$

(3)



Διπλάσια τάση και διπλάσια ένταση = τετραπλάσια ισχύς.

Σχ. 13.2δ.

13.3 Μονάδες ισχύος.

Η μονάδα της ηλεκτρικής ισχύος ονομάζεται Βάττ.

Για σύμβολό της χρησιμοποιείται το γράμμα W του λατινικού αλφαριθμήτου (από το όνομα του Άγγλου μηχανικού και εφευρέτου Τζέιμς Watt, ο οποίος κατασκεύασε την πρώτη ατμομηχανή το 1769).

Το γινόμενο της τάσεως σε βόλτ επί την ένταση σε άμπέρ, δίνει την ισχύ σε βάττ:

$$\text{Βάττ} = \text{βόλτ} \times \text{άμπέρ}$$

ή

$$W = V \cdot A$$

Είκόνα του μεγέθους της μονάδας βάττ σχηματίζουμε από τον επόμενο Πίνακα, στον οποίο γράφονται οι ισχύεις που καταναλίσκουν συνηθισμένου μεγέθους συσκευές που χρησιμοποιούνται για οικιακή χρήση.

Πίνακας Π₃ 'Ισχύων.

Λυχνία φωτισμού	25 . . .	100 W
Σίδερο σιδερώματος	300 . . .	500 W
Απορροφητήρας σκόνης	150 . . .	300 W
Ηλεκτρική κουζίνα	2 500 . . .	7 000 W
Ηλεκτρικός θερμοσίφων	4 000 . . .	6 000 W
Ηλεκτρικό ψυγείο	100 . . .	200 W
Ραδιόφωνο	30 . . .	60 W
Δέκτης τηλεόρασης		150 W
Ξυριστική μηχανή		15 W

Για να μετρήσουμε μεγάλες ισχύεις χρησιμοποιούμε συνήθως την μονάδα **κιλοβάττ** ή **χιλιοβάττ** (σύμβολο **kW**).

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}.$$

Οι γεννήτριες των ηλεκτρικών εργοστασίων, που παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές των μεγάλων πόλεων, έχουν ικανότητα να παρέχουν ισχύ πολλών εκατοντάδων ή πολλών χιλιάδων **κιλοβάττ**.

Για να μετρούμε πολύ μικρές ισχύεις χρησιμοποιούμε τη μονάδα **μιλλιβάττ** (σύμβολο **mW**).

$$1 \text{ mW} = \frac{1}{1\,000} \text{ W}.$$

Η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει ένα συνηθισμένο μικρόφωνο τηλεφώνου, είναι περίπου **1 mW**.

Στην **Μηχανική** και στην **Μηχανολογία** χρησιμοποιείται ως μονάδα ισχύος ο **Ίππος** (σύμβολο **PS**), που, όπως είναι γνωστό, ισοδυναμεί με **75 kgm/sec**.

Συνδέεται με τις μονάδες **W** και **kW** με τις σχέσεις:

$$1 \text{ PS} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW}$$

και

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ PS}.$$

Στήν Μηχανική και την Μηχανολογία χρησιμοποιείται μερικές φορές και η μονάδα αγγλικός ίππος (σύμβολο HP), που ισοδυναμεί με $550 \frac{\text{ftlb}}{\text{sec}}$, δηλαδή με $76,1 \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}$. Είναι, δηλαδή, λίγο μεγαλύτερη μονάδα από τον ίππο.

Ακριβέστερα είναι:

$$\begin{aligned} & 1 \text{ HP} = 1,014 \text{ PS} \\ \text{και} & 1 \text{ PS} = 0,986 \text{ HP}. \end{aligned}$$

Ο αγγλικός ίππος συνδέεται με τις μονάδες W και kW με τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} & 1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}. \\ \text{και} & 1 \text{ kW} = 1,34 \text{ HP}. \end{aligned}$$

13.4 'Απόδοση.

Όταν με ένα ηλεκτρικό κινητήρα μετατρέπουμε ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανικό έργο, παρατηρούμε ότι ο κινητήρας θερμαίνεται, δηλαδή, παράγεται και άλλη μορφή ενέργειας (θερμότητας), ή οποία όμως δεν μας χρειάζεται και σπαταλιέται άσκοπα για την θέρμανση του κινητήρα και του γύρω αέρα.

Στήν περίπτωση αυτή, κατά την αρχή της αφθαρσίας της ενέργειας, πρέπει, όση ενέργεια παραλαμβάνει ο κινητήρας από το ηλεκτρικό δίκτυο, τόση ακριβώς να αποδίδει συνολικά. Είναι λοιπόν:

$$\text{Ηλεκτρική ενέργεια} = \text{μηχανικό έργο} + \text{θερμότητα}.$$

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται σε όλες τις μηχανές με τις οποίες επιζητούμε να μετατρέψουμε ενέργεια από μια μορφή σε άλλη: ένα μέρος της ενέργειας μετατρέπεται σε άλλες μορφές, που δεν μας χρειάζονται και έτσι ξοδεύεται άνωφελα. Μπορούμε λοιπόν, γενικά, να γράψουμε:

$$\text{παραλαμβανόμενη ενέργεια} = \text{ωφέλιμη ενέργεια} + \text{απώλειες ενέργειας}.$$

Έπειδή η σχέση αυτή ισχύει για κάθε χρονικό διάστημα, γράφουμε επίσης:

παραλαμβανόμενη ισχύς = ωφέλιμη ισχύς + απώλειες ισχύος.

Ὅρίζομε ὅτι ἡ ἀπόδοση μιᾶς μηχανῆς (ἢ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεώς της) εἶναι τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τῆς ισχύος ποὺ ἀποδίδει ὠφέλιμα, μὲ τὴν ισχύ ποὺ παραλαμβάνει :

$$\text{Ἀπόδοση} = \frac{\text{ὠφέλιμη ισχύς}}{\text{παραλαμβανόμενη ισχύς}}.$$

Ἡ ἀπόδοση κάθε μηχανῆς, σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε, εἶναι πάντα ἀριθμὸς μικρότερος τοῦ 1. Ὅσο πιὸ καλὴ εἶναι μιὰ μηχανή, τόσο οἱ απώλειές της εἶναι μικρότερες καὶ τόσο ἡ ἀπόδοσή της εἶναι μεγαλύτερη, δηλαδή, πλησιάζει περισσότερο τὴν μονάδα.

Ἄν π. χ. ἓνας κινητήρας παραλαμβάνει ἀπὸ τὸ ἤλεκτρικὸ δίκτυο ισχύ 20 KW καὶ ἀποδίδει στὴν τροχαλία του, μηχανικὴ ισχύ 17 KW, αὐτὸ σημαίνει πὼς οἱ απώλειες ισχύος εἶναι :

$$20 - 17 = 3 \text{ kW}$$

καὶ ὅτι ἡ ἀπόδοση τοῦ κινητήρα εἶναι :

$$\frac{17 \text{ kW}}{20 \text{ kW}} = 0,85$$

δηλαδή 85 %.

13.5 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές.

1) Κάθε λάμπα τοῦ σχήματος 13.2δ, καταναλίσκει ἡλεκτρικὴ ισχύ :

$$6 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} = 30 \text{ W}.$$

Οἱ 4 λάμπες τοῦ κυκλώματος καταναλίσκουν

$$4 \cdot 30 \text{ W} = 120 \text{ W}.$$

Τὴν ισχύ αὐτὴ παρέχει ἡ πηγὴ. Πραγματικὰ ἀπὸ τὴν σχέση (3) (παράγραφος 13.2) βρίσκομε πὼς ἡ ισχύς τῆς πηγῆς εἶναι :

$$12 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 120 \text{ W}.$$

2) Γιὰ νὰ κινήσωμε ἓνα μηχανήμα χρησιμοποιοῦμε ἓναν ἡλεκτρικὸν κινητήρα, ποὺ συνδέεται σὲ δίκτυο 220 V καὶ ἀπὸ τὸν ὁποῖο περνᾷ ρεῦμα 25 A. Ἡ ἀπόδοση τοῦ κινητήρα εἶναι 0,8. Τί ισχύ

παραλαμβάνει ο κινητήρας από το δίκτυο, τί ισχύς αποδίδει και τί ισχύς χάνεται σε θερμότητα ;

Ἡ ηλεκτρική ισχύς πὸν παραλαμβάνει ὁ κινητήρας, εἶναι :

$$220 \text{ V} \cdot 25 \text{ A} = 5\,500 \text{ W} = 5,5 \text{ kW}.$$

Ἡ μηχανική ισχύς πὸν ἀποδίδει εἶναι :

$$0,8 \cdot 5,5 \text{ kW} = 4,4 \text{ kW}.$$

Ἡ ισχύς πὸν χάνεται (ἀπώλειες) εἶναι :

$$5,5 - 4,4 = 1,1 \text{ kW}.$$

3) Πόσους ἵππους ἀποδίδει ὁ κινητήρας τῆς προηγούμενης ἐφαρμογῆς ;

Ἐπειδὴ 1 kW ἰσοδυναμεῖ μὲ $1,36 \text{ PS}$, ὁ κινητήρας ἀποδίδει :

$$1,36 \cdot 4,4 = 5,98 \text{ PS (μετρικοὺς ἵππους)}.$$

Ἐπίσης μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ὁ κινητήρας ἀποδίδει :

$$1,34 \cdot 4,4 = 5,90 \text{ HP (ἀγγλικοὺς ἵππους)}.$$

4) Ἡ ηλεκτρική ἐγκατάσταση ἑνὸς σπιτιοῦ τροφοδοτεῖται ἀπὸ δίκτυο 125 V . Στὸ σπῆτι βρῖσκονται :

α) 10 λάμπες τῶν 40 W ,

β) 4 » » 60 W ,

γ) 1 λάμπα » 100 W ,

δ) 1 ηλεκτρικὸ σίδερο πὸν λειτουργεῖ μὲ ρεῦμα 3 A ,

ε) 1 ἀνεμιστήρας πὸν λειτουργεῖ μὲ ρεῦμα 1 A .

Πόση εἶναι ἡ ἐγκατεστημένη ισχύς τοῦ σπιτιοῦ ;

$$\alpha) 10 \cdot 40 \text{ W} = 400 \text{ W}$$

$$\beta) 4 \cdot 60 \text{ W} = 240 \text{ W}$$

$$\gamma) 1 \cdot 100 \text{ W} = 100 \text{ W}$$

$$\delta) 125 \text{ V} \cdot 3 \text{ A} = 375 \text{ W}$$

$$\epsilon) 125 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 125 \text{ W}$$

$$\text{ἄθροισμα} \quad \underline{1\,240 \text{ W}}, \quad \text{δηλαδή } 1,24 \text{ kW}.$$

5) Πόση είναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ γινώμονα τοῦ σπιτιοῦ τῆς προηγούμενης ἐφαρμογῆς, τὴν στιγμήν ποὺ λειτουργοῦν ὅλες οἱ συσκευές;

Ἀπὸ τὴν σχέση (3) (παράγραφος 13.2) προκύπτει:

$$I = \frac{N}{U} = \frac{1\,240\text{ W}}{125\text{ V}} = 9,92\text{ A.}$$

6) Ἐνας κινητήρας εἶναι κατασκευασμένος γιὰ τάση 110 V. Ὄταν φορτῶνεται μὲ τὸ κανονικὸ του φορτίο, παραλαμβάνει ἀπὸ τὸ δίκτυο ἰσχύ 27,5 kW. Ποιά εἶναι ἡ ἔνταση ρεύματος τοῦ κινητήρα;

$$I = \frac{N}{U} = \frac{27,5\text{ kW}}{110\text{ V}} = \frac{27\,500\text{ W}}{110\text{ V}} = 250\text{ A.}$$

7) Ἄν ὁ κινητήρας τῆς προηγούμενης ἐφαρμογῆς ἦταν κατασκευασμένος γιὰ τάση 220 V, πόση θὰ ἦταν ἡ ἔνταση ρεύματος ποὺ χρειάζεται, ὅταν φορτῶνεται μὲ τὸ κανονικὸ του φορτίο;

$$I = \frac{N}{U} = \frac{27\,500\text{ W}}{220\text{ V}} = 125\text{ A.}$$

Ὅσο ἡ τάση, μὲ τὴν ὁποία χρησιμοποιεῖται τὸ ρεῦμα, εἶναι μεγαλύτερη, τόσο οἱ ἐντάσεις ρεύματος τῶν καταναλωτῶν εἶναι μικρότερες καί, ἐπομένως, οἱ ἄγωγοι ποὺ χρειάζονται γιὰ τὴ σύνδεσή τους μποροῦν νὰ ἔχουν μικρότερες διατομές.

Φυσικὰ ὅμως, μὲ τὴν αὐξηση τῆς τάσεως, αὐξάνουν οἱ κίνδυνοι γιὰ τὸ προσωπικὸ ποὺ χρησιμοποιεῖ τίς συσκευές, καί ἐπομένως κατὰ τὴν κατασκευὴ καὶ τὴν ἐγκατάστασή τους πρέπει νὰ λαμβάνωνται περισσότερα μέτρα ἀσφαλείας.

8) Μία ἡλεκτρικὴ θερμάστρα ἰσχύος 1 kW εἶναι κατασκευασμένη γιὰ τάση 110 V. Ποιά εἶναι ἡ ἔνταση ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτήν, ἂν συνδεθῇ κανονικὰ σὲ δίκτυο 110 V καὶ ποιά ἂν, κατὰ λάθος, συνδεθῇ σὲ δίκτυο 220 V;

α) κατά την κανονική σύνδεση ή ένταση ρεύματος είναι :

$$I = \frac{N}{U} = \frac{1 \text{ kW}}{110 \text{ V}} = \frac{1000 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 9,09 \text{ A}.$$

β) Η αντίσταση της θερμάστρας δεν αλλάζει. Έπομένως, όταν συνδεθῇ σὲ διπλάσια τάση (220 V) θὰ περάσῃ ἀπ' αὐτὴν διπλάσια ένταση, δηλαδὴ $2 \cdot 9,09 \text{ A} = 18,18 \text{ A}$. Τὸ σύρμα τῆς θερμάστρας ὅμως δὲν εἶναι κατασκευασμένο γιὰ τόσο μεγάλη ένταση καὶ θὰ καῖ. (Ἄν δὲν καιγόταν θὰ ἀπέδιδε ἰσχύ: $220 \text{ V} \cdot 18,18 \text{ A} = 4000 \text{ W} = 4 \text{ kW}$).

13.6 Ἡλεκτρικὸ ἔργο.

Ἐὰν γνωρίζουμε τὴν ἰσχύ μῖς συσκευῆς μπορούμε εὐκόλα νὰ ὑπολογίσουμε τὸ ἔργο ποὺ ἀποδίδει, ὅταν ἐργάζεται ἐπὶ ὀρισμένο χρόνο. Ἀπὸ τὴν σχέση (βλ. 13.1) :

$$\text{Ἰσχύς} = \frac{\text{Ἔργο}}{\text{Χρόνος}}$$

προκύπτει ὅτι :

$$\text{Ἔργο} = \text{Ἰσχύς} \times \text{Χρόνος}$$

ἢ, μὲ σύντομη γραφή,

$$A = N \cdot t$$

(4)

Γιὰ νὰ μετρήσουμε τὸ μηχανικὸ ἔργο χρησιμοποιούμε, ὅπως εἶναι γνωστό, τὴν μονάδα *χιλιογραμμόμετρο* (kgm). Γιὰ νὰ μετρήσουμε τὸ ἡλεκτρικὸ ἔργο χρησιμοποιούμε τὴν μονάδα *βαττώριο*, τῆς ὁποίας τὸ σύμβολο εἶναι *Wh*.

Ἐνα *βαττώριο* εἶναι τὸ ἔργο ποὺ παρέχει *μηχανὴ ἰσχύος 1 W*, ὅταν ἐργάζεται ἐπὶ 1 ὥρα. (Γιὰ σύμβολο τῆς μονάδας ὥρα χρησιμοποιούμε τὸ γράμμα *h* τοῦ λατινικοῦ ἀλφαθήτου). Ὡστε :

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}.$$

Ἐνα *βαττώριο* εἶναι ἴσο μὲ 367 kgm.

Γιὰ νὰ μετρήσουμε μεγαλύτερα ποσὰ ἡλεκτρικοῦ ἔργου χρησιμοποιούμε τὴ μονάδα *κιλοβαττώριο* ἢ *χιλιοβαττώριο* (σύμβολο

kWh), ποὺ εἶναι 1 000 φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ μονάδα W :
 $1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ Wh}$.

Μία συσκευὴ ποὺ λειτουργεῖ μὲ ἰσχύ 1 kW ἀποδίδει ἔργο 1 kWh, ὅταν ἐργάζεται ἐπὶ μία ὥρα.

*Αν π. χ. οἱ συσκευές τῆς 4ης ἀπὸ τὶς προηγούμενες ἐφαρμογές (σελὶς 114) λειτουργοῦν ὅλες μαζὺ 3 ὥρες κάθε ἡμέρα, θὰ καταναλίσκουν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια :

$$1,24 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 3,72 \text{ kWh}.$$

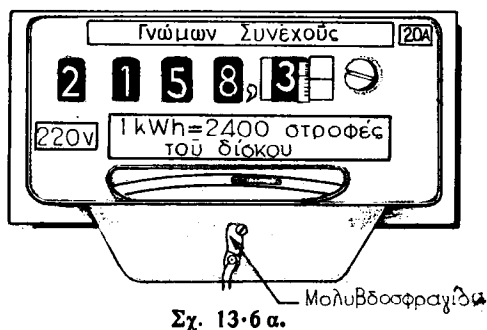
Ἡ λάμπα τοῦ κυκλώματος 13·2 α, ἂν μείνῃ ἀναμμένη 5 ὥρες, θὰ καταναλώσῃ :

$$30 \text{ W} \cdot 5 \text{ h} = 150 \text{ Wh} = 0,15 \text{ kWh}.$$

Οἱ καταναλωτὲς πληρώνουν κάθε μῆνα, στὴν ἐπιχείρηση ποὺ τοὺς παρέχει τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, ἀνάλογα μὲ τὴν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ποὺ κατανάλωσαν.

Γιὰ τὴν μέτρηση αὐτῆς τῆς ἐνεργείας ὑπάρχουν εἰδικὰ ὅργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται μετρηταὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἢ ἀπλούστερα, ἠλεκτρικοὶ γνῶμονες.

Οἱ γνῶμονες (σχ. 13·6 α) περιέχουν ἓνα δίσκο, ὁ ὁποῖος

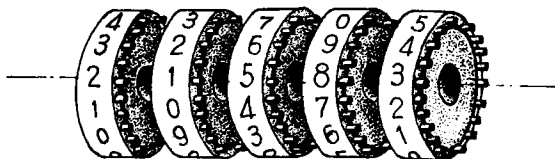


Σχ. 13·6 α.

περιστρέφεται ἀργὰ ἢ γρήγορα, ἀνάλογα μὲ τὴν ἰσχύ τῆς καταναλώσεως. Ὁ δίσκος αὐτός, κατὰ τὴν περιστροφή του, κινεῖ ἓνα

σύστημα ὁδοντωτῶν τροχῶν, ποὺ καθένας τους ἔχει στὴν ἐξωτερική του περιφέρεια χαραγμένους τοὺς ἀριθμοὺς ἀπὸ τὸ 0 ἕως τὸ 9 (σχ. 13·6 β).

Ἀπὸ ἀνοίγματα, ποὺ βρίσκονται στὴν ἐμπρὸς ἐπιφάνεια τοῦ γνόμονα, φαίνεται μόνο ἓνας ἀριθμὸς ἀπὸ κάθε τροχό. Ἔτσι, μέσα ἀπὸ ὅλα τὰ ἀνοίγματα, φαίνεται ἓνας ἀριθμὸς μὲ τόσα ψη-



Σχ. 13·6 β.

φία, ὅσοι εἶναι οἱ τροχοί. Ὁ πολυψήφιος αὐτὸς ἀριθμὸς δείχνει πόσα kWh ἔχουν καταναλωθῇ.

Ἄν π.χ. ἡ ἐνδειξη τοῦ γνόμονα

τὴν 1ην Μαΐου ἦταν 1 953,9 kWh καὶ

» 1ην Ἰουνίου » 2 158,3 »

τὸ ηλεκτρικὸ ἔργο ποὺ καταναλώθηκε τὸν μῆνα Μάιο ἦταν:

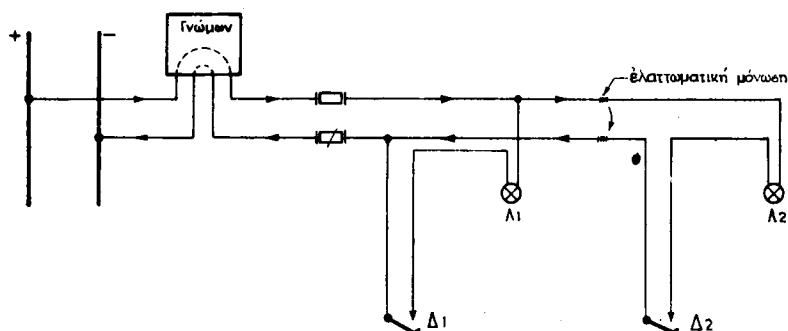
$$2\,158,3 - 1\,953,9 = 204,4 \text{ kWh}$$

καί, ἐὰν ἡ ηλεκτρικὴ ἐταιρεία δίδῃ τὸ ρεῦμα πρὸς 0,75 δρχ. τὸ kWh, ἡ ἀξία τοῦ ρεύματος γιὰ τὸν μῆνα αὐτὸν εἶναι:

$$204,4 \text{ kWh} \cdot 0,75 \text{ δρχ/kWh} = 153,30 \text{ δρχ.}$$

Ἐὰν καμιὰ ηλεκτρικὴ συσκευὴ δὲν λειτουργεῖ, ὁ δίσκος τοῦ γνόμονα πρέπει νὰ μένῃ ἀκίνητος. Ἄν ὅμως ἐξακολουθῇ νὰ γυρίζῃ, ἔστω καὶ ἀργά, αὐτὸ σημαίνει πὼς, σὲ κάποιο σημεῖο τῆς ηλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως ἡ μόνωση δὲν εἶναι καλὴ καὶ ὑπάρχει ἀπώλεια ρεύματος, δηλαδὴ, ὅτι κυκλοφορεῖ ἄσκοπα στοὺς ἀγωγοὺς τῆς ἐγκαταστάσεως ρεῦμα, τὸ ὁποῖο ὅμως δὲν βάζει σὲ λειτουργία καμιὰ συσκευή. Αὐτὸ συμβαίνει στὴν περίπτωση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 13·6 γ: Ὅλοι οἱ διακόπται τῆς ἐγκαταστάσεως

είναι άνοικτοί και έτσι δέν περνά ρεύμα από κανένα καταναλωτή. Ώφέλιμη ήλεκτρική ενέργεια δέν καταναλίσκεται και ο μετρητής έπρεπε νά μένη άκίνητος. Έπειδή όμως ή μόνωση τών άγωγών τής έγκαταστάσεως, στο σημείο που δείχνεται στο σχήμα, είναι έλαττωματική, κυκλοφορεί ήλεκτρικό ρεύμα μέσα από τούς κεντρικούς άγωγούς, όπως δείχνουν στο σχήμα τά βέλη. Τò ρεύμα αυτό περνά άναγκαστικά από τόν γνώμονα τής έγκαταστάσεως,



Σχ. 13-6 γ.

ο όποιος γυρίζει και καταγράφει τήν ενέργεια που ξοδεύεται έτσι άσκοπα.

Τήν άπώλεια αυτή τήν καταγράφει ο γνώμονας και όταν βρίσκονται σέ λειτουργία οί συσκευές τής έγκαταστάσεως, γιατί ή ένταση του ρεύματος που περνά από αυτόν είναι μεγαλύτερη από τήν ένταση του ρεύματος που χρειάζονται οί συσκευές τής έγκαταστάσεως.

Έτσι ένα έλάττωμα στην μόνωση τών άγωγών προξενεί μιá συνεχή άπώλεια, που όχι μόνο τήν καταγράφει ο γνώμονας και τήν πληρώνομε άσκοπα, αλλά μπορεί νά υπερθερμάνη τούς άγωγούς και, άκόμη, νά προκαλέση άτυχήματα.

Κάθε μετρητής έχει μιá πινακίδα στην όποία γράφεται :

- α) το είδος του ρεύματος (συνεχές ή, εναλλασσόμενο) για το
 όποιο έχει κατασκευασθῇ,
 β) για ποιά τάση έχει κατασκευασθῇ,
 γ) ποιά είναι ἡ κανονική του ἔνταση, καὶ
 δ) πόσες στροφές πρέπει νὰ κάμῃ ὁ δίσκος τους για νὰ καταγραφῇ 1 kWh.

Οἱ κανονικὲς ἐντάσεις για τοὺς γνῶμονες εἶναι:

5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500... ἀμπέρ.

Ἡ μεγαλύτερη ἔνταση ρεύματος, ποὺ κατὰ τὴν κανονικὴ λειτουργία τῆς ἐγκαταστάσεως θὰ περάσῃ ἀπὸ τὸν μετρητῇ, πρέπει νὰ εἶναι τὸ πολὺ ἴση μὲ τὴν κανονικὴ του ἔνταση.

Μὲ τὴν βοήθεια τοῦ μετρητῇ μπορούμε νὰ ὑπολογίζωμε τὴν ἰσχύ καὶ τὴν ἔνταση τῶν συσκευῶν μας, ὅπως δείχνει τὸ ἐπόμενο παράδειγμα:

Στὴν ἡλεκτρικὴ ἐγκατάσταση ἑνὸς σπιτιοῦ ἔχει τοποθετηθῇ ἓνας μετρητής, ποὺ ὁ δίσκος του κάνει 2 400 στροφές για κάθε kWh κατανάλωσews. Ἡ τάση, μὲ τὴν ὁποία παρέχεται τὸ ρεῦμα, εἶναι 220 V. Ἄν θέλωμε νὰ βροῦμε τὴν ἰσχύ τοῦ φυγείου τοῦ σπιτιοῦ, πρέπει νὰ διακόψωμε ὅλες τὶς συσκευές τῆς ἡλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως καὶ νὰ ἀφήσωμε μόνο τὸ φυγεῖο. Μὲ ἓνα ρολοῖ μετράμε τότε τὸν χρόνο ποὺ χρειάζεται ὁ δίσκος τοῦ μετρητῇ για νὰ κάμῃ μερικὲς στροφές. Ἄς ποῦμε πὼς για νὰ κάμῃ 40 στροφές χρειάστηκε 6 min. Τὴν ἰσχύ τοῦ φυγείου τῇ βρίσκομε τότε ὡς ἑξῆς:

2 400 στροφές τοῦ δίσκου ἀντιπροσωπεύουν κατανάλωση 1 kWh

δηλαδή, 1 000 Wh,

ἐπομένως 1 στροφή τοῦ δίσκου ἀντιπροσωπεύει κατανάλωση:

$$\frac{1\,000}{2\,400} \text{ Wh}$$

καὶ οἱ 40 στροφές τοῦ δίσκου ἀντιπροσωπεύουν κατανάλωση:

$$40 \cdot \frac{1\,000}{2\,400} \text{ Wh} = 16,7 \text{ Wh}.$$

Τὸ ἔργο αὐτὸ καταναλώθηκε σὲ 6 min, δηλαδή σὲ $\frac{6}{60} = 0,1$ ὥρες.

Ὡστε ἡ ἰσχύς τοῦ φυγείου προκύπτει, ἀπὸ τὴν σχέση (4), ὅτι εἶναι ἴση πρὸς:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{16,7 \text{ Wh}}{0,1 \text{ h}} = 167 \text{ W}.$$

Ἡ ἔνταση ρεύματος τοῦ φυγείου εἶναι:

$$I = \frac{N}{U} = \frac{167 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0,76 \text{ A}.$$

Μὲ τὸν ἴδιο φυσικὰ τρόπο, δηλαδή μὲ τὴν βοήθεια τοῦ γνώμονα μιᾶς ἡλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, μπορούμε νὰ ὑπολογίζουμε τὴν ἰσχύ ὁποιασδήποτε ἀπὸ τὶς συσκευές, ποὺ συνδέονται σ' αὐτή. Ἀρκεῖ, ὅταν μετροῦμε τὶς στροφές τοῦ γνώμονα, νὰ ἔχουμε σὲ λειτουργία μόνο τὶς συσκευές ἐκεῖνες ποὺ θέλομε νὰ βροῦμε τὴν ἰσχύ τους.

13·7 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Κάθε μηχανὴ κατασκευάζεται γιὰ μιὰ ὀρισμένη ἰσχύ. Ἄν τὴν ἀναγκάσουμε νὰ λειτουργήσῃ μὲ μεγαλύτερη ἰσχύ, ἡ μηχανὴ ὑπερφορτῶνεται καὶ ὑπάρχει κίνδυνος νὰ καταστραφῇ.

β) Ἀπόδοση μιᾶς μηχανῆς εἶναι ὁ ἀριθμὸς ποὺ βρίσκομε, ἂν διαιρέσουμε τὴν ἰσχύ ποὺ ἀποδίδει ἡ μηχανή, μὲ τὴν ἰσχύ ποὺ παραλαμβάνει.

γ) Ἡ ἀπόδοση κάθε μηχανῆς εἶναι ἀριθμὸς μικρότερος ἀπὸ τὴν μονάδα, γιατί ἡ ἰσχύς ποὺ ἀποδίδει εἶναι πάντα μικρότερη ἀπὸ τὴν ἰσχύ ποὺ παραλαμβάνει. Ἡ διαφορὰ στὶς δύο αὐτὲς ἰσχεῖς ὀφείλεται στὶς ἀπώλειες τῆς μηχανῆς.

δ) Ἡ ἰσχύς ποὺ παραλαμβάνει ἓνας ἡλεκτρικὸς καταναλωτὴς εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενο τῆς τάσεως, ποὺ ἐφαρμόζεται σ'

αυτόν, ἐπὶ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτόν.

ε) Ἡ ἰσχύς ποὺ ἀποδίδει μιὰ ἠλεκτρικὴ πηγὴ, εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενο τῆς *πολικῆς της τάσεως* ἐπὶ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ δίνει.

ζ) Τὴν ἠλεκτρικὴ ἰσχύ τὴν μετροῦμε σὲ βᾶττ (W) καθὼς καὶ σὲ κιλοβᾶττ (kW) ἢ σὲ μιλλιβᾶττ (mW).

η) Ἐνα kW εἶναι ἴσο μὲ 1,36 ἵππους. Ἐνας ἵππος εἶναι ἴσος μὲ 736 W.

θ) Τὴν ἐνέργεια ποὺ καταναλίσκει ἓνας καταναλωτής, ὅπως ἐπίσης καὶ ἐκείνην ποὺ δίνει μιὰ ἠλεκτρικὴ πηγὴ, τὴν μετροῦμε μὲ εἰδικὰ ὄργανα, ποὺ λέγονται *μετρητὲς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἢ ἠλεκτρικοὶ γνῶμονες*.

ι) Ἡ μονάδα, μὲ τὴν ὁποία μετροῦμε τὴν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, λέγεται βαττῶριο (Wh). Πολλαπλάσιο αὐτῆς εἶναι ἡ μονάδα *κιλοβαττῶριο (kWh)*.

ια) Ἐνα βαττῶριο εἶναι ἴσο μὲ 367 kgm.

ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

14.1 Φαινόμενο Τζούλ.

Όταν ηλεκτρικό ρεύμα περνά από έναν άγωγο τον θερμαίνει. Ένα μέρος λοιπόν, ή και ολόκληρη ή ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος, μετατρέπεται σε θερμότητα.

Η θέρμανση αυτή προέρχεται από τις συγκρούσεις που παθαίνουν τα ηλεκτρόνια, καθώς κινούνται μέσα στον άγωγο, με τα άτομα του άγωγου τούτου. Φυσικά, όσο περισσότερες και δυνατότερες συγκρούσεις γίνονται, δηλαδή, όσο περισσότερα είναι τα ηλεκτρόνια και όσο μεγαλύτερη είναι ή ταχύτητά τους, τόσο μεγαλύτερη είναι ή θέρμανση του άγωγου.

Το φαινόμενο αυτό πολλές φορές είναι επιζήμιο, γιατί:

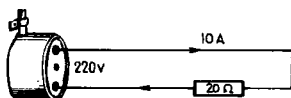
- α) οί συγκρούσεις αυτές απορροφούν ένα μέρος τής ενέργειας που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, και
- β) υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν τὰ μονωτικά των άγωγών, εάν ή θερμοκρασία τους ανέβη πολύ, και να δημιουργηθούν πυρκαϊές.

Αντίθετα πάλι, πάρα πολλές ωφέλιμες εφαρμογές του ηλεκτρισμού βασίζονται σ' αυτό το φαινόμενο. Το άναμμα των ηλεκτρικών λυχνιών και ό φωτισμός που μάς παρέχουν, το ζέσταμα του νερού και φαγητού με τούς ηλεκτρικούς βραστήρες, θερμοσίφωνες ή κουζίνες, το λυώσιμο και ή συγκόλληση μετάλλων με ηλεκτρικούς φούρνους ή με ειδικές συσκευές για ηλεκτροσυγκόλληση κλπ., γίνονται με τήν μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Τζούλ [από το όνομα του Άγγλου έρευνητού Τζέιμς Πρέσκοττ Τζούλ (James Prescott Joule), 1818 — 1889].

Το φαινόμενο αυτό δεν εξαρτάται φυσικά από την διεύθυνση κατά την οποία κινούνται τα ηλεκτρόνια, και επομένως, παρουσιάζεται τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. "Όλες οι συσκευές, με τις οποίες γίνεται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα, μπορούν λοιπόν να λειτουργούν είτε με συνεχές είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα.

Σε μια πρίζα 220 V συνδέεται μια αντίσταση 20 Ω. Η αντίσταση των συνδετικών αγωγών ως ποῦμε ότι είναι 2 Ω (σχ. 14.1 α). Η ένταση του ρεύματος θα είναι τότε :



Σχ. 14.1 α.

$$\frac{220 \text{ V}}{20 \Omega + 2 \Omega} = \frac{220 \text{ V}}{22 \Omega} = 10 \text{ A},$$

η αντίσταση θα βρίσκεται σε τάση :

$$U = R \cdot I = 20 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 200 \text{ V}$$

και η ηλεκτρική ισχύς, που παρέχεται στην αντίσταση, θα είναι :

$$N = 200 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW}.$$

Αφού η αντίσταση θερμαίνεται μόνο, χωρίς να παρέχει άλλης μορφής ενέργεια (κίνηση, χημική ενέργεια κλπ.), ολόκληρη η ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε θερμική.

Το ποσό της θερμότητας που δίνει η αντίσταση εξαρτάται, φυσικά, από τον χρόνο που διαρκεί το ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι

$$\text{σε μία ώρα δίνει } 2 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 2 \text{ kWh}$$

$$\text{» δύο ώρες » } 2 \text{ kW} \cdot 2 \text{ h} = 4 \text{ »}$$

$$\text{» τρεις » } 2 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 6 \text{ »} \quad \text{κ.ο.κ.}$$

Η θερμότητα που αναπτύσσεται στους συνδετικούς αγωγούς βρίσκεται ως εξής :

Η πτώση τάσεως σ' αυτούς είναι :

$$2 \, \Omega \cdot 10 \, \text{A} = 20 \, \text{V}.$$

Ώστε, ή ήλεκτρική ισχύς πού μετατρέπεται σέ θερμική είναι :

$$20 \, \text{V} \cdot 10 \, \text{A} = 200 \, \text{W} = 0,2 \, \text{kW}.$$

Τò ποσό τής ήλεκτρικής ένεργείας, πού μετατρέπεται σέ θερμότητα στους συνδετικούς άγωγούς και τους θερμαίνει, έξαρτάται άπό τόν χρόνο πού διαρκεί τò ήλεκτρικό ρεύμα.

Δηλαδή :

$$\text{σέ 1 ώρα είναι } 0,1 \, \text{kW} \cdot 1 \, \text{h} = 0,2 \, \text{kWh}$$

$$\gg 2 \, \text{ώρες} \gg 0,2 \gg \cdot 2 \gg = 0,4 \gg$$

$$\gg 3 \gg \gg 0,2 \gg \cdot 3 \gg = 0,6 \gg \text{ κ.ο.κ.}$$

Άπό τήν Φυσική είναι γνωστό πώς τò ποσό τής θερμότητας μετριέται συνήθως όχι σέ kWh αλλά σέ *χιλιοθερμίδες*, και ότι χιλιοθερμίδα ή κιλοκαλορί (σύμβολο kcal) είναι τò ποσό τής θερμότητας πού χρειάζεται για νά ζεσταθῇ ένα kg νερού κατὰ ένα βαθμό Κελσίου.

Ἡ μονάδα kWh είναι πολύ μεγαλύτερη άπό τήν kcal.

Έχει υπολογισθῇ πώς :

$$1 \, \text{kWh} \text{ είναι ἴσο μὲ } 860 \text{ χιλιοθερμίδες.}$$

$$1 \, \text{kWh} = 860 \, \text{kcal}.$$

Ώστε, άν θέλωμε νά ἔχωμε τò ποσό τής θερμότητας πού δίνουν οί ήλεκτρικές αντίστάσεις όχι μόνο σέ κιλοβαττώρια αλλά και σέ χιλιοθερμίδες, άρκει νά πολλαπλασιάζωμε τὰ κιλοβαττώρια πού βρίσκομε μὲ τόν άριθμò 860.

Ἡ αντίσταση, λοιπόν, για τήν όποία μιλήσαμε παρὰ πάνω, παίρνει ήλεκτρική ένέργεια και δίνει στò περιβάλλον (δηλαδή παράγει, όπως λέμε) θερμότητα :

$$2 \, \text{kWh} \cdot 860 \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}} = 1 \, 720 \, \text{kcal}, \text{ σέ } 1 \, \text{h}$$

$$4 \gg \cdot 860 \gg = 3 \, 440 \gg , \gg 2 \gg$$

$$6 \gg \cdot 860 \gg = 5 \, 160 \gg , \gg 3 \gg \text{ κ.ο.κ.}$$

Ἀπὸ τὸ προηγούμενο παράδειγμα παρατηροῦμε πὼς ἐνῶ στὴν ἀντίσταση τῶν $20\ \Omega$ μετατρέπεται σὲ θερμότητα ἰσχύος $2\ \text{kW}$, στοὺς συνδετικούς ἀγωγοὺς μετατρέπεται μόνο ἰσχύος $0,2\ \text{kW}$, κι' αὐτὸ συμβαίνει μολονότι τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἔχει παντοῦ τὴν ἴδια ἔνταση.

Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ ἀντίσταση τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν εἶναι πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση τῶν $20\ \Omega$.

Ὅπως πρῶτος ὁ Τζούλ ἀπέδειξε πειραματικά, ἡ *ἡλεκτρικὴ ἰσχύς ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμότητα*, ὅταν ἡλεκτρικὸ ρεῦμα περνᾷ ἀπὸ ἓναν ἀγωγό, *εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ καὶ πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος*.

Στὴν περίπτωσιν τοῦ παραδείγματος ποὺ ἐξετάσαμε πρὶν πάντω, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι $10\ \text{A}$ καὶ τὸ τετράγωνό της:

$$10^2 = 10 \cdot 10 = 100.$$

Ἡ ἰσχύς ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμότητα στὴν ἀντίσταση τῶν $20\ \Omega$ σύμφωνα μὲ τὸν νόμο τοῦ Τζούλ, εἶναι:

$$20 \cdot 100 = 2000\ \text{W} \text{ ἢ } 2\ \text{kW}.$$

ἐνῶ, ἡ ἰσχύς στοὺς συνδετικούς ἀγωγούς, ποὺ ἔχουν ἀντίσταση, $2\ \Omega$, εἶναι:

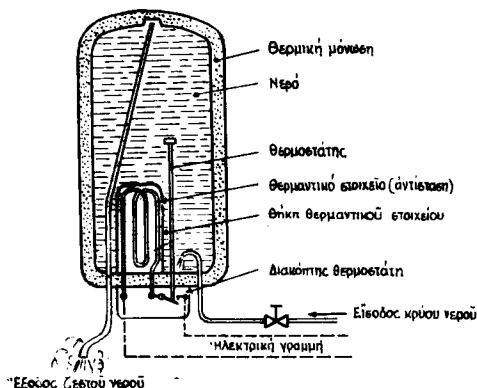
$$2 \cdot 100 = 200\ \text{W} \text{ ἢ } 0,2\ \text{kW}.$$

Παρατηροῦμε ὅτι, ὅπως ἔπρεπε, βρίσκομε πάλι τὰ ἴδια ἀποτελέσματα ὅπως καὶ πρὶν.

Οἱ συνδετικοὶ ἀγωγοὶ ποὺ δὲν πρέπει νὰ θερμαίνωνται πολὺ ὅταν περνᾷ ἀπ' αὐτοὺς ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, κατασκευάζονται ἀπὸ χαλκὸ ἢ ἀλουμίνιο ὥστε νὰ ἔχουν μικρὴ ἀντίσταση, ἐνῶ τὰ σύρματα ποὺ τοποθετοῦνται στὶς θερμάστρες, κουζίνες, θερμοσίφωνες, ἡλεκτρικὰ σίδερα κλπ., δηλαδὴ στὶς συσκευὲς ποὺ θέλομε νὰ παράγεται θερμότητα, κατασκευάζονται ἀπὸ εἰδικὰ κράματα ποὺ ἔχουν μεγάλη εἰδικὴ ἀντίσταση. Τέτοια κράματα εἶναι π. χ. ἡ χρωμονικελίνη, ἡ νικελίνη, ὁ μαγγανίνης καὶ ἄλλα.

14.2 Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες.

Οί θερμοσίφωνες αποτελούνται από ένα μεταλλικό δοχείο που τις πιδ πολλές φορές έχει σχήμα κυλινδρικό. Τò δοχείο αυτό περιβάλλεται με θερμομονωτικά υλικά, ώστε να μὴ χάνεται εύκολα ἡ θερμότητα τοῦ νεροῦ που περιέχει (σχ. 14.2 α).



Σχ. 14.2 α.

Στò κάτω μέρος τοῦ δοχείου καταλήγει ἕνας σωλήνας που συνδέεται με τὴν ὑδραυλικὴ ἐγκατάσταση τοῦ σπιτιοῦ καὶ με τὸν ὁποῖον ἔρχεται πρὸς τὸ δοχείο τὸ κρύο νερό. Ἀπὸ τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου ξεκινᾷ ὁ σωλήνας με τὸν ὁποῖον φεύγει τὸ ζεστό νερό.

Μέσα στὸ δοχείο βρίσκεται τὸ θερμαντικὸ στοιχείο, δηλαδή μιὰ μεταλλικὴ θήκη, μέσα στὴν ὁποία εἶναι τοποθετημένη ἡ ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση (σύρμα ἢ ταινία κατασκευασμένη ἀπὸ μεταλλικὸ κράμα που ἔχει μεγάλη εἰδικὴ ἀντίσταση). Ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεύμα καὶ τὴν θερμαίνει. Ἡ θήκη εἶναι μονωμένη ἡλεκτρικά ἀπὸ τὴν ἀντίσταση καὶ χρησιμεύει γιὰ νὰ ἐμποδίξῃ τὸ νερό νὰ ἔρχεται σὲ ἄμεση ἐπαφὴ με τὴν ἀντίσταση. Ἔτσι δὲν γίνονται διαρροὲς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος πρὸς τὸ νερό.

Στον θερμοσίφωνα βρίσκεται επίσης μία συσκευή που λέγεται *θερμοστάτης*. Ο θερμοστάτης είναι ένας αυτόματος διακόπτης, που ανοίγει και κλείνει ανάλογα με την θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται. Όταν ζεσταθῇ τὸ νερό, ζεσταίνεται και ὁ θερμοστάτης. Τότε ἕνα μεταλλικό στέλεχος, που βρίσκεται στὸ ἐξωτερικό του, διαστέλλεται καὶ προκαλεῖ τὸ ἀνοιγμα τῆς ἐπαφῆς ἐνὸς διακόπτη, που βρίσκεται κοντὰ στὸ μεταλλικό στέλεχος. Ἔτσι ὁ διακόπτης διακόπτει τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ τότε ἡ θέρμανση τοῦ νεροῦ σταματᾷ. Όταν κρυώσῃ λίγο τὸ νερό, τὸ στέλεχος τοῦ θερμοστάτη συστέλλεται, ὁ διακόπτης ξανακλείνει, τὸ ρεῦμα περνᾷ πάλι ἀπὸ τὴν ἀντίσταση καὶ τὸ νερὸ ἀρχίζει πάλι νὰ ζεσταίνεται.

Οἱ θερμοσίφωνες που βρίσκονται στὸ ἐμπόριο εἶναι κατασκευασμένοι σὲ διάφορα μεγέθη ἀνάλογα μὲ τὸν ὅγκο τοῦ νεροῦ που μποροῦν νὰ χωρέσουν καὶ τὴν ἰσχύ που δίνει τὸ θερμαντικὸ τους στοιχεῖο. Γιά οἰκιακὴ χρῆση κατασκευάζονται θερμοσίφωνες μὲ χωρητικότητα 10, 20, 40, 80 ἢ 120 λίτρων (dm^3) καὶ ἰσχύ 400, 600, 1 000, 1 200, 2 000, 3 000 καὶ 4 000 βάττ.

Ἄς ὑποθέσωμε πὼς ἕναν θερμοσίφωνα μὲ χωρητικότητα 80 λίτρων τὸν γεμίζομε μὲ νερὸ θερμοκρασίας 10°C . Πόση ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια πρέπει νὰ καταναλώσῃ γιὰ νὰ ζεστάνῃ τὸ νερὸ σὲ θερμοκρασία 85°C ;

Οἱ 80 λίτρες τοῦ νεροῦ ζυγίζουν 80 kg. Ἡ θερμοκρασία τους πρέπει νὰ ἀνέβῃ κατὰ

$$85^\circ - 10^\circ = 75^\circ \text{C}.$$

Ἀφοῦ, γιὰ νὰ θερμάνωμε 1 kg νεροῦ κατὰ 1°C , χρειάζεταιται θερμότης 1 Kcal, γιὰ νὰ θερμάνωμε 80 kg κατὰ 75°C θὰ χρειασθοῦν :

$$80 \cdot 75 = 6\,000 \text{ kcal}$$

καί, ἐπειδὴ 1 kWh ἰσοδυναμεῖ μὲ 860 kcal, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια που θὰ καταναλωθῇ εἶναι :

$$\frac{6\,000}{860} \simeq 7 \text{ kWh.}$$

Αν τὸ kWh στοιχίζει 0,80 δραχ. ἡ δαπάνη γιὰ τὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ εἶναι :

$$7 \text{ kWh} \cdot 0,80 \text{ δραχ./kWh} = 5,60 \text{ δραχ.}$$

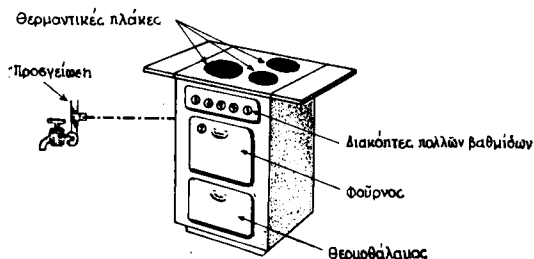
Πόση ὥρα χρειάζεται γιὰ τὴ θέρμανση τοῦ νεροῦ; Αὐτὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἰσχὺ τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου. Ἄν π.χ. ἡ ἰσχὺς του εἶναι 2 kW ἡ θέρμανση τοῦ νεροῦ θὰ γίνη σὲ

$$\frac{7 \text{ kWh}}{2 \text{ kW}} = 3,5 \text{ ὥρες.}$$

Στὴν πραγματικότητα θὰ καταναλωθῇ κάπως περισσότερη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια καὶ θὰ χρειασθῇ λίγο περισσότερη ὥρα γιὰ τὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ, γιατί τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα πρέπει νὰ δώσῃ ὄχι μόνο τὰ 7 kWh ποὺ χρειάζονται γιὰ τὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ, ἀλλὰ καὶ τὴν ἐνέργεια ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ θερμανθοῦν τὰ μεταλλικὰ μέρη τοῦ θερμοσίφωνα καθὼς καὶ τὶς ἀπώλειες θερμότητος τοῦ θερμοσίφωνα πρὸς τὸν γύρω χωρὸ.

14.3 Ήλεκτρικες κουζίνες.

Οἱ ἡλεκτρικὲς κουζίνες ἔχουν μία ἢ καὶ περισσότερες θερμαντικὲς πλάκες (μάτια), συχνὰ δὲ ἔχουν καὶ φούρνο (σχ. 14.3 α).

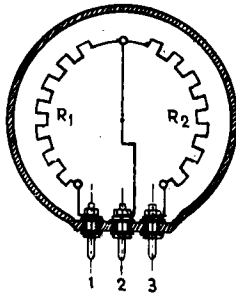


Σχ. 14.3 α.

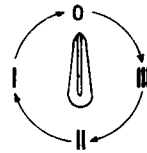
Συνήθως μέσα σὲ κάθε θερμαντικὴ πλάκα βρίσκονται 2 ἀν-

τιστάσεις R_1 και R_2 (σχ. 14·3 β) από τις οποίες περνά το ηλεκτρικό ρεύμα και τις θερμαίνει.

Η κυκλοφορία του ρεύματος στις αντιστάσεις κανονίζεται από ένα διακόπτη, ο οποίος συνήθως έχει 4 θέσεις (σχ. 14·3 γ), που χαρακτηρίζονται με τα ψηφία 0, III, II και I. Στην θέση 0 το ρεύμα δεν περνά από καμμιὰ αντίσταση. Αυτή είναι η θέση



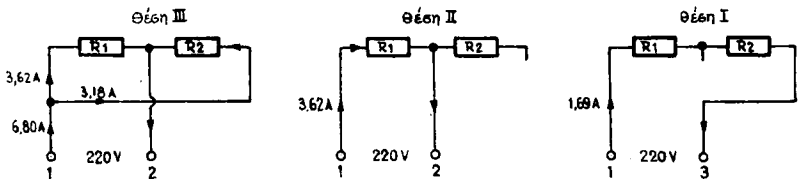
Σχ. 14·3 β.



Σχ. 14·3 γ.

ήρεμίας. Στις άλλες θέσεις, που είναι οι θέσεις εργασίας, οι αντιστάσεις συνδέονται με την ηλεκτρική γραμμή ως εξής:

Στη θέση III οι δύο αντιστάσεις βρίσκονται ενωμένες παράλληλα (Σχ. 14·3 δ).



Σχ. 14·3 δ.

Η ένταση του ρεύματος είναι μεγάλη. Η πλάκα αποδίδει την μεγαλύτερη θερμαντική ισχύ.

Στην θέση II το ρεύμα περνά από την μία αντίσταση μόνο. Η ένταση του ρεύματος είναι τότε μικρότερη και, φυσικά, η θερμαντική ισχύς είναι επίσης μικρότερη.

Στήν θέση I οι δύο αντιστάσεις βρίσκονται ένωμένες σέ σειρά. Ἡ ένταση τοῦ ρεύματος εἶναι τώρα ἀκόμη μικρότερη καὶ ἡ πλάκα ἀποδίδει τὴν μικρότερη θερμαντικὴ ἰσχύ.

Ἄς ποῦμε π.χ. ὅτι οἱ ἀντιστάσεις στὸ σχῆμα 14.3 β, ὅπως καὶ στὸ σχῆμα 14.3 δ, εἶναι:

$$R_1 = 61 \, \Omega \text{ καὶ } R_2 = 69 \, \Omega$$

καὶ ὅτι τὸ δίκτυο στὸ ὁποῖο συνδέονται ἔχει τάση 220 V. Τότε, στήν θέση III τοῦ διακόπτη, τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ

$$\text{ἀπὸ τὴν ἀντίσταση } R_1 \text{ ἔχει ένταση: } \frac{220 \text{ V}}{61 \, \Omega} \simeq 3,62 \text{ A}$$

$$\text{» » » } R_2 \text{ » » } \frac{220 \text{ V}}{69 \, \Omega} \simeq 3,18 \text{ A.}$$

Τὸ ὅλικὸ ρεῦμα εἶναι τότε $3,62 \text{ A} + 3,18 \text{ A} = 6,80 \text{ A}$.

Στήν θέση II τοῦ διακόπτη, τὸ ρεῦμα περνᾷ μόνον ἀπὸ τὴν ἀντίσταση R_1 . Ἡ έντασή του εἶναι 3,62 A.

Στήν θέση I, ἡ ὅλική ἀντίσταση εἶναι $61 \, \Omega + 69 \, \Omega = 130 \, \Omega$ καὶ ἡ ένταση τοῦ ρεύματος

$$\frac{220 \text{ V}}{130 \, \Omega} = 1,69 \text{ A.}$$

Ἡ θερμαντικὴ ἰσχὺς τῆς πλάκας λοιπόν,

$$\text{στὴν θέση III εἶναι } 220 \text{ V} \cdot 6,80 \text{ A} = 1500 \text{ W,}$$

$$\text{» » II » } 220 \text{ V} \cdot 3,62 \text{ A} = 795 \text{ W,}$$

$$\text{» » I » } 220 \text{ V} \cdot 1,69 \text{ A} = 372 \text{ W.}$$

14.4 Θέρμανση αγωγών.

Οἱ ἄγωγοί, μὲ τοὺς ὁποίους ὁδηγεῖται τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα πρὸς τοὺς καταναλωτές, θερμαίνονται καθὼς περνᾷ τὸ ρεῦμα καὶ ἡ θερμοκρασία τους γίνεται ἀρκετὰ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ εἶναι δυσάρεστο, ὅχι μόνο γιατί ἡ θερ-

μότητα ποὺ ἀναπτύσσεται στοὺς ἀγωγούς εἶναι ἓνα ποσὸ ἐνέργειας ποὺ χάνεται ἄσκοπα, ἀλλὰ κυρίως γιατί, ἂν ἡ θέρμανση τῶν ἀγωγῶν εἶναι μεγάλη, μπορεῖ νὰ καταστραφοῦν οἱ μονώσεις τους, νὰ γίνουν βραχυκυκλώματα καὶ νὰ προκληθοῦν πυρκαϊῆς (βλέπε πιὸ κάτω 14·5).

Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ ἡ θερμοκρασία τῶν ἀγωγῶν τῶν ἐσωτερικῶν ἡλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων δὲν ἐπιτρέπεται νὰ ξεπεράσῃ τοὺς 60°C .

Εἶναι ὁμως σχεδὸν φανερὸ πὺς ἡ θερμοκρασία στὴν ὁποία φθάνει ἓνας ἀγωγός, ἀπὸ τὸν ὁποῖο περνᾷ συνεχῶς ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ θερμότητα ποὺ ἀναπτύσσεται, δηλαδῆ, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐπίσης ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐκολία ἢ τὴν δυσκολία ποὺ ἔχει νὰ μεταδίδῃ τὴν θερμότητα ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ γύρω του χῶρο. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο ἓνας ἀγωγός, ποὺ βρίσκεται τοποθετημένος μέσα σ' ἓναν σωλήνα, φθάνει σὲ μεγαλύτερη θερμοκρασία ἀπὸ ἓναν ἄλλο ὅμοιο ἀγωγό, ἀπὸ τὸν ὁποῖο περνᾷ ρεῦμα τῆς ἴδιας ἐντάσεως, ἀλλὰ ὁ ὁποῖος βρίσκεται στὸ ὑπαιθρο καὶ ἔχει γύρω του ἐλεύθερο ἀέρα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ πρώτου ἀγωγοῦ, ποὺ βρίσκεται μέσα στὸν σωλήνα, ἐξαρτᾶται ἀκόμη καὶ ἀπὸ τὸ ἂν στὸν ἴδιο σωλήνα βρίσκονται ἢ ὄχι ἄλλοι ἀγωγοί, ἀπὸ τοὺς ὁποίους περνοῦν ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ὅσο περισσότεροι ἀγωγοὶ εἶναι στὸν ἴδιο σωλήνα, τόσο περισσότερη θερμότητα ἀναπτύσσουν καὶ τόσο πιὸ μεγάλη γίνεται ἡ θερμοκρασία τους.

Ἡ θερμοκρασία ποὺ φθάνει ἓνας ἀγωγός ἀπὸ τὸν ὁποῖο περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀντίθετα ὁμως ἐξαρτᾶται πολὺ ἀπὸ τὴν διατομὴ του. Ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ, τόσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ θερμοκρασία στὴν ὁποία φθάνει. Καὶ αὐτὸ συμβαίνει γιὰ δύο λόγους:

α) Διότι μικρή διατομή σημαίνει μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση. Όστε, σύμφωνα με τον νόμο του Τζούλ, μεγάλα ποσά ενέργειας μετατρέπονται σε θερμότητα.

β) Διότι μικρή διατομή σημαίνει ότι ο αγωγός έχει μικρή εξωτερική (κυλινδρική) επιφάνεια. Δυσκολεύεται επομένως να μεταδώσει την θερμότητα αυτήν στον γύρω χώρο.

Γι' αυτόν τον λόγο, σε κάθε χώρα υπάρχουν επίσημοι Κρατικοί Κανονισμοί που καθορίζουν πόση είναι ή μεγαλύτερη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, που επιτρέπεται να περάσει από έναν αγωγό, ανάλογα με την διατομή του και τον τρόπο με τον οποίο είναι τοποθετημένος, χωρίς να δημιουργηθεί επικίνδυνη υπερθέρμανση του αγωγού.

Σε κάθε έσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση λοιπόν, πρέπει, οι εντάσεις του ρεύματος, που κατά την κανονική λειτουργία της περνούν από τους αγωγούς της, να είναι μικρότερες ή το πολύ ίσες, με αυτές που καθορίζουν οι κανονισμοί και οι όποιες αναγράφονται στον παρακάτω Πίνακα 3. Αντίθετα, όταν πρόκειται να κατασκευάσουμε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, πρέπει οι διατομές των αγωγών της να καθορισθούν ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που υπολογίζουμε πως θα περνά απ' αυτούς και να είναι μεγαλύτερες, ή τουλάχιστον ίσες, με αυτές που αναγράφονται στον Πίνακα.

Οι τιμές που δίνει ο Πίνακας 3 είναι για αγωγούς χάλκινους. Αν οι αγωγοί είναι από αλουμίνιο θα πρέπει οι επιτρεπόμενες εντάσεις να περιοριστούν στα 80% των τιμών του πίνακα.

Η στήλη β του Πίνακα εφαρμόζεται στις περιπτώσεις στις οποίες μέσα σε ένα σωλήνα βρίσκονται 1, 2 ή 3 το πολύ αγωγοί.

Όταν υπάρχουν περισσότεροι από 3 αγωγοί, ή απαγωγή της θερμότητας είναι πιο δύσκολη και, αν επιτρέπαμε την ίδια ένταση, ή θερμοκρασία κάθε αγωγού θα ήταν τώρα μεγαλύτερη. Στην περίπτωση αυτή ή μέγιστη ένταση που θα επιτρέψουμε να περνά

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3.

α	β	γ	δ
Όνομαστική διατομή αγωγού	Μεγίστη επιτρεπομένη ένταση (σε άμπέρ)		
	Άγωγοί τοποθετη- μένοι μέσα σε σωλη- νώσεις χωνευτές ή δρατές	Μονοπολικοί άγω- γοί σε εγκαταστά- σεις δρατές	Συνδυαστικοί άγωγοί, καρδόνια φορητών ή κινητών συσκευών
0,75	9	15	7
1	11	18	9
1,5	14	22	10
2,5	20	31	15
4	25	41	20
6	33	54	26
10	43	70	35
16	60	96	48
25	83	128	65
35	100	153	78
50	127	197	100
70	147	234	—
95	181	287	—
120	208	336	—
150	238	383	—
185	266	435	—
240	310	515	—
300	355	596	—

από τον καθένα άγωγό, πρέπει να είναι μικρότερη από αυτήν που αναγράφεται στον Πίνακα, για να επιτύχωμε ώστε η θερμοκρασία τους να μὴν ξεπέραση τους 60°.

Για παράδειγμα ἄς ἐξετάσωμε τὴν ἐξῆς περίπτωση :

Σὲ μιὰ πολυκατοικία, οἱ γνώμονες ὄλων τῶν διαμερισμάτων εἶναι τοποθετημένοι στὸ ισόγειο. Τί διατομὴ πρέπει νὰ ἔχουν οἱ ἄγωγοι τῆς γραμμῆς ποὺ τροφοδοτεῖ ἓνα διαμέρισμα τοῦ β' ὀρόφου (δηλαδή, ἀπὸ τὸν γνώμονα μέχρι τὸν πίνακα διανομῆς τοῦ διαμερίσματος) ;

Ἄς ποῦμε πῶς :

α) Ἡ μεγίστη ἰσχύς ποὺ χρειάζεται τὸ διαμέρισμα εἶναι 7 kW.

β) Ἡ τάση τοῦ ρεύματος εἶναι 220 V.

γ) Οἱ ἄγωγοι τῆς γραμμῆς ποὺ θέλομε νὰ ὑπολογίσωμε θὰ τοποθετηθοῦν μέσα σὲ χωνευτὴ σωλήνωση, καὶ

δ) πῶς σ' αὐτὴν δὲν θὰ τοποθετηθοῦν ἄλλοι ἄγωγοι.

Τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος στοὺς ἄγωγους τροφοδοτήσεως τὴν βρίσκομε μὲ τὸν τύπο (3).

$$I = \frac{N}{U} = \frac{7 \text{ kW}}{220 \text{ V}} = \frac{7000 \text{ W}}{220 \text{ V}} \approx 31,8 \text{ A}.$$

Ἀπὸ τὴν στήλη β τοῦ προηγουμένου Πίνακα βρίσκομε ὅτι, ἂν οἱ ἄγωγοι τῆς γραμμῆς εἶναι χάλκινοι, πρέπει, γιὰ νὰ μὴν ὑπερθερμανθοῦν, νὰ ἔχουν διατομὴ τουλάχιστον 6 mm^2 , γιὰτί τότε ἀντέχουν σὲ ρεῦμα ἐντάσεως 33 A.

Ἄν ὅμως χρησιμοποιήσωμε ἄγωγους ἀπὸ ἀλουμίνιο, ἡ διατομὴ τῶν 6 mm^2 δὲν εἶναι ἀρκετή, διότι ἡ μεγίστη ἔνταση ρεύματος ποὺ ἐπιτρέπεται εἶναι τότε :

$$\frac{80}{100} \cdot 33 \text{ A} = 26,4 \text{ A},$$

δηλαδή μικρότερη ἀπὸ τὴν ἔνταση τῶν 31,8 A τοῦ ρεύματος ποὺ θὰ περνᾷ. Στὴν περίπτωσιν αὕτῃ θὰ ἔπρεπε οἱ ἄγωγοι νὰ ἔχουν διατομὴ τουλάχιστον 10 mm^2 , διότι τότε ἡ μεγίστη ἔνταση ρεύματος ποὺ ἐπιτρέπεται εἶναι :

$$\frac{80}{100} \cdot 43 \text{ A} = 34,4 \text{ A}$$

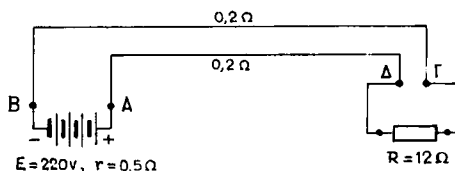
και έπομένως αντέχουν στην ένταση των 31,8 A.

Αν όμως στην ίδια σωλήνωση τοποθετηθούν και άλλοι άγωγοί, ως πούμε οι τροφοδοτικοί άγωγοί των υπολοίπων διαμερισμάτων του β' όρφου, τότε οι προηγούμενες διατομές δεν είναι πια άρκετές. Στην περίπτωση αυτή, οι τροφοδοτικοί άγωγοί του διαμερίσματος που εξετάσαμε θα έπρεπε να έχουν διατομή τουλάχιστον:

$$\begin{array}{ll} 10 \text{ mm}^2, & \text{αν γίνουν από χαλκό,} \\ 16 \text{ } \gg \gg \gg & \text{αλουμίνιο.} \end{array}$$

14.5 Βραχυκύκλωμα.

Το σχήμα 14.5 δείχνει μια πηγή που έχει ηλεκτρεγερτική



Σχ. 14.5.

δύναμη 220 V και έσωτερική αντίσταση 0,5 Ω. Η πηγή δίνει ρεύμα σε ένα καταναλωτή που έχει αντίσταση 12 Ω. Κάθε ένας από τους άγωγους ΑΔ και ΒΓ που οδηγούν το ρεύμα στον καταναλωτή έχει αντίσταση 0,2 Ω και διατομή 2,5 mm². Η ένταση του ρεύματος είναι:

$$I = \frac{220 \text{ V}}{(0,5 + 0,2 + 12 + 0,2) \Omega} = \frac{220 \text{ V}}{12,9 \Omega} = 17,1 \text{ A.}$$

Μ' αυτή την ένταση οι συνδετικοί άγωγοί δεν υπερθερμαίνονται. Η διατομή τους είναι άρκετή αφού φθάνει, σύμφωνα με τον Πίνακα 3 της παραγράφου 14.4 (στήλη β), για ένταση ρεύματος 20 A.

Αν όμως χαλάσει ή μόνωση των άγωγών στο σημείο όπου συνδέεται ο καταναλωτής και το άκρο Γ του ενός άγωγού έλθει

σὲ ἐπαφή μὲ τὸ ἄκρο Δ τοῦ ἄλλου ἀγωγοῦ, τότε τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα θὰ κυκλοφορῇ στὸ κύκλωμα ὡς ἐξῆς :

πηγή, θετικὸς πόλος, ἀγωγὸς ΑΔ, ἀγωγὸς ΓΒ, ἀρνητικὸς πόλος.

Ἡ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ εἶναι μόνο :

$$(0,5 + 0,2 + 0,2) \Omega = 0,9 \Omega$$

καὶ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα αὐτὸ εἶναι :

$$I_B = \frac{220 \text{ V}}{0,9 \Omega} \simeq 244 \text{ A},$$

δηλαδὴ 15 φορές περίπου μεγαλύτερη ἀπὸ πρὶν καὶ 12 περίπου φορές περισσότερο ἀπὸ ὅσο ἀντέχει ὁ ἀγωγός.

Λέμε ὅτι στὰ σημεῖα Γ καὶ Δ ἔγινε βραχυκύκλωμα.

Βραχυκύκλωμα συμβαίνει ὅταν, γιὰ ἓναν ὁποιοδήποτε λόγο, γεφυρώνεται ἓνας ἀπὸ τοὺς καταναλωτές, καὶ ἔτσι ἡ ἀντίσταση ποὺ μένει εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ποὺ ἔπρεπε κανονικὰ νὰ ἔχη τὸ κύκλωμα.

Σὲ περίπτωσι βραχυκυκλώματος, λοιπόν, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ὅταν τὸ κύκλωμα λειτουργεῖ κανονικὰ.

Ἡ μεγάλη αὐτὴ ἔνταση μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ διάφορες καταστροφές, νὰ καταστρέψῃ δηλαδὴ τὴν πηγὴ ποὺ δίνει τὸ ρεῦμα, νὰ λυώσῃ τοὺς ἀγωγούς ἀπὸ τοὺς ὁποίους περνᾷ, νὰ δημιουργήσῃ πυρκαϊὲς κλπ.

Ὅσο πλησιέστερα πρὸς τὴν πηγὴ γίνονται τὰ βραχυκυκλώματα, τόσο πιδ ἐπικίνδυνα εἶναι.

Ἔτσι, ἂν τὸ βραχυκύκλωμα στὸ σχῆμα 14·5, γίνῃ ὅχι στὰ σημεῖα Γ καὶ Δ ἀλλὰ στὰ σημεῖα Α καὶ Β, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ θὰ περνᾷ ἀπὸ τὴν βραχυκυκλωμένη πηγὴ θὰ εἶναι :

$$\frac{220 \text{ V}}{0,5 \Omega} = 440 \text{ A}$$

δηλαδὴ 26 περίπου φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν κανονικὴ ἔνταση τοῦ ρεύματος.

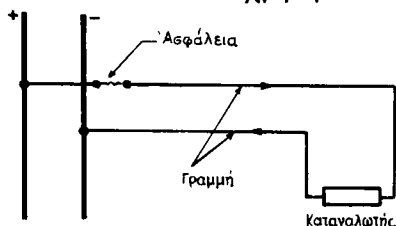
Για να μην δημιουργούνται τόσο μεγάλες εντάσεις, έστω και από τυχαία αίτια, όπως είναι τα βραχυκυκλώματα, κανένα κύκλωμα δεν πρέπει να κατασκευάζεται χωρίς να εφωδιάζεται με ειδικά προστατευτικά μέσα. Τα πιο απλά και πιο συνηθισμένα από τα μέσα αυτά είναι οι τηκόμενες ασφάλειες, που περιγράφουμε στην παρακάτω παράγραφο.

14·6 Ασφάλειες.

Αν σε μια γραμμή συνδεθούν μεγαλύτεροι καταναλωτές από αυτούς που προέβλεπε ο κατασκευαστής της γραμμής, ή αν, από σφάλμα, γίνει βραχυκύκλωμα μεταξύ των άγωγών, τότε η ένταση του ρεύματος που περνά από τους άγωγους της γραμμής μπορεί να ξεπεράσει τα όρια που επιτρέπουν οι Κανονισμοί και που περιέχονται στον Πίνακα 3 της παραγράφου 14·4. Οι άγωγοι της γραμμής θερμαίνονται τότε υπερβολικά, και υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν τα μονωτικά τους και να δημιουργηθούν πυρκαϊές.

Για να εξουδετερωθούν αυτοί οι κίνδυνοι πρέπει κάθε γραμμή να ασφαλίζεται, δηλαδή πρέπει να υπάρχουν στην αρχή της γραμμής ειδικές διατάξεις που ονομάζονται ασφάλειες.

Το είδος των ασφαλειών που χρησιμοποιείται πιο συχνά εί-

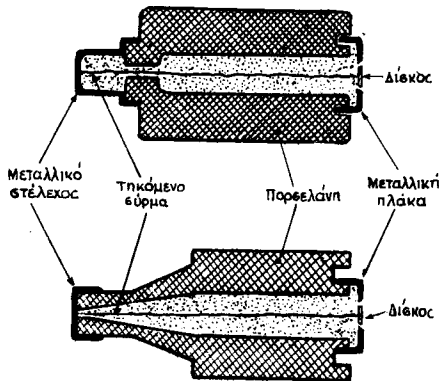


Σχ. 14·6 α.

ναι οι λεγόμενες τηκόμενες ασφάλειες. Το κύριο μέρος τους είναι ένα ψιλό συρματάκι, που συνδέεται στην αρχή της γραμμής που ασφαλίζει και σε σειρά με αυτή (σχ. 14·6 α), ώστε από το συρ-

ματάκι αὐτὸ νὰ περνᾷ ὅλο τὸ ρεῦμα τῆς γραμμῆς. Ἐὰν ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι κανονικὴ, τὸ συρματάκι ζεσταίνεται λίγο. Ὅταν ὅμως ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ξεπεράσῃ τὴν κανονικὴ του τιμὴ, τότε τὸ συρματάκι λιώνει καὶ ἔτσι διακόπτει τὸ κύκλωμα. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα σταματᾷ καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐγκατάσταση προστατεύεται ἀπὸ τὴν ὑπερθέρμανση ποὺ θὰ προξενούσε ἡ μεγάλη ἔνταση.

Ἡ θερμοκρασία ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ συρματάκι εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ κατὰ τὸ λυώσιμό του θὰ μπορούσαν νὰ προκληθοῦν πυρκαϊές. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο τὰ συρματάκια αὐτὰ βρίσκονται συνήθως μέσα σὲ εἰδικὰ φυσίγγια (σχ. 14·6 β). Αὐτὰ εἶναι κύλιν-



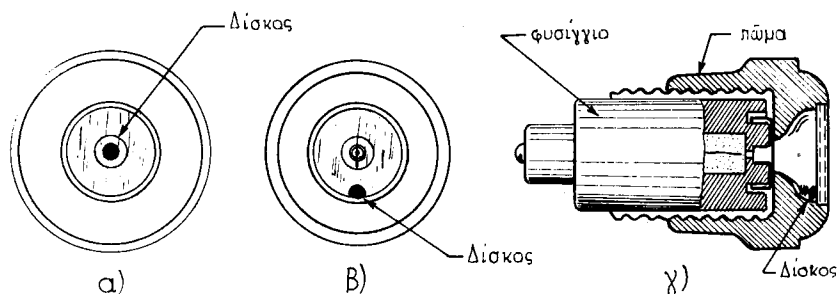
Σχ. 14·6 β.

δροι ἀπὸ πορσελάνη ποὺ ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος καταλήγουν σὲ ἓνα μεταλλικὸ στέλεχος (κυλινδρική προεξοχή) καὶ ἀπὸ τὸ ἄλλο μέρος σὲ μιὰ μεταλλικὴ πλάκα. Τὸ μεταλλικὸ στέλεχος καὶ ἡ μεταλλικὴ πλάκα συνδέονται ἀγωγίμα μεταξύ τους, ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κυλίνδρου, μὲ τὸ τηκόμενο συρματάκι. Στὸ μέσο τῆς μεταλλικῆς πλάκας βρίσκεται ἓνας μικρὸς δίσκος, ὁ ὁποῖος ξεφεύγει καὶ πέφτει ὅταν λυώσῃ τὸ συρματάκι (σχ. 14·6 β καὶ 14·6 γ). Ὁ δίσκος αὐτὸς εἶναι χρωματισμένος ἀνάλογα μὲ τὴν

ένταση του ρεύματος που είναι αρκετό για να λυώσει το συρματάκι (π.χ. για ασφάλεια των 6 A ο δίσκος είναι πράσινος, των 10 A είναι κόκκινος, των 15 A είναι γκριζός, των 20 A είναι μπλε κλπ.).

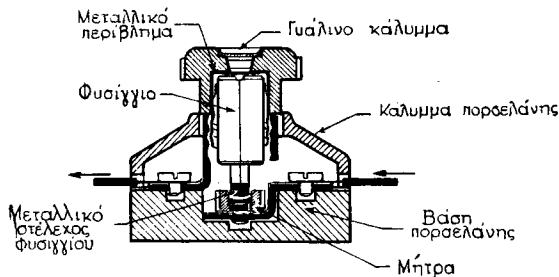
Τα φυσίγγια τοποθετούνται σε ειδικές βάσεις και στερεώνονται εκεί με πώματα.

Το σχήμα 14·6 δ δείχνει σε τομή μία δλόκληρη ασφάλεια, καθώς και την διαδρομή που ακολουθεί μέσα σ' αυτήν το ηλεκτρικό ρεύμα.



- α) Το συρματάκι δεν έχει λυώσει. Ο χρωματισμένος δίσκος είναι στη θέση του.
 β) και γ) Το συρματάκι έχει λυώσει - Ο δίσκος έχει φύγει

Σχ. 14·6 γ.



Σχ. 14·6 δ.

Όνομαστική ένταση μιας ασφάλειας λέγεται ή μικρότερη

ένταση τοῦ ρεύματος πού, ἂν συνεχῶς καί γιὰ πάρα πολύ μεγάλο χρόνο περνᾷ ἀπ' αὐτήν, μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ κάψιμο τῆς ἀσφάλειας, δηλαδή νὰ λυῶσῃ τὸ συρματάκι.

Οἱ ὀνομαστικὲς ἐντάσεις τῶν ἀσφαλειῶν πού βρίσκονται στὸ ἐμπόριο εἶναι :

2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300, 350, 430, 500, 600 καὶ 700 ἄμπέρ.

Ἀνάλογα μὲ τὴν διατομὴ τῶν ἀγωγῶν τῆς γραμμῆς πού θέλομε νὰ προστατεύσωμε θὰ διαλέξωμε τὴν κατάλληλη ἀσφάλεια. Ἡ ὀνομαστικὴ ἐνταση τῆς ἀσφάλειας πρέπει νὰ εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπὸ τὴν μεγίστη ἐνταση ρεύματος πού, σύμφωνα μὲ τὸν Πίνακα 3 τῆς παραγράφου 14·4, ἐπιτρέπεται νὰ περνᾷ ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τῆς γραμμῆς. Γιὰ ἐσωτερικὲς ἐγκαταστάσεις μὲ χάλκινους ἀγωγούς, οἱ ἀσφάλειες, πού ἐπιτρέπεται νὰ χρησιμοποιήσωμε, γιὰ νὰ προστατεύουν τοὺς ἀγωγούς, πρέπει νὰ ἔχουν ὀνομαστικὴ ἐνταση μικρότερη ἢ τὸ πολὺ ἴση μὲ αὐτὴν πού γράφεται στὸν ἐπόμενο Πίνακα 4.

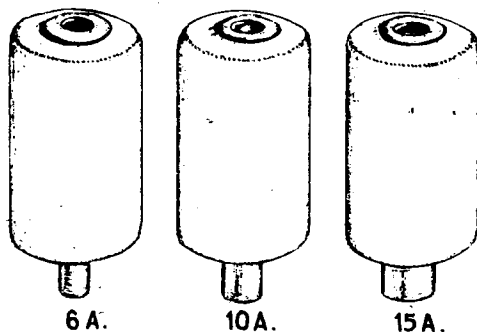
Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4.

Διατομὴ ἀγωγοῦ (mm ²)	Ὀνομαστικὴ ἐνταση ἀσφάλειας (A)	Διατομὴ ἀγωγοῦ (mm ²)	Ὀνομαστικὴ ἐνταση ἀσφάλειας (A)
1	6	10	35
1,5	10	16	50
2,5	15	25	60
4	20	35	80
6	25	50	100

Γιὰ νὰ προστατεύσωμε π.χ. ἓναν ἀγωγὸ τῶν 4 mm², μποροῦμε νὰ τοποθετήσωμε ἀσφάλεια τῶν 2 ἢ τῶν 4 ἢ τῶν 6 ἢ τῶν 10 ἢ τῶν 15 ἢ τῶν 20 ἄμπέρ. Μεγαλύτερη ἀσφάλεια ἀπαγορεύεται νὰ τοποθετηθῇ.

Τὰ μεταλλικά στελέχη που είναι στη βάση των φυσιγγίων έχουν τόσο μεγαλύτερη διάμετρο, όσο μεγαλύτερη είναι ή ονομαστική τους ένταση (σχ. 14·6 ε).

Στη βάση κάθε ασφάλειας τοποθετείται μιὰ μήτρα (σχήμα 14·6 δ). Αυτή έχει ένα έσωτερικό κοίλωμα μέσα στο οποίο μπαίνει το μεταλλικό στέλεχος του φυσιγγίου. Η διάμετρος της κοιλότητας είναι τέτοια, ώστε να μην χωρούν φυσίγγια κατασκευασμένα για όνομαστική ένταση μεγαλύτερη από εκείνη για την οποία προορίζεται ή ασφάλεια. Έτσι είναι αδύνατο να τοποθετηθῇ έστω και κατά λάθος φυσίγγιο με όνομαστική ένταση μεγαλύτερη από την ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να πε-



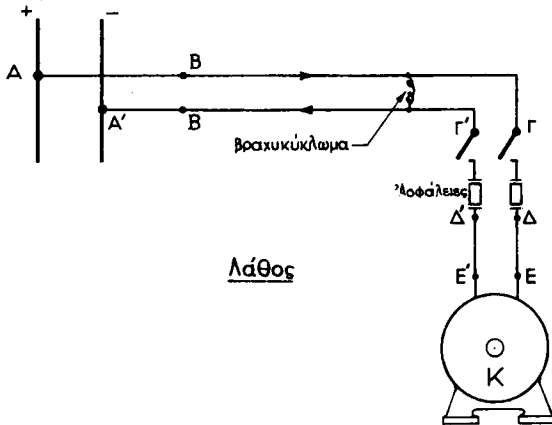
Σχ. 14·6 ε.

ράση από την γραμμή. Αυτό γίνεται γιατί, αν ήταν δυνατόν σε κάθε ασφάλεια να μπαίνει οποιοδήποτε φυσίγγιο, θα υπήρχε κίνδυνος, σε περίπτωση υπερφορτώσεως της γραμμής, να καῖ ή γραμμή και ὅχι ή ασφάλεια.

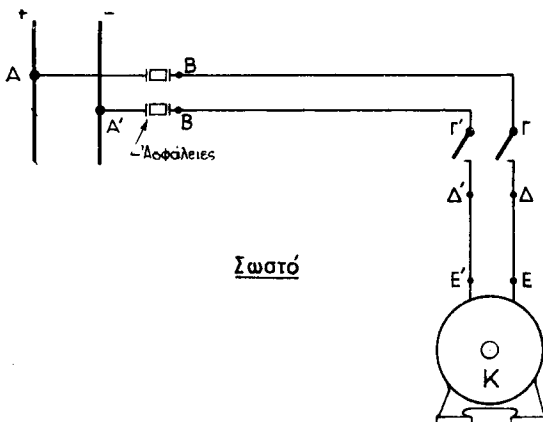
Για τον ίδιο λόγο απαγορεύεται απολύτως να γεφυρώνονται καμμένες ασφάλειες με έξωτερικά συρματάκια, τὰ οποία δὲν είναι βέβαιο ότι θα λυώσουν, όταν ή ένταση του ρεύματος αὐξηθῇ και έπομένως δὲν παρέχουν καμμιὰ ασφάλεια. Πολλές πυρκαϊές έχουν γίνη από γεφυρωμένες ασφάλειες.

Οι ασφάλειες προστατεύουν τὸ τμήμα τῆς γραμμῆς ποὺ εἶναι ὕστερα ἀπὸ αὐτές.

Στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 14·6 ζ, ἂν ὁ κινητήρας K



Σχ. 14·6 ζ.



Σχ. 14·6 η.

ὕπερφορτωθῇ ἢ ἂν συμβῇ βραχυκύκλωμα ἀνάμεσα στοὺς δύο ἀγωγούς τῆς γραμμῆς στὸ τμήμα ΔΕ, θὰ καοὺν οἱ ασφάλειες, ἐνῶ ἡ

γραμμή και ο κινητήρας δεν θα πάθουν τίποτα. "Αν όμως το βραχυκύκλωμα γίνη στο τμήμα ΒΓ της γραμμής, οι ασφάλειες δεν θα λειτουργήσουν, γιατί δεν περνά από αυτές η μεγάλη ένταση που προκαλεί το βραχυκύκλωμα. Το τμήμα αυτό της γραμμής θα υπερθερμανθῇ και μπορεί να καῖ ἢ καὶ να προκαλέσῃ πυρκαϊά. Ἡ τοποθέτηση λοιπὸν τῶν ασφαλειῶν ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 14·6 ζ εἶναι λανθασμένη. Οἱ ασφάλειες πρέπει νὰ τοποθετοῦνται στὴν ἀρχὴ τῆς γραμμῆς, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 14·6 η, ὥστε νὰ τὴν προστατεύουν σὲ ὅλο τὸ μῆκος της.

14·7 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια μπορεῖ νὰ μετατραπῇ σὲ θερμότητα.

β) Ἐνέργεια 1 kWh εἶναι ἰσοδύναμη μὲ 860 kcal.

γ) Συσκευές, στίς ὁποῖες γίνεται μετατροπὴ ηλεκτρικῆς ἐνέργειας σὲ θερμότητα, μπορεῖ νὰ λειτουργοῦν εἴτε μὲ συνεχῆς εἴτε μὲ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

δ) Ἀγωγοὶ ἢ γενικὰ ἀντιστάσεις ἀπὸ τίς ὁποῖες περνᾷ ηλεκτρικὸ ρεῦμα θερμαίνονται. Ἡ θερμοκρασία ποὺ ἀποκοτῶν εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ένταση τοῦ ρεύματος.

ε) Γιά νὰ μὴ γίνηται υπερθέρμανση στοὺς ἀγωγούς πρέπει ἢ διατομὴ τους νὰ μὴν εἶναι μικρότερη ἀπὸ ὅ,τι καθορίζουν οἱ Κανονισμοί.

ζ) Οἱ ασφάλειες προστατεύουν τοὺς ἀγωγούς ἀπὸ υπερθέρμανση. Πρέπει νὰ μπαίνουν στὴν ἀρχὴ τῶν ἀγωγῶν, δηλαδή, στὸ ἄκρο τους ἀπὸ τὸ ὁποῖο γίνηται ἡ τροφοδότηση τῆς ἐγκαταστάσεως μὲ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια.

η) Ἀπαγορεύεται ἀπόλυτα ἡ γεφύρωση τῶν ασφαλειῶν.

14-8 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές.

α) Σὲ ἓναν ἡλεκτρικὸ θερμοσίφωνα βρίσκονται 20 dm^3 νεροῦ θερμοκρασίας 15°C . Τί ἐνέργεια χρειάζεται γιὰ νὰ ζεσταθῇ τὸ νερὸ στοὺς 90°C . Ἡ ἀπόδοση τοῦ θερμοσίφωνα εἶναι 0,85.

Ἀπάντηση:

Τὸ βάρος τοῦ νεροῦ εἶναι 20 kg . Ζητεῖται νὰ τὸ θερμάνουμε κατὰ $90^\circ - 15^\circ = 75^\circ \text{C}$. Πρέπει νὰ τοῦ δώσουμε ἐνέργεια (θερμότητα):

$$Q = 20 \cdot 75 = 1\,500 \text{ kcal.}$$

Τὸ θερμαντικὸ στοιχεῖο τοῦ θερμοσίφωνα πρέπει ἐκτὸς ἀπὸ τὴν $1\,500 \text{ Kcal}$ νὰ δώσῃ καὶ τὴν ἐνέργεια ποὺ ἀντιπροσωπεύουν οἱ ἀπώλειες τοῦ θερμοσίφωνα. Ἀφοῦ ἡ ἀπόδοσή του εἶναι 0,85 πρέπει τὸ θερμαντικὸ στοιχεῖο νὰ δώσῃ:

$$\frac{1\,500 \text{ kcal}}{0,85} \simeq 1\,770 \text{ kcal.}$$

Ἡ ἐνέργεια αὕτῃ ἰσοδυναμεῖ μέ:

$$\frac{1\,770 \text{ kcal}}{860 \text{ kcal/kWh}} = 2,06 \text{ kWh.}$$

Ὡστε, ἡ ἐνέργεια ποὺ πρέπει, νὰ πάρῃ ὁ θερμοσίφωνας ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸ δίκτυο εἶναι $2,06 \text{ kWh}$.

β) Ἄν κάθε μέρα χρειάζονται 40 kg ζεστοῦ νεροῦ καὶ ἡ Ἡλεκτρικὴ Ἑταιρεία χρεώνει τὸ kWh πρὸς 0,50 δρχ., πόσο στοιχίζει τὸν μῆνα ἡ θέρμανση τοῦ νεροῦ;

Ἀπάντηση:

Ἀφοῦ γιὰ τὴν θέρμανση 20 kg νεροῦ χρειάζεται ἐνέργεια $2,06 \text{ kWh}$, γιὰ τὰ 40 kg νεροῦ χρειάζεται ἐνέργεια:

$$2 \cdot 2,06 = 4,12 \text{ kWh.}$$

Ὡστε τὰ ἔξοδα γιὰ τὴν θέρμανση τοῦ νεροῦ εἶναι:

$$0,50 \text{ δρχ/kWh} \cdot 4,12 \text{ kWh} = 2,06 \text{ δρχ. τὴν ἡμέρα, δηλαδὴ}$$

$$30 \cdot 2,06 = 61,80 \text{ δρχ. τὸν μῆνα.}$$

γ) Ὁ θερμοσίφωνας πρέπει νὰ ζεσταίνει τὰ 20 kg νερὸ σὲ

τρία τέταρτα της ώρας. Η τάση του ρεύματος είναι 220 βόλτ. Να ευνρεθουν :

- 1) Ποιά είναι ή ισχύ του θερμοσίφωνα.
- 2) Πόση είναι ή ένταση του ρεύματος που χρειάζεται για την λειτουργία του, και
- 3) τί ήλεκτρική αντίσταση πρέπει να έχη το θερμαντικό στοιχείο του θερμοσίφωνα.

Ἀπάντηση :

Ἀφού ο θερμοσίφωναs πρέπει να παίρνη ήλεκτρική ενέργεια 2,06 kWh σε τρία τέταρτα της ώρας (δηλαδή σε 0,75 h), ή ισχύς του θα είναι :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{2,06 \text{ kWh}}{0,75 \text{ h}} \simeq 2,75 \text{ kW}.$$

Ἡ ένταση του ρεύματος είναι :

$$I = \frac{N}{U} = \frac{2,75 \text{ kW}}{220 \text{ V}} = \frac{2750 \text{ W}}{220 \text{ V}} \simeq 12,5 \text{ A}.$$

Το θερμαντικό στοιχείο πρέπει να έχη αντίσταση :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{12,5 \text{ A}} = 17,6 \, \Omega.$$

δ) Τί διατομή πρέπει να έχουν οι άγωγοι με τους οποίους δίνουμε το ήλεκτρικό ρεύμα στον θερμοσίφωνα και με τί ασφάλειες πρέπει να τους ασφαλίσουμε ;

Ἀπάντηση :

Ἀφού το ρεύμα που χρειάζεται ο θερμοσίφωναs είναι 12,5 A, οι ασφάλειες πρέπει να έχουν ονομαστική ένταση λίγο μεγαλύτερη, ώστε να μην καίονται όταν ο θερμοσίφωναs λειτουργή κανονικά.

Ἡ ονομαστική ένταση των ασφαλειών πρέπει λοιπόν να είναι 15 A. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 της παραγράφου 14.6 ή διατομή των άγωγών της γραμμής πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,5 mm². Καί από τον Πίνακα 3 της παραγράφου 14.4 βλέ-

πομε πὼς ἡ διατομὴ αὐτὴ εἶναι ἀρκετή, γιὰτὶ ἀντέχει σὲ ἔνταση μέχρις 20 A.

Ὡστε :

Οἱ ἀγωγοὶ τῆς γραμμῆς τοῦ θερμοσίφωνα θὰ ἔχουν διατομὴ $2,5 \text{ mm}^2$, ἐκτὸς ἂν ἄλλοι λόγοι (π.χ. γιὰ νὰ ἔχωμε μικρὴ πτώση τάσεως) μᾶς ἀναγκάσουν νὰ χρησιμοποιήσωμε *μεγαλύτερη* διατομὴ. Πάντως ἡ γραμμὴ αὐτὴ θὰ πρέπη ν' ἀσφαλισθῇ μὲ ἀσφάλειες τῶν 15 A.

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΜΑΓΝΗΤΕΣ

15·1 Φυσικοί και τεχνητοί μαγνήτες.

Ἀπὸ πάρα πολλὰ χρόνια ἦταν γνωστὸ πὺς ἓνα ὄρυκτό, τὸ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου, ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη (δηλαδή νὰ τραβᾷ κοντά του) καὶ νὰ συγκρατῇ σιδερένια σώματα. Ἡ ιδιότητα αὐτὴ τοῦ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου ἦταν γνωστὴ στοὺς ἀρχαίους Ἑλληνας ποὺ τὸ ὠνόμασαν *μαγνήτη* (μαγνήτης λίθος), ἐπειδὴ τὸ ὄρυκτό αὐτὸ πρωτοβρέθηκε στὴν Μαγνησία. Ἡ ἐλκτική του ιδιότητα λοιπὸν ὀνομάσθηκε *μαγνητικὴ ιδιότητα* ἢ ἀπλῶς *μαγνητισμός*.

Τέτοιοι *φυσικοὶ μαγνήτες* δὲν παρουσιάζουν κανένα ἐνδιαφέρον στὴν τεχνική. Ἀντίθετα στὴν τεχνικὴ χρησιμοποιοῦνται πολὺ οἱ *τεχνητοὶ μαγνήτες*, δηλαδή σώματα κατασκευασμένα ἀπὸ χάλυθα (ἄτσάλι) ἢ χαλύβδινα κράματα, τὰ ὁποῖα ἀπέκτησαν τὴν μαγνητικὴν ιδιότητα μὲ κατάλληλη τεχνικὴ ἐπεξεργασία. Συνήθως στοὺς τεχνητοὺς μαγνήτες δίνουν σχῆμα πρισματικὸ ἢ σχῆμα πετάλλου ἢ στενόμακρου ρόμβου (σχ. 15·1α).

Ἡ ἐλκτικὴ δύναμη τῶν μαγνητῶν δὲν εἶναι ὁμοιόμορφα μοιρασμένη σὲ ὅλα τὰ σημεῖα τους. Ἄν π.χ. τοποθετήσωμε ἓνα τεχνιτὸ μαγνήτη ἐπάνω σὲ ἓνα σωρὸ ἀπὸ σιδερένια ρινίσματα (λιμαρίδια) καὶ κατόπιν τὸν σηκώσωμε, βλέπομε πὺς στὶς ἄκρες του ἔχουν προσκολληθῇ πάρα πολλὰ ρινίσματα καὶ κανένα σχεδὸν στὴ μέσῃ του (σχ. 15·1β). Τὰ μέρη ὅπου ἡ μαγνητικὴ ιδιότητα εἶναι μεγαλύτερη ὀνομάζονται *πόλοι* τοῦ μαγνήτη. Τὰ μέρη ὅπου

δέν ἐμφανίζεται μαγνητική δύναμη σχηματίζουν τὴν λεγομένη οὐδέτερη ζώνη. Κάθε τεχνητὸς μαγνήτης ἔχει δύο πόλους (ἓναν σὲ κάθε ἄκρη του) καὶ μιὰ οὐδέτερη ζώνη.



Μαγνήτης με πρισματικό σχῆμα.



Μαγνήτης με σχῆμα πετάλλου.

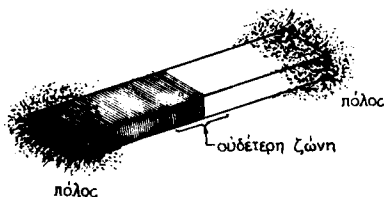


Μαγνήτης με σχῆμα ρόμβου.

Σχ. 15·1 α.

Οἱ μαγνήτες μποροῦν νὰ ἔλκουν, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ σίδηρο καὶ τὸ ἀτσάλι, καὶ ἄλλα σώματα, ὅπως τὸ νικέλιο καὶ τὸ κοβάλτιο.

Ἀντίθετα δὲν ἐξασκοῦν καμμιὰ ἔλξη στὸν χαλκὸ, τὸν ὀρεῖ-
χαλκο, τὸ ἀλουμίνιο κ.ἄ.



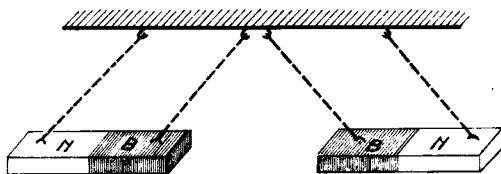
Σχ. 15·1 β.

Ἐὰν σ' ἓνα νῆμα κρεμάσωμε ἀπὸ τὸ κέντρο βάρους του, ἓναν εὐθύγραμμο πρισματικὸ μαγνήτη ἔτσι ποὺ νὰ εἶναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφῇ, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι, ἐφ' ὅσον δὲν βρίσκονται κοντά του ἄλλα σιδερένια σώματα, ὁ μαγνήτης, ἀφοῦ κάμῃ μερικὲς

ταλαντώσεις, θά σταματήσει σε μία ορισμένη θέση. Στη θέση αυτή της ισορροπίας κάθε άκρο του μαγνήτη διευθύνεται προς ένα, το ίδιο πάντα, σημείο του ορίζοντα, δηλαδή, ο ένας πόλος του μαγνήτη διευθύνεται προς τον Βορρά και, φυσικά, ο άλλος προς τον Νότο. Ο πρώτος πόλος ονομάζεται *βόρειος* και ο άλλος *νότιος* πόλος.

Την ιδιότητα αυτή των μαγνητών την εκμεταλλευόμαστε για να κατασκευάσωμε όργανα με τα όποια προσανατολιζόμαστε εύκολα. Τα όργανα αυτά λέγονται *μαγνητικές πυξίδες*. Η μαγνητική πυξίδα είναι ένα κουτί με διαφανές σκέπασμα. Μέσα στο κουτί βρίσκεται η *μαγνητική βελόνα*. Η βελόνα αυτή είναι ένας μικρός μαγνητισμένος επιμήκης ρόμβος, που στηρίζεται στο κέντρο βάρους του και είναι ελεύθερος να περιστρέφεται γύρω απ' αυτό. Ο βόρειος πόλος της βελόνας βάφεται με μπλε χρώμα για να ξεχωρίζει από τον νότιο. Όταν ισορροπή η μαγνητική βελόνα, ο ένας της πόλος μας δείχνει την διεύθυνση του Βορρά και ο άλλος του Νότου. Έτσι μπορούμε εύκολα να προσδιορίσωμε και τα άλλα σημεία του ορίζοντα.

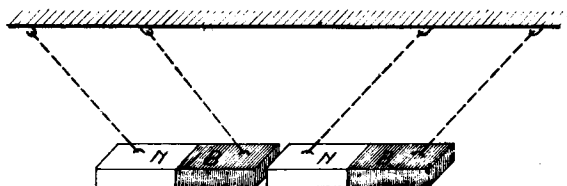
Εάν κοντά στον βόρειο πόλο ενός μαγνήτη τοποθετήσωμε τον βόρειο πόλο ενός άλλου μαγνήτη, παρατηρούμε ότι ο ένας πόλος απωθεί τον άλλον (σχ. 15·1 γ). Το ίδιο φαινόμενο, δηλαδή η



Σχ. 15·1 γ.

απόθηση, παρατηρείται και μεταξύ των νοτίων πόλων των δύο μαγνητών.

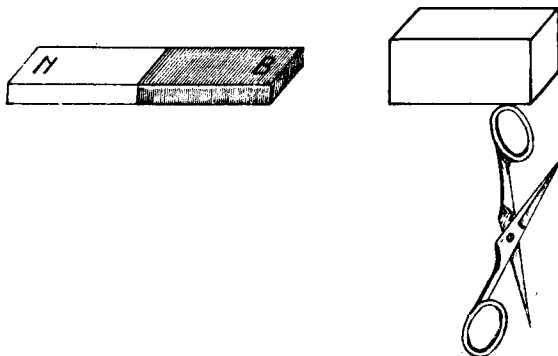
Ἀντίθετα ὁ βόρειος πόλος ἑνὸς μαγνήτη καὶ ὁ νότιος ἑνὸς ἄλλου ἔλκονται μεταξύ τους (σχ. 15·1 δ).



Σχ. 15·1 δ.

Ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις αὐτὲς συμπεραίνομε πὼς: οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται καὶ οἱ ὁμώνυμοι ἀπωθοῦνται.

Ἐὰν κοντὰ στὸν πόλο ἑνὸς μαγνήτη πλησιάσωμε ἕνα σιδερένιο πρίσμα (σχ. 15·1 ε), παρατηροῦμε ὅτι καὶ αὐτὸ γίνεταί



Σχ. 15·1 ε.

μαγνήτης, δηλαδή ἀποκτᾷ δύο πόλους καὶ ἔχει τὴν ἱκανότητα νὰ ἔλκη ἄλλα σιδερένια σώματα.

Τὸ πρίσμα μαγνητίζεται τόσο ἰσχυρότερα, ὅσο πλησιέστερα τοποθετεῖται πρὸς τὸ μαγνήτη.

Ὅταν ὅμως ἀπομακρύνωμε τὸν μαγνήτη, τὸ σιδερένιο πρίσμα χάνει τὸν μαγνητισμὸ του. Ξεμαγνητίζεται.

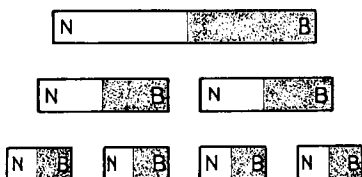
Ἄν τὸ πρίσμα δὲν εἶναι ἀπὸ σίδηρο ἀλλὰ ἀπὸ ἀτσάλι, καὶ

μάλιστα βαμμένο (δηλαδή άτσάλι που έγινε σκληρό με κατάλληλη θερμική επεξεργασία), θα παρατηρήσουμε ότι μαγνητίζεται μὲν και αυτό όσο βρίσκεται κοντά στο μαγνήτη, αλλά μετά την απομάκρυνση του μαγνήτη δὲν ξεμαγνητίζεται. Ἡ μαγνητική ιδιότητα παραμένει.

Συμπέρασμα: Τὸ άτσάλι διατηρεῖ τὸν μαγνητισμό του ἐνῶ ἀντίθετα ὁ σίδηρος ξεμαγνητίζεται γρήγορα.

Οἱ τεχνητοί μαγνήτες κατασκευάζονται, λοιπόν, ἀπὸ χάλυβα και μάλιστα ἀπὸ σκληρὸ βαμμένο χάλυβα, ὥστε, ὅταν μαγνητισθοῦν, νὰ διατηροῦν τὸν μαγνητισμό τους, νὰ γίνωνται δηλαδή μόνιμοι μαγνήτες.

Ἄν κόψουμε μιὰ μαγνητική ράβδο σὲ δύο μέρη, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 15·1ζ, παρατηροῦμε πὼς κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ μέρη αὐτά



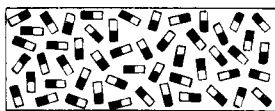
Σχ. 15·1ζ.

εἶναι τέλειος μαγνήτης που ἔχει πόλους στίς ἄκρες του και οὐδέτερη ζώνη στὴ μέση. Ἄν τὰ μέρη αὐτά τὰ κόψουμε κατόπιν σὲ μικρότερα κομμάτια, παρατηροῦμε ἐπίσης πὼς κάθε ἓνα κομμάτι, ὅσοδήποτε μικρό, εἶναι πάλι τέλειος μαγνήτης. Ἀκόμη και κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ μέρη που σχηματίζουν τὴ μαγνητισμένη ράβδο εἶναι ἓνας ἀπειροελάχιστος μαγνήτης, που ἔχει ἓνα βόρειο και ἓνα νότιο πόλο.

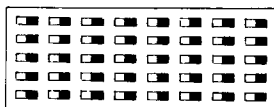
Τὰ μέρη ἐνὸς ἀμαγνήτιστου σιδερένιου σώματος εἶναι προσανατολισμένα ἐντελῶς τυχαῖα (σχ. 15·1η). Ἔτσι ἡ δράση τοῦ βορείου πόλου κάθε μορίου ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν δράση τῶν νοτίων πόλων ἄλλων μορίων που βρίσκονται κοντά του και ἔτσι τὸ

σώμα δὲν ἐξασκεῖ μαγνητικὰς δυνάμεις ἐπάνω σὲ ἄλλα σώματα, δηλαδὴ φαίνεται ὅταν νὰ εἶναι ἐντελῶς ἀμαγνήτιστο.

Ἄν ὅμως κοντὰ στὸ ἓνα ἄκρο τοῦ σώματος τοποθετηθῇ ὁ ἓνας πόλος ἑνὸς ἰσχυροῦ μαγνήτη, τότε αὐτὸς ἔλκει πρὸς τὸ μέρος τοῦ τὸν ἑτερόνυμο πόλο κάθε μορίου τοῦ σώματος αὐτοῦ καὶ ταυτόχρονα ἀπωθεῖ τὸν ὁμώνυμο πόλο κάθε μορίου. Ἔτσι ἀναγκάζει τὰ μόρια τοῦ σώματος νὰ περιστραφοῦν λίγο, ὥστε νὰ τακτοποιηθοῦν



Σχ. 15·1 η.



Σχ. 15·1 θ.

ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 15·1θ. Τότε τὸ σώμα αὐτὸ συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης καὶ μπορεῖ νὰ ἐξασκήσῃ μαγνητικὰς δυνάμεις ἐπάνω σὲ ἄλλα σώματα, γιατί ὅλα τὰ μόρια τοῦ ἑνὸς ἄκρου τοῦ ἔχουν γυρισμένο πρὸς τὰ ἔξω τὸν βόρειο πόλο τους, ἐνῶ τὰ μόρια τοῦ ἄλλου ἄκρου τοῦ ἔχουν γυρισμένο πρὸς τὰ ἔξω τὸν νότιο πόλο τους. Ἔτσι στὰ ἄκρα τῆς ράβδου ἐμφανίζονται μαγνητικοὶ πόλοι. Πρὸς τὴ μέση τῆς ράβδου πάλι, ὅπου ἡ μαγνητικὴ δράση τῶν μορίων ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετη τῶν γειτονικῶν τους μορίων, ἐμφανίζεται ἡ οὐδέτερη ζώνη.

Μὲ τὴν εἰκόνα αὐτὴ ἐξηγεῖται εὐκόλως γιατί κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ κομμάτια, στὰ ὁποῖα κόβεται μίᾳ μαγνητικὴ ράβδος, γίνεται τέλειος μαγνήτης. Ἐπίσης ἐξηγεῖται γιατί συμπεριφέρεται διαφορετικὰ τὸ ἀτσάλι ἀπὸ τὸ σίδηρο, ὅπως εἴπαμε στὴν προηγούμενη σελίδα: Ὅταν παύσῃ ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνήτη, ὁ σίδηρος ξε-

μαγνητίζεται, γιατί τα μόρια του έπιστρέφουν μόνα τους στην προηγούμενη άκανόνιστη θέση τους, ενώ το άτομάι διατηρεί τόν μαγνητισμό του, γιατί τα μόριά του δυσκολεύονται νά περιστραφούν και έξακολουθούν νά μένουν προσανατολισμένα όπως στο σχήμα 15·1 θ.

Όταν όμως ζεστάνουμε σέ ύψηλή θερμοκρασία ένα μαγνητισμένο άτομάι, ή και όταν τó κτυπήσωμε έπανειλημμένως με σφυρί, τότε ξεμαγνητίζεται γιατί τα μόριά του μπορούν νά μετακινηθούν και νά ξαναπάρουν τήν άρχική άκανόνιστη θέση τους.

15·2 Μαγνητικές γραμμές.

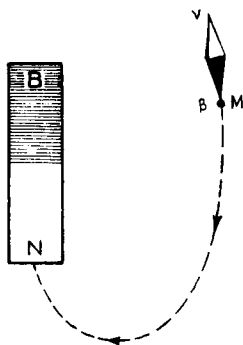
Όπως είπαμε (15·1), ένας μαγνήτης έλκει κάθε σιδερένιο σώμα πού βρίσκεται κοντά του. Επίσης οί μαγνητικοί πόλοι κάθε μαγνήτη έλκουν τούς έτερόνυμους πόλους άλλων μαγνητών και άπωθούν τούς όμώνυμους. Η επίδραση λοιπόν ενός μαγνήτη φθάνει σέ άρκετή άπόσταση γύρω άπ' αυτόν. Λέμε πώς γύρω άπό κάθε μαγνήτη ύπάρχει ένα μαγνητικό πεδίο.

Γενικότερα ονομάζομε μαγνητικό πεδίο τόν χώρο μέσα στον όποιο έξασκοϋνται μαγνητικές δράσεις.

Τό πεδίο πού σχηματίζεται γύρω άπό ένα μόνιμο μαγνήτη εκτείνεται θεωρητικά μέν ως τó άπειρο, πρακτικά όμως περιορίζεται σ' ένα μικρό σχετικά χώρο γύρω άπό τόν μαγνήτη, γιατί, όσο απομακρυνόμαστε άπ' αυτόν, τόσο ή επίδρασή του έξασθενεί και άπό μιá άπόσταση και πέρα δέν μπορεί νά γίνη άντιληπτή ούτε μέ τά πιό ευαίσθητα όργανα. Λέμε ότι τó μαγνητικό πεδίο είναι ισχυρό κοντά στούς πόλους τού μαγνήτη, αδύνατο (άσθενές) στά σημεία πού είναι μακριά άπ' αυτούς και μηδενικό (άνύπαρκτο) στά σημεία πού είναι πάρα πολύ μακριά τους.

Γιά νά έξερευνήσωμε τó πεδίο ενός μαγνήτη μπορούμε νά χρησιμοποιήσωμε μία μακριά και πολύ λεπτή μαγνητισμένη βελόνα, πού ó βόρειός της πόλος νά βρίσκεται κοντά στον μαγνήτη

π.χ. στο σημείο Μ (σχ. 15·2 α) και ο νότιος μακριά, έξω από το πεδίο του μαγνήτη, ώστε να μην επηρεάζεται απ' αυτόν.



Σχ. 15·2 α.

Ο βόρειος πόλος του μαγνήτη απωθεί τον βόρειο πόλο της βελόνας ενώ ο νότιος τον έλκει. Η συνισταμένη αυτών των δυνάμεων (που αναπτύσσονται από τον βόρειο και από τον νότιο πόλο του μαγνήτη) προσπαθεί να μετακινήσει τον βόρειο πόλο της βελόνας με τέτοιο τρόπο, ώστε να διαγράψει την τροχιά που σημειώνεται με διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα 15·2 α.

Η γραμμή αυτή λέγεται *μαγνητική δυναμική γραμμή* ή απλώς *μαγνητική γραμμή*, γιατί μάς δείχνει την διεύθυνση που έχει σε κάθε σημείο της ή μαγνητική δύναμη.

Από κάθε σημείο του πεδίου περνά και μια μαγνητική δυναμική γραμμή.

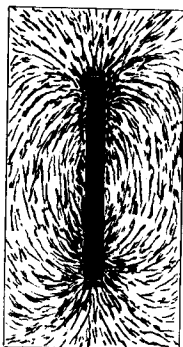
Στο σχήμα 15·2 β έχουν σχεδιασθεί μερικές μαγνητικές γραμμές του πεδίου ενός εθύγραμμου μαγνήτη.

Το σχήμα 15·2 γ δείχνει μερικές από τις μαγνητικές γραμμές ενός μαγνήτη που έχει σχήμα πετάλλου. Παρατηρούμε πώς μεταξύ των δύο πλευρών, και όχι πολύ κοντά στα άκρα του, οι μαγνητικές γραμμές είναι ευθείες και παράλληλες μεταξύ τους.

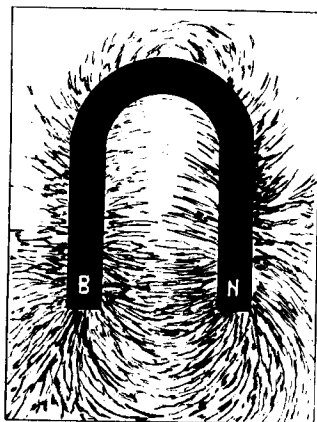
Το σχήμα 15·2 δ παριστάνει μερικές μαγνητικές γραμμές

του μαγνητικού πεδίου που σχηματίζεται μεταξύ τριών μαγνητικών ράβδων. Ἀξιοσημείωτη είναι ἡ διαφορά που παρουσιάζεται στην θέση Α, δηλαδή μεταξύ ἑτερονόμων μαγνητικών πόλων, καὶ στὴ θέση Β, δηλαδή μεταξύ δύο ὁμωνύμων μαγνητικών πόλων.

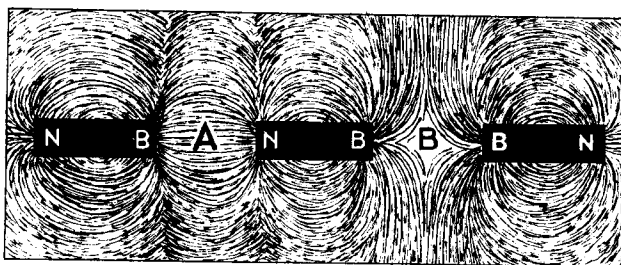
Ὅπως βλέπουμε στὰ σχήματα 15.2 β, 15.2 γ καὶ 15.2 δ,



Σχ. 15.2 β.



Σχ. 15.2 γ.



Σχ. 15.2 δ.

οἱ μαγνητικές γραμμές (στὰ πεδία που δημιουργοῦνται ἀπὸ μόνιμους μαγνήτες) ἔχουν τὴν ἀρχὴ καὶ τὸ τέλος τους ἐπάνω σὲ μαγνητισμένα σώματα.

Τὶς μαγνητικές γραμμές μποροῦμε νὰ παρομοιάσουμε μὲ πολλὰ λεπτὰ τεντωμένα λαστιχάκια που ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ ἀπω-

θοούνται μεταξύ τους. Τα λαστιχάκια αυτά προσπαθοῦν νὰ ξετενωθoῦν, δηλαδὴ νὰ μικρύνουν τὸ μῆκος τους, καὶ νὰ φέρουν ἔτσι σὲ ἐπαφὴ τὰ σώματα στὰ ὁποῖα καταλήγουν.

Γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ περιγράψωμε πολλὰ μαγνητικὰ φαινόμενα, εἶναι σκόπιμο νὰ ὀρίσωμε μιὰ κατεύθυνση στὶς μαγνητικές γραμμές :

Ἐντελῶς συμβατικά ἔχει ὀρισθῇ ὅτι οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς ξεκινοῦν ἀπὸ βόρειο μαγνητικὸ πόλο καὶ καταλήγουν σὲ νότιο μαγνητικὸ πόλο. Πολλὲς φορὲς στὴν συνέχεια τοῦ βιβλίου μας θὰ δοῦμε τὴν χρησιμότητα αὐτοῦ τοῦ ὀρισμοῦ. Πρέπει ὅμως νὰ τονισθῇ ὅτι στὴν πραγματικότητα οὔτε οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς κινοῦνται οὔτε γίνεται ἐπάνω τους κανενὸς εἶδους ροή.

Μποροῦμε σχετικὰ εὐκόλα νὰ ἀποκτήσωμε κάποια εἰκόνα τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν μὲ τὸν ἀκόλουθο τρόπο :

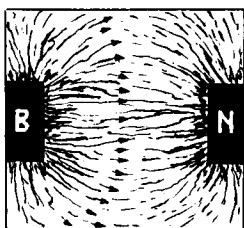
Σκεπάζομε τὸν μαγνήτη, ἢ τοὺς μαγνήτες, μὲ ἓνα φύλλο χαρτονιοῦ καὶ ἐπάνω σ' αὐτὸ ρίχνομε λίγα σιδερένια ρινίσματα. Ἄν τότε κτυπήσωμε μερικὲς φορὲς ἑλαφρὰ τὸ χαρτόνι, θὰ παρατηρήσωμε πὼς οἱ δυνάμεις ποὺ ἐξασκεῖ τὸ μαγνητικὸ πεδίο, ἀνάμεσα ἀπὸ τὸ χαρτόνι, ἐπάνω σὲ κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ ρινίσματα, τὰ ἀναγκάζουν νὰ τακτοποιηθοῦν κατὰ τέτοιο τρόπο, ὥστε νὰ σχηματίσουν γραμμὲς σὰν αὐτὲς ποὺ δείχνουν τὰ σχήματα 15·2 β, 15·2 γ καὶ 15·2 δ. Οἱ γραμμὲς αὐτὲς ποὺ σχηματίζουν τὰ σιδερένια ρινίσματα, ἔχουν τὴν διεύθυνση τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου.

Παρατηροῦμε ὅτι οἱ γραμμὲς ποὺ σχηματίζουν τὰ ρινίσματα εἶναι πυκνότερες κοντὰ στοὺς πόλους τῶν μαγνητῶν, δηλαδὴ ἐκεῖ ποὺ τὸ πεδίο εἶναι ἰσχυρότερο. Ἐκεῖ ὅμως ὅπου τὸ πεδίο εἶναι ἀσθενέστερο, δηλαδὴ μακριὰ ἀπὸ τοὺς μαγνητικοὺς πόλους, οἱ γραμμὲς ἀραιώνουν.

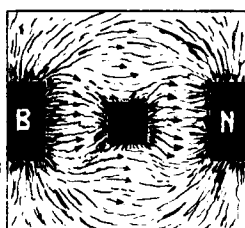
15·3 Μαγνητικὴ ἀντίσταση.

Τὸ σχῆμα 15·3α δείχνει μαγνητικὲς γραμμὲς τοῦ πεδίου

που υπάρχει ανάμεσα σε δύο έτερώνυμους μαγνητικούς πόλους. Στο σχήμα έχει σημειωθεί και η συμβατική φορά τους.



Σχ. 15.3 α.



Σχ. 15.3 β.

Αν όμως μεταξύ των δύο πόλων τοποθετηθῇ ένα σιδερένιο κομμάτι, τότε τὸ μαγνητικὸ πεδίο ἀλλάζει. Παρατηροῦμε, δηλαδή, ὅπως φαίνεται καὶ στὸ σχῆμα 15.3 β, ὅτι οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς ἀλλάζουν πορεία καὶ ὅσο τὸ δυνατόν περισσότερες ἀπὸ αὐτὲς προσπαθοῦν νὰ περάσουν μέσα ἀπὸ τὸ σίδηρο.

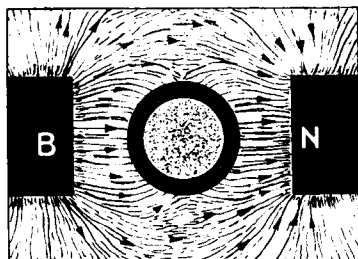
Ἐξηγοῦμε αὐτὸ τὸ φαινόμενο λέγοντας ὅτι τὸ σίδηρο ἔχει πολὺ μικρότερη μαγνητικὴ ἀντίσταση ἀπὸ τὸν ἀέρα. Γι' αὐτὸ τὸν λόγο οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς προτιμοῦν νὰ περάσουν ἀπ' αὐτό.

Καθὼς οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς περνοῦν ἀπὸ τὸ σιδερένιο κομμάτι, τὰ μέρη τοῦ σιδήρου προσανατολίζονται ὅλα πρὸς τὴν ἴδια διεύθυνση καὶ ἔτσι μαγνητίζεται κι' αὐτό. Ἡ ἀριστερὴ του ὀψὲς (σχ. 15.3 β), ἀπὸ ὅπου μπαίνουν οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς, σχηματίζει νότιο μαγνητικὸ πόλο καὶ ἡ δεξιὰ του ὀψὲς, ἀπὸ ὅπου βγαίνουν, σχηματίζει βόρειο μαγνητικὸ πόλο.

Αν τὸ κομμάτι αὐτὸ εἶναι ἀπὸ χαλκὸ ἢ ἀπὸ ὀρείχαλκο ἢ ἀπὸ ἀλουμίνιο, οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς δὲν ἀλλάζουν πορεία. Τέτοια ὕλινὰ ἔχουν τὴν ἴδια μαγνητικὴ ἀντίσταση μὲ τὸν ἀέρα καὶ γι' αὐτὸ τὰ ὕλινὰ αὐτὰ δὲν ἔλκονται ἀπὸ τοὺς μαγνήτες.

Αν τὸ σιδερένιο κομμάτι εἶναι κούφιο (σχ. 15.3 γ) οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς περνοῦν ἀπὸ τὰ τοιχώματά του ἐνὼ δὲν περνοῦν

σχεδόν καθόλου από το έσωτερικό του. Στην έσωτερική κοιλότητα δέν υπάρχει μαγνητικό πεδίο, δηλαδή εκεί δέν έξασκούν καμ-



Σχ. 15-3 γ.

μιά επίδραση οι μαγνητικοί πόλοι που βρίσκονται έξω. Τα τοιχώματα του σιδερένιου κομματιού αποτελούν ένα θώρακα για τόν έσωτερικό χώρο.

Τέτοιου είδους θωρακίσεις χρησιμοποιούμε συχνά στην τεχνική, όταν θέλωμε να προστατεύσωμε όργανα, ή και όλόκληρους χώρους, από την επίδραση έξωτερικών μαγνητικών πεδίων.

15·4 Άνακεφαλαίωση.

α) Κάθε μαγνήτης έχει δύο πόλους: ένα βόρειο και ένα νότιο μαγνητικό πόλο.

β) Οι έτερόνυμοι μαγνητικοί πόλοι έλκονται ενώ οι όμόνυμοι άπωθοούνται.

γ) Ό χώρος γύρω από τούς μαγνήτες λέγεται μαγνητικό πεδίο.

δ) Οι μαγνητικές γραμμές μās δείχνουν την διεύθυνση τής μαγνητικής δυνάμεως σε κάθε σημείο του πεδίου.

ε) Οι μαγνητικές γραμμές των πεδίων που δημιουργούνται από μόνιμους μαγνήτες, δέν είναι κλειστές καμπύλες. Αρχίζουν από τόν ένα μαγνητικό πόλο και καταλήγουν στόν άλλο μαγνητικό πόλο, του ίδιου ή άλλου μαγνήτη.

ζ) Συμβατικά λέμε πώς οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς διευθύνονται ἀπὸ βόρειο σὲ νότιο μαγνητικὸ πόλο.

η) Τὸ σίδηρο ἔχει πολὺ μικρότερη μαγνητικὴ ἀντίσταση ἀπὸ τὸν ἀέρα.

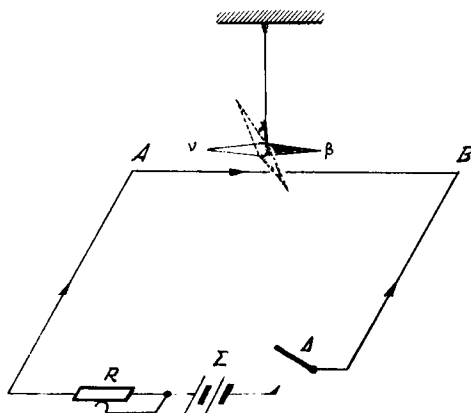
θ) Ὁ χαλκός, ὁ ὀρείχαλκος καὶ τὸ ἀλουμίνιο ἔχουν τὴν ἴδια μαγνητικὴ ἀντίσταση μὲ τὸν ἀέρα.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 16

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

16.1 Μαγνητικό πεδίο γύρω από άγωγούς.

Μια μαγνητική βελόνα που κρέμεται σ' ένα νήμα από το κέντρο βάρους της (σχ. 16.1 α) ισορροπεί, όπως έχουμε πη, στην διεύθυνση από βορρά προς νότο.



Σχ. 16.1 α.

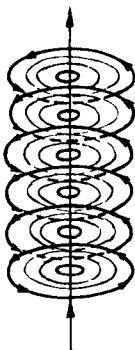
Ας υποθέσουμε πώς τοποθετούμε, σε κάποια απόσταση κάτω από μια τέτοια βελόνα και παράλληλα προς αυτήν, ένα χάλκινο άγωγό AB. Τον άγωγό αυτόν τον συνδέουμε με μια ηλεκτρική στήλη Σ, μια μεταβλητή αντίσταση R και ένα διακόπτη Δ, όπως δείχνει το σχήμα.

Εφ' όσον ο διακόπτης είναι ανοικτός, το ηλεκτρικό κύκλωμα δεν εξασκεί φυσικά καμμία επίδραση επάνω στη μαγνητική βελόνα. Μόλις όμως κλείσουμε τον διακόπτη και αρχίσει να περνά ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τον άγωγό AB, ή μαγνητική βελόνα

στρέφεται και ισορροπεί στη νέα θέση που σημειώνεται με διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα. "Αν, ελαττώνοντας την αντίσταση R , αρχίσουμε να αυξάνουμε την ένταση του ρεύματος που περνά από τον άγωγο AB , θα παρατηρήσουμε ότι η βελόνα στρέφεται ακόμα περισσότερο έως ότου γίνει κάθετη προς τον άγωγο AB .

Επειδή, όπως ξέρομε, η μαγνητική βελόνα στρέφεται όταν επάνω της επιδράση μαγνητικό πεδίο, συμπεραίνουμε πως το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο.

Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου που δημιουργείται γύρω από έναν μακρύ ευθύγραμμο άγωγο, όταν μέσα απ' αυτόν περνά ηλεκτρικό ρεύμα, είναι περιφέρειες κύκλων γύρω από τον άγωγο



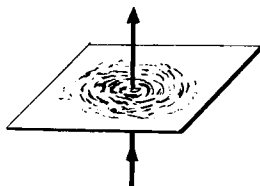
Σχ. 16·1 β.

(σχ. 16·1 β). Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε αν σε ένα φύλλο από χαρτόνι, μέσα απ' το οποίο περνά ο άγωγός, ρίξουμε σιδερένια ρινίσματα. Τα ρινίσματα τακτοποιούνται ώστε να σχηματίσουν περιφέρειες κύκλων (σχ. 16·1 γ).

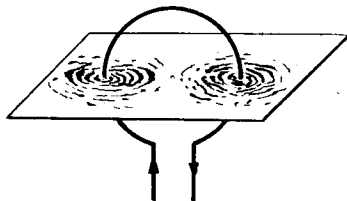
Το σχήμα 16·1 δ δείχνει μαγνητικές γραμμές του πεδίου που σχηματίζεται από το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν κάμφουμε τον άγωγο από τον οποίο περνά το ηλεκτρικό ρεύμα, σε σχήμα κύκλου.

"Αν τυλίξουμε μερικές φορές ένα σύρμα με μονωτική επένδυση επάνω σε μια κυλινδρική ή πρισματική επιφάνεια έτσι, ώστε

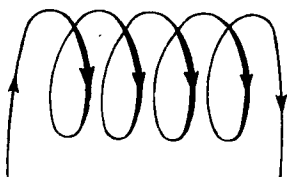
τὸ σύρμα νὰ σχηματίζῃ σπείρες (δακτυλίδια συνεχιστά), σχηματίζομε ἓνα πηνίο (σχ. 16·1ε καὶ 16·1ζ). Ὅλες τὶς σπείρες



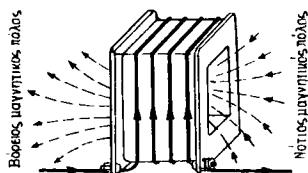
Σχ. 16·1 γ.



Σχ. 16·1 δ.

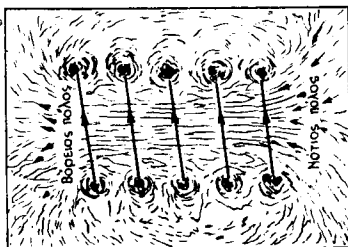


Σχ. 16·1 ε.



Σχ. 16·1 ζ.

αὐτὲς μαζί τὶς λέμε περιέλιξη τοῦ πηνίου. Τὰ σχήματα 16·1ζ καὶ 16·1 η δείχνουν τὴν διεύθυνση τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου ποὺ σχηματίζεται γύρω καὶ μέσα ἀπὸ πηνία.



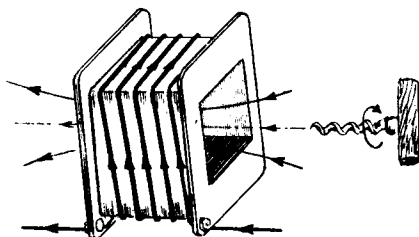
Σχ. 16·1 η.

Παρατηροῦμε ὅτι, ὅπως καὶ στὴν περίπτωση εὐθύγραμμου μόνιμου μαγνήτη, στὸ ἓνα ἄκρο τοῦ πηνίου σχηματίζεται βόρειος μαγνητικὸς πόλος (ἐξόδος μαγνητικῶν γραμμῶν) καὶ στὸ ἄλλο νότιος πόλος (εἰσόδος μαγνητικῶν γραμμῶν).

Ἄν ἀλλάξῃ ἡ διεύθυνση τοῦ ρεύματος στὶς σπείρες τοῦ πη-

νίου, θα αλλάξει και η διεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου, δηλαδή, το άκρο του πηνίου που ήταν πριν βόρειος πόλος γίνεται τώρα νότιος και το άκρο που ήταν πριν νότιος πόλος γίνεται τώρα βόρειος.

Την διεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου ενός πηνίου την βρίσκουμε με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλίου: Φανταζόμαστε πως επάνω στον άξονα του πηνίου βρίσκεται τοποθετημένος ένας κοχλίας με δεξιόστροφο σπείρωμα. "Αν ο κοχλίας περιστραφεί με την φορά που κυκλοφορεί το ηλεκτρικό ρεύμα στις σπείρες του πηνίου, θα προχωρήσει προς μια διεύθυνση. Αυτή είναι η διεύθυνση που έχουν οι μαγνητικές γραμμές στο έσωτερικό του πηνίου (σχ. 16·1θ).



Σχ. 16·1θ.

Το πηνίο, λοιπόν, συμπεριφέρεται σαν μαγνήτης όταν από τις σπείρες του περνά ηλεκτρικό ρεύμα. "Αν κοντά του βρίσκεται ένας μόνιμος μαγνήτης θα τον έλξει, (όταν βέβαια απέναντι από τον πόλο του πηνίου είναι ο ετερόνυμος πόλος του μαγνήτη) ή θα τον απωθήσει, (αν ο πόλος του μαγνήτη είναι ομώνυμος με τον πόλο του πηνίου).

"Αν κοντά στο πηνίο βρίσκεται ένα αμαγνήτιστο σιδερένιο κομμάτι, το πηνίο θα το έλκει προσπαθώντας να το φέρει στο έσωτερικό του.

Η έλκτική δύναμη κάθε πηνίου είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο περισσότερες είναι οι σπείρες που έχει και όσο μεγαλύτερη είναι

ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που περνά απ' αυτές. 'Η έλκτική, δηλαδή, δύναμη του πηνίου εξαρτάται από το γινόμενο: $\text{άμπερ} \times \text{σπειρες}$.

'Επειδή οι σπείρες λέγονται και *έλίγματα* το γινόμενο αυτό το ονομάζουμε *άμπερελίγματα*.

"Αν π.χ. το πηνίο του σχήματος 16·1θ έχει 500 σπείρες και απ' αυτές περνά ρεύμα 0,8 A δημιουργούνται:

$$0,8 \cdot 500 = 400 \text{ άμπερελίγματα.}$$

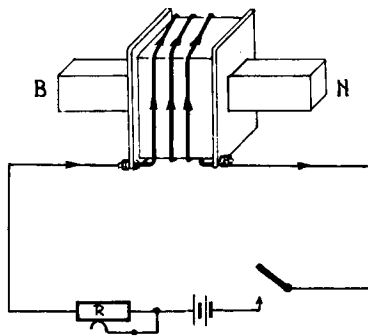
Τά ίδια άμπερελίγματα δημιουργούνται και όταν από τις μισές σπείρες του πηνίου περάσει ρεύμα με διπλάσια ένταση, δηλαδή 1,6 A:

$$1,6 \cdot 250 = 400 \text{ άμπερελίγματα.}$$

Και στις δύο περιπτώσεις ή έλκτική δύναμη του πηνίου είναι ή ίδια.

16·2 'Ηλεκτρομαγνήτες.

"Αν στο έσωτερικό ενός πηνίου τοποθετήσωμε μιὰ σιδερένια ράβδο, έναν σιδερένιο πυρήνα, όπως λέμε, σχηματίζομε έναν *ήλεκτρομαγνήτη* (σχ. 16·2 α).



Σχ. 16·2 α.

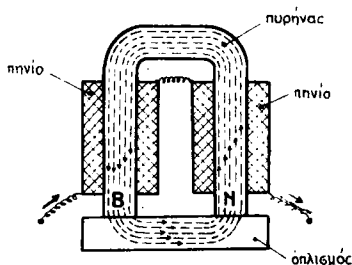
"Όταν από τις σπείρες του πηνίου περνά ηλεκτρικό ρεύμα, ο σιδερένιος πυρήνας μαγνητίζεται και συμπεριφέρεται σαν τέ-

λειος μαγνήτης. Μόλις όμως διακοπή τὸ ρεύμα ὁ πυρήνας ξεμαγνητίζεται.

Ὁ πυρήνας δὲν ξεμαγνητίζεται μετὰ τὴν διακοπὴ τοῦ ρεύματος ἂν εἶναι ἀπὸ χάλυβα, γιατί, ὅπως εἴπαμε (15·1), ὁ χάλυβας διατηρεῖ τὸν μαγνητισμό του.

Ἡ μαγνητικὴ ἀντίσταση τοῦ σιδερένιου πυρήνα εἶναι πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν μαγνητικὴ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα (βλ. 15·3). Ἐπιτρέπει ἐπομένως νὰ ἐγκατασταθῇ (ἀναπτυχθῇ) ἰσχυρότερο μαγνητικὸ πεδίο. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο ἡ ἐλκτικὴ δύναμη ποὺ ἐξασκεῖ ὁ ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν δύναμη ποὺ ἐξασκεῖ μόνο του τὸ πηνίο, ὅταν δηλαδὴ τοῦ ἀφαιρεθῇ ὁ πυρήνας του.

Ἡ ἐλκτικὴ δύναμη τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν γίνεται ἀκόμη μεγαλύτερη, ἂν ὁ πυρήνας τους ἔχῃ σχῆμα πετάλου καὶ ἂν ὑπάρχῃ κατάλληλος ὀπλισμός (σχ. 16·2 β), δηλαδὴ, ἂν ὑπάρχῃ ἓνα



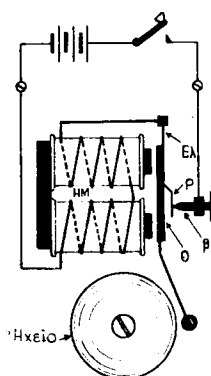
Σχ. 16·2 β.

κομμάτι ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο ποὺ νὰ μπορῇ νὰ ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ ὅλη τὴν ἐπιφάνεια καὶ τῶν δύο πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη, ὥστε οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς νὰ μὴ συναντοῦν στὴν διαδρομὴ τους παρὰ μόνο σώματα σιδερένια τὰ ὁποῖα ἔχουν, ὅπως ξέρομε, μικρὴ μαγνητικὴ ἀντίστατη.

Οἱ ἡλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιοῦνται πολὺ στὴν τεχνικὴ γιὰ διάφορους σκοποὺς καὶ κατασκευάζονται σὲ πολὺ διαφορετικὰ μεγέθη.

Υπάρχουν τεράστιοι ηλεκτρομαγνήτες, που κυρίως χρησιμοποιούνται στα εργοστάσια της βαρειάς σιδηροβιομηχανίας. Αυτοί έχουν έλκτική δύναμη εκατοντάδες τόννους και χρησιμοποιούνται για την ανύψωση και την μεταφορά βαρών. Υπάρχουν όμως και πάρα πολύ μικροί ηλεκτρομαγνήτες που η έλκτική τους δύναμη είναι μόλις λίγα γραμμάρια.

Μία πολύ γνωστή εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητών είναι τα ηλεκτρικά κουδούνια. Αυτά αποτελούνται (σχ. 16·2 γ) από έναν



Σχ. 16·2 γ.

ηλεκτρομαγνήτη HM , που έχει ένα σιδερένιο πυρήνα, επάνω στον οποίο είναι τυλιγμένα δύο πηνία. Ο όπλισμος O του ηλεκτρομαγνήτη κρατιέται σε κάποια απόσταση από τους πόλους του με ένα ελατήριο $Ελ$. Στον όπλισμο στερεώνεται ένα μεταλλικό έλασμα ρ , που άκουμπά στην αιχμή μιας βίδας β , όταν ο όπλισμος βρίσκεται στη θέση ήρεμίας (δηλαδή στη θέση που παίρνει όταν από το κύκλωμα δεν περνά ηλεκτρικό ρεύμα και το κουδούνι δεν λειτουργεί).

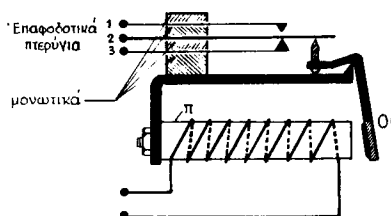
Όταν κλείνεται το ηλεκτρικό κύκλωμα, τότε το ρεύμα περνώντας από την βίδα, το έλασμα ρ , τον όπλισμο και το ελατήριο, διατρέχει τις σπείρες των δύο πηνίων. Ο πυρήνας του ηλεκτρο-

μαγνήτη μαγνητίζεται καὶ ἔλκει τὸν ὀπλισμό. Τὸ ἔλασμα ρ τότε ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν βίδα β καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἔτσι παύει νὰ κυκλοφορῇ ρεῦμα, ὁ πυρήνας ξεμαγνητίζεται καὶ τὸ ἐλατήριο ξαναφέρνει τὸν ὀπλισμὸ στὴν θέσιν ἡρεμίας. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπο, ὅμως, κλείνει πάλι τὸ κύκλωμα καὶ ἐπαναλαμβάνονται συνεχῶς τὰ ἴδια φαινόμενα.

Μετακινώντας λίγο τὴν βίδα β ἐπιτυχάνομε νὰ κάνωμε τὴν κίνηση τοῦ ὀπλισμοῦ γρηγορώτερη ἢ ἀργότερη.

Στὴν προέκταση τοῦ ὀπλισμοῦ βρίσκεται ἓνα μικρὸ σφυράκι ποὺ σὲ κάθε ἔλξη τοῦ ὀπλισμοῦ κτυπᾷ σὲ ἓνα μεταλλικὸ ἠχηεῖο (καμπάνα).

Μικροὶ ἡλεκτρομαγνήτες εἶναι καὶ τὰ ρελαὶ (ρωστήρες, ἡλεκτρονόμοι), ποὺ βρίσκουν τεράστια ἐφαρμογὴ στὴν Τηλεπικοινωνία καθὼς καὶ στὶς ἐγκαταστάσεις σημάτων (σχ. 16·2 δ). Ἐκτὸς



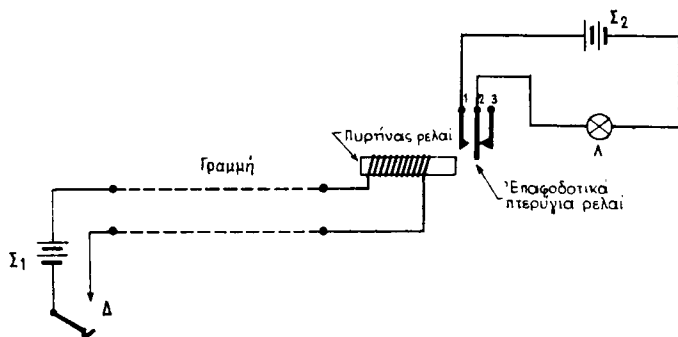
Σχ. 16·2 δ.

ἀπὸ τὸν πυρήνα (π), τὸν ὀπλισμὸ τοῦ (O) καὶ τὴν περιέλιξη, τὸ ρελαὶ εἶναι ἐφωδιασμένο καὶ μὲ μερικὰ μεταλλικὰ πτερύγια (δηλαδή λεπτὰ μεταλλικὰ ἐλάσματα) τὰ ὅποια εἶναι μονωμένα ἀπὸ τὰ ὑπόλοιπα μέρη. Ὄταν ὁ ὀπλισμὸς ἔλκεται ἀπὸ τὸν πυρήνα, μετακινεῖ ἓνα ἢ περισσότερα μεταλλικὰ πτερύγια, τὰ ὅποια ἔτσι ἀπομακρύνονται ἢ πλησιάζουν σὲ ἄλλα, καὶ μὲ αὐτὸν τὸν τρόπο κλείνουν ἢ διακόπτουν ἄλλα κυκλώματα. Ἄν ὁ ὀπλισμὸς τοῦ ρελαὶ τοῦ σχήματος 16·2 δ μετακινηθῇ πρὸς τὸν πυρήνα, ἡ δεξιὰ

ἄκρη τοῦ πτερυγίου 2 θὰ ἀνέβῃ. Ἔτσι θὰ διακοπῇ ἡ ἀγώγιμη σύνδεση τῶν πτερυγίων 2 - 3 καὶ θὰ γίνῃ ἡλεκτρικὴ ἐπαφὴ μεταξὺ τῶν πτερυγίων 1 - 2.

Μιὰ ἀπλὴ χρησιμοποίηση ἐνὸς ρελαὶ δείχνει τὸ σχῆμα 16·2 ε.

Μὲ τὴν πηγὴ Σ_1 καὶ τὸν διακόπτη Δ πρέπει νὰ γίνεταί τὸ ἀναμµα καὶ τὸ σβύσµο τῆς λυχνίας Λ . Ἄν ὅµως ὁ διακόπτης



Σχ. 16-2 ε.

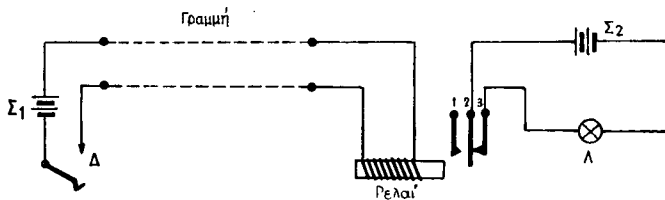
βρίσκεται πολὺ μακριὰ ἀπὸ τὴν λυχνία, (σὲ ἄλλο σπίτι ἢ σὲ ἄλλη πόλη), τότε ἡ ἀντίσταση τῆς γραμμῆς μπορεῖ νὰ εἶναι τόσο μεγάλη ὥστε νὰ μὴν ἐπιτρέπη νὰ περάσῃ ρεῦμα μὲ ἔνταση ἀρκετὴ ὥστε νὰ ἀνάβῃ τὴ λυχνία.

Στὴν περίπτωσι αὐτὴ κοντὰ στὴ λυχνία τοποθετεῖται ἓνα ρελαὶ καὶ μιὰ πηγὴ Σ_2 , ποὺ συνδέονται μεταξύ τους (συνδεσμολογοῦνται ὅπως λέµε) καθὼς δείχνει τὸ σχῆμα. Ἡ περιέλιξις τοῦ ρελαὶ πρέπει νὰ ἔχῃ ἀρκετὲς σπεῖρες, ὥστε καὶ μὲ τὸ ἀσθενὲς ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν γραμμὴ νὰ δημιουργοῦνται ἀµπερελίσγµατα ἀρκετὰ ὥστε νὰ μαγνητίσουν ἰσχυρὰ τὸν πυρῆνα. Ὅταν μαγνητισθῇ ὁ πυρῆνας, ἔλκει τὸν ὀπλισµὸ ὁ ὁποῖος μετακινεῖ τὸ πτερυγίον 2 πρὸς τὰ ἀριστερὰ καὶ ἔτσι κλείνει τὸ τοπικὸ κύκλωμα: πηγὴ Σ_2 - ἐπαφὴ 1,2 - λυχνία Λ - πηγὴ Σ_2 .

Ἡ ἀντίσταση τοῦ τοπικοῦ αὐτοῦ κυκλώματος εἶναι μικρὴ ὥστε νὰ ἀνάβῃ ἡ λυχνία.

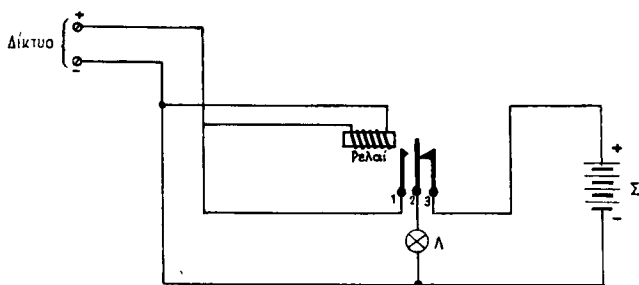
Παραλλαγὴ αὐτῆς τῆς διατάξεως δείχνει τὸ σχῆμα 16·2 ζ.

Μὲ τὴν διάταξη αὕτῃ ἡ λυχνία Λ ἀνάβει ὅταν ὁ διακόπτης Δ εἶναι ἀνοικτὸς καὶ σβύνει ὅταν τὸν κλείνωμε.



Σχ. 16·2 ζ.

Στὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 16·2 η τὸ ρελαί χρησιμεύει γιὰ νὰ ἐξασφαλίσῃ τὴν συνέχιση τῆς λειτουργίας τῆς λυχνίας Λ ὅταν κόβεται τὸ ρεῦμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου.



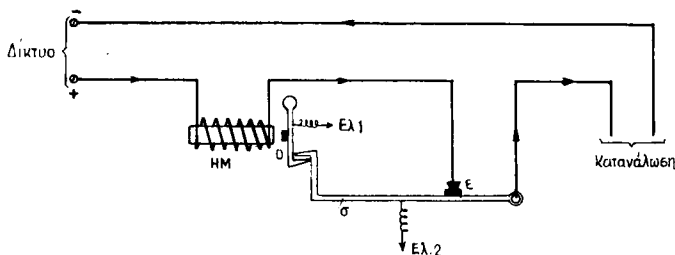
Σχ. 16·2 η.

Ὅταν τὸ δίκτυο βρίσκεται σὲ τάση, τὸ ρελαί ἔλκει τὸν ὀπλισμό του, ἡ ἐπαφὴ 1-2 κλείνει καὶ ἡ λυχνία Λ τροφοδοτεῖται κανονικὰ ἀπὸ τὸ δίκτυο. Ὅταν ὅμως διακοπῇ τὸ ρεῦμα τοῦ δικτύου, τὸ ρελαί ξεμαγνητίζεται, παύει νὰ ἔλκῃ τὸν ὀπλισμό του καὶ τὸ πτερύγιο 2 ἔρχεται στὴν θέση ἡρεμίας, δηλαδὴ στὴν θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα. Στὴν θέση αὕτῃ διακόπτεται ἡ ἐπαφὴ

1 - 2 και κλείνει ή έπαφή 2 - 3. Ή λυχνία άποσυνδέεται από τὸ δίκτυο και τότε δέχεται ρεύμα από τὴν συστοιχία Σ.

Όταν ξανάρθῃ τὸ ρεύμα τοῦ δικτύου, τὸ ρελαί μαγνητίζεται πάλι και τὸ πτερύγιο 2 συνδέει τὴν λυχνία στο δίκτυο και διακόπτει τὴν σύνδεσή της με τὴν συστοιχία.

Ήλεκτρομαγνήτες υπάρχουν και στοὺς αυτόματους διακόπτες οἱ ὁποῖοι ἀσφαλίζουν τὰ ηλεκτρικά κυκλώματα από βλάβες ποὺ μπορεῖ νὰ δημιουργήσουν ὑπερβολικά μεγάλες ἐντάσεις ρεύματος ἢ μεγάλες τάσεις κ.λ.π. Τὸ σχῆμα 16·2 θ δείχνει σχηματικά ἓνα αὐτόματο διακόπτη μεγίστου. Ὁ διακόπτης αὐτός, ὅταν ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στο κύκλωμα στο ὁποῖο συνδέεται, ξεπεράσῃ τὴν τιμὴ γιὰ τὴν ὁποία ἔχει ρυθμισθῇ, κόβει τὸ κύκλωμα και σταματᾷ τὸ ρεύμα. Ὅπως φαίνεται στο σχῆμα, τὸ ρεύμα ποὺ ὁδηγεῖται στοὺς ηλεκτρικοὺς καταναλωτὲς περνᾷ από τὸ πηνίο ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτη ΗΜ καθὼς και από μιὰ έπαφή ε ποὺ κλείνει τὸ μεταλλικὸ στέλεχος σ.



Σχ. 16·2 θ.

Ένα ἰσχυρὸ ἐλατήριο (ΕΛ 2) προσπαθεῖ νὰ μετακινήσῃ τὸ στέλεχος σ πρὸς τὰ κάτω και ἔτσι νὰ ἀνοίξῃ τὴν έπαφή ε.

Όσο ὅμως ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στο κύκλωμα εἶναι μικρή, τὸ στέλεχος σ δὲν μπορεῖ νὰ μετακινηθῇ γιὰτὶ συγκρατεῖται από μιὰ προεξοχή τοῦ ὀπλισμοῦ Ο τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη ποὺ βρίσκεται στὴ θέση ἡρεμίας. Ἐκεῖ τὸν συγκρατεῖ τὸ ἐλατήριο ΕΛ 1.

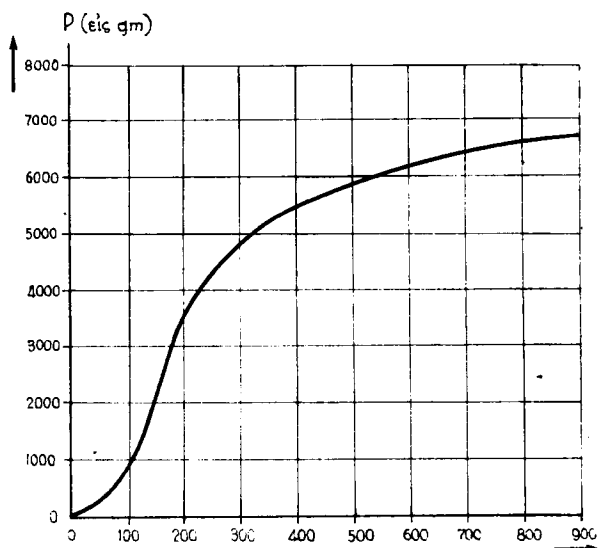
Τὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη δὲν εἶναι ἀρκετὰ ἰσχυρὸ ὥστε νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν δύναμη τοῦ ἐλατηρίου Ελ 1 καὶ ἔτσι τὸ ἐλατήριο αὐτὸ κρατᾷ τὸν ὀπλισμὸ Ο στὴ θέσῃ ἡρεμίας. Ὁ ὀπλισμὸς συγκρατεῖ τὸ στέλεχος σ στὴ θέσῃ ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα, ἢ ἐπαφὴ ε μένει κλειστὴ καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μπορεῖ νὰ περνᾷ πρὸς τὴν κατανάλωση.

Ὅταν ὅμως τὸ ρεῦμα φθάσῃ, ἢ καὶ ξεπεράσῃ, τὴν τιμὴ γιὰ τὴν ὁποία ἔχει ρυθμισθῇ ὁ αὐτόματος διακόπτης, τότε τὰ ἀμπερελίσγματα τοῦ πηνίου γίνονται ἀρκετά, ὥστε νὰ δημιουργήσουν μαγνητικὸ πεδίο τόσο ἰσχυρό, ὅσο χρειάζεται γιὰ νὰ ἔλξῃ τὸν ὀπλισμὸ Ο. Τὸ δόντι τοῦ ὀπλισμοῦ ἐλευθερώνει τότε τὸ δόντι τοῦ στελέχους σ, καὶ μετὰ τὴν δύναμη τοῦ ἐλατηρίου Ελ 2 τὸ στέλεχος αὐτὸ μετακινεῖται πρὸς τὰ κάτω. Ἔτσι ἡ ἐπαφὴ ε ἀνοίγει ἀπότομα καὶ διακόπτει τὸ ρεῦμα. Ἡ κατανάλωση καὶ οἱ ἀγωγοί, ποὺ ὀδηγοῦν τὸ ρεῦμα σ' αὐτήν, προστατεύονται ἀπὸ τὴν ὑπερθέρμανση καὶ τίς βλάβες ποὺ θὰ μποροῦσε νὰ δημιουργήσῃ ἡ μεγάλη ἔνταση τοῦ ρεύματος.

16·3 Μαγνητικὸς κόρος.

Ὅσο αὐξάνει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ πηνίον ἐνδὲς ἡλεκτρομαγνήτη, τόσο ἰσχυρότερα μαγνητίζεται ὁ πυρήνας του καὶ τόσο περισσότερο μεγαλώνει ἡ ἐλκτικὴ του δύναμη.

Ἄν π.χ. ἐλαττώνωμε συνεχῶς τὴν ἀντίσταση R, στὸ κύκλωμα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη τοῦ σχήματος 16·2 α, παρατηροῦμε ὅτι αὐξάνει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴν περιέλιξη τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη καὶ ὅτι συγχρόνως αὐξάνει καὶ ἡ ἐλκτικὴ του δύναμη. Ἄν μετρήσωμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος καὶ τὴν ἐλκτικὴν δύναμη τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη, βρίσκομε ἀποτελέσματα ὅταν τὰ πάρα κάτω :



Σχ. 16.3 α

Ένταση ρεύματος

Έλκτική δύναμη

0	0
100 mA	1 000 gr
200 »	3 700 »
300 »	4 900 »
400 »	5 500 »
500 »	5 900 »
600 »	6 200 »
700 »	6 450 »
800 »	6 650 »
900 »	6 750 »

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων αὐτῶν δείχνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 16.3 α. Παρατηροῦμε ὅτι ἐνῶ, σ' αὐτὲς τὶς μετρήσεις, ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος αὐξάνει πάντα κατὰ τὸ ἴδιο ποσό, δηλαδὴ κατὰ 100 mA, ἡ ἐλκτικὴ δύναμη αὐξάνει κατὰ :

1 000 —	0 =	1 000	gr
3 700 —	1 000 =	2 700	»
4 900 —	3 700 =	1 200	»
5 500 —	4 900 =	600	»
5 900 —	5 500 =	400	»
6 200 —	5 900 =	300	»
6 450 —	6 200 =	250	»
6 650 —	6 450 =	200	»
6 750 —	6 650 =	100	»

Παρατηροῦμε, δηλαδή, ὅτι ἡ ἐλκτική δύναμις στὴν ἀρχὴ μὲν αὐξάνει γρήγορα, κατόπιν ὁμως ἡ αὔξησις γίνεται βραδύτερη καὶ στὸ τέλος εἶναι ἐλάχιστη.

Αὐτὸ σημαίνει πὼς ὁ πυρήνας τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη στὴν ἀρχή, ὅσο αὐξάνει ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, μαγνητίζεται ἰσχυρότερα, ἀλλὰ ἀπὸ ἓνα σημεῖο καὶ ἔπειτα ἡ αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δὲν ἐπηρεάζει τὴν μαγνήτισή του παρὰ ἐλάχιστα.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ λέγεται *μαγνητικός κόρος*. Ἐμφανίζεται μόνο στοὺς σιδερένιους πυρήνες καὶ ἐξηγεῖται μὲ τὴν εἰκόνα ποὺ εἶδαμε στὴν παράγραφο 15·1. Στὴν ἀρχὴ τῆς μαγνητισσεως, ὅσο αὐξάνει ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τόσο ἰσχυρότερο γίνεται τὸ μαγνητικὸ πεδίο καὶ τόσο περισσότερα ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ μαγνήτη στρέφονται πρὸς τὴν διεύθυνση τοῦ πεδίου. Ὅταν ὁμως αὐτὸ γίνῃ ἀρκετὰ ἰσχυρό, τότε ὅλα σχεδὸν τὰ μόρια τοῦ μαγνήτη ἔχουν στραφῇ πρὸς τὴν διεύθυνση τοῦ πεδίου καὶ ἐπομένως ὁ μαγνήτης ἔχει *κορεσθῇ*, δηλαδή, ἔχει μαγνητισθῇ ἐντελῶς. Μεγαλύτερη αὔξησις τοῦ ρεύματος δὲν μπορεῖ φυσικὰ νὰ προκαλέσῃ περισσότερη μαγνήτισιν.

16·4 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Μαγνητικὰ πεδία δὲν δημιουργοῦν μόνο οἱ μόνιμοι μαγνήτες ἀλλὰ καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς

ἀπὸ τοὺς ὁποίους περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα σχηματίζεται μαγνητικό πεδίο.

β) Τὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τόσο ἰσχυρότερο ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος.

γ) Ἰσχυρὰ μαγνητικὰ πεδία δημιουργεῖ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ὅταν περνᾷ ἀπὸ πηνία. Τὸ ἓνα ἄκρο τοῦ πηνίου τότε γίνεται βόρειος μαγνητικὸς πόλος καὶ τὸ ἄλλο νότιος.

δ) Τὴν διεύθυνση τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου ποὺ δημιουργεῖ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅταν περνᾷ ἀπὸ πηνία, τὴν βρίσκουμε μὲ τὸν κανόνα τοῦ δεξιόστροφου κοχλίου.

ε) Ὅσο περισσότερα εἶναι τὰ ἀμπερελίγματα τοῦ πηνίου τόσο ἰσχυρότερο εἶναι τὸ πεδίο ποὺ ἀναπτύσσει.

στ) Ἡλεκτρομαγνήτης εἶναι ἓνα πηνίο μὲ πυρήνα σιδερένιο.

ζ) Ὁ πυρήνας τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν μαγνητίζεται τόσο ἰσχυρότερα ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ πηνίο. Ὑπάρχει ὁμοίως ἓνα ὄριο στὴν μαγνήτιση τοῦ πυρήνα (μαγνητικὸς κόρος). Μὲ ὅσοδήποτε μεγάλη ἔνταση ρεύματος δὲν μποροῦμε νὰ μαγνητίσωμε ἓνα πυρήνα περισσότερο ἀπὸ τὸ ὄριο αὐτό.

η) Οἱ ἡλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιοῦνται πάρα πολὺ στὴν πράξη καὶ γιὰ ἓνα σωρὸ σκοποῦς (ἡλεκτρικὰ κουδούνια, ρελαί, αὐτόματοι διακόπτες, συσκευὲς γιὰ ἀνύψωση βαρῶν κλπ.).

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΓΩΓΟ

17·1 Κίνηση άγωγού σέ μαγνητικό πεδίο.

Τò ήλεκτρικό ρεύμα έξασκεϊ δυνάμεις έπάνω στούς μαγνήτες που βρίσκονται κοντά του. Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο (16·1), τò ήλεκτρικό ρεύμα που περνά από τòn άγωγό ΑΒ τού σχήματος 16·1 α αναγκάζει τήν μαγνητική βελόνα νά στρίψει.

Συμβαίνει όμως και τò αντίστροφο φαινόμενο : Οί μαγνήτες έξασκούν μηχανικές δυνάμεις έπάνω σέ άγωγούς που βρίσκονται μέσα στο πεδίο τους, όταν άπ' αὐτούς περνά ήλεκτρικό ρεύμα.

Στο σχήμα 17·1 α ὁ χάλκινος άγωγός ΓΔ κρεμιέται με δύο μεταλλικά σύρματα από τήν μονωτική ράβδο ρ με τέτοιο τρόπο, ὥστε νά εἶναι ὀριζόντιος και νά περνά ανάμεσα από τά σκέλη ενός μόνιμου μαγνήτη. Ὁ μαγνήτης αὐτός ἔχει σχήμα U ἔτσι, που οί μαγνητικές γραμμές τού πεδίου του νά διευθύνονται κατακόρυφα πρὸς τά κάτω (πρβλ. σχ. 15·2 γ).

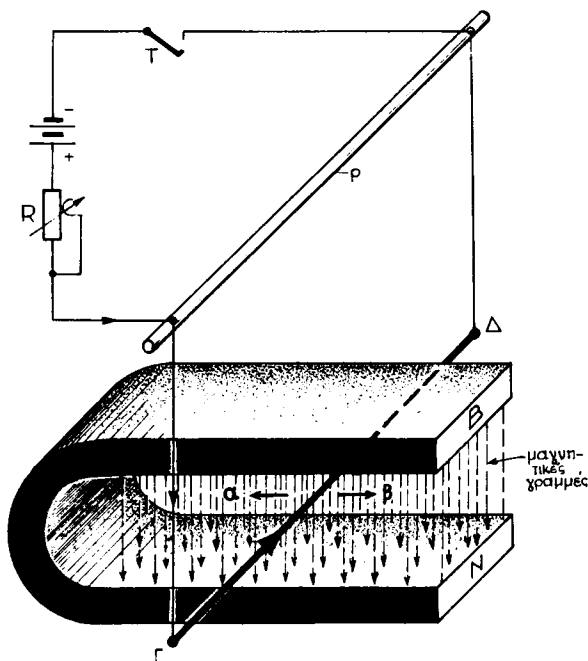
Όταν δέν περνά ρεύμα από τὸν άγωγό, ὁ μαγνήτης δέν έξασκει καμμιὰ δύναμη έπάνω του.

Όταν όμως κλείσωμε τὸν διακόπτη Τ και τò ήλεκτρικό ρεύμα περάση από τὸ άκρο Γ πρὸς τὸ άκρο Δ τού άγωγού, θα παρατηρήσωμε ὅτι ὁ άγωγός μετακινεῖται πρὸς τὰ άριστερά και κατὰ τή φορά που δείχνει τὸ βέλος α.

Αν διακόψωμε τὸ ρεύμα, ὁ άγωγός ξανάρχεται στὴν θέση ισορροπίας. Ὁ μαγνήτης, δηλαδή, άσκει έπάνω στὸν άγωγό μιὰ δύναμη, που ἔχει τήν διεύθυνση α, μόνο όταν από τὸν άγωγό περνά ήλεκτρικό ρεύμα.

Αν αλλάξωμε τήν σύνδεση με τούς πόλους τῆς πηγῆς, ὥστε

τὸ ρεῦμα νὰ περνᾷ ἀπὸ τὸ ἄκρο Δ πρὸς τὸ ἄκρο Γ τοῦ ἀγωγοῦ, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται τώρα πρὸς τὰ δεξιὰ (βέλος β), δηλαδή, τώρα ἐμφανίζεται πάλι μιὰ δύναμη, ἡ ὁποία



Σχ. 17-1 α.

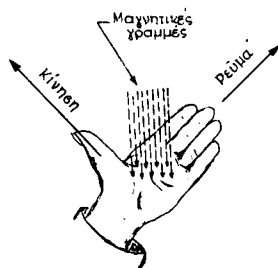
ὅμως ἔχει τὴν διεύθυνση β , ἀντίθετη ἀπ' αὐτὴ ποὺ εἶχε προηγουμένως.

Ἡ δύναμη αὐτὴ ποὺ ἐξασκεῖται ἐπάνω στὸν ἀγωγὸ εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο :

- α) ἰσχυρότερο εἶναι τὸ μαγνητικὸ πεδίο,
- β) μεγαλύτερο μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ βρίσκεται μέσα σ' αὐτό,
- γ) μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἡ διεύθυνση τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι κάθετη πρὸς τὶς μαγνητικὰς γραμμὰς καὶ πρὸς τὸν ἀγωγό. Ἡ φορά της βρίσκεται μετὰ τὸν κανόνα τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ. Ἄν δηλαδή τοποθετήσωμε τὸ

ἀριστερό μας χέρι ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 17·1 β, δηλαδή ἔτσι, ὥστε οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς νὰ διευθύνωνται κάθετα πρὸς τὸ



Σχ. 17·1 β.

ἐσωτερικὸ τῆς παλάμης καὶ τὰ ἄλλα 4 δάκτυλα νὰ δείχνουν τὴν διεύθυνση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τότε τὸ τεντωμένο μεγάλο δάκτυλο δείχνει τὴν διεύθυνση τῆς δυνάμεως ποὺ ἀναπτύσσεται ἐπάνω στὸν ἄγωγό.

17·2 Ήλεκτρικοι κινητήρες.

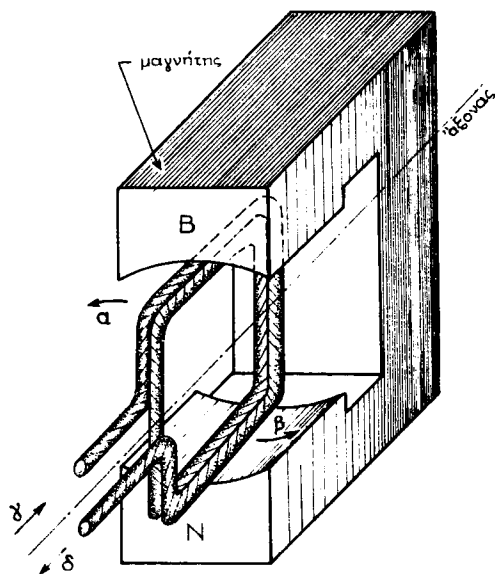
Τὸ σχῆμα 17·2 α δείχνει ἓνα πλαίσιο ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο σπείρες καὶ ποὺ εἶναι τοποθετημένο ἀνάμεσα στὸν βόρειο καὶ τὸ νότιο πόλο ἑνὸς μαγνήτη. Τὸ πλαίσιο εἶναι τοποθετημένο ἔτσι, ὥστε νὰ μπορῇ νὰ περιστραφῇ ἐλεύθερα γύρω ἀπὸ τὸν ἄξονα ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα.

Ἄν συνδέσουμε τὶς ἄκρες τοῦ πλαισίου μὲ μιὰ ἡλεκτρικὴ πηγὴ, ὥστε νὰ περάσῃ μέσα ἀπ' αὐτὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μὲ τὴν διεύθυνση ποὺ δείχνουν τὰ βέλη γ καὶ δ, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι τὸ πλαίσιο θὰ στραφῇ. Στὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος, τὸ πλαίσιο στρέφεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν α καὶ β, ποὺ εἶναι ἀντίθετη ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν κατὰ τὴν ὁποία κινοῦνται οἱ δείχτες τῶν ρολογιῶν.

Ἡ κίνησις αὐτὴ τοῦ πλαισίου ἐξηγεῖται εὐκόλα μὲ ὅσα εἴπαμε στὴν προηγούμενη παράγραφον:

Ἐπειδὴ τὸ πλαίσιο βρίσκεται μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ μαγνήτη, ὅταν ἡλεκτρικὸ ρεῦμα περνᾷ μέσα ἀπὸ τοὺς ἄγωγους

ποὺ τὸ σχηματίζουν, δημιουργοῦνται μαγνητικὲς δυνάμεις ἐπάνω σὲ κάθε ἓνα ἀπ' αὐτοὺς.



Σχ. 17·2 α.

Ἐφαρμόζοντας τὸν κανόνα τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ βρίσκομε ὅτι, στὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος, οἱ δυνάμεις οἱ ὁποῖες ἐξασκοῦνται στοὺς ἀγωγοὺς ποὺ βρίσκονται κοντὰ στὸν βόρειο πόλο (δηλαδὴ στοὺς ἐπάνω ἀγωγούς), διευθύνονται ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἐνῶ οἱ δυνάμεις ποὺ ἐξασκοῦνται στοὺς ἀγωγοὺς ποὺ βρίσκονται κοντὰ στὸ νότιο πόλο (δηλαδὴ στοὺς κάτω), διευθύνονται ἀντίθετα, ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ὅλες αὐτὲς οἱ δυνάμεις σχηματίζουν μιὰ ροπή ποὺ περιστρέφει τὸ πλαίσιο.

Ἡ ροπή αὕτὴ εἶναι τόσο μεγαλύτερη : α) ὅσο ἰσχυρότερο εἶναι τὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ μαγνήτη, β) ὅσο μεγαλύτερη ἡ ἔνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ πλαίσιο, καὶ γ) ὅσο περισ-

σότερες είναι οι σπείρες που έχει το πλαίσιο αυτό. Είναι επίσης τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις που έχει το πλαίσιο.

Την περιστροφή αυτή του πλαισίου μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε για να άνυψώσουμε ένα μικρό βάρος ή να κινήσουμε ένα μηχανισμό.

Η συσκευή που δείχνει το σχήμα 17·2 α είναι, λοιπόν, ένας μικρός *ήλεκτρικός κινητήρας*, στόν όποιο, με την βοήθεια του μαγνητικού του πεδίου, μετατρέπομε την ενέργεια του ήλεκτρικού ρεύματος σέ μηχανικό έργο.

Οί ήλεκτρικοί κινητήρες που χρησιμοποιούνται στην πράξη διαφέρουν από τόν μικρό κινητήρα που περιγράψαμε. Καί διαφέρουν γιατί οί ήλεκτρικοί αυτοί κινητήρες :

α) έχουν όχι μόνο ένα αλλά περισσότερα πλαίσια,

β) τά πλαίσιά τους αυτά είναι τοποθετημένα επάνω σέ ένα σιδερένιο κύλινδρο, που γεμίζει όλο σχεδόν τόν χώρο ανάμεσα στους πόλους του μαγνήτη. Ό κύλινδρος αυτός παρουσιάζει πολύ μικρότερη μαγνητική αντίσταση από τόν άέρα, ώστε να δημιουργούνται εύκολα ισχυρά μαγνητικά πεδία, καί

γ) μπορεί οί κινητήρες αυτοί να έχουν όχι μόνο δύο μαγνητικούς πόλους αλλά τέσσερις, έξι ή καί περισσότερους.

Πρέπει να παρατηρήσωμε ότι καθώς περνά τó ρεύμα, τó πλαίσιο του σχήματος 17·2 α περιστρέφεται μόνο έως ότου τó επίπεδό του γίνη κάθετο πρós τís μαγνητικές γραμμές. Καί τούτο γίνεται γιατί στην θέση αυτή οί δυνάμεις που έξασκούνται στίς πλευρές του δέν σχηματίζουν πιά ζεύγος κι' έτσι παύει ή περιστροφή.

Γιά να συνεχισθή ή περιστροφή του πλαισίου χρειάζεται να προστεθή ένα όργανο που να αντίστρέφει την ροή του ήλεκτρικού ρεύματος μέσα από τούς άγωγούς του πλαισίου, κάθε φορά που

τὸ στρεφόμενο πλαίσιο φθάνει σὲ θέση κάθετη πρὸς τὴς μαγνητικὰς γραμμὰς.

Τὸ ὄργανο αὐτὸ ὀνομάζεται *συλλέκτης* τῆς μηχανῆς. Τοποθετεῖται ἐπάνω στὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου καὶ περιστρέφεται μαζὺ μ' αὐτόν.

Ἡ περιγραφή ὁμοῦς τοῦ συλλέκτη, ὅπως καὶ ὅλων τῶν στοιχείων τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων, δὲν εἶναι δυνατὸ νὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ ἐδῶ. Γίνεται σὲ ἰδιαίτερο βιβλίο αὐτῆς τῆς σειρᾶς, ὅπου λεπτομερῶς περιγράφεται ἡ λειτουργία τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων.

17·3 'Ανακεφαλαίωση.

α) Ὄταν ἓνας ἀγωγὸς βρίσκεται μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο καὶ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ αὐτὸ περάσῃ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, *δημιουργεῖται μιὰ δύναμη*, ποὺ προσπαθεῖ νὰ τὸν μετακινήσῃ.

β) Ἡ διεύθυνσις ποὺ ἔχει ἡ δύναμη αὐτὴ βρίσκεται μετὰ τὸν *κανόνα τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ*.

γ) Ἡ δύναμη αὐτὴ εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο :

- 1) ἰσχυρότερο εἶναι τὸ μαγνητικὸ πεδίο,
- 2) μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸν ἀγωγό, καὶ
- 3) ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ ποὺ βρίσκεται μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο.

δ) Μὲ τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἐξηγεῖται ἡ λειτουργία τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων.

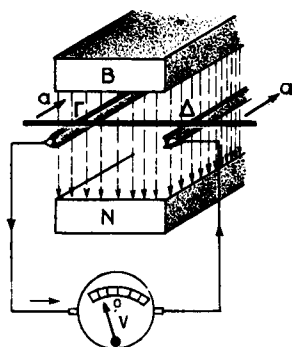
ε) Ὄταν συνδέωμε ἓνα κινητήρα μετὰ μιὰ κατάλληλη πηγὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ κινητήρας ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται.

ζ) Μὲ τοὺς κινητήρας μετατρέπομε τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σὲ μηχανικὸ ἔργο.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

18·1 Κίνηση εὐθύγραμμου ἀγωγοῦ σὲ μαγνητικὸ πεδίο.

Τὸ σχῆμα 18·1 α δείχνει ἕναν εὐθύγραμμο ἀγωγὸν (ΓΔ), ὁ ποῖος εἶναι τοποθετημένος κάθετα πρὸς τὶς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου ἑνὸς μόνιμου μαγνήτη. Τὰ ἄκρα Γ καὶ Δ τοῦ ἀγωγοῦ



Σχ. 18·1 α.

συνδέονται ἀγώγιμα μὲ τοὺς ἀκροδέκτες ἑνὸς βολτόμετρου. Ἡ βελὸνα τοῦ βολτόμετρου αὐτοῦ φυσικὰ δὲν μετακινεῖται ἀφοῦ στὸ κύκλωμα δὲν ὑπάρχει καμμιά ἡλεκτρικὴ πηγὴ καί, ἐπομένως, δὲν ὑπάρχει ἡλεκτρικὴ τάση.

* Ἄν, ὅμως, μὲ μιὰ ἐξωτερικὴ δύναμη μετακινήσωμε τὸν ἀγωγὸν ΓΔ κατὰ τὸν τρόπο ποὺ δείχνει τὸ βέλος α στὸ σχῆμα 18·1 α, τότε θὰ μετακινηθῇ καὶ ἡ βελὸνα τοῦ βολτόμετρου, δείχνοντας ἔτσι ὅτι δημιουργήθηκε κάποια ἡλεκτρεγενετική δύναμη. Ἡ ἡλεκτρεγενετικὴ αὐτὴ δύναμη, ποὺ δημιουργεῖται στὸν ἀγωγὸν ΓΔ, παρυσιάζεται μόνον ὅταν ὁ ἀγωγὸς μετακινῆται μέσα στὶς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου καὶ μὲ τρόπο ποὺ νὰ εἶναι σὰν νὰ τὶς κό-

θη. Μόλις σταματήσωμε νὰ κινουῦμε τὸν ἄγωγό, ἡ βελόνα τοῦ βολτόμετρου ἐπιστρέφει στὴν θέσιν ἡρεμίας, δείχνοντας ἔτσι ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξαφανίσθηκε.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται *ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγή*, ἢ, ἀπλά, *ἐπαγωγή*.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ποὺ ἀναπτύσσεται ἐπάνω στὸν ἄγωγό, ὅταν κινῆται μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο, λέγεται *εἰδικότερα ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀπὸ ἐπαγωγή*.

Τὸ φαινόμενο τῆς ἐπαγωγῆς εἶναι τὸ ἀντίθετο μὲ τὸ φαινόμενο ποὺ ἐξετάσαμε στὸ προηγούμενο Κεφάλαιο (βλ. 17·1). Ἐκεῖ εἶδαμε ὅτι μπορούμε νὰ βάλωμε σὲ κίνηση ἕναν ἄγωγό ποὺ βρίσκεται μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο, ὅταν μέσα ἀπ' αὐτὸν διοχετεύσωμε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Τώρα βλέπομε ὅτι, μετακινώντας τὸν ἄγωγό μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο, παράγομε μιὰ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ποὺ μπορεῖ νὰ μᾶς δώσῃ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἐπαγωγή εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο :

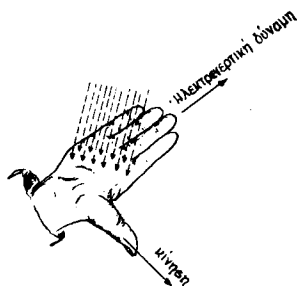
- α) ἰσχυρότερο εἶναι τὸ μαγνητικὸ πεδίο,
- β) μεγαλύτερο εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἄγωγου, ποὺ βρίσκεται μέσα στὸ πεδίο, καὶ
- γ) ὅσο ταχύτερα μετακινεῖται ὁ ἄγωγός.

Ὅταν ὁ ἄγωγός μετακινῆται πρὸς τὴν διεύθυνση ποὺ δείχνει τὸ βέλος α στὸ σχῆμα 18·1 α, τότε τὸ ἄκρο τοῦ Γ γίνεται θετικὸ καὶ τὸ ἄκρο τοῦ Δ ἀρνητικόν. Ἡ ἀπὸ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις δηλαδὴ διευθύνεται ἀπὸ τὸ Δ πρὸς τὸ Γ. Ἄν ὅμως μετακινήσωμε τὸν ἄγωγό πρὸς τὴν ἀντίθετη διεύθυνση, τότε θετικὸ θὰ γίνῃ τὸ ἄκρο Δ καὶ ἀρνητικὸ τὸ Γ. Σ' αὐτὴ τὴν περίπτωσιν ἡ διεύθυνση τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἀπὸ ἐπαγωγῆς εἶναι ἀντίθετη ἀπὸ ἐκείνη ποὺ ἦταν στὴν προηγούμενη περίπτωσιν. Γιατὶ ἡ δύναμις διευθύνεται τώρα ἀπὸ τὸ Γ πρὸς τὸ Δ.

Σὲ κάθε περίπτωσιν ἡ διεύθυνση τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνά-

μεως βρίσκεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθο κανόνα, ποὺ λέγεται *κανόνας τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ*.

Τοποθετοῦμε τὸ δεξιὸ μας χέρι ἔτσι, ὥστε οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς νὰ διευθύνωνται κάθετα πρὸς τὴν παλάμη μας καὶ ὁ *τεντωμένος ἀντίχειρας* νὰ δείχνη πρὸς τὴν διεύθυνση τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 18·1 β). Τότε τὰ ὑπόλοιπα τέσσερα δάκτυλα δείχνουν τὴν διεύθυνση τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ποὺ δημιουργεῖται ἀπὸ ἐπαγωγή στὸν κινούμενο ἀγωγό.

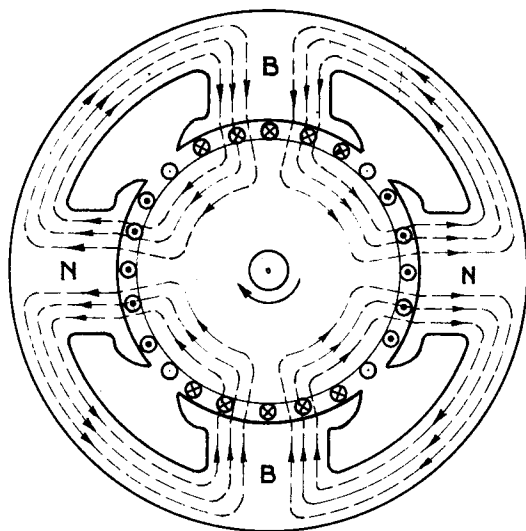


Σχ. 18·1 β.

Ἡ διάταξη λοιπὸν τοῦ σχήματος 18·1α ἀποτελεῖ μιὰ στοιχειώδη γεννήτρια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. καὶ εἰς 4·4), ἥ ὁποία μετατρέπει τὸ μηχανικὸ ἔργο ποὺ ξοδεύομε γιὰ τὴν μετακίνηση τοῦ ἀγωγοῦ σὲ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Οἱ γεννήτριες ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν πράξη διαθέτουν ὅχι μόνον ἓναν ἀλλὰ πολλοὺς ἀγωγοὺς ποὺ εἶναι κατὰλληλα ἐνωμένοι μεταξύ τους, ὥστε νὰ προσθέτωνται οἱ ἡλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις ποὺ ἀναπτύσσονται ἀπὸ ἐπαγωγή σ' αὐτούς. Οἱ ἀγωγοὶ αὗτοι εἶναι τοποθετημένοι στὴν περιφέρεια ἐνὸς κυλινδρικοῦ τυμπάνου τὸ ὁποῖο βρίσκεται μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο ποὺ δημιουργοῦν 2, 4, 6 ἢ καὶ περισσότεροι μαγνητικοὶ πόλοι (σχ. 18·1 γ). Γιὰ νὰ μὴν ὑπάρχει μεγάλη μαγνητικὴ ἀντίσταση καὶ νὰ μπορῇ εὐκόλα νὰ δημιουργηθῇ ἰσχυρὸ μαγνητικὸ πεδίο, τὸ κυλινδρικὸ τύμπανο κατασκευάζεται ἀπὸ φύλλα σιδήρου.

Μὲ τὴν βοήθεια μιᾶς κινητηρίου μηχανῆς (βενζινομηχανῆς, πετρελαιομηχανῆς, ἀτμομηχανῆς, τουρμπίνας κλπ.), περιστρέφουμε τὸ κυλινδρικό τύμπανο καί, φυσικά, τοὺς ἀγωγοὺς ποὺ βρίσκον-



Σχ. 18·1 γ.

ται ἐπάνω σ' αὐτό. Ἔτσι σὲ κάθε ἀγωγὸ ἀναπτύσσεται ἡλεκτρε-
γερτική δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγή. Ἐπειδὴ οἱ ἀγωγοὶ συνδέονται μὲ
κατάλληλο τρόπο μεταξύ τους, οἱ ἡλεκτρεγερτικὲς αὐτὲς δυνάμεις
προσθέτονται ἢ μία μὲ τὴν ἄλλη, ὥστε νὰ σχηματισθῇ μιὰ ἀρκετὰ
μεγάλῃ τάση.

Μὲ τέτοιες γεννήτριες, οἱ ὁποῖες μποροῦν νὰ ἐφοδιαστοῦν μὲ
πολλοὺς ἀγωγούς, νὰ στρέφωνται γρήγορα καὶ τὸ μαγνητικὸ
πεδίο τους νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρό, εἶναι τεχνικὰ εὐκόλο νὰ δημιουρ-
γηθοῦν τάσεις πολλῶν ἑκατοντάδων ἢ καὶ χιλιάδων ἀκόμη βόλτ.

Τὰ βιομηχανικὰ ρεύματα, δηλαδὴ τὰ ἡλεκτρικὰ ρεύματα ποὺ
χρησιμοποιοῦνται γιὰ νὰ φωτίζουν καὶ νὰ θερμαίνουν μεγάλες πε-
ριοχές, καθὼς καὶ γιὰ νὰ δίνουν κίνηση σὲ μηχανές καὶ σὲ ὁλό-

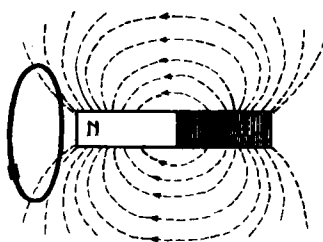
κληρα έργοστάσια, παράγονται σχεδόν αποκλειστικά από τέτοιες γεννήτριες.

Η περιγραφή, οι ιδιότητες και ή λειτουργία των ηλεκτρικών γεννητριών περιλαμβάνονται σε ιδιαίτερο βιβλίο αυτής της σειράς και δεν θα μās άπασχολήσουν περισσότερο εδώ. Προσθέτομε μόνο πώς στην κατασκευή τους οι γεννήτριες του συνεχούς ρεύματος είναι όμοιες με τούς κινητήρες του συνεχούς ρεύματος (βλ. 17.2). Με άλλα λόγια, κάθε γεννήτρια συνεχούς ρεύματος είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθῇ και σαν κινητήρας, έπως και, αντίστροφα, κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν γεννήτριες.

18.2 Έπαγωγή σε ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ηλεκτρεγερτική δύναμη από έπαγωγή δεν άναπτύσσεται μόνο σε εὐθύγραμμους άγωγούς που κινούνται μέσα σε μαγνητικά πεδία. Άναπτύσσεται επίσης σε κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα όταν ενισχύεται ή εξασθενῇ τὸ μαγνητικό πεδίο μέσα στο όποιο βρίσκεται τὸ κύκλωμα ή και ένα μέρος μόνο του κυκλώματος.

Αν π.χ. σχηματίσωμε μία σπείρα (σχ. 18.2 α) με ένα κομ-

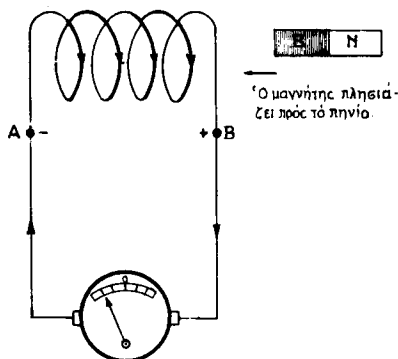


Σχ. 18.2 α.

μάτι σύρμα (οί άκρες του σύρματος θα πρέπει να κολληθούν μεταξύ τους) και στη σπείρα αυτή πλησιάσωμε ή άπομακρύνωμε ένα μαγνήτη, θα παρατηρήσωμε ότι δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα, που κυκλοφορεί μέσα στο σύρμα όσο διαρκεί ή κίνηση του μαγνήτη

καὶ σταματᾷ ὅταν ὁ μαγνήτης παύσῃ νὰ κινῆται. Ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἀπὸ ἐπαγωγῇ κυκλοφορεῖ ἐπίσης μέσα στὴν σπείρα, ἂν κρατήσωμε ἀκίνητο τὸν μαγνήτη καὶ πλησιάζωμε ἢ ἀπομακρύνωμε ἀπ' αὐτὸν τὴν σπείρα.

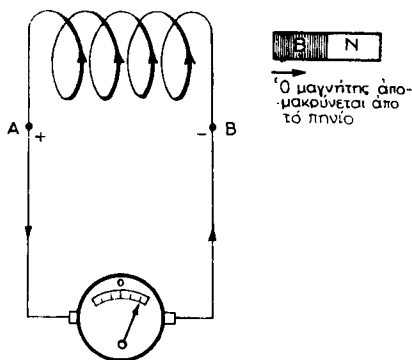
Ἄν, ἀντὶ γιὰ ἓνα εὐθύγραμμο ἄγωγὸ ἢ μιὰ σπείρα, χρησιμοποιήσωμε ἓνα πηνίο, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπεῖρες (σχ. 18·2 β), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ποὺ



Σχ. 18·2 β.

ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἐπαγωγῇ σ' αὐτὸ εἶναι μεγαλύτερη, καὶ μάλιστα τόσο μεγαλύτερη ὅσο περισσότερες σπεῖρες ἔχει τὸ πηνίο.

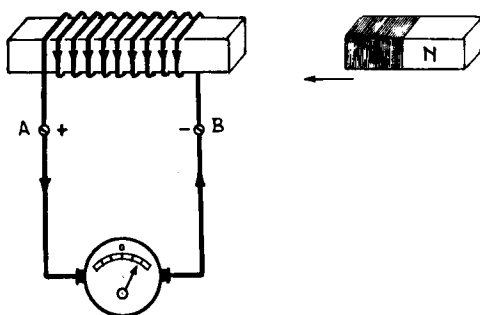
Μὲ ἓνα βολτόμετρο, ποὺ συνδέομε στὶς ἄκρες τοῦ πηνίου,



Σχ. 18·2 γ.

μπορούμε να μετρήσουμε αυτήν την ηλεκτρεγερτική δύναμη. Παρατηρούμε πώς η ηλεκτρεγερτική δύναμη, που αναπτύσσεται όταν πλησιάζουμε τον μαγνήτη προς το πηνίο, έχει αντίθετη διεύθυνση από την ηλεκτρεγερτική δύναμη, που αναπτύσσεται όταν απομακρύνουμε τον μαγνήτη (σχ. 18.2 γ).

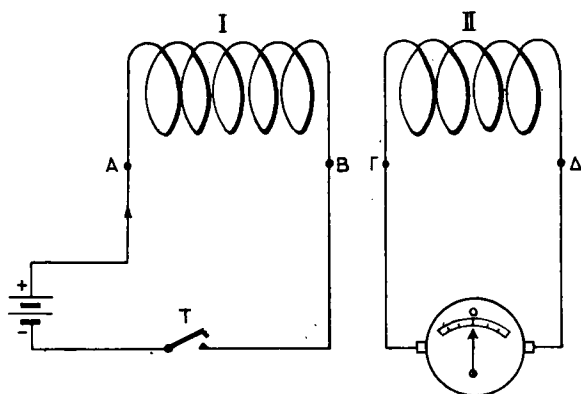
Πιο μεγάλη ηλεκτρεγερτική δύναμη αναπτύσσεται αν το πηνίο είναι τυλιγμένο επάνω σε σιδερένιο πυρήνα (σχ. 18.2 δ).



Σχ. 18.2 δ.

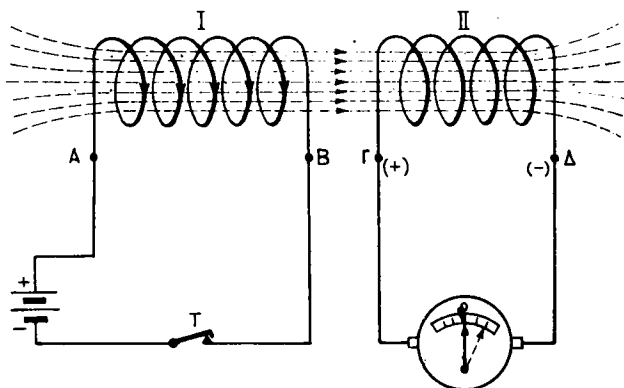
Δέν είναι φυσικά ανάγκη το μαγνητικό πεδίο να προέρχεται μόνο από μόνιμους μαγνήτες. Τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα προκαλεί και το μαγνητικό πεδίο που, όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 16, δημιουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα. "Αν π.χ. τοποθετήσουμε ένα πηνίο I κοντά σε ένα άλλο πηνίο II και συνδέσουμε το πηνίο I με μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και έναν διακόπτη, όπως δείχνει το σχήμα 18.2 ε, και αν στο δεύτερο πηνίο συνδέσουμε μόνο ένα βολτόμετρο, θα παρατηρήσουμε τότε τα εξής:

α) Όταν ο διακόπτης T είναι ανοικτός, δεν περνά ρεύμα από το πηνίο I ούτε φυσικά και από το πηνίο II. Η βελόνα του βολτόμετρου βρίσκεται στη μεσαία θέση της, δείχνοντας έτσι πώς πραγματικά δεν υπάρχει καμμία τάση μεταξύ των άκρων Γ και Δ του πηνίου II (σχ. 18.2 ε).



Σχ. 18·2 ε.

β) Ὄταν κλείσωμε τὸν διακόπτη T (σχ. 18·2 ζ) ἡ βελὸνα τοῦ βολτόμετρου μετακινεῖται γιὰ μιὰ στιγμή πρὸς μιὰ διεύθυν-



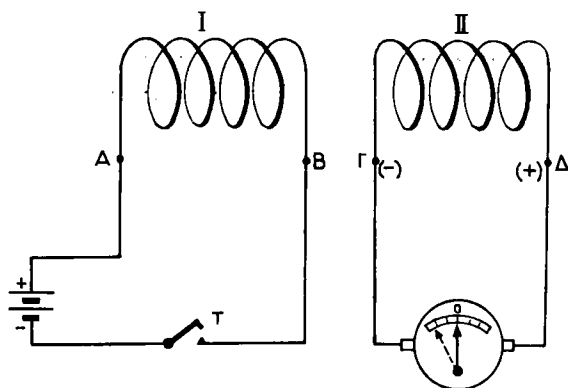
Σχ. 18·2 ζ.

ση, ἃς ποῦμε πρὸς τὰ δεξιὰ, καὶ ἐπιστρέφει πάλι στὴν μεσαία θέση της, δείχνοντας ἔτσι πὼς μέσα στὸ πηνίο II δημιουργήθηκε γιὰ μιὰ στιγμή ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη, ἡ ὁποία ὅμως ἀμέσως ἔπειτα ἐξαφανίσθηκε. Αὕτὴ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη, ἡ ὁποία γιὰ μιὰ στιγμή ἔκανε τὸ πηνίο II πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ

θετικό πόλο το άκρο Γ και άρνητικό πόλο το άκρο του Δ, αναπτύχθηκε από την έπαγωγή που έξασκει το μαγνητικό πεδίο του πηνίου Ι στο πηνίο ΙΙ. Πραγματικά, όταν κλείνουμε τον διακόπτη Τ, συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα περνά από τις σπείρες του πηνίου Ι και δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Έτσι το κύκλωμα του πηνίου ΙΙ, ενώ πριν από το κλείσιμο του διακόπτη δεν βρισκόταν μέσα σε μαγνητικό πεδίο, μετά το κλείσιμο δέχεται ένα μέρος από τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου που προκαλεί γύρω του το πηνίο Ι. Κατά την στιγμή που δημιουργείται το πεδίο δημιουργείται συγχρόνως και ηλεκτρεγερτική δύναμη από έπαγωγή, όπως είπαμε στην αρχή αυτής της παραγράφου.

Το μαγνητικό πεδίο αφού δημιουργηθή, παραμένει αμετάβλητο, έπειδή το ρεύμα του πηνίου Ι είναι συνεχές. Όταν όμως το πεδίο πάψει να μεταβάλλεται, δεν μπορεί πια να προκαλέσει την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμεις και γι' αυτό, ύστερα από λίγο, η βελόνα του βολτόμετρου ξαναγυρίζει στην θέση ήρεμίας.

γ) Όταν έπειτα ανοίξουμε τον διακόπτη Τ (σχ. 18.2 η),

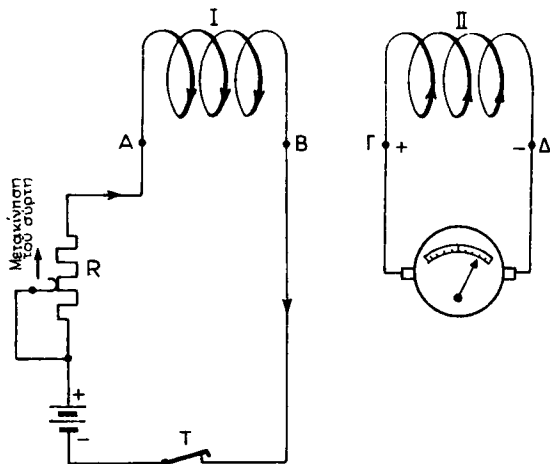


Σχ. 18.2 η.

ή ροή του ρεύματος στο πηνίο Ι σταματά και, έπομένως, το μαγνητικό πεδίο έξασθενεί απότομα και, σχεδόν άμέσως, εξαφανί-

ζεται. Κατὰ τὴν διάρκεια τῆς ἐξασθενήσεως τοῦ πεδίου δημιουργεῖται καὶ πάλι ἡλεκτρεγερτική δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγή στὸ πηνίο II, ἡ ὁποία ὅμως ἔχει τώρα ἀντίθετη διεύθυνση ἀπὸ πρὶν. Στὴν περίπτωση αὐτή, δηλαδή, γίνεται θετικὸ τὸ ἄκρο Δ τοῦ πηνίου καὶ ἀρνητικὸ τὸ Γ. Ἡ βελόνα τοῦ βολτόμετρου μετακινεῖται γιὰ μιὰ στιγμή πρὸς τὰ ἀριστερὰ καὶ ἐπιστρέφει πάλι στὴ μεσαία θέση της.

Ἡλεκτρεγερτική δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγή δημιουργεῖται στὸ πηνίο II ὅχι μόνο ὅταν ἀνοίγῃ ἢ ὅταν κλείνῃ ὁ διακόπτης Δ, ἀλλὰ καὶ κάθε φορά πὺ μεταβάλλεται ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὸ πηνίο I, ὥστε νὰ ἐνισχύεται ἢ νὰ ἐξασθενῇ τὸ μαγνητικὸ πεδίο. Ἄν π.χ. τοποθετηθῇ σὲ σειρά μὲ τὸ πηνίο I μιὰ μεταβλητὴ ἀντίσταση R (σχ. 18·2 θ), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι: τὴ στιγμή κατὰ



Σχ. 18·2 θ.

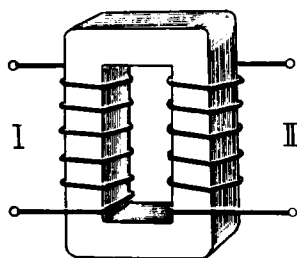
τὴν ὁποία ἐλαττώνομε τὴν ἀντίσταση R, ἡ βελόνα τοῦ βολτόμετρου πὺ συνδέεται μὲ τὸ πηνίο II στρέφεται πρὸς τὰ δεξιὰ, ἐνῶ ὅταν αὐξάνωμε τὴν ἀντίσταση, ἡ βελόνα τοῦ βολτόμετρου στρέφεται πρὸς τὰ ἀριστερὰ. Ὅταν δὲν μεταβάλλεται ἡ ἀντίστα-

ση, τὸ ρεῦμα στὸ πηνίο I μένει σταθερό, τὸ μαγνητικὸ πεδίο δὲν μεταβάλλεται καὶ δὲν ἀναπτύσσεται τάση ἀπὸ ἐπαγωγὴ στὸ πηνίο II· ἡ βελὸνα τοῦ βολτόμετρου μένει ἀκίνητη στὴν μεσαία θέση της.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι, παρ' ὅλο ποὺ ἀνάμεσα στὰ κυκλώματα τῶν πηνίων I καὶ II δὲν ὑπάρχει καμμιὰ ἀγωγίμη σύνδεση, δηλαδὴ, τὸ ἓνα κύκλωμα εἶναι μονωμένο ἡλεκτρικὰ ἀπὸ τὸ ἄλλο, ἐν τούτοις τὰ δύο αὐτὰ κυκλώματα δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα. Τὸ ἓνα ἐπιδρᾷ ἐπάνω στὸ ἄλλο. Ἡ ἐπίδραση αὐτὴ γίνεται μὲ τὴν βοήθεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Λέμε τότε πὼς τὰ πηνία I καὶ II βρίσκονται σὲ *μαγνητικὴ σύζευξη*.

Ὅταν τὸ πηνίο II βρίσκεται πολὺ μακριὰ ἀπὸ τὸ πηνίο I, ἐξασθενεῖ ἡ ἐπίδραση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη, ποὺ μπορεῖ νὰ ἀναπτυχθῇ σ' αὐτὸ ἀπὸ ἐπαγωγὴ, γίνεται πολὺ μικρὴ. Λέμε τότε πὼς ἡ σύζευξη τῶν δύο πηνίων εἶναι *χαλαρή*.

Ἀντίθετα, ἡ σύζευξη γίνεται τόσο ἐντονώτερη, ὅσο περισσότερες μαγνητικὲς γραμμὲς τοῦ πεδίου τοῦ πηνίου I περνοῦν ἀπὸ



Σχ. 18·2 ι.

τὸ πηνίο II, δηλαδὴ ὅσο πλησιέστερα μεταξύ τους βρίσκονται τὰ δύο πηνία. Πολὺ ἰσχυρὴ σύζευξη δημιουργεῖται ὅταν καὶ τὰ δύο πηνία τυλιχθοῦν ἐπάνω σὲ ἓνα κλειστὸ σιδερένιο πυρήνα (σχ. 18·2 ι). Τότε, ὅλες σχεδὸν οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς τοῦ μα-

γνητικοῦ πεδίου ποὺ προκαλεῖ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ πηνίο I, περνοῦν μέσα ἀπὸ τὸν σιδερένιο πυρήνα καὶ ἐπομένως μέσα ἀπὸ ὅλες τὶς σπεῖρες τοῦ πηνίου II.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἐπαγωγὴ στὸ πηνίο II, εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων ποὺ ἀναπτύσσονται σὲ κάθε σπεῖρα του. Ἐὰν λοιπὸν τὸ πηνίο II κατασκευασθῇ μὲ πολλὰς σπεῖρες, θὰ ἀναπτύσση μεγάλη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη.

Ὁ τρόπος αὐτὸς χρησιμοποιεῖται σὲ πολλὰς περιπτώσεις ποὺ χρειάζεται νὰ παραχθοῦν μεγάλες τάσεις. Οἱ ἡλεκτρικοὶ σπινθηρ-
ρες π.χ. ποὺ πρέπει νὰ παράγῳν τοὺς σπινθηριστὲς (μπουζί) τῶν αὐτοκινήτων, γιὰ νὰ ἀναφλέγουν τὸ μίγμα τοῦ ἀέρα καὶ τῆς βενζίνης, προκαλοῦνται μὲ τάση μερικῶν χιλιάδων βόλτ. Ἡ τάση αὕτῃ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἐπαγωγὴ σ' ἓνα ὄργανο ποὺ λέγε-
ται *πολλαπλασιαστής*.

Ὁ *πολλαπλασιαστής* ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία τυλιγμένα ἐπάνω σὲ ἓνα σιδερένιο πυρήνα ὅπως παριστάνεται στὸ σχῆμα 18·2 ι. Ἀπὸ τὸ πρῶτο πηνίο περνᾷ συνεχὲς ρεῦμα ποὺ ἔρχεται ἀπὸ τὴν μπαταρία τοῦ αὐτοκινήτου, ἢ ὅποια ἔχει μικρὴ τάση (συνήθως 6 V ἢ 12 V). Τὸ ρεῦμα αὐτὸ διακόπτεται περιοδικὰ ἀπὸ ἓναν διακόπτη, ποὺ κινεῖται ἀπὸ τὸν ἐκκεντροφόρο ἄξονα τοῦ αὐτοκινήτου. Κάθε φορὰ ποὺ τὸ ρεῦμα αὐτὸ διακόπτεται, δημιουργεῖται ἀπὸ ἐπαγωγὴ ὑψηλὴ τάση στὸ δεύτερο πηνίο, ποὺ ἔχει κατασκευασθῇ μὲ πάρα πολλὰς σπεῖρες. Ἡ τάση αὕτῃ ὁδηγεῖται πρὸς τοὺς σπινθηριστὲς.

Ἄν τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ πηνίο I τοῦ σχήματος 18·2 ι εἶναι ἐναλλασσόμενο, τότε τὸ μαγνητικὸ πεδίο ποὺ προκαλεῖ θὰ αὐξομειώνεται συνεχῶς. Ἐπομένως, στὸ πηνίο II συνεχῶς θὰ ἀναπτύσσεται τάση ἀπὸ ἐπαγωγὴ, ἢ ὅποια θὰ εἶναι ἐπίσης ἐναλλασσόμενη.

Τὸ σύστημα ποὺ παριστάνει τὸ σχῆμα 18·2 ἰ λέγεται στὴν περίπτωσιν αὐτὴ **μετασχηματιστής**. Μετασχηματιστές χρησιμοποιοῦνται πολὺ στὰ δίκτυα τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος γιατί μ' αὐτοὺς εἶναι εὐκόλο νὰ ἀλλάζωμε τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος.

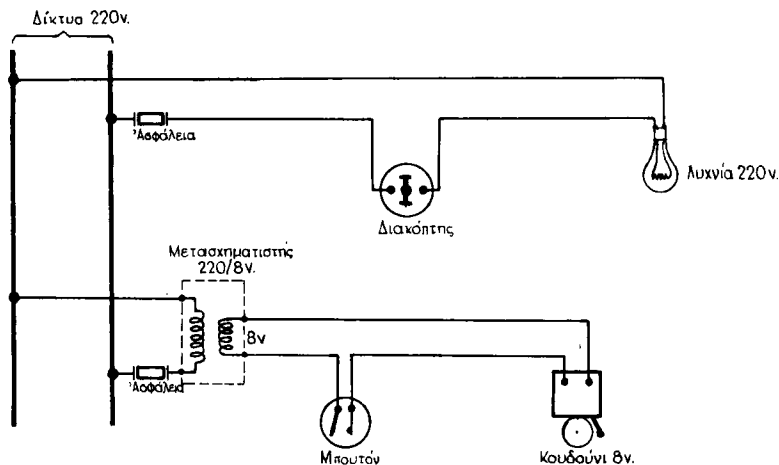
Μικροὶ μετασχηματιστές π.χ. χρησιμοποιοῦνται γιὰ νὰ δίνουν κατάλληλο ρεῦμα στὰ ἠλεκτρικὰ κουδούνια (σχ. 18·2 κ). Τὰ κουδούνια, γιὰ νὰ λειτουργήσουν, χρειάζονται ρεῦμα μικρῆς τάσεως (6, 8 ἢ 12 περίπου βόλτ), ἐνῶ τὰ ἠλεκτρικὰ δίκτυα, ποὺ τροφοδοτοῦν σπίτια καὶ ἐργοστάσια μὲ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, εἶναι ἀρκετὰ μεγαλύτερης τάσεως (110, 125, 220 V ἢ καὶ περισσότερο).

Στὸ δίκτυο συνδέομε τότε τὸ πηνίο τοῦ μετασχηματιστοῦ ποὺ εἶναι κατασκευασμένο μὲ πολλὰς σπεῖρες. Στὸ δεύτερο πηνίο, ὃ εἶναι κατασκευασμένο μὲ πολὺ λιγότερες σπεῖρες, ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἐπαγωγὴν ἢ μικρὴ τάσιν ποὺ χρειάζεται γιὰ τὴν λειτουργία τῶν κουδουνιῶν.

Μεγάλους μετασχηματιστές χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ ἀλλάζωμε τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος ποὺ δίνουμε σὲ ἐργοστάσια ἢ καὶ σὲ δλόκληρες πόλεις. Τὸ ρεῦμα π.χ. ποὺ χρησιμοποιεῖ ἡ Ἀθήνα ἔρχεται ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιον παρχγωγῆς μὲ τάσιν 22 kW. Στὴν Ἀθήνα μετασχηματίζεται μὲ μεγάλους μετασχηματιστές σὲ ρεῦμα τάσεως 6 600 V καὶ μὲ αὐτὴν τὴν τάσιν ὁδηγεῖται πρὸς τὰς διαφόρους συνοικίας, ὅπου μὲ ἄλλους, μικρότερους μετασχηματιστές, μετασχηματίζεται σὲ ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως 220 καὶ 380 V. Μὲ τὴν χαμηλὴ αὐτὴ τάσιν ὁδηγεῖται στοὺς διάφορους καταναλωτὲς (σπίτια, ἐργοστάσια κλπ).

Οἱ μετασχηματισμοὶ αὗτοὶ τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος, ποὺ γίνονται εὐκόλα μὲ τοὺς μετασχηματιστές καὶ μὲ μικρὰς ἐνεργειακὰς ἀπώλειαι, εἶναι ἀπαραίτητοι. Τὸ γιατί εἶναι ἀπαραίτητοι ἀναπτύσσεται σὲ εἰδικὸ βιβλίον τῆς σειρᾶς « Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνί-

τη » τὸ ὁποῖο πραγματεύεται τὰ σχετικά μὲ τὴν κατασκευὴ τῶν ἡλεκτρικῶν δικτύων καὶ τῶν ἡλεκτρικῶν σταθμῶν.



Σχ. 18·2 κ.

18·3 Δινορρεύματα.

Ήλεκτρεγερτική δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγή δὲν δημιουργεῖται μόνο στὸ πηνίο Π τοῦ σχήματος 18·2 ι, ἀλλὰ καὶ μέσα στὸν σιδερένιο πυρήνα, ποὺ ἐπάνω του εἶναι τυλιγμένα τὰ δύο πηνία. Ἐπειδὴ ὁ πυρήνας εἶναι ἡλεκτρικὰ ἀγώγιμος, ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται σ' αὐτὸν δημιουργεῖ ἡλεκτρικὰ ρεύματα, ποὺ κυκλοφοροῦν μέσα στὸν πυρήνα. Τὰ ἡλεκτρικὰ αὐτὰ ρεύματα ὀνομάζονται δινορρεύματα.

Τὰ δινορρεύματα ὅμως, ὅπως εἶναι γνωστὸ ἀπὸ τὸ φαινόμενο Τζούλ (14·1), παράγουν θερμότητα, μὲ ἀποτέλεσμα :

α) νὰ ζεσταίνεται ὁ πυρήνας. Ἄν ἡ θερμοκρασία τοῦ πυρήνα ἀνέβῃ πολὺ, ὑπάρχει κίνδυνος νὰ καταστραφοῦν οἱ μονώσεις τῶν πηνίων, τὰ ὁποῖα εἶναι τυλιγμένα πάνω του, καὶ νὰ προκληθοῦν βραχυκυκλώματα. Καὶ

β) νὰ ξοδεύεται ἄσκοπα ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Για να περιορισθούν οι απώλειες ενέργειας και ή ύψωση της θερμοκρασίας του πυρήνα, πρέπει ή ένταση των δινορρευμάτων να γίνη όσο τὸ δυνατόν μικρότερη. Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται με τὰ ἐξῆς μέσα :

α) Οἱ πυρήνες κατασκευάζονται ἀπὸ εἰδικὰ κράματα σιδήρου, ὥστε ή ἡλεκτρική τους ἀντίσταση νὰ εἶναι μεγάλη χωρίς νὰ χειροτερεύουν οἱ μαγνητικές τους ιδιότητες.

β) Οἱ πυρήνες δὲν κατασκευάζονται ἀπὸ ἓνα κομμάτι σιδερένιο με μεγάλη διατομή, ἀλλὰ ἀπὸ πολλὰ σιδερένια ἐλάσματα. Τὸ κάθε ἐλάσμα ἔχει πολὺ μικρὸ πάχος (0,5 mm ἢ καὶ ἀκόμη μικρότερο). Τὰ ἐλάσματα αὐτὰ τοποθετοῦνται τὸ ἓνα ἐπάνω στὸ ἄλλο. Χρησιμοποιοῦμε τόσα ἐλάσματα, ὅσα χρειάζονται γιὰ νὰ σχηματίσουν τὴν διατομή ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ἀναπτυχθῇ τὸ μαγνητικὸ πεδίο.

Τὰ ἐλάσματα αὐτὰ χωρίζονται μεταξύ τους με λεπτότατα φύλλα μονωτικοῦ χαρτιοῦ, ἢ, συνηθέστερα, ἀπὸ στρώσεις μονωτικοῦ βερνικιοῦ ποὺ τοποθετοῦνται στὴν μία ὀφῆ καθενὸς ἀπὸ αὐτὰ.

Ἔτσι ἐπιτυγχάνομε ὥστε ή ἡλεκτρική ἀντίσταση, ποὺ παρυσιάζουν τὰ ἐλάσματα στὰ δινορρεύματα, νὰ εἶναι πολὺ μεγάλη καί, ἐπομένως, νὰ περιορίζεται ή ένταση τῶν δινορρευμάτων.

18·4 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Ὄταν ἡλεκτρικὸ ρεῦμα περάσῃ ἀπὸ ἄγωγὸ ποὺ βρίσκεται μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο, γεννιέται μιὰ μηχανικὴ δύναμη ποὺ προσπαθεῖ νὰ κινήσῃ τὸν ἄγωγό.

β) Ἡ διεύθυνση τῆς δυνάμεως αὐτῆς βρίσκεται με τὸν κανόνα τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ.

γ) Ὄταν ἓνας ἄγωγὸς κινήθῃ μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο γεννιέται μιὰ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη μέσα στὸν ἄγωγό.

δ) Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμη λέμε ὅτι δημιουργεῖται

ἀπὸ ἐπαγωγῆς. Ἡ διεύθυνσί της βρίσκεται μὲ τὸν κανόνα τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ.

ε) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγῆς γεννιέται μέσα σὲ κάθε κύκλωμα, ὅταν ἐνισχύεται ἢ ἐξασθενῇ τὸ μαγνητικὸ πεδίο μέσα στὸ ὁποῖο βρίσκεται. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμη ἐξαφανίζεται μόλις τὸ μαγνητικὸ πεδίο πάψῃ νὰ μεταβάλλεται.

ζ) Ὄταν δύο πηνία βρίσκονται σὲ μαγνητικὴ σύζευξη καὶ μεταβάλλεται τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ ἓνα, στὸ δεύτερο πηνίο γεννιέται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγῆς.

η) Ἡ σύζευξη εἶναι στενότερη ἂν τὰ δύο πηνία εἶναι τυλιγμένα ἐπάνω στὸν ἴδιο σιδερένιο πυρήνα.

θ) Ὄταν μεταβάλλεται ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ πηνία τυλιγμένα ἐπάνω σὲ σιδερένιο πυρήνα, δημιουργοῦνται ἀπὸ ἐπαγωγῆς μέσα στὸν πυρήνα δινορρεύματα.

ι) Τὰ δινορρεύματα περιορίζονται, ἂν ὁ πυρήνας ἔχῃ κατασκευασθῇ μὲ εἰδικὰ σιδερένια ἐλάσματα ποὺ ἔχουν μονωμένη τὴν μιά τους ὀψή.

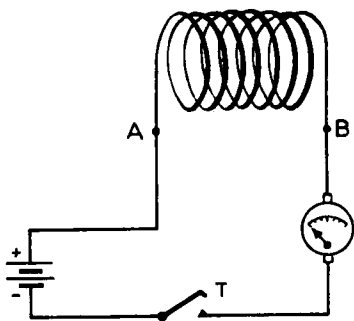
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

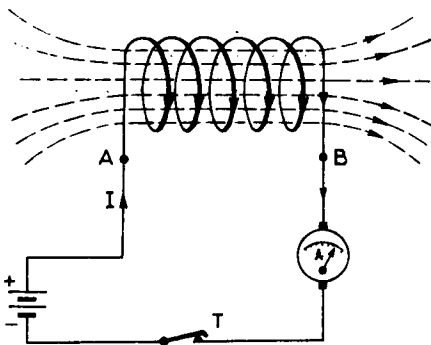
19.1 Ἡλεκτρεγερτική δύναμη από αὐτεπαγωγή.

Σὲ μιὰ πηγή πού ἡ πολική της τάση ἄς ὑποθέσωμε ὅτι εἶναι $U = 4 \text{ V}$, συνδέομε σὲ σειρὰ ἓνα πηνίο AB μὲ ὠμικὴ ἀντίσταση $0,5 \, \Omega$, ἓνα ἀμπερόμετρο μὲ πάρα πολὺ μικρὴ ὠμικὴ ἀντίσταση καὶ ἓνα διακόπτη T (σχ. 19.1 α).

Ὅταν κλείσωμε τὸν διακόπτη T (σχ. 19.1 β) παρατηροῦμε



Σχ. 19.1 α.



Σχ. 19.1 β.

μὲ τὸ ἀμπερόμετρο ὅτι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος δὲν γίνεται ἀμέσως ἴση μὲ:

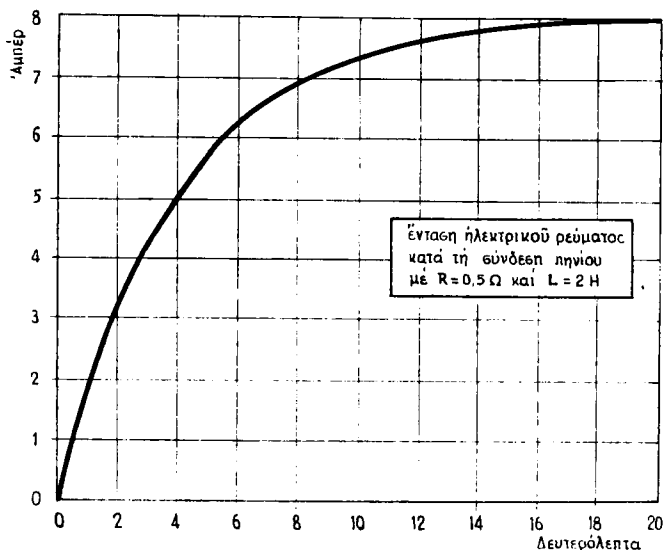
$$I = \frac{U}{R} = \frac{4 \text{ V}}{0,5 \, \Omega} = 8 \text{ A},$$

ὅπως θὰ ἔπρεπε σύμφωνα μὲ τὸν νόμο τοῦ Ὠμ ἀλλὰ ὅτι, ἀρχίζοντας ἀπὸ πολὺ μικρὰς τιμῆς, αὐξάνει συνεχῶς μέχρις ὅτου φθάσῃ τὴν τιμὴ αὐτή.

Ἔτσι τὴν στιγμὴ πού κλείνομε τὸν διακόπτη ἡ ἔνταση εἶναι μηδενική. Ἀφοῦ ὁμως κλείσωμε τὸν διακόπτη ἡ ἔνταση:

σε	1	sec	γίνεται	1,75 A,
»	2	»	»	3,15 A,
»	4	»	»	5,05 A,
»	6	»	»	6,22 A,
»	8	»	»	6,92 A,
»	10	»	»	7,34 A,
»	12	»	»	7,60 A,
»	14	»	»	7,75 A,
»	16	»	»	7,85 A,
»	18	»	»	7,91 A,
»	20	»	»	7,95 A.

Αυτή τή μεταβολή τής έντάσεως του ήλεκτρικού ρεύματος δείχνει ή καμπύλη του σχήματος 19·1 γ. Έπομένως, στην πε-



Σχ. 19·1 γ.

ρίπτωση του πηνίου που εξετάζουμε, χρειάζονται περισσότερα από 20 sec από την στιγμή που κλείνομε το κύκλωμα, για να φθάση ή ένταση του ήλεκτρικού ρεύματος στην κανονική της τιμή.

Γιατί όμως ή ένταση του ήλεκτρικού ρεύματος δεν φθάνει

ἀπότομα, ἀμέσως μετὰ τὸ κλείσιμο τοῦ διακόπτη, στὴν τιμὴ τῶν 8 A; Ἡ αἰτία ὁφείλεται στὸ ἐξῆς φαινόμενο:

Μετὰ τὸ κλείσιμο τοῦ διακόπτη, μόλις τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἀρχίζει νὰ κυκλοφορῇ στὸ πηνίο, δημιουργεῖται, σύμφωνα μὲ ὅσα ἔχομε μάθει, ἓνα μαγνητικὸ πεδίο (σχ. 19·1 β) ποὺ οἱ δυναμικὲς γραμμὲς του περνοῦν μέσα ἀπὸ τὶς σπείρες τοῦ πηνίου. Σύμφωνα μὲ ὅσα εἶπαμε γιὰ τὴν ἐπαγωγὴ (βλ. 18·2), ἡ αὐξηση αὐτῆ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ μιὰ ἡλεκτρεγεργτική δύναμη μὲ διεύθυνση ἀντίθετη ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς.

Ἐπειδὴ ἡ ἡλεκτρεγεργτική αὐτὴ δύναμη προέρχεται ἀπὸ ἐπαγωγὴ καὶ ἐμφανίζεται μέσα στὸ ἴδιο τὸ πηνίο ποὺ προκαλεῖ τὸ μαγνητικὸ πεδίο, τὸ φαινόμενο αὐτὸ λέγεται εἰδικότερα αὐτεπαγωγὴ καὶ ἡ ἡλεκτρεγεργτική δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται λέγεται ἡλεκτρεγεργτική δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς.

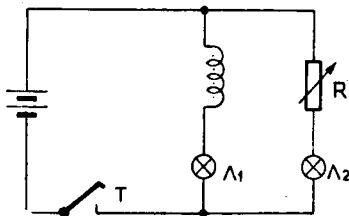
Κατὰ τὴν στιγμὴ ἀκριβῶς ποὺ κλείνομε τὸν διακόπτη καὶ ἀρχίζει νὰ σχηματίζεται τὸ πεδίο, ἡ ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμη εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετη, ὅπως εἶπαμε, μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Οἱ δύο αὐτὲς τάσεις ἐξουδετερώνουν ἡ μιὰ τὴν ἄλλη.

Κατόπιν, ὅμως, ἡ ἐνίσχυση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γίνεται μὲ ὁλοένα ἀργότερο ρυθμὸ καὶ γι' αὐτὸ ἡ ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμη ἐλαττώνεται συνεχῶς, ἕως ὅτου, ὕστερα ἀπὸ λίγον χρόνον, ἐξαφανισθῇ ἐντελῶς.

Γι' αὐτὸ τὸ λόγο ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι μηδενικὴ τὴν στιγμὴ ποὺ κλείνομε τὸν διακόπτη καὶ αὐξάνει βαθμιαία καθὼς ἐλαττώνεται ἡ ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμη, ποὺ ἐναντιώνεται στὴ σταθερὴ τάση τῆς πηγῆς.

Τὴν καθυστέρηση αὐτῇ, ποὺ προκαλεῖ τὸ φαινόμενο τῆς αὐτεπαγωγῆς στὴν ἀνάπτυξη τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, δείχνει πολὺ καθαρὰ ἡ ἐξῆς ἀπλὴ διάταξη (σχ. 19·1 δ): Δύο ὁμοῖες λυχνίες, ἡ Λ_1 καὶ ἡ Λ_2 , συνδέονται παράλληλα μὲ μιὰ πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος. Σὲ σειρὰ μὲ τὴν λυχνία Λ_1 συνδέεται ἓνα πηνίο

και σε σειρά με την Λ_2 μία μεταβλητή αντίσταση R . Ρυθμίζουμε την αντίσταση R ώστε, όταν ο διακόπτης T είναι κλειστός, οι δύο λυχνίες να φωτίζουν το ίδιο. Παρατηρούμε όμως πώς κάθε φορά που κλείνουμε τον διακόπτη, ενώ η λυχνία Λ_2 φωτίζει άμέ-



Σχ. 19·1 δ.

σως, η λυχνία Λ_1 άργει να ανάψει και να δώσει το ίδιο φως με την Λ_2 . Η καθυστέρηση αυτή στο άναμμα της Λ_1 δείχνει ότι η ένταση του ρεύματος που περνά απ' αυτήν άργει να φθάσει στην τελική της τιμή.

19·2 Η μονάδα της αύτεπαγωγής.

Η καθυστέρηση του ρεύματος στον κλάδο της λυχνίας Λ_1 του σχήματος 19·1 δ, εξαρτάται από το πηνίο που συνδέεται σε σειρά με αυτήν.

Αν το πηνίο έχει λίγες σπείρες και δεν έχει σιδερένιο πυρήνα, η καθυστέρηση είναι ελάχιστη και δεν μπορεί ούτε το πιό εξασκημένο μάτι να την αντιληφθεί.

Αν όμως το πηνίο είναι τυλιγμένο σε σιδερένιο πυρήνα και έχει πολλές σπείρες, η λυχνία Λ_1 μπορεί να ανάψει πολλά δευτερόλεπτα ύστερα από την λυχνία Λ_2 .

Επομένως, αν το φαινόμενο της αύτεπαγωγής είναι έντονο ή όχι, αυτό εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο είναι κατασκευασμένο το πηνίο (ή, γενικότερα, το κύκλωμα), που δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο.

Τὴν αὐτεπαγωγὴ τῶν πηνίων (καὶ γενικὰ τῶν κυκλωμάτων) τὴν συμβολίζομε μὲ τὸ κεφαλαῖο γράμμα L τοῦ Λατινικοῦ ἀλφαβήτου καὶ τὴν μετροῦμε σὲ μονάδες ποὺ λέγονται *ἀνρὺ* (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ ἀμερικανοῦ φυσικοῦ Ἰωσήφ Henry, 1797—1878).

Ἐνα πηνίο *ἔχει αὐτεπαγωγὴ ἑνὸς ἀνρὺ ἐὰν δημιουργῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἑνὸς βόλτ, ὅταν τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ μέσα ἀπ' αὐτὸ αὐξάνῃ (ἢ ἐλαττώνεται) κατὰ ἓνα ἀμπέρ σὲ κάθε δευτερόλεπτο.*

Γιὰ σύμβολο τῆς μονάδας ἀνρὺ χρησιμοποιεῖται τὸ κεφαλαῖο γράμμα H . Τὰ ὑποπολλαπλασία τῆς μονάδας ἀνρὺ ποὺ χρησιμοποιοῦνται συχνὰ στὴν πράξιν εἶναι:

α) τὸ *μιλλιανρὺ* (mH), ποὺ ἰσοῦται μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ ἀνρὺ,

$$1mH = \frac{1}{1000} H$$

β) τὸ *μικροανρὺ* (μH), ποὺ ἰσοῦται μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ μιλλιανρὺ, δηλαδὴ μὲ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸ τοῦ ἀνρὺ.

$$1\mu H = \frac{1}{1000} mH = \frac{1}{1\,000\,000} H.$$

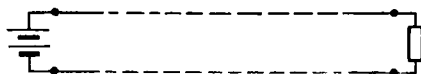
Αὐτεπαγωγὴ πολλῶν ἀνρὺ παρουσιάζουν τὰ πηνία τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰς σπεῖρες σύρματος τυλιγμένου σὲ κλειστοὺς σιδερένιους πυρήνες μεγάλης διατομῆς. Αὐτὸ συμβαίνει γιὰ τὴν αὐτὴν ἀντίσταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτὰ εἶναι μικρή.

Πηνία χωρὶς σιδερένιο πυρήνα ἔχουν πολὺ μικρότερη αὐτεπαγωγὴ (συνήθως πολὺ μικρότερη ἀπὸ $1 H$).

Αὐτεπαγωγὴ ἔχει κάθε ἡλεκτρικὸ κύκλωμα ἀφοῦ, ὅπως ξέρομε, κάθε κύκλωμα δημιουργεῖ γύρω του μαγνητικὸ πεδίο.

Τὰ σύρματα κάθε ἡλεκτρικῆς γραμμῆς π.χ., παρουσιάζουν αὐτεπαγωγὴ. Ἡ αὐτεπαγωγὴ ὅμως αὕτη εἶναι σχετικὰ μικρή.

Ἐάν π.χ. ἡ διάμετρος τῶν ἀγωγῶν τῆς γραμμῆς τοῦ σχήματος 19·2 α εἶναι 3 mm καὶ οἱ ἀγωγοὶ ἀπέχουν μεταξύ τους 30 cm, ἡ αὐτεπαγωγή τῆς γραμμῆς εἶναι 2,2 mH γιὰ κάθε χιλιόμετρο μήκους τῆς.

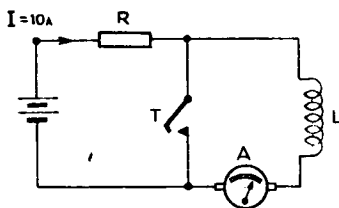


Σχ. 19·2 α.

19·3 Ἀνοιγμα κυκλώματος.

Σύμφωνα μὲ ὅσα εἴπαμε, ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς πρέπει νὰ παρουσιάζεται καὶ ὅταν ἐξασθενῇ τὸ μαγνητικὸ πεδίο ἐνὸς κυκλώματος.

Πράγματι, ἂν κλείσωμε τὸν διακόπτη Τ στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 19·3 α καὶ βραχυκυκλώσωμε ἔτσι τὸ πηνίο L, παρα-



Σχ. 19·3 α.

τηροῦμε μὲ τὸ ἀμπερόμετρο A, ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα δὲν μηδενίζεται ἀμέσως, ἀλλὰ συνεχίζεται γιὰ λίγο χρόνο ἀκόμη, μὲ ἔνταση ὅμως ποὺ συνεχῶς γίνεται μικρότερη. Αὐτὸ συμβαίνει γιὰ τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου ἐπενεργεῖ τώρα ὄχι ἡ τάση τῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς, ἡ ὁποία, τώρα ποὺ προκαλεῖται ἀπὸ ἐξασθένηση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἔχει τὴν ἴδια διεύθυνση μὲ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ ἐπομένως προσπαθεῖ νὰ τὸ διατηρήσῃ.

Π.χ. ἂς ποῦμε ὅτι, πρὶν κλείσωμε τὸν διακόπτη, ἡ ἔνταση

του ρεύματος που περνά από το πηνίο είναι 10 A, ή ωμική αντίσταση του πηνίου είναι 0,5 Ω και ή αὐτεπαγωγή του 2 H. Τότε ή ένταση του ρεύματος μετά το κλείσιμο του διακόπτη ἐλαττώνεται ὡς ἐξῆς: Ὑστερα ἀπό:

1	sec	γίνεται	7,80 A,
2	»	»	6,06 A,
4	»	»	3,68 A,
6	»	»	2,23 A,
8	»	»	1,35 A,
10	»	»	0,83 A,
12	»	»	0,50 A,
14	»	»	0,30 A,
16	»	»	0,19 A,
18	»	»	0,11 A,
20	»	»	0,07 A.

Τὴν μεταβολή αὐτὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δείχνει ή καμπύλη τοῦ σχήματος 19·3 β.

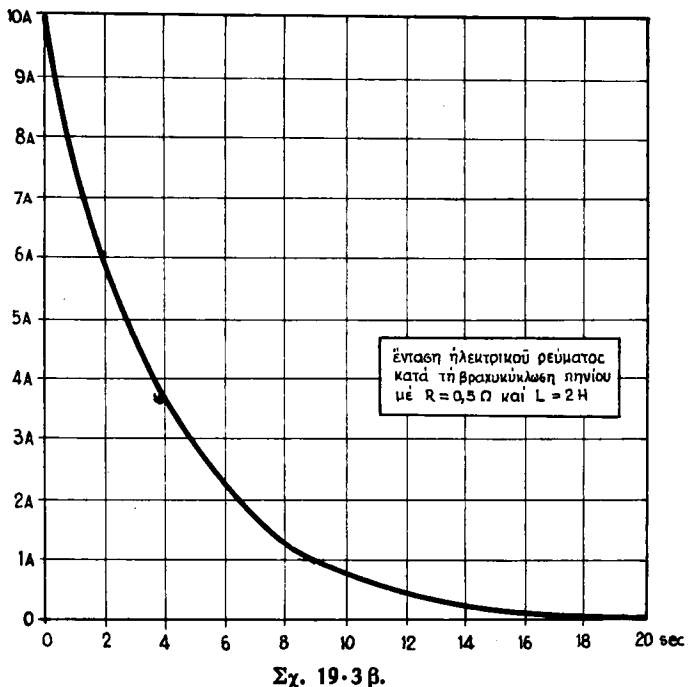
Βλέπομε ὅτι στὴν περίπτωση ποὺ ἐξετάζομε, γιὰ νὰ μηδενισθῇ ή ένταση τοῦ ρεύματος χρειάζεται περισσότερο ἀπὸ 20 sec, ἀπὸ τὴν στιγμή ποὺ βραχυκυκλώθηκε τὸ πηνίο.

Κατὰ τὴν διακοπὴ κυκλωμάτων ποὺ ἔχουν μεγάλη αὐτεπαγωγή, ή ἀπότομη ἐξαφάνιση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μπορεῖ νὰ δημιουργήσῃ πολὺ μεγάλη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη. Αὐτὸ μπορούμε νὰ τὸ δοῦμε μὲ τὸ ἐξῆς πείραμα:

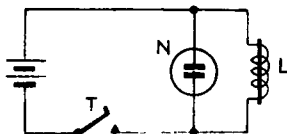
Συνδέομε ἓνα πηνίο (τυλιγμένο ἐπάνω σὲ σιδερένιο πυρήνα, γιὰ νὰ ἔχῃ μεγάλη αὐτεπαγωγή) μὲ μιὰ συστοιχία 4 V (σχ. 19·3 γ).

Παράλληλα μὲ τὸ πηνίο συνδέομε μιὰ λυχνία αἵγλης N. Ἡ λυχνία αἵγλης ἔχει στὸ ἐσωτερικὸ τῆς δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια καὶ περιέχει ἀέριο μὲ πολὺ μικρὴ πίεση. Ὅταν ἐπιβάλωμε μιὰ μικρὴ τάση ἀνάμεσα στὰ δύο ἡλεκτρόδια, δὲν περνᾷ ρεῦμα, γιὰτὶ τὸ ἀέριο εἶναι μονωτικὸ καὶ παρουσιάζει τεράστια ἀντίστα-

ση. Ἡ λυχνία μένει σβυστή. Ὄταν ὁμως αὐξήσουμε τὴν τάση περισσότερο ἀπὸ μιὰ ὁρισμένη τιμὴ, γίνεται ἡλεκτρικὴ ἐκκένωση μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων καὶ ἡ λυχνία ἀνάθει.



Σχ. 19-3 β.



Σχ. 19-3 γ.

Στὸ παράδειγμά μας ἂς ποῦμε ὅτι ἡ τάση ποὺ χρειάζεται ἡ λυχνία αἰγλῆς γιὰ νὰ ἀνάψει εἶναι 80 V. Ὄταν κλείσουμε τὸν διακόπτη T, ἡλεκτρικὸ ρεῦμα περνᾷ ἀπὸ τὸ πηνίο L. Ἡ λυχνία N δὲν ἀνάθει φυσικὰ γιατί ἡ τάση τῆς συστοιχίας, στὴν ὁποία

βρίσκεται, είναι πολύ μικρή. Τήν στιγμή όμως που ανοίγουμε τον διακόπτη παρατηρούμε ότι η λυχνία ανάβει για λίγο. Αυτό σημαίνει πως η ηλεκτρεγερτική δύναμη, που δημιουργήθηκε από αὐτεπαγωγή στο πηνίο τήν στιγμή που διακόψαμε τὸ κύκλωμα, είναι μεγαλύτερη ἀπὸ 80 V, παρ' ὅλο ὅτι ἡ τάση τῆς συστοιχίας είναι μόνο 4 V.

Ἡ αὐτεπαγωγή τῶν κυκλωμάτων προκαλεῖ καὶ δυσάρεστα φαινόμενα. Κάθε φορά π.χ. που διακόπτομε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 19·3 γ παρουσιάζεται ἓνας ἠλεκτρικὸς σπινθήρας ἀνάμεσα στὰ δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα τοῦ διακόπτη. Ὁ σπινθήρας αὐτὸς προκαλεῖται ἀπὸ τὴ μεγάλη τάση που δημιουργεῖ ἡ αὐτεπαγωγή τοῦ πηνίου.

Ἄν ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, που περνᾷ ἀπὸ τὸ κύκλωμα πρὶν ἀνοίξῃ ὁ διακόπτης, εἶναι μικρὴ καὶ ἡ τάση τῆς πηγῆς εἶναι ἐπίσης μικρὴ, ὁ σπινθήρας διαρκεῖ ἐλάχιστο χρόνο καὶ δὲν προκαλεῖ παρὰ ἐλάχιστη μόνο φθορὰ στὰ ἐλάσματα τοῦ διακόπτη. Ἐν τούτοις, ἂν ὁ διακόπτης τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ανοιγοκλείνεται πολλὰς φορές (ὅπως π.χ. ἡ ἐπαφὴ β-ρ στὸ ἠλεκτρικὸ κουδοῦνι τοῦ σχήματος 16·2 γ), τὰ ἐλάσματά του θὰ καταστραφῶν ὥστε ἀπὸ ἀρκετὸ χρόνο, ἐκτὸς ἂν τὰ μέταλλα ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται δὲν λυώνουν εὐκόλα, εἶναι δύστηκτα ὅπως λέμε, ἢ ἂν ἔχουν τοποθετηθῇ εἰδικὲς διατάξεις οἱ ὁποῖες νὰ καταπνίγουν τοὺς σπινθῆρες.

Ἄν ὅμως ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος καθὼς καὶ ἡ αὐτεπαγωγή τοῦ κυκλώματος εἶναι μεγάλη, τότε ὁ σπινθήρας που ἐμφανίζεται κατὰ τὴν διακοπὴ τοῦ ρεύματος μπορεῖ νὰ εἶναι τόσο δυνατὸς ὥστε νὰ λυώσῃ τὰ μέταλλα τοῦ διακόπτη. Ὁ κίνδυνος αὐτὸς εἶναι ἀκόμη μεγαλύτερος ὅταν ἡ τάση τῆς πηγῆς εἶναι μεγάλη, γιατί τότε ὑπάρχει κίνδυνος νὰ διατηρηθῇ ὁ σπινθήρας γιὰ πολὺ χρόνο καὶ ἀφοῦ πιά ἔχει ἐξαφανισθῇ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς αὐτεπαγωγῆς.

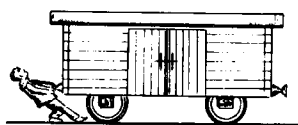
Γιὰ νὰ μὴν ἀφήνωμε νὰ ἐμφανίζωνται σπινθήρες στοὺς διακόπτες μὲ τοὺς ὁποίους διακόπτομε μεγάλες ἐντάσεις ρεύματος, τοποθετοῦμε ἰσχυρὰ ἐλατήρια, ὥστε οἱ διακόπτες αὐτοὶ νὰ ἀνοίγουν ταχύτατα, πρὶν προφθάσῃ δηλαδή νὰ δημιουργηθῇ σπινθήρας. Σὲ μεγάλες ἐγκαταστάσεις χρησιμοποιοῦμε διακόπτες, εἰδικὰ κατασκευασμένους, ποὺ μποροῦν νὰ διακόπτουν ρεύματα ἑκατοντάδων ἀμπέρ καὶ μεγάλων τάσεων, χωρὶς κίνδυνο νὰ καταστραφοῦν ἢ νὰ προκαλέσουν ἀτυχήματα στὰ ἄτομα ποὺ τοὺς χειρίζονται.

19·4 Ἐνέργεια μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὸ φαινόμενο τῆς αὐτεπαγωγῆς εἶναι ἀνάλογο μὲ τὸ φαινόμενο τῆς ἀδρανείας ποὺ ξέρομε ἀπὸ τὴ Φυσική. Ὅπως εἶναι γνωστό, ὅταν ἐπάνω σ' ἓνα βαρὺ σῶμα ἐπιδρᾷ μιὰ μηχανικὴ δύναμη, μιὰ ὥθηση π.χ., τότε τὸ σῶμα ἀντιστέκεται, ἀντιδρᾷ στὴν ὥθηση αὐτή. Γι' αὐτὸ ἀρχίζει νὰ κινῆται μὲ πολὺ μικρὴ ταχύτητα, ποὺ μεγαλώνει σιγὰ-σιγὰ (σχ. 19·4 α). Ἡ κίνησή του, δηλαδή, ἐπιταχύνεται.



Σχ. 19·4 α.



Σχ. 19·4 β.

Ὅταν ὅμως τὸ βαρὺ σῶμα κινῆται μὲ κάποια ταχύτητα, τείνει, δηλαδή ἔχει τὴν διάθεση, νὰ ἐξακολουθήσῃ τὴν κίνησή του. Γιὰ νὰ σταματήσῃ, πρέπει νὰ ἐπιδράσῃ ἐπάνω του μιὰ ἀντίθετη μηχανικὴ δύναμη, ἢ ὅποια νὰ ἐπιβραδύνῃ συνεχῶς τὴν κίνησή του, ἕως ὅτου κατορθώσῃ νὰ τὸ σταματήσῃ (σχ. 19·4 β).

Ὅλα τὰ σῶματα ποὺ ἔχουν βάρος ἀντιδρῶν στὴν ἐπιτάχυνση καθὼς καὶ στὴν ἐπιβράδυνση τῆς κινήσεώς τους, δηλαδή σὲ κάθε μεταβολὴ τῆς ταχύτητάς τους. Αὐτὴ τὴν ιδιότητα τῶν ὑλικῶν σωμάτων τὴν λέμε ἀδράνεια.

Ἐπίσης εἶναι γνωστὸ ὅτι ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ ἔργο, ποὺ δίνει ἡ δύναμη ἢ ὁποῖα βάζει τὸ βαρὺ σῶμα σὲ κίνηση, ἀποταμιεύεται σὰν *κινητικὴ ἐνέργεια*. Χάρης σ' αὐτὴ τὴν ἐνέργεια τὸ κινούμενο σῶμα μπορεῖ νὰ ἐξακολουθήσῃ τὴν κίνησή του γιὰ ἄρκετὸ διάστημα καὶ ὅταν ἀκόμη μιὰ ἀντίθετη δύναμη προσπαθῇ νὰ τὸ σταματήσῃ.

Ὅπως εἶδαμε, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ αὐτεπαγωγή σὲ ἓνα κύκλωμα τῇ στιγμῇ ποὺ τὸ κλείνομε, ἔχει *διεύθυνση ἀντίθετη* πρὸς τὴ διεύθυνση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γι' αὐτὸ τὸν λόγον ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος αὐξάνει βαθμιαία μέχρις ὅτου φθάσῃ τὴν τιμὴ ποὺ καθορίζουν ἡ τάση τῆς πηγῆς καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος. Στὸ διάστημα αὐτὸ σχηματίζεται ἐπίσης καὶ μαγνητικὸ πεδίο γύρω ἀπὸ τὸ κύκλωμα. Στὸ μαγνητικὸ αὐτὸ πεδίο ἀποταμιεύεται ἓνα μέρος ἀπὸ τὴν ἐνέργεια ποὺ ἔδωσε ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἐνέργεια ποὺ ἀποταμιεύεται εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν αὐτεπαγωγή τοῦ κυκλώματος καὶ τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

Ὅταν παύσῃ ἡ ἐπίδραση τῆς πηγῆς, τὸ ρεῦμα θὰ ἔπρεπε κανονικὰ νὰ σταματήσῃ. Ἐξακολουθεῖ ὅμως νὰ ρέῃ γιὰ λίγον διάστημα, γιατί ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ποὺ ἐξαφανίζεται ἐπιστρέφει στὸ ἡλεκτρικὸ κύκλωμα. Ἡ ἐνέργεια αὐτή, χάρις στὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς αὐτεπαγωγῆς ποὺ δημιουργεῖται καὶ ποὺ τώρα ἔχει τὴν ἴδια *διεύθυνση* μὲ τὸ ρεῦμα, συντηρεῖ γιὰ λίγον τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ μετασχηματίζεται ἔτσι σὲ ἡλεκτρικὸ ἔργο.

19·5 Ἀνακεφαλαίωση.

α) *Αὐτεπαγωγή* εἶναι ἡ ἐπαγωγή ποὺ ἐξασκεῖ ἓνα κύκλωμα στὸν ἑαυτό του.

β) Μεγάλῃ αὐτεπαγωγῇ παρουσιάζουν τὰ κυκλώματα ποὺ σχηματίζουν ἰσχυρὸ μαγνητικὸ πεδίο, δηλαδή, τὰ κυκλώματα ποὺ περιλαμβάνουν πηνία μὲ πολλὰς σπεῖρες καὶ σιδερένιους πυρῆνες.

γ) Ἡ αύτεπαγωγή μετριέται σέ μονάδες ποὺ λέγονται ἀνρῶ.

δ) Ἡλεκτρεγερευτική δύναμη ἀπὸ αύτεπαγωγή δημιουργεῖται σέ ἓνα κύκλωμα, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ αὐτό. Ἡ ἀπὸ αύτεπαγωγή ἡλεκτρεγερευτική δύναμη ἔχει πάντοτε διέυθυνση ἀντίθετη πρὸς τὴν μεταβολὴ τοῦ ρεύματος ποὺ τὴν ἐδημιούργησε.

ε) Ἡ αύτεπαγωγή εἶναι ἓνα φαινόμενο ἄδρανείας.

ζ) Ὅταν διακόπτεται ἓνα κύκλωμα, δημιουργεῖται ἀπὸ αύτεπαγωγή ἡλεκτρεγερευτική δύναμη, ποὺ μπορεῖ νὰ εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς.

η) Ἡ αύτεπαγωγή τῶν ἡλεκτρικῶν κυκλωμάτων δημιουργεῖ ἡλεκτρικοὺς σπινθῆρες στοὺς διακόπτες, τὴν στιγμὴ ποὺ ἀνοίγουν καὶ διακόπτουν τὸ ρεῦμα.

θ) Στὸ μαγνητικὸ πεδίο ποὺ δημιουργεῖται γύρω ἀπὸ ἡλεκτρικὰ κυκλώματα, ἀποταμιεύεται ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ αύτεπαγωγή τοῦ κυκλώματος καὶ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτό.

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

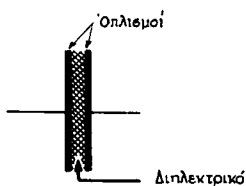
ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

20.1 Φόρτιση και εκφόρτιση συμπτυκνωτή.

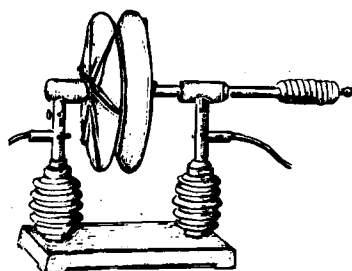
Πυκνωτή, ή άλλοιως συμπτυκνωτή, ονομάζομε τὸ σύστημα πὸν σχηματίζεται ἀπὸ δύο ἀγώγιμα σώματα, ἀνάμεσα στὰ ὁποῖα μεσολαβεῖ ἓνα στρώμα μονωτικοῦ ὕλικου.

*Τὰ ἀγώγιμα σώματα ὀνομάζονται ὀπλισμοὶ τοῦ συμπτυκνω-
τῆ. Τὸ μονωτικὸ ὕλικο πὸν μεσολαβεῖ ἀνάμεσα στοὺς ὀπλισμοὺς ὀνομάζεται διηλεκτρικὸ τοῦ συμπτυκνωτῆ.*

*Ὑπάρχουν πολλὰς μορφὰς συμπτυκνωτῶν. Ὁ ἀπλούστερος εἶ-
ναι ὁ ἐπίπεδος πυκνωτῆς (σχ. 20.1 α), ὁ ὁποῖος σχηματίζεται*



Σχ. 20.1 α.



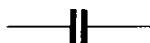
Σχ. 20.1 β.

ἀπὸ δύο ἐπίπεδες μεταλλικὲς πλάκες, πὸν εἶναι τοποθετημένες παράλληλα μεταξύ τους καὶ σὲ μικρὴ ἀπόσταση ἢ μιὰ ἀπὸ τὴν ἄλλη.

*Ἐπίπεδο πυκνωτῆ ἐπίσης σχηματίζουν καὶ οἱ δύο μεταλλι-
κοὶ δίσκοι τοῦ σχήματος 20.1 β.*

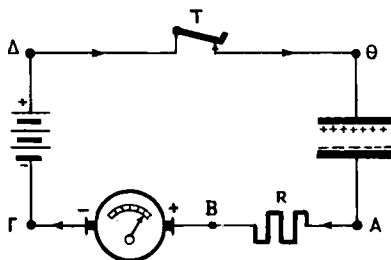
Τὸ διηλεκτρικὸ τῶν συμπυκνωτῶν μπορεῖ νὰ εἶναι εἴτε ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας (ὅπως στὸ σχ. 20·1 β), εἴτε στερεὸ μονωτικὸ σῶμα, π.χ. χαρτί, μίκα, γυαλὶ (ὅπως στὸ σχ. 20·1 α), εἴτε ὑγρὸ μονωτικὸ σῶμα, π.χ. λάδι.

Τοὺς συμπυκνωτὲς παριστάνομε στὰ ἡλεκτροτεχνικὰ σχέδια μὲ τὸ σύμβολο ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 20·1 γ.



Σχ. 20·1 γ.

Ἄν συνδέσουμε τοὺς ὅπλισμοὺς ἑνὸς συμπυκνωτῆ μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 20·1 δ, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι στὸν ὅπλισμὸ ποὺ συνδέεται μὲ τὸν



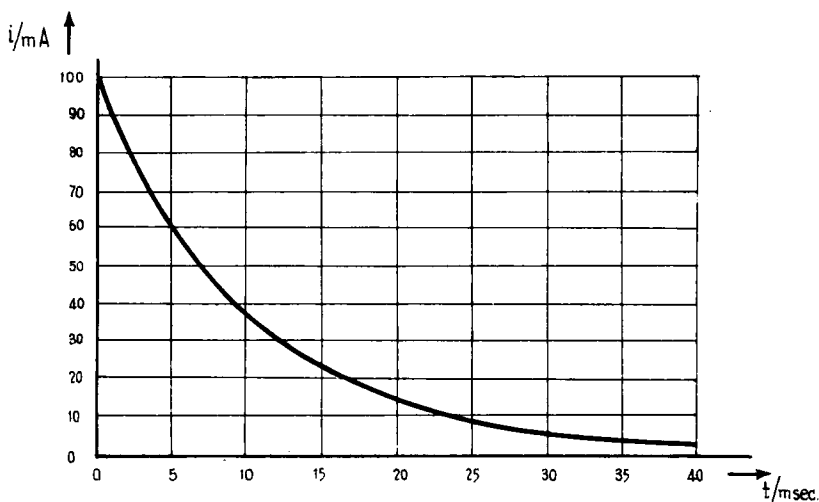
Σχ. 20·1 δ.

θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς ἐμφανίζονται θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ στὸν ἄλλο ὅπλισμὸ ἐμφανίζονται ἀρνητικὰ φορτία. Λέμε τότε ὅτι ὁ συμπυκνωτὴς φορτίζεται.

Ἡ φόρτιση τοῦ πυκνωτῆ ὀφείλεται στὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς, ποὺ ἀναγκάζει τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ ὁπλισμοῦ ποὺ συνδέεται μὲ τὸν θετικὸ πόλο νὰ μετακινηθοῦν (περνώντας μέσα ἀπὸ τὴν πηγὴ κατὰ τὴ φορά $\Theta - T - \Delta - \Gamma - B - A$), πρὸς τὸν ἄλλο ὅπλισμὸ τοῦ συμπυκνωτῆ.

Ὅπως εἶναι γνωστὸ (βλ. 5·1), ἡ μετακίνηση αὐτὴ τῶν ἡλεκτρονίων ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ποὺ ἡ συμβατικὴ του φορά

είναι ή Α-Β-Γ-Δ-Τ-Θ. Τò ρεύμα όμως αυτό δεν είναι συνεχές' αλλά διαρκεί πολὺ λίγο. Ἡ έντασή του τήν στιγμή πού κλείνομε τόν διακόπτη είναι ίση πρὸς $\frac{E}{R}$ (Ε είναι ή ήλεκτρεγερτική δύναμη τῆς πηγῆς καί R ή αντίσταση τοῦ κυκλώματος ΑΒΓΔΤΘ). Ἡ ένταση όμως αὐτή λιγοστεύει συνεχῶς καί σέ λίγο χρόνο μηδενίζεται, ὅπως δείχνει ή καμπύλη τοῦ σχήματος 20·1ε, διότι ὅσο φορτίζεται ὁ πυκνωτής, δηλαδή ὅσο περισσότερα ήλεκ-



Σχ. 20·1 ε.

τρόνια αφαιρούνται ἀπὸ τὸν ὀπλισμὸ Θ καί συσσωρεύονται στὸν ὀπλισμὸ Α, τόσο περισσότερο αὐξάνει ή ήλεκτρική τάση ἀνάμεσα στοὺς ὀπλισμοὺς (βλ. 3·8). Ἡ τάση αὐτή προσπαθεῖ, φυσικά, νὰ μεταφέρει τὰ ήλεκτρόνια ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ ὀπλισμὸ Α πρὸς τὸν θετικὸ Θ. Ἐπειδὴ όμως τὸ διηλεκτρικὸ πού είναι ἀνάμεσα στοὺς ὀπλισμοὺς δὲν ἐπιτρέπει νὰ μετακινηθοῦν ήλεκτρόνια μέσα ἀπ' αὐτό, ή τάση προσπαθεῖ νὰ μετακινήσῃ τὰ ήλεκτρόνια μέσα ἀπὸ τὸ κύκλωμα ΑΒΓΔΤΘ, δηλαδή είναι ἀντίθετη πρὸς τήν ήλεκτρεγερτική δύναμη τῆς πηγῆς.

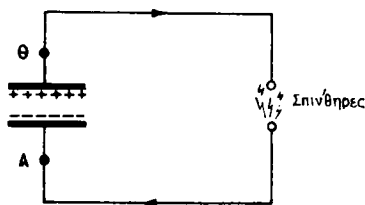
Στήν αρχή η τάση αυτή είναι πολύ μικρή, αλλά όσο περισσότερα ηλεκτρικά φορτία συσσωρεύονται στους όπλισμούς τόσο περισσότερο αυξάνει η τάση του πυκνωτή και τόσο περισσότερο μικραίνει η ένταση του ρεύματος.

Όταν στους όπλισμούς του πυκνωτή συσσωρευθούν τόσα φορτία, ώστε η τάση του να γίνει ίση με την ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής, τότε οι δύο αυτές τάσεις ισορροπούν και η κίνηση των ηλεκτρονίων σταματά. Η φόρτιση του πυκνωτή έτελειωσε. Το ρεύμα που φορτίζει τους όπλισμούς του πυκνωτή φαίνεται από το αμπερόμετρο A του σχήματος $20 \cdot 1 \delta$, που η βελόνα του αποκλίνει την στιγμή που κλείνομε τον διακόπτη Δ και ύστερα από λίγο επιστρέφει στη θέση ηρεμίας.

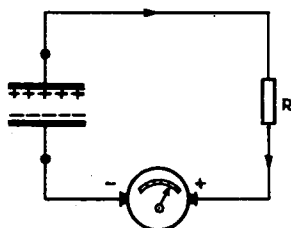
Όπως φαίνεται από όσα μάθαμε ως τώρα, αν σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος συνδέσωμε σε σειρά έναν πυκνωτή, δεν θα περάσει από το κύκλωμα παρά μόνο ένα στιγμιαίο ρεύμα, που διαρκεί έως ότου φορτισθί ο πυκνωτής. Μετά την φόρτιση του πυκνωτή το ρεύμα σταματά. Γι' αυτό λέμε πως ο πυκνωτής εμποδίζει να περνά συνεχές ρεύμα.

Ο πυκνωτής διατηρεί το φορτίο του και όταν διακόψωμε την σύνδεσή του με την πηγή. Αυτό μπορούμε να το δούμε με το εξής πείραμα :

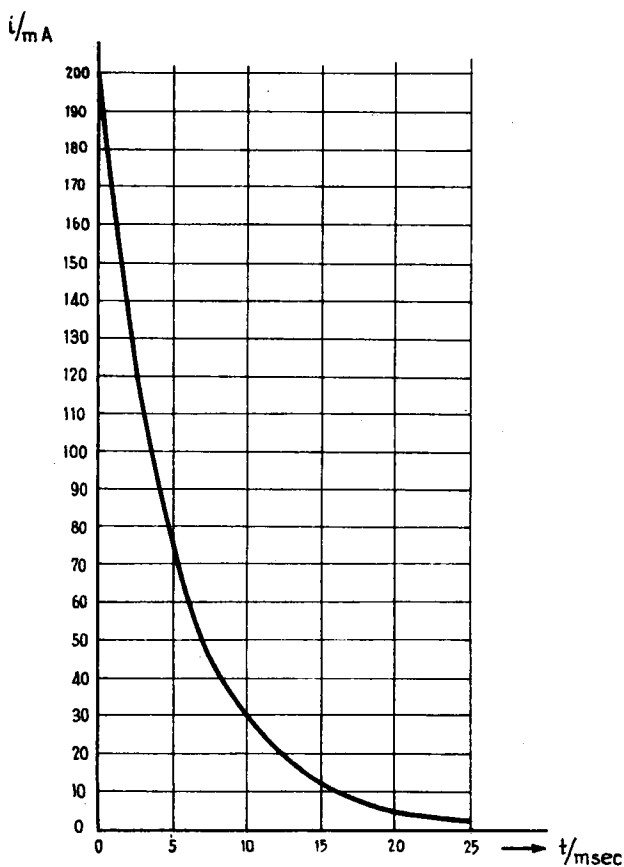
Αφού φορτίσωμε ένα πυκνωτή, αποσυνδέσωμε την πηγή και κατόπιν ενώνομε αγωγίμα τους όπλισμούς του με δύο μικρές μεταλλικές σφαίρες (σχ. $20 \cdot 1 \zeta$). Αν τώρα πλησιάσωμε την μια



Σχ. $20 \cdot 1 \zeta$.



Σχ. 20.1 η.



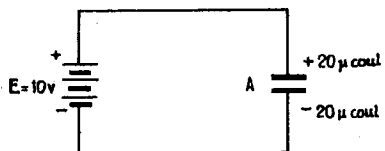
Σχ. 20.1 θ.

σφαίρα πρὸς τὴν ἄλλη, θὰ παρατηρήσωμε πῶς, ὅταν ἡ ἀπόστασή τους γίνῃ ἀρκετὰ μικρή, παράγεται στὸ μεταξύ τους διάστημα ἕνας ἠλεκτρικὸς σπινθήρας. Ὁ σπινθήρας αὐτὸς προκαλεῖται ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι συσσωρευμένα στὸν ὀπλισμὸ Α καὶ τὰ ὁποῖα, μὲ τὴν ἐπίδραση τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτῆ, ὑπερπηδοῦν τὸ διάκενο ἀνάμεσα στὶς δύο σφαῖρες γιὰ νὰ ἐπιστρέψουν στὸν ὀπλισμὸ Θ. Μὲ τὸν σπινθήρα αὐτὸν ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτίζεται.

Ἐνας φορτισμένος πυκνωτὴς ἐκφορτίζεται ἐπίσης ὅταν συνδέσωμε τοὺς ὀπλισμοὺς του μὲ ἕνα καταναλωτὴ (σχ. 20·1 η). Τὰ ἠλεκτρόνια, ποὺ εἶναι συσσωρευμένα στὸν ἀρνητικὸ ὀπλισμὸ, γιὰ νὰ ἐπιστρέψουν στὸν θετικὸ, δημιουργοῦν ἕνα ἠλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸν καταναλωτὴ. Τὸ ρεῦμα αὐτό, ποὺ διαρκεῖ ἐπίσης πολὺ λίγο, δὲν εἶναι συνεχές. Ἡ ἔντασή του λιγοστεύει συνεχῶς ἕως ὅτου μηδενισθῇ, ὅπως δείχνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 20·1 θ.

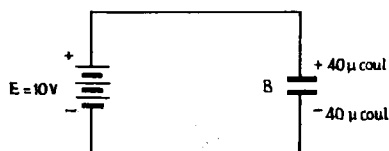
20·2 Χωρητικότητα.

Ἄν συνδέσωμε ἕνα πυκνωτὴ Α μὲ μιὰ πηγὴ ποὺ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ τῆς δύναμις εἶναι 10 V (σχ. 20·2 α), ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. Ἄς ποῦμε ὅτι στὸν ἕνα ὀπλισμὸ του μαζεύεται (συσσωρεύεται) θετικὸ φορτίο 20 μcoul καὶ στὸν ἄλλο ἀρνητικὸ φορτίο



$$\text{Χωρητικότητα } C_A = \frac{20 \mu \text{ coul}}{10 \text{ v}} = 2 \mu \text{ F}$$

Σχ. 20·2 α



$$\text{Χωρητικότητα } C_B = \frac{40 \mu \text{ coul}}{10 \text{ v}} = 4 \mu \text{ F}$$

Σχ. 20·2 β.

— 20 μcoul . Ἄν μὲ τὴν ἴδια πηγὴ φορτίσωμε ἕναν ἄλλο πυκνωτὴ Β (σχ. 20·2 β) καὶ παρατηρήσωμε ὅτι στοὺς ὀπλισμοὺς του μαζεύονται φορτία 40 μcoul , θὰ ποῦμε πῶς ὁ πυκνωτὴς

αὐτὸς ἔχει διπλάσια χωρητικότητα ἀπὸ τὸν πυκνωτὴ Α.

Κάθε πυκνωτὴς λοιπὸν ἔχει μία ὀρισμένη χωρητικότητα.

Τὴν χωρητικότητα αὐτὴ τὴν μετροῦμε μὲ μονάδες ποὺ λέγονται *φαράντ* (Farad) ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ διασχημοῦ Ἀγγλοῦ ἐρευνητῆ Φάρανταϊ (Faraday 1791-1867) καὶ συμβολίζονται μὲ τὸ κεφαλαῖο γράμμα F τοῦ Λατινικοῦ ἀλφαβήτου.

Λέμε ὅτι ἓνας συμπυκνωτὴς ἔχει χωρητικότητα 1 F (ἓνα φάράντ), ὅταν, φορτίζοντάς τον μὲ τάση 1 V, μαζεύονται σὲ κάθε ὅπλισμό του φορτία 1 coul.

Ἔτσι, ἂν στὸν ὅπλισμό ἑνὸς πυκνωτῆ μὲ χωρητικότητα 1 F ἐφαρμοσθῇ τάση :

2 V,	θὰ ἀναπτυχθοῦν σ' αὐτοὺς φορτία 2 coul
3 V,	» » » » 3 »
10 V,	» » » » 10 » κ.ο.κ.

Ἡ χωρητικότητα ὅμως 1 F εἶναι πολὺ μεγάλη. Οἱ συνηθισμένοι πυκνωτὲς ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὴν πράξη, ἔχουν πολὺ μικρότερη χωρητικότητα. Γι' αὐτὸ μεταχειριζόμαστε πολὺ συχνὰ τὰ ἐξῆς ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδας φαραντ :

α) Τὸ *μικροφαράντ* (μF), ποὺ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸ τοῦ φαραντ

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{F}.$$

β) Τὸ *νανοφαράντ* (nF), ποὺ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἓνα χιλιοστὸ τοῦ μικροφαράντ

$$1 \text{nF} = \frac{1}{1\,000} \mu\text{F}.$$

γ) Τὸ *πικοφαράντ* (pF), ποὺ εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἓνα ἑκατομμυριοστὸ τοῦ μικροφαράντ

$$1 \text{pF} = \frac{1}{1\,000\,000} \mu\text{F}.$$

Ἡ χωρητικότητα ἑνὸς πυκνωτῆ εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο

μεγαλύτερη είναι ή επιφάνεια τῶν ὀπλισμῶν του καὶ ὅσο πλησιέστερα εἶναι οἱ ὀπλισμοὶ μεταξύ τους.

Ἐπίσης ή χωρητικότητα ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ διηλεκτρικοῦ ποὺ παρεμβάλλεται ἀνάμεσα στοὺς ὀπλισμοὺς.

Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ποὺ μαζεύονται στοὺς ὀπλισμοὺς ἐνὸς πυκνωτῆ δὲν ἐξαρτῶνται μόνον ἀπὸ τὴν χωρητικότητά του, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν τάση ποὺ ἐφαρμόζομε σ' αὐτόν.

Ὅπως εἶδαμε καὶ στὴν προηγούμενη παράγραφο, ἓνας πυκνωτῆς, ποὺ ή χωρητικότητά του εἶναι π.χ. $4 \mu\text{F}$, φορτίζεται:

μὲ	4	μιοι	ἔταν	τεθῆ	σὲ	τάση	1 V,
»	8	»	»	»	»	»	2 V,
»	40	»	»	»	»	»	10 V,
»	200	»	»	»	»	»	50 V.

Δὲν πρέπει ὅμως μὲ αὐτὰ νὰ φαντασθοῦμε ὅτι μποροῦμε πάντα νὰ φορτίσωμε ἓνα πυκνωτῆ ὅσο θέλομε.

Ὅπως εἶπαμε πρὶν, μποροῦμε νὰ αὐξήσωμε τὰ φορτία ποὺ μαζεύονται στοὺς ὀπλισμοὺς ἐνὸς πυκνωτῆ αὐξάνοντας τὴν τάση ποὺ ἐφαρμόζομε σ' αὐτούς. Ὅταν ὅμως ή τάση αὐξηθῇ πολὺ, τότε, τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ συσσωρεύονται στὸν ἓνα ὀπλισμό, σπάζουν τὸ διηλεκτρικὸ ποὺ τὰ χωρίζει ἀπὸ τὸν ἄλλο ὀπλισμὸ καὶ ὁρμοῦν πρὸς αὐτὸν σχηματίζοντας ἓναν ἡλεκτρικὸ σπινθήρα. Ὁ πυκνωτῆς ἐκφορτίζεται καὶ τὰ ὄργανα ποὺ βρίσκονται στὸ ἴδιο κύκλωμα μὲ αὐτὸν μπορεῖ νὰ καταστραφoῦν. Ὁ ἴδιος ὁ πυκνωτῆς, ὅταν τὸ διηλεκτρικὸ του εἶναι ἀέρας, δὲν παθαίνει μεγάλη ζημιὰ· ἂν ὅμως τὸ διηλεκτρικὸ του εἶναι ἀπὸ χαρτί, μίκα ἢ ἄλλο ὕλικό, ἀχρηστεύεται, γιατί ὁ ἡλεκτρικὸς σπινθήρας καταστρέφει τὴν μόνωση ποὺ πρέπει νὰ κάνη τὸ διηλεκτρικό.

20.3 Συνδέσεις πυκνωτῶν.

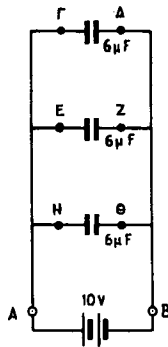
Οἱ πυκνωτῆς μπορεῖ νὰ συνδεθοῦν μεταξύ τους *παράλληλα*

ή σέ σειρά. Στην παράλληλη σύνδεση (σχ. 20·3 α) ή ίδια τάση εφαρμόζεται σέ κάθε έναν από τούς πυκνωτές :

$$U_{ΓΑ} = U_{ΕΖ} = U_{ΗΘ} = U_{AB}.$$

Η χωρητικότητα C_{AB} που σχηματίζουν όλοι μαζί είναι ίση με τὸ ἄθροισμα τῶν χωρητικότητων τους.

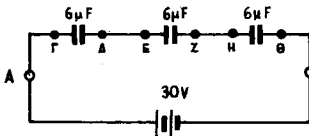
Στὴν σύνδεση σειράς (σχ. 20·3 β) σέ κάθε πυκνωτὴ ἐφαρμόζεται ἓνα μέρος μόνον τῆς τάσεως που ἐπιβάλλεται σέ ὁλόκληρο τὸ σύστημα τῶν πυκνωτῶν.



$$U_{ΓΑ} = U_{ΕΖ} = U_{ΗΘ} = U_{AB} = 10\text{V}$$

$$C_{AB} = 6 + 6 + 6 = 18\mu\text{F}$$

Σχ. 20·3 α.



$$U_{ΓΑ} = U_{ΕΖ} = U_{ΗΘ} = \frac{1}{3} U_{AB} = 10\text{V}$$

$$C_{AB} = \frac{1}{3} 6\mu\text{F} = 2\mu\text{F}$$

Σχ. 20·3 β.

Η χωρητικότητα που σχηματίζουν όλοι μαζί είναι μικρότερη από τὴν χωρητικότητα οποιουδήποτε από τούς πυκνωτές που είναι ἐνωμένοι σέ σειρά.

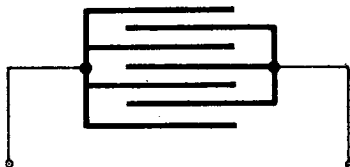
Γι' αὐτὸ τὸ λόγο ἡ σύνδεση πυκνωτῶν σέ σειρά χρησιμοποιεῖται μόνον όταν :

α) ανάμεσα σε δύο σημεία, όπου πρέπει να σχηματισθή ορισμένη χωρητικότητα, υπάρχει τάση μεγαλύτερη από την τάση λειτουργίας ενός πυκνωτή, και

β) το κύκλωμα, στο οποίο πρέπει να βάλουμε τους πυκνωτές, χρειάζεται για να λειτουργήσει όχι έναν αλλά περισσότερους πυκνωτές.

20·4 Είδη πυκνωτών.

Όπως είπαμε προηγουμένως (παραγρ. 20·2), για να έχη ένας πυκνωτής μεγάλη χωρητικότητα πρέπει οι όπλισμοί του να βρίσκονται σε μικρή απόσταση ο ένας από τον άλλον και να έχουν μεγάλη επιφάνεια. Συνήθως όμως, για να μην πιάνουν μεγάλο χώρο, κάθε όπλισμός του πυκνωτή μοιράζεται σε πολλά, λεπτά μεταλλικά φύλλα που ενώνονται αγωγίμα μεταξύ τους. Τα φύλλα του ενός όπλισμού τοποθετούνται ανάμεσα στα φύλλα του άλλου (σχ. 20·4 α), σε κάποια απόσταση όμως από αυτά, έτσι που



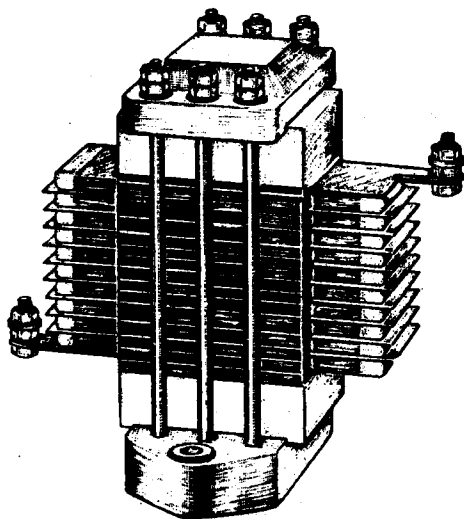
Σχ. 20·4 α

ο ένας όπλισμός να είναι μονωμένος ηλεκτρικά από τον άλλο. Η μόνωση γίνεται ή από το στρώμα του αέρα που μεσολαβεί ή και με άλλο μονωτικό υλικό (σχ. 20·4 β).

Αν τα φύλλα του ενός όπλισμού ενός πυκνωτή μπορούν να μπαίνουν περισσότερο ή λιγότερο ανάμεσα στα φύλλα του άλλου όπλισμού, τότε σχηματίζεται ένας μεταβλητός πυκνωτής.

Τέτοιοι μεταβλητοί πυκνωτές δείχνει το σχήμα 20·4 γ. Σ'αυτόν τα φύλλα του ενός όπλισμού είναι ακίνητα και στερεώνονται

στη βάση του πυκνωτή, ενώ τα φύλλα του άλλου όπλισμού είναι στερεωμένα σε έναν άξονα, τον όποιο μπορούμε να περιστρέφουμε. Με την περιστροφή του άξονα, τα φύλλα του κινητού όπλισμού μπορούν είτε να μπαίνουν ανάμεσα στα φύλλα του ακίνητου όπλισμού είτε να απομακρύνονται απ' αυτά. Σχηματίζεται δηλαδή ένας πυκνωτής που η χωρητικότητά του μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση που έχουν τα φύλλα του κινητού όπλισμού. Όσο περισσότερο μέρος της επιφανείας των κινητών φύλλων μπαίνει ανάμεσα στα φύλλα του ακίνητου όπλισμού, τόσο περισσότερο μεγαλώνει η χωρητικότητα του μεταβλητού πυκνωτή.



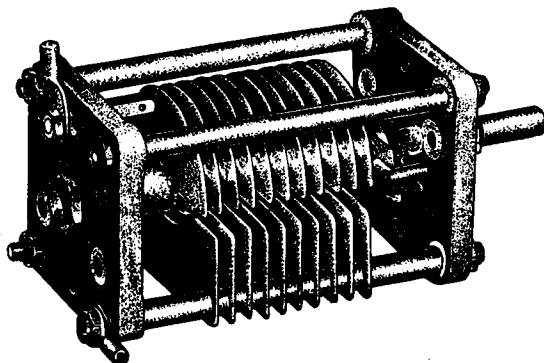
Σχ. 20·4β.

Πυκνωτής με μεγάλη χωρητικότητα σχηματίζεται με δύο μεταλλικές ταινίες που μονώνονται μεταξύ τους με δύο φύλλα παραφινωμένου χαρτιού και κατόπιν τυλίγονται έτσι, ώστε να σχηματισθῇ ένας ρόλος που είναι είτε κυλινδρικός είτε πλατυσμένος (σχ. 20·4 δ). Ο ρόλος αυτός τοποθετείται μέσα σ' ένα μικρό μεταλλικό κουτί, που κλείνεται έπειτα με πίσσα ή ανάλογη ουσία,

που ἐμποδίζει νὰ μπαίνει μέσα ἡ ὑγρασία (σχ. 20·4 ε).

Μεγάλη χωρητικότητα, μὲ σχετικὰ μικρὸ ὄγκο, ἔχουν οἱ λεγόμενοι *ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτές*. Ἐπιτυγχάνομε τὴ μεγάλη αὐτὴ χωρητικότητα διότι τὸ διηλεκτρικὸ τους, δηλαδὴ τὸ μονωτικὸ στρώμα ποὺ παρεμβάλλεται ἀνάμεσα στοὺς ὀπλισμούς, εἶναι λεπτότατο, ὥστε οἱ ὀπλισμοὶ νὰ εἶναι πάρα πολὺ κοντὰ ὁ ἓνας πρὸς τὸν ἄλλο.

Οἱ ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτές ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο φύλλα ἀλουμίνιου ποὺ βρίσκονται μέσα σὲ κατάλληλο ὑγρὸ διάλυμα. Ἄν τὸ ἓνα φύλλο συνδεθῇ μὲ τὸν θετικὸ πόλο μιᾶς πηγῆς καὶ τὸ ἄλλο



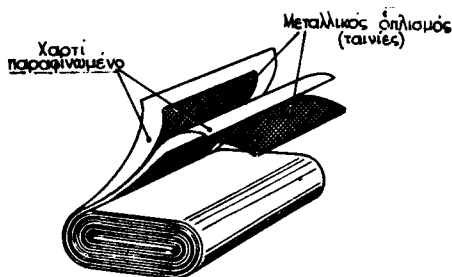
Σχ. 20·4 γ.

μὲ τὸν ἀρνητικὸ της, στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἑνὸς φύλλου σχηματίζεται, μὲ ἠλεκτρόλυση, ἓνα στρώμα ἀλάτων τοῦ ἀλουμινίου, ποὺ ἔχει πάχος μερικὰ χιλιοστὰ τοῦ χιλιοστοῦ καὶ ποὺ εἶναι μονωτικό. Ὁ ἓνας ὀπλισμὸς λοιπὸν τοῦ πυκνωτῆ εἶναι τὸ φύλλο τοῦ ἀλουμινίου ποὺ ἐπάνω του σχηματίζεται τὸ στρώμα τῶν ἀλάτων, τὸ διηλεκτρικὸ του εἶναι τὸ στρώμα αὐτὸ τῶν ἀλάτων καὶ ὁ ἄλλος ὀπλισμὸς του τὸ διάλυμα ποὺ περιβάλλει τὸ φύλλο.

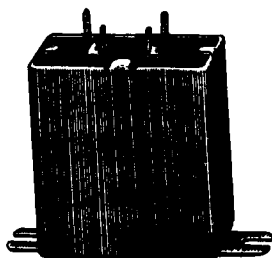
Τέτοιοι ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτές λέγονται *ὕγραοί*. Αὐτοὶ ἔχουν συνήθως κυλινδρικό σχῆμα καὶ πρέπει νὰ τοποθετοῦνται ἔτσι, ὥστε ὁ ἄξονάς τους νὰ εἶναι κατακόρυφος.

Κατασκευάζονται ὁμως καὶ ξηροὶ ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτές. Σ' αὐτούς, ἀνάμεσα στὰ δύο ἀλουμινένια φύλλα μεσολαθεῖ ἓνα στρώμα ἀπὸ ἀπορροφητικὸ χαρτὶ ἢ ὑφασμα ἢ ξύλο. Τὸ στρώμα αὐτὸ ἐμποτίζεται ἀπὸ τὸ ὑγρὸ διάλυμα. Οἱ ξηροὶ ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτὲς ἐπιτρέπεται νὰ ἔχουν ὁποιαδήποτε θέση.

Πρέπει ὁμως νὰ προσέχουμε πῶς θὰ συνδέσουμε ἠλεκτρολυτικούς πυκνωτὲς στὰ ἠλεκτρικὰ κυκλώματα, γιὰ τὸ φύλλο τοῦ ἀλουμίνιου, ἐπάνω στὸ ὁποῖο σχηματίζεται τὸ μονωτικὸ στρώμα, πρέπει νὰ συνδέεται μὲ τὸν θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς καὶ τὸ ἄλλο μὲ τὸν ἀρνητικόν.



Σχ. 20·4 δ.



Σχ. 20·4 ε.

Γι' αὐτὸ τὸν λόγο οἱ κατασκευαστὲς τῶν ἠλεκτρολυτικῶν πυκνωτῶν σημειώνουν τὸν ἀκροδέκτη πού πρέπει νὰ συνδέεται μὲ τὸν θετικὸ πόλο τοῦ κυκλώματος μὲ τὰ γράμματα Plus ἢ Positive ἢ μὲ τὸ σημεῖο + ἢ μὲ κόκκινο χρωματισμό. Ἄν ἓνας ἠλεκτρολυτικὸς πυκνωτὴς συνδεθῇ στὸ κύκλωμα ἐσφαλμένα, ὅχι μόνον θὰ καταστραφῇ ἀλλὰ καὶ θὰ προκαλέσῃ βραχυκύκλωμα ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι δυνατόν νὰ καταστραφοῦν ἄλλα ὄργανα τοῦ κυκλώματος.

Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸν συνηθισμένοι ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτὲς δὲν μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν σὲ κυκλώματα ἐναλλασσομένου ρεύματος.

20·5 'Ανακεφαλαίωση.

α) 'Ο συμπυκνωτής αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες (όπλισμούς), που χωρίζονται από ένα μονωτικό σῶμα (διηλεκτρικό).

β) Κάθε συμπυκνωτής έχει μιὰ δρισμένη χωρητικότητα, που εξαρτάται από τὴν ἐπιφάνεια τῶν ὀπλισμῶν, ἀπὸ τὴν ἀπόσταση που ὑπάρχει ἀνάμεσά τους καθὼς καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ διηλεκτρικοῦ.

γ) 'Η χωρητικότητα μετρίεται σὲ μονάδες που λέγονται φαραντ. Σὲ μεγάλη χρήση εἶναι τὰ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδας αὐτῆς μικροφαραντ καὶ πικοφαραντ.

δ) 'Όταν οἱ ὀπλισμοὶ ἐνὸς συμπυκνωτῆ ἐνωθοῦν μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, ὁ συμπυκνωτής φορτίζεται· δηλαδὴ θετικὰ ἢ ηλεκτρικὰ φορτία συσσωρεύονται στὸν ἓνα τοῦ ὀπλισμοῦ καὶ ἀρνητικὰ στὸν ἄλλον. Τὸ ποσὸ αὐτὸ τῶν ἢλεκτρικῶν φορτίων εἶναι ἀνάλογο μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς καὶ τὴν χωρητικότητα τοῦ συμπυκνωτῆ.

ε) 'Όταν φορτίζουμε μὲ τάση 1 V ἓναν πυκνωτὴ που ἔχει χωρητικότητα 1 F, σὲ κάθε ὀπλισμὸ του μαζεῦνται φορτία 1 coul. 'Αν ὁ πυκνωτὴς ἔχη χωρητικότητα 1 μF, τότε μὲ τὴν ἴδια τάση ἀναπτύσσονται στοὺς ὀπλισμοὺς του φορτία 1 μcoul.

ζ) Γιὰ νὰ φορτισθῇ ὁ πυκνωτής, καὶ ἔως ὅτου συμπληρωθῇ ἡ φόρτισή του, ἡ πηγὴ προκαλεῖ ἓνα ἢλεκτρικὸ ρεῦμα που διευθύνεται ἀπὸ τὸν ἓνα ὀπλισμὸ πρὸς τὸν ἄλλο, περνώντας μέσα ἀπὸ τὴν πηγὴ. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ διαρκεῖ πολὺ λίγο καὶ κατόπιν σταματᾷ. 'Ο πυκνωτής ἐμποδίζει τὸ συνεχὲς ρεῦμα.

η) 'Η τάση μὲ τὴν ὁποία θὰ λειτουργῇ ἓνας συμπυκνωτής δὲν πρέπει ποτὲ νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ ὅση πρόβλεψε ὁ κατασκευαστὴς του, γιὰτὶ ἀλλοιῶτικα ὑπάρχει κίνδυνος νὰ κατα-

στραφή τὸ διηλεκτρικὸ του καὶ νὰ βραχυκυκλωθοῦν οἱ ὀπλισμοί του.

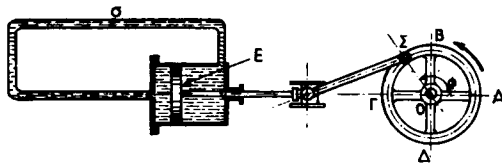
θ) Μεγάλη χωρητικότητα, σὲ μικρὸ ὄγκο, ἔχουν οἱ ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτές. Ὑπάρχουν ὑγροὶ καὶ ξηροὶ ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωτές.

ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

21.1 Ἐναλλασσόμενο ρεῦμα νεροῦ.

Στὸ πέμπτο Κεφάλαιο αὐτοῦ τοῦ βιβλίου εἶδαμε ὅτι τὸ συνεχές ἠλεκτρικὸ ρεῦμα εἶναι μετακίνηση ἠλεκτρονίων μέσα σὲ ἓναν ἄγωγὸ μὲ σταθερὴ ταχύτητα καὶ τὸ παρομοιάσαμε μὲ τὴν κίνηση τοῦ νεροῦ ποὺ προκαλεῖ ἡ φυγοκεντρικὴ ἀντλία Α στὸν σωλήνα σ τοῦ σχήματος 4.3 β.

Ἄν ὅμως χρησιμοποιηθῇ ὄχι φυγοκεντρικὴ ἀλλὰ ἐμβολοφόρος ἀντλία, ἡ κίνηση τοῦ νεροῦ μπορεῖ νὰ εἶναι πολὺ διαφορετικὴ. Ἀπὸ τὸ σχῆμα 21.1 α γίνεται φανερό πὼς ὅταν τὸ στρόφα-



Σχ. 21.1 α.

λο Σ περιστρέφεται ἀπὸ τὸ σημεῖο Α τῆς διαδρομῆς του πρὸς τὸ σημεῖο Γ, τὸ ἔμβολο Ε, πηγαίνοντας πρὸς τ' ἀριστερά, μετακινεῖ τὸ νερὸ στὸν σωλήνα σ ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιὰ. Ὄταν τὸ στρόφαλο Σ συνεχίῃ τὴν περιστροφή του ἀπὸ τὸ Γ πρὸς τὸ σημεῖο Α, τὸ ἔμβολο Ε, πηγαίνοντας πρὸς τὰ δεξιὰ, ἀναγκάζει τὸ νερὸ στὸ σωλήνα σ νὰ κινηθῇ ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά.

Ὅσο ὁ τροχός, στὸν ὁποῖο στερεώνεται τὸ στρόφαλο Σ, περιστρέφεται μὲ σταθερὴ ταχύτητα, τὸ νερὸ θὰ πηγαينوέρχεται μέσα στὸν σωλήνα σ, μὲ μεταβλητὴ ὅμως ταχύτητα, ὅπως θὰ δοῦμε.

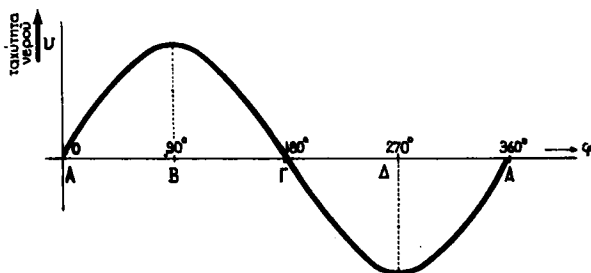
Φανερό εἶναι πὼς ὅταν τὸ στρόφαλο περνᾷ ἀπὸ τὸ σημεῖο Α, ἢ ἀπὸ τὸ σημεῖο Γ, δηλαδὴ ὅταν τὸ ἔμβολο τῆς ἀντλίας βρίσκεται

στο έπάνω ή στο κάτω νεκρό σημείο τής διαδρομής του, ή ταχύτητα του νερού στο σωλήνα σ είναι μηδενική.

Όταν το στρόφαλο περάσει από το σημείο Α και πλησιάζει προς το σημείο Β (δηλαδή όταν ή γωνία φ, που σχηματίζει ή ακτίνα ΟΣ με τον άξονα τής άντλίας, αυξάνει από το μηδέν και πλησιάζει τις 90°), ή ταχύτητα του νερού στον σωλήνα αυξάνει. Η ταχύτητα αυτή του νερού γίνεται μεγίστη όταν το στρόφαλο βρίσκεται κοντά στο σημείο Β. Κατόπιν, όταν συνεχίζεται ή περιστροφή και το στρόφαλο πλησιάζει προς το σημείο Γ (δηλαδή ή γωνία φ πλησιάζει τις 180°), ή ταχύτητα του νερού ολοένα μικραίνει. Η ταχύτητα μηδενίζεται, όπως είπαμε, την στιγμή που το έμβολο περνά από το σημείο Γ.

Όταν το στρόφαλο ξεπεράσει το σημείο Γ, το νερό στον σωλήνα αρχίζει να κινείται αντίθετα από πριν. Η ταχύτητά του τώρα γίνεται μεγίστη όταν το στρόφαλο πλησιάζει το σημείο Δ (ή γωνία φ πλησιάζει τις 270°), και μηδενίζεται όταν το στρόφαλο φθάσει στο σημείο Α (ή γωνία φ γίνει 360°).

Αν χαράξουμε σε ένα διάγραμμα την ταχύτητα που έχει κάθε στιγμή το νερό στον σωλήνα σ σχετικά με την θέση του στροφάλου Σ, και λογαριάσουμε θετικές τις ταχύτητες του νερού όταν κινείται από τα άριστερά προς τα δεξιά και άρνητικές όταν κινείται από τα δεξιά προς τα άριστερά, θα γράψουμε μιὰ καμπύλη γραμμή, που θα μοιάζει με την καμπύλη του σχήματος 21·1 β.



Σχ. 21·1 β.

Ἡ κίνηση τοῦ νεροῦ στὸν σωλήνα σ δὲν εἶναι *συνεχής*, εἶναι *ἐναλλασσομένη*.

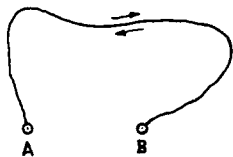
Σὲ κάθε στροφὴ τοῦ στροφάλου ἐπαναλαμβάνονται οἱ ἴδιες μεταβολές τῆς ταχύτητας τοῦ νεροῦ. Σὲ κάθε στροφή συμπληρώνεται μίᾱ περίοδος τῶν μεταβολῶν τῆς ταχύτητας.

Ὀνομάζουμε ἐπίσης περίοδο τῆς κινήσεως τοῦ νεροῦ, τὸ χρονικὸ διάστημα ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ συμπληρώσῃ ἡ ταχύτητα τοῦ νεροῦ ἓνα ὁλόκληρο κύκλο μεταβολῶν, δηλαδὴ γιὰ νὰ διαγράψῃ τὸ στρόφαλο Σ μίᾱ ὁλόκληρη περιστροφή.

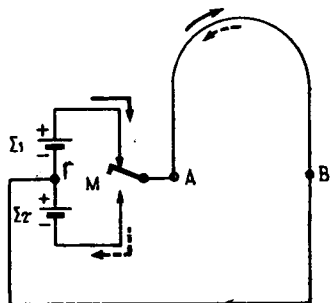
Ἄν π.χ. τὸ στρόφαλο περιστρέφεται μὲ 240 στροφές στὸ πρῶτο λεπτό, δηλαδὴ μὲ 4 στροφές στὸ δευτερόλεπτο, αὐτὸ σημαίνει πὼς γιὰ μίᾱ ὁλόκληρη περιστροφή χρειάζεται $1/4$ τοῦ δευτερολέπτου. Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως τοῦ νεροῦ εἶναι τότε $1/4$ sec, δηλαδὴ 0,25 sec.

21·2 Ἐναλλασσόμενο ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

Εἶναι δυνατὸ (καὶ θὰ δοῦμε ἀργότερα μὲ ποῖο τρόπο) ἡλεκτρόνια νὰ κινοῦνται μέσα σὲ ἓναν ἄγωγὸ μὲ τὸν τρόπο ποὺ κινοῦν-



Σχ. 21·2 α.



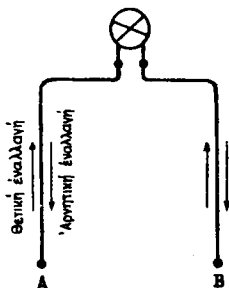
Σχ. 21·2 β.

ται τὰ μέρη τοῦ νεροῦ στὸν σωλήνα σ τοῦ σχήματος 21·1 α. Ἄν π.χ. μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ τοῦ σχήματος 21·2 α κινοῦνται ἡλεκτρόνια ἀπὸ τὸ Α πρὸς τὸ Β, κατόπιν ἀπὸ τὸ Β πρὸς τὸ Α, κατόπιν

πάλι από το Α προς το Β κ.ο.κ., τότε λέμε ότι μέσα από τον άγωγο αυτόν περνά *έναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα*.

Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε με την διάταξη που δείχνει το σχήμα 21·2 β, που αποτελείται από δύο συστοιχίες Σ_1 και Σ_2 , ένωμένες σε σειρά, και τον μεταγωγικό διακόπτη Μ. Όταν ο διακόπτης Μ είναι προς τα επάνω, δηλαδή στην θέση που δείχνει το σχήμα, στο κύκλωμα βρίσκεται μόνο η συστοιχία Σ_1 . Το ρεύμα που προκαλεί η Σ_1 περνά μέσα από τον άγωγο ΑΒ με διεύθυνση από το Α προς το Β. Όταν όμως μετακινήσουμε τον διακόπτη προς τα κάτω, αποσυνδέουμε την συστοιχία Σ_1 και συνδέουμε την Σ_2 . Το ρεύμα που προκαλεί αυτή περνά μέσα από τον άγωγο, με διεύθυνση από το Β προς το Α. Αν συνεχώς μετακινούμε τον διακόπτη τότε προς τα επάνω και τότε προς τα κάτω, θα δημιουργήσουμε έναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα μέσα στον άγωγο ΑΒ.

Αν στον άγωγο αυτόν συνδέσουμε μια κατάλληλη λυχνία (σχ. 21·2 γ), θα παρατηρήσουμε πώς η λυχνία αναβοσβύνει συνεχώς, εκτός αν οι αλλαγές της διεύθυνσεως των ηλεκτρονίων άκο-



Σχ. 21·2 γ.

λουθούν πολύ γρήγορα ή μια την άλλη, όποτε το μάτι μας δέν μπορεί πιά να παρακολουθήση το αναβοσβύσμα της λυχνίας, ή όποια έτσι φαίνεται σαν να είναι συνεχώς αναμμένη. Υπάρχουν

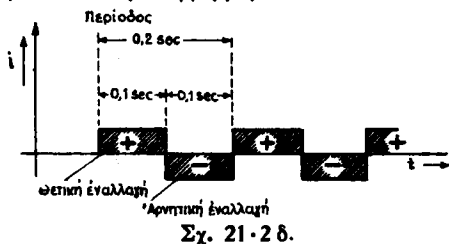
ὅπως ἡλεκτρικὰ ὄργανα μὲ τὰ ὅποια μποροῦμε νὰ διαπιστώσωμε καὶ στὴν περίπτωση αὐτῇ ὅτι πράγματι μεταβάλλεται ἡ κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων καὶ νὰ παρακολουθήσωμε τὶς μεταβολὲς ποὺ παθαίνει τὸ ρεῦμα.

Θετικὴ ἐναλλαγή ἢ **θετικὴ ἡμιπερίοδος** τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος ὀνομάζεται ἡ κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων μέσα στὸν ἄγωγὸ πρὸς μιὰ διεύθυνση (π.χ., ἀπὸ τὸ Α πρὸς τὸ Β), ἀπὸ τὴν στιγμή ποὺ ἀρχίζει ἡ κίνηση αὐτὴ ἕως ὅτου σταματήσει. Ἀρνητικὴ ἐναλλαγή ἢ ἀρνητικὴ ἡμιπερίοδος εἶναι ἡ κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων μέσα στὸν ἄγωγὸ κατὰ τὴν ἀντίθετη διεύθυνση, φυσικὰ πάλι ἀπὸ τὴν στιγμή ποὺ ἀρχίζει ἡ κίνηση ἕως ὅτου σταματήσει.

Δύο διαδοχικὲς ἐναλλαγές, δηλαδὴ μία θετικὴ μαζὶ μὲ τὴν ἀρνητικὴ ποὺ ἀκολουθεῖ, ἀποτελοῦν μία περίοδο τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

Σὲ μερικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα κάθε περίοδος διαρκεῖ πολὺ, δηλαδὴ ἀλλάζει ἡ διεύθυνση τῶν ἡλεκτρονίων λίγες φορὲς μέσα σὲ ἓνα δευτερόλεπτο. Σὲ ἄλλα ὅμως ἐναλλασσόμενα ρεύματα κάθε περίοδος διαρκεῖ ἐλάχιστα καὶ ἔτσι μέσα σὲ ἓνα δευτερόλεπτο ἀλλάζει πάρα πολλὰς φορὲς ἡ διεύθυνση ροῆς τῶν ἡλεκτρονίων.

Ἄν π.χ. μετακινούμε γρήγορα τὸν διακόπτη τοῦ σχήματος



21·2 β, ἀφήνοντάς τον 1/10 τοῦ δευτερολέπτου σὲ κάθε θέση, τότε τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸν ἄγωγὸ ΑΒ θὰ διευθύνεται 0,1 sec ἀπὸ τὸ Α πρὸς τὸ Β καὶ 0,1 sec ἀπὸ τὸ Β πρὸς τὸ Α κ.ο.κ.

Τις μεταβολές του ρεύματος αυτού δείχνει γραφικά το σχήμα 21·2 δ.

Ἡ περίοδος αὐτοῦ τοῦ ρεύματος διαρκεῖ 0,2 sec, ἀφοῦ κάθε έναλλαγή του διαρκεῖ 0,1 sec.

Εὐκόλα βρίσκουμε τὴν ταχύτητα μετὰ τὴν ὁποία μεταβάλλεται τὸ έναλλασσόμενο αὐτὸ ρεῦμα, δηλαδὴ πόσες περιόδους κάνει σὲ 1 sec :

Ἀφοῦ χρειάζεται 0,2 sec γιὰ 1 περίοδο, σὲ 1 sec κάνει :

$$\frac{1}{0,2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ περιόδους.}$$

Ὀνομάζουμε *συχνότητα* ἑνὸς έναλλασσομένου ρεύματος τὸ πλῆθος τῶν περιόδων ποὺ κάνει σὲ ἓνα δευτερόλεπτο. Γιὰ νὰ μετροῦμε τὴ συχνότητα χρησιμοποιοῦμε τὴ μονάδα *χέρτς* (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ γερμανοῦ φυσικοῦ Ἑρρίκου-Ροδόλφου Hertz 1857-1894). Σὺμβολο τῆς μονάδας *χέρτς* εἶναι τὸ Hz.

Ἐνα έναλλασσόμενο ρεῦμα ἔχει *συχνότητα 1 Hz* διὰ τὴν περίοδός του *διαρκῇ 1 sec*.

Ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος, ποὺ δείχνει τὸ σχήμα 21·2 δ, εἶναι 5 περίοδοι σὲ δευτερόλεπτο, δηλαδὴ, 5 Hz.

Τὸ βιομηχανικὸ ρεῦμα, δηλαδὴ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ χρησιμοποιεῖται γιὰ φωτισμὸ καὶ γιὰ κίνηση, ἔχει, σχεδὸν πάντοτε στὴν Εὐρώπη, συχνότητα 50 Hz. Αὐτὸ σημαίνει πὼς σὲ κάθε δευτερόλεπτο γίνονται 50 περίοδοι, δηλαδὴ 100 έναλλαγές. Κάθε περίοδος τοῦ ρεύματος αὐτοῦ διαρκεῖ $\frac{1}{50} \text{ sec} = 0,02 \text{ sec} = 20 \text{ m sec}$.

Στὴν Ἀμερική, τὸ βιομηχανικὸ ρεῦμα ἔχει συχνότητα 60 Hz, δηλαδὴ κάθε δευτερόλεπτο γίνονται 60 περίοδοι (120 έναλλαγές). Κάθε περίοδος διαρκεῖ $\frac{1}{60} \text{ sec} = 0,0167 \text{ sec} = 16,7 \text{ m sec}$.

Στις τηλεφωνικὲς ἐγκαταστάσεις, τὰ ρεύματα ποὺ χρησι-

μεύουν γιὰ τὴν μεταφορὰ τῆς ἀνθρώπινης φωνῆς εἶναι ἐναλλασσόμενα μὲ συχνότητα ἀπὸ 300 Hz ἕως 3 400 Hz περίπου.

Ὁ ἀσύρματος καὶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιοῦν ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἀκόμη μεγαλύτερης συχνότητος.

Τὰ ρεύματα π.χ. ποὺ ἀναπτύσσονται στὴν κεραία ἐνὸς ραδιοφώνου μεσαίων κυμάτων ἔχουν συχνότητες ἀπὸ 200 000 Hz μέχρι 2 000 000 Hz περίπου, καὶ σὲ ραδιοφῶνο βραχέων κυμάτων ἔχουν συχνότητα ποὺ φθάνει σὲ πολλὰ ἑκατομμύρια περιόδους στὸ δευτερόλεπτο.

Γιὰ νὰ μὴ γράφωμε μεγάλους ἀριθμοὺς χρησιμοποιοῦμε πολὺ καὶ τὰ ἐξῆς πολλαπλάσια τῆς μονάδας Hz.

α) Τὸ *κιλοχέρτς* ἢ *χιλιοχέρτς* (kHz):

$$1 \text{ kHz} = 1\,000 \text{ Hz.}$$

β) Τὸ *μεγαχέρτς* ἢ *μεγαγαχέρτς* (MHz):

$$1 \text{ MHz} = 1\,000 \text{ kHz} = 1\,000\,000 \text{ Hz.}$$

Σὲ πολλὰς χώρες, ἰδίως στὴν Ἀμερικὴ καὶ στὴν Ἀγγλία, δὲν χρησιμοποιοῦν τὴν μονάδα Hz, ἀλλὰ μεταχειρίζονται τὴν ἔκφραση: *περίοδοι ἀνὰ δευτερόλεπτο* ἢ *κύκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτο* (σύμβολο c/s). Γιὰ νὰ μετροῦν μεγαλύτερες συχνότητες χρησιμοποιοῦν τὰ πολλαπλάσια: *χιλιόκυκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτο* (kc/s) καὶ *μεγάκυκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτο* (Mc/s).

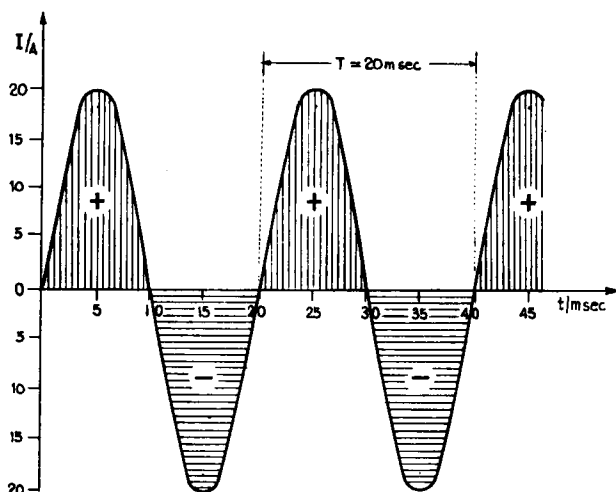
$$1 \text{ kc/s} = 1\,000 \text{ c/s} = 1 \text{ kHz}$$

$$1 \text{ Mc/s} = 1\,000\,000 \text{ c/s} = 1 \text{ MHz.}$$

Ὑπάρχουν πολλῶν εἰδῶν ἐναλλασσόμενα ρεύματα, ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο μεταβάλλεται χρονικὰ ἡ ἔντασή τους, δηλαδὴ ἡ ταχύτητα τῶν ἡλεκτρονίων. Ἀπὸ ὅλες ὁμως τίς μορφές τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων, περισσότερο ἐνδιαφέρον ἔχει τὸ *ἡμιτονοειδές* ρεῦμα, γιὰτὶ τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ φωτισμὸ καὶ γιὰ κίνηση, δηλαδὴ ἐκεῖνα ποὺ βρίσκουν πάρα πολὺ μεγάλη ἐφαρμογὴ στὴν πράξη, εἶναι, μὲ μεγάλη προσέγγιση, ἡμιτονοειδή.

Ἡ ἔνταση ἑνὸς ἡμιτονοειδοῦς ρεύματος μεταβάλλεται ὅπως δείχνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 21·2 ε, δηλαδή :

Ὅταν ἀρχίζουν τὰ ἡλεκτρόνια νὰ κινοῦνται πρὸς μίαν διεύθυνση, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος αὐξάνει συνεχῶς, μέχρις ὅτου ὕστερα ἀπὸ ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου φθάσῃ σὲ μιὰ μεγίστη τιμή, ὅπως δείχνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 21·2 ε, ὅπου στὸ διά-



Σχ. 21·2 ε.

στημα ἀπὸ 0 ἕως 5 msec ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος αὐξάνει συνεχῶς ἀπὸ 0 ἕως 20 A.

Κατόπιν ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται συνεχῶς καὶ ὕστερα ἀπὸ ἄλλο ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου μηδενίζεται, ὅπως δείχνει ἡ καμπύλη, ὅπου στὸ διάστημα ἀπὸ 5 msec ἕως 10 msec ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται συνεχῶς ἀπὸ 20 A ἕως 0.

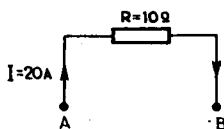
Κατόπιν ἀρχίζει ἡ ἀρνητικὴ ἐναλλαγή: τὰ ἡλεκτρόνια ἀρχίζουν νὰ κινοῦνται πρὸς τὴν ἀντίθετη διεύθυνση, μὲ ἔνταση ποὺ στὴν ἀρχὴ εἶναι μηδενικὴ κι' ἔπειτα μεγαλώνει συνεχῶς γιὰ ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου (ἀπὸ 10 msec ἕως 15 msec στὴν περίπτω-

ση τοῦ σχήματος) καὶ κατόπιν ἐλαττώνεται συνεχῶς μέχρις ὅτου μηδενισθῇ μετὰ ἓνα ἄλλο τέταρτο τῆς περιόδου (στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος ἀπὸ 15 msec ἕως 20 msec). Στὶς ἐπόμενες περιόδους ἐπαναλαμβάνονται οἱ ἴδιες μεταβολές τοῦ ρεύματος.

Τὶς ἐντάσεις ποὺ ἔχει τὸ ρεῦμα κατὰ τὴν μιὰ ἐναλλαγή τὶς παριστάνομε μὲ θετικούς ἀριθμούς, ἐνῶ τὶς ἐντάσεις ποὺ ἔχει κατὰ τὴν ἀντίθετη ἐναλλαγή τὶς παριστάνομε μὲ ἀρνητικούς ἀριθμούς. Ἡ μεγίστη τιμὴ ποὺ παίρνει ἡ ἔνταση κατὰ τὴν μιὰ ἐναλλαγή, εἶναι, ἂν δὲν λάβωμε ὑπ' ὄψην τὸ θετικὸ ἢ ἀρνητικὸ σημεῖο, ἴση μὲ τὴν μεγίστη τιμὴ ποὺ παίρνει κατὰ τὴν ἐπόμενη ἐναλλαγή.

Στὸν παρακάτω Πίνακα 5, εἶναι γραμμένες οἱ στιγμιαῖες τιμὲς τὶς ὁποῖες παίρνει ἡ ἔνταση τοῦ ἡμιτονοειδοῦς ρεύματος ποὺ παριστάνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 21·2 ε, δηλαδὴ ἐνὸς ρεύματος, ποὺ ἡ μεγίστη τιμὴ του εἶναι 20 A καὶ ἡ συχνότητά του 50 Hz, δηλαδὴ ἡ περίοδός του, διαρκεῖ :

$$T = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0,02 \text{ sec} = 20 \text{ msec.}$$



Σχ. 21·2 ζ.

Ξέρομε πὼς ὅταν ἀπὸ ἓνα ὠμικὸ καταναλωτὴ (π.χ. τὴν ἀντίσταση μιᾶς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας) περνᾷ συνεχὲς ρεῦμα, ὁ καταναλωτὴς θερμαίνεται, μετατρέποντας τὴν ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια σὲ θερμότητα. Ἄν π.χ. ἡ ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ τοῦ σχήματος 21·2 ζ εἶναι 10 Ω καὶ περνᾷ ἀπ' αὐτὸν συνεχὲς ρεῦμα 20 A, ἡ πτώση τῆς τάσεως στὸν καταναλωτὴ εἶναι :

$$10 \text{ A} \cdot 20 \text{ A} = 200 \text{ V}$$

καὶ ἡ ἰσχύς ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμότητα εἶναι :

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Έναλλαγή	Τέταρτο περίοδου	Φασική γωνία	Χρόνος (m sec)	Ένταση ('Αμπέρ)	Έναλλαγή	Τέταρτο περίοδου	Φασική γωνία	Χρόνος (m sec)	Ένταση ('Αμπέρ)
Θ ε τ ι κ ή	Π ρ ώ τ ο	0°	0	0	Α ρ ν η τ ι κ ή	Τ ρ ί τ ο	180°	10	0
		18°	1	+ 6,18			198°	11	— 6,18
		36°	2	+ 11,76			216°	12	— 11,76
		54°	3	+ 16,18			234°	13	— 16,18
		72°	4	+ 19,02			252°	14	— 19,02
	Δ ε ύ τ ε ρ ο	90°	5	+ 20,00		Τ έ τ α ρ τ ο	270°	15	— 20,00
		108°	6	+ 19,02			288°	16	— 19,02
		126°	7	+ 16,18			306°	17	— 16,18
		144°	8	+ 11,76			324°	18	— 11,76
		162°	9	+ 6,18			342°	19	— 6,18
		180°	10	0			360°	20	0

$$200 \text{ V} \cdot 20 \text{ A} = 4\,000 \text{ W} = 4 \text{ kW}.$$

Θερμότητα όμως παράγεται και όταν έναλλασσόμενο ρεύμα περνά από τον καταναλωτή, γιατί όπως ξέρομε (βλ. 14·1) ή θερμότητα είναι το αποτέλεσμα των συγκρούσεων των ηλεκτρονίων του ρεύματος επάνω στα άτομα του καταναλωτή. Έπομένως, όποια και αν είναι η διεύθυνση προς την οποία κινούνται τα ηλεκτρόνια, θα γίνονται συγκρούσεις με τα άτομα, έπομένως, θα παράγεται θερμότητα.

Αν όμως από τον καταναλωτή του σχήματος 21·2 ζ περάσει το ήμιτονοειδές ρεύμα του σχήματος 21·2 ε, πού η μέγιστη τιμή του είναι 20 A, θα παρατηρήσωμε ότι ο καταναλωτής θερμαίνεται πολύ λιγότερο από ότι με το συνεχές ρεύμα των 20 A. Και αυτό εξηγείται εύκολα, γιατί στο έναλλασσόμενο ρεύμα η έν-

ταση τῶν 20 A δὲν ἐμφανίζεται παρὰ μιὰ μόνο στιγμή σὲ κάθε ἡμιπερίοδο, ἐνῶ σὲ ὅλο τὸ ὑπόλοιπο διάστημα ἡ ἔνταση εἶναι μικρότερη.

Ἀποδεικνύεται πὼς μὲ τὸ ἡμιτονοειδὲς αὐτὸ ρεῦμα, ἡ ἰσχύς ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμότητα εἶναι ἀκριβῶς ἡ μισή. Ἐπομένως, στὸ πρῶτο πείραμα ποὺ ἐξετάζουμε 2 kW.

Ἡ θεωρία ἀποδεικνύει πὼς ἂν ἀπὸ τὸν καταναλωτὴ μας περάσει συνεχὲς ρεῦμα, ποὺ ἡ ἔντασή του εἶναι τὰ $\frac{707}{1\,000}$ τῆς μεγίστης τιμῆς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, αὐτὸ θὰ ἀναπτύσσει τὴν ἴδια θερμότητα ποὺ ἀναπτύσσει τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Πράγματι, ἂν ἡ ἔνταση τοῦ συνεχοῦς ρεύματος εἶναι :

$$0,707 \cdot 20 \text{ A} = 14,14 \text{ A},$$

ἡ πτώση τῆς τάσεως στὸν καταναλωτὴ εἶναι :

$$10 \, \Omega \cdot 14,14 \text{ A} = 141,4 \text{ V},$$

καὶ ἡ ἰσχύς ποὺ μετατρέπεται σὲ θερμότητα εἶναι :

$$141,4 \text{ V} \cdot 14,14 \text{ A} \approx 2\,000 \text{ W} = 2 \text{ kW}.$$

Στὸ ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα ὀνομάζουμε *ἐνδεικνυμένη τιμὴ* τῆς ἐντάσεώς του τὰ $\frac{707}{1\,000}$ τῆς μεγίστης τιμῆς ποὺ ἔχει ἡ ἔνταση αὐτή.

Ὡστε, ἂν παραστήσωμε μὲ I τὴν ἐνδεικνυμένη τιμή, καὶ μὲ I_0 τὴν μεγίστη τιμή, θὰ ἔχωμε :

$$I = 0,707 \cdot I_0$$

(5)

Στὸ προηγούμενο παράδειγμα ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τοῦ ἡμιτονοειδοῦς ρεύματος ποὺ ἐξετάσαμε εἶναι 14,14 A.

Ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ ἐνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι σπουδαῖο μέγεθος, ἀφοῦ, ὅπως εἶδαμε, μᾶς δίνει ἀμέσως τὴν τιμὴ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος ποὺ προκαλεῖ τὰ ἴδια ἀκριβῶς θερμικὰ ἀποτελέσματα ὅπως καὶ τὸ ἐναλλασσόμενο. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ τὰ ἀμπερόμετρα τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι ἔτσι βαθμολο-

γυμνά, ώστε να μάς δείχνουν άμέσως όχι την μεγίστη, αλλά την ένδεικνυμένη τιμή του έναλλασσομένου ρεύματος.

Έτσι όταν σε ένα άμπερόμετρο διαβάζουμε 3 A ή 15 A ή 200 A κ.λ.π., θα ξέρουμε ότι οι ένδειξεις αυτές είναι οι ένδεικνυμένες τιμές των έναλλασσομένων ρευμάτων που μετρούμε.

Για τον λόγο αυτό επίσης, όταν λέμε ότι η ένταση ενός έναλλασσομένου ρεύματος είναι 4 A ή 10 A ή 200 A κ.λ.π., έννοούμε ότι η ένδεικνυμένη τιμή της έντάσεώς του είναι 4 A, 100 A, 200 A κ.λ.π.

Όταν ξέρουμε την ένδεικνυμένη τιμή του έναλλασσομένου ρεύματος, υπολογίζουμε την μεγίστη τιμή του από την σχέση (5), ή οποία, αν λυθῇ ως προς I_0 , γράφεται με την μορφή:

$$I_0 = \frac{1}{0,707} I \text{ ή}$$

$$\boxed{I_0 = 1,414 \cdot I = \sqrt{2} \cdot I} \quad (6)$$

Όποτε, η μεγίστη τιμή που έχει ήμιτονοειδές ρεύμα

$$\begin{aligned} 4 \text{ A, είναι: } & 1,414 \cdot 4 \text{ A} = 5,66 \text{ A,} \\ 10 \text{ A, } & \gg 1,414 \cdot 10 \text{ A} = 14,14 \text{ A,} \\ 200 \text{ A, } & \gg 1,414 \cdot 200 \text{ A} = 282,80 \text{ A.} \end{aligned}$$

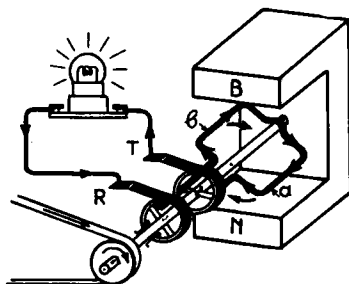
21.3 Έναλλασσόμενη τάση.

Για να περάσῃ έναλλασσόμενο ρεύμα από έναν καταναλωτή, πρέπει στα άκρα του καταναλωτῆ νὰ εφαρμοσθῇ τάση έναλλασσόμενη.

Έναλλασσόμενες τάσεις παράγουν ηλεκτρικὲς μηχανές, που λέγονται *έναλλακτῆρες* καὶ οἱ ὁποῖες περιγράφονται λεπτομερῶς σὲ ἄλλο βιβλίο τῆς Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη. Έναν πολὺ ἀπλὸν έναλλακτῆρα ἀποτελεῖ ἡ διάταξη τοῦ σχήματος 21.3 α. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πλαίσιο, ποὺ τὸ περιστρέφουμε μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο ποὺ ἀναπτύσσουν οἱ βόρειος μαγνητικὸς πόλος Β καὶ ὁ νότιος Ν ἐνὸς ἰσχυροῦ μαγνήτη. Κατὰ τὴν περιστροφή, οἱ ἀγωγοὶ

α καὶ β τοῦ πλαισίου κόβουν τὶς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου καὶ ἐπομένως ἀναπτύσσεται σ' αὐτοὺς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀπὸ ἐπαγωγῆς.

Ἡ ἀρχὴ καὶ τὸ τέλος τοῦ πλαισίου συνδέονται ἀγώγιμα μὲ δύο μεταλλικὰ δακτυλίδια, ποὺ εἶναι στερεωμένα ἐπάνω στὸν



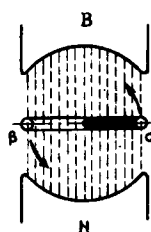
Σχ. 21·3 α.

ἄξονα στὸν ὁποῖο στερεώνεται καὶ τὸ πλαίσιο, καὶ περιστρέφονται μαζὺ μ' αὐτόν. Τὰ δακτυλίδια αὐτὰ εἶναι μονωμένα μεταξύ τους καθὼς καὶ ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου. Ἐπάνω τους ἀκουμποῦν δύο ἀκίνητες ψήκτρες, R καὶ T . Αὐτὲς εἶναι μεταλλικὰ ἐλάσματα ἢ μικρὰ πρίσματα ἀπὸ γραφίτη. Στὶς ψήκτρες καταλήγουν δύο σύρματα μὲ τὰ ὁποῖα μπορούμε τὴν τάση ποὺ ἀναπτύσσεται μέσα στὸ πλαίσιο νὰ τὴν ἐπιβάλλωμε σὲ ἕνα ἐξωτερικὸ κύκλωμα, ὅπως π.χ. στὴ λυχνία τοῦ σχήματος.

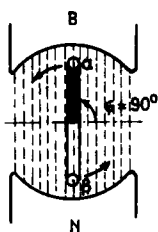
Ἄν περιστρέψωμε τὸ πλαίσιο μὲ σταθερὴ ταχύτητα, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ποὺ θὰ ἀναπτυχθῇ σ' αὐτὸ εἶναι ἐναλλασσόμενη καὶ μάλιστα ἡμιτονοειδής.

Πραγματικά, ὅταν τὸ πλαίσιο εἶναι στὴ θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 21·3 β, οἱ ἀγωγοὶ του κινοῦνται παράλληλα πρὸς τὶς μαγνητικὰς γραμμὰς καὶ, ἐπομένως, δὲν ἀναπτύσσεται σ' αὐτοὺς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ὅταν, ὅμως, ἔχη περιστραφῇ κατὰ γωνία 90° , δηλαδή, βρεθῇ στὴ θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 21·3 γ, οἱ ἀγω-

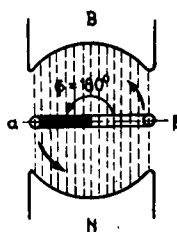
γολί του κινούνται κάθετα πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμὲς καί, ἐπομένως, σ' αὐτὸ ἀναπτύσσεται ἡ μεγίστη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγῆς. Ἐφ' ὅσον συνεχίζεται ἡ περιστροφή, οἱ ἄγωγοὶ κινούνται λοξὰ πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμὲς καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγῆς λιγοστεύει συνεχῶς. Μηδενίζεται δταν



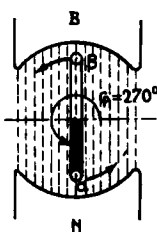
Σχ. 21.3β.



Σχ. 21.3γ.



Σχ. 21.3δ.

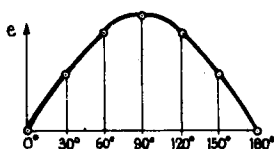


Σχ. 21.3ε.

βρεθῇ στὴν θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 21.3δ, γιατί τότε οἱ ἄγωγοὶ τοῦ πλαισίου κινούνται πάλι παράλληλα πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμὲς.

Στὸ διάστημα αὐτὸ ποὺ περιγράψαμε, τὸ πλαίσιο ἔχει περιστραφῇ κατὰ 180° (δηλαδή ἀπὸ τὴν θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 21.3β ἔφθασε στὴ θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 21.3δ). Στὸ διάστημα αὐτὸ ὁ ἄγωγος α τοῦ πλαισίου ἔκοβε τὶς μαγνητικὲς γραμμὲς ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερὰ καὶ ὁ ἄγωγος β ἀντίθετα. Ἐπομένως, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη, ποὺ σ' ὅλο τὸ διάστημα αὐτὸ παράγεται μέσα στὸ πλαίσιο, διατηρεῖ τὴν ἴδια διεύθυνση.

Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ποὺ προκαλεῖ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη, βγαίνει ἀπὸ τὴν ψήκτρα R καὶ ἐπιστρέφει ἀπὸ τὴν ψήκτρα T, ἀφοῦ περάσῃ ἀπὸ τὴν λυχνία τοῦ σχήματος 21.3α. Τὸ μέγεθος ὅμως τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς αὐτῆς δυνάμεως δὲν εἶναι σταθερό, ἀλλὰ μεταβάλλεται, ὅπως δείχνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 21.3ζ, ἀνάλογα μὲ τὴν θέση στὴν ὁποία βρίσκεται τὸ πλαίσιο μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίο.



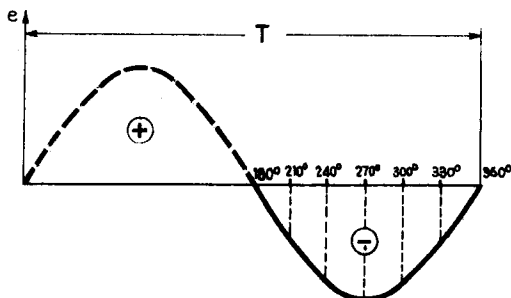
Σχ. 21·3 ε.

Ἐφόσον συνεχίζεται ἡ περιστροφή τοῦ πλαισίου, ἀρχίζει πάλι νὰ ἀναπτύσσεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη στοὺς ἀγωγούς. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμη αὐξάνει συνεχῶς καὶ γίνεται μεγίστη, ὅταν τὸ πλαίσιο ἔχη περιστροφή κατὰ 270° ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ θέση του, δηλαδή ὅταν βρίσκεται στὴν θέση ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 21·3 ε. Σ' αὐτὸ τὸ τμήμα ὅμως τῆς περιστροφῆς, οἱ ἀγωγοὶ τοῦ πλαισίου κινοῦνται, σχετικὰ μὲ τὶς μαγνητικὰς γραμμὰς, ἀντίθετα ἀπὸ πρὶν, δηλαδή ὁ ἀγωγὸς αὐτὸς ἀντίθετα. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ποὺ ἀναπτύσσεται τώρα στὸ πλαίσιο ἔχει, ἐπομένως, ἀντίθετη διεύθυνση ἀπὸ πρὶν καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα βγαίνει τώρα ἀπὸ τὴν ψήκτρα T καὶ ἐπιστρέφει ἀπὸ τὴν R. Γι' αὐτὸ τὸν λόγο, ἂν θεωρήσωμε θετικὴ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη κατὰ τὸ πρῶτο τμήμα τῆς περιστροφῆς (κατὰ τὸ ὁποῖο ἡ γωνία περιστροφῆς μεταβάλλεται ἀπὸ $0-180^\circ$), πρέπει κατὰ τὸ δεῦτερο τμήμα τῆς περιστροφῆς νὰ τὴν λογαριάσωμε γιὰ ἀρνητικὴ. Τὸ σχῆμα 21·3 η δείχνει τὴν μεταβολὴ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τοῦ πλαισίου κατὰ τὸ τμήμα αὐτὸ τῆς περιστροφῆς (γιὰ τὸ ὁποῖο ἡ γωνία φ μεταβάλλεται ἀπὸ 180° ἕως 360°).

Ὅταν λοιπὸν τὸ πλαίσιο περιστραφῇ κατὰ 360° , δηλαδή ὅταν συμπληρώσῃ μιὰ δολόκληρη στροφὴ, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη συμπληρώνει μιὰ δολόκληρη περίοδο. Στὸ τμήμα ἀπὸ 0 ἕως 180° τῆς περιστροφῆς ἀντιστοιχεῖ ἡ μία ἐναλλαγή, ἃς ποῦμε ἡ θετικὴ. Κατὰ τὴν ἐναλλαγὴ αὐτὴ ἡ ψήκτρα R ἀποτελεῖ τὸν θετικὸ πόλο τοῦ ἐναλλακτῆρα καὶ ἡ ψήκτρα T τὸν ἀρνητικόν.

Στὸ τμήμα 180° ἕως 360° τῆς περιστροφῆς ἀντιστοιχεῖ ἡ ἀρνητικὴ ἐναλλαγή, κατὰ τὴν ὁποία ἡ ψήκτρα R ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸ πόλο καὶ ἡ ψήκτρα T τὸν θετικόν.

Ἡ τάση λοιπόν, ποὺ ἀναπτύσσεται ὅπως εἶδαμε ἀπὸ ἐπαγω-



Σχ. 21·3 η.

γῇ μεταξὺ τῶν ψηκτρῶν R καὶ T, εἶναι ἐναλλασσόμενη. Συμπληρώνει μία περίοδο σὲ κάθε στροφή τοῦ πλαισίου. Ἡ *συχνότητα* τῆς ἐναλλασσόμενης αὐτῆς τάσεως, (δηλαδή τὸ πλῆθος τῶν περιόδων ποὺ κάνει μέσα σὲ ἓνα δευτερόλεπτο) εἶναι ἴση μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν στροφῶν τοῦ πλαισίου σὲ ἓνα δευτερόλεπτο.

Ἄν π.χ. τὸ πλαίσιο περιστρέφεται μὲ 3 000 στροφές ἀνὰ min, σὲ κάθε δευτερόλεπτο θὰ κάμῃ :

$$\frac{3\,000}{60} = 50 \text{ στροφές.}$$

Ἡ συχνότητα τῆς ἐναλλασσόμενης τάσεως εἶναι λοιπόν 50 Hz.

Καὶ στὴν ἐναλλασσόμενη τάση, ὅπως καὶ στὴν ἔνταση, μᾶς ἐνδιαφέρει ἡ ἐνδεικνυμένη τῆς τιμῇ καὶ μάλιστα περισσότερο ἀπὸ τὴν μεγίστη τιμῇ τῆς. Οἱ δύο αὐτὲς τιμὲς συνδέονται μεταξύ τους μὲ τὴν ἴδια σχέση μὲ τὴν ὁποία συνδέονται καὶ οἱ ἀντίστοιχες τιμὲς τῆς ἐντάσεως.

Ἄν, δηλαδή, παραστήσωμε μὲ U τὴν ἐνδεικνυμένη τιμῇ, καὶ μὲ U_0 τὴν μεγίστη τιμῇ τῆς τάσεως σὲ ἓνα ἡμιτονοειδὲς ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τότε εἶναι :

$$U = 0,707 \cdot U_0 \text{ και} \\ U_0 = 1,414 \cdot U = \sqrt{2} \cdot U.$$

Όταν λέμε ὅτι μία ἐναλλασσόμενη τάση εἶναι τόσα βόλτ, ἐννοοῦμε ὅτι ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς εἶναι τόση.

Όταν π.χ. λέμε ὅτι ἡ τάση τοῦ δικτύου φωτισμοῦ εἶναι 220 V ἐννοοῦμε ὅτι ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς εἶναι 220 V. Ἡ μέγιστη τιμὴ τῆς εἶναι:

$$U_0 = 1,414 \cdot 220 \text{ V} \simeq 311 \text{ V}.$$

Ἄν ἡ τάση ἐνὸς δικτύου ποὺ τροφοδοτεῖ ἠλεκτρικοὺς κινητῆρες εἶναι 380 V, αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ μέγιστη τιμὴ τῆς τάσεως ποὺ παρουσιάζεται σ' αὐτὸ τὸ δίκτυο εἶναι:

$$U_0 = 1,414 \cdot 380 \text{ V} \simeq 537 \text{ V}.$$

Τὰ συνηθισμένα βολτόμετρα τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι ἔτσι βαθμολογημένα, ὥστε νὰ δείχνουν ἀμέσως ὅχι τὴν μέγιστη, ἀλλὰ τὴν ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς τάσεως ποὺ μετροῦν.

21.4 Ἀνακεφαλαίωση.

α) Ἐναλλασσόμενο εἶναι ἐκεῖνο τὸ ρεῦμα ποὺ ἡ ἔντασή του μεταβάλλεται συνεχῶς καὶ ἡ διεύθυνσή του ἀντιστρέφεται.

β) Μία θετική ἐναλλαγή καὶ μαζί τῆς ἡ ἀρνητική ποὺ τὴν ἀκολουθεῖ, ἀποτελοῦν τὴν περίοδο τοῦ ρεύματος.

γ) Συχνότητα εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν περιόδων ποὺ γίνονται σὲ ἓνα δευτερόλεπτο.

δ) Μονάδες τῆς συχνότητας εἶναι τὸ χέρτς (Hz), δηλαδὴ οἱ περίοδοι ἀνὰ δευτερόλεπτο (c/s).

ε) Ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς ἐντάσεως ποὺ ἔχει ἓνα ἐναλλασσόμενο ρεῦμα εἶναι ἴση μὲ τὴν ἔνταση ἐνὸς συνεχοῦς ρεύματος ποὺ προκαλεῖ τὰ ἴδια θερμικὰ ἀποτελέσματα.

στ) Ἐναλλασσόμενα ρεύματα προκαλοῦν οἱ ἐναλλασσόμενες τάσεις.

ζ) Ἐναλλασσομένη τάση μπορεῖ νὰ ἀναπτυχθῇ μετὰ τὴν περιστροφὴ ἑνὸς πλαισίου μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο.

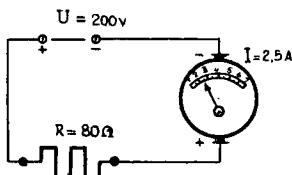
η) Ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς τάσεως (καθὼς καὶ τῆς ἐντάσεως) σὲ ἓνα ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, εἶναι 1,414 φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐνδεικνυμένη τιμή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22

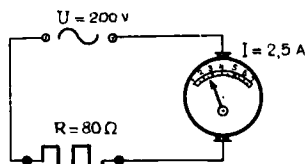
ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

22·1 Κύκλωμα με ωμικό καταναλωτή.

Αν σε μιὰ ωμική αντίσταση εφαρμόσουμε πρώτα μιὰ συνεχή τάση (σχ. 22·1α) και ύστερα μιὰ ἴση ἐναλλασσομένη τάση (σχ. 22·1β), δηλαδή μιὰ ἐναλλασσομένη τάση ποὺ ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν συνεχή τάση, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι



Σχ. 22·1 α.



Σχ. 22·1 β.

και στὶς δύο περιπτώσεις ἀπὸ τὸν καταναλωτὴ περνᾷ ρεῦμα τῆς ἴδιας ἐντάσεως. Ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι ὅση και ἡ ἔνταση τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.

Ἐπομένως, ὁ νόμος τοῦ Ὠμ ἐφαρμόζεται και στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα γιὰ τὶς ἐνδεικνυμένες τιμὲς τάσεως και ἐντάσεως, ὅταν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνη μόνο ὠμικὲς ἀντιστάσεις.

Αν π.χ. σὲ ὠμικὴ ἀντίσταση $80\ \Omega$ εφαρμόσωμε ἐναλλασσόμενη τάση μὲ ἐνδεικνυμένη τιμὴ 200 V , ἀπὸ τὴν ἀντίσταση θὰ περνᾷ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ποὺ ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ του θὰ εἶναι :

$$I = \frac{200\text{ V}}{80\ \Omega} = 2,5\text{ A}.$$

Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ ἰσχύει ὄχι μόνο γιὰ τὶς ἐνδεικνυμένες τιμὲς ἀλλὰ και γιὰ τὶς στιγμιαῖες. Τὴν στιγμὴ δηλαδή ποὺ μηδενίζεται ἡ τάση μηδενίζεται και ἡ ἔνταση. Ὄταν αὐξάνη ἡ τάση, αὐξάνει και ἡ ἔνταση. Τὴν στιγμὴ ποὺ ἡ τάση γίνεται μεγί-

στη, ή ένταση παίρνει την μεγίστη τιμή της. Όταν αλλάζει ή διεύθυνση της τάσεως, αλλάζει και ή διεύθυνση της έντάσεως κ.ο.κ.

Στην περίπτωση της αντίστασης του σχήματος 22·1 β, όταν ή στιγμιαία τιμή της τάσεως που εφαρμόζομε σ' αυτήν είναι 20 V, ή στιγμιαία τιμή της έντάσεως του ρεύματος είναι :

$$i_1 = \frac{20 \text{ V}}{80 \Omega} = 0,25 \text{ A.}$$

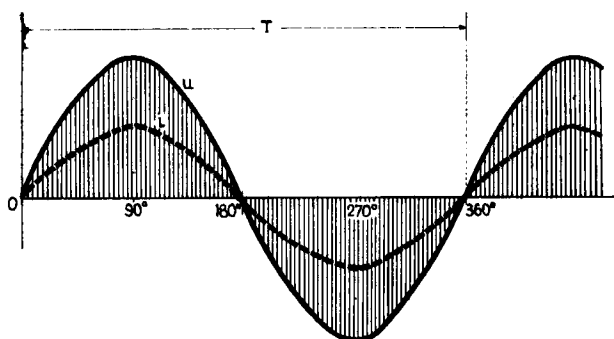
Όταν ή στιγμιαία τιμή της τάσεως γίνη 40 V, ή στιγμιαία τιμή της έντάσεως είναι :

$$i_2 = \frac{40 \text{ V}}{80 \Omega} = 0,5 \text{ A.}$$

Όταν ή στιγμιαία τιμή της τάσεως γίνη 100 V, ή στιγμιαία τιμή της έντάσεως θα είναι :

$$i_3 = \frac{100 \text{ V}}{80 \Omega} = 1,25 \text{ A} \quad \text{κ.ο.κ.}$$

Την σχέση αυτή που υπάρχει ανάμεσα στις στιγμιαίες τιμές τάσεως και έντάσεως, δείχνει το σχήμα 22·1 γ, όπου με συ-



Σχ. 22·1 γ.

νεχή γραμμή έχουν σχεδιασθή οι μεταβολές της τάσεως και με διακεκομμένη (κομματιαστή) της έντάσεως. Από το σχήμα αυτό

φαίνεται ότι οι μεταβολές της έντασης ακολουθούν αμέσως τις μεταβολές της τάσης.

Λέμε ότι στην περίπτωση αυτή η τάση και η ένταση βρίσκονται σε φάση.

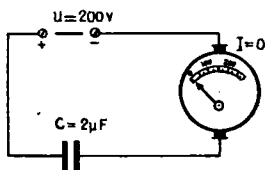
Η ένταση και η τάση βρίσκονται σε φάση, όταν ο καταναλωτής είναι ένα ή περισσότερα μεταλλικά σύρματα ή ηλεκτρικές λυχνίες ή ηλεκτρικοί βραστήρες ή μαγειρεία, δηλαδή όταν οι καταναλωτές είναι συσκευές που μετατρέπουν την ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος μόνο σε θερμότητα και όχι σε άλλη μορφή ενέργειας. Τέτοιοι καταναλωτές λέγονται **ωμικοί καταναλωτές**.

Αμέσως παρακάτω θα δούμε ότι, όταν ο καταναλωτής περιέχει πυκνωτές ή πηνία ή άλλα στοιχεία (π.χ. κινητήρες), η τάση και η ένταση δεν βρίσκονται σε φάση. Τέτοιοι καταναλωτές δεν είναι ωμικοί.

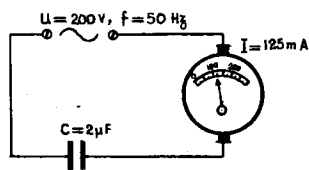
Εν τούτοις, δεν αποκλείεται τα στοιχεία ενός συνθέτου καταναλωτή (που περιλαμβάνει ωμικές αντιστάσεις, πηνία και πυκνωτές ή και ηλεκτρικούς κινητήρες) να είναι τέτοια, ώστε η ένταση του ρεύματος, που περνά από αυτόν, να είναι σε φάση με την τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα του. Ο καταναλωτής αυτός, αν και δεν είναι ωμικός, συμπεριφέρεται τότε σαν ωμικός καταναλωτής.

22.2 Κύκλωμα με χωρητικό καταναλωτή.

Όπως ξέρουμε, αν εφαρμόσουμε συνεχή τάση σε έναν πυκνωτή (σχ. 22.2 α), δεν θα υπάρχει (μετά την φόρτιση του πυκνωτή) ηλεκτρικό ρεύμα.



Σχ. 22.2 α.



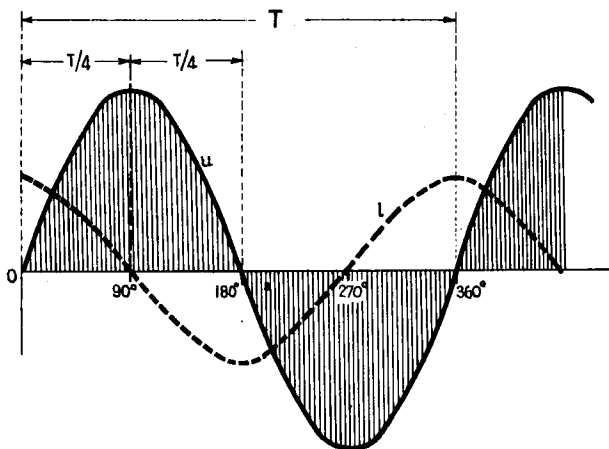
Σχ. 22.2 β.

Ἀντίθετα, ἂν ἐφαρμόσωμε ἐναλλασσομένη τάση σὲ ἓνα πυκνωτὴ (σχ. 22·2 β), θὰ δοῦμε ὅτι περνᾷ ἀπ' αὐτὸν ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Ὁ πυκνωτὴς δὲν διακόπτει τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, γιατί:

α) στὸ χρονικὸ διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖο αὐξάνει ἡ τάση τῆς πηγῆς, ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται συνεχῶς περισσότερο καί, ἐπομένως, μετακινοῦνται συνεχῶς ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπὸ τὴν πηγὴ πρὸς τοὺς ὀπλισμούς του, δηλαδὴ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα,

β) στὸ χρονικὸ διάστημα ὅπου ἐλαττώνεται ἡ τάση τῆς πηγῆς, ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτίζεται καί, ἐπομένως, γίνεται μετακίνηση ἡλεκτρικῶν φορτίων ἀπὸ τοὺς ὀπλισμούς του πρὸς τὴν πηγὴ, δηλαδὴ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ ἔχει μάλιστα διεύθυνση ἀντίθετη ἀπὸ ἐκείνη ποὺ εἶχε προηγουμένως.

Τὶς μεταβολὲς τῶν στιγμιαίων τιμῶν τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ πυκνωτῆ δείχνει τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 22·2 γ. Ἀπὸ τὸ σχῆμα αὐτὸ παρατηροῦμε ὅτι οἱ με-



Σχ. 22·2 γ.

ταβολὲς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, δὲν συμβαδίζουν μὲ τὶς μεταβολὲς τῆς τάσεως. Ἡ ἔνταση π.χ γίνεται μεγίστη ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου (δηλ. 90°) πρὶν ἢ τάση γίνῃ μεγίστη. Ἡ ἔντα-

ση μηδενίζεται επίσης ένα τέταρτο της περιόδου (90°) πριν μηδενισθῇ ἡ τάση κ.ο.κ.

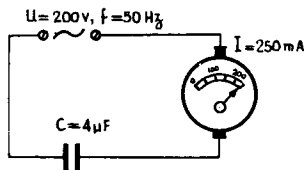
Λέμε ὅτι στὴν περίπτωση αὐτή, ἡ τάση καὶ ἡ ἔνταση δὲν βρίσκονται σὲ φάση ἢ ὅτι μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως ὑπάρχει φασικὴ ἀπόκλιση. Ἡ ἔνταση προπορεύεται ἀπὸ τὴν τάση κατὰ 90° , δηλαδὴ κατὰ ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου.

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓνα ὁρισμένο πυκνωτή, ὅταν σ' αὐτὸν ἐφαρμόσωμε μιὰ ἐναλλασσομένη τάση, εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ μέγεθος τῆς τάσεως. Ὁ πυκνωτής, δηλαδὴ, παρουσιάζει μιὰ ὁρισμένη ἀντίσταση στὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος.

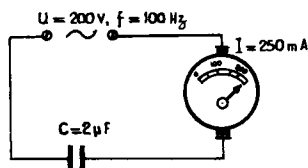
Τὴν ἀντίσταση αὐτὴ ποὺ παρουσιάζει ὁ πυκνωτής, τὴν ὀνομάζομε *χωρητικὴ ἀντίσταση*.

Ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση ἐξαρτᾶται :

α) Ἀπὸ τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ: "Ἄν σ' ἓνα κύκλωμα, ὅπως ἐκεῖνο τοῦ σχήματος 22·2 β, τοποθετήσωμε πυκνωτὴ $4\mu\text{F}$ (ἀντὶ τῶν $2\mu\text{F}$), δηλαδὴ διπλάσις χωρητικότητας, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος γίνεται διπλάσια (σχ. 22·2 δ).



Σχ. 22·2 δ.



Σχ. 22·2 ε.

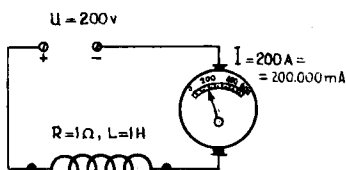
β) Ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος: "Ἄν σ' ἓνα κύκλωμα, ὅπως ἐκεῖνο τοῦ σχήματος 22·2 β, ἀφήσωμε τὸν πυκνωτὴ τῶν $2\mu\text{F}$ καὶ ἐφαρμόσωμε τάση 200 V, διπλάσις ὅμως συχνότητας, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος διπλασιάζεται (σχ. 22·2 ε).

Ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση, ἐπομένως, εἶναι ἀντίστροφα ἀνά-

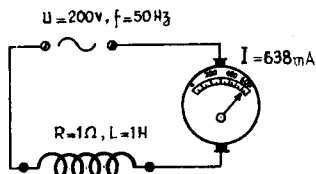
λογη πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ καὶ πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος. Σύμφωνα με αὐτὰ ποὺ εἴπαμε, ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση ποὺ παρουσιάζει ἓνας πυκνωτῆς στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, δὲν εἶναι πάντα ἡ ἴδια, ἀφοῦ διαφορετικὴ ἀντίσταση παρουσιάζει ὅταν ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος εἶναι μικρὴ καὶ διαφορετικὴ ὅταν ἡ συχνότητα εἶναι μεγάλη.

22·3 Κύκλωμα με έπαγωγικό καταναλωτή.

Ἄν σὲ ἓνα πηνίο, ποὺ ἡ ὠμικὴ του ἀντίσταση εἶναι πολὺ μικρὴ, ἐφαρμοσθῇ συνεχὴς τάση, περνᾷ ἀπ' αὐτὸ ρεῦμα πολὺ μεγάλης ἐντάσεως (σχ. 22·3 α), γιατί ἡ αὐτεπαγωγή τοῦ πηνίου



Σχ. 22·3 α.



Σχ. 22·3 β.

δὲν ἐπηρεάζει τὴν ροὴ τοῦ συνεχοῦς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (παρὰ μόνο κατὰ τὶς πρῶτες στιγμὲς ποὺ ἀκολουθοῦν τὴν ἐπιβολὴ τῆς τάσεως).

Ἄν, ὅμως, ἐφαρμόσουμε στὸ πηνίο ἐναλλασσομένη τάση, ποὺ ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ της νὰ εἶναι ἴση με τὴν τάση τοῦ συνεχοῦς ρεύματος (σχ. 22·3 β), θὰ παρατηρήσουμε ὅτι τὸ ἀμπερόμετρο δείχνει τώρα πολὺ μικρότερη ἔνταση. Τὸ πηνίο, δηλαδή, παρουσιάζει στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μεγαλύτερη ἀντίσταση ἀπ' ὅ, τι παρουσιάζει στὸ συνεχές.

Αὐτὸ ὅμως εἶναι φαινομενικὸ μόνο. Στὴν πραγματικότητα ἡ ἀντίσταση τοῦ πηνίου μένει ἡ ἴδια. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτὸ εἶναι ἐναλλασσόμενο, μεταβάλλεται διαρκῶς καὶ τὸ μαγνητικὸ πεδίο ποὺ δημιουργεῖται γύρω ἀπὸ τὸ πηνίο.

Οἱ μεταβολαὲς αὐτὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἀναπτύσσουν, ὅπως εἶναι γνωστό, ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῇ μέσα στὸ πηνίο. Στὴν περίπτωσιν, ἐπομένως, τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῇ δημιουργεῖται συνεχῶς μέσα στὸ πηνίο καὶ ὄχι γιὰ μιὰ μόνο στιγμὴ ὅπως στὴν περίπτωσιν τοῦ συνεχοῦς.

Κατὰ τὰ γνωστά, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῇ ἔχει πάντα τέτοια διεύθυνσιν, ὥστε νὰ προσπαθῇ νὰ ἐμποδίσῃ τὴν μεταβολὴν τοῦ ρεύματος ποὺ τὴν δημιουργήσῃ, δηλαδὴ, εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν τάσιν τῆς πηγῆς καὶ περιορίζει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος.

Ἀπὸ τὶς προηγούμενες, λοιπόν, παρατηρήσεις προκύπτουν τὰ ἑξῆς συμπεράσματα :

α) Στὸ πηνίο δὲν ἐπιδρᾷ μόνο ἡ ἐναλλασσομένη τάσιν τῆς πηγῆς, ἀλλὰ καὶ ἡ ἐπίσης ἐναλλασσομένη τάσιν ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὴν αὐτεπαγωγῇ τοῦ πηνίου.

β) Ἡ ἀπὸ αὐτεπαγωγῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν τάσιν τῆς πηγῆς, δηλαδὴ ἀντιστέκεται στὴν δίοδον τοῦ ρεύματος.

γ) Τὸ ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ πηνίο ὀφείλεται στὴν διαφορὰ τῆς τάσεως τῆς πηγῆς καὶ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τῆς αὐτεπαγωγῆς.

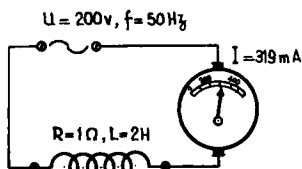
δ) Ἄν δὲν ὑπῆρχε ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγῇ ἡ ἔντασιν τοῦ ρεύματος θὰ ἦταν μεγαλύτερη. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς αὐτεπαγωγῆς περιορίζει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, δηλαδὴ προκαλεῖ τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα ποὺ θὰ προκαλοῦσε μιὰ πρόσθετη ἀντίστασιν. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο λέμε ὅτι τὸ πηνίο παρουσιάζει στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μιὰ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασιν.

Ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασιν ἐνὸς πηνίου εἶναι ἀνάλογη :

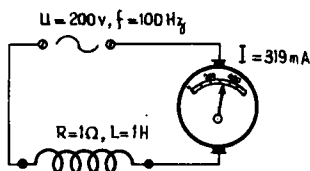
α) μὲ τὴν αὐτεπαγωγῇ τοῦ πηνίου, καὶ

β) μὲ τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτό.

Αν π.χ. σ' ένα κύκλωμα, όπως εκείνο του σχήματος 22.3β, αντικαταστήσουμε το πηνίο με ένα άλλο που να έχει διπλάσια αυτεπαγωγή (2 H), ή ένταση του ρεύματος θα γίνη ή μισή από ό,τι ήταν προηγουμένως (σχ. 22.3 γ). Αυτό φυσικά σημαίνει πως η έπαγωγική αντίσταση του δευτέρου πηνίου είναι διπλάσια από την αντίσταση του πρώτου.

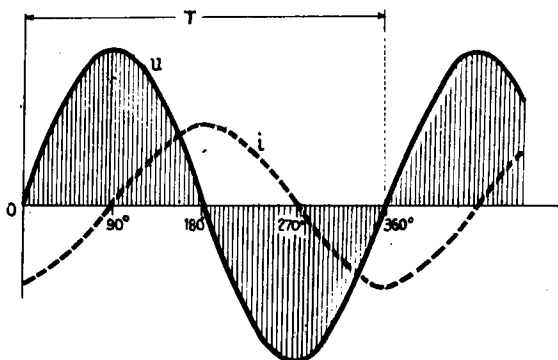


Σχ. 22.3 γ.



Σχ. 22.3 δ.

Αν επίσης σ' ένα κύκλωμα, όπως εκείνο του σχήματος 22.3 γ, αφήσουμε το ίδιο πηνίο και εφαρμόσουμε τάση με διπλάσια συχνότητα (σχ. 22.3 δ), θα δούμε ότι πάλι η ένταση του ρεύματος γίνετα ή μισή. Αυτό σημαίνει ότι το ίδιο πηνίο παρουσιάζει διπλά-



Σχ. 22.3 ε.

σια έπαγωγική αντίσταση σέ ρεύμα διπλάσιας συχνότητας.

Τις μεταβολές των στιγμιαίων τιμών τής τάσεως που εφαρμόζομε στο πηνίο και τής έντάσεως του ρεύματος που περνά απ' αυτό δείχνει το διάγραμμα του σχήματος 22.3 ε.

Στο σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι η αὐτεπαγωγή του πηνίου συντελεῖ, ὥστε οἱ μεταβολές τῆς ἐντάσεως νὰ μὴν ἀκολουθοῦν ἀμέσως τὶς μεταβολές τῆς τάσεως, ἀλλὰ μὲ κάποια καθυστέρηση. Ἡ καθυστέρηση αὐτή, στὴν περίπτωση ποὺ ἐξετάζομε, δηλαδή, στὴν περίπτωση ἑνὸς πηνίου μὲ πολὺ μικρὴ ὠμικὴ ἀντίσταση, εἶναι ἀκριβῶς ἴση μὲ ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου.

Λέμε ὅτι ἀνάμεσα στὴν τάση καὶ στὴν ἔνταση ὑπάρχει φασικὴ ἀπόκλιση 90° .

Φασικὴ ἀπόκλιση 90° , δηλαδή ἴση μὲ ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου, εἶναι ἡ μεγαλύτερη ποὺ μπορεῖ νὰ γίνη καὶ παρουσιάζεται, ὅπως εἴπαμε, στὴν περίπτωση πηνίων μὲ πολὺ μικρὴ ὠμικὴ ἀντίσταση. Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ὠμικὴ ἀντίσταση ἑνὸς πηνίου, ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ αὐτεπαγωγή του, τόσο μικρότερη γίνεται ἡ καθυστέρηση τῆς ἐντάσεως, δηλαδή ἡ φασικὴ ἀπόκλιση.

22·4 Διαχωρισμὸς συνεχοῦς ἀπὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Στὶς προηγούμενες παραγράφους εἶδαμε ὅτι :

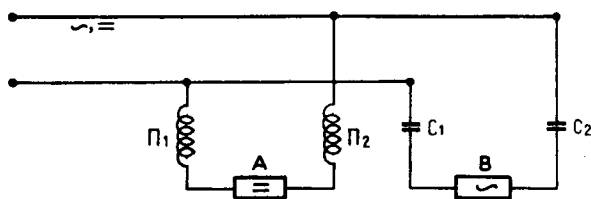
- α) Ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση, ποὺ παρουσιάζει ἓνας πυκνωτής, ἐλαττώνεται ὅσο αὐξάνει ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος, καὶ
- β) ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση, ποὺ παρουσιάζει ἓνα πηνίο, αὐξάνει ὅσο αὐξάνει ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος.

Τὶς ἰδιότητες αὐτὲς τὶς ἐκμεταλλευόμαστε σὲ πολλὰς ἐφαρμογὰς τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων. Μιὰ ἀπὸ τὶς ἐφαρμογὰς αὐτὲς εἶναι ἡ ἐξῆς :

Ἐνα ἐναλλασσόμενο καὶ ἓνα συνεχὲς ρεῦμα ὁδηγοῦνται συγχρόνως μὲ μιὰ γραμμὴ πρὸς τοὺς καταναλωτὲς Α καὶ Β. Θέλομε ὅμως ἀπὸ τὸν καταναλωτὴ Α νὰ περάσῃ μόνο τὸ συνεχὲς καὶ ἀπὸ τὸν Β μόνο τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Αὐτὸ τὸ κατορθώνομε ἂν συνδέσωμε σὲ σειρὰ μὲ τὸν καταναλωτὴ Α ἓνα ἢ δύο πηνία (Π_1 , Π_2) μὲ μεγάλη αὐτεπαγωγή (σχ. 22·4 α), καὶ σὲ σειρὰ μὲ τὸν Β συνδέσωμε ἓνα ἢ δύο πυκνωτὲς (C_1 , C_2) μὲ μεγάλη χωρητικότητα.

Τὰ πηνία παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αντίσταση στο έναλλασσόμενο ρεύμα καί καθόλου σχεδόν στο συνεχές, ώστε, πρακτικά, νά αφήνουν μόνο το συνεχές νά περάσει από τον καταναλωτή Α.

Αντίθετα, οί πυκνωτές παρουσιάζουν τεράστια (άπειρη) αντίσταση στο συνεχές ρεύμα καί πολύ μικρή στο έναλλασσόμενο, ώστε από τον καταναλωτή Β νά περνά μόνο το έναλλασσόμενο ρεύμα.



Σχ. 22·4 α.

Όποτε, όταν από το άλλο άκρο της γραμμής στέλνουμε μόνο συνεχές ρεύμα, βάζουμε σε λειτουργία μόνο τον καταναλωτή Α.

Όταν στέλνουμε μόνο έναλλασσόμενο ρεύμα, βάζουμε σε λειτουργία μόνο τον καταναλωτή Β.

Όταν στέλνουμε μαζί καί συνεχές καί έναλλασσόμενο ρεύμα, βάζουμε σε λειτουργία καί τους δύο καταναλωτές.

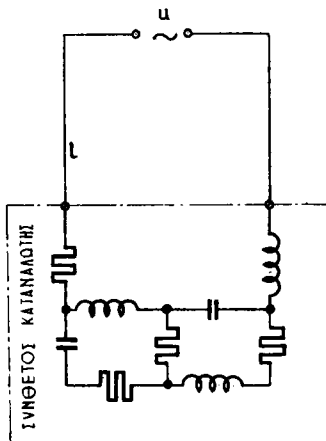
Όταν διακόπτουμε μόνο το συνεχές ή μόνο το έναλλασσόμενο ρεύμα, προκαλούμε την διακοπή της λειτουργίας του καταναλωτή Α ή αντίστοιχα του καταναλωτή Β. Δηλαδή οί δύο καταναλωτές Α καί Β λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο, σαν νά έπαιρναν ήλεκτρικό ρεύμα ο καθένας με ιδιαίτερη γραμμή.

Με την διάταξη, λοιπόν, του σχήματος 22·4 α εξοικονομούμε μιá ήλεκτρική γραμμή, καί σε πολλές περιπτώσεις, το χρηματικό κέρδος από την εξοικονόμηση αυτή μπορεί νά είναι πολύ σημαντικό.

22·5 Σύνθετοι καταναλωτές.

Ένας καταναλωτής έναλλασσομένου ρεύματος μπορεί νά

αποτελείται από πολλά στοιχεία (ώμικες αντιστάσεις, πηνία, συμπυκνωτές), που να είναι ένωμένα μεταξύ τους κατά όποιονδήποτε τρόπο (σχ. 22·5 α).



Σχ. 22·5 α.

Στην περίπτωση αυτή το ρεύμα είναι πάντα *ισόσυγχο*, έχει δηλαδή την ίδια συχνότητα με την τάση· ή έντασή του όμως μπορεί είτε να καθυστερή, είτε να προπορεύεται από την τάση, είτε να βρίσκεται σε φάση με αυτή. Αυτό εξαρτάται από το μέγεθος που έχουν οι έπαγωγικές και χωρητικές αντιστάσεις, καθώς και από τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται στο κύκλωμα. "Αν υπερισχύουν οι έπαγωγικές αντιστάσεις, ή ένταση καθυστερεί. "Αν υπερισχύουν οι χωρητικές αντιστάσεις, ή ένταση προπορεύεται από την τάση. "Αν όμως οι έπαγωγικές και χωρητικές αντιστάσεις εξουδετερώνονται μεταξύ τους, τότε ή ένταση και ή τάση βρίσκονται σε φάση.

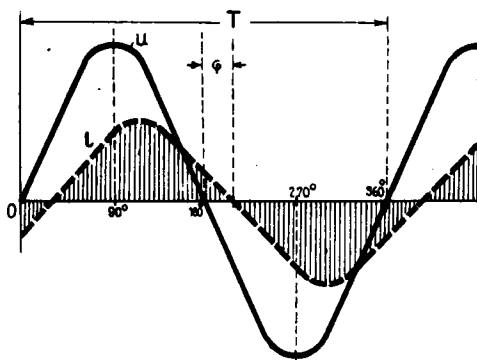
Τή γωνία της φασικής αποκλίσεως μεταξύ τάσεως και έντασεως την παριστάνομε με το μικρό γράμμα φ του έλληνικού αλφαδήτου.

Η γωνία φ μπορεί, λοιπόν, να είναι :

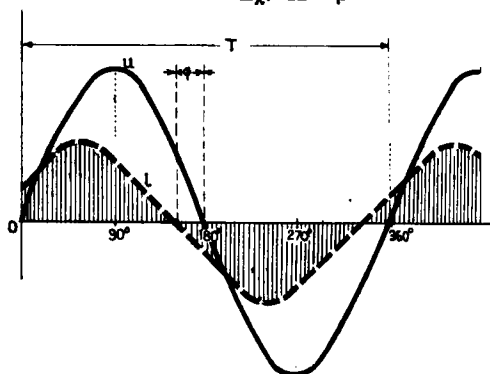
α) είτε 0 (τάση και ένταση βρίσκονται σε φάση), όπως συμβαίνει στην περίπτωση του σχήματος 22·1 γ,

β) είτε θετική (ή ένταση καθυστερεί ως προς την τάση), όπως συμβαίνει στην περίπτωση του σχήματος 22·5 β,

γ) είτε αρνητική (ή ένταση προπορεύεται από την τάση), όπως συμβαίνει στην περίπτωση του σχήματος 22·5 γ.



Σχ. 22·5 β.



Σχ. 22·5 γ.

Ἡ μέγιστη τιμὴ ποὺ μπορεῖ νὰ πάρῃ ἡ γωνία φ εἶναι $+90^\circ$ ἢ -90° . Ἡ μέγιστη αὐτὴ φασικὴ ἀπόκλιση παρουσιάζεται εἰς τὸν λείπουν ἐντελῶς ὠμικὰ στοιχεῖα ἀπὸ τὸ κύκλωμα.

Ὅταν ὑπάρχουν καὶ ὠμικὰ στοιχεῖα εἶναι :

$$- 90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ.$$

Λ.χ. στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 22 · 5 β ἡ γωνία τῆς φασικῆς ἀποκλίσεως εἶναι $\varphi = + 30^\circ$, καὶ στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 22 · 5 γ εἶναι $\varphi = - 30^\circ$.

22 · 6 Ἡ ἰσχὺς στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Ὅπως ξέρομε, στὰ κυκλώματα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος βρίσκουμε τὴν ἰσχὺ ἂν πολλαπλασιάσωμε τὴν τάση ἐπὶ τὴν ἔνταση.

Στὸ ἐναλλασσόμενο, ὅμως, ρεῦμα ἡ σχέση αὐτὴ δὲν ἰσχύει, ὅπως π.χ. φαίνεται ἀμέσως ἀπὸ τὸ σχῆμα 22 · 2 β, ὅπου βλέπομε ὅτι ὁ πυκνωτὴς βρίσκεται σὲ τάση 200 V καὶ ὅτι ἀπ' αὐτὸν περνᾷ ρεῦμα 125 mA.

Ἄν πολλαπλασιάσωμε τὴν τάση ἐπὶ τὴν ἔνταση βρίσκομε

$$200 \text{ V} \cdot 125 \text{ mA} = 25 \text{ W}.$$

Αὐτὴ ὅμως δὲν εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ πυκνωτῆ γιατί, ὅπως ξέρομε, ὁ πυκνωτὴς δὲν καταναλίσκει ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. (Πραγματικά, κι' ὁ πυκνωτὴς ἀπορροφᾷ ἀπὸ τὴν πηγὴ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια στὸ τέταρτο τῆς περιόδου τοῦ ρεύματος κατὰ τὸ ὁποῖο φορτίζεται, ἀλλὰ τὴν ἐπιστρέφει ὁλόκληρην στὴν πηγὴ στὸ ἐπόμενο τέταρτο τῆς περιόδου κατὰ τὸ ὁποῖο ξεφορτίζεται καὶ ἔτσι ἡ ἰσχὺς ποὺ συνολικὰ καταναλίσκει ὁ πυκνωτὴς εἶναι μηδενική).

Ἐπίσης στὴν περίπτωση πηνίων, τὸ γινόμενο τῆς τάσεως ποὺ ἐφαρμόζεται σ' αὐτὰ ἐπὶ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπ' αὐτὰ δὲν δίνει τὴν ἰσχὺ ποὺ καταναλίσκουν, γιατί, ὅπως ξέρομε, τὰ πηνία δὲν καταναλίσκουν ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. (Πραγματικά, τὰ πηνία παραλαμβάνουν ἀπὸ τὴν πηγὴ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια στὸ τέταρτο τῆς περιόδου τοῦ ρεύματος, στὸ ὁποῖο σχηματίζεται γύρω τους τὸ μαγνητικὸ πεδίο, δηλαδὴ στὸ διάστημα ποὺ αὐξάνει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος. Τὴν ἐνέργεια ὅμως αὐτὴ τὴν ἐπιστρέφουν ὁλόκληρην στὸ ἐπόμενο τέταρτο, κατὰ τὸ ὁποῖο ἐλαττώνεται ἡ ἔν-

ταση τοῦ ρεύματος καὶ ἐξαφανίζεται τὸ μαγνητικὸ πεδίο).

Στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, λοιπόν, τὸ γινόμενο τῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ἔνταση δὲν δίνει τὴν πραγματικὴ ἰσχύ ποὺ καταναλίσκει ἓνας καταναλωτὴς ἢ ποὺ παρέχει μιὰ πηγή.

Τὸ γινόμενο αὐτὸ λέγεται *φαινομενικὴ ἰσχύς* καί, γιὰ διάκριση, δὲν μετρίεται σὲ μονάδες βᾶττ ἢ κιλοβάττ, ἀλλὰ σὲ μονάδες ποὺ λέγονται *βόλταμπέρ (VA)* ἢ *κιλοβολταμπέρ (kVA)*.

Ἡ φαινομενικὴ ἰσχύς, λοιπόν, ποὺ καταναλίσκει ὁ πυκνωτὴς τοῦ σχήματος 22·2 β, εἶναι :

$$200 \text{ V} \cdot 125 \text{ mA} = 200 \text{ V} \cdot 0,125 \text{ A} = 25 \text{ VA}.$$

Ἡ φαινομενικὴ ἰσχύς ποὺ καταναλίσκει τὸ πηνίο τοῦ σχήματος 22·3 β εἶναι :

$$200 \text{ V} \cdot 638 \text{ mA} = 200 \text{ V} \cdot 0,638 \text{ A} = 127,6 \text{ VA} \simeq 0,128 \text{ kVA}.$$

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ *πραγματικὴ ἰσχύς* ποὺ καταναλίσκει ἓνας καταναλωτὴς ἐναλλασσομένου ρεύματος βρίσκεται ἂν πολλαπλασιάσωμε τὴν φαινομενικὴ του ἰσχύ ἐπὶ ἓνα συντελεστὴ ποὺ εἶναι μικρότερος ἢ τὸ πολὺ ἴσος μὲ 1. Ὁ συντελεστὴς αὐτὸς εἶναι τὸ συνημίτονο τῆς γωνίας τῆς φασικῆς ἀποκλίσεως ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὴν τάση καὶ στὴν ἔνταση καὶ γράφεται *συν φ*.

Ὡστε, ἡ πραγματικὴ ἰσχύς στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα δίνεται ἀπὸ τὴν σχέση :

$$N = U \cdot I \cdot \text{συν } \varphi$$

(7)

στὴν ὁποῖαν παριστάνονται μέ :

N ἡ πραγματικὴ ἰσχύς,

U ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς τάσεως,

I ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς ἐντάσεως, καὶ μὲ

φ ἡ γωνία φασικῆς ἀποκλίσεως ἀνάμεσα στὴν τάση καὶ στὴν ἔνταση.

Τὸ *συν φ* ὀνομάζεται *συντελεστὴς ἰσχύος*.

Ὅπως διδάσκει ἡ τριγωνομετρία, τὸ συν φ εἶναι ἕνας ἀριθμὸς ὁ ὁποῖος ἰσοῦται :

μὲ 1, ὅταν ἡ γωνία φ εἶναι 0,

μὲ 0, ὅταν ἡ γωνία φ εἶναι $+90^\circ$ ἢ -90° καί :

μὲ ἕνα θετικὸ ἀριθμὸ, μικρότερο τοῦ 1, ὅταν ἡ γωνία φ ἔχῃ ὅποια-δήποτε ἄλλη τιμὴ μεταξὺ -90° καὶ $+90^\circ$, ὅπως βλέπομε ἀπὸ τὸν ἐπόμενον Πίνακα :

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6.

1	2	3	4
Γωνία φ θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ	συν φ (πάντα θετικὸ)	Γωνία φ θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ	συν φ (πάντα θετικὸ)
0	1,000	50°	0,643
5°	0,996	55°	0,574
10°	0,985	60°	0,500
15°	0,966	65°	0,423
20°	0,940	70°	0,342
25°	0,906	75°	0,259
30°	0,866	80°	0,174
35°	0,819	85°	0,087
40°	0,766	90°	0,000
45°	0,707	—	

Στὴν περίπτωσιν, ἐπομένως, καταναλωτῶν, ὅπως εἶναι αὐτοὶ ποὺ βλέπομε στὸ σχῆμα 22·2 β (πυκνωτῆς, χωρητικὸς καταναλωτῆς) καὶ στὸ σχῆμα 22·3 β (πηγὴ, ἐπαγωγικὸς καταναλωτῆς), εἶναι $\text{συν } \varphi = 0$ καὶ ὁ τύπος (7) μᾶς δίνει ἀποτέλεσμα $N = 0$ ὅποιαδήποτε κι' ἂν εἶναι τὰ U καὶ I .

Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν πραγματικὴ ἰσχὺ ἐνδὲς καταναλωτῇ

χρειαζόμαστε τρία ὄργανα : ἓνα βολτόμετρο, ἓνα ἀμπερόμετρο καὶ ἓνα ὄργανο ποὺ νὰ μᾶς δείχνῃ ἀμέσως τὸ $\sin \varphi$.

22·7 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές.

α) Τρεῖς ἡλεκτρικὲς λυχνίες καταναλίσκουν ρεῦμα 1,36 A ὅταν συνδέωνται σὲ δίκτυο ἐναλλασσομένου ρεύματος 220 V. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς ποὺ καταναλίσκουν ;

Ἐπειδὴ στὸ κύκλωμα δὲν ὑπάρχουν οὔτε πηγὴ οὔτε πυκνωτές, δὲν προκαλεῖται φασικὴ ἀπόκλιση ἀνάμεσα στὴν τάση καὶ στὴν ἔνταση. Εἶναι λοιπόν :

$$\varphi = 0 \quad \text{καὶ} \quad \sin \varphi = 1$$

Ἐπομένως :

$$N = 220\text{V} \cdot 1,36\text{A} \cdot 1 \simeq 300\text{W}.$$

Ἡ φαινομενικὴ ἰσχὺς τῶν λυχνιῶν εἶναι 300 VA.

β) Ἐνας ἡλεκτρικὸς κινητήρας συνδέεται σὲ δίκτυο ἐναλλασσομένου ρεύματος 110 V καὶ καταναλίσκει ρεῦμα 25 A. Ἀπὸ τὴν πινακίδα τοῦ κινητήρα βλέπομε ὅτι ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τοῦ εἶναι $\sin \varphi = 0,8$. Ποιὰ εἶναι ἡ πραγματικὴ καὶ ποιὰ ἡ φαινομενικὴ ἰσχὺς ποὺ καταναλίσκει ὁ κινητήρας ;

Πραγματικὴ ἰσχὺς :

$$N = 110\text{V} \cdot 25\text{A} \cdot 0,8 = 2\,200\text{W} = 2,2\text{kW}.$$

Φαινομενικὴ ἰσχὺς :

$$S = 110\text{V} \cdot 25\text{A} = 2\,750\text{VA} = 2,75\text{kVA}.$$

γ) Μία ἡλεκτρικὴ γραμμὴ τροφοδοτεῖ κατανάλωση 50 kW μὲ ἐναλλασσομένη τάση 220 V. Πόση εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴ γραμμὴ, ἂν ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τῆς κατανάλωσης εἶναι 0,7 καὶ πόση ἂν ὁ συντελεστὴς εἶναι 1.

Ὁ τύπος (7) ἂν διαιρέσωμε καὶ τὰ δύο μέλη του μὲ τὸ γινόμενο $U \cdot \sin \varphi$ γράφεται :

$$I = \frac{N}{U \cdot \sin \varphi}.$$

Έπομένως, στην πρώτη περίπτωση βρίσκουμε :

$$I = \frac{50\,000\text{ W}}{220\text{ V} \cdot 0,7} = \frac{50\,000\text{ W}}{154\text{ V}} \simeq 325\text{ A}$$

και στην δεύτερη :

$$I = \frac{50\,000\text{ W}}{220\text{ V} \cdot 1} = \frac{50\,000\text{ W}}{220\text{ V}} \simeq 227\text{ A}.$$

22·8 Άνακεφαλαίωση.

α) *Ωμική αντίσταση* είναι ή αντίσταση που παρουσιάζουν στο ηλεκτρικό ρεύμα τὰ σύρματα, οί λάμπες, οί θερμάστρες και γενικά οί καταναλωτές που μετατρέπουν τήν ενέργεια του ήλεκτρικού ρεύματος σέ θερμότητα μόνο.

β) *Η ωμική αντίσταση* είναι ή ίδια και για τὸ συνεχές και για τὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα.

γ) Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα που περνᾶ ἀπὸ μιᾶ ωμική ἀντίσταση εὐρίσκεται σέ φάση με τήν τάση που ἐφαρμόζεται σ' αὐτήν.

δ) *Χωρητική αντίσταση* είναι ή αντίσταση που παρουσιάζουν οί πυκνωτές στο ἐναλλασσόμενο ρεύμα.

ε) *Η χωρητική αντίσταση* ἐλαττώνεται ὅσο αὐξάνει ή χωρητικότητα του πυκνωτῆ.

ζ) *Η χωρητική αντίσταση* ἐλαττώνεται ὅσο αὐξάνει ή συχνότητα του ρεύματος.

η) Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα που περνᾶ ἀπὸ τὸν πυκνωτῆ προπορεύεται ἀπὸ τήν τάση που ἐφαρμόζεται σ' αὐτόν.

θ) *Έπαγωγική ἀντίσταση* είναι ή ἀντίσταση που παρουσιάζουν τὰ πηνία στο ἐναλλασσόμενο ρεύμα, ἐξ αἰτίας τῆς αὐτεπαγωγῆς τους.

ι) *Η ἐπαγωγική ἀντίσταση* αὐξάνει ὅσο αὐξάνει ή αὐτεπαγωγή του πηνίου.

ια) *Η ἐπαγωγική ἀντίσταση* αὐξάνει ὅσο αὐξάνει ή συχνότητα του ρεύματος.

ιβ) Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ποὺ περνᾷ ἀπὸ ἓνα πηνίο καθυστερεῖ ἀπὸ τὴν τάση ποὺ ἐφαρμόζεται σ' αὐτό.

ιγ) Ἡ φασικὴ ἀπόκλιση στοὺς καταναλωτὲς τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος μπορεῖ νὰ εἶναι τὸ πολὺ ἓνα τέταρτο τῆς περιόδου. Ἡ γωνία δηλαδὴ τῆς φασικῆς ἀποκλίσεως μπορεῖ νὰ ἔχη τιμὲς μεταξὺ -90° καὶ $+90^\circ$.

ιδ) Τὸ γινόμενο « τάση ἐπὶ ἔνταση » δίνει τὴν φαινομενικὴ ἰσχύ.

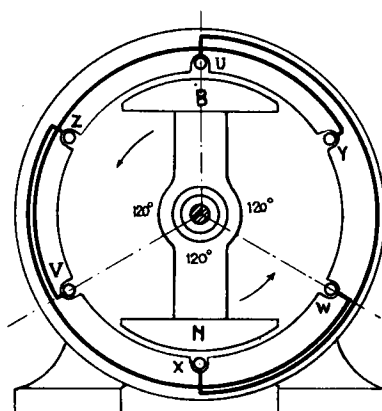
ιε) Ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς εἶναι τὸ γινόμενο « τάση ἐπὶ ἔνταση ἐπὶ συν φ ».

ΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

23·1 Παραγωγή τριφασικοῦ ρεύματος.

Τὸ σχῆμα 23·1α δείχνει μιὰ πολὺ ἀπλὴ ἡλεκτρικὴ μηχανή, μὲ τὴν ὁποία μπορεῖ νὰ ἀναπτυχθῇ τριφασικὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Σὲ ἓνα κυλινδρικοῦ ζυγώμα ἀπὸ φύλλα σιδήρου τοποθετοῦνται 6 χάλκινοι μονωμένοι ἀγωγοὶ (U, V, W, X, Y, Z), παράλληλοι πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου καὶ σὲ ἑσες μεταξύ τους ἀποστάσεις. Οἱ ἀγωγοὶ αὐτοὶ συνδέονται μεταξύ τους ἔτσι, ὥστε νὰ σχηματισθοῦν τρία πλαίσια. Τὸ ἓνα πλαίσιο σχηματίζεται ἀπὸ τὸ ζεύγος τῶν ἀγωγῶν U—X, τὸ ἄλλο μὲ τὸ ζεύγος τῶν ἀγωγῶν V—Y καὶ τὸ τρίτο πλαίσιο μὲ τὸ ζεύγος τῶν ἀγωγῶν W—Z.



Σχ. 23·1 α.

Στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ζυγώματος περιστρέφεται, ὅπως δείχνουν τὰ βέλη, ἓνας μαγνήτης BN μὲ σταθερὴ ταχύτητα.

Σύμφωνα μὲ τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἐπαγωγῆς, μέσα στὸ

πλαίσιο των άγωγών $U - X$ θα άναπτυχθή έναλλασσομένη ήλεκ-
τρεγερτική δύναμη που ή συχνότητά της θα είναι ίση με τόν
άριθμό των περιστροφών που κάνει ό μαγνήτης σέ ένα δευτερόλε-
πτο. Δηλαδή, ή περίοδος T τής ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως θα εί-
ναι ίση με τόν χρόνο που χρειάζεται ό μαγνήτης για νά κάμη μιá
δλόκληρη περιστροφή.

Ήλεκτρεγερτική δύναμη με ίδιο μέγεθος και συχνότητα θα
άναπτυχθή και στό πλαίσιο των άγωγών $V - Y$, όπως και στό
πλαίσιο των άγωγών $W - Z$.

Οί 3 αútεs ήλεκτρεγερτικέs δυνάμειs διαφέρουν όμως μετα-
ξύ τους κατά τό έξής :

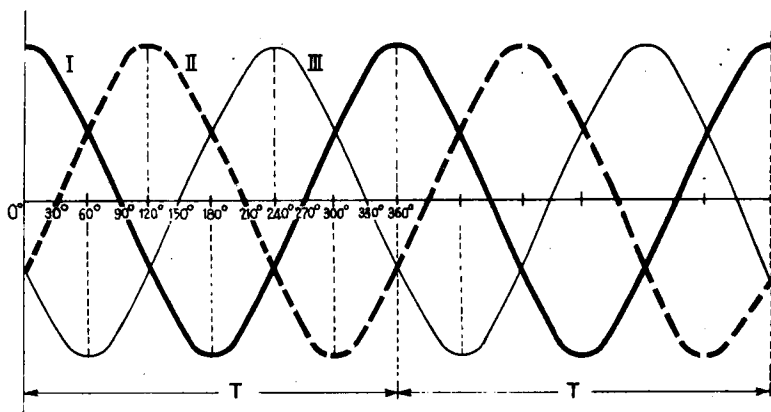
Ή έναλλασσομένη ήλεκτρεγερτική δύναμη που άναπτύσσεται
στό πλαίσιο των άγωγών $U - X$ άποκτá τήν μεγίστη τιμή της
τήν στιγμή που ό βόρειος πόλος του μαγνήτη βρίσκεται άπέναντι
άπό τόν άγωγό U και ό νότιος άπέναντι άπό τόν άγωγό X , όπως
φαίνεται στό σχήμα 23·1 α.

Τήν στιγμή αútή ή ήλεκτρεγερτική δύναμη που άναπτύσ-
σεται στό ζεύγος των άγωγών $V - Y$ δέν έχει άκόμη άποκτήσθ
τήν μεγίστη τιμή της. Τήν άποκτá ύστερα άπό $1/3$ τής περιόδου,
όταν ό μαγνήτης προχωρήσθ κατά 120° , ώστε ό βόρειος πόλος
του νά βρεθθ άπέναντι άπό τόν άγωγό V και ό νότιος άπό τόν Y .

Ή ήλεκτρεγερτική δύναμη που άναπτύσσεται στό πλαίσιο
των άγωγών $W - Z$ άποκτá τήν μεγίστη τιμή της ύστερα άπό
άλλο ένα τρίτο τής περιόδου, όταν ό μαγνήτης περιστραφθ κατά
άλλες 120° .

Τίς μεταβολέs των 3 αútων ήλεκτρεγερτικων δυνάμεων δεί-
χνει τό διάγραμμα του σχήματος 23·1 β, στό όποίο με παχειά
γραμμή παριστάνεται ή ήλεκτρεγερτική δύναμη του πλαισίου
 $U - X$, με διακεκομμένη του πλαισίου $V - Y$ και με λεπτή συνε-
χή γραμμή ή ήλεκτρεγερτική δύναμη που άναπτύσσεται στό
πλαίσιο $W - Z$.

Κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς ἡλεκτρεγερτικὲς αὐτὲς δυνάμεις καθυστερεῖ κατὰ $1/3$ τῆς περιόδου σχετικὰ μὲ τὴν προηγούμενη, δηλαδὴ παρουσιάζει φασικὴ ἀπόκλιση 120° ἀπὸ αὐτήν.



Σχ. 23.1 β.

Οἱ τρεῖς αὐτὲς ἡλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις ἀποτελοῦν ἓνα τριφασικὸ σύστημα.

Οἱ τριφασικὲς γεννήτριες ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὴν πράξη ἔχουν πολὺ περισσότερους ἀγωγοὺς ἀπὸ ὅ,τι τὰ πλαίσια τῆς ἀπλῆς γεννήτριας τοῦ σχήματος 23.1α. Οἱ ἀγωγοὶ αὗτοι συνδέονται μεταξύ τους ἔτσι, ὥστε νὰ σχηματίσουν τρεῖς ὁμάδες ἢ, ὅπως λέμε, **τρία τυλίγματα**. Οἱ ἀγωγοὶ κάθε τυλίγματος, δηλαδὴ κάθε ὁμάδας, ἐνῶ εἶναι μονωμένοι ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς τῶν ἄλλων δύο τυλιγμάτων, συνδέονται ἀγωγίμα μεταξύ τους. Στὶς τριφασικὲς γεννήτριες τῆς πράξεως τὸ μαγνητικὸ πεδίο δημιουργεῖται ἀπὸ δύο, τέσσερις, ἕξη ἢ καὶ περισσότερους μαγνητικοὺς πόλους, οἱ ὁποῖοι ὅμως δὲν εἶναι μόνιμοι μαγνήτες ἀλλὰ ἡλεκτρομαγνήτες, ποὺ διεγείρονται μὲ συνεχὲς ρεῦμα.

Κάθε τριφασικὴ γεννήτρια, ὅπως καὶ ἂν εἶναι κατασκευασμένη, ἀναπτύσσει 3 ἐναλλασσόμενες τάσεις, ποὺ ἔχουν τὴν ἴδια ἐνδεικνυμένη τιμὴ καὶ τὴν ἴδια συχνότητα, εἶναι ὁμως μετατο-

πισμένες χρονικά μεταξύ τους κατά ένα τρίτο της περιόδου, δηλαδή κατά 120° .

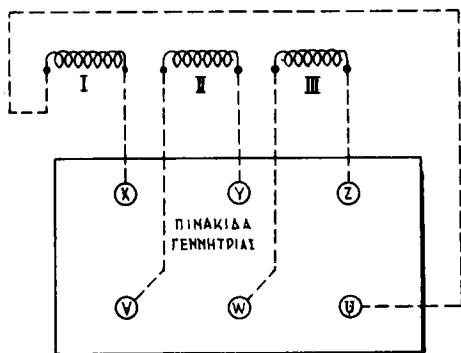
Τὰ ηλεκτρικά ρεύματα που παρέχουν οἱ τριφασικὲς γεννήτριες ὀνομάζονται **τριφασικά ρεύματα**.

Τὰ ἀπλὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα που περιγράψαμε στὰ προηγούμενα ὀνομάζονται, γιὰ διάκριση, **μονοφασικά**.

Μποροῦμε, λοιπόν, νὰ ποῦμε πὼς ἓνα τριφασικὸ ρεύμα ἀποτελεῖται βασικὰ ἀπὸ 3 μονοφασικά ρεύματα.

Οἱ ἄκρες τῶν 3 τυλιγμάτων τῶν τριφασικῶν γεννητριῶν καταλήγουν σὲ ἑξὶ ἀκροδέκτες, που βρίσκονται συγκεντρωμένοι σὲ μιὰ πινακίδα καὶ εἶναι στερεωμένοι στὸ σκελετὸ (στὸ ζύγωμα) τῆς μηχανῆς.

Στὶς περισσότερες γεννήτριες τὰ τυλίγματα τους συνδέονται μὲ τοὺς ἀκροδέκτες, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 23·1 γ. Στὸ σχῆμα



Σχ. 23·1 γ.

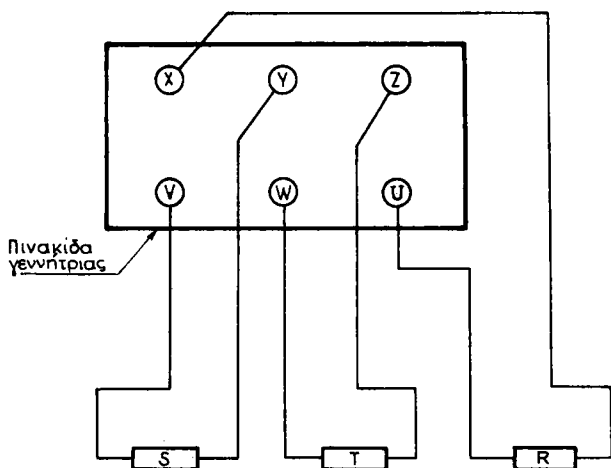
αὐτό, μὲ τὰ πηνία I, II καὶ III, παριστάνομε σχηματικὰ τὰ τρία τυλίγματα, που βρίσκονται στὸ ἐσωτερικὸ τῆς γεννήτριας, καὶ μὲ τὰ U, V, W, X, Y, Z τοὺς ἀκροδέκτες, στοὺς ὁποίους καταλήγουν τὰ τυλίγματα αὐτά.

Στοὺς ἴδιους αὐτοὺς ἀκροδέκτες θὰ συνδέσωμε ἐξωτερικὰ καὶ

τοὺς ἀγωγοὺς μὲ τοὺς ὁποίους θὰ ὀδηγήσωμε τὸ ρεῦμα στοὺς ἐξωτερικοὺς καταναλωτὲς.

23·2 Συνδέσεις τριφασικῶν γεννητριῶν.

Κατὰ πολλοὺς τρόπους εἶναι δυνατόν νὰ συνδέσωμε καταναλωτὲς μὲ μιὰ τριφασικὴ γεννήτρια. Ἐναν ἀπ' αὐτοὺς τοὺς τρόπους δείχνει τὸ σχῆμα 23·2 α. Ὁ καταναλωτὴς R συνδέεται στὸ τύλιγμα U—Z τῆς γεννήτριας, ὁ καταναλωτὴς S στὸ τύλιγμα V—X καὶ ὁ καταναλωτὴς T στὸ τύλιγμα W—Y.



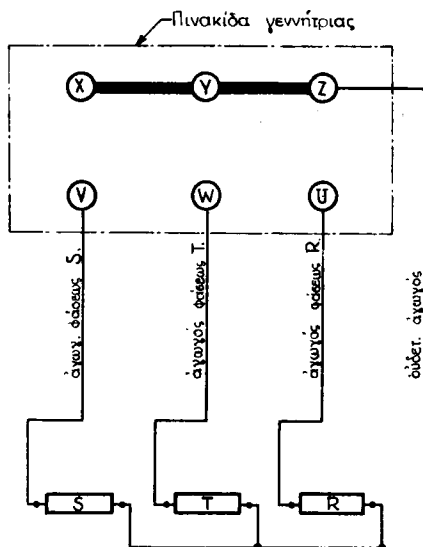
Σχ. 23·2 α.

Σχηματίζονται ἔτσι 3 φάσεις, κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα τύλιγμα τῆς γεννήτριας, τὸν ἀντίστοιχο καταναλωτὴ καὶ τοὺς δύο συνδετικούς ἀγωγούς. Κάθε φάση εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὶς ὑπόλοιπες δύο, σὰν νὰ ἦταν τρεῖς ξεχωριστὲς μονοφασικὲς γεννήτριες, ποὺ κάθε μιὰ τοὺς τροφοδοτεῖ τὴν δική της κατανάλωση.

Στὸ ἀνεξάρτητο τριφασικὸ σύστημα χρειάζονται λοιπὸν 6 ἀγωγοὶ γιὰ νὰ συνδέσουν τοὺς καταναλωτὲς μὲ τὴν γεννήτρια.

Τὰ ἀνεξάρτητα συστήματα δὲν χρησιμοποιοῦνται σχεδὸν καθόλου στὴν πράξη. Ἀντίθετα, χρησιμοποιοῦνται πολὺ τὰ ἀλληλένδετα τριφασικὰ συστήματα, ποὺ περιγράφονται ἀμέσως παρακάτω.

Ἐνα ἀλληλένδετο τριφασικὸ σύστημα σχηματίζεται ἂν συνδέσουμε ἀγωγίμα μεταξύ τους τὶς ἀρχές (ἢ τὰ πέρατα) καὶ τῶν τριῶν τυλίγμάτων. Οἱ τρεῖς αὐτοὶ ἀκροδέκτες σχηματίζουν ἔτσι τὸν λεγόμενο οὐδέτερο κόμβο τοῦ συστήματος. Οἱ καταναλωτὲς τότε μποροῦν νὰ συνδεθοῦν ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 23.2 β, δη-



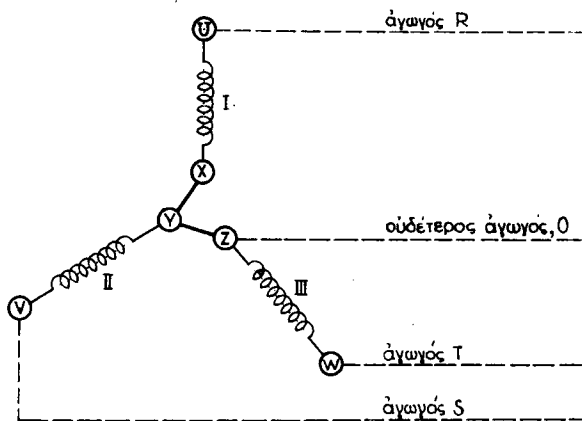
Σχ. 23.2 β.

λαδὴ ἓνας ἀκροδέκτης τοῦ καταναλωτῆ τῆς πρώτης φάσεως μὲ τὸν ἀκροδέκτη U τοῦ ἐνὸς τυλίγματος, ἓνας ἀκροδέκτης τοῦ καταναλωτῆ τῆς δεύτερης φάσεως μὲ τὸν ἀκροδέκτη V τοῦ δευτέρου τυλίγματος καὶ ἓνας ἀκροδέκτης τοῦ καταναλωτῆ τῆς τρίτης φάσεως μὲ τὸν ἀκροδέκτη W τοῦ τρίτου τυλίγματος. Οἱ ὑπόλοιποι

ἀκροδέκτες ὅλων τῶν καταναλωτῶν συνδέονται μὲ τὸν οὐδέτερο κόμβο τῆς γεννήτριας.

Στὴν περίπτωση αὐτὴ χρειάζονται μόνον 4 ἀγωγοὶ γιὰ νὰ συνδέσουν τὴν γεννήτρια μὲ τοὺς καταναλωτὲς. Οἱ τρεῖς ἀπ' αὐτοὺς, δηλαδὴ ἐκεῖνοι ποὺ συνδέονται μὲ τοὺς ἀκροδέκτες U, V, W τῶν τριῶν τυλιγμάτων τῆς γεννήτριας, λέγονται *ἀγωγοὶ φάσεως*, ἐνῶ ὁ τέταρτος, ποὺ εἶναι κοινὸς γιὰ ὅλους τοὺς καταναλωτὲς καὶ συνδέεται μὲ τὸν οὐδέτερο κόμβο τῆς γεννήτριας, λέγεται *οὐδέτερος ἀγωγός*.

Τὸ τριφασικὸ αὐτὸ σύστημα λέγεται *ἀστεροειδές*. Ἡ ὀνομασία αὐτὴ δικαιολογεῖται γιὰτὶ πράγματι τὰ τρία τυλιγμὰτα τῆς τριφασικῆς γεννήτριας ἔχουν συνδεθῇ ἔτσι, ὥστε νὰ σχηματίζουν ἓναν ἀστέρα, ὅπως φαίνεται ἀμέσως ἀπὸ τὸ σχῆμα 23·2 γ.

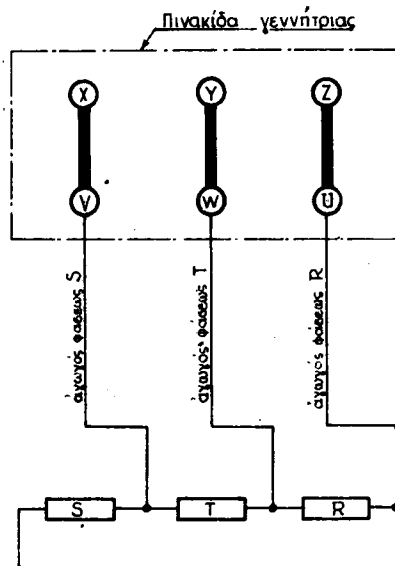


Σχ. 23·2 γ.

Μὲ τὸ ἀστεροειδές σύστημα, ὅπως εἶδαμε, ἐξοικονομοῦμε δύο ἀγωγοὺς ἀνάμεσα στὴ γεννήτρια καὶ στοὺς καταναλωτὲς (4 ἀντὶ 6).

Ὁ οὐδέτερος ἀγωγὸς O ἀπὸ τὸν ὁποῖο ἐπιστρέφουν στὴ γεννήτρια τὰ ρεύματα καὶ τῶν 3 φάσεων, δὲν εἶναι ἀνάγκη νὰ ἔχη

μεγαλύτερη διατομή από τους άλλους. Ἀντίθετα, σὲ πολλές ἐγκαταστάσεις, ὁ οὐδέτερος ἄγωγος ἔχει μικρότερη διατομή ἀπὸ ὅ,τι ἔχει κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς φάσεως. Τὸ γιὰ τὸ καταλαβαίνομε ἂν σκεφθοῦμε τὰ ἑξῆς: Ἄν οἱ καταναλώσεις ὅλων τῶν φάσεων εἶναι ἴσες μεταξύ τους, τότε τὸ ἄθροισμα τῶν τριῶν ρευμάτων ποὺ ἐπιστρέφουν ὅλα μαζὺ μέσα ἀπὸ τὸν οὐδέτερο ἄγωγὸ εἶναι σὲ κάθε στιγμή ἴσο πρὸς μηδέν, καὶ ἐπομένως δὲν χρειάζεται καὶ οὐδέτερος ἄγωγος. Ἄν, ὅμως, οἱ καταναλώσεις τῶν τριῶν φάσεων δὲν εἶναι ἴσες μεταξύ τους, ἂν δηλαδὴ ὑπάρχῃ ἀνομοιομορφία στὰ φορτία τῶν τριῶν φάσεων, τότε ὑπάρχει ρεῦμα στὸν οὐδέτερο ἄγωγό. Ἄν, ὅμως, ἡ ἀνομοιομορφία αὐτὴ δὲν εἶναι μεγάλη, τότε τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἶναι μικρὸ καὶ γι' αὐτὸ συνήθως ὁ οὐδέτερος ἄγωγος ἔχει τὴν μιστὴ διατομὴ ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς φάσεως.

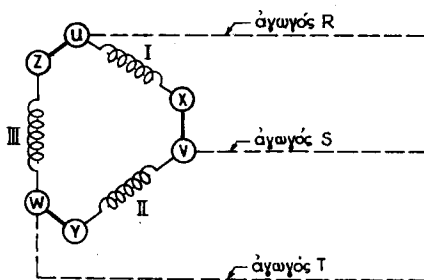


Σχ. 23·2 δ.

*Άλλο είδος ἀλληλένδετου τριφασικοῦ συστήματος εἶναι τὸ **τριγωνικὸ** (σχ. 23·2δ). Σ' αὐτό, τὸ τέλος τοῦ πρώτου τυλίγματος

ένώνεται μετὴν ἀρχὴν τοῦ δεύτερου, τὸ τέλος τοῦ δεύτερου μετὴν ἀρχὴν τοῦ τρίτου καὶ τὸ τέλος τοῦ τρίτου μετὴν ἀρχὴν τοῦ πρώτου.

Ἡ ὀνομασία αὕτῃ δικαιολογεῖται γιατί πράγματι τὰ τρία τυλίγματα τῆς τριφασικῆς γεννήτριας ἔχουν συνδεθῇ ἔτσι, ὥστε νὰ σχηματίζουν ἓνα τρίγωνο, ὅπως φαίνεται ἀμέσως ἀπὸ τὸ σχῆμα 23·2 ε.



Σχ. 23·2 ε.

Στὸ τριγωνικὸ σύστημα ὑπάρχουν μόνο τρεῖς ἄγωγοι ἀνάμεσα στὴ γεννήτρια καὶ τοὺς καταναλωτές. Οὐδέτερος ἄγωγός δὲν ὑπάρχει. Κάθε καταναλωτὴς συνδέεται ἀνάμεσα σὲ δύο ἄγωγούς φάσεως.

23·3 Τριφασικὰ δίκτυα.

Ὅπως εἶδαμε παραπάνω, ὅταν ἡ τριφασικὴ γεννήτρια ἔχη συνδεθῇ σὲ ἀστέρα, οἱ γραμμὲς τοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου ἀποτελοῦνται ἀπὸ 4 ἄγωγούς: τοὺς 3 ἄγωγούς φάσεως καὶ τὸν οὐδέτερο ἄγωγό.

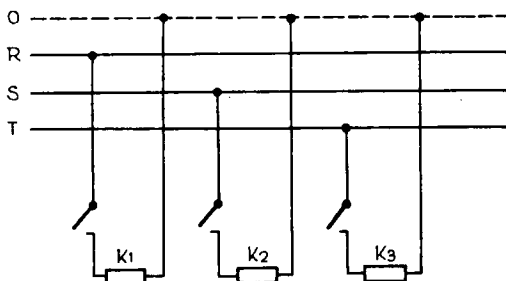
Σὲ ἓνα τέτοιο δίκτυο μποροῦν νὰ συνδεθοῦν καταναλωτὲς κατὰ δύο τρόπους:

α) Ἀνάμεσα στὸν οὐδέτερο ἄγωγό καὶ σ' ἓνα ἄγωγό φάσεως (σχ. 23·3 α). Στὴν περίπτωσι αὕτῃ, σὲ κάθε καταναλωτὴ ἐφαρμόζεται ἡ τάση ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ ἀντίστοιχο τύλιγμα τῆς

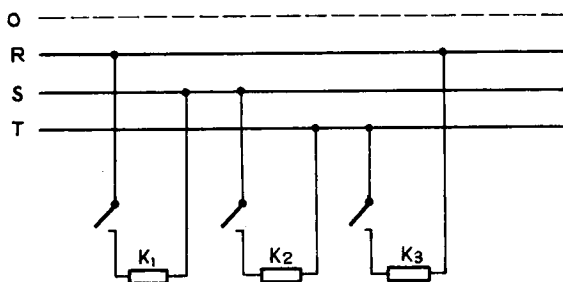
γεννήτριας. Ἡ τάση αὐτὴ λέγεται *φασικὴ τάση* (Σύμβολο U_ϕ).

β) Ἀνάμεσα σὲ δύο ἀγωγοὺς φάσεως (σχ. 23·3 β). Στὴν περίπτωση αὐτὴ σὲ κάθε καταναλωτὴ ἐφαρμόζεται ἡ τάση ποὺ ἀναπτύσσεται σὲ δύο τυλίγματα τῆς γεννήτριας. Ἡ τάση αὐτὴ λέγεται *πολικὴ τάση* (Σύμβολο U_π).

Ὡστε, σὲ κάθε τριφασικὸ δίκτυο 4 ἀγωγῶν, διακρίνομε δύο εἰδῶν τάσεις: Τὴν φασικὴ τάση, ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στὸν οὐδέτερο καὶ σὲ ἕνα ἀγωγὸ φάσεως, καὶ τὴν πολικὴ τάση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα σὲ δύο ἀγωγοὺς φάσεως (σχ. 23·3 γ).



Σχ. 23·3 α.



Σχ. 23·3 β.

Ἡ πολικὴ τάση εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν φασικὴ, ἐπειδὴ ἀναπτύσσεται ἀπὸ δύο τυλίγματα τῆς γεννήτριας. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ πολικὴ τάση εἶναι 1,73 φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν φασικὴ τάση, δηλαδή :

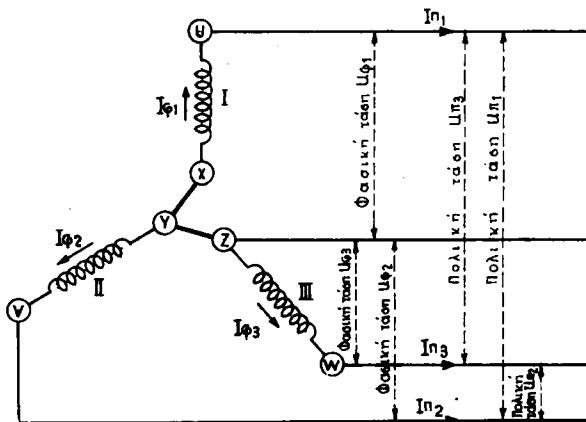
$$U_{\pi} = 1,73 \cdot U_{\phi}.$$

Αν π.χ. κάθε τύλιγμα τῆς γεννήτριας ἀναπτύσσει τάση 220 V τότε εἶναι :

$$U_{\phi} = 220 \text{ V, καὶ}$$

$$U_{\pi} = 1,73 \cdot 220 \text{ V} = 380 \text{ V.}$$

Συνήθως στὰ τριφασικά δίκτυα μὲ 4 ἀγωγούς συνδέονται μο-



Σχ. 23·3 γ.

νοφασικοί καταναλωτές φωτισμοῦ στὴν φασική τάση καὶ τριφασικοί καταναλωτές κινήσεως στὴν πολικὴ τάση (σχ. 23·3 δ).

Ἡ ἔνταση ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸ τύλιγμα τῆς γεννήτριας λέγεται *φασικὴ ἔνταση* (I_{ϕ}). Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς φάσεως τοῦ δικτύου λέγεται *πολικὴ ἔνταση* (I_{π}). Στὴν περίπτωση γεννήτριας ποὺ τὰ τυλίγματα τῆς συνδέονται σὲ ἀστέρα, ἡ φασικὴ ἔνταση ἰσοῦται μὲ τὴν πολικὴ (σχ. 23·3 γ).

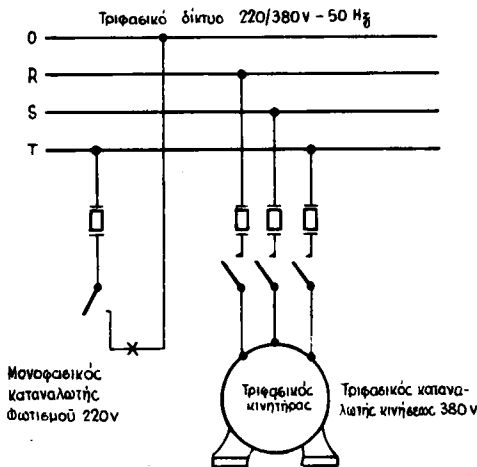
$$I_{\pi} = I_{\phi}.$$

Αὐτὸ εἶναι φανερό, γιατί, στὴν περίπτωση αὐτή, κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τοῦ δικτύου συνδέεται σὲ ἓνα τύλιγμα τῆς γεννήτριας καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα περνᾷ σὲ σειρὰ ἀπὸ τὸ τύλιγμα στὸν ἀγωγό.

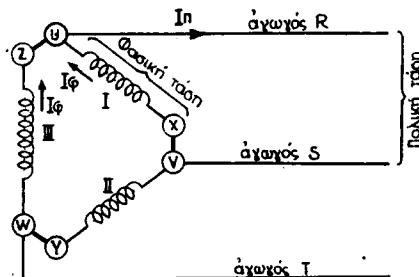
Αν τα τυλίγματα της γεννήτριας είναι ένωμένα σε τρίγωνο, τότε δεν υπάρχει ουδέτερος άγωγός και τότε οι καταναλωτές μπορούν να συνδεώνται μόνο μεταξύ των άγωγων φάσεως.

Στην περίπτωση αυτή (σχ. 23.3 ε) η πολική τάση είναι ίση με την φασική:

$$U_{\pi} = U_{\phi}.$$



Σχ. 23.3 δ.



Σχ. 23.3 ε.

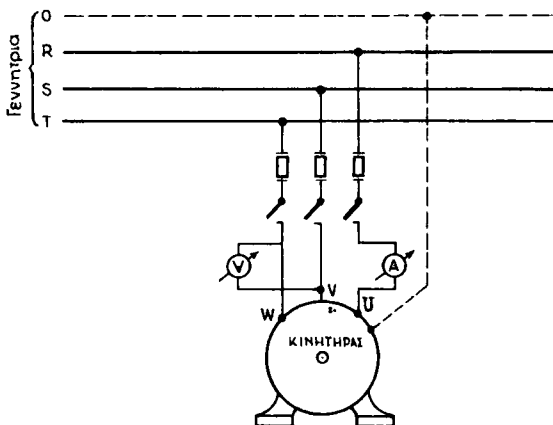
Επειδή όμως το ρεύμα, που δίνει η γεννήτρια σε ένα άγωγό της γραμμής, προέρχεται από δύο τυλίγματα της, η πολική έντα-

ση είναι μεγαλύτερη από την φασική ένταση και μάλιστα, όπως αποδεικνύεται θεωρητικά, κατά 1,73 φορές :

$$I_{\pi} = 1,73 \cdot I_{\phi}.$$

23·4 Ίσχυς τριφασικού συστήματος.

Όταν οι καταναλωτές που συνδέονται σε κάθε φάση ενός τριφασικού συστήματος είναι μεταξύ τους ίσοι, τότε λέμε ότι φορτίζουν το δίκτυο συμμετρικά.



Σχ. 23·4 α.

Η περίπτωση αυτή παρουσιάζεται π.χ. όταν ο καταναλωτής είναι τριφασικός κινητήρας.

Στην περίπτωση αυτή οι 3 πολικές εντάσεις στους 3 άγωγους φάσεως της γραμμής είναι μεταξύ τους ίσες και η ένταση του ρεύματος στον ουδέτερο άγωγό (αν υπάρχει τέτοιος) είναι μηδενική.

Όταν η φόρτιση που προκαλεί ένας τριφασικός καταναλωτής είναι συμμετρική, μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ που καταναλίσκει, αν μετρήσουμε την τάση μεταξύ δύο άγωγών φά-

σεως, την ένταση του ρεύματος σέ ένα οποιοδήποτε από τους άγωγούς φάσεως καί τὸ συν φ τοῦ καταναλωτῆ.

Ἡ ἰσχύς αὐτῇ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὸν τύπο :

$$N = 1,73 U_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \text{συν } \varphi.$$

(8)

εἶναι δὲ ἡ συνολικὴ ἰσχύς ποὺ παραλαμβάνει ὁ καταναλωτὴς καί ἀπὸ τὶς τρεῖς φάσεις τοῦ δικτύου. Ἡ ἰσχύς ποὺ παραλαμβάνει ἀπὸ τὴν μιὰ μόνο φάση εἶναι, φυσικά, τὸ ἓνα τρίτο αὐτῆς ποὺ δίνει ὁ τύπος (8).

23·5 Τριφασικοὶ καταναλωτές.

Οἱ τριφασικοὶ καταναλωτὲς εἶναι ἐφοδιασμένοι μὲ τρεῖς ἀκροδέκτες, γιὰ νὰ συνδέωνται καί μὲ τοὺς τρεῖς ἀγωγούς φάσεως τῶν τριφασικῶν δικτύων. Βασικά ἓνας τριφασικὸς καταναλωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ 3 μονοφασικοὺς καταναλωτὲς οἱ ὁποῖοι εἶναι ἐνωμένοι μεταξύ τους ἢ σὲ ἀστέρα ἢ σὲ τρίγωνο.

Ἡ σύνδεση αὐτῇ τῶν καταναλωτῶν μεταξύ τους δὲν ἔχει καμμιά σχέση μὲ τὴν σύνδεση τῶν τυλιγμάτων τῆς γεννήτριας, ποὺ τροφοδοτεῖ τὸ δίκτυο.

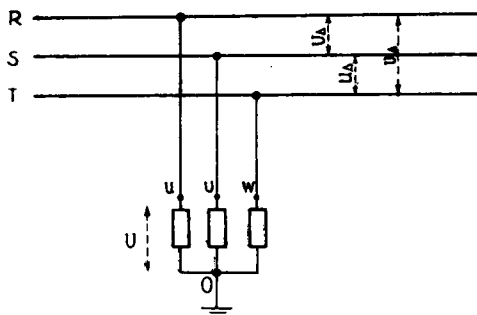
Ἐνας τριφασικὸς καταναλωτὴς λέγεται *συμμετρικὸς* ὅταν, οἱ τρεῖς μονοφασικοὶ καταναλωτὲς ποὺ τὸν ἀποτελοῦν, εἶναι μεταξὺ τους ἴσοι.

Ὅταν θέλωμε νὰ συνδέσωμε στὸ δίκτυο ἓνα τριφασικὸ καταναλωτὴ, δὲν εἶναι ἀνάγκη νὰ μάθωμε ἂν τὰ τυλιγμάτων τῆς γεννήτριας εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους σὲ ἀστέρα ἢ σὲ τρίγωνο, ἀρκεῖ μόνο νὰ ξέρωμε τὴν τάση ποὺ ὑπάρχει ἀνάμεσα στοὺς ἀγωγούς τοῦ δικτύου.

Τὸ σχῆμα 23·5 α δείχνει τὴν σύνδεση ἑνὸς τριφασικοῦ καταναλωτῆ σὲ τριφασικὸ δίκτυο, ποὺ ἡ πολικὴ του τάση ἄς ποῦμε πὼς εἶναι U_{Δ} .

Ὁ καταναλωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία τμήματα ποὺ εἶναι ἐνωμένα σὲ ἀστέρα.

Τὸ κοινὸ σημεῖο τῶν τριῶν τμημάτων τοῦ καταναλωτῆ ἀποτελεῖ τὸν οὐδέτερο κόμβο του. Ἄν ὁ τριφασικὸς καταναλωτὴς εἶναι συμμετρικὸς, σὲ κάθε τμήμα του ἐφαρμόζεται τάση U ποὺ



Σχ. 23·5 α.

εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν τάση τοῦ δικτύου καὶ μάλιστα εἶναι ἴση μὲ:

$$U = \frac{U_d}{1,73}$$

Ἄν π.χ. ἡ πολικὴ τάση τοῦ δικτύου εἶναι 127 V, σὲ κάθε τμήμα τοῦ καταναλωτῆ ἐφαρμόζεται τάση:

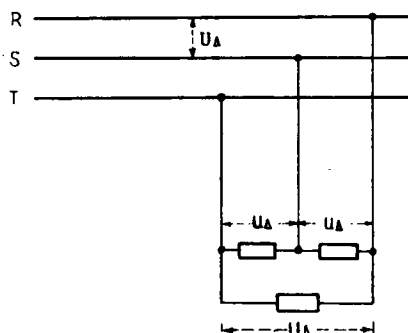
$$U = \frac{127 \text{ V}}{1,73} \simeq 73,3 \text{ V.}$$

Ἡ τάση αὕτη εἶναι ἡ μεγαλύτερη ποὺ μπορεῖ νὰ παρουσιασθῇ μεταξὺ οἰοιοδήποτε σημείου τοῦ καταναλωτῆ καὶ τοῦ οὐδέτερου του κόμβου. Ἄν ὁ οὐδέτερος κόμβος τοῦ καταναλωτῆ εἶναι προσγειωμένος, αὕτη εἶναι ἡ μεγαλύτερη τάση ποὺ μπορεῖ νὰ παρουσιασθῇ μεταξὺ οἰοιοδήποτε τμήματος τοῦ καταναλωτῆ καὶ τοῦ ἐδάφους. Ἄν δὲν προσγειώσωμε τὸν οὐδέτερο κόμβο τοῦ καταναλωτῆ καὶ φαντασθοῦμε ὅτι ἀπὸ ἓνα τυχαῖο λόγος, π.χ. ἀπὸ ἐλαττωματικὴ μόνωση, ἔρχεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸ ἔδαφος τὸ ἄκρο U τοῦ

καταναλωτῇ, τότε ἀνάμεσα στὸ ἔδαφος καὶ στὸ ἄκρο V, ὅπως καὶ στὸ ἄκρο W τοῦ καταναλωτῇ, ἐφαρμόζεται ὁλόκληρη ἡ τάση U_{Δ} τοῦ δικτύου, δηλαδή, στὸ παράδειγμά μας, ἡ τάση τῶν 127 V.

Γι' αὐτὸ τὸ λόγο, συνήθως προσγειώνομε τὸν οὐδέτερο κόμβο τῶν τριφασικῶν καταναλωτῶν. Ἔτσι ἡ μεγαλύτερη τάση ποὺ μπορεῖ νὰ παρουσιασθῇ ἀνάμεσα στὸ ἔδαφος καὶ σὲ ὁποιοδήποτε σημεῖο τοῦ καταναλωτῇ δὲν εἶναι πιὰ ἡ πολικὴ τάση τοῦ δικτύου ἀλλὰ ἡ φασικὴ, ποὺ εἶναι 1,73 φορές μικρότερη. Τὰ ἄτομα ποὺ ἔρχονται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸν καταναλωτῇ κινδυνεύουν ἔτσι λιγότερο.

Τὸ σχῆμα 23·5 β δείχνει τὴν σύνδεση ἑνὸς τριγωνικοῦ καταναλωτῇ σὲ τριφασικὸ δίκτυο.



Σχ. 23·5 β.

Σὲ κάθε τμήμα τοῦ τριφασικοῦ καταναλωτῇ ἐφαρμόζεται ὁλόκληρη ἡ πολικὴ τάση τοῦ δικτύου. Οὐδέτερος κόμβος δὲν ὑπάρχει φυσικὰ στὴν περίπτωση τριγωνικοῦ καταναλωτῇ.

23·6 Ἀριθμητικὲς ἐφαρμογές.

1) Ἕνας τριφασικὸς κινητήρας συνδέεται σὲ δίκτυο 220/380 V. Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος σὲ κάθε ἄγωγὸ φάσεως εἶναι 18 A (σχ. 23·6 α). Ποιὰ εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ κινητήρα, ἂν ὁ συντελεστῆς ἰσχύος του εἶναι $\cos \varphi = 0,7$;

Ἀπὸ τὸν τύπο (8) βρίσκουμε ὅτι:

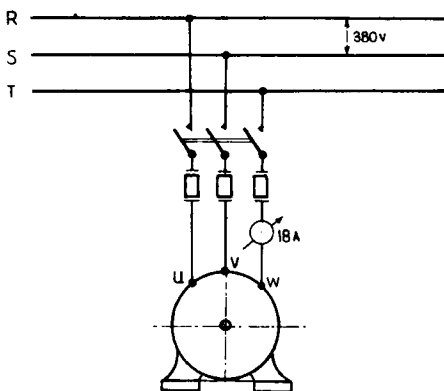
$$N = 1,73 \cdot 380 \text{ V} \cdot 18 \text{ A} \cdot 0,7 = 8\,300 \text{ W},$$

$$\text{δηλαδή } N = 8,3 \text{ kW}.$$

2) Ἄν ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τοῦ κινητήρα τῆς προηγούμενης ἐφαρμογῆς γίνη συν $\varphi = 1$ καὶ ὁ κινητήρας ἐξακολουθῇ νὰ καταναλίσκη τὴν ἴδια ἰσχύ 8,3 kW, πόση θὰ εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος σὲ κάθε ἀγωγὸ φάσεως;

Ὁ τύπος (8) στὴν περίπτωσιν αὕτὴ γράφεται ἔτσι:

$$8\,300 \text{ W} = 1,73 \cdot 380 \text{ V} \cdot I \cdot 1.$$



Σχ. 23·6 α.

Λύνοντας τὴν ἐξίσωσιν αὕτὴ ὡς πρὸς I , βρίσκουμε ὅτι:

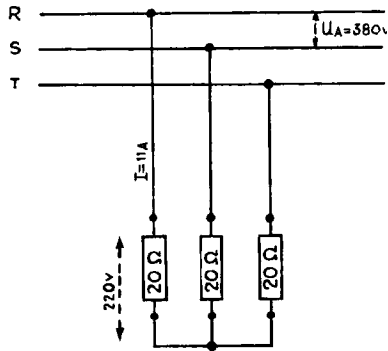
$$I = \frac{8\,300 \text{ W}}{1,73 \cdot 380 \text{ V} \cdot 1} = \frac{8\,300 \text{ W}}{660 \text{ V}} = 12,6 \text{ A}.$$

Γιὰ τὴν ἴδια ἰσχύ, κάθε καταναλωτὴς χρειάζεται τόσο μικρότερη ἔνταση ὅσο μεγαλύτερο συν φ παρουσιάζει.

3) Σὲ τριφασικὸ δίκτυο 380 V συνδέονται 3 ὁμικῆς ἀντιστάσεις τῶν 20Ω ἐνωμένες σὲ ἀστέρα (σχ. 23·6 β).

Νὰ εὑρεθοῦν: α) ἡ τάση ποὺ ἐφαρμόζεται σὲ κάθε ἀντίσταση, β) ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ κάθε ἀντίσταση,

γ) η ένταση του ρεύματος που περνά από τους συνδετικούς άγωγους, δ) η ισχύς που καταναλίσκεται σε κάθε αντίσταση, και ε) η ισχύς που δίνει το δίκτυο και στις 3 αντιστάσεις:



Σχ. 23·6 β.

Απαντήσεις:

$$\alpha) \quad U = \frac{U_A}{1,73} = \frac{380 \text{ V}}{1,73} = 220 \text{ V}.$$

β) Από τον νόμο του Ωμ βρίσκεται άμέσως ότι:

$$I = \frac{220 \text{ V}}{20 \Omega} = 11 \text{ A}.$$

γ) Η ένταση του ρεύματος σε κάθε συνδετικό άγωγό είναι δση και σε κάθε αντίσταση, δηλαδή 11 A.

$$\delta) \quad N_1 = 220 \text{ V} \cdot 11 \text{ A} = 2\,420 \text{ W}.$$

ε) Η ισχύς που καταναλίσκουν και οι τρεις καταναλωτές είναι φυσικά τριπλάσια από την ισχύ που καταναλίσκει ο ένας καταναλωτής, δηλαδή ίση προς:

$$N = 3 \cdot 2\,420 \text{ W} = 7\,260 \text{ W}.$$

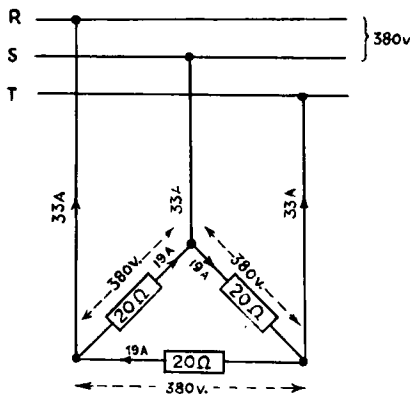
Η ισχύς αυτή μπορεί να υπολογισθῇ και με τον τύπο (8):

$$N = 1,73 \cdot 380 \text{ V} \cdot 11 \text{ A} \cdot 1 = 7\,260 \text{ W}.$$

4) Να εῦρεθοῦν τὰ ἴδια στοιχεῖα ὅπως στὴν ἐφαρμογὴ (3), ἀν

οί τρεῖς ὠμικοὶ καταναλωτὲς συνδεθοῦν σὲ τρίγωνο (σχ. 23·6 γ).

α) Ἡ τάση ποὺ ἐφαρμόζεται σὲ κάθε καταναλωτὴ εἶναι ἡ πολικὴ τάση τοῦ δικτύου, δηλαδὴ 380 V.



Σχ. 23·6 γ.

$$\beta) I_1 = \frac{380 \text{ V}}{20 \Omega} = 19 \text{ A.}$$

$$\gamma) I = 1,73 \cdot I_1 = 1,73 \cdot 19 \text{ A} = 33 \text{ A.}$$

$$\delta) N_1 = 380 \text{ V} \cdot 19 \text{ A} = 7\,220 \text{ W.}$$

$$\epsilon) N = 3 \cdot 7\,220 \text{ W} = 21\,660 \text{ W, ἢ}$$

$$N = 1,73 \cdot 380 \text{ V} \cdot 33 \text{ A} \cdot 1 = 21\,660 \text{ W.}$$

5) Σὲ ἓνα ἐργοστάσιο παρέχεται τριφασικὸ ρεῦμα 127/220 V, μὲ τὸ ὁποῖο τροφοδοτοῦνται:

$$\alpha) 1 \text{ τριφασικὸς κινητήρας } 220 \text{ V, } 6,4 \text{ A, συν } \varphi = 0,78.$$

$$\beta) 1 \text{ » » } 220 \text{ V, } 10,5 \text{ A, » } = 0,80.$$

$$\gamma) 1 \text{ » » } 220 \text{ V, } 22,5 \text{ A, » } = 0,85.$$

$$\delta) 1 \text{ μονοφασικὸς » } 220 \text{ V, } 5,2 \text{ A, » } = 0,75.$$

$$\epsilon) 6 \text{ λυχνίες φωτισμοῦ τῶν } 500 \text{ W καὶ } 220 \text{ V.}$$

$$\zeta) 3 \text{ » » } 100 \text{ W » } 127 \text{ V.}$$

$$\eta) 75 \text{ » » } 40 \text{ W » } 127 \text{ V.}$$

Ζητοῦνται: πόση εἶναι ἡ ἰσχύς ποὺ καταναλίσκεται α) γιὰ κίνηση, β) γιὰ φωτισμό, καὶ γ) συνολικά:

$$\alpha) 1,73 \cdot 220 \cdot 6,4 \cdot 0,78 = 1\,900 \text{ W.}$$

$$\beta) 1,73 \cdot 220 \cdot 10,5 \cdot 0,80 = 3\,200 \text{ W.}$$

$$\gamma) 1,73 \cdot 220 \cdot 22,5 \cdot 0,85 = 7\,300 \text{ W.}$$

$$\delta) 220 \cdot 5,2 \cdot 0,75 = 860 \text{ W.}$$

$$\text{*\textbf{Αθροισμα} } \quad 13\,260 \text{ W.}$$

$$\epsilon) 6 \cdot 500 = 3\,000 \text{ W.}$$

$$\zeta) 3 \cdot 100 = 300 \text{ W.}$$

$$\eta) 75 \cdot 40 = 3\,000 \text{ W.}$$

$$\text{*\textbf{Αθροισμα} } \quad 6\,300 \text{ W.}$$

$$\text{*\textbf{Ωστε: Ισχύς για κίνηση} = 13,26 \text{ kW:}$$

$$\text{*\textbf{» » φωτισμό} = 6,30 \text{ »}}$$

$$\text{*\textbf{Συνολική Ισχύς} } \quad 19,56 \text{ kW.}$$

23.7 'Ανακεφαλαίωση.

α) Το τριφασικό ρεύμα αποτελείται από 3 μονοφασικά ρεύματα, που έχουν την ίδια ένδεικνυμένη τιμή, την ίδια συχνότητα, είναι όμως μετατοπισμένα μεταξύ τους κατά 120° .

β) 'Αλληλένδετα τριφασικά συστήματα είναι τα άστεροειδή και τα τριγωνικά.

γ) Οί τριφασικές γραμμές έχουν 3 άγωγους φάσεως.

Πολλές τριφασικές γραμμές, όταν ή γεννήτρια που τις τροφοδοτεί είναι συνδεδεσολογημένη σε άστέρα, έχουν επί πλέον και ένα ουδέτερο άγωγό.

δ) Πολική τάση είναι ή τάση που υπάρχει ανάμεσα σε δυό άγωγους φάσεως.

ε) Φασική τάση είναι ή τάση που υπάρχει ανάμεσα στον ουδέτερο άγωγό και έναν άγωγό φάσεως.

ζ) Η πολική τάση είναι 1,73 φορές μεγαλύτερη από την φασική τάση.

η) Οί τριφασικοί καταναλωτές αποτελούνται από 3 τμήματα που μεταξύ τους είναι ένωμένα είτε σε άστέρα είτε σε τρίγωνο.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι

Τὰ κύρια ηλεκτρικά μεγέθη καὶ οἱ μονάδες τους

Αἰ. 'Αρ.	Μέγεθος		Βασικὴ Μονάδα		Παράγραφος δου δρίζεται
	Όνομασία	Σύμ- βολο	Όνομασία	Σύμ- βολο	
1	Ἡλεκτρικὸ φορτίο	Q	κουλόμ	coul	3·7
2	Ἡλεκτρικὴ τάση	U	βόλτ	V	3·8
3	Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη	E	βόλτ	V	4·3
4	Ένταση ρεύματος	I	ἄμπέρ	A	5·3
5	Ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση	R	ὦμ	Ω	6·1-6·2
6	Ίσχυς	N	βάττ	W	13·2-13·3
7	Έργο	A	βαττώριο, ὠ- ριατο βάττ	Wh	13·6
8	Αὐτεπαγωγή	L	ἄνρ	H	19·1-19·2
9	Χωρητικότητα	C	φαράντ	F	20·2
10	Συχνότητα	f	χέρτς ἢ περίο- δοι ἀνά sec	Hz ἢ c/s	21·2

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι

Οἱ ηλεκτροτεχνικοὶ τύποι ποὺ ἀναφέρονται στὸ κείμενο

Αἰ. 'Αριθμός	Τύπος	Παράγραφος δου ἀναφέρεται	Αἰ. 'Αριθμός	Τύπος	Παράγραφος δου ἀναφέρεται
1-α	$I = \frac{U}{R}$	7·3	3	$N = U \cdot I$	13·2
1-β	$U = R \cdot I$	7·4	4	$A = N \cdot t$	13·6
1-γ	$R = \frac{U}{I}$	7·4	5	$I = 0,707 \cdot I_0$	21·2
2-α	$R = \rho \frac{l}{S}$	8·4	6	$I_0 = 1,414 \cdot I$	21·2
2-β	$l = \frac{R \cdot S}{\rho}$	8·4	7	$N = U \cdot I \cdot \text{συνφ}$	22·6
2-γ	$S = \frac{\rho \cdot l}{R}$	8·4	8	$N = 1,73 \cdot U_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \text{συνφ}$	23·4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι Ι

Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια βασικῶν μονάδων

Πρόθεσμα	Σύμβολο	Συντελεστής με τὸν ὅποιο πολλαπλασιάζεται ἡ βασικὴ μονάδα
Τετρα	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
Γιγα (ἢ Γκιγκα)	G	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
Μεγα (Μεγγα)	M	$10^6 = 1\,000\,000$
Κιλο	k	$10^3 = 1\,000$
Ἑκατο	h	$10^2 = 100$
Δεκα	D	$10^1 = 10$
Δεκατο (ἢ deci)	d	$10^{-1} = 0,1$
Ἑκατοστο (ἢ centi)	c	$10^{-2} = 0,01$
Χιλιοστο (ἢ milli)	m	$10^{-3} = 0,001$
Μικρο	μ	$10^{-6} = 0,000\,001$
Νανο	n	$10^{-9} = 0,000\,000\,001$
Πικο	p	$10^{-12} = 0,00\,0000\,000\,001$

Παραδείγματα :

$$1\text{ M}\Omega = 1\text{ Μεγγὼμ} = 1\,000\,000\,\Omega$$

$$1\text{ kW} = 1\text{ Κιλοβάττ} = 1\,000\text{ W}$$

$$1\text{ cm} = 1\text{ ἑκατοστόμετρο} = 0,01\text{ m}$$

$$1\text{ mA} = 1\text{ μιλλιαμπέρ} = 0,001\text{ A}$$

$$1\text{ }\mu\text{coul} = 1\text{ μικροκουλὼμ} = 0,000\,001\text{ coul}$$

$$1\text{ pF} = 1\text{ πικοφαράντ} = 0,000\,000\,000\,001\text{ F}$$

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι V
Τριγωνομετρικὲς συναρτήσεις

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
φ	ημφ	συνφ	εφφ	σφφ	φ	ημφ	συν φ	εφφ	σφφ
0°	0,000	1,000	0,000	∞	45°	0,707	0,707	1,000	1,000
5°	0,087	0,996	0,088	11,430	50°	0,766	0,643	1,192	0,839
10°	0,174	0,985	0,176	5,671	55°	0,819	0,574	1,428	0,700
15°	0,259	0,966	0,268	3,732	60°	0,866	0,500	1,732	0,577
20°	0,342	0,940	0,364	2,747	65°	0,906	0,423	2,145	0,466
25°	0,423	0,906	0,466	2,145	70°	0,940	0,342	2,747	0,364
30°	0,500	0,866	0,577	1,732	75°	0,966	0,259	3,732	0,268
35°	0,574	0,819	0,700	1,428	80°	0,985	0,174	5,671	0,176
40°	0,643	0,766	0,839	1,192	85°	0,996	0,087	11,430	0,087
45°	0,707	0,707	1,000	1,000	90°	1,000	0,000	∞	0,000

Π Ι Ν Α Κ Α Σ V
Ειδικὰ βάρη στερεῶν σωμάτων

Σῶμα	Ειδικὸ βάρος (g/cm ³)	Σῶμα	Ειδικὸ βάρος (g/cm ³)	Σῶμα	Ειδικὸ βάρος (g/cm ³)
Ἀλουμίνιο	2,6	Μπετόν	1,80 - 2,45	Φελλὸς	0,24
Ἀργυρος	10,42 - 10,53	Ὀρείχαλκος	8,4 - 8,7	Χαλίκια	1,8 - 2,0
Βολφράμιο	19,1	Πλατίνα	21,15	Χάλυθας	7,85 - 7,87
Γυαλί	2,4 - 3,9	Πορσελλάνη	2,3 - 2,5	Χαρτί	0,7 - 1,1
Καουτσούκ	0,92 - 0,96	Σιδηρος	7,85	Χρυσάφι	19,33
Κασσίτερος	7,2	Τοῦβλα	1,4 - 1,6	Χυτοσίδηρος	7,25
Μάρμαρο	2,02 - 2,85	Τσίγκος	6,86		
Μολύβι	11,25 - 11,37	Τσιμέντα	0,82 - 1,95		

Π Ι Ν Α Κ Α Σ VI
Ειδικά βάρη υγρών σωμάτων

Σώμα	Ειδικό βάρος (g/cm ³)	σε θερμοκρασία (°C)
Βενζίνη	0,68 έως 0,70	15
Θειϊκό βξύ (πυκνό)	1,89	15
Οινόπνευμα (καθαρά)	0,79	15
Όρυκτέλαια	0,90 έως 0,93	20
Πετρέλαια (για νηζελομηχανές)	0,88	20
» (φωτιστικά)	0,79 έως 0,82	15
Υδράργυρος	13,60	0

Π Ι Ν Α Κ Α Σ VII
Διατομές, βάρη και αντίστασεις χαλκίνων συρμάτων
σε θερμοκρασία 20° C

1	2	3	4	5	6
Διάμετρος (mm)	Διατομή (mm ²)	Βάρος (kg/km)	Αντίσταση (Ω/km)	Μήκος του σύρματος που έχει βάρος 1 kg (m/kg)	Μήκος του σύρματος που έχει αντίσταση 1 Ω (m/Ω)
0,6	0,283	2,52	61,9	397	16,2
0,8	0,503	4,47	34,8	224	28,7
0,9	0,636	5,66	27,4	176	36,5
1,0	0,785	6,99	22,3	143	44,8
1,2	1,131	10,07	15,5	100	64,5
1,3	1,348	12,00	13,0	83	76,9
1,4	1,539	13,70	11,4	73	87,7
1,5	1,767	15,73	9,94	64	101
1,8	2,54	22,6	6,91	44,2	145
2,0	3,14	28,0	5,58	35,9	179
2,5	4,91	43,7	3,58	29,6	280
3,0	7,07	62,9	2,48	15,9	403
4,0	12,57	111,8	1,39	8,95	720
5,0	19,63	174,8	0,89	5,72	1120

Π Ι Ν Α Κ Α Σ VIII

Ἐπιτρεπόμενες ἐντάσεις ρεύματος σὲ χάλκινους ἀγωγούς
(Ἰσχύει ὅταν ἡ θερμοκρασία τῶν χώρων στοὺς ὁποίους τοπο-
θετοῦνται οἱ ἀγωγοὶ εἶναι 30° C)

(Βλ. καὶ σελίδα 134)

Ὀνομαστι- κὴ διατομή (mm ²)	Ἐπιτρεπόμενη ἐνταση (σὲ ἀμπέρ)			<i>Παρατηρήσεις :</i>
	Ὁμάδα I	Ὁμάδα II	Ὁμάδα III	
0,75	9	15	7	1.— Στὴν ὁμάδα I ἀνήκουν ἀγωγοὶ τοποθετημένοι μέσα σὲ σωλήνα χωνευτὸ ἢ δρατὸ. Οἱ ἀριθμοὶ τοῦ πίνακα ἰσχύουν ἐφ' ὅσον μέσα στὸν ἴδιο σωλήνα βρίσκονται 3 τὸ πολὺ ἀγωγοί, ἀπὸ τοὺς ὁποίους περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.
1	11	18	9	
1,5	14	22	10	
2,5	20	31	15	
4	25	41	20	
6	33	54	26	
10	43	70	35	2.— Στὴν ὁμάδα II ἀνήκουν τὰ μονοπολικὰ καλώδια ἢ οἱ μονοπολικοὶ ἀγωγοί, ποὺ χρησιμοποιοῦνται σὲ δρατὲς ἐγκαταστάσεις.
16	60	96	48	
25	83	128	65	
35	100	153	78	
50	127	197	100	
70	147	234	—	
95	181	287	—	3.— Στὴν ὁμάδα III ἀνήκουν τὰ καλώδια ποὺ χρησιμεύουν γιὰ τὴ σύνδεση φορητῶν ἢ κινητῶν συσκευῶν. Οἱ ἀγωγοὶ τοῦ πίνακα ἰσχύουν ἐφ' ὅσον στὸ ἴδιο κορδόνι δὲν βρίσκονται περισσότεροι ἀπὸ 3 ἀγωγοί, ἀπὸ τοὺς ὁποίους νὰ περνᾷ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.
120	208	336	—	
150	238	383	—	
185	266	435	—	
240	310	515	—	
300	355	596	—	
400	—	710	—	
500	—	810	—	

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Χ

**Ἀντιστοιχία ανάμεσα στην ἔνταση καὶ στην ἰσχύ ἡλεκτρικοῦ
ρεύματος.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ἰσχύς σε KW	Συν. ρεῦμα		Μονοφασικὸ ρεῦμα				Τριφασικὸ ρεῦμα			
	110V	220V	125 V		220 V		220 V		380 V	
			συνφ	συνφ	συνφ	συνφ	συνφ	συνφ	συνφ	συνφ
			=-1	=0,8	=-1	=0,8	=-1	=0,8	=-1	=0,8
1,0	9,1	4,55	8,0	10,0	4,55	5,69	2,63	3,28	1,54	1,90
1,1	10,0	5,00	8,8	11,0	5,00	6,25	2,88	3,65	1,67	2,09
1,2	10,9	5,45	9,6	12,0	5,45	6,82	3,14	3,92	1,82	2,28
1,3	11,8	5,91	10,4	13,0	5,91	7,38	3,41	4,26	1,97	2,47
1,4	12,7	6,36	11,2	14,0	6,36	7,95	3,67	4,60	2,12	2,66
1,5	13,6	6,82	12,0	15,0	6,82	8,53	3,94	4,92	2,28	2,85
1,6	14,5	7,27	12,8	16,0	7,27	9,10	4,20	5,25	2,43	3,04
1,7	15,5	7,73	13,6	17,0	7,73	9,66	4,45	5,58	2,58	3,23
1,8	16,4	8,18	14,4	18,0	8,18	10,2	4,72	5,91	2,73	3,42
1,9	17,3	8,63	15,2	19,0	8,63	10,8	4,98	6,23	2,88	3,61
2,0	18,2	9,09	16,0	20,0	9,09	11,4	5,25	6,56	3,03	3,80
2,2	20,0	10,0	17,6	22,0	10,0	12,5	5,78	7,23	3,34	4,18
2,4	21,8	10,9	19,2	24,0	10,9	13,6	6,30	7,88	3,64	4,56
2,6	23,6	11,8	20,8	26,0	11,8	14,8	6,83	8,54	3,95	4,94
2,8	25,4	12,7	22,4	28,0	12,7	15,9	7,35	9,18	4,25	5,32

(συνεχίζεται)

(Συνέχεια του πίνακα από την προηγούμενη σελίδα).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ισχύς σε kW	Συν. ρεύμα		Μονοφασικό ρεύμα				Τριφασικό ρεύμα			
	110V	220V	125 V		220 V		220 V		380 V	
			συνφ =1	συνφ =0,8	συνφ =1	συνφ =0,8	συνφ =1	συνφ =0,8	συνφ =1	συνφ =0,8
3,0	27,3	13,6	24,0	30,0	13,6	17,0	7,87	9,85	4,55	5,70
3,2	29,1	14,5	25,6	32,0	14,5	18,2	8,40	10,5	4,85	6,08
3,4	30,9	15,4	27,2	34,0	15,4	19,3	8,93	11,1	5,16	6,47
3,6	32,8	16,4	28,8	36,0	16,4	20,4	9,45	11,8	5,46	6,85
3,8	34,6	17,3	30,4	38,0	17,3	21,6	9,96	12,4	5,77	7,22
4,0	36,4	18,2	32,0	40,0	18,2	22,8	10,5	13,1	6,07	7,61
4,5	40,9	20,4	36,0	45,0	20,4	25,6	11,8	14,7	6,83	8,56
5,0	45,5	22,7	40,0	50,0	22,7	28,4	13,1	16,4	7,58	9,51
5,5	50,0	25,0	44,0	55,0	25,0	31,3	14,4	18,0	8,35	10,4
6,0	54,6	27,3	48,0	60,0	27,3	34,1	15,7	19,7	9,11	11,4
6,5	59,1	29,5	52,0	65,0	29,5	36,9	17,1	21,3	9,86	12,4
7,0	63,6	31,8	56,0	70,0	31,8	39,8	18,4	23,0	10,6	13,3
7,5	68,2	34,1	60,0	75,0	34,1	42,6	19,7	24,6	11,4	14,2
8,0	72,8	36,4	64,0	80,0	36,4	45,5	21,0	26,2	12,1	15,2
8,5	77,3	38,6	68,0	85,0	38,6	48,3	22,2	27,9	12,9	16,1
9,0	81,8	40,9	72,0	90,0	40,9	51,1	23,6	29,5	13,6	17,1
9,5	86,4	43,2	76,0	95,0	43,2	54,0	25,0	31,1	14,4	18,1
10	90,9	45,5	80,0	100,0	45,5	56,9	26,2	32,8	15,2	19,0

Ε Υ Ρ Ε Τ Η Ρ Ι Ο

(Οί αριθμοί αναφέρονται σὲ σελίδες)

- Ἀγωγὸς 12
 > οὐδέτερος 268
 > φάσεως 268
 ἀδράνεια 208
 ἀλληλένδετο σύστημα 267
 ἄμπερ 46
 ἄμπερελίγματα 166
 ἄμπερόμετρος 48
 ἀνρὺ 203
 ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμη 101
 ἀντιοτάσεως μονάδες 53, 55
 ἀντίσταση εἰδική 63
 > ἐπαγωγικὴ 250
 > ἡλεκτρικὴ 12, 53, 55
 > ἰσοδύναμη 87
 > μαγνητικὴ 158
 > ρυθμιστικὴ 87
 > συνολικὴ 81
 > χωρητικὴ 248
 ἀπόδοση 113
 ἀρνητικὸ φορτίο 8, 9, 14
 ἀρνητικὸς πόλος 24
 ἀστερεοειδὲς σύστημα 269
 ἀσφάλεια 138
 ἀσφάλειας γεφύρωση 142
 ἄτομο 3
 αὐτεπαγωγὴ 199, 201
 αὐτεπαγωγῆς μονάδες 203.

 Βαθμὸς ἀποδόσεως 113
 βᾶττ 110
 βαττώριο 116
 βελόνα μαγνητικὴ 151
 βόλτ 17
 βολταμπέρ 257
 βολτόμετρο 17
 βόρειος πόλος 149
 βραχυκύκλωμα 96, 136.

 Γεννήτρια 29, 185, 186
 > τριφασικὴ 264
 γεφύρωση ἀσφαλειῶν 142
 γνώμονας ἡλεκτρικὸς 117
 γραμμὴ μαγνητικὴ 156, 158.

 Δεξιόστροφος κοχλίας (κανὼν τοῦ
 —) 165
 διηλεκτρικὸ 211
 διακλάδωση 71, 85
 διακόπτης 41
 > αὐτόματος 172
 > κομμιτᾶν 74
 > ὁμαδικὸς 74
 διάσπαση μονωτικοῦ 217
 δινορρεῦματα 196
 δυναμικοῦ διαφορὰ 19, 22

 Εἰδικὴ ἀντίσταση 63
 ἔλιγμα 166
 ἐναλλαγὴ 230
 ἐναλλακτικῆς 237
 ἐναλλασσόμενη τάση 237
 ἐναλλασσόμενο ρεῖμα 228
 ἐνδεικνυμένη τιμὴ 236, 241, 242
 ἐνέργεια 105
 ἐνέργεια κινητικὴ 209
 ἔνταση 46
 > βραχυκυκλώσεως 96
 > ἐπιτρεπομένη 134
 > ὀνομαστικὴ 140
 > πολικὴ 272
 > φασικὴ 272
 ἐντάσεως μονάδες 46, 47, 48
 ἐπαγωγὴ 183, 184, 187
 ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση 250
 ἐπαγωγικὸς καταναλωτὴς 249
 ἔργο ἡλεκτρικὸ 116
 ἔργου μονάδες 116

 Ζώνη οὐδέτερη 150

 Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη 25, 184, 192
 ἡλεκτρικὴ ιδιότητα 7
 ἡλεκτρικὴ πηγὴ 23
 ἡλεκτρικὸ ρεῦμα 36, 38, 39
 > στοιχεῖο 23, 24
 > φορτίο 7, 8, 9, 14
 ἡλεκτρισμὸς 22
 ἡλεκτροδίο 23
 ἡλεκτρολύτης 23
 ἡλεκτρολυτικὸς πυκνωτὴς 222, 223
 ἡλεκτρομαγνήτης 166

- ηλεκτρόνιο 4
 ηλεκτρόνιο ελεύθερο 11
 ηλεκτρονόμος 169
 ηλεκτροπληξία 62
 ηλεκτροχημικό στοιχείο 23
 ήμιαγωγός 13
 ήμιπερίοδος 2 0
 ήμιτονειδές ρεύμα 233

 Θερμοηλεκτρικό στοιχείο 29, 30
 θερμοσίφων 127
 θερμοστάτης 128
 θερμότητας μονάδες 125
 θετικό φορτίο 8, 9, 14
 θετικός πόλος 24
 θωράκιση 160

 Ίππος αγγλικός 112
 > μετρικός 111
 ισοδύναμη αντίσταση 87
 ισχύος μονάδες 110, 257
 ισχύς 107
 ισχύς ηλεκτρικού ρεύματος 109, 236, 256, 275
 ισχύς συσκευών 111
 ισχύς φαινομενική 257

 Κανόνας άριστερου χεριού 178
 > δεξιότροφου κοιλία 165
 > δεξιού χεριού 185
 καταμεριστής τάσεως 89
 καταναλωτής επαγωγικός 249
 > ηλεκτρικός 40
 > μονοφασικός 272
 > συμμετρικός 275
 > τριφασικός 272
 > χωρητικός 246
 > ωμικός 246
 κιλοαμπέρ 48
 κιλοβάττ 111
 κιλοβαττώριο 116
 κιλοβόλτ 18
 κιλοβολταμπέρ 257
 κιλοκαλορί 125
 κιλοχέρτς 232
 κιλοώμ 55
 κινητήρας ηλεκτρικός 179
 γινητική ενέργεια 209
 Κίρχωφ (πρόταση του —) 72
 κόμβος κυκλώματος 72
 κόμβων (πρόταση των —) 72
 κόρος μαγνητικός 173
 κουδοῦνι 168
 κουζίνα ηλεκτρική 129

 κουλόμ 14
 κύκλοι (ανά sec) 232
 κύκλωμα άνοιχτό 43
 > κλειστό 39, 40, 92.
 Λυχνία αΐγλης 205.

 Μαγνήτης 149
 > μόνιμος 153
 μαγνητική αντίσταση 158
 > βελόνα 151
 > γραμμή 156, 158
 > σύζευξη 193
 > πυξίδα 151
 μαγνητικό πεδίο 149, 155
 μαγνητικός κόρος 173
 > πόλος 149, 151, 158
 μαγνητισμός 149
 μεγαβόλτ 18
 megάκυκλος 232
 megαχέρτς 232
 megγώμ 55
 μεταβλητό ρεύμα 35
 μετασχηματιστής 195
 μετρητής ένεργείας 117
 μικροαμπέρ 47
 μικροανρὺ 203
 μικροβόλτ 18
 μικροκυλόμ 15
 μικροφαράντ 217
 μιλλιαμπέρ 47
 μιλλιανρὺ 203
 μιλλιβάττ 111
 μιλλιβόλτ 18
 μιλλικουλόμ 15
 μονάδες αντίστασεως 53, 55
 > αὐτεπαγωγῆς 203
 > εντάσεως 46, 47, 48
 > έργου 116
 > ηλεκτρικού φορτίου 14, 15
 > θερμότητας 125
 > ισχύος 110, 257
 > συχνότητας 231, 232
 > τάσεως 17, 18
 > χωρητικότητας 217
 μονωτήρας 12
 μόρια 3
 μπαταρία 101
 μπουζί 194.

 Ναυοφαράντ 217
 νετρόνιο 4
 νότιος πόλος 149.

 Όπλισμός ηλεκτρομαγνήτη 167

ουδέτερη ζώνη 150
 > κατάσταση 9, 3
 ουδετερόνιο 4
 ουδέτερος άγωγός 268
 > κόμβος 267, 276.

Παράλληλη σύνδεση 84
 πεδίο μαγνητικό 149, 155
 περιέλιξη πηνίου 164
 περίοδος 228, 230
 πηγή ηλεκτρική 23
 πηνίο 164
 πιεζοηλεκτρισμός 30
 πικοφαράντ 217
 πολική τάση 25, 93, 271
 πολλαπλασιαστής 194
 πόλος πηγής 23, 24
 > μαγνητικός 149, 151, 158
 ποτενοϊόμετρο 89
 πρόταση των κόμβων 72
 πρωτόνιο 4
 πτώση τάσεως 81
 πυκνωτής 211
 > ηλεκτρολυτικός 222, 223
 > μεταβλητός 220
 πυξίδα μαγνητική 151
 πυρήνας 4.
 > ηλεκτρομαγνήτη 166.

Ρεοστάτης έκκινήσεως 104.
 ρελαί 169
 ρεύμα 34, 36
 > έναλλασσόμενο 228
 > ηλεκτρικό 34, 37, 44
 > ήμιτονοειδές 233
 > μεταβλητό 35
 > μονοφασικό 265
 > συνεχές 35, 38, 39
 > τριφασικό 265
 ρυθμιστική αντίσταση 87
 ρωστήρας 169.

Σειρά (σύνδεση σε —) 79, 81
 σπινθηριστής 194
 στοιχείο 3
 > ηλεκτρικό 23, 24
 > θερμοηλεκτρικό 29, 30
 > φωτοηλεκτρικό 30
 σύζευξη μαγνητική 193
 συλλέκτης 182
 συμπυκνωτής 211
 συνεχές ρεύμα 35, 38
 συνημιτόνων πίναξ 258

σύρμα 63
 συσσωρευτής (φόρτιση του —) 101
 συστοιχία 98
 συχνότητα 231, 241
 συχνότητας μονάδες 231, 232
 σώματα άπλά 3
 > σύνθετα 4.

Τάση έναλλασσόμενη 237
 > επικίνδυνη 62
 > ηλεκτρική 15, 22
 > πολική 25, 93, 271
 > φασική 271
 τάσεως μονάδες 17, 18
 > πτώση 81
 Τζούλ (νόμος του —) 126
 > (φαινόμενο —) 123
 τριγωνικό σύστημα 269.

Υπερφόρτιση 107.

Φαινομενική ισχύς 257
 Φαράντ 217
 φάση 266
 φασική απόκλιση 248, 252, 255
 φορά ηλεκτρικού ρεύματος 37
 φορτίο ηλεκτρικό 7, 8, 9, 14
 > κινητήρων 107
 φορτίου μονάδες 14, 15
 φόρτιση πυκνωτή 212
 > συμμετρική 274
 > συσσωρευτή 101
 φωτοηλεκτρικό στοιχείο 30.

Χέρτς 231
 χιλιοαμπέρ 48
 χιλιοβάττ 111
 χιλιοβαττώριο 116
 χιλιοβόλτ 18
 χιλιοθερμίδα 125
 χιλιοκύκλος 232
 χιλιοχέρτς 232
 χωρητική αντίσταση 248
 χωρητικός καταναλωτής 246
 χωρητικότητα 217
 χωρητικότητας μονάδες 217.

Ψήκτρα 238.

Ωμ 53

> (νόμος του —) 59
 ώμικός καταναλωτής 246.

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ : ΓΡΑΦΙΚΑΙ ΤΕΧΝΑΙ "ΑΣΠΙΩΤΗ - ΕΛΚΑ" Α. Ε.

