



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ

ΤΟΜΟΣ Α΄



1954

**ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**  
**ΧΡΥΣΟΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ**

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

- 1.— *Μαθηματικά Α', Β'*
- 2.— *Φυσική Α', Β'*
- 3.— *Χημεία*
- 4.— *Μηχανική Α', Β', Γ'*
- 5.— *Μηχανουργική Τεχνολογία Α', Β'*
- 6.— *Ήλεκτρολογία Α', Β', Γ'*
- 7.— *Ραδιοτεχνία Α', Β'*
- 8.— *Εἰσαγωγή στην Τεχνική τῆς Τηλεφωνίας*
- 9.— *Ήλεκτρολογία Μηχανολόγου*
- 10.— *Εργαστηριακαὶ Ἀσκήσεις Ήλεκτρολογίας*
- 11.— *Εφηρμοσμένη Ήλεκτροχημεία*
- 12.— *Κινητήριαι Μηχαναὶ Α', Β'*
- 13.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*
- 14.— *Δομικὰ Ὑλικὰ Α', Β'*
- 15.— *Γενικὴ Δομικὴ Α', Β', Γ'*
- 16.— *Οἰκοδομικὴ Α', Β', Γ', Δ'*
- 17.— *Ὑδραυλικὰ Ἔργα Α', Β'*
- 18.— *Συγκοινωνιακὰ Ἔργα Α', Β', Γ'*
- 19.— *Τοπογραφία*
- 20.— *Οἰκοδομικαὶ Σχεδιάσεις*
- 21.— *Σχεδιάσεις Τεχνικῶν Ἔργων*
- 22.— *Ὁργάνωσις - Διοίκησις Ἔργων*
- 23.— *Τεχνικὸν Σχέδιον*
- 24.— *Τεχνολογία Αὐτοκινήτου Α', Β'*
- 25.— *Μεταλλογνωσία*
- 26.— *Κλιματισμὸς*
- 27.— *Ἀνυψωτικὰ Μηχανήματα*

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ἰδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου» προεΐδεν ἐνωρίτατα καὶ ἐσημάτισε τὴν βαθεῖαν πεποιθήσιν, ὅτι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόοδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῶ πρὸς τὴν ἠθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποιθήσιν του αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιοφρονα πρᾶξιν εὐεργεσίας, ὅταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν Ἰδρύματος, ποῦ θὰ εἶχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ἑλλάδος.

Διὰ τοῦ Β. Διατάγματος τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη τὸ Ἰδρυμα Εὐγενίδου καὶ κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτου ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς του Κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἤρχισαν πραγματοποιούμενοι οἱ σκοποὶ ποῦ ὠραματίσθη ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης καὶ συγχρόνως ἡ πλήρωσις μῆς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἔθνικοῦ μας βίου.

\* \* \*

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν του, τὸ Ἰδρυμα προέταξε τὴν ἔκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων τόσον διὰ λόγους θεωρητικὸς ὅσον καὶ πρακτικὸς. Ἐκρίθη, πράγματι, ὅτι ἀπετέλει πρωταρχικὴν ἀνάγκην ὁ ἐφοδιασμὸς τῶν μαθητῶν μὲ σειρὰς βιβλίων, αἱ ὁποῖαι θὰ ἔθετον ὀρθὰ θεμέλια εἰς τὴν παιδείαν των καὶ αἱ ὁποῖαι θὰ ἀπετέλουν συγχρόνως πολῦτιμον βιβλιοθήκην διὰ κάθε τεχνικόν.

Τὸ ὅλον ἔργον ἤρχισε μὲ τὴν ὑποστήριξιν τοῦ Ἰπουργείου Βιομηχανίας, τότε ἀρμοδίου διὰ τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν, καὶ συνεχίζεται ἤδη μὲ τὴν ἔγκρισιν καὶ τὴν συνεργασίαν τοῦ Ἰπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας, βάσει τοῦ Νομοθετικοῦ Διατάγματος 3970/1959.

Αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος διαιροῦνται εἰς τὰς ἀκολουθούς βασικὰς σειρὰς, αἱ ὁποῖαι φέρουν τοὺς τίτλους:

«Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνίτη», «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ», «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ βοηθοῦ Χημικοῦ», «Τεχνικὴ Βιβλιοθήκη».

Ἐξ αὐτῶν ἡ πρώτη περιλαμβάνει τὰ βιβλία τῶν Σχολῶν Τεχνιτῶν,

ή δευτέρα τὰ βιβλία τῶν Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν, ἡ τρίτη τῶν Σχολῶν Τεχνικῶν βοηθῶν Χημικῶν, ἡ τετάρτη τὰ βιβλία τὰ προοριζόμενα διὰ τὰς ἀνωτέρας Τεχνικὰς Σχολὰς (ΚΑΤΕ, ΣΕΛΕΤΕ, Σχολαὶ Ὑπομηχανικῶν). Παρὰλλήλως, ἀπὸ τοῦ 1966 τὸ Ἴδρυμα ἀνέλαβε καὶ τὴν ἐκδοσὶν βιβλίων διὰ τὰς Δημοσίας Σχολὰς Ε.Ν.

Αἱ σειραὶ αὗται θὰ ἐμπλουτισθοῦν καὶ μὲ βιβλία εὐρύτερου τεχνικοῦ ἐνδιαφέροντος χρήσιμα κατὰ τὴν ἀσκησὶν τοῦ ἐπαγγέλματος.

\* \* \*

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος καταβάλλουν κάθε προσπάθειαν, ὥστε τὰ βιβλία νὰ εἶναι ἐπιστημονικῶς ἄρτια ἀλλὰ καὶ προσηρμοσμένα εἰς τὰς ἀνάγκας καὶ τὰς δυνατότητας τῶν μαθητῶν. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ βιβλία αὐτὰ ἔχουν γραφῆ εἰς ἀπλὴν γλῶσσαν καὶ ἀνάλογον πρὸς τὴν στάθμην τῆς ἐκπαιδεύσεως δι' ἣν προορίζεται ἐκάστη σειρά τῶν βιβλίων. Ἡ τιμὴ των ὠρίσθη τόσον χαμηλὴ, ὥστε νὰ εἶναι προσιτὰ καὶ εἰς τοὺς ἀπόρους μαθητὰς.

Οὕτω προσφέρονται εἰς τὸ εὐρὸ κοινὸν τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς τεχνικῆς μας παιδείας αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος, τῶν ὁποίων ἡ συμβολὴ εἰς τὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐλπίζεται νὰ εἶναι μεγάλη.

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Ἀλέξανδρος Ι. Παπῆς**, Ὁμ. Καθηγητὴς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

**Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης**, Διπλ. Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Ἐπίτιμος Πρόεδρος ΟΤΕ, Ἀντιπρόεδρος.

**Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος**, Τακτικὸς Καθηγητὴς ΕΜΠ, τ. Διοικητὴς ΔΕΗ.

**Παναγιώτης Χατζηιωάννου**, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντὴς Ἐπαγ/κῆς Ἐκπ. Ὑπ. Παιδείας.

**Ἐπιστημ. Σύμβουλος Γ. Ρούσσο**, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

**Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος Κ.Α. Μανάφης**, Καθηγητὴς Φιλοσοφικῆς Σχολῆς Παν/μίου Ἀθηνῶν.

**Γραμματεὺς Δ.Π. Μέγαρίτης**.

#### Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

**Γεώργιος Κακριδῆς** † (1955 – 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ. **Ἄγγελος Καλογεράς** †

(1957 – 1970) Καθηγητὴς ΕΜΠ. **Δημήτριος Νιάνις** (1957 – 1965) Καθηγητὴς ΕΜΠ.

**Μιχαὴλ Σπετσιέρης** (1958 – 1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 – 1967), **Θεόδωρος**

**Κουζέλης** (1968 – 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

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

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΚΙΜΩΝΟΣ ΠΑΠΠΑ  
Τ. ΔΙΕΥΘΥΝΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ  
ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΕΙΟΥ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΣΧΟΛΗΣ

# ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

ΑΘΗΝΑ  
1980





## Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Κατά την συγγραφὴν τοῦ παρόντος πρώτου τόμου Ἡλεκτροτεχνίας διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Σχολῶν Ἐργοδηγῶν Τεχνικῶν Βοηθῶν Ἡλεκτρολόγων, κατεβλήθη ἰδιαίτερα προσπάθεια νὰ ἐκτεθοῦν μόνον αἱ ἀπολύτως ἀπαραίτητοι γνώσεις τῶν νόμων τοῦ Συνεχοῦς Ρεύματος, διὰ νὰ καταστοῦν ἱκανοὶ οἱ ἀπόφοιτοι τῶν Σχολῶν αὐτῶν νὰ ἐπιλύουν ἐνσυνειδήτως τὰ βασικὰ προβλήματα, τὰ ὁποῖα θὰ συναντήσουν κατὰ τὴν ἀσκησιν τοῦ ἐπαγγέλματός των.

Διὰ τὴν ἐπιτυχίαν τῆς προσπάθειάς αὐτῆς, τὸ κείμενον εἶναι ἀπηλλαγμένον θεωρητικῶν ἀναπτύξεων, ἢ δὲ ἐκθεσις κάθε νέας ἐννοίας συνοδεύεται μὲ πολλὰ ἀριθμητικὰ παραδείγματα, τὰ ὁποῖα θὰ ἐπιτρέψουν εἰς τοὺς μαθητὰς νὰ κατανοήσουν τὸν τρόπον χρήσεως τῶν δεκατριῶν μαθηματικῶν τύπων, οἱ ὁποῖοι ἀναφέρονται εἰς τὸν παρόντα πρῶτον τόμον.

Διὰ τὴν περαιτέρω ἐμπέδωσιν τοῦ τρόπου χρήσεως αὐτῶν τῶν τύπων, περιελήφθη εἰς τὸ τέλος τῶν Κεφαλαίων ἱκανὸς ἀριθμὸς προβλημάτων πρὸς λύσιν, μὲ τὰς ἀπαντήσεις των.

Ὁ ἐπιθυμῶν νὰ αὐτενεργήσῃ μαθητὴς ἔχει ἔτσι τὴν δυνατότητα νὰ ἐλέγῃ, κατὰ τὴν λύσιν τῶν προβλημάτων, τὴν ὀρθότητα τῆς σκέψεως καὶ τῶν ἀριθμητικῶν πράξεών του.

Διὰ νὰ αὐξηθῇ τὸ πλῆθος τῶν προβλημάτων, ἐφηρμόσθη κατὰ κανόνα τὸ σύστημα τῶν διπλῶν ἢ τριπλῶν δεδομένων διὰ κάθε πρόβλημα, τῶν δευτέρων δεδομένων ἀναγραφομένων μεταξὺ ἀγκυλῶν καὶ τῶν τρίτων μεταξὺ παρενθέσεων. Αἱ ἀπαντήσεις μεταξὺ τῶν ἰδίων συμβόλων ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰ δεδομένα.

Εἰς τὸ τέλος ὠρισμένων Κεφαλαίων ὑποδεικνύονται πρὸς ἐκτέλεσιν πρακτικαὶ ἀσκήσεις, αἱ ὁποῖαι θὰ ἐπιτρέψουν εἰς τοὺς μαθητὰς νὰ ἐξοικειωθοῦν μὲ τὴν συνδεσμολογίαν καὶ τὴν χρῆσιν βασικῶν ἠλεκτρικῶν ὀργάνων μετρήσεως καὶ νὰ ἀποκτήσουν τὴν πεποιθήσιν ὅτι οἱ μαθηματικοὶ τύποι τοῦ βιβλίου δὲν εἶναι θεωρητικαὶ ἐπινοήσεις, ἀλλὰ ἀποτελέσματα μεθοδικῶν μετρήσεων.

Τὸ κείμενον τῆς πρώτης ἐκδόσεως τοῦ παρόντος Τόμου δὲν δύναται νὰ εἶναι καὶ τὸ ὀριστικόν. Αἱ παρατηρήσεις τῶν ἐμπείρων διδασκόντων, οἱ ὁποῖοι θὰ τὸν χρησιμοποιοῦσιν, θὰ ἐπιτρέψουν δευτέραν βελτιωμένην ἔκδοσιν.

Ὅλος ἰδιαίτερα μνεία καὶ ἐκφρασις βαθείας εὐγνωμοσύνης πρέπει νὰ γίνῃ πρὸς τὰ μέλη τῆς Ἐπιτροπῆς Ἐκδόσεως Βιβλίων τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενίδου διὰ τὰς τόσας καὶ εὐστόχους παρατηρήσεις καὶ διορθώσεις τεχνικὰς καὶ γλωσσικὰς τοῦ βιβλίου αὐτοῦ.

Ὁ συγγραφεὺς





**ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**  
**ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ**  
**ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ**  
**ΒΑΣΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ**  
**ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 1**

**Ὁ ἠλεκτρισμός ἐστὶν μία μορφή ἐνεργείας**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 2**

**Στοιχειώδεις γνώσεις περὶ τῆς δομῆς τῆς ὕλης**

Παράγ.	Σελίς
2-1 Μόρια . . . . .	2
2-2 Ἄτομα . . . . .	2
2-3 Πυρῆν . . . . .	3
2-4 Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	3

**ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 3**

**Ἡλεκτρικὰ φορτία**

3-1 Ἡλεκτρικὰ φορτία . . . . .	5
3-2 Τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ πρωτόνια εἶναι ἠλεκτρικὰ φορτία . . . . .	6
3-3 Ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Ἄτομα ἠλεκτρισμένα. Ἡλέκτρισις σωμάτων . . . . .	8
3-4 Σώματα ἀγώγιμα καὶ σώματα μονωτικά . . . . .	9
3-5 Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ μονὰς κουλόμ (coulomb) . . . . .	11
3-6 Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	12

**ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 4**

**Τὸ ἠλεκτρικὸν δυναμικόν. Ἐννοια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος**

4-1 Ἐντασις τῆς δυνάμεως μεταξὺ δύο ἠλεκτρικῶν φορτίων Νόμος τοῦ Coulomb . . . . .	14
4-2 Εἰσαγωγή εἰς τὴν ἔννοιαν τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἡλεκτρικόν. Δυναμικὴ ἐνέργεια καὶ δυναμικὸν εἰς τὴν Φυσικὴν . . . . .	15
4-3 Διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ δυναμικὸν εἰς τὸν ἠλεκτρισμὸν . . . . .	18
4-4 Ἐννοια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡλεκτρικὴ τάσις . . . . .	22
4-5 Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	24

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 5

**Ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ — Ἡλεκτρικὴ δύναμις.  
Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα.**

Παράγρ.	Σελίς
5-1 Ἡλεκτρικαὶ πηγαί. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα . . . . .	27
5-2 Πῶς ἀναπτύσσεται ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἠλεκτρο- δίων στοιχείου. Ἡλεκτρογενετική δύναμις στοιχείου . . . . .	28
5-3 Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἐν λειτουργίᾳ . . . . .	31
5-4 Κλειστὸν κύκλωμα. Κύκλωμα καταναλώσεως . . . . .	32
5-5 Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	35

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 6

**Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Τὸ Βόλτ.**

6-1 Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ, τὸ βόλτ . . . . .	37
6-2 Πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια τοῦ βόλτ . . . . .	38
6-3 Ὅργανα μετρήσεως τῶν διαφορῶν δυναμικοῦ, βολτόμετρα . . . . .	38
6-4 Πρακτικαὶ ἀσκήσεις . . . . .	

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 7

**Ἐντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ Ἄμπέρ.**

7-1 Ἐντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος . . . . .	40
7-2 Μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ Ἄμπέρ . . . . .	40
7-3 Σχέσις μεταξὺ κουλὸμ καὶ ἀμπέρ . . . . .	41
7-4 Μέτρησις τῆς ἐντάσεως ρεύματος. Ἀμπερόμετα . . . . .	42
7-5 Εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος τὸ ρεῦμα ἔχει τὴν ἰδίαν ἐντασιν . . . . .	43
7-6 Ὑποπολλαπλάσια τοῦ ἀμπέρ . . . . .	43
7-7 Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	44
7-8 Ἐρωτήσεις . . . . .	44
7-9 Προβλήματα . . . . .	45
7-10 Πρακτικαὶ Ἀσκήσεις . . . . .	45

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 8

**Ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις. Τὸ Ὠμ. Ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης.  
Τὸ mho**

8-1 Ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις σωμάτων . . . . .	47
--	----

Παράγ.		Σελίς
8-2	Μονάδες αντίστασως . . . . .	49
8-3	Γραφικά σύμβολα τών αντίστασως . . . . .	49
8-4	Μέτρησης τών αντίστασως . . . . .	50
8-5	Ήλεκτρική άγωγιμότης, τὸ mho . . . . .	52
8-6	Άνακεφαλαίωσις . . . . .	53
8-7	Έρωτήσις . . . . .	53
8-8	Προβλήματα . . . . .	53
8-8	Πρακτικαί άσκήσις . . . . .	53

**Μ Ε Ρ Ο Σ Δ Ε Υ Τ Ε Ρ Ο Ν**  
**ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

**Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 9**

**Νόμος του Ώμ.**

9-1	Νόμος του Ώμ . . . . .	55
9-2	Άλλαι μορφαί του νόμου του Ώμ . . . . .	56
9-3	Δεύτερος όρισμός του βόλτ . . . . .	58
9-4	Προβλήματα . . . . .	58

**Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 10**

**Σύνδεσις καταναλωτών έν σειρᾷ.**

10-1	Σύνδεσις καταναλωτών έν σειρᾷ . . . . .	59
10-2	Ίδιότητες τών κυκλωμάτων έν σειρᾷ . . . . .	60
10-3	Έπέκτασις του νόμου του Ώμ εις κύκλωμα έν σειρᾷ . . . . .	62
10-4	Πτώσις τάσεως . . . . .	65
10-5	Ρύθμισις τῆς τάσεως ἢ τῆς έντάσεως . . . . .	69
10-6	Τρείς βασικαί παρατηρήσις δια τὰ κυκλώματα έν σειρᾷ . . . . .	72
10-7	Άνακεφαλαίωσις . . . . .	75
10-8	Έρωτήσις . . . . .	77
10-9	Προβλήματα . . . . .	78
10-10	Πρακτικαί άσκήσις . . . . .	80

**Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 11**

**Σύνδεσις καταναλωτών έν παραλλήλω.**

11-1	Παράλληλος σύνδεσις καταναλωτών . . . . .	81
11-2	Ρεύματα εις τὰ παράλληλα κυκλώματα . . . . .	82
11-3	Τάσις εις τὰ παράλληλα κυκλώματα . . . . .	84
11-4	Πῶς ύπολογίζονται τὰ ρεύματα εις τὰ παράλληλα κυκλώματα . . . . .	86
11-5	Ίσοδύναμος αντίστασις παραλλήλου κυκλώματος . . . . .	86

Παράγ.		Σελίς
11-6	Βασικαί παρατηρήσεις . . . . .	88
11-7	Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	91
11-8	Ἑρωτήσεις . . . . .	92
11-9	Προβλήματα . . . . .	93
11-10	Πρακτικαὶ ἀσκήσεις . . . . .	94

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 12

## Μικτὰ κυκλώματα.

12-1	Τί εἶναι μικτὸν κύκλωμα . . . . .	95
12-2	Ἐπίλυσις μικτῶν κυκλωμάτων . . . . .	96
12-3	Προβλήματα . . . . .	102
12-4	Καταμεριστὴς τάσεως . . . . .	104

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 13

## Νόμος τοῦ Ὠμ διὰ τὸ κλειστὸν κύκλωμα.

13-1	Πῶς ἐφαρμόζεται ὁ νόμος τοῦ Ὠμ εἰς κλειστὸν κύκλωμα . . . . .	106
13-2	Πολικὴ τάσις πηγῆς . . . . .	108
13-3	Πῶς ἐφαρμόζεται ὁ νόμος τοῦ Ὠμ διὰ τὸ κλειστὸν κύκλωμα ὅταν τὸ κύκλωμα καναλιώσεως εἶναι ἐν σειρᾷ, παράλληλον ἢ μικτὸν . . . . .	111
13-4	Ὑπολογισμὸς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἡλεκτρικοῦ στοιχείου . . . . .	113
13-5	Ἐντασις βραχυκυκλώσεως πηγῆς . . . . .	114
13-6	Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	115
13-7	Προβλήματα . . . . .	116
13-8	Πρακτικαὶ ἀσκήσεις . . . . .	118

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 14

## Σύνδεσις πολλῶν πηγῶν.

14-1	Εἰσαγωγή. Οἱ τρεῖς τρόποι συνδέσεως πολλῶν πηγῶν. . . . .	119
14-2	Σύνδεσις πηγῶν ἐν σειρᾷ. Συστοιχίαι. Ἰδιότητες αὐτῶν. . . . .	120
14-3	Πῶς ἐφαρμόζεται ὁ νόμος τοῦ Ὠμ διὰ τὸ κλειστὸν κύκλωμα ὅταν ἡ πηγὴ εἶναι συστοιχία . . . . .	121
14-4	Διατί χρησιμοποιοῦμε τὴν σύνδεσιν πηγῶν ἐν σειρᾷ . . . . .	124
14-5	Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις . . . . .	125
14-6	Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις συσσωρευτοῦ ὑπὸ φόρτισιν.	

Παράγ.		Σελίς
	Ἐντελεκτηρεγεργτική δύναμις κινητήρου συνεχούς ρεύματος	127
14-7	Παράλληλος σύνδεσις. Γενικά . . . . .	132
14-8	Ἰδιότητες τῆς παραλλήλου συνδέσεως πηγῶν . . . . .	133
14-9	Πῶς ἐφαρμόζεται ὁ νόμος τοῦ Ὄμ δια κλειστόν κύκλωμα, ὅταν τοῦτο τροφοδοτῆται ὑπὸ πηγῶν συνδεδεμένων ἐν παραλλήλω . . . . .	135
14-10	Μικτὴ σύνδεσις πηγῶν προκύπτει εἰς ὅλα τὰ ἐπαγωγικά τυλίγματα τῶν μηχανῶν συνεχούς ρεύματος . . . . .	138
14-11	Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	141
14-12	Προβλήματα . . . . .	143

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 15

## Ἐνέργεια, ἰσχύς καὶ ἔργον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

15-1	Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι μία μορφή ἐνεργείας . . . . .	148
15-2	Μονάδες ἔργου καὶ ἰσχύος, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμε εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸ . . . . .	148
15-3	Ἰσχύς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος . . . . .	152
15-4	Ἰσχύς ἠλεκτρικῆς πηγῆς . . . . .	193
15-5	Ἔργον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος . . . . .	164
15-6	Τί πληρώνομε εἰς τὴν ΔΕΗ διὰ τὴν κατανάλωσιν ρεύματος	167
15-7	Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	169
15-8	Προβλήματα . . . . .	170
15-9	Πρακτικὴ Ἀσκήσις . . . . .	176

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 16

## Θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

16-1	Ἐντελεκτηρική ἐνέργεια καὶ θερμικὴ ἐνέργεια . . . . .	177
16-2	Μονάδες θερμότητος . . . . .	181
16-3	Ἀπαιτούμενον ποσὸν θερμότητος διὰ τὴν θέρμανσιν δοθέντος ὄγκου ὕδατος . . . . .	182
16-4	Ποσὸν τῆς ἀπαιτουμένης θερμότητος ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Νόμος τοῦ Joule . . . . .	182
16-5	Ἀσφάλεια . . . . .	188
16-6	Ἀνακεφαλαίωσις . . . . .	190
16-7	Προβλήματα . . . . .	191

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 17

## Ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις τῶν συρμάτων.

Παράγ.		Σελίς
17-1	Ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται ἡ ἀντίστασις τῶν συρμάτων; . . . . .	194
17-2	Εἰδικὴ ἀντίστασις καὶ εἰδικὴ ἀγωγιμότης τῶν μετάλλων καὶ τῶν κραμάτων . . . . .	194
17-3	Ὑπολογισμὸς τῆς ἀντιστάσεως σύρματος μὲ βάσιν τὰς γεωμετρικὰς του διαστάσεις . . . . .	197
17-4	Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως τῶν ἀγωγῶν, ὅταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία των . . . . .	203
17-5	Πῶς μετροῦμε εἰς τὴν πράξιν τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τυλίγματος ἠλεκτρικῆς μηχανῆς, διὰ μετρήσεως τῆς αὔξήσεως τῆς ἀντιστάσεώς του . . . . .	207
17-6	Πῶς ὑπολογίζομε τὴν διατομὴν τῶν γραμμῶν τῶν ἐσωτερικῶν ἐγκαταστάσεων . . . . .	210
17-7	Θερμαντικὰ ὀροίχεϊα τῶν συσκευῶν θερμάνσεως . . . . .	214
17-8	Προβλήματα . . . . .	217

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 18

## Προτάσεις τοῦ Κίρχωφ.

18-1	Γενικά . . . . .	220
18-2	Προτάσεις τοῦ Κίρχωφ . . . . .	221
18-3	Μέθοδος ἐφαρμογῆς τῶν προτάσεων τοῦ Κίρχωφ . . . . .	222
18-4	Παραδείγματα ἐπιλύσεως δικτυωμάτων . . . . .	226
18-5	Παράλληλος λειτουργία πηγῶν διαφόρου ἠλεκτρογενετικῆς δυνάμεως καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως . . . . .	231
18-6	Προβλήματα . . . . .	233

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

### ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

#### ΒΑΣΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

##### Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ν 1

#### Ο ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Γνωρίζομε ἀπὸ τὴν Φυσικὴν ὅτι ἐνέργεια εἶναι ἡ ἰκανότης πρὸς παραγωγὴν ἔργου. Γνωρίζομε ἐπίσης ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐκδηλώνεται ὑπὸ διαφόρους μορφάς, ὅπως π.χ. :

α) Ὡς μηχανικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν κατέχει ἕνα αὐτοκίνητον ἐν κινήσει.

β) Ὡς θερμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν κατέχει ὁ ἀτμός, ποὺ κινεῖ π.χ. ἕνα ἀτμοστρόβιλον.

γ) Ὡς χημικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν κατέχει κάθε καύσιμος ὕλη.

δ) Ὡς ἀτομικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν κατέχει μία ἀτομικὴ βέμβα.

*Ὁ ἠλεκτρισμὸς εἶναι καὶ αὐτὸς μία μορφή τῆς ἐνεργείας.*

Εἰς ἐπόμενα κεφάλαια τοῦ βιβλίου αὐτοῦ θὰ μάθωμε ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς εἶναι δυνατὸν νὰ μετατραπῇ εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς, ὅπως π.χ. εἰς : θερμικὴν, χημικὴν, μηχανικὴν. Ἀντιστρόφως, ἄλλαι μορφαὶ τῆς ἐνεργείας δύνανται ἐπίσης νὰ μετατραποῦν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Δύναται λοιπὸν ὁ ἠλεκτρισμὸς νὰ παράγῃ μηχανικὸν ἔργον.



## ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

## 2·1 Μόρια.

Γνωρίζομε από τὴν Φυσικὴν καὶ τὴν Χημείαν ὅτι τὰ ὑλικά σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια. Τὰ μόρια δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ χωρισθοῦν εἰς μικρότερα μέρη μὲ κανένα μηχανικὸν μέσον.

## 2·2 Ἄτομα.

Τὰ μόρια ἐν τούτοις εἶναι δυνατὸν νὰ διασπασθοῦν εἰς μικρότερα μέρη μὲ χημικὰ μέσα. Τὰ μικρότερα αὐτὰ μέρη ὀνομάζονται ἄτομα. Τὰ ἄτομα, δηλαδὴ, τὰ μὴ τεμνόμενα (ποῦ δὲν κόβονται), ἔλαβαν τὸ ὄνομα αὐτό, διότι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ τιμηθοῦν (νὰ κοποῦν) εἰς μικρότερα μέρη, οὔτε μὲ μηχανικὰ οὔτε μὲ χημικὰ μέσα.

Ὅλα τὰ ἄτομα δὲν εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν. Σήμερον εἶναι γνωστὰ ἑκατὸν τρία εἴδη ἀτόμων. Τὰ ἄτομα αὐτά, ἑνωμένα μεταξὺ τῶν εἰς διαφόρους σχηματισμούς, ἀποτελοῦν τὰ μόρια ὅλων τῶν σωμάτων, ποῦ γνωρίζομε.

Ὅσα σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνον εἶδος ἀτόμων, ὀνομάζονται ἀπλᾶ σώματα ἢ χημικὰ στοιχεῖα. Χημικὰ στοιχεῖα εἶναι π.χ. τὸ ὕδρογόνον, τὸ ἥλιον, τὸ ὀξυγόνον, ὁ σίδηρος, ὁ χαλκός, τὸ οὐράνιον κλπ.

Τὰ μέχρι σήμερον γνωστὰ χημικὰ στοιχεῖα, ἐπομένως, θὰ πρέπει νὰ εἶναι ὅσα καὶ τὰ εἴδη τῶν ἀτόμων, δηλαδὴ ἑκατὸν τρία.

Ὅλα τὰ ὑπόλοιπα σώματα, ποῦ εὑρίσκονται εἰς τὴν φύσιν ἢ ποῦ κατασκευάζονται τεχνητῶς, ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο ἢ περισσότερα στοιχεῖα. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται σύνθετα σώματα. Σύνθετα σώματα εἶναι π.χ. τὸ ὕδωρ, τὸ μαγειρικὸν ἄλας, ὁ ζῶξι-

της, τὸ νάυλον, τὰ πλαστικά χρώματα κλπ. Τὸ ὕδωρ π.χ. ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ἓνα ἄτομον ἑξυγόνου.

### 2·3 Πυρῆν καὶ ἠλεκτρόνια.

Ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι τὰ ἄτομα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διασπασθοῦν μὲ μηχανικὰ ἢ χημικὰ μέσα, δὲν πρέπει νὰ συμπεράνωμε ὅτι εἶναι ἀπλᾶ καὶ συμπαγῆ σωματίδια.

Ἡ σύγχρονος Φυσικὴ διδάσκει ὅτι κάθε ἄτομον εἶναι ἓνα συγκρότημα σωματιδίων. Τὰ κυριώτερα ἀπὸ τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι τὰ ἑξῆς: α) τὰ πρωτόνια, β) τὰ νετρόνια (ἢ οὐδετερόνια) καὶ γ) τὰ ἠλεκτρόνια.

Τὸ κάθε ἄτομον ὁμοιάζει ἐν μικρογραφίᾳ μὲ τὸ ἠλιακὸν μας σύστημα. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κάθε ἀτόμου εὐρίσκεται ὁ πυρῆν, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια. Τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια τοῦ πυρῆνος ἑνὸς ἀτόμου εὐρίσκονται εἰς μικρὰς ἀποστάσεις μεταξύ των. Γύρω ἀπὸ τὸ πυρῆνα περιστρέφονται τὰ ἠλεκτρόνια εἰς ἑλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς, ὅπως οἱ πλανῆται περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιον. Ἡ ταχύτης περιστροφῆς των εἶναι πολὺ μεγάλη.

Εἰς τὸ ἠλιακὸν μας σύστημα αἱ ἀποστάσεις μεταξύ πλανητῶν καὶ ἡλίου εἶναι μεγάλαι, ἐν συγκρίσει πρὸς τὰς διαστάσεις των. Κατὰ παρόμοιον τρόπον καὶ εἰς τὸ ἄτομον αἱ ἀποστάσεις μεταξύ ἠλεκτρονίων καὶ πυρῆνος εἶναι μεγάλαι, ἐν συγκρίσει πάντοτε πρὸς τὰς διαστάσεις τοῦ πυρῆνος καὶ τῶν ἠλεκτρονίων.

### 2·4 Ἀνακεφαλαίωσις.

- α) Ὅλα τὰ σόματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια.
- β) Τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα.
- γ) Τὰ σόματα, πῶς ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνον εἶδος ἀτόμων, ὀνομάζονται χημικὰ στοιχεῖα.

δ) Σύνθετα σώματα καλούνται εκείνα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο ἢ περισσότερα χημικὰ στοιχεῖα.

ε) Κάθε ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ τὰ ἠλεκτρόνια.

στ) Οἱ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια.

ζ) Τὰ ἠλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα μὲ μεγάλην ταχύτητα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 3

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

#### 3·1 Ἡλεκτρικὰ φορτία.

Θὰ ἐκτελέσωμε τὰ ἐξῆς ἀπλά πειράματα, διὰ τὰ ὅποια ἀπαιτοῦνται δύο υἅλινοι ράβδοι, δύο ράβδοι ἀπὸ βουλοκέρι, δύο τεμάχια μεταξωτοῦ υἴφασματος καὶ δύο τεμάχια μαλλίνου υἴφασματος.

α) Τρίβομε τὴν μίαν ἀπὸ τὰς υἅλινας ράβδους μὲ ἓνα ἀπὸ τὰ τεμάχια τοῦ μεταξωτοῦ υἴφασματος καὶ ἀκολούθως τὴν ἄλλην υἅλινην ράβδον μὲ τὸ ἄλλο τεμάχιον μεταξωτοῦ υἴφασματος.

Ὅταν κατόπιν φέρωμε τὴν μίαν ράβδον πλησίον τῆς ἄλλης, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι αἱ ράβδοι ἀπωθοῦνται.

β) Ἐπαναλαμβάνομε ἀκριβῶς τὰ ἴδια μὲ τὰς δύο ράβδους ἀπὸ βουλοκέρι καὶ τὰ δύο τεμάχια μαλλίνου υἴφασματος.

Παρατηροῦμε ὅτι καὶ πάλιν αἱ ράβδοι ἀπωθοῦνται, ὅταν τὰς φέρωμε τὴν μίαν πλησίον τῆς ἄλλης.

γ) Φέρομε, τώρα, μίαν υἅλινην ράβδον κοντὰ εἰς μίαν ράβδον ἀπὸ βουλοκέρι. Θὰ παρατηρήσωμε ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται.

Διὰ νὰ δώσουν μίαν ἐξήγησιν εἰς τὸ ἐρώτημα, ἀπὸ ποῦ προέρχονται αἱ δυνάμεις, αἱ ὅποια ἀναπτύσσονται εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα, κατὰ τὸν 19ον αἰῶνα ἐγίναν παραδεκτὰ τὰ ἐξῆς:

1. Ἡ ὕαλος καὶ τὸ βουλοκέρι ἀποκτοῦν ἠλεκτρικὰ φορτία, ὅταν τὰ τρίψωμε μὲ ὕφασμα.

2. Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῆς ὕαλου καὶ τοῦ βουλοκεριοῦ δὲν εἶναι τοῦ ἰδίου εἴδους, ἀφοῦ εἰς τὰ πειράματα α καὶ β παρατηρεῖται ἡ δημιουργία ὀπισκῶν δυνάμεων, ἐνῶ εἰς τὸ πείραμα γ αἱ δυνάμεις, αἱ ὅποια προκαλοῦνται εἶναι ἑλκτικαί.

Διὰ νὰ διακριθῶν τὰ δύο αὐτὰ εἶδη τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, ὁ Benjamin Franklin προέτεινε νὰ ὀνομάσουν θετικῶν

(+) τὸ φορτίον τῆς ὑάλου καὶ ἀρνητικὸν (—) τὸ φορτίον τοῦ βουλοκεριῦ.

Ἐπάρχουν καὶ διάφορα ἄλλα σώματα, τὰ ὁποῖα, ὅταν τὰ τρίψωμε μὲ διάφορα ὑφάσματα ἢ μὲ δέρμα ἢ μεταξύ των, ἀποκτοῦν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ φορτίον αὐτὸ παρατηροῦμε ὅτι εἶναι πάντοτε εἴτε τοῦ εἴδους τοῦ φορτίου τῆς ὑάλου, εἴτε τοῦ εἴδους τοῦ φορτίου τοῦ βουλοκεριῦ. Ἐπομένως, μόνον δύο εἶδη ἠλεκτρικῶν φορτίων ὑπάρχουν.

Τὰ φορτία ποὺ ἀνήκουν εἰς τὸ ἴδιον εἶδος λέγονται *ὁμώνυμα*. Δύο φορτία διαφρετικῶν εἴδους λέγονται *ἐτερόνυμα*.

Ἀπὸ τὰ πειράματα, ποὺ ἀνεφέραμε προηγουμένως, προκύπτει ὅτι τὰ μὲν *ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται*, τὰ δὲ *ἐτερόνυμα ἔλκονται*.

### 3·2 Τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ πρωτόνια εἶναι ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἡ ἐπιστήμη ἐπέτυχε, κατόπιν πολλῶν πειραμάτων, νὰ ἐρμηνεύσῃ τὴν φύσιν τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα, καθὼς ἐξετάσαμε, ἀποκτοῦν ἢ ὕαλος καὶ τὸ βουλοκέρι.

Θεωρεῖται δηλαδὴ ὅτι:

1. Τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ πρωτόνια οἰοῦδήποτε ἀτόμου εἶναι φορτία ἠλεκτρισμοῦ ἢ ἠλεκτρικὰ φορτία.

2. Ὄταν τρίψωμε μίαν ράβδον ἀπὸ βουλοκέρι μὲ μάλλινον ὑφάσμα, τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ ἡ ράβδος, ἀποτελεῖται ἀπὸ ἠλεκτρόνια. *Τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι, ἐπομένως, ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.*

3. Ὄταν τρίψωμε μίαν ὑαλίνην ράβδον μὲ μεταξωτὸν ὑφάσμα, ἡ ράβδος ἀποκτᾷ φορτίον πρωτονίων. *Ἄρα τὰ πρωτόνια εἶναι θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.*

4. Ἡλεκτρόνια καὶ πρωτόνια εἶναι, ἐπομένως, ἐτερόνυμα φορτία καὶ ἔλκονται μεταξύ των. Ἡ ἰδιότης τῶν ἠλεκτρονίων νὰ ἔλκουν τὰ πρωτόνια καὶ νὰ ἔλκωνται ἀπὸ αὐτὰ ὀνομάζεται ἠλε-

κτικὴ ιδιότης. Εἰς τὴν ηλεκτρικὴν αὐτὴν ιδιότητα ὀφείλεται ἕτι τὰ ηλεκτρόνια τοῦ κάθε ἀτόμου δὲν ἐκτινάσσονται ἀπὸ αὐτό, καί-τοι περιστρέφονται μὲ τόσον μεγάλην ταχύτητα εἰς σχετικῶς μεγάλας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου.

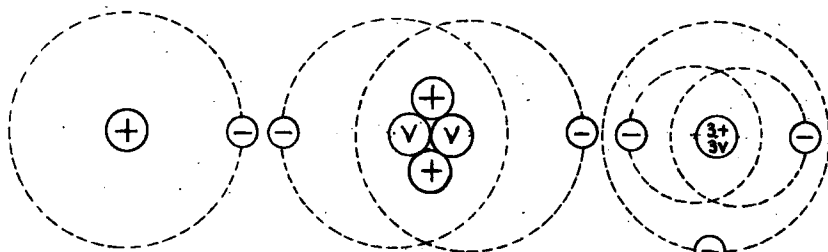
5. Τὰ νετρόνια δὲν παρουσιάζουν ηλεκτρικὴν ιδιότητα, διό-τι οὔτε ἔλκουν τὰ ηλεκτρόνια, οὔτε ἔλκονται ἀπὸ αὐτά. Λέγομε ὅτι τὰ νετρόνια εἶναι οὐδέτερα.

6. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον τοῦ ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον, κατ' ἀπόλυτον τιμὴν, πρὸς τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πρωτονίου.

7. Εἰς τὴν φυσικὴν του κατάστασιν κάθε ἄτομον ἔχει τόσα ηλεκτρόνια, ὅσα εἶναι τὰ πρωτόνια τοῦ πυρῆνος του.

Ἐπομένως, εἰς τὴν φυσικὴν κατάστασιν κάθε ἀτόμου, τὰ ἀρνητικὰ φορτία τῶν ηλεκτρονίων του εἶναι τόσα, ὅσα ἀκριβῶς εἶναι τὰ θετικὰ φορτία τῶν πρωτονίων του. Χαρακτηρίζομε τότε τὸ ἄτομον ὡς *ηλεκτρικῶς οὐδέτερον*. Ἄτομον ηλεκτρικῶς οὐδέτερον δὲν ἐξασκεῖ ηλεκτρικὰς δυνάμεις ἐπὶ ἄλλων γειτονικῶν του ἀτόμων ἢ ἐπὶ ἀτόμων ἄλλων σωμάτων.

Εἰκόνες οὐδετέρων ἀτόμων ὑδρογόνου, ἡλίου καὶ λιθίου φαίνονται εἰς τὰ σχήματα 3·2α, 3·2β καὶ 3·2γ.



Σχ. 3·2α.

Εἰκὸν τοῦ ἀτόμου ὑδρογόνου. Ἐνα ηλεκτρόνιον (-) περιστρέφεται γύρω ἀπὸ ἐνὶ πρωτόνιον (+).

Σχ. 3·2β.

Δομὴ τοῦ ἀτόμου ἡλίου. Δύο ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πρωτόνια καὶ δύο νετρόνια (ν).

Σχ. 3·2γ.

Δομὴ τοῦ ἀτόμου τοῦ λιθίου. Τρία ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία πρωτόνια καὶ τρία (ἢ τέσσαρα) νετρόνια.

### 3·3 Ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Ἄτομα ἠλεκτρισμένα. Ἡλεκτρισισ σώματων.

Ἵπάρχουν πολλὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀποδεικνύουν ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποσπασθοῦν ἠλεκτρόνια ἀπὸ ἄτομα οἰουδήποτε σώματος. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ ὀνομάζονται *ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια*.

Τί συμβαίνει ὅμως ὅταν ἓνα ἢ περισσότερα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια ἀποσπασθοῦν ἀπὸ ἓνα οὐδέτερον ἄτομον; Ἡ ἀπάντησις ἔρχεται μόνη τῆς: τότε τὰ θετικὰ φορτία τῶν πρωτονίων τοῦ ἀτόμου θὰ εἶναι περισσότερα ἀπὸ τὰ φορτία τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα παρέμειναν εἰς τὸ ἄτομον. Τὸ ἄτομον εἶναι, ἐπομένως, *ἠλεκτρισμένον θετικῶς*. Ἐνα ἄτομον θετικῶς ἠλεκτρισμένον ὀνομάζεται *θετικὸν ἰόν*.

Τί συμβαίνει τώρα, ὅταν ἓνα ἢ περισσότερα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια προσκολληθῶσιν εἰς ἓνα οὐδέτερον ἄτομον; Ἡ ἀπάντησις εἶναι: καὶ πάλιν ἅπλῃ: τὰ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ ἀτόμου γίνονται περισσότερα ἀπὸ τὰ θετικά, ἐπομένως τὸ ἄτομον εἶναι *ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς*. Ἄτομον ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον ὀνομάζεται *ἀρνητικὸν ἰόν*.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι: *Ὅταν ἀφαιρεθῶσιν ἀπὸ ἄτομα ἐνὸς σώματος ἠλεκτρόνια, τότε τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον θετικῶς· ὅταν, ἀντιθέτως, προστεθῶσιν εἰς ἄτομα ἐνὸς σώματος ἠλεκτρόνια, τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς*.

Τώρα εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ἐξηγήσωμε, τί συμβαίνει μὲ τὴν ὑαλον καὶ τὸ βουλοκέρι, ὅταν τὰ τρίψωμε μὲ ἓνα ὑφάσμα. Λόγῳ τῆς τριβῆς λαμβάνουν χώραν τὰ ἀκόλουθα φαινόμενα:

α) Ἀπὸ ἄτομα τῆς ὑάλου ἀποσπῶνται ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα προσκολλῶνται εἰς ἄτομα τοῦ ὑφάσματος. Ἐτσι, ἡ μὲν ὑαλος καθίσταται θετικῶς ἠλεκτρισμένη (παράγρ. 3·1), τὸ δὲ μεταξωτὸν ὑφάσμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον. Τοῦτο δὲ μᾶς ἐξηγεῖ, διατί ἡ ἠλεκτρισμένη ὑαλίνη ράβδος ἔλκει τὸ ἠλεκτρισμένον τεμάχιον μεταξωτοῦ ὑφάσματος.

β) Ἀπὸ ἄτομα τοῦ μαλλίνου ὑφάσματος ἀποσπῶνται ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα προσκολλῶνται εἰς ἄτομα τῆς ράβδου ἀπὸ βουλοκέρι. Ἔτσι, τὸ βουλοκέρι ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς και τὸ μάλλινον ὑφασμα θετικῶς.

Ὅταν, ἐπομένως, λέγωμε ὅτι ἓνα σῶμα εἶναι θετικῶς ἠλεκτρισμένον, ἐννοοῦμε ὅτι τὸ σῶμα ἔχει ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων ἢ ὅτι ἔχει θετικὰ ἰόντα. Ἀντιθέτως ἓνα σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον ἔχει πλεόνασμα ἠλεκτρονίων ἢ ἔχει ἀρνητικὰ ἰόντα.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἐπιταί ὅτι :

α) Ἐνα σῶμα θετικῶς ἠλεκτρισμένον ἔλκει τὰ ἠλεκτρόνια, ἐνῶ ἓνα σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον ἀπωθεῖ αὐτά.

β) Ἐνα σῶμα θετικῶς ἠλεκτρισμένον ἔλκει ἓνα σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον και ἔλκεται ἀπὸ αὐτό.

γ) Τὰ φορτία, τὰ ὁποῖα φέρει ἓνα σῶμα ἠλεκτρισμένον εἶτε θετικῶς εἶτε ἀρνητικῶς, ἀπωθοῦνται μεταξύ των.

### 3·4 Σώματα άγώγιμα και σώματα μονωτικά.

Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν περισσότερον τὴν εὐκολον μετακίνησιν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων διὰ μέσου τῶν ἀτόμων των, ὀνομάζονται άγώγιμα σώματα ἢ καλοὶ άγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ἀπλῶς άγωγοί. Τὰ σώματα, ἀντιθέτως, τὰ ὁποῖα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν μετακίνησιν αὐτὴν, ὀνομάζονται μονωτικά σώματα, κακοὶ άγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, μονωτῆρες ἢ διηλεκτρικά.

Εἰς ὠρισμένους άγωγούς, ὅπως εἶναι π.χ. τὰ μέταλλα, ἀρκετὸς ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων δύναται νὰ ἀποσπασθῆ ἀπὸ τὰ ἄτομα και νὰ μετακινηθῆ ἐλευθέρως. Ἡ μετακίνησις ὁμως ἰόντων (δηλαδὴ ἀτόμων ἠλεκτρισμένων) διὰ μέσου τῶν μετάλλων δὲν εἶναι δυνατή. Ἀντιθέτως, ὑπάρχουν ἄλλοι άγωγοί, ὅπως π.χ. εἶναι τὰ διαλύματα εἰς ὕδωρ ὀξέων, ἀλάτων και βάσεων, οἱ ὁποῖοι ἐπιτρέπουν τὴν διὰ μέσου αὐτῶν μετακίνησιν ἰόντων.

Τέλος, εἰς τὰ διηλεκτρικά σώματα, ὅπως εἶναι π.χ. ἡ ὑαλος,



τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι σταθερῶς συνδεδεμένα μετὰ τὰ ἄτομα. Ἡ μετακίνησις ἠλεκτρονίων εἰς τὰ σώματα αὐτὰ πραγματοποιεῖται μετὰ μεγάλην δυσκολίαν ἢ εἶναι ἀδύνατον νὰ πραγματοποιηθῇ.

Ἰπὸ κανονικὰς συνθήκας δὲν ὑπάρχει οὔτε τέλειος ἀγωγός, οὔτε τέλειον διηλεκτρικόν, ἀλλὰ καλοὶ ἀγωγοὶ καὶ περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον καλὰ διηλεκτρικά.

Χαρακτηριστικὸν ὄλων τῶν ἀγωγῶν εἶναι ὅτι δὲν ἐπιτρέπουν τὴν ἀπολύτως ἐλευθέραν μετακίνησιν τῶν ἠλεκτρονίων διὰ μέσου αὐτῶν. Ἡ ἰδιότης αὐτῆ τῶν ἀγωγῶν, νὰ παρεμποδίζουσι δηλαδὴ ἄλλος ὀλιγώτερον καὶ ἄλλος περισσότερον τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρονίων διὰ μέσου αὐτῶν, ὀνομάζεται ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις. Δι' αὐτὸ λέγομε ὅτι οἱ ἀγωγοὶ παρουσιάζουσι ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν.

Ἡ ἀντίστασις αὐτῆ ποικίλλει ἀναλόγως μετὰ τὸ ὕλικόν ἀπὸ τοῦ ὁποῖον εἶναι κατασκευασμένος ὁ ἀγωγός.

Ὁ καθάρως χαλκὸς π.χ., ὁ ὁποῖος λέγεται λόγῳ τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τοῦ ἠλεκτρολυτικῆς χαλκός, παρουσιάζει μικρὰν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν ἐν συγκρίσει μετὰ ἄλλα μέταλλα. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς κατασκευὰς καὶ ἐγκαταστάσεις.

Μονωτικὰ ὕλικά εἶναι ἡ πορσελάνη, ἡ ὕαλος, ἡ μίκα, ὁ μινεράλτης, ὁ ἐβονίτης, ὁ βακελίτης, τὸ χαρτὶ κλπ. Τὸ ἀπόλυτον κενὸν εἶναι τέλειον μονωτικόν.

Ἄν ἀπὸ ἓνα τμήμα ἀγωγοῦ ἀφαιρεθοῦν ἠλεκτρόνια, τότε τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τῶν ὑπολοίπων μερῶν τοῦ ἀγωγοῦ συμπληρῶνουν τὸ ἔλλειμμα, ποὺ δημιουργεῖται εἰς τὸ σημεῖον ἐκεῖνο. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει μετὰ τὰ διηλεκτρικὰ σώματα. Ὄταν προσθέσωμε ἠλεκτρόνια εἰς ἓνα τμήμα διηλεκτρικοῦ ἢ ἀφαιρέσωμε ἠλεκτρόνια ἀπὸ ἓνα τμήμα του, τὸ πλεόνασμα ἢ τὸ ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων περιορίζεται μόνον εἰς τὸ τμήμα αὐτό.

### 3·5 Ποσότης ηλεκτρισμού. Ἡ μονὰς κουλόμπ (Coulomb).

Ἀπὸ ὅσα ἐλέχθησαν εἰς τὴν παράγραφον 3·3 ἐξάγονται τὰ ἑξῆς συμπεράσματα:

α) Ἐνα σῶμα εἶναι τόσο περισσότερο θετικῶς ἠλεκτρισμένον, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἔλλειμμα τῶν ἠλεκτρονίων του.

β) Ἐνα σῶμα εἶναι τόσο περισσότερο ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ πλεόνασμα τῶν ἠλεκτρονίων του.

Εἶναι, ἐπομένως, δυνατὸν νὰ μετρήσωμε τὸ φορτίον ἐνὸς ἠλεκτρισμένου σώματος — εἴτε θετικῶς, εἴτε ἀρνητικῶς — ἀν ὑπολογίσωμε τὸ πλήθος (τὸν ἀριθμὸν) τῶν ἠλεκτρονίων, ποὺ ἔλλείπουν ἀπὸ τὸ σῶμα, ἢ ποὺ πλεονάζουν εἰς τὸ σῶμα. Τὸ πλήθος αὐτὸ τῶν ἠλεκτρονίων ποὺ ἔλλείπουν ἢ πλεονάζουν ὀνομάζεται ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποίαν φέρει τὸ σῶμα. Σῶμα π.χ., ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἔχουν ἀφαιρεθῆ  $10^{12}$  ἠλεκτρόνια, εἶναι θετικῶς ἠλεκτρισμένον μὲ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ  $10^{12}$  ἠλεκτρονίων. Ἀντιθέτως, σῶμα εἰς τὸ ὁποῖον πλεονάζουν  $10^{12}$  ἠλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον μὲ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ  $10^{12}$  ἠλεκτρονίων.

Εἶναι εὐκόλον ὅμως νὰ παρατηρήσωμε ὅτι, ἐὰν εἰς τὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ μέτρησις τῶν ποσοτήτων ἠλεκτρισμοῦ ἐγένετο μὲ τὸν ὑπολογισμὸν τοῦ πλήθους τῶν ἠλεκτρονίων, θὰ ἦτο ἀσύμφορος, διότι θὰ προέκυπταν ἀστρονομικοὶ ἀριθμοί. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν μετροῦμε τὰς ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ μὲ τὴν μονάδα κουλόμπ (Coulomb), ἢ ὁποία συμβολίζεται μὲ τὸ coul. Τὸ κουλόμπ εἶναι ποσότης ἠλεκτρισμοῦ  $6,28 \cdot 10^{18}$  ἠλεκτρονίων. Ἀηλαδή:

$$1 \text{ coul} = 6,28 \cdot 10^{18} \text{ ἠλεκτρόνια.}$$

Ἐάν, ἐπομένως, ἓνα σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς μὲ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 3 coul, τοῦτο σημαίνει ὅτι εἰς τὸ σῶμα αὐτὸ πλεονάζουν  $3 \times 6,28 \cdot 10^{18} = 18,84 \cdot 10^{18}$  ἠλεκτρόνια.

Εἰς τὰς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦνται τὰ ἐξῆς ὑποπολλαπλάσια τοῦ κουλόμ:

α) Τὸ μιλλικουλόμ (mcoul), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ τὸ χιλιοστὸν τοῦ κουλόμ, δηλαδή:

$$1 \text{ mcoul} = \frac{1}{1000} \text{ coul} = 10^{-3} \text{ coul, καὶ}$$

$$1 \text{ coul} = 1000 \text{ mcoul} = 10^3 \text{ mcoul.}$$

β) Τὸ μικροκουλόμ (μcoul), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ τὸ χιλιοστὸν τοῦ μιλλικουλόμ, ἢ μὲ τὸ ἑκατομμυριοστὸν τοῦ κουλόμ.

$$1 \text{ μcoul} = \frac{1}{1000} \text{ mcoul} = \frac{1}{1000000} \text{ coul} = 10^{-6} \text{ coul.}$$

Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ συμβολίζεται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μὲ τὸ λατινικὸν κεφαλαῖον γράμμα Q.

### 3·6 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ θετικὰ (+) καὶ τὰ ἀρνητικὰ (—).

β) Δύο φορτία τοῦ αὐτοῦ εἶδους λέγονται ὁμώνυμα, ἐνῶ δύο φορτία διαφόρου εἶδους λέγονται ἑτερόνυμα.

γ) Ὅμώνυμα φορτία ἀπωθοῦνται, ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται.

δ) Τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικὰ φορτία, τὰ πρωτόνια θετικὰ φορτία.

ε) Λόγω τῆς ἠλεκτρικῆς ιδιότητος, τὰ ἠλεκτρόνια δὲν ἀποσπῶνται ἀπὸ τὸ ἄτομον.

στ) Τὰ νετρόνια εἶναι οὐδέτερα.

ζ) Εἰς τὴν φυσικὴν του κατάστασιν κάθε ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

η) Εἰς κάθε σῶμα ὑπάρχουν ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια.

θ) Ἄτομον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἔχουν ἀποσπασθῆ ἠλεκτρόνια, εἶναι θετικῶς ἠλεκτρισμένον· τὸ ἄτομον λέγεται τότε θετικὸν ἰόν.

\* Ἄτομον, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχουν προσεθετῆ ἠλεκτρόνια, εἶναι ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον· τὸ ἄτομον λέγεται τότε ἀρνητικὸν ἰόν.

ι) Σῶμα θετικῶς ἠλεκτρισμένον παρουσιάζει ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων, ἔχει δηλαδὴ θετικὰ ἰόντα. Σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον παρουσιάζει πλεόνασμα ἠλεκτρονίων, ἔχει δηλαδὴ ἀρνητικὰ ἰόντα.

ια) Σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν τὴν διὰ μέσου αὐτῶν μετακίνησιν ἠλεκτρονίων ὀνομάζονται ἀγωγοί. Σώματα, τὰ ὁποῖα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν μετακίνησιν αὐτὴν, λέγονται μονωτικὰ σώματα.

ιβ) Τὰ μέταλλα ἐπιτρέπουν τὴν μετακίνησιν μόνον ἠλεκτρονίων. Τὰ διαλύματα ἐπιτρέπουν τὴν διὰ μέσου αὐτῶν μετακίνησιν ἰόντων.

ιγ) Οἱ ἀγωγοὶ παρουσιάζουν ἀντίστασιν εἰς τὴν διὰ μέσου αὐτῶν μετακίνησιν ἠλεκτρικῶν φορτίων.

ιδ) Τὸ πλῆθος τῶν ἠλεκτρονίων, ποὺ ἐλλείπουν ἀπὸ ἓνα σῶμα ἢ ποὺ πλεονάζουν εἰς τὸ σῶμα, ὀνομάζεται ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποῖαν φέρει τὸ σῶμα.

ιε) Μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ εἶναι τὸ κουλόμ.

$1 \text{ coul} = 6,28 \cdot 10^{18}$  ἠλεκτρόνια.

ιστ) Ὑποπολλαπλάσια τοῦ κουλόμ εἶναι τὸ μιλλικουλόμ καὶ τὸ μικροκουλόμ.

ιζ) Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ἴση πρὸς τὸ πλῆθος τῶν πλεοναζόντων ἢ ἐλλειπόντων ἠλεκτρονίων ἐνὸς σώματος, συμβολίζεται δὲ εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μὲ τὸ γράμμα Q.

## ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΔΥΝΑΜΙΚΟΝ

## ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

4.1 Ἐντασις τῆς δυνάμεως μεταξὺ δύο ἠλεκτρικῶν φορτίων.  
Νόμος τοῦ Coulomb.

Ὁ Κουλόμ ἀπέδειξε ὅτι :

Ὅταν δύο ποσότητες ἠλεκτρισμοῦ  $Q$  καὶ  $Q'$  (π.χ.  $Q = 1$  mcoul καὶ  $Q' = 2$  mcoul) εὐρίσκωνται εἰς ἀπόστασιν  $d$  ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ ἐλκτικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ των (ἂν εἶναι ἐτερόνυμοι) ἢ ἡ μεταξὺ των ἀπωστικὴ δύναμις (ἂν εἶναι ὁμώνυμοι), εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου  $Q \times Q'$  τῶν ποσοτήτων ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου  $d^2$  τῆς ἀποστάσεώς των, δηλαδή :

$$\text{δύναμις} = \frac{\text{γινόμενον τῶν ποσοτήτων ἠλεκτρισμοῦ}}{\text{τετράγωνον τῆς ἀποστάσεώς των}}, \quad \eta$$

$$P = K \cdot \frac{Q \times Q'}{d^2}$$

ὅπου  $K$  εἶναι μία σταθερά. Ἄν ἐκλέξωμε καταλλήλως τὰς μονάδας δυνάμεως, ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ μήκους, εἶναι δυνατόν νὰ ἐπιτύχωμε, ὥστε ἡ σταθερὰ  $K$  νὰ λάβῃ τιμὴν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα. Τότε ἡ ἀνωτέρω ἐξίσωσις γράφεται ὡς ἐξῆς :

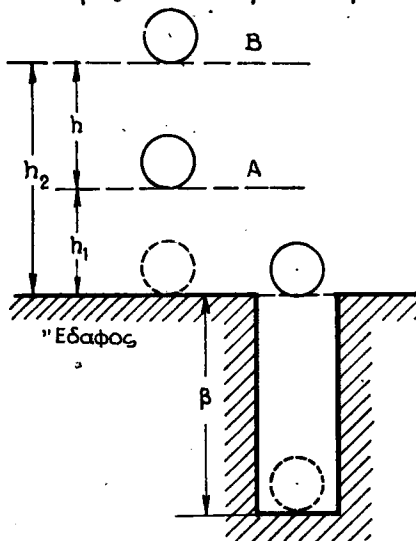
$$P = \frac{Q \times Q'}{d^2}$$

Θὰ προκύψουν, ἐπομένως, σχετικῶς μεγάλαι δυνάμεις μεταξὺ ἠλεκτρικῶν φορτίων, ὅταν αἱ ποσότητες ἠλεκτρισμοῦ τῶν φορτίων εἶναι μεγάλαι καὶ ὅταν τὰ φορτία εὐρίσκωνται πλησίον τὸ ἓνα πρὸς τὸ ἄλλο. Θὰ προκύψουν ὁμοίως σχετικῶς μικραὶ δυνάμεις, ἀκόμῃ, καὶ ὅταν αἱ ποσότητες ἠλεκτρισμοῦ εἶναι μεγάλαι,

ἐὰν τὰ φορτία εὐρίσκωνται εις μεγάλην ἀπόστασιν τὸ ἓνα ἀπὸ τὸ ἄλλο.

#### 4·2 Είσαγωγή εις την έννοιαν του δυναμικοῦ εις τὸν ἠλεκτρισμὸν. Δυναμικὴ ἐνέργεια καὶ δυναμικὸν εις τὴν Φυσικὴν.

Ἡ έννοια τοῦ δυναμικοῦ εἶναι μία ἀπὸ τὰς βασικωτέρας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ἐπειδὴ δὲ αὐτὴ ἀπορρέει ἀπὸ τὴν έννοιαν τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας, θὰ ὑπενθυμίσωμε ἐν περιλήψει τὰ κυριώτερα σημεῖα, ἀπὸ τὰ ἑσα μᾶς διδάσκει ἡ Φυσικὴ διὰ τὸ θέμα αὐτό.



Σχ. 4·2 α.

1. Σῶμα βάρους  $P$  χιλιογράμμων, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐν ἀκίνησι εἰς θέσιν  $A$ , πού ἀπέχει ἀπὸ τὸ ἔδαφος  $h_1$  μέτρα (σχ. 4·2 α), κατέχει δυναμικὴν ἐνέργειαν, « ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος »,  $E_A = P \cdot h_1$  kgm. Εἰς τὴν θέσιν  $B$  ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια, πάλιν ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, εἶναι  $E_B = P \cdot h_2$  kgm. Καὶ εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιπτώσεις, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος εἶναι ἡ

ικανότης του νὰ παράγη ἀντίστοιχον ἔργον  $P \cdot h_1 \text{ kgm}$  ἢ  $P \cdot h_2 \text{ kgm}$ , όταν πέση ἐλευθέρως ἀπὸ τὰς θέσεις  $A$  καὶ  $B$  εἰς τὸ ἔδαφος. Εἶναι προφανές ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, εἶναι ἀνάλογος μὲ τὸ ὕψος του ἀπὸ τὸ ἔδαφος.

2. Ἡ διαφορὰ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος μεταξὺ τῶν θέσεων  $B$  καὶ  $A$  εἶναι ἐπομένως  $E_B - E_A = P \cdot h_2 - P \cdot h_1 = P \cdot h \text{ kgm}$ . Αὕτη εἶναι ἴση, κατ' ἀπόλυτον τιμὴν, α) εἴτε πρὸς τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ δαπανηθῇ διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ σώματος ἀπὸ  $A$  μέχρι  $B$ , β) εἴτε πρὸς τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ ἐκτελέσῃ τὸ σῶμα, ὅταν πέση ἐλευθέρως ἀπὸ  $B$  μέχρις  $A$ .

3. Ὅταν, ἐπομένως, ἀνυψώσωμε ἓνα σῶμα, όταν δηλαδὴ δαπανήσωμε ἔργον, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος αὐτοῦ αὐξάνεται, κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸ δαπανηθὲν ἔργον. Ὅταν, ἀντιθέτως, τὸ σῶμα πέση ἐλευθέρως, όταν δηλαδὴ ἐκτελέσῃ ἔργον, ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια ἐλαττώνεται, κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐκτελέσει τὸ σῶμα.

4. Ὅταν ὁμιλοῦμε περὶ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας ἑνὸς σώματος, πρέπει νὰ καθορίζωμε τὴν θέσιν ὡς πρὸς τὴν ὁποίαν τὴν ὑπολογίζομε. Σῶμα π.χ., ποῦ εὑρίσκεται ἐπάνω εἰς τὸ ἔδαφος, δὲν κατέχει δυναμικὴν ἐνέργειαν « ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος », κατέχει ὁμως δυναμικὴν ἐνέργειαν  $E = P \cdot \beta$  (σχ. 4·2 α) « ὡς πρὸς τὸν πυθμὲνα φρέατος ».

5. Ὅσα ἐλέχθησαν ἀνωτέρω ἰσχύουν καὶ διὰ τὴν μονάδα μάζης οἰουδήποτε σώματος, ὅπως θὰ τὸ ἀποδείξωμε κατωτέρω.

Γνωρίζομε ἀπὸ τὴν Φυσικὴν ὅτι τὸ βᾶρος ἑνὸς σώματος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ γινόμενον τῆς μάζης του ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος, δηλαδὴ ὅτι  $P = m \cdot g \text{ kg}$ . Ἐπομένως, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια  $E_A$  ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος ἑνὸς σώματος, ποῦ εὑρίσκεται εἰς θέσιν  $A$  (σχ. 4·2 α), δύναται ἐπίσης νὰ γραφῇ  $E_A = P \cdot h_1 = m \cdot g \cdot h_1$ .

Εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν, ἡ μονὰς μάζης ( $m = 1$ ) οἰουδήποτε

σώματος κατέχει, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, δυναμικὴν ἐνέργειαν  $\epsilon_A = 1 \times g \cdot h_1 = g \cdot h_1 \text{ kgm}$ .

Αὐτὴν τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν ὀνομάζομε *δυναμικὸν τοῦ σημείου A* ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος. Ὅμοίως, τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου B, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, εἶναι  $\epsilon_B = g \cdot h_2 \text{ kgm}$ . Γενικῶς, *δυναμικὸν οἰουδήποτε σημείου A, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, λέγεται ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, τὴν ὁποίαν κατέχει ἡ μονὰς μάζης, ὅταν εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον A.*

6. Διὰ νὰ χαρακτηρίσωμε τὸ γεγονός δτι τὸ δυναμικὸν  $\epsilon_B$  σημείου B (σχ. 4·2 α) ἔχει μεγαλύτεραν τιμὴν ἀπὸ τὸ δυναμικὸν  $\epsilon_A$  τοῦ σημείου A, λέγομε δτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου B εἶναι *ὑψηλότερον* ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου A ἢ δτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου A εἶναι *χαμηλότερον* ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου B.

7. Ἀπὸ τὰ ὅσα ἐλέχθησαν μέχρι τώρα, συμπεραίνομε δτι *διαφορὰ δυναμικοῦ δύο σημείων B καὶ A εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας  $\epsilon_B - \epsilon_A = g \cdot h_1 - g \cdot h_2 = g \cdot h \text{ kgm}$  τῆς μονάδος μάζης μεταξὺ τῶν σημείων B καὶ A.* Ὑπενθυμίζομε δτι αὕτὴ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἔργον  $g \cdot h \text{ kgm}$ , τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ δαπανηθῇ, διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ μονὰς μάζης ἀπὸ τὸ A εἰς τὸ B.

8. Ἐὰν συνοψίσωμε τὰ ἀνωτέρω, καταλήγομε εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα, τὰ ὁποῖα θὰ χρησιμοποιήσωμε εἰς τὴν ἐπομένῃν παράγραφον.

α) Ἡ δαπάνη ἔργου  $g \cdot h \text{ kgm}$ , πὸν ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ μονὰς μάζης κατὰ  $h$  μέτρα ἀπὸ ἓνα σημεῖον A εἰς σημεῖον B, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα δτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου B εἶναι *ὑψηλότερον* τοῦ δυναμικοῦ τοῦ σημείου A κατὰ  $g \cdot h \text{ kgm}$ .

β) Ἀντιθέτως, ἡ ἐκτέλεσις ἔργου ὑπὸ τῆς μονάδος μάζης, ὅταν πίπτῃ ἀπὸ τὸ σημεῖον B εἰς τὸ σημεῖον A, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα δτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου A εἶναι *χαμηλότερον* ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου B κατὰ  $g \cdot h \text{ kgm}$ .

Ἡλεκτρολογία A'



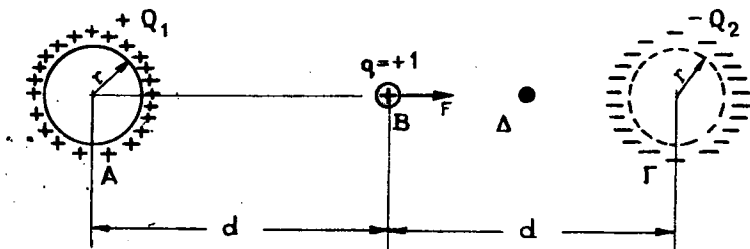
9. Είναι τέλος φανερόν ὅτι, ἂν ἓνα σῶμα εἶναι ἐλεύθερον νὰ κινηθῆ, τότε πίπτει ἀπὸ σημεῖον ὑψηλοτέρου δυναμικοῦ πρὸς σημεῖον χαμηλοτέρου δυναμικοῦ. Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα δὲν εἶναι ἐλεύθερον νὰ κινηθῆ, τότε ἔχει τὴν τάσιν νὰ κινηθῆ ἀπὸ σημεῖον ὑψηλοτέρου δυναμικοῦ, πρὸς σημεῖον χαμηλοτέρου δυναμικοῦ.

#### 4·3 Διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ δυναμικὸν εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν.

1. Ἐστω ὅτι ἔχομε ἠλεκτρίσει, μὲ οἷονδήποτε τρόπον, μίαν μεταλλικὴν σφαῖραν Α μὲ ποσότητα θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ  $+Q_1$ .

Ἐχει ἀποδειχθῆ πειραματικῶς ὅτι ὁλόκληρον τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῆς σφαίρας κατανέμεται ἐπάνω εἰς τὴν ἐξωτερικὴν τῆς ἐπιφάνειαν, ἀσχέτως τοῦ ἂν ἡ σφαῖρα εἶναι συμπαγῆς ἢ κολη. Ὅταν ἡ σφαῖρα δὲν εὑρίσκεται κοντὰ εἰς ἄλλα φορτία, καὶ ἐπομένως δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ αὐτά, τότε τὸ φορτίον κατανέμεται ὁμοιομόρφως. Ἐπὶ πλέον, ἡ δρᾶσις τοῦ φορτίου τῆς σφαίρας εἰς ἓνα ἄλλο φορτίον ( $P = \frac{Q \times Q'}{d^2}$ ) εἶναι ἡ ἴδια, ὅπως θὰ ἦτο ἂν τὸ φορτίον ἦτο συγκεντρωμένον εἰς τὸ κέντρον τῆς σφαίρας.

2. Ἐστω τώρα ὅτι εἰς σημεῖον Β (σχ. 4·3 α) εὑρίσκεται ἡ θετικὴ μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ μονὰς αὕτη ἀπωθεῖται



Σχ. 4·3 α.

ἀπὸ τὸ φορτίον  $+Q_1$  τῆς σφαίρας Α μὲ δύναμιν  $P = \frac{Q_1 \times 1}{d^2}$ .

Ἐπομένως, ἡ μονὰς αὕτη κατέχει δυναμικὴν ἐνέργειαν. ἀπὸ τὴν δὴ-

ναται νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον, ὅταν κινήθῃ ἀπὸ τὸ σημεῖον Β μέχρι τοῦ σημείου Δ. Ἐστὼ  $U_B$  ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τῆς μονάδος ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ εἰς τὸ σημεῖον Β.

Διὰ νὰ μεταφέρωμε τὴν μονάδα αὐτὴν ἀπὸ τὸ σημεῖον Β μέχρι τῆς σφαίρας, πρέπει νὰ δαπανήσωμε ἓνα μηχανικὸν ἔργον, ἀφοῦ αἱ δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἀναπτύσσονται μεταξὺ τῶν φορτίων, ἀντιδρῶν συνεχῶς εἰς τὴν μεταφορὰν. Ἡ δυναμικὴ τῆς ἐνέργεια λοιπὸν θὰ ἀυξηθῇ κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸ δαπανηθὲν ἔργον. Ἐπομένως, ἡ κάθε θετικὴ μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ τοῦ φορτίου τῆς σφαίρας κατέχει μεγαλύτεραν δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἀπὸ ὅσην κατέχει εἰς τὸ σημεῖον Β. Ἐστὼ  $U_A$  ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τῆς μονάδος ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς σφαίρας.

3. Ἡ διαφορὰ-δυναμικῆς ἐνεργείας τῆς μονάδος μάζης μεταξὺ δύο σημείων λέγεται εἰς τὴν Μηχανικὴν διαφορὰ δυναμικοῦ τῶν δύο σημείων. Ὀμοίως, εἰς τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν, διαφορὰ δυναμικῆς ἐνεργείας τῆς μονάδος ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ μεταξὺ τῆς σφαίρας Α καὶ τοῦ σημείου Β λέγεται « διαφορὰ δυναμικοῦ » τῆς σφαίρας καὶ τοῦ σημείου Β. Τὴν συμβολίζομε διὰ τοῦ  $U_A - U_B$ , ὅπου ὁ πρῶτος ὅρος ἀναφέρεται πάντοτε εἰς τὸ ὑψηλότερον δυναμικόν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν θετικῶς φορτισμένης σφαίρας, τὸ δυναμικόν  $U_A$  τοῦ ἠλεκτρικοῦ τῆς φορτίου εἶναι ὑψηλότερον τοῦ δυναμικοῦ  $U_B$ , οἷονδήποτε σημείου Β, ποῦ εὑρίσκεται ἐκτὸς τῆς σφαίρας.

4. Ἐστὼ τώρα μία δευτέρα σφαῖρα (σχ. 4·3 α). Ἐχει τὴν ἴδιαν διάμετρον μὲ τὴν Α, εὑρίσκεται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ σημεῖον Β, ἀλλὰ εἶναι φορτισμένη μὲ ποσότητα ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ —  $Q_2$ .

Λέγοι ὅτι τὸ δυναμικόν  $U_T$  τοῦ φορτίου τῆς σφαίρας εἶναι χαμηλότερον τοῦ δυναμικοῦ  $U_B$  τοῦ σημείου Β. Πράγματι, ἡ μονὰς θετικοῦ φορτίου ( $q = +1$ ) ἔλκεται ἀπὸ τὸ φορτίον —  $Q_2$  καὶ

ἐκτελεῖ ἔργον κατὰ τὴν κίνησίν τῆς ἀπὸ Β μέχρι τῆς σφαίρας. Ἐπομένως, ἡ δυναμικὴ τῆς ἐνέργεια ἐλαττοῦται κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸ ἐκτελεσθὲν ἔργον. Ἔπεται ὅτι τὸ δυναμικὸν  $U_{\Gamma}$  μιᾶς ἀρνητικῶς φορτισμένης σφαίρας εἶναι χαμηλότερον τοῦ δυναμικοῦ  $U_B$  οἰοῦνδήποτε σημείου Β, πὸν εὐρίσκεται ἐκτὸς τῆς σφαίρας.

5. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U_A - U_B$  θετικῶς ἠλεκτρισμένης σφαίρας Α καὶ σημείου Β (σχ. 4·3 α) ἔχει τιμὴν  $U_A - U_B = +Q_1 \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{d} \right)$ . Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U_A - U_B$  εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ φορτίον  $+Q_1$  τῆς σφαίρας Α καὶ θετικὴ (διότι  $Q_1$  εἶναι θετικὸν καὶ  $\frac{1}{r} > \frac{1}{d}$ , ἄρα  $\frac{1}{r} - \frac{1}{d}$  εἶναι θετικόν). Ὁμοίως ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U_B - U_{\Gamma}$  τοῦ σημείου Β καὶ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένης σφαίρας Γ ἔχει τιμὴν  $U_B - U_{\Gamma} = -Q_2 \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{d} \right)$ , ἡ ὁποία εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ φορτίον  $-Q_2$  καὶ ἀρνητικὴ ( $Q_2$  ἀρνητικὸν καὶ  $\frac{1}{r} > \frac{1}{d}$ , ἄρα  $\frac{1}{r} - \frac{1}{d}$  εἶναι θετικόν).

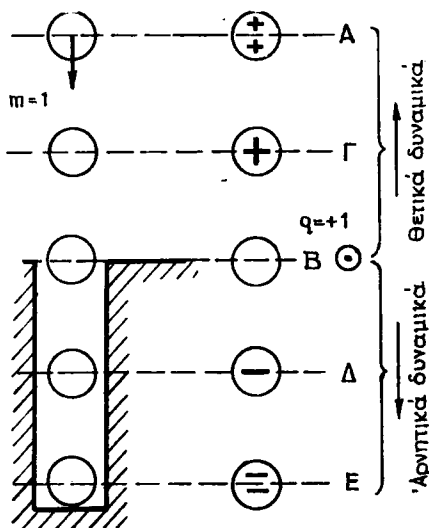
6. Ὄταν τὸ σημεῖον Β εὐρίσκεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ τὰς σφαίρας Α καὶ Γ, τότε  $d = \infty$  καὶ ἐπομένως τὸ πηλίκον  $\frac{1}{d}$  μηδενίζεται.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, εἰδικῶς, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U_A - U_B$  (ἢ  $U_B - U_{\Gamma}$ ) τῆς σφαίρας Α (ἢ τῆς σφαίρας Γ) καὶ τοῦ ἀνωτέρω ἀπομεμακρυσμένου σημείου Β, ὀνομάζεται *δυναμικὸν τῆς σφαίρας Α* (ἢ τῆς σφαίρας Γ) καὶ συμβολίζεται διὰ τοῦ  $U_A$  (ἢ τοῦ  $U_{\Gamma}$ ). Ἄρα  $U_A = +\frac{Q_1}{r}$  καὶ  $U_{\Gamma} = -\frac{Q_2}{r}$ .

Ἔπεται ὅτι τὸ δυναμικὸν σφαίρας θετικῶς ἠλεκτρισμένης εἶναι θετικὸν καὶ ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον τῆς, ἐνῶ τὸ δυναμικὸν σφαίρας ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένης εἶναι ἀρνητικὸν καὶ ἀνάλογον ἐπίσης πρὸς τὸ φορτίον τῆς.

7. Εἶναι φανερόν ὅτι μίᾳ σφαίρᾳ μὴ ἠλεκτρισμένην δὲν παρουσιάζει διαφορὰν δυναμικοῦ μετὰ οἰονδήποτε σημείου B, ἀφοῦ, διὰ τὴν σφαῖραν αὐτήν, ἔχωμε  $Q=0$ . Ἄρα τὸ δυναμικὸν μὴ ἠλεκτρισμένης σφαίρας ἰσοῦται μετὰ μηδέν,  $U=0$ .

Τὸ σχῆμα 4.3 β ἀπεικονίζει τὴν ἀναλογίαν τῶν ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν μετὰ τὰ δυναμικὰ τῆς Μηχανικῆς. Μίᾳ σφαίρᾳ ἔχει τόσον ὑψηλότερον θετικὸν δυναμικόν, ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον της εἶναι μεγαλύτερον, ἔχει δὲ τόσον χαμηλότερον ἀρνητικὸν δυναμικόν, ὅσον τὸ ἀρνητικὸν φορτίον της εἶναι μεγαλύτερον.



Σχ. 4.3 β.

8. Διὰ τὴν καταστάσιν εὐκολονόητος ἡ ἔννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ, ἐχρησιμοποιεῖσθαι δύο ἠλεκτρισμέναι σφαῖραι τῆς ἰδίας διαμέτρου.

Τὰ ὅσα ἐλέχθησαν διὰ τὰς ἀνωτέρω σφαῖρας ἰσχύουν καὶ διὰ ἅλα τὰ ἠλεκτρισμένα μεταλλικὰ σώματα. Κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ σώ-

ματα αὐτὰ ἀποκτᾶ ὠρισμένον δυναμικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὰ ἑξῆς χαρακτηριστικά :

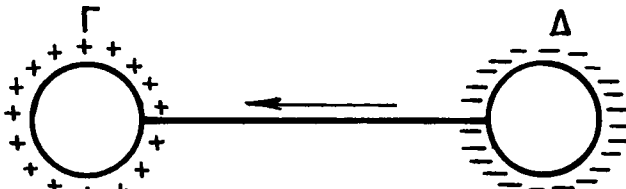
α) εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον του  $Q$  καὶ

β) ἀντιστρόφως ἀνάλογον μιᾶς σταθερᾶς ποσότητος  $C$ , ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ σώματος καὶ ἀπὸ τὰς διαστάσεις του. Ἡ ποσότης  $C$  ὀνομάζεται *χωρητικότης* τοῦ σώματος. Ἡ χωρητικότης π.χ. μιᾶς σφαίρας εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἀκτίνα της, ἀφοῦ τὸ δυναμικὸν τῆς σφαίρας ἔχει τιμὴν  $U = \frac{Q}{r}$ . Τὴν χωρητικότητα θὰ ἐξετάσωμε εἰδικῶς εἰς τὸ κεφάλαιον περὶ πυκνωτῶν.

Εἰς τὰ ἐπόμενα κεφάλαια, ὅταν ὁμιλοῦμε περὶ *δυναμικοῦ*, θὰ ἐννοοῦμε γενικῶς τὸ δυναμικὸν *ἠλεκτρισμένων σωμάτων*.

#### 4·4 Ἐννοια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡλεκτρικὴ τάσις.

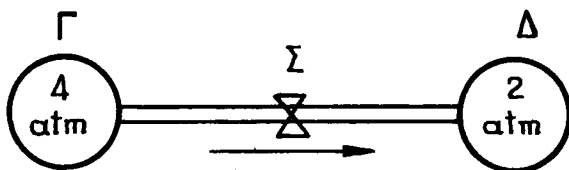
1. Τί θὰ προκύψῃ ὅταν ἐνώσωμε τὸ ἓνα ἄκρον μεταλλικοῦ σύρματος μὲ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο ἠλεκτρισμένα σώματα τοῦ σχήματος 4·4α καὶ τὸ ἄλλο ἄκρον του μὲ τὸ δευτέρον σῶμα; Ἡ ἀπάντησις εἶναι: ἡ ἑξῆς :



Σχ. 4·4 α.

Ὅπως κάθε ἐλεύθερον ὕλικὸν σῶμα κινεῖται ἀπὸ σημεῖον ὑψηλοτέρου πρὸς σημεῖον χαμηλοτέρου δυναμικοῦ, ἔτσι καὶ εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν ἠλεκτρικὰ φορτία θὰ κινηθοῦν ἀπὸ τὸ ἓνα σῶμα πρὸς τὸ ἄλλο μέχρις ὅτου ἐξισωθοῦν τὰ δυναμικὰ τῶν δύο σωμάτων. Ἡ κίνησις αὐτὴ θὰ διαρκέσῃ ἓνα ἐλάχιστον χρονικὸν διάστημα. Θὰ ἔχωμε δηλαδὴ φαινόμενον ἀνάλογον μὲ αὐτό, ποῦ προκύπτει ὅταν ἀνοίξωμε τὴν στρόφυγγα  $\Sigma$  σωλήνος, ὁ ὁποῖος ἐ-

νώνει δύο δοχεία με αέριον υπό διάφορον πίεσιν (σχ. 4·4 β). Το αέριον θα κινηθῆ ἀπὸ τὸ δοχεῖον Γ, ὑψηλοτέρας πίεσεως, πρὸς τὸ δοχεῖον Δ, μέχρις ὅτου ἐξισωθῶν αἱ πίεσεις εἰς τὰ δύο δοχεῖα.



Σχ. 4·4 β.

2. Ἐκ τῶν ὁσων ἐλέχθησαν εἰς τὴν παράγραφον 3·4, γνωρίζομε ὅτι μόνον ἠλεκτρόνια εἶναι δυνατὸν νὰ κινηθοῦν διὰ μέσου μεταλλικῶν συρμάτων. Ἐπομένως, ἡ ἐξίσωσις τῶν δυναμικῶν τῶν δύο σωμάτων θὰ ἐπιτευχθῆ μόνον διὰ τῆς μετακινήσεως ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸ σῶμα Δ πρὸς τὸ σῶμα Γ (σχ. 4·4 α). Τὸ βέλος ἐπὶ τοῦ σχήματος 4·4 α δεικνύει τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων.

3. Ἀντιθέτως πρὸς ὅ,τι συμβαίνει κατὰ τὴν πτώσιν τῶν σωμάτων, τὰ ἠλεκτρόνια κινοῦνται ἀπὸ τὸ σῶμα Δ, χαμηλοῦ δυναμικοῦ (σχ. 4·3 β) πρὸς τὸ σῶμα Γ, ὑψηλοῦ δυναμικοῦ.

Ἡ μετακίνησις αὐτὴ τῶν ἠλεκτρονίων διὰ μέσου ἀγωγῶν ὀνομάζεται *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα*. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, διὰ μέσου μεταλλικῶν ἀγωγῶν, κυκλοφορεῖ πάντοτε ἀπὸ σημεῖον χαμηλοῦ δυναμικοῦ πρὸς σημεῖον ὑψηλοτέρου δυναμικοῦ. Ἔτσι, βάσει τῆς ἀπεικονίσεως τῶν ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν τοῦ σχήματος 4·3 β, ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θὰ κυκλοφορήσῃ ἀπὸ τὸ σῶμα Ε, ποῦ ἔχει χαμηλὸν ἀρνητικὸν δυναμικόν, πρὸς τὸ σῶμα Δ, ποῦ ἔχει ὑψηλότερον δυναμικόν, ἀπὸ τὸ σῶμα Δ πρὸς τὸ Γ, καὶ ἀπὸ τὸ σῶμα Γ πρὸς τὸ Α.

4. Πρὶν ἀνακαλυφθῶν τὰ ἠλεκτρόνια, εἶχε καθορισθῆ συμβατικῶς ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ, διὰ μέσου μεταλλι-

κῶν ἀγωγῶν, ἀπὸ ἓνα σημεῖον ὑψηλοῦ δυναμικοῦ πρὸς σημεῖον χαμηλοῦ δυναμικοῦ. Τὴν συμβατικὴν αὐτὴν φορὰν τοῦ ρεύματος παραδεχόμεθα καὶ σήμερον. Ὅταν, ὁμως, λέγεται ὅτι ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ σῶμα Γ πρὸς σῶμα Δ (σχ. 4·4 α), πρέπει νὰ ἔχωμε ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἀπὸ Δ πρὸς Γ.

5. Ὅταν τὰ δύο σῶματα Γ καὶ Δ τοῦ σχήματος 4·4 α δὲν εἶναι ἐνωμένα μὲ μεταλλικὸν ἀγωγόν, τότε δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ κυκλοφορήσῃ ρεῦμα ἀπὸ τὸ ἓνα σῶμα πρὸς τὸ ἄλλο. Ἐπειδὴ ὁμως ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ τῶν σωμάτων, ὑπάρχει ἠλεκτρικὴ τάσις μεταξὺ τῶν σωμάτων πρὸς κυκλοφορίαν ρεύματος. Ἡλεκτρικὴ τάσις μεταξὺ δύο σωμάτων (ἢ σημείων) ἢ διαφορὰ δυναμικοῦ δύο σωμάτων (ἢ σημείων) σημαίνουν τὸ ἴδιον πρᾶγμα.

Ἐνῶ ὁμως ἡ ἔκφρασις δυναμικὸν σημεῖον ἢ σώματος ἔχει μίαν συγκεκριμένην ἔννοιαν, ἡ ἔκφρασις τάσις σημεῖου ἢ σώματος δὲν ἔχει νόημα. Ἡλεκτρικὴ τάσις ὑπάρχει μόνον « μεταξὺ δύο σωμάτων ἢ μεταξὺ δύο σημείων ».

#### 4·5 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Ἡλεκτρικὰ φορτία  $Q$  καὶ  $Q'$ , τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν  $d$  μεταξὺ των, ἔλκονται ἢ ἀπωθοῦνται μὲ δύναμιν

$$P = \frac{Q \times Q'}{d^2}$$

β) Ὅταν ἀνυψώσωμε ὀλικὸν σῶμα βάρους  $P$  kg ἀπὸ ἓνα σημεῖον  $A$  μέχρι ἑνὸς ἄλλου σημείου  $B$ , ποῦ εἶναι ὑψηλότερον κατὰ  $h$  μέτρα, ἡ μηχανικὴ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος αὐξάνεται κατὰ ποσὸν  $P \cdot h$  kgm, ἴσον πρὸς τὸ δαπανηθὲν ἔργον.

Ὅταν τὸ ἴδιον σῶμα πέσῃ ἐλευθέρως ἀπὸ τὸ σημεῖον  $B$  μέχρι τοῦ  $A$ , ἡ μηχανικὴ δυναμικὴ του ἐνέργεια ἐλαττοῦται κατὰ ποσὸν  $P \cdot h$  kgm, ἴσον πρὸς τὸ ἐκτελεσθὲν ὑπὸ τοῦ σώματος ἔργον.

γ) Διαφορὰ μηχανικῆς δυναμικῆς ἐνεργείας σώματος μετα-

Ξὸ τῶν σημείων Β καὶ Α εἶναι ἡ διαφορὰ τῶν δυναμικῶν ἐνεργειῶν, τὰς ὁποίας κατέχει τὸ σῶμα εἰς τὰ σημεία αὐτά.

δ) Μηχανικὸν δυναμικὸν σημείου Α, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, εἶναι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, ὡς πρὸς τὸ ἔδαφος, τὴν ὁποίαν κατέχει ἡ μονὰς μάζης ὑλικοῦ σώματος, ὅταν εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Α.

ε) Διαφορὰ μηχανικοῦ δυναμικοῦ δύο σημείων Β καὶ Α, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ σημεῖον Β εἶναι ὑψηλότερον ἀπὸ τὸ Α κατὰ  $h$  μέτρα, εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας  $\epsilon_B - \epsilon_A = gh \text{ kgm}$  τῆς μονάδος μάζης ὑλικοῦ σώματος, μεταξὺ τῶν σημείων Β καὶ Α.

στ) Τὸ μηχανικὸν δυναμικὸν τοῦ σημείου Β εἶναι ὑψηλότερον ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου Α κατὰ ποσὸν ἴσον, πρὸς τὸ ἔργον  $g \cdot h \text{ kgm}$ , τὸ ὅποιον πρέπει νὰ δαπανηθῇ διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς μονάδος μάζης τοῦ ὑλικοῦ σώματος ἀπὸ τὸ σημεῖον Α μέχρι τοῦ σημείου Β.

Τὸ μηχανικὸν δυναμικὸν τοῦ σημείου Α εἶναι χαμηλότερον ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ σημείου Β κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὸ ἔργον  $g \cdot h \text{ kgm}$ , τὸ ὅποιον ἐκτελεῖ ἡ μονὰς μάζης τοῦ ὑλικοῦ σώματος, κατὰ τὴν πτώσιν τῆς ἀπὸ Β εἰς Α.

ζ) Σῶμα πίπτει ἐλευθέρως ἀπὸ ἓνα σημεῖον μὲ ὑψηλότερον δυναμικὸν πρὸς ἄλλο σημεῖον μὲ χαμηλότερον δυναμικόν. Ἄν ὁμοῦς ἐμποδίζεται νὰ πέσῃ, ἔχει παρ' ὅλα αὐτὰ τὴν τάσιν νὰ κινηθῇ ὡς ἀνωτέρω.

η) Ἡλεκτρικὴ διαφορὰ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος καὶ σημείου, ἐκτὸς τοῦ σώματος, εἶναι ἡ διαφορὰ τῶν δυναμικῶν ἐνεργειῶν, τὰς ὁποίας κατέχει ἡ μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ, ὅταν εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σώματος καὶ εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

θ) Τὸ ἠλεκτρικὸν δυναμικὸν θετικῶς φορτισμένου σώματος εἶναι θετικὸν καὶ ὑψηλότερον τοῦ δυναμικοῦ οἰουδήποτε σημείου εὐρισκομένου ἐκτὸς τοῦ σώματος. Τὸ ἠλεκτρικὸν δυναμικὸν ἀρνητικῶς φορτισμένου σώματος εἶναι ἀρνητικὸν καὶ χαμηλότερον τοῦ δυναμικοῦ οἰουδήποτε σημείου εὐρισκομένου ἐκτὸς τοῦ σώματος.



ι) Τὸ ἠλεκτρικὸν δυναμικὸν ἠλεκτρισμένου σώματος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον του καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογον πρὸς τὴν χωρητικότητά του. Τὸ δυναμικὸν ἑνὸς σώματος, θετικῶς ἠλεκτρισμένου, εἶναι τόσον ὑψηλότερον, ὅσον τὸ φορτίον του εἶναι μεγαλύτερον. Τὸ δυναμικὸν τοῦ αὐτοῦ μὲν σώματος, ἀλλὰ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένου, εἶναι τόσον χαμηλότερον, ὅσον τὸ φορτίον εἶναι μεγαλύτερον.

ια) Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὀνομάζεται ἡ μετακίνησις ἠλεκτρονίων διὰ μέσου ἀγωγοῦ.

ιβ) Ἡλεκτρόνια κυκλοφοροῦν ἀπὸ ἓνα σῶμα (ἢ σημεῖον) χαμηλοῦ δυναμικοῦ πρὸς ἄλλο σῶμα (ἢ σημεῖον) ὑψηλοτέρου δυναμικοῦ.

ιγ) Συμβατικῶς, ἡ φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἀντίθετος πρὸς τὴν πραγματικὴν. Ἡ συμβατικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἡ φορὰ ἀπὸ ἓνα σῶμα μὲ ὑψηλὸν δυναμικὸν πρὸς ἓνα ἄλλο μὲ χαμηλότερον δυναμικόν.

ιδ) Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ δύο ἠλεκτρισμένων σωμάτων ἢ δύο σημείων προκαλεῖ τὴν ἀνάπτυξιν τάσεως μετακινήσεως ἠλεκτρονίων μεταξὺ τῶν δύο σωμάτων ἢ τῶν δύο σημείων.

ιε) Τάσις μεταξὺ δύο σωμάτων ἢ σημείων καὶ διαφορὰ δυναμικοῦ δύο σωμάτων ἢ σημείων σημαίνουν τὸ αὐτό.

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ - ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

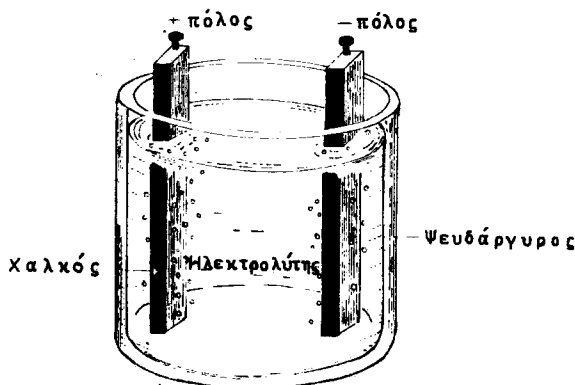
## 5·1 Ἡλεκτρικαὶ πηγαί. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.

Μόνιμοι διαφοραὶ δυναμικοῦ, αἱ ὁποῖαι ἐπιτρέπουν τὴν συνεχῆ κυκλοφορίαν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, παράγονται εἰς εἰδικὰς μηχανὰς καὶ συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται πηγαὶ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰς πηγὰς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος αἱ διαφοραὶ δυναμικοῦ παράγονται κυρίως ἀπὸ μετατροπὴν μηχανικῆς ἢ χημικῆς ἐνεργείας εἰς ἡλεκτρικὴν.

Τὸ ἀπλούστερον εἶδος ἡλεκτρικῶν πηγῶν ἀποτελοῦν τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα λέγονται καὶ ἡλεκτροχημικὰ στοιχεῖα. Ἐντὸς τῶν στοιχείων αὐτῶν λαμβάνουν χώραν χημικαὶ ἀντιδράσεις. Ἀποτέλεσμα τῆς ἐνεργείας τῶν ἀντιδράσεων αὐτῶν εἶναι ἡ παραγωγὴ διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Θὰ περιορίσωμε τὴν μελέτην τῶν ἡλεκτρικῶν στοιχείων μόνον εἰς τὴν ἀρχὴν, ἐπὶ τῆς ὁποίας βασίζεται ἡ ὑπ' αὐτῶν ἀνάπτυξις διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Εἰς τὴν ἀπλουστέραν του μορφήν, ἓνα ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον (σχ. 5·1 α) ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἐλάσματα (ἢ δύο ράβδους), π.χ. τὸ ἓνα ἀπὸ ψευδάργυρον καὶ τὸ δεύτερον ἀπὸ χαλκόν. Τὰ ἐλάσματα τοποθετοῦνται μέχρις ἐνός σημείου ἐντὸς ἀραιοῦ διαλύματος θεϊκοῦ ὀξέος καὶ ὕδατος. Τὰ ἐλάσματα ὀνομάζονται ἡλεκτροδία τοῦ στοιχείου, τὸ δὲ διάλυμα ἡλεκτρολύτης. Εἰς τὸ ὑψηλότερον μέρος τοῦ κάθε ἡλεκτροδίου εἶναι προσηρμοσμένος ἓνας κοχλίας μετὰ περικοχλίου. Ὁ κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς κοχλίας ὀνομάζεται πόλος τοῦ στοιχείου. Τὸ στοιχεῖον ἔχει, ἐπομένως, δύο πόλους.



Σχ. 5-1 α.

## 5·2 Πώς αναπτύσσεται διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τῶν ἡλεκτροδίων στοιχείου. Ήλεκτρογενετική δύναμις στοιχείου.

1. Ὑπενθυμίζομε ὅτι θετικὸν ἰὸν καλεῖται ἓνα ἄτομον θετικῶς ἡλεκτρισμένον. Τὸ θετικὸν ἰὸν συμβολίζεται μὲ τὸ χημικὸν σύμβολον τοῦ ἀτόμου, τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς ἐκθέτην τόσα σὺν (+), ὅσα ἡλεκτρόνια λείπουν ἀπὸ τὸ ἄτομον. Π.χ.  $Zn^{++}$  σημαίνει ὅτι ἀπὸ ἄτομον ψευδαργύρου ἔχουν ἀποσπασθῆ δύο ἡλεκτρόνια. Καθ' ὅμοιον τρόπον συμβολίζονται τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ὡς ἐκθέτην τόσα πλὴν (-), ὅσα ἡλεκτρόνια πλεονάζουν εἰς τὸ ἄτομον.

2. Ἡ Χημεία διδάσκει ὅτι, εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος εἰς ὕδωρ, μόρια τοῦ θειικοῦ ὀξέος  $SO_4H_2$  διασπῶνται (ἀφεταιρίζονται) τὸ κάθε ἓνα εἰς τρία μέρη: α) εἰς δύο ξεχωριστὰ θετικὰ ἰόντα ὑδρογόνου  $H^+$  |  $H^+$  καὶ β) εἰς ἓνα σύνθετον ἀρνητικὸν ἰὸν  $SO_4^-$ , τὸ ὁποῖον ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς μὲ τὰ δύο ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀπεσπᾶσθησαν ἀπὸ τὰ ἄτομα ὑδρογόνου. Τόσον τὰ θετικὰ ἰόντα  $H^+$  |  $H^+$ , ὅσον καὶ τὰ ἀρνητικὰ  $SO_4^-$  παραμένουν ἐντὸς τοῦ διαλύματος. Τὸ διάλυμα εἶναι, ἐπομένως, ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον. Τὸ φαινόμενον τῆς διασπάσεως εἰς ἰόντα τῶν διαλυ-

μάτων ὀξέων, βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς ὕδωρ ὀνομάζεται *ιονισμὸς τῶν διαλυμάτων*.

3. Ἡ Χημεία διδάσκει ἐπίσης ὅτι, ὅταν ἓνα μέταλλον ἔλθῃ εἰς ἐπαφήν μὲ διάλυμα ὀξέος, τὸ διάλυμα δρᾷ χημικῶς ἐπὶ τοῦ μετάλλου. Ἡ ἔντασις τῆς χημικῆς δράσεως ἐξαρτᾶται, διὰ κάθε ὀξύ, ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ μετάλλου. Ἔτσι, διάλυμα θειικοῦ ὀξέος δρᾷ χημικῶς καὶ μὲ μεγάλην μάλιστα ἔντασιν ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, ἐνῶ ἡ δράσις του ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ εἶναι χωρὶς σημασίαν (ἀμελητέα).

4. Μὲ τὰ δεδομένα αὐτά, θὰ ἐξετάσωμε τί συμβαίνει εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, τὴν σύντομον περιγραφὴν τοῦ ὁποίου ἐκάναμε εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον.

α) Ἡλεκτροδίου ἀπὸ ψευδάργυρον. Ὁ ἠλεκτρολύτης προκαλεῖ τὴν διάσπασιν ἀτόμων ψευδαργύρου τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἠλεκτροδίου εἰς θετικὰ ἰόντα  $Zn^{++}$  καὶ εἰς δύο ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Τὰ θετικὰ ἰόντα  $Zn^{++}$  ἔλκονται ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα  $SO_4^{-}$  τοῦ ἠλεκτρολύτου, διὰ νὰ σχηματίσουν οὐδέτερα μόρια θειικοῦ ψευδαργύρου  $SO_4Zn$ , συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἐξίσωσιν  $SO_4^{-} + Zn^{++} = SO_4Zn$ .

Ὁ θειικὸς ψευδάργυρος, ποὺ παράγεται, διαλύεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ ἠλεκτρολύτου. Συγχρόνως, τὰ δύο ἠλεκτρόνια τοῦ κάθε ἀτόμου ψευδαργύρου, ποὺ ἐλευθερώνονται, συσσωρεύονται ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου καὶ τὸ φορτίζουν ἀρνητικῶς. Λόγω τῆς ἐνώσεως ἰόντων  $SO_4^{-}$  τοῦ ἠλεκτρολύτου μὲ τὸν ψευδάργυρον, ἐλευθερώνεται ἀντίστοιχος ἀριθμὸς ἰόντων ὑδρογόνου  $H^+ + H^+$  εἰς τὸν ἠλεκτρολύτην. Τὰ ἰόντα αὐτὰ ἀνέρχονται ὑπὸ μορφὴν φυσαλλίδων εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἠλεκτρολύτου καὶ διασκορπίζονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁ ἠλεκτρολύτης ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερος.

Θὰ ἔλθῃ ὁμοίως κάποια στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ δράσις τοῦ ἠλεκτρολύτου ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου θὰ σταματήσει. Τοῦτο θὰ συμ-

εἴη, ὅταν τὸ ἠλεκτρόδιον εἶναι τόσον ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον καὶ ἔλκη μὲ τόσην δύναμιν τὰ θετικὰ ἰόντα  $Zn^{++}$ , ὥστε νὰ ἐξουδετερώνη τὴν ἔλξιν αὐτῶν ὑπὸ τῶν ἀρνητικῶν ἰόντων  $SO_4^{--}$  τοῦ ἠλεκτρολύτου. Ἀπὸ τὴν στιγμήν αὐτὴν ἐπέρχεται πλέον ἰσορροπία ἔλξεω καὶ ἄλλα ἰόντα  $Zn^{++}$  δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποσπασθοῦν ἀπὸ τὸ ἠλεκτρόδιον.

Ἐχομε τώρα εἰς ἐπαφήν τὸν ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἠλεκτρολύτην καὶ τὸ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον ἠλεκτρόδιον. Ἐλεκτρολύτης καὶ ἠλεκτρόδιον παρουσιάξουν, ἐπομένως, διαφορὰν δυναμικοῦ. Αὐτὴ ἢ διαφορὰ δυναμικοῦ, δηλαδὴ ἢ δυναμικὴ ἐνέργεια, ὡς πρὸς τὸν ἠλεκτρολύτην, τῆς κάθε ἀρνητικῆς μονάδος ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ, πού φέρει τὸ ἠλεκτρόδιον, εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις τοῦ ἠλεκτροδίου αὐτοῦ. Ἡ χημικὴ ἀντίδρασις ἠλεκτρολύτου καὶ ψευδαργύρου θὰ προκαλέσῃ πάντοτε μεταβολὴν τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας κάθε μονάδος ἀρνητικῆς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ τῆς αὐτῆς τιμῆς, ἀσχέτως τῶν διαστάσεων τοῦ ἠλεκτροδίου. Μεγάλαι ἐπιφάνειαι ἠλεκτροδίου θὰ ἐπιτρέψουν ἀπλῶς μεγάλην συσσώρευσιν ἠλεκτρονίων ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν τῶν. Ἐπομένως, ἢ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ ἠλεκτροδίου καὶ ἠλεκτρολύτου εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ ἀριθμοῦ αὐτῶν τῶν ἠλεκτρονίων.

β) Ἐλεκτρόδιον ἀπὸ χαλκόν. Δεδομένου ὅτι ἢ χημικὴ δράσις τοῦ ἠλεκτρολύτου ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἀμελητέα (χωρὶς μεγάλην σημασίαν), δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμε ὅτι τὸ ἠλεκτρόδιον ἀπὸ χαλκόν εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, δηλαδὴ ὅτι ἔχει τὸ ἴδιον δυναμικὸν μὲ τὸν ἠλεκτρολύτην.

δ. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ ἠλεκτροδίου ἀπὸ χαλκόν καὶ ἠλεκτροδίου ἀπὸ ψευδαργύρου τοῦ στοιχείου εἶναι, ἐπομένως, ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ ἠλεκτρολύτου καὶ ἠλεκτροδίου ἀπὸ ψευδαργύρου. Αὐτὴ ἢ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ ἠλεκτροδίων ὀνομάζεται ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

6. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γράφεται ἐν συντομίᾳ ΗΕΔ.

Ἀπὸ ὅσα ἐλέχθησαν μέχρι τώρα, προκύπτει ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις στοιχείου εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις τῶν μερῶν του καὶ ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν ὑλικῶν, ποὺ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ ἠλεκτρολύτου καὶ τῶν ἠλεκτροδίων.

7. Τὸ ἠλεκτρόδιον ἀπὸ χαλκὸν ὑψηλοτέρου δυναμικοῦ ὀνομάζεται θετικὸν ἠλεκτρόδιον, τὸ δὲ ἠλεκτρόδιον ἀπὸ ψευδάργυρον ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον. Ὁ κοχλίας εἰς τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου ὀνομάζεται θετικὸς πόλος τοῦ στοιχείου (+), ἐνῶ ἕ ἄλλος κοχλίας τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου ὀνομάζεται ἀρνητικὸς πόλος τοῦ στοιχείου (—).

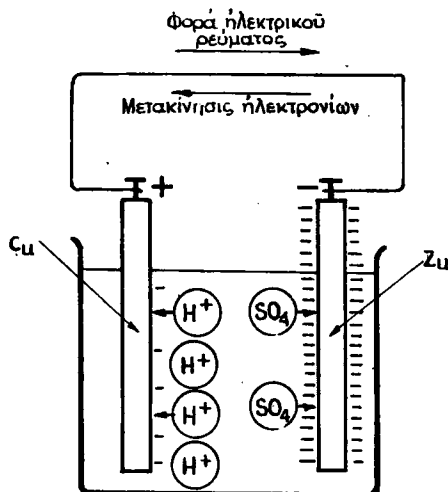
### 5.3 Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἐν λειτουργίᾳ.

Ὅταν συνδέσωμε τὰ ἄκρα ἐνὸς σύρματος ἀπὸ χαλκὸν μὲ τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ του δύναμις θὰ προκαλέσῃ τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον πρὸς τὸ θετικὸν (σχ. 5.3 α).

Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτά, ποὺ μεταφέρονται εἰς τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον, ἔλκουν ἕνα ἀντίστοιχον ἀριθμὸν θετικῶν ἰόντων ὑδρογόνου. Κάθε ἕνα ἀπὸ τὰ ἰόντα αὐτὰ ἐνώνεται μὲ ἕνα ἠλεκτρόνιον καὶ μετατρέπεται ἔτσι εἰς ἄτομον ὑδρογόνου. Τὰ ἄτομα τοῦ ὑδρογόνου σχηματίζουν φυσαλλίδας, αἱ ὁποῖαι ἀνέρχονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἠλεκτρολύτου καὶ διασκορπίζονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Συγχρόνως, ἐπειδὴ ἐλαττώνεται τὸ φορτίον ἠλεκτρονίων τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου, ἀντίστοιχος ἀριθμὸς ἰόντων  $\text{SO}_4^{--}$  τοῦ ἠλεκτρολύτου ἐνώνεται μὲ θετικὰ ἰόντα ψευδαργύρου ( $\text{SO}_4^{--} + \text{Zn}^{++} = \text{SO}_4\text{Zn}$ ). Αὐτὸ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐναπόθεσιν νέων ἠλεκτρονίων ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου.

Προκαλεῖται, κατὰ τὸν τρόπον αὐτόν, μία συνεχῆς μετακίνησης ἢ συνεχῆς ρεῦμα, διότι:

α) Τα ήλεκτρονια δια μέσου του σύρματος μετακινούνται από τον άρνητικόν πόλον πρὸς τὸν θετικόν καὶ β) συμβαίνει διπλή μετακίνησις ἰόντων ἐντὸς τοῦ ήλεκτρολύτου, δηλαδὴ ἰόντων  $H^+ + H^+$  υδρογόνου πρὸς τὸ θετικόν ήλεκτρόδιον καὶ ἀντιστοίχου ἀριθμοῦ ἰόντων  $SO_4^-$ , πρὸς τὸ άρνητικόν ήλεκτρόδιον.



Σχ. 5·3 α.

Κατὰ τὰς άνωτέρω δράσεις παράγεται ήλεκτρική ένέργεια, ένώ καταναλίσκεται ψευδάργυρος καὶ ήλεκτρολύτης. Τὸ ποσοστὸν τῆς καταναλώσεως των είναι προφανῶς άνάλογον πρὸς τὴν ήλεκτρικήν ένέργειαν, ποὺ μᾶς παρέχει τὸ στοιχείον.

#### 5·4 Κλειστὸν κύκλωμα. Κύκλωμα καταναλώσεως.

Ή μετακίνησις ήλεκτρικῶν φορτίων, ὅπως ἔχει περιγραφῆ εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, είναι δυνατή, μόνον ὅταν μεταξὺ τῶν πόλων είναι συνδεδεμένον μεταλλικὸν σύρμα. Ὅταν διακόψωμε τὴν έπαφήν, ἔστω καὶ ένδὸς μόνον ἀπὸ τὰ άκρα τοῦ σύρματος μετὸν αντίστοιχον πόλον, διακόπτεται αὐτομάτως καὶ ἡ με-

τακίνησις ηλεκτρικῶν φορτίων. Θὰ ἐπαναληφθῆ, ὅταν ἀποκαταστήσωμε τὴν ἐπαφήν.

Ἡ πηγὴ καὶ τὸ μεταλλικὸν σύρμα, τὸ ὁποῖον ἐνώνει ἐξωτερικῶς τοὺς πόλους τῆς, ἀποτελοῦν ἓνα κλειστόν κύκλωμα. Συνεχῆς μετακίνησις ηλεκτρικῶν φορτίων εἶναι δυνατὴ μόνον εἰς κλειστόν κύκλωμα.

Εἰς τὸ κλειστόν κύκλωμα τοῦ σχήματος 5·3 α τὰ ηλεκτρόνια κυκλοφοροῦν ἐξωτερικῶς ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικόν. Ἐντὸς τῆς πηγῆς ὁμοῦς ἢ συνεχῆς παροχὴ ηλεκτρονίων εἰς τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον, λόγῳ τῆς μετακινήσεως τῶν ἰόντων, ἰσοδυναμεῖ μὲ τὴν μεταφορὰν ηλεκτρονίων ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον πρὸς τὸ ἀρνητικόν. Ἔτσι εἰς ἓνα κλειστόν κύκλωμα ηλεκτρικοῦ στοιχείου τὰ ηλεκτρόνια κυκλοφοροῦν ὡς ἐξῆς: ἐξωτερικῶς μὲν τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικόν, ἐντὸς δὲ τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον πρὸς τὸ ἀρνητικόν, ἐξ οὗ καὶ ἡ ὀνομασία τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος. Τοῦτο συμβαίνει μὲ οἰανδήποτε πηγὴν ηλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἐπομένως, βάσει τῆς συμβατικῆς φορᾶς τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ *ηλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἐκτὸς μὲν τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸν θετικὸν τῆς πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικόν, ἐντὸς δὲ τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον πρὸς τὸ θετικόν.*

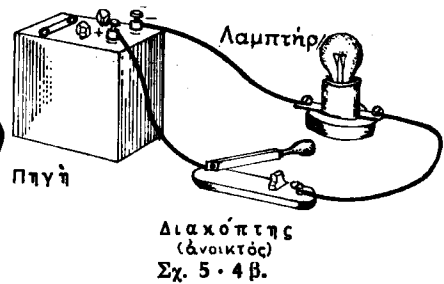
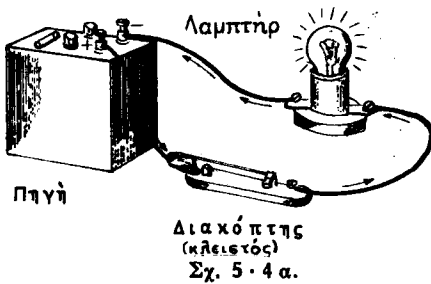
Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ ροὴ τοῦ ρεύματος δὲν ἀλλάζει, ὅταν μεταξὺ τῶν πόλων ἀντὶ τοῦ σύρματος εἶναι συνδεδεμένος ἓνας ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ. Καθὼς γνωρίζομε, ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μεταλλικὸν σύρμα μέσα εἰς ὑάλινον περίβλημα. Κάθε συσκευή, ὅπως ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, ποὺ παράγει ὠφέλιμον ἐνέργειαν (φωτεινὴν, θερμικὴν, μηχανικὴν), ὅταν διὰ μέσου αὐτῆς διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὀνομάζεται *καταναλωτῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας ἢ καταναλωτῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος*, ἢ ἀπλῶς *ἡλεκτρικὸς καταναλωτῆς*.

Μεταξὺ τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς εἶναι δυνατόν νὰ συνδέσωμε



ένα καταναλωτήν ἢ συγχρόνως πολλοὺς καταναλωτάς. Ὁ καταναλωτὴς ἢ τὸ σύνολον τῶν καταναλωτῶν, εἰ ὅποιοι τροφοδοτοῦνται ἀπὸ τὴν πηγὴν, ὀνομάζεται κύκλωμα καταναλώσεως. Ἐπομένως, ἓνα κλειστὸν κύκλωμα ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἀπὸ τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, τὸ ὅποιον συνδέεται μὲ τοὺς πόλους τῆς καὶ εὐρίσκεται μεταξὺ αὐτῶν.

Ἡ συσκευή, ἣ ὁποία ἐπιτρέπει τὴν κατὰ βούλησιν διακοπὴν ἢ ἀποκατάστασιν τῆς ἐπαφῆς τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως μὲ τὴν πηγὴν, ὀνομάζεται διακόπτης. Τὰ σχήματα 5·4 α καὶ 5·4 β παριστάνουν ἓνα μαχαιρωτὸν διακόπτην, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν μονωτικὴν θάσιν, δύο ἐπαφὰς ἀπὸ χαλκόν, προσηρμοσμένας εἰς τὴν θάσιν καὶ ἓνα χάλκινον ἐπίσης ἔλασμα. Τὸ ἔλασμα δύναται νὰ περιστρέφεται γύρω ἀπὸ ἓνα ἄξονα, ὁ ὁποῖος εἶναι προσηρμοσμένος εἰς μίαν ἀπὸ τὰς ἐπαφὰς. Ὅταν τὸ ἔλασμα ἐνῶνῃ τὰς δύο ἐπαφὰς (σχ. 5·4 α), τὸ ρεῖμα κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγεται ὅτι ὁ διακόπτης εἶναι κλειστός. Ὅταν ἀντιθέτως ἀνασηκώσωμε τὸ ἔλασμα (σχ. 5·4 β), τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ὁ διακόπτης εἶναι τότε ἀνοικτός.



Ὅταν μία πηγὴ τροφοδοτῇ ἓνα κύκλωμα καταναλώσεως, ὅταν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα τῆς πηγῆς εἶναι κλειστὸν, λέγομε ὅτι ἡ πηγὴ λειτουργεῖ ὑπὸ φορτίον. Ὅταν ἀντιθέτως ἡ πηγὴ δὲν τροφοδοτῇ καταναλωτάς, λέγομε ὅτι ἡ πηγὴ εἶναι ἐν κενῷ ἢ δτι λειτουργεῖ ἐν κενῷ.

Άν λάβουμε υπ' όψιν τὰ όσα ελέχθησαν εις τὴν παράγραφον 5-2, προκύπτει ότι ἡλεκτρεγεργικὴ δύναμις πηγῆς εἶναι ἢ διαφορὰ δυναμικοῦ τῶν ἡλεκτροδίων ἢ τῶν πόλων της ἐν κενῶ.

### 5-5 Άνακεφαλαίωσης.

α) Αἱ πηγαὶ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσουν μονίμους διαφορὰς δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων των.

β) Ἀπλᾶς πηγᾶς ἀποτελοῦν τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.

γ) Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων στοιχείων ἀναπτύσσεται λόγω τῆς διαφοροῦ χημικῆς δράσεως τοῦ ἡλεκτρολύτου ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων. Ἡ διαφορὰ αὐτὴ δυναμικοῦ ὀνομάζεται ἡλεκτρεγεργικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

δ) Ἡ ἡλεκτρεγεργικὴ δύναμις στοιχείου εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις του· ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν ὑλικῶν, τὰ όποῖα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν του.

ε) Κατὰ τὴν λειτουργίαν στοιχείου, ἡ ἡλεκτρεγεργικὴ του δύναμις προκαλεῖ: α) Ἐκτὸς τῆς πηγῆς συνεχῆ μετακίνησιν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικόν. β) Ἐντὸς τῆς πηγῆς διπλὴν μετακίνησιν ἰόντων διὰ μέσου τοῦ ἡλεκτρολύτου.

στ) Κλειστὸν κύκλωμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πηγὴν καὶ ἀπὸ τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, τὸ όποῖον συνδέεται μεταξὺ τῶν πόλων της.

ζ) Κυκλοφορία ρεύματος εἶναι δυνατὴ μόνον διὰ μέσου κλειστοῦ κυκλώματος.

η) Λόγω τῆς συμβατικῆς φορᾶς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τούτο κυκλοφορεῖ ὡς ἑξῆς: α) Ἐκτὸς τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικόν. β) Ἐντὸς τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικόν.

θ) Σύσκευη, ἢ όποῖα ἐπιτρέπει κατὰ βούλησιν διακοπὴν ἢ

ἀποκατάστασιν τῆς κυκλοφορίας τοῦ ρεύματος, ὀνομάζεται διακόπτης.

ι) Πηγή, ἡ ὁποία τροφοδοτεῖ κύκλωμα καταναλώσεως, λέγεται ὅτι λειτουργεῖ ὑπὸ φορτίον. Πηγή ἡ ὁποία δὲν τροφοδοτεῖ κύκλωμα καταναλώσεως λέγεται ὅτι εἶναι ἐν κενῷ ἢ ὅτι λειτουργεῖ ἐν κενῷ.

ια) Ήλεκτρεγερτικὴ δυναμικ πηγῆς εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ τῶν πόλων τῆς ἢ ἡ τάσις μεταξὺ πόλων ἐν κενῷ.

## ΜΟΝΑΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ. ΤΟ ΒΟΛΤ

**6·1 Μονάς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Τὸ βόλτ.**

Εἰς τὴν παράγραφον 4·3 ἐξηγήσαμε τί ὀνομάζεται διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν. Ὑπενθυμίζομε ὅτι διαφορὰ δυναμικοῦ δύο σωμάτων ἢ δύο σημείων εἶναι ἡ διαφορὰ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τῆς μονάδος ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ μεταξύ τῶν σωμάτων ἢ τῶν σημείων αὐτῶν· εἶναι ἐπίσης τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ δαπανηθῇ, διὰ νὰ μετακινηθῇ ἡ μονάς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ ἀπὸ ἓνα σῶμα ἢ σημεῖον πρὸς ἓνα ἄλλο σῶμα ἢ σημεῖον. Ὡς γνωστὸν τὸ ἔργον αὐτὸ μετρεῖται εἰς μονάδας Joule

$$1 \text{ (Joule} = \frac{1}{9,81} \text{ kgm)}.$$

Μονὰς μετρήσεως τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ βόλτ, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ τὸ λατινικὸν κεφαλαῖον γράμμα V.

Δύο σῶματα ἢ δύο σημεία παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ ἐνὸς βόλτ, ὅταν πρέπει νὰ δαπανηθῇ ἔργον ἐνὸς Joule, διὰ νὰ μετακινηθῇ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἐνὸς κουλόμ ἀπὸ τὸ ἓνα σῶμα ἢ σημεῖον πρὸς τὸ ἄλλο σῶμα ἢ σημεῖον.

Τὸ στοιχεῖον, περὶ τοῦ ὁποῖου ὁμιλήσαμε εἰς τὰς παραγράφους 5·1 ἕως 5·3, ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, δηλαδὴ διαφορὰν δυναμικοῦ ἠλεκτροδίων ἐν κενῷ, περίπου 0,9 V. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ κατανάλωσις χημικῆς ἐνεργείας ἐντὸς τοῦ στοιχείου ἰσοδυναμεῖ μὲ ἔργον 0,9 Joule, διὰ κάθε κουλόμ πὺ θὰ κυκλοφορήσῃ, ὅταν κλείσωμε τὸ κύκλωμα τοῦ στοιχείου.

Ἄνταν κυκλοφορήσουν 10 κουλόμ, ἡ δαπάνη χημικῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι  $10 \times 0,9 = 9 \text{ Joule}$ .

### 6·2 Πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια τοῦ βόλτ.

Εἰς τὰς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ χρησιμοποι-  
οῦνται τὰ ἐξῆς πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια τοῦ βόλτ.

α) Τὸ χιλιοβόλτ ἢ κίλοβόλτ (σύμβολον kV), τὸ ὅποῖον εἶ-  
ναι ἴσον μὲ χίλια βόλτ:

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V} = 10^3 \text{ V} \text{ καὶ } 1 \text{ V} = \frac{1}{1\,000} \text{ kV} = 10^{-3} \text{ kV}.$$

β) Τὸ μιλλιβόλτ (σύμβολον mV), τὸ ὅποῖον εἶναι ἴσον μὲ  
τὸ χιλιοστὸν τοῦ βόλτ:

$$1 \text{ mV} = \frac{1}{1\,000} \text{ V} = 10^{-3} \text{ V} \text{ καὶ } 1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV} = 10^3 \text{ mV}.$$

γ) Τὸ μικροβόλτ (σύμβολον  $\mu\text{V}$ ), τὸ ὅποῖον εἶναι ἴσον μὲ  
τὸ χιλιοστὸν τοῦ μιλλιβόλτ ἢ μὲ τὸ ἑκατομμυριοστὸν τοῦ βόλτ:

$$1 \mu\text{V} = \frac{1}{1\,000} \text{ mV} = 10^{-3} \text{ mV}, \quad 1 \mu\text{V} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ V} = 10^{-6} \text{ V}$$

$$1 \text{ mV} = 1\,000 \mu\text{V} = 10^3 \mu\text{V}, \quad 1 \text{ V} = 1\,000\,000 \mu\text{V} = 10^6 \mu\text{V}.$$

### 6·3 Ὅργανα μετρήσεως τῶν διαφορῶν δυναμικοῦ. Βολτό- μετρα.

Τὰ ὅργανα, μὲ τὰ ὁποῖα μετροῦμε τὰς διαφορὰς δυναμικοῦ  
(ἢ τὰς ἠλεκτρικὰς τάσεις) ὀνομάζονται βολτόμετρα.

Πῶς λειτουργοῦν τὰ βολτόμετρα καὶ πῶς εἶναι κατεσκευα-  
σμένα εἶναι θέματα, τὰ ὅποια διδάσκονται εἰς τὸ μάθημα τῶν Ἡ-  
λεκτρικῶν Μετρήσεων καὶ διὰ τοῦτο δὲν θὰ μᾶς ἀπασχολήσουν  
ἐδῶ. Ἐπειδὴ ὅμως εἶναι ἀπαραίτητον νὰ τὰ χρησιμοποιήσωμε  
διὰ τὰ παρακάτω, δι' αὐτὸ δίδομε ὀρισμένας μόνον πληροφορίες,  
αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀρκεταὶ πρὸς τὸ παρόν.

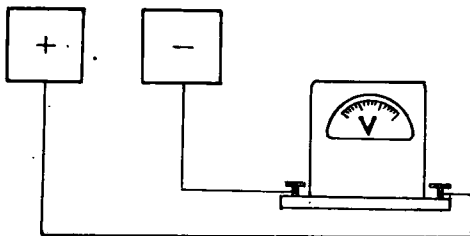
Τὰ βολτόμετρα ἔχουν ἐξωτερικὴν ὄψιν μικροῦ κιβωτίου,  
σχήματος κυλινδρικοῦ ἢ ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου. Εἰς τὸ  
πρόσθιον μέρος τοῦ κιβωτίου διακρίνομε μίαν βαθμολογημένην  
κλίμακα εἰς βόλτ ἐπάνω εἰς μίαν πινακίδα, εἰς τὴν ὁποίαν ἐπί-

σης υπάρχει το μεγάλων διαστάσεων γράμμα V. Το γράμμα του-  
το δεικνύει ότι το όργανο είναι βολτόμετρον.

Έμπροσθεν της κλίμακος υπάρχει ένας κινητός δείκτης (βε-  
λόνη). Τόσον ή πινακίς όσον και ό δείκτης καλύπτονται με ένα  
προστατευτικόν ύάλινον τεμάχιον. Είς τό όπίσθιον μέρος του κι-  
εωτίου ή είς τό άνω μέρος του διακρίνονται δύο άκροδέκται, οι  
όποιοι χρησιμεύουν διά τήν σύνδεσιν του όργάνου.

Διά να μετρήσωμε τήν τάσιν μεταξύ δύο σωμάτων, πρέπει να  
συνδέσωμε τόν ένα άκροδέκτην με τό ένα ήλεκτρισημένον σώμα  
και τόν άλλον άκροδέκτην με τό άλλο σώμα (σχ. 6.3 α). Ό δεί-  
κτης δεικνύει τότε τήν τάσιν μεταξύ τών σωμάτων ή τήν διαφοράν  
του δυναμικού των.

Ένα βολτόμετρον μετρεί τήν διαφοράν του δυναμικού μετα-  
ξύ τών δύο σημείων με τά όποια έρχονται είς έπαφήν οι άκροδέ-  
κται του.



Σχ. 6.3 α.

#### 6.4 Πρακτικά ασκήσεις.

α) Έπίδειξις βολτομέτρων διαφόρων τύπων και κατηγοριών (πί-  
νακος και φορητών, κινητού σιδήρου και στρεπτού πηνίου).

β) Μετρήσεις διαφορών δυναμικού ρευματοδότη, συσσωρευτού, ή-  
λεκτρικού στοιχείου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 7

### ΕΝΤΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ. ΤΟ ΑΜΠΕΡ

#### 7.1 Έντασις ηλεκτρικού ρεύματος.

Είς πάρα πολλὰς ἀπὸ τὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δὲν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμε γενικῶς πόσα κουλόμ ἔχουν διέλθει διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ. Ἀπαραίτητον ὁμῶς εἶναι νὰ γνωρίζωμε πόσα κουλόμ διέρχονται ἀνὰ δευτερόλεπτον διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς κουλόμ, ἡ ὁποία διέρχεται ἀνὰ δευτερόλεπτον διὰ μέσου διατομῆς ἀγωγοῦ, ὀνομάζεται ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἐπομένως, ἐντασις ρεύματος σημαίνει κουλόμ ἀνὰ δευτερόλεπτον.

Ἄν π.χ. διὰ μέσου μιᾶς ἠλεκτρικῆς θερμάστρας διέρχονται 36 000 κουλόμ εἰς χρονικὸν διάστημα μιᾶς ὥρας (3 600 sec), ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ τῆς θερμάστρας εἶναι :

$$\text{ἐντασις} = \frac{36\,000 \text{ coul}}{3\,600 \text{ sec}} = 10 \text{ coul/sec.}$$

Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος συμβολίζεται μὲ τὸ κεφαλαῖον γράμμα I.

#### 7.2 Μονὰς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἀμπέρ.

Μονὰς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ ἀμπέρ. Ἡ ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἀγωγοῦ εἶναι ἴση μὲ ἓνα ἀμπέρ, ὅταν διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ διέρχεται, ἀνὰ δευτερόλεπτον, ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἐνὸς κουλόμ.

Ἐπομένως, ἀμπέρ σημαίνει ἓνα κουλόμ ἀνὰ δευτερόλεπτον.

Σύμβολον τοῦ ἀμπέρ εἶναι τὸ κεφαλαῖον γράμμα A.

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

Εἰς τὸ παράδειγμα, ἐπομένως, τῆς παραγράφου 7.1 ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῆς θερμάστρας εἶναι  $I = 10\text{ A}$ , ἀφοῦ διὰ μέσου αὐτῆς διέρχονται 10 κουλόμ ἀνά δευτερόλεπτον.

### 7.3 Σχέσις μεταξὺ κουλόμ και ἀμπέρ.

Ἐάν λάβωμε ὑπ' ὄψιν τὸν ὄρισμὸν τῆς ἐντάσεως ρεύματος και τὸ παράδειγμα τῆς παραγράφου 7.1, τότε δυνάμεθα νὰ καταλήξωμε εἰς τὴν γενικὴν σχέσιν :

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

εἰς τὴν ὁποίαν :

$I$  = ἔντασις τοῦ ρεύματος, εἰς ἀμπέρ, διὰ μέσου ἀγωγοῦ.

$Q$  = ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, εἰς κουλόμ, ἡ ὁποία διήλθε διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ.

$t$  = ὁ χρόνος, εἰς δευτερόλεπτα, τῆς διελεύσεως τῆς ποσότητος αὐτῆς.

#### Παράδειγμα 1.

Διὰ μέσου ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος διέρχονται 818 κουλόμ, ἀνά ἡμίσειαν ὥραν λειτουργίας του. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ λαμπτήρος αὐτοῦ;

Λύσις: Δεδομένα και ζητούμενον τοῦ παραδείγματος εἶναι τὰ ἑξῆς:

$$Q = 818 \text{ coul}, t = \frac{1}{2} \text{ ὥρα} = 1800 \text{ sec}, I = ;$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (1) προκύπτει ὅτι:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{818}{1800} = 0,454 \text{ A.}$$

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι  $I = 0,454$  ἀμπέρ.



### Παράδειγμα 2.

Ρεύμα έντασεως 4,5 άμπέρ διέρχεται διά μέσου τής λυχνίας προβολής μιās κινηματογραφικής μηχανής. Ποία είναι: ή ποσότης του ήλεκτρισμού, ή όποία διέρχεται διά μέσου τής λυχνίας, ανά δίωρον λειτουργίας τής;

Αύσις: Δεδομένα και ζητούμενον του παραδείγματος είναι κατά σειράν τά εξής:

$$I = 4,5 \text{ A}, Q = ; t = 2 \text{ ώραι} = 2 \times 3600 \text{ sec.}$$

Άπό τήν σχέσιν (1) προκύπτει ότι:

$$Q = I \cdot t = 4,5 \times 2 \times 3600 = 32400 \text{ coul.}$$

Διά μέσου τής λυχνίας διέρχονται ανά δίωρον 32400 κουλόμ.

### 7·4 Μέτρησις τής έντασεως ρεύματος. Άμπερόμετρα.

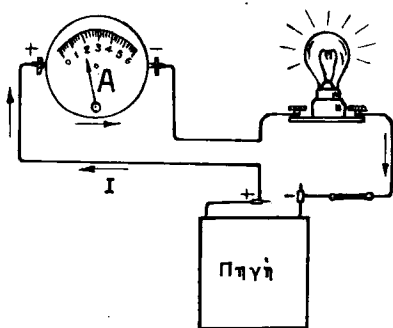
Τά όργανα, με τά όποια μετρούμε τήν έντασιν ήλεκτρικού ρεύματος, ονομάζονται άμπερόμετρα.

Τά άμπερόμετρα έμειάζουν έξωτερικώς με τά βολτόμετρα, εις τήν ήριθμημένην των όμως πινακίδα αναγράφεται τό μεγάλων διαστάσεων γράμμα A, ένδεικτικόν ότι τό όργανον είναι άμπερόμετρον. Η κλίμαξ είναι βαθμολογημένη εις άμπέρ. Τά άμπερόμετρα φέρουν δύο άκροδέκτας (σχ. 7·4 α).

Διά νά μετρήσωμε τήν έντασιν του ρεύματος, ή όποία διέρχεται διά μέσου ένός κυκλώματος, πρέπει νά διακόψωμε τό κύκλωμα εις ένα οίονδήποτε σημείον. Προκύπτουν έτσι δύο άκρα συρμάτων. Συνδέομε τό ένα άκρον με τόν ένα άκροδέκτην και τό άλλο άκρον με τόν δεύτερον άκροδέκτην (σχ. 7·4 α). Κατ' αυτόν τόν τρόπον ελόκληρον τό ρεύμα του κυκλώματος διέρχεται και διά του άμπερομέτρου. (Ο δείκτης του όργάνου δεικνύει τότε τήν έντασιν του ρεύματος διά μέσου του κυκλώματος.

Εις μίαν κατηγορίαν άμπερομέτρων ύπάρχει τό σημείον + πλησίον του ένός άκροδέκτου και τό σημείον — πλησίον του άλλ-

λου. Ειδικώς, διά τήν κατηγορίαν αὐτήν τῶν ἀμπερομέτρων, ἡ σύνδεσις πρέπει νά ἐκτελεῖται κατὰ τέτοιον τρόπον, ὥστε τὸ ρεῦμα νά εἰσέρχεται εἰς τὸ ἀμπερόμετρον ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην + καὶ νά ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην — (σχ. 7·4 α).



Σχ. 7·4 α.

**7·5** Εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἀπλοῦ κυκλώματος, τὸ ρεῦμα ἔχει τὴν ἴδιαν ἔντασιν.

Ἐνα κύκλωμα ὀνομάζεται ἀπλοῦν, ὅταν ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μόνον ἀγωγόν, διὰ μέσου τοῦ ὁποίου εἶναι δυνατὸν νά κυκλοφορήσῃ τὸ ρεῦμα. Τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 7·4 α εἶναι ἀπλοῦν.

Εἰς ἓνα ἀπλοῦν κύκλωμα, ὁπουδήποτε καὶ ἂν παρεμβληθῇ ἀμπερόμετρον, ἡ ἔνδειξις του θὰ εἶναι ἡ αὐτή. Αὐτὸ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κυκλώματος τὸ ρεῦμα ἔχει τὴν ἴδιαν ἔντασιν.

**7·6** Ύποπολλαπλάσια τοῦ άμπέρ.

Διὰ τὴν μέτρησιν ἀσθενῶν ρευμάτων, δηλαδὴ ρευμάτων μικρᾶς ἐντάσεως, ὅπως εἶναι τὰ ρεύματα ποὺ διέρχονται ἀπὸ τὰ κυκλώματα τῶν τρανζίστορ, τῶν τηλεφώνων κλπ., χρησιμοποιοῦμε τὰ ἑξῆς ὑποπολλαπλάσια τοῦ άμπέρ:

α) Τὸ μιλλιαμπέρ (mA), τὸ ὅποσον εἶναι ἴσον μὲ τὸ χιλιοστὸν τοῦ άμπέρ:

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A} \text{ και } 1 \text{ A} = 1000 \text{ mA} = 10^3 \text{ mA}.$$

β) Το μικροαμπέρ ( $\mu\text{A}$ ), το όποιο είναι ίσον με το χιλιοστόν του μιλλιαμπέρ, δηλαδή με το έκατομμυριοστόν του άμπέρ:

$$1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000} \text{ mA} = 10^{-3} \text{ mA}, \quad 1 \text{ mA} = \frac{1}{1000000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A},$$

$$1 \text{ mA} = 1000 \mu\text{A} = 10^3 \mu\text{A}, \quad 1 \text{ A} = 1000000 \mu\text{A} = 10^6 \mu\text{A}.$$

### 7.7 Ανακεφαλαίωσις.

α) Ένταση ρεύματος δια μέσου άγωγοϋ καλεΐται ή ποσότης του ηλεκτρισμοϋ εις κουλόμ, ή όποία διέρχεται ανά δευτερόλεπτον δια μέσου τής διατομής του άγωγοϋ.

Ένταση ρεύματος σημαίνει κουλόμ ανά δευτερόλεπτον.

β) Μονάς έντάσεως ρεύματος είναι το άμπέρ.

Το άμπέρ είναι ή ένταση ρεύματος, το όποιο μεταφέρει ποσότητα ηλεκτρισμοϋ ένός κουλόμ ανά δευτερόλεπτον.

Άμπέρ σημαίνει κουλόμ ανά δευτερόλεπτον.

γ) Μεταξύ κουλόμ και άμπέρ ύπάρχει ή σχέσις  $I = \frac{Q}{t}$ .

δ) Τα όργανα μετρήσεως τής έντάσεως ρεύματος ονομάζονται άμπερόμετρα.

ε) Το άμπερόμετρον παρεμβάλλεται εις το κύκλωμα κατά τέτοιον τρόπον, ώστε δλόκληρον το ρεύμα του κυκλώματος να διέρχεται δια μέσου του άμπερομέτρον.

στ) Είς όλα τα σημεία άπλου κυκλώματος το ρεύμα έχει τήν ίδίαν έντασιν.

ζ) Υποπολλαπλάσια του άμπέρ είναι το μιλλιαμπέρ και το μικροαμπέρ.

### 7.8 Ερωτήσεις.

α) Τι καλεΐται ένταση ρεύματος δια μέσου άγωγοϋ;

β) Ποία είναι ή μονάς έντάσεως ηλεκτρικοϋ ρεύματος;

- γ) Πώς δρίζεται τὸ ἀμπέρ;
- δ) Ποία εἶναι ἡ σχέσης μεταξύ κοιλῶν καὶ ἀμπέρ; Τί σημαίνουν τὰ γράμματα τῆς σχέσεως αὐτῆς;
- ε) Μὲ τί ὄργανα μετροῦμε τὰς ἐντάσεις τῶν ρευμάτων;
- στ) Πῶς συνδέεται ἀμπερόμετρον εἰς κύκλωμα καὶ διατί συνδέεται κατὰ τὸν τρόπον αὐτόν; Νά σχεδιάσετε ἕνα ἀπλοῦν κύκλωμα ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τροφοδοτούμενου ὑπὸ πηγῆς, τὸ ὅποιον γὰ περιλαμβάνη ἀμπερόμετρον.
- ζ) Πῶς συνδέεται ἕνα ἀμπερόμετρον τὸ ὅποιον ἔχει σημειωμένα τὰ σημεῖα + καὶ — ἀπέναντι εἰς τοὺς ἀκροδέκτας του;
- η) Ὅταν ἀμπερόμετρον δεικνύη εἰς σημεῖον ἀπλοῦ κυκλώματος 0,35 A, πόσα ἀμπέρ θὰ δείξη, ἔταν παρεμβληθῆ εἰς ἄλλο σημεῖον τοῦ ἰδίου κυκλώματος;
- θ) Ποία εἶναι τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ ἀμπέρ καὶ μὲ τί ἴσονται;

### 7-9 Προβλήματα.

α) Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ποὺ μεταφέρει ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ 14 092 [362 000] (21 672) κοιλῶν ἐντὸς 45' 10'', [1 ὥρας 0' 20''] (50' 10'');

Ἀπάντησις: 5,2 A [100 A] (7,2 A)

β) Πόσα κοιλῶν μεταφέρονται ἐντὸς 1 ὥρ. 15' [2 ὥρ. 20' 15''] (50' 10''), ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 2,8 A [5,2 A] (3,6 A);

Ἀπάντησις: 12 600 [43 758] (10 836) coul

γ) Εἰς πόσον χρόνον ρεῦμα ἐντάσεως 3,2 A [1,8 A] (12,4 A) μεταφέρει ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ 13 440 [5 436] (89 280) coul.;

Ἀπάντησις: 1 ὥρ. 10' [50' 20''] (2 ὥρ.)

### 7-10 Πρακτικά άσκησης.

Κατὰ τὴν διδασκαλίαν τοῦ κεφαλαίου :

α) Θὰ ἐπιδειχθοῦν εἰς τοὺς μαθητὰς ἀμπερόμετρα διαφόρων τύπων καὶ κατηγοριῶν (πίνακος καὶ φορητά, κινητοῦ σιδήρου καὶ στρεπτοῦ πηνίου) ὡς καὶ μιλλιαμπερόμετρα.

β) Ἀμπερόμετρον, κατὰ προτίμησιν στρεπτοῦ πηνίου, θὰ συνδεθῆ ὑπὸ μαθητῶν εἰς κύκλωμα συσσωρευτῶν καὶ λυχνίας.

γ) Ἀνάγνωσις τῆς ἐνδείξεως.

δ) Το όργανον θα συνδεθῆ ἀκολουθῶς εἰς ἄλλα σημεῖα τοῦ κυκλώματος, διὰ νὰ διαπιστώσουν οἱ μαθηταὶ τὰ ὅσα ἐδιδάχθησαν εἰς τὴν παράγραφον 7. δ.

---

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ. ΤΟ ΩΜ

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ. ΤΟ ΜΗΘ

#### 8·1 Ήλεκτρικὴ ἀντίστασις σωμάτων.

Εἰς τὴν παράγραφον 3·4 εἶδαμε ὅτι οἱ ἄγωγοὶ δὲν ἐπιτρέπουν τὴν ἀπολύτως ἐλευθέραν μετακίνησιν ἠλεκτρονίων διὰ μέσου αὐτῶν. Ὀνομάσαμε ἐπίσης ἀντίστασιν τὴν ιδιότητα τῶν ἀγωγῶν νὰ παρεμποδίζουσιν, κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρονίων, δηλαδὴ τὴν κυκλοφορίαν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτῶν.

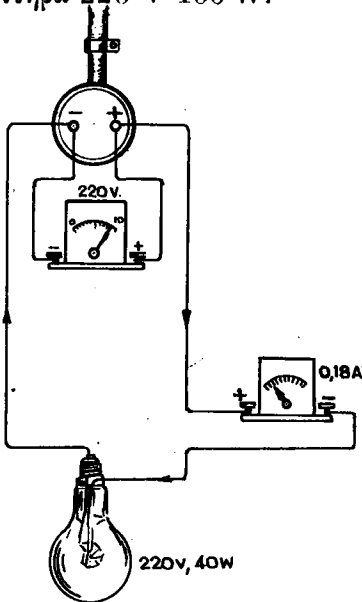
Πολλαὶ παρατηρήσεις εἶναι δυνατὸν νὰ μᾶς πείσουν ὅτι τὰ διάφορα σώματα δὲν παρουσιάζουσιν κατὰ κανόνα τὴν ἰδίαν ἀντίστασιν.

Διὰ νὰ τὸ ἀποδείξωμε, ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμε διαδοχικῶς εἰς τὸν ἴδιον ρευματοδότην (πρίζαν) δύο ἠλεκτρικοὺς λαμπτήρας διαφόρου μεγέθους, π.χ. ἓνα μὲ τὴν ἔνδειξιν 220 V 40 W καὶ ἄλλον ἓνα μὲ τὴν ἔνδειξιν 220 V 100 W (σχ. 8·1 α καὶ 8·1 β).

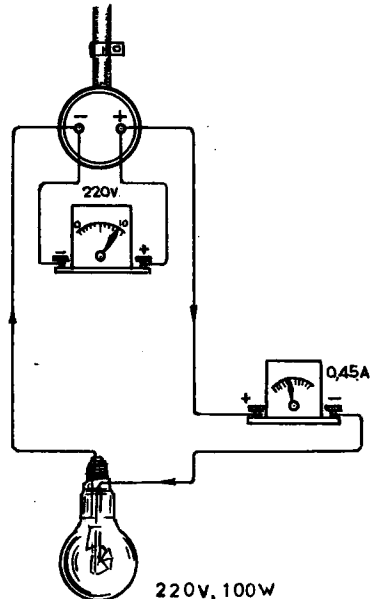
Παρατηροῦμε ὅτι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἰδίαν τάσιν μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ρευματοδότου. Ἀντιθέτως, ἂν εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλωμε ἓνα ἄμπερόμετρον, τότε θὰ παρατηρήσωμε τὸ ἑξῆς:

Ὅταν οἱ λαμπτήρες συνδέωνται μὲ τὸν ρευματοδότην, τὸ ἄμπερόμετρον δεικνύει ἔντασιν 0,18 A διὰ τὸν λαμπτήρα 220 V 40 W καὶ 0,45 A διὰ τὸν λαμπτήρα 220 V 100W, ἐνῶ ἡ τάσις μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ρευματοδότου παραμένει ἀμετάβλητος. Δηλαδὴ θὰ παρατηρήσωμε ὅτι, ἐνῶ ἡ αἰτία, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν κυκλοφορίαν ρεύματος, ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν 220 V, τὰ ρεύματα ἔχουσιν διαφορετικὴν ἔντασιν. Διὰτί; Προφανῶς διότι ὁ λαμπτήρ

220 V 40 W παρουσιάζει μεγαλύτεραν αντίστασιν ἀπὸ τὸν λαμπτήρα 220 V 100 W.



Σχ. 8-1 α.

220 V, 100 W  
Σχ. 8-1 β.

Ἡ ἀντίστασις προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τῶν ἀγωγῶν, ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ ρεῦμα. Ἡ ἀνάπτυξις θερμότητος ὀφείλεται εἰς τὴν συνεχῆ σύγκρουσιν τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα κυκλοφοροῦν, μετὰ τὰ ἄτομα τῶν ἀγωγῶν. Ἀποτέλεσμα τῶν συγκρούσεων αὐτῶν εἶναι ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια χάνουν κατὰ μῆκος τῶν ἀγωγῶν μέρος ἢ δλόκληρον τὴν δυναμικὴν τῶν ἐνέργειαν. Ἡ δυναμικὴ αὐτὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποῖα χάνεται, μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἶναι ἀδύνατον νὰ κυκλοφορήσῃ ρεῦμα διὰ μέσου ἀγωγοῦ, χωρὶς νὰ ἀναπτυχθῇ θερμότης εἰς αὐτόν. Εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς θερμάστρας, κουζίνας καὶ λοιπὰς συσκευὰς θερμάνσεως, ἐπιδιώκεται συστηματικῶς ἡ ἀνάπτυξις αὐτῆ τῆς θερμότητος. Εἰς ὅλας ὁμοίως τὰς ὑπολοίπους ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ (ἠλεκτρικαὶ ἐγκατα-

στάσεις, ηλεκτρικά δίκτυα, ηλεκτρικά μηχαναί κλπ.) ή αναπτυσσομένη θερμότης ισοδυναμεί με απώλειαν ενέργειας. Ένα, επομένως, από τὰ κύρια προβλήματα του ηλεκτρολόγου είναι νὰ περιορίζη καταλλήλως τὴν ἀπώλειαν αὐτήν.

### 8-2 Μονάδες ἀντιστάσεως.

Μονὰς ηλεκτρικῆς ἀντιστάσεως εἶναι τὸ ὄμ (ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ Γερμανοῦ φυσικοῦ Ohm).

Τὸ ὄμ συμβολίζεται μετὰ τὸ ἐλληνικὸν κεφαλαῖον γράμμα Ω καὶ ὀρίζεται ὡς ἑξῆς:

Σῶμα ἔχει ἀντίστασιν ἑνὸς ὄμ, ὅταν, ἀφοῦ συνδεδῆ μεταξὺ δύο σημείων πὸν ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ ἑνὸς βόλτ, διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως ἑνὸς ἀμπέρ:

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ηλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦμε τὰ ἑξῆς πολλαπλάσια τοῦ ὄμ:

α) Τὸ κιλὼμ (kΩ), τὸ ὅποῖον εἶναι ἴσον μετὰ χίλια ὄμ:

$$1 \text{ k}\Omega = 1\,000 \Omega = 10^3 \Omega, \quad 1 \Omega = \frac{1}{1\,000} \text{ k}\Omega = 10^{-3} \text{ k}\Omega.$$

β) Τὸ μεγγὼμ (MΩ), τὸ ὅποῖον εἶναι ἴσον μετὰ 1 000 κιλὼμ, δηλαδὴ μετὰ ἕνα ἑκατομμύριον ὄμ:

$$1 \text{ M}\Omega = 1\,000 \text{ k}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega, \quad 1 \text{ k}\Omega = \frac{1}{1\,000} \text{ M}\Omega = 10^{-3} \text{ M}\Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \Omega = 10^6 \Omega, \quad 1 \Omega = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ M}\Omega = 10^{-6} \text{ M}\Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις συμβολίζεται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μετὰ τὸ λατινικὸν κεφαλαῖον R, ἢ μετὰ μικρὸν r.

### 8-3 Γραφικά σύμβολα τῶν ἀντιστάσεων.

Εἰς τὰ ηλεκτροτεχνικὰ σχέδια, ὅταν ἕνας ἀγωγὸς ᾗ κατα-



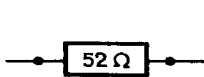
ναλωτής παρουσιάζει ύπολογίσιμον αντίστασιν, συμβολίζεται κατὰ τὸς ἐξῆς τρεῖς τρόπους :

α) Μὲ ἓνα ὀρθογώνιον παραλληλόγραμμον (σχ. 8·3 α), ἐντὸς ἢ πλησίον τοῦ ὁποίου ἀναγράφεται ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως.

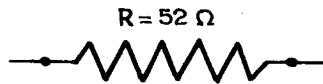
β) Μὲ μίαν τεθλασμένην γραμμὴν, ἡ ὁποία σχηματίζει γωνίας τῶν  $60^\circ$  (σχ. 8·3 β). Ἐπάνω ἢ κάτω ἀπὸ αὐτὴν ἀναγράφεται ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως.

γ) Μὲ μίαν τεθλασμένην γραμμὴν, ἡ ὁποία σχηματίζει ὀρθὰς γωνίας (σχ. 8·3 γ).

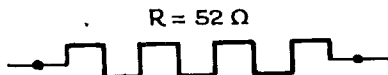
Ἐμεῖς θὰ χρησιμοποιήσωμε εἰς τὰ ἐπόμενα τὰ δύο πρῶτα γραφικὰ σύμβολα.



Σχ. 8·3 α.



Σχ. 8·3 β.



Σχ. 8·3 γ.

#### 8·4 Μέτρησις τῶν ἀντιστάσεων.

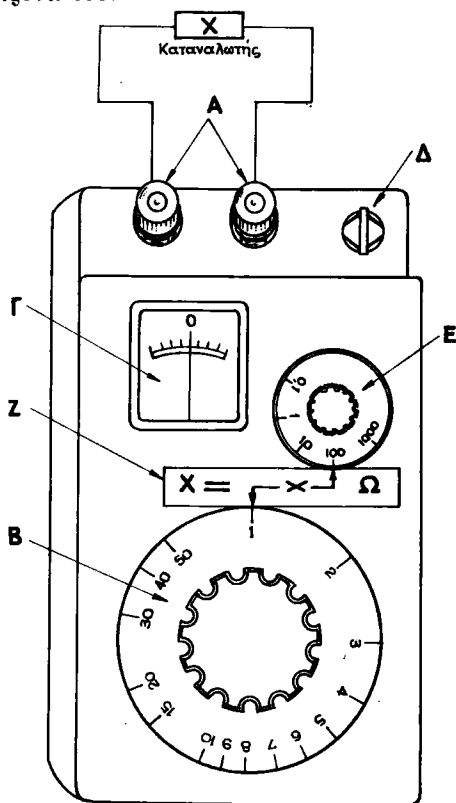
Ἡ πλέον εὐχρηστος συσκευή διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀντιστάσεων εἶναι ἡ φορητὴ γέφυρα τοῦ Οὐίτστον (σχ. 8·4 α). Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας της θὰ διδαχθῇ εἰς τὸ μάθημα τῶν Ήλεκτρικῶν Μετρήσεων. Γενικῶς εἰς τὴν συσκευὴν διακρίνομε :

α) Ἐνα γαλθανόμετρον Γ, δηλαδὴ ἓνα βολτόμετρον τόσον πολὺ εὐαίσθητον, ὥστε ὁ δείκτης του μετακινεῖται ἀπὸ τὴν θέσιν μηδέν, ὅταν ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ γαλθανομέτρου εἶναι ἕστω καὶ ὀλίγα μικροβόλτ.

β) Ἐνα δίσκον Β βαθμολογημένον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά του.

γ) Ἐνα μικρότερον δίσκον Ε, μὲ βαθμολογίαν 0,1 — 1

10 — 100 — 1 000, τον όποιον δυνάμεθα επίσης νά περιστρέψωμε περί τόν άξονά του.



Σχ. 8-4 α.

δ) Μίαν πινακίδα, εις τήν όποίαν αναγράφονται τά στοιχεία  $X = \downarrow \times \_ \uparrow \Omega$ .

ε) Δύο άκροδέκτας Α.

ζ) Ένα διακόπτην Δ, ό όποίος έπιτρέπει, όταν τόν πιέζωμε, νά τροφοδοτηται ή συσκευή από ένα ήλεκτρικόν στοιχείον, τώ όποίον εύρίσκεται εις τώ έσωτερικόν του κιβωτίου τής συσκευής.

Διά νά μετρήσωμε τήν αντίστασιν ένός άγωγού ή ένός κατα-

ναλωτοῦ, συνδέομε τὸν ἀγωγὸν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας Α. Πιέζομε τὸν διακόπτην Α, ὅποτε ὁ δείκτης τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν θέσιν 0 πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ πρὸς τὰ ἀριστερά. Περιστρέφομε κατόπιν τὸν δίσκον Β, μέχρις ὅτου ὁ δείκτης ἐπανέλθῃ εἰς τὸ μηδέν. Τότε ἡ ἀντίστασις X τοῦ καταναλωτοῦ ἔχει τιμὴν εἰς ὦμ τὸ γινόμενον τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ μεγάλου δίσκου, ποῦ συμπίπτει μὲ τὸ ἀριστερὸν βέλος τῆς πινακίδος Z, ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τοῦ μικροῦ δίσκου, ποῦ συμπίπτει μὲ τὸ δεξιὸν βέλος τῆς πινακίδος. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 8·4 α ἡ ἀντίστασις τοῦ καταναλωτοῦ ἔχει τιμὴν  $X = 1 \times 100 = 100 \Omega$ .

Ἐάν, ὅταν περιστρέψομε τὸν δίσκον Β κατὰ μίαν στροφὴν, ὁ δείκτης δὲν ἐπανέλθῃ εἰς τὸ μηδέν, τότε παύομε νὰ πιέζομε τὸν διακόπτην καὶ περιστρέφομε τὸν μικρὸν δίσκον Ε, ἕως ὅτου φέρομε ἀπέναντι εἰς τὸ δεξιὸν βέλος τῆς πινακίδος Z ἕνα ἀπὸ τοὺς ἄλλους ἀριθμούς, 0,1 - 1 - 10 - 1000. Ἐπαναλαμβάνομε δὲ κάθε φοράν τὴν πίεσιν τοῦ διακόπτου, μέχρις ὅτου, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ μεγάλου δίσκου, ὁ δείκτης ἐπανέλθῃ εἰς τὸ μηδέν.

Μὲ εὐλίγην ἐξάσκησιν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποκτήσωμε ταχέως τὴν ἱκανότητα νὰ χρησιμοποιοῦμε καταλλήλως τὴν συσκευὴν.

### 8·5 Ήλεκτρικὴ ἀγωγιμότης. Τὸ mho.

Ἡ *ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης* ὀνομάζεται τὸ ἀντίστροφον τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως, δηλαδὴ εἶναι ἡ ἰδιότης τῶν ἀγωγῶν νὰ διευκολύνουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτῶν.

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης συμβολίζεται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μὲ τὸ λατινικὸν κεφαλαῖον γράμμα G καὶ μετρεῖται εἰς μονάδας mho (ἀντίστροφον τοῦ ohm) ἢ εἰς σήμενς. Ἀγωγὸς π.χ. ἀντιστάσεως  $R = 50 \Omega$  ἔχει ἀγωγιμότητα:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ mho ἢ σήμενς.}$$

Άπό τὰ ἀνωτέρω ἔπεται ὅτι :

$$1 \text{ mho} = \frac{1}{1\Omega} \text{ καὶ } G = \frac{1}{R}.$$

Άφού ἀγωγιμότης καὶ ἀντίστασις εἶναι μεγέθη ἀντίστροφα, συμπεραίνομε ὅτι ἀγωγὸς μικρῆς ἀγωγιμότητος παρουσιάζει μεγάλην ἀντίστασιν, ἐνώ ἀγωγὸς μεγάλης ἀγωγιμότητος παρουσιάζει μικρὰν ἀντίστασιν.

### 8-6 Άνακεφαλαίωσις.

α) Άντίστασις εἶναι ἡ ἰδιότης τῶν ἀγωγῶν νὰ παρεμποδίσουν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτῶν.

β) Κατὰ τὴν κυκλοφορίαν ἤλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται θερμότης. Ἡ ἀνάπτυξις θερμότητος ὀφείλεται εἰς τὴν ἀπώλειαν μηχανικῆς ἐνεργείας ὑπὸ τῶν κυκλοφορούντων ἤλεκτρονίων, λόγω συγκρούσεώς τινος μὲ τὰ ἄτομα τοῦ ἀγωγοῦ.

γ) Μονὰς ἀντιστάσεως εἶναι τὸ ὦμ ( $\Omega$ ).

Σῶμα ἔχει ἀντίστασιν ἐνὸς ὦμ, ἐάν, ἀφού συνδεθῆ μεταξὺ δύο σημείων, ποὺ ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ ἐνὸς βόλτ, διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως ἐνὸς ἀμπέρ :  $1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$ .

δ) Πολλαπλάσια τοῦ ὦμ εἶναι τὸ κίλοὦμ ( $k\Omega$ ) καὶ τὸ μεγάλωμ ( $M\Omega$ ).

ε) Αἱ ἀντιστάσεις συμβολίζονται μὲ τὸ γράμμα R ἢ r.

στ) Μία ἀπὸ τὰς συσκευὰς μετρήσεως τῶν ἀντιστάσεων εἶναι ἡ γέφυρα τοῦ Οὐέσττον.

ζ) Άγωγιμότης εἶναι τὸ ἀντίστροφον τῆς ἀντιστάσεως :

$$G = \frac{1}{R}.$$

Ἡ ἀγωγιμότης μετρεῖται εἰς mho ἢ εἰς σῆμενς :

$$1 \text{ mho} = \frac{1}{1 \Omega}$$

### 8.7 Ἐρωτήσεις.

- α) Τί ὀνομάζεται ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση;
- β) Διατί οἱ ἀγωγοὶ θερμαίνονται, ἔταν διὰ μέσου αὐτῶν κυκλοφορῆ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα;
- γ) Πῶς ὀρίζεται τὸ ὄμ;
- δ) Ποία εἶναι τὰ πολλαπλάσια τοῦ ὄμ;
- ε) Μὲ ποίαν συσκευὴν μετροῦμε τὴν ἀντίστασιν τῶν ἀγωγῶν;
- στ) Τί ὀνομάζεται ἀγωγιμότης, μὲ ποίαν μονάδα μετρεῖται;

### 8.8 Προβλήματα.

α) Ὄταν ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ εἶναι 1,6 [32] (12,5) Ω, ποία εἶναι ἡ ἀγωγιμότης του;

*Ἀπάντησις:* 0,625 [0,03125] (0,08) mho.

β) Ὄταν ἡ ἀγωγιμότης ἑνὸς ἀγωγοῦ εἶναι 0,025 [2,5] (62,5) mho, ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις του;

*Ἀπάντησις:* 40 [0,4] (0,016) Ω.

### 8.9 Πρακτικαὶ ἀσκήσεις.

α) Συνδεσμολογία: λαμπτήρων τῶν σχημάτων 8.1 α καὶ 8.1 β καὶ διαπίστῳσις τῶν ἀναγραφομένων εἰς τὴν παράγραφον 8.1.

β) Ἐπίδειξις φορητῆς γεφύρας τοῦ Οὐττστον.

γ) Μετρήσεις διαφόρων ἀντιστάσεων μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐττστον, ὥστε νὰ πειθοῦν οἱ μαθηταὶ πόσον ἀπλατ εἶναι αἱ μετρήσεις τοῦ εἴδους αὐτοῦ.

δ) Ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις ποὺ προκύπτουν κατὰ τὴν μέτρησιν, νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἀντίστοιχοι ἀγωγιμότητες.

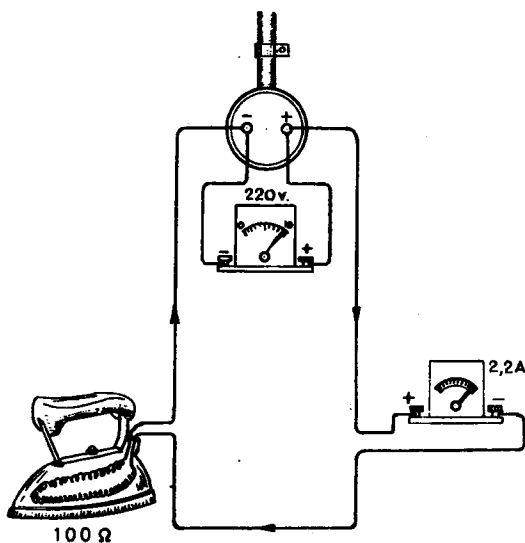
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ  
ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 9

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ

9·1 Νόμος του Ωμ.

Μεταξύ της τάσεως, ή οποία εφαρμόζεται εις τὰ ἄκρα ἑνὸς καταναλωτοῦ (σχ. 9·1 α), τῆς ἀντιστάσεώς του καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ποὺ τὸν διαρρέει, ὑφίσταται μίᾳ ἀπλῆ μὲν ἀλλὰ ἀπὸ τὰς σπουδαιότερας σχέσεις τῆς Ἠλεκτροτεχνίας.



Σχ. 9·1 α.

Ἡ σχέσης αὐτή, τὴν ὁποίαν διετύπωσε ὁ φυσικὸς Ωμ, ὀνομάζεται Νόμος τοῦ Ωμ καὶ ἔχει ὡς ἑξῆς :

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου καταναλωτοῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἐφηρμοσμένης τάσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ καὶ τῆς ἀντιστάσεώς του, δηλαδή:

$$\text{ἔντασις} = \frac{\text{τάσις}}{\text{ἀντίστασις}}$$

Ἄν π.χ. ἐφαρμόσωμε τάσιν 220 V εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς σιδήρου σιδηρώματος ἀντιστάσεως 100 Ω (σχ. 9·1 α), ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ ἔχει τιμὴν:  $\text{ἔντασις} = \frac{220 \text{ V}}{100 \Omega} = 2,2 \text{ A}$ .

Γενικῶς, ἂν παραστήσωμε μέ:

U τὴν τάσιν εἰς βόλτ, ἢ ὁποῖα ἐφαρμόζεται εἰς τὸν καταναλωτὴν,

R τὴν ἀντίστασιν εἰς ὦμ τοῦ καταναλωτοῦ,

I τὴν ἔντασιν εἰς ἀμπέρ τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ,

ὁ νόμος τοῦ Ωμ ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

## 9·2 Ἄλλαι μορφαὶ τοῦ Νόμου τοῦ Ωμ.

Ὁ νόμος τοῦ Ωμ συνδέει μεταξὺ τῶν τρία ἡλεκτρικὰ μεγέθη, δηλαδή τὴν τάσιν, τὴν ἀντίστασιν καὶ τὴν ἔντασιν, τὰ ὅποια ἀναφέρονται εἰς τὸν ἴδιον καταναλωτὴν.

Ὅταν, ἐπομένως, διὰ δοθέντα καταναλωτὴν, γνωρίζωμε δύο ἀπὸ τὰ μεγέθη αὐτά, προκύπτει τὸ τρίτον μέγεθος, διὰ μετασχηματισμοῦ τῆς σχέσεως (2), δηλαδή:

$$U = I \cdot R \quad (2\alpha) \quad \text{καὶ} \quad R = \frac{U}{I} \quad (2\beta)$$

Αἱ σχέσεις αὗται διατυπώνονται ὡς ἑξῆς:

Σχέσις 2α. Ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων ἐνὸς καταναλωτοῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἀντιστάσεως τοῦ καταναλωτοῦ ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἢ ὁποῖα διέρχεται διὰ μέσου αὐτοῦ.

Σχέσις 2β. Η αντίστασις ενός καταναλωτοῦ εἶναι ἴση μετὸ πηλίκον τῆς τάσεως μεταξὺ τῶν ἄκρων του διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, πὸν διέρχεται διὰ μέσου αὐτοῦ.

### Παράδειγμα 1.

Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἡλεκτρικῆς θερμίστρας ἀντιστάσεως 50 ὄμ, ἔταν συνδέεται εἰς ρευματοδότην 220 βόλτ;

Λύσις:

$$I = ; \quad R = 50 \Omega \quad U = 220 \text{ V.}$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (2) ἔχομε:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ A.}$$

### Παράδειγμα 2.

Ἐνας ἡλεκτρικὸς κώδων παρουσιάζει ἀντίστασιν 350 ὄμ. Δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ λειτουργήσῃ μετ' ἔντασιν ρεύματος μικροτέραν ἀπὸ 0,02 ἀμπέρ. Ποία εἶναι ἡ ἐλαχίστη τάσις, μετ' ἣν ὁ κώδων λειτουργεῖ;

Λύσις:

$$R = 350 \Omega, \quad I = 0,02 \text{ A}, \quad U = ;$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν 2α ἔχομε:

$$U = I \cdot R = 0,02 \times 350 = 7 \text{ V.}$$

Μετ' ἐλαχίστην τάσεως χαμηλοτέραν τῶν 7 V ὁ κώδων δὲν λειτουργεῖ.

### Παράδειγμα 3.

Ἐνα ἡλεκτρικὸν κολλητήριον ἀπορροφᾷ ρεῦμα ἐντάσεως 3,2 ἀμπέρ, ἔταν συνδέεται εἰς ρευματοδότην 110 V. Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις του;



Δύοις :

$$I = 3,2 \text{ A}, \quad U = 110 \text{ V}, \quad R = ?$$

Έκ τῆς σχέσεως (2 β) :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110}{3,2} = 34,37 \Omega.$$

### 9.3 Δεύτερος όρισμός του Βόλτ.

Εἰς τὴν παράγραφον 6.1 ἐδόσαμε ἓνα όρισμὸν τοῦ Βόλτ. Μὲ βάσιν τὸν νόμον τοῦ Όμ δυνάμεθα νὰ δώσωμε καὶ ἓνα δεύτερον όρισμὸν.

Όταν εἰς τὸν νόμον τοῦ Όμ,  $U = I \cdot R$ , ἔχωμε  $I = 1 \text{ A}$  καὶ  $R = 1 \Omega$ , τότε  $U = 1$ , δηλαδὴ :

$$1 \text{ V} = 1 \text{ A} \times 1 \Omega.$$

Ἐπομένως, τὸ βόλτ εἶναι ἡ τάσις, ἡ όποία, όταν ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως ἑνὸς Όμ, προκαλεῖ κυκλοφορίαν διὰ μέσου αὐτοῦ ρεύματος ἐντάσεως ἑνὸς Ἀμπέρ.

### 9.4 Προβλήματα.

α) Ποία εἶναι ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, ὅ ἐπιπὸς παρουσιάζει ἀντίστασιν  $806 [120, 9] (2,88) \Omega$ , όταν διὰ μέσου αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως  $0,273 [0,91] (4,17)$  ἄμπέρ :

Ἀπάντησις :  $220, [110], (12) \text{ V}$

β) Ποία εἶναι ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος, ποὺ διέρχεται διὰ μέσου ἠλεκτρικῆς θερμάστρας ἀντιστάσεως  $32,26 [11] (2,1) \Omega$ , όταν τὴν συνδέσωμε εἰς ρευματοδότην  $220 [110] (42)$  βόλτ :

Ἀπάντησις :  $6,82 [10] (20) \text{ A}$

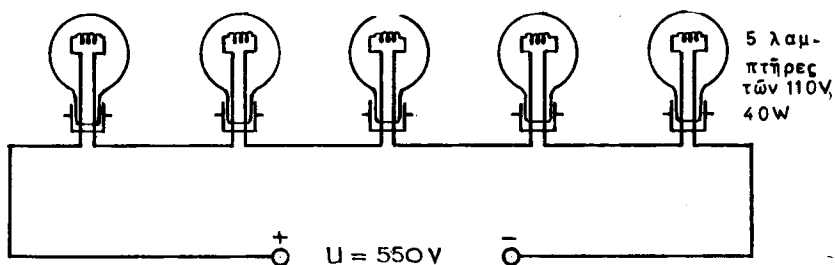
γ) Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις ἑνὸς σύρματος ἀπὸ χρωμονικέλιον, ἂν λάθωμε ὑπ' ὄψιν ὅτι, όταν τὸ συνδέσωμε μὲ μίαν τάσιν  $220 [110] (12)$  βόλτ, διέρχεται διὰ μέσου αὐτοῦ ρεῦμα ἐντάσεως  $1,44 [0,82] (1,25)$  ἄμπέρ :

Ἀπάντησις :  $152,77 [134,14] (9,6) \Omega.$

## ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

## 10·1 Σύνδεσις καταναλωτῶν ἐν σειρᾷ.

Εἶναι πιθανὸν μερικοὶ μαθηταὶ νὰ ἔχουν παρακολουθήσει τεχνίτας τῆς Ἑταιρείας Μεταφορῶν, ὅταν ἐπισκευάζουν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς νυκτὸς γραμμὰς τῶν τρόλλεϋ. Θὰ ἔχουν τότε παρατηρήσει ὅτι οἱ τεχνίται χρησιμοποιοῦν, διὰ νὰ φωτίσουν τὸ σιμεῖον ἐργασίας των, ἓνα φωτιστικὸν σῶμα μὲ πέντε λαμπτήρας. Οἱ λαμπτήρες αὗτοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ των καὶ μὲ τὴν τάσιν τροφοδοτήσεώς των, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 10·1 α.



Σχ. 10·1 α.

Κατὰ παρόμοιον τρόπον συνδέονται ἐπίσης καὶ οἱ λαμπτήρες π.χ. διακοσμήσεως τῶν βένδρων τῶν Χριστουγέννων, ἀλλὰ εἶναι περισσότεροι ἀπὸ πέντε.

Σύνδεσις καταναλωτῶν, ὅπως αὐτὴ τοῦ σχήματος 10·1 α, ὀνομάζεται *σύνδεσις ἐν σειρᾷ*, τὸ δὲ κύκλωμα τῶν καταναλωτῶν, τῶν συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, ὀνομάζεται *κύκλωμα ἐν σειρᾷ*.

Εἰς σύνδεσιν καταναλωτῶν καὶ γενικῶς ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ, τὸ ἓνα ἄκρον τῆς πρώτης ἀντιστάσεως συνδέεται μὲ τὸ ἓνα ἄκρον τῆς δευτέρας. ἐνῶ τὸ ἄλλο ἄκρον τῆς δευτέρας μὲ τὸ ἓνα

ἄκρον τῆς τρίτης κ.ο.κ. Παραμένουν ἔτσι ἐλεύθερα μόνον τὸ ἕνα ἄκρον τῆς πρώτης ἀντιστάσεως καὶ τὸ ἕνα ἄκρον τῆς τελευταίας. Εἰς τὰ ἄκρα αὐτὰ ἐφαρμόζεται ἡ τάσις τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος.

Τὴν σύνδεσιν αὐτὴν τῶν καταναλωτῶν, τῶν ἀντιστάσεων καὶ τῶν ἀγωγῶν ἐν σειρᾷ συναντοῦμε εἰς πάρα πολλὰς ἐφαρμογὰς τῆς 'Ἡλεκτροτεχνίας' π.χ. :

α) Οἱ ἀγωγοὶ (κορδόνια), οἱ ὅποιοι ἐνώνουν ἕνα καταναλωτὴν (ραδιόφωνον, θερμάστραν, κουζίναν κλπ.) μὲ ρευματοδότην εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ μὲ τὸν καταναλωτὴν. Εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μᾶς θεωροῦμε ὅτι ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν τούτων δὲν εἶναι ἀξία λόγου, ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ καταναλωτοῦ. Τοὺς παριστάνομε δὲ μὲ μίαν εὐθεΐαν γραμμὴν, ἐνῶ αἱ ἀντιστάσεις σχεδιάζονται κατὰ τοὺς τρόπους, τοὺς ὁποίους ἔχομε διδαχθῆ εἰς τὴν παράγραφον 8·δ.

β) Ἀμπερόμετρον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ καταναλωτὴν, διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μέσου τοῦ καταναλωτοῦ.

γ) Εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς μηχανὰς ὀρισμένοι συσκευαί, αἱ ὅποιοι ὀνομάζονται ροοστάται (παράγγρ. 10·δ), συνδέονται ἐν σειρᾷ μὲ τὰς μηχανὰς αὐτάς, διὰ νὰ ἐπιτύχωμε ὀρισμένους σκοπούς.

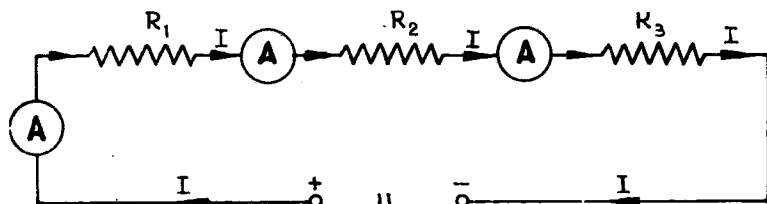
Ἡ γνῶσις τῶν ιδιοτήτων τῶν κυκλωμάτων ἐν σειρᾷ παρουσιάζει, ἐπομένως, μεγίστην σπουδαιότητα διὰ τὸν ἠλεκτρολόγον. Αὐτὰς τὰς ιδιότητας θὰ μελετήσωμε ἀμέσως κατωτέρω.

## 10·2 Ἰδιότητες τῶν κυκλωμάτων ἐν σειρᾷ.

*Πρώτη ιδιότης* : Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου κυκλώματος ἐν σειρᾷ ἔχει τὴν ἰδίαν ἔντασιν καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ κυκλώματος.

Τοῦτο εἶναι προφανές, διότι κάθε κύκλωμα ἐν σειρᾷ εἶναι ἀπλοῦν, εἰς ἕνα δὲ ἀπλοῦν κύκλωμα (παράγγρ. 7·δ) τὸ ρεῦμα ἔχει τὴν ἰδίαν ἔντασιν εἰς ὅλα του τὰ σημεία. Εἶναι δυνατὸν νὰ

διαπιστωθῆ αὐτό, ὅταν παρεμβάλουμε ἀμπερόμετρα μεταξὺ τῶν διαφόρων ἐν σειρᾷ καταναλωτῶν (σχ. 10.2 α). Θὰ παρατηρήσουμε τότε ὅτι: ἕλα τὰ ἀμπερόμετρα δεικνύουν τὴν ἴδιαν ἔντασιν.



Σχ. 10.2 α.

*Δευτέρα ιδιότης:* Ἡ συνολικὴ ἀντίστασις  $R$  κυκλώματος ἐν σειρᾷ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων  $R_1 + R_2 + R_3 + \dots$  (σχ. 10.2 α) τῶν ἐν σειρᾷ συνδεδεμένων καταναλωτῶν, δηλαδῆ:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (3)$$

Τοῦτο εἶναι προφανές, διότι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα (δηλαδὴ τὰ ἠλεκτρόνια ποὺ κυκλοφοροῦν) συναντᾷ διαδοχικῶς, κατὰ τὴν κυκλοφορίαν του, τὴν ἀντίστασιν ἑλῶν τῶν καταναλωτῶν.

Δυνάμεθα ἄλλως τε νὰ διαπιστώσουμε τὸ γεγονός αὐτὸ μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐίτστον. Ἄν μετρήσουμε χωριστὰ τὰς τιμὰς  $R_1, R_2, R_3, \dots$  τῶν καταναλωτῶν καὶ τοὺς συνδέσουμε ἀκολουθῶς ἐν σειρᾷ, διαπιστώνομε ὅτι ἡ γέφυρα δεικνύει, ὡς συνολικὴν ἀντίστασιν τῶν καταναλωτῶν, τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων των.

### Παράδειγμα 1.

Ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τριῶν ἀντιστάσεων  $R_1 = 5,2 \Omega$ ,  $R_2 = 6,4 \Omega$  καὶ  $R_3 = 0,5 \Omega$  ἔχει τιμὴν:

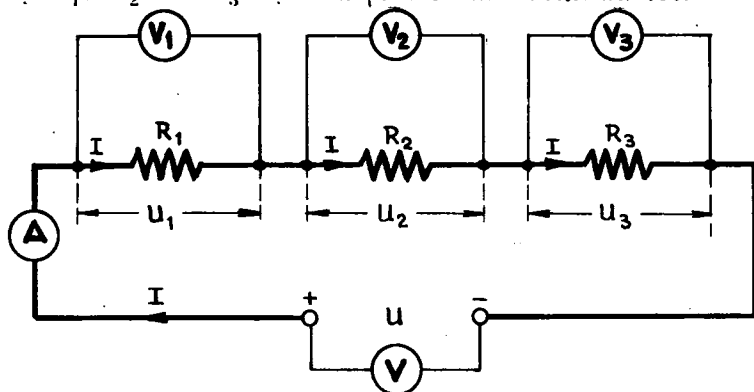
$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 5,2 + 6,4 + 0,5 = 12,1 \Omega.$$

Εἶναι προφανές ὅτι ἡ συνολικὴ ἀντίστασις  $R$ , ἀριθμοῦ  $n$  ἴσων ἀντιστάσεων  $r$ , ἔχει τιμὴν:

$$R = n \cdot r.$$

**Τρίτη ιδιότης :** Ἡ τρίτη ιδιότης ἀναφέρεται εἰς τὴν σχέσιν, ἣ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῆς ἐφαρμοσμένης τάσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐν σειρᾷ καὶ τῶν μερικῶν τάσεων εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κάθε καταναλωτοῦ.

Διὰ νὰ εὐρωμε τὴν σχέσιν αὐτήν, συνδέομε βολτόμετρα τόσον εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, ὅσον καὶ τὰ ἄκρα τοῦ κάθε καταναλωτοῦ, ὅπως δεῖκνύει τὸ σχῆμα 10·2β. Τὸ βολτόμετρον  $V$  δεικνύει τὴν τιμὴν  $U$  τῆς ἐφαρμοσμένης τάσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, τὰ δὲ βολτόμετρα  $V_1$ ,  $V_2$  καὶ  $V_3$  τὰς ἀντιστοιχοῦς τάσεις  $U_1$ ,  $U_2$  καὶ  $U_3$  εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κάθε καταναλωτοῦ.



Σχ. 10·2β.

Διαπιστώνομε ὅτι ἡ ἐνδειξις  $U$  τοῦ βολτομέτρου  $V$  εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνδείξεων  $U_1$ ,  $U_2$  καὶ  $U_3$  τῶν βολτομέτρων  $V_1$ ,  $V_2$  καὶ  $V_3$ , δηλαδὴ ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (4)$$

Ἴσως εἰς τὸ κύκλωμα ἐν σειρᾷ ἡ ἐφαρμοσμένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων εἰς τὰ ἄκρα τῶν καταναλωτῶν.

### 10·3 Ἐπέκτασις τοῦ νόμου τοῦ Ὄμ εἰς κύκλωμα ἐν σειρᾷ.

Ἀπὸ τὴν μορφήν (2 α) τοῦ νόμου τοῦ Ὄμ (παρ. 9·2) γνω-

ρίζομε ὅτι ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα καταναλωτοῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἀντιστάσεώς του ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ποῦ διέρχεται διὰ μέσου αὐτοῦ.

Εἰς κύκλωμα ἐν σειρᾷ ἡ ἔντασις  $I$  τοῦ ρεύματος (σχ. 10·2 β) εἶναι ἡ ἴδια εἰς ὅλους τοὺς καταναλωτάς. Ἐπομένως, αἱ τάσεις  $U_1$ ,  $U_2$  καὶ  $U_3$  ἔχουν τιμὰς:

$$U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2, \quad U_3 = I \cdot R_3.$$

Ὅταν εἰς τὴν σχέσιν (4) ἀντικαταστήσωμε τὰς τάσεις διὰ τῶν ἀντιστοίχων τιμῶν τῶν, προκύπτει ὅτι:

$$U = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = I(R_1 + R_2 + R_3).$$

Δεδομένου ὅτι  $R_1 + R_2 + R_3 = R =$  συνολικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος, ἔπεται ὅτι:

$$U = I \cdot R = I (R_1 + R_2 + R_3).$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις γενικεύεται δι' οἰονδήποτε ἀριθμὸν ἀντιστάσεων, αἱ ὁποῖαι συνδέονται ἐν σειρᾷ, καὶ γράφεται:

$$U = I \cdot R = I (R_1 + R_2 + R_3 + \dots) \quad (5)$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots} \quad (5\alpha)$$

$$R = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots) = \frac{U}{I} \quad (5\beta)$$

ἔπου:

$U =$  Ἐφαρμοσμένη τάσις εἰς βόλτ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐν σειρᾷ.

$I =$  Ἐντασις τοῦ ρεύματος εἰς ἀμπέρ διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

$R =$  Συνολικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἰς Ὠμ.

Συμφώνως πρὸς ὅλα αὐτὰ καταλήγομε εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι: ὁ νόμος τοῦ Ὠμ ἐφαρμόζεται εἰς κύκλωμα ἐν σειρᾷ, ὅταν  $U$  εἶναι ἡ ἐφαρμοσμένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος,  $R$

εἶναι ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τοῦ καὶ  $I$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

### Παράδειγμα 1.

Διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἐν σειρᾷ τοῦ σχήματος  $10 \cdot 2 \beta$  διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως  $0,8$  ἀμπέρ. Αἱ ἀντιστάσεις ἔχουν τιμὰς  $R_1 = 60 \Omega$ ,  $R_2 = 80 \Omega$ ,  $R_3 = 135 \Omega$ . Ποῖα θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου  $V$  καὶ ποῖαι αἱ ἔνδειξεις τῶν βολτομέτρων  $V_1$ ,  $V_2$  καὶ  $V_3$ ;

Λύσις :

$$I = 0,8 \text{ A}, \quad R_1 = 60 \Omega, \quad R_2 = 80 \Omega, \quad R_3 = 135 \Omega, \\ U = ; \quad U_1 = ; \quad U_2 = ; \quad U_3 = ;$$

Τὸ βολτόμετρον  $V$  δεικνύει τὴν ἐφαρμοσμένην τάσιν  $U$  μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κυκλώματος. Ἡ τιμὴ τῆς  $U$  προκύπτει ἀπὸ τὴν σχέσιν (5)  $U = I \cdot R$ , εἰς τὴν ὁποίαν,  $R$  εἶναι ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος, δηλαδὴ :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 60 + 80 + 135 = 275 \Omega.$$

Ἄρα :

$$U = I \cdot R = 0,8 \times 275 = 220 \text{ V}.$$

Αἱ ἔνδειξεις τῶν βολτομέτρων  $V_1$ ,  $V_2$  καὶ  $V_3$  θὰ εἶναι ἀντιστοίχως :

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,8 \times 60 = 48 \text{ V}, \quad U_2 = I \cdot R_2 = 0,8 \times 80 = 64 \text{ V}, \\ U_3 = I \cdot R_3 = 0,8 \times 135 = 108 \text{ V}.$$

Διαπιστώνομε λοιπὸν ὅτι  $48 + 64 + 108 = 220 \text{ V}$ , δηλαδὴ ὅτι ἡ ἐφαρμοσμένη τάσις, μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κυκλώματος, εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων μεταξὺ τῶν ἄκρων τῶν ἀντιστάσεων.

### Παράδειγμα 2.

Εἰς τὸ κύκλωμα ἐν σειρᾷ τοῦ σχήματος  $10 \cdot 2 \beta$ , αἱ τιμαὶ τῶν

ἀντιστάσεων είναι  $R_1 = 50 \Omega$ ,  $R_2 = 100 \Omega$  και  $R_3 = 125 \Omega$ . Τὸ βολτόμετρον  $V$ , τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, δεικνύει ὡς τιμὴν τῆς ἐφηρμοσμένης τάσεως  $U = 110 \text{ V}$ . Ποῖα θὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ποῦ διέρχεται διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος, καὶ ποῖαι θὰ εἶναι αἱ ἐνδείξεις τῶν βολτομέτρων  $V_1$ ,  $V_2$  καὶ  $V_3$ ;

*Λύσις :*

$$R_1 = 50 \Omega, R_2 = 100 \Omega, R_3 = 125 \Omega, U = 110 \text{ V}, I = ;$$

$$U_1 = ; U_2 = ; U_3 = ;$$

Ἐπιλύομε τὴν σχέσιν (5) ὡς πρὸς  $I$ . Προκύπτει ἡ σχέσις  $I = \frac{U}{R}$ , εἰς τὴν ὁποῖαν  $U = 110 \text{ V}$  εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἐφηρμοσμένης τάσεως εἰς τὸ κύκλωμα καὶ  $R$  εἶναι ἡ συνολικὴ του ἀντίστασις, δηλαδὴ :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 50 + 100 + 125 = 275 \Omega.$$

\* Ἄρα :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{110}{275} = 0,4 \text{ A}.$$

Αὕτῃ εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ποῦ διέρχεται διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

Αἱ ἐνδείξεις τῶν βολτομέτρων  $V_1$ ,  $V_2$  καὶ  $V_3$  εἶναι ἀντιστοίχως :

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,4 \times 50 = 20 \text{ V}, \quad U_2 = I \cdot R_2 = 0,4 \times 100 = 40 \text{ V},$$

$$U_3 = I \cdot R_3 = 0,4 \times 125 = 50 \text{ V}.$$

Διαπιστώνομε ὅτι :

$20 + 40 + 50 = 110 \text{ V} =$  τάσις μεταξὺ ἀκρῶν τοῦ κυκλώματος.

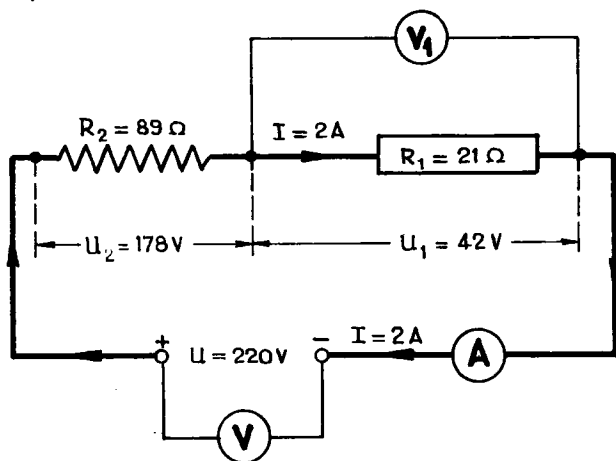
#### 10.4 Πτώσις τάσεως.

Συναντοῦμε εἰς τὴν Ἠλεκτροτεχνίαν περιπτώσεις, κατὰ τὰς



όποιας πρέπει νά συνδέσωμε ένα καταναλωτήν, εἰς τάσιν ὑψηλότεραν ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὁποίαν ἔχει κατασκευασθῆ. Κλασσικά παραδείγματα εἶναι τὰ τῶν ἀμερικανικῶν συσκευῶν (ραδιοφώνων, σιδηρῶν σιδηρώματος, ψυγείων κλπ.), αἱ ὁποῖαι εἶναι κατασκευασμένοι διὰ νά λειτουργοῦν ὑπὸ τάσιν 110 V, ἐνῶ εἰς τὴν Ἑλλάδα ὅλοι οἱ ρευματοδῶται παρέχουν τάσιν 220 V.

Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, διὰ νά ἐπιτύχωμε τὴν λειτουργίαν καὶ μὲ τάσιν 220 V, συνδέομε έν σειρά μὲ τὸν καταναλωτήν μίαν ἀντίστασιν καταλλήλου τιμῆς. Τὸ ἀκόλουθον παράδειγμά μας δεικνύει ὅτι ἡ ἀντίστασις αὐτὴ ἐπιτυγχάνει τὸν σκοπόν, πὸ ἐπιδιώκομε.



Σχ. 10·4 α.

Ἐστω ὅτι ἓνας καταναλωτῆς ἀντιστάσεως  $R_1 = 21\ \Omega$  (σχ. 10·4 α) ἔχει κατασκευασθῆ διὰ νά λειτουργῆ ὑπὸ τάσιν  $U_1 = 42\text{V}$ . Ἡ κανονικὴ ἔντασις τοῦ ρεύματος λειτουργίας του εἶναι ἐπομένως:

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{42}{21} = 2\text{A}.$$

Διαθέτομε διὰ τὴν τροφοδότησίν του ρεῦμα τάσεως  $U = 220 \text{ V}$ . Δὲν εἶναι δυνατὸν ἐπομένως νὰ τὸν συνδέσωμε ἀπ' εὐθείας εἰς τὴν τάσιν αὐτήν, διότι τότε θὰ ἔπρεπε νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτοῦ ρεῦμα ἐντάσεως  $\frac{U}{R_1} = \frac{220}{21} = 10,47 \text{ A}$ , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ καταστραφῇ ὁ καταναλωτὴς λόγῳ ὑπερθερμάνσεως.

Ὅταν ὅμως συνδέσωμε ἐν σειρᾷ μὲ τὸν καταναλωτὴν (σχ. 10.4 α) μίαν ἀντίστασιν  $R_2 = 89 \Omega$ , ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος θὰ ἔχῃ τιμὴν:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{220}{21 + 89} = \frac{220}{110} = 2 \text{ A}.$$

Τὸ ρεῦμα τοῦτο εἶναι τὸ κανονικὸν ρεῦμα λειτουργίας τοῦ καταναλωτοῦ, ἡ δὲ τάσις εἰς τὰ ἄκρα του,  $U_1 = I \cdot R_1 = 2 \times 21 = 42 \text{ V}$ , εἶναι ἡ κανονικὴ τάσις λειτουργίας του.

Ἡ τάσις  $U_2$  εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως  $R_2$  ἔχει τιμὴν  $U_2 = I \cdot R_2 = 2 \times 89 = 178 \text{ V}$ . Διαπιστώνομε ὅτι  $U_1 + U_2 = 42 + 178 = 220 \text{ V}$ .

Ἐπομένως, ἀπὸ ὁλόκληρον τὴν τάσιν ποὺ ἐφαρμόζομε,  $U = 220 \text{ V}$ , ἓνα μέρος αὐτῆς, δηλαδὴ  $U_2 = 178 \text{ V}$ , χρησιμοποιεῖται διὰ νὰ διέλθῃ τὸ ρεῦμα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν  $R_2$ .

Λέγεται ὅτι ἡ ἀντίστασις  $R_2$  δημιουργεῖ διὰ τὸν καταναλωτὴν  $R_1$  πτώσιν τάσεως  $178 \text{ V}$ . Παραμένει, ἐπομένως, διὰ τὸν καταναλωτὴν  $R_1$  τάσις  $220 - 178 = 42 \text{ V}$ .

Εἶναι προφανὲς ὅτι ὁ καταναλωτὴς  $R_1$  δημιουργεῖ καὶ αὐτὸς πτώσιν τάσεως  $42 \text{ V}$  διὰ τὴν ἀντίστασιν  $R_2$ .

Πῶς ὑπολογίζεται ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως  $R_2$ , εἶναι εὐκόλον νὰ τὸ ἀντιληφθοῦμε, διότι:

α) Ἡ ἀντίστασις  $R_2$  πρέπει νὰ προκαλῇ πτώσιν τάσεως:  $U_2 = U - U_1 = 220 - 42 = 178 \text{ V}$ .

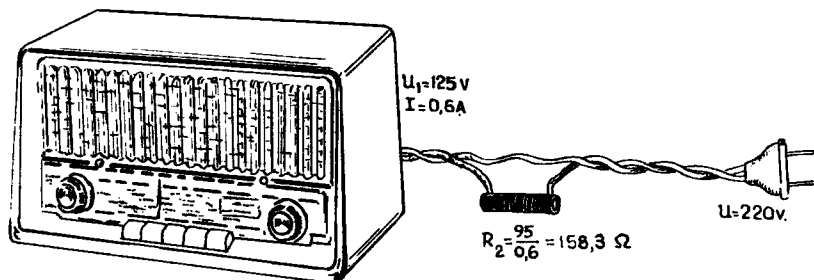
β) Πρέπει νὰ διαρρέεται ὑπὸ τοῦ κανονικοῦ ρεύματος λειτουργίας τοῦ καταναλωτοῦ  $I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{42}{21} = 2 \text{ A}$ .

Ἄρα ἡ ἀντίστασις  $R_2$  πρέπει νὰ ἔχη τιμὴν :

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{178}{2} = 89 \Omega.$$

### Παράδειγμα 1.

Ἐνα ραδιόφωνον εἶναι κατεσκευασμένον διὰ τάσιν λειτουργίας 125 V, ἡ δὲ κανονικὴ ἔντασις λειτουργίας του εἶναι 0,6 A. Ποία εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως, ἡ ὁποία θὰ συνδεθῇ ἐν σειρά μὲ τὸ ραδιόφωνον (σχ. 10·4 β), ὥστε αὐτὸ νὰ χρησιμοποιηθῆται εἰς δίκτυον 220 V ;



Σχ. 10·4 β.

Δύσις :

$$U_1 = 125\text{ V}, I = 0,6\text{ A}, R_2 = ; U = 220\text{ V}.$$

α) Ἡ ἀντίστασις  $R_2$  πρέπει νὰ προκαλῆ πτώσιν τάσεως :

$$U_2 = U - U_1 = 220 - 125 = 95\text{ V}.$$

β) Πρέπει νὰ διαρρέεται ὑπὸ τοῦ κανονικοῦ ρεύματος λειτουργίας τοῦ ραδιοφώνου  $I = 0,6\text{ A}$ .

Ἄρα ἡ ἀντίστασις  $R_2$  πρέπει νὰ ἔχη τιμὴν :

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{95}{0,6} = 158,3 \Omega.$$

Ἐπαλήθευσις : Τὸ ραδιόφωνον ἔχει ἀντίστασιν :

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{125}{0,6} = 208,3 \Omega.$$

Τò ρεύμα διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἔχει ὡς ἐκ τούτου τιμήν :

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{220}{208,3 + 158,3} = \frac{220}{366,6} = 0,6 \text{ A.}$$

Οἱ ὑπολογισμοί μας εἶναι ἐπομένως ὀρθοί.

### 10·5 Ρύθμις τής τάσεως ή τής έντάσεως.

Εἰς πολλάς ἐφαρμογὰς τής Ἡλεκτροτεχνίας πρέπει νά ἔχωμε τήν δυνατότητα νά μεταβάλλωμε εὐχερῶς τήν τάσιν, ἢ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς ἕνα καταναλωτήν ἢ τήν έντασιν τοῦ ρεύματος, τò ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου αὐτοῦ.

Εἰς τὸ συνεχές ρεύμα πραγματοποιεῖται ἡ μεταβολή αὐτή, ἂν συνδέσωμε ἐν σειρά μὲ τὸν καταναλωτήν μίαν μεταβλητὴν ἀντίστασιν, ἢ ὁποία ὀνομάζεται ρυθμιστικὴ ἀντίστασις ἢ ροοστάτης. Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις εἶναι κατασκευασμένα ἐτοι, ὥστε νά μὴ διακόπτεται τὸ κύκλωμα κατὰ τήν διάρκειαν τῶν ρυθμίσεων.

Ἄρα αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις ἢ ροοστάται εἶναι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ὡς προορισμὸν νά προκαλοῦν μεταβολὴν τής τάσεως ἢ τής έντάσεως τοῦ ρεύματος, χωρὶς νά διακόπτουν τὸ κύκλωμα, εἰς τὸ ὁποῖον συνδέονται.

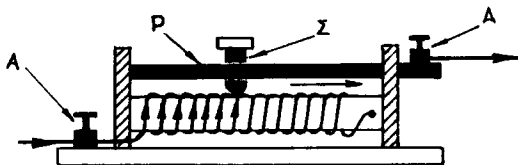
Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις εἶναι μὲ σύρτην ἢ στροφαλοφόροι.

α) Ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις μὲ σύρτην.

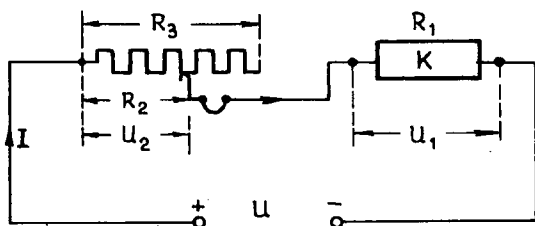
Κατασκευάζονται συνήθως ὡς ἐξῆς :

Ἐνα γυμνὸν σύρμα τυλίσσεται γύρω ἀπὸ ἕνα κοῖλον κορμὸν πορσελάνης, μὲ κυκλικὴν ἢ τετράγωνον διατομὴν (σχ. 10·5 α). Ὑπεράνω τοῦ κορμοῦ ὑπάρχει ἕνας μεταλλικὸς σύρτης Σ, ὁ ὁποῖος ἠμπορεῖ νά κινῆται ἐπάνω εἰς μίαν μεταλλικὴν ράβδον Ρ, παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κορμοῦ καὶ ὁ ὁποῖος ἐφάπτεται συνεχῶς εἰς τὸ σύρμα. Δύο ἀκροδέκται Α χρησιμεύουν διὰ τὴν σύν-

δεσιν τοῦ ροοστάτου εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ σχῆμα 10·5β παριστά σχηματικῶς κύκλωμα, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι παρεμβεβλημένη μία ρυθμιστικὴ ἀντίστασις  $R_3$ .



Σχ. 10·5 α.



Σχ. 10·5 β.

Ἀπὸ τὸ σχῆμα αὐτὸ εἶναι προφανές ὅτι, ὅσον ἀριστερώτερα μεταφέρουμε τὸν σύρτην, τόσο μικροτέραν ἀντίστασιν  $R_2$  παρεμβάλλομε εἰς τὸ κύκλωμα. Ἀδξάνεται, ἐπομένως, ἡ ἔντασις

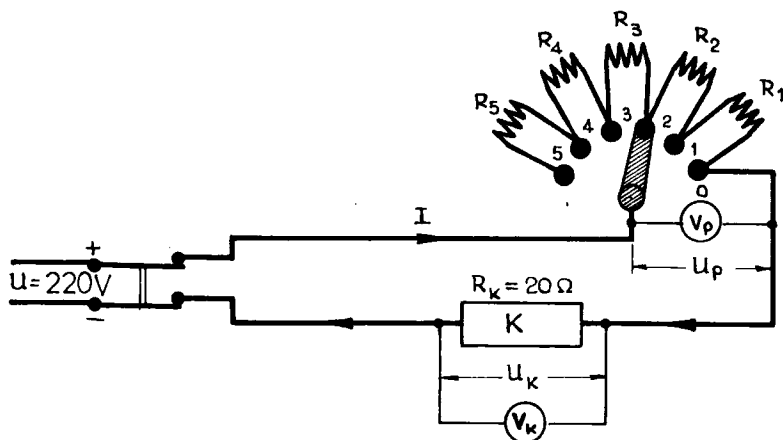
$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$  τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ καὶ ἡ τάσις  $U_1 = I \cdot R_1$  εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει, ὅταν μεταφέρουμε τὸν σύρτην πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος καὶ ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ μεταβάλλονται ὁμαλῶς, ὅταν μετακινουῦμε τὸν σύρτην. Ὄταν χρησιμοποιοῦμε ροοστάτην μὲ σύρτην, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμε εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ μίαν συνεχῶς μεταβαλλομένην τάσιν, ἀπὸ  $U$  (ἐφηρμοσμένη τάσις), ὅταν ὁ σύρτης εὑρίσκεται ἐντελῶς ἀριστερά, μέχρις  $U_1 = I \cdot R_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} \cdot R_1$ , ὅταν εὑρίσκεται ἐντελῶς δεξιὰ.

### β) Στροφαλοφόροι ρυθμιστικοί αντίστασεις.

Κατασκευάζονται συνήθως ως εξής:

Έπάνω εις μίαν πλάκα από μονωτικήν ουσίαν είναι προσηρμοσμένοι τομείς από χαλκόν 1, 2, 3, 4 κλπ. διατεταγμένοι εις τόξον κύκλου (σχ. 10·5 γ). Είς κάθε τομέα απολήγουν δύο άκρα δύο διαφορετικῶν αντίστασεων. Έτσι αἱ αντίστασεις συνδέονται ἐν σειρά μέσω τῶν τομέων. Έπάνω εις τοὺς τομείς ἡμπορεῖ νὰ ὀλισθαίνῃ ἕνας στρόφαλος ἀπὸ χαλκὸν ἢ ἀπὸ ὀρείχαλκον.



Σχ 10·5 γ.

Ἀπὸ τὸ σχῆμα 10·5 γ εἶναι προφανές ὅτι, ὅταν στρέψωμε τὸν στρόφαλον κατὰ τὴν φοράν τῶν δεικτῶν τοῦ ὀρολογίου, ἐλαττώνεται ἡ παρεμβαλλομένη ἀντίστασις εἰς τὸ κύκλωμα. Ἀντιθέτως αὐξάνεται ἡ παρεμβαλλομένη ἀντίστασις, ὅταν στρέψωμε τὸν στρόφαλον κατ' ἀντίθετον φοράν.

Εἰς ὅλους τοὺς ροοστάτας τοῦ ἀνωτέρω εἴδους, οἱ τομείς εὐρίσκονται εἰς τέτοιαν ἀπόστασιν μεταξύ των, ὥστε ὁ στρόφαλος νὰ μὴ ἐγκαταλείπη ἕνα τομέα, προτοῦ ἔλθῃ εἰς ἐπαφήν μὲ τὸν παραπλήσιον. Ἀποφεύγεται ἔτσι ἡ διακοπὴ τοῦ κυκλώματος κατὰ τὰς μετακινήσεις τοῦ στρόφαλου.

Με τὸς ροοστάτας τοῦ τύπου αὐτοῦ εἶναι δυνατὴ ἡ κλιμακωτὴ ἀφαίρεσις ἢ πρόσθεσις ἀντιστάσεως. Ἐν π.χ. στρέψωμε τὸν στρόφαλον ἀπὸ τὸν τομέα 2 μέχρι τοῦ τομέως 3, προσθέτομε ἀποτόμως ὀλόκληρον τὴν ἀντίστασιν  $R_3$ .

Οἱ στροφαλοφόροι ροοστάται χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα, ἐν συνδυασμῷ μὲ τὰς μηχανὰς συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Παραθέτομε κατωτέρω ἓνα παράδειγμα ὑπολογισμοῦ τῶν ἀντιστάσεων στροφαλοφόρου ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως.

### Παράδειγμα 1.

Καταναλωτῆς ἀντιστάσεως  $R_k = 20 \Omega$  συνδέεται διὰ μέσου στροφαλοφόρου ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως (σχ. 10·5 γ) μὲ τάσιν  $U = 220 \text{ V}$ . Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ τιμαὶ τῶν ἀντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3, R_4$  καὶ  $R_5$  τοῦ ροοστάτου, διὰ νὰ ἐπιτύχωμε ἀντιστοίχους τάσεις μεταξὺ τῶν ἀκρῶν τοῦ καταναλωτοῦ 160 V, 110 V, 80 V, 55 V καὶ 40 V.

Λύσις :

Ἐκ τοῦ ἔναντι πίνακος προκύπτουν αἱ τιμαὶ, τὰς ὁποίας ζῆτοῦμε.

### 10·6 Τρεῖς βασικαὶ παρατηρήσεις διὰ τὰ κυκλώματα ἐν σειρά.

1η Παρατήρησις : Ἐφορᾷ εἰς τὴν ἐφαρμογὴν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ εἰς τὰ κυκλώματα ἐν σειρά.

Μέχρι τώρα ἐμάθαμε ὅτι εἰς ἓνα κύκλωμα ἐν σειρά, ὁ νόμος τοῦ Ὠμ ἐφαρμόζεται τόσον εἰς ὀλόκληρον τὸ κύκλωμα, ὅσον καὶ εἰς οἰονδήποτε τμήμα αὐτοῦ. Τὰ παραδείγματα ποὺ ἀνεφέραμε εἰς τὰς παραγράφους 10·3, 10·4 καὶ 10·5 εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ τρόπου ἐφαρμογῆς του. Πρέπει εἰς τὸ μέλλον νὰ ἔχωμε πάντοτε ὑπ' ὄψιν ὅτι :

Θέσις του στροφάλου	Δεδομένη τάσις $U_k$ μεταξύ άκρων του καταναλωτού	"Έντασις του ρεύματος, διά μέσον του κυκλώματος $I = \frac{U_k}{R_k}$	Πρώτις τάσιος έπιτός της ρυθμιστικής αντίστασιος $U_p = U - U_k$	Συνολική αντίστασις ροσστάτου διά τας διαφόρους θέσεις του στροφάλου $R_p = \frac{U_p}{I}$	Τίμαι τών αντίστασιων $R_1, R_2, R_3, R_4$ και $R_5$ του ροσστάτου
1	160 V	$\frac{160}{20} = 8 \text{ A}$	220 - 160 = 60 V	$R_{p1} = R_1 = \frac{60}{8} = 7,5 \Omega$	$R_1 = 7,5 \Omega$
2	110 V	$\frac{110}{20} = 5,5 \text{ A}$	220 - 110 = 110 V	$R_{p2} = R_1 + R_2 = \frac{110}{5,5} = 20 \Omega$	$R_3 = R_{p2} - R_1 = 20 - 7,5 = 12,5 \Omega$
3	80 V	$\frac{80}{20} = 4 \text{ A}$	220 - 80 = 140 V	$R_{p3} = R_1 + R_3 + R_4 = \frac{140}{4} = 35 \Omega$	$R_5 = R_{p3} - R_{p2} = 35 - 20 = 15 \Omega$
4	55 V	$\frac{55}{20} = 2,75 \text{ A}$	220 - 55 = 165 V	$R_{p4} = R_1 + R_3 + R_5 + R_4 = \frac{165}{2,75} = 60 \Omega$	$R_1 = R_{p4} - R_{p3} = 60 - 35 = 25 \Omega$
5	40 V	$\frac{40}{20} = 2 \text{ A}$	220 - 40 = 180 V	$R_{p5} = R_1 + R_3 + R_5 + R_4 + R_2 = \frac{180}{2} = 90 \Omega$	$R_5 = R_{p5} - R_{p4} = 90 - 60 = 30 \Omega$



α) Προκειμένου νὰ ἐφαρμόσωμε τὸν νόμον εἰς ὀλόκληρον τὸ κύκλωμα ἐν σειρᾷ, ἢ τάσις  $U$  εἶναι ἢ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων ὀλοκλήρου τοῦ κυκλώματος καὶ ἢ ἀντίστασις  $R$  εἶναι ἢ συνολικὴ ἀντίστασις του.

β) Ὄταν ὁ νόμος ἐφαρμόζεται εἰς ἓνα τμήμα μόνον τοῦ κυκλώματος, πρέπει νὰ λαμβάνεται ὡς  $U$  ἢ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ θεωρουμένου τμήματος καὶ ὡς  $R$  ἢ ἀντίστασις τοῦ τμήματος αὐτοῦ.

Ἡ παρατήρησις αὐτὴ ἔχει βασικὴν σπουδαιότητα, διότι πολλά λάθη γίνονται ἀπὸ ὄσους τὴν ἀγνοοῦν.

**2α Παρατήρησις:** Ἀφορᾷ εἰς τὴν ἰκανότητα τῶν καταναλωτῶν νὰ δέχονται τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Ἀπὸ τὴν πρώτην ἰδιότητα τῶν κυκλωμάτων ἐν σειρᾷ (παράγραφος 10·2) προκύπτει ὅτι ὅλοι οἱ καταναλωταὶ ἐνὸς κυκλώματος ἐν σειρᾷ διαρρέονται ἀπὸ ρεῦμα τῆς ἰδίας ἐντάσεως. Πρέπει ἐπομένως ὅλοι αὐτοὶ οἱ καταναλωταὶ νὰ εἶναι κατεσκευασμένοι ἔτσι, ὥστε νὰ ἐπιδέχονται τὴν ἔντασιν αὐτὴν, χωρὶς νὰ καταστραφῶν.

Ἄς ἐπανέλθωμε εἰς τὸ συγκεκριμένον παράδειγμα τῶν πέντε ἐν σειρᾷ συνδεδειμένων λαμπτήρων τοῦ σχήματος 10·1 α. Ἄς ὑποθέσωμε ὅτι τέσσαρες ἀπὸ τοὺς λαμπτήρας ἔχουν ἐνδείξεις 110 V, 60 W καὶ ὁ πέμπτος 110 V, 40 W.

Ὁ καθεὶς ἀπὸ τοὺς τέσσαρες πρώτους λαμπτήρας ἔχει ἀντίστασιν  $R_1 = 201,6 \Omega$ , ἢ δὲ κανονικὴ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτῶν ἔχει τιμὴν  $I_1 = \frac{110}{201,6} = 0,54 \text{ A}$ . Τὰ ἀντίστοιχα στοιχεῖα τοῦ πέμπτου λαμπτήρος εἶναι  $R_2 = 305,6 \Omega$  καὶ  $I_2 = 0,36 \text{ A}$ .

Ὄταν θέσωμε τὸ κύκλωμα ὑπὸ τάσιν 550 V, τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἔχει τιμὴν:

$$I = \frac{550}{4 \cdot R_1 + R_2} = \frac{550}{4 \times 201,6 + 305,6} = \frac{550}{1112} \approx 0,5 \text{ A}.$$

Ἡ ἔντασις αὐτὴ ὑπερβαίνει κατὰ 40% τὴν κανονικὴν ἔντασιν λειτουργίας  $I_2 = 0,36 \text{ A}$  τοῦ πέμπτου λαμπτήρος. Ἄρα ὁ λαμπτήρ αὐτὸς θὰ κατῆ μόλις θέσωμε τὸ κύκλωμα ὑπὸ τάσιν. *Εἶναι, ἐπομένως, δυνατόν νὰ συνδέωνται ἐν σειρᾷ μόνον λαμπτήρες μὲ τὰς αὐτὰς ἢ παρομοίας ἐνδείξεις (π.χ. 220 V, 60 W καὶ 230 V 60 W).*

Τὰ ἴδια ἰσχύουν καὶ διὰ τὴν ρυθμιστικὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν ἐμελετήσαμε εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα τῆς παραγράφου 10·5. Κάθε μία ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις  $R_1, R_2, R_3, R_4$  καὶ  $R_5$  πρέπει νὰ εἶναι ἱκανὴ νὰ δέχεται ἀντίστοιχον ρεῦμα 8 A, 5,5 A, 4 A, 2,75 A καὶ 2 A.

*β) Παρατήρησις: Ἀφορᾷ εἰς τὴν διακοπὴν εἰς ἓνα οἰονδήποτε σημεῖον κυκλώματος ἐν σειρᾷ.*

Ὅταν κύκλωμα ἐν σειρᾷ διακοπῆ εἰς οἰονδήποτε σημεῖον, διακόπτεται ἢ λειτουργία ὄλων τῶν καταναλωτῶν τοῦ κυκλώματος. Ὅταν π.χ. εἰς κύκλωμα, ὅπως αὐτὸ τοῦ σχήματος 10·1 α, ἀποσπᾶσωμε ἓνα ἀπὸ τοὺς λαμπτήρας ἀπὸ τὴν λυχνιολαβὴν του (ντουί), διακόπτεται ἢ λειτουργία τῶν ὑπολοίπων λαμπτήρων. Τὸ ἴδιο θὰ συμβῆ καὶ ὅταν κατῆ ἓνας ἀπὸ τοὺς λαμπτήρας.

Ἄρα εἰς κύκλωμα ἐν σειρᾷ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ λειτουργήσῃ καταναλωτὴς ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τοὺς ἄλλους.

## 10·7 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Εἰς ἓνα κύκλωμα ἐν σειρᾷ συνδέομε τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ πρώτου καταναλωτοῦ μὲ τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ δευτέρου, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ δευτέρου μὲ τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ τρίτου κ.ο.κ. Παραμένουν τελικῶς ἐλεύθερα τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ πρώτου καὶ τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ τελευταίου. Εἰς τὰ ἄκρα αὐτὰ ἐφαρμόζεται ἢ τάσις τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος.

β) Ἰδιότητες τῶν κυκλωμάτων ἐν σειρᾷ εἶναι αἱ ἑξῆς τρεῖς :

1) Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου κυκλώματος ἐν σειρᾷ ἔχει τὴν ἰδίαν ἔντασιν καθ' ἕνα τὸ μήκος τοῦ κυκλώματος.

2) Ἡ συνολικὴ ἀντίστασις κυκλώματος ἐν σειρᾷ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῶν ἐν σειρᾷ συνδεδεμένων καταναλωτῶν.

3) Ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα κυκλώματος ἐν σειρᾷ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων εἰς τὰ ἄκρα τῶν καταναλωτῶν.

γ) Ὁ νόμος τοῦ Ὁμ ἐφαρμόζεται εἰς ἕνα κύκλωμα ἐν σειρᾷ, ὅταν  $U$  εἶναι ἡ ἐφαρμοσμένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος,  $R$  εἶναι ἡ συνολικὴ του ἀντίστασις καὶ  $I$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

δ) Εἰς κύκλωμα ἐν σειρᾷ κάθε καταναλωτὴς δημιουργεῖ διὰ τοὺς ὑπολοίπους πτώσιν τάσεως. Ἡ διαθέσιμος τάσις διὰ τοὺς ὑπολοίπους εἶναι ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν μεταξὺ ἐφαρμοσμένης τάσεως καὶ πτώσεως τάσεως, τὴν ὁποίαν δημιουργεῖ ὁ ἐν λόγῳ καταναλωτὴς.

Τὴν ιδιότητα αὐτὴν χρησιμοποιοῦμε, ὅταν ἕνας καταναλωτὴς πρέπει νὰ συνδεθῇ εἰς τάσιν ὑψηλοτέραν ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὁποίαν ἔχει κατασκευασθῆ. Συνδέομε τότε μὲ τὸν καταναλωτὴν μίαν ἀντίστασιν καταλλήλου τιμῆς. Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ δημιουργεῖ τὴν ἀπαιτουμένην πτώσιν τάσεως καὶ παραμένει ἔτσι εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ ἢ κανονικὴ τάσις λειτουργίας του.

ε) Διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς τάσεως μεταξὺ τῶν ἄκρων καταναλωτοῦ ἢ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ χρησιμοποιοῦμε εἰς τὸ συνεχές ρεῦμα συσκευὰς αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις ἢ ροοστάται. Αἱ συσκευαὶ αὗται εἶναι μὲ σύρτην ἢ στροφαλοφόροι.

Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ μὲ τὸν καταναλωτὴν. Κατὰ τὰς ρυθμίσεις τῆς τάσεως ἢ τῆς ἐντάσεως, αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις δὲν πρέπει νὰ διακόπτουν τὸ κύκλωμα εἰς

τό όποϊον συνδέονται, διότι τότε θά έπαυε ή λειτουργία τών συσκευών που τροφοδοτούνται από τό κύκλωμα.

στ) Όταν εφαρμόζουμε τόν νόμον του Όμ εις ένα κύκλωμα έν σειρά, πρέπει :

1) Προκειμένου περι όλοκλήρου του κυκλώματος, νά λαμβάνουμε τήν τάσιν εις τά άκρα του καθός και τήν συνολικήν του αντίστασιν.

2) Προκειμένου περι τμήματος του κυκλώματος νά λαμβάνουμε τήν τάσιν εις τά άκρα του τμήματος αυτού καθός και τήν αντίστασίν του.

ζ) Καταναλωται είναι δυνατόν νά συνδεθούν έν σειρά, μόνον έφ' όσον είναι ίκανοί νά επιδέχωνται τήν έντασιν του ρεύματος, ή όποία διέρχεται διά μέσου του κυκλώματος.

η) Η διακοπή κυκλώματος έν σειρά, εις οίονδήποτε σημείον, διακόπτει τήν λειτουργίαν όλων τών καταναλωτών. Είς κύκλωμα έν σειρά δέν είναι δυνατόν νά λειτουργήσῃ καταναλωτής ανεξαρτήτως από τούς άλλους.

## 10-8 Έρωτήσεις.

α) Πώς συνδέονται καταναλωται έν σειρά ;

β) Τί ονομάζεται κύκλωμα έν σειρά ;

γ) Όταν τό ρεύμα, διά μέσου καταναλωτου κυκλώματος έν σειρά, έχη έντασιν 3,8 A, ποία είναι ή έντασις του ρεύματος διά μέσου τών υπολοίπων καταναλωτών και διατί ;

δ) Τί ονομάζεται συνολική αντίστασις κυκλώματος έν σειρά ;

ε) Ποία σχέσις υπάρχει μεταξύ εφαρμοσμένης τάσεως εις τά άκρα κυκλώματος έν σειρά και τών τάσεων εις τά άκρα τών καταναλωτών του κυκλώματος ;

στ) Όταν εφαρμόζουμε τόν νόμον του Όμ εις κύκλωμα έν σειρά, τί τάσιν λαμβάνουμε και τί αντίστασιν ;

ζ) Όταν δύο καταναλωται είναι συνδεδεμένοι έν σειρά, τί αποτέλεσμα έχει ή πτώσις τάσεως, τήν όποϊαν δημιουργεί ό κάθε καταναλωτής επί του άλλου ;

η) Πότε εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ προκαλέσωμε πτώσιν τάσεως ; Πῶς προκαλεῖται ἡ πτώσις αὐτὴ εἰς τὸ συνεχές ρεῦμα ;

θ) Ποῖος εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦμε τὰς ρυθμιστικὰς ἀντιστάσεις ;

ι) Πῶς εἶναι κατεσκευασμένοι αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις μὲ σύρτην καὶ πῶς αἱ στροφαλοφόροι ;

ια) Πῶς συνδέεται μία ρυθμιστικὴ ἀντίστασις μὲ καταναλωτὴν ;

ιβ) Προκειμένου νὰ ἐφαρμόσωμε τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς τμήμα κυκλώματος ἐν σειρά, τί τάσιν καὶ τί ἀντίστασιν θὰ λάβωμε ;

ιγ) Εἶναι δυνατὸν νὰ λειτουργήσουν ἐν σειρά ὑπὸ τάσιν 220 V δύο λαμπτήρες μὲ ἀντιστοίχους ἐνδείξεις 110 V, 40 W καὶ 110 V, 75 W ;

ιδ) Εἶναι δυνατόν ρυθμιστικὴ ἀντίστασις, κατεσκευασμένη διὰ νὰ λειτουργῇ μὲ κανονικὴν ἔντασιν 1,2 A, νὰ συνδεθῇ ἐν σειρά μὲ καταναλωτὴν, διὰ τοῦ ὁποῖου πρέπει νὰ διέρχωνται 6,8 A. Ἄν ὄχι, διατί ;

ιε) Τί συμβαίνει, ὅταν διακόπτεται ἓνα κύκλωμα ἐν σειρά εἰς ἓνα του σημείου ;

### 10·9 Προβλήματα.

α) Τρεῖς καταναλωταὶ ἀντιστάσεως 12,5 Ω, 22,3 Ω καὶ 20,2 Ω [ 5,5 Ω, 14, 8 Ω, 7,2 Ω ] ( 2 Ω, 4 Ω, 6 Ω ) συνδέονται ἐν σειρά. Μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κυκλώματος ἐφαρμόζεται τάσις 220 [ 110 ] ( 24 ) V.

Ζητοῦνται: 1ον) Ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος.

2ον) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ.

3ον) Ἡ τάσις-μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κάθε καταναλωτοῦ.

Ἀπάντησις: 1ον) 55 Ω, 2ον) 4 A, 3ον) 50 V, 89,2 V, 80,8 V

1ον) [ 27,5 Ω ], 2ον) [ 4 A ], 3ον) [ 22 V, 59,2 V, 28,8 V ]

1ον) ( 12 Ω ), 2ον) ( 2 A ), 3ον) ( 4 V, 8 V, 12 V ).

β) Διὰ μέσου τριῶν καταναλωτῶν ἐν σειρά, ἀντιστάσεως 24,5 Ω 48,2 Ω καὶ 19,4 Ω, [ 55 Ω, 23 Ω, 37,5 Ω ], ( 19 Ω, 27 Ω, 33,4 Ω ) διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 0,4 A [ 1,2 A ] ( 2,4 A ).

Ζητοῦνται: 1ον) Ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κάθε καταναλωτοῦ.

2ον) Ἡ ἐφηρμοσμένη τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κυκλώματος.

Ἀπάντησις: 1ον) 9,8 V, 19,28 V, 7,76 V, 2ον) 36,84 V

1ον) [66 V, 27,6 V, 45 V], 2ον) [138,6 V]

1ον) (45,6 V, 64,8 V, 80,16 V), 2ον) (190,56 V)

γ) Δύο καταναλωτές είναι συνδεδεμένοι έν σειρά. Ἡ αντίστασις τοῦ πρώτου εἶναι  $290,6 \Omega$  [19,5  $\Omega$ ] (110  $\Omega$ ), ἡ δὲ αντίστασις τοῦ δευτέρου εἶναι ἄγνωστος. Ὄταν ἐφαρμόσωμε εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος τάσιν 220 V [110 V] (24 V), ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἔχει τιμὴν 0,5 A [2 A] (0,1 A). Ποία εἶναι ἡ τιμὴ τῆς δευτέρας ἀντιστάσεως;

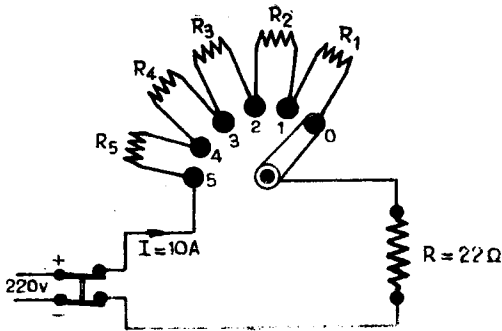
Ἀπάντησις: 149,4  $\Omega$  [35,5  $\Omega$ ] (130  $\Omega$ )

δ) Διὰ μέσου τριῶν ἀντιστάσεων συνδεδεμένων έν σειρά, αἱ τιμαὶ τῶν ἐποίων εἶναι  $R_1 = 12 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$  καὶ  $R_3 = 48 \Omega$  [60  $\Omega$ , 40  $\Omega$ , 100  $\Omega$ ] (320  $\Omega$ , 270  $\Omega$ , 290  $\Omega$ ), διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Βολτόμετρον συνδεδεμένον μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς πρώτης ἀντιστάσεως δεικνύει 33 V [33 V] (160 V).

Ζητοῦνται: 1ον Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

2ον) Αἱ τάσεις μεταξὺ τῶν ἄκρων τῶν ἄλλων ἀντιστάσεων.

3ον) Ἡ ἐφηρμοσμένη τάσις εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ 10.9 α

Ἀπάντησις: 1ον) 2,75 A, 2ον) 55 V, 132 V, 3ον) 220 V

1ον) [0,55 A], 2ον) [22 V, 55V], 3ον) [110 V]

1ον) (0,5 A), 2ον) (135 V, 145 V), 3ον), (440 V)

ε) Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 10.9 α πρέπει, δταν ὁ στρόφαλος κατέχη τὰς θέσεις 1, 2, 3, 4 καὶ 5, τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος νὰ ἔχη ἀντιστοίχους ἐντάσεις  $I_1 = 8A$ ,  $I_2 = 5A$ ,  $I_3 = 2,5A$ ,

$I_4 = 1\text{A}$  καὶ  $I_5 = 0,5\text{A}$ . Ζητοῦνται αἱ τιμαὶ τῶν ἀντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3, R_4$  καὶ  $R_5$ .

Ἀπάντησις :  $R_1 = 5,5\ \Omega, R_2 = 16,5\ \Omega, R_3 = 44\ \Omega, R_4 = 132\ \Omega,$   
 $R_5 = 220\ \Omega$

στ) Εἰς τὸ αὐτὸ κύκλωμα ποῖαι εἶναι αἱ τάσεις μεταξὺ τῶν ἄκρων τῶν ἀντιστάσεων  $R, R_1, R_2, R_3, R_4$  καὶ  $R_5$ , ὅταν ὁ στρόφαλος εἶναι εἰς τὴν θέσιν  $\delta$ ;

Ἀπάντησις : 11V, 2,75V, 8,25V, 22V, 66V καὶ 110V

### 10·10 Πρακτικαὶ ἀσκήσεις.

α) Νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρᾷ, εἰς τὰ 220 V, δύο λαμπτήρες τῶν 110 V, ἀφοῦ παρεμβληθῆ ἀνὰ ἓνα ἀμπερόμετρον εἰς τοὺς συνδετικοὺς ἄγωγους μὲ τὴν τάσιν καὶ ἓνα ἀμπερόμετρον μεταξὺ τῶν λαμπτήρων. Νὰ διαπιστώσουν οἱ μαθηταὶ τὴν πρώτην ιδιότητα τῶν κυκλωμάτων ἐν σειρᾷ (παρ. 10·2).

β) Νὰ μετρηθοῦν διὰ τῆς γεφύρας τοῦ Οὐάττσον χωριστὰ αἱ ἀντιστάσεις τριῶν συρμάτων ἀπὸ χρωμονικέλιον. Νὰ συνδεθοῦν ἀκολούθως ἐν σειρᾷ καὶ νὰ μετρηθῆ ἡ συνολικὴ τῶν ἀντίστασις. Νὰ διαπιστώσουν οἱ μαθηταὶ τὴν δευτέραν ιδιότητα τῶν συνδέσεων ἐν σειρᾷ.

γ) Νὰ συνδεθοῦν βολτόμετρα εἰς τὰ ἄκρα τῶν λαμπτήρων τῆς  $\alpha'$  ἀσκήσεως καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος. Νὰ διαπιστώσουν οἱ μαθηταὶ τὴν τρίτην ιδιότητα τῶν συνδέσεων ἐν σειρᾷ.

δ) Νὰ διαπιστωθῆ ἐκ τῆς  $\gamma'$  ἀσκήσεως ὅτι ὁ κάθε λαμπτήρ δημιουργεῖ διὰ τὸν ἄλλον μίαν πῦσιν τάσεως.

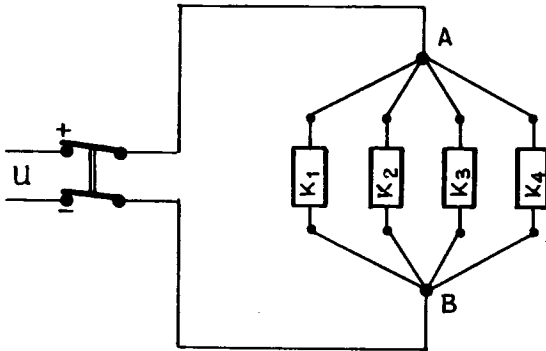
ε) Νὰ ἐπιδειχθοῦν ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις μὲ σύρτην καὶ στρόφαλοφόροι. Νὰ συνδεθῆ ρυθμιστικὴ ἀντίστασις ἐν σειρᾷ μὲ καταναλωτὴν. Νὰ διαπιστώσουν οἱ μαθηταὶ, πῶς ρυθμίζεται ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ καὶ πῶς μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ.

## ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ

## 11·1 Παράλληλος σύνδεσις καταναλωτών.

Όταν εἰς ἓνα ἡλεκτρικὸν δίκτυον λειτουργοῦν πολλοὶ καταναλωταί, συνδέονται σπανίως ἐν σειρᾷ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἡ σύνδεσις ἐν σειρᾷ παρουσιάζει, ὅπως ἔχομε ἕδη μάθει, τὸ μέγα μειονέκτημα, ὅτι κάθε διακοπὴ λειτουργίας τοῦ ἑνὸς ἀπὸ τοὺς καταναλωτὰς προκαλεῖ τὴν διακοπὴν λειτουργίας καὶ τῶν ὑπολοίπων.

Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς κατὰ κανόνα χρησιμοποιεῖται ἡ σύνδεσις, τὴν ὁποίαν δεῖκνυε τὸ σχῆμα 11·1 α.



Σχ. 11·1 α.

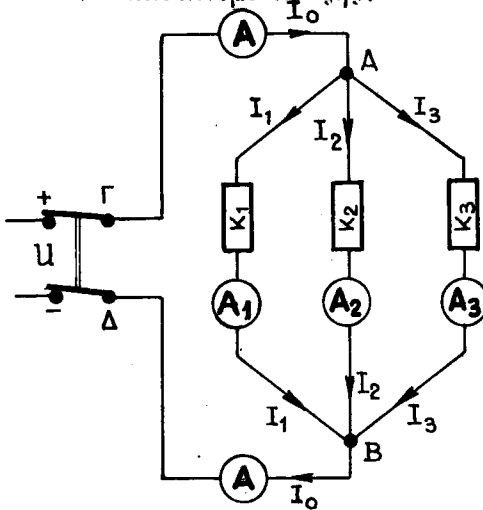
Ἡ σύνδεσις αὐτὴ ὀνομάζεται παράλληλος σύνδεσις ἢ σύνδεσις ἐν διακλαδώσει. Τὸ κύκλωμα ἑλὼν τῶν καταναλωτῶν ὀνομάζεται κύκλωμα παράλληλον. Εἰς παράλληλον κύκλωμα, ὅλοι οἱ καταναλωταὶ ἔχουν δύο κοινὰ σημεῖα, τὰ Α καὶ Β (σχ. 11·1 α). Τὰ κοινὰ αὐτὰ σημεῖα ὀνομάζονται κόμβοι τοῦ κυκλώματος.



Ὁ καθείς ἀπὸ τοὺς καταναλωτὰς ἐν παραλλήλω μαζί με τὰ σύρματα συνδέσεώς του με τοὺς κόμβους ὀνομάζεται κλάδος τοῦ κυκλώματος. Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν τοῦ σχήματος 11·1 α τὸ κύκλωμα ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας κλάδους.

### 11·2 Ρεύματα εἰς τὰ παράλληλα κυκλώματα.

Ἐὰν παρεμβάλωμε ἀμπερόμετρα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 11·2 α, εἰς τοὺς κλάδους τοῦ κυκλώματος καὶ εἰς τὰς γραμμὰς ΓΑ καὶ ΔΒ, αἱ ὁποῖαι συνδέουν τὸ κύκλωμα με τὴν ἐφηρμοσμένην εἰς αὐτὸ τάσιν, διαπιστώνομε τὰ ἑξῆς:



Σχ. 11·2 α.

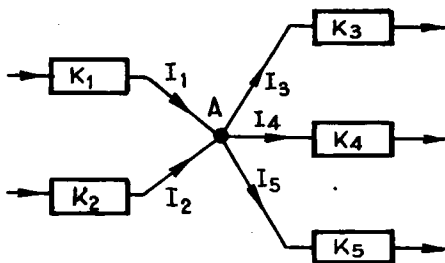
1. Αἱ ἐνδείξεις τῶν δύο ἀμπερομέτρων Α εἶναι αἱ ἴδιαι. Ἄρα ρεῦμα τῆς ἰδίας ἐντάσεως  $I_0$  κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως ΓΑ καὶ ΔΒ.

2. Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνδείξεων  $I_1$ ,  $I_2$  καὶ  $I_3$  τῶν ἀμπερομέτρων  $A_1$ ,  $A_2$  καὶ  $A_3$  εἶναι ἴσον με τὴν ἐνδειξιν  $I_0$  ἐνὸς ἀπὸ τὰ ἀμπερόμετρα Α, δηλαδή:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3. \quad (6)$$

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ἔντασις  $I_0$  τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διευθύνεται πρὸς τὸν κόμβον Α, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα  $I_1 + I_2 + I_3$  τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν κόμβον αὐτόν. Ἐπίσης τὸ ἄθροισμα  $I_1 + I_2 + I_3$  τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα κατευθύνονται πρὸς τὸν κόμβον Β, εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν  $I_0$  τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀναχωρεῖ ἀπὸ τὸν κόμβον αὐτόν.

Ἀκριβῶς τὰ ἴδια ἰσχύουν καὶ δι' οἰονδήποτε κόμβον κυκλώματος. Εἰς μίαν σύνδεσιν, ὅπως αὐτὴ π.χ. τοῦ σχήματος 11·2 β,



Σχ. 11·2 β.

τὸ ἄθροισμα  $I_1 + I_2$  τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, ποὺ φθάνουν εἰς τὸν κόμβον Α, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα  $I_3 + I_4 + I_5$  τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, ποὺ ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν ἴδιον κόμβον δηλαδή :

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5.$$

Γενικῶς, διὰ κάθε κόμβον οἰονδήποτε κυκλώματος, ἰσχύει ἡ ἑξῆς πρότασις :

*Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα διευθύνονται πρὸς κόμβον κυκλώματος, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν κόμβον αὐτόν.*

Ἡ πρότασις αὐτὴ ὀνομάζεται *πρότασις τῶν κόμβων* ἢ *πρότασις τοῦ Κίρχωφ*, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ φυσικοῦ, ὁ ὁποῖος τὴν διετύπωσε.

Τὸ ρεῦμα  $I_0$ , τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν ΓΑ καὶ ΔΒ (σχ. 11·2 α), ὀνομάζεται ὀλικὸν ρεῦμα.

### Παράδειγμα 1.

Ἐὰν εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 11·2 α εἶναι  $I_1 = 2 \text{ A}$ ,  $I_2 = 3 \text{ A}$  καὶ  $I_3 = 4 \text{ A}$ , τότε ἡ ἔντασις  $I_0$  τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου τῶν γραμμῶν ΓΑ καὶ ΔΒ τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος, δηλαδή τὸ ὀλικὸν ρεῦμα, ἔχει τιμὴν:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 3 + 4 = 9 \text{ A}.$$

### Παράδειγμα 2.

Ἐὰν εἰς τὸ ἴδιον κύκλωμα τὸ ἀμπερόμετρον Α δεικνύη 12 Α, τὸ  $A_1$  5 Α καὶ τὸ  $A_2$  3 Α, πόσα ἀμπέρ δεικνύει τὸ ἀμπερόμετρον  $A_3$ ;

Ἀπάντησις: Πρέπει νὰ εἶναι:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3, \text{ δηλαδή } 12 = 5 + 3 + I_3.$$

Ἄρα  $I_3 = 12 - 5 - 3 = 4 \text{ A}$ .

Αὐτὴ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου  $A_3$ .

## 11·3 Τάσις εἰς τὰ παράλληλα κυκλώματα.

Ἄφοῦ εἰς ἓνα παράλληλον κύκλωμα (σχ. 11·2 α) ὅλοι οἱ καταναλωταὶ συνδέονται μεταξὺ τῶν δύο κόμβων του, ἔπεται ὅτι ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων ὅλων τῶν καταναλωτῶν εἶναι ἡ ἴδια. Χαρακτηριστικὴ ιδιότης τῆς παράλληλου συνδέσεως καταναλωτῶν εἶναι ἐπομένως ἡ ἑξῆς:

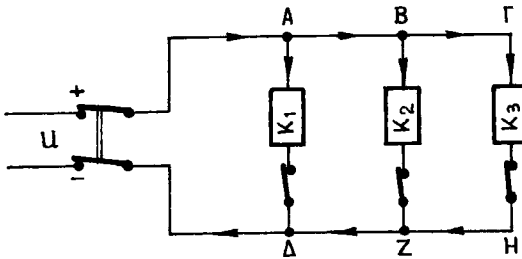
Ἡ ἴδια τάσις ἐφαρμόζεται εἰς κάθε ἓνα ἀπὸ τοὺς καταναλωτάς.

Ἄν ἡ πτώσις τάσεως, τὴν ὁποῖαν δημιουργοῦν οἱ συνδετικοὶ ἀγωγοὶ ΓΑ καὶ ΔΒ (σχ. 11·2 α), εἶναι ἀμελητέα, ἡ ἐφηρμοσμένη εἰς τοὺς καταναλωτάς τάσις εἶναι ἡ τάσις  $U$  τοῦ δικτύου.

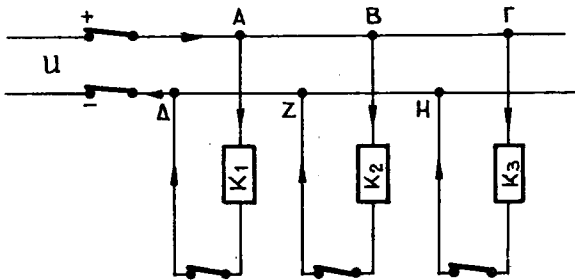
Ὅταν ἡ πτώσις τάσεως εἰς τοὺς συνδετικούς ἀγωγοὺς εἶναι χωρὶς σημασίαν, τότε δυνάμεθα νὰ παραστήσωμε παράλληλον κύ-

κλωμα κατὰ τοὺς τρόπους, ποὺ δεικνύουν τὰ σχήματα 11·3 α καὶ 11·3 β. Αἱ παραστάσεις αὗται ἀνταποκρίνονται περισσότερον πρὸς πραγματικὴν ἐγκατάστασιν καταναλωτῶν ἐν παραλλήλῳ.

\*Ἄν, εἰς τὰ σχήματα αὐτά, ὑποθέσωμε ὅτι φέρομε τὸ ἕνα κοντὰ εἰς τὸ ἄλλομέχρις ἐπαφῆς των τὰ ἄκρα Α, Β καὶ Γ, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰ ἄκρα Δ, Ζ καὶ Η, τότε θὰ ἰδοῦμε ὅτι προκύπτουν οἱ δύο κόμβοι τοῦ κυκλώματος 11·2 α.



Σχ. 11.3 α.



Σχ. 11.3 β.

Εἰς παράλληλον κύκλωμα δυνάμεθα νὰ τοποθετήσωμε ἕνα διακόπτην ἐν σειρᾷ μὲ κάθε καταναλωτὴν. Ὁ διακόπτης αὐτὸς τοῦ καταναλωτοῦ ἐπιτρέπει τὴν διακοπὴν καὶ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς λειτουργίας τοῦ καταναλωτοῦ αὐτοῦ ἀνεξαρτήτως τῶν ὑπολοίπων. Αὐτὸ μᾶς ἐξηγεῖ διατί εἰς τὰ δίκτυα φωτισμοῦ καὶ κινήσεως οἱ διάφοροι καταναλωταὶ συνδέονται κατὰ κανόνα ἐν παραλλήλῳ.

### 11.4 Πῶς ὑπολογίζονται τὰ ρεύματα εἰς τὰ παράλληλα κυκλώματα.

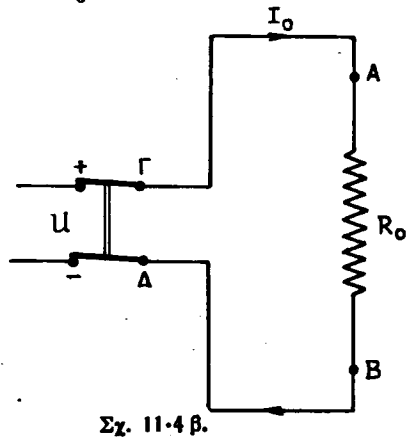
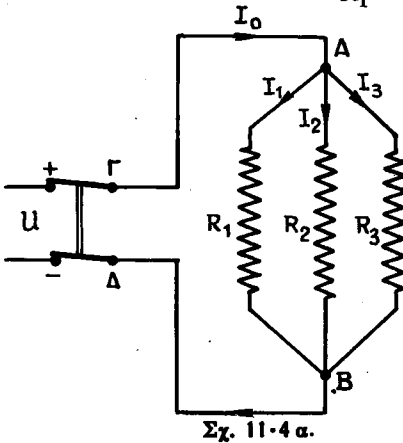
Ἔστω ἓνα παράλληλον κύκλωμα, ὅπως αὐτὸ τοῦ σχήματος 11.4 α.

Ἐπειδὴ ἡ ἴδια τάσις  $U$  ἐφαρμόζεται εἰς κάθε ἓνα ἀπὸ τοὺς καταναλωτὰς, ἔπεται ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου τοῦ κάθε ἐνὸς ἀπὸ αὐτοῦ, ἔχει τιμὴν:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad \text{καὶ} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Συμφώνως πρὸς τὴν πρώτην πρότασιν τοῦ Κίρχωφ, τὸ ὅλκον ρεῦμα ἔχει ἔντασιν:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right). \quad (\alpha)$$



### 11.5 Ἴσοδύναμος ἀντίστασις παραλλήλου κυκλώματος.

Τίθεται τώρα τὸ ἐξῆς πρόβλημα: νὰ εὑρεθῇ ἡ τιμὴ μιᾶς καὶ μόνης ἀντιστάσεως  $R_0$ , ἡ ὁποία, εἰς ἀντικαταστήσῃ τὰς ἐν παραλλήλω ἀντιστάσεις (σχ. 11.4 β ἐν συνδυασμῷ μὲ τὸ σχ.

11·4 α), δὲν μεταβάλλει τὴν ὅλικήν ἔντασιν  $I_0$  τοῦ ρεύματος, διὰ μέσου τῶν συνδετικῶν γραμμῶν ΓΑ καὶ ΔΒ.

Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ ὀνομάζεται *ἰσοδύναμος ἀντίστασις* τῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων ἀντιστάσεων.

Ἡ λύσις τοῦ προβλήματος εἶναι ἀπλῆ. Ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις πρέπει νὰ ἔχῃ τέτοιαν τιμὴν  $R_0$ , ὥστε νὰ προκύπτῃ ἔντασις  $I_0 = \frac{U}{R_0}$ , ποῦ θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία δίδεται ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν (α). Πρέπει δηλαδὴ νὰ εἶναι:

$$\frac{U}{R_0} \text{ ἢ } U \cdot \frac{1}{R_0} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \text{ δηλαδὴ νὰ εἶναι:}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (7)$$

Γνωρίζομε ὅμως ἀπὸ τὴν παράγραφον 8·5 ὅτι τὸ ἀντίστροφον τῆς ἀντιστάσεως ὀνομάζεται *ἀγωγιμότης*. Ἐπομένως ἀπὸ τὴν σχέσιν (7) συνάγεται ὅτι:

Ἡ ἰσοδύναμος ἀγωγιμότης  $\frac{1}{R_0}$  καταναλωτῶν ἀντιστάσεως  $R_1, R_2, R_3, \dots$  συνδεδεμένων ἐν παραλλήλῳ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$  τῶν ἀγωγιμοτήτων τῶν καταναλωτῶν αὐτῶν.

Ὅταν ἀπὸ τὴν σχέσιν (7) ὑπολογίσωμε τὴν ἰσοδύναμον ἀγωγιμότητα  $\frac{1}{R_0}$  τότε προκύπτει δι' ἀντιστροφῆς τῆς ἢ τιμῆ τῆς ἰσοδυναμοῦ ἀντιστάσεως  $R_0$ , τὴν ὁποίαν ζητοῦμε.

### Παράδειγμα 1.

Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις τριῶν ἀντιστάσεων τιμῶν 12 Ω, 20 Ω καὶ 30 Ω, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι ἐν παραλλήλῳ.

Λύσις:  $R_0 = ; R_1 = 12 \Omega, R_2 = 20 \Omega, R_3 = 30 \Omega.$

Διὰ νὰ εὑρεθῇ ἡ τιμὴ τῆς ἰσοδυναμίου ἀντιστάσεως  $R_0$ , πρέπει νὰ ὑπολογίσωμε προηγουμένως τὴν ἰσοδύναμον ἀγωγιμότητα  $\frac{1}{R_0}$ , χρησιμοποιοῦντες τὴν σχέσιν (7):

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_0} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{5+3+2}{60} = \\ &= \frac{10}{60} \text{ mho.} \end{aligned}$$

Ὅταν ἀντιστρέψωμε τὰ κλάσματα τῆς ἰσότητος, προκύπτει:

$$R_0 = \frac{10}{60} = 6 \Omega.$$

Αὕτῃ εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἰσοδυναμίου ἀντιστάσεως τῶν τριῶν ἀντιστάσεων, πὺ μᾶς ἐδόθησαν.

### 11·6 Βασικαὶ παρατηρήσεις.

1. Κάθε φοράν πὺ ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις  $R_0$  κυκλώματος ἐν παραλλήλω, πρέπει νὰ ἀναχωροῦμε πάντοτε ἀπὸ τὴν ἰσοδύναμόν του ἀγωγιμότητα  $\frac{1}{R_0}$ . Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν θὰ ἐφαρμόσωμε τὴν σχέσιν (7). Ἀφοῦ εὑρεθῇ ἡ τιμὴ  $\frac{1}{R_0}$ , π.χ.  $\frac{1}{R_0} = \frac{10}{60}$  mho, θὰ ἀντιστρέψωμε τὰ δύο κλάσματα καὶ θὰ καταλήξωμε εἰς τὴν τιμὴν  $R_0 = \frac{60}{10} = 6 \Omega$ .

2. Πολλὰς φορές, προκειμένου νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις  $R_0$  κυκλώματος ἐν παραλλήλω, γράφεται ἐσφαλμένως ἡ σχέσις (7) ὡς ἑξῆς:  $R_0 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ . Τοῦτο ὁμως δὲν εἶναι δυνατόν, διότι κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐξισώνεται μίᾳ ἀντίστασις  $R_0$  μὲ ἓνα ἄθροισμα ἀγωγιμοτήτων, δηλαδὴ ἐξισώνονται ἀνόμοια μεγέθη.

Πρέπει νὰ κατανοηθῇ καλῶς ὅτι τὰ δύο μέλη τῆς ἐξισώσεως (7) ἀναφέρονται εἰς ἀγωγιμότητας. Εἰς τὸ πρῶτον μέλος ἀνα-

γράφεται πάντοτε ή ισοδύναμος άγωγιμότης, ένώ εις τò δεύτερον τò άθροισμα τών άγωγιμοτήτων τών έν παραλλήλω καταναλωτών.

3. Δέν πρέπει επίσης νά γίνεται και τò έξής χονδροειδές λάθος: νά γράφεται δηλαδή  $\frac{1}{R_0} = \frac{10}{60} = \frac{60}{10} = 6 \Omega$ , όποτε άν-

τιστρέφεται μόνον ή αριθμητική τιμή  $\frac{10}{60}$  τής άγωγιμότητος,

χωρίς νά άντιστρέφεται και τò  $\frac{1}{R_0}$ . Δέν έχει πράγματι κανένα

νόημα νά γράφεται ότι:  $\frac{10}{60} = \frac{60}{10}$ .

Πρέπει, άφου εύρεθή ή τιμή  $\frac{1}{R_0} = \frac{10}{60}$  mho, νά συνεχί-

σωμε ως έξής: άρα  $R_0 = \frac{60}{10} = 6 \Omega$ .

4. Η ισοδύναμος αντίστασις  $R_0$  αντίστάσεων  $R_1, R_2, R_3 \dots$  συνδεδεμένων έν παραλλήλω είναι μικρότερα τής μικρότερας αυτών.

Εις τò προηγούμενον παράδειγμα 1 (παρ. 11.5) ή αντίστασις  $R_1 = 12 \Omega$  είναι ή μικρότερα.  $\frac{1}{R_0}$  είναι μεγαλύτερα τής  $\frac{1}{R_1}$ ,

άφου  $\frac{1}{R_0}$  είναι άθροισμα τής  $\frac{1}{R_1}$  και τών  $\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ . Άφου

όμως  $\frac{1}{R_0}$  είναι μεγαλύτερα τής  $\frac{1}{R_1}$ , πρέπει ή αντίστασις  $R_0$

νά είναι μικρότερα τής  $R_1$ . Εις τò παράδειγμά μας ή  $R_0 = 6 \Omega$  είναι μικρότερα από τήν μικρότεραν αντίστασιν  $R_1 = 12 \Omega$ .

Άν, επομένως, κατά τούς ύπολογισμούς μας καταλήξωμε νά εύρωμε ως ισοδύναμον αντίστασιν τιμήν ίσην ή άνωτέραν από τήν μικρότεραν τιμήν τών έν παραλλήλω αντίστάσεων, πρέπει νά ελέγξωμε εκ νέου τās πράξεις μας. Όποιοδήποτε έχει γίνει κάποιον λάθος.

5. Εις περιπτώσιν συνδέσεως έν παραλλήλω άριθμού  $n$  άντι-



στάσεων τῆς αὐτῆς τιμῆς  $r$ , ἡ σχέσις (7) γράφεται ὡς ἀκολούθως :

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots = \frac{n}{r}.$$

\* Ἄρα

$$R_0 = \frac{r}{n}.$$

Ἐπομένως, ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις ἀριθμοῦ  $n$  ἴσων ἀντιστάσεων  $r$ , συνδεδεμένων ἐν παραλλήλω, εἶναι ἴση μὲ τὴν τιμὴν  $r$  μιᾶς ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις, ἂν διαιρεθῇ διὰ τοῦ ἀριθμοῦ  $n$  τῶν ἀντιστάσεων.

\* Ἄν π.χ. εἰς μίαν ἐγκατάστασιν φωτισμοῦ δέκα λαμπτήρες τῆς ἰδίας ἀντιστάσεως  $r = 484 \Omega$  συνδέωνται ἐν παραλλήλω, ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις τῶν εἶναι  $R_0 = \frac{r}{n} = \frac{484}{10} = 48,4 \Omega$ .

6. Προκειμένου νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ὄλικον ρεῦμα  $I_0$ , δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ ὑπολογίσωμε τὰ ρεύματα  $I_1, I_2, I_3, \dots$  διὰ μέσου τῶν κλάδων καὶ νὰ τὰ ἀθροίσωμε. Εὐρίσκομε ἀπ' εὐθείας τὸ ρεῦμα  $I_0$ , ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ Ὄμ εἰς τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν, δηλαδὴ  $I_0 = \frac{U}{R_0}$  (σχήματα 11·4 α καὶ 11·4 β).

7. Παραθέτομε τὸ κατωτέρω παράδειγμα, ὡς ὑπόδειγμα ὑπολογισμοῦ κυκλωμάτων ἐν παραλλήλω.

### Παράδειγμα.

Μεταξὺ τῶν κόμβων κυκλώματος ἐν παραλλήλω, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας ἀντιστάσεις τιμῶν  $60 \Omega, 120 \Omega, 200 \Omega$  καὶ  $300 \Omega$ , ἐφαρμόζεται τάσις  $180$  βόλτ. Ζητοῦνται : 1ον) ἡ ἔντασις τοῦ ὄλικου ρεύματος καὶ 2ον) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου κάθε μιᾶς ἀπὸ τὰς ἐν παραλλήλω ἀντιστάσεις.

Λύσις :

$$R_1 = 60 \Omega, R_2 = 120 \Omega, R_3 = 200 \Omega, R_4 = 300 \Omega$$

$$U = 180 \text{ V}, I_0 = ; I_1 = ; I_2 = ; I_3 = ; I_4 = ;$$

1ον) Διά να υπολογίσουμε την ένταση  $I_0$  του όλικου ρεύματος, πρέπει να εφαρμόσουμε τον νόμον του \*Ωμ,  $I_0 = \frac{U}{R_0}$ , εις την ισοδύναμον αντίστασιν  $R_0$  του κυκλώματος.

Πρέπει επομένως να υπολογίσουμε την τιμήν της  $R_0$ , αναχωρούντες από την σχέσιν (7).

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} + \frac{1}{200} + \frac{1}{300} =$$

$$\frac{10 + 5 + 3 + 2}{600} = \frac{20}{600} \text{ mho.}$$

$$\text{*Αρα } R_0 = \frac{600}{20} = 30 \Omega.$$

Διαπιστώνομε ότι ή ισοδύναμος αντίστασις έχει τιμήν μικροτέραν από την  $R_1 = 60 \Omega$ , ή οποία είναι ή μικροτέρα από τας έν παραλλήλω αντιστάσεις. Το όλικόν ρεύμα έχει, επομένως, ένταση :

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{180}{30} = 6 \text{ A.}$$

2ον) Διά να εύρεθῆ ή έντασις του ρεύματος εις κάθε ένα κλάδον, εφαρμόζομε τον νόμον του \*Ωμ χωριστά δια κάθε ένα από αυτούς, δηλαδή :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{180}{60} = 3 \text{ A, } I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{180}{120} = 1,5 \text{ A,}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{180}{200} = 0,9 \text{ A, } I_4 = \frac{U}{R_4} = \frac{180}{300} = 0,6 \text{ A.}$$

\*Επαληθεύομε ότι  $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 3 + 1,5 + 0,9 + 0,6 = 6 \text{ A}$ , δηλαδή ότι το άθροισμα των έντάσεων των ρευμάτων των κλάδων είναι ίσον με την ένταση  $I_0 = 6 \text{ A}$  του όλικου ρεύματος, την οποίαν υπελογίσαμε άνωτέρω. \*Αρα οί υπολογισμοί είναι έρθοί.

### 11 · 7 Ανακεφαλαίωση.

α) Το άθροισμα των έντάσεων των ρευμάτων, τὰ οποία διευθύνονται προς κόμβον κυκλώματος, είναι ίσον προς το άθροισμα

τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὅποια ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν κόμβον αὐτόν.

β) Εἰς παράλληλον κύκλωμα, ἡ ἴδια τάσις ἐφαρμόζεται εἰς κάθε ἓνα ἀπὸ τοὺς καταναλωτάς.

γ) Ἡ ἰσοδύναμος ἀγωγιμότης  $\frac{1}{R_0}$  καταναλωτῶν, συνδεδεμένων ἐν παραλλήλω, ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$  τῶν ἀγωγιμοτήτων τῶν καταναλωτῶν.

δ) Διὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς κάθε ἓνα κλάδον κυκλώματος ἐν παραλλήλω, ἐφαρμόζομε τὸν νόμον τοῦ Ὠμ χωριστὰ εἰς κάθε ἓνα ἀπὸ αὐτούς, δηλαδὴ :

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2} \dots$$

ε) Ὑπάρχουν δύο τρόποι ὑπολογισμοῦ τῆς ἐντάσεως  $I_0$  τοῦ ὀλικοῦ ρεύματος παραλλήλου κυκλώματος :

1ον) Τὸ ὀλικὸν ρεῦμα εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων τῶν κλάδων  $I_0 = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

2ον) Ἐφαρμόζομε τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν  $R_0$ , δηλαδὴ  $I_0 = \frac{U}{R_0}$ .

### 11·8 Ἐρωτήσεις.

α) Διατυπώσατε τὴν πρότασιν τῶν κόμβων βάσει ἐνὸς παραδείγματος.

β) Τί γνωρίζετε περὶ τῆς τάσεως εἰς τὰ παράλληλα κυκλώματα ;

γ) Τί ὀνομάζομε ἰσοδύναμον ἀντίστασιν παραλλήλου κυκλώματος;

δ) Πῶς ὑπολογίζομε τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν παραλλήλου κυκλώματος ;

ε) Ποία εἶναι ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις δοθέντος ἀριθμοῦ ἴσων ἀντιστάσεων, συνδεδεμένων ἐν παραλλήλω ;

στ) Διατί ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις παραλλήλου κυκλώματος εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν μικροτέραν τῶν ἐν παραλλήλω συνδεδεμένων ἀντιστάσεων ;

ζ) Πώς υπολογίζουμε την ένταση του ρεύματος εις κάθε ένα κλάδον παραλλήλου κυκλώματος;

η) Ποιοι είναι οι δύο τρόποι υπολογισμού τής έντάσεως του δλι-  
κού ρεύματος εις τὰ παράλληλα κυκλώματα;

### 11 · 9 Προβλήματα.

α) Διὰ μέσου τεσσάρων καταναλωτῶν, συνδεδεμένων ἐν παρα-  
λήλῳ, διέρχονται ἀντιστοίχως ρεύματα ἐντάσεως 2,4 A, 3,8 A, 0,8 A  
1,9 A [3,2 A, 5 A, 1,6 A, 2,7 A] (0,4 A, 0,2 A, 1,4 A, 0,15 A). Ποία  
εἶναι ἡ ένταση τοῦ δλικού ρεύματος;

Ἀπάντησις: 8,9 A [12,5 A] (2,15 A)

β) Τὸ δλικὸν ρεῦμα κυκλώματος ἐν παραλλήλῳ, τὸ ὁποῖον συν-  
σταται ἀπὸ τρεῖς καταναλωτὰς, ἔχει ένταση 6,3 A [4,8 A] (1,7 A).  
Αἱ έντάσεις τῶν ρευμάτων, διὰ μέσου τοῦ κάθε ἐνὸς ἀπὸ τοὺς δύο πρῶ-  
τους καταναλωτὰς, ἔχουν τιμὴν 2,6 A καὶ 0,4 A [1,4 A καὶ 2,1 A]  
(0,85 A καὶ 0,3 A). Ποία εἶναι ἡ ένταση τοῦ ρεύματος ποῦ διαρρέει  
τὸν τρίτον καταναλωτὴν;

Ἀπάντησις: 3,3 A [1,3 A] (0,55 A)

γ) Παράλληλον κύκλωμα συνίσταται ἀπὸ μίαν θερμαντικὴν πλά-  
κα ἀντιστάσεως 44 Ω [35,2 Ω], ἓνα σιδηρὸν σιδηρώματος ἀντιστάσεως  
110 Ω [100 Ω] καὶ ἓνα ἡλεκτρικὸν βραστήρα ἀντιστάσεως 320 Ω [88 Ω].  
Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τῆς θερμαντικῆς πλακὸς ἔχει ένταση 5 A [6,25 A].  
Ποία εἶναι ἡ ένταση τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει κάθε μίαν ἀπὸ  
τὰς δύο ἄλλας συσκευὰς καὶ ποία ἡ ένταση τοῦ δλικού ρεύματος;

Ἀπάντησις: 2 A, 0,687 A, 7,687 A [2,2 A, 2,5 A, 10,95 A]

δ) Εἰς παράλληλον κύκλωμα ἐφαρμόζεται τάσις 220 V [110 V].  
Οἱ κλάδοι τοῦ κυκλώματος ἔχουν ἀντιστοίχους ἀντιστάσεις 50 Ω, 80 Ω  
100 Ω [27,5 Ω, 50 Ω, 160 Ω].

Ζητοῦνται: 1ον) Ἡ ένταση τοῦ ρεύματος, ποῦ διαρρέει κάθε κλάδον.

2ον) Ἡ ένταση τοῦ δλικού ρεύματος.

Ἀπάντησις: 1ον) 4,4 A, 2,75 A, 2,2 A 2ον) 9,35 A:

1ον) [4 A, 2,2 A, 0,69 A] 2ον) [6,89 A]

ε) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσοδύναμος ἀντίσταση τεσσάρων καταναλωτῶν  
συνδεδεμένων ἐν παραλλήλῳ, ἀντιστοίχων ἀντιστάσεων 6 Ω, 12 Ω, 20 Ω,  
30 Ω [5 Ω, 6 Ω, 10 Ω, 15 Ω] (0,5 Ω, 0,5 Ω, 0,8 Ω, 1 Ω).

Ἀπάντησις: 3 Ω, [1,875 Ω] (0,16 Ω)

στ) Ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις δύο καταναλωτῶν ἐν παραλλήλω εἶναι 4 Ω. Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐνὸς ἀπὸ τοὺς καταναλωτὰς εἶναι 12 Ω. Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄλλου;

Ἀπάντησις: 6 Ω

ζ) Ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις τριῶν καταναλωτῶν ἐν παραλλήλω εἶναι 6 Ω. Οἱ δύο ἀπὸ αὐτοὺς ἔχουν ἀντιστοιχοῦς ἀντιστάσεις 20 Ω καὶ 30 Ω. Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ τρίτου καταναλωτοῦ;

Ἀπάντησις: 12 Ω

η) Εἰς κύκλωμα τριῶν καταναλωτῶν ἐν παραλλήλω, ἀντιστάσεων 6 Ω, 20 Ω 30 Ω [ 6 Ω, 15 Ω, 30 Ω ] ( 2 Ω, 5 Ω, 8 Ω ) ἐφαρμόζεται τάσις 110 V [ 42 V ] ( 24 V ). Νὰ εὑρεθῇ ἀπ' εὐθείας τὸ ὄλικόν ρεῦμα καὶ ὁ μαθητῆς νὰ ἐπαληθεύσῃ τὴν τιμὴν του, εὐρίσκων ἀκολούθως τὰ ρεύματα διὰ μέσου τῶν κλάδων.

Ἀπάντησις: 27,5 A [ 11,2 A ] ( 19,8 A )

### 11 · 10 Πρακτικαὶ ἀσκήσεις.

α) Νὰ συνδεθοῦν ἐν παραλλήλω λαμπτήρες τῶν 220 V, διαφόρου ἰσχύος. Ἐν σειρᾷ μὲ τὸν κάθε λαμπτήρα νὰ συνδεθῇ ἀμπερόμετρον καὶ διακόπτης. Νὰ συνδεθῇ ἓνα ἀμπερόμετρον εἰς μίαν ἐκ τῶν γραμμῶν τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος. Νὰ διαπιστώσουν οἱ μαθηταί :

1ον) Τὴν πρότασιν τῶν κόμβων διὰ μετρήσεων τῆς ἐντάσεως τοῦ ὄλικου ρεύματος καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος διὰ μέσου κάθε λαμπτήρος.

2ον) Ὅτι ὅλοι οἱ λαμπτήρες λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν ἰδίαν τάσιν.

3ον) Ὅτι οἱ λαμπτήρες λειτουργοῦν ἀνεξαρτήτως ὁ ἓνας ἀπὸ τὸν ἄλλον.

β) Νὰ μετρηθοῦν χωριστά, διὰ τῆς γεφύρας τοῦ Οὐίτστον, αἱ τιμαὶ τριῶν ἀντιστάσεων ἀπὸ χρωμονικέλιον. Νὰ συνδεθοῦν ἀκολούθως ἐν παραλλήλω καὶ νὰ μετρηθῇ ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις των. Νὰ ὑπολογίσουν τέλος οἱ μαθηταὶ τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν, διὰ νὰ διαπιστώσουν τὴν ὀρθότητα τῶν ὑπολογισμῶν των.

γ) Ἀπὸ τὰς ἐντάσεις, αἱ ὁποῖαι ἐμετρήθησαν εἰς τὴν 1ην ἀσκήσιν, νὰ ὑπολογίσουν οἱ μαθηταὶ τὰς ἀντιστάσεις ἐν θερμῶ τῶν λαμπτήρων. Νὰ εὑρουν ὑπολογιστικῶς τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν των. Νὰ ὑπολογίσουν τὸ ὄλικόν ρεῦμα καὶ νὰ διαπιστώσουν διὰ τῆς μετρήσεώς του τὴν ὀρθότητα τῶν ὑπολογισμῶν των.

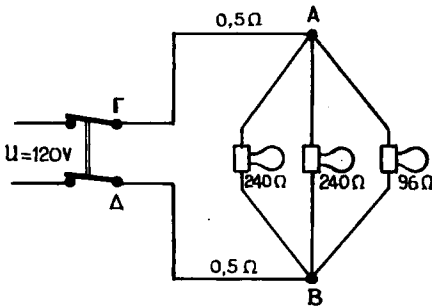
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 12

### ΜΙΚΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

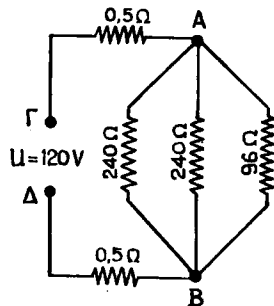
#### 12·1 Τί είναι μικτόν κύκλωμα.

Εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον ἐκάμαμε τὴν ὑπόθεσιν ὅτι οἱ ἄγωγοι ΓΑ καὶ ΔΒ (σχ. 12·1 α), οἱ ὁποῖοι συνδέουσιν ἓνα παράλληλον κύκλωμα μὲ τὴν τάσιν τροφοδοτήσεώς του, παρουσιάζουν ἀμελητέαν ἀντίστασιν.

Εἰς τὴν πράξιν ὅμως οἱ συνδετικοὶ ἄγωγοι παρουσιάζουσιν κατὰ κανόνα ἀντίστασιν, ἣ ὅποια πρέπει νὰ ληφθῆ ὑπ' ὄψιν. Ἔτσι τὸ ὅλον κύκλωμα ΓΑΒΔ, τὸ ὁποῖον παρίσταται σχηματικῶς εἰς τὸ σχῆμα 12·1 β, δὲν εἶναι οὔτε κύκλωμα ἐν σειρᾷ οὔτε κύκλωμα ἐν παραλλήλῳ, ἀλλὰ συνδυασμὸς τῶν δύο.



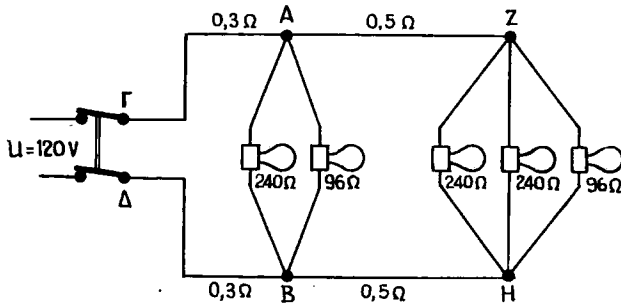
Σχ. 12-1 α.



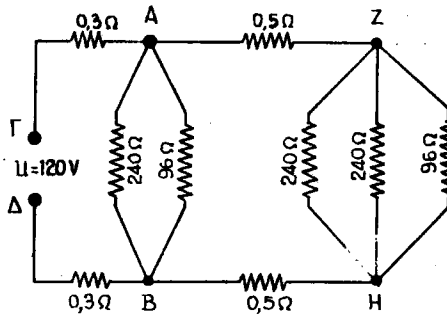
Σχ. 12-1 β.

Κύκλωμα τοῦ εἴδους αὐτοῦ ὀνομάζεται *μικτόν*.

Πολυπλοκώτερον μικτόν κύκλωμα εἶναι αὐτὸ τοῦ σχήματος 12·1 γ. Ἀντίστοιχος σχηματικὴ παράστασις αὐτοῦ εἶναι ἡ τοῦ σχήματος 12·1 δ.



Σχ. 12-1 γ.



Σχ. 12-1 δ.

## 12·2 'Επίλυσις μικτών κυκλωμάτων.

'Επίλυσις μικτού κυκλώματος ονομάζεται ή σειρά των υπολογισμών, τούς οποίους πρέπει να κάμωμε, δια να καθορίσωμε τὰς τάσεις μεταξύ των άκρων των διαφόρων τμημάτων του κυκλώματος και τὰς εντάσεις των ρευμάτων δια μέσου των καταναλωτών και των συνδετικών των άγωγών.

Δια την επίλυσιν χρησιμοποιούμε την εξής γενικὴν μέθοδον :

1ον) 'Αντικαθιστοῦμε κάθε ομάδα παραλλήλων ἀντιστάσεων με την ἰσοδύναμόν των.

2ον) Προκύπτει κύκλωμα ἐν σειρά, ἰσοδύναμον πρὸς τὸ δοθέν. Ἡ επίλυσις του, συμφώνως πρὸς ὅσα ἔχομε διδασχθῆ εἰς τὸ κεφάλαιον 10 δίδει τὴν έντασιν τοῦ ὀλικοῦ ρεύματος δια μέσου

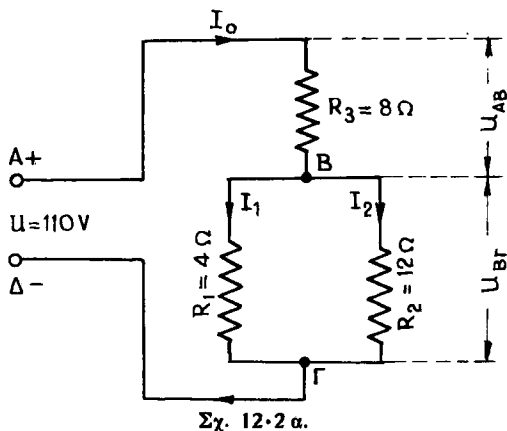
τοῦ κυκλώματος καὶ τὰς τάσεις μεταξὺ τῶν ἄκρων τῶν ομάδων παραλλήλων ἀντιστάσεων.

3ον) Ἄπὸ τὰς τάσεις αὐτὰς ὑπολογίζομε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ποὺ διέρχεται διὰ μέσου τῆς κάθε ἀντιστάσεως τῶν ομάδων παραλλήλων ἀντιστάσεων.

Παραθέτομε τὰ ἐξῆς παραδείγματα, ὡς ὑποδείγματα ἐφαρμογῆς τῆς μεθόδου αὐτῆς.

### Παράδειγμα 1.

Δίδεται τὸ εἰκονιζόμενον εἰς τὸ σχῆμα 12·2 α κύκλωμα καὶ ζητοῦνται τὰ ρεύματα  $I_0$ ,  $I_1$  καὶ  $I_2$ .



Λύσις :

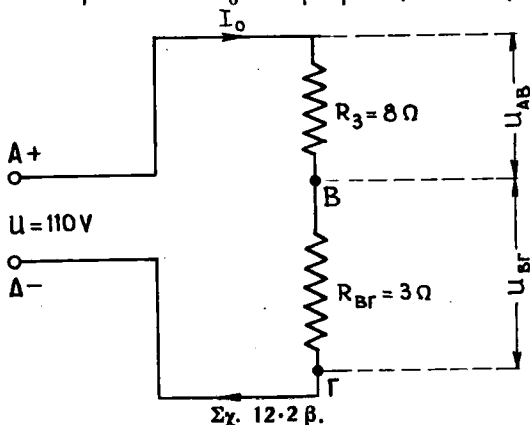
1ον) Θὰ ἀντικαταστήσωμε τὴν ομάδα παραλλήλων ἀντιστάσεων  $R_1$  καὶ  $R_2$  μὲ τὴν ἰσοδύναμόν των. Ἐὰν συμβολίσωμε μὲ  $R_{BΓ}$  τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν των, γνωρίζομε ὅτι

$$\frac{1}{R_{BΓ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{3+1}{12} = \frac{4}{12} \text{ mho.}$$

$$\text{Ἄρα } R_{BΓ} = \frac{12}{4} = 3 \Omega.$$



2ον) Προκύπτει έτσι το ισοδύναμον κύκλωμα *έν σειρά* του σχήματος 12·2 β, από το όποιον είναι πλέον δυνατόν να υπολογίσουμε την *ολική* ένταση  $I_0$  του ρεύματος και τὰς τάσεις  $U_{AB}$



μεταξύ των άκρων της αντίστασης  $R_3$  και  $U_{BΓ}$  μεταξύ των άκρων της ομάδος παραλλήλων αντίστασεων  $R_1$  και  $R_2$ . Έχουμε:

$$I_0 = \frac{U}{R_3 + R_{BΓ}} = \frac{110}{8 + 3} = \frac{110}{11} = 10 \text{ A}$$

$$U_{AB} = I_0 \cdot R_3 = 10 \times 8 = 80 \text{ V}$$

$$U_{BΓ} = I_0 \cdot R_{BΓ} = 10 \times 3 = 30 \text{ V.}$$

Έπαληθεύομε ότι:

$$U_{AB} + U_{BΓ} = 80 + 30 = 110 \text{ V} = U.$$

3ον) Η ένταση του ρεύματος δια μέσω κάθε μίας από τὰς αντίστασεις  $R_1$  και  $R_2$  έχει τιμήν (σχ. 12·2 α):

$$I_1 = \frac{U_{BΓ}}{R_1} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ A}$$

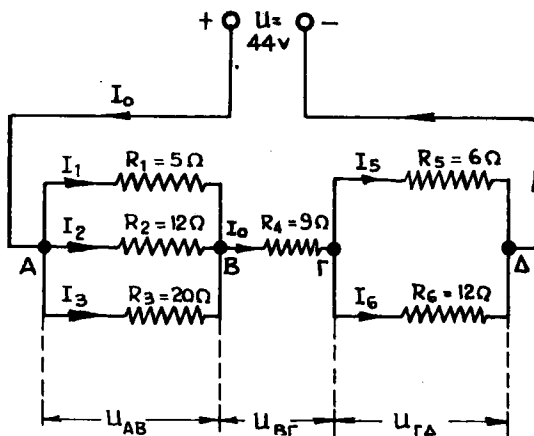
$$I_2 = \frac{U_{BΓ}}{R_2} = \frac{30}{12} = 2,5 \text{ A.}$$

Έπαληθεύομε ότι:

$$I_1 + I_2 = 7,5 + 2,5 = 10 \text{ A} = I_0.$$

## Παράδειγμα 2.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 12.2 γ νὰ εὑρεθοῦν τὰ ρεύματα διὰ μέσου τῶν καταναλωτῶν καὶ τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν.



Σχ. 12.2 γ.

Λύσις :

1ον) Θ' ἀντικαταστήσωμε τὰς ομάδας παραλλήλων ἀντιστάσεων AB καὶ ΓΔ διὰ τῶν ἰσοδύναμων τῶν. Ἔχομε :

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{12} + \frac{1}{20} = \frac{12 + 5 + 3}{60} = \frac{20}{60} \text{ mho.}$$

$$\text{Ἄρα } R_{AB} = \frac{60}{20} = 3\Omega.$$

Ἐπίσης :

$$\frac{1}{R_{\Gamma\Delta}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{2 + 1}{12} = \frac{3}{12} \text{ mho.}$$

$$\text{Ἄρα } R_{\Gamma\Delta} = \frac{12}{3} = 4 \Omega.$$

2ον) Προκύπτει τὸ ἰσοδύναμον κύκλωμα ἐν σειρά τοῦ σχήματος 12.2 δ. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦτο :

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB} + R_4 + R_{\Gamma\Delta}} = \frac{44}{3 + 9 + 4} = \frac{44}{16} = 2,75 \text{ A}$$

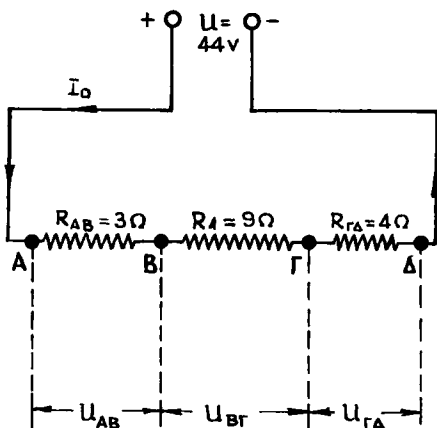
$$U_{AB} = I_0 \cdot R_{AB} = 2,75 \times 3 = 8,25 \text{ V.}$$

$$U_{B\Gamma} = I_0 \cdot R_4 = 2,75 \times 9 = 24,75 \text{ V.}$$

$$U_{\Gamma\Delta} = I_0 \cdot R_{\Gamma\Delta} = 2,75 \times 4 = 11,00 \text{ V.}$$

Έπαληθεύουμε ότι :

$$U_{AB} + U_{B\Gamma} + U_{\Gamma\Delta} = 8,25 + 24,75 + 11 = 44 \text{ V} = U.$$



Σχ. 12-2 δ.

3ον) Λόγω τής τάσεως  $U_{AB} = 8,25 \text{ V}$ , έχουμε ότι (σχ. 12-2 γ):

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{8,25}{5} = 1,65 \text{ A}, \quad I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{8,25}{12} = 0,6875 \text{ A},$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} = \frac{8,25}{20} = 0,4125 \text{ A.}$$

Έπαληθεύουμε ότι :

$$I_1 + I_2 + I_3 = 1,65 + 0,6875 + 0,4125 = 2,75 \text{ A} = I_0.$$

Από τήν τάσιν  $U_{\Gamma\Delta} = 11 \text{ V}$  προκύπτει ότι :

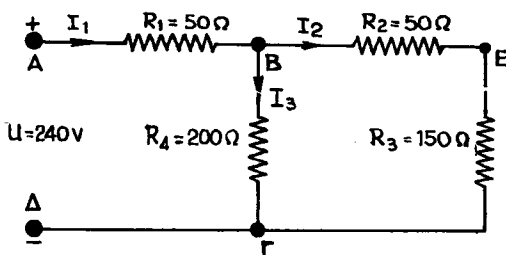
$$I_5 = \frac{U_{\Gamma\Delta}}{R_5} = \frac{11}{6} = 1,833 \text{ A}, \quad I_6 = \frac{U_{\Gamma\Delta}}{R_6} = \frac{11}{12} = 0,917 \text{ A.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι :

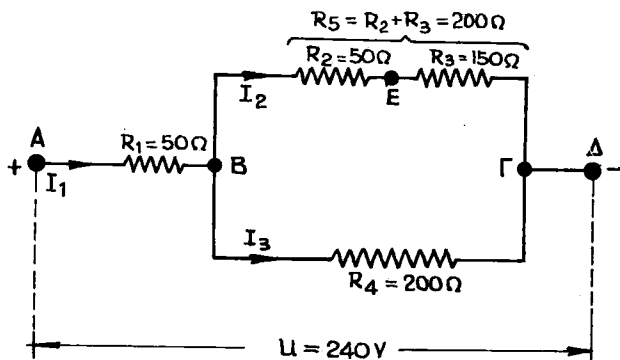
$$I_5 + I_6 = 1,833 + 0,917 = 2,75 \text{ A} = I_0.$$

### Παράδειγμα 3.

Νὰ ἐπιλυθῇ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 12·2 ε.



Σχ. 12·2 ε.



Σχ. 12·2 ζ.

Λύσις :

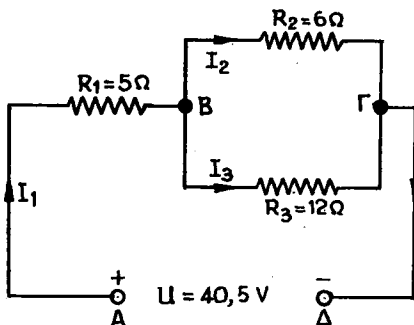
Ἐκ πρώτης ὄψεως τὸ κύκλωμα φαίνεται νὰ εἶναι πολύπλοκον. Ἐὰν ὅμως τὸ σχεδιάσωμε ὑπὸ τὴν μορφήν τοῦ σχήματος 12·2 ζ, παρατηροῦμε ὅτι δὲν διαφέρει ἀπὸ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 12·2 α, ὅταν ἀντικαταστήσωμε τὰς ἐν σειρᾷ ἀντιστάσεις  $R_2$  καὶ  $R_3$  διὰ τῆς συνολικῆς των ἀντιστάσεως  $R_5$ .

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἐπιλύσεως εἶναι τὰ ἑξῆς :

$$I_1 = 1,6 \text{ A}, U_{AB} = 80 \text{ V}, U_{B\Gamma} = 160 \text{ V}, I_2 = 0,8 \text{ A}, I_3 = 0,8 \text{ A}.$$

### 12·3 Προβλήματα.

Νὰ ἐπιλυθοῦν τὰ μικτά κυκλώματα τῶν σχημάτων 12·3 α ἕως 12·3 ε.

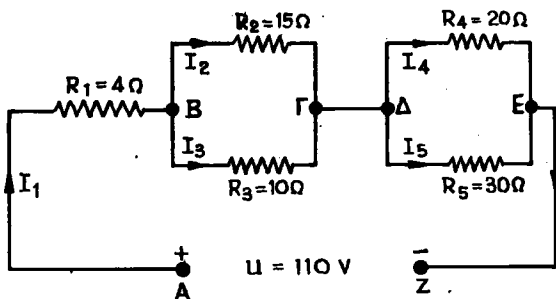


Σχ. 12·3 α.

Ἀπάντησις :

$$I_1 = 4,5 \text{ A}, U_{AB} = 22,5 \text{ V}, U_{B\Gamma} = 18 \text{ V}.$$

$$I_2 = 3 \text{ A}, I_3 = 1,5 \text{ A}.$$

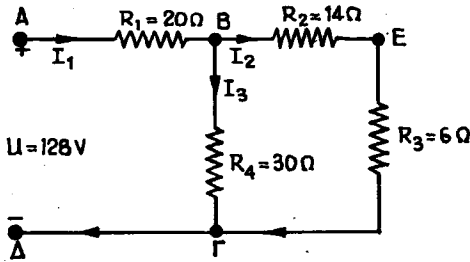


Σχ. 12·3 β.

Ἀπάντησις :

$$I_1 = 5 \text{ A}, U_{AB} = 20 \text{ V}, U_{B\Gamma} = 30 \text{ V},$$

$$U_{\Delta E} = 60 \text{ V}, I_2 = 2 \text{ A}, I_3 = 3 \text{ A}, I_4 = 3 \text{ A}, I_5 = 2 \text{ A}.$$

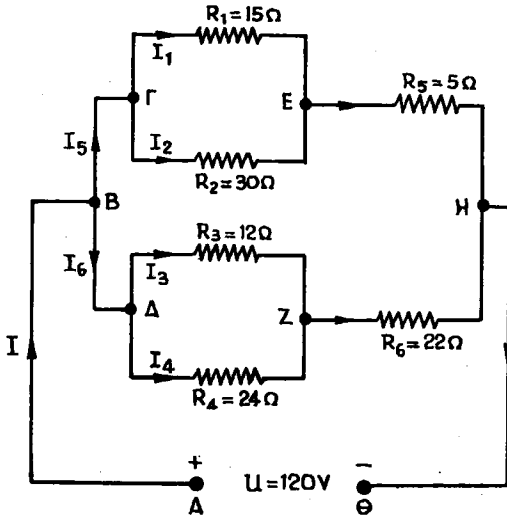


Σχ. 12.3 γ.

Απάντησις :

$I_1 = 4 \text{ A}, U_{AB} = 80 \text{ V}, U_{B\Gamma} = 48 \text{ V}.$

$I_2 = 2,4 \text{ A}, I_3 = 1,6 \text{ A}.$



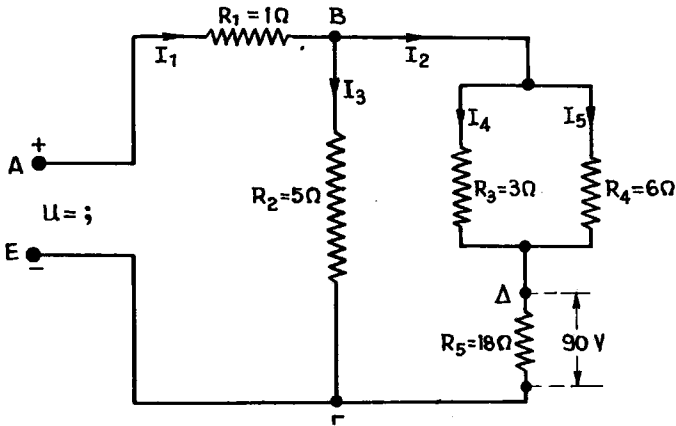
Σχ. 12.3 δ.

Απάντησις :

$I_5 = 8 \text{ A}, U_{\Gamma E} = 80 \text{ V}, U_{BH} = 40 \text{ V}, I_1 = 5,333 \text{ A}, I_2 = 2,666 \text{ A},$

$I_6 = 4 \text{ A}, U_{\Delta Z} = 32 \text{ V}, U_{ZH} = 88 \text{ V}, I_3 = 2,666 \text{ A},$

$I_4 = 1,333 \text{ A}, I = 12 \text{ A}.$



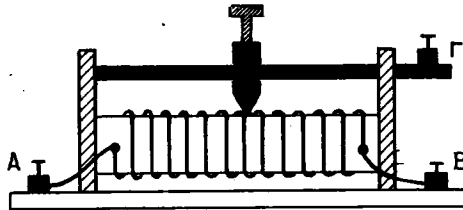
Σχ. 12.3 ε.

Ἀπάντησις :

$$I_2 = 5 \text{ A}, U_{\text{B}\Delta} = 10 \text{ V}, U_{\text{B}\Gamma} = 100 \text{ V}, I_3 = 20 \text{ A}, I_4 = 3,333 \text{ A}, \\ I_5 = 1,666 \text{ A}, I_1 = 25 \text{ A}, U_{\text{A}\text{B}} = 25 \text{ V}, U = 125 \text{ V}.$$

#### 12.4 Καταμεριστής τάσεως.

Ὁ καταμεριστής τάσεως (ποτενοσίόμετρον) εἶναι μία συσκευή διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμε τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν εἰς ἓνα καταναλωτὴν.

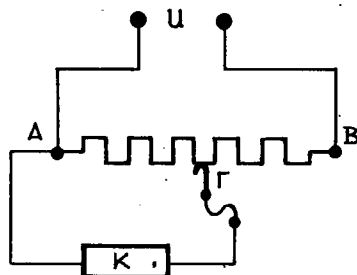


Σχ. 12.4 α.

Ἀπὸ κατασκευαστικῆς ἀπόψεως εἶναι μία μεταβλητὴ ἀντίστασις, συνήθως μὲ σὺρτην, ὅπως ἐκείνην, τὴν ὁποίαν ἔχομε περιγράψει εἰς τὴν παράγραφον 10.5. Ἐχει ὅμως τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 12.4 α).

Οι δύο από αυτούς συνδέονται αγωγίμως με τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως, ἡ ὁποία εἶναι τυλιγμένη γύρω ἀπὸ ἓνα κορμὸν καὶ ὁ τρίτος μὲ τὸν σύρτην διὰ μέσου τῆς μεταλλικῆς ράβδου - ὀδηγοῦ.

Ὁ καταμεριστής καὶ ὁ καταναλωτής ἀποτελοῦν, καθὼς φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα 12·4 β, μίαν μικτὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων, ποὺ τροφοδοτεῖται ἀπὸ τὴν τάσιν  $U$ , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς ἀντιστάσεως τοῦ καταμεριστοῦ. Τὸ κύκλωμα εἶναι ἀπολύτως ὅμοιον πρὸς ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἔχομε ἐπιλύσει εἰς τὸ παράδειγμα 1 τῆς παραγράφου 12·2 (σχ. 12·2 α).



Σχ. 12·4 β.

Εἶναι προφανές ὅτι, ὅταν ὁ σύρτης εὑρίσκεται εἰς τὸ ἄκρον δεξιὸν (σχ. 12·4 β) τῆς διαδρομῆς του, ὀλόκληρος ἡ τάσις  $U$  ἐφαρμόζεται ἐπὶ τοῦ καταναλωτοῦ. Ὅσον ὁ σύρτης μεταφέρεται πρὸς τὰ ἀριστερά, τόσο ἡ πτώσις τάσεως εἰς τὸ τμήμα  $B\Gamma$  τῆς ἀντιστάσεως αὐξάνεται, καὶ, ἐπομένως, τόσο ἡ ἐφηρμοσμένη τάσις ἐπὶ τοῦ καταναλωτοῦ ἐλαττώνεται. Ὅταν ὁ σύρτης εὑρίσκεται ἐντελῶς ἀριστερά, ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ μηδενίζεται.

Αἱ μεταβληταὶ ἀντιστάσεις μὲ σύρτην κατασκευάζονται συνήθως ὡς καταμερισταὶ τάσεως: Ἔτσι, δυνάμεθα νὰ τὰς χρησιμοποιῶμε καὶ ὡς ρυθμιστὰς τάσεως ἐν σειρᾷ, ὅταν πραγματοποιήσωμε τὴν σύνδεσιν τοῦ σχήματος 10·5 β. Θὰ χρησιμοποιήσωμε τότε τὸν ἀκροδέκτην  $\Gamma$  καὶ μόνον ἓνα ἀπὸ τοὺς ἀκροδέκτας  $A, B$ .



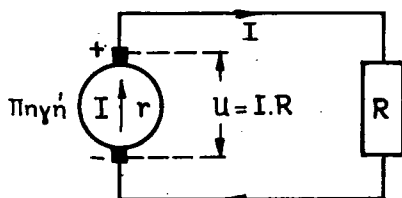
## ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ ΔΙΑ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

## 13·1 Πώς εφαρμόζεται ο νόμος του Ωμ εις κλειστόν κύκλωμα.

Είς τὰ κυκλώματα, τὰ ὁποῖα ἐμελετήσαμε εἰς τὰ κεφάλαια 9 ἕως 12, δὲν συμπεριλαμβάνετο καὶ ἡ πηγὴ τροφοδοτήσεώς των. Ὁ νόμος τοῦ Ωμ ἐφηρμόσθη ἀποκλειστικῶς εἰς κυκλώματα καταναλώσεως.

Θὰ ἐξετάσωμε τώρα, πῶς ὁ νόμος αὐτὸς ἐφαρμόζεται εἰς κυκλώματα, τὰ ὁποῖα περιλαμβάνουν καὶ τὴν πηγὴν, δηλαδὴ εἰς κλειστὰ κυκλώματα (παράγραφος 5·4).

Εἶναι γνωστὸν ἀπὸ τὰς παραγράφους 5·2 ἕως 5·4 ὅτι ἡ αἰτία, ἡ ὁποία δημιουργεῖ τὴν κυκλοφορίαν ρεύματος ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (ΗΕΔ) τῆς πηγῆς. Τὴν τιμὴν αὐτῆς συμβολίζομε μὲ τὸ κεφαλαῖον γράμμα Ε.



Σχ. 13·1 α.

Εἰς κλειστόν κύκλωμα τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τῶν καταναλωτῶν ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς πρὸς τὸν ἀρνητικὸν τῆς πόλον (σχ. 13·1 α), ἐντὸς δὲ τῆς πηγῆς ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικόν.

Ἐστω  $I$  ἡ έντασις τοῦ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο συναντᾷ διαδοχικῶς τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως καὶ τὴν ἀντίστασιν  $r$  τοῦ ἀγωγίμου δρόμου, εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς πη-

γής. Τὴν ἀντίστασιν  $r$  ὀνομάζομε *ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν* τῆς πηγῆς. Αἱ δύο ἀνωτέρω ἀντιστάσεις εἶναι, ἐπομένως, ἐν σειρᾷ καὶ ἔχουν συνολικὴν τιμὴν  $R + r$ .

Διὰ νὰ κυκλοφορήσῃ λοιπὸν τὸ ρεῦμα ἐντάσεως  $I$  διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος, πρέπει ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς νὰ ἔχη τέτοιαν τιμὴν, ὥστε:

α) Νὰ παρέχῃ τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν  $U = I \cdot R$  μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως.

β) Νὰ καλύπτῃ τὴν πτώσιν τάσεως  $I \cdot r$ , τὴν ὁποίαν δημιουργεῖ τὸ ρεῦμα, ποὺ κυκλοφορεῖ ἐντὸς τῆς πηγῆς.

Πρέπει, ἐπομένως, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  τῆς πηγῆς νὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν δύο τούτων τάσεων· πρέπει, δηλαδή, νὰ εἶναι:

$$E = I \cdot R + I \cdot r = I \cdot (R + r). \quad (8)$$

Ἐκ τῆς (8) προκύπτει ὅτι:

$$I = \frac{E}{R + r}. \quad (8')$$

Ἡ σχέση αὕτη ἀποτελεῖ τὴν μαθηματικὴν ἔκφρασιν τοῦ νόμου τοῦ Όμ διὰ κλειστόν κύκλωμα καὶ διατυπώνεται ὡς ἑξῆς:

*Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου κλειστοῦ κυκλώματος εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως  $E$  τῆς πηγῆς διὰ τῆς συνολικῆς ἀντιστάσεως  $R + r$  τοῦ κυκλώματος.*

### Παράδειγμα 1.

Ποία εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις δυναμομηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $0,4 \Omega$ , ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ δυναμομηχανὴ αὕτη προκαλεῖ κυκλοφορίαν ρεύματος ἐντάσεως  $10 \text{ A}$ , ὅταν τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, τὸ ὁποῖον τροφοδοτεῖ, παρουσιάζῃ ἀντίστασιν  $11 \Omega$ ;

*Λύσις:*

$$E = ; \quad r = 0,4 \Omega, \quad I = 10 \text{ A}, \quad R = 11 \Omega.$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (8) προκύπτει ὅτι:

$$E = I(R + r) = 10(11 + 0,4) = 10 \times 11,4 = 114 \text{ V.}$$

### Παράδειγμα 2.

Μεταξὺ τῶν πόλων δυναμομηχανῆς Σ.Ρ. (συνεχοῦς ρεύματος), ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 230 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,2 Ω, συνδέομε κύκλωμα καταναλώσεως, ποὺ ἔχει ἀντίστασιν 4,8 Ω. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος;

Λύσις:

$$E = 230 \text{ V, } r = 0,2 \text{ Ω, } R = 4,8 \text{ Ω, } I = ;$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (8') προκύπτει ὅτι:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{230}{4,8 + 0,2} = \frac{230}{5} = 46 \text{ A.}$$

### 13·2 Πολικὴ τάσις πηγῆς.

Εἶδαμε εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον ὅτι, ὅταν μία πηγὴ λειτουργῇ ὑπὸ φορτίου, ἰσχύει ἡ σχέσις (8):

$$E = I \cdot R + I \cdot r.$$

Τὸ γινόμενον  $I \cdot R$ , εἰς τὴν σχέσιν αὐτὴν, εἶναι ἡ τάσις, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως.

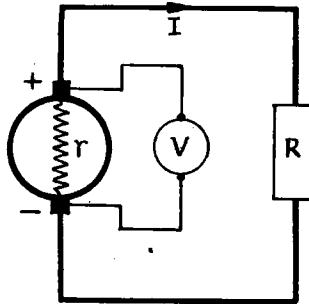
Ἡ τάσις αὐτὴ ὀνομάζεται *πολικὴ τάσις* τῆς πηγῆς. Ἄν ἕνα βολτόμετρον συνδεθῇ μὲ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς (σχ. 13·2 α), τοῦτο δεῖκνύει τὴν πολικὴν τάσιν αὐτῆς.

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (8) προκύπτει ὅτι:

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

Ἐπεταὶ ὅτι ἡ πολικὴ τάσις  $I \cdot R$  πηγῆς εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν τῆς δυνάμιν  $E$ , κατὰ ποσοδὸν ἴσον πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν πτώσιν τάσεως  $I \cdot r$ .

Δυνάμεθα νά θεωρήσωμε πρὸς τὸ παρὸν ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῶν πηγῶν συνεχοῦς ρεύματος εἶναι σταθερά.



Σχ. 13-2 α.

Ἀντιθέτως ἡ πολικὴ των τάσις μεταβάλλεται, κάθε φοράν πὸν μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις  $I$  τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος. Ὅσον ἡ ἔντασις αὐτὴ εἶναι μεγαλύτερα, τόσοι ἡ ἔσωτερικὴ πτώσις τάσεως  $I \cdot r$  ἀυξάνεται καὶ τόσοι, ἐπομένως, ἐλαττώνεται ἡ πολικὴ τάσις  $I \cdot R = E - I \cdot r$ .

Ἡ πολικὴ τάσις πηγῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν τῆς δύναμιν, μόνον ὅταν ἡ πηγὴ λειτουργῇ ἐν κενῷ, δηλαδὴ ὅταν δὲν παρέχη ρεῦμα. Πράγματι, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, ἀφοῦ  $I = 0$ , ἡ ἔσωτερικὴ πτώσις τάσεως  $I \cdot r$  μηδενίζεται καὶ  $I \cdot R = E$ .

**Παρατήρησις:** Δυνάμεθα νά μετρήσωμε μὲ μεγάλην προσέγγισιν τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν πηγῆς, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ἐν κενῷ, μὲ ἓνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέομε μεταξὺ τῶν πόλων τῆς. Ἡ προσέγγισις θὰ εἶναι τόσοι μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου, ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς πηγῆς. Τὸ θέμα αὐτὸ θὰ μελετηθῇ ἰδιαιτέρως εἰς τὸ μάθημα τῶν Ἡλεκτρικῶν Μετρήσεων.

**Παράδειγμα 1.**

Μεταξὺ τῶν πόλων δυναμομηχανῆς Σ. Ρ., ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 224,4 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,2 Ω, συνδέομε καταναλωτὴν ἀντιστάσεως 10 Ω. Ποία εἶναι ἡ πολικὴ τάσις τῆς πηγῆς καὶ ποία ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς αὐτῆς;

**Λύσις :**

$$E = 224,4 \text{ V}, r = 0,2 \Omega, R = 10 \Omega, I \cdot R = ; I \cdot r = ;$$

α) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς πηγῆς εἶναι ἡ ἐφηρμοσμένη τάσις  $U = I \cdot R$  εἰς τὸν καταναλωτὴν. Διὰ νὰ τὴν ὑπολογίσωμε, πρέπει προηγουμένως νὰ εὑρεθῆ ἀπὸ τὴν σχέσιν (8) ἡ ἔντασις  $I$  τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος. Ἔχομε λοιπὸν :

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{224,4}{10 + 0,2} = 22 \text{ A.}$$

Ἄρα ἡ πολικὴ τάσις ἔχει τιμὴν :

$$U = I \cdot R = 22 \times 10 = 220 \text{ V.}$$

Τὴν τάσιν αὐτὴν δεικνύει βολτόμετρον συνδεδεμένον μὲ τοὺς πόλους τῆς δυναμομηχανῆς.

β) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς πηγῆς ἔχει τιμὴν :

$$I \cdot r = 22 \times 0,2 = 4,4 \text{ V.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι :

$I \cdot R + I \cdot r = 220 + 4,4 = 224,4 \text{ V} = E =$  ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς.

**Παρατήρησις :** Δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμε τὴν τιμὴν τῆς πολικῆς τάσεως, ὅταν ἀφαιρέσωμε ἀπὸ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τὴν πτώσιν τάσεως ἐντὸς τῆς πηγῆς. Ἔχομε :

$$U = I \cdot R = E - I \cdot r = 224,4 - 4,4 = 220 \text{ V.}$$

**Παράδειγμα 2.**

Ὅταν ἡ ἰδία δυναμομηχανὴ τροφοδοτῆ καταναλωτὴν ἀντι-

στάσεως  $3,8 \Omega$ , ποία είναι ή πολική της τάσις και ποία ή έσωτερική πτώσις τάσεως;

Λύσις:

$$E = 224,4 \text{ V}, r = 0,2 \Omega, R = 3,8 \Omega, I \cdot R = ; I \cdot r = ;$$

"Όπως και εις τὸ προηγούμενον παράδειγμα θὰ ἔχωμε:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{224,4}{3,8 + 0,2} = \frac{224,4}{4} = 56,1 \text{ A.}$$

"Αρα:

$$U = I \cdot R = 56,1 \times 3,8 = 213,18 \text{ V} \text{ και } I \cdot r = 56,1 \times 0,2 = 11,22 \text{ V.}$$

Δόγω τῆς ἀυξήσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἐν σχέσει μετὸ προηγούμενον παράδειγμα, ἔχει ἀυξηθῆ και ή πτώσις τάσεως ἀπὸ  $4,4 \text{ V}$  εις  $11,22 \text{ V}$ , ἐπομένως ἔχει ἐλαττωθῆ ἀντιστοιχως και ή πολική τάσις τῆς δυναμομηχανῆς.

**13.3 Πώς εφαρμόζεται ὁ νόμος τοῦ "Ωμ δια κλειστόν κύκλωμα, ὅταν τὸ κύκλωμα καταναλώσεως εἶναι ἐν σειρᾷ, παράλληλον ἢ μικτόν.**

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἐντασιν  $I = \frac{E}{R + r}$  τοῦ ρεύματος

διὰ μέσου κλειστοῦ κυκλώματος, ὅταν εἶναι γνωσταὶ αἱ τιμαὶ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως  $E$  και τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $r$  τῆς πηγῆς, πρέπει νὰ μᾶς εἶναι γνωστὴ ή ἀντίστασις  $R$  τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως.

Γνωρίζομε ἀπὸ τὰ κεφάλαια 10, 11 και 12 πὼς ὑπολογίζε-ται ή ἀντίστασις αὐτή, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἐν σειρᾷ, παράλληλον ἢ μικτόν.

Διὰ τὴν ἐπίλυσιν κλειστοῦ κυκλώματος μετὸ κύκλωμα καταναλώσεως ἐν σειρᾷ, παράλληλον ἢ μικτόν, θὰ ἀκολουθήσωμε τὴν ἐξῆς μέθοδον.

1) Θὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως.

2) Θα υπολογίσουμε ἀκολουθῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος, ἐφαρμύζοντας τὴν σχέσηιν :

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

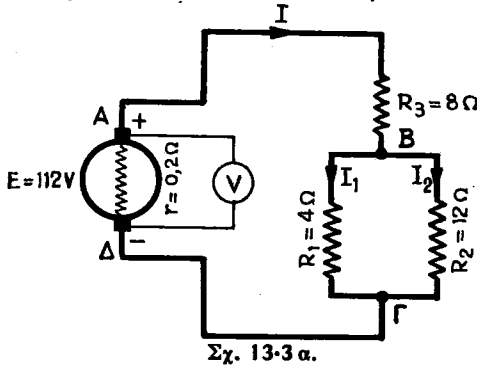
3) Θα υπολογίσουμε, ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω, τὴν πολικὴν τάσιν  $U = I \cdot R$  τῆς πηγῆς.

4) Θα ἐπιλύσωμε τέλος τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφηρμοσμένη ἢ εὐρεθεῖσα ἀνωτέρω πολικὴ τάσις  $U$ .

Παραθέτομε τὸ ἐξῆς παράδειγμα, ὡς ὑπόδειγμα ἐπιλύσεως κυκλωμάτων τοῦ εἴδους αὐτοῦ.

*Παράδειγμα.*

Ἐστω τὸ κύκλωμα καταναλώσεως τοῦ σχήματος 13·3 α. Τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ συνδέονται με τοὺς πόλους δυναμο-



μηχανῆς Σ.Ρ., ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 112 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντίστασεως 0,2 Ω. Ζητεῖται ἡ πλήρης ἐπίλυσις τοῦ κυκλώματος.

*Λύσις :*

α) Θα υπολογίσωμε τὴν ἀντίστασιν R τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως. Κατὰ τὰ γνωστὰ θὰ εἶναι :

$$\frac{1}{R_{\text{B}\Gamma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{3+1}{12} = \frac{4}{12} \text{ mho.}$$

$$\text{Ἄρα } R_{BG} = \frac{12}{4} = 3 \Omega \text{ καὶ } R = R_3 + R_{BG} = 8 + 3 = 11 \Omega.$$

β) Θὰ ὑπολογίσωμε τώρα τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος. Εὐρίσκομε ὅτι:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{112}{11 + 0,2} = \frac{112}{11,2} = 10 \text{ A.}$$

γ) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς πηγῆς, ἣ ὅποια εἶναι καὶ ἡ τάσις ποῦ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, ἔχει τιμὴν:

$$U = I \cdot R = 10 \times 11 = 110 \text{ V.}$$

Τὴν τάσιν αὐτὴν δεῖκνυε καὶ τὸ βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μεταξὺ τῶν πόλων τῆς δυναμομηχανῆς.

δ) Ἐπιλύομε ἀκολουθῶς τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου εἶναι ἐφηρμοσμένη ἡ τάσις  $U = 110 \text{ V}$ . Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἐπελύθη εἰς τὸ παράδειγμα 1 τῆς παραγράφου 12.2.

### 13.4 Ὑπολογισμὸς τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (8)  $E = I \cdot R + I \cdot r$ , προκύπτει ὅτι  $E - I \cdot R = I \cdot r$  καὶ  $r = \frac{E - I \cdot R}{I}$ , ὅπου  $I \cdot R$  εἶναι ἡ πολικὴ τάσις  $U$  τῆς πηγῆς. Ἄρα:

$$r = \frac{E - U}{I} \quad (\alpha)$$

Ὅταν πολλαπλασιάσωμε τὸν ἀριθμητὴν καὶ τὸν παρονομαστήν τοῦ δευτέρου μέλους τῆς ἰσότητος (α) ἐπὶ  $R$ , ἡ ἰσότης παραμένει. Τότε  $r = \frac{R(E - U)}{I \cdot R}$ , ὅπου πάλιν  $I \cdot R = U$ . Ἄρα:

$$r = \frac{R(E - U)}{U} \quad (\beta)$$

Ἡ ἐφαρμογὴ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως ἐπιτρέπει τὴν μέτρησιν τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῆς μετρήσεως συνδέομε μεταξὺ τῶν πό-

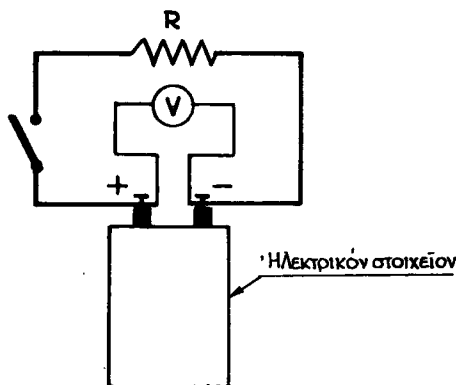


λων του στοιχείου ένα βολτόμετρον (σχ. 13·4 α) και μέσω διακόπτου ένα καταναλωτήν με γνωστήν αντίστασιν R.

Με τὸν διακόπτην ἀνοιχτόν, τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E τῆς πηγῆς (παρατήρησις εἰς τὸ τέλος τῆς παραγράφου 13·2).

Κλείομε ἀκολουθῶς τὸν διακόπτην. Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τότε τὴν πολικὴν τάσιν U τῆς πηγῆς.

Με τὰ δεδομένα R, E καὶ U ὑπολογίζομε, διὰ τῆς σχέσεως (β), τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r τοῦ στοιχείου.



Σχ. 13·4 α.

### 13·5 Ἔντασις βραχυκυκλώσεως πηγῆς.

Ὅταν οἱ πόλοι πηγῆς συνδεθοῦν μεταξύ των ἐξωτερικῶς, λόγω τυχαίου γεγονότος ἢ λόγω ἀγνοίας, με ἀγωγὸν ἀμελητέας ἀντιστάσεως ( $R = \Omega$ ), ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἔχει τιμὴν  $I = \frac{E}{r}$ .

Αὕτη εἶναι ἡ μεγίστη ἔντασις ρεύματος, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ παράσχη ἡ πηγὴ, διότι με βάσιν τὸν νόμον θὰ προκύψῃ:

$I = \frac{E}{R+r}$ . Ἀλλὰ ἔχομε  $R = 0$ , ἄρα  $I = \frac{E}{r}$ . Ἐπομένως, τὸ ρεῦ-

μα λαμβάνει την μέγιστην του τιμήν, αφού ο παρονομαστής έχει την μικροτέραν δυνατήν τιμήν. Ἡ μέγιστη αὐτὴ ἔντασις ὀνομάζεται ἔντασις βραχυκυκλώσεως τῆς πηγῆς.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ δὲν εἶναι κατὰ κανόνα κατασκευασμένοι διὰ νὰ ἀνθέξουν εἰς τὸ ρεῦμα βραχυκυκλώσεως.

Ἔτσι, ἓνα ξηρὸν μὲν στοιχεῖον θὰ ἀχρηστευθῇ ἐντὸς ὀλίγων λεπτῶν, ἓνας συσσωρευτῆς δὲ ἢ μία δυναμομηχανή θὰ καταστραφοῦν ἐντὸς ὀλίγων δευτερολέπτων.

### 13.6 Ἐνακεφαλαίωση.

α) Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  τῆς πηγῆς παρέχει τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν  $U = I \cdot R$  εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως καὶ καλύπτει τὴν πτώσιν τάσεως  $I \cdot r$  ἐντὸς τῆς πηγῆς. Ἄρα :

$$E = I \cdot R + I \cdot r = I(R + r).$$

β) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου κλειστοῦ κυκλώματος ἴσούται μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως  $E$  τῆς πηγῆς διὰ τῆς συνολικῆς ἀντιστάσεως  $R + r$  τοῦ κυκλώματος :

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

γ) Ἡ παρεχομένη τάσις  $U = I \cdot R$  ὑπὸ τῆς πηγῆς εἰς τὸ κύκλωμα καταναλώσεως ὀνομάζεται πολικὴ τάσις τῆς πηγῆς. Αὐτὴν, δεικνύει βολτόμετρον συνδεδεμένον μὲ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς.

δ) Ἡ ΗΕΔ πηγῆς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σταθερά. Ἀντιθέτως ἡ πολικὴ τῆς τάσις μεταβάλλεται, ὅταν μεταβάλλεται τὸ ρεῦμα.

ε) Ἡ πολικὴ τάσις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ΗΕΔ κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὴν πτώσιν τάσεως  $I \cdot r$  ἐντὸς τῆς πηγῆς :

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

στ) Ἡ ΗΕΔ πηγῆς μετρεῖται μὲ μεγάλην προσέγγισιν μὲ βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέομε μὲ τοὺς πόλους τῆς, ἐφ' ὅσον ἡ πηγὴ δὲν παρέχει ρεῦμα.

ζ) Διὰ νὰ ἐπιλύσωμε κλειστὸν κύκλωμα, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ κύκλωμα καταναλώσεως εἶναι ἐν σειρᾷ, παράλληλον ἢ μικτόν, πρέπει νὰ ὑπολογίσωμε: 1) Τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως. 2) Τὴν ἔντασιν  $I = \frac{E}{R + r}$  διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος. 3) Τὴν πολικὴν τάσιν  $U = I \cdot R$  καὶ 4) Νὰ ἐπιλύσωμε τὸ κύκλωμα καταναλώσεως μὲ τὴν ἐφαρμοσμένην τάσιν  $U$  εἰς αὐτό.

η) Ἐντάσεις βραχυκυκλώσεως πηγῆς εἶναι ἡ ἔντασις  $I = \frac{E}{r}$ , ἡ ὁποία κυκλοφορεῖ διὰ μέσου αὐτῆς, ὅταν συνδέσωμε μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ἀγωγὸν ἀμελητέας ἀντιστάσεως ( $R = 0 \Omega$ ). Κατὰ κανόνα δὲν ἐπιτρέπεται νὰ βραχυκυκλώσωμε πηγὴν.

### 13·7 Προβλήματα.

α) Ὄταν συνδέσωμε μὲ τοὺς πόλους δυναμομηχανῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,2 \Omega$  [ $0,3 \Omega$ ] ( $0,15 \Omega$ ) ἕνα κύκλωμα καταναλώσεως ἀντιστάσεως  $9 \Omega$  [ $5,5 \Omega$ ] ( $0,6 \Omega$ ), τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἔχει ἔντασιν  $25 \text{ A}$  [ $20 \text{ A}$ ] ( $18 \text{ A}$ ). Ποία εἶναι ἡ ΗΕΔ τῆς μηχανῆς;

Ἀπάντησις:  $230 \text{ V}$  [ $116 \text{ V}$ ] ( $13,5 \text{ V}$ )

β) Μεταξὺ τῶν πόλων δυναμομηχανῆς ΗΕΔ  $230 \text{ V}$  [ $115 \text{ V}$ ] ( $7,5 \text{ V}$ ) καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,4 \Omega$  [ $0,5 \Omega$ ] ( $0,1 \Omega$ ) συνδέομε ἕνα κύκλωμα καταναλώσεως ἀντιστάσεως  $9,6 \Omega$  [ $11 \Omega$ ] ( $0,4 \Omega$ ). Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος;

Ἀπάντησις:  $23 \text{ A}$  [ $10 \text{ A}$ ] ( $15 \text{ A}$ )

γ) Δυναμομηχανὴ ἠλεκτρογενετικῆς δυνάμεως  $225 \text{ V}$  [ $232 \text{ V}$ ] ( $116 \text{ V}$ ) καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,5 \Omega$  [ $0,6 \Omega$ ] ( $0,3 \Omega$ ) τροφοδοτεῖ μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν ἀντιστάσεως  $22 \Omega$  [ $13,9 \Omega$ ] ( $14,2 \Omega$ ). Ποία εἶναι ἡ πολικὴ τάσις τῆς δυναμομηχανῆς καὶ ποία ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τοῦ τυλίγματος τῆς;

Ἀπάντησις:  $220 \text{ V}$  καὶ  $5 \text{ V}$  [ $222,4 \text{ V}$  καὶ  $9,6 \text{ V}$ ] ( $113,6 \text{ V}$  καὶ  $2,4 \text{ V}$ )

δ) Ἡ πολιτικὴ τάσις δυναμομηχανῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,2 \Omega$  [ $0,05 \Omega$ ] ( $5,5 \Omega$ ) εἶναι  $220 \text{ V}$  [ $110,5 \text{ V}$ ] ( $219,8 \text{ V}$ ), ὅταν τροφοδοτῆ κύκλωμα καταναλώσεως ἀντιστάσεως  $4,4 \Omega$  [ $0,65 \Omega$ ] ( $157 \Omega$ ). Ποία εἶναι ἡ ΗΕΔ τῆς δυναμομηχανῆς;

Ἀπάντησις:  $230 \text{ V}$  [ $119 \text{ V}$ ] ( $227,5 \text{ V}$ )

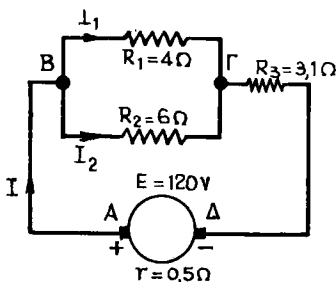
ε) Ποία εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις δυναμομηχανῆς ΗΕΔ  $230 \text{ V}$  [ $118 \text{ V}$ ], ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι, ὅταν συνδέσωμε μεταξύ τῶν πόλων τῆς καταναλωτὴν ἀντιστάσεως  $4,77 \Omega$  [ $5,5 \Omega$ ], ρεῦμα ἐντάσεως  $46 \text{ A}$  [ $20 \text{ A}$ ] κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος;

Ἀπάντησις:  $0,23 \Omega$  [ $0,4 \Omega$ ]

στ) Τί ἀντίστασιν πρέπει νὰ συνδέσωμε μὲ τοὺς πόλους συσσωρευτοῦ ΗΕΔ  $12,2 \text{ V}$  καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,02 \Omega$ , διὰ νὰ κυκλοφορήσῃ ρεῦμα ἐντάσεως  $20 \text{ A}$  διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος;

Ἀπάντησις:  $0,59 \Omega$

ζ) Μία δυναμομηχανὴ συνεχοῦς ρεύματος ΗΕΔ  $120 \text{ V}$  καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,5 \Omega$  τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα, τὸ ὅποιον εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 13·7 α. Ζητεῖται ἡ πλήρης ἐπίλυσις τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 13·7 α.

Ἀπάντησις:  $U_{AA} = 110 \text{ V}$ ,  $I \cdot r = 10 \text{ V}$ ,  $U_{B\Gamma} = 48 \text{ V}$ ,  $U_{\Gamma\Delta} = 62 \text{ V}$ ,  $I_1 = 12 \text{ A}$ ,  $I_2 = 8 \text{ A}$

η) Τὸ κύκλωμα καταναλώσεως τοῦ σχήματος 12·3 β (προηγούμενου κεφαλαίου) συνδέεται μὲ τοὺς πόλους δυναμομηχανῆς ΗΕΔ  $225 \text{ V}$  καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,5 \Omega$ . Νὰ ἐπιλυθῇ πλήρως τὸ κύκλωμα.

Ἀπάντησις:  $U_{AZ} = 220 \text{ V}$ ,  $I \cdot r = 5 \text{ V}$ ,  $U_{AB} = 40 \text{ V}$ ,  $U_{B\Gamma} = 60 \text{ V}$ ,  $U_{\Delta E} = 120 \text{ V}$ ,  $I_2 = 4 \text{ A}$ ,  $I_3 = 6 \text{ A}$ ,  $I_4 = 6 \text{ A}$ ,  $I_5 = 4 \text{ A}$

θ) Τὸ κύκλωμα καταναλώσεως τοῦ σχήματος 12·3 ε συνδέεται

μὲ τοὺς πόλους δυναμομηχανῆς ΗΕΑ 114,4 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,2 Ω. Νὰ ἐπιλυθῇ πλήρως τὸ κύκλωμα.

Ἀπάντησις:  $U_{AE} = 110 \text{ V}$ ,  $I \cdot r = 4,4 \text{ V}$ ,  $U_{AB} = 22 \text{ V}$ ,  $U_{BG} = 88 \text{ V}$ ,  $I_3 = 17,6 \text{ A}$ ,  $I_2 = 4,4 \text{ A}$ ,  $U_{BA} = 8,8 \text{ V}$ ,  $I_4 = 2,933 \text{ A}$ ,  $I_5 = 1,466 \text{ A}$ ,  $U_{AG} = 79,2 \text{ V}$

### 13·8 Πρακτικαὶ ἀσκήσεις.

Μετρήσεις ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως πηγῶν καὶ τῆς πολικῆς των τάσεως, ὅταν τροφοδοτοῦν καταναλωτὰς. Νὰ χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὸ δυνατὸν βολτόμετρα μεγάλης ἀντιστάσεως (π.χ. 5000 Ω/1 V).

## ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΠΟΛΛΩΝ ΠΗΓΩΝ

## 14.1 Είσαγωγή: Οί τρεις τρόποι συνδέσεως πολλών πηγών.

Είς πολλές εφαρμογὰς τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ συνδέσωμε ὀρισμένον ἀριθμὸν πηγῶν κατὰ διαφόρους τρόπους :

Οἱ τρόποι αὐτοὶ εἶναι τρεῖς: α) Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. β) Σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ καὶ γ) Μικτὴ σύνδεσις.

α) Ἡ σύνδεσις πηγῶν ἐν σειρᾷ εἶναι ἀρκετὰ συνήθης. Συναντᾶται εἰς τὸς συσσωρευτὰς καὶ εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα. Κάθε συστοιχία συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς ἢ ἕξ συσσωρευτὰς, οἱ ὅποιοι εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ. (Μὲ τὸν ὄρον συσσωρευτῆς δὲν ἐννοοῦμε τὴν « μπαταρίαν » ἐλόκληρον, ἀλλὰ κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ τρία ἢ ἕξ τμήματα αὐτῆς). Πιγγαὶ βιοθητικῶ φωτισμοῦ, π.χ. χειρουργικῶν θαλάμων νοσοκομείων, εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολὺ μεγαλύτερον ἀριθμὸν συσσωρευτῶν. Ἐπίσης καὶ αἱ συνήθεις στήλαι τῶν 4,5 V ἀποτελοῦνται ἀπὸ τρία ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ.

β) Ἡ παράλληλος σύνδεσις πηγῶν, ἣ ὁποία χρῆσιμοποιεῖται εὐρύτατα, θὰ ἀποτελέσῃ βασικὸν θέμα τοῦ μαθήματος τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν, ὑπὸ τὴν ἐπικεφαλίδα « Παράλληλος λειτουργία τῶν γεννητριῶν ».

γ) Τέλος, εἰς κάθε βῆμα τῆς μελέτης τῶν ἐπαγωγικῶν τυλιγμάτων τῶν γεννητριῶν Σ. Ρ., θὰ συναντοῦμε μικτὴν σύνδεσιν πηγῶν. Αἱ πηγαί, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, εἶναι αἱ ἑμάδες τοῦ τυλίγματος, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἀναπτύσσονται ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις.

Τὸ θέμα παρουσιάζει, ἐπομένως, μέγα ἐνδιαφέρον διὰ τὸν

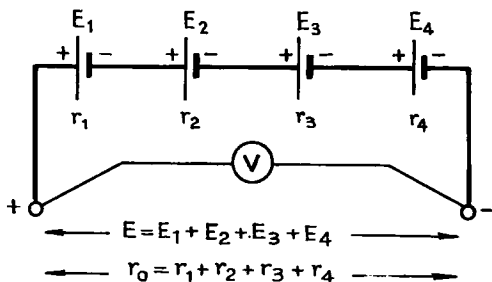
ἤλεκτρολόγον. Ἡὰ μελετήσωμε εἰς τὰς ἐπομένους παραγράφους χωριστὰ τὰς ιδιότητες τῆς κάθε μιᾶς ἐκ τῶν συνδέσεων αὐτῶν.

#### Α. ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΠΗΓΩΝ ΕΝ ΣΕΙΡᾶ

### 14·2 Σύνδεσις πηγῶν ἐν σειρᾷ. Συστοιχία. Ἰδιότητες αὐτῶν.

α) Πῶς συνδέονται πηγαὶ ἐν σειρᾷ.

Πηγαὶ εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ, ὅταν ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς συνδέεται μετὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας, ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς δευτέρας μετὸν θετικὸν τῆς τρίτης κ.ο.κ. (σχ. 14·2 α). Τὸ ὅλον συγκρότημα τῶν πηγῶν ὀνομάζεται συστοιχία.



Σχ. 14·2 α.

Θετικὸς πόλος τῆς συστοιχίας εἶναι ὁ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς, ἀρνητικὸς δὲ πόλος τῆς συστοιχίας εἶναι ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας πηγῆς.

β) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας.

Ὅταν μετρήσωμε μετὰ βολτόμετρον χωριστὰ τὴν ΗΕΔ τῆς κάθε πηγῆς καὶ ἀκολούθως τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς συστοιχίας (σχ. 14·2 α), διαπιστόνομε ὅτι:

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση πρὸς

τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν, αἱ ὁποῖαι τὴν ἀποτελοῦν, δηλαδὴ ὅτι:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

Ἡ ιδιότης αὕτη ἐξηγεῖται ἀπλούστατα, ἂν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις ὅλων τῶν πηγῶν τείνουν νὰ προκαλέσουν ρεῦμα τῆς αὐτῆς φορᾶς.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συστοιχίας.

Ὅταν μετρήσωμε χωριστὰ τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς κάθε πηγῆς καὶ ἀκλούθως τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς συστοιχίας, διαπιστώνομε ὅτι:

Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων τῶν πηγῶν, αἱ ὁποῖαι τὴν ἀποτελοῦν, δηλαδὴ ὅτι:

$$r_0 = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

Τὴν ιδιότητα αὐτὴν θὰ ἠμπορούσαμε νὰ προβλέψωμε, ἀφοῦ αἱ ἀντιστάσεις τῶν πηγῶν συνδέονται ἐν σειρᾷ.

**14.3 Πώς εφαρμόζεται ὁ νόμος τοῦ Ωμ δια τὸ κλειστὸν κύκλωμα, ὅταν ἡ πηγὴ εἶναι συστοιχία.**

Διὰ νὰ εφαρμόσωμε τὸν νόμον τοῦ Ωμ,  $\frac{E}{R + r_0}$ , εἰς κλειστὸν κύκλωμα, ποῦ τροφοδοτεῖται ἀπὸ μίαν συστοιχίαν, ἀρκεῖ νὰ ἔχωμε ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας, δηλαδὴ ὅτι:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \quad (\alpha)$$

καὶ ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $r_0$  εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συστοιχίας, δηλαδὴ ὅτι:

$$r_0 = r_1 + r_2 + r_3 + \dots \quad (\beta)$$

Ὅταν ἡ συστοιχία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀριθμὸν  $n$  πηγῶν, ποῦ ἔχουν ὅλαι τὴν ἴδιαν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E_1$  καὶ τὴν ἴδιαν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r_1$ , ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοι-



χίας καὶ ἡ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις λαμβάνουν ἀντιστοιχοῦς τιμὰς:

$$E = \frac{E_1 + E_1 + E_1 + \dots}{n \text{ φορές}} = n \cdot E_1 \quad (\gamma)$$

$$\text{καὶ } r_0 = \frac{r_1 + r_1 + r_1 + \dots}{n \text{ φορές}} = n \cdot r_1 \quad (\delta)$$

Κατὰ τὰ ἄλλα, ὅταν ἡ πηγὴ εἶναι συστοιχία, ἰσχύουν τὰ ὅσα ἐλέγχθησαν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον διὰ τὴν πολιτικὴν τάσιν, διὰ τὸν τρόπον ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ  $\Omega$ μ, ὅταν τὸ κύκλωμα καταναλώσεως εἶναι ἐν σειρά, παράλληλον ἢ μίκτων καὶ διὰ τὴν ἔντασιν βραχυκυκλώσεως πηγῆς. Ἰσχύουν ὅμως ὅλα αὐτὰ ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι θὰ λάβωμε ὡς ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς συστοιχίας καὶ ὡς ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τὴν ἐσωτερικὴν τῆς ἀντίστασιν.

Τὸ κατωτέρω παράδειγμα θὰ μᾶς διαφωτίσῃ ἐπὶ τοῦ θέματος αὐτοῦ.

### Παράδειγμα.

Μία συστοιχία ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς συσσωρευτάς. Ὁ καθέ συσσωρευτῆς ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E_1 = 2,04 \text{ V}$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r_1 = 0,01 \Omega$ . Ἡ συστοιχία τροφοδοτεῖ ἓνα συγκρότημα λαμπτήρων μὲ ἰσοδύναμον ἀντίστασιν  $0,63 \Omega$ . Ὁ καθέ συνδετικὸς ἀγωγὸς ΑΓ καὶ ΒΔ (σχ. 14·3 α) παρουσιάζει ἀντίστασιν  $0,01 \Omega$ . Ζητοῦνται:

- 1ον. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος  $I$  διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.
- 2ον. Ἡ πολιτικὴ τάσις  $U_{AB}$  τῆς συστοιχίας.
- 3ον. Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς συστοιχίας.
- 4ον. Ἡ τάσις  $U_{\Gamma\Delta}$ , ποὺ ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς λαμπτήρας.
- 5ον. Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν.

### Λύσις:

- 1ον. Διὰ νὰ εὑρωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ

κλειστοῦ κυκλώματος, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{E}{R + r_0}, \text{ εἰς τὴν ὁποίαν :}$$

$$E = n \cdot E_1 = 3 \times 2,04 = 6,12 \text{ V.}$$

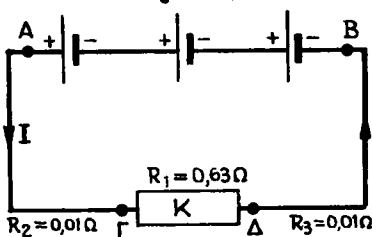
$$r_0 = n \cdot r_1 = 3 \times 0,01 = 0,03 \Omega.$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 0,63 + 0,01 + 0,01 = 0,65 \Omega. \text{ Ἄρα}$$

$$I = \frac{E}{R + r_0} = \frac{6,12}{0,65 + 0,03} = \frac{6,12}{0,68} = 9 \text{ A.}$$

$$E = 3 \times 2,04 \text{ V}$$

$$r_0 = 3 \times 0,01 \Omega$$



Σχ. 14.3 α.

2ον. Ἡ πολικὴ τάσις  $U_{AB}$  τῆς συστοιχίας ἔχει τιμὴν :

$$U_{AB} = I \cdot R = 9 \times 0,65 = 5,85 \text{ V.}$$

3ον. Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$I \cdot r_0 = 9 \times 0,03 = 0,27 \text{ V.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι :

$$U_{AB} + I \cdot r_0 = 5,85 + 0,27 = 6,12 \text{ V} = E.$$

4ον. Ἡ τάσις  $U_{\Gamma\Delta}$ , ἣ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς λαμπτήρας, ἔχει τιμὴν :

$$U_{\Gamma\Delta} = I \cdot R_1 = 9 \times 0,63 = 5,67 \text{ V.}$$

5ον. Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν εἶναι :

$$\epsilon = I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = I (R_2 + R_3) =$$

$$= 9 (0,01 + 0,01) = 9 \times 0,02 = 0,18 \text{ V.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι :

$$U_{ΓΔ} + \varepsilon = 5,67 + 0,18 = 5,85 \text{ V} = U_{ΑΒ}.$$

#### 14·4 Διατί χρησιμοποιοῦμε τὴν σύνδεσιν πηγῶν ἐν σειρᾷ.

Ἡ σύνδεσις πηγῶν ἐν σειρᾷ ἐφαρμόζεται, κατὰ κανόνα, μόνον εἰς τοὺς συσσωρευτάς καὶ τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα.

Ὅταν μελετήσωμε, εἰς τὸ ἐπόμενον κεφάλαιον, τὴν ἰσχὺν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, θὰ καταλήξωμε εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι λόγοι οἰκονομίας ἐπιβάλλουν τὴν χρησιμοποίησιν σχετικῶς ὑψηλῶν τάσεων λειτουργίας τῶν καταναλωτῶν.

Δὲν εἶναι ἐπομένως τυχαῖον, ὅτι αἱ ἐγκαταστάσεις φωτισμοῦ καὶ θερμάνσεως λειτουργοῦν ὑπὸ τάσιν 110 ἢ 220 V καὶ ὅτι οἱ καταναλωταὶ τῶν αὐτοκινήτων λειτουργοῦν ὑπὸ τάσιν 6 ἢ 12 V.

Δεδομένου ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἑνὸς συσσωρευτοῦ ἔχει μέσθην τιμὴν 2 V καὶ ἑνὸς ξηροῦ στοιχείου 1,5 V, πρέπει, διὰ νὰ τροφοδοτήσωμε τὰ ἀνωτέρω κυκλώματα, νὰ συνδέσωμε ἐν σειρᾷ τὸν κατάλληλον ἀριθμὸν συσσωρευτῶν ἢ ἠλεκτρικῶν ξηρῶν στοιχείων.

Ἔτσι, εἰς τὰ αὐτοκίνητα, αἱ συστοιχίαι συσσωρευτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ τρεῖς ἢ ἕξ συσσωρευτάς, διότι οἱ καταναλωταὶ τῶν λειτουργοῦν ὑπὸ τάσιν 6 ἢ 12 V. Προκειμένου ὁμοίως συσσωρευτῶν νὰ τροφοδοτήσουν βοηθητικὸν φωτισμὸν, διὰ τὴν περίπτωσιν διακοπῆς ρεύματος τῆς ΔΕΗ, ὅπως π.χ. εἰς τοὺς χειρουργικοὺς θαλάμους τῶν νοσοκομείων, θὰ χρησιμοποιήσωμε συστοιχίαν συσσωρευτῶν ποὺ θὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ τῶσους συσσωρευτάς, ὥστε τὸ σύνολόν τῶν νὰ μᾶς παρέχη τάσιν ἴσην πρὸς τὴν τάσιν λειτουργίας τῶν καταναλωτῶν.

Ὡς πρὸς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, ξηρὰ ἢ ὑγρά, ἐπιβάλλεται νὰ συνδέωνται ἐν σειρᾷ, ὅταν πρόκειται νὰ τροφοδοτήσουν ραδιόφωνα, τρανζίστορες, φανούς κλπ.

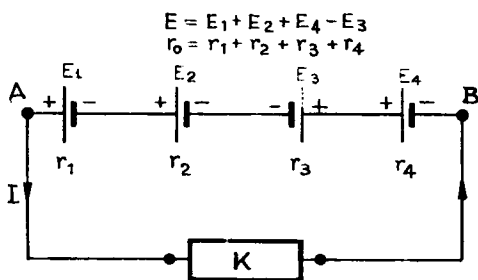
**Παρατηρήσεις:** Κατὰ τὴν σύνδεσιν ἐν σειρᾷ συσσωρευτῶν ἢ ἠλεκτρικῶν στοιχείων, δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ ἔχουν ὅλα τὴν

ιδίαν ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν. Όταν π.χ. μετρήσωμε τήν ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν τῆς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἐνός αὐτοκινήτου, εἶναι πολύ πιθανόν νά διαπιστώσωμε ὅτι ἕνας ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὰς αὐτοὺς εἶναι, ὅπως λέγεται, « πεσομένος », δηλαδὴ ὅτι ἡ ηλεκτρεγερτικὴ του δύναμις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τήν ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν τῶν ὑπολοίπων. Τοῦτο δὲν ἐμποδίζει μὲν τήν συστοιχίαν νά λειτουργή, ὅμως ἢ ἀ πρέπει νά ἐρευνήσωμε διατί τοῦτο συμβαίνει καὶ νά διορθώσωμε τήν ἀνωμαλίαν.

Τὸ μόνον πὸ ἐπιβάλλεται, ὅταν χρησιμοποιούμε συστοιχίας, εἶναι τοῦτο: ὅλαι αἱ πηγαὶ πρέπει νά εἶναι κατεσκευασμένα διὰ τήν αὐτὴν κανονικὴν ἔντασιν λειτουργίας. Ἡ ἀ ἴτο π.χ. παράλογον νά συνδέσωμε ἐν σειρά συσσωρευτὴν κανονικῆς ἐντάσεως λειτουργίας 10 A, μὲ ἡλεκτρικὸν στοιχείον κανονικοῦ ρεύματος λειτουργίας 0,5 A.

#### 14.5 Ἐντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.

Τί ἢ συμβέη, ὅταν εἰς συστοιχίαν συνδέσωμε ἀναστρόφως (ἀνάποδα) μίαν ἀπὸ τὰς πηγὰς (σχ. 14.5 α):



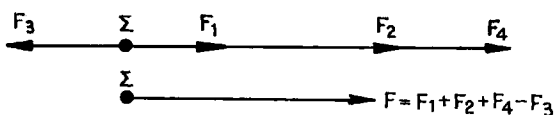
Σχ. 14.5 α.

Εἰς τήν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E_3$  τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία συνδέθη ἀναστρόφως, εὐρίσκεται εἰς ἀντίθεσιν πρὸς τὰς ὑπολοίπουσ ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις. Ἐνῶ αἱ ηλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις  $E_1$ ,  $E_2$  καὶ  $E_4$  τείνουσ νά προκαλέσωσ κυκλο-

φορίαν ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα καταναλώσεως ἀπὸ Α πρὸς Β, ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις  $E_3$  προσπαθεῖ νὰ προκαλέσῃ ρεῦμα ἀντιθέτου φοράς. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ  $E_3$  ὀνομάζεται ἀντιηλεκτρογενετικὴ δύναμις.

Ἡ περίπτωσις ὁμοιάζει μὲ τὴν περίπτωσιν τεσσάρων δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς ἰδίας εὐθείας (σχ. 14·5 β) καὶ ἀπὸ τὰς ὁποίας αἱ τρεῖς ἔλκουν ἓνα σῶμα  $\Sigma$  πρὸς μίαν φοράν καὶ ἡ τετάρτη,  $F_3$  πρὸς ἀντίθετον φοράν. Ἐπὶ τοῦ σώματος ἐφαρμόζεται τότε ἡ συνισταμένη  $F$  τῶν τεσσάρων δυνάμεων, ἡ ὁποία εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν τῶν ἄθροισμα, δηλαδὴ:

$$F = F_1 + F_2 + F_4 - F_3$$



Σχ. 14·5 β.

Ἐπίσης, εἰς τὴν συστοιχίαν τοῦ σχήματος 14·5 α, ἡ ἠλεκτρογενετικὴ τῆς δύναμις  $E$  εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἠλεκτρογενετικῶν δυνάμεων ὅλων τῶν πηγῶν, δηλαδὴ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν τῶν ἄθροισμα:

$$E = E_1 + E_2 - E_3 + E_4 \quad (\alpha)$$

Ἐπειδὴ ἡ συστοιχία τροφοδοτῆ κύκλωμα καταναλώσεως, τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος, συναντᾷ τὰς ἐν σειρά ἀντιστάσεις ὅλων τῶν πηγῶν, εἴτε εἶναι κανονικῶς, εἴτε ἀναστροφῶς συνδεδεμένα. Ἐπομένως, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $r_0$  τῆς συστοιχίας ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων ὅλων τῶν πηγῶν, δηλαδὴ:

$$r_0 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 \quad (\beta)$$

Προκαίμενον νὰ ἐφαρμόσωμε τὴν σχέσιν  $I = \frac{E}{R + r_0}$  εἰς τὸ

κλειστὸν κύκλωμα τοῦ σχήματος 14·5 α, ἡ Ε εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῆς ἀνωτέρω σχέσεως (α) καὶ ἡ  $r_0$  εἶναι ἡ συνολικὴ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν πηγῶν τῆς σχέσεως (β).

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν δυνάμεων τοῦ σχήματος 14·5 β, τὸ ρεῖμα κινεῖται κατὰ τὴν φορὰν τῆς συνισταμένης τῶν. Κατὰ παρόμοιον τρόπον καὶ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 14·5 α, τὸ ρεῖμα κυκλοφορεῖ κατὰ τὴν φορὰν τῆς συνισταμένης τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων. Ἐν π.χ., εἰς τὴν σύνδεσιν τοῦ σχήματος 14·5 α, ἔλα τὰ στοιχεῖα ἔχουν τὴν ἰδίαν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, τὸ ρεῖμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ Α πρὸς Β διὰ μέσου τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος. Ἐν, ἀντιθέτως, αἱ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις  $E_1$ ,  $E_2$  καὶ  $E_4$  ἔχουν ἄθροισμα 4,5 V καὶ ἡ  $E_3$  τιμὴν 6,5 V, τὸ ρεῖμα θὰ κυκλοφορήσῃ ἀπὸ Β πρὸς Α, εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Ἐν τέλος, ἡ συνισταμένη  $E_1 + E_2 - E_3 + E_4$  τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων ἰσοῦται μὲ μηδέν, δὲν κυκλοφορεῖ ρεῖμα διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος, ἀφοῦ εἰς τὴν σχέσιν  $I = \frac{E}{R + r_0}$  ὁ ἀριθμητὴρ  $E = 0$  V.

#### 14·6 Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις συσσωρευτοῦ ὑπὸ φόρτισιν. Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος.

Ἀπὸ τὰ ὅσα ἐλέχθησαν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, θὰ ἦτο δυνατόν νὰ υποθέσωμε ὅτι μόνον λόγω σφάλματος ἢ ἀγνοίας εἶναι δυνατόν νὰ εἰσαχθῇ μία ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς τὸ κύκλωμα.

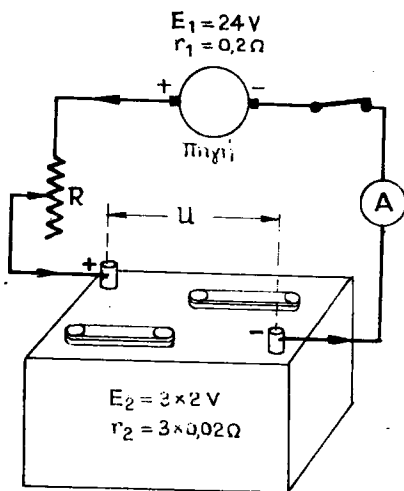
Εἰς τὴν πράξιν ἕμεις θὰ συναντήσωμε δύο περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας προκύπτει ἢ ἀναπτύσσεται ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς τὸ συνεχὲς ρεῖμα. Τὴν ἀντιηλεκτρεγερτικὴν αὐτὴν δύναμιν γνωρίζομε μὲν ἐκ τῶν προτέρων, πλὴν ἕμεις δὲν εἶναι δυνατόν νὰ τὴν ἀποφύγωμε.

Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις: α) Προκύπτει κατὰ τὴν φόρτισιν τῶν συσσωρευτῶν καὶ β) ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος.

α) Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις συσσωρευτοῦ ὑπὸ φόρτισιν.

Διὰ νὰ φορτίσωμε ἓνα συσσωρευτήν, πρέπει νὰ ὑποχρεώσωμε ἢ ηλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ ἐντὸς αὐτοῦ, ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικόν. Ὁ συσσωρευτὴς μετατρέπεται ἔτσι εἰς καταναλωτήν. Πρέπει ἐπι πλεόν νὰ ἔχωμε τὴν δυνατότητα νὰ ρυθμίζωμε τὸ ρεῦμα φορτίσεως.

Διὰ νὰ τὰ ἐπιτύχωμε ὅλα αὐτά, ἐκτελοῦμε τὴν συνδεσμολογίαν, ἡ ὁποία παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 14·6 α.



- Σχ. 14·6 α.

Ὁ συσσωρευτὴς τροφοδοτεῖται ἀπὸ μίαν γεννήτριαν Σ.Ρ. (ἢ ἀπὸ ἓνα ἀνορθωτήν), ὁ ὁποῖος ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἀνωτέραν ἀπὸ τὴν μεγίστην ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ συσσωρευτοῦ.

Ὁ θετικὸς πόλος τῆς γεννητρίας συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ καὶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας μὲ τὸν ἀρνητικὸν τοῦ πόλον.

Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται ἐπίσης καὶ μία ρυθμιστικὴ ἀντίστασις  $R$ , διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος φορτίσεως καὶ ἓνα ἀμπερόμετρον  $A$ , διὰ τὴν παρακολούθησιν τῆς ἐντάσεως αὐτῆς.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ συσσωρευτοῦ ἀνθίσταται εἰς τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος. Εἶναι, ἐπομένως, μία ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ἄρα ἡ συνισταμένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κυκλώματος εἶναι  $E = E_1 - E_2$ . Ἡ συνολικὴ ὁμως ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $r_0$  τῆς πηγῆς καὶ τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν τῶν ἀντιστάσεων, δηλαδὴ:

$$r_0 = r_1 + r_2.$$

Ἄς ὑποθέσωμε ὅτι, διὰ μίαν ὀρισμένην θέσιν τοῦ σύρτου, ἡ ἀντίστασις  $R$  τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως καὶ τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν εἶναι ἴση μὲ  $1,24 \Omega$ . Ἡ ἐντασις φορτίσεως ἔχει τότε τιμὴν:

$$\begin{aligned} I &= \frac{E}{R + r_0} = \frac{E_1 - E_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{24 - 6}{1,24 + 0,2 + 3 \times 0,02} = \\ &= \frac{18}{1,24 + 0,2 + 0,06} = \frac{18}{1,5} = 12 \text{ A.} \end{aligned}$$

Τὸ ρεῦμα αὐτὸ προκαλεῖ:

α) Πτώσιν τάσεως:

$$I \cdot r_1 = 12 \times 0,2 = 2,4 \text{ V}$$

ἐντὸς τῆς πηγῆς.

β) Πτώσιν τάσεως:

$$I \cdot R = 12 \times 1,24 = 14,88 \text{ V}$$

ἐντὸς τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως καὶ τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν.

Ἄρα ἡ συνολικὴ πτώσις τάσεως εἶναι  $2,4 + 14,88 = 17,28 \text{ V}$ .

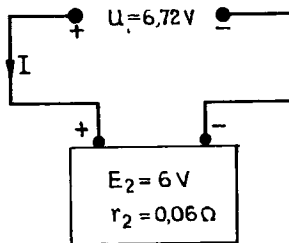


Ἡ τάσις, ἐπομένως, ἢ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ συσσωρευτοῦ ἔχει τιμὴν :

$$U = 24 - 17,28 = 6,72 \text{ V.}$$

Τὴν τάσιν αὐτὴν δεικνύει βολτόμετρον συνδεδεμένον μετὰ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ.

Καταλήγουμε ἔτσι εἰς τὸ ἀπλοῦν κύκλωμα τοῦ σχήματος 14·6 β, εἰς τὸ ὁποῖον τάσις  $U = 6,72 \text{ V}$  ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς



Σχ. 14·6 β.

πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E_2 = 6 \text{ V}$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r_2 = 0,06 \Omega$ . Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ συσσωρευτοῦ ἔχει, ἐπομένως, τιμὴν :

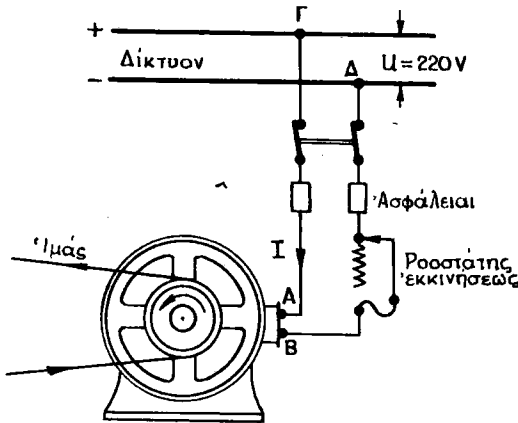
$$I = \frac{U - E_2}{r_2} = \frac{6,72 - 6}{0,06} = \frac{0,72}{0,06} = 12 \text{ A.}$$

Αὐτὴ ἀκριβῶς εἶναι καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὴν ὁποίαν εὑρήκαμε ἀνωτέρω.

Οἱ τελευταῖοι ὑπολογισμοί, οἱ ὁποῖοι ἀναφέρονται εἰς τὴν πτώσιν τάσεως, τὴν ἐφρημοσμένην τάσιν εἰς τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ, δεικνύουν τὴν μέθοδον τὴν ὁποίαν ἀκολουθοῦμε, διὰ νὰ ἀναλύσωμε πλήρως τὸ κύκλωμα περὶ τοῦ ὁποῖου ὁμιλήσαμε ἢ ἄλλα παρόμοια πρὸς αὐτὸ κυκλώματα.

β) Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος.

Για να λειτουργήσει ηλεκτρικός κινητήρας, πρέπει να τον συνδέσουμε εις δίκτυον σταθεράς τάσεως  $U$ , όπως φαίνεται εις τὸ σχῆμα 14·6 γ.



Σχ. 14·6 γ.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος, δηλαδή ὅταν περιστρέφεται διὰ τὴν κινήσιν μηχανήμα, π.χ. ἀντλίας, ἀεροσυμπιεστήν κλπ., ἀναπτύσσεται ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$ . Ἡ ἀντιηλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀντίθετος τῆς ἐφηρμοσμένης τάσεως  $U$  ἐπὶ τοῦ κινητήρος.

Ἔστιν  $r$  ἡ ἀντίστασις τοῦ κινητήρος, δηλαδή ἡ ἀντίστασις τοῦ τυλίγματος του.

Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ κινητήρος ἔχει τότε τιμὴν :

$$I = \frac{U - E}{r}$$

Ἄν εἶναι π.χ.

$U = 220 V$  ἡ ἐφηρμοσμένη τάσις ἐπὶ τοῦ κινητήρος,  $E = 208 V$  ἡ ἀναπτυσσομένη ΑΗΕΔ ὑπὸ τοῦ κινητήρος,  $r = 0,3 \Omega$  ἡ ἀντίστασις τοῦ τυλίγματος του, τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον παρέχεται εἰς τὸν κινητήρα ἔχει ἔντασιν :

$$I = \frac{220 - 208}{0,3} = \frac{12}{0,3} = 40 \text{ A.}$$

Ἄν, ἐξ αἰτίας ὑπερβολικοῦ φορτίου, ὁ κινητὴρ παρεμποδισθῆ νὰ περιστρέφεται καὶ σταματήσῃ, δὲν ἀναπτύσσει πλέον ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος λαμβάνει τότε τὴν πολὺ μεγάλην τιμὴν :

$$I = \frac{U}{r} = \frac{220}{0,3} = 733,33 \text{ A.}$$

Τὸ ρεῦμα αὐτὸ ὅμως θὰ προκαλέσῃ τὴν σχεδὸν ἅμωσον καταστροφὴν τοῦ κινητήρος, ἂν δὲν ἔχωμε λάθει τὸ μέτρον τῆς παρεμβολῆς ἀσφαλειῶν εἰς τὸ κύκλωμά του (σχ. 14·6 γ).

Τὸ ἴδιον ρεῦμα ἐντάσεως 733,33 A θὰ διήρχετο διὰ μέσου τοῦ κινητήρος, τὴν στιγμὴν πρὸ τὸν θέτομε εἰς λειτουργίαν, ἂν δὲν ἐλαμβάναμε τὴν πρόνοιαν νὰ παρεμβάλωμε εἰς τὸ κύκλωμά του μίαν ρυθμιστικὴν ἀντίστασιν (σχ. 14·6 γ). Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ περιορίζει τὸ ρεῦμα ἐκκινήσεως τοῦ κινητήρος. Τὴν ὀνομάζομε *ροοστάτην ἐκκινήσεως*.

Ὅταν ὁ κινητὴρ ἐκκινήσῃ καὶ ἀναπτύξῃ ἀρκετὴν ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἀφαιροῦμε διὰ μετακινήσεως τοῦ σύρτου ἢ τοῦ στροφάλου τὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ κύκλωμα.

## B. ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΠΗΓΩΝ ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ

### 14·7 Γενικά.

Πηγαι εἶναι συνδεδεμένοι ἐν παραλλήλῳ, ὅταν οἱ θετικοὶ πόλοι ὅλων τῶν πηγῶν εἶναι συνδεδεμένοι μεταξύ των καὶ οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι ὅλων τῶν πηγῶν εἶναι ἐπίσης συνδεδεμένοι μεταξύ των (σχ. 14·8 α).

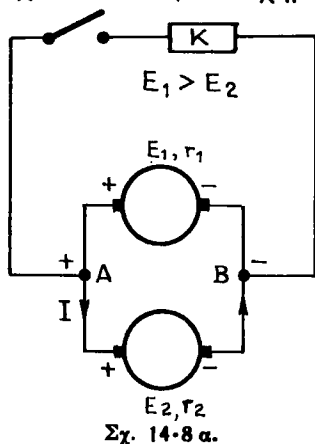
Προκύπτουν ἔτσι δύο σύνδεσμοι, οἱ Α καὶ Β εἰς τὸ σχῆμα 14·8 α. Οἱ σύνδεσμοι αὗτοι ὀνομάζονται, καθὼς γνωρίζομε, *κόμβοι*.

Ὁ κόμβος Α εἶναι ὁ θετικὸς πόλος τῆς παραλλήλου συνδέσεως καὶ ὁ Β ὁ ἀρνητικὸς πόλος αὐτῆς.

#### 14·8 Ίδιότητες τῆς παραλλήλου συνδέσεως πηγῶν.

*1η ιδιότης:* Ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις ὄλων τῶν πηγῶν πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἴδια. Κατὰ κανόνα, σύνδεσις πηγῶν ἐν παραλλήλῳ εἶναι δυνατὴ, μόνον ὅταν ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις ὄλων τῶν πηγῶν εἶναι ἡ ἴδια.

Ὅταν δὲν ὑπάρχη ὁ ὅρος αὐτός, τότε προκύπτει κατάστασις ὁμοία μὲ ἐκείνην ποὺ ἐμελετήσαμε εἰς τὴν παράγραφον 14·6. Εἰς μίαν σύνδεσιν π.χ. ὅπως αὐτὴ τοῦ σχήματος 14·8 α (μὲ τὸν



διακόπτην ἀνοικτὸν), ἡ πηγὴ μικροτέρας ἠλεκτρογεωρητικῆς δυνάμεως  $E_2$  μεταβάλλεται εἰς καταναλωτὴν. Διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος τῶν δύο πηγῶν θὰ κυκλοφορήσῃ τότε ρεῦμα ἐντάσεως

$$I = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2}. \text{ Τὸ ρεῦμα τοῦτο ὀνομάζεται ρεῦμα κυκλοφορίας.}$$

Ἡ ἀπαράδεκτος αὐτὴ κατάστασις θὰ ὑφίσταται καὶ ὅταν κλείσωμε τὸν διακόπτην.

Συμπέρασμα ὄλων αὐτῶν εἶναι ὅτι δὲν συμφέρει κατὰ κανό-

να νὰ συνδέσῃμε ἐν παραλλήλῳ συσσωρευτὰς ἢ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα. Πράγματι αἱ συσκευαὶ αὐταὶ ἔχουν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἢ ὅποια μεταβάλλεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας των. Ἄν ἀκόμη ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῶν συσσωρευτῶν ἢ τῶν στοιχείων εἶναι ἡ ἴδια κατὰ τὴν ἔναρξιν τῆς παραλλήλου λειτουργίας των, δὲν εἶναι βέβαιον ὅτι ἡ ἰσότης τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων θὰ διατηρηθῇ κατὰ τὸν ὑπόλοιπον χρόνον τῆς λειτουργίας των.

Ἀντιθέτως ἡ παράλληλος λειτουργία γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος εἶναι δυνατὴ, διότι εἰς τὰς μηχανὰς αὐτὰς ἔχομε τὴν δυνατότητα νὰ ρυθμίζωμε τὴν τιμὴν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς τῶν δυνάμεως. Δυνάμεθα, ἐπομένως, νὰ ἐξισώνωμε τὰς ἠλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις τῶν γεννητριῶν καὶ πρὶν ἀπὸ τὴν παράλληλον σύνδεσίν των καὶ κατὰ τὴν ἐν παραλλήλῳ λειτουργίαν των.

2α ἰδιότης. Εἰς παράλληλον σύνδεσιν πηγῶν τῆς ἰδίας ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μεταξὺ τῶν κόμβων ἰσοῦται μὲ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς ἀπὸ τὰς πηγὰς.

Τὴν ἰδιότητα αὐτὴν διαπιστώνομε μὲ βολτόμετρον.

3η ἰδιότης. Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις πηγῶν, συνδεδεμένων ἐν παραλλήλῳ, ἰσοῦται μὲ τὴν ἰσοδύναμον ἐσωτερικὴν τῶν ἀντίστασιν.

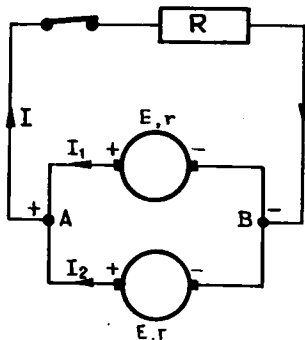
Θὰ εὐρωμε τὴν τιμὴν τῆς ἄναχωρήσωμε ἀπὸ τὴν ἰσοδύναμόν τῆς ἀγωγιμότητα :

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots$$

Ὅταν ὅλαι αἱ πηγαὶ ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r$ , ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις των ἔχει τιμὴν  $r_1 = \frac{r}{n}$ , ὅπου  $n$  εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων πηγῶν.

14.9 Πώς εφαρμόζεται ο νόμος του Ωμ δια το κλειστόν κύκλωμα, όταν τούτο τροφοδοτήται υπό πηγών συνδεδεμένων έν παραλλήλω.

1η Περίπτωσης: "Όλαι αί πηγαί έχουν την ίδιαν ήλεκτροεγερτική δύναμιν  $E$  και την ίδιαν έσωτερικήν αντίστασιν  $r$ .



Σχ. 14.9 α.

Έστω ότι, εις την συνδεσμοεργίαν του σχήματος 14.9 α, είναι:

$E = 110 \text{ V}$  ή ήλεκτροεγερτική δύναμις τής κάθε γεννητρίας,

$r = 0,4 \Omega$  ή έσωτερική αντίστασις τής κάθε γεννητρίας και

$R = 10,8 \Omega$  ή όλική αντίστασις του κυκλώματος καταναλώσεως.

α) Δια να εύρωμε την έντασιν  $I$  του ρεύματος δια μέσω του κυκλώματος, εφαρμόζομε την σχέση  $I = \frac{E}{R + r_1}$ , εις την όποιαν:

$E$  είναι ή ήλεκτροεγερτική δύναμις μιās από τās γεννητρίας, δηλαδή  $E = 110 \text{ V}$ .

$r_1$  είναι ή ίσοδύναμος έσωτερική αντίστασις των γεννητριών,

δηλαδή  $r_1 = \frac{r}{n} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \Omega$  και  $R = 10,8 \Omega$ .

Έπομένως:

$$I = \frac{E}{R + r_1} = \frac{110}{10,8 + 0,2} = \frac{110}{11} = 10 \text{ A.}$$

β) Ἡ πολικὴ τάσις τῶν ἐν παραλλήλῳ πηγῶν ἔχει τιμὴν:

$$U_{AB} = I \cdot R = 10 \times 10,8 = 108 \text{ V.}$$

Ἐνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέομε διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν πόλων τῆς κάθε γεννητρίας καὶ μεταξὺ τῶν κόμβων *A* καὶ *B* δεικνύει τὴν ἀνωτέρω τάσιν.

γ) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῶν πηγῶν ἔχει τιμὴν:

$$I \cdot r_1 = 10 \times 0,2 = 2 \text{ V.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι:

$$U_{AB} + I \cdot r_1 = 108 + 2 = 110 \text{ V} = E.$$

δ) Πρέπει τώρα νὰ ἀντιληφθοῦμε καλῶς ὅτι ἡ πτώσις τάσεως 2 V προκύπτει τόσον εἰς τὴν μίαν γεννήτριαν, ὅσον καὶ εἰς τὴν ἄλλην, ἀφοῦ ἡ πολικὴ τάσις  $U_{AB} = 108 \text{ V}$  τῶν δύο γεννητριῶν εἶναι ἡ ἴδια.

Πρέπει ἐπομένως (σχ. 14·9 α) νὰ εἶναι:

$$I_1 \cdot r = I_2 \cdot r = 2 \text{ V,}$$

δηλαδὴ νὰ εἶναι:

$$I_1 = \frac{2}{r} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ A καὶ } I_2 = \frac{2}{r} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ A, δηλαδὴ}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = 5 \text{ A.}$$

Ἐπομένως, πηγαί, μὲ τὴν ἴδιαν ἠλεκτρογεωμετρικὴν δύναμιν καὶ τὴν ἴδιαν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, παρέχουν ρεύματα τῆς ἴδιας ἐντάσεως.

2α Περίπτωσης: Αἱ πηγαὶ ὅλαι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἠλεκτρογεωμετρικὴν δύναμιν, ἀλλὰ διάφορον ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν.

Ἐστω πάλιν εἰς τὴν συνδεσμολογίαν τοῦ σχήματος 14·9 α ὅτι ἔχομε:

$E = 110 \text{ V}$  ἡ ἠλεκτρογεωμετρικὴ δύναμις τῆς κάθε γεννητρίας.

$r_1 = 0,2 \ \Omega$  ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις μιᾶς τῶν γεννητριῶν.

$r_2 = 0,3 \Omega$  ή εσωτερική αντίσταση τῆς δευτέρας γεννητριάς.

$R = 10,88 \Omega$  ή ὅλική αντίσταση τοῦ κυκλώματος καταναλώσεως.

α) Διὰ νὰ εὑρωμε τὴν ἔντασιν  $I$  τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος, ἐφαρμόζομε τὴν σχέσιν  $I = \frac{E}{R + r_1}$ , εἰς τὴν ὁποίαν:

$E$  εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς ἀπὸ τὰς γεννητριάς, δηλαδὴ  $E = 110 \text{ V}$ ,

$r_1$  εἶναι ἡ ἰσοδύναμος εσωτερικὴ ἀντίσταση τῶν γεννητριῶν.

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἀντίστασιν αὐτὴν, ἀναχωροῦμε ἀπὸ τὰς ἀγωγιμότητας, δηλαδὴ:

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,3} = \frac{0,3 + 0,2}{0,06} = \frac{0,5}{0,06} \text{ mho, ἄρα}$$

$$r_1 = \frac{0,06}{0,5} = 0,12 \Omega.$$

Γνωρίζομε ὁμοίως ὅτι:  $R = 10,88 \Omega$ .

Ἐπομένως:

$$I = \frac{E}{R + r_1} = \frac{110}{10,88 + 0,12} = \frac{110}{11} = 10 \text{ A.}$$

β) Ἡ πολικὴ τάσις τῶν ἐν παραλλήλῳ γεννητριῶν ἔχει τιμὴν:

$$U_{AB} = I \cdot R = 10 \times 10,88 = 108,8 \text{ V.}$$

γ) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῶν γεννητριῶν ἔχει τιμὴν:

$$I \cdot r_1 = 10 \times 0,12 = 1,2 \text{ V.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι:

$$U_{AB} + I \cdot r_1 = 108,8 + 1,2 = 110 \text{ V} = E.$$

δ) Ἡ πτώσις τάσεως  $1,2 \text{ V}$  ἀναφαίνεται εἰς κάθε μίαν ἀπὸ τὰς δύο γεννητριάς, ἄρα:

$$I_1 \cdot r_1 = I_2 \cdot r_2 = 1,2 \text{ V, δηλαδὴ } I_1 \times 0,2 = I_2 \times 0,3 = 1,2 \text{ V.}$$

Ἐπεταί ὅτι:

$$I_1 = \frac{1,2}{0,2} = 6 \text{ A καὶ } I_2 = \frac{1,2}{0,3} = 4 \text{ A.}$$



Ἐπαληθεύομε ὅτι :

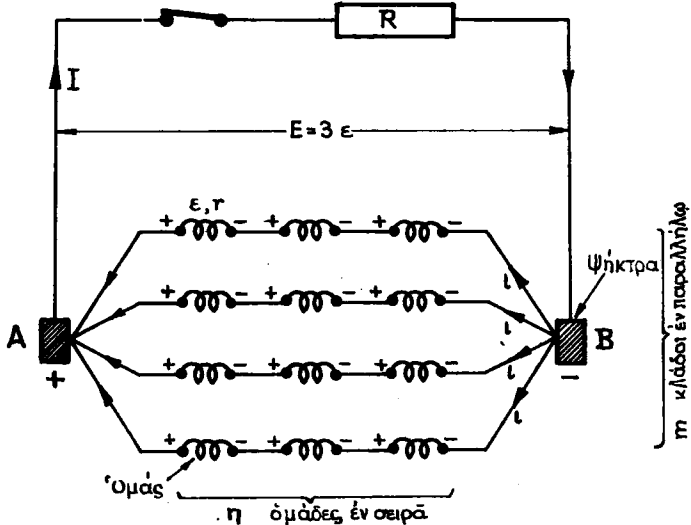
$$I_1 + I_2 = 6 + 4 = 10 \text{ A} = I.$$

Ἄρα αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων, πὸν μᾶς παρέχουν γεννήτριαι συνδεδεμέναι ἐν παραλλήλῳ τῆς αὐτῆς ἠλεκτρογενετικῆς δυνάμεως, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐσωτερικὰς ἀντιστάσεις των.

### Γ' ΜΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΠΗΓΩΝ

**14·10 Μικτὴ σύνδεσις πηγῶν προκύπτει εἰς ὅλα τὰ ἐπαγωγικά τυλίγματα τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος.**

Εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ἐπαγωγικὸν τυλίγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ ομάδας, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι κατὰ μικτὴν σύνδεσιν (σχ. 14·10 α).



Σχ. 14·10 α.

Τοῦτο σημαίνει ὅτι συγκροτήματα ομάδων ἐν σειρᾷ συνδέονται ἐν παραλλήλῳ.

Κάθε συγκρότημα ομάδων ἐν σειρᾷ ὀνομάζεται κλάδος τοῦ τυλίγματος. Εἰς τὸ σχῆμα 14·10 α ὁ κάθε κλάδος ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς ομάδας ἐν σειρᾷ, ὁλόκληρον δὲ τὸ τυλίγμα ἔχει τέσσαρας κλάδους.

Ὅλαι αἱ ομάδες τυλίγματος πρέπει νὰ εἶναι ἴδιαι καὶ οἱ κλάδοι νὰ ἔχουν ὅλοι τὸν ἴδιον ἀριθμὸν ομάδων. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κλάδων εἶναι ἄρτιος, δηλαδὴ τὸ τυλίγμα ἔχει 2, 4, 6 κλπ. κλάδους ἐν παραλλήλω.

Εἰς κάθε ομάδα ἀναπτύσσεται ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ὅταν ἡ μηχανὴ λειτουργῇ. Αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις ὅλων τῶν ομάδων ἔχουν τὴν ἴδιαν τιμὴν. Αἱ ἀντίστασις ὅλων τῶν ομάδων πρέπει ἐπίσης νὰ ἔχουν τὴν ἴδιαν τιμὴν.

Ἐὰν συνδυάσωμε τὰ ὅσα ἐμάθαμε περὶ τῆς συνδέσεως πηγῶν ἐν σειρᾷ καὶ ἐν παραλλήλω, προκύπτουν τὰ ἑξῆς:

α) Ἄν  $n$  εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ομάδων ἐν σειρᾷ εἰς κάθε κλάδον καὶ  $\epsilon$  εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς κάθε ομάδα, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  τῆς μηχανῆς εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἑνὸς κλάδου, δηλαδὴ:

$$E = n \cdot \epsilon.$$

β) Ἄν  $r$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς κάθε ομάδος, ὁ κάθε κλάδος παρουσιάζει ἀντίστασιν:  $n \cdot r$ .

Ἄν  $m$  εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν παραλλήλων κλάδων, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς μηχανῆς ἔχει ἰσοδύναμον τιμὴν:

$$r_1 = \frac{n \cdot r}{m}.$$

γ) Ἄφοῦ οἱ κλάδοι ἔχουν ὅλοι τὴν ἴδιαν ἀντίστασιν, παρέχουν ὅλοι τὸ ἴδιον ρεῦμα. Ἄν  $I$  εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος, τὸ ρεῦμα διὰ μέσου κάθε κλάδου ἔχει ἔντασιν  $\frac{I}{m}$ .

**Παράδειγμα.**

Τὸ τὺλίγμα γεννητρίας Σ. Ρ. ἔχει τέσσαρας κλάδους ἐν παραλλήλω (σχ. 14·10 α). Κάθε κλάδος ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς ὁμάδας ἐν σειρᾷ. Κάθε ὁμάς παρουσιάζει ἀντίστασιν  $0,4 \Omega$  καὶ ἀναπτύσσει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $15 \text{ V}$ . Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ κύκλωμα καταναλώσεως ἀντιστάσεως  $3,45 \Omega$ .

**Ζητοῦνται :**

- α) Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας.
- β) Ἡ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις.
- γ) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.
- δ) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς γεννητρίας.
- ε) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς αὐτῆς.
- στ) Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου κάθε κλάδου τοῦ τυλίγματος.

**Λύσις :**

$$m = 4, n = 3, r = 0,4 \Omega, \varepsilon = 15 \text{ V}, R = 3,45 \Omega.$$

α) Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας εἶναι ἴση μὲ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἑνὸς ἀπὸ τοὺς κλάδους, δηλαδὴ :

$$E = n \cdot \varepsilon = 3 \times 15 = 45 \text{ V}.$$

β) Ἡ ἀντίστασις τοῦ κάθε κλάδου εἶναι :

$$n \cdot r = 3 \times 0,4 = 1,2 \Omega.$$

Ἐφοῦ ὑπάρχουν τέσσαρες κλάδοι, μὲ τὴν ἰδίαν ἀντίστασιν, ἐν παραλλήλω, ἡ ἰσοδύναμος ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας ἔχει τιμὴν :

$$r_1 = \frac{1,2}{m} = \frac{1,2}{4} = 0,3 \Omega.$$

γ) Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος ἔχει τιμὴν :

$$I = \frac{E}{R + r_1} = \frac{45}{3,45 + 0,3} = \frac{45}{3,75} = 12 \text{ A}.$$

δ) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς γεννητρίας εἶναι :

$$U_{AB} = I \cdot R = 12 \times 3,45 = 41,4 \text{ V}.$$

ε) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητριάς εἶναι :

$$I \cdot r_1 = 12 \times 0,3 = 3,6 \text{ V.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι :

$$U_{AB} + I \cdot r_1 = 41,4 + 3,6 = 45 \text{ V} = E.$$

στ) Ἡ ἰδία πτώσις τάσεως 3,6 V προκύπτει εἰς κάθε κλάδον τοῦ τυλίγματος. Ἀφοῦ οἱ κλάδοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἀντίστασιν  $n \cdot r$ , ἰσχύει δι' ὅλους ἡ σχέσις  $i \cdot (n \cdot r) = 3,6 \text{ V}$ , ὅπου  $i$  εἶναι τὸ ρεῦμα διὰ μέσου ἐκάστου τῶν κλάδων.

Ἄρα ὁ κάθε κλάδος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως :

$$i = \frac{3,6}{n \cdot r} = \frac{3,6}{1,2} = 3 \text{ A.}$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι :

$$4 \cdot i = 4 \times 3 = 12 \text{ A} = I.$$

#### 14.11 Ἄνακεφαλαίωσης.

α) Εἰς σύνδεσιν πηγῶν ἐν σειρᾷ.

1. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μετὸ ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν, αἱ ὁποῖαι τὴν ἀποτελοῦν :

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

2. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μετὸ ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων τῶν πηγῶν, αἱ ὁποῖαι τὴν ἀποτελοῦν :

$$r_0 = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

3. Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ,  $I = \frac{E}{R + r}$ , ἐφαρμόζεται, ὅταν  $E$  εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας,

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

καὶ  $r_0$  εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις,

$$r_0 = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

β) Ὄταν, εἰς σύνδεσιν πηγῶν ἐν σειρᾷ, μία πηγὴ εἶναι συνδεδεμένη ἀναστρόφως, πρέπει εἰς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ,  $I = \frac{E}{R + r_0}$ , νὰ εἶναι  $E =$  τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν καὶ  $r_0 =$  τὸ ἀριθμητικὸν ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν τῶν ἀντιστάσεων.

γ) Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις προκύπτει κατὰ τὴν φόρτισιν συσσωρευτῶν καὶ ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν κινητῶν.

δ) Εἰς παράλληλον σύνδεσιν πηγῶν πρέπει ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὅλων τῶν πηγῶν νὰ εἶναι ἡ ἴδια. Ἡ παράλληλος σύνδεσις συσσωρευτῶν ἢ ἠλεκτρικῶν στοιχείων δὲν συνιστᾶται. Ἀντιθέτως, γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος λειτουργοῦν ὁμαλῶς ἐν παραλλήλῳ.

ε) Ὄταν, εἰς παράλληλον σύνδεσιν πηγῶν, αἱ πηγαὶ εἶναι τῆς ἰδίας ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως :

1. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μεταξὺ κόμβων εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς ἀπὸ τὰς πηγὰς.

2. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συνόλου τῶν πηγῶν εἶναι ἴση μὲ τὴν ἰσοδύναμον ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν. Ἡ τιμὴ τῆς προκύπτει ἀπὸ τὴν ἰσοδύναμον ἀγωγιμότητα :

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots$$

Ἄν ὅλαι αἱ πηγαὶ παρουσιάζουν τὴν ἴδιαν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, ἰσχύει ἡ σχέσηις :  $r_1 = \frac{r}{n}$  ( $r =$  ἀντίστασις μιᾶς πηγῆς).

3. Ὁ νόμος τοῦ Ὠμ,  $I = \frac{E}{R + r_1}$ , ἐφαρμόζεται, ὅταν  $E$  εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς ἀπὸ τὰς πηγὰς καὶ  $r_1$  ἡ ἰσοδύναμος ἐσωτερικὴ τῶν ἀντίστασις.

4. Ἄν αἱ πηγαὶ ἔχουν τὴν ἴδιαν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν,

τότε παρέχουν όλα ρεύμα της ίδιας έντασης. "Αν όμως έχουν διαφορετική αντίσταση, οι έντασεις των ρευμάτων, που παρέχουν, είναι αντιστρόφως ανάλογι προς τὰς εσωτερικάς αντιστάσεις των.

στ) "Η μικτή σύνδεσις πηγών προκύπτει εἰς τὰ ἐπαγωγικά τυλίγματα τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος ὅπου:

1. "Η ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἑνὸς ἀπὸ τοὺς κλάδους  $E = n \cdot \varepsilon$ .

2. "Η εσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς μηχανῆς εἶναι ἴση πρὸς τὴν εσωτερικὴν ἀντίστασιν ἑνὸς κλάδου  $n \cdot r$ , διὰ τοῦ ἀριθμοῦ  $m$  τῶν κλάδων:

$$r_1 = \frac{n \cdot r}{m}$$

3. Διὰ νὰ ἐφαρμόσωμε τὸν νόμον τοῦ "Ωμ,  $I = \frac{E}{R + r_1}$ , ὅταν ἡ πηγὴ εἶναι γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος, πρέπει νὰ εἶναι:

$$E = n \cdot \varepsilon \text{ καὶ } r_1 = \frac{n \cdot r}{m}$$

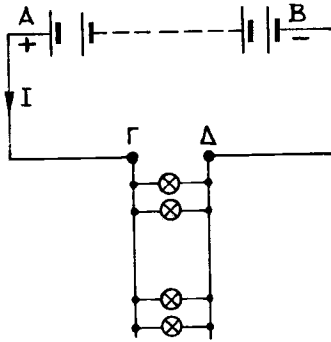
## 14·12 Προβλήματα.

α) Συστοιχία συσσωρευτῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ 6 [12] (60) συσσωρευτάς, συνδεδεμένους ἐν σειρᾷ (σχ. 14·12 α). Κάθε συσσωρευτὴς ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 V [1,95 V] (2 V) καὶ εσωτερικὴν ἀντίστασιν 0,003 Ω [0,002 Ω] (0,0025 Ω). Τὸ κύκλωμα καταναλώσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ 5 [10] (20) λαμπτήρας ἐν παραλλήλω, ποὺ ἔχουν ὁ καθένας μία ἀντίστασιν 2,85 Ω [11,5 Ω] (242 Ω). Αἱ γραμμαὶ ΑΓ καὶ ΒΔ παρουσιάζουν ἀντίστασιν 0,012 Ω [0,056 Ω] (0,12 Ω).

Ζητοῦνται:

- α) "Η ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας.
- β) "Η εσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις.
- γ) "Η ἰσοδύναμος ἀντίστασις τῶν λαμπτήρων.
- δ) "Η ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.
- ε) "Η ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

- στ) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς συστοιχίας.  
 ζ) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς συστοιχίας.  
 η) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῶν γραμμῶν ΑΓ καὶ ΒΔ.  
 θ) Ἡ τάσις ἢ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς λαμπτήρας.

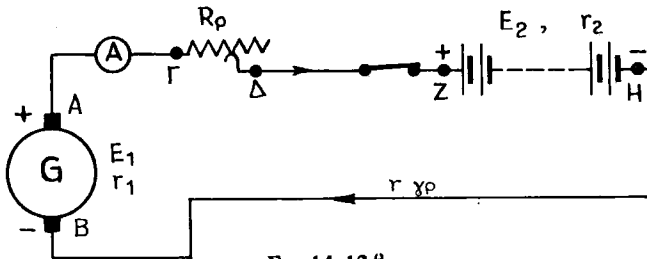


Σχ. 14·12 α.

Ἀπάντησις :

- α) 12 V [23,4 V] (120 V), β) 0,018 Ω [0,024 Ω] (0,15 Ω).  
 γ) 0,57 Ω [1,15 Ω] (12,1 Ω), δ) 0,582 Ω [1,206 Ω] (12,22 Ω),  
 ε) 20 A [19,02 A] (9,7 A), στ) 11,64 V [22,938 V] (118,534 V),  
 ζ) 0,36 V [0,456 V] (1,455 V) η) 0,24 V [1,065 V] (1,164 V),  
 θ) 11,4 V [21,87 V] (117,37 V).

β) Μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος πρέπει νὰ φορτίσῃ συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ 50 [6] στοιχεῖα (σχ. 14·12 β). Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κάθε συσσωρευτοῦ, κατὰ τὴν



Σχ. 14·12 β.

ἐναρξιν τῆς φορτίσεως, εἶναι 1,8 V [1,8 V]. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις

του κάθε συσσωρευτού είναι  $0,025 \Omega$  [ $0,02 \Omega$ ]. Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρεγερτική δύναμιν  $150 \text{ V}$  [ $24 \text{ V}$ ] και η έσωτερική της αντίστασις είναι  $0,25 \Omega$  [ $0,2 \Omega$ ]. Αι αντιστάσεις του ροοστάτου και των συνδετικών άγωγών είναι αντίστοιχως  $3 \Omega$  [ $0,68 \Omega$ ] και  $0,3 \Omega$  [ $0,1 \Omega$ ].

Ζητούνται :

- α) Η αντιηλεκτρεγερτική δύναμις τής συστοιχίας.
- β) Η έσωτερική της αντίστασις.
- γ) Η έντασις του ρεύματος φορτίσεως.
- δ) Η πτώσις τάσεως έντός τής γεννητρίας.
- ε) Η πτώσις τάσεως έντός του ροοστάτου.
- στ) Η πτώσις τάσεως έντός των συνδετικών άγωγών.
- η) Η εφηρμοσμένη τάσις εις τὰ άκρα τής συστοιχίας.
- θ) Η πολική τάσις τής γεννητρίας.

Απάντησις :

α)  $90 \text{ V}$  [ $10,8 \text{ V}$ ], β)  $1,25 \Omega$  [ $0,12 \Omega$ ], γ)  $12,5 \text{ A}$  [ $12 \text{ A}$ ], δ)  $3,125 \text{ V}$  [ $2,40 \text{ V}$ ], ε)  $37,5 \text{ V}$  [ $8,16 \text{ V}$ ], στ)  $3,75 \text{ V}$  [ $1,2 \text{ V}$ ], ζ)  $105,625 \text{ V}$  [ $12,24 \text{ V}$ ], η)  $146,875 \text{ V}$  [ $21,6 \text{ V}$ ]

γ) Είς τὸ προηγούμενον πρόβλημα, ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κάθε συσσωρευτοῦ εἰς τὸ τέλος τῆς φορτίσεως εἶναι  $2,3 \text{ V}$ . Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ αντίστασις τοῦ ροοστάτου, ὥστε τὸ ρεῦμα φορτίσεως νὰ εἶναι τότε  $8 \text{ A}$ . Ὅλα τὰ ἄλλα δεδομένα τοῦ προβλήματος παραμένουν τὰ ἴδια.

Απάντησις :  $2,575 \Omega$  [ $0,855 \Omega$ ]

δ) Ἡλεκτρικὸς κινητῆρ, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ εἰς δίκτυον  $110 \text{ V}$  [ $220 \text{ V}$ ], ἀναπτύσσει, ὑπὸ πλήρη φορτίον, ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $98 \text{ V}$  [ $212 \text{ V}$ ]. Ἡ έσωτερικὴ αντίστασις τοῦ κινητῆρος εἶναι  $0,2 \Omega$  [ $0,15 \Omega$ ] καὶ ἡ αντίστασις τῶν συνδετικῶν άγωγῶν  $0,1 \Omega$  [ $0,1 \Omega$ ].

Ζητούνται :

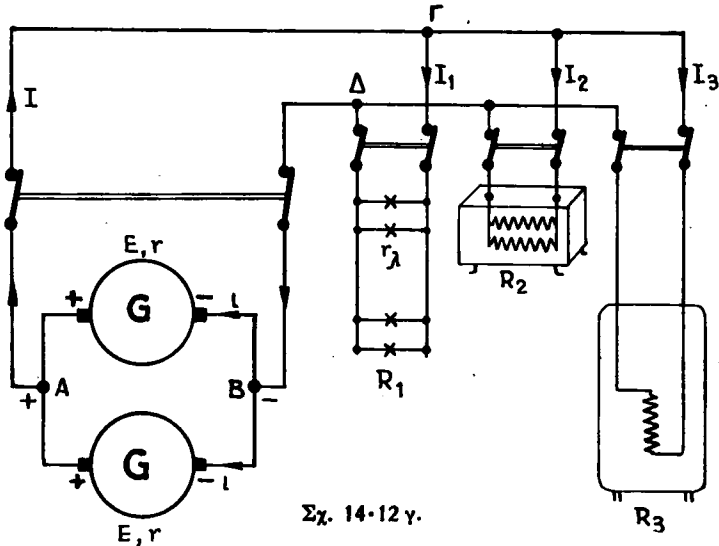
α) Ἡ έντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾷ ὁ κινητῆρ. β) Ἡ αντίστασις τοῦ ροοστάτου ἐκκινήσεως κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος, προκειμένου ἡ έντασις τοῦ ρεύματος ἐκκινήσεως νὰ εἶναι  $2,5$  φορές μεγαλύτερα τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος πλήρους φορτίου.

Απάντησις : α)  $40 \text{ A}$  [ $32 \text{ A}$ ], β)  $0,8 \Omega$  [ $2,5 \Omega$ ].

ε) Δύο γεννήτριαι Σ.Ρ., τῆς αὐτῆς ηλεκτρεγερτικῆς δυνάμειος  $126 \text{ V}$  [ $240,9 \text{ V}$ ] καὶ τῆς ἰδίας έσωτερικῆς αντιστάσεως  $0,4 \Omega$  [ $0,8 \Omega$ ], λειτουργοῦν ἐν παράλλῳ (σχ. 14.12 γ). Αἱ γεννήτριαι τροφοδοτοῦν



40 [20] λαμπτήρας, συνδεδεμένους ἐν παραλλήλῳ, ὁ καθένας ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἔχει ἀντίστασιν  $240\ \Omega$  [  $480\ \Omega$  ], μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν ἀντίστάσεως  $12\ \Omega$  [  $12\ \Omega$  ] καὶ ἕνα θερμοσίφωνα ἀντίστάσεως  $6\ \Omega$  [  $24\ \Omega$  ]. Αἱ συνδετικαὶ γραμμαὶ ΑΓ καὶ ΒΔ ἔχουν συνολικὴν ἀντίστασιν  $0,2\ \Omega$  [  $0,2\ \Omega$  ]. Τὰ τμήματα γραμμῶν ποὺ συνδέουν τοὺς κόμβους Γ καὶ Δ μὲ τοὺς καταναλωτὰς ἔχουν ἀμελητέαν ἀντίστασιν.



Σχ. 14-12 γ.

Ζητοῦνται :

- α) Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  τοῦ συγκροτήματος τῶν γεννητριῶν.
- β) Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $r_1$  αὐτοῦ.
- γ) Ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις  $R_1$  τῶν λαμπτήρων.
- δ) Ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις  $R_1$  τῶν καταναλωτῶν  $R_1$ ,  $R_2$  καὶ  $R_3$ .
- ε) Ἡ ἔντασις  $I$  τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.
- στ) Ἡ πολικὴ τάσις  $U_{AB}$  τῶν πηγῶν.
- ζ) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν ΑΓ καὶ ΒΔ.
- η) Ἡ ἐφρημοσιμένη τάσις  $U_{\Delta\Gamma}$  εἰς τοὺς καταναλωτὰς  $R_1$ ,  $R_2$  καὶ  $R_3$ .
- θ) Τὰ ρεύματα  $I_1$ ,  $I_2$  καὶ  $I_3$ .
- ι) Τὰ ρεύματα : διὰ μέσου τῶν γεννητριῶν.

Ἀπάντησις :

- α)  $126\ \text{V}$  [  $240,9\ \text{V}$  ], β)  $0,2\ \Omega$  [  $0,4\ \Omega$  ], γ)  $6\ \Omega$  [  $24\ \Omega$  ], δ)  $2,4\ \Omega$

[6 Ω], ε) 45 A [36,5 A], στ) 117 V [226,3 Ω], ζ) 9 V [7,3 V], η) 108 V [219 V], θ) 18 A, 9 A, 18 A [9,125 A, 18,25 A, 9,125 A], ι) 22,5 A [18,25 A]

στ) Δύο γεννήτριαι Σ. Ρ., τῆς αὐτῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 234,6 V [126,1 V], ἐσωτερικῆς δὲ ἀντιστάσεως  $r_1 = 0,3 \Omega$  [0,4 Ω] καὶ  $r_2 = 0,6 \Omega$  [0,6 Ω], λειτουργοῦν ἐν παραλλήλῳ καὶ τροφοδοτοῦν κύκλωμα καταναλώσεως συνολικῆς ἀντιστάσεως 3,2 Ω [1,7 Ω]. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει κάθε γεννήτρια.

Ἀπάντησις : 46 A, 23 A [39 A, 26 A]

ζ) Τὸ ἐπαγωγικὸν τύλιγμα γεννητρίας Σ. Ρ. (σχ. 14·10 α) ἔχει 2 [4] (8) παραλλήλους κλάδους. Ὁ κάθε κλάδος ἀποτελεῖται ἀπὸ 12 [8] (4) ομάδας ἐν σειρᾷ. Ἡ κάθε ομάδα ἀναπτύσσει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 20 V [15 V] (4 V) καὶ παρουσιάζει ἀντίστασιν 0,1 Ω [0,05 Ω] (0,01 Ω). Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ κύκλωμα καταναλώσεως ἀντιστάσεως 7,4 Ω [1,4 Ω] (0,045 Ω).

Ζητοῦνται :

- α) Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας.
- β) Ἡ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις.
- γ) Τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.
- δ) Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητρίας.
- ε) Ἡ πολικὴ τῆς τάσεως.
- στ) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου κάθε κλάδου.

Ἀπάντησις :

α) 240 V [120 V] (16 V), β) 0,6 Ω [0,1 Ω] (0,005 Ω), γ) 30 A [80 A] (320 A), δ) 18 V [8 V] (1,6 V), ε) 222 V [112 V] (14,4 V), στ) 15 A [20 A] (40 A)

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΕΡΓΟΝ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## 15·1 Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι μία μορφή ἐνεργείας.

Εἶναι γνωστὸν ὅτι :

α) Ὄταν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορῇ διὰ μέσου θερμάστρας, κουζίνας, λαμπτήρος κλπ., αἱ συσκευαὶ αὐταὶ παράγουν θερμότητα ἢ καὶ φῶς.

β) Ὄταν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παρέχεται εἰς κινητήρα, ὁ κινητὴρ ἀναπτύσσει μηχανικὴν ἐνέργειαν καὶ καθίσταται ἱκανὸς νὰ θέσῃ εἰς κίνησιν ἀντλίας, μηχανήματα, ὀχήματα, ἐργαλεῖα κλπ.

γ) Ὄταν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται διὰ μέσου συσσωρευτῶν, προκαλεῖ χημικὰς ἀντιδράσεις.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἀφοῦ δύναται νὰ ἀποδώσῃ θερμικὴν, φωτιστικὴν, μηχανικὴν, χημικὴν κλπ. ἐνέργειαν, δὲν εἶναι δυνατὸν παρὰ νὰ ἀποτελῇ μίαν μορφήν ἐνεργείας.

Ἀντιστρόφως, ἡ παραγωγὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀπαιτεῖ κατανάλωσιν μιᾶς ἄλλης μορφῆς ἐνεργείας. Τὸ ρεῦμα π.χ. τὸ ὁποῖον παρέχουν τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα ὀφείλεται εἰς τὴν κατανάλωσιν χημικῆς ἐνεργείας, ἐνῶ αἱ γεννήτριαι καταναλίσκουν μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸ θὰ μελετήσωμε τὴν ἰσχὺν καὶ τὸ ἔργον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

## 15·2 Μονάδες ἔργου καὶ ἰσχύος, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμε εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτό.

Θὰ χρησιμοποιήσωμε τὰς ἐξῆς μονάδας ἔργου καὶ ἰσχύος :

α) Μονάδες ἔργου.

1. Τὸ χιλιόγραμμόμετρον (kgm). Ὁ ὀρισμὸς του μᾶς εἶναι ἤδη γνωστὸς ἀπὸ τὸ μάθημα τῆς Φυσικῆς.

2. Το *Joule*, το όποιο είναι ίσον πρὸς  $\frac{1}{9,81}$  kgm:

$$1 \text{ Joule} = \frac{1}{9,81} \text{ kgm}, \quad 1 \text{ kgm} = 9,81 \text{ Joule}.$$

3) Το *ώραιον βάττ* ἢ *βαττώριον* (σύμβολον Wh), το όποιο είναι ίσον πρὸς 3 600 Joule:

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ Joule}.$$

4) Το *ώραιον χιλοβάττ* ἢ *χιλοβαττώριον* (σύμβολον kWh), το όποιο είναι ίσον πρὸς 1 000 βαττώρια:

$$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ Wh} = 3\,600\,000 \text{ Joule}.$$

Σύμβολον τοῦ ἔργου εἶναι τὸ κεφαλαῖον γράμμα A.

β) *Μονάδες ισχύος.*

Ἴσχυς εἶναι τὸ ἔργον, τὸ όποιο δαπανᾶται ἢ τὸ όποιο παράγεται εἰς χρόνον ἑνὸς δευτερολέπτου.

Σύμβολον τῆς ισχύος εἶναι τὸ κεφαλαῖον γράμμα N. Ἐπομένως,  $N = \frac{A}{t}$ , ὅπου t εἶναι χρόνος εἰς δευτερόλεπτα ἐντὸς τοῦ οὐοίου ἐκτελεῖται τὸ ἔργον A.

Θὰ χρησιμοποιηθοῦν αἱ ἐξῆς μονάδες ισχύος:

1) Ὁ *ἵππος* (σύμβολον PS). Ἴσοδυναμεῖ πρὸς ἔργον 75 kgm, τὸ όποιο ἐκτελεῖται εἰς χρόνον ἑνὸς δευτερολέπτου:

$$1 \text{ PS} = 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}.$$

2) Το *βάττ* (σύμβολον W). Εἶναι ίσον πρὸς ἔργον ἑνὸς Joule, τὸ όποιο ἐκτελεῖται εἰς ἕνα δευτερόλεπτον.

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{sec}}.$$

3) Το *χιλοβάττ* ἢ *κιλοβάττ* (σύμβολον kW), τὸ όποιο εἶναι ίσον πρὸς 1 000 βάττ.

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

4) Διὰ μικρᾶς ισχύος χρησιμοποιοῦμε τὴν μονάδα *μιλλιβάττ* (σύμβολον mW).

$$1 \text{ mW} = \frac{1}{1000} \text{ W.}$$

γ) Σχέσεις μεταξὺ ἵππου καὶ βᾶττ (ἢ χιλιοβάττ).

Γνωρίζομε ὅτι:

$$1 \text{ PS} = 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}. \text{ Ἐπειδὴ } 1 \text{ kgm} = 9,81 \text{ Joule,}$$

ἔπεται ὅτι:

$$1 \text{ PS} = 75 \times 9,81 \frac{\text{Joule}}{\text{sec}} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW.}$$

Ἀντιστρόφως:

$$1 \text{ kW} = \frac{1}{0,736} = 1,36 \text{ PS.}$$

δ) Ἀπόδοσις μηχανῆς.

Ἀπόδοσις μηχανῆς καλεῖται ὁ λόγος μεταξὺ ὠφελίμου ἐνεργείας, δηλαδὴ ἐνεργείας τὴν ὅποیان παρέχει ἡ μηχανή, καὶ τῆς ἐνεργείας ποὺ παραλαμβάνει ἡ μηχανή. Ἡ ἀπόδοσις μηχανῆς συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα  $n$ .

$$\text{Ἄρα } n = \frac{\text{ὠφελίμον ἔργον}}{\text{παραλαμβανόμενον ἔργον}} \quad \eta$$

$$n = \frac{\text{ὠφέλιμος ἰσχὺς}}{\text{παραλαμβανομένη ἰσχὺς}}$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις αὐτὰς προκύπτουν αἱ ἑξῆς:

$$\text{παραλαμβανόμενον ἔργον} = \frac{\text{ὠφέλιμον ἔργον}}{n} \quad \eta$$

$$\text{παραλαμβανομένη ἰσχὺς} = \frac{\text{ὠφέλιμος ἰσχὺς}}{n}$$

Ἡ ἀπόδοσις οἰασδήποτε μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικροτέρα τῆς μονάδος. Αὐτὸ συμβαίνει, διότι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποφευχθῇ ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας ἐντὸς τῆς μηχανῆς, λόγῳ τῶν διαφόρων τριβῶν, τῆς ἀναπτύξεως θερμότητος κλπ. Ἔτσι, ἠλεκτρικὸς κινητήρ, ὁ ὁποῖος παραλαμβάνει ἀπὸ τὸ δίκτυον ἠλεκτρικὴν ἰσχὺν  $N = 6 \text{ kW}$  παρέχει, ὡς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέρος μόνον αὐτῆς, π.χ.  $5,4 \text{ kW}$ . Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος εἶναι τότε:

$$\eta = \frac{\text{ωφέλιμος ισχύς}}{\text{παραλαμβανομένη ισχύς}} = \frac{5,4}{6} = 0,9.$$

Ἡ ὑπόλοιπος ισχύς  $6 - 5,4 = 0,6 \text{ kW}$  καταναλίσκεται ἐντὸς τοῦ κινητήρος διὰ διαφόρους αἰτίαις.

### Παράδειγμα.

Ἡλεκτροκινητὴρ γερανοῦ ἀνύψωσε βάρους  $400$  χιλιογραμμῶν εἰς ὕψος  $10$  μέτρων ἐντὸς  $20$  δευτερολέπτων. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ γερανοῦ εἶναι  $\eta = 0,8$ .

Ζητοῦνται :

α) Τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἔδωσε ὁ κινητὴρ εἰς τὸν γερανό, δηλαδὴ τὸ παραληφθὲν ὑπὸ τοῦ γερανοῦ ἔργον: 1) εἰς χιλιογραμμόμετρα, 2) εἰς Joule, 3) εἰς χιλιοβαττώρια.

β) Ἡ ισχύς τοῦ κινητήρος: 1) εἰς ἵππους, 2) εἰς χιλιοβάττ.

Λύσις:

$$B = 400 \text{ kg}, v = 10 \text{ m}, t = 20 \text{ sec}, \eta = 0,8, A = ; N = ;$$

α) Τὸ παραληφθὲν ἔργον ὑπὸ τοῦ γερανοῦ ἔχει τιμὴν:

1) Εἰς χιλιογραμμόμετρα:

$$A = \text{παραληφθὲν ἔργον} = \frac{\text{ωφέλιμον ἔργον}}{\eta} = \frac{B \cdot v}{\eta} = \frac{400 \times 10}{0,8} = 5000 \text{ kgm.}$$

2) Εἰς Joule ( $1 \text{ kgm} = 9,81 \text{ Joule}$ ):

$$A = 5000 \times 9,81 = 49050 \text{ Joule.}$$

3) Εἰς χιλιοβαττώρια ( $1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ Joule}$ ):

$$A = \frac{49050}{3600000} = 0,0136 \text{ kWh.}$$

β) Ἡ ισχύς τοῦ κινητήρος εὐρίσκεται διὰ τῆς ἐξῆς σκέψεως:

1. Ἀφοῦ τὸ ἔργον τῶν  $5000 \text{ kgm}$  ἐκτελεῖται ἐντὸς  $20$  δευτερολέπτων, τὸ ἔργον ἀνὰ δευτερόλεπτον, δηλαδὴ ἡ ισχύς  $N$ , εἶναι:

$$N = \frac{5000}{20} = 250 \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}.$$

$$\text{Άφου } 1 \text{ PS} = 75 \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}, \text{ έπεται ότι}$$

$$N = \frac{250}{75} = 3,333 \text{ PS.}$$

2. Δεδομένου ότι :

$$1 \text{ PS} = 0,736 \text{ kW}, \text{ έπεται ότι :}$$

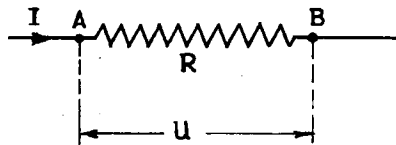
$$N = 0,736 \times 3,333 = 2,453 \text{ kW.}$$

### 15.3 Ίσχύς του ηλεκτρικού ρεύματος.

α) Είς τήν παράγραφον 6.1 έμάθαμε ότι :

Δύο σημεία κυκλώματος παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικού ένδς βόλτ, όταν πρέπει να δαπανηθή έργον ένδς Joule, διά να μετακινηθή ποσότης ήλεκτρισμού ένδς κουλόμ, από τò ένα σημείον είς τò άλλο.

Όταν, έπομένως, μεταξύ τών άκρων AB τμήματος κυκλώματος (σχ. 15.3 α), είναι έφηρμοσμένη τάσις U, τούτο σημαίνει ότι δαπανάται έργον U Joule, διά κάθε κουλόμ, τò όποϊον διέρχεται διά τού τμήματος αύτου.



Σχ. 15.3 α.

Άν, αντί ένδς μόνον κουλόμ, διέλθουν Q κουλόμ διά τού ίδιου τμήματος, τότε τò έργον πò δαπανάται είναι προφανώς Q φορές μεγαλύτερον, δηλαδή είναι U · Q Joule. Άρα :

$$A = U \cdot Q \text{ Joule.}$$

Άν τὰ Q κουλόμ διέρχονται είς t δευτερόλεπτα, τò έργον ανά δευτερόλεπτον, δηλαδή ή καταναλισκομένη ισχύς έντòς τού τμήματος AB, είναι :

$$N = \frac{A}{t} = U \cdot \frac{Q}{t} \frac{\text{Joule}}{\text{sec}} = U \cdot \frac{Q}{t} \text{ βάττ.}$$

Δεδομένου ότι  $\frac{Q}{t}$  είναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν  $I$ , εἰς ἀμπέρ, τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ  $AB$ , ἔπεται ὅτι :

$$N = U \cdot I \text{ βάττ.} \quad (9)$$

Ἄρα ἡ ἰσχύς, εἰς βάττ, ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς τμήματος κυκλώματος, εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενον τῆς τάσεως, εἰς βόλτ, ἢ ὁποῖα ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα του, ἐπὶ τὴν ἔντασιν, εἰς ἀμπέρ, τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ ἐντὸς αὐτοῦ.

Ἡ καταναλισκομένη αὐτὴ ἰσχύς παρέχεται ὑπὸ τῆς πηγῆς. Ἄρα ἡ πηγὴ παρέχει εἰς τὸν ἀνωτέρω καταναλωτὴν ἰσχύν :

$$N = U \cdot I \text{ βάττ.}$$

β) Διὰ νὰ καθορίσωμε τὴν ἰσχύν, ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς τμήματος κυκλώματος, πρέπει νὰ μετρήσωμε : 1ον) Τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ τμήματος αὐτοῦ. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν παρεβάλλομε καταλλήλως ἓνα ἀμπερόμετρον. 2ον) Τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν εἰς τὸ τμήμα αὐτό. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται ἂν συνδέσωμε ἓνα βολτόμετρον εἰς τὰ ἄκρα του. Τὸ γινόμενον τῶν ἐνδείξεων τῶν δύο ὀργάνων μᾶς δίδει τὴν ἰσχύν, ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς τοῦ τμήματος αὐτοῦ. Ἐντασις καὶ τάσις πρέπει νὰ ἀναφέρονται εἰς τὸ ἴδιον τμήμα.

γ) Ἄν τὸ τμήμα  $AB$  τοῦ κυκλώματος δὲν εἶναι ἠλεκτρικὸς κινητῆρ ἢ συσσωρευτῆς ἢ συσκευὴ ἠλεκτρολύσεως, ἀλλὰ μία καθαρά ἀντίστασις τιμῆς  $R$  (σχ. 15·3 α), τότε  $I = \frac{U}{R}$  καὶ ἡ ἀνωτέρω σχέσις (9) λαμβάνει τὴν δευτέραν μορφήν  $N = U \cdot \frac{U}{R}$ , δηλαδὴ :

$$N = \frac{U^2}{R} \text{ βάττ.} \quad (9')$$

Ἐπειδὴ, διὰ τὸ ἴδιον τμήμα  $AB$ , ἔχομεν ὅτι  $U = I \cdot R$ , ἢ



σχέσις (9) λαμβάνει καὶ τρίτην μορφήν,  $N = I \cdot R \cdot I$ , δηλαδή:

$$N = I^2 \cdot R \text{ βάττ.} \quad (9'')$$

### Παράδειγμα 1.

Θερμάστρα λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτῆς εἶναι 4,5 A. Ποία εἶναι ἡ ἰσχύς τῆς θερμάστρας;

Λύσις:

$$U = 220 \text{ V, } I = 4,55 \text{ A, } N = ;$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (9) προκύπτει ὅτι:

$$N = U \cdot I = 220 \times 4,55 = 1001 \text{ W} \simeq 1 \text{ kW.}$$

### Παράδειγμα 2.

Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς ἰδίας θερμάστρας;

Λύσις: Ἀφοῦ ἡ θερμάστρα εἶναι μία καθαρά ἀντίστασις, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμε τὴν σχέσιν (9')  $N = \frac{U^2}{R}$ , ἀπὸ τὴν ὁποίαν προκύπτει ὅτι:

$$R = \frac{U^2}{N} = \frac{220^2}{1001} = \frac{48400}{1001} = 48,35 \Omega.$$

Τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμε καὶ ἀπὸ τὴν σχέσιν (9'')  $N = I^2 \cdot R$ , ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἔχομε:

$$R = \frac{N}{I^2} = \frac{1001}{4,55^2} = \frac{1001}{20,7025} = 48,35 \Omega.$$

Σημείωσις: Ἡ ἀντίστασις ποὺ ὑπολογίσαμε εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐν θερμῷ, δηλαδή ἡ ἀντίστασις τῆς θερμάστρας, ὅταν λειτουργῇ. Ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμαντικοῦ τῆς στοιχείου εἶναι τότε περίπου 600°. Ἐάν μετρήσωμε μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐίτστον τὴν ἀντίστασιν τῆς ἐν ψυχρῷ, δηλαδή ὅταν ἡ θερμάστρα δὲν λειτουργῇ, θὰ σημειώσωμε μικρότερην τιμὴν. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τοὺς ἠλεκτρικοὺς λαμπτήρας. Ἡ ἀντίστασις ἐν θερμῷ λαμπτήρος (περίπου εἰς 2400°), τὴν ὁποίαν ὑπολογίζομε ἀπὸ τὴν ἰσχύον του, εἶναι περίπου δεκαπέντε φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἰδίου λαμπτήρος ἐν ψυχρῷ. Τὸ θέμα αὐτὸ θὰ μελετήσωμε ἰδιαίτερος εἰς τὸ κεφάλαιον 17.

**Παράδειγμα 3.**

Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου ἑνὸς λαμπτήρος, ὁ ὁποῖος ἔχει ἐνδείξεις 220 V, 150 W;

*Λύσις:*

$$U = 220\text{V}, N = 150\text{W}, I = ;$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (9)  $N = U \cdot I$ , προκύπτει ὅτι:

$$I = \frac{N}{U} = \frac{150}{220} = 0,682\text{A}.$$

**Παράδειγμα 4.**

Διὰ νὰ κινήσωμε ἓνα μηχανήμα, χρησιμοποιοῦμε ἓνα ἠλεκτροκινητῆρα Σ.Ρ., ὁ ὁποῖος συνδέεται εἰς δίκτυον 220 V. Ὁ κινητῆρ ἀπορροφᾷ ρεῦμα ἐντάσεως 30 A. Ζητεῖται ἡ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν παραλαμβάνει ὁ κινητῆρ ἀπὸ τὸ δίκτυον.

*Λύσις:*

$$U = 220\text{V}, I = 30\text{A}, N = ;$$

Ὁ κινητῆρ παραλαμβάνει ἀπὸ τὸ δίκτυον ἰσχύν:

$$N = U \cdot I = 220 \times 30 = 6\,600\text{W} = 6,6\text{kW}.$$

Ἐστὼ ὅτι ὁ ἀνωτέρω κινητῆρ παρουσιάζει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r = 0,2\ \Omega$  καὶ ἀναπτύσσει ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E = 214\text{V}$  (βλέπε παράγραφον 14.6, ἐδάφιον β).

Γνωρίζομε ἀπὸ τὴν παράγραφον 15.3, ἐδάφιον γ, ὅτι αἱ μορφαὶ (9')  $N = \frac{U^2}{R}$  καὶ (9'')  $N = I^2 \cdot R$  τῆς σχέσεως τῆς ἰσχύος

ἐφαρμόζονται μόνον εἰς καθαρὰς ἀντιστάσεις, ὄχι ὅμως καὶ εἰς κινητῆρας. Ἐάν, ἐπομένως, χρησιμοποιήσωμε τὰς μορφὰς αὐτὰς καὶ διὰ τὴν ἀντίστασιν  $r = 0,2\ \Omega$  τοῦ κινητῆρος, τότε θὰ πράξομε μέγα σφάλμα, διότι θὰ προκύψουν ἀντίστοιχοι τιμαί:

$$N = \frac{U^2}{r} = \frac{220^2}{0,2} = 242\,000\text{W} \text{ καὶ } N = I^2 \cdot r = 30^2 \times 0,2 = 180\text{W},$$

αἱ ὁποῖαι οὐδεμίαν σχέσιν ἔχουν μεταξὺ των καὶ μὲ τὴν παραλαβὴν ἐπιβεβαιωμένην ἰσχύὸν 6 600 W ὑπὸ τοῦ κινητῆρος.

Τò σφάλμα προέρχεται από τò γεγονός ότι τò ρεύμα, διὰ μέσου του κινητήρος, δέν έχει τιμήν :

$$I = \frac{U}{r} = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ A, αλλά } I = \frac{U - E}{r} = \frac{220 - 214}{0,2} = \frac{6}{0,2} = 30 \text{ A.}$$

Τò παράδειγμα αυτό μάς πείθει ότι *αί μορφαι τής ισχύος*

$$N = \frac{U^2}{R} \text{ και } N = I^2 \cdot R$$

πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνον διὰ να εύρισκεται ή ισχύς, ή όποία καταναλίσκεται έντός μιάς καθαράς αντίστασεως  $R$ .

Θά μάθωμε, εις τò έπόμενον κεφάλαιον, ότι δλόκληρος ή ισχύς, ή όποία καταναλίσκεται έντός αντίστασεως, μετατρέπεται εις θερμότητα.

Έτσι, εις τόν άνωτέρω κινητήρα, ένα μέρος τής ισχύος, που παραλαμβάνεται, δηλαδή  $N' = I^2 \cdot r = 30^2 \times 0,2 = 180 \text{ W}$ , καταναλίσκεται έντός τής αντίστασεως  $r$  του τυλίγματος του, με αποτέλεσμα ο κινητήρ να θερμαίνεται. Η ύπόλοιπος ισχύς μετατρέπεται εις μηχανικόν έργον.

### Παράδειγμα 5.

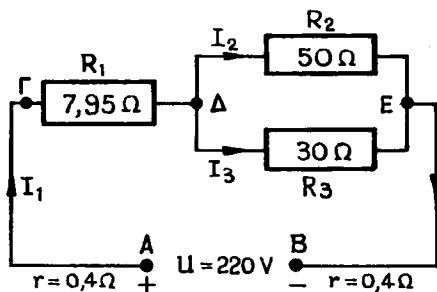
Εις τò κύκλωμα του σχήματος 15·3 β να εύρεθ ή τιμή τής καταναλισκομένης ισχύος έντός κάθε καταναλωτού  $R_1$ ,  $R_2$  και  $R_3$ , έντός των συνδετικών άγωγών  $ΑΓ$  και  $ΒΕ$  καθώς και έντός δλοκλήρου του κυκλώματος.

**Λύσις :** Διὰ να ύπολογίσωμε τας ζητούμενας ισχύς, πρέπει να έφαρμόσωμε εις κάθε καταναλωτήν χωριστά μίαν από τας τρεις μορφάς τής σχέσεως τής ισχύος.

Διὰ να έφαρμόσωμε τήν μορφήν  $N = U \cdot I$ , πρέπει να καθορίσωμε τήν έφηρμοσμένην τάσιν εις κάθε καταναλωτήν και τήν έντασιν του ρεύματος διὰ μέσου αυτού.

Διὰ τὴν μορφήν  $N = \frac{U^2}{R}$  πρέπει καὶ πάλιν νὰ καθορίσωμε τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν εἰς κάθε καταναλωτήν.

Τέλος, διὰ τὴν μορφήν  $N = I^2 \cdot R$  πρέπει νὰ καθορίσωμε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κάθε καταναλωτοῦ. Κατὰ συνέπειαν, πρέπει νὰ καθορίσωμε προηγουμένως τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν εἰς τὸ τμήμα ΔΕ τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 15-3β

Ἐπομένως, καὶ εἰς τὰς τρεῖς περιπτώσεις πρέπει νὰ καθορίσωμε τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν εἰς κάθε καταναλωτήν. Θὰ ἐπιλύσωμε λοιπὸν πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτόν, κατὰ τὰ γνωστά, τὸ κύκλωμα ὡς πρὸς τὰς ἐντάσεις καὶ τὰς ἐφηρμοσμένας τάσεις.

$$1) \frac{1}{R_{\Delta E}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{50} + \frac{1}{30} = \frac{3+5}{150} = \frac{8}{150} \text{ mho.}$$

$$\text{Ἄρα } R_{\Delta E} = \frac{150}{8} = 18,75 \Omega.$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_{\Delta E} + 2 \cdot r} = \frac{220}{7,95 + 18,75 + 0,8} = \frac{220}{27,50} = 8 \text{ A.}$$

$$U_{\Gamma \Delta} = I_1 \cdot R_1 = 8 \times 7,95 = 63,60 \text{ V}$$

$$U_{\Delta E} = I_1 \cdot R_{\Delta E} = 8 \times 18,75 = 150,00 \text{ V}$$

$$U_{\Lambda \Gamma} + U_{BE} = 2 \cdot I_1 \cdot r = 2 \times 8 \times 0,4 = 6,40 \text{ V}$$

$$\text{Ἄθροισμα} \quad 220,00 \text{ V} = U$$

$$I_2 = \frac{U_{\Delta E}}{R_2} = \frac{150}{50} = 3 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{U_{\Delta E}}{R_3} = \frac{150}{30} = 5 \text{ A},$$

$$I_2 + I_3 = 3 + 5 = 8 \text{ A} = I_1.$$

2) Υπολογίζουμε από τα άνωτέρω τās καταναλισκομένης ισχύς:

α) έντος τής  $R_1$ :  $N_{R_1} = U_{ΓΔ} \cdot I_1 = 63,6 \times 8 = 508,8 \text{ W}$

β) » »  $R_2$ :  $N_{R_2} = U_{\Delta E} \cdot I_2 = 150 \times 3 = 450,0 \text{ W}$

γ) » »  $R_3$ :  $N_{R_3} = U_{\Delta E} \cdot I_3 = 150 \times 5 = 750,0 \text{ W}$

δ) έντος τών συνδετικών άγωγών

$$(U_{ΑΓ} + U_{ΒΕ}) \cdot I_1 = 6,4 \times 8 = 51,2 \text{ W}$$

ε) Συνολική καταναλισκομένη ισχύς  $N = 1760,0 \text{ W}$

Δυνάμεθα να υπολογίσουμε τήν συνολικήν ισχύν, εάν εφαρμόσουμε τήν σχέση  $N = U \cdot I_1$  εις ελόκληρον τó κύκλωμα:

$$N = U \cdot I_1 = 220 \times 8 = 1760 \text{ W} = 1,76 \text{ kW}.$$

Έννοείται ότι έχομε τήν δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε άδιακρίτως και τās σχέσεις:

$$N = \frac{U^2}{R} \quad \text{και} \quad N = I^2 \cdot R,$$

άφοῦ ὅλοι οἱ καταναλωταί εἶναι καθαροὶ ἀντιστάσεις.

Προκειμένου π.χ. να υπολογίσουμε τήν ισχύν τήν ὁποίαν καταναλίσκει ἡ  $R_2$ , ἔχομε:

$$N_{R_2} = \frac{U_{\Delta E}^2}{R_2} = \frac{150^2}{50} = \frac{150 \times 150}{50} = 3 \times 150 = 450 \text{ W}$$

$$\eta \quad N_{R_2} = I_2^2 \cdot R_2 = 3^2 \times 50 = 9 \times 50 = 450 \text{ W}.$$

Ἀπό τήν συνολικήν ισχύν πού χρησιμοποιεῖται, αἱ  $N_{R_1}$ ,  $N_{R_2}$  και  $N_{R_3}$  εἶναι ὠφέλιμοι, ἀφοῦ καταναλίσκονται εἰς τοῦς καταναλωτάς, δια να ἐπιτύχωμε ὁρισμένον σκοπόν (θέρμανσιν, φωτισμὸν κλπ.). Ἀντιθέτως, ἡ ισχύς  $N_{\sigma.σ}$  πού καταναλίσκεται εἰς τοῦς συνδετικούς άγωγούς, ἀποτελεῖ ἀπώλειαν ισχύος. Τήν ἀπώλειαν αὐτὴν δυνάμεθα να περιορίσωμε, ὅταν ἐλαττώσωμε τήν αντίστασιν τών συνδετικών άγωγών (ἀφοῦ  $N_{\sigma.σ} = I_1^2 \cdot 2r$ ). Θὰ μάθομε, εἰς

τὸ κεφάλαιον 17, πῶς εἶναι δυνατόν νὰ περιορίσωμε τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ.

Τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα μᾶς διδάσκει τὴν μέθοδον, τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε, προκειμένου νὰ ὑπολογίσωμε τὴν κατανάλωσιν ἰσχύος, εἰς τὰ τμήματα μικτοῦ κυκλώματος.

### Παράδειγμα 6.

Ἡλεκτρικὴ ἐγκατάστασις οἰκίας τροφοδοτεῖται ἀπὸ τὸ δίκτυον τῆς ΔΕΗ (220 V) καὶ περιλαμβάνει :

- 1) 3 πολύφωτα τῶν 5 λαμπτήρων, τὸ κάθε ἓνα μὲ ἰσχύον λαμπτήρος 40 W.
- 2) 6 ἀπλίκας τῶν 2 λαμπτήρων, ἰσχύος λαμπτήρος 25 W.
- 3) 2 πορτατιφ ἰσχύος λαμπτήρος 60 W.
- 4) 1 λαμπαντέρ ἰσχύος λαμπτήρος 100 W.
- 5) 5 λαμπτήρας τῶν 60 W.
- 6) 2 λαμπτήρας τῶν 150 W.
- 7) Ἐνα θερμοσίφωνα τῶν 2 kW.
- 8) Ἐνα πλυντήριο μὲ ἐνσωματωμένην ἀντίστασιν θερμάνσεως ἰσχύος 1,280 kW καὶ κινητήρα ποῦ λειτουργεῖ μὲ ρεῦμα 1 A.
- 9) Μίαν ἠλεκτρικὴν κουζίναν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ :
  - α) Μίαν θερμομαντικὴν πλάκα τῶν 1,5 kW.
  - β) Δύο θερμομαντικὰς πλάκας τῶν 750 W.
  - γ) Ἐνα φοῦρνον τῶν 3 kW.
- 10) Ἐνα ἠλεκτρικὸν ψυγεῖον ποῦ λειτουργεῖ μὲ ρεῦμα 0,682 A.
- 11) Ἐνα ραδιόφωνον τῶν 60 W.
- 12) Ἐνα σίδερον σιδηρομάτος τῶν 400 W.
- 13) Ἐνα ἀπορροφητήρα σκόνης, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ μὲ ρεῦμα 0,909 A.

Ζητούνται:

α) Η εγκατεστημένη ισχύς τής οικίας, δηλαδή ή συνολική ισχύς των καταναλωτών.

β) Η ένταση του ρεύματος, που θα διήρχετο δια του γνώμονος τής οικίας, αν όλαι αι συσκευαι έλειτούργουν συγχρόνως.

γ) Αν είναι δυνατόν, με γενικήν ασφάλειαν των 25 A, εις τον πίνακα διανομής, να λειτουργήσουν συγχρόνως, ο θερμοσίφων (7), τò πλυντήριο (8), ο φούρνος (9 γ), τò ψυγείο (10) και τò σίδηρον σιδηρώματος (12.)

Λύσις: α) Έγκατεστημένη ισχύς:

1) $3 \times 5 \times 40 \text{ W}$	600 W
2) $6 \times 2 \times 25 \text{ W}$	300 W
3) $2 \times 60 \text{ W}$	120 W
4) $1 \times 100 \text{ W}$	100 W
5) $5 \times 60 \text{ W}$	300 W
6) $2 \times 150 \text{ W}$	300 W
7) $1 \times 2000 \text{ W}$	2 000 W
8) $1 \times 1280 \text{ W} + 220 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 220 \text{ W}$	1 500 W
9) α) $1 \times 1500 \text{ W}$	1 500 W
β) $2 \times 750 \text{ W}$	1 500 W
γ) $1 \times 3000 \text{ W}$	3 000 W
10) $220 \text{ V} \cdot 0,682 \text{ A} = 150 \text{ W}$	150 W
11) $1 \times 60 \text{ W}$	60 W
12) $1 \times 400 \text{ W}$	400 W
13) $220 \text{ V} \cdot 0,909 \text{ A} = 200 \text{ W}$	200 W
Σύνολον	N = $\frac{12\ 030 \text{ W}}{12\ 030 \text{ W}} = 12,030 \text{ kW}.$

$$\beta) \quad I = \frac{N}{U} = \frac{12\ 030}{220} = 54,68 \text{ A}.$$

γ) Θερμοσίφων	2 000 W
Πλυντήριο	1 500 W
Φούρνος	3 000 W
Ψυγείο	150 W
Σίδηρον σιδηρώματος	400 W
Σύνολον	N = $\frac{7\ 050 \text{ W}}{7\ 050 \text{ W}}$

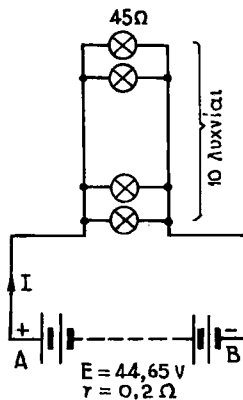
Δεδομένου ὅτι μὲ γενικὴν ἀσφάλειαν πίνακος τῶν 25 A, ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἰσχύς εἶναι:

$$N = U \cdot I = 220 \times 25 = 5\,500 \text{ W},$$

δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ λειτουργοῦν συγχρόνως ὅλαι αἱ ἀνωτέρω συσκευαί. Πρέπει νὰ διακόψωμε τὴν λειτουργίαν π.χ. τοῦ θερμοσίφωτος ἢ τοῦ φούρνου κλπ. διὰ νὰ μὴ κατῆ ἡ ἀσφάλεια.

**Παράδειγμα 7.**

Ὁ βοηθητικὸς φωτισμὸς μηχανοστασίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 10 λαμπτήρας, οἱ ὁποῖοι συνδέονται ἐν παραλλήλῳ καὶ τροφοδοτοῦνται ἀπὸ συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 15.3 γ). Ἡ ἀντίστασις ἐν



Σχ. 15.3 γ.

θερμῷ τοῦ κάθε λαμπτήρος εἶναι  $45 \Omega$ , ἡ ΗΕΔ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συστοιχίας ἔχουν ἀντιστοίχους τιμὰς  $E = 44,65 \text{ V}$  καὶ  $r = 0,2 \Omega$ .

Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος. β) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς συστοιχίας καὶ ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς αὐτῆς. γ) Ἡ κατανάλωσις ἰσχύος ἐντὸς τῶν λαμπτήρων. δ) Ἡ κατανάλωσις ἰσχύος ἐντὸς τῆς συστοιχίας.



Αύσις :

α) Ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις τῶν λαμπτήρων εἶναι :

$$R_1 = \frac{45}{10} = 4,5 \Omega. \text{ Ἐπομένως :}$$

$$I = \frac{E}{R_1 + r} = \frac{44,65}{4,5 + 0,2} = \frac{44,65}{4,7} = 9,5 \text{ A.}$$

β) Ἡ πολικὴ τάσις τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$U_{AB} = I \cdot R_1 = 9,5 \times 4,5 = 42,75 \text{ V.}$$

Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς πηγῆς εἶναι :

$$\varepsilon = I \cdot r = 9,5 \times 0,2 = 1,90 \text{ V.}$$

γ) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς εἰς τοὺς λαμπτήρας ἔχει τιμὴν :

$$N_\lambda = U_{AB} \cdot I = 42,75 \times 9,5 = 406,125 \text{ W.}$$

Τὴν ἰσχὺν αὐτὴν δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμε καὶ ἀπὸ τὴν σχέσιν (9'')  $N = I^2 \cdot R$  :

$$N_\lambda = I^2 \cdot R_1 = 9,5^2 \times 4,5 = 406,125 \text{ W.}$$

δ) Ἡ ἰσχύς ποὺ καταναλίσκεται εἰς τὴν συστοιχίαν εἶναι :

$$N_\sigma = \varepsilon \cdot I = 1,9 \times 9,5 = 18,05 \text{ W.}$$

Τὴν εὐρίσκομε καὶ ἀπὸ τὴν σχέσιν  $N = I^2 \cdot R$  :

$$N_\sigma = I^2 \cdot r = 9,5^2 \times 0,2 = 18,05 \text{ W.}$$

Ἡ συνολικὴ ἰσχύς, ἐπομένως, εἶναι :

$$N = N_\lambda + N_\sigma = 406,125 + 18,05 = 424,175 \text{ W.}$$

Διαπιστώνομε ὅτι :

$$N = E \cdot I = 44,65 \times 9,5 = 424,175 \text{ W,}$$

δηλαδὴ ὅτι ἡ συνολικὴ ἰσχύς εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τῆς συστοιχίας ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ κυκλώματος.

Διὰ τοῦτο συμβαίνει, θὰ ἐξηγήσωμε ἀμέσως.

## 15.4 Ίσχύς ηλεκτρικής πηγής.

Ἄν πολλαπλασιάσωμε ἐπὶ  $I$  τὰ δύο μέλη τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ,

$E = I \cdot (R + r) = I \cdot R + I \cdot r$ , προκύπτει ἡ ἑξῆς ἰσότης:

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r.$$

Εἰς τὴν ἰσότητα αὐτήν,  $I^2 \cdot R$  εἶναι ἡ ἰσχύς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, καὶ  $I^2 \cdot r$  εἶναι ἡ ἰσχύς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὴν πηγὴν.

Τὸ γινόμενον  $E \cdot I$  εἶναι, ἐπομένως, ἡ παραγομένη ἰσχύς ὑπὸ τῆς πηγῆς:  $N = E \cdot I$  W.

Ἡ παραγομένη ἰσχύς ὑπὸ τῆς πηγῆς εἶναι συνεπῶς ἴση μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει.

Ἡ παραγομένη ἰσχύς  $N = E \cdot I$  ὑπὸ τῆς πηγῆς διαμοιράζεται εἰς δύο μέρη:

α) Εἰς τὴν παρεχομένην ἰσχύν  $I^2 \cdot R$  εἰς τὸ κύκλωμα καταναλώσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀφέλιμος, ἀφοῦ μὲ τὴν δαπάνην τῆς ἰσχύος αὐτῆς λειτουργοῦν οἱ καταναλωταί, καὶ

β) εἰς τὴν καταναλισκομένην ἰσχύν  $I^2 \cdot r$  εἰς τὴν πηγὴν, ἡ ὁποία εἶναι ἀπώλεια ἰσχύος.

Ἔτσι εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα 7, ἡ παραγομένη ἰσχύς ὑπὸ τῆς πηγῆς εἶναι  $N = E \cdot I = 424,175$  W. Αὐτὴ διαμοιράζεται εἰς παρεχομένην ἰσχύν:

$$N_{\lambda} = U_{AB} \cdot I = 406,125 \text{ W}$$

καὶ εἰς ἀπώλειαν ἰσχύος εἰς τὴν πηγὴν:

$$N_{\sigma} = \varepsilon \cdot I = 18,05 \text{ W}.$$

Θὰ ἐξηγήσωμε εἰς τὸ ἐπόμενον κεφάλαιον ὅτι ἡ ἰσχύς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὴν πηγὴν, μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Ἡ θερμότης αὐτὴ εἶναι ἐνέργεια ἀχρηστος διὰ τοὺς σκοποὺς πρὸς ἐπιδιώκομε.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ ἰδιαίτερος πρέπει νὰ εἶναι ἐφωδια-

σιμεναι με ἀνεμιστήρα, διὰ τὴν ἀπαγωγὴν τῆς θερμότητος, ποὺ ἀναπτύσσεται ἐξ αἰτίας τῆς ἰσχύος, ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς αὐτῶν. Ὁ ἀνεμιστήρ ἀπαιτεῖ δαπάνην μηχανικῆς ἐνεργείας, διὰ τὴν κίνησίν του. Προκύπτει ἔτσι διπλῆ ἀπώλεια ἐνεργείας, ἢ πρώτη λόγω τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος καὶ ἡ δευτέρα λόγω καταναλώσεως ἐνεργείας, διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἀνεμιστήρος φύξεως τῆς μηχανῆς.

### 15·5 Ἔργον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ὅταν γνωρίζωμε τὴν ἰσχὺν καταναλωτοῦ, εἶναι εὐκολον νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ἠλεκτρικὸν ἔργον (ἢ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν), τὸ ὁποῖον δαπανᾶται, διὰ νὰ λειτουργήσῃ ὁ καταναλωτῆς ἐπὶ ὀρισμένον χρόνον. Πράγματι ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$\text{Ἴσχυς} = \frac{\text{ἔργον}}{\text{χρόνον}}$$

προκύπτει ὅτι Ἔργον = Ἴσχυς × χρόνον, δηλαδὴ ὅτι:

$$A = N \cdot t.$$

Ἄς ὑπολογίσωμε τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον καταναλίσκει συσκευὴ ἰσχύος 1 W, ὅταν λειτουργῇ ἐπὶ μίαν ὥραν.

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν  $N = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{sec}}$  καὶ  $t = 1 \text{ ὥρα} = 3\,600 \text{ sec}$ . Ἄρα:

$$A = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{sec}} \times 3\,600 \text{ sec} = 3\,600 \text{ Joule}.$$

Γνωρίζομε ἔμως ὅτι  $3\,600 \text{ Joule} = 1 \text{ Wh}$ .

Ἡ ἀνωτέρω ἰσότης γράφεται, ἐπομένως, καὶ ὡς ἑξῆς:

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}.$$

Τὸ βατῶριον εἶναι, ἐπομένως, τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον καταναλίσκει καταναλωτῆς ἰσχύος 1 W, ὅταν λειτουργῇ ἐπὶ μίαν ὥραν.

Ένας λαμπτήρ των 60 W, ο οποίος λειτουργεί επί μίαν ώρα, θα καταναλώσει ηλεκτρικόν έργον  $60 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 60 \text{ Wh}$ , και ένας ηλεκτρικός φούρνος των 3 kW καταναλίσκει  $3 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 3 \text{ kWh}$ , κάθε ώρα λειτουργίας του κ.ο.κ.

Αν οί άνωτέρω καταναλωταί λειτουργήσουν επί 3 ώρας, θα καταναλώσουν αντίστοιχως έργον  $60 \text{ W} \cdot 3 \text{ h} = 180 \text{ Wh}$  και  $3 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 9 \text{ kWh}$ .

Όταν ο χρόνος λειτουργίας των συσκευών δίδεται εις πρώτα λεπτά (min) ή εις δευτερόλεπτα (sec), πρέπει να τόν τρέψωμε εις ώρας (h).

$$\begin{aligned} \text{Π.χ. } 10 \text{ min} &= \frac{10}{60} \text{ h}, \quad 1830 \text{ sec} = \frac{1830}{3600} \text{ h}, \quad 3 \text{ h } 33 \text{ min} = \\ 3 \frac{33}{60} &= \frac{213}{60} \text{ h}, \quad 33 \text{ min } 12 \text{ sec} = \frac{33}{60} + \frac{12}{3600} = \frac{1980 + 12}{3600} \\ &= \frac{1992}{3600} \text{ h}. \end{aligned}$$

Όλα αυτά ισχύουν και δια τήν ένεργειαν, τήν όποίαν παρέχει ή πηγή.

### Παράδειγμα 1.

Ποιον είναι τὸ έργον, τὸ όποϊον καταναλίσκει ηλεκτρικός φούρνος ισχύος 2,2 kW, όταν λειτουργή επί 2 ώρας και 15 πρώτα λεπτά;

Δύσιν :

$$N = 2,2 \text{ kW}, \quad t = 2 \text{ h } 15 \text{ min}, \quad A \text{ εις kWh} = ;$$

Πρέπει πρώτον να τρέψωμε τὸν χρόνον εις ώρας :

$$t = 2 \text{ h } 15 \text{ min} = 2 \frac{15}{60} = \frac{135}{60} \text{ h}.$$

Τὸ έργον ποὺ καταναλίσκεται είναι, έπομένως, ίσον πρὸς :

$$A = N \cdot t = \text{kW} \cdot \text{h} = 2,2 \times \frac{135}{60} = \frac{297}{60} = 4,95 \text{ kWh} = 4950 \text{ Wh}.$$

**Παράδειγμα 2.**

Ό κινητήρ άπορροφητήρως πριονιδίων ένός ξυλουργικού έργοστασίου παραλαμβάνει άπό τδ δίκτυον, κατά τήν λειτουργίαν του, ισχύν 6,5 PS. Ποία είναι ή μηνιαία κατανάλωσις ένεργείας (25 έργάσιμοι ήμέραι κατά μήνα), όταν ό κινητήρ λειτουργή επί 8 ώρας και 20 λεπτά κάθε έργάσιμον ήμέραν;

**Λύσις :**

$$N = 6,5 \text{ PS}, A \text{ επί } 25 \text{ ήμέρ.}, t \text{ άνά ήμέρ.} = 8 \text{ h } 20 \text{ min.}$$

Θά τρέψωμε πρώτον τούς ίππους εις χιλιοβάττ και τόν χρόνον λειτουργίας του κινητήρος, κάθε ήμέρας, εις ώρας.

$$N = 6,5 \text{ PS} = 0,736 \times 6,5 = 4,784 \text{ kW},$$

$$t \text{ άνά ήμέρ.} = 8 \text{ h } 20 \text{ min} = 8 \frac{20}{60} = \frac{500}{60} \text{ h.}$$

Ή μηνιαία κατανάλωσις ένεργείας του κινητήρος είναι, έπομένως :

$$\begin{aligned} A \text{ επί } 25 \text{ ήμέρ.} &= N \cdot t \text{ άνά ήμέρ.} \times 25 \text{ ήμέρ.} = 4,784 \times \frac{500}{60} \times 25 \\ &= 996,666 \text{ kWh.} \end{aligned}$$

**Παράδειγμα 3.**

Ποία είναι ή ισχύς ηλεκτρικού λαμπτήρος, ό όποιος καταναλίσκει ηλεκτρικήν ένέργειαν 700 Wh, όταν λειτουργή επί 4 ώρας και 40 πρώτα λεπτά;

**Λύσις :**

$$N = ; A = 700 \text{ Wh}, t = 4 \text{ h } 40 \text{ min}$$

$$t = 4 \text{ h } 40 \text{ min} = 4 \frac{40}{60} = \frac{280}{60} \text{ h.}$$

Άπό τήν σχέσηιν  $A = N \cdot t$  προκύπτει ότ:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{700}{\frac{280}{60}} = \frac{700 \times 60}{280} = \frac{42000}{280} = 150 \text{ W.}$$

Ἄν ὁ λαμπτήρ λειτουργῇ ὑπὸ τάσιν 220 V, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, διὰ μέσου αὐτοῦ, εἶναι  $I = \frac{N}{U} = \frac{150}{220} = 0,682 \text{ A}$  καὶ ἡ ἀντίστασις του εἶναι  $R = \frac{U^2}{N} = \frac{220^2}{150} = 322,6 \Omega$ .

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα προκύπτει ἕνας τρόπος, διὰ νὰ καθορίζωμε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾷ καταναλωτὴς καθὼς καὶ τὴν ἀντίστασίν του, *διὰν γνωρίζωμε τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ὁ καταναλωτὴς εἰς ὠρισμένον χρόνον.*

Καθορίζομε δηλαδὴ κατ' ἀρχὰς τὴν ἰσχὺν  $N = \frac{A}{t} = \frac{Wh}{h}$  τοῦ καταναλωτοῦ. Κατόπιν μὲ βᾶσιν αὐτὴν καὶ τὴν ἐφηρμοσμένην τάσιν  $U$  ἐπὶ τοῦ καταναλωτοῦ εὐρίσκομε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος  $I = \frac{N}{U}$  διὰ μέσου αὐτοῦ, καθὼς καὶ τὴν ἀντίστασίν του

$$R = \frac{U^2}{N}.$$

### 15·6 Τί πληρώνομε εἰς τὴν ΔΕΗ διὰ τὴν κατανάλωσιν ρεύματος;

Εἶδαμε εἰς τὸ παράδειγμα 6 τῆς παραγράφου 15·3 ὅτι ἡ ΔΕΗ περιορίζει τὴν μεγίστην ἰσχύν, ἡ ὁποία δύναται νὰ καταναλίσκεται εἰς τὰς οἰκίας. Ἡ μεγίστη αὐτὴ ἐπιτρεπομένη ἰσχύς εἶναι τὸ γινόμενον τῆς τάσεως τοῦ δικτύου  $U = 220 \text{ V}$  ἐπὶ τὴν ὀνομαστικὴν ἔντασιν τῆς ἀσφαλείας τοῦ γινώμονος, ἡ ὁποία εἶναι συνήθως τῶν 25 ἢ τῶν 35 ἀμπέρ. Ἄρα ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη κατανάλωσις ἰσχύος δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς  $N = U \cdot I = 220 \times 25 = 5\,500 \text{ W} = 5,5 \text{ kW}$  ἢ  $N = 220 \times 35 = 7\,700 \text{ W} = 7,7 \text{ kW}$ .

Ἐκτὸς ἀπὸ τὸν περιορισμὸν αὐτόν, ἡ ΔΕΗ ἀδιαφορεῖ ἂν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν εἰκοσιτετραῶρων κάθε μηνός, ἡ κατανάλω-

σις ἰσχύος εἶναι μικρὰ ὀρισμένες ὥρας καὶ μεγάλη ἄλλας ὥρας ἢ ἂν ὑπάρχουν καὶ ὥραι κατὰ τὰς ὁποίας δὲν καταναλίσκεται ἡ-  
λεκτρικὸν ρεῦμα.

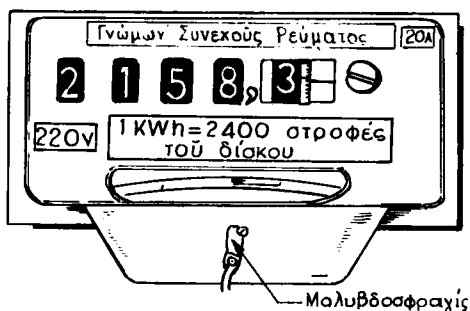
Ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον καταγράφει ὁ γνῶμων τῆς κάθε οἰκίας εἶ-  
ναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον καταναλίσκεται.

Ἐστω π.χ. ὅτι θερμαντικὴ πλάξ ἰσχύος 1,5 kW τῆς ἡλε-  
κτρικῆς κουζίνας μιᾶς οἰκίας λειτουργεῖ ἐπὶ ἡμίσειαν ὥραν. Ἐ-  
στω ἐπίσης ὅτι προσθέτομε τότε δευτέραν πλάκα τῶν 750 W, ἡ  
ὁποία λειτουργεῖ συγχρόνως μὲ τὴν πρώτην ἐπὶ μίαν καὶ ἡμίσειαν  
ὥραν, καὶ ὅτι διακόπτομε ἀκολούθως τὴν λειτουργίαν τῆς πρώτης  
πλακῆς, ἐνῶ ἡ δευτέρα λειτουργεῖ ἀκόμη ἐπὶ ἡμίσειαν ὥραν.

Μὲ βᾶσιν τὰ ὅσα γνωρίζομε, ἡ ὀλικὴ κατανάλωσις εἶναι :

$$1,5 \text{ kW} \cdot \frac{1}{2} \text{ h} + (1,5 + 0,75) \text{ kW} \cdot 1 \frac{1}{2} \text{ h} + 0,75 \text{ kW} \cdot \frac{1}{2} \text{ h} = \\ = 0,750 + 3,375 + 0,375 = 4,5 \text{ kWh.}$$

Ὁ γνῶμων λοιπὸν τῆς οἰκίας θὰ ἀναγράψῃ τὸ ἔργον αὐτό.  
Ἄν ἡ ἔνδειξις τοῦ γνῶμονος, πρὶν ἀπὸ τὴν λειτουργίαν τῶν πλα-  
κῶν, ἦτο 2 158,3 kWh (σχ. 15·6 α), ἡ νέα ἔνδειξις εἶναι 2 162,8  
(2 158,3 + 4,5 = 2 162,8).



Σχ. 15·6 α.

Ὅταν ὀμιλοῦμε, ἐπομένως, περὶ καταναλώσεως ἠλεκτρικοῦ  
ρεύματος, πρέπει νὰ ἔχωμε ὑπ' ὄψιν ὅτι πρόκειται περὶ τοῦ ἔρ-

γυ εἰς kWh τὸ ὅποιον καταναλίσκεται. *Εἰς τὴν ΔΕΗ πληρώνομε τὸ καταναλισκόμενον ἔργον εἰς kWh.* Δὲν πρέπει ποτὲ νὰ λέγωμε ὅτι « αὐτὸν τὸν μῆνα ξοδέψαμε 318 κιλοβάττ », διότι τὸ κιλοβάττ εἶναι μονὰς ἰσχύος καὶ ὄχι ἔργου. Θὰ ἐκφρασθοῦμε ὀρθῶς, ἂν εἰποῦμε: « αὐτὸν τὸν μῆνα ξοδέψαμε 318 χιλοβαττῶρια ».

### 15-7 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Μονάδες ἔργου καὶ ἰσχύος εἶναι αἱ ἑξῆς:

<i>Μονάδες ἔργου</i>	<i>Μονάδες ἰσχύος</i>
1 kgm = 1 kg × 1 m	1 PS = 75 $\frac{\text{kgm}}{\text{sec}}$
1 Joule = $\frac{1}{9,81}$ kgm	1 W = 1 $\frac{\text{Joule}}{\text{sec}}$
1 Wh = 3 600 Joule	1 kW = 1 000 W
1 kWh = 1 000 Wh =	1 kW = 1,36 PS
= 3 600 000 Joule.	1 PS = 0,736 kW.

β) Ἡ ἰσχύς, εἰς βάττ, ἢ ὅποια καταναλίσκεται εἰς ἓνα τμήμα κυκλώματος, εἶναι ἴση πρὸς τὸ γινόμενον τῆς τάσεως εἰς βόλτ, ποὺ εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὰ ἄκρα του, ἐπὶ τὴν ἔντασιν, εἰς ἀμπέρ, τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον κυκλοφορεῖ εἰς αὐτό:

$$N = U \cdot I \cdot W.$$

Ἄν τὸ τμήμα τοῦ κυκλώματος εἶναι μίᾳ ἀντίστασις τιμῆς R, τότε  $I = \frac{U}{R}$  καὶ  $N = \frac{U^2}{R} W$  ἢ  $N = I^2 \cdot R \cdot W$ .

Αἱ δύο τελευταῖαι σχέσεις τῆς ἰσχύος δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμοσθοῦν εἰς ἓνα κινητήρα ἢ εἰς μίαν συσκευὴν ἠλεκτρολύσεως, ὅταν θέλωμε νὰ εὑρωμε τὴν ὑπ' αὐτῶν παραλαμβανομένην ἰσχύον.

γ) Ἡ ἰσχύς ποὺ παράγεται ἀπὸ μίαν πηγὴν εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς τῆς δυνάμεως E, ἐπὶ τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον παρέχει:  $N = E \cdot I \cdot W$ .

Ἡ παραγομένη ἰσχύς  $N = E \cdot I$  διαμοιράζεται εἰς δύο μέρη:



εις την ισχόν  $I^2 \cdot R$ , ή όποία παρέχεται εις τὸ κύκλωμα καταναλώσεως καὶ εις ἀπώλειαν ισχύος  $I^2 \cdot r$  ἐντὸς τῆς πηγῆς.

δ) Τὸ έργον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εις βαττώρια ἢ χιλιοβαττώρια.

Τὸ βαττώριον εἶναι τὸ έργον, τὸ όποῖον καταναλίσκει καταναλωτῆς ισχύος 1 W, όταν λειτουργῆ ἐπὶ μίαν ὥραν :

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ h.}$$

ε) Εἰς τὴν ΔΕΗ πληρώνομε καταναλισκόμενον ἠλεκτρικὸν έργον εις kWh.

### 15·8 Προβλήματα.

A. 'Επὶ τῆς παραγράφου 15·2. Μονάδες έργον καὶ ισχύος.

α) Νὰ μετατραποῦν 100 kgm [ 250 kgm ] ( 500 kgm ) εις Joule.

'Απάντησις : 981 Joule [ 2 452,5 Joule ] ( 4 905 Joule )

β) Νὰ μετατραποῦν 98 100 Joule [ 49 050 Joule ] ( 147 150 Joule ) εις kgm.

'Απάντησις : 10 000 kgm [ 5 000 kgm ] ( 15 000 kgm )

γ) Νὰ μετατραποῦν 1 800 000 Joule [ 900 000 Joule ] ( 12 600 000 Joule ) εις kWh.

'Απάντησις : 0,5 kWh [ 0,25 kWh ] ( 3,5 kWh )

δ) Νὰ μετατραποῦν 0,1 kWh [ 0,3 kWh ] ( 1,2 kWh ) εις Joule.

'Απάντησις : 360 000 Joule [ 1 080 000 Joule ] ( 4 320 000 Joule )

ε) Νὰ μετατραποῦν 3 000 kgm/sec [ 262,5 kgm/sec ] ( 945 kgm/sec ) εις ἴππους.

'Απάντησις : 40 PS [ 3,5 PS ] ( 12,6 PS )

στ) Νὰ μετατραποῦν 4,8 PS [ 10,5 PS ] ( 0,3 PS ) εις kgm/sec.

'Απάντησις : 360 kgm/sec [ 787,5 kgm/sec ] ( 22,5 kgm/sec )

ζ) \*Έργον 6 000 Joule [ 13 500 Joule ] ( 12 000 Joule ) ἐκτελεῖται ἐντὸς 20 sec [ 30 sec ] ( 12 sec ). Ποία εἶναι ἡ ἀντίστοιχος ισχύς εις βάττ καὶ χιλιοβάττ ;

'Απάντησις :  $300 \text{ W} = 0,3 \text{ kW}$  [  $450 \text{ W} = 0,45 \text{ kW}$  ] (  $1 000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$  )

η) Τί έργον εις Joule ἐκτελεῖ ισχύς 100 W [ 250 W ] ( 1,2 kW ) ἐντὸς 2 min [ 1 min 20 sec ] ( 15 sec ) ;

\*Απάντησις : 12 000 Joule [ 20 000 Joule ] ( 18 000 Joule )

θ) 6,12 PS [ 0,408 PS ] ( 10,88 PS ) με πόσα χιλιοβάττ ισοδυναί ;

\*Απάντησις : 4,5 kW [ 0,3 kW ] ( 8 kW )

ι) 2,2 kW [ 750 W ] ( 0,5 kW ) με πόσους Ήππους ισοδυναί ;

\*Απάντησις : 2,992 PS [ 1,02 PS ] ( 0,68 PS )

ια) Κινητήρ, δ όποιος παραλαμβάνει από τδ δίκτυον 5,5 kW, [ 0,3 kW ], ( 180 kW ) και παρέχει εις τόν άξονά του 5,115 kW [ 246 kW ] ( 176,4 kW ), τί άπόδοσιν έχει ;

\*Απάντησις : 0,93 [ 0,82 ] ( 0,98 )

ιβ) Κινητήρ άποδόσεως 0,92 [ 0,85 ] ( 0,94 ), δ όποιος παρέχει εις τόν άξονά του ισχόν 5 PS [ 0,5 PS ] ( 15 PS ), τί ισχόν εις χιλιοβάττ παραλαμβάνει από τδ δίκτυον ;

\*Απάντησις : 4 kW [ 0,433 kW ] ( 11,75 kW )

ιγ) Κινητήρ γερανού δύναται νά άνυψώση, εις 20 δευτερόλεπτα, βάρος 5 τόννων εις ύψος 6,2 μέτρων. Ποία είναι, εις Ήππους και εις χιλιοβάττ, ή ισχύς του κινητήρος τούτου, εάν ή άπόδοσις τών διαφόρων μηχανικών οργάνων του γερανού είναι 0,7 ;

\*Απάντησις : περίπου 19,5 PS και 21,7 kW

ιδ) ΜΕ ποίαν ταχύτητα δ κινητήρ ισχύος 15 PS γερανού δύναται νά άνυψώση φορτίον 6 τόννων, εάν ή άπόδοσις τών μηχανικών οργάνων του γερανού είναι 0,66 ;

\*Απάντησις : 7,425 m/min

B. \*Επί τής παραγράφου 15·3. \*Ισχύς του ήλεκτρικού ρεύματος.

α) \*Ηλεκτρική θερμάστρα λειτουργεί υπό τάσιν 220 V [ 115 V ] και άπορροφά ρεύμα έντάσεως 3,41 A [ 8,7 A ]. Ποία είναι ή ισχύς τής θερμάστρας ;

\*Απάντησις : 750 W [ 1 000 W ]

β) Ποία είναι ή αντίστασις έν θερμδ λαμπτήρων τών 25 W, 40 W, 60 W, 100 W, 150 W, 300 W, οι όποιοι λειτουργούν εις τδ δίκτυον τής ΔΕΗ ;

\*Απάντησις : 1 936 Ω, 1 210 Ω, 806,6 Ω, 484 Ω, 322,6 Ω, 161,3 Ω

γ) Τί ρεύμα άπορροφούν λαμπτήρες τών 25 W, 40 W, 60 W, 100 W, 150 W, 300 W, οι όποιοι λειτουργούν εις τδ δίκτυον τής ΔΕΗ ;

\*Απάντησις : 0,113 A, 0,182 A, 0,273 A, 0,454 A, 0,682 A, 1,364 A

δ) Τι ισχύον καταναλίσκει κινητήρ, ο οποίος λειτουργεί εις δίκτυον 220 V και άπορροφά 4 A [ 12 A ] ( 0,3 A ) :

Άπάντησις : 880 W [ 2,64 kW ] ( 66 W )

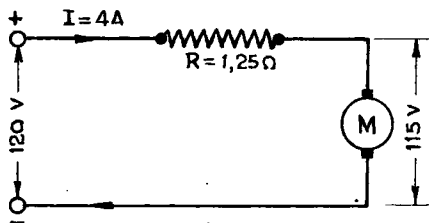
ε) Τι ρεύμα άπορροφά από δίκτυον 220 V κινητήρ, ο οποίος καταναλίσκει ισχύον 440 W [ 1,4 kW ] ( 0,55 kW ) :

Άπάντησις : 2 A [ 6,363 A ] ( 2,5 A )

στ) Τι ρεύμα άπορροφά θερμοσίφων τών 2 kW [ 4 kW ], όταν λειτουργή εις τó δίκτυον τής ΔΕΗ :

Άπάντησις : 9,09 A [ 18,18 A ]

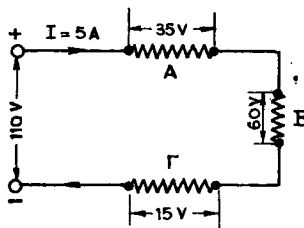
ζ) Δίκτυον 120 A παρέχει εις τó κύκλωμα του σχήματος 15 · 8 α ρεύμα έντάσεως 4 άμπέρ.



Σχ. 15-8 α.

Ζητούνται : 1) 'Η καταναλισκομένη ισχύς έντós τής άντιστάσεως R. 2) 'Η παραλαμβανομένη ισχύς ύπό του κινητήρος. 3) 'Η συνολική ισχύς, τήν όποιαν παρέχει τó δίκτυον.

Άπάντησις : 1) 20 W, 2) 460 W, 3) 480 W



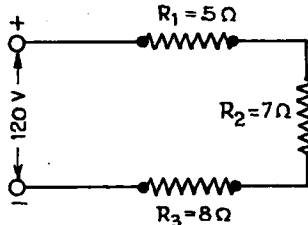
Σχ. 15-8 β.

η) Νά εδρεθή : 1) 'Η καταναλισκομένη ισχύς εις κάθε μίαν από τās άντιστάσεις A, B και Γ του κυκλώματος του σχήματος 15 · 8 β. 2) 'Η συνολική ισχύς, τήν όποιαν παρέχει τó δίκτυον εις τó κύκλωμα.

Απάντησις: 1) 175 W, 300 W, 75 W 2) 550 W

θ) Να εδρεθῆ: 1) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς εἰς κάθε μίαν ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 15·8 γ. 2) Ἡ συνολικὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν παρέχει τὸ δίκτυον εἰς τὸ κύκλωμα.

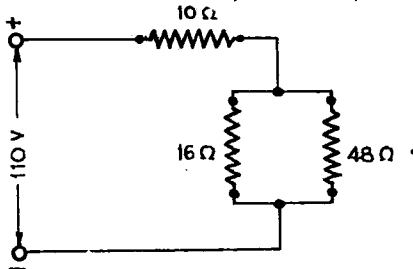
Απάντησις: 1) 180 W, 252 W, 288 W, 2) 720 W



Σχ. 15-8 γ.

ι) Να εδρεθῆ: 1) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς εἰς κάθε μίαν ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 15·8 δ. 2) Ἡ συνολικὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν παρέχει τὸ δίκτυον εἰς τὸ κύκλωμα.

Απάντησις: 1) 250 W, 225 W, 75 W, 2) 550 W



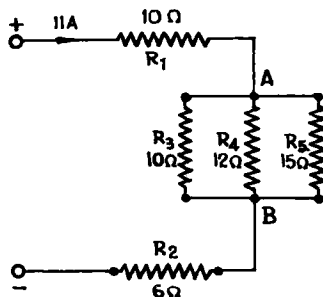
Σχ. 15-8 δ.

ια) Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 15·8 ε, νὰ εδρεθῆ ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς. 1) Εἰς κάθε μίαν ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις  $R_1$  καὶ  $R_2$ . 2) Εἰς τὴν διακλάδωσιν AB. 3) Εἰς κάθε μίαν ἀπὸ τὰς ἀντιστάσεις τῆς διακλαδώσεως AB. 4) Ἡ συνολικὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν παρέχει τὸ δίκτυον εἰς τὸ κύκλωμα.

Απάντησις: 1) 1210 W, 726 W, 2) 484 W, 3) 193,6 W, 161,3 W, 129,1 W, 4) 2420 W

ιβ) Ἡλεκτροκινητὴρ Σ.Ρ. λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V καὶ ἀναπτύσσει εἰς τὸ πλήρες φορτίον ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 208 W,

[212 V] (210,4 V). Ἡ ἀντίστασις τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγίμου αὐτοῦ εἶναι  $0,3 \Omega$  [ $0,1 \Omega$ ] ( $0,08 \Omega$ ). Ζητοῦνται: 1) Ἡ ἰσχύς, τὴν



Σχ. 15 8-ε.

ὁποῖαν παραλαμβάνει ὁ κινητὴρ ἀπὸ τὸ δίκτυον. 2) Ἡ ἰσχύς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς τοῦ τυλίγματος τοῦ κινητήρος.

Ἀπάντησις: 1) 8,8 kW [17,6 kW] (26,4 kW). 2) 480 W [640 W] (1152 W)

Γ. Ἐπὶ τῆς παραγράφου 15·4. Ἴσχύς ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

α) Ἐγκατάστασις βοηθητικοῦ φωτισμοῦ (σχ. 15·3 γ) ἀποτελεῖται ἀπὸ συστοιχίαν συσσωρευτῶν συνολικῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 44,1 V [116,6 V] καὶ συνολικῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $0,08 \Omega$  [ $0,2 \Omega$ ]. Ἡ συστοιχία τροφοδοτεῖ, διὰ μέσου συνδετικῶν ἀγωγῶν συνολικῆς ἀντιστάσεως  $0,12 \Omega$  [ $0,3 \Omega$ ], 20 [30], λαμπτήρας συνδεδεμένους ἐν παραλλήλῳ. Ὁ κάθε λαμπτήρ παρουσιάζει ἀντίστασιν  $80 \Omega$  [303 Ω]. Νὰ εὑρεθοῦν: 1) Ἡ παραγομένη ἰσχύς ὑπὸ τῆς συστοιχίας. 2) Ἡ παρεχομένη ἰσχύς ὑπὸ τῆς συστοιχίας εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. 3) Ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας, δηλαδὴ ὁ λόγος μεταξὺ παρεχομένης καὶ παραγομένης ἰσχύος. 4) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς ἐντὸς τῆς συστοιχίας. 5) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς ἐντὸς τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν. 6) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς ἐντὸς τῶν λαμπτήρων. 7) Ἡ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, δηλαδὴ ὁ λόγος μεταξὺ καταναλισκομένης ἰσχύος ἐντὸς τῶν λαμπτήρων καὶ παραγομένης ἰσχύος ὑπὸ τῆς συστοιχίας.

Ἀπάντησις: 1) 463,05 W [1282,6 W]. 2) 454,23 W [1258,4 W]. 3) 0,98 [0,981]. 4) 8,82 W [24,2 W]. 5) 13,23 W [36,3 W]. 6) 441 W [1222,1 W]. 7) 0,952 [0,953].

Δ. Ἐπὶ τῶν παραγράφων 15·5 καὶ 15·6. Ἔργον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

α) Ποία εἶναι ἡ μηνιαία δαπάνη (30 ἡμέραι) λειτουργίας ἠλεκτρικῆς θερμάστρας ἰσχύος 2 kW [3 kW] (1,5 kW), ὅταν λειτουργῆ ἐπὶ 6 ὥρας [4 ὥρας] (8 ὥρας) κάθε ἡμέραν; Τὸ χιλιοβαττώριον τιμᾶται πρὸς 0,75 δραχμάς.

Ἀπάντησις: 270 δρχ. [270 δρχ.] (270 δρχ.)

β) Ἐλεκτρικὸς λαμπτήρ δαπανᾷ ἔργον 480 Wh [1,2 kWh] (600 Wh), ὅταν λειτουργῆ ἐπὶ 8 ὥρας [12 ὥρας] (4 ὥρας). Ποία εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ λαμπτήρος;

Ἀπάντησις: 60 W [100 W] (150 W)

γ) Μία γεννήτρια Σ.Ρ. πολικῆς τάσεως 110 V [220 V] (220 V) παρέχει εἰς κύκλωμα φωτισμοῦ ρεύμα ἐντάσεως 15 V [6 V] (4,5 V). Ζητοῦνται:

1) Ἡ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν ἀπορροφᾷ τὸ κύκλωμα φωτισμοῦ.

2) Τὸ καταναλισκόμενον ἔργον ἐντὸς αὐτοῦ, ὅταν λειτουργῆ ἐπὶ 6 ὥρας [8 ὥρας] (5 ὥρας).

Ἀπάντησις: 1) 1650 W [1320 W] (990 W). 2) 9,9 kWh [10,56 kWh] (4,95 kWh)

δ) Κινητὴρ Σ.Ρ. λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 V [220 V] (220 V) καὶ παρέχει εἰς τὸν ἄξονά του μηχανικὴν ἰσχὴν 9 PS [4,4 PS] (13,8 PS). Ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος εἶναι 0,9 [0,88] (0,92), ζητοῦνται: 1) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ποὺ ἀπορροφᾷ ὁ κινητὴρ. 2) Τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παραλαμβάνει ὁ κινητὴρ καθὼς καὶ τὸ ὠφέλιμον ἔργον αὐτοῦ, κατὰ δεκάωρον λειτουργίαν κάθε ἡμέραν. 3) Ἡ μηνιαία δαπάνη λειτουργίας τοῦ κινητήρος (25 ἡμέραι). Ἄν τὸ χιλιοβαττώριον τιμᾶται 0,55 δραχμάς.

Ἀπάντησις: 1) 61,333 A [16,73 A] (50,18 A). 2) 73,6 kWh, 66,24 kWh [36,8 kWh, 32,384 kWh] (110,4 kWh, 101,568 kWh). 3) 1012 δρχ. [506 δρχ.] (1518 δρχ.)

ε) Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου σιδήρου σιδηρώματος, τὸ ὁποῖον λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 115 V [220 V] (220 V), γνωστοῦ ὄντος ὅτι καταναλίσκει ἔργον 862,5 Wh [1,32 kWh] (1,1 kW), ὅταν λειτουργῆ ἐπὶ 2 h 30 min [3 h] (1 h 40 min).

Ἀπάντησις: 38,333 Ω [110 Ω] (73,33 Ω)

### 15·9 Πρακτική άσκησης.

( Νά συνδεθῆ καταναλωτῆς τοῦ σχολείου, π.χ. μία ὀμάς λαμπτήρων ἢ μία ἠλεκτρικὴ θερμάστρα κλπ. εἰς τὸ δίκτυον μέσω γνῶμονος καὶ ἀμπερομέτρου.

Νά συνδεθῆ βολτόμετρον εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ.

1) Νά ὑπολογισθῆ ἡ ἰσχύς ποὺ καταναλίσκεται ἐντὸς τοῦ καταναλωτοῦ, ἀπὸ τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου καὶ τοῦ βολτομέτρου.

2) Νά ὑπολογισθῆ καὶ νά μετρηθῆ μὲ τὸν γνῶμονα τὸ ἔργον, ποὺ καταναλίσκεται ἐντὸς δοθέντος χρονικοῦ διαστήματος.

## ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## 16·1 Ἡλεκτρικὴ Ἐνέργεια καὶ Θερμικὴ Ἐνέργεια.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ:

α) Εἰς τμήμα κυκλώματος, διὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικῆς ἐνεργείας ὑπὸ κινήτρων.

β) Εἰς ἄλλο τμήμα τοῦ ἰδίου κυκλώματος, διὰ τὴν παραγωγὴν χημικῶν ἀντιδράσεων εἰς συσκευὰς ἠλεκτρολύσεως ἢ γαλβανοπλαστικῆς.

γ) Εἰς τρίτον τμήμα, διὰ τὴν παραγωγὴν φωτεινῆς ἐνεργείας ὑπὸ ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων.

δ) Εἰς τέταρτον τμήμα διὰ τὴν παραγωγὴν ὠφέλιμου θερμικῆς ἐνεργείας, π.χ. ὑπὸ ἠλεκτρικῆς θερμάστρας, κουζίνας, θερμαντικοῦ στοιχείου, θερμοσίφωνος κλπ.

Ἀντιθέτως πρὸς τὴν τελευταίαν ὠφέλιμον αὐτὴν παραγωγὴν θερμότητος, παράγεται ἐπίσης καὶ ἐπιζημίαι θερμικὴ ἐνέργεια, κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν, χημικὴν ἢ φωτεινὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὰς περιπτώσεις δηλαδὴ αὐτὰς μέρος τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ποὺ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικῆς, χημικῆς ἢ φωτεινῆς ἐνεργείας, μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Ἡ θερμότης αὐτὴ εἶναι ἀπώλεια ἐνεργείας. Προκύπτει π.χ. ἀπώλεια ἐνεργείας λόγω ἀναπτύξεως θερμότητος εἰς τὸ τύλιγμα τῶν ἐν λειτουργίᾳ ἠλεκτροκινήτρων. Ἐπίσης τὸ μέγιστον μέρος τῆς παρεχομένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τοὺς λαμπτήρας πυρακτώσεως μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἀκριβῶς ἔγιναν καὶ γίνονται τόσαι ἔρευναι, μὲ ἀντικειμενικὸν σκοπὸν τὴν κατασκευὴν λαμπτήρων μὲ μικρὰς ἀπωλείας θερμότητος (λαμπτήρες φθορισμοῦ κ.λ.π.). Ἀπώλεια ἠλεκτρικῆς



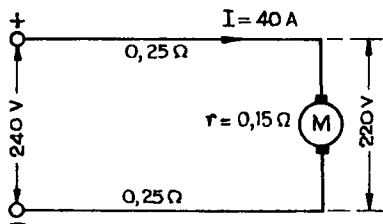
ένεργειας προκύπτουν και εις τὰς γραμμάς μεταφοράς και διανομῆς τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος καθὼς και εις τοὺς ἀγωγούς τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων φωτισμοῦ και κινήσεως. Μία ἀπὸ τὰς κυριωτέρας φροντίδας τοῦ ἠλεκτρολόγου, κατὰ τὴν μελέτην γραμμῶν και ἀγωγῶν, εἶναι νὰ περιορίζῃ τὴν ἐνέργειαν, ἣ ὅποια χάνεται ὡς θερμότης. Αὐτὸ δὲ ἠμπορεῖ νὰ τὸ ἐπιτύχῃ μόνον ἂν περιορίσῃ τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος, ποὺ χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μεταφορὰν ρεύματος.

Τὰ τυλίγματα ἐπίσης τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν ὑπολογίζονται μὲ μεγάλην προσοχήν, ὥστε ἡ δημιουργία θερμότητος ἐντὸς αὐτῶν νὰ εἶναι κατὰ τὸ δυνατόν περιορισμένη. Προβλέπεται ἐπὶ πλέον ἡ ἀπαγωγή τῆς θερμότητος αὐτῆς ποὺ ἀναπτύσσεται μὲ καταλλήλους διόδους ἀερισμοῦ και μὲ τὴν χρησιμοποίησιν ἀνεμιστήρων.

Τὰ παραδείγματα ποὺ ἀκολουθοῦν δεικνύουν τὸν τρόπον, κατὰ τὸν ὅποιον δυνάμεθα νὰ ὑπολογίζωμε τὰς ἀπώλειαις ἰσχύος, λόγω τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος.

### Παράδειγμα 1.

Δίκτυον 240 V τροφοδοτεῖ ἠλεκτροκινητήρα, ὃ ὅποιος ἀπορροφᾷ 40 A (σχ. 16·1 α). Ἡ γραμμὴ τροφοδοτήσεως τοῦ κινη-



Σχ. 16·1 α.

τήρος παρουσιάζει συνολικὴν ἀντίστασιν  $R = 0,5 \Omega$ . Ποία εἶναι ἡ ἰσχύς ἣ ὅποια μετατρέπεται εἰς θερμότητα ἐντὸς τῆς γραμμῆς;

Λύσις: Ἐπειδὴ ἡ γραμμὴ δὲν παρέχει ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ὀλοκλήρως ἢ καταναλισκομένη ἰσχύς ἐντὸς αὐτῆς μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

Ἡ ἰσχύς, ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς τῆς γραμμῆς αὐτῆς ἔχει τιμὴν:

$$N = I^2 \cdot R = 40^2 \times 0,5 = 800 \text{ W.}$$

Ἔτσι, εἰς κάθε δευτερόλεπτον, ἔργον 800 Joule μετατρέπεται εἰς θερμότητα ἐντὸς τῆς γραμμῆς. Ἡ θερμότης αὕτη εἶναι ἀπώλεια ἐνεργείας καὶ ὀνομάζεται ἀπώλεια θερμότητος ἢ ἀπλῶς ἀπώλεια  $I^2 \cdot R$ .

### Παράδειγμα 2.

Ποία εἶναι ἡ ἀπώλεια θερμότητος ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου τοῦ κινητήρος τοῦ παραδείγματος 1, ἐὰν ἡ ἀντίστασις του εἶναι  $r = 0,15 \Omega$ ;

Λύσις: Ἐπειδὴ 40 A διέρχονται διὰ μέσου τοῦ ἐπαγωγίμου, ἡ ἀπώλεια θερμότητος ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεώς του θὰ ἔχῃ τιμὴν:

$$N = I^2 \cdot r = 40^2 \times 0,15 = 240 \text{ W.}$$

Ὁ κινητὴρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $240 - I \cdot R = 240 - 40 \times 0,5 = 240 - 20 = 220 \text{ V}$  καὶ παραλαμβάνει, ἐπομένως, ἰσχὴν  $220 \times 40 = 8800 \text{ W}$ .

Ἀπὸ τὴν ἰσχὴν αὐτὴν τὰ 240 W μετατρέπονται εἰς θερμότητα καὶ τὰ  $8800 - 240 = 8560 \text{ W}$  μετατρέπονται εἰς μηχανικὴν ἰσχὴν. Τὰ 240 W εἶναι ἡ ἀπώλεια  $I^2 \cdot r$  ἐντὸς τοῦ κινητήρος, ἡ ὁποία ὀνομάζεται καὶ ἀπώλεια χαλκοῦ, δεδομένου ὅτι οἱ ἠλεκτρικοὶ ἄγωγοί, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν τυλιγμάτων τῶν μηχανῶν, εἶναι κατὰ κανόνα χάλκινοι.

Πρέπει νὰ σημειώσωμε ὅτι ἀπὸ τὰ 220 V, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κινητήρος,  $40 \text{ A} \cdot 0,15 \Omega = 6 \text{ V}$  καταναλίσκονται διὰ νὰ ὑποχρε-

ώσουν τὸ ρεύμα νὰ κυκλοφορήσῃ διὰ μέσου τῆς ἀντιστάσεως τοῦ τυλίγματος τοῦ κινητήρος.

Διαπιστώνομε ἐπίσης ὅτι ἡ ἀπώλεια θερμότητος ἐντὸς τοῦ τυλίγματος δίδεται καὶ ἀπὸ τὰς σχέσεις :

$$N = U \cdot I = 6 \text{ V} \cdot 40 \text{ A} = 240 \text{ W} \quad \text{καὶ}$$

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{6^2}{0,15} = \frac{36}{0,15} = 240 \text{ W}.$$

Σημειώνομε καὶ πάλιν ὅτι καὶ αἱ τρεῖς μορφαί, ποὺ λαμβάνει ἡ σχέση τῆς ἰσχύος, ἐφαρμόζονται ἀδιακρίτως, προκειμένου νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπώλεια θερμότητος ἐντὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως  $r$ , ὑπὸ τὸν ὅρον ὅμως ὅτι τόσον ἡ τάσις ὅσον καὶ ἡ ἔντασις θὰ εἶναι ἐκεῖναι αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἀντίστασιν αὐτήν.

## 16·2 Μονάδες θερμότητος.

Ἐφοῦ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, καθὼς καὶ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἔπεται ὅτι αἱ ἠλεκτρικαὶ μονάδες ἐνεργείας δύνανται νὰ μετατραποῦν εἰς μονάδας θερμότητος, ὅπως μετατρέπονται εἰς μονάδας ἔργου. Ἀντιστρόφως, αἱ θερμικαὶ μονάδες δύνανται ἐπίσης νὰ μετατρέπωνται εἰς ἠλεκτρικάς.

Μονάδες θερμότητος εἶναι ἡ *θερμὶς* καὶ ἡ *χιλιοθερμὶς*.

*Θερμὶς* (σύμβολον *cal*) ὀνομάζεται τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος ποὺ ἀπαιτεῖται, διὰ νὰ ἀυξηθῇ ἡ θερμοκρασία ἐνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου ὕδατος ( $1 \text{ cm}^3$ ) κατὰ ἓνα βαθμὸν Κελσίου ( $1^\circ \text{C}$ ).

Τὸ κυβικὸν ἑκατοστόμετρον ὕδατος ἔχει βάρος ἐνὸς γραμμαρίου.

Ἡ *χιλιοθερμὶς* (σύμβολον *kcal*) εἶναι ἴση μὲ χιλιάδας θερμίδας.

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}.$$

*Χιλιοθερμὶς* ὀνομάζεται τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος ποὺ ἀ-

παιτεῖται, διὰ τὴν αὐξηθῆ ἢ θερμοκρασία μᾶς κυβικῆς παλάμης ( $1 \text{ dm}^3$ ) ὕδατος κατὰ ἓνα βαθμὸν Κελσίου.

Ἡ κυβικὴ παλάμη ὀνομάζεται καὶ λίτρα. Μία λίτρα ὕδατος ἔχει ἔσος ἓνός χιλιογράμμου. Ἄρα μία χιλιοθερμὶς εἶναι τὸ ποσὸν τῆς ἀπαιτουμένης θερμότητος πρὸς αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας ἓνός χιλιογράμμου ὕδατος κατὰ  $1^\circ \text{C}$ .

### 16·3 Ἀπαιτούμενον ποσὸν θερμότητος διὰ τὴν θέρμασιν δοθέντος ὄγκου ὕδατος.

Τὸ ποσὸν θερμότητος ποῦ χρειάζεται, διὰ τὴν φέρωμε μίαν κυβικὴν παλάμην ὕδατος, ἀρχικῆς θερμοκρασίας  $\Theta_1^\circ \text{C}$  (π.χ.  $20^\circ \text{C}$ ) εἰς θερμοκρασίαν  $\Theta_2^\circ \text{C}$  (π.χ.  $80^\circ \text{C}$ ), εἶναι προφανῶς ἕσος πρὸς :

$$\Theta_2 - \Theta_1 \text{ kcal.}$$

Ἄν ἀντὶ μᾶς μόνον κυβικῆς παλάμης ὕδατος θερμαίνωνται  $B$  κυβικαὶ παλάμαι μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω θερμοκρασιῶν, εἶναι καὶ πάλιν προφανές ὅτι ἀπαιτεῖται ποσὸν θερμότητος :

$$B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1) \text{ kcal.}$$

Τὸ ποσὸν θερμότητος συμβολίζεται μὲ τὸ  $Q_c$ .

Τὸ ποσὸν  $B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)$  kcal εἶναι τὸ θεωρητικὸν ποσὸν τῆς θερμότητος ποῦ ἀπαιτεῖται. Πράγματι, κατὰ τὴν θέρμασιν τοῦ ὕδατος, ἓνα μέρος ἀπὸ τὴν θερμότητα, ποῦ τοῦ παρέχομε, ἀκτινοβολεῖται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ἐνῶ ἓνα δεύτερον μέρος ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὸ δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει τὸ ὕδωρ. Τὸ πραγματικὸν ποσὸν ἐπομένως θερμότητος ποῦ μᾶς χρειάζεται εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ θεωρητικόν.

Ἄν συμβολίσωμε μὲ  $n$  τὸν λόγον μεταξὺ θεωρητικοῦ ποσοῦ θερμότητος  $B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)$  καὶ πραγματικοῦ ποσοῦ ἀπαιτουμένης θερμότητος  $Q_c$ , προκύπτει ὅτι  $n = \frac{B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)}{Q_c}$ , δηλαδή ὅτι :

$$Q_c = \frac{B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)}{n}$$

"Όταν εις τὴν σκέειν αὐτὴν τὸ  $B$  παριστᾶ κυβικὰ ἑκατοστόμετρα (ἢ γραμμάρια), τότε τὸ  $Q_c$  παριστᾶ θερμίδας. "Όταν τὸ  $B$  εἶναι κυβικαὶ παλάμαι (ἢ χιλιόγραμμα), τὸ  $Q_c$  εἶναι χιλιόθερμίδες.

### Παράδειγμα.

Ποῖον εἶναι τὸ θεωρητικὸν ποσὸν τῆς θερμότητος ποῦ ἀπαιτεῖται, ὅταν θέλωμε νὰ θερμάνωμε 80 λίτρας ὕδατος, ἀπὸ θερμοκρασίας  $20^{\circ}\text{C}$  μέχρι θερμοκρασίας  $80^{\circ}\text{C}$ ; "Αν ἡ ἀπόδοσις τοῦ δοχείου θερμάνσεως εἶναι 0,9, ποῖον εἶναι τὸ πραγματικὸν ποσὸν τῆς ἀπαιτουμένης θερμότητος;

Λύσις:

$B = 80$  λίτραι (ἢ  $\text{dm}^3$  ἢ  $\text{kg}$ ),  $\Theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $\Theta_2 = 80^{\circ}\text{C}$ ,  $n = 0,9$ . α) Θεωρητικὸν ποσὸν θερμότητος =; β) Πραγματικὸν ποσὸν θερμότητος =;

α) Τὸ θεωρητικὸν ποσὸν τῆς ἀπαιτουμένης θερμότητος διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος ἔχει τιμὴν:

$$Q_c \text{ θεωρητικὸν} = B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1) = 80 \cdot (80 - 20) = 80 \times 60 = 4800 \text{ kcal.}$$

β) Τὸ πραγματικὸν ποσὸν ἔχει τιμὴν:

$$Q_c \text{ πραγματικὸν} = \frac{Q_c \text{ θεωρητικὸν}}{n} = \frac{4800}{0,9} = 5333,3 \text{ kcal.}$$

### 16·4 Ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος ὑπὸ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Νόμος τοῦ Joule.

Γνωρίζομε ἀπὸ τὴν Φυσικὴν ὅτι ποσὸν θερμότητος μιᾶς θερμίδος δύναται νὰ παράγη ἔργον 4,18 Joule, δηλαδὴ ἔτι:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joule.}$$

'Αντιστρόφως, ἔργον ἑνὸς Joule δύναται νὰ παράγη ποσὸν θερμότητος  $\frac{1}{4,18} = 0,24 \text{ cal}$ , δηλαδὴ:

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal.}$$

Ὄταν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως  $I$  ἄμπερ διέρχεται διὰ μέσου ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως  $R$  ὧμ, καταναλίσκεται, ὡς γνωστὸν, ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς  $I^2 \cdot R$  βάττ. Τοῦτο σημαίνει ὅτι καταναλίσκεται *κάθε δευτερόλεπτον* ἡλεκτρικὸν ἔργον  $I^2 \cdot R$  Joule. Τὸ ἔργον τοῦτο μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Ἄφοῦ  $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$ , τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος ποὺ ἀναπτύσσεται *κάθε δευτερόλεπτον* ἀπὸ τὴν μετατροπὴν τοῦ ἀνωτέρω ἔργου εἶναι  $0,24 \cdot I^2 \cdot R \text{ cal}$ .

Ἄν τὸ ρεῦμα κυκλοφορήσῃ ἐπὶ  $t$  δευτερόλεπτα, εἶναι προφανές ὅτι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, ἢ ὁποῖα θὰ ἀναπτυχθῇ, εἶναι  $t$  φορὰς μεγαλύτερον, ἄρα ὅτι :

$$Q_c = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal.} \quad (10)$$

Ἐπομένως, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται ἐντὸς ἀγωγοῦ, εἶναι ἀνάλογον τῆς ἀντιστάσεώς του, τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ τοῦ χρόνου τῆς διελύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ.

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (10) ὀνομάζεται νόμος τοῦ Joule.

Ἄν  $U$  εἶναι ἡ ἐφηρμοσμένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως, τότε  $U = I \cdot R$  καὶ  $I = \frac{U}{R}$ . Ἡ σχέσις (10) λαμβάνει, ἐπομένως, τὰς μορφάς :

$$Q_c = 0,24 \cdot U \cdot I \cdot t \text{ cal} \quad (10') \text{ καὶ}$$

$$Q_c = 0,24 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t \text{ cal.} \quad (10'')$$

Ἄν ληφθῇ τέλος ὑπ' ὄψιν ὅτι  $I^2 \cdot R = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$  εἶναι ἡ ἰσχὺς  $N$ , εἰς βάττ, ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεως, προκύπτει ἡ τετάρτη μορφή τῆς σχέσεως (10) :

$$Q_c = 0,24 \cdot N \cdot t \text{ cal.} \quad (10''')$$

Πρὶν κλείσωμε τὴν παράγραφον, θὰ ὑπολογίσωμε τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται, ὅταν ἡλεκτρικὸν ἔργον

1 kWh μετατρέπεται εις θερμότητα. Γνωρίζομε ότι  $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Joule}$ , ἄρα:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Joule} = 0,24 \times 3\,600\,000 = 864\,000 \text{ cal ἢ}$$

$$1 \text{ kWh} = 864 \text{ kcal} \simeq 860 \text{ kcal.}$$

### Παράδειγμα 1.

Ποῖον εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσει ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ ἰσχύος 100 ἑάττ ἐντὸς μιᾶς ὥρας;

*Λύσις:*

$$Q_c = ; N = 100 \text{ W, } t = 1 \text{ h} = 3\,600 \text{ sec.}$$

Τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν ( $10'''$ ), δηλαδὴ:

$$Q_c = 0,24 \cdot N \cdot t = 0,24 \times 100 \times 3\,600 = 86\,400 \text{ cal} = 86,4 \text{ kcal.}$$

Εἰς τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ δυνάμεθα νὰ καταλήξωμε καὶ ὡς ἐξῆς:

Ὁ λαμπτήρ τῶν  $100 \text{ W} = 0,1 \text{ kW}$  καταναλίσκει ἔργον ἀνὰ ὥραν  $0,1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 0,1 \text{ kWh}$ . Ἀφοῦ  $1 \text{ kWh} = 864 \text{ kcal}$ , ἔπεται ὅτι  $0,1 \text{ kWh} = 864 \times 0,1 = 86,4 \text{ kcal}$ .

### Παράδειγμα 2.

Ποῖον εἶναι τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος, δταν ρεῦμα ἐντάσεως 50 ἄμπερ κυκλοφορῇ ἐπὶ 10 λεπτά διὰ μέσου ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 2 ὤμ;

*Λύσις:*

$$Q_c = ; I = 50 \text{ A, } t = 10 \text{ min} = 600 \text{ sec, } R = 2 \text{ } \Omega.$$

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν (10).

$$Q_c = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t = 0,24 \times 50^2 \times 2 \times 600 =$$

$$720\,000 \text{ cal} = 720 \text{ kcal.}$$

Τὸ ποσὸν τοῦτο εἶναι δυνατὸν νὰ εὐρεθῇ καὶ ὡς ἐξῆς: Ἡ ἰσχύς, ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, εἶναι  $N = I^2 \cdot R = 50^2 \times 2 = 5000 \text{ W} = 5 \text{ kW}$ . Τὸ ἔργον ποῦ καταναλίσκεται εἰς 10 πρῶτα λεπτὰ εἶναι:

$$A = 5 \text{ kW} \cdot \frac{10}{60} \text{ h} = \frac{5}{6} \text{ kWh.}$$

Τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος, ἐπομένως, εἶναι:

$$Q_c = 864 \times \frac{5}{6} = 720 \text{ kcal.}$$

### Παράδειγμα 3.

Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V καὶ ἀπορροφᾷ ρεῦμα ἐντάσεως 9 ἀμπέρ. Τί ποσὸν θερμότητος ἀναπτύσσει ἐντὸς τριῶν ὥρων;

Λύσις:

$$U = 220 \text{ V, } I = 9 \text{ A, } Q_c = ; t = 3 \text{ h} = 10\,800 \text{ sec.}$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (10') ἔχομε ὅτι:

$$Q_c = 0,24 \cdot U \cdot I \cdot t = 0,24 \times 220 \times 9 \times 10\,800 = 5\,132\,160 \text{ cal} = 5\,132,16 \text{ kcal.}$$

Τὸ ποσὸν τοῦτο εὐρίσκεται καὶ ὡς ἐξῆς. Ἡ καταναλισκόμενη ἰσχύς ὑπὸ τῆς θερμάστρας εἶναι:

$$N = U \cdot I = 220 \times 9 = 1\,980 \text{ W} = 1,98 \text{ kW.}$$

Τὸ καταναλισκόμενον ἔργον ἐντὸς τριῶν ὥρων εἶναι:

$$1,98 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 5,94 \text{ kWh. Ἐπομένως } Q_c = 864 \times 5,94 = 5\,132,16 \text{ kcal.}$$

### Παράδειγμα 4.

Ἡλεκτρικὸν σίδηρον λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V. Ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμαντικοῦ του στοιχείου εἶναι 110 Ω. Τί ποσὸν θερμότητος ἀναπτύσσει, ὅταν λειτουργῇ ἐπὶ 2 ὥρας καὶ 40 πρῶτα λεπτά;



Λύσις :

$$U = 220 \text{ V}, R = 110 \Omega, Q_c = ; t = 2 \text{ h } 40 \text{ min} = 9600 \text{ sec.}$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν ( $10''$ ) ἔχομεν ὅτι :

$$Q_c = 0,24 \frac{U^2}{R} \cdot t = 0,24 \times \frac{220^2}{110} \times 9600 = 1013760 \text{ cal} = 1013,76 \text{ kcal.}$$

Παράδειγμα 5.

Μία αντίσταση (ηλεκτρικὸς θερμαντήρ ἐμβαπτίσεως) ἰσχύος 300 βάττ ἐμβαπτίζεται εἰς δοχεῖον, ποὺ περιέχει 0,4 χιλιόγραμμα ὕδατος. Εἰς πόσον χρόνον ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος θὰ ἀνέλθῃ κατὰ  $60^{\circ}$  Κελσίου, ἂν ἡ ἀπόδοσις τοῦ δοχείου εἶναι 0,8 :

Λύσις :

$$N = 300 \text{ W}, B = 0,4 \text{ kg}, t = ; \Theta_2 - \Theta_1 = 60^{\circ} \text{ C}, n = 0,8.$$

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος εἶναι (παρ. 16·3) :

$$Q_c = \frac{B \cdot (\Theta_2 - \Theta_1)}{n} = \frac{0,4 \times 60}{0,8} = \frac{24}{0,8} = 30 \text{ kcal} = 30000 \text{ cal.}$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν ( $10'''$ )  $Q_c = 0,24 \cdot N \cdot t \text{ cal}$ , προκύπτει ὅτι :

$$t = \frac{Q_c}{0,24 \cdot N} = \frac{30000}{0,24 \times 300} \simeq 417 \text{ sec} = 6 \text{ min } 57 \text{ sec.}$$

Παράδειγμα 6.

Ποῖος εἶναι ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται, διὰ νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος θερμοσίφωνος τῶν 80 λίτρων καὶ ἰσχύος 2 χιλιβάττ, ἀπὸ θερμοκρασίας  $15^{\circ} \text{ C}$  μέχρι θερμοκρασίας  $75^{\circ} \text{ C}$ . Ἡ ἀπόδοσις τοῦ θερμοσίφωνος εἶναι 0,92.

Λύσις :

$$t = ; B = 80 \text{ λίτρα}, N = 2 \text{ kW}, \Theta_1 = 15^{\circ} \text{ C}, \Theta_2 = 75^{\circ} \text{ C}, n = 0,92.$$

Τὸ ποσὸν τῆς ἀπαιτουμένης θερμότητος διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος εἶναι :

$$Q_c = \frac{B \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{n} = \frac{80 \cdot (75 - 15)}{0,92} = \frac{80 \times 60}{0,92} = \frac{4800}{0,92} = 5217,4 \text{ kcal} = 5217400 \text{ cal.}$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν ( $10'''$ )  $Q_c = 0,24 \cdot N \cdot t$  cal προκύπτει ὅτι :

$$t = \frac{Q_c}{0,24 \cdot N} = \frac{5217400}{0,24 \times 2000} \approx 10870 \text{ sec} = 3 \text{ h } 1 \text{ min } 10 \text{ sec.}$$

Ἀπαιτοῦνται δηλαδὴ περίπου 3 ὥραι διὰ τὴν ἀνοδὸν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος κατὰ  $60^\circ \text{C}$ , εἰς συνήθη θερμοσίφωνα τῶν 80 λιτρῶν ἰσχύος 2 kW.

### Παράδειγμα 7.

Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου ἡλεκτρικοῦ θερμοσίφωνος τῶν 80 λιτρῶν, ἂν εἶναι γνωστὸν ὅτι λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V, ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ  $60^\circ \text{C}$  ἐντὸς μιᾶς ὥρας καὶ τριάντα πρώτων λεπτῶν καὶ ὅτι ὁ βαθμὸς ἀποδόσεώς του εἶναι 0,92. Νὰ ὑπολογισθῇ ἀκολούθως ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου καὶ ἡ δαπάνη διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, ἂν τὸ χιλιοβαττώριον τιμᾶται πρὸς 0,75 δραχ.

Λύσις :

$$R = ; B = 80 \text{ λίτραι, } U = 220 \text{ V, } \theta_2 - \theta_1 = 60^\circ \text{C, } t = 1 \text{ h } 30 \text{ min} = 5400 \text{ sec, } n = 0,92, I = ; \text{δαπάνη} = ; .$$

Τὸ ποσὸν τῆς ἀπαιτουμένης θερμότητος διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος εἶναι :

$$Q_c = \frac{B \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{n} = \frac{80 \times 60}{0,92} = 5217,4 \text{ kcal} = 5217400 \text{ cal.}$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν ( $10'''$ )  $Q_c = 0,24 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t$  cal, προκύπτει ὅτι :

$$1) R = \frac{0,24 \cdot U^2 \cdot t}{Q_c} = \frac{0,24 \times 220^2 \times 5 \cdot 400}{5 \cdot 217 \cdot 400} \approx 12 \Omega.$$

$$2) I = \frac{U}{R} = \frac{220}{12} = 18,33 \text{ A.}$$

3) Ἀφοῦ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, ἢ ὁποῖα ἔχει καταναλωθῆ, εἶναι 5 217,4 kcal καὶ ἀφοῦ  $1 \text{ kW} = 864 \text{ kcal}$ , ἔπεται ὅτι ἐδαπανήθη ἔργον :

$$\frac{5217,4}{864} = 6,04 \text{ kWh} \approx 6 \text{ kWh.}$$

Προκύπτει ἐπομένως δαπάνη :

$$\Delta = 6 \times 0,75 = 4,5 \text{ δραχμῶν.}$$

### 16·5 Ἀσφάλεια.

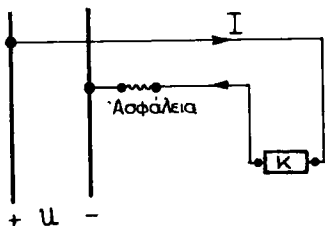
Ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης, ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορῇ ἐντὸς τοῦ τυλίγματος γεννητριῶν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἠλεκτροκινητῆρων, ὀρισμένων ἠλεκτρικῶν συσκευῶν (ὅπως π.χ. ἠλεκτρομαγνητῶν, κωδῶνων, ἠλεκτρονόμων κλπ.) καὶ διὰ μέσου τῶν ἀγωγῶν, οἱ ὁποῖοι συνδέουν τὰς πάσης φύσεως ἠλεκτρικὰς μηχανὰς καὶ συσκευὰς μὲ τὸ δίκτυον παροχῆς ρεύματος, εἶναι ἀπώλεια καὶ ἐλαττώνει τὴν ἀπόδοσιν τῆς ἐγκαταστάσεως.

Ἐν τούτοις τὸ θερμικὸν ἀποτέλεσμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιεῖται συστηματικῶς εἰς πολλὰς συσκευὰς.

Μία ἀπὸ τὰς συνηθεστέρας εἶναι καὶ ἡ *τηχομένη ἀσφάλεια*. Τὸ ἐνεργὸν μέρος μιᾶς τηχομένης ἀσφαλείας εἶναι ἓνα συρμάτιον, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς γραμμῆς τροφοδοτήσεως τοῦ καταναλωτοῦ, τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ προστατεύσῃ (σχ. 16·5 α).

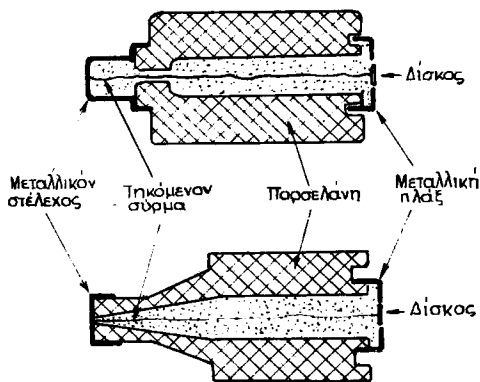
Ὅταν τὸ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ καταναλωτοῦ ὑπερβῇ τὴν κανονικὴν του τιμὴν, τότε ἐντὸς τοῦ συρματίου ἀναπτύσσεται θερμότης, ἢ ὁποῖα προκαλεῖ τὴν τήξιν του. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον διακόπτεται ἡ παροχὴ ρεύματος εἰς τὸν καταναλωτὴν.

Διὰ νὰ προληφθοῦν τυχόν κίνδυνοι πυρκαϊῶν καὶ ἄλλων βλαβῶν, ἐπειδὴ ἐκτινάσσεται μετὰ τὴν τήξιν τὸ μέταλλον, τὰ συρμάτια πε-



Σχ. 16-5 α.

ριβάλλονται με κυλινδρικά φυσίγγια ἐκ πορσελάνης (σχ. 16-5 β). Τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ συρματίου εἶναι κολλημένον εἰς ἓνα μικρὸν μεταλλικὸν δίσκον, ὃ ὅποιος εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον μεταλλικῆς

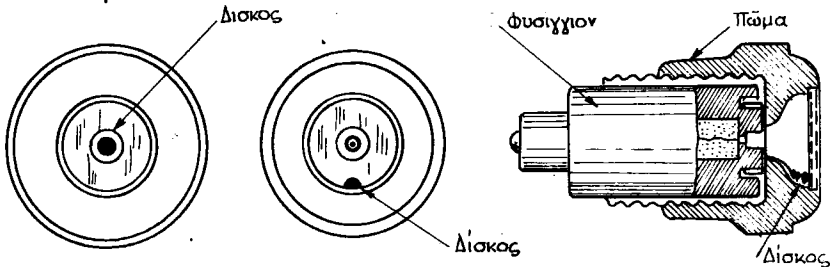


Σχ. 16-5 β.

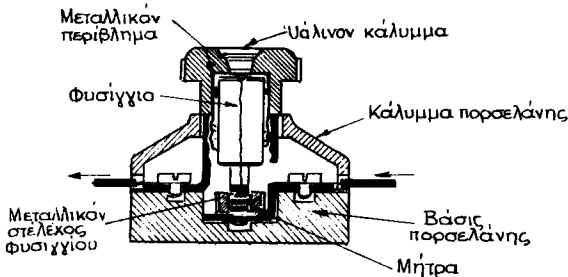
πλακός. Δίσκος καὶ μεταλλικὴ πλάξ ἐφάπτονται μεταξύ των. Τὸ δεύτερον ἄκρον τοῦ συρματίου εἶναι κολλημένον εἰς ἓνα μεταλλικὸν στέλεχος. Πλάξ καὶ στέλεχος ἀποτελοῦν τὰ σημεῖα εἰσόδου καὶ ἐξόδου τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ διὰ τοῦ συρματίου. Ὁ μικρὸς δίσκος ἐκτινάσσεται, ὅταν τακῆ τὸ συρμάτιον. Ὁ δίσκος αὐτὸς εἶναι χρωματισμένος ἀναλόγως μετὰ τὴν μικροτέραν ἔντασιν

του ρεύματος, που προκαλεί την τήξιν του συρματίου. Ἡ ἔντασις αὐτὴ λέγεται *ὀνομαστικὴ ἔντασις* τοῦ φυσιογγίου.

Τὰ φυσιογγία τοποθετοῦνται ἐντὸς εἰδικῶν βάσεων καὶ στερεώνονται εἰς αὐτὰς μὲ πώματα, ὅπως δεικνύουν τὰ σχήματα 16·5 γ καὶ 16·5 δ.



Σχ. 16·5 γ.



Σχ. 16·5 δ.

### 16·6 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Ὄταν τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ ἐντὸς τμήματος κυκλώματος, δὲν παράγῃ μηχανικὴν, χημικὴν ἢ φωτεινὴν ἐνέργειαν, ὁλόκληρος ἡ ἐνέργειά του μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

Παράγεται θερμότης καὶ εἰς τὰ τμήματα κυκλώματος, ὅπου τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας. Ἡ παραγωγή τῆς θερμότητος αὐτῆς ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τῶν τμημάτων τούτων.

β) Ἡ ἀπώλεια ἰσχύος, λόγω ἀναπτυσσομένης θερμότητας, εἶναι:

$$N = I^2 \cdot R \text{ βάττ.}$$

γ) Μονάδες θερμότητας εἶναι ἡ θερμὴ καὶ ἡ χιλιοθερμίδες.

δ) Τὸ ποσὸν θερμότητας ποὺ ἀπαιτεῖται διὰ τὴν θέρμανσιν δοθέντος ὄγκου ὕδατος εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$Q_c = \frac{B \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{n}$$

ὅπου  $Q_c$  εἶναι θερμίδες, ὅταν  $B$  εἶναι κυβικὰ ἑκατοστόμετρα. Ὅταν  $B$  εἶναι κυβικὰ παλάμαι,  $Q_c$  εἶναι χιλιοθερμίδες.

ε) Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητας ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$Q_c = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t = 0,24 \cdot U \cdot I \cdot t = 0,24 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t = 0,24 \cdot N \cdot t \text{ cal.}$$

στ)  $1 \text{ kWh} = 864 \text{ kcal.}$

ζ) Τὸ θερμικὸν ἀποτέλεσμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιεῖται συστηματικῶς εἰς τὰς τηκομένας ἀσφαλείας καὶ εἰς τὰς συσκευὰς θερμάνσεως (σιδηρα σιδηρώματος, κουζίνας, θερμάστραι, θερμοσίφωνες κλπ.)

### 16·7 Προβλήματα.

α) Ποῖον εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητας ποὺ ἀναπτύσσεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα ἰσχύος  $40 \text{ W}$  [ $150 \text{ W}$ ] ( $300 \text{ W}$ ) εἰς  $3$  ὥρας [ $1 \text{ h } 15 \text{ min}$ ] ( $20 \text{ min}$ );

Ἀπάντησις:  $103,68 \text{ kcal}$  [ $162 \text{ kcal}$ ] ( $86,4 \text{ kcal}$ )

β) Ποῖον εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητας ποὺ ἀναπτύσσεται, ὅταν ρεῦμα ἐντάσεως  $20 \text{ A}$  [ $50 \text{ A}$ ] ( $100 \text{ A}$ ) κυκλοφορῇ ἐπὶ  $15 \text{ min}$  [ $30 \text{ min}$ ] ( $12 \text{ min}$ ) διὰ μέσου ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως  $5 \Omega$  [ $4 \Omega$ ] ( $2 \Omega$ );

Ἀπάντησις:  $432 \text{ kcal}$  [ $4320 \text{ kcal}$ ] ( $3456 \text{ kcal}$ )

γ) Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $220 \text{ V}$  καὶ ἀπορ-

ροφά ρεύμα έντάσεως  $4,5 \text{ A}$  [ $13,5 \text{ A}$ ] ( $3,4 \text{ A}$ ). Τι ποσόν θερμότητος αναπτύσσει κάθε ὥραν;

Ἀπάντησις:  $855,36 \text{ kcal}$  [ $2\,566\,08 \text{ kcal}$ ] ( $646,272 \text{ kcal}$ )

δ) Πλάξ ηλεκτρικῆς κουζίνας λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $220 \text{ V}$ . Ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμαντικοῦ τῆς στοιχείου εἶναι  $50 \Omega$  [ $25 \Omega$ ] ( $12,5 \Omega$ ). Τι ποσόν θερμότητος αναπτύσσει, ὅταν λειτουργῆ ἐπὶ μίαν ὥραν καὶ τριάντα πρώτα λεπτά [ $1 \text{ h}$ ] ( $30 \text{ min}$ );

Ἀπάντησις:  $1\,254,528 \text{ kcal}$  [ $1\,672,704 \text{ kcal}$ ] ( $1\,672,704 \text{ kcal}$ )

ε) Εἰς πόσον χρόνον μικρὸς ηλεκτρικὸς θερμοσίφων τῶν  $4$  λιτρῶν [ $10$  λιτρῶν] ( $20$  λιτρῶν) ἰσχύος  $1,2 \text{ kW}$  [ $1,5 \text{ kW}$ ] ( $2 \text{ kW}$ ) ἀνυψώνει κατὰ  $60^\circ$  Κελσίου τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος, ποῦ περιέχει; Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ θερμοσίφωνος εἶναι  $0,85$  [ $0,9$ ] ( $0,9$ );

Ἀπάντησις:  $16 \text{ min } 20 \text{ sec}$  [ $30 \text{ min } 52 \text{ sec}$ ] ( $46 \text{ min } 17 \text{ sec}$ )

στ) Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἀντίστασις ηλεκτρικοῦ θερμαντήρος ἐμβαπτίσεως, ὅταν εἶναι γνωστὸν ὅτι λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $220$  βόλτ καὶ ὅτι φέρει εἰς θερμοκρασίαν βρασμοῦ, ἀπὸ ἀρχικῆς θερμοκρασίας  $20^\circ$  Κελσίου, ὄγκον ὕδατος  $0,5$  λιτρῶν [ $2$  λιτρῶν] ( $1,5$  λίτρας), ἐντὸς  $4$  πρώτων λεπτῶν καὶ  $10$  δευτερολέπτων [ $10 \text{ min}$ ] ( $10 \text{ min}$ ). Νὰ καθορισθοῦν ἀκολουθῶς ἡ ἰσχύς τοῦ θερμαντήρος καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου αὐτοῦ. Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ δοχείου θερμάνσεως θὰ ληφθῆ ἴσος πρὸς  $0,8$ .

Ἀπάντησις:  $58,08 \Omega$ ,  $833 \text{ W}$ ,  $3,787 \text{ A}$ .

[ $34,848 \Omega$ ,  $1\,389 \text{ W}$ ,  $6,31 \text{ A}$ ].

( $46,464 \Omega$ ,  $1\,041 \text{ W}$ ,  $4,73 \text{ A}$ )

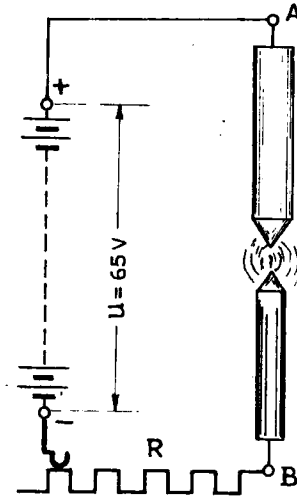
ζ) Πόσον στοιχίζει, πρὸς  $0,75$  δραχμὰς τὸ χιλιοβατῶριον, ἡ θέρμανσις ὄγκου ὕδατος μιᾶς λίτρας, [ $10$  λιτρῶν] ( $100$  λιτρῶν), ἀπὸ θερμοκρασίας  $20^\circ$  Κελσίου εἰς θερμοκρασίαν βρασμοῦ, ἐντὸς δοχείου ἀποδόσεως  $0,8$ ;

Ἀπάντησις:  $0,0868$  δραχμὰς [ $0,868$  δρχ.] ( $8,68$  δρχ.)

η) Διὰ τὴν λειτουργίαν λυχνία τόξου πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς (σχ. 16·7 α) τάσις μεταξὺ  $39$  καὶ  $45$  βόλτ, ἀναλόγως τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος ποῦ ἀπορροφᾷ. Τὸ πλεόνασμα τῆς παρεχομένης τάσεως ὑπὸ τῆς πηγῆς πρέπει νὰ ἀπορροφᾶται ἐντὸς μιᾶς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως, ποῦ εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μετὰ τὴν λυχνίαν. Δίδεται λυχνία τόξου, τῆς ὁποίας τὸ τόξον λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $U_{AB} = 38 \text{ V}$  καὶ ἡ ἐποία τροφοδοτεῖται ὑπὸ πηγῆς  $U = 65 \text{ V}$ .

Νά καθορισθούν :

1ον) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως  $R$ , ὅταν ὁ λαμπτήρ λειτουργῆ με ρεῖμα ἐντάσεως 10 A.



Σχ. 16·7 α.

2ον) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς  $N_\lambda$  ἐντὸς τοῦ λαμπτήρος.

3ον) Ἡ ἀπώλεια ἰσχύος  $N_R$  ἐντὸς τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως.

4ον) Τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος, ἀνὰ πρῶτον λεπτόν, ὑπὸ τοῦ λαμπτήρος.

5ον) Τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος, ἀνὰ πρῶτον λεπτόν, ἐντὸς τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως.

6ον) Ἡ ἀπόδοσις τοῦ λαμπτήρος, δηλαδὴ τὸ πηλίκον :

$$\eta = \frac{\text{ὑφέλιμος ἰσχύς}}{\text{συνολικὴ ἰσχύς}}$$

Ἀπάντησις : 1ον) 2,7 Ω, 2ον) 380 W, 3ον) 270 W, 4ον) 5,472 kcal, 5ον) 3,888 kcal, 6ον) 0,585



## ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΤΩΝ ΣΥΡΜΑΤΩΝ

**17·1 Ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται ἡ ἀντίστασις τῶν συρμάτων.**

Τὰ σύρματα εἶναι μεταλλικά σώματα, τὰ ὅποια ἔχουν πολὺν μεγάλον μῆκος, ἐν συγκρίσει μὲ τὰς διαστάσεις τῆς σταθερᾶς διατομῆς των.

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις τῶν συρμάτων ἐξαρτᾶται :

α) Ἀπὸ τὰς φυσικὰς ἰδιότητας τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ κράματος μετάλλων, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι κατασκευασμένα, καὶ

β) ἀπὸ τὰς γεωμετρικὰς των διαστάσεις, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ μῆκος των καὶ ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς των.

**17·2 Εἰδικὴ ἀντίστασις καὶ εἰδικὴ ἀγωγιμότης τῶν μετάλλων καὶ τῶν κραμάτων.**

Ὅταν μετρήσωμε τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς σύρματος ἀπὸ καθαρὸν χαλκόν, μῆκους ἐνὸς μέτρου (1 m) καὶ διατομῆς ἐνὸς τετραγωνικοῦ χιλιοστομέτρου ( $1 \text{ mm}^2$ ), εὕρισκομε  $0,0175 \Omega$ .

Ὅταν μετρήσωμε τὴν ἀντίστασιν σύρματος ἀπὸ καθαρὸν ἀλουμίνιον, πάλιν μῆκους ἐνὸς μέτρου καὶ διατομῆς ἐνὸς τετραγωνικοῦ χιλιοστομέτρου, εὕρισκομε  $0,029 \Omega$ .

Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι τὰ σύρματα, μολονότι ἔχουν τὸ ἴδιον μῆκος καὶ τὴν ἴδιαν διατομὴν, ἔχουν ἀντιστάσεις διαφορετικές.

Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν προέκυψε ἡ ἔννοια τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως τῶν μετάλλων καὶ κραμάτων.

Εἰδικὴ ἀντίστασις μετάλλου ἢ κράματος ὀνομάζεται ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει σύρμα ἐκ τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ

κράματος αὐτοῦ, μήκους ἑνὸς μέτρου ( $1\text{ m}$ ) καὶ διατομῆς ἑνὸς τετραγωνικοῦ χιλιοστομέτρου ( $1\text{ mm}^2$ ).

Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις συμβολίζεται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μὲ τὸ μικρὸν γράμμα  $\rho$  τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαριθήτου καὶ μετρεῖται συνήθως εἰς ὄμ ἀνὰ τετραγωνικὸν χιλιοστόμετρον καὶ ἀνὰ μέτρον ( $\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ ).

Συμφώνως πρὸς ὅσα ἐλέχθησαν εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς παραγράφου αὐτῆς, προκύπτει ὅτι ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι  $0,0175 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  καὶ ἡ τοῦ ἀλουμινίου  $0,029 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ .

Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τῶν μετάλλων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν βαθμὸν τῆς καθαρότητός των. Κάθε πρόσμιξις ξένων οὐσιῶν εἰς ἓνα μέταλλον αὐξάνει κατὰ πολὺ τὴν ειδικὴν του ἀντίστασιν.

Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τῶν μετάλλων ἐξαρτᾶται ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των. Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τῶν μετάλλων αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία των.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ειδικὴν ἀντίστασιν, τὰ μέταλλα παρουσιάζουν καὶ μίαν ἄλλην ιδιότητα, τὴν ειδικὴν αγωγιμότητα.

*Εἰδικὴ αγωγιμότης μετάλλου ἢ κράματος ὀνομάζεται τὸ ἀντίστροφον τῆς ειδικῆς ἀντιστάσεως τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ κράματος αὐτοῦ.*

Ἡ ειδικὴ αγωγιμότης συμβολίζεται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μὲ τὸ μικρὸν γράμμα  $\kappa$  τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαριθήτου καὶ μετρεῖται εἰς mho ἢ σήμενς ἀνὰ μέτρον καὶ τετραγωνικὸν χιλιοστόμετρον:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \text{ mho} \cdot \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}.$$

Π.χ. ἡ ειδικὴ αγωγιμότης τοῦ χαλκοῦ εἶναι:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,0175} = 57,1 \text{ mho} \cdot \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}.$$

Εἰς τὸν κατωτέρω Πίνακα 1 πρᾶξιθενται αἱ τιμαὶ τῶν εἰ-

δικών αντίστασεων  $\rho$  και τών ειδικών αγωγιμοτήτων  $\kappa$  μετάλλων και κραμάτων εις θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  Κελσίου. Αί τιμαί ισχύουν διά μέταλλα εξαιρετικώς μεγάλου βαθμού καθαρότητος.

## Π Ι Ν Α Ξ Ι

Ειδική αντίστασις, ειδική αγωγιμότης και συντελεστής θερμοκρασίας μετάλλων και κραμάτων εις θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  Κελσίου.

Μέταλλον ή κράμα	Χημική σύνθεσις	Ειδική αντίστασις $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ $\rho$	Ειδική αγωγιμότης $\text{mho} \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}$ $\kappa$	Συντελεστής θερμοκρασίας $\alpha$
* Αλουμίνιον	Al	0,029	34,48	0,00446
* Ανθραξ	C	40 — 100	0,025 — 0,01	0,0003 — 0,0008
* Αργυρος	Ag	0,0163	61,4	0,0038
Βολφράμιον	W	0,055	18,18	0,0045
Κασσίτερος	Sn	0,12	8,4	0,0044
Λευκόχρυσος	Pt	0,095	10,5	0,0030
Μόλυβδος	Pb	0,204	5	0,004
Νικέλιον	Ni	0,10	10	0,0050
Σίδηρος	Fe	0,10 — 0,15	10 — 6,66	0,0050
* Υδράργυρος	Hg	0,958	1,04	0,0009
Χαλκός	Cu	0,0175	57	0,00392
Χρυσός	Au	0,023	43,48	0,0034
Ψευδάργυρος	Zn	0,061	16,4	0,00347
Καντάλ D		1,35		
Κοστανταν		0,50	2	— 0,00005
Κρουπίνη	Fe — Ni	0,85	1,18	0,0007
Μαγγάνιη	Cu — Mn — Ni	0,43	2,33	+ 0,000015
Νικελίνη	Cu — Ni — Zn	0,40	2,5	0,00028
Χρωμονικελίνη	Cr — Ni	1	1	0,0007

Ἡ τελευταία στήλη τοῦ Πίνακος (συντελεστής θερμοκρασίας) δὲν θὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ πρὸς τὸ παρόν.

Παρατηροῦμε, εἰς τὸν Πίνακα αὐτόν, ὅτι ὁ ἄργυρος καὶ κατόπιν ὁ χαλκὸς ἔχουν τὴν μικροτέραν εἰδικὴν ἀντίστασιν καὶ ἐπομένως εἶναι καταλληλότεροι. Ἐπειδὴ ὁμοίως ὁ ἄργυρος εἶναι πολὺ ἀκριβὲς, χρησιμοποιοῦμε κατὰ κανόνα ἀγωγοὺς ἀπὸ χαλκὸν εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς κατασκευάς, τὰς ἐγκαταστάσεις καὶ τὰ ἠλεκτρικὰ δίκτυα. Εἰς τὰ τελευταῖα αὐτὰ χρησιμοποιοῦμε ἐπίσης ἀγωγοὺς ἀπὸ ἀλουμίνιον.

Προκύπτει ἐπίσης, ἀπὸ τὸν Πίνακα αὐτόν, ὅτι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῶν κραμάτων εἶναι πολὺ μεγάλη ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τῶν μετάλλων. Π.χ. τὸ χρωμονικέλιον ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν 57,1 φορές μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τοῦ χαλκοῦ ( $-\frac{1}{0,0175} = 57,1$ ). Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ σύρματα ἀπὸ κράματα ὀνομάζονται *σύρματα ἀντιστάσεως*.

### 17-3 Ὑπολογισμὸς τῆς ἀντιστάσεως σύρματος μὲ βᾶσιν τὰς γεωμετρικὰς του διαστάσεις.

Διὰ νὰ καταστῇ δυνατὸς ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς σύρματος, πρέπει νὰ εὑρεθῇ ἡ σχέση, ἡ ὁποία συνδέει τὴν ἀντίστασιν του μὲ τὸ μῆκος καὶ τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς του.

Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν θὰ κάμωμε τὰς ἑξῆς μετρήσεις :

α) Θὰ μετρήσωμε μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐίτστον τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς χαλκίνου ἀγωγοῦ, ἀπὸ αὐτοὺς ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς ἐσωτερικὰς ἠλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις, μὲ διατομὴν ἑνὸς τετραγωνικοῦ χιλιοστομέτρου ( $1 \text{ mm}^2$ ) καὶ μῆκος π.χ. ἑκατὸν μέτρων (100 m). Ἐστὼ ὅτι εὐρίσκομε ἀντίστασιν  $1,78 \Omega$ .

Ἄν μετρήσωμε, ἀκολούθως, τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν διακόσια μέτρα (200 m) τοῦ ἴδιου ἀγωγοῦ, θὰ εὑρωμε διπλασίαν τιμὴν, δηλαδὴ  $3,56 \Omega$ .

Ἄν, τέλος, μετρήσωμε τὴν ἀντίστασιν πενήτηντα μέτρων (50 m) πάλιν ἐκ τοῦ ἰδίου ἀγωγοῦ, θὰ εὑρωμε 0,89 Ω, δηλαδὴ τὸ ἥμισυ τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ὁ ἀγωγὸς μήκους 100 μέτρων.

Προκύπτει ἀπὸ ὅλας αὐτὰς τὰς μετρήσεις ὅτι:

*Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος του.*

Τὸ μῆκος σύρματος συμβολίζεται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μὲ τὸ μικρὸν γαλλικὸν γράμμα  $l$ .

Ἀφοῦ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις  $\rho$  ἐνὸς μετάλλου εἶναι ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἀγωγὸς διατομῆς  $1 \text{ mm}^2$  καὶ μήκους  $1 \text{ m}$ , προκύπτει, ἀπὸ τὰς ἀνωτέρω μετρήσεις, ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ, τῆς αὐτῆς διατομῆς  $1 \text{ mm}^2$ , ἀλλὰ μήκους  $l$  μέτρων, ἔχει τιμὴν  $\rho \cdot l$  ὦμ.

β) Ἀπὸ τὸ ἴδιον σύρμα λαμβάνομε δύο τεμάχια τῶν 100 μέτρων τὸ κάθε ἓνα.

Ἐνώνομε ἀντιστοίχως τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, ὁπότε προκύπτει διπλοῦς ἀγωγός, ὁ ὁποῖος ἔχει μὲν μῆκος 100 μέτρων, ἀλλὰ διατομὴν  $2 \text{ mm}^2$ . Ὁ διπλοῦς αὐτὸς ἀγωγὸς δὲν διαφέρει ἀπὸ ἓνα μονόκλωνον ἀγωγὸν μήκους 100 μέτρων καὶ διατομῆς  $2 \text{ mm}^2$ .

Ὅταν μετρήσωμε τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ, θὰ εὑρεθῇ ἴση μὲ 0,89 Ω, δηλαδὴ ἴση μὲ τὸ ἥμισυ τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει τὸ σύρμα τοῦ ἰδίου μήκους 100 μέτρων, ἀλλὰ διατομῆς  $1 \text{ mm}^2$ .

Ὅταν ἡ διατομὴ τριπλασιασθῇ, τετραπλασιασθῇ κλπ. ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐλαττοῦται ἀντιστοίχως εἰς τὸ τρίτον, εἰς τὸ τέταρτον κλπ. Ἐπομένως:

*Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς σύρματος εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς διατομῆς του.*

Τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς ἀγωγοῦ συμβολίζεται μὲ τὸ μικρὸν γαλλικὸν γράμμα  $s$ .

Ἄφοῦ σύρμα διατομῆς  $1 \text{ mm}^2$  καὶ μήκους  $l$  μέτρων παρουσιάζει ἀντίστασιν  $\rho \cdot l$  ὧμ, ἔπεται ὅτι ἓνα σύρμα τοῦ ἰδίου μήκους, ἀλλὰ διατομῆς  $5 \text{ mm}^2$ , θὰ παρουσιάζῃ ἀντίστασιν :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} \quad (11)$$

ὅπου :

$R$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος, εἰς ὧμ ( $\Omega$ ).

$\rho$  εἶναι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου, βάσει τοῦ Πίνακος 1

ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατασκευασμένον τὸ σύρμα, εἰς  $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$l$  εἶναι τὸ μήκος τοῦ σύρματος, εἰς μέτρα ( $\text{m}$ ).

$s$  εἶναι τὸ ἔμβαδὸν τῆς διατομῆς τοῦ σύρματος, εἰς τετραγωνικὰ χιλιοστόμετρα ( $\text{mm}^2$ ).

Ὅταν, εἰς τὴν σχέσιν (11), ἀντικαταστήσωμε τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν  $\rho$  διὰ τῆς εἰδικῆς ἀγωγιμότητος  $\kappa = \frac{1}{\rho}$ , προκύπτει ἡ σχέση :

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot s} \quad (12)$$

Εἰς τὴν σχέσιν αὐτὴν τὰ  $R$ ,  $l$  καὶ  $s$  ἐκφράζονται μὲ τὰς ἰδίας μονάδας, ὅπως καὶ εἰς τὴν σχέσιν (11), καὶ τὸ  $\kappa$  ἐκφράζεται εἰς  $\text{mho} \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}$ .

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (11) καὶ (12), ἂν μετασχηματισθοῦν καταλλήλως, εἶναι δυνατὸν νὰ υπολογίσωμε ἀμέσως τὸ μήκος ἢ τὴν διατομὴν σύρματος ἢ τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τοῦ μετάλλου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατασκευασμένον τὸ σύρμα, ὅταν γνωρίζωμε τὰ ὑπόλοιπα μεγέθη. Προκύπτουν ἔτσι οἱ ἀκόλουθοι τύποι :

$$l = \frac{R \cdot s}{\rho} \quad (11'), \quad s = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad (11'')$$

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} \quad (11'''), \quad l = \kappa \cdot R \cdot s \quad (12')$$

$$s = \frac{l}{\alpha \cdot R} \quad (12''), \quad \alpha = \frac{l}{R \cdot s}, \quad (12''')$$

### Παράδειγμα 1.

Νά εὑρεθῆ ἡ ἀντίσταση, τὴν ὁποῖαν παρουσιάζει ἀνὰ χιλιόμετρον χάλκινος ἀγωγὸς διαμέτρου 0,8 χιλιοστομέτρων.

Λύσις :

$$R = ; \quad l = 1000 \text{ m}, \quad d = 0,8 \text{ mm}, \quad \rho = 0,0175 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}.$$

Διὰ νὰ εὑρωμε τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ ἀγωγοῦ ἀπὸ τὴν σχέσησιν (11), πρέπει νὰ καθορίσωμε προηγουμένως τὴν διατομὴν του :

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,8^2}{4} = 0,5024 \text{ mm}^2. \quad \text{Ἄρα:}$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,0175 \times 1000}{0,5024} = 34,83 \Omega.$$

### Παράδειγμα 2.

Ἄγωγος ἀπὸ χρωμονικελίνη, εἰδικῆς ἀντιστάσεως  $1 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  καὶ διαμέτρου 0,4 mm, πρέπει νὰ παρουσιάζῃ ἀντίστασιν 27,85 ὀμ. Τί μῆκος πρέπει νὰ ἔχη;

Λύσις :

$$\rho = 1 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}, \quad d = 0,4 \text{ mm}, \quad R = 27,85 \Omega, \quad l = ;$$

Διὰ νὰ εὑρωμε τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ ἀπὸ τὴν σχέσησιν (11') πρέπει νὰ καθορίσωμε προηγουμένως τὴν διατομὴν του :

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,4^2}{4} = 0,1256 \text{ mm}^2. \quad \text{Ἄρα:}$$

$$l = \frac{R \cdot s}{\rho} = \frac{27,85 \times 0,1256}{1} = 3,5 \text{ m}.$$

### Παράδειγμα 3.

Νὰ εὑρεθοῦν ἡ διατομὴ καὶ ἡ διάμετρος, τὰς ὁποίας πρέπει νὰ

ἔχη ἄγωγος ἀπὸ νικελίνην, εἰδικῆς ἀντίστασης  $0,4 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  καὶ μήκους 10 μέτρων, ὥστε ἡ ἀντίστασις του νὰ εἶναι  $20,36 \Omega$ .

Λύσις :

$$s \text{ καὶ } d = ; \rho = 0,4 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}, l = 10 \text{ m}, R = 20,36 \Omega.$$

Ἀπὸ τὴν σχέσιν (11'') προκύπτει ὅτι :

$$s = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{0,4 \times 10}{20,36} = 0,1964 \text{ mm}^2 \text{ καὶ}$$

$$d = 2 \sqrt{\frac{s}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,1964}{3,14}} = 0,5 \text{ mm}.$$

#### Παράδειγμα 4.

Διὰ νὰ καθορίσωμε τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν μᾶς ὠρισμένης ποιότητος ὀρειχάλκου, ἐμετρήσαμε μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐίτστον τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει σύρμα ἐκ τοῦ κράματος αὐτοῦ, μήκους 5 μέτρων καὶ διαμέτρου 0,3 mm. Εὐρήκαμε  $5,09 \Omega$ . Ποία εἶναι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ κράματος ;

Λύσις :

$$l = 5 \text{ m}, d = 0,3 \text{ mm}, R = 5,09 \Omega, \rho = ;$$

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ κράματος εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν (11'''), εἰς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ καθορίσωμε προηγουμένως τὴν διατομὴν τοῦ σύρματος :

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,3^2}{4} = 0,0707 \text{ mm}^2. \text{ Ἐπομένως :}$$

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} = \frac{5,09 \times 0,0707}{4} = 0,0719 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}.$$

#### Παράδειγμα 5.

Ποία εἶναι ἡ ἀγωγιμότης τοῦ κράματος τοῦ ἀνωτέρω παραδείγματος 4 ;



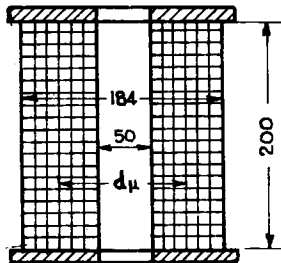
Λύσις :

$$\rho = 0,0719 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}, \quad \kappa = ;$$

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,0719} = 13,9 \text{ mho} \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}.$$

Παράδειγμα 6.

Ένα πηνίον (σχ. 17·3 α) ἔχει ἐσωτερικὴν διάμετρον 50 mm καὶ ἐξωτερικὴν διάμετρον 184 mm. Τὸ τυλίγμα τοῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα ἐκ χαλκοῦ διαμέτρου 2 mm (χωρὶς νὰ ὑπολογίζεταὶ ἡ μόνωσις τοῦ σύρματος). Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐμετρήθη μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐίτστον καὶ εὐρέθη ἴση πρὸς 4,41 Ω.



Σχ. 17·3 α.

Νὰ εὐρεθοῦν :

- α) Τὸ μῆκος τοῦ σύρματος ποὺ ἔχει περιελιχθῆ.
- β) Ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου.
- γ) Ὁ ἀριθμὸς τῶν στρώσεων τοῦ τυλίγματος, ἂν ἡ κάθε στρώσις ἀποτελεῖται ἀπὸ 80 σπείρας.

Λύσις :

α) Τὸ μῆκος τοῦ σύρματος εἶναι :

$$l = \frac{R \cdot s}{\rho} = \frac{R}{\rho} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{4,41}{0,0175} \times \frac{3,14 \times 2^2}{4} =$$

$$= \frac{4,41 \times 3,14}{0,0175} \simeq 791 \text{ m.}$$

β) Ἡ μέση διάμετρος τοῦ πηγίου εἶναι :

$$d_{\mu} = \frac{184 + 50}{2} = 117 \text{ mm,}$$

ἐπομένως τὸ μῆκος τῆς μέσης σπείρας εἶναι :

$$\pi \cdot d_{\mu} = 3,14 \times 117 \simeq 368 \text{ mm} = 0,368 \text{ m.}$$

Ἄν  $\chi$  εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν, τὸ μῆκος ὄλων τῶν σπειρῶν εἶναι  $\chi \cdot 0,368 = 791 \text{ m}$ . Ἐπομένως :

$$\chi = \frac{791}{0,368} \simeq 2150 \text{ σπείραι.}$$

γ) Ἄν  $\psi$  εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν στρώσεων, ἀφοῦ ἡ κάθε στρώσις ἀποτελεῖται ἀπὸ 80 σπείρας, θὰ ἔχωμε  $80 \psi = 2150$  ἄρα :

$$\psi = \frac{2150}{80} = 27 \text{ στρώσεις.}$$

#### 17.4 Μεταβολή της αντίστασης των άγωγών, όταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία των.

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις  $\rho$  τῶν μετάλλων καί, κατὰ συνέπειαν, ἡ ἀντίστασις  $R = \frac{\rho \cdot l}{s}$  τῶν άγωγῶν, οἱ ὅποιοι κατασκευάζονται ἀπὸ τὰ μέταλλα αὐτά, μεταβάλλονται, ὅταν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία των.

Ἄγωγὸς π.χ. ἀπὸ χαλκὸν μὲ ἀντίστασιν  $R_{20} = 1 \Omega$  εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  Κελσίου, παρουσιάζει ἀντίστασιν  $R_{71} = 1,2 \Omega$  εἰς θερμοκρασίαν  $71^{\circ}$  Κελσίου.

Ἡ κατωτέρω σχέσις (13) μᾶς ἐπιτρέπει νὰ εὑρωμε τὴν ἀντίστασιν  $R_{\theta}$  άγωγοῦ εἰς θερμοκρασίαν  $\theta^{\circ}$  Κελσίου, ὅταν εἶναι γνωστὴ ἡ ἀντίστασις  $R_{20}$  τοῦ άγωγοῦ, εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  Κελσίου,

$$R_{\theta} = R_{20} [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]. \quad (13)$$

Εἰς τὴν σχέσιν αὐτὴν :

$R_{\theta}$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἰς θερμοκρασίαν  $\theta^{\circ}$  Κελσίου.  
 $R_{20}$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  Κελσίου.

(Διὰ νὰ τὴν ὑπολογίσωμε λαμβάνομε τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν Πίνακα 1).

$\alpha$  εἶναι ὁ συντελεστὴς θερμοκρασίας, τὸν ὁποῖον λαμβάνομε ἐπίσης ἀπὸ τὸν Πίνακα 1. Ὁ συντελεστὴς θερμοκρασίας εἶναι ἡ τιμὴ, κατὰ τὴν ὁποῖαν αὐξάνεται ἢ ἐλαττώνεται ἀντίστασις  $1 \Omega$ , ὅταν ἀντιστοιχῶς ἡ θερμοκρασία τῆς αὐξάνεται ἢ ἐλαττώνεται κατὰ ἓνα βαθμὸν Κελσίου.

$\theta$  εἶναι ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀγωγοῦ εἰς βαθμοὺς Κελσίου.

### Παράδειγμα 1.

Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις, εἰς θερμοκρασίαν  $60^{\circ}$  C, ἑνὸς ἀγωγοῦ ἀπὸ χαλκὸν μήκους 1 000 μέτρων καὶ διατομῆς ἑνὸς τετραγωνικοῦ χιλιοστομέτρου.

Λύσις :

$$R_{60} = ; \theta = 60^{\circ} \text{C}, \rho = 0,0175 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}, \alpha = 0,00392,$$

$$l = 1000 \text{ m}, s = 1 \text{ mm}^2.$$

Διὰ νὰ εὑρωμε τὴν ἀντίστασιν  $R_{60}$ , πρέπει νὰ ὑπολογίσωμε προηγουμένως τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  C, ἡ ὁποία ἔχει τιμὴν :

$$R_{20} = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,0175 \times 1000}{1} = 17,5 \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἰς θερμοκρασίαν  $60^{\circ}$  C εἶναι :

$$\begin{aligned} R_{60} &= R_{20} [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)] = 17,5 [1 + 0,00392 \cdot (60 - 20)] = \\ &= 17,5 (1 + 0,00392 \times 40) = 17,5 (1 + 0,1568) = \\ &= 17,5 \times 1,1568 = 20,244 \Omega. \end{aligned}$$

**Παράδειγμα 2.**

Ἡ αντίστασις τοῦ τυλίγματος ἀπὸ χαλκὸν ἑνὸς πηνίου, ὅταν ἐμετρήθη εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}\text{C}$  μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐίτστον, εὐρέθη ἴση πρὸς  $535\ \Omega$ . Ἀφοῦ ἀφήσαμε νὰ διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ πηνίου ἐπὶ ὀρισμένον χρόνον, ἐμετρήθη καὶ πάλιν ἡ αντίστασις τοῦ πηνίου καὶ εὐρέθη ὅτι ἦτο  $611\ \Omega$ . Κατὰ πόσους βαθμοὺς ἠῦξήθη ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος τοῦ τυλίγματος καὶ ποία ἦτο ἡ θερμοκρασία του;

**Λύσις:**

$$R_{20} = 535\ \Omega, \quad R_{\theta} = 611\ \Omega, \quad (\theta - 20) = ; \quad \theta = ;$$

Εἰς τὴν σχέσιν (13) εἶναι γνωστὰ τὰ  $R_{\theta}$ ,  $R_{20}$  καὶ  $\alpha = 0,00392$  καὶ ζητοῦνται τὰ  $(\theta - 20)$  καὶ  $\theta$ . Πρέπει ἐπομένως νὰ ἐπιλύσωμε τὴν σχέσιν ὡς πρὸς τὴν ἀῤῥησιν τῆς θερμοκρασίας  $(\theta - 20)$ . Ἔχομε:

$$\alpha) \quad \frac{R_{\theta}}{R_{20}} = 1 + \alpha(\theta - 20), \quad \beta) \quad \frac{R_{\theta}}{R_{20}} - 1 = \alpha(\theta - 20),$$

$$\gamma) \quad \frac{R_{\theta} - R_{20}}{R_{20}} = \alpha(\theta - 20), \quad \delta) \alpha :$$

$$\theta - 20 = \frac{R_{\theta} - R_{20}}{\alpha \cdot R_{20}} = \frac{611 - 535}{0,00392 \times 535} = \frac{76}{2,0972} = 36,2^{\circ}\text{C}.$$

Ἡ θερμοκρασία τοῦ τυλίγματος ἦτο ἐπομένως:

$$\theta = 36,2 + 20 = 56,2^{\circ}\text{C}.$$

**Παράδειγμα 3.**

Διὰ νὰ καθορίσωμε τὸν συντελεστὴν θερμοκρασίας τοῦ κράματος ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἔχει κατασκευασθῆ σύρμα ἀντιστάσεως, κατασκευάζομε μὲ τὸ σύρμα αὐτὸ ἓνα πηνίον, τὸ ὁποῖον ἐμβαπτίζομε εἰς δοχεῖον πλήρες ὀρυκτελαίου. Ὄταν θερμάνωμε τὸ δοχεῖον, τὸ σύρμα ἀποκτᾷ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἐλαίου, τὴν ὁποίαν μετροῦμε μὲ θερμόμετρον. Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος,

μετροῦμε τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος, εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}\text{C}$ , καὶ εὐρίσκομε  $10\ \Omega$ . Μετροῦμε καὶ πάλιν τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος εἰς θερμοκρασίαν  $90^{\circ}\text{C}$  καὶ εὐρίσκομε  $10,175\ \Omega$ . Ποῖος εἶναι κατὰ συνέπειαν ὁ συντελεστῆς θερμοκρασίας τοῦ κράματος, ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατασκευασμένον τὸ σύρμα;

*Λύσις:*

$$R_{20} = 10\ \Omega, R_{90} = 10,175\ \Omega, \theta = 90^{\circ}\text{C}, \alpha = ;$$

Ἐκτελοῦμε, ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα 2, τοὺς μετασχηματισμοὺς ( $\alpha$ ), ( $\beta$ ) καὶ ( $\gamma$ ). Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν ( $\gamma$ ) προκύπτει ὅτι:

$$\alpha = \frac{R_{\theta} - R_{20}}{R_{20}(\theta - 20)} = \frac{10,175 - 10}{10(90 - 20)} = \frac{0,175}{10 \times 70} = \frac{0,175}{700} = 0,00025.$$

Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ σημαίνει ὅτι, ἂν σύρμα ἀπὸ τὸ κράμα αὐτὸ ἔχη ἀντίστασιν  $1\ \Omega$  εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}\text{C}$ , ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται κατὰ  $0,00025\ \Omega$ , διὰ κάθε βαθμὸν αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας του.

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, ἡ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι  $\theta - 20 = 90 - 20 = 70^{\circ}\text{C}$ . Ἄρα  $1\ \Omega$  αὐξάνεται κατὰ  $\alpha \cdot \theta = 0,00025 \times 70 = 0,0175\ \Omega$ , καὶ παρουσιάζει ἐπομένως ἀντίστασιν, εἰς θερμοκρασίαν  $90^{\circ}\text{C}$ ,  $1 + 0,0175 = 1,0175\ \Omega$ . Ἄρα τὰ  $10\ \Omega$  θὰ παρουσιάζουν ἀντίστασιν  $R_{90} = 10 \times 1,0175 = 10,175\ \Omega$ .

#### Παράδειγμα 4.

Ἀφοῦ συνδέσωμε τὰ δύο ἄκρα τοῦ νήματος ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος μὲ τοὺς δύο ἀκροδέκτας γεφύρας τοῦ Οὐίτστον, μετροῦμε τὴν ἀντίστασιν του ἐν ψυχρῷ εἰς θερμοκρασίαν  $20^{\circ}$  Κελσίου καὶ εὐρίσκομε  $26,5\ \text{ὠμ}$ . Μετροῦμε ἀκολούθως τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, πὸν διέρχεται διὰ τοῦ λαμπτήρος, ὅταν αὐτὸς λειτουργῇ ὑπὸ

τάσιν 220 βόλτ και εύρισκομε 0,58 A. Ἡ θερμοκρασία τοῦ νήματος τοῦ λαμπτήρος κατὰ τήν μέτρησιν εἶναι 2320° Κελσίου. Ζητοῦνται :

α) Ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος ἐν θερμῶ, δηλαδὴ ὅταν λειτουργῆ.

β) Ὁ συντελεστὴς θερμοκρασίας τοῦ βολφραμίου, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι κατασκευασμένον τὸ νήμα.

Λύσις :

$$R_{20} = 26,5 \Omega, U = 220 \text{ V}, I = 0,58 \text{ A}, \theta = 2320^\circ \text{ C},$$

$$R_\theta = ; , \alpha = ;$$

α) Ἡ ἀντίστασις ἐν θερμῶ τοῦ λαμπτήρος ἔχει τιμὴν :

$$R_\theta = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,58} = 379,3 \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις ἐν θερμῶ τοῦ λαμπτήρος εἶναι συνεπῶς  $\frac{379,2}{26,5} = 14,3$  φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ τήν ἀντίστασιν ἐν ψυχρῶ. Γενικῶς δι' ὅλους τοὺς λαμπτήρας μὲ νήμα ἀπὸ βολφράμιον ἢ ἀντίστασις των ἐν θερμῶ εἶναι περίπου δεκαπενταπλασία (15 πλασία) τῆς ἀντιστάσεως ἐν ψυχρῶ. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τήν ὑψηλοτάτην θερμοκρασίαν λειτουργίας των, ἢ ὅποια κυμαίνεται μεταξὺ 2300° C καὶ 2600° C. Ἡ θερμοκρασία τήξεως τοῦ βολφραμίου εἶναι 3400° C.

β) Ἀπὸ τὸ παράδειγμα β

$$\alpha = \frac{R_\theta - R_{20}}{R_{20}(\theta - 20)} = \frac{379,3 - 26,5}{26,5(2320 - 20)} = \frac{352,8}{26,5 \times 2300} = \frac{352,8}{60950} = 0,0058.$$

17.5 Πώς μετρούμε εις την πράξιν την αύξησιν τής θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος ἠλεκτρικῆς μηχανῆς, διὰ μετρήσεως τῆς αὐξήσεως τῆς ἀντιστάσεώς του.

Τὰ τυλίγματα ὄλων τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν συνίστανται:

ἀπὸ χάλκινα μεμονωμένα σύρματα. Ὄταν αἱ ἠλεκτρικαὶ αὐταὶ μηχαναὶ λειτουργοῦν, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου τοῦ τυλίγματος τῶν, προκαλεῖ τὴν αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας του.

Ἄν ἡ θερμοκρασία τοῦ τυλίγματος ὑπερβῇ ἓνα ὀρισμένον ὄριον, ἡ μόνωσις τοῦ σύρματος θὰ ὑποστῇ ζημίας ἢ θὰ κατ' ἑαυτὴν μηχανὴ θὰ ἀχρηστευθῇ.

Διὰ τὸν λόγον αὐτόν, οἱ κανονισμοὶ κατασκευῆς ἠλεκτρικῶν μηχανῶν προβλέπουσιν ὄριον αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος τῶν μηχανῶν αὐτῶν, πέραν τῆς θερμοκρασίας τοῦ χώρου, ὅπου εἶναι ἐγκατεστημένοι καὶ λειτουργοῦν. Ἡ θερμοκρασία θ τοῦ χώρου αὐτοῦ, μετρουμένη διὰ θερμομέτρου, ὀνομάζεται *θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος*. Ἡ αὐξήσις ( $\theta_2 - \theta_1$ ) τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος, ἡ ὁποία ἐπιτρέπεται πέραν τῆς θερμοκρασίας  $\theta_1$  τοῦ περιβάλλοντος, ποικίλλει ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ σύρματος. Διὰ συνήθη σύρματα ἐσμάλτωμένα (ἐμαγιέ) ἢ φέροντα μόνωσιν ἐκ βάμβακος ἢ ἐκ μετάξης (σύρματα βαμβακερὰ ἢ μεταξωτὰ) κυμαίνεται ἀπὸ  $45^\circ$  ἕως  $55^\circ$  Κελσίου, ἀναλόγως πάλιν πρὸς τὴν αὐστηρότητα τῶν κανονισμῶν τῶν διαφόρων χωρῶν.

Οἱ ἴδιοι κανονισμοὶ ἐπιβάλλουσιν νὰ πραγματοποιηθῇ ἡ μέτρησις τῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος ὄχι διὰ θερμομέτρου, ἀλλὰ διὰ μετρήσεως τῆς αὐξήσεως τῆς ἀντιστάσεώς του. Ἡ μέτρησις πραγματοποιεῖται ὡς ἐξῆς:

Πρὶν λειτουργήσῃ ἡ μηχανή, μετροῦμε μὲ ἓνα θερμόμετρον τὴν θερμοκρασίαν  $\theta_1^\circ \text{C}$  τοῦ περιβάλλοντος καὶ μὲ τὴν γέφυραν τοῦ Οὐότστον τὴν ἀντίστασιν  $R_{\theta_1}$  ἐν ψυχρῷ τοῦ τυλίγματος εἰς τὴν ἀνωτέρω θερμοκρασίαν.

Ἀφοῦ λειτουργήσῃ ἡ μηχανὴ μὲ τὴν κανονικὴν τῆς ἔντασιν (ἐκείνην δηλαδὴ ποὺ ἀναγράφεται εἰς τὴν πινακίδα τῆς ὑπὲρ τοῦ κατασκευαστοῦ), ἐπὶ τόσον χρόνον, ὥστε νὰ ἀποκτήσῃ σταθερὰν θερμοκρασίαν, μετροῦμε καὶ πάλιν τὴν ἀντίστασιν ἐν θερμῷ  $R_{\theta_2}$

τοῦ τυλίγματος. Ἡ μέτρησις αὐτὴ πρέπει νὰ πραγματοποιηθῆ ταχύτατα, διὰ νὰ μὴ δοθῆ χρόνος νὰ ψυχθῆ ἡ μηχανή.

Μὲ τὰ δεδομένα  $\theta_1$ ,  $R_{\theta_1}$  καὶ  $R_{\theta_2}$  εὐρίσκομε τὴν αύξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος ἐκ χαλκοῦ διὰ τῆς σχέσεως:

$$\theta_2 - \theta_1 = \frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{R_{\theta_1}} \cdot (235 + \theta_1). \quad (13')$$

Ἀπόδειξις τῆς σχέσεως αὐτῆς εἶναι ἡ ἀκόλουθος:

$$R_{\theta_1} = R_{20} [1 + \alpha (\theta_1 - 20)], \quad R_{\theta_2} = R_{20} [1 + \alpha (\theta_2 - 20)]$$

$$\frac{R_{\theta_2}}{R_{\theta_1}} = \frac{1 + \alpha (\theta_2 - 20)}{1 + \alpha (\theta_1 - 20)}$$

$$\frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{R_{\theta_1}} = \frac{1 + \alpha (\theta_2 - 20) - [1 + \alpha (\theta_1 - 20)]}{1 + \alpha (\theta_1 - 20)}$$

$$\begin{aligned} \frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{R_{\theta_1}} &= \frac{1 + \alpha \theta_2 - 20 \cdot \alpha - 1 - \alpha \theta_1 + 20 \cdot \alpha}{1 + \alpha (\theta_1 - 20)} = \frac{\alpha (\theta_2 - \theta_1)}{1 + \alpha (\theta_1 - 20)} \\ &= \frac{\theta_2 - \theta_1}{\frac{1}{\alpha} + \theta_1 - 20} \end{aligned}$$

Ἐπειδὴ διὰ τὸν χαλκὸν

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,00392} = 255,$$

$$\frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{R_{\theta_1}} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{255 + \theta_1 - 20} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{235 + \theta_1}, \quad \text{ἄρα}$$

$$\theta_2 - \theta_1 = \frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{R_{\theta_1}} (235 + \theta_1).$$

### Παράδειγμα.

Μετρήσεις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ τυλίγματος τῶν πόλων κινητῆρος ἔδωσαν τὰ ἐξῆς ἀποτελέσματα:

Ἐν ψυχρῷ, εἰς θερμοκρασίαν περιβάλλοντος  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{15} = 18,36 \text{ ὄμ}$ , ἐν θερμῷ  $R_{\theta_2} = 21,45 \text{ ὄμ}$ . Ποία εἶναι ἡ αύξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος καὶ ποία ἡ θερμοκρασία του;



Δύοσις :

$$R_{0_1} = R_{15} = 18,36 \Omega, \theta_1 = 15^\circ \text{C}, R_{0_2} = 21,45 \Omega, \theta_2 = \theta_1 = ; \theta_2 = ;$$

Ἀπὸ τῶν ἀνωτέρω σχέσεων (13') προκύπτει αὔξησις θερμοκρασίας :

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_{0_2} - R_{0_1}}{R_{0_1}} (235 + \theta_1) = \frac{21,45 - 18,36}{18,36} (235 + 15) =$$

$$\frac{3,09}{18,36} \times 250 = 42^\circ \text{C}.$$

Ἡ θερμοκρασία τοῦ τυλίγματος εἶναι :

$$\theta_2 = 42 + \theta_1 = 42 + 15 = 57^\circ \text{C}.$$

### 17·6 Πῶς ὑπολογίζομε τὴν διατομὴν τῶν γραμμῶν τῶν ἐσωτερικῶν ἐγκαταστάσεων.

Προκειμένου νὰ καθορίσωμε τὰς διατομὰς τῶν ἀγωγῶν, ποὺ θὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τὰ διάφορα μέρη μιᾶς ἐσωτερικῆς ἐγκαταστάσεως, πρέπει νὰ λάβωμε ὑπ' ἑξέτη τὸς ἐξῆς δύο παράγοντας :

1ον. Πρέπει ἡ διατομὴ τῶν ἀγωγῶν νὰ εἶναι τέτοια, ὥστε νὰ ἀποκλείεται εἰς κανονικὴν λειτουργίαν κάθε ἐπικίνδυνος θέρμανσις των. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι πρέπει ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἢ ὅποια διέρχεται διὰ μέσου τοῦ κάθε ἀγωγοῦ ἐγκαταστάσεως, κατὰ τὴν κανονικὴν τῆς λειτουργίαν, νὰ εἶναι μικρότερα ἢ τὸ πᾶν ἴσον πρὸς ἐκείνην, ποὺ καθορίζεται ὑπὸ τῶν κανονισμῶν.

Ὁ Πίναξ 2, ὁ ὅποιος περιέχεται εἰς τοὺς Κανονισμοὺς Ἑσωτερικῶν Ἡλεκτρικῶν Ἐγκαταστάσεων τῆς Δημοσίας Ἐπιχειρήσεως Ἡλεκτρισμοῦ (ΔΕΗ), ἀναγράφει τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην ἔντασιν συνεχοῦς ροῆς, διὰ χαλκίνοὺς ἀγωγοὺς ἐσωτερικῶν ἐγκαταστάσεων μὲ μόνωσιν ἀπὸ ἐλαστικὸν ἢ ἀπὸ θερμοπλαστικὴν οὐσίαν, βάσει τοῦ εἴδους ἢ τοῦ τρόπου ἐγκαταστάσεώς των.

Ὁ Πίναξ ἔχει ὑπολογισθῆ διὰ θερμοκρασίαν περιβάλλοντος  $30^\circ \text{C}$  καὶ ὅριον θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ, ὑπὸ συνεχῆ ροῆν, ἴσον

πρὸς 60° C. Διὰ θερμοκρασίαν περιβάλλοντος μεγαλύτεραν ἀπὸ 30° C πρέπει νὰ λάβωμε μικροτέρας τιμὰς τῶν ἐντάσεων ἀπὸ ἐκείνας, πρὸ ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 2. Τὰ ποσοστὰ ἐπι:

## Π Ι Ν Α Κ Σ 2

**Μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις συνεχοῦς ροῆς διὰ χαλκίνους ἀγωγοὺς μὲ μόνωσιν ἀπὸ ἐλαστικὸν ἢ θερμοπλαστικὴν οὐσίαν.**

α	β	γ	δ
Ὀνομαστικὴ διατομὴ ἀγωγοῦ, εἰς τετραγωνικὰ χιλιοστά mm <sup>2</sup> .	Ἄγωγοι τοποθετημένοι ἐντὸς σπηλιώσεων χωνευτῶν ἢ ἕρατων. (Ἡ στήλη (β) ἰσχύει εἰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὑποείας ἐντὸς τοῦ ἴσου σπηλιῶος τοποθετοῦνται 1, 2 ἢ 3 τὸ πολὺ ἀγωγοί.)	Μονοπολικοὶ ἀγωγοὶ εἰς ὁρατὰς ἐγκαταστάσεις.	Συνδυαστικοὶ ἀγωγοὶ, κορδόνια φορητῶν ἢ κινητῶν σκευῶν.
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	—

τοίς ἑκατὸν τῶν ἐπιτρεπομένων ἐντάσεων εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 3.

2ον. Πρέπει ἡ διατομὴ τῶν ἀγωγῶν νὰ εἶναι τέτοια, ὥστε ἡ πτώσις τάσεως εἰς τὰς γραμμῆς ἐγκαταστάσεως νὰ μὴ ὑπερβαίνει προκαθορισμένην τιμὴν. Εἰς τοὺς προαναφερθέντας κανονισμοὺς τῆς ΔΕΗ « συνιστᾶται ὅπως ἡ πτώσις τάσεως εἰς τὴν γραμμὴν, ἀπὸ τοῦ γνώμονος μέχρι τῆς διακλαδώσεως προσαγωγῆς εἰς τὰς συσκευάς, μὴ ὑπερβαίνει τὸ 1 % τῆς τάσεως παροχῆς, προκειμένου περὶ φορτίου φωτισμοῦ, καὶ τὸ 3 % αὐτῆς, προκειμένου περὶ φορτίου κινήσεως ».

### Π Ι Ν Α Κ Ε 3

**Ἀναγωγή τῆς μεγίστης ἐπιτρεπομένης ἐντάσεως διὰ θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἀνωτέραν τῶν 30°C**

Θερμοκρασία περιβάλλοντος εἰς βαθμοὺς Κελσίου	Ποσοστὸν τὸ ὅποion πρέπει νὰ λαμβάνεται ἐκ τῆς ὀριζομένης ἐντάσεως εἰς τὸν Πίνακα 2
35	85 %
40	75 %
45	65 %
50	53 %
55	38 %

#### Παράδειγμα.

Εἰς πολυκατοικίαν, οἱ γνώμονες ὄλων τῶν διαμερισμάτων εἶναι τοποθετημένοι εἰς τὸ ἰσόγειον. Τί διατομὴν πρέπει νὰ ἔχουν οἱ ἀγωγοὶ τῆς γραμμῆς, ἡ ὁποία τροφοδοτεῖ ἓνα διαμέρισμα τοῦ πέμπτου ὀρόφου (δηλαδὴ τῆς γραμμῆς ἀπὸ τὸν γνώμονα μέχρι τοῦ πίνακος διανομῆς τοῦ διαμερίσματος); Ἡ γραμμὴ ἔχει μῆκος 25 μέτρων, ἡ τάσις τροφοδοτήσεως εἶναι 220 βόλτ, ἡ δὲ ἐγκατε-

στημένη ισχύς εις τὸ διαμέρισμα, βάσει τῆς ὁποίας θὰ γίνουν οἱ υπολογισμοί, εἶναι 9,4 kW. Θὰ παραδεχθοῦμε ὡς πτώσιν τάσεως ἐντὸς τῆς γραμμῆς τὸ 1,3% τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως, δεδομένου ὅτι ἡ σύστασις τῆς ΔΕΗ δὲν εἶναι ἀπολύτως δεσμευτική.

Λύσις :

1ον. Ὑπολογισμὸς τῆς γραμμῆς βάσει τοῦ Πίνακος 2.

Ἀπὸ τὴν ἐγκατεστημένην ἰσχὺν προκύπτει ἡ μεγίστη ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῶν γραμμῶν τροφοδοτήσεως τοῦ διαμερίσματος :

$$I = \frac{N}{U} = \frac{9\,400}{220} \approx 42,7 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν στήλην β τοῦ Πίνακος 2 προκύπτει ὅτι, διὰ νὰ μὴ υπερθερμαίνωνται οἱ ἄγωγοι τῆς γραμμῆς, ἡ διατομὴ των πρέπει νὰ εἶναι 10 mm<sup>2</sup>, διότι δι' ἓνα ἄγωγόν τῆς διατομῆς αὐτῆς ἐπιτρέπεται ἔντασις ρεύματος 43 A.

2ον. Ὑπολογισμὸς τῆς γραμμῆς, βάσει τῆς πτώσεως τάσεως.

Θὰ υπολογίσωμε τώρα τὴν πτώσιν τάσεως, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ γραμμὴ ἀπὸ χαλκὸν διατομῆς 10 mm<sup>2</sup> καὶ μήκους  $l = 25 \times 2 = 50 \text{ m}$ . Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν θὰ καθορίσωμε τὴν ἀντίστασιν τῆς γραμμῆς εἰς τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν τῆς τῶν 60°C.

Θὰ ἐφαρμόσωμε τὴν σχέσιν (13), εἰς τὴν ὁποίαν ἔχομε :

$$\alpha = 0,00392 \text{ καὶ } \theta = 60^\circ \text{ C. } \text{ Ἄρα:}$$

$$R_{60} = R_{20} [1 + 0,00392 (60 - 20)] = R_{20} \cdot 1,1568 \Omega.$$

Ἀλλά :

$$R_{20} = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{0,0175 \times 50}{10} = 0,0875 \Omega,$$

ἐπομένως :

$$R_{60} = R_{20} \cdot 1,1568 = 0,0875 \times 1,1568 \approx 0,101 \Omega.$$

Ἡ πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γραμμῆς εἶναι κατὰ συνέπειαν,

$$\epsilon = I \cdot R_{60} = 42,7 \times 0,101 = 4,31 \text{ V.}$$

Ἡ πτώσις τάσεως, τὴν ὁποίαν ἔχομε παραδεχθῆ, εἶναι:

$$220 \times \frac{1,3}{100} = 2,86 \text{ V.}$$

Ἄρα ἡ πτώσις τάσεως 4,31 V ἐντὸς τῆς γραμμῆς τῶν 10 mm<sup>2</sup> εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ ἐκείνην τὴν ὁποίαν ἔχομε παραδεχθῆ, κατὰ  $\frac{4,31}{2,86} = 1,5$  φορὰν. Πρέπει, ἐπομένως, νὰ χρησιμοποιήσωμε ἀγωγὸν μεγαλύτερας διατομῆς.

Εἰς τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν μεγαλύτερας διατομῆς, τόσον τὸ μῆκος, ὅσον καὶ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ θερμοκρασία θ δὲν διαφέρουν ἀπὸ τὸ μῆκος, τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν καὶ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀγωγοῦ διατομῆς 10 mm<sup>2</sup>. Ἔπεται ὅτι ἡ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ, ποῦ θὰ χρησιμοποιήσωμε, πρέπει νὰ εἶναι κατὰ 1,5 φορὰν μεγαλύτερα ἀπὸ 10 mm<sup>2</sup>. Πρέπει ἐπομένως ἡ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ νὰ εἶναι  $10 \times 1,5 = 15 \text{ mm}^2$ . Ἐπειδὴ ἀγωγὸς μὲ αὐτὴν τὴν διατομὴν δὲν ὑπάρχει εἰς τὸ ἐμπόριον, θὰ χρησιμοποιήσωμε ἀγωγὸν τῶν 16 mm<sup>2</sup>.

(Ὁ ἀγωγὸς αὐτὸς ἔχει ἀντίστασιν:

$$R_{20} \simeq 0,0546 \Omega \text{ καὶ } R_{60} \simeq 0,0632 \Omega.$$

Προκαλεῖ δὲ πτώσιν τάσεως:

$$\epsilon = I \cdot R_{60} = 42,7 \times 0,0632 \simeq 2,7 \text{ V,}$$

ἡ ὁποία εἶναι ὀλίγον μικρότερα ἀπὸ ἐκείνην, τὴν ὁποίαν ἔχομε παραδεχθῆ.

### 17·7 Θερμαντικὰ στοιχεῖα τῶν συσκευῶν θερμάνσεως.

Χρησιμοποιοῦνται δύο εἶδη θερμαντικῶν στοιχείων:

1ον) Τὰ μὴ μεταλλικά, τὰ ὁποῖα κατασκευάζονται ἀπὸ γραφίτην, ἄνθρακα ἢ ἄνθρακοπυρίτιον, εἰς ράβδους κυλινδρικοῦς.

2ον) Τὰ μεταλλικά, τὰ ὁποῖα κατασκευάζονται ἀπὸ σύρμα ἢ ἀπὸ ταινίαν ἀντιστάσεως. Ἡ μᾶς ἀπασχολήσουν ἐν συνεχείᾳ τὰ τελευταῖα αὐτά.

Τὰ μεταλλικά στοιχεία κατασκευάζονται κατὰ διαφόρους τρόπους.

α) Τὸ σύρμα ἀντιστάσεως τυλίσσεται γύρω ἀπὸ ἓνα κυλινδρικὸν κοῖλον κορμὸν ἀπὸ πυρίμαχον μονωτικὸν ὕλικόν. Ὁ κορμὸς φέρει ἑλικοειδῆ αὐλάκωσιν, ἐντὸς τῆς ὁποίας τοποθετεῖται τὸ σύρμα. Τὰ θερμαντικά στοιχεία τῶν κοινῶν ἡλεκτρικῶν θερμαστρῶν εἶναι συνήθως κατασκευασμένα μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν.

β) Τὸ σύρμα ἀντιστάσεως περιτυλίσσεται εἰς σπείρας μικρᾶς διαμέτρου καὶ ἐνωματώνεται ἀκολούθως ἐντὸς πυριμάχου μονωτικοῦ πολτοῦ. Ὁ πολτὸς ψήνεται, σκληρύνεται καὶ μονώνει τὸ σύρμα ἀπὸ τὰ μεταλλικά μέρη τῆς συσκευῆς. Μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν κατασκευάζονται τὰ θερμαντικά στοιχεία τῶν πλακῶν τῶν ἡλεκτρικῶν κουζινῶν.

γ) Τὸ σύρμα ἀντιστάσεως περιτυλίσσεται πάλιν εἰς σπείρας μικρᾶς διαμέτρου καὶ ἀκολούθως περιβάλλεται μὲ μεταλλικὴν θήκην. Ἡ μόνωσις τοῦ σύρματος ἀπὸ τὴν μεταλλικὴν θήκην ἐξασφαλίζεται μὲ πυρίμαχον μονωτικὴν κόκκιν π.χ. κόκκιν ἀργίλου, ἢ ἐποία εἰσάγεται ἐντὸς τῆς θήκης. Κατὰ τὸν τρόπον αὐτὸν κατασκευάζονται τὰ θερμαντικά στοιχεία τῶν θερμοσιφώνων καὶ τὰ θερμαντικά στοιχεία ἡλεκτρικῶν κουζινῶν, ποὺ ὀνομάζονται σπειράλ.

δ) Ταινία ἀντιστάσεως τυλίσσεται καταλλήλως γύρω ἀπὸ φύλλον ἐκ μινανίτου ἢ μίκας. Εἰς τὰ σίδηρα σιδηρώματος καὶ εἰς τὰς φρυγανιέρας χρησιμοποιοῦνται θερμαντικά στοιχεία τοῦ εἴδους αὐτοῦ.

(Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς διατομῆς τοῦ σύρματος ἐνὸς θερμαντικοῦ στοιχείου ἐξαρτᾶται ἀπὸ δύο πράγματα: 1ον) Ἀπὸ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἀναπτύσῃ ἀνὰ δευτερόλεπτον, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ καταναλώσῃ, διὰ νὰ παραχθῇ τὸ ποσὸν τοῦτο τῆς θερμότητος καὶ 2ον) ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν κανονικῆς λειτουργίας του.

Θερμαντικὸν στοιχείον ἀποκτᾶ σταθερὰν θερμοκρασίαν, ὅταν τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσει, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπάγεται ἀπὸ τὸ θερμαινόμενον ὑπὸ τοῦ στοιχείου σῶμα. Ἔτσι ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου θερμάστρας φθάνει συνήθως εἰς  $750^{\circ}\text{C}$  περίπου, διότι εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτήν, ὀλη ἢ θερμότης, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ὑπὸ τοῦ στοιχείου τῆς θερμάστρας, παραλαμβάνεται ἀπὸ τὸν ἀέρα, ποὺ περιβάλλει τὴν συσκευήν. Ἄν ὅμως, ὅπως συμβαίνει εἰς τὰ ὀνομαζόμενα ἀερόθερμα, ἕνας ἀνεμιστήρ προκαλῆ γύρω ἀπὸ τὸ ἴδιον θερμαντικὸν στοιχείον ἔντονον ρεῦμα ἀέρος, ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος εἶναι πολὺ χαμηλοτέρα.

Εἶναι ἐπομένως προφανὲς ὅτι, ἂν μᾶς δοθῆ ἡ διατομὴ σύρματος ἀντιστάσεως καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ μέσου αὐτοῦ, ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου, ποὺ θὰ κατασκευασθῆ ἀπὸ τὸ σύρμα αὐτὸ καὶ θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος τῆς ἐντάσεως αὐτῆς, θὰ ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὰς συνθήκας λειτουργίας του. Θὰ ἐξαρτηθῆ ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὸν τρόπον κατασκευῆς τοῦ θερμαντικοῦ στοιχείου. Ἡ θερμότης ἀπάγεται π.χ. πολὺ εὐκολώτερον ἀπὸ ἓνα σύρμα γυμνὸν καὶ τεντωμένον εἰς τὸν ἀέρα, παρὰ ὅταν τὸ ἴδιον σύρμα εἶναι ἐνσωματωμένον ἐντὸς πυριμάχου ὕλικου.

Ἄπὸ ὅλα αὐτὰ προκύπτει ὅτι ὁ ὑπολογισμὸς τῆς διατομῆς θερμαντικοῦ στοιχείου εἶναι δύσκολος καὶ ἀπαιτεῖ πολλὰς γνώσεις. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις καθορίζεται κατόπιν δοκιμῶν ἢ μὲ βᾶσιν ἄλλας συσκευᾶς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἤδη κατασκευασθῆ.

Οἱ κατασκευασταὶ συρμάτων καὶ ταινιῶν ἀντιστάσεως παρέχουν πίνακας, εἰς τοὺς ὁποίους ἀναγράφεται, διὰ διαφόρους θερμοκρασίας ( $100^{\circ}\text{C}$ ,  $200^{\circ}\text{C}$ ,  $300^{\circ}\text{C}$  κλπ.) καὶ ἔναντι κάθε διατομῆς σύρματος, ἡ ἀντίστοιχος ἔντασις τοῦ ρεύματος. Οἱ πίνακες αὗτοι εἶναι ἐνδεικτικοὶ καὶ δὲν μᾶς ἀπαλλάσσουν ἀπὸ τὴν ὑποχρέωσιν νὰ καθορίζωμε πειραματικῶς τὴν διατομὴν τοῦ σύρματος, πρὸ ἀπαιτεῖται εἰς κάθε εἰδικὴν περίπτωσιν.

## 17-8 Προβλήματα.

Ἐπὶ τῆς παραγράφου 17·3.

α) Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἀπὸ χαλκὸν διαμέτρου 0,5 [0,3] (1,4) mm καὶ μήκους 400 [150] (600) μέτρων;

Ἀπάντησις: 35,66 Ω [37,15 Ω] (6,82 Ω)

β) Ποία εἶναι ἡ διατομὴ καὶ ποία ἡ διάμετρος ἀγωγοῦ ἀπὸ χαλκὸν μήκους 1000 [80] (300) μέτρων, ἂν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 7 Ω [1,866 Ω] (1,3125 Ω);

Ἀπάντησις: 2,5 mm<sup>2</sup>, 1,78 mm [0,75mm,<sup>2</sup> 0,98 mm] (4 mm<sup>2</sup>, 2,26 mm)

γ) Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος ἀγωγοῦ ἀπὸ χρωμιοεικελίην εἰδικῆς ἀντιστάσεως 1,1 Ω  $\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ , ὅταν ἀγωγὸς ἐκ τοῦ κράματος τούτου διατομῆς 0,1964 [0,5027] (0,7854) mm<sup>2</sup>, παρουσιάσῃ ἀντίστασιν 220 Ω [110 Ω] (55 Ω);

Ἀπάντησις: 39,28 [50,27] (39,27) μέτρα

δ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις κράματος νικελίου-χρωμίου-σιδήρου, ἂν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἀγωγὸς ἐκ τοῦ κράματος αὐτοῦ, διαμέτρου 0,8 [1] (1,5) mm καὶ μήκους 12 [15,5] (5) μέτρων παρουσιάζει ἀντίστασιν 23,871 [20,722] (3,115) Ω.

Ἀπάντησις: 1 [1,05] (1,1) Ω  $\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Ἐπὶ τῆς παραγράφου 17·4.

ε) Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις 1ον) εἰς θερμοκρασίαν 20° C καὶ 2ον) εἰς θερμοκρασίαν 60° C, ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐκ χαλκοῦ μήκους 400, [800] (1000) μέτρων καὶ διαμέτρου 0,2 [1] (1,2) mm;

Ἀπάντησις: 222,93 Ω, 257,88 Ω [17,83 Ω, 20,62 Ω] (15,48 Ω, 17,91 Ω)

στ) Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν ἀγωγὸς ἐκ χαλκοῦ, μὲ ἀντίστασιν 1 Ω εἰς θερμοκρασίαν 20° C, παρουσιάζει ἀντίστασιν 1,1 [1,15] (1,20) Ω;

Ἀπάντησις: 45,5 [58,2] (71) βαθμοὶ Κελσίου

Ἐπὶ τῆς παραγράφου 17·5.

ζ) Μετρήσεις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ πηνίου ἠλεκτρομαγνήτου ἔδω-



σαν τὰ ἐξῆς ἀποτελέσματα : ἐν ψυχρῷ, εἰς θερμοκρασίαν περιβάλλοντος  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{25} = 260\ \Omega$ , ἐν θερμῷ  $R_{90} = 295\ \Omega$ . Ποία εἶναι ἡ αὐξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος καὶ ποία ἡ θερμοκρασία του :

Ἀπάντησις :  $35^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$

γ) Μετρήσεις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ τυλίγματος κινητῆρος ἔδωσαν τὰ ἐξῆς ἀποτελέσματα : ἐν ψυχρῷ, εἰς θερμοκρασίαν περιβάλλοντος  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $9,22\ \Omega$  [  $13,07\ \Omega$  ], ἐν θερμῷ  $10,88\ \Omega$  [  $15,684\ \Omega$  ]. Ποία εἶναι ἡ αὐξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ τυλίγματος καὶ ποία ἡ τελικὴ θερμοκρασία του :

Ἀπάντησις :  $45^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$  [  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $65^{\circ}\text{C}$  ]

Ἐπὶ τῆς παραγράφου 17·6.

θ) Ἀπὸ τὸν γενικὸν πίνακα φωτισμοῦ σχολείου ἀναχωροῦν τρεῖς γραμμαὶ ἀπὸ χαλκόν, τοποθετημέναι ἐντὸς τριῶν χωνευτῶν σωλήνων. Ἡ πρώτη γραμμὴ τροφοδοτεῖ μερικὸν πίνακα, ποῦ εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 30 μέτρων. Ὁ πίναξ αὐτὸς τροφοδοτεῖ 20 λαμπτήρας τῶν 150 W καὶ ἕνα ἐπιδιασκόπιον μὲ λαμπτήρα τῶν 800 W.

Ἡ δευτέρα γραμμὴ τροφοδοτεῖ μερικὸν πίνακα, ποῦ εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 35 μέτρων καὶ ὁ ὁποῖος τροφοδοτεῖ 20 λαμπτήρας τῶν 150 W.

Ἡ τρίτη γραμμὴ τροφοδοτεῖ ἐπίσης μερικὸν πίνακα, ποῦ εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 35 μέτρων, ὁ ὁποῖος τροφοδοτεῖ 20 λαμπτήρας τῶν 100 W καὶ δύο θερμάστρας συνολικῆς ἰσχύος 3 kW.

Ἡ τάσις τροφοδοτήσεως τοῦ γενικοῦ πίνακος εἶναι 220 V. Ἄν γίνῃ ἀποδεκτὸν, ὅπως ἡ πτώσις τάσεως κάθε μιᾶς γραμμῆς μὴ υπερβαίνῃ τὸ 1% τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως τοῦ γενικοῦ πίνακος, τί διατομὴ πρέπει νὰ ἔχη ἡ κάθε γραμμὴ ;

Ἐπισημάνει δια τὴν εὔρεσιν τῆς διατομῆς τῆς πρώτης γραμμῆς.

Ἀπὸ τὴν ἰσχὴν 3 800 W καὶ τὴν τάσιν 220 V, προκύπτει ἡ ἔντασις  $I = 17,27\ \text{A}$ . Ἀπὸ τὴν ἀνεκτὴν πτώσιν τάσεως 2,2 V, προκύπτει

$$\text{ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς } R_{60} = \frac{2,2}{17,27} = 0,127\ \Omega.$$

Ἀπὸ τὴν  $R_{60}$  προκύπτει ἡ  $R_{20} = 0,11\ \Omega$  καὶ ἀπὸ τὴν τελευταίαν αὐτὴν ἡ διατομὴ  $s = 9,5\ \text{mm}^2$ . Διατομὴ ἐμπορίου εἶναι τῶν  $10\ \text{mm}^2$ , ἡ ὁποία εἶναι πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν διατομὴν  $2,5\ \text{mm}^2$  τοῦ Πίνα-

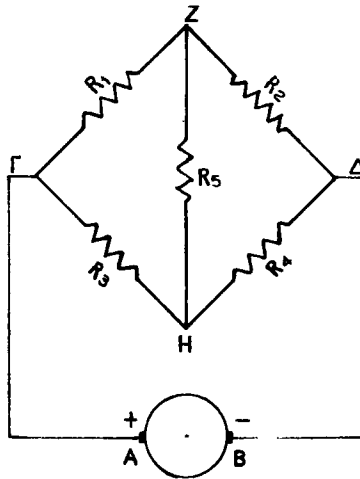
κος 2, ή έποία εξασφαλίζει μόνον τήν μη υπερθέρμανσιν τών άγωγών τής γραμμής, αλλά προκαλεί πτώσιν τάσεως μη άνεκτήν.

Κατά τόν αὐτόν τρόπον θά εύρωμε, ως διατομήν τής δευτέρας γραμμής,  $10 \text{ mm}^2$  και, ως διατομήν τής τρίτης,  $16 \text{ mm}^2$ .

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΙΡΧΩΦ (KIRCHHOFF)

## 18·1 Γενικά.

Πολλά κυκλώματα, τὰ ὁποῖα συναντοῦμε εἰς τὰς ἐφαρμογὰς τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, δὲν ἀνήκουν οὔτε εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ἐν σειρᾷ οὔτε τῶν παραλλήλων οὔτε τῶν μικτῶν, ἀλλὰ εἶναι περισσότερον σύνθετα ἀπὸ αὐτά. Τὰ κυκλώματα τοῦ εἴδους αὐτοῦ ὀνομάζονται δικτυώματα. Τὸ σχῆμα 18·1 α παριστάνει ἕνα δι-



Σχ. 18·1 α.

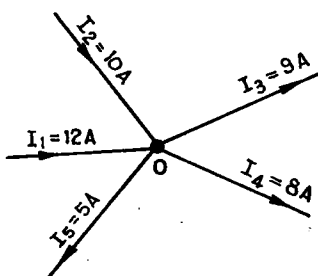
κτύωμα. Βασικὸν στοιχεῖον κατὰ τὴν μελέτην τῶν δικτυωμάτων εἶναι ὁ βρόχος. Βρόχος εἶναι τὸ σύνολον τῶν ἀγωγῶν, πὸν συναντοῦμε μίαν καὶ μόνην φοράν, ὅταν, ἀφοῦ ἀναχωρήσωμε ἀπὸ ἕνα σημεῖον κλειστοῦ κυκλώματος καὶ παρακολουθήσωμε αὐτό, καταλήγωμε εἰς τὸ σημεῖον ἀναχωρήσεως. Π.χ. εἰς τὸ δικτύωμα τοῦ σχήματος 18·1 α βρόχοι εἶναι οἱ  $A\Gamma Z\Delta B A$ ,  $A\Gamma H\Delta B A$ ,

ΑΓΖΗΔΒΑ, ΓΖΔΗΓ. Δέν είναι ἕμως βρόχος τὸ κύκλωμα ΓΖΗΔΖΓ, διότι συναντοῦμε δύο φορές τὸν ἀγωγὸν ΓΖ.

Διὰ τὴν ἐπίλυσιν τῶν δικτυωμάτων, πρέπει νὰ ἐπεκτείνωμε τὸν νόμον τοῦ Ὄμ πέραν τῶν ὄσων ἔχομε διδαχθῆ εἰς τὰ κεφάλαια 10 ἕως 14. Τὴν ἐπέκτασιν αὐτὴν συνέλαβε ὁ Γερμανὸς φυσικὸς Κίρχωφ, ὁ ὁποῖος διετύπωσε τὰς ἑξῆς δύο προτάσεις :

### 18·2 Προτάσεις τοῦ Κίρχωφ.

*Πρώτη πρότασις ἢ πρότασις τῶν κόμβων :* Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς κόμβον κυκλώματος, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν κόμβον αὐτόν.



Σχ. 18·2 α.

Ἔτσι, εἰς τὸν κόμβον O τοῦ σχήματος 18·2 α, τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων  $I_1$  καὶ  $I_2$ , ποὺ φθάνουν εἰς τὸν κόμβον O, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων  $I_3$ ,  $I_4$  καὶ  $I_5$ , ποὺ ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν ἴδιον κόμβον, δηλαδή :

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \quad \eta \quad 10 + 12 = 9 + 8 + 5 \text{ A.}$$

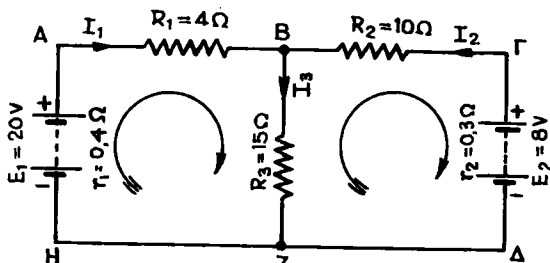
*Δεύτερα πρότασις ἢ πρότασις τῶν βρόχων :* Εἰς κάθε ἓνα ἀπὸ τοὺς βρόχους δικτυώματος, τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα ὄλων τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα ὄλων τῶν πτώσεων τάσεως.

Ἔτσι εἰς τὸν βρόχον ΑΓΔΗΑ τοῦ δικτυώματος, ποὺ παρι-

πάνεται εις τὸ σχῆμα 18·3 α, τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων  $E_1$  καὶ  $E_2$  εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν πτώσεων τάσεως  $I_1 \cdot r_1$ ,  $I_1 \cdot R_1$ ,  $I_2 \cdot R_2$  καὶ  $I_2 \cdot r_2$ .

### 18·3 Μέθοδος ἐφαρμογῆς τῶν προτάσεων τοῦ Κίρχωφ.

Διὰ νὰ ἐφαρμώσουμε τὰς προτάσεις τοῦ Κίρχωφ, πρέπει νὰ ἀκολουθήσουμε ὀρισμένην πορείαν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑποδείξωμε κατὰ τὴν μελέτην τοῦ δικτύουματος, πρὸς παριστάνεται: εἰς τὸ σχῆμα 18·3 α.



Σχ. 18·3 α.

Εἰς τὸ δίκτυωμα αὐτό, ὅπως καὶ εἰς κάθε δίκτυωμα, σκοπὸς μας εἶναι νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἔντασιν τῶν ρευμάτων καὶ νὰ καθορίσωμε τὴν φοράν των.

Διὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὸν σκοπὸν μας, ἐφαρμόζομε τὰ ἑξῆς:

1ον) Σημειώνομε ἐπὶ τοῦ σχήματος τὴν πιθανὴν φοράν κάθε ρεύματος.

Εἰς τὸ δίκτυωμα τοῦ σχήματος 18·3 α ἡ λογικὴ μᾶς λέγει ὅτι πιθαναὶ φοραὶ τῶν ρευμάτων θὰ πρέπει νὰ εἶναι ἐκεῖναι, αἱ ὁποῖαι σημειοῦνται εἰς τὸ σχῆμα αὐτό.

2ον) Ἐκλέγομε ἀνθαιρέτως ὡς θετικὴν φοράν τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων καὶ τῶν ρευμάτων, τὴν φοράν περιστροφῆς τῶν δεικτῶν ὥρολογίου. Ἐννοεῖται ὅτι θὰ ἤμπορούσαμε νὰ ἐκλέξωμε καὶ τὴν ἀντίθετον φοράν.

Τότε, εἰς κάθε ἓνα βρόχον, ΑΒΖΗΑ, ΒΓΔΖΒ καὶ ΑΓΔΗΑ τοῦ δικτυώματος ἐφαρμόζομε τὰ ἐξῆς :

α) Αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι τείνουν νὰ προκαλέσουν κυκλοφορίαν ρεύματος τῆς ἐκλεγειοῦς ὡς ἀνωτέρω φορᾶς, εἶναι θετικαί· αἱ ὑπόλοιποι εἶναι ἀρνητικαί. Ἔτσι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E_1$  εἶναι θετικὴ, τόσον εἰς τὸν βρόχον ΑΒΖΗΑ, ὅσον καὶ εἰς τὸν ΑΓΔΗΑ, ἀφοῦ τείνει νὰ προκαλέσῃ κυκλοφορίαν ρεύματος ἀπὸ Α πρὸς Β καὶ ἀπὸ Α πρὸς Γ. Ἀντιθέτως ἡ  $E_2$  εἶναι ἀρνητικὴ εἰς τοὺς βρόχους ΒΓΖΔΓ καὶ ΓΑΗΔΓ, ἀφοῦ τείνει νὰ προκαλέσῃ κυκλοφορίαν ρεύματος ἀπὸ Γ πρὸς Β καὶ ἀπὸ Γ πρὸς Δ.

β) Τὰ ρεύματα, τῶν ὁποίων ἡ φορὰ συμπίπτει μὲ τὴν ἐκλεγειοῦσαν εἶναι θετικά, τὰ ὑπόλοιπα εἶναι ἀρνητικά. Ἔτσι εἰς τὸν βρόχον ΑΒΖΗΑ τὰ ρεύματα  $I_1$  καὶ  $I_3$  εἶναι θετικά· εἰς τὸν βρόχον ΒΓΖΔΓ, τὰ ρεύματα  $I_2$  καὶ  $I_3$  εἶναι ἀρνητικά, εἰς δὲ τὸν βρόχον ΑΓΔΗΑ, τὸ ρεῦμα  $I_1$  εἶναι θετικὸν καὶ τὸ  $I_2$  ἀρνητικόν.

γ) Αἱ πτώσεις τάσεως εἶναι θετικαί, ὅταν τὰ ρεύματα εἶναι θετικά, καὶ ἀρνητικαί, ὅταν τὰ ρεύματα εἶναι ἀρνητικά. Π.χ. εἰς τὸν βρόχον ΑΒΖΗΑ, τὸ ρεῦμα  $I_3$  εἶναι θετικὸν καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ πτώσις τάσεως  $I_3 \cdot R_3$  εἶναι θετικὴ. Ἀντιθέτως εἰς τὸν βρόχον ΒΓΖΔΓ, τὸ ρεῦμα  $I_3$  εἶναι ἀρνητικόν, ἄρα  $I_3 \cdot R_3$  εἶναι ἀρνητικὴ.

βον) Ἐφαρμόζομε τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ εἰς τόσους ἀπὸ τοὺς βρόχους, ὥστε εἰς τὰς ἐξισώσεις, πὸν θὰ προκύψουν, ὅλαι αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις τοῦ δικτυώματος καὶ ὅλαι αἱ πτώσεις τάσεως εἰς αὐτό, νὰ ἀναγράφωνται τουλάχιστον μίαν φορὰν.

Εἰς τὸν βρόχον ΑΓΔΗΑ εἶναι: ἡ  $E_1$  θετικὴ, ἡ  $E_2$  ἀρνητικὴ, τὸ  $I_1$  θετικόν, ἄρα αἱ  $I_1 \cdot r_1$  καὶ  $I_1 \cdot R_1$  θετικαί, τὸ  $I_2$  εἶναι ἀρνητικόν, ἄρα αἱ  $I_2 \cdot r_2$  καὶ  $I_2 \cdot R_2$  ἀρνητικαί. Ἀπὸ τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ, προκύπτει ἡ ἐξῆς ἐξίσωσις:

$$( \text{έξισώσεις πρώτη} ) \quad E_1 - E_2 = I_1 \cdot r_1 + I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 - I_2 \cdot r_2 .$$

Είς τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν δὲν ἀναγράφεται ἡ πτώσις τάσεως  $I_3 \cdot R_3$ , ἄρα πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ, καὶ εἰς ἄλλον βρόχον π.χ. εἰς τὸν ABZHA.

Εἰς τὸν βρόχον ABZHA εἶναι: ἡ  $E_1$  θετική, τὰ  $I_1$  καὶ  $I_3$  θετικά, ἐπομένως αἱ  $I_1 \cdot r_1$ ,  $I_1 \cdot R_1$  καὶ  $I_3 \cdot R_3$  θετικά. Προκύπτει ἡ ἐξίσωσις:

$$( \text{έξισώσεις δευτέρα} ) \quad E_1 = I_1 \cdot r_1 + I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 .$$

Εἰς τὰς δύο ἀνωτέρω ἐξισώσεις παρατηροῦμε ὅτι ἀναγράφονται ὅλαι αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις καὶ ὅλαι αἱ πτώσεις τάσεως. Ἐπομένως δὲν εἶναι ἀναγκαῖον νὰ εὕρωμε καὶ μίαν τρίτην ἐξίσωσιν.

4ον) Ἐφαρμόζομε τὴν πρώτην πρότασιν τοῦ Κίρχωφ εἰς τὸσους ἀπὸ τοὺς κόμβους τοῦ δικτυώματος, ὥστε εἰς τὰς ἐξισώσεις, πὺν προκύπτουν, ὅλα τὰ ρεύματα νὰ ἀναγράφωνται τουλάχιστον μίαν φοράν.

Εἰς τὸν κόμβον Β ἔχομε τὴν ἐξίσωσιν:

$$( \text{έξισώσεις τρίτη} ) \quad I_3 = I_1 + I_2 .$$

Εἰς τὴν ἐξίσωσιν αὐτὴν ἀναγράφονται ὅλα τὰ ρεύματα.

5ον) Τὸ πρόβλημα ἀνάγεται πλέον εἰς τὴν ἐπίλυσιν τοῦ συστήματος τῶν τριῶν ἀνωτέρω ἐξισώσεων τοῦ πρώτου βαθμοῦ μὲ τρεῖς ἀγνώστους  $I_1$ ,  $I_2$  καὶ  $I_3$ .

Τὸ θέμα εἶναι καθαρῶς μαθηματικὸν καὶ δὲν ἔχει σχέσιν μὲ ἠλεκτρολογικὰς ἐννοίας. Θὰ ἀκολουθήσωμε λοιπὸν διὰ τὴν ἐπίλυσιν τοῦ συστήματος τὴν ἐξῆς πορείαν:

Ἀπὸ τὰς τιμὰς τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων καὶ τῶν ἀντιστάσεων, αἱ ὁποῖαι ἀναγράφονται εἰς τὸ σχῆμα 18·3 α, αἱ δύο πρῶται ἐξισώσεις λαμβάνουν τὰς ἐξῆς μορφάς:

$$\text{έξισώσεις πρώτη:} \quad 20 - 8 = 0,4 \cdot I_1 + 4 \cdot I_1 - 10 \cdot I_2 - 0,3 \cdot I_2 .$$

$$\text{» δευτέρα:} \quad 20 = 0,4 \cdot I_1 + 4 \cdot I_1 + 15 \cdot I_3 .$$

Τελικώς, τὸ σύστημα τῶν τριῶν ἐξισώσεων λαμβάνει τὴν ἐξῆς μορφήν :

$$(\alpha) \quad 12 = 4,4 \cdot I_1 - 10,3 \cdot I_2$$

$$(\beta) \quad 20 = 4,4 \cdot I_1 + 15 \cdot I_3$$

$$(\gamma) \quad I_3 = I_1 + I_2.$$

Ἄν αντικαταστήσωμε τώρα εἰς τὴν ἐξίσωσιν (β) τὸ  $I_3$  διὰ τοῦ ἴσου τοῦ  $I_1 + I_2$  τῆς ἐξισώσεως (γ), προκύπτει

$$20 = 4,4 \cdot I_1 + 15 \cdot (I_1 + I_2), \text{ δηλαδή } 20 = 4,4 \cdot I_1 + 15 \cdot I_1 + 15 \cdot I_2 \text{ ἢ}$$

$$(\delta) \quad 20 = 19,4 \cdot I_1 + 15 \cdot I_2$$

Ἐπιλύομε τὸ σύστημα τῶν ἐξισώσεων (α) καὶ (δ). Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν πολλαπλασιάζομε τὴν (α) ἐπὶ 15 καὶ τὴν (δ) ἐπὶ 10,3 καὶ προσθέτομε τὰς ἐξισώσεις ποὺ προκύπτουν. Ἔχομε :

$$180 = 66,00 \cdot I_1 - 154,5 \cdot I_2$$

$$206 = 199,82 \cdot I_1 + 154,5 \cdot I_2$$

$$\hline 386 = 265,82 \cdot I_1$$

Ἄρα :

$$I_1 = \frac{386}{265,82} = 1,4521 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν (β), εἰς τὴν ὁποίαν  $I_1 = 1,4521 \text{ A}$ , προκύπτει ὅτι  $20 = 4,4 \times 1,4521 + 15 \cdot I_3$ , δηλαδή ὅτι :

$$20 = 6,38924 + 15 \cdot I_3 \text{ ἢ } 13,61076 = 15 I_3. \text{ Ἄρα :}$$

$$I_3 = \frac{13,61076}{15} = 0,9074 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν (γ), εἰς τὴν ὁποίαν  $I_1$  καὶ  $I_3$  εἶναι γνωστά, προκύπτει ὅτι :

$$I_2 = I_3 - I_1 = 0,9074 - 1,4521 = -0,5447 \text{ A.}$$

Τὸ σημεῖον (—) τοῦ ρεύματος  $I_2$  μᾶς καθιστᾷ φανερὸν ὅτι ἡ φορὰ του εἶναι ἀντίθετος πρὸς ἐκείνην ποὺ ἐσημειώθη ἐπὶ τοῦ σχήματος 18.3α. Τὸ ρεῦμα  $I_2$  ἔχει φορὰν ΒΓΔΖ καὶ κυκλοφορεῖ ἐπομένως ἐντὸς τῆς πηγῆς  $E_2$ , ἀπὸ τὸν θετικὸν τῆς πλόου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν. Ἄρα ἡ πηγὴ  $E_2$  δὲν παράγει ρεῦμα,



ἀλλὰ καταναλίσκει ρεύμα, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ πηγὴ  $E_1$ . Κατα-  
λίγουμε λοιπὸν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ πηγὴ  $E_2$  εἶναι κατα-  
ναλωτὴς.

(β) ) Σκόπιμον εἶναι πάντοτε νὰ ἐπαληθεύωμε τὰς τιμὰς  
τῶν ρευμάτων.

Ἐπαλήθευσις:

Εἰς τὸν βρόχον  $ABZHA$ , ἡ τάσις  $U_{BZ}$  πρέπει νὰ εἶναι ἴση,  
πρὸς τὴν  $E_1$ , μείον τὰς πτώσεις τάσεως  $I_1 \cdot R_1$  καὶ  $I_1 \cdot r_1$ , δηλαδὴ,  
πρέπει νὰ εἶναι :

$$\begin{aligned} U_{BZ} &= E_1 - (I_1 \cdot R_1 + I_1 \cdot r_1) = E_1 - I_1 \cdot (R_1 + r_1) = \\ &= 20 - 1,4521 \cdot (4 + 0,4) = 20 - 6,38924 = 13,61 \text{ V.} \end{aligned}$$

Εἰς τὸν βρόχον  $BΓΔΖΒ$ , ἀφοῦ ἡ πηγὴ  $E_2$  εἶναι καταναλωτὴς,  
ἡ τάσις  $U_{BZ}$  πρέπει νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὴν  $E_2$ , σὺν τὰς πτώσει  
τάσεως  $I_2 \cdot R_2$  καὶ  $I_2 \cdot r_2$ , πρέπει δηλαδὴ νὰ εἶναι :

$$\begin{aligned} U_{BZ} &= E_2 + I_2 \cdot (R_2 + r_2) = 8 + 0,5647 \cdot (10 + 0,3) = \\ &= 8 + 0,5447 \times 10,3 = 13,61 \text{ V.} \end{aligned}$$

Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ εἶναι τὸ ἴδιον μὲ ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον  
εὐρήκαμε προηγουμένως. Εἶναι μία πρώτη διαπίστωσις τῆς ὁρθό-  
τητος τῶν ὑπολογισμῶν μας.

Διὰ μέσου τῆς ἀντιστάσεως  $R_3$  πρέπει νὰ κυκλοφορῇ ρεῦμα  
ἐντάσεως :

$$I_3 = \frac{U_{BZ}}{R_3} = \frac{13,61}{15} = 0,9073 \text{ A.}$$

Εἶναι ἡ τιμὴ, τὴν ὁποίαν εὐρήκαμε ἀνωτέρω. Διαπιστώνομε  
λοιπὸν διὰ δευτέραν φοράν τὴν ὁρθότητα τῶν ὑπολογισμῶν μας.

#### 18·4 Παραδείγματα ἐπιλύσεως δικτυωμάτων.

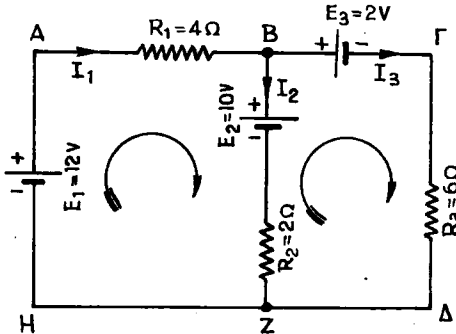
##### Παράδειγμα 1.

Εἰς τὸ δικτύωμα, τὸ ὁποῖον παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 18·  
4 α νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τῶν ρευμάτων καὶ ἡ φορὰ των. Αἱ ἐσο-

τερικαί αντίστασεις τών πηγών  $E_1$ ,  $E_2$  και  $E_3$  συμπεριλαμβάνονται αντίστοιχως εις τὰς αντίστασεις  $R_1$ ,  $R_2$  και  $R_3$ .

1) Σημειώνομε επί του σχήματος 18·4 α την πιθανήν φοράν τών ρευμάτων  $I_1$ ,  $I_2$  και  $I_3$ .

2ον) Ἐκλέγομε ὡς θετικὴν φοράν τών ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων καὶ τών ρευμάτων τὴν φοράν περιστροφῆς τών δεικτῶν τοῦ ὄρολογίου.



Σχ. 18·4 α.

3ον) Ἐφαρμόζομε τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ εἰς τὸν βρόχον ΑΒΖΗΑ. Εἰς τὸν βρόχον αὐτὸν εἶναι: ἢ  $E_1$  θετικὴ, ἢ  $E_2$  ἀρνητικὴ, τὰ  $I_1$  καὶ  $I_2$  θετικά, ἐπομένως αἱ  $R_1 \cdot I_1$  καὶ  $R_2 \cdot I_2$  θετικά. Ἔρα:

$$E_1 - E_2 = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2, \text{ δηλαδή:}$$

$$12 - 10 = 4 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \text{ καί, κατόπιν ἀπλοποιήσεως:}$$

$$2 \cdot I_1 + I_2 = 1. \quad (\alpha)$$

Ἐφαρμόζομε τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ εἰς τὸν βρόχον ΑΓΔΗΑ. Εἰς τὸν βρόχον αὐτὸν ἢ  $E_1$  εἶναι θετικὴ, ἢ  $E_3$  ἀρνητικὴ,  $I_1$  καὶ  $I_3$  εἶναι θετικά, ἄρα  $I_1 \cdot R_1$  καὶ  $I_3 \cdot R_3$  εἶναι θετικά. Ἐπομένως:

$$E_1 - E_3 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3, \text{ δηλαδή:}$$

$$12 - 2 = 4 \cdot I_1 + 6 \cdot I_3 \text{ καί, κατόπιν ἀπλοποιήσεως:}$$

$$2 \cdot I_1 + 3 \cdot I_3 = 5. \quad (\beta)$$

Είς τὰς ἐξισώσεις (α) καὶ (β) ἀναγράφονται ὅλαι αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις καὶ ὅλαι αἱ πτώσεις τάσεως.

4ον) Ἐφαρμόζομε τὴν πρώτην πρότασιν εἰς τὸν κόμβον Β. Προκύπτει ἡ ἐξίσωσις:

$$I_1 = I_2 + I_3. \quad (\gamma)$$

Εἰς τὴν ἐξίσωσιν αὐτὴν ἀναγράφονται ὅλα τὰ ρεύματα.

5ον) Ἐπιλύομε τὸ σύστημα τῶν ἐξισώσεων (α), (β) καὶ (γ) καὶ εὐρίσκομε:

$$I_1 = \frac{8}{11} \text{ A}, \quad I_3 = \frac{13}{11} \text{ A} \quad \text{καὶ} \quad I_2 = -\frac{5}{11} \text{ A}$$

Τὸ σημεῖον (—) τοῦ  $I_2$  μᾶς καθιστᾷ φανερόν ὅτι τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔχει φορὰν ἀντίθετον πρὸς ἐκείνην τὴν ὁποίαν ἐσημειώσαμε ἐπὶ τοῦ σχήματος 18·4 α. Ἐπομένως αἱ πηγαὶ  $E_1$  καὶ  $E_2$  παρέχουν ρεῦμα, ἐνῶ ἡ  $E_3$  εἶναι καταναλωτῆς.

6ον) Ἐπαληθεύομε τὰ ἀποτελέσματα.

Ἄν ὑπολογίσωμε τὴν τάσιν  $U_{BZ}$  κατὰ διαφόρους τρόπους, πρέπει νὰ εὐρωμε τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα.

Πρέπει νὰ εἶναι:

$$U_{BZ} = E_1 - I_1 \cdot R_1 = 12 - \frac{8}{11} \times 4 = 12 - 2,909 = 9,091 \text{ V.}$$

Πρέπει ἐπίσης νὰ εἶναι:

$$U_{BZ} = E_2 - I_2 \cdot R_2 = 10 - \frac{5}{11} \times 2 = 10 - 0,909 = 9,091 \text{ V.}$$

Τέλος, πρέπει νὰ εἶναι:

$$U_{BZ} = E_3 + I_3 \cdot R_3 = 2 + \frac{13}{11} \times 6 = 2 + 7,091 = 9,091 \text{ V.}$$

### Παράδειγμα 2.

Νὰ εὐρεθοῦν τὰ ρεύματα εἰς τὰ διάφορα τμήματα τοῦ δικτυώματος τοῦ σχήματος 18·4 β. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς πηγῆς εἶναι ἀμελητέα.

Λύσις:

1ον) Σημειώνομε ἐπὶ τοῦ δικτυώματος τὴν πιθανὴν φορὰν τῶν ρευμάτων.

2ον) Ἐκλέγομε ὡς θετικὴν φορὰν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ τῶν ρευμάτων τὴν φορὰν περιστροφῆς τῶν δεικτῶν ὠρολογίου.

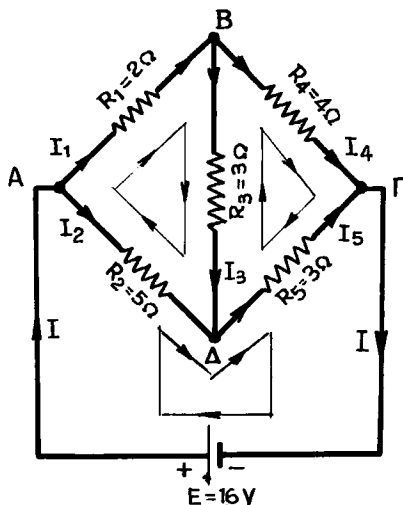
3ον) Ἐφαρμόζομε τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ εἰς τοὺς ἐξῆς βρόχους :

$$\text{Βρόχος ΕΑΔΓΕ} : E = I_2 \cdot R_2 + I_5 \cdot R_5$$

$$\text{Βρόχος ΕΑΒΓΕ} : E = I_1 \cdot R_1 + I_4 \cdot R_4$$

$$\text{Βρόχος ΑΒΔΑ} : 0 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 - I_2 \cdot R_2$$

Εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐξισώσεις ἀναγράφονται ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις καὶ ὅλαι αἱ πτώσεις τάσεως. Ἀπὸ τὰς τιμὰς τῶν ἀντι-



Σχ. 18·4 β.

στάσεων, αἱ ὁποῖαι ἀναγράφονται εἰς τὸ σχῆμα 18·4 β, αἱ ἐξισώσεις αὐταὶ λαμβάνουν τὰς ἐξῆς μορφάς :

$$(\alpha) \quad 16 = 5 \cdot I_2 + 3 \cdot I_5$$

$$(\beta) \quad 16 = 2 \cdot I_1 + 4 \cdot I_4$$

$$(\gamma) \quad 0 = 2 \cdot I_1 + 3 \cdot I_3 - 5 \cdot I_2$$

4ον) Ἐφαρμόζομε τὴν πρώτην πρότασιν εἰς τοὺς κόμβους Β καὶ Γ, ὁπότε προκύπτουν αἱ ἐξισώσεις:

$$(δ) \quad I_1 - I_1 - I_3 \text{ καὶ } (ε) \quad I_5 = I_2 + I_3.$$

Εἰς τὰς ἐξισώσεις αὐτὰς ἀναγράφονται ὅλα τὰ ρεύματα.

5ον) Ὄταν ἐπιλύσωμε τὸ σύστημα τῶν ἐξισώσεων (α) ἕως (ε), θὰ εὑρωμε τὴν ἔντασιν τοῦ κάθε ρεύματος. Ἀκολουθοῦμε τὴν ἐξῆς πορείαν.

Ἀντικαθιστοῦμε εἰς τὴν ἐξίσωσιν (α) τὸ  $I_5$  διὰ τοῦ ἴσου του τῆς ἐξισώσεως (ε) καὶ εἰς τὴν ἐξίσωσιν (β) τὸ  $I_4$  διὰ τοῦ ἴσου του τῆς ἐξισώσεως (δ). Προκύπτουν αἱ ἐξισώσεις:

$$16 = 5 \cdot I_2 + 3 \cdot (I_2 + I_3), \text{ ἦτοι } (στ) \quad 16 = 8 \cdot I_2 + 3 \cdot I_3 \text{ καὶ} \\ 16 = 2 \cdot I_1 + 4 \cdot (I_1 - I_3), \text{ ἦτοι } (ζ) \quad 8 = 3 \cdot I_1 + 2 \cdot I_3.$$

Αἱ ἐξισώσεις (στ), (ζ) καὶ (γ) ἀποτελοῦν σύστημα τριῶν ἐξισώσεων μὲ τρεῖς ἀγνώστους, ἐκ τοῦ ὁποίου θὰ εὑρωμε τὰς τιμὰς τῶν  $I_1$ ,  $I_2$  καὶ  $I_3$  ὡς ἐξῆς:

Πολλαπλασιάζομε τὴν ἐξίσωσιν (γ) ἐπὶ (-1) καὶ προσθέτομε τὴν προκύπτουσαν ἐξίσωσιν εἰς τὴν (στ).

$$16 = 8 \cdot I_2 + 3 \cdot I_3 \\ 0 = -2 \cdot I_1 + 5 \cdot I_2 - 3 \cdot I_3 \\ \hline 16 = -2 \cdot I_1 + 13 \cdot I_3 \quad (η)$$

Πολλαπλασιάζομε τώρα τὴν (στ) ἐπὶ 2 καὶ τὴν (ζ) ἐπὶ 3 καὶ τὰς προσθέτομε. Προκύπτουν τὰ ἐξῆς:

$$32 = 16 \cdot I_2 + 6 \cdot I_3 \\ 24 = 9 \cdot I_1 - 6 \cdot I_3 \\ \hline 56 = 9 \cdot I_1 + 16 \cdot I_2 \quad (θ)$$

Πολλαπλασιάζομε τέλος τὴν (η) ἐπὶ 9 καὶ τὴν (θ) ἐπὶ 2 καὶ τὰς προσθέτομε. Προκύπτουν τὰ ἐξῆς:

$$144 = -18 \cdot I_1 + 117 \cdot I_2 \\ 112 = 18 \cdot I_1 + 32 \cdot I_2 \text{ Ἄρα:} \\ \hline 256 = 149 \cdot I_2$$

$$I_2 = \frac{256}{149} = 1,7181 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν (γ)

$$I_1 = \frac{13 \cdot I_2 - 16}{2} = \frac{13 \times 1,7181 - 16}{2} = \frac{22,3353 - 16}{2} = 3,1676 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν (ζ)

$$I_3 = \frac{3 \cdot I_1 - 8}{2} = \frac{3 \times 3,1676 - 8}{2} = \frac{9,5028 - 8}{2} = 0,7514 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν (ξ)

$$I_4 - I_1 - I_3 = 3,1676 - 0,7514 = 2,4162 \text{ A.}$$

Ἀπὸ τὴν (ε)

$$I_5 = I_2 + I_3 = 1,7181 + 0,7514 = 2,4695 \text{ A.}$$

Ἐπαλήθευσις: Πρέπει νὰ εἶναι:

$$\begin{array}{cccccc} & I & I_1 & I_2 & I_4 & I_5 \\ I_1 - I_2 & = & 3,1676 & - & 1,7181 & = & 1,4495 \text{ A.} \\ I_4 - I_5 & = & 2,4162 & - & 2,4695 & = & -0,0533 \text{ A.} \end{array}$$

### 18·5 Παράλληλος λειτουργία πηγῶν διαφόρου ηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως.

Ἐμελετήσαμε εἰς τὴν παράγραφον 14·9 τὴν παράλληλον λειτουργίαν πηγῶν τῆς ἰδίας ηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἰδίας ἡ διαφόρου ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως.

Παρουσιάζει ἐνδιαφέρον ἡ μελέτη τῆς ἐν παραλλήλῳ λειτουργίας πηγῶν διαφόρου ηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ διαφόρου ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως, ἡ ὁποία θὰ μᾶς κατατοπίσῃ ὡς πρὸς τὸ τί δύναται νὰ συμβῇ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν. Θὰ χρησιμοποιήσωμε πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν τὸ κάτωθι παράδειγμα.

#### Παράδειγμα:

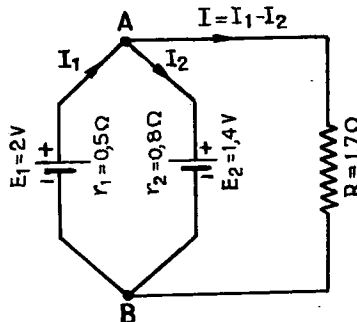
Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 18·5 α νὰ εὑρεθῶν:

α) Ἡ ἔντασις καὶ ἡ φορά τοῦ ρεύματος διὰ μέσου κάθε μιᾶς ἀπὸ τὰς πηγὰς καὶ διὰ μέσου τοῦ καταναλωτοῦ.

β) Ἡ τάσις μεταξὺ τῶν κόμβων Α καὶ Β.

Λύσις :

1ον) Σημειώνομε τὴν πιθανὴν φοράν τῶν ρευμάτων. Λόγω τῆς μικρᾶς τιμῆς τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως  $E_2$ , ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν τιμὴν τῆς  $E_1$ , εἶναι πολὺ πιθανὸν ὅτι τὸ ρεῦμα  $I_2$  ἔχει τὴν φοράν, ἡ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ σχήματος.



Σχ. 18-5 α.

2ον) Ἐκλέγομε ὡς θετικὴν φοράν ρευμάτων καὶ τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τὴν φοράν περιστροφῆς δεικτῶν ὠρολογίου.

3ον) Ἐφαρμόζομε τὴν δευτέραν πρότασιν τοῦ Κίρχωφ :

α. Εἰς τὸν βρόχον  $BE_1AE_2B$ , εἰς τὸν ὁποῖον :

$$E_1 - E_2 = I_1 \cdot r_1 + I_2 \cdot r_2.$$

β. Εἰς τὸν βρόχον  $BE_1ARB$ , εἰς τὸν ὁποῖον :

$$E_1 = I_1 \cdot r_1 + (I_1 - I_2) \cdot R \quad \text{ἢ} \quad E_1 = I_1 \cdot r_1 + I_1 \cdot R - I_2 \cdot R \quad \text{ἢ}$$

$$E_1 = I_1 \cdot (r_1 + R) - I_2 \cdot R.$$

Εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐξισώσεις ἀναγράφονται ὅλαι αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις καὶ αἱ πτώσεις τάσεως.

4ον) Ἡ πρώτη πρότασις ἔχει ἤδη ἐφαρμοσθῆ εἰς τὴν δευτέραν ἐξίσωσιν.

δον) Ἀπὸ τὰς ἀναγραφόμενας τιμὰς εἰς τὸ σχῆμα 18·5 α, αὐτὸ ἀνωτέρω ἐξισώσεις λαμβάνουν τὴν μορφήν:

$$2 - 1,4 = 0,5 \cdot I_1 + 0,8 \cdot I_2, \text{ δηλαδή } (\alpha) \quad 0,6 = 0,5 \cdot I_1 + 0,8 \cdot I_2$$

$$2 = (0,5 + 1,7) \cdot I_1 - 1,7 \cdot I_2, \text{ δηλαδή } (\beta) \quad 2 = 2,2 \cdot I_1 - 1,7 \cdot I_2.$$

Ἡ ἐπίλυσις τοῦ συστήματος ἐξισώσεων (α) καὶ (β) δίδει τὰς ἐξῆς τιμὰς τῶν ρευμάτων:

$$I_1 = 1,0038 \text{ A}, \quad I_2 = 0,1226 \text{ A}, \quad I = 0,8812 \text{ A}.$$

Ἄρα ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος  $I_2$  εἶναι πραγματικῶς αὐτὴ ποὺ σημειώνεται εἰς τὸ σχῆμα. Ἡ πηγὴ  $E_2$  ἀπορροφᾷ ρεῦμα καὶ εἶναι ἐπομένως καταναλωτὴς.

Ἡ τάσις μεταξὺ κόμβων Α καὶ Β εἶναι:

$$U_{AB} = I \cdot R = 0,8812 \times 1,7 = 1,498 \text{ V}.$$

Ἐπαληθεύομε ὅτι εἰς τοὺς κλάδους:

$$BE_1A: U_{AB} = E_1 - I_1 \cdot r_1 = 2 - 1,0038 \times 0,5 = 1,498 \text{ V}$$

$$BE_2A: U_{AB} = E_2 + I_2 \cdot r_2 = 1,4 + 0,1226 \times 0,8 = 1,498 \text{ V}.$$

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀποτελέσματα βλέπομε ὅτι τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἐντὸς τῆς πηγῆς  $E_2$  ἀπὸ τὸν θετικὸν τῆς πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικόν. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβῆ, εἰς παράλληλον λειτουργίαν στοιχείων ἢ συσσωρευτῶν (ἢ συστοιχιῶν των), ὅταν τὰ στοιχεῖα ἢ οἱ συσσωρευταὶ δὲν διατηρήσουν, διὰ τὸν ἕνα ἢ τὸν ἄλλον λόγον, τὴν ἰδίαν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν.

Καθὼς ἀνεφέραμε ἤδη εἰς τὴν παράγραφον 14·9, ἡ λειτουργία δυναμομηχανῶν (γεννητριῶν) Σ.Ρ. ἐν παραλλήλῳ εἶναι συνθησάτη. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω παραδείγματος προκύπτει ἡ ἀνάγκη νὰ παραλληλίζωνται μηχαναὶ τῆς αὐτῆς περιόδου ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως.

## 18·6 Προβλήματα.

α) Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 18·6 α, ὅπου:

$$E_1 = 120 \text{ V}, \quad r_1 = 0,08 \Omega, \quad E_2 = 115 \text{ V}, \quad r_2 = 0,5 \Omega,$$

$$R_1 = 50 \Omega, \quad R_2 = 10 \Omega.$$

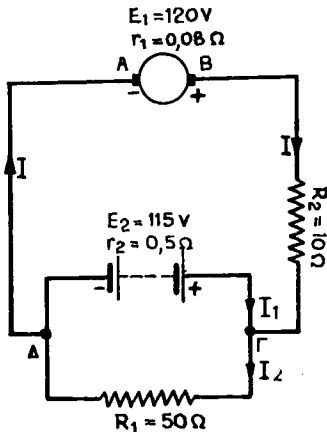


Νά εὑρεθῇ:

1ον) Τί ρεῦμα κυκλοφορεῖ διὰ μέσου τῆς  $R_1$ .

2ον) Ποία εἶναι ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῆς  $R_2$ .

Ἀπάντησις: 2,28 A, 5,84 V



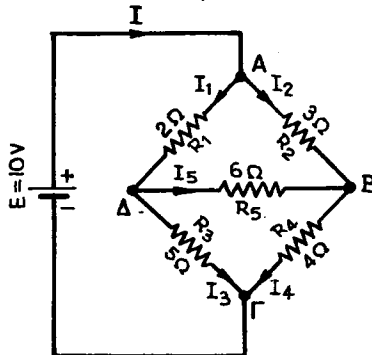
Σχ. 18·6 α.

β) Νά καθορισθοῦν τὰ ρεῦματα διὰ μέσου τῶν κλάδων τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 18·6β καὶ εἰς τὸ ὅποιον:

$E = 10\text{ V}$ ,  $R_1 = 2\ \Omega$ ,  $R_2 = 3\ \Omega$ ,  $R_3 = 5\ \Omega$ ,  $R_4 = 4\ \Omega$ ,  $R_5 = 6\ \Omega$ .

Ἀπάντησις:  $I_1 = 1,540\text{ A}$ ,  $I_2 = 1,339\text{ A}$ ,  $I_3 = 1,383\text{ A}$

$I_4 = 1,496\text{ A}$ ,  $I_5 = 0,1562\text{ A}$ ,  $I = 2,879\text{ A}$



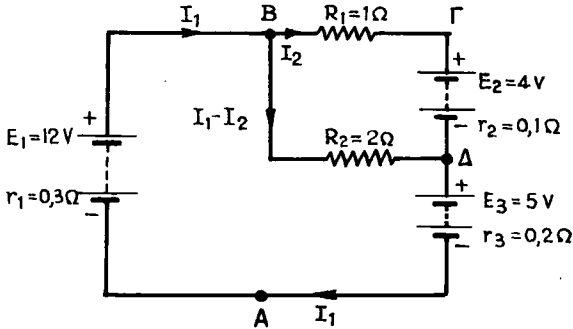
Σχ. 18·6 β.

γ) Να εύρεθούν τὰ ρεύματα διὰ μέσου τῶν κλάδων τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 18.6 γ καὶ εἰς τὸ ὅποιον :

$$E_1 = 12 \text{ V}, r_1 = 0,3 \Omega, E_2 = 4 \text{ V}, r_2 = 0,1 \Omega,$$

$$E_3 = 5 \text{ V}, r_3 = 0,2 \Omega, R_1 = 1 \Omega, R_2 = 2 \Omega.$$

$$\text{Ἀπάντησις: } I_1 = 3,65 \text{ A}, I_2 = 1,07 \text{ A}$$



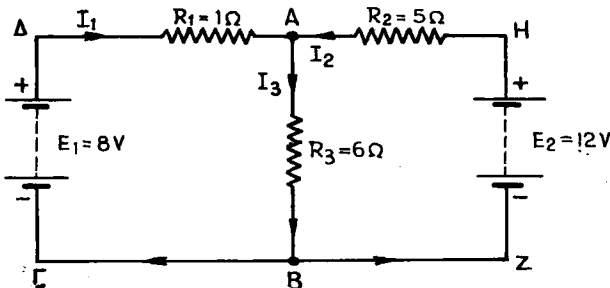
Σχ. 18.6 γ.

δ) Να εύρεθούν τὰ ρεύματα διὰ μέσου τῶν κλάδων τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 18.6 δ καὶ εἰς τὸ ὅποιον :

$$E_1 = 8 \text{ V}, E_2 = 12 \text{ V}, R_1 = 1 \Omega, R_2 = 5 \Omega, R_3 = 6 \Omega.$$

Αἱ ἐσωτερικαὶ ἀντιστάσεις τῶν πηγῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$  συμπεριλαμβάνονται ἀντιστοίχως εἰς τὰς ἀντιστάσεις  $R_1$  καὶ  $R_2$ .

$$\text{Ἀπάντησις: } I_1 = 0,390 \text{ A}, I_2 = 0,878 \text{ A}, I_3 = 1,268 \text{ A}$$

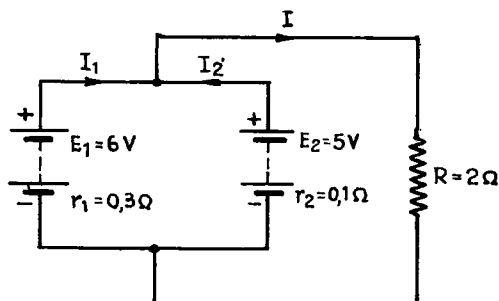


Σχ. 18.6 δ.

ε) Να εύρεθούν τὰ ρεύματα διὰ μέσου τῶν κλάδων τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 18.6 ε. Δίδονται :

$$E_1 = 6 \text{ V}, r_1 = 0,3 \Omega, E_2 = 5 \text{ V}, r_2 = 0,1 \Omega, R = 2 \Omega.$$

$$\text{Απάντησις: } I_1 = 3,13 \text{ A}, I_2 = -0,6 \text{ A}, I = 2,53 \text{ A}$$

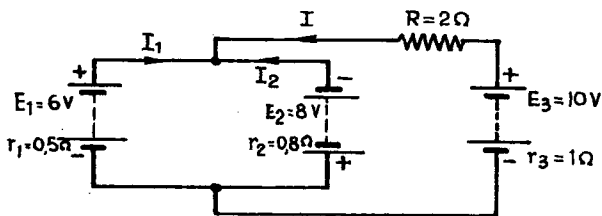


Σχ. 18·6 ε.

στ) Νά εὑρεθοῦν τὰ ρεύματα διὰ μέσου τῶν κλάδων τοῦ κυκλώματος, τὸ ὁποῖον παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 18·6 ζ. Δίδονται :

$$E_1 = 6 \text{ V}, r_1 = 0,5 \Omega, E_2 = 8 \text{ V}, r_2 = 0,8 \Omega, E_3 = 10 \text{ V}, r_3 = 1 \Omega, R = 2 \Omega.$$

$$\text{Απάντησις: } I_1 = 9,02 \text{ A}, I_2 = -11,86 \text{ A}, I = 2,84 \text{ A}$$



Σχ. 18·6 ζ.

# ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οι ἀριθμοὶ ἀναφέρονται εἰς σελίδας τοῦ βιβλίου).

Ἀγωγήμα σώματα 9  
 ἀγωγιμότης (ἠλεκτρική) 52  
     > ἰσοδύναμος παραλλή-  
         λου κυκλώματος 87  
 ἀγωγοὶ 9  
 ἄμπερ (ὄρισμός) 40  
 ἄμπερόμετρα 42  
 ἀντιηλεκτρεγερτική δύναμις 125  
     > σωρευτοῦ ὑπὸ φόρτισιν 128  
 ἀντιηλεκτρεγερτική δύναμις κινη-  
 τήρος 130  
 ἀντίστασις ἐν θερμῷ 154  
     > ἐν ψυχρῷ 154  
     > ἠλεκτρική 10, 47  
     > καθαρὰ 153  
     > ἰσοδύναμος παραλλή-  
         λου κυκλώματος 86  
 ἀντίστασις μεταβλητὴ 69  
     > ρυθμιστικὴ 69  
     > συνολικὴ κυκλώματος  
         ἐν σειρᾷ 61  
 ἀντίστασις τῶν σωμάτων 194  
 ἀπλᾶ σώματα 2  
 ἀπλοῦν κύκλωμα (ὄρισμός) 43  
 ἀπόδοσις μηχανῆς 150  
 ἀπώλεια ἐνεργείας 177  
     > θερμότητος 179  
     > χαλκοῦ 179  
 ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία 6  
 ἀρνητικὸν ἠλεκτροδίων στοιχείου  
     > ἰὸν 8  
 ἀρνητικὸς πόλος ἠλεκτρικοῦ στοι-  
 χείου 31  
 ἀσφάλεια 188  
 ἄτομα 2  
     > ἠλεκτρισμένα 8  
 Βάττ (ὄρισμός) 149  
 βαττώριον (ὄρισμός) 149, 164  
 βόλτ (ὄρισμός) 27  
 βολτόμετρα 28  
 βρόχος 220  
 Γέφυρα τοῦ Ουίτστον 50

Διακόπτης 34  
     > ἀνοικτός 34  
     > κλειστός 34  
 διαφορὰ ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ 19  
     > μηχανικοῦ 17  
 διηλεκτρικά 9  
 δικτυώματα 220  
 δυναμικὴ ἐνέργεια (ἠλεκτρική) 19  
     > (μηχανική) 15  
 δυναμικὸν (ἠλεκτρικὸν) 19  
     > (μηχανικὸν) 17  
 Εἰδικὴ ἀγωγιμότης 195  
     > ἀντίστασις 194  
 ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια 8  
 ἔντασις βραχυκυκλώσεως πηγῆς  
     > 114  
 ἔντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (ὄ-  
 ρισμός) 40  
 ἐσωτερικὴ ἀντίστασις πηγῆς 107,  
     > 113  
 ἑτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία 6  
 Joule 37  
 Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἠλεκτρι-  
 κοῦ στοιχείου 30  
 ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις πηγῆς 33  
 ἠλεκτρικὰ φορτία 6  
     > στοιχεῖα 27  
 ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ 27  
 ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης 52  
     > ἀντίστασις 10, 47, 52  
     > τάσις 24  
 ἠλεκτρικὸν ρεῦμα 23  
 ἠλεκτρικὸς καταναλωτὴς 33  
 ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἄτομον 7  
 ἠλέκτρισις σωμάτων 8  
 ἠλεκτροδία ἠλεκτρικοῦ στοιχείου  
     > 27, 31  
 ἠλεκτρολύτης 27  
 ἠλεκτρόνια 3  
 Θερμαντικὰ στοιχεῖα 214  
 θερμὸς (ὄρισμός) 180  
 θερμοκρασία περιβάλλοντος 208  
 θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία 6

θετικὸν ἠλεκτροδίδιον ἠλεκτρικοῦ  
στοιχείου 31  
θετικὸν ἰὸν 8  
θετικὸς πόλος ἠλεκτρικοῦ στοιχείου 31

Ἴον ἀρνητικὸν 8  
> θετικὸν 8  
ἰονισμὸς τῶν διαλυμάτων 29  
ἵππος (ὄρισμός) 149  
ἰσοδύναμος ἀγωγιμότης παραλλή-  
λου κυκλώματος 87  
ἰσοδύναμος ἀντίστασις παραλλήλου  
κυκλώματος 86  
ἰσχὺς (ὄρισμός) 149  
ἰσχὺς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος 152  
ἰσχὺς παραγομένη ὑπὸ πηγῆς 163  
> παρεχομένη > 163  
> ὀφέλιμος 163

Καθαρά ἀντίστασις 153  
κακοὶ ἀγωγοὶ 9  
καλοὶ > 9  
καταμεριστὴς τάσεως 104  
καταναλωτὴς (ἠλεκτρικὸς) 33  
κιλοβάττ (ὄρισμός) 149  
κιλοβόλτ 28  
κιλοὼμ 49  
κίρχωφ (πρότασις τῶν κόμβων) 83  
> (πρότασις) 221  
κόμβοι παραλλήλου κυκλώματος 81  
κόμβοι > συνδέσεως πη-  
γῶν 132  
κούλῳμ (ὄρισμός) 11, 27, 40, 41  
κύκλωμα ἀπλοῦν 43  
> ἐν σειρᾷ 59  
> καταναλώσεως 34  
> κλειστὸν 32  
> μικτὸν 95  
> παράλληλον 81

Λειτουργία πηγῆς ἐν κενῷ 34  
> > ὑπὸ φορτίου 34  
λίτρα 181

Μεγῶμ 49  
μεταβλητὴ ἀντίστασις 69  
μικροαμπέρο 44  
μικροβόλτ 28  
μικροκουλόμ 12  
μικτὰ κυκλώματα 95  
μικτὴ σύνδεσις πηγῶν 138  
μιλλιαμπέρο 43  
μιλλιβάττ 149

μιλλιβόλτ 28  
μιλλικουλόμ 12  
μονωτῆρες 9  
μονωτικά σώματα 9  
μία 2  
mho 52

Νετρόνια 3  
νόμος τοῦ Κουλόμ 14  
> > Joule 182  
> > Ωμ 56, 62, 63, 106, 121,  
135

Ὁμώνυμα ἠλεκτρικά φορτία 6  
ὀνομαστικὴ ἔντασις φυσιογίου 190

Παράλληλος σύνδεσις καταναλωτῶν 81

παράλληλος σύνδεσις πηγῶν 132  
πηγαὶ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος 27  
πολικὴ τάσις πηγῆς 108  
πόλοι ἠλεκτρικοῦ στοιχείου 27  
ποσότης ἠλεκτρισμοῦ 11  
ποτανοσίμετρον 104  
προτάσις τοῦ Κίρχωφ 83, 221  
πρωτόνια 3  
πτῶσις τάσεως 65  
πυρην 3

Ρεῦμα ἠλεκτρικὸν 22  
> κυκλοφορίας 133  
> συνεχές 31  
ροοστάτης 69  
ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις 69

Σήμενος 52  
σύνδεσις καταναλωτῶν ἐν σειρᾷ 59  
> > > παραλ-  
λήλω 81  
σύνδεσις πηγῶν ἐν σειρᾷ 120  
> > > παραλλήλω 132  
συνεχές ρεῦμα 31  
σύνθετα σώματα 2  
συνολικὴ ἀντίστασις κυκλώματος ἐν  
σειρᾷ 61  
συντελεστὴς θερμοκρασίας 197, 204,  
206

συστοιχία 120  
σύρματα ἀντιστάσεως 197  
σῶμα ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς 8  
> θετικῶς 8  
σώματα ἀγώγιμα 9  
> μονωτικά 9

Τάσις (ἠλεκτρικὴ) 22, 24, 56, 57, 62

Φορά ηλεκτρικού ρεύματος 24, 26  
φορτία αρνητικά 6  
> έτερώνυμα 6  
> ηλεκτρισμού 6  
> θετικά 6  
> ομώνυμα 6

Χημικά στοιχεία 2  
χιλιοβάττ 149  
χιλιοβαττώριον 149  
χιλιοβόλτ 28

χιλιογραμμόμετρον 148  
χιλιοθερμής 180  
χωρητικότης 22  
Ωμ ( νόμος ) 55, 106  
Ωμ ( όρισμός ) 49  
ώραϊον βάττ 149  
> χιλιοβάττ 149

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

---

