



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ  
**ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**

ΤΟΜΟΣ Γ΄



1954

**ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**  
**ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ**



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΗ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΤΗ

Ειδικότητες Μηχανοτεχνίτη καὶ Ἑλεκτροτεχνίτη

- 1.— *Μαθηματικά* τόμοι Α', Β', Γ'.
- 2.— *Μηχανουργικὴ Τεχνολογία* τόμοι Α', Β', Γ'.
- 3.— *Κινητήριες Μηχανές* τόμοι Α', Β'.
- 4.— *Τεχνικὸ Σχέδιο* τόμοι Α', Β', Γ', Δ', Ε'.  
*Τετράδια Ἀσκήσεων Σχεδίου* Α', Β', Γ', Δ'.
- 5.— *Χημεία*.
- 6.— *Ἑλεκτροτεχνία* τόμοι Α', Β', Γ', Δ', Ε'.
- 7.— *Φυσικὴ*.
- 8.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*.
- 9.— *Μηχανικὴ*.
- 10.— *Υλικά*.
- 11.— *Μηχανολογικὸ Μνημόνιο*.
- 12.— *Ἑλεκτρολογικὸ Μνημόνιο*.
- 13.— *Πρόληψη Ἀτυχημάτων*.
- 14.— *Ἑλεκτροτεχνία Μηχανοτεχνίτη*.
- 15.— *Ἑλεκτρικὸ Σύστημα τοῦ Αὐτοκινήτου*.
- 16.— *Αὐτοκίνητο*.

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

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Κ. ΑΝΕΜΟΓΙΑΝΝΗ  
ΔΙΠΛ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ  
ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.

# ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

ΤΟΜΟΣ ΤΡΙΤΟΣ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ - ΜΕΤΑΦΟΡΑ - ΔΙΑΝΟΜΗ  
ΡΕΥΜΑΤΟΣ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.

ΑΘΗΝΑ  
1981







Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ἰδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου» προεῖδεν ἐνωρίτατα καὶ ἐσχημάτισε τὴν βαθεῖαν πεποίθησιν, ὅτι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόοδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἡθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιοφρονα πράξιν εὐεργεσίας, ὅταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν Ἰδρύματος, πού 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 πού ὠραματίσθη ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης καὶ συγχρόνως ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἐθνικοῦ μας βίου.

\* \* \*

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν του, τὸ Ἰδρυμα προέταξε τὴν ἐκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων τόσον διὰ λόγους θεωρητικοὺς ὅσον καὶ πρακτικούς. 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 πολύτιμον βιβλιοθήκην διὰ κάθε τεχνικόν.

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

Αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος διαιροῦνται εἰς τὰς ἀκολούθους βασικὰς σειράς, 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). Παραλλήλως, ἀπὸ τοῦ 1966 τὸ Ἴδρυμα ἀνέλαβε καὶ τὴν ἐκδοσιν βιβλίων διὰ τὰς Δημοσίας Σχολὰς Ε.Ν.

Αἱ σειραὶ αὗται θὰ ἐμπλουτισθοῦν καὶ μὲ βιβλία εὐρύτερου τεχνικοῦ ἐνδιαφέροντος χρήσιμα κατὰ τὴν ἀσκήσιν 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 γραφῇ 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 μαθητάς.

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 πραγματοποιήσιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐλπίζεται νὰ εἶναι μεγάλη.

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς**, 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. Ροῦσσος**, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

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

Γραμματεὺς, **Δ.Π. Μεγαρίτης**.

#### Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

**Γεώργιος Κακριδὴς** + (1955 — 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ, Ἀγγελος Καλογεράς + (1957 — 1970) Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνις** (1957 — 1965) Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Μιχαὴλ Σπεταιέρης** (1956 — 1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 — 1967), **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968 — 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

### ΣΤΑΘΜΟΙ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

##### Είσαγωγή.

| Παράγρ.                                                                      | Σελίδα |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1-1 'Ιστορική επισκόπηση . . . . .                                           | 1      |
| 1-2 Τò φορτίο ενός σταθµοῦ παραγωγῆς . . . . .                               | 5      |
| 1-3 Ποῦ θὰ κτισθῇ ἓνας σταθµὸς παραγωγῆς καὶ τί ἰσχύ πρέπει νὰ ἔχη . . . . . | 10     |
| 1-4 'Η τάση τῆς παραγωγῆς . . . . .                                          | 12     |
| 1-5 Πρόγραμμα λειτουργίας ἑνὸς σταθµοῦ παραγωγῆς . . . . .                   | 15     |

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

##### Ἀτμοκίνητοι θερµικοὶ σταθµοί.

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2-1 Τὰ καύσιμα . . . . .                                       | 21 |
| 2-2 Πῶς μεταφέροµε καὶ πῶς ἀποθηκεύοµε τὰ καύσιμα . . . . .    | 24 |
| 2-3 Θερµικὸς σταθµὸς ἀτμοκίνητος . . . . .                     | 28 |
| 2-4 Τò ἡλεκτρικὸ μέρος ἑνὸς μεγάλου θερµικοῦ σταθµοῦ . . . . . | 36 |

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

##### Θερµικὸς σταθµὸς µὲ μηχανὲς Ντῆζελ.

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 3-1 Γενικὲς ἔννοιες . . . . . | 43 |
|-------------------------------|----|

| Παράγρ.                                                      | Σελίδα |
|--------------------------------------------------------------|--------|
| 3-2 Περιγραφή τών μηχανών Ντῆζελ . . . . .                   | 45     |
| 3-3 Χρήση τών μηχανών Ντῆζελ στους κεντρικούς σταθμούς . . . | 54     |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

## Ύδροηλεκτρικοί σταθμοί.

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4-1 Γενικά . . . . .                                                                    | 61 |
| 4-2 Τὰ τεχνικά ἔργα πού χρειάζονται γιά νά ιδρύσωμε ἕναν ὑδροηλεκτρικό σταθμό . . . . . | 66 |
| 4-3 Ἡ ὑδροδυναμική κινήτηρία μηχανή . . . . .                                           | 71 |
| 4-4 Βοηθητικὲς ἐγκαταστάσεις σὲ ὑδροηλεκτρικό σταθμό . . . . .                          | 76 |
| 4-5 Τὸ ἡλεκτρικὸ μέρος ἑνὸς ὑδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ . . . . .                            | 78 |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 5

## Ἡλεκτρικοὶ συσσωρευτές.

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 5-1 Τί εἶναι καὶ ἀπὸ τί κατασκευάζομε ἕναν ἡλεκτρικὸ συσσωρευτὴ | 82  |
| 5-2 Ἡλεκτρικὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ συσσωρευτῆ μολύβδου . . .      | 87  |
| 5-3 Λειτουργία, φόρτιση καὶ ἐκφόρτιση ἑνὸς συσσωρευτῆ μολύβδου  | 93  |
| 5-4 Χρησιμοποίηση καὶ συντήρηση τοῦ συσσωρευτῆ μολύβδου . .     | 97  |
| 5-5 Ἄλλοι τύποι ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὲς μολύβδου . . . . .   | 101 |
| 5-6 Ποῦ χρησιμοποιοῦμε τοὺς συσσωρευτὲς καὶ πῶς τοὺς συνδέομε   | 104 |
| 5-7 Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα . . . . .                                | 107 |

## ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

## ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

## Γενικά.

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6-1 Γιατί εἴμαστε ἀναγκασμένοι νά μεταφέρωμε ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια σὲ μεγάλες ἀποστάσεις . . . . . | 114 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

| Παράγρ.                                                                                | Σελίδα |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 6-2 Ἀπὸ τί ἀποτελεῖται μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς . . . . .                                  | 119    |
| 6-3 Μορφὴ καὶ τάση μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος . . . . .                                    | 124    |
| 6-4 Παρατηρήσεις στὴν οἰκονομία καὶ τεχνικὴ τῆς κατασκευῆς γραμμῶν μεταφορᾶς . . . . . | 127    |
| 6-5 Τηλεφωνικὸ σύστημα στὶς γραμμὲς μεταφορᾶς . . . . .                                | 131    |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

## Στοιχεῖα ποὺ ἀποτελοῦν μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς.

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 7-1 Ἀγωγοὶ καὶ ἐξαρτήματα ἀγωγῶν στὶς γραμμὲς μεταφορᾶς . . . | 134 |
| 7-2 Μονωτήρες τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς . . . . .                 | 144 |
| 7-3 Στύλοι τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς . . . . .                    | 148 |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 8

## Ὑποσταθμοὶ γραμμῶν μεταφορᾶς.

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 8-1 Πότε κατασκευάζομε ἕναν ὑποσταθμὸ τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς   | 158 |
| 8-2 Τί περιλαμβάνεται σὲ ἕναν ὑποσταθμὸ γραμμῶν μεταφορᾶς . . | 163 |
| 8-3 Λειτουργία ὑποσταθμῶν τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς . . . . .     | 171 |

## ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

## ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 9

## Γραμμὲς μέσης τάσεως.

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 9-1 Ποιὸ σκοπὸ ἔχει ἡ διανομὴ καὶ τί περιλαμβάνει . . . . . | 179 |
| 9-2 Τάσεις καὶ εἶδος γραμμῶν διανομῆς . . . . .             | 183 |
| 9-3 Ἑναέριες γραμμὲς μέσης τάσεως . . . . .                 | 185 |

| Παράγρ.                                     | Σελίδα |
|---------------------------------------------|--------|
| 9-4 Υπόγειες γραμμές μέσης τάσεως . . . . . | 194    |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 10

### Υποσταθμοί διανομής.

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 10-1 Γενικές έννοιες . . . . .              | 210 |
| 10-2 Έναέριοι υποσταθμοί διανομής . . . . . | 212 |
| 10-3 Επίγειοι υποσταθμοί . . . . .          | 216 |
| 10-4 Υπόγειοι υποσταθμοί . . . . .          | 225 |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 11

### Γραμμή χαμηλής τάσεως.

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 11-1 Γενικές έννοιες και υλικά . . . . .                      | 229 |
| 11-2 Υπολογισμός δικτύων χαμηλής τάσεως . . . . .             | 236 |
| 11-3 Κατασκευαστικά στοιχεία δικτύων χαμηλής τάσεως . . . . . | 241 |
| 11-4 Γειώσεις δικτύων χαμηλής τάσεως . . . . .                | 246 |
| 11-5 Δίκτυα ασθενών ρευμάτων . . . . .                        | 251 |

## ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 12

### Γενικά για τις μετρήσεις.

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12-1 Τί είναι οι ηλεκτρικές μετρήσεις . . . . .                                    | 255 |
| 12-2 Πού εφαρμόζουμε τις ηλεκτρικές μετρήσεις και τί είδη οργάνων έχουμε . . . . . | 257 |
| 12-3 Μετασχηματιστές μετρήσεων . . . . .                                           | 260 |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 13

## Όργανα μετρήσεως με δεικτη.

| Παράγρ.                                        | Σελίδα |
|------------------------------------------------|--------|
| 13-1 Γενικές έννοιες . . . . .                 | 268    |
| 13-2 Άμπερόμετρα . . . . .                     | 271    |
| 13-3 Βολτόμετρα . . . . .                      | 279    |
| 13-4 Βαττόμετρα . . . . .                      | 284    |
| 13-5 Μέτρηση της άεργης ισχύος . . . . .       | 289    |
| 13-6 Μέτρηση του συντελεστή ισχύος . . . . .   | 290    |
| 13-7 Μέτρηση της συχνότητας . . . . .          | 292    |
| 13-8 Άλλα όργανα μετρήσεως με δεικτη . . . . . | 294    |

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 14

## Όργανα μετρήσεως χωρίς δεικτη.

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 14-1 Μέτρηση ηλεκτρικών αντίστασεων . . . . . | 295 |
| 14-2 Μέτρηση ένεργειας - Μετρητές . . . . .   | 304 |
| 14-3 Καταγραφικά όργανα . . . . .             | 313 |
| 14-4 Όργανα συγχρονισμού . . . . .            | 315 |

## Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| I. Άντιστοιχία βαθμών Μπωμέ και σχετικής πυκνότητας ηλεκτρολύτη                                             | 84  |
| II. Άντιστοιχία πυκνότητας του ηλεκτρολύτη και ηλεκτρεγερτικής δύναμews ενός στοιχείου συσσωρευτή . . . . . | 90  |
| III. Έπιτρεπόμενες έντάσεις άγωγών χαλκού . . . . .                                                         | 136 |
| IV. Έπιτρεπόμενες έντάσεις άγωγών άλουμινίου . . . . .                                                      | 138 |
| V. Άντιστοιχία διατομών άγωγών χαλκού και άλουμινίου - χάλυβα . . . . .                                     | 140 |
| VI. Διαστάσεις και βάρη ύπογειών καλωδίων χαμηλής τάσεως . . . . .                                          | 196 |
| VII. Διαστάσεις και βάρη ύπογειών καλωδίων μέσης τάσεως . . . . .                                           | 199 |
| VIII. Έπιτρεπόμενες έντάσεις ρεύματος ύπογειών καλωδίων . . . . .                                           | 200 |



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ.

Τὸ βιβλίον αὐτὸ εἶναι ὁ τρίτος τόμος τῆς 'Ηλεκτροτεχνίας, τῆς σειρᾶς τῆς «Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη», ποὺ ἐκδίδει τὸ Ἰδρυμα Εὐγενίδου καὶ ἀποτελεῖ τὴ φυσικὴ συνέχεια τοῦ δευτέρου τόμου ποὺ ἀναφερόταν στὶς 'Ηλεκτρικὲς Μηχανές. Πραγματεύομαι σ' αὐτὸ τὴν παραγωγὴ, μεταφορὰ καὶ διανομὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, καθὼς καὶ τὴν τεχνικὴ τῶν βιομηχανικῶν ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.

Ἡ παραγωγὴ, ἡ μεταφορὰ καὶ ἡ διανομὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἓνα θέμα ποὺ πρέπει σήμερον νὰ ἐνδιαφέρῃ ὅλους τοὺς τεχνικοὺς, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν εἰδίκευσή τους. Διότι ὁ ἐξηλεκτρισμὸς τῆς Ἑλλάδος προχωρεῖ μὲ γοργὰ βήματα καὶ ἀποτελεῖ ἓνα ἀπὸ τὰ σημαντικώτερα μεταπολεμικὰ κατορθώματα τῆς χώρας μας. Εἶναι δὲ ἀπαραίτητο νὰ γνωρίζουν ὅλοι καὶ περισσότερο ἀπὸ ὅλους οἱ τεχνικοὶ, τὶς τεράστιες δυσκολίες ποὺ ἀντιμετωπίζονται γιὰ νὰ ἐξασφαλίζεται ἀδιατάρακτα ἡ παροχὴ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

Μέσα στὰ δεκατέσσερα Κεφάλαια ποὺ περιλαμβάνει τὸ βιβλίον, προσπάθησα νὰ ἐξοικειώσω ὅσο εἶναι δυνατόν τὸν μελλοντικὸν τεχνίτη μὲ τὸ περιβάλλον στοῦ ὁποῦ θὰ βρεθῇ ὅταν ἐργασθῇ σὲ μιὰν ἡλεκτρικὴν ἐταιρεία.

Βέβαια τὸ βιβλίον μου ἔχει πολὺ περισσότερον πρακτικὸ καὶ περιγραφικὸ χαρακτήρα παρὰ θεωρητικόν. Πολλὰ μηχανήματα π.χ. καὶ ἐγκαταστάσεις περιγράφονται σ' αὐτό, χωρὶς νὰ γίνεταί διεξοδικὸς λόγος γιὰ τὸ σκοπὸ καὶ τὴν λειτουργίαν τους. Ἐπίσης πολλὰς ἐννοιες, ὅπως τῆς ρυθμίσεως τῆς λειτουργίας τῶν κεντρικῶν σταθμῶν, τῆς μελέτης τῶν γραμμῶν κ.λ.π. ἔχουν ἀπλουστευθῇ ὑπερβολικά, χωρὶς ὅμως οἱ ἀπλουστεύσεις αὐτὲς νὰ ἐπηρεάζουν βασικά τὴν ἐπιστημονικὴ ἀκρίβεια.

Οἱ ἀποκλίσεις αὐτὲς ἀπὸ τὶς ἀπαιτήσεις ἐνὸς θεωρητικοῦ βιβλίου ὑπῆρξαν ἀναγκαῖες γιὰ νὰ γίνῃ δυνατόν νὰ περιληφθοῦν στοῦ βιβλίου ὅσο τὸ δυνατόν περισσότερες πρακτικὲς γνώσεις καὶ νὰ καταστοῦν καταληπτές στον μέσον τεχνίτη.

Οἱ θεωρητικὲς ἐννοιες τοῦ πρώτου Τόμου τῆς 'Ηλεκτροτεχνίας ἐπαρκοῦν τελείως γιὰ τὴ μελέτη τοῦ παρόντος.

Τὸ βιβλίον μου διαιρεῖται σὲ τέσσερα Μέρη.

Στὸ πρῶτον Μέρος, μετὰ ἀπὸ μιὰ σύντομην εἰσαγωγὴν, ἐξετάζονται οἱ σταθμοὶ παραγωγῆς στὶς τρεῖς βασικὰ μορφὰς ποὺ μπορεῖ νὰ τοὺς συναντήσωμε σήμερον στὴν Ἑλλάδα. Δηλαδὴ ἐξετάζονται οἱ ἀτμοηλεκτρικοὶ σταθμοί, οἱ ὑδροηλεκτρικοὶ σταθμοὶ καὶ οἱ μικροὶ ζελοηλεκτρικοὶ σταθμοί. Ἐπὶ πλέον ἐξετάζεται τόσον ὁ ἡλεκτρικὸς συσσωρευτὴς ὅσο καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, ποὺμπορεῖ νὰ θεωρηθῇ ὡς οἱ μικρότεροι πλήρεις σταθμοὶ παραγωγῆς.

Στὸ δεύτερον Μέρος ἀναπτύσσεται τὸ πρόβλημα τῆς μεταφορᾶς τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας καὶ περιγράφονται λεπτομερῶς τόσο τὰ στοιχεῖα ποὺ ἀποτελοῦν μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς ρεύματος ὅσο καὶ οἱ ἀντίστοιχοι ὑποστα-

θμοί. Στο Μέρος αυτό περιλαμβάνεται και μιὰ σύντομη περιγραφή τοῦ τηλεφωνικοῦ συστήματος τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς.

Τὸ τρίτο Μέρος πραγματεύεται τὰ ἐναέρια καὶ ὑπόγεια δίκτυα διανομῆς τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ἀπὸ τοὺς ὑποσταθμοὺς τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς ὡς τοὺς καταναλωτές. (Οἱ ἐσωτερικὲς ἡλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις τῶν καναλωτῶν θὰ ἀποτελέσουν τὸ ἀντικείμενο τοῦ Δ' Τόμου τῆς Ἑλεκτροτεχνίας). Στὸ τρίτο τοῦτο Μέρος, ἀφοῦ τονισθῇ ἡ διαφορὰ ἀνάμεσα στὴ διανομὴ μὲ ὑψηλὴ τάση (μέση τάση) καὶ στὴ διανομὴ μὲ χαμηλὴ τάση, ἐξετάζονται οἱ διάφορες μορφές τῶν ὑποσταθμῶν διανομῆς. Ἐδῶ ἐπίσης ἀναπτύσσεται σὲ ἐπαρκὴ ἔκταση καὶ τὸ πρόβλημα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ὑπολογισμοῦ ἐνὸς δικτύου διανομῆς (πτώση τάσεως καὶ ἐπιτρεπομένη μεγίστη ἔνταση ρεύματος). Τέλος ἐξετάζονται σύντομα καὶ τὰ δίκτυα ἀσθενῶν ρευμάτων.

Τὸ τέταρτο Μέρος τοῦ βιβλίου εἶναι οὐσιαστικὰ ἀνεξάρτητο ἀπὸ τὰ τρία ἄλλα, μιὰ καὶ ἀφορᾷ στὶς ἡλεκτρικὲς μετρήσεις. Πάντως βρίσκεται μέσα στὰ πλαίσια τῶν ἀπαραιτήτων γνώσεων ἐνὸς ἡλεκτροτεχνίτη, γιατί περιορίζεται μόνον στὰ ὄργανα καὶ στὶς μεθόδους τῶν βιομηχανικῶν μετρήσεων καὶ ὄχι τῶν ἐργαστηριακῶν μετρήσεων, δηλαδὴ στὶς ἡλεκτρικὲς μετρήσεις ποὺ ἐκτελοῦνται μέσα στὶς ἐγκαταστάσεις παραγωγῆς, μεταφορᾶς καὶ διανομῆς.

Ὅσον ἀφορᾷ, τέλος, στὴν ἀρίθμηση τῶν κεφαλαίων καὶ παραγράφων τοῦ βιβλίου, καθὼς καὶ στὴ παραπομπὴ τῶν σχημάτων, ἀκολούθησα τὸ καθιερωμένο σύστημα ὅλων τῶν βιβλίων τῆς «Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη».

\* \* \*

Θέλω τώρα, κλείνοντας τὸν πρόλογο τοῦτο, νὰ περάσω σὲ χῶρο προσωπικὸ καὶ ἱερᾶς ὑποχρεώσεως. Θέλω νὰ ἀνακαλέσω στὴ μνήμη καθενὸς ποὺ θὰ διαβάσῃ αὐτὲς τὶς γραμμὲς τὸν ἀλησμόνητο Δάσκαλό μου στὸ Πολυτεχνεῖο Γιώργο Κακριδῆ, ποὺ τὴν ἀπώλειά του αἰσθάνεται ἡ Ἐπιστὴμη καὶ ἡ Τεχνικὴ τῆς χώρας μας καὶ μαζὶ ὅλοι οἱ νέοι ποὺ πῆραν φῶς ἀπὸ τὸ φῶς του καὶ τὴ σοφία του.

Τὸ βιβλίον τοῦτο τὸ ἀφιερώνω εὐλαβικὰ στὴν ἱερὴ Μνήμη του.

Ἀθήναι, Δεκέμβριος 1959

Ὁ συγγραφεὺς

## ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

### ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

##### 1.1 Ιστορική επισκόπηση.

Ἡ ἀνακάλυψη τοῦ πρώτου ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρα τὸ 1880 ἀπὸ τὸν Ἑντισον (Edison) ἔφερε μιὰ μεγάλη ἀλλαγὴ στὴ ζωὴ τῶν ἀνθρώπων καὶ προκάλεσε συγχρόνως τὴν ἱδρυση τῶν πρώτων *κεντρικῶν σταθμῶν παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας*. Οἱ σταθμοὶ αὗτοὶ ὀνομάζονται ἀπλούστερα *Κεντρικοὶ Σταθμοὶ ἢ Σταθμοὶ Παραγωγῆς* (καμμιά φορὰ καὶ ἀπλῶς *Σταθμοὶ*).

Ὁ ἡλεκτρικὸς φωτισμὸς παρουσίασε ἀμέσως τόσο μεγάλα πλεονεκτήματα σὲ σύγκριση μὲ τὶς διάφορες λάμπες πετρελαίου, λαδιοῦ κλπ., τίς ὁποῖες γιὰ χιλιάδες χρόνια χρησιμοποιοῦσε ὁ ἄνθρωπος, ὥστε ἡ χρῆση του ξαπλώθηκε ταχύτατα καὶ γενικεύθηκε τουλάχιστον στὶς πόλεις.

Ἀκριβῶς ὁμοῦ τὸ γεγονός ἐστὶν ὅτι τέσσες χιλιάδες λάμπες ἔπρεπε ν' ἀνάβουν κάθε βράδυ στὶς πόλεις, καὶ ἡ ἀνάγκη στὴν *κατασκευὴ κεντρικῶν σταθμῶν*, ποὺ εἶχαν μοναδικὸ σκοπὸ νὰ παράγεται σ' αὐτοὺς ἡ ἐνέργεια ποὺ ἀπαιτοῦσε ὁ νέος φωτισμὸς. Στὶς ἀρχές, ἔφθανε συνήθως ἓνα τέτοιο ἐργοστάσιο γιὰ νὰ ἐξυπηρετήσῃ τίς ἀνάγκες μιᾶς πόλεως. Στὶς μεγάλες πόλεις βέβαια, ὅπου ἡ ζήτησις ἦταν τόσο σημαντικὴ καὶ οἱ ἀποστάσεις τόσο μεγάλες, ὥστε ἡ *πτώση τῆς τάσεως* δὲν ἐπέτρεπε τὴν κανονικὴν *διανομὴν* τοῦ ρεύματος, εἶχαμε δύο ἢ καὶ τρεῖς ἀκόμη ἐργοστάσια.

Ὡς τὴν ἐποχὴ ἐκείνη οἱ διάφορες βιομηχανίες εἶχαν χρησιμοποιήσει πολὺ λίγο τὴν νέα αὐτὴ μορφή ἐνεργείας, δηλαδὴ τὸ

ήλεκτρισμό, για την κίνησή τους. Όσες άπ' αυτές είχαν χρησιμοποιήσει ηλεκτρική κίνηση, είχαν και δική τους παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα όμως από την ίδρυση των κεντρικών σταθμών, οι βιομήχανοι που χρησιμοποιούσαν ήλεκτρισμό στα εργοστάσιά τους διεπίστωσαν ότι τους συνέφερε οικονομικώς να μη παράγουν οι ίδιοι το ρεύμα που χρειαζόταν, αλλά να το προμηθεύονται από τους σταθμούς παραγωγής με πληρωμή.

Οι υπόλοιποι βιομήχανοι, που τα εργοστάσιά τους δεν είχαν κίνηση ηλεκτρική, κατάλαβαν γρήγορα ότι είχαν κι αυτοί πολύ μεγαλύτερο συμφέρον να σταματήσουν τις κινητήριες μηχανές με τις οποίες κινούσαν τα εργοστάσιά τους και να αποκτήσουν ηλεκτροκινητήρες που θα τους τροφοδοτούσαν με ρεύμα αγοράσμένο από τους κεντρικούς σταθμούς. Τοῦτο δικαιολογείται από τὸν γενικό κανόνα πῶς τὸ κόστος τῆς ἐνεργείας πέφτει, ὅταν ἡ ἐνέργεια παράγεται σὲ μεγαλύτερη ποσότητα. Μὲ ἄλλα λόγια 1  $kW \cdot h$  παραγόμενο σὲ μιὰ βιομηχανία, πού ἔχει δική της γεννήτρια 50  $kW$ , κοστίζει τὸ διπλάσιο τουλάχιστον ἀπ' ὅτι τὸ 1  $kWh$ , πού παράγεται σ' ἓνα σταθμὸ με γεννήτριες 20 000  $kW$ .

Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ τὰ σπίτια χρησιμοποιοῦν τὸν ἥλεκτρισμὸ ὅλο καὶ περισσότερο. Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς λάμπες φωτισμοῦ χρησιμοποιήθηκαν σιγὰ σιγὰ καὶ ἠλεκτρικὰ σίδερα, ἠλεκτρικὲς κουζίνες, θερμάστρες, ψυγεῖα, ἀσανσέρ, ἀνεμιστήρες καὶ ὅλη ἡ ὑπόλοιπη σειρά τῶν καταναλωτῶν, πού ἀκόμα μέρα με τὴν ἡμέρα ἐξακολουθεῖ νὰ μεγαλώνῃ.

Ἔτσι, οἱ ποσότητες ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας πού ἔπρεπε νὰ παράγονται ἀπὸ τοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς αὐξάνονταν ταχύτατα καὶ συνεπῶς οἱ σταθμοὶ γινόνταν ὅλο καὶ μεγαλύτεροι, πρᾶγμα πού καθιστοῦσε ἀδύνατη τὴν ὑπαρξή τους μέσα στὶς πόλεις. Ἡ εὐκολία με τὴν ὁποία μεταφέρεται ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀπὸ τὴν παραγωγή στὴν κατανάλωση ἐπέτρεψε τὴν μεταφορὰ τῶν σταθμῶν ἔξω ἀπὸ τὶς πόλεις.

Έτσι, οι μεγάλοι κεντρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν κατασκευάζονται πια σήμερα μέσα σε πόλεις, αλλά σε μέρη στα όποια εύκολα μπορούμε να βρούμε ή να μεταφέρουμε τα καύσιμα που καταναλίσκουν και όπου έχουμε άφθονο νερό για την ψύξη των μηχανών τους.

Βέβαια, όσα λέμε ισχύουν μόνο για τους Θερμικούς Σταθμούς, δηλαδή αυτούς που μετατρέπουν την θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική. Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, δηλαδή αυτοί που μετατρέπουν την υδραυλική ενέργεια σε ηλεκτρική, δεν μπορούσαν ποτέ να κατασκευασθούν μέσα σε πόλεις.

Ας δούμε τώρα τί κινητήριες μηχανές υπήρχαν στους πρώτους μας κεντρικούς σταθμούς και τί υπάρχει σήμερα.

Την εποχή που εμφανίσθηκαν οι πρώτοι σταθμοί, ή επικρατέστερη κινητήρια μηχανή ήταν ή παλινδρομική ατμομηχανή, αυτή δηλαδή που σήμερα συναντούμε σχεδόν μόνο στα παλιά πλοία. Επομένως οι παλινδρομικές ατμομηχανές ήταν αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για να κινήσουν τις πρώτες γεννήτριες. Όταν όμως ή ισχύς που απαιτούσε ή κατανάλωση έγινε πολύ μεγάλη, προσθέσαμε και τον ατμοστροβίλο σαν κινητήρια μηχανή, ο οποίος και σήμερα εξακολουθεί, πιδ τελειοποιημένος βέβαια, να αποτελεί την πιδ οικονομική μονάδα για την παραγωγή μεγάλης ισχύος.

Η παλινδρομική ατμομηχανή, όμως, γρήγορα παραμερίστηκε στις μικρές και μέσες ισχείς (δηλαδή ισχείς μέχρι 5 000 kW περίπου) από την μηχανή εσωτερικής καύσεως που δεν χρειάζεται εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού και που έχει καλύτερο βαθμό αποδόσεως. Σήμερα για μικρές ή μέσες ισχείς χρησιμοποιούμε σχεδόν πάντα κινητήριες μηχανές Ντιζελ.

Όσο αφορά εις τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, εκεί χρησιμοποιούμε για την κίνηση διαφόρους υδροστροβίλους, δηλαδή υδροτουρμπίνες, που περιγράφονται με λεπτομέρεια στο Κεφ. 3.

Ἄς δοῦμε τώρα πῶς ἐξελίχθηκαν οἱ σταθμοὶ ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴ πλευρά. Τὸ ρεῦμα ποὺ χρησιμοποιήσαμε στὶς ἀρχὲς ἦταν *συνεχές*, ἐπομένως οἱ γεννήτριες τῶν πρώτων σταθμῶν ἦταν *γεννήτριες συνεχοῦς ρεύματος (Σ.Ρ.)*.

Ὅταν ὁμως, ὅπως εἶδαμε, χρειάσθηκε νὰ ἀπομακρύνουμε τοὺς σταθμοὺς ἀπὸ τὶς πόλεις, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν κατανάλωση, καὶ νὰ τοὺς μεταφέρουμε κοντὰ στὶς *φυσικὲς πηγὲς ἐνεργείας*, δηλαδὴ στὰ *ὄρυγεῖα καυσίμων* ἢ τὶς *ὕδατοπτώσεις*, τότε χρειάσθηκε νὰ χρησιμοποιήσωμε τὸ *ἐναλλασσόμενο ρεῦμα (Ε.Ρ.)*, διότι θὰ ἦταν ἀδύνατο νὰ μεταφέρουμε ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ *χαμηλὴ τάση* λόγω μεγάλων ἀπωλειῶν. Εἴμαστε, λοιπόν, ὑποχρεωμένοι νὰ ἐκτελοῦμε τὴ μεταφορὰ μὲ *ὕψηλὴ τάση*, πολὺ ὑψηλότερη ἀπὸ ἐκείνη ποὺ ἔχομε στὴν παραγωγὴ ἢ στὴν κατανάλωση. Καί, ὅπως ξέρομε, μόνο στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μποροῦμε νὰ ἀλλάξωμε εὐκόλα τὴν τάση μὲ μετασχηματιστές.

Ὅστε σήμερα στοὺς σταθμοὺς γενικὰ παράγομε ἐναλλασσόμενο ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως, ὅταν δὲν ἔχομε μεταφορὰ ρεύματος σὲ μεγάλες ἀποστάσεις, καὶ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μὲ ὑψηλότερη τάση στὴν ἀντίθετη περίπτωσι, δηλαδὴ ὅταν ἔχομε νὰ μεταφέρωμε τὸ ρεῦμα σὲ μεγάλες ἀποστάσεις. Βέβαια, πολλοὶ μικροὶ σταθμοὶ σὲ ἀπομονωμένα χωριὰ ἢ μικρὲς πόλεις ἐξακολουθοῦν καὶ σήμερα ἀκόμα νὰ παράγουν συνεχὲς ρεῦμα, ἀλλὰ κάθε μέρα τοῦτο περιορίζεται περισσότερο.

Γιὰ νὰ συμπληρώσωμε τὴν εἰκόνα τῶν σημερινῶν κεντρικῶν σταθμῶν, πρέπει νὰ προσθέσωμε ὅτι γιὰ πολλὰ χρόνια ἡ παραγωγὴ κάθε σταθμοῦ ἦταν ἀνεξάρτητὴ ἀπὸ κάθε ἄλλη παραγωγὴ, τροφοδοτοῦσε δηλαδὴ μόνῃ της ἓνα δικό της κέντρο κατανάλωσεως. Ἀργότερα, ὁμως, γιὰ λόγους ἐφεδρείας (στὴν περίπτωσι ποὺ διακόπτεται λόγω βλάβης ἢ συντηρήσεως ἢ λειτουργίας ἐνὸς σταθμοῦ), οἰκονομίας καὶ καλύτερης ἐξυπηρετήσεως τῆς κατανάλωσεως, οἱ διάφοροι σταθμοὶ συνῆδσαν τὰ ἡλεκτρικὰ τοὺς συστήματα μεταξύ

τους ἔτσι, ὥστε νὰ ὑπάρχῃ ἓνα μεγάλο σύστημα ἀπὸ κεντρικοὺς σταθμοὺς, ἀπὸ τὸ ὁποῖο νὰ ἐξυπηρετῆται ὁλόκληρη ἡ κατανάλωση μιᾶς χώρας. Ἔτσι προέκυψαν τὰ λεγόμενα Ἑθνικὰ Ἡλεκτρικὰ Συστήματα ἢ Ἑθνικὰ Δίκτυα, ὅπως εἶναι τὸ Ἑλληνικὸ Ἑθνικὸ Σύστημα τῆς ΔΕΗ\* ποὺ εἰκονίζεται στὸ σχῆμα 6·4β.

Γιὰ καλύτερη ἀκόμα ἐκμετάλλευση κι' αὐτὰ τὰ διάφορα Ἑθνικὰ Συστήματα εἶναι συχνὰ συνδεδεμένα μεταξύ τους καὶ δὲν εἶναι μακρὰ ἡ ἡμέρα ποὺ θὰ ἔχωμε Ἡπείρωτικὰ Ἡλεκτρικὰ Συστήματα, ἴσως δὲ καὶ ἓνα μοναδικὸ Παγκόσμιον Σύστημα.

## 1·2 Τὸ φορτίο ἑνὸς σταθμοῦ παραγωγῆς.

Γνωρίζομε ὅτι ὁ ἠλεκτρισμός, σὲ σύγκριση μὲ τὶς ἄλλες μορφές ἐνεργείας, παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα τὸ κυριότερον εἶναι ὅτι *μποροῦμε νὰ τὸν μεταφέρωμε πολὺν εὐκόλα*. Ἐχει, ὅμως, καὶ ἓνα σοβαρὸ μειονέκτημα. *Δὲν μπορεῖ νὰ ἀποθηκευθῇ σὲ μεγάλη ποσότητα πονθενά*. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνομε ἀμέσως ὅτι ἡ παραγωγὴ τῶν κεντρικῶν σταθμῶν πρέπει καθε στιγμὴ νὰ εἶναι τόση, ὥστε νὰ μὴν ὑπερβαίνει τὴ ζήτηση τῶν καταναλωτῶν καὶ τὶς διαφορὰς ἀπώλειες (π.χ. ἀπὸ τὴν θέρμανση τῶν συρμάτων τῶν δικτύων κ.λ.π.) ποὺ παρεμβάλλονται κατὰ τὴν μεταφορὰ τοῦ ρεύματος ἀπὸ τοὺς σταθμοὺς στὴν κατανάλωση. *Τὸ ἄθροισμα αὐτὸ τῆς καταναλώσεως καὶ τῶν ἀπωλειῶν τὸ ὀνομάζομε φορτίο ἑνὸς σταθμοῦ παραγωγῆς*. Φυσικὰ ἡ ὅλη κατασκευὴ ἑνὸς σταθμοῦ (ἡ συνολικὴ του ἰσχύς, οἱ μηχανές του κ.λ.π.) θὰ ἐξαρτηθῇ ἀπὸ τὸ φορτίο αὐτό.

Ἄς ἐξετάσωμε τί μορφή ἔχει αὐτὸ τὸ φορτίο καὶ μὲ τί μονάδες τὸ ἐκφράζομε. Ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὴν πείρα, ποτὲ τὸ φορτίο δὲν μένει σταθερό, μιὰ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος καὶ τὸν ἀριθμὸ τῶν καταναλωτῶν ποὺ εἶναι ὑπὸ τάση. Μεταβάλλεται

\* ΔΕΗ σημαίνει Δημοσίᾳ Ἐπιχείρηση Ἡλεκτρισμοῦ.

κάθε στιγμή, κάθε λεπτό, κάθε ώρα και γενικά κάθε εποχή του χρόνου. Πάντως, ή μεταβολή του ακολουθεί ορισμένους νόμους. Ξέρουμε, π.χ., ότι το πρωί, όποτε ανάβουν ήλεκτρικές κουζίνες και δουλεύουν τὰ έργοστάσια, έχομε μεγαλύτερο φορτίο από όσο έχομε μετά το μεσημέρι, όποτε οι κουζίνες σταματούν. Επίσης μεγάλο φορτίο έχομε το βράδυ, όταν ανάβουν τὰ φώτα.

Από την άλλη μεριά, τον χειμώνα, που σκοτεινιάζει γρήγορα, έπειδή ανάβουν νωρίς πολλά φώτα και καίουν ήλεκτρικές θερμάστρες, έχομε μεγαλύτερο φορτίο από το καλοκαίρι, εκτός βέβαια εάν τροφοδοτούμε καμμιά μικρή γεωργική πόλη, που έχει πολλά πηγάδια με ήλεκτροκίνητες αντλίες στην περιοχή της, όποτε το καλοκαίρι έχομε μεγαλύτερο φορτίο εξ αιτίας του ποτίσματος.

Το φορτίο ενός κεντρικού σταθμού εκφράζει την ισχύ που πρέπει να παράγεται και το μετρούμε σε χιλιοβάττ ( $kW$ ), ή μεγαβάττ ( $MW$ ).

Για να παρακολουθήσουμε το φορτίο και τις μεταβολές του, χαράσσουμε διαγράμματα σαν αυτά των σχημάτων 1.2α και 1.2β που παριστάνουν τὰ ήμερήσια φορτία δύο διαφορετικών σταθμών Α και Β. Στους όριζόντιους άξονες μετρούμε το χρόνο και στους κατακόρυφους την ισχύ.

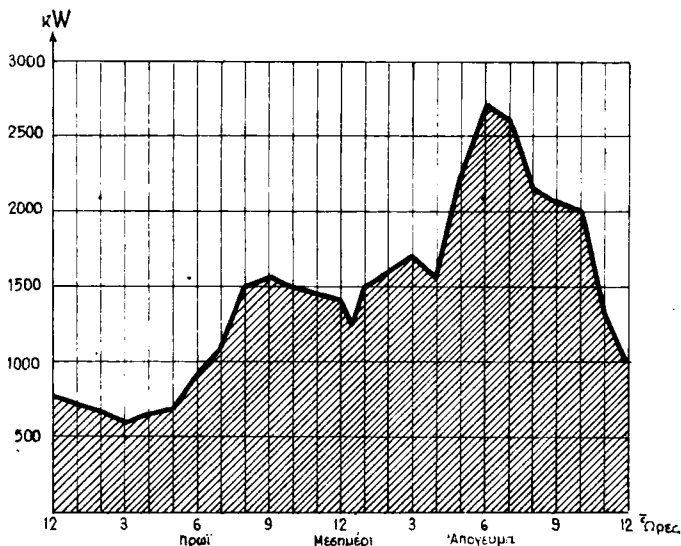
Με μιὰ ματιά βλέπουμε ότι το σχήμα 1.2 α δείχνει το ήμερήσιο φορτίο (δηλαδή για το είκοσιτετράωρο που αρχίζει στις 12 το βράδυ και τελειώνει στις 12 το άλλο βράδυ), που προέρχεται κυρίως από καταναλώσεις σπιτιών έφ' όσον έχομε μέγιστο φορτίο τις βραδυνές ώρες. Αντίθετα το σχήμα 1.2 β δείχνει κυρίως βιομηχανικό φορτίο ή φορτίο γραφείων και καταστημάτων έφ' όσον τις ώρες, που όλα αυτά είναι κλειστά, το φορτίο πέφτει.

Από τὰ διαγράμματα αυτά μπορούμε να πάρουμε δυο σπουδαίες πληροφορίες.

Η πρώτη μας λέει: πόση είναι ή μέγιστη ισχύς που ζητείται από τον κεντρικό σταθμό και τί ώρα πρέπει να την παράγουμε.



Ξέροντας τὴν κλίμακα τοῦ σχεδίου συνάγομε ἀπὸ τὸ σχῆμα 1.2 α, ὅτι στὶς 6 τὸ ἀπόγευμα πρέπει ἡ ἰσχύς ποὺ δίνει ὁ στα-



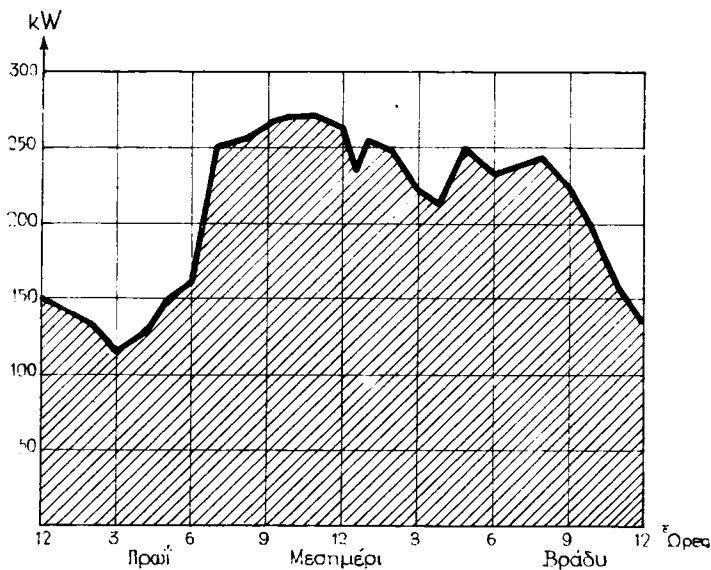
Σχ. 1.2 α.

θμὸς Α νὰ εἶναι τουλάχιστον 2 700 kW, ἐνῶ ἀπὸ τὸ σχῆμα 1.2 β συνάγομε ὅτι τὸ μέγιστο φορτίο θὰ εἶναι στὶς 11 τὸ πρωὶ καὶ περίπου ἴσο μὲ 270 kW. Τὰ μέγιστα αὐτὰ τὰ λέμε *αἰχμές*.

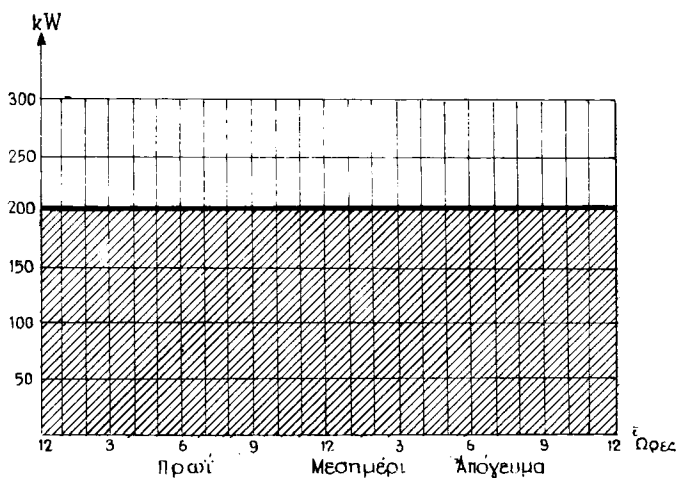
Ἡ δεύτερη πάλι μᾶς λέει: πόση ἐνέργεια δίνει ὁ σταθμὸς κατὰ τὸ 24ωρο ποὺ παριστάνεται στὸ διάγραμμα.

Γιὰ νὰ τὸ βροῦμε αὐτό, ἄς πάρωμε ὡς παράδειγμα τὴν φανταστικὴ περίπτωση ἑνὸς σταθμοῦ ποὺ ἐργάζεται συνεχῶς ὁλόκληρο τὸ 24ωρο μὲ σταθερὸ φορτίο. (Ἡ περίπτωση αὕτῃ εἶναι φανταστικὴ γιατί, ὅπως ἀναφέραμε στὰ προηγούμενα, τὸ φορτίο μεταβάλλεται συνεχῶς). Τότε τὸ διάγραμμα τοῦ φορτίου του θὰ εἶναι ὡς αὐτὸ τοῦ σχήματος 1.2 γ, δηλαδή θὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰν ὀριζόντια εὐθεῖα γραμμή.

Στὴν περίπτωση αὕτῃ μπορούμε εὐκόλως νὰ ἔχωμε τὴν ἐνέρ-



Σχ. 1-2 β.



Σχ. 1-2 γ.

γεια ποὺ παράγεται μέσα στὸ διάστημα ἑνὸς 24ώρου. Ξέρομε ὅτι ἡ ἐνέργεια σὲ περίστωσι παραγωγῆς μὲ σταθερὴ ἰσχύ εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενο τῆς σταθερῆς ἰσχύος ἐπὶ τὸν χρόνον.

Στὸ παράδειγμα δηλαδὴ τοῦ σχήματος 1·2 γ ἔχομε ἀποτέλεσμα :

$$200 \text{ kW} \times 24 \text{ ὥρες} = 4\,800 \text{ kWh}$$

Παρατηροῦμε ὅμως ὅτι τὸ γινόμενον αὐτὸ παριστάνει τὸ ἐμβαδὸν ποὺ σχηματίζει τὸ διάγραμμα τοῦ φορτίου μὲ τὸν ἄξονα τοῦ χρόνου. Τὸ ἐμβαδὸν τοῦτο εἶναι διαγραμμισμένον στὸ σχῆμα 1·2 γ.

Τῇ σκέφῃ αὐτῇ ποὺ κάναμε γιὰ τὸ φανταστικὸ σταθερὸ φορτίον,μποροῦμε νὰ τὴν ἐπεκτείνωμε καὶ σὲ πραγματικὸ φορτίον.

Στὴν περίπτωσιν αὐτῇ δὲν ἔχομε παρὰ νὰ μετρήσωμε τὸ διαγραμμισμένον ἐμβαδὸν ποὺ κλείνουν οἱ καμπύλαι τῶν φορτίων, καὶ ἔτσι ἔχομε τὸ ἀποτέλεσμα σὲ kWh. Τὸ μέτρημα τοῦ ἐμβόλου γίνεται εὐκόλως μὲ καλὴ προσέγγισιν, φθάνει νὰ τὸ χωρίσωμε σὲ τετραγωνάκια, ὅπως στὸ σχῆμα 1·2 β, καὶ νὰ τὰ μετρήσωμε. Π.χ. στὸ σχῆμα 1·2 β μετροῦμε περίπου 34 διαγραμμισμένα τετραγωνάκια. Ἐπειδὴ τὸ ἐμβαδὸν ποὺ ἔχει κάθε τετραγωνάκι, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὴν κλίμακα, παριστάνει :

$$3 \text{ ὥρες} \times 50 \text{ kW} = 150 \text{ kWh}$$

ὁ σταθμὸς Β θὰ παράγῃ στὸ 24ωρον :

$$34 \cdot 150 = 5\,100 \text{ kWh}$$

Παρακάτω θὰ δοῦμε τί σπουδαία σημασία ἔχουν αὐτὰ τὰ δύο μεγέθη, δηλαδὴ ἡ μεγίστη ἰσχύς ποὺ μπορεῖ νὰ ζητηθῇ στὴ διάρκεια ἑνὸς 24ώρου ἀπὸ ἕνα σταθμὸ, καὶ τὰ kWh ποὺ θὰ παρὰ γῃ ὁ σταθμὸς στὴ διάρκεια αὐτῇ.

Γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ ὀρίσωμε πόσῃ ἰσχύ πρέπει νὰ ἔχουν οἱ μηχανεὲς ἑνὸς σταθμοῦ, θὰ πρέπει νὰ ξέρωμε τὸ διάγραμμα τοῦ φορτίου τοῦ ὅχι γιὰ μιὰ ὁποιαδήποτε μέρα, ἀλλὰ γιὰ τὴν πρὶν φορτωμένη μέρα τοῦ χρόνου ποῦ, συνήθως, συμβαίνει νὰ εἶναι γύρω στὰ Χριστούγεννα.

### 1.3 Πού θα κτισθῇ ἓνας σταθμὸς παραγωγῆς καὶ τί ἰσχύ θὰ πρέπει νὰ ἔχη.

Ἐχομε πῇ προηγουμένως πὼς γενικὰ ὑπάρχουν δύο βασικοὶ τύποι σταθμῶν, ὁ **Θερμικὸς Σταθμὸς**, δηλαδὴ αὐτὸς μὲ τὸν ὁποῖο μετατρέπομε θερμικὴ ἐνέργεια σὲ ἠλεκτρικὴ, καὶ ὁ **Ὑδροηλεκτρικὸς Σταθμὸς**, δηλαδὴ ἐκεῖνος μὲ τὸν ὁποῖο ἀποκοτῶμε τὴν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετασχηματίζοντας ὑδραυλικὴ ἐνέργεια.

Γιὰ τὸ ποῦ θὰ τοποθετηθῇ ὁ δεῦτερος δὲν προκύπτει ζήτημα γιατί, ὅπως θὰ δοῦμε στὸ Κεφάλαιο 4, μόνο σὲ ὀρισμένες θέσεις μπορεῖ νὰ κατασκευασθῇ ἓνα ὑδροηλεκτρικὸ ἔργο.

Οἱ θερμικοὶ σταθμοί, ὅμως, εἴπαμε ὅτι κτίζονται κοντὰ σὲ μέρη ὅπου ὑπάρχουν καύσιμα ἢ σὲ θέσεις ὅπου τὰ καύσιμα μεταφέρονται εὐκολα.

Π.χ. ἡ ΔΕΗ ἱδρύσε τὸν θερμικὸ σταθμὸ **Ἀλιβερίου** κοντὰ στὰ λιγνιτωρυχεῖα τοῦ **Ἀλιβερίου** καὶ ἄλλον ἓναν σταθμὸ δίπλα στὰ λιγνιτωρυχεῖα τῆς **Πτολεμαῖδος**. Ἡ πρώην **Ἡλεκτρικὴ Ἑταιρεία Ἀθηνῶν - Πειραιῶς (ΗΕΑΠ)**, ἐπειδὴ μεταχειριζόταν γιὰ καύσιμο κυρίως πετρέλαιο, προτίμησε νὰ ἔχη τὸ ἐργοστάσιό της στὸ **Κερατσίνι**, ὅπου τὰ πλοῖα ποὺ φέρουν τὸ πετρέλαιο ξεφορτώνουν ἀμέσως.

Αὐτὰ ποὺ εἴπαμε ὥς τώρα ἰσχύουν γιὰ σταθμοὺς μεγάλης ἰσχύος, ποὺ μεταφέρουν τὴν ἠλεκτρικὴ τους ἐνέργεια σὲ μεγάλες ἀποστάσεις ὥσπου νὰ φθάσῃ στὴν κατανάλωση.

Ἄν, ὅμως, ἔχωμε νὰ τροφοδοτήσωμε μιὰ μικρὴ πόλιν σ' ἓνα νησί, ποῦ ποτὲ δὲν πρόκειται νὰ συνδεθῇ σὲ **Ἐθνικὸ Δίκτυο**, προτιμοῦμε νὰ ἱδρύσωμε τὸν σταθμὸ μας στὴ μέση τῶν διαφόρων καταναλωτῶν. Ἔτσι, καθὼς θὰ ἀπέχη ὅσο μπορεῖ λιγότερο ἀπ' αὐτοὺς, θὰ περιορίσωμε ὅσο τὸ δυνατόν τὶς ἀπώλειες τῆς διανομῆς τοῦ ρεύματος, τὶς πτώσεις τῆς τάσεως καὶ τὰ ἔξοδα κατασκευῆς τῶν δικτύων.

Προκειμένου νὰ ἐγκαταστήσωμε ἓνα σταθμὸ, δὲν πρέπει νὰ

λησμονοῦμε μερικά βασικά πράγματα, ὅπως π.χ. ὅτι οἱ μηχανεὶς παραγωγῆς χρειάζονται πολὺ νερὸ γιὰ τὰ ψυγεῖα τους. Ἐπίσης εἴτι τὰ καύσιμα χρειάζονται χώρο κατάλληλο καὶ ἄνετο, ὥστε νὰ μποροῦν νὰ ἀποθηκευθοῦν ἀρκετὲς ποσότητες χωρὶς ζημιὰς καὶ νὰ μὴν ἀναγκαζόμαστε νὰ ἀνανεώνουμε τὸ ἀπόθεμά μας κάθε τόσο. Ἐνα ἄλλο ἀκόμα πού δὲν πρέπει νὰ λησμονοῦμε εἶναι ὅτι κάποτε θὰ χρειασθῇ νὰ φέρουμε νέες μηχανεὶς ἐφ' ὅσον ἡ ζήτηση ρεύματος θὰ μεγαλώσῃ καὶ θὰ αὐξηθῇ τὸ φορτίο, ἄρα πρέπει νὰ προβλέπουμε χώρο γιὰ ἐπέκταση τοῦ μηχανοστασίου. Τέλος, δὲν πρέπει νὰ μᾶς διαφεύγῃ ὅτι ἓνα ἐργοστάσιο κάνει θόρυβο, βγάζει καπνὶες κλπ. καὶ ἐπομένως καλὸ θὰ εἶναι νὰ μὴ τὸ κτίζουμε μέσα σὲ συνοικισμό.

Ἄς δοῦμε τώρα τί ἰσχὺ πρέπει νὰ ἔχῃ ἓνας ἀνεξάρτητος ἢ αὐτόνομος σταθμὸς, δηλαδὴ ἓνας σταθμὸς παραγωγῆς πού δὲν εἶναι συνδεδεμένος σὲ κανένα Ἐθνικὸ Ἡλεκτρικὸ Σύστημα. Κατ' ἀρχήν, ἰσχὺ ἐνὸς σταθμοῦ ὀνομάζουμε τὴν συνολικὴ ἰσχὺ τῶν μηχανῶν του. Ἀθροίζουμε δηλαδὴ τὰ  $kW$  πού δίνει κάθε ἡλεκτροπαραγωγὸς μονάδα καὶ ἔχομε τὰ συνολικὰ  $kW$  τοῦ σταθμοῦ.

Καταλαβαίνομε ἀμέσως ὅτι τὰ συνολικὰ αὐτὰ  $kW$  θὰ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ φορτίο τοῦ σταθμοῦ, ὅπως τὸ ἐξετάσαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο. Ἄν ἡ μεγαλύτερη ἰσχὺς πού ζητεῖται εἶναι ὅση στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματός 1·2 α, δηλαδὴ 2 700  $kW$ , ὁ σταθμὸς Α πρέπει νὰ ἔχῃ ἰσχὺ ἐγκατεστημένων μηχανῶν τουλάχιστον 2 700  $kW$  ἢ μάλλον 3 000 ἕως 5 000  $kW$ , γιὰ νὰ ὑπάρχῃ μιὰ σχετικὴ ἐφεδρεία καὶ μιὰ πρόβλεψη γιὰ τὸ μέλλον, ἀφοῦ τὸ φορτίο αὐξάνεται κάθε χρόνος. Ὑπολογίζεται ὅτι, μὲ τὴν σημερινὴ ἐξέλιξη, τὸ φορτίο σχεδὸν διπλασιάζεται κάθε πέντε ἢ δέκα χρόνια.

Ἄς ποῦμε τώρα μὲ δυὸ λόγια τί γίνεται ὅταν ἔχομε, ὅπως εἶδαμε στὴν παράγραφο 1·1, Ἐθνικὸ Ἡλεκτρικὸ Σύστημα, δηλαδὴ πολλοὺς κεντρικοὺς σταθμοὺς πού τροφοδοτοῦν μαζὺ ὅλο τὸ φορ-

τίο μιᾶς χώρας. Τότε πάλι ἡ ἰσχύς ὅλου τοῦ συστήματος θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἐγκατεστημένης ἰσχύος σὲ κάθε σταθμὸ καὶ αὐτὸ τὸ ἄθροισμα θὰ πρέπει νὰ εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν μεγάλυτερη ζήτηση φορτίου, μὲ ἐπὶ πλέον πρόβλεψη γιὰ τὴν ἀναγκαία ἐφεδρεία καὶ τὴν μελλοντικὴ αὔξηση τοῦ φορτίου.

Ὅπως συμβαίνει σ' ἓνα μικρὸ σταθμὸ μὲ δύο μηχανές, ποὺ ἡ μιὰ δουλεῖει συνεχῶς ἐνῶ ἡ δευτέρη τὴν βοηθᾷ στὶς ὥρες τῆς μεγάλης ζητήσεως (ὅπως θὰ δοῦμε στὴν παράγρ. 1·5), ἔτσι καὶ στοὺς μεγάλους σταθμοὺς παραγωγῆς ἄλλοι δουλεύουν συνέχεια καὶ ὀνομάζονται *Σταθμοὶ Βάσεως*, ἐνῶ ἄλλοι δουλεύουν στὴ μεγάλη ζήτηση καὶ λέγονται *Σταθμοὶ Αἰχμῆς*. Ἐννοεῖται πὼς ὅλη ἡ κατασκευὴ τῶν σταθμῶν εἶναι τέτοια, ὥστε νὰ ἐπιτρέπη νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἴτε σὰν σταθμοὶ βάσεως εἴτε σὰν σταθμοὶ αἰχμῆς.

#### 1·4 Ἡ τάση τῆς παραγωγῆς.

Γνωρίζομε ὅτι σὲ ἓνα σταθμὸ παραγωγῆς ἡ γεννήτρια εἶναι ἡ μηχανὴ μὲ τὴν ὁποία μετατρέπομε τὴ μηχανικὴ ἐνέργεια σὲ ἠλεκτρικὴ. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὐτὴ ἐνέργεια μπορεῖ νὰ παράγεται εἴτε σὰν συνεχὲς εἴτε σὰν ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις χαρακτηριστικὸν εἶναι ὅτι *τὴν τάση παραγωγῆς  $U$  τὴν διατηροῦμε σταθερὴ σ' ὅλη τὴ διάρκεια τῆς λειτουργίας*. Αὐτὸ ποὺ μεταβάλλεται συνεχῶς εἶναι ἡ *ἐνταση  $I$  τοῦ ρεύματος*. Ἡ ἐνταση μεταβάλλεται ἔτσι, ὥστε τὸ γινόμενο τῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ἐνταση, ποὺ, ὅπως ξέρομε, εἶναι ἴσο μὲ τὴν ἰσχύ παραγωγῆς  $N$ , νὰ εἶναι σὲ κάθε στιγμὴ ἴσο μὲ τὴν ἰσχύ ποὺ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν κατανάλωση.

Δηλαδή :

$$N = U \cdot I$$

Τοῦτο ἀληθεύει ἐντελῶς γιὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα. Στὸ ἐναλ-

λασσόμενο ὅμως ἔχουμε ἄλλον ἓνα παράγοντα στὸ γινόμενο : τὸν συντελεστὴ ἰσχύος, τὸ *συνφ*.

Διότι, ὅπως γνωρίζομε· ἀπὸ τὸν Α' Τόμο τῆς Ἡλεκτροτεχνίας, ἡ πραγματικὴ ἰσχύς στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα δίνεται ἀπὸ τὴν σχέση :

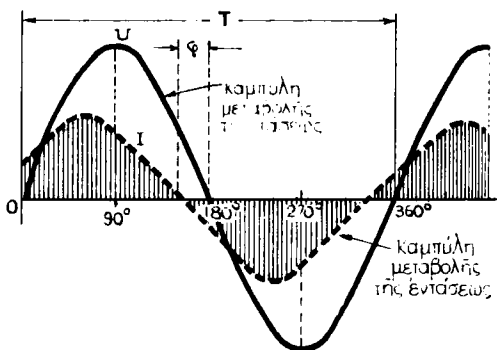
$$N = U \cdot I \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi$$

ὅπου :  $N$  ἡ πραγματικὴ ἰσχύς,

$U$  ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς τάσεως,

$I$  ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς ἐντάσεως, καὶ

$\varphi$  ἡ γωνία φασικῆς ἀποκλίσεως ἀνάμεσα στὴν τάση καὶ τὴν ἔνταση (σχ. 1.4 α).

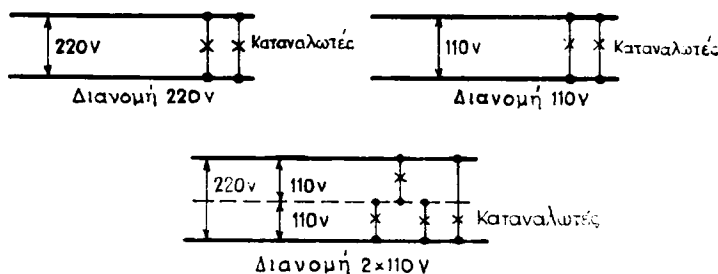


Σχ. 1.4 α.

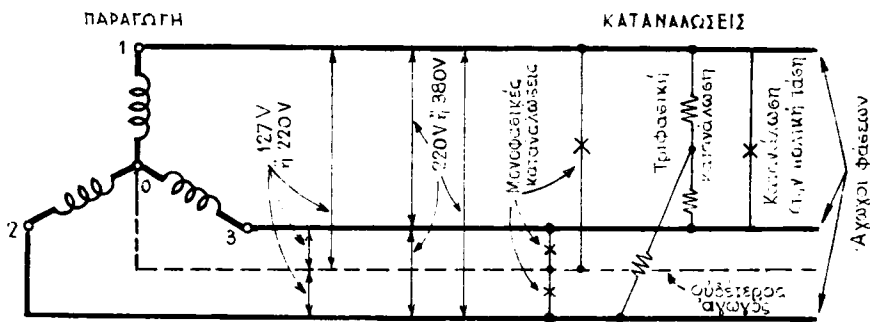
Κάτι ἄλλο ποὺ μένει ἀκόμα σταθερὸ στὴ λειτουργία εἶναι ἡ *συχνότητα* τοῦ ρεύματος, ὅταν ἔχουμε ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Γενικὰ στὴν Ἑλλάδα καὶ στὶς ὑπόλοιπες χώρες τοῦ κόσμου πλὴν τῆς Ἀμερικῆς, παράγομε ρεῦμα μὲ συχνότητα ἴση μὲ 50 περιόδους. Στὴν Ἀμερικὴ ἔχουν 60 περιόδους.

Ἀς ἐξετάσουμε τώρα πόση εἶναι ἡ σταθερὴ τάση μὲ τὴν ὁποία συνήθως λειτουργοῦν οἱ γεννήτριές μας. Ὑπάρχουν δύο περιπτώσεις.

Ἡ πρώτη περίπτωση ἀφορᾷ στὴν παραγωγή καὶ στὴν ἄμεση διανομὴ τοῦ ρεύματος στοὺς καταναλωτές, χωρὶς νὰ ἔχουμε κανένα μετασχηματισμὸ τῆς τάσεως. Τότε βέβαια ἀναγκαστικὰ ἡ γεννήτρια πρέπει νὰ δίνει τὴν ἴδια τάση ποὺ ἔχουν οἱ καταναλωτές, καὶ κάτι περισσότερο, γιὰ νὰ καλυφθῇ ἡ πτώση τῆς τάσεως, ποὺ ἀναπόφευκτα θὰ ὑπάρχει, στὶς γραμμὲς διανομῆς. Ἔχουμε δηλαδὴ, παραγωγή, μὲ χαμηλὴ τάση.



Σχ. 1-4 β. Τάσεις διανομῆς μὲ συνεχές ρεῦμα.



Σχ. 1-4 γ. Τάσεις διανομῆς μὲ τριφασικὸ ρεῦμα 127/220 ἢ 220/380.

Ἔτσι, στὴν Ἑλλάδα μπορεῖ ἀκόμα νὰ συναντήσουμε τὶς ἑξῆς τάσεις λειτουργίας γεννητριῶν:

**Συνεχοῦς ρεύματος:**

220 V, 2 × 110 V, ἢ (σπάνια) 110 V (σχ. 1-4 β).

**Ἐναλλασσομένου ρεύματος (τριφασικές):**

220/380 V ἢ 127/220 V (σχ. 1-4 γ).



Ἡ δεύτερη περίπτωση ἀφορᾷ στοὺς μεγαλύτερους σταθμούς, στοὺς ὁποίους πάντοτε μετασχηματίζομε τὴν ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια γιὰ νὰ τὴν μεταφέρωμε. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι ἀναγκαστικὰ ἐναλλασσομένου ρεύματος, γιὰτὶ τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν τὸ μετασχηματίζομε εὐκόλα.

Εἶναι αὐτονόητο ὅτι στὴν περίπτωση αὐτὴ συμφέρει νὰ ἔχωμε παραγωγὴ μὲ ὑψηλὴ τάση, γιὰτὶ ἀντίστοιχα προκύπτει μικρότερη ἔνταση καὶ μικρότερες διατομὲς ἀγωγῶν στὶς περιελίξεις τῶν γεννητριῶν καὶ μετασχηματιστῶν καθὼς καὶ στὰ συνδετικὰ καλώδια. Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, ὅμως, οἱ ὑψηλές τάσεις μᾶς ἀναγκάζουν νὰ κάνωμε ἰσχυρότερες μονώσεις καὶ μεγαλύτερες τὶς μηχανές. Τὰ διάφορα ἐργοστάσια ποὺ κατασκευάζουν τὶς γεννήτριες αὐτὲς ἔχουν καταλήξει στὶς πιὸ οἰκονομικὲς τάσεις παραγωγῆς, ἀνάλογα κάθε φορὰ μὲ τὴν ἰσχύ καὶ τὶς στροφές κάθε μονάδας.

Σήμερα ἔχομε φθάσει σὲ γεννήτριες μὲ τάση ὡς 25 kV. Οἱ συνηθισμένες ὅμως κατασκευές εἶναι γύρω στὰ 15 ὡς 16 kV. Οἱ γεννήτριες π.χ. τῆς ΔΕΗ στὸ Ἀλιθέρι ἔχουν τάση 15 kV.

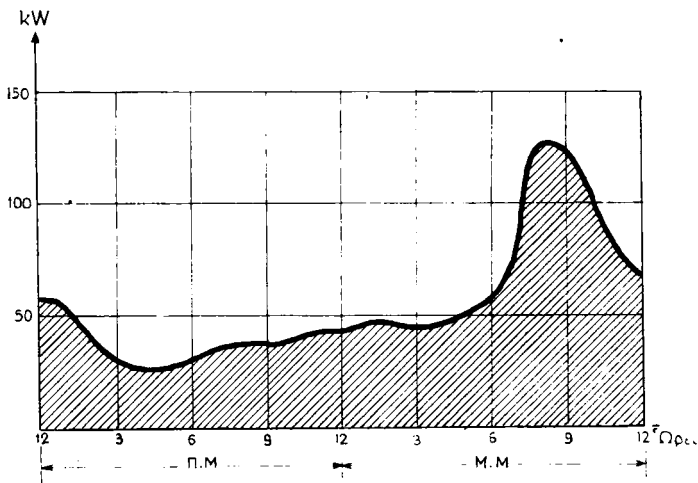
### 1.5 Πρόγραμμα λειτουργίας ενός σταθμοῦ παραγωγῆς.

Οἱ μικροὶ σταθμοὶ ποὺ ἐργάζονται ἀνεξάρτητα (αὐτόνομοι σταθμοὶ) παρουσιάζουν τελείως διαφορετικὸ πρόβλημα στὸν προγραμματισμὸ τῆς λειτουργίας τους, ἀπὸ τοὺς μεγάλους σταθμούς ποὺ συνδέονται ἡλεκτρικῶς μεταξὺ τους. Γι' αὐτὸ θὰ ἀρχίσωμε τὴν ἐξέτασή μας ἀπ' αὐτούς.

Πολλοὺς μικροὺς αὐτόνομους σταθμούς δὲν τοὺς ἀφήνομε νὰ λειτουργήσουν οὔτε κἂν ὅλο τὸ εἰκοσιτετράωρο, παρὰ μόνον ἀπὸ τὴ δύση τοῦ ἡλίου ὡς τὰ μεσάνυχτα καὶ δύο-τρεῖς ὥρες κάθε πρωτ. Σὲ ἀρκετούς, ἔχομε ἐγκατεστημένη μόνον μιὰ μονάδα παραγωγῆς, ἂν καὶ αὐτὸ δὲν εἶναι ποτὲ σωστὸ γιὰτὶ μὲ τὴν παραμικρὴ βλάβη σταματᾷ ἢ παροχὴ ρεύματος στοὺς πελάτες. Καλὸ, λοιπόν, εἶναι:

να υπάρχει πάντα μια έφεδρεία παραγωγής, δηλαδή μια δεύτερη ή και τρίτη μηχανή.

Έκτος όμως από αυτό, υπάρχει και άλλη αίτια που επιβάλλει σε ένα αυτόνομο σταθμό να έχουμε όχι μία, αλλά το λιγότερο δύο μηχανές. Η αίτια αυτή είναι οικονομική. Όπως γνωρίζουμε με περισσότερες λεπτομέρειες από το μάθημα των Κινητηρίων Μηχανών, είναι *αντιοικονομικό να λειτουργή μια μονάδα σε ισχύ κάτω από το μισό της κανονικής της*. Δεν συμφέρει π.χ. να λειτουργή μια μηχανή που κανονικά δίνει 50 kW, όταν το φορτίο είναι μόνο γύρω στα 20 kW.



Σχ. 1·5 α.

Για να καταλάβουμε καλύτερα το πρόβλημα τούτο, ας πάρουμε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. Άς πούμε πως έχουμε αναλάβει τη λειτουργία ενός μικρού θερμικού σταθμού, που τροφοδοτεί μια κωμόπολη, και ότι το φορτίο της είναι περίπου σαν αυτό που δείχνει το σχήμα 1·5 α.

Ο σταθμός μας διαθέτει δύο μηχανές που ή κανονική τους ισχύς είναι 50 kW της μιας και 100 kW της άλλης.

Ζητούμε να βρούμε ποιός είναι ο πιο οικονομικός τρόπος λειτουργίας ή με άλλα λόγια, τί πρόγραμμα πρέπει να καταρτίσω-  
με για τη λειτουργία των δύο μηχανών.

Μια εύκολη λύση θα ήταν να θέταμε σε συνεχή λειτουργία τη μεγάλη μηχανή των  $100\text{ kW}$  και μόνο από τις 7.15 μ.μ. ως τις 10.15 μ.μ. περίπου, όποτε, όπως δείχνει το διάγραμμα του φορτίου, η ζήτηση ανεβαίνει επάνω από  $100\text{ kW}$  και η μηχανή αυτή μόνη της δεν φτάνει, να λειτουργή και η μικρή μηχανή των  $50\text{ kW}$ .

Αυτή η λύση, όμως, δεν συμφέρει για δυο λόγους. Πρώτα, γιατί προϋποθέτει πως η μεγάλη μηχανή, των  $100\text{ kW}$ , θα εργάζεται συνεχώς όλο το είκοσιτετράωρο, πράγμα που δεν επιτρέπεται για μια συνηθισμένη μηχανή έσωτερικής καύσεως, όπως θα δούμε στο Κεφάλαιο 3. Και δεύτερο γιατί η μεγάλη αυτή μηχανή, στην περισσότερη ώρα της λειτουργίας της θα λειτουργή με φορτίο γύρω στα  $40\text{ kW}$ , δηλαδή κάτω από το μισό του κανονικού της, που όπως είπαμε είναι αντιοικονομικό.

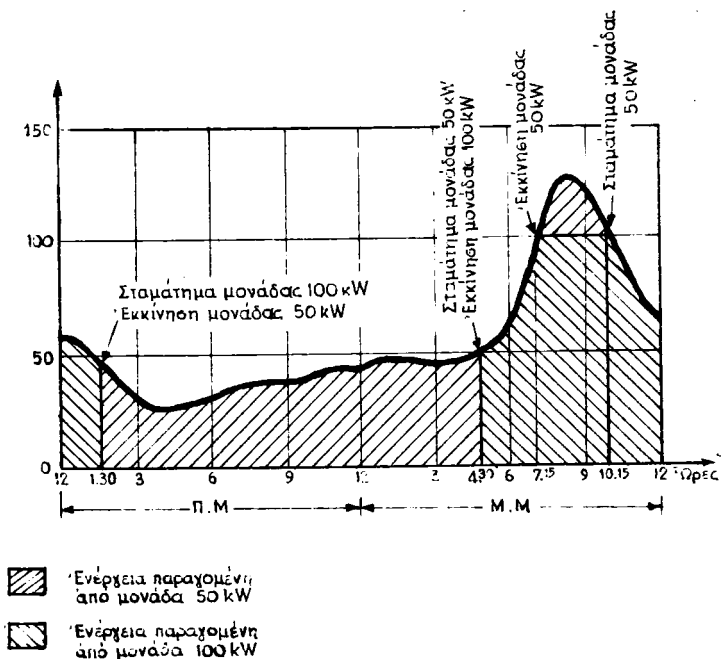
Ο συμφερότερος λοιπόν και καλύτερος τρόπος για να προγραμματίσωμε τη λειτουργία των μηχανών μας είναι ο εξής:

Από τις 1.30 π.μ. περίπου ως τις 4.30 μ.μ. να εργάζεται η μικρή μηχανή μόνη της, ή οποία, όπως δείχνει το σχήμα 1-5 α, φθάνει να αντιμετωπίση το φορτίο. Στις 4.30 μ.μ. σταματούμε τη μικρή μηχανή και το φορτίο το παίρνει η μεγάλη μηχανή μόνη της ως τις 7.15 μ.μ., όποτε, έπειδή δεν φθάνει μόνη της να καλύψη τη ζήτηση, βοηθάται και από τη μικρή μηχανή που τότε θέτομε σε κίνηση.

Η μικρή μηχανή χρειάζεται να λειτουργήσει, όπως φαίνεται από το σχήμα 1-5 α, ως τις 10.15 μ.μ., όποτε σταματά, μια και το φορτίο πέφτει. Έτσι συνεχίζει μόνη της η μεγάλη μηχανή ως τις 1.30 π.μ. της άλλης μέρας, όποτε μεταφέρομε το φορτίο στην

μικρή μηχανή και τὰ πράγματα επαναλαμβάνονται πάλι με τὸν ἴδιο ρυθμὸ (σχ. 1·5 β).

Βλέπουμε, λοιπόν, ὅτι μ' αὐτὸν τὸν τρόπο οἱ μηχανές δουλεύουν με τὴν κανονικὴ τους περίπου ἰσχύ και ἀκόμα διτι ὑπάρχει ἀρκετὸς χρόνος γιὰ νὰ ξεκουράζονται.



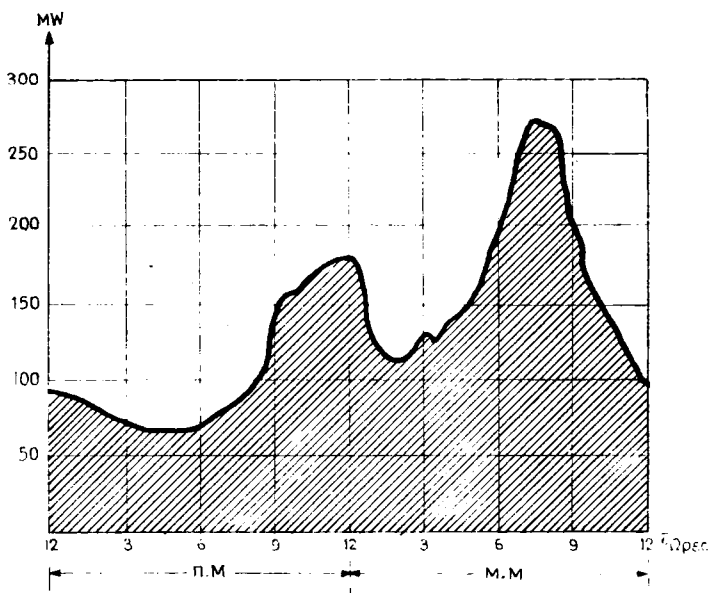
Σχ. 1·5 β.

Μὲ ἀνάλογη σκέψη, σὰν αὐτὴ τοῦ παραδείγματος, μπορούμε νὰ προγραμματίσουμε τὴ λειτουργία αὐτόνομων θερμικῶν σταθμῶν παραγωγῆς, στοὺς ὁποίους ἀντὶ γιὰ δύο ἔχομε τρεῖς ἢ τέσσερις ἢ περισσότερες μηχανές. Πρέπει νὰ σημειώσουμε διτι δὲν εἶναι ἀπόλυτη ἀνάγκη νὰ ξέρωμε με ἀκρίβεια τὴν καμπύλη μεταβολῆς τοῦ φορτίου, γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε καλὸ προγραμματισμὸ. Ἀρκεῖ νὰ χαράξωμε πρόχειρα ἓνα διάγραμμα με τὴ βοήθεια τῶν ἐν-

δειξέων τῶν ὀργάνων μετρήσεως ποὺ θὰ ἔχη ὁ σταθμὸς μας.

Ἄς ποῦμε τώρα μερικὰ λόγια γιὰ τὸ πρόγραμμα τῆς λειτουργίας τῶν μεγάλων σταθμῶν παραγωγῆς, ποὺ, ὅπως εἴπαμε στὴν ἀρχή, εἶναι μεταξύ τους ἐνωμένοι μὲ τὶς *Γραμμές Μεταφορᾶς* καὶ σχηματίζουν τὰ Ἐθνικὰ Συστήματα.

Ἐκεῖ ἔχομε πολλοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς ποὺ τὴν ἴδια στιγμή τροφοδοτοῦν ὅλο τὸ φορτίο μιᾶς χώρας τὸ ὁποῖο ἔχει μορφή τᾶν αὐτῇ τοῦ σχήματος 1·5 γ.



Σχ. 1·5 γ.

Στὴν περίπτωση αὐτῇ τὸ διάγραμμα φορτίου εἶναι τελείως μελετημένο, γιὰτὶ οἱ μεγάλες ἐταιρεῖες ποὺ ἐκμεταλλεύονται τὰ ἔθνικὰ συστήματα ἔχουν εἰδικὴ Ὑπηρεσίαν Προγραμματισμοῦ καὶ Ρυθμίσεως τοῦ Συστήματος ποὺ λέγεται καὶ Ὑπηρεσία Κατανομῆς Φορτίου καὶ διεθνῶς *Ντισπάτσιγ* (Dispatching). Ἡ ὑπηρεσία αὐτὴ ἔχει σκοπὸ νὰ μελετᾷ τὸν τρόπο τῆς καθημερινῆς μετα-

βολής του φορτίου, ώστε να μπορή με αρκετή ακρίβεια να προλέγῃ τί φορτίο θὰ ἔχη νὰ καλύψῃ τὴν ἐπομένη μέρα τὸ Σύστημα.

Τὸ διάγραμμα φορτίου χαράσσεται μὲ τὶς ἐνδείξεις εἰδικῶν καταγραφικῶν ὀργάνων ποὺ θὰ περιγραφοῦν στὸ Μέρος 4 τοῦ βιβλίου. Ἀφοῦ χαραχθῇ τὸ διάγραμμα ὅλου τοῦ φορτίου, τότε ἀπὸ τὴν Ὑπηρεσία Προγραμματισμοῦ καὶ Ρυθμίσεως χωρίζεται καὶ κατανέμεται στοὺς διαφόρους σταθμοὺς παραγωγῆς. Ἔτσι οἱ σταθμοὶ ἐργάζονται μὲ ἰσχύ ποὺ ἔχει καθορισθῇ προηγουμένως ἀπὸ τὸ Ντισπάτσιγκ.

Τὸ πῶς μοιράζεται τὸ συνολικὸ φορτίο καὶ τὸ πῶς κατανέμεται ἀπὸ τὴν Ὑπηρεσία Προγραμματισμοῦ στὰ διάφορα ἐργοστάσια, ξεφεύγει ἀπὸ τὸ σκοπὸ αὐτοῦ τοῦ βιβλίου καὶ δὲν θὰ περιγραφῇ. Μόνο δύο χαρακτηριστικὰ σημεῖα θὰ ἀναφερθοῦν. Τὸ ἓνα εἶναι ὅτι οἱ μεγάλοι κεντρικοὶ σταθμοὶ ἔχουν λίγες μονάδες παραγωγῆς, ἀλλὰ κατασκευασμένες ἔτσι, ὥστε νὰ μποροῦν νὰ δουλεύουν μῆνες ὀλόκληρους χωρὶς διακοπὴ. Τοῦτο συμβαίνει γιατί οἱ μηχανὲς αὐτὲς εἶναι τόσο ἀκριβές, ὥστε νὰ μὴ συμφέρῃ νὰ μένουν ἐκτὸς λειτουργίας. Ἐπομένως, συνήθως, ὅλες οἱ μονάδες βρίσκονται σὲ λειτουργία. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει στοὺς μικροὺς σταθμούς, ὅπου φροντίζομε νὰ ξεκουράζονται οἱ μονάδες τους κάθε εἰκοσιτετράωρο.

Τὸ δεύτερο σημεῖο εἶναι σχετικὸ μὲ αὐτὸ ποὺ ἀναφέραμε στὴν παράγραφο 1·3, ὅτι, δηλαδή, διακρίνομε σταθμοὺς βάσεως καὶ σταθμοὺς αἰχμῆς. Τὸ Ντισπάτσιγκ χωρίζει τὸ φορτίο ἔτσι, ὥστε οἱ σταθμοὶ βάσεως νὰ ἔχουν ὅσο εἶναι δυνατόν σταθερὸ φορτίο σ' ὅλο τὸ εἰκοσιτετράωρο, ἐνῶ τὶς ἀπότομες μεταβολὲς τοῦ φορτίου νὰ τὶς παίρνουν οἱ σταθμοὶ αἰχμῆς.

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

### ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΙ ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

#### 2.1 Τὰ καύσιμα.

Τὰ καύσιμα ποὺ καίουμε στοὺς κεντρικοὺς σταθμοὺς γιὰ τὴν παραγωγή θερμότητας, τὴν ὁποία μετατρέπομε σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, εἶναι γενικὰ τριῶν εἰδῶν. *Στερεά, ὑγρά καὶ ἀέρια.*

Θὰ ἐξετάσουμε πρῶτα κάθε εἶδος χωριστὰ καὶ ἔπειτα στὴν παράγραφο 2.2 θὰ ἀναφέρουμε μὲ λίγα λόγια πῶς τὰ ἀποθηκεύομε, προτοῦ τροφοδοτήσουμε μ' αὐτὰ τὰ ἐργοστάσιά μας.

α) Τὰ στερεὰ καύσιμα εἶναι οἱ λεγόμενοι *γαιάνθρακες*. Οἱ γαιάνθρακες προέρχονται ἀπὸ δένδρα ἢ ἄλλα φυτὰ, ἡλικίας ἑκατοντάδων ἢ καὶ χιλιάδων χρόνων ἀνάλογα μὲ τὸ καύσιμό. Αὐτὰ τὰ δένδρα ἢ φυτὰ σκεπάσθηκαν κάποτε ἀπὸ τὴ γῆ καὶ ἔτσι σχημάτισαν τὰ διάφορα εἶδη τῶν *ὄρυκτῶν ἀνθρώπων*, ποὺ ὅπως εἴπαμε λέγονται καὶ *γαιάνθρακες*. "Ὅσο παλαιότερο εἶναι ἓνα στρώμα γαιάνθρακος ποὺ βρίσκεται μέσα σ' ἓνα ὄρυχεῖο, τόσο καλύπτεται εἶναι ἡ ποιότητά του.

Αὐτὸ ποὺ χαρακτηρίζει τὴν ποιότητα τοῦ καυσίμου γενικὰ, εἶναι αὐτὸ ποὺ ὀνομάζουμε *θερμογόνος δύναμη*. "Ὅπως γνωρίζομε, ἡ θερμότητα μετᾶται μὲ μονάδα τὴ *θερμίδα* (*Cal*) ἢ τὴ *μεγάλη θερμίδα* (ἢ *χιλιοθερμίδα*) (*kcal*). Ἡ θερμογόνος δύναμη, μᾶς λέει πόσες χιλιοθερμίδες τουλάχιστον θὰ πάρουμε, ἂν κάψουμε ἓνα κιλὸ ἀπὸ τὸ καύσιμο ποὺ χρησιμοποιοῦμε. "Ὡστε, ἡ θερμογόνος δύναμη μετᾶται σὲ *kcal/kg* καυσίμου.

"Ἐτσι διακρίνομε τοὺς διαφόρους *λιθάνθρακες* ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὰ παλαιότερα φυτικά ὄντα. Οἱ λιθάνθρακες εἶναι ἡ καλύτερη ποιότητα γαιανθράκων καὶ ἔχουν θερμογόνου δύναμη 6 000 ὠς 8 000 *kcal/kg* ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τους. Ἐνα ἀπὸ τὰ εἶδη, αὐτὰ εἶναι ὁ *ἀνθρακίτης*.

Ἡ Ἑλλάδα δὲν ἔχει ὀρυχεῖα λιθανθράκων. Γι' αὐτὸ ἔκαμε ἄλλοτε εἰσαγωγὴ λιθανθράκων ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸ (Ἀγγλία, Γερμανία κλπ.) γιὰ νὰ καλύψῃ τὶς ἀνάγκες τῶν κεντρικῶν σταθμῶν τῆς. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸν δὲν χρησιμοποιοῦμε πιά σήμερα λιθάνθρακες στὴν Ἑλλάδα στοὺς θερμικοὺς σταθμοὺς.

Ἐνα ἄλλο εἶδος στερεοῦ καυσίμου εἶναι ὁ ὀπιάνθρακας ἢ τὸ κῶκ. Προέρχεται ἀπὸ ἀπόσταξη λιθανθράκων καὶ ἔχει θερμογόνον δύναμη περίπου  $7\,000\text{ kcal/kg}$ . Δὲν παράγεται στὴν Ἑλλάδα καὶ δὲν χρησιμοποιεῖται στοὺς θερμικοὺς τῆς σταθμοὺς.

Ἡ τελευταία μεγάλη κατηγορία τῶν ὀρυκτῶν ἀνθράκων εἶναι οἱ *φαιάνθρακες* ἢ *λιγνίτες*. Ἐχουν θερμογόνον δύναμη  $2\,500$  ὠς  $6\,000\text{ kcal/kg}$ .

Οἱ λιγνίτες ἔχουν μεγάλη σπουδαιότητα γιὰ τοὺς Ἑλληνικοὺς κεντρικοὺς σταθμοὺς μὴ καὶ ἔχομε σημαντικὰ κοιτάσματα μὲ λιγνίτη πολὺ καλῆς ποιότητος στὸ Ἀλιβέρι, στὴν Πτολεμαῖδα, στὴ Μεγαλόπολη καὶ σὲ ἄλλα μέρη τῆς ἡπειρωτικῆς Ἑλλάδας καθὼς καὶ στὰ νησιά. Ὅρισμένα εἶδη λιγνίτη πού ἔχουν μικρὴ θερμογόνον δύναμη μᾶς συμφέρει, προτοῦ τὰ κάψωμε, νὰ τὰ ἐπεξεργασθοῦμε. Ἔτσι στὴν Πτολεμαῖδα κατασκευάζομε *μπρικέττες*, δηλαδὴ τοῦδλα ἀπὸ λιγνίτη, πού τὶς ξεραίνομε γιὰτὶ ἔχουν πολὺ ὑγρασία καὶ ἔπειτα τὶς καίομε πολὺ πιὸ εὐκολα καὶ οἰκονομικὰ παρὰ ἂν καίσαμε τὸν λιγνίτη ὅπως τὸν βγάζομε ἀπὸ τὴ γῆ.

Στὰ ὀρυχεῖα τῶν διαφόρων γαιανθράκων ἐκμεταλλευόμαστε στρώματα πού εἶναι σὲ βάθος ὠς  $1\,000$  μέτρα περίπου. Ὅρισμένα κοιτάσματα λιγνίτη ἔχουν τὸ μεγάλο πλεονέκτημα νὰ εἶναι σχεδὸν στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους, ὅποτε δὲν χρειάζονται ὑπόγειες στοεὲς γιὰ τὴν ἐξόρυξή του· κοστίζει ἔτσι πολὺ φθηνά. Τέτοια ἐπιφανειακὰ κοιτάσματα λιγνίτη ἔχει ἡ Πτολεμαῖδα.

Οἱ γαιάνθρακες δὲν εἶναι κατάλληλοι γιὰ καύση ἀμέσως μετὰ τὴν ἐξόρυξή τους ἀπὸ τὴ γῆ. Χρειάζονται ἐπεξεργασία. Πρῶτα τοὺς σπάζομε σὲ κομμάτια καὶ τοὺς πλένομε, ὥστε νὰ φύ-



γουν τὰ διάφορα χρώματα πού εἶναι ἀνακατεμένα μαζί τους. Ἐπειτα τοὺς στεγνώνουμε στὸ ὑπαιθρο, ὥστε νὰ φύγῃ ἓνα μέρος ἀπὸ τὴν ὑγρασία πού ἔχουν, καὶ κατόπιν τοὺς χωρίζουμε ἀνάλογα μὲ τὸ μέγεθος πού ἔχουν τὰ κομμάτια τους.

Γιὰ νὰ ἔχωμε τὴν καλύτερη ἀπόδοση στὴν καύση χρησιμοποιοῦμε εἰδικούς τύπους *σχαρῶν* στοὺς *λέβητες* τῶν κεντρικῶν σταθμῶν. Οἱ *σχάρες* εἶναι κατασκευασμένες ὅχι μόνον ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τοῦ γαιάνθρακα γιὰ τὸν ὁποῖο χρησιμοποιοῦνται, ἀλλὰ καὶ ἀνάλογα μὲ τὸ μέσο μέγεθος τῶν κομματιῶν του.

\* Ἄλλοτε εἶχαν τὰ καλύτερα ἀποτελέσματα καίοντας κομμάτια μὲ μέση διάμετρο 1,5 — 2,0 cm, ἀλλὰ σήμερα ἔχομε τὴν ἴδια ἀπόδοση ἀκόμα καὶ μὲ σκόνη γαιανθράκων, χάρις σὲ λέβητες μὲ εἰδικὴ κατασκευή.

β) Τὰ *ὕγρα καύσιμα* προέρχονται κι' αὐτὰ ὅπως καὶ τὰ στερεὰ ἀπὸ παλῆα ὀργανικὰ σώματα πού ἔχουν σκεπασθῇ ἀπὸ τὴ γῆ πρὶν ἀπὸ χιλιάδες χρόνια. Ἐνῶ ὅμως τὰ στερεὰ καύσιμα χρησιμοποιοῦνται στοὺς κεντρικοὺς σταθμοὺς μόνο γιὰ παραγωγὴ ἀτμοῦ, τὰ ὕγρα ἐκτὸς ἀπὸ αὐτό, χρησιμοποιοῦνται καὶ γιὰ τροφοδότηση τῶν κινητηρίων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, δηλαδὴ τῶν *μηχανῶν Ντῆζελ*.

Τὸ ὕγρὸ καύσιμο πού καίομε στοὺς ἀτμολέβητες εἶναι τὸ *βαρὺ πετρέλαιο (μαζούτ)*.

Τὸ πετρέλαιο πού καίεται στὶς μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσεως εἶναι τὸ *πετρέλαιο Ντῆζελ* καὶ εἶναι ἀκριβότερο ἀπὸ τὸ μαζούτ, γιὰτὶ εἶναι πιὸ καθαρὸ ἀπ' αὐτό.

Ἡ θερμογόνος δύναμη τοῦ μαζούτ εἶναι περίπου 10 000 kcal/kg, ἐνῶ τοῦ πετρελαίου Ντῆζελ γύρω στὰ 10 500 kcal/kg.

Γ) Τὰ *ἀέρια καύσιμα* δὲν μᾶς ἐνδιαφέρουν πολὺ μιὰ καὶ στὴν Ἑλλάδα δὲν ὑπάρχουν σὲ ποσότητα πού νὰ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν.

Τέτοια ἀέρια εἶναι : τὰ *φυσικὰ ἀέρια* πού βγαίνουν μέσα ἀπὸ

τῇ γῇ καὶ ποὺ μποροῦμε νὰ τὰ κάψουμε ὅπως καίουμε τὸ γκάζι, καὶ τὰ τεχνητὰ ἀέρια ποὺ παράγονται κατὰ τὴ διάρκεια ὀρισμένων βιομηχανικῶν κατεργασιῶν. Τέτοια ἀέρια εἶναι τὸ φωταέριο (γκάζι), καθὼς καὶ τὰ διάφορα καύσιμα ἀέρια μέσα σὲ φιάλες, μὲ τὰ ὅποια μαγειρεύουν πολλὲς νοικοκυρές.

Τὰ ἀέρια καύσιμα ἔχουν θερμογόνον δύναμη\* μεταξὺ 5 000 καὶ 10 000 kcal/m<sup>3</sup>, ἀλλὰ δὲν παρουσιάζουν, γιὰ τὴν ὥρα τουλάχιστον, κανένα ἐνδιαφέρον γιὰ τοὺς Ἑλληνικοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς.

Ἄν θέλαμε νὰ ἐξετάσουμε τὴ χημικὴ σύνθεση ὅλων τῶν καυσίμων ποὺ ἀναφέραμε, θὰ βλέπαμε ὅτι περιέχουν κυρίως ἄνθρακα, ὕδρογόνο καὶ ὀξυγόνο. Τὰ στερεὰ καύσιμα ἐκτὸς ἀπ' αὐτὰ ἔχουν καὶ ἓνα ποσοστὸ ὑγρασίας, δηλαδὴ νερὸ καὶ τέφρα (στάκτη), ποὺ δὲν καίεται ἀλλὰ μένει μετὰ τὸ κάψιμο.

## 2.2 Πῶς μεταφέρουμε καὶ πῶς ἀποθηκεύουμε τὰ καύσιμα.

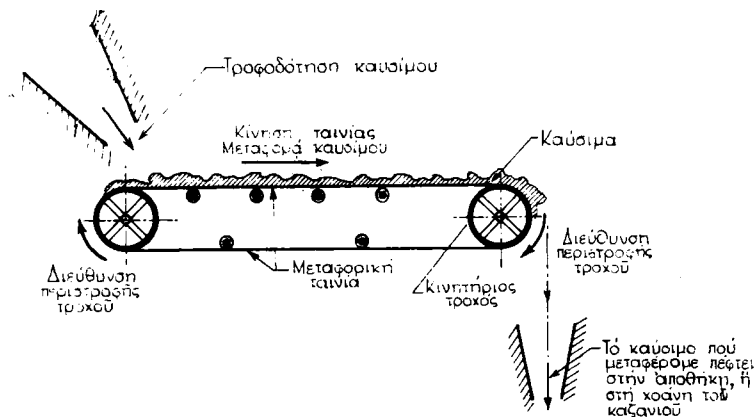
Ἡ ποσότητα τῶν καυσίμων ποὺ καταναλίσκει ἓνας μεγάλος σταθμὸς παραγωγῆς εἶναι πολὺ σημαντικὴ. Ὄταν μάλιστα καίωμε λιγνίτες ποὺ ἔχουν μικρὴ θερμογόνον δύναμη, τότε κάθε μέρα πρέπει νὰ τροφοδοτοῦμε τοὺς λέβητές μας μὲ ἑκατοντάδες τόννους κάρβουνο. Ὑπάρχει, λοιπόν, πολὺ μεγάλο πρόβλημα μεταφορᾶς καὶ ἀποθηκεύσεως γιὰ τὰ καύσιμα.

Γιὰ νὰ μεταφέρουμε τὰ καύσιμα εὐκόλα καὶ σὲ μεγάλες ποσότητες, εἶναι ἀναγκαῖο οἱ σταθμοὶ νὰ ἔχουν πλήρεις σιδηροδρομικὲς ἐγκαταστάσεις, ὥστε μὲ τραῖνα ἢ βαγονέττα νὰ μποροῦμε συνεχῶς νὰ μεταφέρουμε τὰ καύσιμα στοὺς χώρους ποὺ τὰ ἀποθηκεύουμε. Σὲ πολλοὺς μεγάλους σταθμούς, ποὺ ἔχουν κτισθῇ κοντὰ σὲ ποτάμια, ἐκτὸς τοῦ ἔτι ἐπιτυγχάνομε τὴν καλὴ φύξη τῶν μηχανῶν τους, ἐπιτυγχάνομε συγχρόνως καὶ εὐκόλη μεταφορὰ καυσίμων μὲ μαοῦνες.

Οἱ κάπως μικρότεροι σταθμοί, ποὺ χρησιμοποιοῦν στερεὰ

καύσιμα, μπορεί νὰ ἐξυπηρετοῦνται καὶ ἀπὸ αὐτοκίνητα ποὺ θὰ πρέπει ὅμως νὰ εἶναι ἀνατρεπόμενα, ὥστε νὰ μὴ χάνεται καιρὸς στὸ ξεφόρτωμα.

Γενικὰ τὸ φόρτωμα καὶ τὸ ξεφόρτωμα γίνεται μὲ μηχανικὰ μέσα, συνήθως μὲ γρανιὸς ἢ μὲ μεταφορικὲς ταινίες διαφόρων τύπων ποὺ λέγονται *κονβέγιερ* (conveyor). Οἱ ταινίες αὐτὲς κινοῦνται συνεχῶς πρὸς μιὰ διεύθυνση, καί, ὥπως δείχνει τὸ σχῆμα



Σχ. 2.2 α.

2.2 α μπορούμε μ' αὐτὲς νὰ τροφοδοτοῦμε αὐτόματα μιὰν ἀποθήκη ἢ τὴν ἐστία ἐνὸς λέβητα.

Τὸ σχῆμα 2.2 β δείχνει ὅλη τὴ διαδικασία τοῦ πῶς αποθηκεύουμε τὰ καύσιμα καὶ πῶς τροφοδοτοῦμε μ' αὐτὰ τὸν λέβητα ἐνὸς κεντρικοῦ σταθμοῦ. Αὐτὸ ποὺ φαίνεται ἐπίσης στὸ σχῆμα 2.2 β εἶναι ὁ ὄγκος τῆς στάχτης ποὺ μαζεύεται κάτω ἀπὸ τὴν ἐστία τοῦ λέβητα. Τὴ στάχτη αὐτὴ μὲ τὴ βοήθεια ἄλλης μεταφορικῆς ταινίας τὴν μεταφέρουμε μακριά.

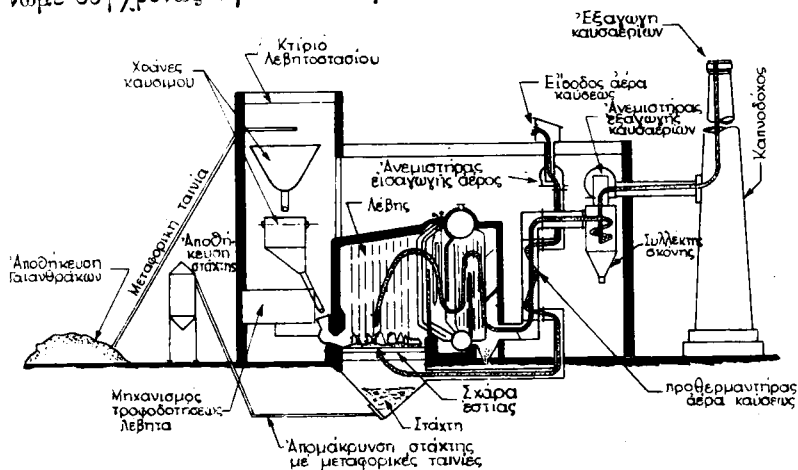
Τὸ σχῆμα 2.2 γ δείχνει πῶς αποθηκεύουμε γαιάνθρακες μὲ διαφόρους τρόπους καὶ πῶς τοὺς μεταφέρουμε στοὺς λέβητες.

Τίς περισσότερες φορὲς αποθηκεύουμε τοὺς γαιάνθρακες σὲ μεγάλους χώρους κοντὰ στὸ λεβητοστάσιο τοῦ σταθμοῦ, ὥστε ἀπ'

ἐκεῖ νὰ μπορούμε γρήγορα μὲ κονθέγιον νὰ τροφοδοτοῦμε τίς φωτιές στὰ καζάνια.

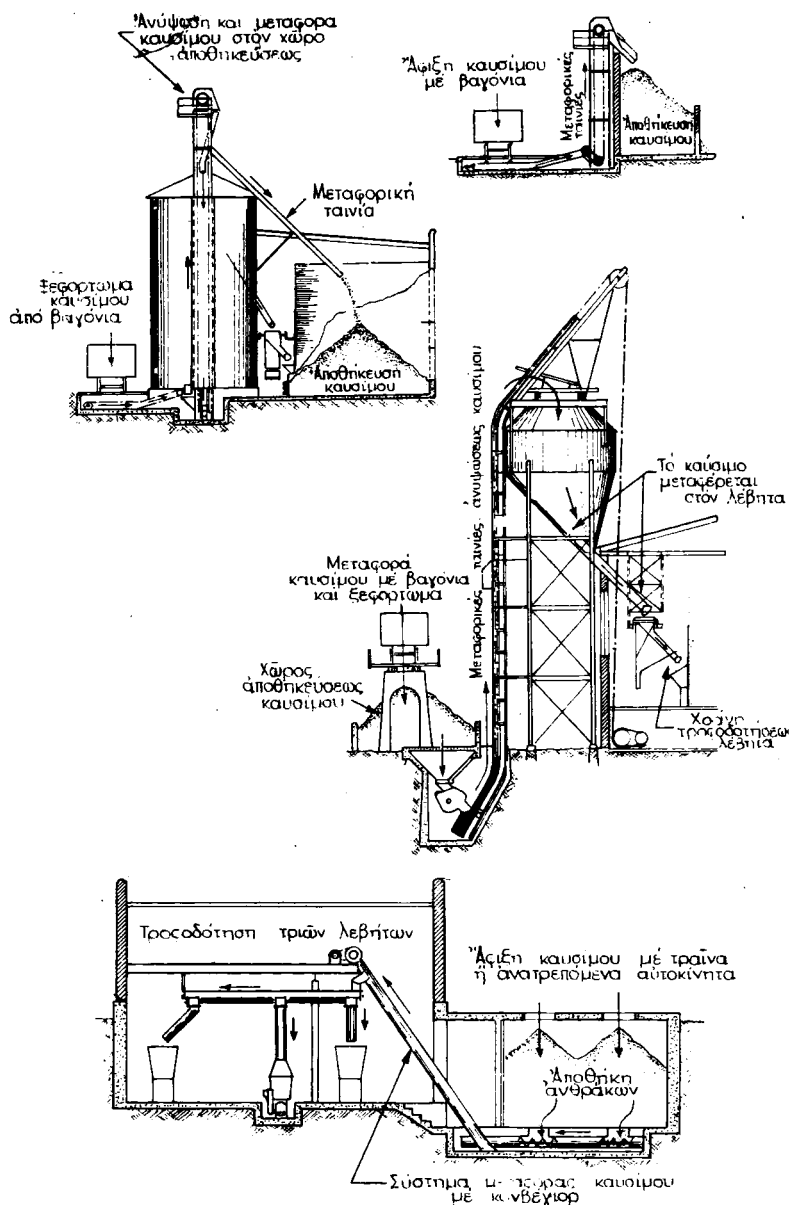
Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν οἱ γαιάνθρακες μένουν ἐκτεθειμένοι πρὸς βροχὴ καὶ ἥλιο καὶ γι' αὐτὸ χειροτερεύει ἡ ποιότητά τους, δηλαδὴ, γίνεται μικρότερη ἡ θερμογόνος δύναμή τους. Καμμιά φορά μάλιστα ὑπάρχει κίνδυνος νὰ πάρουν φωτιά μόνοι τους.

Ὑπάρχουν κανονισμοὶ ποὺ μᾶς λένε πῶς πρέπει νὰ γίνεται ἡ ἀποθήκευση, ὥστε νὰ ἀποφεύγουμε κάθε κίνδυνο καὶ νὰ ἐλαττώ-  
νωμε συγχρόνως τὴν ἀλλοίωση ποὺ παθαίνουν τὰ καύσιμα.



Βέβαια, τώρα χρειαζόμαστε εἰδικές δεξαμενές γιὰ ν' ἀποθηκεύουμε τὰ καύσιμα. Αὐτὲς ἔχουν μορφή μεγάλων κυλίνδρων κατασκευασμένων ἀπὸ ἑλασμα ἢ μπετὸν ἀρμὲ (σχ. 2·2 δ).

Τὸ ὕψος τους φτάνει τὰ 10 ἕως 20 μέτρα καὶ ἡ διάμετρός τους πρὸς 50 ἕως 80 μέτρα. Ἔτσι μπορούμε νὰ ἀποθηκεύσουμε χιλιάδες



Σχ. 2.2 γ. Μέθοδος αποθηκεύσεως άνθράκων και τροφοδοτήσεως λεβήτων.

τόνους ὑγρὰ καύσιμα. Στους παραθαλάσσιους σταθμούς ἢ μεταφορὰ τῶν πετρελαίων γίνεται μὲ δεξαμενόπλοια, ἀπ' ὧν τὰ πετρέλαια ξεφορτώνονται μὲ μεγάλες ἀντλίες, οἱ ὁποῖες διοχετεύουν τὸ καύσιμο στὶς ἀποθήκες. Ἔτσι, ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμε ἓνα σωλήνα στὸ πλοῖο γιὰ νὰ μεταφέρωμε τὸ πετρέλαιο (σχ. 2.2 δ). Τέτοιο σύστημα χρησιμοποιεῖ ἡ ΔΕΗ στὸν σταθμὸ τοῦ Κερατσινίου στὸν Πειραιᾶ.

Καμμιά φορὰ δὲν χρειάζεται καν νὰ πλευρίσῃ τὸ πλοῖο στὴν ξηρὰ, γιατί οἱ σωληνώσεις τῆς ἐκφορτώσεως φθάνουν ἀνοιχτὰ μὲ τὰ στῆ θάλασσα.

Τὰ ὑγρὰ καύσιμα ἀναφλέγονται πιὸ εὐκόλα ἀπὸ τὰ στερεά, γι' αὐτὸ ὑπάρχουν πάντα συστήματα αὐτόματης προστασίας ἀπὸ πυρκαϊά.

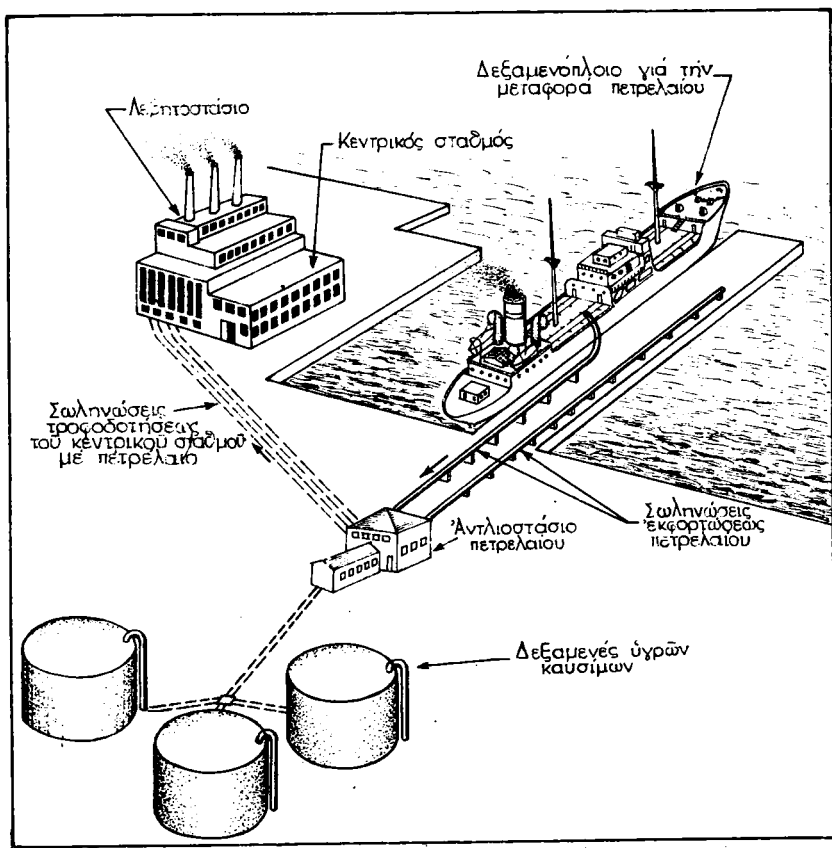
Πρόβλημα μεταφορᾶς καὶ ἀποθηκεύσεως δὲν παρουσιάζεται στοὺς μικροὺς ἀπομονωμένους σταθμοὺς ποὺ ἔχουν μηχανὲς Ντῆζελ.

### 2.3 Θερμικὸς σταθμὸς ἀτμοκίνητος.

Ὅπως ἀναφέραμε στὸ Κεφάλαιο 1, σήμερα οἱ μεγάλοι θερμικοὶ σταθμοὶ ἔχουν γιὰ κινητήριες μηχανὲς ἀτμοστροβίλους ποὺ εἶναι οἱ πιὸ σίγουρες καὶ οἱ πιὸ οἰκονομικὲς μονάδες παραγωγῆς.

Παλινδρομικὲς ἀτμομηχανὲς δὲν χρησιμοποιοῦμε πιά στοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς, γιατί ἔχουν μικρὸ βαθμὸ ἀποδόσεως.

Γίνονται δοκιμὲς γιὰ μονάδες μὲ ἀεριοστροβίλους, δηλαδὴ μὲ στροβίλους ποὺ δὲν χρησιμοποιοῦν ἀτμὸ ἀλλὰ κατ' εὐθείαν τὰ καυσάτρια ποὺ μᾶς δίνει ἡ καύση. Μέχρι σήμερα, ὅμως, δὲν ἔχουν καταλήξει οἱ κατασκευαστὲς σὲ ἀποτέλεσμα τόσο εὐχρηστο καὶ οἰκονομικὸ ὅσο ὁ ἀτμοστροβίλος. Ἐπίσης, εἶναι γνωστὸ πῶς ἡ παραγωγὴ ρεύματος ἀπὸ τὴν ἀτομικὴ ἐνέργεια, παρ' ὅλες τὶς συνεχεῖς προσπάθειες τῶν τελευταίων χρόνων, δὲν μπορεῖ ἀκόμα νὰ ἀντικαταστήσῃ οἰκονομικὰ τὴν παραγωγὴ τῶν ἀτμοστροβίλων. Μποροῦμε λοιπὸν νὰ ποῦμε μὲ βεβαιότητα πῶς γιὰ ἀρκετὰ χρόνια



Σχ. 2-28. Μέθοδος εκφορτώσεως και αποθηκεύσεως υγρών καυσίμων, που προορίζονται για θερμικό κεντρικό σταθμό.

ακόμα οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί θα λειτουργούν με ατμοστροβίλους.

Αρχίζοντας την περιγραφή των σταθμών παραγωγής που έχουν για κινητήριες μονάδες ατμοστροβίλους, ας δούμε πρώτα τι βασικά τμήματα πρέπει να υπάρχουν σ' ένα ατμοκίνητο σταθμό.

Όλοι μας γνωρίζουμε την πιδ. απλή ατμοκίνητη μονάδα, τον παλιό οδοστρωτήρα. Εκεί έχουμε παραγωγή ατμού σ' ένα ατμο-

κάζανο πού καίει κάρβουνο. Ὁ ἀτμός μεταφέρεται σ' ἓνα κύλινδρο παλινδρομικῆς μηχανῆς καὶ ἀφοῦ δώση τὴν κίνηση, φεύγει στὴν ἀτμόσφαιρα.

Τὴν ἴδια εἰκόνα, μὲ πολλὰς ὅμως τροποποιήσεις καὶ τελειοποιήσεις, βλέπομε σ' ἓνα μοντέρνο ἀτμοκίνητο σταθμὸ παραγωγῆς, στὸ θερμικὸ του μέρος. Ἀς ἀρχίσωμε ἀπὸ τὴν πρώτη τελειοποίηση, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ ψυγεῖο. Αὐτὸ εἶναι τοποθετημένον μετὰ τὴν ἐξοδὸ τοῦ ἀτμοῦ ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανή καὶ σ' αὐτὸ ψύχομε τὸν ἀτμὸ καὶ τὸν κάνομε νερό, πού ξαναγυρίζει στὸν λέβητα. Ἐτσι τὸ νερὸ δὲν χάνεται γιατί ἐκτελεῖ κλειστὴ κυκλοφορία. Γιὰ τὴν ψύξη τοῦ ψυγείου χρησιμοποιοῦμε νερὸ ἀπὸ ποτάμια ἢ λίμνες, πού τὸ προτιμοῦμε ἀπὸ τὸ θαλάσσιο, γιατί τὸ θαλάσσιο νερὸ ἔχει πολὺ ἀλάτι καὶ ψράσσει συχνὰ τοὺς αὐλοὺς, δηλαδὴ τοὺς στενοὺς σωλῆνες τοῦ ψυγείου, ὥστε νὰ χρειάζωνται συχνὰ καθάρισμα.

Πάντως σὲ χώρες ὅπως ἡ Ἑλλάδα, πού δὲν ἔχουν πολλὰ γλυκὰ νερά, ἡ θάλασσα χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν ψύξη. Ἡ ΔΕΗ στὸ Κερατσίνι καὶ στὸ Ἀλιβέρι ἀντλεῖ θαλάσσιο νερὸ γιὰ τὰ ψυγεῖα της. Ἀν δὲν ὑπάρχει οὔτε θάλασσα κοντὰ στὸ σταθμὸ, ἡ ψύξη γίνεται μὲ μεγάλους ὑδατόπυργους, πού εἶναι κάτι ντεπέζι-τα σὲ μορφή πύργου, μέσα στὰ ὁποῖα τὸ νερὸ τῶν ψυγείων, ἐκτελῶν-τας κλειστὴ κυκλοφορία, ὅπως π.χ. σ' ἓνα ψυγεῖο αὐτοκινήτου, ψύχεται ἀπὸ τὸν ἀέρα. Παράδειγμα τέτοιων ὑδατόπυργων ἔχομε στὴν Πτολεμαῖδα. Γενικά, σ' ὅλους τοὺς σταθμοὺς ἔχομε μεγάλες ἐγκαταστάσεις γιὰ νὰ καθαρίζωμε τὸ νερὸ πού χρησιμοποιοῦμε καὶ γιὰ νὰ τοῦ ἀφαιροῦμε τὰ ἀλάτια πού περιέχει.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν τοποθέτηση τοῦ ψυγείου, ὑπάρχει καὶ μία ἄλλη σπουδαία τροποποίηση, τῆς πρώτης μηχανῆς δηλαδὴ τοῦ παλινδρομικοῦ ἐνδοστρωτήρα, (ὁ ὁποῖος εἶχε ἐλεύθερη ἐξαγωγή στὴν ἀτμόσφαιρα), ἡ τελειοποίηση τοῦ ἀτμοκάζανου. Στὰ πρῶτα ἀτμοκάζα-να τὰ καυσκέρια φεύγοντας ἔπαιρναν ἓνα πολὺ μεγάλο μέρος θερ-



μότητας, πού έτσι χανόταν και μᾶς μείωνε τὴν ἀπόδοση. Σὲ ἓνα σύγχρονο λέβητα, γιὰ νὰ μετριάσωμε τὴν ἀπώλεια αὐτή, τοποθετοῦμε ἓνα *προθερμαντήρα νεροῦ*, δηλαδή μιὰ σειρὰ ἀπὸ στενοὺς αὐλοὺς πού θερμαίνονται ἀπὸ τὰ καυσάερια προτοῦ φύγουν στὴν ἀτμόσφαιρα. Μέσα ἀπὸ τὸν προθερμαντήρα περνᾷ τὸ νερὸ πού τροφοδοτεῖ τὸν λέβητα καὶ έτσι θερμαίνεται, ὅποτε χρειάζεται λιγότερο καύσιμο γιὰ τὴ νέα του ἀτμοποίηση.

Γιὰ τὴν καύση στὸ λέβητα χρειαζόμαστε μεγάλες ποσότητες ἀέρα πού δημιουργοῦμε μὲ ἀνεμιστήρες. Μιὰ ἀκόμα τελειοποίηση στοὺς σημερινοὺς λέβητες εἶναι οἱ *προθερμαντήρες ἀέρος*, οἱ ὅποιοι λειτουργοῦν μὲ τρόπο παρόμοιο μὲ τοὺς προθερμαντήρες νεροῦ, ἀλλὰ θερμαίνουν τὸν ἀέρα πού χρειαζόμαστε στὴν καύση (σχ. 2·2 β).

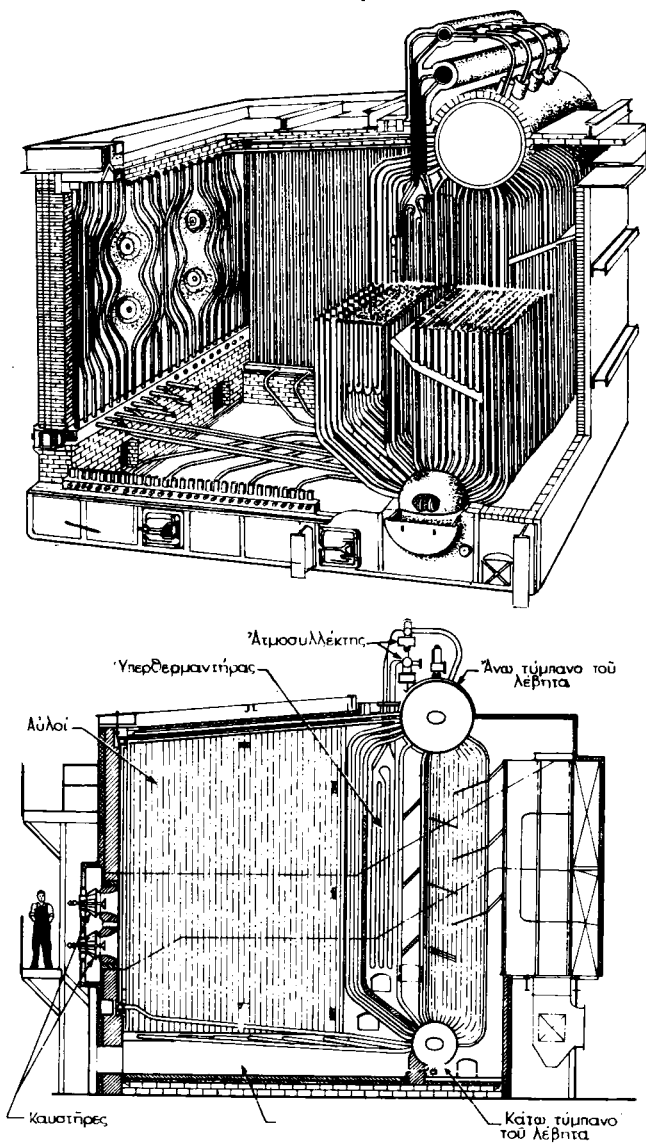
Σημαντικὴ βελτίωση στὴν ἀπόδοση τῶν σημερινῶν λεβήτων ἔχει ἐπέλθει καὶ μὲ τὴ μεγάλη αὐξηση τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πιέσεως πού ἔχομε ἐπιτύχει. Ἐνῶ ἀπὸ τοὺς πρώτους λέβητες παίρναμε ἀτμὸ χαμηλῆς θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, δηλαδή, γύρω στοὺς  $150^{\circ} \text{C}$  ὡς  $250^{\circ} \text{C}$  καὶ  $8 \text{ kg/cm}^2$  ὡς  $12 \text{ kg/cm}^2$ , σήμερα ἔχομε φθάσει σὲ ἀτμὸ  $500^{\circ} \text{C}$  ὡς  $650^{\circ} \text{C}$  καὶ  $60 \text{ kg/cm}^2$  ὡς  $120 \text{ kg/cm}^2$ .

Τὴν αὐξηση αὐτῆς τῆς θερμοκρασίας τὴν ἐπιτυγχάνομε μὲ τὸν *ὑπερθερμαντήρα* πού εἶναι κι' αὐτὸς μιὰ πρόσθετη σειρὰ αὐλῶν, μέσα ἀπὸ τοὺς ὁποίους περνοῦμε τὸν ἀτμὸ καὶ τὸν θερμαίνομε ἐπὶ αὐτὸ ἀπὸ τὴ θερμοκρασία τῆς ἀτμοποιήσεώς του.

Μ' ὅλες αὐτὲς τὶς ἀλλαγές οἱ λέβητες τῶν κεντρικῶν σταθμῶν κατέληξαν νὰ ἀποκτήσουν τεράστιες διαστάσεις καὶ σήμερα ἔχει ὁ καθένας τὸ μέγεθος μιᾶς μέτριας πολυκατοικίας.

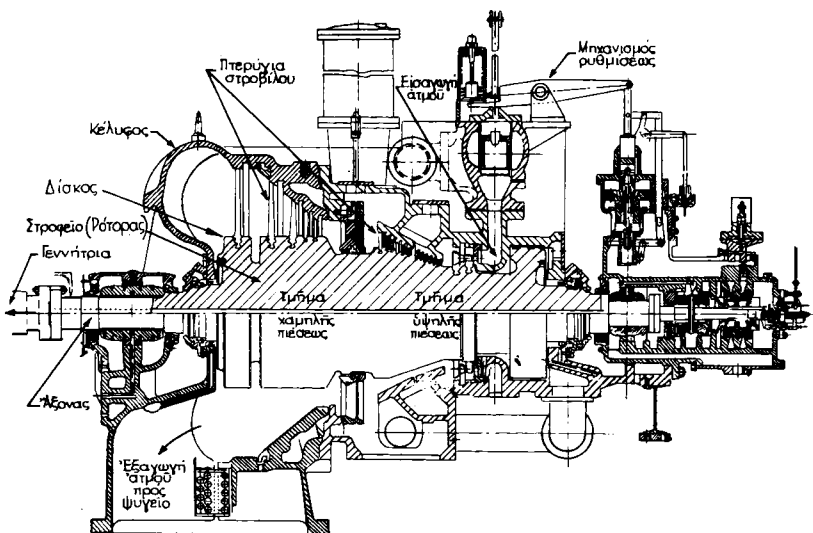
Στὸ σχῆμα 2·3 α φαίνεται σὲ τομὴ καὶ σὲ διάγραμμα ἓνας τέτοιος μεγάλος λέβης.

Τέλος, ἡ ἀρχικὴ *παλινδρομικὴ ἀτμομηχανή* ἔχει ἐξαφανισθῇ ἀπὸ τὰ ἐργοστάσια παραγωγῆς καὶ στὴ θέση της ἔχομε ἀτμοστροβίλους ὅαν αὐτὸν πού φαίνεται σὲ διάγραμμα στὸ σχῆμα 2·3 β.



Σχ. 2·3 α. Μεγάλος λέβητας θερμικοῦ σταθμοῦ σὲ προοπτικὴ καὶ σχεδιαστικὴ μορφή.

Δέν θά περιγράψωμε ἐδῶ τήν κατασκευή καί τήν λειτουργία τοῦ ατμοστροβίλου. Θά περιορισθοῦμε μόνο νά ποῦμε ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓναν ὀριζόντιο ἄξονα, ἐπάνω στὸν ὁποῖο στερεώνονται πολλοὶ δίσκοι. Οἱ δίσκοι αὐτοὶ καταλήγουν στὴν περιφέρειά τους στὰ πτερύγια, πού εἶναι τοποθετημένα ἀκτινωτά. Ὅλο τὸ σῶμα,



Σχ. 2.3β.

πού ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν ἄξονα, τοὺς δίσκους καὶ τὰ πτερύγια, ὀνομάζεται ρότορας ἢ στροφεῖο τοῦ ατμοστροβίλου καὶ κλείνεται γύρω-γύρω ἀπὸ τὸ κέλυφος τοῦ ατμοστροβίλου. Ὁ ατμός πού ἔρχεται ἀπὸ τὸν λέβητα πέφτει ἐπάνω στὰ πτερύγια καί, χάνοντας τὴ θερμική καὶ δυναμική του ἐνέργεια, δηλαδή, τὴ θερμοκρασία καὶ τὴν πίεσή του, δίνει στὸν ρότορα ἀντίστοιχη κινητικὴ ἐνέργεια. Ὁ ρότορας περιστρέφεται μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ πολὺ γρήγορα καὶ κινεῖ τὴν ἡλεκτρογεννήτρια πού εἶναι συνδεδεμένη στὸν ἴδιον ἄξονα.

Ὁ ατμός πού φεύγει ἀπὸ τὸν ατμοστροβίλο συμπυκνώνεται

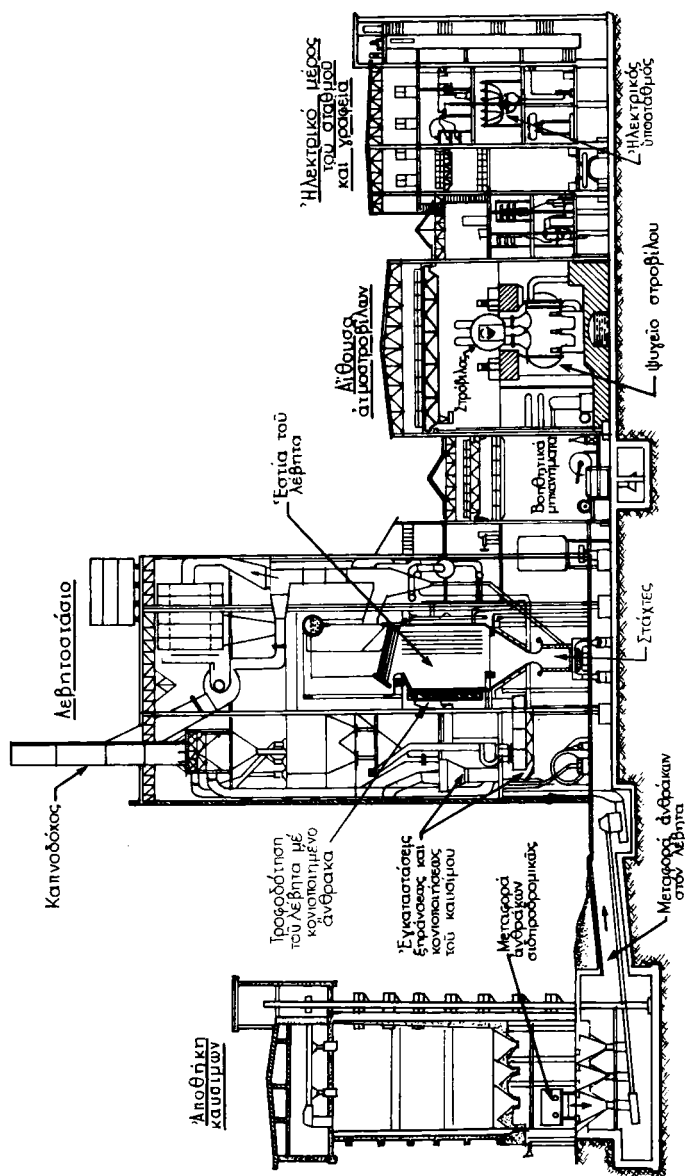
(μεταβάλλεται) σε νερό μέσα στο ψυγείο. Συνήθως έχουμε δύο διαδοχικές σειρές από πτερύγια, οπότε χωρίζουμε τον ρότορα σε δύο κομμάτια: υψηλής και χαμηλής πίεσεως.

Η ταχύτητα περιστροφής του ατμοστροβίλου, όπως ξέρουμε από τη θεωρία των συγχρόνων γεννητριών, πρέπει να είναι σταθερή, για να είναι σταθερή και η συχνότητα του ρεύματος. Γενικά οι ατμοστροβίλοι των κεντρικών σταθμών στην Ελλάδα και την υπόλοιπη Ευρώπη έχουν 3 000 στροφές το λεπτό και δίνουν συχνότητα ρεύματος 50 περιόδων.

Η ισχύς κάθε ατμοστροβίλου είναι πολύ μεγάλη. Οι οικονομικότεροι κατασκευάζονται σήμερα για ισχύες 50 MW ως 100 MW ο καθένας. Η μεγαλύτερη μονάδα που κατασκευάστηκε μέχρι σήμερα στον κόσμο είναι λίγο παραπάνω από 300 MW.

Αυτή είναι σε γενικές γραμμές η πρόσδος που έγινε για να φθάσουμε από την πρωτόγονη ατμοπαραγωγή του οδοστρωτήρα στον σύγχρονο ατμοκίνητο σταθμό. Για να πάρουμε μιαν ιδέα του τί οικονομία έχουμε επιτύχει με όλα αυτά, θα αναφέρουμε ότι ενώ το 1920 χρειαζόμασταν περίπου 1,36 kg γαιάνθρακα για να παράγουμε 1 kWh, σήμερα μερικά καινούργια εργοστάσια χρειάζεται λιγότερο από 0,45 kg.

Έννοείται ότι η εγκατάσταση ενός συγχρόνου σταθμού παραγωγής είναι εξαιρετικά πολύπλοκη γιατί εκτός από τα βασικά της τμήματα, που αναφέραμε παραπάνω, υπάρχει ένα πλήθος από άλλα μηχανήματα που αποτελούν τις λεγόμενες βοηθητικές εγκαταστάσεις παραγωγής. Μερικές από αυτές είναι: το σύστημα με το οποίο τροφοδοτούμε τους λέβητες με καύσιμα και νερό, το σύστημα του καθαρισμού των νερών από τα άλατα, το σύστημα κυκλοφορίας νερού για την ψύξη, το σύστημα κυκλοφορίας λαδιών για την λίπανση, οι άγωγοι του αέρα καύσεως και του ατμού και πολλά άλλα.



Σχ. 2 3 γ.

Τὸ σχῆμα 2·3 γ παριστάνει ἓνα διάγραμμα τομῆς ἐνὸς μεγάλου κεντρικοῦ σταθμοῦ.

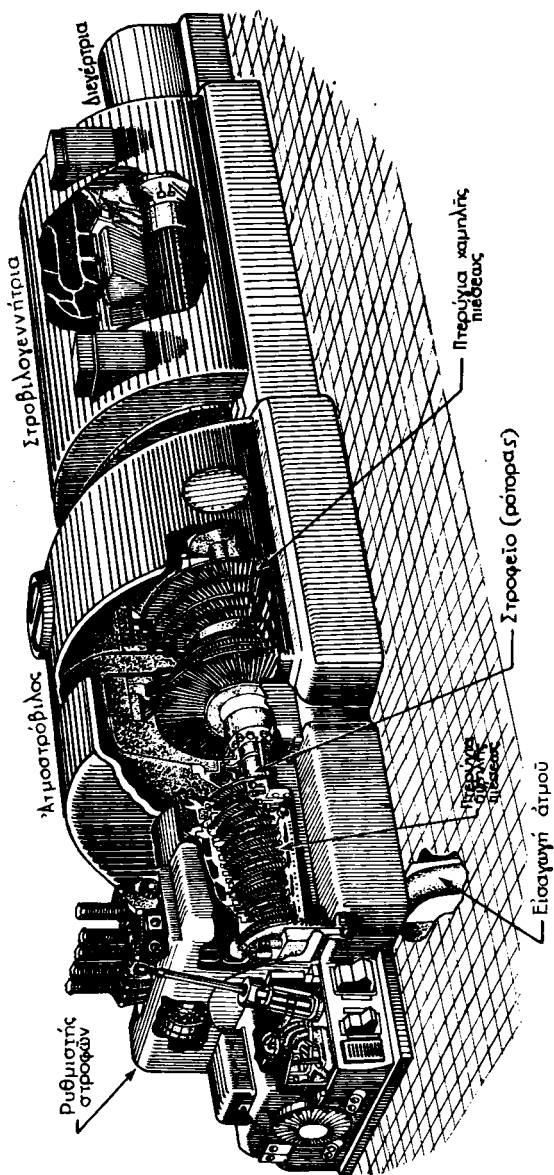
#### 2·4 Τὸ ἠλεκτρικὸ μέρος ἐνὸς μεγάλου θερμικοῦ σταθμοῦ.

Στὸ Κεφάλαιο 1 μιλήσαμε γιὰ τὶς γεννήτριες τῶν θερμικῶν σταθμῶν ποὺ λέγονται *στροβιλογεννήτριες* ἐπειδὴ κινοῦνται ἀπὸ θερμικοὺς ἢ ὑδραυλικοὺς στροβίλους (σχ. 2·4 α).

Γενικὰ αὐτὲς οἱ γεννήτριες εἶναι ἐναλλασσομένου ρεύματος 50 περιόδων, σύγχρονες, τριφασικές, μὲ ῥετιομένο οὐδέτερο, καὶ δίνουν τάση ρεύματος περίπου 15 kV. Ὁ κανονικὸς ἀριθμὸς στροφῶν τοὺς στὸ λεπτὸ εἶναι ὁ ἴδιος μὲ τοῦ ἀτμοστροβίλου, δηλαδὴ 3 000.

Ὅπως ξέρομε ἀπὸ τὸ μάθημα τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν, μιὰ σύγχρονη γεννήτρια ἀποτελεῖται βασικὰ ἀπὸ τοὺς περιστρεφόμενους μαγνητικούς της πόλους μὲ τὰ τυλίγματα τοὺς (*δρομέας στροβιλογεννήτριας*), ποὺ τροφοδοτοῦνται μὲ συνεχὲς ρεῦμα καὶ ἀπὸ τὸ ἀκίνητο τμήμα (*στάτορας στροβιλογεννήτριας*), ποὺ φέρει τὸ τυλίγμα ποὺ παράγει τὸ ρεῦμα. Τὸ συνεχὲς ρεῦμα ποὺ χρειάζεται γιὰ τὴ διέγερση τὸ παράγομε ἀπὸ μιὰ γεννήτρια Σ.Ρ. ποὺ εἶναι συνδεδεμένη στὸν ἴδιον ἄξονα μὲ τὴ στροβιλογεννήτρια καὶ ποὺ λέγεται *διεγέρτρια*. Γιὰ τὴ διέγερση αὐτῆς τῆς γεννήτριας ἔχομε προσαρμοσμένη στὸν ἴδιον ἄξονα μιὰν ἀκόμα ἱγεννήτρια Σ.Ρ., τὴν λεγόμενη *ὁδηγὸ διεγέρτρια*.

Ἐπειδὴ, καθὼς εἴπαμε, οἱ μεγάλοι θερμικοὶ σταθμοὶ τροφοδοτοῦν μακρυνοὺς καταναλωτές, χρειάζεται νὰ ἀνυψώσωμε τὴν τάση γιὰ νὰ μεταφέρωμε τὸ ρεῦμα ποὺ παράγομε. Ἔτσι, συνδέομε τὶς γεννήτριες μὲ καλώδια σὲ μία σειρά *μετασχηματιστῶν*, μὲ τοὺς ὁποίους μεταβάλλομε τὴν τάση τοῦ ρεύματος καὶ τὴν κάνομε ἴση μὲ τὴν τάση μεταφορᾶς. Π.χ. στὸ σταθμὸ τοῦ Ἀλιβερίου ἡ τάση ἀπὸ 15 kV ποὺ παράγεται, γίνεται 150 kV καὶ μὲ τὴν τάση αὐτὴ τὸ ρεῦμα μεταφέρεται πρὸς τὴ μακρυνή του κατανάλωση.



Σχ. 2.4 α.

Συνήθως κάθε γεννήτρια συνδέεται με έναν μετασχηματιστή, δηλαδή στην πραγματικότητα, *στροβίλος, γεννήτρια και μετασχηματιστής* αποτελούν ένα σύνολο, *μια μονάδα*. Τὸν *παράλληλισμό* τῆς μονάδας στὸ δίκτυο τὸν κάνουμε μετὰ τοὺς μετασχηματιστές καὶ ἐκεῖ ποὺ ἀρχίζει ἡ γραμμὴ μεταφοράς. Ὅπως ξέρομε δὲ ἀπὸ τὸ μάθημα τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν, *παράλληλισμό* ὀνομάζομε τὴν σύνδεση μιᾶς γεννήτριας με ἓνα ἡλεκτρικὸ δίκτυο.

Στὸ σχῆμα 2·4β φαίνεται ἡ γενικὴ διάταξη τῆς πορείας ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ ρεῦμα ποὺ παράγομε μέσα σ' ἓνα θερμικὸ σταθμό, ὃ ὁποῖος ἔχει δύο μεγάλες μονάδες.

Παρατηροῦμε ἐκεῖ ὅτι σύμφωνα με ὅσα ἀναφέραμε παραπάνω, παράγομε τὸ ρεῦμα με τάση 15 kV καὶ τὸ ὀδηγοῦμε στοὺς μετασχηματιστές ποὺ ἀνεβάζουν τὴν τάση του στὰ 150 kV γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ τὸ μεταφέρωμε μακριά. Ὁ *παράλληλισμός* τῶν δύο μονάδων γίνεται στοὺς *ζυγούς παράλληλισμοῦ* ποὺ βρίσκονται μετὰ ἀπὸ τοὺς μετασχηματιστές, πρὶν ἀπὸ τὴ γραμμὴ μεταφοράς.

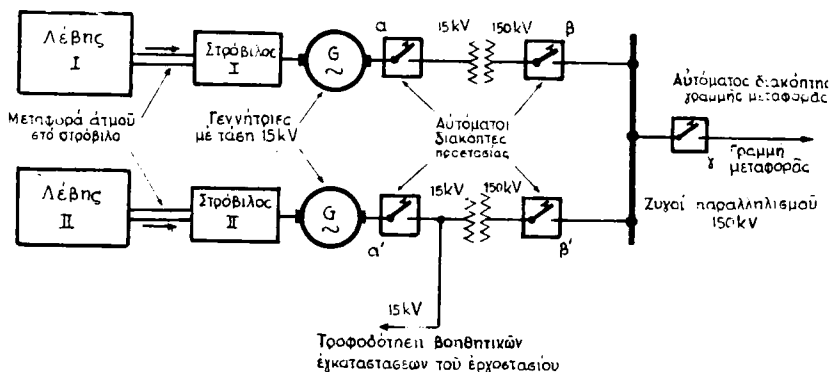
Ἐπαναλαμβάνομε ὅτι ἡ τάση παραγωγῆς ρυθμίζεται με τὴ βοήθεια *αὐτομάτων ρυθμιστῶν*, ποὺ ἐνεργοῦν ἐπάνω στὸ ρεῦμα διεγέρσεως, τὸ ὁποῖο δίνουν οἱ διεγέρτριες τῶν γεννητριῶν. Ἔτσι ἡ τάση παραγωγῆς κρατεῖται *περίπου σταθερή*.

Στὸ σχῆμα 2·4β βλέπομε ἐπίσης τοὺς *αὐτόματους διακόπτες προστασίας*. Ὅπως ξέρομε ὅλοι μας, κάθε ἡλεκτρικὸ κύκλωμα ἔχει ἀνάγκη μιᾶς *προστασίας*, ὅπως π.χ. εἶναι ἡ ἀσφάλεια ποὺ ἔχομε στοὺς πίνακες τῶν σπιτιῶν μας. Ξέρομε ἐπίσης, ὅτι ὅσο πιὸ μεγάλη ἐγκατάσταση ἔχομε, τόσο πιὸ μεγάλη ἀσφάλεια θὰ βάλωμε. Σὲ μερικὲς περιπτώσεις, ὅταν ἡ ἐγκατάσταση εἶναι μεγάλη ἢ ὅταν ἔχομε νὰ προστατεύσωμε ἓνα μοτέρ, βάζομε ἐκτὸς ἀπὸ τὴς ἀσφάλειες καὶ μικροὺς *αὐτόματους διακόπτες* ποὺ παρέχουν καλύτερη προστασία, ἂν τύχη καὶ γίνῃ κανένα βραχυκύκλωμα. Αὐτοὶ λέγονται *διακόπτες*, γιὰτὶ διακόπτουν τὸ κύκλωμα καὶ ἀπομονώνουν τὸ βραχυκύκλωμα, καὶ λέγονται *αὐτόματοι* γιὰτὶ τὸ



άνοιγμά τους δεν το προκαλούμε έμεις, όπως κάνουμε στους συνηθισμένους διακόπτες για τὰ φῶτα τῶν σπιτιῶν, ἀλλὰ γίνεται αὐτόματα, δηλαδή, μόνο του.

Μιά ἀνάλογη προστασία χρειαζόμαστε καὶ στὰ ἐργοστάσια μας. Ἐπειδὴ ὅμως ἐκεῖ ἡ ἰσχύς εἶναι πολὺ μεγάλη, οἱ αὐτόματοι διακόπτες μας εἶναι ὁλόκληρα μηχανήματα, πρὸς μοιάζουν λίγο στὴ μορφή μὲ τοὺς μετασχηματιστές.



Σχ. 2.4 β.

Πρέπει νὰ θυμώμαστε πάντα κατὰ τὸν ἀφορὰ σὲ ὅλα τὰ συστήματα προστασίας. Γιὰ νὰ μᾶς προστατεύσουν ἀπὸ ζήμιες, πρὸς ἃς μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ ἓνα βραχυκύκλωμα, πρέπει νὰ τὰ ἔχουμε τοποθετημένα ἀνάμεσα στὴν παραγωγή καὶ στὴν θέση πρὸς ἣν πᾶρχει πιθανότητα νὰ γίνῃ βραχυκύκλωμα.

Ἔτσι λοιπὸν στὸ σχῆμα 2.4 β ἔχουμε τοὺς αὐτόματους α καὶ α' γιὰ νὰ προστατεύουμε τίς γεννήτριες ἀπὸ γίνῃ βραχυκύκλωμα στοὺς μετασχηματιστές, τοὺς αὐτόματους β καὶ β' γιὰ νὰ προστατεύσουμε τοὺς μετασχηματιστές ἀπὸ γίνῃ βραχυκύκλωμα στοὺς ζυγούς καὶ τὸν αὐτόματο γ γιὰ νὰ προστατεύσουμε ὅλο τὸ σταθμὸ ἀπὸ γίνῃ βραχυκύκλωμα στὴ γραμμὴ μεταφοράς. Τὸ ἄνοιγμα καὶ

τὸ κλείσιμο στοὺς διακόπτες αὐτοὺς γίνεται αὐτόματα, χάρις σὲ κάτι μικρὰ ὄργανα ποὺ λέγονται ρελαί ἢ ρωστήρες ἢ ἠλεκτρονόμοι καὶ ποὺ ἡ λειτουργία τους στηρίζεται στὴν ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη. Σὲ κάθε κεντρικὸ σταθμὸ ἔχομε ἀτέλειωτη, σειρὰ ἀπὸ ρελαί ποὺ μᾶς βοηθοῦν νὰ ἐκτελοῦμε ὅλες τὶς αὐτόματες λειτουργίες καὶ τοὺς χειρισμούς, τὶς τηλεμετρήσεις (μετρήσεις ἀπὸ μακριὰ) καὶ ἄλλες παρόμοιες λεπτές ἐργασίες.

Τέλος, στὸ ἴδιο σχῆμα βλέπομε ὅτι μὲ μιὰ γραμμὴ μέσης τάσεως, δηλαδή μὲ 15 k V, τροφοδοτοῦμε τὶς βοηθητικὲς ἐγκαταστάσεις τοῦ κεντρικοῦ σταθμοῦ. Ὅπως ἀναφέραμε στὴν προηγούμενη, παράγραφο, εἶναι ἄπειρες αὐτὲς οἱ βοηθητικὲς ἐγκαταστάσεις. Περιλαμβάνουν τὰ μηχανήματα τῆς τροφοδοτήσεως τῶν λεβήτων μὲ καύσιμα, νερὸ καὶ ἀέρα, τὶς ἀντλίες ποὺ κυκλοφοροῦν τὸ νερὸ τῶν ψυγείων, τὶς ἀντλίες ποὺ κυκλοφοροῦν τὰ λάδια γιὰ τὴ λίπανση, καὶ τὸ νερὸ γιὰ τὴν ψύξη τῶν λαδιῶν, τοὺς διάφορους γερανοὺς τοῦ ἐργοστασίου, τοὺς ἀνελκυστήρες (ἀσανσέρ) καὶ τὸν φωτισμό. Ἐπίσης μὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια κινοῦμε ἀπὸ μακριὰ τοὺς διάφορους ρυθμιστὲς τῆς λειτουργίας τῶν μονάδων, ἐκτελοῦμε τοὺς κατ'ἀλλαγὴν χειρισμοὺς στὰ ἠλεκτρικὰ κυκλώματα καὶ γενικὰ ἓνα σωρὸ ἄλλες σπουδαῖες δουλειές.

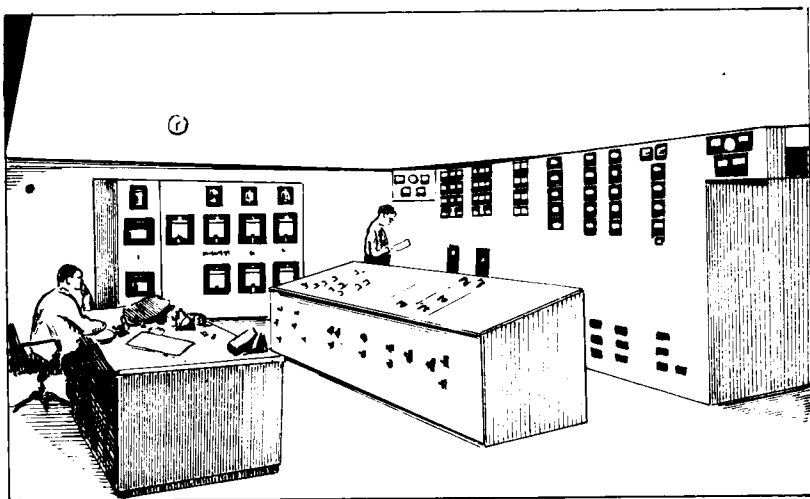
Γιὰ νὰ ἔχομε ἀπόλυτα ἐξασφαλισμένη τὴ λειτουργίαν ὅλων αὐτῶν τῶν βοηθητικῶν ἐγκαταστάσεων, σὲ πολλὰ ἐργοστάσια διαθέτομε μίαν εἰδικὴ μονάδα παραγωγῆς, ποὺ εἶναι βέβαια μικρότερη ἀπὸ τὶς κύριες μονάδες, καὶ ποὺ ὀνομάζεται βοηθητικὴ μονάδα παραγωγῆς. Ἐπὶ πλέον ἔχομε καὶ μιὰ μεγάλη συστοιχία συσσωρευτῶν, ὅπως εἶναι: οἱ συστοιχίες ποὺ θὰ περιγράψωμε στὸ Κεφάλαιο 4. Τὴν συστοιχία αὕτὴ τὴν ἔχομε ὡς πρόσθετη, ἐφεδρεία γιὰ τὴν τροφοδότηση τῶν βοηθητικῶν τοῦ ἐργοστασίου.

Γιὰ νὰ διευκολύνωμε ὅλες αὐτὲς τὶς ἐργασίες καὶ γενικὰ τὴν παρακολούθησιν τῆς λειτουργίας ἐνὸς κεντρικοῦ σταθμοῦ, συγκεντρώνομε τὰ ὄργανα ποὺ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ χειριζόμεσθε τὰ μη-

χανήματα τοῦ σταθμοῦ μέσα σὲ μιὰ αἴθουσα, ποὺ ὀνομάζεται αἴθουσα ἐλέγχου (σχ. 2.4 γ).

Μὲ τὸ χειρισμὸ τῶν διακοπτῶν ποὺ ἔχομε ἐκεῖ καὶ μὲ τὰ ρελαὶ ἐπιτυγχάνομε, π.χ., νὰ ἀνοίγοκλείνωμε τὴ βάννα τοῦ ἀτμοῦ ὁ ὁποῖος μπαίνει στὸ στρόβιλο καὶ ἔτσι νὰ αὐξομειώνωμε τὶς στροφές του ἢ νὰ ρυθμίζωμε τὴν τάση παραγωγῆς στὴ στροβιλογεννήτρια.

Μὲ διάφορα θερμόμετρα ποὺ ἔχομε ἐκεῖ, μετροῦμε ἀπὸ μα-



Σχ. 2.4 γ.

κρυὰ τὴ θερμοκρασίᾳ τοῦ ἀτμοῦ ἢ τοῦ λαδίου τῆς λιπάνσεως μιᾶς μονάδας καὶ μὲ μανόμετρα μετροῦμε τὴν πίεση τοῦ ψυγείου ἢ τοῦ ἀτμοῦ.

Τέλος, μέσα στὴν αἴθουσα ἐλέγχου ἔχομε ἐγκατεστημένα τὰ ὄργανα τῶν ἡλεκτρικῶν μετρήσεων, ὅπως εἶναι αὐτὰ ποὺ θὰ περιγράψωμε στὸ Μέρος 4, μὲ τὰ ὁποῖα μετροῦμε τὴν ἔνταση σὲ κάθε φάση, στὴ γεννήτρια ἢ στοὺς ζυγούς, τὴν ἰσχύ ποὺ παράγωμε κάθε στιγμῇ, ἢ τὴν ἐνέργεια ποὺ ἔχομε δώσει στὸ Σύστημα μέσα σ' ἓνα ὀρισμένο διάστημα.

Μὲ λίγα λόγια, ἡ αἰθουσα ἐλέγχου ἑνὸς κεντρικοῦ σταθμοῦ εἶναι τὸ Γενικὸ Ἐπιτελεῖο ἀπὸ τὸ ὁποῖο δίνονται ὅλες οἱ ἐντολὲς γιὰ τὴ λειτουργία τοῦ σταθμοῦ καὶ στὸ ὁποῖο διαβιβάζονται κάθε στιγμὴ ἀναφορὲς γιὰ τὴν κατάστασι τῶν κυριοτέρων μηχανημάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΝΤΗΖΕΛ

#### 3.1 Γενικές έννοιες.

Δεν πρόκειται εδώ να περιγράψουμε τις Μηχανές Έσωτερικής Καύσεως (ΜΕΚ) και τη λειτουργία τους, παρά σέ γενικές μόνο γραμμές, μιὰ και είναι γνωστές από άλλα μαθήματα.

Επειδή όμως, όπως έχουμε αναφέρει στα προηγούμενα, πολλοί μικροί σταθμοί παραγωγής στην Ελλάδα θα εξακολουθήσουν για πολλά χρόνια να είναι εξοπλισμένοι με μηχανές Ντίζελ. Είναι σκόπιμο να αποκτήσουν και οι ηλεκτρολόγοι μιὰ καθαρή ιδέα πάνω σ' αυτό το είδος των κινητηρίων μηχανών.

Στις μηχανές έσωτερικής καύσεως, που για συντομία τις ονομάζουμε και ΜΕΚ, ή παραγωγή της θερμότητας από το καύσιμο και ή μετατροπή της σέ έργο γίνονται στον ίδιο χώρο και όχι χωριστά, όπως συμβαίνει στις ατμοκίνητες εγκαταστάσεις, όπου αντίστοιχα χρησιμοποιείται ο λέβης και ή ατμομηχανή ή ο ατμοστρόβιλος.

Στο γεγονός τουτο, που είναι χαρακτηριστικό για τις μηχανές αυτές, όφείλεται και ή ονομασία τους. Με το «έσωτερική καύση» έννοούμε ότι ή καύση του καυσίμου γίνεται μέσα στην ίδια τη μηχανή από την όποία παίρνουμε το έργο και όχι έξωτερικά, σέ άλλο χώρο (λέβητα). Όστε μιὰ ΜΕΚ κάνει μαζί και τις δύο δουλειές που σέ μιὰ ατμοκίνητη εγκατάσταση γίνονται χωριστά.

Εξ αίτίας της χαρακτηριστικής αυτής ιδιότητας των ΜΕΚ, μπορούμε άμέσως να συμπεράνουμε όρισμένα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους σέ σύγκριση με τις ατμοκίνητες εγκαταστάσεις.

Είναι δηλαδή φανερό ότι οι *MEK* θα είναι ελαφρότερες, μικρότερες και φθηνότερες από έναν ατμοστρόβιλο με τον λέβητά του, για ίση ισχύ βέβαια. Μπορούμε να τις μεταφέρουμε σχετικώς εύκολα από σταθμό σε σταθμό ανάλογα με τις ανάγκες μας, πράγμα αδύνατο σχεδόν σε ατμοκίνητες εγκαταστάσεις.

Άλλο πλεονέκτημα που θα δικαιολογήσουμε παρακάτω, όταν θα εξηγήσουμε τη λειτουργία των μηχανών Ντίζελ, είναι ότι μπορούμε άμέσως να τις θέσουμε σε κίνηση, ενώ για να θερμάνουμε και να ανεβάσουμε την πίεση του ατμού, ώστε να θέσουμε σε λειτουργία μιαν ατμοκίνητη μονάδα, χρειαζόμαστε τουλάχιστον 1 ως 2 ώρες. Χάρη σ' αυτό χρησιμοποιούμε τις Ντίζελοκίνητες μονάδες και σαν έφεδρικές μέσα στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής, για να τροφοδοτούμε τα βοηθητικά μηχανήματα. Τις μηχανές Ντίζελ τις θέτουμε σε κίνηση άμέσως μόλις, για μιαν οποιαδήποτε αίτία, ακινητήσουν οι κύριες μονάδες παραγωγής.

Επίσης οι σταθμοί που έχουν Ντίζελ είναι σχετικά μικροί, χωρίς πολύπλοκες εγκαταστάσεις, όπως οι ατμοκίνητοι, και απαιτούν λιγότερο νερό για την ψύξη τους, πράγμα πολύ πλεονεκτικό στην Ελλάδα όπου το νερό δεν είναι άφθονο.

Τέλος, οι *MEK* έχουν μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως απ' ό,τι οι ατμομηχανές ή οι ατμοστρόβιλοι, στις μικρές και μέσες ισχύεις βέβαια (μέχρι 5 000 kW).

Θα αναρωτηθούμε τώρα: Αφού είναι τόσο σημαντικά τα πλεονεκτήματα των *MEK*, γιατί δεν τις χρησιμοποιούμε αποκλειστικά στους σταθμούς παραγωγής αλλά έχουμε μόνο σχεδόν ατμοστρόβιλους, τουλάχιστον στα μεγάλα εργοστάσια;

Η απάντηση είναι απλή: Τα παραπάνω πλεονεκτήματα των *MEK* αλγθεύουν μόνο για τις μικρές ή τις μέσες ισχύεις, δηλαδή περίπου μέχρι 5 000 kW ανά μονάδα. Απ' εκεί και πάνω όσο ανεβαίνουμε σε ισχύ, τόσο ο ατμοστρόβιλος γίνεται καλύτερος, αποδοτικότερος, ελαφρότερος και οικονομικότερος.

Ἄλλωστε παρατηροῦμε καὶ σοβαρὰ μειονεκτήματα στὶς MEK, ποὺ γίνονται σημαντικότερα καὶ δυσμενέστερα ὅσο ἀνεβαίνομε σὲ ἰσχύ.

Ἀφοῦ ἔχομε σ' αὐτὲς κοινὸ θάλαμο καύσεως καὶ παραγωγῆς ἔργου, εἶναι προφανὲς ὅτι θὰ προκύπτουν πολὺ πιδὲ ἔντονες φθορές. Ἡ *συντήρηση*, λοιπόν, ποὺ εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ κάνωμε σὲ μιὰ MEK, εἶναι πολὺ πιδὲ συχνή καὶ ἡ ἐπίβλεψή μας πιδὲ συστηματική, ἀπ' ὅ,τι θὰ κάναμε σὲ μιὰ ἀτμοκίνητη ἐγκατάσταση.

Τὰ παραπάνω σημαίνουν πολυδάπανο εἰδικευμένο προσωπικὸ καὶ μάλιστα μεγαλύτερο σὲ ἀριθμὸ ἀπ' ὅ,τι σὲ περίπτωσι ἀτμοστροβίλων.

Παράδειγμα τοῦ πόσο συχνὴ συντήρησι ἀπαιτοῦν οἱ MEK ἔχομε στ' αὐτοκίνητα, ποὺ ὅλοι μας γνωρίζομε πόσο τακτικὰ παρουσιάζουν ἀνωμαλίες καὶ εἴμαστε συχνὰ ὑποχρεωμένοι νὰ τὰ δίνωμε σὲ συνεργεῖα γιὰ ἐπισκευή, ἐνῶ τοὺς ἀτμοστροβίλους τοὺς ἐπιθεωροῦμε μόνο μιὰ φορὰ τὸν χρόνον.

Πάντως, ἐπαναλαμβάνομε ὅτι γιὰ μικρὰς ἰσχεῖς μέχρι 1 000 *kW* τουλάχιστον, ὅπως εἶναι ἡ γενικὴ περίπτωσι τῶν τοπικῶν σταθμῶν παραγωγῆς, δὲν ὑπάρχει θέμα ἐκλογῆς. Ἔχομε πάντα MEK.

### 3·2 Περιγραφή τής μηχανής Ντίζελ (Diesel).

Ἄς δοῦμε τώρα ποιὰ εἶναι ἡ μορφή καὶ ἡ λειτουργία μιᾶς MEK καὶ μάλιστα τῆς *πετρελαιομηχανῆς*, ποὺ ὀνομάζεται καὶ *μηχανὴ Ντίζελ*, ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ ἐφευρέτη της, γιὰτὶ τὸ ἄλλο εἶδος τῶν MEK, τὶς *βενζινομηχανές*, δὲν τὶς χρησιμοποιοῦμε ποτὲ σὲ ἐργοστάσια παραγωγῆς μιὰ καὶ εἶναι ἀντισυικονομικές.

Ἡ διάκρισι αὐτὴ τῶν MEK σὲ πετρελαιομηχανές καὶ βενζινομηχανές δὲν εἶναι μόνο σχετικὴ μὲ τὸ εἶδος τοῦ καυσίμου μὲ τὸ ὅποιο τὶς τροφοδοτοῦμε, ἀλλὰ εἶναι σχετικὴ καὶ μὲ τὴν κατασκευὴν

και τον τρόπο της λειτουργίας τους, που σε κάθε τύπο είναι τελείως διαφορετικός.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα στις Ντίζελ είναι ότι η ανάφλεξη του καυσίμου δεν γίνεται με τεχνητό μέσον, όπως στις βενζινομηχανές (με σπινθήρα), αλλά με την ύψηλή θερμοκρασία που προκύπτει από την μεγάλη συμπίεση του αέρα της καύσεως.

Στο σχήμα 3·2 α βλέπουμε σχηματικά τα βασικά στοιχεία που αποτελούν τη μηχανή Ντίζελ. Μπορούμε, ακολουθώντας τη διαδρομή του πετρελαίου με το οποίο τροφοδοτούμε τη μηχανή μας και ψάχνοντας ως το σημείο απ' όπου παίρνουμε το μηχανικό έργο, να δούμε τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής αυτής.

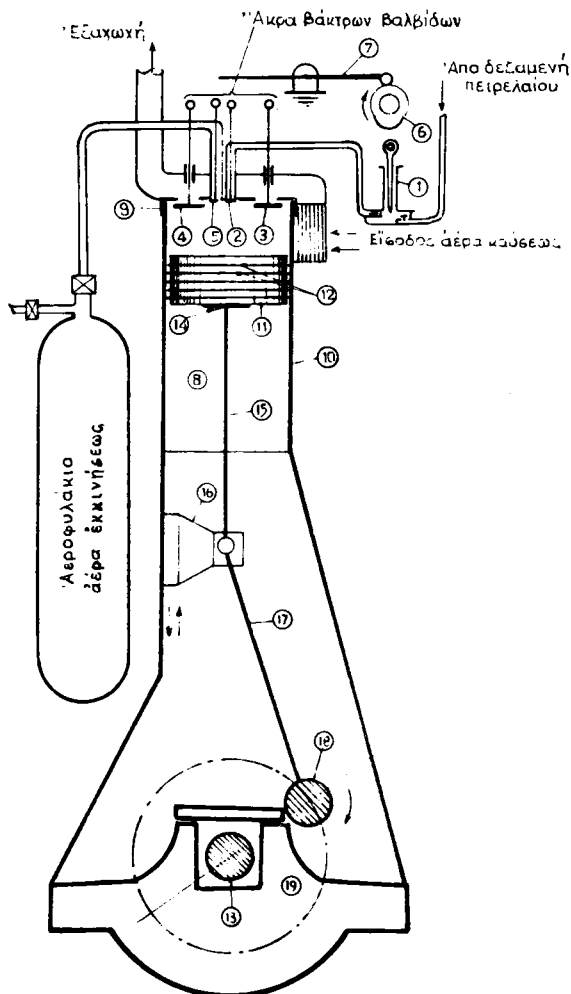
Το πετρέλαιο έρχεται από τη δεξαμενή του, με τη βοήθεια της αντλίας πετρελαίου (1) και μέσω του καυστήρα (μπέκ) (2) σκορπίζεται μέσα στον χώρο του κυλίνδρου (8). Ο χώρος αυτός αποτελεί τον θάλαμο μέσα στον οποίο γίνεται η καύση και παράγεται συγχρόνως το έργο.

Ο κύλινδρος περιρρίζεται στο επάνω μέρος από το πώμα (κεφαλή) (9), στα πλάγια από το χιτώνιο (υποκάμισο) (10) και στο κάτω μέρος από το έμβολο (11), που παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο και τον κλείνει αεροστεγώς με τη βοήθεια ειδικών ελατηρίων (12). Τα ελατήρια αυτά είναι τοποθετημένα μέσα σε αυλάκια τα οποία υπάρχουν για τον σκοπό αυτό στην κυλινδρική επιφάνεια του εμβόλου.

Η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε κυκλική κίνηση του άξονα ή στροφάλου (13) της μηχανής, που στρέφεται συγχρητημένος από τα έδρανα (κουσινέττα) (19), με τον εξής μηχανισμό: Στον πεύρο (14) του εμβόλου στερεώνουμε το βάκιρο (15) του κυλίνδρου που μεταδίδει την παλινδρομική κίνηση στο ζυγώμα (16). Στο άκρο του ζυγώματος στερεώνουμε την μιά άκρη του διωστήρα (17), ενώ το άλλο άκρο το ενώνουμε με το κομβίο του στροφάλου (18). Όπως βλέπουμε στο σχήμα 3·2 α.



μπορούμε με τόν μηχανισμό αυτόν νά μετατρέπουμε τήν παλινδρόμηση τοῦ ἐμβόλου σέ περιστροφή τοῦ στροφάλου.



Σχ. 3-2 α. Σχηματική παράσταση τετράχρονης μηχανής Ντήζελ.

Ἄς δοῦμε τώρα πῶς με τήν καύση τοῦ πετρελαίου στὸν κύλινδρο ἐπιτυγχάνουμε τήν παλινδρόμηση τοῦ ἐμβόλου.

Για να καταλάβουμε καλύτερα τη λειτουργία, ας φαντασθούμε ότι η μηχανή μας κινείται και ότι το έμβολο είναι στο κατώτερο σημείο. Ο χώρος του κυλίνδρου είναι γεμάτος από καυσάεριο που έχουν σχηματισθεί από την καύση, ή οποία έχει γίνει προηγουμένως στον κύλινδρο με τον τρόπο που θα περιγράψουμε.

Ανεβαίνοντας το έμβολο προς τα επάνω, σπρώχνει τα αέρια αυτά, που μάς είναι πια άχρηστα, προς την ατμόσφαιρα, μέσω της βαλβίδας εξαγωγής (4) που κρατούμε ανοικτή.

Όταν το έμβολο φθάση στο ανώτερο σημείο του κυλίνδρου, κλείνουμε την βαλβίδα εξαγωγής και ανοίγουμε την βαλβίδα εισαγωγής (3), όποτε με το έμβολο που κινείται προς τα κάτω, αναρροφάται στον κύλινδρο καθαρός αέρας από την ατμόσφαιρα, μέσω ενός φίλτρου καθαρισμού.

Κλείνουμε την βαλβίδα εισαγωγής όταν το έμβολο, αφού φθάση στο κατώτερο σημείο της διαδρομής του, αρχίση να ξαναανεβαίνει. Τώρα όμως η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή, επομένως ο αέρας αυτός συμπιέζεται μέσα στον κύλινδρο και η θερμοκρασία του ανεβαίνει μαζί με την πίεση, όπως γνωρίζουμε από την Φυσική.

Όταν το έμβολο πλησιάση στο ανώτερο σημείο της διαδρομής του, στέλνουμε προς τον κύλινδρο, για λίγο διάστημα, πετρέλαιο με ύψηλή πίεση (περίπου 300 έως 700 kg/cm<sup>2</sup>) από την αντλία πετρελαίου μέσω του καυστήρα (μπέκ), που το διασκορπίζει σε λεπτά σταγονίδια.

Το πετρέλαιο αυτό συναντώντας τον θερμό και πεπιεσμένο αέρα καύσεως, καίεται άμέσως ή δε απότομη καύση του, που μοιάζει με μια μικρή έκρηξη, σπρώχνει το έμβολο προς τα κάτω παράγοντας το έργο της μηχανής. Έργο παράγεται σ' όλο το διάστημα μέχρις ότου το έμβολο φθάση το κατώτερο σημείο της διαδρομής του. Τότε πάλι ανοίγουμε την βαλβίδα εξαγωγής για να διώξουμε τα άχρηστα καυσάερια και ο κύκλος της λειτουργίας επανα-

λαμβάνεται και συνεχίζεται όσον καιρό τροφοδοτούμε τη μηχανή με καύσιμο.

Τò άνοιγμα ή τò κλείσιμο τών βαλβίδων, καθώς και τή λειτουργία τής άντλίας πετρελαίου, τὰ προκαλούμε στις στιγμές πού πρέπει, αυτόματα, με τή βοήθεια τού έκκεντροφόρου άξονα (6) πού είναι βοηθητικός άξονας και παίρνει τήν κίνησή του άπό τόν στροφαλοφόρο άξονα τής μηχανής. Ο έκκεντροφόρος άξονας έπιδρά στις βαλβίδες σέ όρισμένες στιγμές μέσω των *μοχλών κινήσεως* (7).

Όλο τò σύστημα τών βαλβίδων, καυστήρα (μπέκ), μοχλών κλπ. τò ονομάζουμε *σύστημα διανομής* τής μηχανής και συνήθως είναι τοποθετημένο στò πώμα (κεφαλή) τής μηχανής.

Συνοφίζοντας τὰ παραπάνω λέμε ότι κατά τή λειτουργία τής μηχανής διακρίνουμε τέσσερις χαρακτηριστικές διαδρομές τού έμβόλου πού επαναλαμβάνονται κυκλικά. Έχουμε δηλαδή διαδοχικά τες διαδρομές: *έξαγωγής, αναρροφήσεως, συμπίεσεως - καύσεως και έκτονώσεως*. Παραγωγή έργου έχουμε μόνο στην τελευταία άπ' αυτές, ενώ οι τρεις άλλες είναι βοηθητικές.

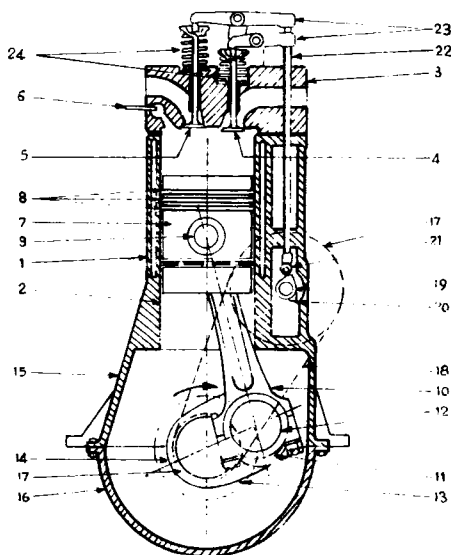
Ο κύκλος, λοιπόν, λειτουργίας τής μηχανής Ντίζελ πού περιγράψαμε, περιλαμβάνει τέσσερις διαδρομές. Γι' αυτό τόν ονομάζουμε *τετράχρονο κύκλο* και τήν αντίστοιχη MEK τήν ονομάζουμε *τετράχρονη*.

Στò σχήμα 3.2 β βλέπουμε σέ τομή τήν πραγματική μορφή μιās *τετράχρονης μηχανής Ντίζελ*.

Υπάρχει και άλλος ένας παρόμοιος κύκλος λειτουργίας πού έκτελείται: όμως σέ δύο διαδρομές. Οι μηχανές πού ακολουθούν αυτόν τόν κύκλο λειτουργίας λέγονται: *δίχρονες μηχανές Ντίζελ*. Σ' αυτές, ή έκτόνωση και ή έξαγωγή γίνονται κατὰ τή διάρκεια τής μιās διαδρομής, ενώ ή είσαγωγή και ή συμπίεση κατὰ τή διάρκεια τής άλλης. Έχουμε δηλαδή παραγωγή έργου σέ κάθε παλινδρόμηση τού έμβόλου, ενώ στις τετράχρονες έχουμε σέ κάθε δύο παλινδρομήσεις. Όστε, ή *δίχρονη μηχανή, για τήν ίδια ισχύ,*

είναι μικρότερη, ελαφρότερη και φθηνότερη από την τετράχρονη. Έχει όμως μικρότερο βαθμό αποδόσεως απ' αυτήν.

Οι κατασκευαστικές διαφορές ανάμεσα στις δίχρονες και στις τετράχρονες μηχανές είναι κυρίως οι εξής:



Υπόμνημα: 1. Κύλινδρος. 2. Χιτώνιο. 3. Πώμα. 4. Βαλβίδα εισαγωγής. 5. Βαλβίδα εξαγωγής. 6. Κανστήρας (μπέκ) πετρελαίου. 7. Έμβολο. 8. Έλατήρια έμβολου. 9. Πείρος έμβολου. 10. Διωστήρας. 11. Τριβάς κομβίου του στροφάλου. 12. Κομβίο του στροφάλου. 13. Παρειά στροφάλου. 14. Άξονας. 15. Σκελετός της μηχανής. 16. Στροφαλοφόρος θάλαμος. 17. 18. Άλυσίδα για τη μετάδοση της κινήσεως στον εκκεντροφόρο άξονα. 19. Εκκεντροφόρος άξονας. 20. Έκκεντρα. 21. Τρόχιλος. 22. Βάκτρα μεταδόσεως κινήσεως στις βαλβίδες. 23. Μοχλοί βαλβίδων. 24. Έλατήρια βαλβίδων.

Σχ. 3-2β. Τετράχρονη μηχανή Ντιζελ.

Οι δίχρονες μηχανές αντί για βαλβίδες έχουν συχνά θηρίδες, δηλαδή τρύπες, στην κυλινδρική επιφάνεια των χιτωνίων τους, οι οποίες ανάλογα με τη θέση του έμβολου μένουν ανοικτές ή κλειστές. Είναι δὲ δυνατόν νὰ ἔχουμε συγχρόνως καὶ τοὺς δύο

τύπους, δηλαδή μηχανές με θυρίδες εισαγωγής και βαλβίδες έξαγωγής (σπάνια) ή με θυρίδες έξαγωγής και βαλβίδες εισαγωγής.

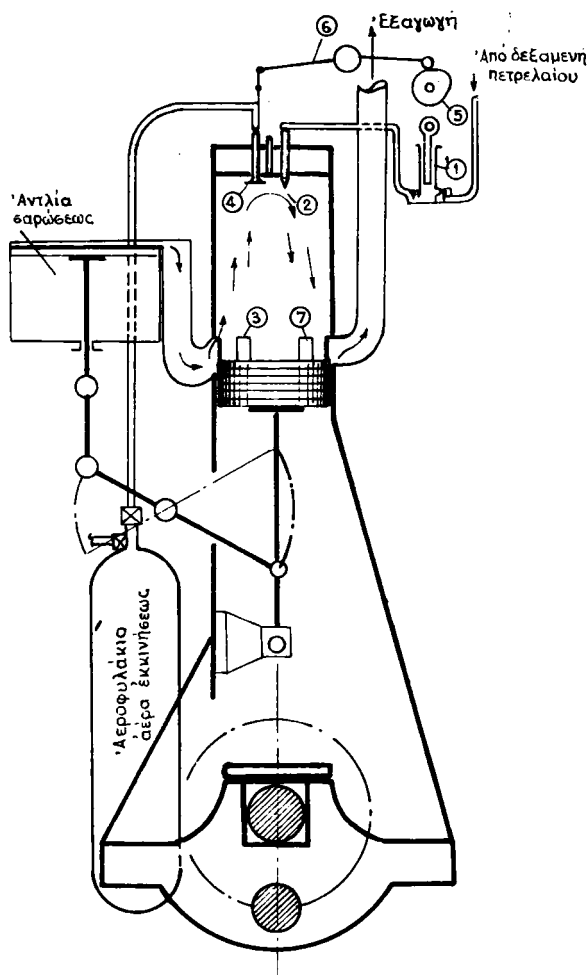
Η δεύτερη βασική διαφορά των δίχρονων μηχανών είναι ότι σ' αυτές έχουμε ανάγκη να διώχνουμε τα καυσαέρια και να εισάγουμε καθαρό αέρα καύσεως πολύ γρήγορα, έφ' όσον δέν διαθέτουμε ιδιαίτερες διαδρομές έμβόλου για τούτο, όπως στις τετράχρονες.

Υπερνικούμε τή δυσκολία αυτή χρησιμοποιώντας πεπιεσμένο αέρα μικρής πίεσεως (λιγότερο από  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ ) που παίρνουμε με μιάν ιδιαίτερη αεραντλία, ή όποία λέγεται *άντλία σαρώσεως* (ή *αποπλύσεως*) και κινείται από τήν ίδια τή μηχανή. Λέ τής ισχύος που χρειάζόμαστε για τήν κίνηση τής άντλίας αυτής, ο βαθμός αποδόσεως τής δίχρονης μηχανής είναι μικρότερος από τόν βαθμό αποδόσεως τής τετράχρονης.

Τò σχήμα 3·2 γ παριστάνει σχηματικά μιάν δίχρονη πετρελαιομηχανή.

Για να κλείσωμε τήν περιγραφή των μηχανών Ντήζελ, θα αναφέρωμε ότι για τò ξεκίνημα των μηχανών αυτών μεταχειριζόμαστε συνήθως πεπιεσμένο αέρα, που διαθιβάζομε στο κύλινδρο από μιάν ιδιαίτερη βαλβίδα, τήν *βαλβίδα έκκινήσεως* (δ τοῦ σχήματος 3·2 α ή 4 τοῦ 3·2 γ). Τόν πεπιεσμένο αέρα τόν παίρνουμε από τήν ίδια τή μηχανή, χρησιμοποιώντας έναν από τούς κύλινδρους τής σάν αεροσυμπιεστή. Για τò σκοπό αυτό διακόπτομε κατά τήν διάρκεια τής λειτουργίας τής μηχανής τήν παροχή καυσίμου στόν κύλινδρο αυτόν και τόν συνδέομε με τò αεροφυλάκιο. Τò έμβολο με τίς παλινδρομήσεις του συμπιέζει τόν αέρα και έτσι αυτός αποθηκεύεται σ' ένα ειδικό αεροφυλάκιο.

Πρέπει να προσέξωμε ώστε να μὴ χαθή η πίεση αυτού τοῦ αέρα, γιατί τότε δέν έχουμε τρόπο να ξεκινήσωμε τή μηχανή, μα: παρὰ μόνο μεταφέροντας από άλλο μέρος φιάλη πεπιεσμένου αέρα. Εκτός πια αν τήν θέσωμε σέ κίνηση με ήλεκτρική μέθοδο (συρρο-ρευτές και μίζα) όπως τίς βενζινομηχανές.



Ύπομνημα: 1. Αντλία πετρελαίου, 2. Καυστήρας (μπέκ), 3. Θυρίδες αέρα εισόδου, 4. Βαλβίδα εκκίνησης, 5. Έκκεντροφόρος άξονας, 6. Μοχλός μεταβολής κινήσεως στίς βαλβίδες, 7. Θυρίδες εξαγωγής.

Σχ. 3-2 γ. Σχηματική παράσταση δίχρονης πετρελαιομηχανής.

Πρέπει πάντα να θυμώμαστε κάτι που δυστυχώς πολλοί δεν γνωρίζουν. *Απαγορεύεται να βάζουμε σε λειτουργία πετρελαιομηχανή χρησιμοποιώντας όξυγόνο αντί για πεπιεσμένο αέρα.* Εκτός του ότι η μηχανή μας φθείρεται ανεπανόρθωτα, υπάρχει και μεγάλη πιθανότητα έκρήξεως.

Ας αναφέρουμε τέλος τα κύρια χαρακτηριστικά με τα οποία πρέπει να γνωρίζουμε τις μηχανές Ντίζελ. Αυτά είναι τα εξής:

1. *Η ισχύς της μηχανής σε HP (ίπποδύναμη) που αναγράφεται στην ταμπέλλα της.*
2. *Ο αριθμός των κυλίνδρων της.* Σπάνια βλέπομε πια σήμερα μονοκύλινδρες μηχανές σαν αυτή που περιγράψαμε. Συνήθως έχουμε περισσότερους ανεξάρτητους κυλίνδρους στην ίδια μηχανή, που εργάζονται συγχρόνως, όποτε η παραγωγή του έργου και οι στροφές είναι περισσότερο ομοιόμορφες.
3. *Το αν η μηχανή είναι δίχρονη ή τετράχρονη.*
4. *Το αν είναι οριζόντια ή κατακόρυφη, ανάλογα με τη διεύθυνση κατά την οποία παλινδρομεί το έμβολο.*
5. *Ο κανονικός αριθμός των στροφών του άξονά της σε κάθε λεπτό. Το μέγεθος τουτο μάς ενδιαφέρει για να συνδυάσωμε την κατάλληλη γεννήτρια με τον πετρελαιοκινητήρα. Από κατασκευαστική όμως άποψη, τουτο έχει επίσης μεγάλη σημασία για τις μηχανές Ντίζελ και μάλιστα τόσο, ώστε να τις διαιρούμε γενικά σε ολιγόστροφες (100 ως 600 στροφές) και σε ταχύστροφες (από 1 000 ως 3 000 στροφές).*

Οι ταχύστροφες μηχανές είναι μὲν πολὺ ἐλαφρότερες, εὐκολομετακόμιστες, ἔχουν μικρότερο ὄγκο καὶ εἶναι φθηνότερες ἀπὸ τις βραδύστροφες, ἀλλὰ μειονεκτοῦν στὸ ὅτι ἡ συντήρησή τους στοιχίζει, γιατί οἱ φθορές τους εἶναι μεγάλες. Ἄν συμβῇ νὰ χειριζώμαστε ταχύστροφες μηχανές Ντίζελ, πρέπει νὰ θυμώμαστε ὅτι: τὴ λειτουργία τους πρέπει νὰ τὴν ἐλέγχωμε καὶ νὰ τὴν ἐπιβλέπωμε

συνεχώς (ψύξη, λίπανση, κ.λ.π.), πράγμα που είναι πολύ λιγότερο αναγκαίο στις βραδύστροφες.

### 3·3 Χρήση τών μηχανών Ντίζελ στους κεντρικούς σταθμούς.

Οί μηχανές Ντίζελ, όπως είπαμε, έχουν πολύ καλό βαθμό αποδόσεως. Ο βαθμός αυτός είναι περίπου σταθερός για τις διάφορες ισχύεις τών Ντίζελ, δηλαδή από λίγους ίππους (1 έως 2 *HP*) έως περίπου 10 000 *HP*, που είναι οί μεγαλύτερες μονάδες. Πάνω από την ισχύ αυτή έχουμε υπερβολικούς κραδασμούς, και θόρυβο. Επίσης σε ισχύεις μεγαλύτερες τών 10 000 *HP* ο βαθμός αποδόσεως του ατμοστροβίλου φθάνει την απόδοση τών μηχανών Ντίζελ και γίνεται οικονομικότερος μιὰ και έχει φθηνότερο καύσιμο. Για τούς λόγους αυτούς σπάνια κατασκευάζονται μηχανές Ντίζελ σε τόσο μεγάλες ισχύεις.

Όπως αναφέραμε ήδη (παράγρ. 1·5), ο βαθμός αποδόσεως μιὰς μηχανής Ντίζελ πέφτει πάρα πολύ όταν είμαστε υποχρεωμένοι να την διατηρούμε σε λειτουργία με φορτίο πολύ χαμηλότερο από την ονομαστική της ισχύ. Η οικονομικότερη λειτουργία παρουσιάζεται περίπου στα 75 ως 80 % της ονομαστικής ισχύος. Για λειτουργία κάτω από τα 50 % της ονομαστικής ισχύος, ο βαθμός αποδόσεως γίνεται υπερβολικά χαμηλός.

Π.χ. μιὰ μονάδα Ντίζελ ισχύος 200 *HP* συμφέρει να λειτουργή με ισχύ γύρω στους 150 ως 160 *HP*, ενώ είναι τελείως αντισυμβαλτικό να λειτουργή με ισχύ μικρότερη από 100 *HP*.

Επειδή ή εγκατάσταση μιὰς Ντίζελ, όπως είπαμε, είναι φθηνότερη από την εγκατάσταση ενός ατμοστροβίλου, τούς μικρούς σταθμούς μέχρι 5 000 *kW* ή 10 000 *kW* τούς κατασκευάζουμε κατά προτίμηση Ντίζελοκίνητους, ενώ απ' εκεί και πάνω έχουμε στροβιλοκίνητους, γιατί σ' αυτές τις ισχύεις έχουμε έτσι καλύτερη απόδοση και οικονομικότερη εγκατάσταση.

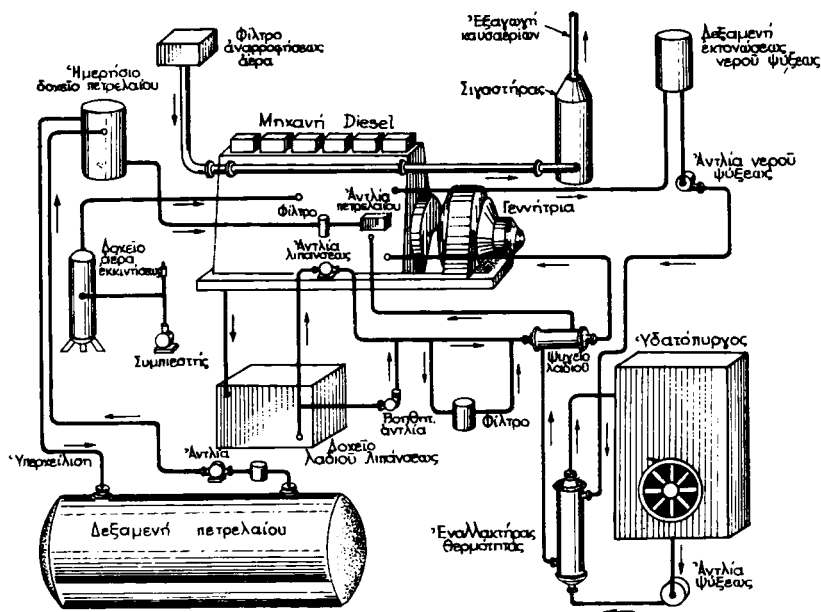
Ένα ακόμη πλεονέκτημα της Ντίζελ είναι: ότι έχει απάνω



ως τα περισσότερα βοηθητικά της εξαρτήματα και εκτός από αυτά απαιτεί πολύ λίγα άλλα εξαρτήματα, σε αντίθεση με την ατμοκίνητη μονάδα που έχει πλήθος βοηθητικές εγκαταστάσεις.

Όπως δείχνει το σχήμα 3.3 α τα κυριότερα βοηθητικά εξαρτήματα μιας μηχανής Ντίζελ είναι :

1) Το σύστημα του πετρελαίου, που περιλαμβάνει: μία ή,



Σχ. 3.3 α. Βοηθητικά εξαρτήματα μηχανής Ντίζελ.

δύο δεξαμενές (ντεπόζιτα) πετρελαίου, τις σωληνώσεις του, το φίλτρο και την αντλία πετρελαίου που διασκορπίζει το πετρέλαιο με πίεση στους κυλίνδρους.

2) Το σύστημα εκκινήσεως της μηχανής, που συνήθως περιλαμβάνει ένα δοχείο πεπιεσμένου αέρα, το κομπρεσέρ για το

γέμισμά του και τις σωληνώσεις του αέρα. Καμμιά φορά γίνεται ηλεκτρικό ξεκίνημα με μπαταρίες.

3) Το σύστημα λαδιού της λιπάνσεως, πού απαιτεί ένα δοχείο λαδιού, μιάν αντλία κυκλοφορίας, ένα φίλτρο, διάφορες σωληνώσεις και ένα ψυγείο για να κρυώνει το λάδι πού στο πέραςμά του από τη μηχανή ζεσταίνεται.

4) Το σύστημα ψύξεως της μηχανής, πού κυκλοφορεί νερό μέσα στο σώμα της μηχανής. Το νερό αυτό περνά από ένα αερόφυκτο ψυγείο για να ψυχθῇ, ἐπειδὴ θερμαίνεται κατὰ τὴν κυκλοφορία του μέσα στὴ μηχανή. Καμμιά φορά, όταν ἔχουμε ἀρκετὸ νερὸ στὴ διάθεσή μας, κάνομε ἀνοικτὴ κυκλοφορία καὶ δὲν χρειαζόμαστε ψυγείο, ἀλλὰ περνοῦμε τὸ νερὸ κατευθεῖαν ἀπὸ τὴ μηχανή καὶ ἔπειτα τὸ ἀφήνομε νὰ φύγῃ. Τὰ νερὰ ὅμως ἔχουν ἀλλάτια πού καταστρέφουν γρήγορα τὶς σωληνώσεις κι' αὐτὲς τὶς ἴδιες τὶς μηχανές. Εἶναι λοιπὸν προτιμότερη ἢ κλειστὴ κυκλοφορία με ψυγείο, ὅποτε μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ καθαρὸ ἀποσταγμένο νερό.

5) Τέλος, τὸ σύστημα τῆς ἀναρροφήσεως τοῦ αἵρα τῆς καύσεως, πού περιλαμβάνει καὶ φίλτρο γιὰ νὰ καθαρίζεται ὁ αἵρας αὐτὸς καὶ τὸ σύστημα τῆς ἐξαγωγῆς τῶν καυσαερίων, τὰ ὁποῖα περνώντας ἀπὸ ἕνα σιγαστήρα φεύγουν στὴν ἀτμόσφαιρα.

Ἐνα σοβαρὸ μειονέκτημα τῆς μηχανῆς Ντίζελ σχετικὰ με τὸν ἀτμοστρόβιλο, εἶναι ὅτι ἐνῶ τὸν ἀτμοστρόβιλο μποροῦμε νὰ τὸν δουλεύομε γιὰ μῆνες χωρὶς διακοπὴ, τὴν Ντίζελ χρειάζεται νὰ τὴν ἐπιθεωροῦμε καὶ νὰ τὴ συντηροῦμε κάθε τέσο. Τοῦτο συμβαίνει γιατί, ὡς πρὸς τοὺς κυλίνδρους τῆς, κάθε ἀνάφλεξη ἰσοδυναμεῖ με ἐσωτερικὴ ἐκρηξή καὶ προκαλεῖ φθορά, ἐνῶ στὸν ἀτμοστρόβιλο ὁ ἀτμὸς ἔρχεται νὰ δώσῃ τὴν ἐνέργειά του ὁμαλὰ καὶ χωρὶς διακυμάνσεις.

Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς, ὅπως εἴπαμε καὶ στὸ Κεφάλαιο 1, οἱ σταθμοὶ με μηχανές Ντίζελ ἐπικρατοῦν σὲ περιοχὲς ἀπομονωμένες καὶ ὅταν πρόκειται γιὰ μικρὰς ἰσχεῖς, ἐνῶ τοὺς σταθμοὺς

μέ ατμοστροβίλους τούς προτιμοῦμε πάντα σάν κεντρικούς σταθμούς Ἐθνικῶν συστημάτων.

Ἄλλο μειονέκτημα τῶν Ντῆζελ εἶναι ὅτι οἱ συνηθισμέοι τύποι αὐτῶν τῶν μηχανῶν δέν εἶναι κατάλληλοι γιά συνεχῆ (εἰκοσιτετράωρη) λειτουργία. Κατασκευάζονται πάντως καί μηχανές (συνήθως ἰσχύος μεγαλύτερης ἀπό 100 ὥς 150 HP) τίς ὁποῖες ἐπιτρέπεται νά ἔχωμε συνεχῶς σέ λειτουργία καθ' ὅλο τὸ εἰκοσιτετράωρο.

Στὴν Ἑλλάδα ὅλες σχεδὸν οἱ κωμοπόλεις καί τὰ χωριά ποὺ εἶναι ἔξω ἀπὸ τὸ σύστημα τῆς ΔΕΗ καί ἠλεκτροφωτίζονται παίρνουν τὸ ρεῦμα τους ἀπὸ μικροὺς Ντῆζελοκίνητους σταθμούς.

Τὸ ἴδιο συμβαίνει γενικὰ καί μέ τὰ νησιά μας.

Ἄς δοῦμε τώρα λίγο καί τὸ ἠλεκτρικὸ μέρος τῶν σταθμῶν ποὺ ἔχουν μονάδες Ντῆζελ.

Ἐνῶ ὁ στρόβιλος καί ἡ στροβιλογεννήτρια λειτουργοῦν γενικὰ στὸν ἴδιο ἄξονα, δέν συμβαίνει τὸ ἴδιο καί μέ τίς Ντῆζελ καί τίς γεννήτριές τους, παρὰ μόνο μέ τίς καινούργιες σημερινές μονάδες. Οἱ περισσότερες ἀπὸ τίς παλῆς μονάδες εἶναι ἱμαντοκίνητες, δηλαδή οἱ γεννήτριες παίρνουν τὴν κίνησή τους ἀπὸ τίς Ντῆζελ μέ λουριά.

Ἡ τάση ποὺ δίνουν οἱ γεννήτριες τῶν Ντῆζελ, ὅπως εἶπαμε στὸ Κεφάλαιο 1, εἶναι συνήθως χαμηλή.

Ἐχομε Σ.Ρ. (συνεχὲς ρεῦμα), συνήθως 220 V ἢ E.P. (ἐναλλασσόμενο ρεῦμα) τριφασικὸ μέ οὐδέτερο 127/220 V ἢ 220/380 V. Σπανιότερα ὑπάρχει καί μεγαλύτερη τάση παραγωγῆς, μέχρι 15 kV, ἐναλλασσόμενη βέβαια.

Οἱ γεννήτριες E.P. εἶναι σύγχρονες καί παίρνουν κι' αὐτὲς συνήθως τὸ συνεχὲς ρεῦμα γιά τὴ διέγερσή τους ἀπὸ μιὰ διεγερτρία συνδεδεμένη στὸν ἴδιον ἄξονα ὅπως καί οἱ στροβιλογεννήτριες.

Στὴν περίπτωσιν τῶν σταθμῶν Ντῆζελ δέν ἔχομε συχνὰ οὔτε μεγάλες ἰσχεῖς οὔτε μετασχηματισμὸ στὴν τάση.

Ἐπομένως δὲν ὑπάρχουν μετασχηματιστές, οὔτε μεγάλοι αὐτόματοι διακόπτες, προστασίας ὅπως στοὺς μεγάλους σταθμούς. Ὑπάρχουν μικροὶ διακόπτες προστασίας ἢ ἀκόμα καὶ μόνον ἀσφάλειες ποὺ προστατεύουν κάθε μονάδα καὶ κάθε ἀναχώρηση γραμμῆς.

Τὸ σχῆμα 3·3 β δείχνει σὲ τομὴ καὶ κάτοψη ἓνα συνηθισμένο σταθμὸ Ντίζελ.

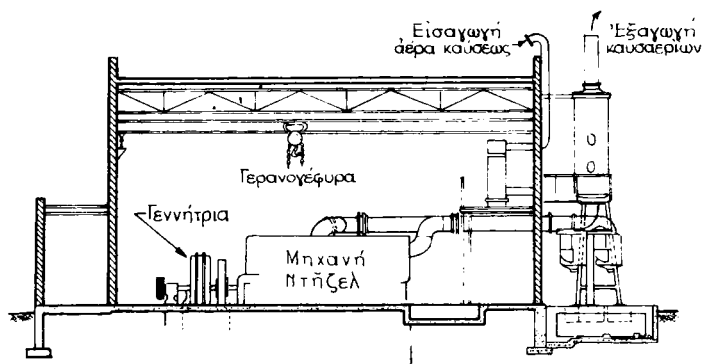
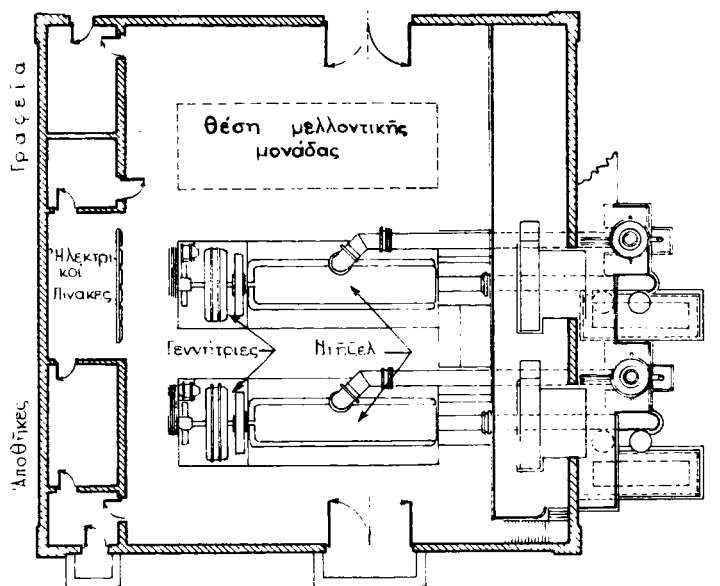
Στὸ Κεφάλαιο 1 περιγράψαμε μὲ λεπτομέρειες πῶς προγραμματίζουμε, καὶ πῶς παρακολουθοῦμε τὴ λειτουργία ἑνὸς μικροῦ σταθμοῦ Ντίζελ. Περιγράψαμε ἀκόμη καὶ πῶς ἀποφασίζουμε γιὰ τὸν ἀναγκαῖο ἀριθμὸ μονάδων ποὺ πρέπει νὰ ἔχουμε ἐγκαταστημένες ἐκεῖ.

Γιὰ τὴν ὁμαλὴ λειτουργία ἑνὸς σταθμοῦ Ντίζελ χρειάζεται ἀκόμα οἱ χειριστές του νὰ παρακολουθοῦν ὁρισμένα ὄργανα μετρήσεων θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, καθὼς βέβαια καὶ τὰ ἠλεκτρικὰ ὄργανα τῶν μετρήσεων.

Ἔτσι, εἶναι ἀπαραίτητο νὰ μετροῦμε τὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ποὺ φύχει τὶς μηχανές, καθὼς καὶ τὴν θερμοκρασία τοῦ λαδίου τῆς λιπάνσεως. Χρειάζεται ἐπίσης νὰ παρακολουθοῦμε τὰ μανόμετρα ποὺ δείχνουν τὴν πίεση τοῦ πεπιεσμένου ἀέρα καὶ τοῦ λαδίου τῆς λιπάνσεως, ὅταν τοῦτο λειτουργῇ μὲ πίεση. Πρέπει ἐξ ἄλλου νὰ ἐλέγχουμε καὶ τὴ στάθμη τοῦ πετρελαίου στὶς δεξαμενές κάθε μονάδας. Ἐὰν ἡ μονάδα μας ἔχη μετρητὴ ἑνεργείας στὸ ἠλεκτρικὸ τῆς μέρος, ἡ τελευταία αὐτὴ μέτρηση θὰ μᾶς δίνει τὴν εἰδικὴ κατανάλωση καυσίμου, δηλαδή, θὰ μαθαίνουμε ἀπ' αὐτὴν πόσα γραμμάρια πετρελαίου καίουμε γιὰ νὰ παράγωμε 1 kWh.

Μὲ μιὰ καλὴ μονάδα Ντίζελ μποροῦμε νὰ φθάσουμε νὰ καίωμε μόνο 200 γραμμάρια πετρελαίου γιὰ κάθε kWh, ἀλλὰ ἂν δὲν τὴν συντηροῦμε καλά, ἡ ἀπόδοση αὐτὴ πέφτει ραγδαία καὶ μπορεῖ ἀκόμα καὶ νὰ τετραπλασιασθῇ σὲ παληές μηχανές, δηλαδή νὰ φθάσῃ ὥς τὰ 800 γραμμάρια.

Παρακολουθώντας τα άμπερόμετρα στον πίνακα, μπορούμε να αποφύγουμε υπερφόρτιση στις γεννήτριες, δηλαδή μπορούμε να κρατούμε την ένταση του ρεύματος κάτω από το μεγαλύτερο έπι-



Σχ. 3.3β.

τρεπτό όριο στο όποϊον άντέχουν οί μηχανές. Ή ένταση αύτή, μετρημένη σε άμπέρ, αναγράφεται στην ταμπέλλα κάθε γεννήτριας.

Τέλος, με τή βοήθεια τών ήλεκτρικών όργάνων, που θά δούμε στο Μέρος 4 του βιβλίου μας, (δηλαδή βολτομέτρων και συχνομέτρων, άν πρόκειται για Ε. Ρ., και μόνο του βολτομέτρου, άν πρόκειται για Σ. Ρ.) και με τή βοήθεια επίσης του ρυθμιστού ταχύτητα (ρεγουλατόρου) μιās Ντίζελ, μπορούμε νά επιτύχωμε τόν παραλληλισμό τής γεννήτριάς της με άλλες μηχανές ή μ' ένα δίκτυο.

Στο μάθημα τών Ήλεκτρικών Μηχανών έχομε μάθει πώς ακριβώς γίνεται ό παραλληλισμός αυτός.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

#### 4.1 Γενικά.

Είπαμε στο Κεφάλαιο 1 ότι οι υδροηλεκτρικοί κεντρικοί σταθμοί έχουν σκοπό να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από υδραυλική ενέργεια, δηλαδή, από ενέργεια την οποία μπορούμε να πάρουμε όταν το νερό πέφτει από μεγάλο ύψος.

Από τη Φυσική ξέρουμε ότι η υδραυλική αυτή ενέργεια εξαρτάται από δύο παράγοντες, που είναι οι ακόλουθοι: η ποσότητα του νερού που πέφτει και η πίεσή του, πού, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1 α, είναι ανάλογη με το ύψος από το οποίο πέφτει το νερό.

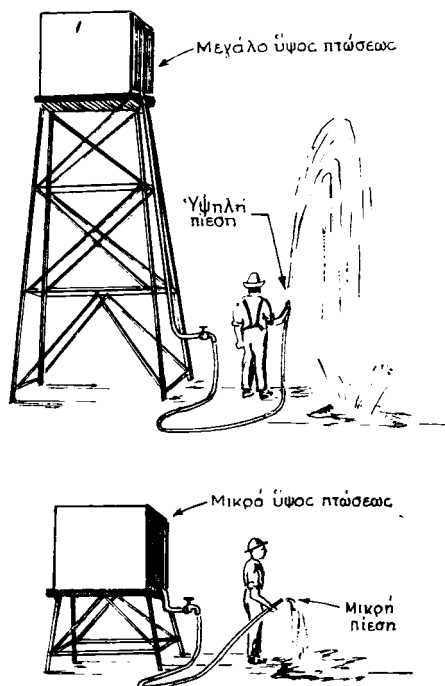
Για να υπάρχει λοιπόν ένας υδροηλεκτρικός σταθμός, πρέπει να εξασφαλίζονται αυτοί οι δύο παράγοντες: Δηλαδή, α) να εξασφαλίζεται μια ορισμένη ποσότητα νερού που να περνά κάθε ώρα από τα μηχανήματα του σταθμού μας, την οποία μετρούμε σε  $m^3/h$  και την ονομάζουμε *παροχή νερού*, και β) το νερό αυτό να έχη μιαν ορισμένη πίεση, που προτιμούμε να την μετρούμε σε μέτρα πτώσεως και την ονομάζουμε *ύψος πτώσεως*.

Το ύψος πτώσεως παριστάνει το ύψος από το οποίο πέφτει το νερό, πού, όπως δείχνει το σχήμα 4.1 β, είναι η διαφορά του υψομέτρου της επιφανείας της δεξαμενής, όπου είναι αποθηκευμένο το νερό, από το υψόμετρο όπου βρίσκονται τα μηχανήματα του σταθμού μας.

Είναι φανερό ότι όσο περισσότερα κυβικά μέτρα νερού περνούν κάθε ώρα από τα μηχανήματά μας και όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος της πτώσεως του νερού αυτού, τόσο πιο μεγάλη ηλεκτρική ισχύ θα μπορούν να παράγη ο σταθμός μας.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1 β, τρία είναι τα βασικά μέρη ενός υδροηλεκτρικού σταθμού, πού θα τα εξετάσουμε χωριστά:

- ή δεξαμενή,
- ο σωλήνας πού μεταφέρει τὸ νερό, καὶ
- τὸ καθαυτό ἐργοστάσιο, στὸ ὁποῖο στεγάζονται τὰ μηχανήματα πού μετατρέπουν τὴν ὑδραυλικὴ ἐνέργεια σὲ ἡλεκτρική.



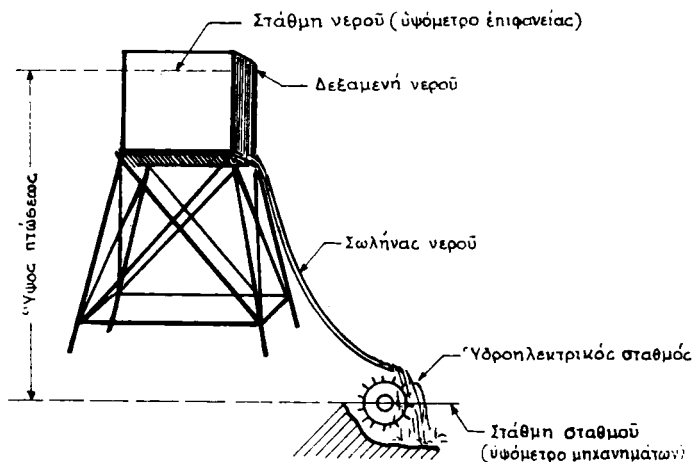
Σχ. 4.1 α.

Ἄς ἀρχίσουμε ἀπὸ τὸ πρῶτο, τὴν δεξαμενὴ τοῦ νεροῦ. Ἐξέρομε ὅλοι πὼς τὸ νερὸ τῶν ποταμῶν ἢ τῶν χειμάρρων δὲν ἔχει σταθερὴ παροχή. Τὸν χειμῶνα πού βρέχει ἔχομε πολλὰ νερά, ἐνῶ τὸ καλοκαῖρι εἶναι λιγότερα καὶ μάλιστα στὴν Ἑλλάδα εἶναι σωρὸ ποτάμια στερεύουν ἐντελῶς.



Ἐμεῖς ὅμως θέλομε τὰ ὑδροηλεκτρικὰ μας ἐργοστάσια νὰ λειτουργοῦν καθ' ὅλη τὴν διάρκεια τοῦ χρόνου. Μὴ λοιπὸν καὶ δὲν μπορούμε νὰ βασιζώμαστε στὴν διαρκὴ παροχὴ τοῦ νεροῦ ποὺ δίνει ἡ φύσις, παρὰ μόνο σὲ πολὺ σπάνιες περιπτώσεις ποταμῶν ποὺ ἔχουν κάπως ὁμαλὴ παροχὴ ὅλον τὸν χρόνο, εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ κατασκευάζωμε τεχνητὲς δεξαμενές γιὰ νὰ ἀποθηκεύωμε τὸ νερὸ ποὺ μᾶς δίνει ἡ φύσις ἄφθονο, ἰδίως κατὰ τὸν χειμῶνα.

Ἐπειδὴ δὲ οἱ ποσότητες τοῦ νεροῦ ποὺ θέλομε νὰ ἀποθηκεύσωμε ἀνέρχοντα: σὲ ἑκατομμύρια τόννους, ἓνα μόνο εἶδος δεξαμενῆς εἶναι δυνατό νὰ γίνῃ, ἡ τεχνητὴ λίμνη. Ἀπὸ ὅσα εἴπαμε



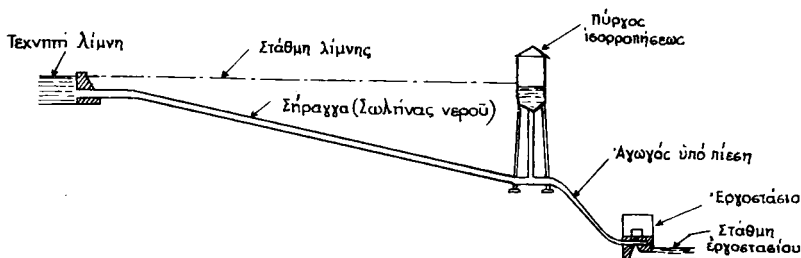
Σχ. 4.1 β. Τὸ ὕψος τῆς πτώσεως εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ὑψομέτρου τῆς ἐπιφανείας τοῦ νεροῦ ἀπὸ τὸ ὑψόμετρο ὅπου βρίσκονται τὰ μηχανήματα τοῦ σταθμοῦ.

προηγουμένως φαίνεται πὼς ἡ τεχνητὴ αὐτὴ λίμνη δὲν πρέπει μόνο νὰ χωρᾷ μεγάλῃ ποσότητά νεροῦ, ἀλλὰ πρέπει: ἐπίσης καὶ ἡ στάθμη τῆς νὰ εἶναι σὲ μεγάλο ὑψόμετρο, ὥστε νὰ προκύπτῃ σημαντικὸ ὕψος πτώσεως τοῦ νεροῦ.

Τὸ δεῦτερο βασικὸ μέρος τοῦ ὑδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ εἶναι, ὅπως εἴπαμε, ὁ σωλήνας τοῦ νεροῦ ποὺ ξεκινᾷ ἀπὸ τὴν τεχνητὴ

λίμνη και καταλήγει στο έργοστάσιο. Μέσα από τον σωλήνα αυτόν, που στην πραγματικότητα έχει σχεδόν πάντα μεγάλο μήκος (και 10 ή 20 χιλιόμετρα), περνά το νερό για να φτάσει στα μηχανήματα του εργοστασίου.

Συνήθως, κατά το μεγαλύτερό του μέρος ο σωλήνας αυτός είναι χωμένος βαθειά μέσα στη γη και έχει τη μορφή μιᾶς σήραγγας (τουνελ), με μικρή κλίση (σχ. 4·1 γ). Το τέρμα της σήραγγας συνήθως καταλήγει σὲ ἕνα σωλήνα με μεγάλη διάμετρο (1,5 — 5 μ.) ὁ ὁποῖος ἔχει πολὺ μεγάλη κλίση καὶ φθάνει ὥς τὸ

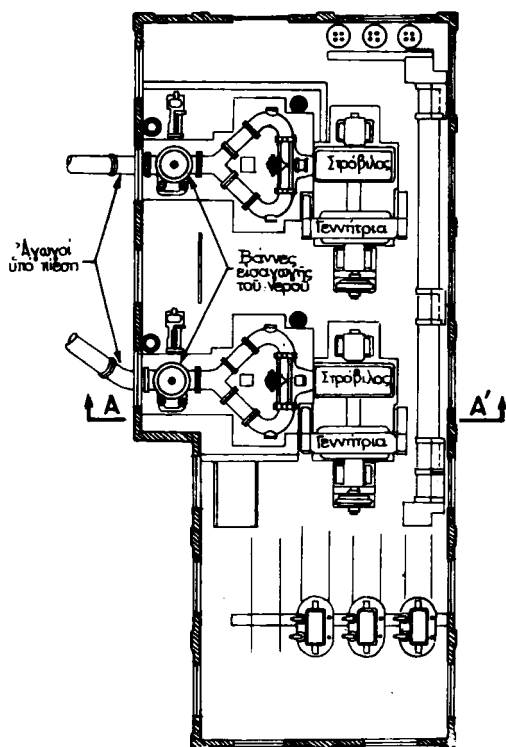
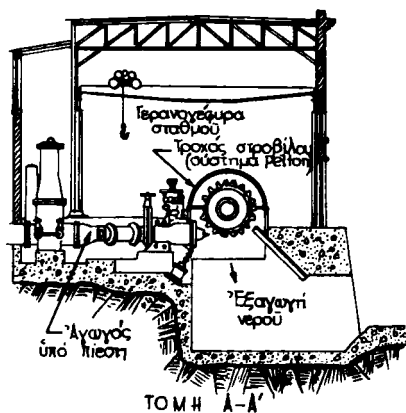


Σχ. 4·1 γ.

εργοστάσιο. Ἐπειδὴ τὸ μεγαλύτερο μέρος τῆς πτώσεως τοῦ νεροῦ καὶ κατὰ συνέπεια καὶ τῆς πιέσεώς του παρουσιάζεται μέσα σ' αὐτὸ τὸ τελευταῖο κομμάτι, ὀνομάζουμε τὸν σωλήνα αὐτὸν ἄγωγὸν ὑπὸ πίεση. Ὁ ἄγωγὸς ὑπὸ πίεση βρίσκεται σχεδὸν πάντα στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους.

Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα 4·1 γ, στὸ τέλος τῆς σήραγγας, ἐκεῖ ποὺ ἀρχίζει ὁ ἄγωγος ὑπὸ πίεση, ὑπάρχει συνήθως ἕνας ὑδατόπυργος (πύργος νεροῦ). Αὐτὸς ὁ πύργος εἶναι ἀπαραίτητος γιατί δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἀναπτύσσονται ὑπερβολικὲς δυνάμεις στὸν ἄγωγό, ἔταν ἀνοιγοκλείνωμε τίς βάννες τοῦ νεροῦ στὸ ἐργοστάσιο. Ὀνομάζεται πύργος ισοροπήσεως.

Τὸ τελευταῖο, τέλος, βασικὸ μέρος τοῦ ὑδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ εἶναι τὸ καθαρὸ ἐργοστάσιο, ἃς εἰδικὲς μηχανές, ποὺ



Σχ. 4-1 δ.

ονομάσαμε στο Κεφάλαιο 1 ύδροστροβίλους (τουρμπίνες), μετατρέπουν την υδραυλική ενέργεια σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Στο σχήμα 4·1δ φαίνεται σε τομή και κάτοψη ένα έργο-στάσιο με δύο υδροστροβίλους, που κάθε ένας τους κινεί μια σύγχρονη γεννήτρια.

Από τη γεννήτρια και πέρα, δηλαδή στο ηλεκτρικό μέρος, τα πράγματα δεν διαφέρουν από όσα είπαμε για τους μεγάλους θερμικούς σταθμούς με ατμοστροβίλους.

#### 4·2 Τα τεχνικά έργα που χρειάζονται για να ιδρύσωμε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό.

Από όσα είπαμε στην προηγούμενη παράγραφο, καταλαβαίνουμε εύκολα τί τεράστια τεχνικά έργα χρειάζονται για να ιδρύσωμε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό.

Για να σχηματίσωμε την τεχνητή λίμνη, για την οποία μιλήσαμε, πρέπει πρώτα απ' όλα να διαλέξωμε τη θέση της. Ίδεώδης τοποθεσία είναι: τα μικρά όροπέδια σε μεγάλο ύψόμετρο, που περιστοιχίζονται από βουνά. Τις περισσότερες φορές, τα νερά της βροχής μαζεύονται μέσα στο όροπέδιο και ξεχύνονται με χειμάρρους ή καταρράκτες στην πεδιάδα που είναι κάτω και κοντά στο όροπέδιο. Στην περίπτωση αυτή δεν έχουμε παρά να κτίσωμε ένα φράγμα στο σημείο όπου ξεκινούν οι χειμάρροι, όποτε το νερό του όροπεδίου αιχμαλωτίζεται και σχηματίζει μια λίμνη μέσα στο όροπέδιο.

Για να συμπληρώσωμε το υδροηλεκτρικό έργο μας πρέπει να ανοίξωμε και μια σήραγγα σε μια από τις πλαγιές που περιβάλλουν την λίμνη. Η σήραγγα αυτή θα φέρνη το νερό ως το έργο-στάσιο που είναι τοποθετημένο κάτω στην κοιλάδα, έξω από το όροπέδιο.

Αυτά με λίγα λόγια είναι τα απαραίτητα έργα που πρέπει να γίνουν, για να μπορέσωμε να εκμεταλλευθούμε την ενέργεια

ποὺ ἔχει τὸ νερὸ καὶ ποὺ πρῶτα πηγáινε χαμένη στοὺς καταρράκτες.

Κατὰ τὴν βασικὴ αὐτὴ ἀρχὴ ἔχουν γίνεи στὴν Ἑλλάδα οἱ μεγάλοι ὑδροηλεκτρικοὶ σταθμοὶ στὸν Λάδωνα, στὸν Ἄγρα καὶ στὸν Μέγδοβα.

Στὰ σχήματα 4·2 α καὶ 4·2 β φαίνονται οἱ λεπτομέρειες ἀπὸ τὸ ὑδροηλεκτρικὸ ἔργο τοῦ Μέγδοβα.

Ἀπὸ τὴν κλίμακα τοῦ σχεδιαγράμματος, ποὺ δείχνει τὸ μέγεθος τῶν ἔργων αὐτῶν, καταλαβαίνομε ἀμέσως τί τεράστια ἔξοδα χρειάζονται γιὰ νὰ κατασκευασθῇ ἓνα παρόμοιο ὑδροηλεκτρικὸ ἔργοστάσιο. Γιὰ τὴν κατασκευὴ τῶν φραγμάτων χρειάζονται χιλιάδες κυβικὰ μέτρα μπετὸν ἀρμέ καὶ γιὰ τὸ σκάψιμο τῶν ὑπογείων σιηράγγων οἱ δυσκολίες καὶ τὰ ἔξοδα εἶναι τεράστια. Γιὰ νὰ συμπληρώσωμε ἓνα ὑδροηλεκτρικὸ ἔργο, ἐκτὸς ἀπὸ τὰ πολλὰ χρήματα, χρειάζεται καὶ πολὺς χρόνος (δύο ἕως πέντε χρόνια ἐργασίας, ἀνάλογα μὲ τὴν περίπτωσι).

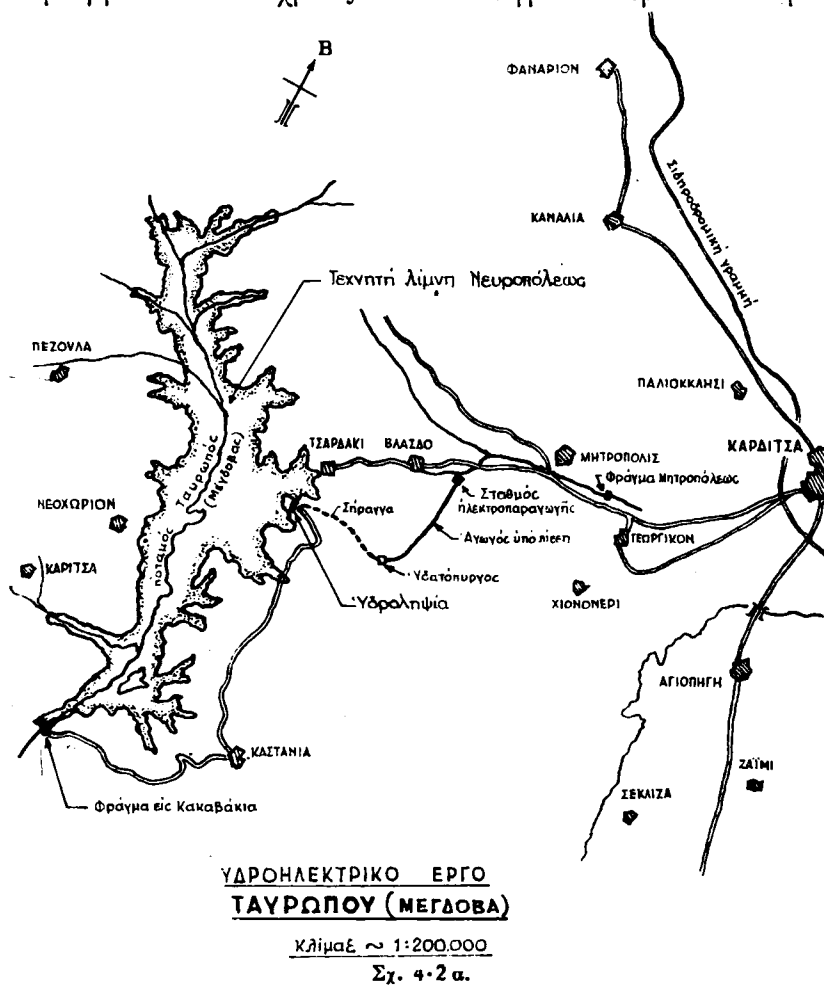
Οἱ δυσκολίες καὶ τὰ ἔξοδα λιγοστεύουν ὅταν μπορούμε, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 4·2 γ, νὰ τοποθετοῦμε τὸ ἔργοστάσιο ἀκριβῶς κάτω ἀπὸ τὸ φράγμα, ὅποτε ἀποφεύγομε τὴν ὑπόγεια σήραγγα.

Ἐπίσης ἐλάττωσι στὸ κόστος ἔχομε ὅταν τοποθετοῦμε πολλὰ ἔργοστάσια τὸ ἓνα μετὰ τὸ ἄλλο (σχ 4·2 δ). Ἔτσι τὸ ἴδιο νερὸ ἑνὸς ποταμοῦ τὸ ἐκμεταλλεύομαστε πολλὰς φορές.

Ὑπάρχουν καὶ ὑδροηλεκτρικὰ ἔργα γιὰ τὰ ὁποῖα δὲν χρειάζεται νὰ κατασκευάσωμε φράγμα ἢ, ἀν χρειασθῇ φράγμα τότε αὐτὸ εἶναι πολὺ μικρό. Τοῦτο συμβαίνει σὲ ποτάμια ποὺ ἔχουν μεγάλη παροχὴ νεροῦ, περίπου σταθερὴ σ' ὅλη τὴ διάρκεια τοῦ ἔτους. Τὸ ὕψος τῆς πτώσεως εἶναι τότε μικρό, ἀλλὰ ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴ μεγάλη παροχή. Στὴν Ἑλλάδα δὲν ἔχομε τέτοια περίπτωσι.

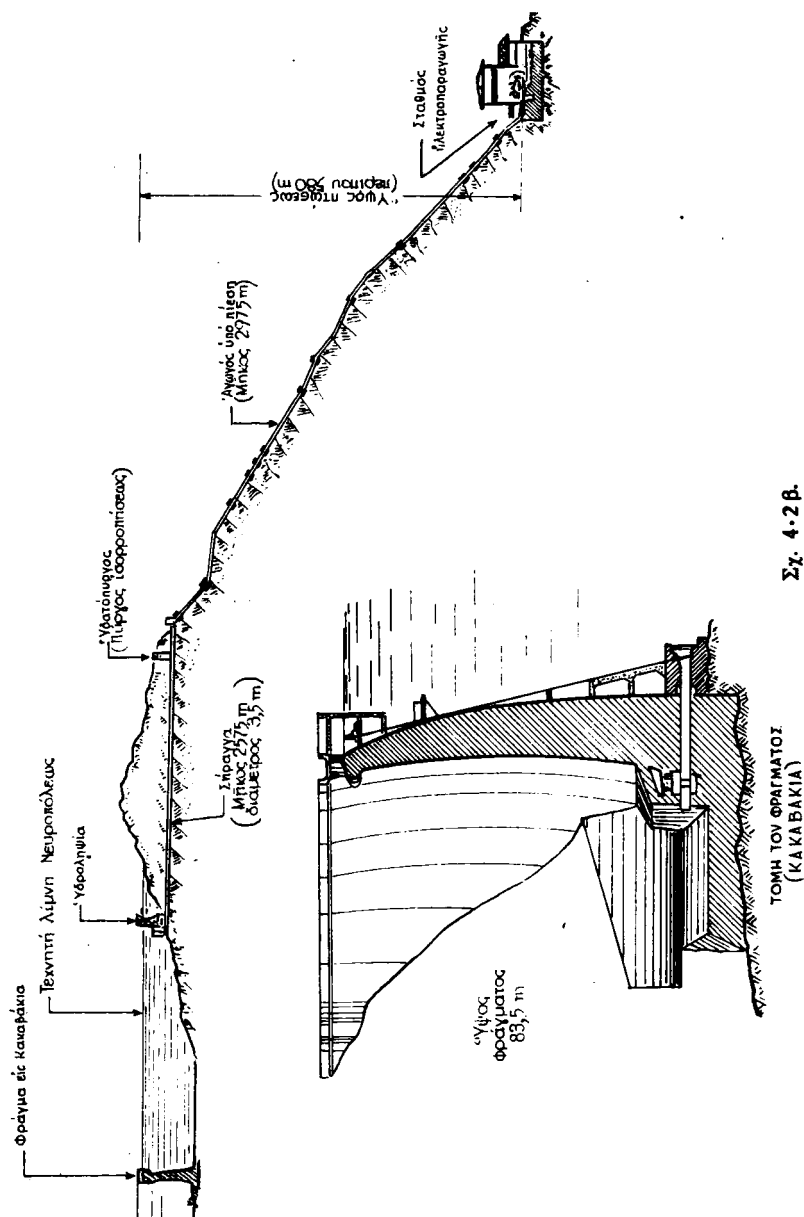
Ἀπέναντι ὅμως σ' ὅλες αὐτὰς τίς μεγάλες δαπάνες κατασκευῆς ἔχομε σὰν ἀντιστάθμισμα τὸ γεγονός ὅτι, ἡ ἐκμετάλλευσι τῶν ἔργων μας, μετὰ τὴ συμπλήρωσή τους, εἶναι πάμφθηνι. Τὸ

προσωπικό στο υδροηλεκτρικό έργοστάσιο είναι ελάχιστο σε σύγκριση με εκείνο που χρειάζεται σε ένα θερμικό σταθμό και το νερό

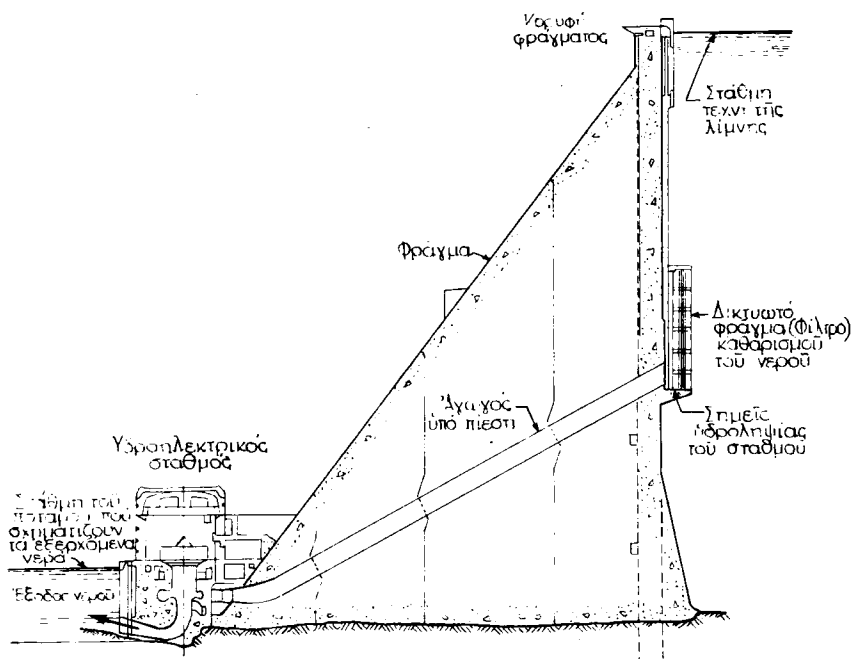


δεν στοιχίζει τίποτα, ενώ το κάρβουνο ή τα άλλα καύσιμα είναι ακριβά.

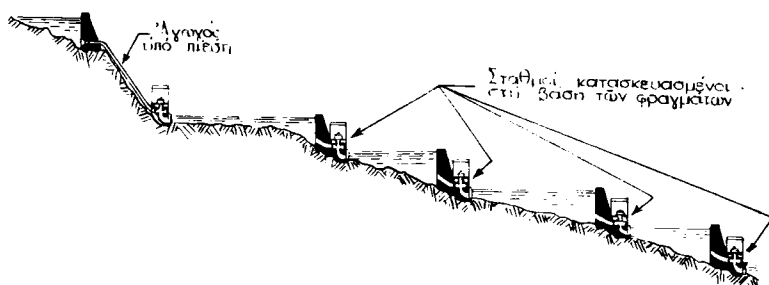
Τα υδροηλεκτρικά έργα γίνονται ακόμα πιο οικονομικά όταν



Σχ. 4.2 β.



Σχ. 4-2 γ.

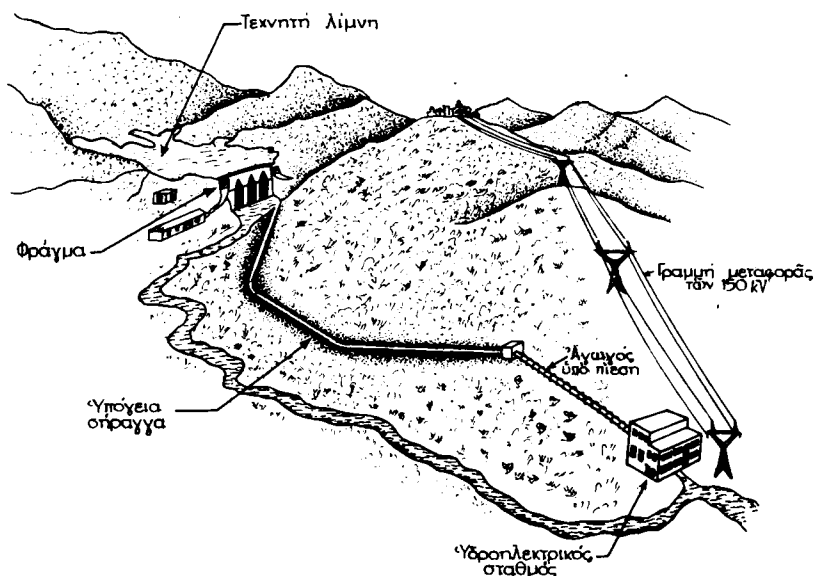


Ύδραλληλες τεχνητές λίμνες και υδροηλεκτρικοί σταθμοί

Σχ. 4-2 δ.



τὰ συνδυάζουμε μὲ ἐκτεταμένα ἔργα ἀρδεύσεων, δηλαδή ἔταν τὸ νερὰ ποὺ φεύγουν ἀπὸ τὰ ἐργοστάσια ἔπου τὰ χρησιμοποιήσαμε γιὰ παραγωγή ρεύματος τὰ ἐκμεταλλευθοῦμε πάρα πέρα, χρησιμοποιώντας τα γιὰ τὴν ἀρδευση (πίστιμα) χέρσων χωραφίων ποὺ ἔτσι γίνονται καλλιεργήσιμα.



Σχ. 4.2ε. Γενικὴ διάταξη ὑδροηλεκτρικοῦ ἔργου τοῦ Λάδωνος.

Στὸ σχῆμα 4.2ε φαίνεται ἡ γενικὴ ἀποψη ἑνὸς ἀκόμα Ἑλληνικοῦ ὑδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ. Πρόκειται γιὰ τὸ ἔργο τοῦ Λάδωνος (Πελοπόννησος) ποὺ ἔχει κατασκευάσει ἡ ΔΕΗ.

#### 4.3 Ἡ ὑδροδυναμικὴ κινητήρια μηχανή.

Ἡ ὑδραυλικὴ ἐνέργεια δὲν εἶναι δυνατὸ νὰ μετατραπῇ ἀμέσως σὲ ἠλεκτρικὴ. Πρέπει πρῶτα νὰ γίνῃ μηχανικὴ. Ἐπειτα μὲ μιὰ γεννήτρια μετατρέπεται σὲ ἠλεκτρικὴ.

Ἡ μηχανὴ ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ μετατρέψουμε τὴν

υδροαυλική ενέργεια σὲ μηχανικὸ ἔργο εἶναι ὁ ὑδροστροβίλος ἢ ἡ ὑδροτουρμπίνα, ποὺ λειτουργεῖ περίπου ὅπως ὁ ἀτμοστροβίλος.

Τὸ νερὸ καθὼς περνᾷ ἀπὸ τὴν ὑδροτουρμπίνα δίνει σ' αὐτὴν μὲ τὸ βάρος του, μὲ τὴν ταχύτητά του ἢ μὲ τὴν πίεσή του, ἢ ἀκόμη καὶ μὲ συνδυασμὸ τῶν τριῶν αὐτῶν δράσεων περιστροφικὴ κίνηση.

Ἔχομε τρεῖς βασικοὺς τύπους ὑδροστροβίλων. Κάθε ἓνας τους εἶναι κατάλληλος γιὰ ὀρισμένες συνθήκες.

1) Ὑδροστροβίλος Φράνσις (Francis). Εἶναι κατάλληλος γιὰ μέτρια παροχὴ νεροῦ καὶ μέτριο ὕψος πτώσεως. Τὸ νερὸ φθάνει σ' αὐτὸν μὲ μικρὴ σχετικὰ ταχύτητα καὶ ἀφοῦ περάσῃ ἀπὸ μιὰ σειρὰ ἀκίνητα πτερύγια, ποὺ εἶναι τοποθετημένα στὴν περιφέρειά του, φθάνει στὸ στροφεῖο τοῦ στροβίλου. Τὸ στροφεῖο εἶναι ἓνας κινητὸς δίσκος μὲ πτερύγια, σὰν τὸ δρομέα τῆς φυγοκεντρικῆς ἀντλίας, καὶ εἶναι πάντα γεμᾶτος ὕδωρ μὲ νερό, ποὺ φεύγει ἀπὸ τὸ κέντρο του (σχ. 4·3 α).

Οἱ στροφές τῶν στροβίλων Φράνσις εἶναι συνήθως ἀπὸ 100 ἕως 200 τὸ λεπτό. Οἱ στροβίλοι στὸν Λάδωνα καὶ στὸν Ἀγρὰ εἶναι τύπου Φράνσις.

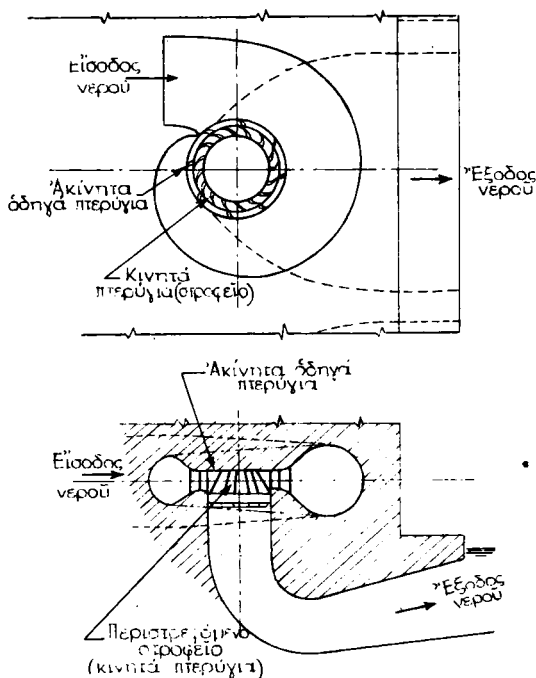
2) Ὑδροστροβίλος Κάπλαν (Kaplan). Εἶναι κατάλληλος γιὰ μεγάλες παροχές νεροῦ καὶ γιὰ μικρὸ ὕψος πτώσεως. Ἡ μορφή του μοιάζει μὲ κινητήρα ἐλικοφόρου ἀεροπλάνου καὶ ἔχει, ὅπως αὐτός, ἔλικα μὲ 4 ἢ 6 φτερά, ποὺ τὴν κλίση τους μπορούμε νὰ τὴν μεταβάλλωμε γιὰ νὰ ρυθμίζωμε τὶς στροφές τῆς τουρμπίνας.

Ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 4·3 β, τὸ νερό, περνώντας ἀπὸ τὰ φτερά τοῦ ἔλικα, τὰ περιστρέφει καὶ κινεῖ τὸν ἄξονα τῆς τουρμπίνας.

Ὅπως εἴπαμε, δὲν ἔχομε στὴν Ἑλλάδα περιπτώσεις μεγάλης παροχῆς νεροῦ καὶ ἔτσι δὲν ὑπάρχει στροβίλος τύπου Κάπλαν ἐγκατεστημένος στὴ χώρα μας.

3) Ὑδροστροβίλος Πέλτον (Pelton). Εἶναι ὁ τελευταῖος

ἀπὸ τοὺς τρεῖς τύπους ποὺ περιγράφουμε καὶ χρησιμοποιεῖται στὶς περιπτώσεις ποὺ ἡ παροχὴ τοῦ νεροῦ εἶναι μικρὴ, ἐνῶ ἡ πτώση γίνεται ἀπὸ μεγάλο ὕψος. Στὴν Ἑλβετία λειτουργοῦν στρόβιλοι Πέλτον μὲ μεγίστη πτώση νεροῦ περίπου 1 500 μ.

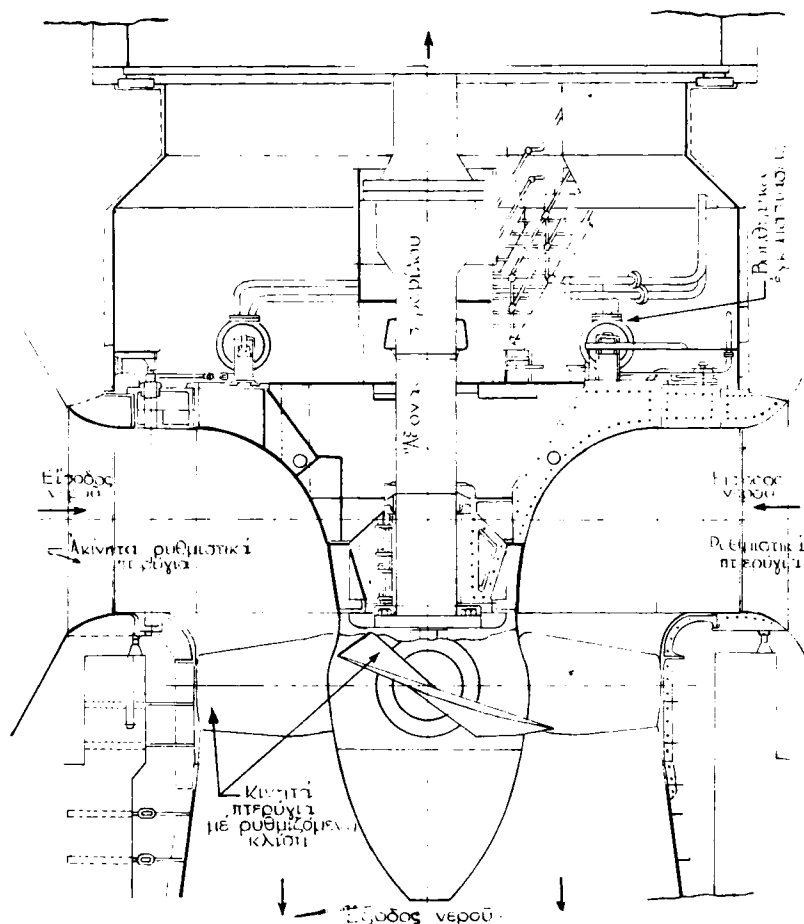


Σχ. 4.3 α.

Ἡ μορφή τοῦ τύπου αὐτοῦ εἶναι τελείως διαφορετικὴ ἀπὸ τὴν μορφή ποὺ ἔχουν οἱ δύο ἄλλοι (σχῆμα 4.3 γ).

Σὲ γενικὲς γραμμὲς ὁ στρόβιλος αὐτὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓναν τροχό, ποὺ στὴν περιφέρειά του ἔχει πολλὰ σκαφίδια, σὰν κουθαδάκια. Τὸ νερὸ βγαίνει ἀπὸ ἓνα ἀκροφύσιο μὲ πολὺ μεγάλη πίεση, μιὰ καὶ προέρχεται ἀπὸ μεγάλη πτώση, καὶ πέφτει ἐπάνω στὰ σκαφίδια, τὰ ὁποῖα ἔτσι περιστρέφονται. Παρατηροῦμε ὅτι, ἀντίθετα ἀπ' ὅ,τι συμβαίνει στοὺς δύο ἄλλους τύπους τουρμπίνας, μόνο

ένα μικρό μέρος από την περιφέρεια του στροβίλου βρέχεται κάθε στιγμή από το νερό. Είναι δυνατό να τοποθετήσουμε και δεύτερο ακροφύσιο που να εκτοξεύη το νερό στην περιφέρεια του στροβίλου Πέλτον.

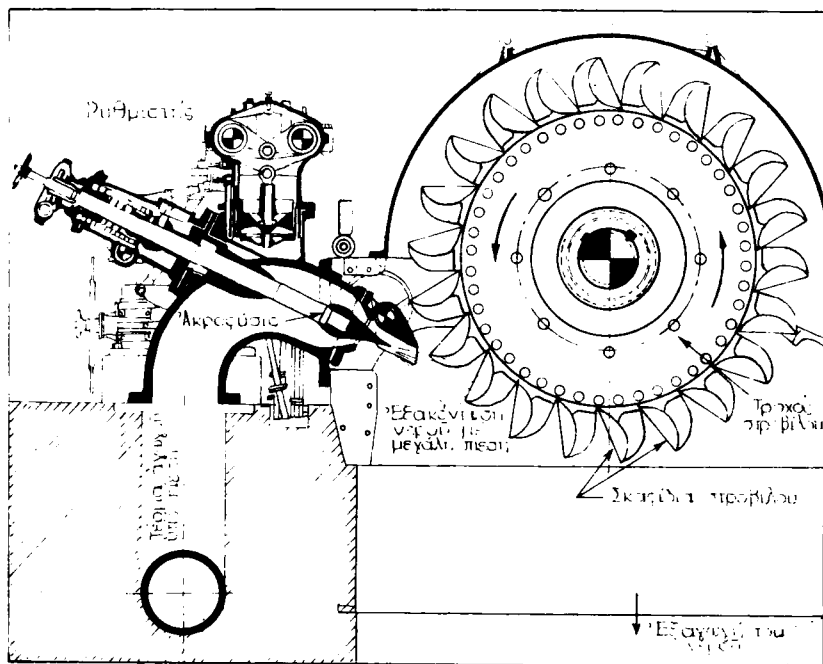


Σχ. 4-3β.

Παράδειγμα τέτοιου στροβίλου στην Ελλάδα έχουμε στο εργοστάσιο του Μέγδοβα.

Ἡ ἰσχύς, ποὺ μπορούμε νὰ πάρουμε γενικὰ ἀπὸ ἓναν ὑδρο-στρόβιλο, εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ φθάνει σχεδὸν ἐκείνη ποὺ δίνει ἓνας μεγάλος ἀτμοστρόβιλος.

Μονάδες μὲ στροβίλους Φράνσις ἢ Κάπλαν κατασκευάζονται εὐκολα γιὰ ἰσχύ  $150\,000\text{ kW}$ , ἐνῶ οἱ μεγαλύτεροι στρόβιλοι τύ-που Πέλτον δὲν ἔχουν μεγαλύτερη ἰσχύ ἀπὸ  $25\,000\text{ kW}$  περίπου.



Σχ. 4-3 γ.

Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως μιᾶς ὑδροτουρμπίνας εἶναι πολὺ καλὸς μιὰ καὶ ὑπερβαίνει τὸ  $90\%$  στὶς περισσότερες μεγάλες μονάδες.

Ἄν, τέλος, θέλωμε νὰ ἐξετάσωμε τὸν ἀριθμὸ περιστροφῶν μιᾶς ὑδροτουρμπίνας, θὰ δοῦμε ὅτι, ἐπειδὴ γενικὰ ἔχομε κατευ-θεῖαν σύνδεση τουρμπίνας καὶ σύγχρονης στροβιλογεννήτριας, πρέπει ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς νὰ εἶναι πάντοτε σταθερὸς καὶ ἴσος μὲ τὸν

σύγχρονο ἀριθμὸ περιστροφῶν τῆς γεννήτριας. Συμβαίνει δηλαδή τὸ ἴδιο ποὺ εἶδαμε στοὺς ἀτμοστροβίλους, ἀλλὰ μὲ τὴ διαφορὰ ὅτι οἱ ὕδροστροβίλοι ἔχουν α) πολὺ μικρότερη ταχύτητα ἀπὸ ὅ,τι οἱ πρῶτοι, ποὺ ὅπως εἶδαμε κατασκευάζονται συνήθως γιὰ 3 000 περιστροφές τὸ λεπτὸ, καὶ β) κατασκευάζονται γιὰ διάφορες ταχύτητες ἀναλόγα μὲ τὴν ὕδατόπτωση ποὺ θὰ χρειασθοῦν γιὰ τὴν κίνησή τους, π.χ. γιὰ 500 ἢ γιὰ 428 ἢ γιὰ 375 ἢ γιὰ 333 κτλ. στροφές τὸ λεπτὸ.

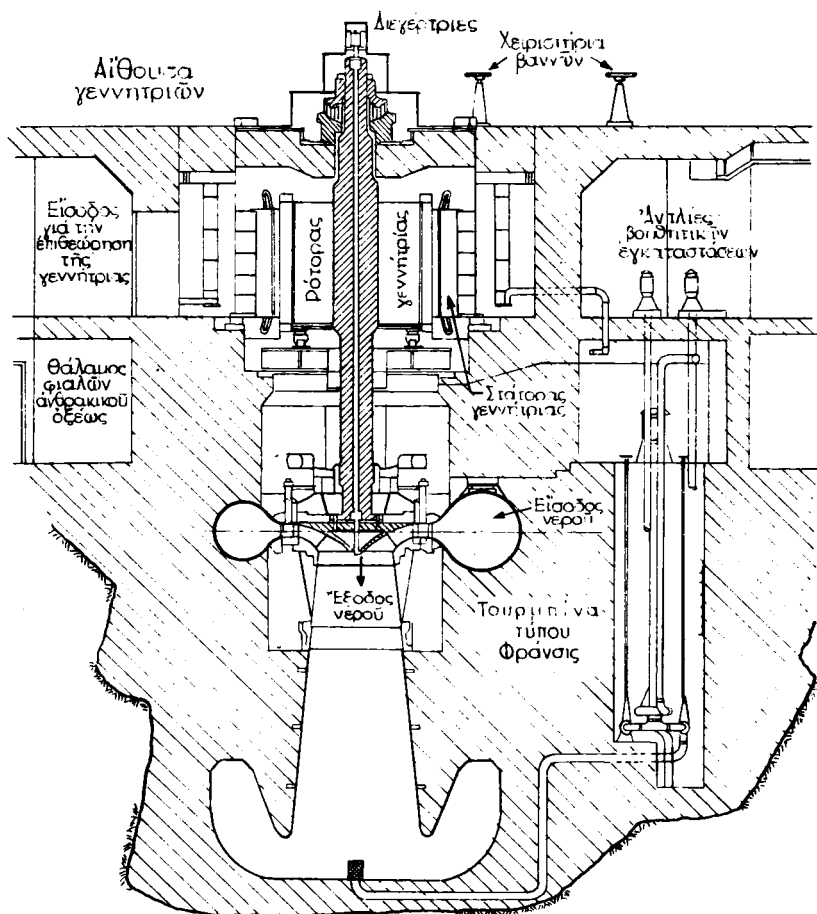
#### 4.4 Βοηθητικὲς ἐγκαταστάσεις σὲ ὕδροηλεκτρικὸ σταθμὸ.

Ἀντίθετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει σ' ἓναν θερμικὸ σταθμὸ, ὁ ὕδροηλεκτρικὸς δὲν χρειάζεται σχεδὸν καμμιά βοηθητικὴ ἐγκατάσταση.

Πραγματικά, τὸ νερὸ ποὺ ἔρχεται στὶς τουρμπίνες, δὲν χρειάζεται καμμιά κατεργασία. Ἀρκεῖ νὰ τὸ περνοῦμε ἀπὸ ἓνα εἶδος δικτυωτοῦ φράγματος (φίλτρου), σὰν αὐτὸ τοῦ σχήματος 4.2 γ, ὥστε νὰ συγκρατοῦμε τυχὸν κορμούς δένδρων ἢ ἄλλα ὕλικά ποὺ μπορεῖ νὰ πέσουν ἢ νὰ παρασυρθοῦν ἀπ' αὐτὸ καὶ νὰ βλάψουν τὰ μηχανήματά μας. Σ' αὐτὰ τὰ φράγματα πρέπει νὰ προσθέσωμε καὶ τὶς ἀπαραίτητες βάννες, μὲ τὶς ὁποῖες εἴτε φράζομε τὴν εἴσοδο τοῦ νεροῦ στὶς τουρμπίνες, ὅταν θέλωμε νὰ σταματήσωμε τὴ λειτουργία τοῦ ἐργοστασίου μας, εἴτε ἐπιτρέπομε τὴν εἴσοδο τοῦ νεροῦ, ὅταν θέλωμε νὰ τὸ θέσωμε σὲ λειτουργία. Πρέπει ἐπίσης νὰ προσθέσωμε καὶ τὰ διάφορα ἀντλητικὰ συγκροτήματα, τὰ συστήματα ἐλαίου λιπάνσεως, τὸ σύστημα τῆς ψύξεως τῶν γεννητριῶν καὶ τῶν μετασχηματιστῶν, τὸν βοηθητικὸ φωτισμὸ κ.λ.π.

Γιὰ τὴ ρύθμιση τῶν στροφῶν καὶ τοῦ φορτίου ἔχομε στοὺς στροβίλους μας, ὅπως εἴπαμε, ἓναν ἀριθμὸ ἀπὸ πετροῦνα ποὺ τὴν κλίση τους τὴν ρυθμίζομε ἔτσι, ὥστε νὰ ἐπιτρέπωμε νὰ μπαίνει περισσότερο ἢ λιγότερο νερό. Στοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἡ ρύθμιση αὐτὴ γίνεται βέβαια αὐτόματα ἀπὸ ἓνα πολὺπλοκο μηχανήμα ποὺ εἶναι τοποθετημένο πλάι σὲ κάθε τουρμπίνα καὶ λέγεται ρυ-

θμιστής (ρεγουλατόρος) (governor — γκόβερνορ). Λειτουργεί φυγοκεντρικά, όπως όλοι οι παρόμοιοι μηχανισμοί, ή δε κίνηση



Σχ. 4.4 α.

των πτερυγίων για τη ρύθμιση μεταδίδεται από ένα σύστημα λαδιού υπό πίεση.

Υπάρχουν μικρές μονάδες που δεν έχουν τέτοιο ρεγουλατόρο και που τη ρύθμιση των στροφών και του φορτίου τους την εκ-

τελοῦμε μὲ τὸ χέρι. Αὐτὸ ὅμως συμβαίνει μόνον ὅταν οἱ μονάδες τοὺς δὲν λειτουργοῦν παράλληλα μὲ μονάδες ἄλλων σταθμῶν.

Ἡ ὑπαρξὴ τοῦ αὐτοματισμοῦ ἐπιτρέπει τὴ λειτουργίαν ἑνὸς ὕδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ μὲ ἓνα ἐλάχιστο ἀριθμὸ προσωπικοῦ, πρᾶγμα ποὺ δὲν συμβαίνει μὲ ἓναν θερμικὸ σταθμό. Ἐνῶ π.χ. ἓνας θερμικὸς σταθμὸς μὲ ἰσχύ 100 000 kW χρειάζεται περίπου διακόσους ἀνθρώπους, ἓνας ὕδροηλεκτρικὸς σταθμὸς μὲ τὴν ἴδια ἰσχύ χρειάζεται τὸ πολὺ μέχρι εἴκοσι. Ὁ αὐτοματισμὸς ἔχει προχωρήσει τόσο, ὥστε σήμερα κατασκευάζομε μικροὺς ὕδροηλεκτρικοὺς σταθμοὺς τελείως αὐτόματους χωρὶς προσωπικόν, ποὺ οἱ χειρισμοὶ τοὺς ἐκτελοῦνται ἀπὸ μακρυὰ ἀπὸ τὸ προσωπικὸν ἄλλων μεγάλων σταθμῶν.

Στὸ σχῆμα 4·4 α φαίνεται ὅτι κατακρύβη τομὴ μιᾶς μονάδας ἑνὸς ὕδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ καὶ τὰ βοηθητικὰ τῆς μηχανήματα. Οἱ χειρισμοὶ γίνονται κυρίως ἀπὸ τὴν αἴθουσα ἐλέγχου.

Γιὰ νὰ ὑψώνομε τίς μεγάλες συρταρωτὲς βάννες, ποὺ ἐπιτρέπουν τὴν εἴσοδο τοῦ νεροῦ στὸν ἀγωγὸ ὑπὸ πίεσιν ἢ στὸ ἐργαστάσιον, ἔχομε συνήθως μαζὶ μὲ τὰ ἄλλα βοηθητικὰ μηχανήματα καὶ εἰδικούς γερανοὺς.

#### 4·5 Τὸ ἠλεκτρικὸ μέρος ἑνὸς ὕδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ.

Τὸ ἠλεκτρικὸ μέρος ἑνὸς ὕδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ εἶναι σχεδὸν ὅμοιον μὲ τὸ ἠλεκτρικὸ μέρος ἑνὸς θερμικοῦ σταθμοῦ.

Περιλαμβάνει καὶ αὐτὸ τίς στροβιλογεννήτριες μὲ τίς διεγέρτριές τοὺς γιὰ τὴν παραγωγὴ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος τῆς διεγέρσεως, τὸ σύστημα τῆς ρυθμίσεως τῆς τάσεως, τὸ σύστημα ἐλέγχου καὶ προστασίας, τοὺς μετασχηματιστὲς καὶ τὸν ὑποσταθμὸ τῆς ἀναχωρήσεως τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς. Ἐπίσης ὑπάρχει καὶ ἐδῶ τὸ πολὺπλοκον βοηθητικὸν σύστημα ποὺ τὸ ἀποτελοῦν οἱ πίνακες ἐλέγχου, οἱ ἀγγελτήρες, οἱ σηματοδοσίαι, τὰ τηλέφωνα καὶ ἡ βοηθητικὴ ἐγκατάστασις γιὰ παραγωγὴ ἐνεργείας.

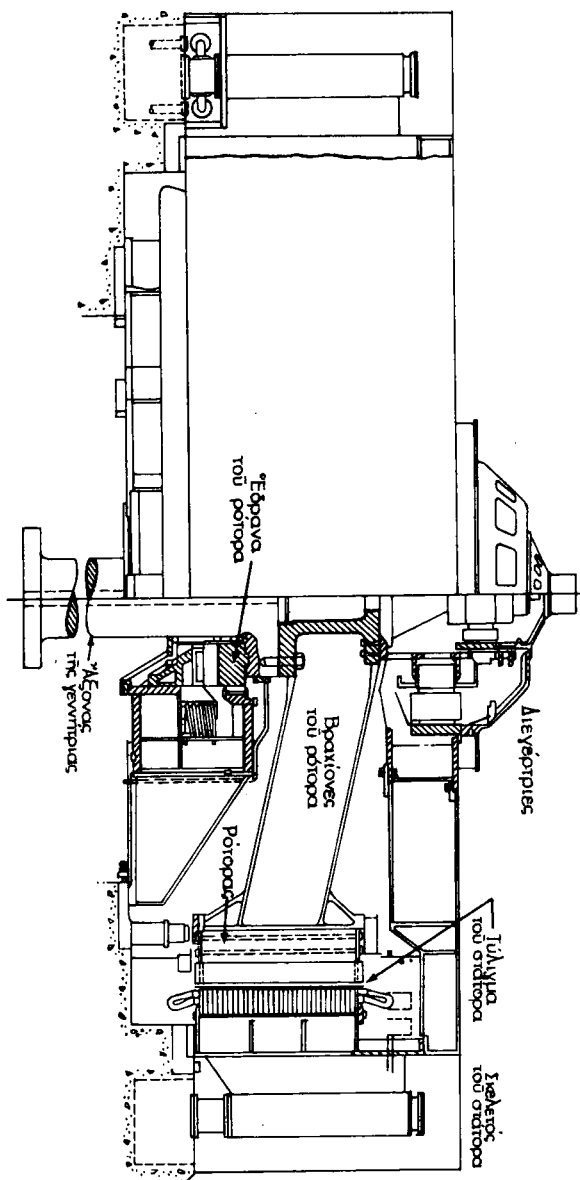


Ἡ σύγχρονη στροβιλογεννήτρια τοῦ ὑδροηλεκτρικοῦ σταθμοῦ, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 4.5 α, εἶναι κάπως διαφορετικὴ ἀπὸ τὴν ἴδια γεννήτρια τοῦ θερμικοῦ σταθμοῦ ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 2.4 α. Τοῦτο, ὅπως εἴπαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο, ὀφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι οἱ πρῶτες εἶναι βραδύστροφες, ἐνῶ οἱ δευτέρες ταχύστροφες.

Οἱ περισσότερες στροβιλογεννήτριες τῶν ὑδροηλεκτρικῶν σταθμῶν, ἐκτὸς ἀπὸ τὰ συστήματα τῆς φύξεως καὶ τῆς λιπάνσεώς τους, ἔχουν κι' ἓνα σύστημα αὐτομάτου προστασίας ἀπὸ πυρκαϊά, ποὺ μπορεῖ νὰ ἀνάψῃ στὰ τυλίγματα τους ἀπὸ βραχυκύκλωμα. Ἡ προστασία αὕτῃ ἐπιτυγχάνεται μὲ μπουκάλες ποὺ περιέχουν ἀνθρακικὸ ὀξύ καὶ βρίσκονται κοντὰ στὸ περίβλημα τῆς γεννήτριας (σχ. 4.4 α). Οἱ μπουκάλες διοχετεύουν στὸ περίβλημα αὐτὸ τὸ ἀνθρακικὸ ὀξύ μόλις παρουσιασθῇ πυρκαϊά, ἢ ὅποια ἀνιχνεύεται μὲ θερμοστάτες. Ὅπως ξέρομε, φωτιά δὲν μπορεῖ νὰ διατηρηθῇ μέσα σὲ ἀνθρακικὸ ὀξύ, καὶ ἔτσι ἡ πυρκαϊά σβύνει ἀμέσως. Τὸ ἴδιο σύστημα προστασίας ἔχουν καὶ οἱ γεννήτριες πολλῶν μεγάλων ἀτμοηλεκτρικῶν σταθμῶν.

Κάτι ἰδιαίτερο στὶς γεννήτριες ποὺ κινοῦνται ἀπὸ ὑδροτορμπίνες εἶναι τὰ φρένα ποὺ ἔχουν γιὰ τὸ σταμάτημά τους. Τὰ φρένα εἶναι ἀπαραίτητα γιατί ἀλλοιῶς μιὰ μικρὴ διαφυγὴ τοῦ νεροῦ ἀπὸ τὸν σωλήνα πίεσεως θὰ ἔκανε τὴ μονάδα νὰ κινῆται συνεχῶς. Τὸ σύστημα τῶν φρένων αὐτῶν εἶναι ἀνάλογο μὲ τὸ σύστημα τῶν φρένων ἑνὸς αὐτοκινήτου. Λειτουργοῦν μὲ πεπιεσμένο ἀέρα ἢ λάδι, δηλαδὴ ἡ λειτουργία τους βασίζεται σὲ μηχανικὴ ἀρχή.

Οἱ μονάδες συνδέονται μὲ τοὺς μετασχηματιστὲς καὶ παραλληλίζονται μεταξύ τους καὶ μὲ τὸ δίκτυο, ὅπως περιγράψαμε στὶς γεννήτριες τῶν ἀτμοηλεκτρικῶν σταθμῶν. Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὴ ρύθμιση τῆς τάσεως ποὺ παράγομε στὶς γεννήτριες. Τὴν τάση τὴν κρατοῦμε κι' ἐδῶ σταθερὴ μὲ τοὺς ρυθμιστὲς τάσεως, οἱ ὅποιοι ρυθμίζουν τὸ ρεῦμα τῆς διεγέρσεως ποὺ δίνουν οἱ διε-



Σ. 4.5 α.

γέρτριες. Οἱ ἴδιοι αὐτοὶ ρυθμιστὲς ὅχι μόνο μᾶς βοηθοῦν στὸ νὰ ἐλέγχωμε τὴν τάση, ἀλλὰ μᾶς βοηθοῦν καὶ στὴ ρύθμιση τῆς συχνότητος, στὸν ἔλεγχον τοῦ φορτίου καὶ τοῦ συντελεστοῦ ἰσχύος. Ἐπίσης χάρις σ' αὐτὰ τὰ εὐαίσθητα ὄργανα ἐπιτυγχάνομε εὐκόλα τὸν παραλληλισμὸ τῶν μονάδων μας.

Γιὰ τοὺς μετασχηματιστὲς καὶ τοὺς διακόπτες δὲν θὰ μιλήσωμε ἐδῶ, μιὰ καὶ μ' αὐτοὺς θ' ἀσχοληθοῦμε στὸ δεύτερο καὶ τρίτο Μέρος αὐτοῦ τοῦ βιβλίου.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

#### 5.1 Τί είναι και από τί κατασκευάζουμε έναν ηλεκτρικό συσσωρευτή.

Ο συσσωρευτής (μπαταρία) είναι το πιο εύκολο μεταχειρίστο μηχανήμα που έχουμε για να αποθηκεύουμε την ηλεκτρική ενέργεια και να την χρησιμοποιούμε όποτε θέλουμε.

Την ηλεκτρική αυτή ενέργεια την παίρνουμε από μια πηγή συνεχούς ρεύματος, την αποθηκεύουμε στον συσσωρευτή σε χημική μορφή και μπορούμε να την ξαναπάρουμε πίσω σε ηλεκτρική μορφή.

Ονομάζουμε την αποθήκευση της ενέργειας *φόρτιση* του συσσωρευτή, ενώ την απόδοσή της για χρησιμοποίηση *έκφόρτιση* του συσσωρευτή.

Ο συσσωρευτής επομένως μοιάζει με τις ηλεκτρικές στήλες, που χρησιμοποιούμε στα φαναράκια της τσέπης (§ 5.7), με τη σπουδαία όμως διαφορά, πως ενώ η στήλη, αφού χρησιμοποιηθῇ, γίνεται άχρηστη, ο συσσωρευτής, αφού εκφορτισθῇ, ξαναφορτίζεται και είναι έτοιμος να δώση πάλι ενέργεια.

Αυτό που πρέπει να θυμάμαστε είναι ότι *ένας ηλεκτρικός συσσωρευτής αποταμιεύει και δίνει μόνο συνεχές ρεύμα και όχι εναλλασσόμενο*. Ποτέ δὲν πρέπει να το ξεχνούμε αυτό, όταν θέλουμε να φορτίσουμε ένα συσσωρευτή. Αυτό σημαίνει πως μάς χρειάζονται συνήθως άνορθωτὲς ἢ γεννήτριες Σ. Ρ. για τὴ φόρτιση, μὰ και τὰ περισσότερα δίκτυα τῶν πόλεων δίνουν εναλλασσόμενο ρεύμα.

Ἄς δοῦμε τώρα ποιὰ είναι τὰ μέρη που αποτελοῦν ἓνα συσσωρευτὴ μολύβδου, που είναι ὁ πιο συνηθισμένος τύπος μπαταρίας και ἔχει ἐφευρεθῇ τὸ 1860 ἀπὸ τὸ Γάλλο Πλαντέ (Planté).

Για να αποθηκεύσωμε τον ηλεκτρισμό είπαμε πώς μεταχειριζόμαστε χημικά μέσα, δηλαδή μιὰ χημική αντίδραση. Για τὴν αντίδραση αὐτὴ εἶναι ἀπαραίτητο νὰ ὑπάρχουν οἱ πλάκες τοῦ συσσωρευτῆ (ποὺ κατασκευάζονται ἀπὸ μόλυβδο καὶ χρησιμεύουν γιὰ ἠλεκτροδία σὰν αὐτὰ ποῦ, ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὴ Φυσική, χρειάζονται στὴν ἠλεκτρολύση) καὶ ὁ ἠλεκτρολύτης, ὅπως ὀνομάζομε τὰ ὑγρὰ ποῦ γεμίζουν τὸν συσσωρευτὴ μας.

Οἱ πλάκες εἶναι δυὸ εἰδῶν: θετικές (+), ποὺ στὴ φόρτιση συνδέονται μὲ τὸν θετικὸ πόλο (+) τῆς πηγῆς καὶ ἀρνητικές (—) ποὺ συνδέονται μὲ τὸν ἀρνητικὸ (—) πόλο.

Σήμερα, κατασκευάζομε τὶς κοινὲς πλάκες μὲ ἓνα σκελετὸ ἀπὸ κράμι μολύβδου καὶ ἀντιμονίου. Ἐπάνω στὸ σκελετὸ στρώνομε τὴ λεγομένη ἐνεργὸ ὕλη, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ διάφορα ὀξείδια τοῦ μολύβδου. Ἡ ἐνεργὸς ὕλη εἶναι ἐκείνη ποὺ παίρνει μέρος στὶς χημικὲς ἀντιδράσεις.

Μποροῦμε εὐκολὰ ἀπὸ τὸ χρῶμα τῆς νὰ διακρίνωμε ἂν μιὰ πλάκα εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, γιατί οἱ πρῶτες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ οἱ δεῦτερες γκριζο, μεταλλικό.

Ὁ ἠλεκτρολύτης στὶς μπαταρίες μολύβδου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα διάλυμα ποὺ σχηματίζομε μὲ καθαρὸ θεικὸ ὀξύ καὶ ἀποσταγμένο νερὸ σὲ ἀναλογία, δηλαδή σὲ πυκνότητα, ποὺ θὰ ἐξετάσωμε πρὸς ἄνω.

Γιὰ νὰ κατασκευάσωμε ἠλεκτρολύτη ρίχνομε σιγά-σιγά πυκνὸ θεικὸ ὀξύ μέσα στὸ νερό, ὥσπου νὰ καταλήξωμε στὴν πυκνότητα ποὺ ἐπιθυμοῦμε. Δὲν ἐπιτρέπεται ποτὲ νὰ κάμωμε τὸ ἀντίθετο, δηλαδή νὰ ρίχνωμε νερὸ μέσα σὲ θεικὸ ὀξύ, γιατί εἶναι ἐπικίνδυνον, ἐπειδὴ τότε ἐκτινάσσονται σταγόνες θειικοῦ ὀξέος ποὺ μπορεῖ νὰ μᾶς προκαλέσουν ἐγκαύματα.'

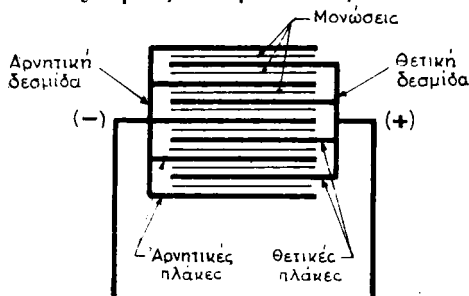
Ὁ Πίνακας 1 δίνει τὶς σχετικὲς πυκνότητες καὶ τοὺς ἀντιστοιχοῦς βαθμοὺς τοῦ πυκνομέτρου Μπωμέ, ποὺ μεταχειριζόμαστε στὴν πράξη γιὰ τὸν ἔλεγχο τοῦ ἠλεκτρολύτη.

## Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1.

Ἀντιστοιχία βαθμῶν Μπωμέ καὶ σχετικῆς πυκνότητος ἡλεκτρολύτῃ

| Πυκνότητα | Βαθμοὶ Μπωμέ | Σχετικὴ Πυκνότητα | Βαθμοὶ Μπωμέ |
|-----------|--------------|-------------------|--------------|
| 1,107     | 14°          | 1,190             | 23°          |
| 1,116     | 15°          | 1,199             | 24°          |
| 1,125     | 16°          | 1,209             | 25°          |
| 1,133     | 17°          | 1,220             | 26°          |
| 1,142     | 18°          | 1,230             | 27°          |
| 1,152     | 19°          | 1,241             | 28°          |
| 1,162     | 20°          | 1,252             | 29°          |
| 1,170     | 21°          | 1,263             | 30°          |
| 1,180     | 22°          |                   |              |

**Σημείωση.** Συχνὰ ὁμῶς χρησιμοποιοῦμε καὶ πυκνόμετρα ποὺ δείχνουν ἀπ' εὐθείας τὴν σχετικὴ πυκνότητα.

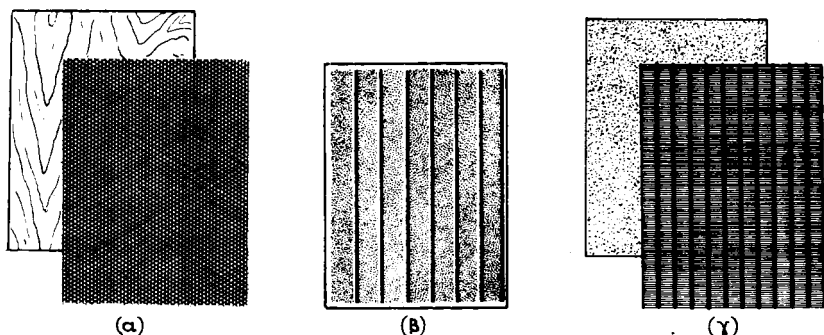


Σχ. 5·1 α. Στοιχεῖα συσσωρευτῆ 9 πλακῶν.

Γιὰ λόγους ποὺ θὰ δοῦμε παρακάτω δταν θὰ μιλήσωμε γιὰ τὴ χωρητικότητα ἑνὸς στοιχείου, συνδέομε ὅλες τὶς θετικὰς πλάκας μεταξύ-τους. Τὸ ἴδιο κάνομε καὶ γιὰ ὅλες τὶς ἀρνητικὰς. Ἡ σύνδεση γίνεται μὲ τὴ βοήθεια εἰδικῶν ἐξαρτημάτων ἀπὸ μόλυβδο ποὺ λέγονται *συλλέκτες* ἢ *κτένια*, οἱ δὲ δέσμες τῶν πλακῶν ποὺ σχηματίζονται μ' αὐτὸ τὸν τρόπο μπαίνουν ἢ μὲ μέσα στὴν ἄλλη (σχ. 5·1 α) ἔτσι, ὥστε κάθε θετικὴ πλάκα νὰ περιβάλλεται ἀπὸ

δύο άρνητικές και κάθε άρνητική από δύο θετικές, έκτος από τις άκραίες. Τò σύνολο, πού σχηματίζεται από τήν θετική και τήν άρνητική δεσμίδα, τò ονομάζομε στοιχείο του συσσωρευτή. Φροντίζομε ώστε οι δύο άκραίες πλάκες του στοιχείου νά είναι πάντα άρνητικές. Τοῦτο σημαίνει ότι ο αριθμός των πλακών του στοιχείου είναι περιττός π.χ. 9 ή 15 ή 19 κλπ.

Γιά νά αποφεύγωμε έσωτερικά βραχυκυκλώματα από τò άγγιγμα των θετικών και άρνητικών πλακών, τις χωρίζομε τοποθετώντας μεταξύ τους μονώσεις. Οι μονώσεις αυτές είναι πολλών ειδών. Από αυτά τρία είναι τὰ σπουδαιότερα :



Σχ. 5.1 β. Μονώσεις συσσωρευτών μολύβδου.

Τò πρώτο είδος περιλαμβάνει ένα ζευγάρι από μιá μόνωση με πλαστική ή λη διάτρητη και αδιακωτή μαζί με ένα λεπτό ξύλινο φύλλο, συνήθως από φλαμούρι, με πάχος περίπου 1/10 του χιλιοστού (σχ. 5.1 β [α]).

Τò δεύτερο είδος αποτελείται από μιá μόνωση από καουτσούκ πορώδες, πού έχει νευρώσεις στην επιφάνειά της. Οι νευρώσεις αυτές πρέπει πάντα ν' άκουμπούν στη θετική πλάκα (σχ. 5.1 β [β]).

Τέλος, τò τρίτο είδος περιλαμβάνει μιá λεία μόνωση διάτρητη και ένα στρώμα από ύαλοβάμβακα (σχ. 5.1 β - [γ]).

Κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς παραπάνω συνδυασμοὺς ἔχει τὰ προτερήματα καὶ τὰ ἐλαττώματά του. Πάντως, χαρακτηριστικὸ σὲ ὅλους εἶναι ὅτι ἀφήνουν εὐκόλα τὸν ἠλεκτρολύτη νὰ περάσῃ ἀνάμεσά τους, πρᾶγμα ἀπαραίτητο γιὰ νὰ γίνωνται κανονικὰ οἱ χημικὲς ἀντιδράσεις. Ἐννοεῖται πὺς ἡ ἐπιφάνεια ὧλων αὐτῶν τῶν μονώσεων πρέπει νὰ εἶναι τουλάχιστον ἴση μὲ τὴν ἐπιφάνεια τῶν πλακῶν, ὥστε νὰ τὴν καλύπτουν τελείως καὶ ν' ἀποφεύγωνται βραχυκυκλώματα (σχ. 5·1 ε).

Τὰ στοιχεῖα καὶ τὸν ἠλεκτρολύτη τὰ τοποθετοῦμε μέσα σὲ εἰδικὰ δοχεῖα συσσωρευτῶν, ποὺ ἔχουν μορφὴ ὀρθογωνικῶν κουτιῶν καὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ ἐβονίτη (σκληρὸ ἐλαστικό), μερικὲς φορὲς καὶ ἀπὸ ἀσφαλτικὰ μίγματα. Σὲ εἰδικὲς περιπτώσεις ἔχομε καὶ δοχεῖα ἀπὸ ἄλλα ὕλικά· ἔτσι, π. χ. οἱ τηλεφωνικὲς μπαταρίες μπαίνουν συνήθως σὲ γυάλινα δοχεῖα καὶ οἱ μπαταρίες γιὰ φωτογραφικὲς μηχανὲς μπαίνουν σὲ δοχεῖα ἀπὸ πλαστικὴ ὕλη.

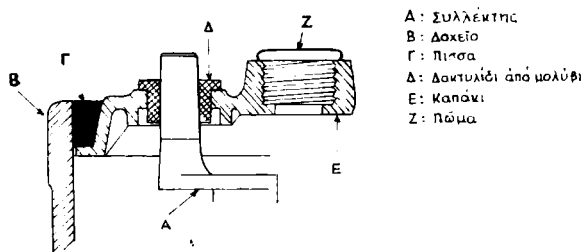
Κάθε δοχεῖο εἶναι ἔτσι κατασκευασμένο, ὥστε νὰ δέχεται ἓναν ὁρισμένο ἀριθμὸ ἀπὸ στοιχεῖα, συνήθως 1, 3 ἢ 6. Ὁ λόγος εἶναι ὁ ἐξῆς : Κάθε στοιχεῖο ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν πλακῶν ποὺ ἔχει, μᾶς δίνει ἠλεκτρικὴ τάση περίπου 2 βόλτ. Ἐμεῖς ἔχομε τυποποιήσει τις μπαταρίες μας σὲ μονάδες 2 βόλτ, 6 βόλτ ἢ 12 βόλτ, ὁπότε προκύπτουν ἀντίστοιχα δοχεῖα μὲ 1, 3 ἢ 6 στοιχεῖα,

Ἀφοῦ μπῇ τὸ στοιχεῖο μέσα στὸ εἰδικὸ χῶρισμά του στὸ δοχεῖο, κλείνεται ἀπὸ ἐπάνω μὲ τὸ λεγόμενο κάλυμμα ἢ καπάκι, ποὺ εἶναι κατασκευασμένο ἀπὸ τὸ ἴδιο ὕλικὸ μὲ τὸ δοχεῖο. Ἐπιτυχᾶνομε στεγνότητα στὸ κλείσιμο, χύνοντας γύρω γύρω στὸ καπάκι πίσσα. Τὰ καλύμματα ἔχουν δύο εἰδικὲς τρύπες ἀπὸ τίς ὁποῖες ἐξέρχονται οἱ ἀκροδέκτες (ὁ θετικὸς + καὶ ὁ ἀρνητικὸς —) τῶν δεσμίδων ποῦ ἀποτελοῦν τὸ στοιχεῖο. Ὑπάρχει ἐπίσης καὶ μιὰ ἄλλη τρύπα στὴ μέση, ἀπὸ τὴν ὁποία γεμίζομε τὸ στοιχεῖο μὲ ἡ-



λεκτρολύτη· την τρύπα αυτή τη σκεπάζουμε με ένα βιδωτό πώμα (σχ. 5.1 γ). Το πώμα έχει ειδική κατασκευή, ώστε να επιτρέπεται στα αέρια, που σχηματίζονται από τις χημικές αντιδράσεις μέσα στο δοχείο, να βγαίνουν στην ατμόσφαιρα, ενώ συγχρόνως δεν επιτρέπεται να χυθεί ο ηλεκτρολύτης.

Τέλος, τα διάφορα στοιχεία που αποτελούν έναν συσσωρευτή είναι μεταξύ τους ενωμένα με τις λεγόμενες γέφυρες, κατά τέ-



A: Συλλέκτης  
B: Δοχείο  
Γ: Πίστα  
Δ: Δακτυλίδι από μολύβι  
E: Καπάκι  
Z: Πώμα

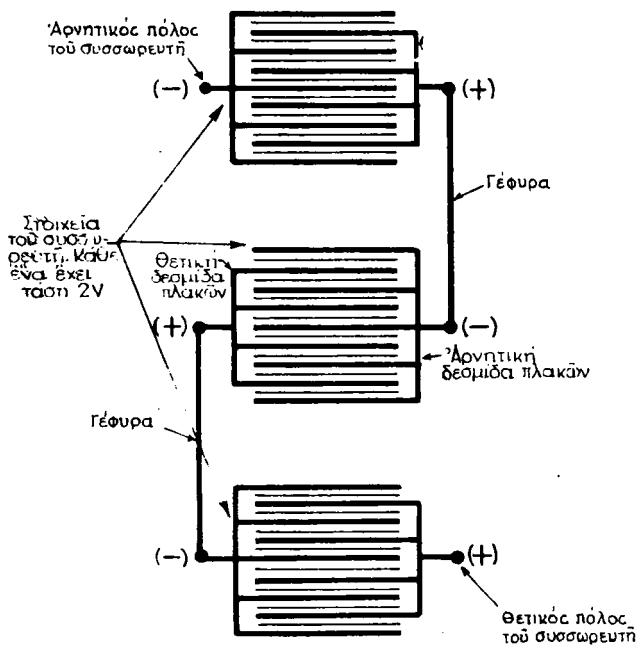
Σχ. 5.1 γ.

τοιο τρόπο, ώστε ο θετικός πόλος ενός στοιχείου να συνδέεται με τον αρνητικό πόλο του άλλου κ.ο.κ. Όπως γνωρίζουμε, αυτή η σύνδεση είναι ή σύνδεση σειρᾶς, ὁπότε οἱ τάσεις ἀθροίζονται. Π.χ. ἐνώνοντας μ' αὐτὸν τὸν τρόπο τὰ 3 στοιχεῖα ποὺ ἔχει ἓνα δοχεῖο, ἀποκτοῦμε ἓναν συσσωρευτὴ με τάση  $3 \times 2 \text{ βόλτ} = 6 \text{ βόλτ}$  (σχ. 5.1 δ).

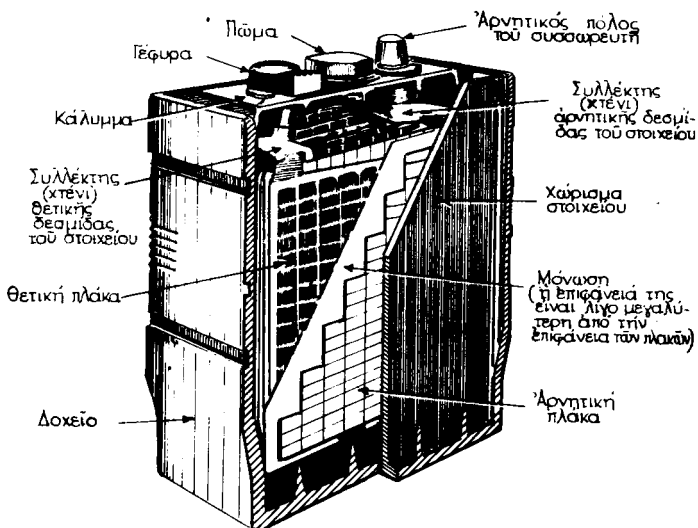
Τὰ διάφορα αὐτὰ συστατικὰ τοῦ συσσωρευτῆ ποὺ περιγράψαμε φαίνονται συναρμολογημένα ὅλα μαζὺ στὸ σχῆμα 5.1 ε το ὁποῖο παριστάνει μιὰ τομὴ σ' ἓνα στοιχεῖο μπαταρίας αὐτοκινήτου.

## 5.2 Ἡλεκτρικά χαρακτηριστικά τοῦ συσσωρευτῆ μολύβδου.

Στὴν προηγούμενη παράγραφο μιλήσαμε γιὰ τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ, δηλαδὴ γιὰ τὴν τάση, στοὺς ἀκροδέκτες ἑνὸς στοιχείου συσσωρευτῆ. Ἡ τιμὴ αὐτὴ τῆς τάσεως δὲν εἶναι σταθερή, ὅπως θὰ δοῦμε (σχ. 5.3 β καὶ 5.3 γ), ἀλλὰ μποροῦμε νὰ θεωροῦμε ὅαν



Σχ. 5-1 δ.



Σχ. 5-1 ε.

μέση τιμή τὰ 2 βόλτ για κάθε στοιχείο. Έτσι προκύπτουν μπαταρίες τυποποιημένες τῶν 2, τῶν 6 καὶ τῶν 12 βόλτ.

Τὴν τάση αὐτὴ τὴν συμβολίζουμε μὲ τὸ  $U$  καὶ μπορούμε νὰ τὴ μετρήσουμε μὲ ἓνα βολτόμετρο (παράγρ. 13·3). Ὑπάρχει ἐπίσης καὶ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς μπαταρίας ποὺ τὴν συμβολίζουμε μὲ τὸ  $E$  καὶ ποὺ μετρίεται κ' αὐτὴ σὲ βόλτ.

Ὅπως ξέρομε ἀπὸ τὴν Ἠλεκτροτεχνία (Α' Τόμος), ἡ τάση διαφέρει ἀπὸ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη κατὰ τὴν ποσότητα  $I \cdot r$ , ὅπου  $I$  εἶναι ἡ ἔνταση ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὸν συσσωρευτὴ καὶ  $r$  ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασή του, ποὺ εἶναι μικρὴ, περίπου  $\frac{1}{1000} \Omega$

ὥς  $\frac{1}{100} \Omega$ .

Στὴ φόρτιση θὰ ἰσχύη ἡ σχέση :

$$U = E + I \cdot r$$

ἐνῶ στὴν ἐκφόρτιση

(1)

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

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη εἶναι ἓνα μέγεθος ἠλεκτροχημικὸ ποὺ δὲν ἐξαρτᾶται οὔτε ἀπὸ τὴ μορφή οὔτε ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ συσσωρευτῆ, παρὰ μόνον ἀπὸ τὴν πυκνότητα τοῦ ἠλεκτρολύτη.

Ὁ Πίνακας II δίνει μερικὲς χαρακτηριστικὲς τιμὲς τοῦ  $E$  γιὰ διάφορες τιμὲς τῆς πυκνότητος τοῦ ἠλεκτρολύτη μετρημένης σὲ βαθμοὺς Μπωμέ.

Τότε, ὅπως φαίνεται καὶ ἀπὸ τὶς σχέσεις (1), μπορεῖ κανεὶς νὰ ὑπολογίζῃ κάθε φορὰ τὴν τάση  $U$ , ἀνάλογα μὲ τὴν ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος.

Συνηθισμένες τιμὲς τῆς τάσεως  $U$  στὴ φόρτιση εἶναι ἀπὸ 2,10 V ὥς 2,60 ἢ 2,65 V, ἐνῶ στὴν ἐκφόρτιση ἀπὸ 2,10 V ὥς 1,70 V γιὰ κάθε στοιχείο (σχ. 5·3 β καὶ 5·3 γ). Γι' αὐτὸ θεωροῦμε τὰ 2 V γιὰ μέση τιμή.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν τάση τοῦ στοιχείου, ἓνα ἄλλο σπουδαῖο χα-

## Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι

Αντιστοιχία πυκνότητας του ηλεκτρολύτη και ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως ενός στοιχείου συσσωρευτή.

| Πυκνότητα του ηλεκτρολύτη<br>σε βαθμούς Μπωμέ | Ήλεκτρεγερτική δύναμη<br>σε βόλτ |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|
| 35°                                           | 2,15                             |
| 30°                                           | 2,10                             |
| 25°                                           | 2,05                             |
| 20°                                           | 2,01                             |
| 15°                                           | 1,96                             |
| 10°                                           | 1,92                             |
| 5°                                            | 1,87                             |
| 1°                                            | 1,84                             |

ρακτηριστικό μέγεθος της μπαταρίας είναι ή χωρητικότητά της. Όνομάζουμε χωρητικότητα ενός συσσωρευτή το γινόμενο της σταθερής έντάσεως που παίρνουμε ή δίνουμε στην μπαταρία, επί τον χρόνο που διαρκεί αντίστοιχα ή εκφόρτιση ή ή φόρτιση. Η μονάδα με την οποία μετρούμε την χωρητικότητα είναι το άμπερώριο ( $Ah$ ).

Π.χ. αν φορτίζουμε μια μπαταρία για 2 ώρες με ένταση 10  $A$  και έπειτα, για 5 ώρες με 6  $A$ , της έχομε δώσει χωρητικότητα, ίση με :

$$2 \times 10 + 5 \times 6 = 20 + 30 = 50 \text{ Ah}$$

Έννοείται πως ή χωρητικότητα ενός συσσωρευτή είναι κάτι το τελείως διαφορετικό από τη χωρητικότητα ενός πυκνωτή, πού, όπως ξέρομε από την Ήλεκτροτεχνία (Τόμος Α'), έχει άλλη έννοια.

Γενικά, ή χωρητικότητα ενός στοιχείου συσσωρευτή εξαρ-

τᾶται ἀπὸ τὸ βάρος καὶ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια πὺ ἐχουν οἱ πλάκες του. Ἐπομένως ἡ χωρητικότητα ὁλοκλήρου τοῦ συσσωρευτῆ ἔξαρταται ἀπὸ τὶς διαστάσεις καὶ τὸ βάρος του. Ὅσο μεγαλύτερες καὶ βαρύτερες εἶναι οἱ πλάκες τόσο μεγαλύτερη χωρητικότητα θὰ ἔχῃ ὁ συσσωρευτὴς μας. Ἐπειδὴ ὁμως δὲν μπορούμε νὰ ὑπερβούμε ἓνα ὄριο στὴν αὐξηση τῆς ἐπιφανείας καὶ τοῦ βάρους τῶν πλακῶν, προτιμοῦμε νὰ χρησιμοποιοῦμε πολλές πλάκες σὲ παράλληλη σύνδεση. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος γιὰ τὸν ὁποῖο συνδέομε ὅλες μαζὺ τὶς θετικὲς πλάκες καὶ ὅλες μαζὺ τὶς ἀρνητικὲς πλάκες ἑνὸς στοιχείου.

Ἐνας ἄλλος σπουδαῖος παράγοντας πὺ ἐπηρεάζει τὴ χωρητικότητα εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος μὲ τὴν ὁποία φορτίζομε ἢ ἐκφορτίζομε τὴν μπαταρία μας. Μὲ δυὸ λόγια, ὅσο μεγαλύτερη ἔνταση ἔχομε, τόσο ἐλαττώνεται ἡ χωρητικότητα. Τὸ ἴδιο πρᾶγμα μπορούμε νὰ τὸ ἐκφράσωμε καὶ ἄλλοιῶς. Ὅσο πὺ γρήγορα φορτίζομε ἢ ἐκφορτίζομε ἓναν συσσωρευτῆ, τόσο πὺ λίγη χωρητικότητα τοῦ δίνομε ἢ τοῦ παίρνομε.

Γιὰ τὸν λόγο αὐτόν, ὅταν θέλωμε νὰ χαρακτηρίσωμε ἓναν συσσωρευτῆ, δὲν δίνομε μόνον τὴ χωρητικότητά του, ἀλλὰ καὶ τὶς ὥρες πὺ ἀντιστοιχοῦν σ' αὐτὴ τὴν ἐκφόρτιση. Ἡ τυποποίηση παραδέχεται τρεῖς τιμὲς στὴ χωρητικότητα: μιὰ πὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ τρίωρη ἐκφόρτιση, μιὰ πὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ δεκάωρη ἐκφόρτιση καὶ μιὰ πὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ εἰκοσάωρη ἐκφόρτιση. Ἀπὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε εὐκόλα πὺς ἡ χωρητικότητα σὲ εἰκοσάωρη ἐκφόρτιση εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν χωρητικότητα σὲ δεκάωρη. Ἡ αὐξηση αὐτὴ εἶναι περίπου 12%. Ἐπίσης ἡ τρίωρη χωρητικότητα θὰ εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὶς δύο ἄλλες.

Σήμερα κατασκευάζονται γιὰ διαφόρους σκοποὺς συσσωρευτὲς μὲ χωρητικότητα ἀπὸ 1 ὠς 10 000 ἄμπερώρια. Τὰ ἄμπερώρια αὐτὰ ἀντιστοιχοῦν σὲ δεκάωρη ἐκφόρτιση, ἡ ὁποία εἶναι ἢ πὺ συνηθισμένη, καὶ θεωρεῖται σὰν κανονικὴ ἐκφόρτιση.

Ἀς δώσωμε ἓνα παράδειγμα σ' ὅλα αὐτά.

\*Ας έχουμε έναν συσσωρευτή των 6 βόλτ με κανονική χωρητικότητα 100 άμπερώρια σε δεκάωρη εκφόρτιση.

\*Αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε την ενέργειά του, μπορούμε να τον εκφορτίσωμε με τούς εξής τρεις τρόπους :

1) Κανονικά, μέσα σε 10 ώρες. Τότε θα μᾶς δώσει συνεχώς 10 A, δηλαδή την κανονική του χωρητικότητα :

$$10 \times 10 = 100 \text{ Άμπερώρια.}$$

2) Γρηγορότερα από τὸ κανονικὸ ὄριο. Ἐστω σὲ 5 ὥρες. Τότε δὲν θὰ μπορούμε νὰ πάρουμε ὅπως θὰ περιμένουμε  $\frac{100}{5} = 20 \text{ A}$ , ἀλλὰ κάτι λιγότερο. Ἀς ποῦμε 19 A,

δηλαδή ἡ πραγματικὴ χωρητικότητά θὰ εἶναι μόνο :

$$19 \times 5 = 95 \text{ Άμπερώρια.}$$

3) Ἀργότερα ἀπὸ τὸ κανονικὸ ὄριο. Ἐστω σὲ 20 ὥρες. Τότε θὰ ἔχουμε τὴ δυνατότητα νὰ πάρουμε ἔστω 5,5 A, δηλαδή περισσότερα τῶν ὧσων περιμέναμε  $\frac{100}{20} = 5 \text{ A}$  καὶ ἡ πραγματικὴ χωρητικότητά θὰ εἶναι :

$$5,5 \times 20 = 110 \text{ Άμπερώρια.}$$

\*Ας δοῦμε, τέλος, καὶ τὸν βαθμὸ ἀποδόσεως ἐνὸς κοινοῦ συσσωρευτῆ μολύβδου, ποῦ, σὰν ἡλεκτρικὴ μηχανὴ ποῦ εἶναι, ἔχει καὶ αὐτὸς μιὰν ἀπώλεια μὲ ἀποτέλεσμα νὰ παίρνωμε στὴν εκφόρτιση μικρότερη ἐνέργεια ἀπ' ὅση δίνουμε στὴ φόρτιση.

Πρῶτα ἔχουμε νὰ διακρίνωμε ἀπώλεια στὴ χωρητικότητά, καὶ ἓνα βαθμὸ ἀποδόσεως χωρητικότητος ὁ ὁποῖος ἐκφράζεται σὰν πηλίκο :

$100 \times \frac{\text{χωρητικότητά ἐκφορτίσεως}}{\text{χωρητικότητά φορτίσεως}} \%$  (ποῦ γιὰ μιὰ καλὴ μπαταρία μολύβδου εἶναι περίπου 90 %).

Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως ἐνεργείας εἶναι ὁ γενικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως καὶ ἐκφράζεται καὶ αὐτὸς ἀπὸ τὸ πηλίκο :

$$100 \times \frac{\text{ἐνέργεια ἐκφορτίσεως}}{\text{ἐνέργεια φορτίσεως}} \% =$$

$$100 \times \frac{\text{χωρητικότητα ἐκφορτίσεως}}{\text{χωρητικότητα φορτίσεως}} \times \frac{\text{μέση τάση ἐκφορτίσεως}}{\text{μέση τάση φορτίσεως}} \%$$

Τὸ πρῶτο κλάσμα, ὅπως εἶδαμε παραπάνω, εἶναι συνήθως ἴσο μὲ 0,90, ἐνῶ τὸ δεύτερο εἶναι 0,83 ὡς 0,85. Ἐπομένως τὸ γινόμενο δίδει περίπου γενικὸ βαθμὸ ἀποδόσεως ἴσο μὲ 75 %. Στὴν πραγματικότητα ἡ ἀπόδοση αὕτη εἶναι συχνὰ πιδ μικρή, γύρω στὰ 70 %.

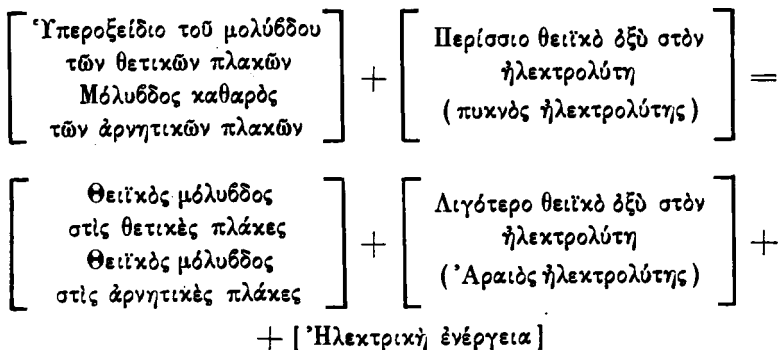
### 5-3 Λειτουργία, φόρτιση καὶ εκφόρτιση ἑνὸς συσσωρευτῆ μολύβδου.

\*Ἐχομε πῆ πὼς ἡ μπαταρία εἶναι ἓνα ἡλεκτροχημικὸ μηχανήμα ποὺ μετατρέπει ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια σὲ χημικὴ ἢ ἀντίστροφα.

\*Ακόμα σήμερα δὲν εἶναι τελείως γνωστὸ τί χημικὲς ἀντιδράσεις γίνονται μέσα στὰ στοιχεῖα κατὰ τὴ διάρκεια τῆς φορτίσεως ἢ τῆς ἐκφορτίσεως, μὲ ἀποτέλεσμα τὰ στοιχεῖα νὰ παρουσιάζουν μία ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη στοὺς πόλους τῆς.

Πάντως, σὲ γενικὲς γραμμὲς, ἔχομε τὶς ἐξῆς μεταβολὲς καὶ ἀντιδράσεις :

#### \*Εκφόρτιση



## Φόρτιση

$$\begin{aligned}
 & \left[ \begin{array}{c} \text{Ἡλεκτρικὴ} \\ \text{ἐνέργεια} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Θεϊκὸς μόλυβδος} \\ \text{στὶς θετικὰς πλάκες} \\ \text{Θεϊκὸς μόλυβδος} \\ \text{στὶς ἀρνητικὰς πλάκες} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Λιγότερο θεϊκὸ δξύ} \\ \text{στὸν ἥλεκτρολύτη} \\ \text{('Αραιὸς ἥλεκτρολύτης)} \end{array} \right] \\
 & \left[ \begin{array}{c} \text{Ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου} \\ \text{στὶς θετικὰς πλάκες} \\ \text{Μόλυβδος καθαρὸς} \\ \text{στὶς ἀρνητικὰς πλάκες} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Περίσσειο θεϊκὸ δξύ} \\ \text{(Πυκνὸς ἥλεκτρολύτης)} \end{array} \right]
 \end{aligned}$$

Βλέπομε λοιπὸν ὅτι ἔχομε κυκλικὴ λειτουργία, δηλαδὴ περνοῦμε συνεχῶς ἀπὸ τῆ φόρτιση στὴν ἐκφόρτιση καὶ ἀπὸ τὴν ἐκφόρτιση πάλι στὴ φόρτιση, ἐνῶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια φαινόμενα. Ἡ ἀλλαγὴ ποὺ γίνεται στὴ σύσταση τῶν πλακῶν κάνει νὰ διαφέρῃ τὸ χρῶμα στὴ θετικὴ (+) καὶ ἀρνητικὴ (—) πλάκα, ὅπως εἴπαμε στὴν παράγραφο 5·1. Ἡ διαφορὰ αὕτῃ εἶναι μεγάλη στὸ τέλος τῆς φορτίσεως, ἐνῶ χάνεται στὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως, ὁπότε θετικὰς καὶ ἀρνητικὰς πλάκες ἔχουν σχεδὸν τὸ ἴδιον χρῶμα.

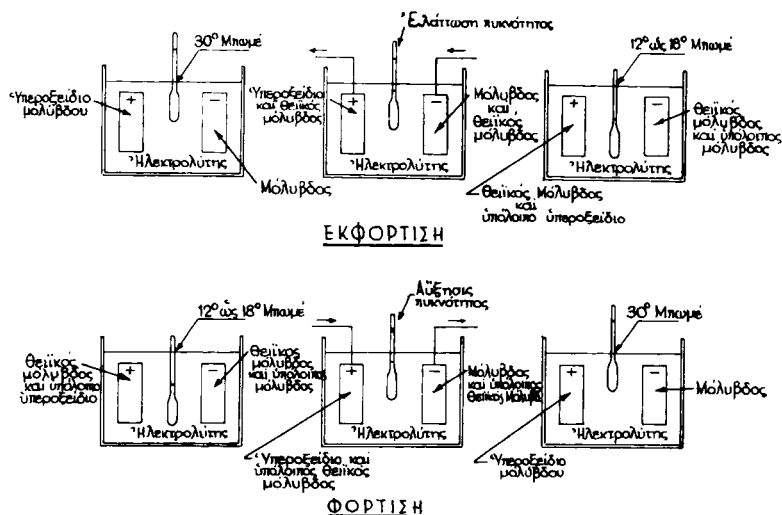
Ὑπάρχει ἓνας πολὺ ἀπλὸς τρόπος νὰ μαθαίνωμε ἂν ἡ μπαταρία μας βρίσκεται φορτισμένη ἢ ὄχι καὶ τὸν τρόπο αὐτὸ τὸνμαντεύομε ἀπὸ τὶς παραπάνω σχέσεις. Πραγματικὰ βλέπομε ὅτι στὴν πλήρη φόρτιση ὁ ἥλεκτρολύτης εἶναι πυκνός, ἐνῶ ὅταν ὁ συσσωρευτὴς εἶναι ἐκφορτισμένος ὁ ἥλεκτρολύτης εἶναι ἀραιός.

Ὁ ἐλεγχος αὐτὸς γίνεται μὲ ἓνα εἰδικὸ πυκνόμετρο ποὺ εἶναι ἐφοδιασμένο μὲ ἓνα «πουὰρ» (φούσκα) γιὰ τὴν ἀναρρόφηση τοῦ ἥλεκτρολύτη ἀπὸ μέσα ἀπὸ τὸ δοχεῖο τοῦ συσσωρευτῆ καὶ λέγεται μπωμόμετρο ἐπειδὴ μετρεῖ τὴν πυκνότητα σὲ βαθμοὺς Μπωμέ. Παρακολουθώντας λοιπὸν τὴν πυκνότητα τοῦ ἥλεκτρολύτη μποροῦμε νὰ ἐλέγχωμε τὴν κατάστασι τῆς φορτίσεως μιᾶς μπαταρίας.



Τις ίδιες αλλαγές στη φόρτιση - εκφόρτιση, βλέπουμε παραστατικά και στο σχήμα 5.3 α.

Συνήθως μιὰ καλὰ φορτισμένη μπαταρία ἔχει πυκνότητα στὸν ἠλεκτρολύτη της γύρω στοὺς 30° Μπωμέ, ἐνῶ πρέπει νὰ σταματοῦμε τὴν ἐκφόρτιση ὅταν ἡ πυκνότητα κατεβαίνει περίπου στοὺς 18° ἢ τὸ πολὺ στοὺς 12° σὲ εἰδικoὺς τύπους μπαταριῶν.

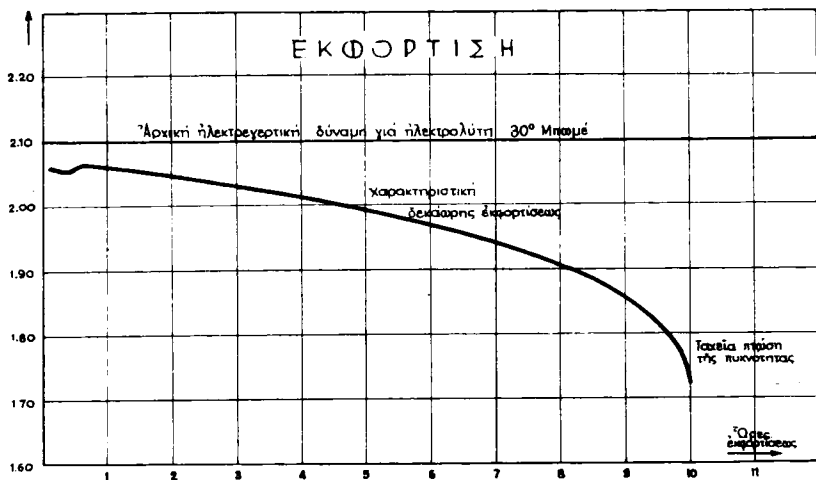


Σχ. 5.3 α.

Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτῆ (φόρτιση - εκφόρτιση) οἱ χημικὲς ἀντιδράσεις προκαλοῦν καὶ ἔκλυση ἀερίων ἀπὸ τὸν ἠλεκτρολύτη, ἰδίως ὅταν ἡ φόρτιση παραταθῇ περισσότερο ἀπ' ὅσο πρέπει. Τὰ ἀέρια αὐτὰ περιέχουν ὀξυγόνο καὶ ὑδρογόνο καὶ εἶναι ἐκρηκτικὰ, γι' αὐτὸ χρειάζομαστε καλὸν ἀερισμὸ σὲ χώρους ποὺ φορτίζουμε πολλὰς μπαταρίες.

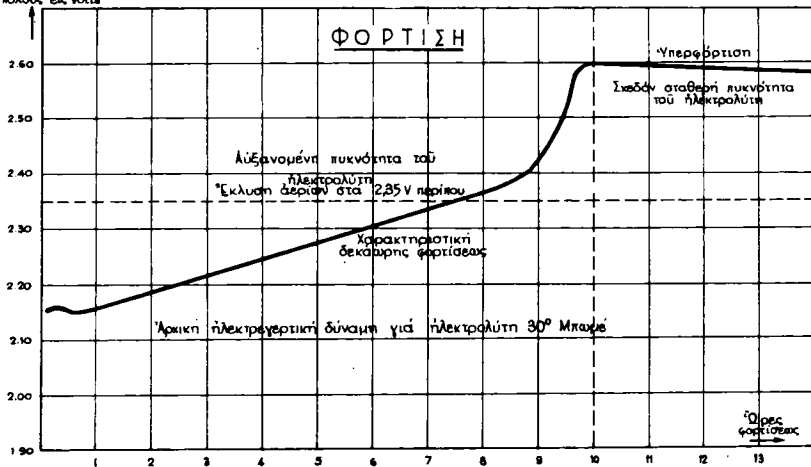
\* Ἄν θέλωμε νὰ παρακολουθήσουμε καλύτερα τὴ φόρτιση καὶ τὴν ἐκφόρτιση μιᾶς μπαταρίας, θὰ δοῦμε ὅτι τὰ φαινόμενα ἀκολουθοῦν τὴ μορφή ποὺ δίνουν τὰ σχήματα 5.3 β καὶ 5.3 γ.

Τάση στους  
πόλους εις Volts



Σχ. 5-3 β.

Τάση στους  
πόλους εις Volts



Σχ. 5-3 γ.

Στην εκφόρτιση βλέπομε ότι η τάση για αρκετό διάστημα είναι περίπου 2 V, όταν όμως εξαντληθῇ ἡ χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτῆ, τότε ἡ τάση πέφτει ἀπότομα.

Καλὸ εἶναι νὰ σταματοῦμε τὴν ἐκφόρτιση όταν φθάσωμε τὰ 1,8 βόλτ· ἀλλοιῶς καταστρέφονται οἱ πλάκες.

Ἀντίστοιχα, βλέπομε ἀπὸ τὸ σχῆμα 5·3 γ ὅτι ἡ φόρτιση τελειώνει όταν ἡ τάση ἔχῃ πάρει τὴ μεγαλύτερη τιμὴ της, δηλαδὴ περίπου 2,6 V. Ἄν συνεχίσωμε τὴ φόρτιση, ὁ συσσωρευτὴς μας δὲν μπορεῖ νὰ δεχθῇ ἄλλη ἐνέργεια καὶ ἡ ἐνέργεια ποὺ ἐξακολουθοῦμε τυχὸν νὰ τοῦ δίνωμε χάνεται σὲ θερμότητα ἢ ἐκκλυση ἀερίων.

#### 5.4 Χρησιμοποίηση καὶ συντήρηση τοῦ συσσωρευτῆ μολύβδου.

Οἱ συσσωρευτὲς μολύβδου φθάνουν στὴν κατανάλωση μὲ δύο μορφές : φορτισμένοι καὶ ἀφόρτιστοι.

Οἱ φορτισμένοι συσσωρευτὲς εἶναι ἔτοιμοι γιὰ χρησιμοποίηση. Γιὰ τὴ συντήρησή τους ὅμως πρέπει κανεὶς νὰ ἔχῃ ὑπ' ὄψῃ τοῦ τὰ ἑξῆς :

Ἡ φόρτισή τους πρέπει νὰ γίνεται, κατὰ τὸ δυνατό, μὲ τὸ κανονικὸ ρεῦμα, δηλαδὴ στὸν κανονικὸ χρόνον καὶ νὰ σταματᾷ μόλις οἱ μπαταρίες φορτισθοῦν τελείως. Τὸ κανονικὸ ρεῦμα εἴπαμε ὅτι εἶναι τὸ 1/10 ἢ τὸ 1/20 τῶν ἀμπερῶν ἢ σὲ ἐξαιρετικές περιπτώσεις τὸ 1/3. Ὁ ἀντίστοιχος κανονικὸς χρόνος τότε εἶναι 10 ὥρες, 20 ὥρες ἢ 3 ὥρες.

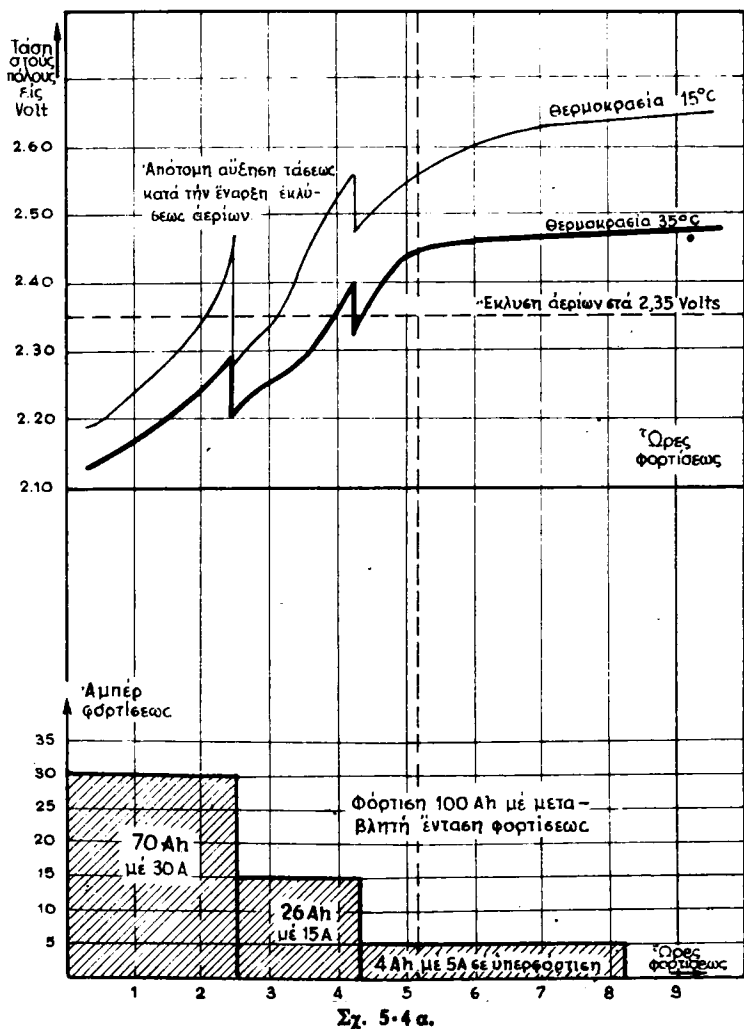
Αὐτὴ εἶναι ἡ μέθοδος κατὰ τὴν ὁποία φορτίζομε μὲ σταθερὴ ἔνταση.

Ἐπιτρέπεται νὰ φορτίζωμε καὶ μὲ περισσότερα ἀπὸ τὰ κανονικὰ ἀμπέρ, τὰ ὁποῖα μᾶς ὑποδεικνύει κάθε κατασκευαστὴς συσσωρευτῶν, ἐφ' ὅσον δὲν παρουσιάζονται πολλὰ ἐκκλυόμενα ἀέρια. Μόλις ὅμως ἐμφανισθοῦν πολλὰ ἀέρια, πρέπει νὰ ἐλαττώνωμε τὴν ἔνταση

μέ την οποία φορτίζουμε. Τοῦτο συνήθως συμβαίνει όταν ἡ τάση ὑπερβῇ τὰ 2,35 V (σχ. 5·3 γ). Ἔτσι προκύπτει ἡ φόρτιση με μεταβλητὴ ἔνταση.

Ἄς δώσωμε ἓνα παράδειγμα.

Τὸ σχῆμα 5·4 α μᾶς δείχνει σὲ διάγραμμα ἓναν καλὸ τρόπο



Σχ. 5·4 α.

πού μπορούμε να ακολουθήσουμε για να φορτίσωμε ένα στοιχείο, πού προηγούμενως είχαμε εκφορτίσει κατά 100 Ah.

Βλέπουμε πώς η ένταση ελαττώνεται κλιμακωτά όσο η τάση του στοιχείου αυξάνει και καταλήγει στη σχετικά μικρή τιμή των 5 A.

Εάν ολόκληρη η φόρτιση γινόταν με σταθερή ένταση 5 A, θα διαρκούσε τουλάχιστον 20 ώρες. Τη διάρκεια αυτή τη μειώσαμε σημαντικά, φορτίζοντας στην αρχή με 30 A μέχρις ότου η τάση του στοιχείου έγινε 2,3 V, έπειτα με 15 A ως τα 2,4 V και τέλος με 5 A ως την πλήρη φόρτιση.

Βλέπουμε ότι μ' αυτό τον τρόπο το στοιχείο έλαβε τα 95% της χωρητικότητάς του, χωρίς σημαντική έκλυση αερίων, μέσα σε 6 ώρες περίπου.

Γενικά όμως, η μέθοδος με την οποία φορτίζουμε μπαταρίες είναι περισσότερο έμπειρική και διαφέρει σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Προσοχή πρέπει να δίνουμε και στην εκφόρτιση, γιατί οι συνθήκες με τις όποιες γίνεται και τελειώνει αυτή είναι τελείως ιδιαίτερες.

Όρισμένοι τύποι συσσωρευτών, όπως οι συνηθισμένοι τύποι για την εκκίνηση των αυτοκινήτων, είναι κατασκευασμένοι έτσι, ώστε να δίνουν πολύ μεγάλες εντάσεις σε μικρή χρονική διάρκεια. Π.χ. μονάδες 100 Ah μπορεί να δώσουν 300 ή 500 A για πολλά δευτερόλεπτα.

Το τέλος της εκφορτίσεως δεν είναι καθορισμένη κατάσταση όπως είναι το τέλος της φορτίσεως. Εκτός όμως απ' αυτή τη διαφορά μεταξύ του τέλους της φορτίσεως και του τέλους της εκφορτίσεως υπάρχει και η έξηξ: αφού τελειώση η φόρτιση, μπορούμε να συνεχίσουμε να φορτίζουμε με λίγα άμπερ χωρίς βλάβη των πλακών, ενώ όταν τελειώση η εκφόρτιση δεν μπορούμε να

πάρωμε περισσότερα άμπερώρια από τόν συσσωρευτή μας χωρίς κίνδυνο νά τόν καταστρέψωμε τελείως.

Τò τέλος τής έκφορτίσεως μπορούμε νά τò καταλάβωμε από πολλές ένδείξεις: ή πυκνότητα του ήλεκτρολύτη έχει πέσει πολύ· τὰ μηχανήματα ή οί λάμπες που τροφοδοτούνται από τήν μπαταρία δέν άποδίδουν πιά γιατί ή τάση είναι πολύ χαμηλή. Π.χ. ή μίζα ένός αυτοκινήτου δέν γυρνά κανονικά και τὰ φώτα του δέν φωτίζουν άρκετά. Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις πρέπει τò ταχύτερο νά φορτίσωμε τόν συσσωρευτή.

Άν μιá μπαταρία είναι μόνιμα συνδεδεμένη σέ ένα κύκλωμα, πρέπει νά βλέπωμε μήπως ύπάρχει καμμιá άπώλεια στο κύκλωμα ή όποία τήν έκφορτίζει χωρίς λόγο. Άκόμα και χωρίς άπώλεια στο έξωτερικό της κύκλωμα, μιá μπαταρία έκφορτίζεται σιγά-σιγά μόνη της. Ύπολογίζεται ότι κάθε μέρα ένας κοινός τύπος χάνει περίπου τò 1% των άμπερρίων που έχει. Γι' αυτό τόν λόγο δέν πρέπει οί συσσωρευτές νά μένουν άχρησιμοποίητοι πάνω από 20 μέρες, χωρίς νά τούς φορτίσωμε περιοδικά, έκτός αν πρόκειται για ειδικούς τύπους συσσωρευτών με ιδιαίτερη άντοχή.

Άπαγορεύεται νά βάλωμε μέσα στον ήλεκτρολύτη οίαδήποτε άλλη ύλη έκτός από άποσταγμένο νερό, με τò όποιο πρέπει νά αναπληρώνωμε τò νερό που εξατμίζεται. Ποτέ δέν πρέπει ή στάθμη του ήλεκτρολύτη μέσα στο δοχείο νά αφήνη άκάλυπτες τις πλάκες, γιατί καταστρέφονται.

Θεϊκό όξύ ή καινούργιο ήλεκτρολύτη βάζομε μόνο όταν άποδεδειγμένα έχη χυθή ό ήλεκτρολύτης του συσσωρευτή, γιατί άλλοιώς κάνομε όλο τò μίγμα πολύ πυκνό και καταστρέφομε τις πλάκες.

Μιá συνηθισμένη βλάβη συσσωρευτών μολύβδου είναι ή *θειώωση*, όπως ονομάζεται τò μάζεμα κρυσταλλικών άλατιών από θεϊκό όξύ στην επιφάνεια των πλακών. Η μόνιμη θειώωση μειώνει τήν άπόδοση και τελικά καταστρέφει τήν μπαταρία. Μιá

μικρή θειϊκωση θεραπεύεται εύκολα με πολλές φορτίσεις και εκφορτίσεις με κατιόνιο πολύ άραιό ηλεκτρολύτη ή με σκέτο αποσταγμένο νερό.

Οι άφόρτιστοι συσσωρευτές πωλούνται στεγνοί, χωρίς υγρά. Τα πώματά τους είναι βουλωμένα, ώστε να μη καταστρέφονται οι πλάκες από τον αέρα.

Στην περίπτωση αυτή πρώτη δουλειά, αφού ξεβουλώσωμε τα πώματα, είναι ή άρχική φόρτιση του συσσωρευτή, την όποια πρέπει να κάνωμε ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες που δίνουν οι κατασκευαστές κάθε τύπου. Μετά την φόρτιση αυτή ισχύουν τα ίδια που είπαμε για τη συντήρηση των φορτισμένων μπαταριών.

Γενικά, όταν πρόκειται να συνδέσωμε τους πόλους μιās μπαταρίας με μιā πηγή συνεχούς ρεύματος πριν από τη φόρτιση, πρέπει να προσέχωμε μήπως τη φορτίσωμε *ανάποδα*, όποτε οι πλάκες καταστρέφονται. Πρέπει δηλαδή ό θετικός πόλος της πηγής να συνδεθ ή με τό θετικό πόλο της μπαταρίας και ό άρνητικός με τον άρνητικό και όχι τό αντίθετο.

### 5.5 Άλλοι τύποι εκτός από τους συσσωρευτές μολύβδου.

Υπάρχουν και διάφοροι άλλοι συσσωρευτές με ανάλογες ιδιότητες, όπως είναι οι *άλκαλικοί συσσωρευτές*, οι *συσσωρευτές νικελίου-καδμίου*, οι *συσσωρευτές όξειδίων άργύρου κ.λ.π.* Όλους όμως αυτούς δέν τους χρησιμοποιούμε πολύ, γιατί ό συσσωρευτής μολύβδου έχει περισσότερα πλεονεκτήματα και κυρίως γιατί είναι ό φθηνότερος.

Γενικά οι λόγοι που επιβάλλουν τη μεγάλη χρήση των συσσωρευτών μολύβδου σήμερα είναι ότι οι συσσωρευτές αυτοί:

- έχουν σταθερή ηλεκτρεγερτική δύναμη κατά την εκφόρτιση,
- έχουν τη μεγαλύτερη ηλεκτρεγερτική δύναμη άπ' όλους τους άλλους τύπους μπαταριών,

- ἔχουν πολὺ μικρὴ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση, ἐπομένως καὶ μεγάλου βαθμοῦ ἀποδόσεως καί, τέλος,
- εἶναι οἱ φθηνότεροι.

Θὰ ἐξετάσωμε τώρα ἰδιαίτερα τὸν *ἀλκαλικὸ συσσωρευτὴ*, ποὺ εἶναι ἐφεύρεση τοῦ Ἀμερικανοῦ Ἔντισον (Edison) καὶ ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ πιὸ γνωστὸς τύπος μπαταρίας μετὰ τὸν συσσωρευτὴ μολύβδου.

Οἱ θετικὲς πλάκες τοῦ συσσωρευτῆ αὐτοῦ κατασκευάζονται ἀπὸ σολῆνες *ἐπινικελωμένου χάλυβα*, μέσα στοὺς ὁποίους τοποθετοῦμε τὴν ἐνεργὸ ὕλη ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ διάφορα ὀξείδια *νικελίου*. Οἱ ἀρνητικὲς πλάκες ἀντίστοιχα ἔχουν γιὰ ἐνεργὸ ὕλη ὀξείδια *σιδήρου*, τοποθετημένα μέσα σὲ ὀρθογώνιες θήκες ἀπὸ *ἐπινικελωμένο χάλυβα*.

Δηλαδή τὸ μὲν θετικὸ ἡλεκτρόδιο ἐδῶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐνώσεις νικελίου, ἐνῶ τὸ ἀρνητικὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐνώσεις σιδήρου. Γιὰ τὸν λόγον αὐτὸν τίς μπαταρίες αὐτοῦ τοῦ τύπου τίς ὀνομάζομε καὶ *συσσωρευτὲς νικελιοσιδήρου*.

Τὸ *δοχεῖο* τῶν ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν εἶναι ἀπὸ ἐπινικελωμένο χάλυβα, ἐνῶ οἱ *μονώσεις* τοὺς γίνονται ἀπὸ ἐβονίτη ἢ καουτσούκ. Γιὰ *ἡλεκτρολύτη* ἔχομε διάλυμα *κανστικῆς ποτάσσης* μὲ πυκνότητα περίπου 1,2. Ἀντίθετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει στοὺς συσσωρευτὲς μολύβδου, ὁ ἡλεκτρολύτης τῶν ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν δὲν ἐξασκεῖ χημικὴ δράσιν παρὰ μόνον χρησιμεύει σὰν ἀγώγιμο μέσο μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων. Γι' αὐτὸ ἡ πυκνότητά του μένει πάντοτε σταθερή.

Κατὰ τὴ *φόρτιση* τὸ ὀξείδιο τοῦ νικελίου στὸν θετικὸ πόλο γίνεται ὑπεροξείδιο, ἐνῶ στὸν ἀρνητικὸ πόλο τὸ ὀξείδιο τοῦ σιδήρου *ἀνάγεται* σὲ καθαρὸ σίδηρο. Στὴν *ἐκφόρτιση* τὸ ὑπεροξείδιο τοῦ θετικοῦ πόλου *ἀνάγεται* σὲ ὀξείδιο, ἐνῶ ὁ σίδηρος τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου ὀξειδώνεται καὶ γίνεται πάλι ὀξείδιο τοῦ σιδήρου.



Βλέπουμε, δηλαδή, κι' ἐδῶ κλειστή κυκλική μεταβολή στην ἐπανάληψη τῶν φαινομένων.

"Ας δοῦμε τώρα τὰ ἡλεκτρικὰ χαρακτηριστικά τῶν ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν :

Ἡ τάση κατὰ τὴ φόρτιση ἀνεβαίνει ἀπὸ 1,3 V σὲ 1,87 V ἀλλὰ, μόλις ἀποσυνδέσουμε τὸ συσσωρευτὴ ἀπὸ τὸ κύκλωμα φόρτισεως, κατεβαίνει στὰ 1,5 V. Στὴ φόρτιση ἡ τάση πέφτει γρήγορα στὰ 1,4 V καὶ φθάνει ὡς τὸ 1 V, ὅποτε ἡ μπαταρία εἶναι οὐσιαστικὰ ἐκφορτισμένη.

Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς θεωροῦμε ὅτι κάθε στοιχεῖο ἀλκαλικῆς μπαταρίας ἔχει μέση τάση 1,2 V, ἐνῶ στοὺς συσσωρευτὲς μολύβδου τὸ ἴδιο χαρακτηριστικὸ ἦταν 2 V. Τοῦτο εἶναι ἓνα μεγάλο μειονέκτημα τῶν ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν ὅταν τοὺς συγκρίνωμε μὲ τοὺς συσσωρευτὲς μολύβδου, μιὰ καὶ χρειάζομαστε 63 % περισσότερα στοιχεῖα τῶν πρώτων, σὲ σύνδεση σειρᾶς, γιὰ νὰ ἀποκτήσωμε ὅση τάση μᾶς δίνει ἓνας ὁρισμένος ἀριθμὸς στοιχείων μολύβδου.

"Άλλο μειονέκτημα τῶν ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν εἶναι ὅτι ἔχουν συνολικὸ βαθμὸ ἀποδόσεως περίπου 60 %, ἐνῶ, ὅπως εἶδαμε καὶ στὴν παράγραφον 5·2, οἱ συσσωρευτὲς μολύβδου εἶχαν 70 — 75 %. Ἀλλὰ τὸ σπουδαιότερο μειονέκτημά τους εἶναι ὅτι κοστίζουν πολὺ ἀκριβότερα ἀπὸ αὐτοὺς.

Πλεονεκτοῦν ὅμως οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευτὲς ὡς πρὸς τὴν ἱκανότητα ποὺ ἔχουν νὰ ἀποδίδουν ἰσχυρὰ ρεύματα καὶ ἰδίως ὡς πρὸς τὸ ὅτι μποροῦν νὰ μένουν πολὺν καιρὸ ἀφόρτιστοι καὶ ἀχρησιμοποίητοι χωρὶς νὰ πάθουν βλάβη οἱ πλάκες τους, μιὰ καὶ ὁ ἡλεκτρολύτης τους δὲν προκαλεῖ χημικὲς ἀντιδράσεις. Ἄλλο πλεονέκτημά τους εἶναι ὅτι ἔχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὲς μολύβδου. Γιὰ τὸ ἴδιο βάρος πλακῶν ἔχουν διπλάσια χωρητικότητα.

Ἐπειδὴ ἔχουν ὅλα αὐτὰ τὰ χαρακτηριστικά καὶ ἐπειδὴ ἡ κα-

τασκευή τους είναι στέρεη, χρησιμοποιούμε τους αλκαλικούς συσσωρευτές σε αρκετές περιπτώσεις αντί για τους συσσωρευτές μολύβδου.

Τούτο το κάνουμε ιδίως όταν δεν θέλουμε ή δεν μπορούμε να συντηρούμε συχνά τις μπαταρίες μας, όπως π.χ. σε σηματοδοσίες σιδηροδρομικές, όπου απομονωμένα φώτα σημάτων, μακριά από χωριά, πρέπει να ανάβουν αυτόματα.

### 5.6 Πού χρησιμοποιούμε τους συσσωρευτές και πώς τους συνδέουμε.

Όταν ένα στοιχείο δεν φθάνει να μας δώσει την τάση και την ένταση που θέλουμε, τότε χρησιμοποιούμε πολλά στοιχεία μαζί και σχηματίζουμε τις λεγόμενες *συστοιχίες συσσωρευτών*.

Έχουμε τρεις τρόπους για την σύνδεση:

1) Όταν θέλουμε να πάρουμε μεγαλύτερη τάση, έχουμε σύνδεση *σε σειρά*. Παράδειγμα: τα δοχεία συσσωρευτών αυτοκινήτων, όπου τρία στοιχεία πλακών μολύβδου μας δίνουν την μπαταρία των 6 V, ή έξη στοιχεία μας δίνουν την μπαταρία των 12 V. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να συνδέουμε το θετικό πόλο ενός στοιχείου με τον αρνητικό ενός άλλου, που ο θετικός του συνδέεται με τον αρνητικό ενός τρίτου κ.ο.κ.

Για *ακροδέκτες* έχουμε έτσι τον αρνητικό του πρώτου στοιχείου και το θετικό του τελευταίου. Μ' αυτόν τον τρόπο προσθέτουμε τις ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις των στοιχείων.

2) Όταν θέλουμε μεγαλύτερη ένταση απ' όση μπορεί να μας δώσει ένα στοιχείο, χρησιμοποιούμε *παράλληλη σύνδεση*. Συνδέουμε δηλαδή όλους μαζί τους θετικούς πόλους και όλους μαζί τους αρνητικούς. Τα δύο κοινά σημεία είναι οι *ακροδέκτες* της συστοιχίας. Μ' αυτόν τον τρόπο ή τάση της συστοιχίας είναι όση είναι και ή τάση κάθε στοιχείου, αλλά ή ένταση που παίρνουμε μπορεί

νά είναι τόσες φορές ή ένταση κάθε ενός, όσα ακριβώς στοιχεία έχουμε.

3) "Αν θέλουμε νά αυξήσουμε και την τάση και την ένταση, κάνουμε μικτή ή σύνθετη σύνδεση, δηλαδή παίρνουμε μερικές σειρές στοιχείων και τις συνδέουμε παράλληλα. Π.χ. για νά αποκτήσουμε μιά συστοιχία 100 V που νά μπορή νά δίνη 100 A έχοντας στη διάθεσή μας στοιχεία των 2 V με κανονικό ρεύμα 10 A, συνδέουμε παράλληλα 10 στήλες από 50 στοιχεία που έχουμε σέ σειρά. "Ωστε χρειαζόμαστε για την κατασκευή της συστοιχίας  $50 \times 10 = 500$  στοιχεία.

"Ας αναφέρουμε, τέλος, μερικές εφαρμογές στη χρησιμοποίηση των συσσωρευτών.

Με την πρώτη ματιά μās φαίνεται ότι οι διαστάσεις, ό αριθμός των στοιχείων και ή χωρητικότητα μιās μπαταρίας είναι αρκετά για νά χαρακτηρίσουν την μπαταρία αυτή. Καί όμως αυτά δέν άρκοyn. Διότι μιιά μπαταρία δέν πρέπει μόνο νά δίνη όρισμένο ρεύμα με όρισμένη τάση, αλλά και νά άνταποκρίνεται σέ ειδικές πρόσθετες συνθήκες: νά μπορή νά δίνη πολλαπλάσιο από τό κανονικό ρεύμα σέ όρισμένο χρόνο, νά άντέχη σέ λειτουργία με πολύ ζέστη ή κρύο, νά είναι άνθεκτική σέ τραντάγματα, νά έχη περισσότερο ή λιγότερο ήλεκτρολύτη κ.λ.π. "Επειδή όλες αυτές οι πρόσθετες ιδιότητες δέν υπάρχουν ποτέ συγχρόνως, έχουμε ειδικούς τύπους για κάθε περίπτωση.

"Ο πιό συνηθισμένος τύπος συσσωρευτή είναι ό συσσωρευτής αυτοκινήτου. Είναι τύπος μικρός, φορητός, με τάση 6 V ή 12 V, με χωρητικότητα 37 Ah ως 150 Ah (σέ δεκάωρη εκφόρτιση) και έχει 7 ως 25 πλάκες σέ κάθε στοιχείο.

Οί μπαταρίες αυτές θέτουν σέ κίνηση τή βενζινομηχανή ή την πετρελαιομηχανή του αυτοκινήτου με τή βοήθεια ενός ειδικού ήλεκτροκινητήρα (μίζας). "Επίσης τροφοδοτούν τά φώτα και όλα τά άλλα ήλεκτρικά έξαρτήματα που έχει ένα αυτοκίνητο.

Ἄλλη μπαταρία, εἰδικῆς κατασκευῆς, εἶναι ἐκεῖνη ποὺ τοποθετεῖται στὶς μοτοσυκλέττες. Εἶναι πιδ μικρὴ ἀπὸ τὴν προηγούμενη, ἔχει στερεώτερη κατασκευή καὶ φέρει εἰδικὰ πώματα, ποὺ δὲν ἐπιτρέπουν νὰ χύνεται ὁ ἠλεκτρολύτης δταν ἡ μοτοσυκλέττα ἀκουμπᾷ στὸ ἔδαφος.

Τελείως διαφορετικὸς τύπος συσσωρευτῆ εἶναι ἐκεῖνος ποὺ ἔχουν τὰ ἠλεκτροκίνητα ὀχήματα. Εἶναι ὁ συσσωρευτὴς ἔλξεως, ποὺ μᾶς χρησιμεύει ὄχι γιὰ τὸ ξεκίνημα παρὰ γιὰ τὴν κανονικὴ κίνηση μικρῶν ὀχημάτων, σὰν αὐτὰ μὲ τὰ ὁποῖα μεταφέρουμε ἐμπορεύματα στοὺς σιδηροδρομικοὺς σταθμοὺς ἢ τὰ ἐργοστάσια. Φυσικὰ οἱ μπαταρίες αὐτὲς εἶναι πολὺ μεγάλες σὲ σύγκριση μὲ τὶς προηγούμενες καὶ μὲ χωρητικότητα ἑκατοντάδων ἀμπερωρίων.

Μιὰ ἄλλη κατηγορία συσσωρευτῶν εἶναι οἱ ἡμιμόνιμοι, δηλαδὴ οἱ τοποθετημένοι σταθερὰ κάπου ἀλλὰ μὲ δυνατότητα νὰ μετακινήθωιν. Σ' αὐτὴ τὴν ὁμάδα ἀνήκουν οἱ συστοιχίες ποὺ δίνουν βοήθητικὸ φωτισμὸ σὲ θέατρα, νοσοκομεῖα κ.λ.π., καθὼς καὶ οἱ συστοιχίες ἀπομονωμένων ἀγροκτημάτων ποὺ φορτίζονται ἀπὸ μιὰ μονάδα μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσεως καὶ γεννήτριας ἢ ἀπὸ ἓναν ἀνεμόμυλο. Ἐπίσης ἀνήκουν οἱ μπαταρίες τῆς σηματοδοσίας ποὺ ἔχουν οἱ σιδηρόδρομοι, οἱ τηλεφωνικὲς συστοιχίες ποὺ χρειάζονται τὰ τηλέφωνα γιὰ τὴ λειτουργία τους, οἱ συστοιχίες ἠλεκτρικῶν ὑποσταθμῶν γιὰ τὴ λειτουργία τῶν ρελαὶ καὶ τῶν διακοπῶν καί, τέλος, οἱ μπαταρίες γιὰ τὴν τροφοδότηση ἠλεκτρικῶν ρολογιῶν. Κάθε τύπος ἀπὸ τοὺς παραπάνω ἔχει καὶ τὰ δικά του ἰδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Μιὰ ἄλλη μεγάλη κατηγορία εἰδικῶν συσσωρευτῶν εἶναι οἱ ναυτικοὶ συσσωρευτές, ποὺ χρησιμεύουν γιὰ τὴ λειτουργία τοῦ ἠλεκτρικοῦ μέρους ἑνὸς πλοίου. Ἰδιαίτερο εἶδος ἀποτελοῦν οἱ μπαταρίες ὑποβρυχίων, ποὺ εἶναι οἱ μεγαλύτερες ποὺ κατασκευάζονται στὸν κόσμῳ (μέχρι 10 000 Ah) γιὰ νὰ κινοῦν τὸ σκάφος δταν εἶναι σὲ κατάδυση.

Ἐπίσης ἔχομε *μόνιμες συστοιχίες* ποὺ δὲν μετακινοῦνται ποτέ, ὅπως εἶναι π.χ. αὐτὲς ποὺ ἀναφέραμε στὰ προηγούμενα σὰν βοθητικές μονάδες τῶν σταθμῶν παραγωγῆς, τῶν τηλεφωνικῶν κέντρων κ.λ.π.

Τέλος, ὑπάρχουν εἰδικοί τύποι γιὰ ραδιόφωνα, γιὰ φλᾶς φωτογραφικῶν μηχανῶν καὶ πολλὲς ἄλλες ἐφαρμογές, καθὼς καὶ γιὰ ἡλεκτρικοὺς ἀναπτήρες.

### 5.7 Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.

Θὰ κλείσωμε τὴν περιγραφὴ τῶν μικρῶν πηγῶν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μὲ μιὰ σύντομὴ ἐξέταση τῶν *ἡλεκτρικῶν στοιχείων*, ποὺ εἰς τὸ ἐξῆς θὰ τὰ ὀνομάζωμε γιὰ συντομίαν μόνον *στοιχεῖα*. (Δὲν πρέπει ὅμως νὰ τὰ συγχέωμε μὲ τὰ στοιχεῖα τῶν μπαταριῶν).

Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ διαφέρουν βασικὰ ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὲς ποὺ εἶδαμε πρὶν κατὰ τὸ ὅτι δὲν *μποροῦν πιά νὰ ξαναφορτισθοῦν ὅταν ἔχουν πιά ἐκφορτισθῇ*. Ἐνῶ δηλαδὴ γιὰ νὰ ξαναφορτίσωμε μιὰ μπαταρία εἶναι ἀρκετὸ νὰ διαβιβάσωμε σ' αὐτὴν ρεῦμα σὲ ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ τὸ ρεῦμα ποὺ ἔχομε πάρει ἀπ' αὐτήν, εἶναι ἀδύνατον νὰ κάμωμε τὸ ἴδιο πρᾶγμα σὲ ἓνα στοιχεῖο.

Κατὰ τὰ ἄλλα, ἓνα ἡλεκτρικὸ στοιχεῖο ἔχει τὴν ἴδια βασικὴ ιδιότητα ποὺ παρατηρήσαμε καὶ στὶς μπαταρίες, ὅτι δηλαδὴ μὲ αὐτὸ μετατρέπομε *χημικὴ ἐνέργεια* σὲ *ἡλεκτρικὴ*, χωρὶς βέβαια νὰ μπορούμε νὰ κάμωμε τὸ ἀντίστροφο.

Ἀπὸ κατασκευαστικὴ ἄποψη ὑπάρχουν ἐπίσης πολλὲς *ὁμοιώτητες* ἀνάμεσα στὶς δύο αὐτὲς «ἀποθήκες» τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, δηλαδὴ τὶς μπαταρίες καὶ τὰ στοιχεῖα.

Ἔτσι βλέπομε ὅτι καὶ τὰ στοιχεῖα ἔχουν τὸ *δοχεῖο* τους, ποὺ εἶναι συνήθως γυάλινο καὶ μέσα στὸ ὁποῖο τοποθετοῦμε τὸν *ἡλεκτρολύτη* καὶ τὰ *ἡλεκτροδία* τοῦ στοιχείου, ὅποτε μεταξὺ τους δημιουργεῖται μιὰ ὀρισμένη *διαφορὰ δυναμικοῦ*. Τὸ εἶδος τοῦ ἡλεκτρολύτη καὶ τὸ ὕλικο τῶν ἡλεκτροδίων δὲν εἶναι καθορισμένα,

γιατὶ διαθέτομε πολλῶν εἰδῶν στοιχεῖα ποὺ καθένα τους τὸ κατασκευάζομε ἀπὸ διαφορετικὰς ὕλες. Πάντως γιὰ ἡλεκτρολύτη ἔχομε εἴτε ὀξύ, εἴτε βάση εἴτε διάλυμα ἀλάτων, ἐνῶ γιὰ θετικὰ ἡλεκτρόδια χρησιμοποιοῦμε ράβδους ἀπὸ χαλκὸ ἢ ἄνθρακα καὶ γιὰ ἀρνητικὰ ἀπὸ ἐφυδραργυρωμένο ψευδάργυρο.

Πάντως, ὅπως συμβαίνει καὶ στίς μπαταρίες, ἔτσι κι' ἐδῶ, ἡ ἡλεκτροεγερτικὴ δύναμις στοὺς ἀκροδέκτες ἐνὸς στοιχείου δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τίς διαστάσεις ἢ τὸ βάρος τῶν ἡλεκτροδίων, παρὰ μόνον ἀπὸ τίς χημικὰς ἀντιδράσεις ποὺ προκαλοῦμε μέσα σ' αὐτό. Ἀντίστοιχα μὲ τὴν τάση τοῦ στοιχείου μποροῦμε νὰ διακρίνωμε καὶ τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίστασίν του, ποὺ κι' αὐτὴ ἐξαρτᾶται τόσο ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου, ὅσο καὶ ἀπὸ τίς διαστάσεις του.

Τέλος, ἀνάλογα μὲ ὅσα γνωρίζομε ἀπὸ τοὺς συσσωρευτές, μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε καὶ γιὰ τὰ στοιχεῖα ἓναν βαθμὸ ἀποδόσεως. Βαθμὸς ἀποδόσεως σ' αὐτὴ τὴ περίπτωσιν εἶναι τὸ πηλίκον τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ποὺ παίρνομε ἀπ' αὐτὰ πρὸς τὴ χημικὴ ἐνέργεια ποὺ διαθέτουν συνολικά. Ἀποδεικνύεται πὼς ὁ βαθμὸς αὐτὸς εἶναι τόσο μεγαλύτερος, ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου. Ἐπίσης ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν μὲ τὴν ὁποία τὸ ἐκφορτίζομε καὶ μάλιστα ὅσο μικρότερη ἔντασις ἔχομε, τόσο μεγαλύτερο βαθμὸ ἀποδόσεως ἐπιτυγχάνομε.

Ἀντίθετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει στοὺς συσσωρευτές, δὲν ἔχομε ἀνάγκη κατὰ τὴν κατασκευὴ τῶν στοιχείων νὰ χρησιμοποιοῦμε μονώσεις μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων. Παρουσιάζεται ὅμως σ' αὐτὰ ἓνα νέο φαινόμενο, ἡ πόλωση, ποὺ μᾶς ὑποχρεώνει νὰ λαμβάνωμε ἰδιαίτερα μέτρα γιὰ τὴν ἀντιμετώπισή της.

Ὀνομάζομε πόλωση τὸ φαινόμενο τῆς συντόμου ἐλαττώσεως ποὺ παρατηροῦμε στὴν τάση ἐνὸς στοιχείου, λίγην ὥρα μετὰ τὴν χρησιμοποίησίν του. Ἡ ἐλάττωσις αὐτὴ εἶναι σημαντικὴ καὶ φθάνει ὥς τὸν μηδενισμό τῆς τάσεως.

Ὅσο πιὸ μεγάλη εἶναι ἡ ἔντασις ποὺ παίρνομε ἀπὸ τὸ στοι-

χειό, τόσο πιό γρήγορα παρουσιάζονται τὰ συμπτώματα τῆς πολώσεως ἢ ὅποια, ὅπως καταλαβαίνομε, δὲν μᾶς ἐπιτρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε τὴν ἐνέργεια τῶν πηγῶν αὐτῶν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

Ἔχομε ἐξακριβώσει πὼς αἰτία τῆς πολώσεως εἶναι οἱ διάφορες δευτερεύουσες χημικὲς ἀντιδράσεις, οἱ ὁποῖες μὲ τὸ νὰ παρυσιάζωνται γύρω ἀπὸ τὸ θετικὸ πόλο, τὸν καλύπτουν μὲ φουσελίδες ὕδρογόνου καὶ ἔτσι ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ὑπερβολικὴ αὐξηση τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τοῦ στοιχείου. Μὲ βάση τὴ διαπίστωση αὕτη, οἱ κατασκευαστὲς τῶν στοιχείων ἔχουν ἐπινοήσει κατάλληλα ἀντίμετρα, ὥστε νὰ ἐμποδίζεται ἡ πόλωση.

Γενικὰ χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸν τὶς λεγόμενες ἀντιπολωτικὲς οὐσίες ποὺ εἶναι διάφορες χημικὲς ὕλες, μὲ τὶς ὁποῖες περιβάλλομε κάθε φορὰ τὸ θετικὸ ἡλεκτρόδιο καὶ ἐξουδετερώνομε ἔτσι μὲ νέες χημικὲς ἀντιδράσεις τὸν σχηματισμὸ ὕδρογόνου, ποὺ προκαλεῖ τὴν πόλωση τοῦ στοιχείου. Οἱ ἀντιπολωτικὲς οὐσίες εἶναι κατὰ κανόνα ὀξειδωτικὲς, δηλαδὴ μποροῦν εὐκόλα νὰ δίνουν ὀξυγόνο, ποὺ ἐνώνεται μὲ τὸ ὕδρογόνο, σχηματίζοντας νερὸ καὶ ἔτσι ἀποφεύγεται ἡ πόλωση.

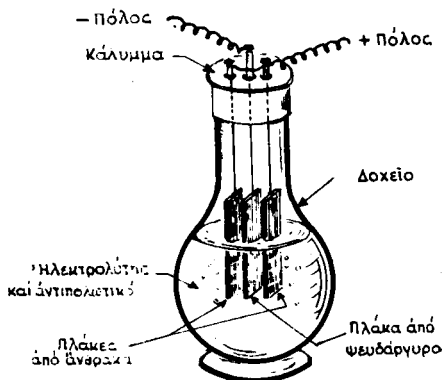
Ἀνακεφαλαιώνοντας λοιπὸν τὶς βασικὲς ιδιότητες τῶν στοιχείων ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὴν πράξη, βλέπομε ὅτι θὰ πρέπει:

- 1°. νὰ ἔχωμε κατὰ τὸ δυνατὸ μεγαλύτερη τάση καὶ ἀπόδοση μὲ τὴ μικρότερη ἐσωτερικὴ ἀντίσταση, καὶ
- 2°. νὰ μὴ μᾶς ἐμποδίζει στὴ χρῆση τοῦς τὸ φαινόμενο τῆς πολώσεως.

Ἀς ἐξετάσωμε τώρα τοὺς πιὸ συνηθισμένους βιομηχανικοὺς τύπους στοιχείων ποὺ μπορεῖ νὰ συναντήσωμε στὴν ἐργασία μας.

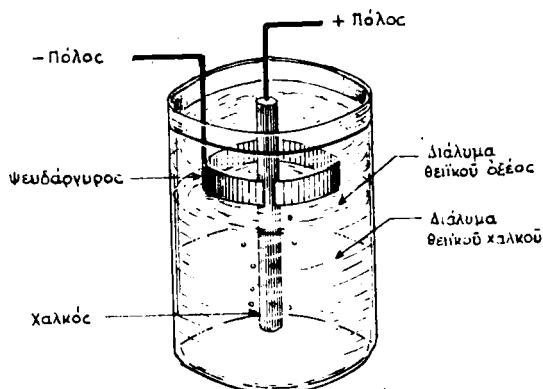
Στὸ σχῆμα 5.7 α βλέπομε τὴ γενικὴ διάταξη τοῦ λεγομένου στοιχείου διχρωμικοῦ καλλίου. Ὁ ἡλεκτρολύτης του εἶναι διάλυμα ἀπὸ θετικὸ ὄξυ καὶ τὸ ἀντιπολωτικὸ εἶναι διχρωμικὸ κάλλι. Αὐτὰ τὰ ἔχομε ἀναμίξει. Γιὰ θετικὸ ἡλεκτρόδιο ἔχομε δύο πλάκες ἀπὸ ἄνθρακα καὶ γιὰ ἀρνητικὸ μιὰ πλάκα ἀπὸ ψευδάργυρο.

Μ' αὐτὸν τὸν τρόπο ἐπιτυγχάνομε ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη 2 V καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση περίπου 0,1 Ω.



Σχ. 5-7 α. Στοιχείο διχρωμικοῦ καλλίου.

Στὸ σχῆμα 5 · 7 β ἔχομε τὸ στοιχείο Καλλῶ (Callaud) ποὺ γιὰ ἡλεκτρολύτη ἔχει διάλυμα ἀπὸ θεικὸ ὀξύ καὶ γιὰ ἀντιπολωτικὸ διάλυμα ἀπὸ θεικὸ χαλκοῦ. Τὰ δυὸ ὑγρά τὰ τοποθετοῦμε



Σχ. 5-7 β. Στοιχείο Καλλῶ.

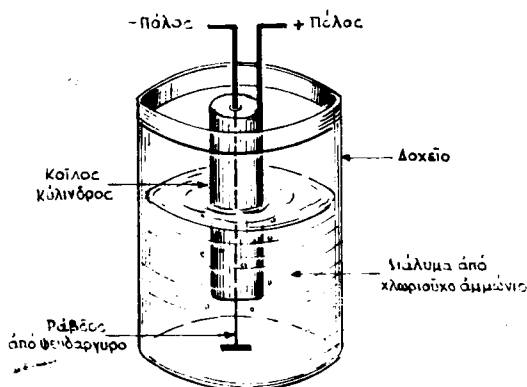
στὸ ἴδιο δοχεῖο, μένουں ὁμως χωρισμένα γιατί ἔχουν διαφορετικὸ εἰδικὸ βάρος. Τὸ θετικὸ χάλκινο ἡλεκτρόδιο χάρη σὲ μιὰ ἐπικά-



λυψη μονωτική τὸ ἀφήνομε νὰ ἐφάπτεται μόνο με τὸ ἀντιπολω-  
τικὸ ὑγρὸ, ἐνῶ τὸ ἀρνητικὸ ἠλεκτρόδιο, ποὺ εἶναι ἀπὸ ψευδάρ-  
γυρο, βρίσκεται μέσα στὸν ἠλεκτρολύτη.

Μὲ τὸ στοιχεῖο τοῦτο ἔχομε ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη περί-  
που 1 V καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση γύρω στὰ 4  $\Omega$ .

Τέλος, στὸ σχῆμα 5·7 γ ἔχομε τὸ στοιχεῖο Λεκλανσέ (Le-  
clanché) ποὺ χρησιμοποιοῦμε συχνότερα ἀπ' ὅλα τ' ἄλλα, γιατί



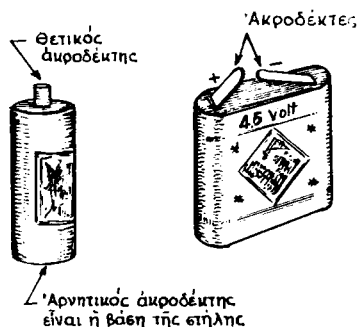
Σχ. 5-7 γ. Στοιχεῖο Λεκλανσέ.

εἶναι τὸ πιὸ εὐχρηστο κι' ἀνθεκτικὸ στὴν πάροδο τοῦ χρόνου. Ἐχει ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη 1,5 V καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση 0,3  $\Omega$  περίπου. Γιὰ ἠλεκτρολύτη ἔχει διάλυμα ἀπὸ χλωριούχο ἀμμώνιο καὶ γιὰ ἠλεκτρόδια ἓνα κοίλο κύλινδρο (θετικὸ ἠλεκτρόδιο) ἀπὸ μίγμα ἄνθρακα καὶ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου (τὸ ἴδιο τὸ μίγμα χρησιμεύει γιὰ ἀντιπολωτικὸ), μέσα ἀπὸ τὸν ὁποῖο περνοῦμε τὸ ἀρνητικὸ ἠλεκτρόδιο ἀπὸ ψευδάργυρο.

Ἀπὸ τὴ σύντομη περιγραφὴ τῶν στοιχείων αὐτῶν βλέπομε ὅτι γενικὰ τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι ἀρκετὰ ὀγκώδη, εὐθραυστα καὶ λεπτὰ στὸν χειρισμὸ τους. Παρατηροῦμε δηλαδὴ ὅτι δὲν εἶναι δυνατό νὰ τὰ χρησιμοποιήσωμε σὲ κινητὰ ὀχήματα, ὅπως κάνομε μὲ τοὺς συσσωρευτές.

Ἐπίσης εἶναι φανερό πὼς μιὰ καὶ ἡ χημικὴ τους ἐνέργεια εἶναι περιορισμένη, θὰ πρέπει κάθε φορά πού ἐξαντλεῖται ἡ τάση ἐνὸς στοιχείου νὰ ἀνανεώνωμε τὰ διαλύματά του γιὰ νὰ μπορούμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμε ξανά.

Ἐνῷ ὁμως τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα μειονεκτοῦν σ' ὅλα αὐτὰ τὰ σημεῖα σχετικὰ μὲ τοὺς συσσωρευτές, πλεονεκτοῦν κατὰ τὸ ὅτι μπορεῖ νὰ μείνουν ἀχρησιμοποίητα ἀρκετὸν καιρὸ χωρὶς νὰ καταστρέφονται.



Σχ. 5-7 δ.

Γιὰ τὸν λόγο αὐτόν, χρησιμοποιοῦμε συχνὰ τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, σχεδὸν πάντοτε τύπου Λεκλανσέ, γιὰ τὴν τροφοδότηση κουδουνιῶν, τηλεφώνων κλπ, ὅπου δὲν ὑπάρχει πρόχειρη πηγὴ ρεύματος.

Ἐπίσης γνωρίζομε ὅλοι ὅτι ὑπάρχουν καὶ ξηρὰ στοιχεῖα, πού ὀνομάζονται στήλες ἢ ξηρὲς μπαταρίες (σχῆμα 5-7 δ), δηλαδὴ στοιχεῖα χωρὶς ὑγρὸ ἡλεκτρολύτη, ἀλλὰ μὲ μόνο στερεὲς χημικὲς οὐσίες, ἀνάλογες σὲ δράσιν μὲ τὰ ὑγρά τῶν στοιχείων πού ἀναφέραμε. Τὰ χαρακτηριστικὰ καὶ οἱ ιδιότητες τῶν ξηρῶν στοιχείων εἶναι παρόμοια μὲ τὰ χαρακτηριστικὰ καὶ τὶς ιδιότητες τῶν ὑγρῶν στοιχείων. Παρουσιάζουν ὁμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἔχουν

πολὺ μικρότερο ὄγκο καὶ βάρος, καὶ συγχρόνως εἶναι καὶ πολὺ εὐκολομετακόμιστα. Ἀντίστοιχα, μειονεκτοῦν κατὰ τὸ ὅτι, μετὰ τῇ χρησιμοποίησίν τους, γίνονται πλέον τελείως ἄχρηστα, μιὰ καὶ δὲν μποροῦν νὰ ἀνανεωθοῦν τὰ ὑλικά τους.

Ὅπως εἶναι γνωστό, τὶς στήλες αὐτὲς τὶς χρησιμοποιοῦμε πολὺ σὲ μικρὲς καὶ ἐλαφρὲς φορητὲς ἡλεκτρικὲς συσκευές, ὅπως εἶναι τὰ φαναράκια τῆς τσέπης, τὰ φορητὰ ραδιόφωνα κ.λ.π.

Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε κάθε φορὰ τὴν τάση καὶ τὴν ἔνταση ποὺ χρειαζόμαστε, συνδέομε καὶ τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα (ὕγρὰ ἢ ξηρὰ) ὅπως καὶ τὰ στοιχεῖα τῶν συσσωρευτῶν, πολλὰ μαζύ, σὲ σειρὰ ἢ σὲ παράλληλη διάταξη ἢ σὲ μικτή.

## ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

### ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

#### ΓΕΝΙΚΑ

#### 6.1 Γιατί είμαστε αναγκασμένοι να μεταφέρουμε ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις.

Στο Κεφάλαιο 1 είχαμε ασχοληθῆ σύντομα με τὸ τί εἶναι οἱ γραμμὲς μεταφορᾶς καὶ γιὰ ποῖό λόγο μᾶς εἶναι ἀπαραίτητες.

Θὰ ἐξετάσωμε τώρα τὸ ἴδιο πρόβλημα με περισσότερες λεπτομέρειες.

Γιὰ νὰ μπορέσῃ ὁ ἠλεκτρισμὸς νὰ ἐπιβληθῇ πάνω στὶς ἄλλες μορφὲς ἐνέργειας καὶ νὰ τὶς ἀντικαταστήσῃ στοὺς περισσότερους τομεῖς, ἔπρεπε νὰ περιορισθῇ τὸ κόστος τῆς παραγωγῆς του ὅσο ἦταν δυνατόν περισσότερο. Στὴν προσπάθεια αὐτὴ βοήθησε πολὺ τὸ γεγονὸς, ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταφέρεται σὲ μακρυνὲς ἀποστάσεις με μικρὴ ἀπώλεια καὶ με μεγάλη ἀσφάλεια.

Ἐὰν θέλωμε νὰ ἀποφύγωμε τὴν μεταφορὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας, θὰ πρέπει νὰ ἔχωμε τὴν παραγωγὴ τοῦ ρεύματος κοντὰ στὶς καταναλώσεις, δηλαδὴ μέσα στὶς πόλεις. Τοῦτο θὰ ἦταν βέβαια δυνατόν χάρις στοὺς θερμικοὺς σταθμούς, τοὺς ὁποίους θὰ μπορούσαμε νὰ εἶχαμε καὶ μέσα στὶς πόλεις. Ὅμως, αὐτὸ προϋποθέτει ὅτι τὰ καύσιμά τους θὰ μεταφέρονται ἀπὸ μακριά, πράγμα ποὺ θὰ τὰ κάμῃ νὰ στοιχίζουν πολὺ.

Γι' αὐτὸ, ὅπως εἶδαμε στὸ πρῶτο μέρος αὐτοῦ τοῦ βιβλίου, κατασκευάζομε τοὺς περισσότερους θερμικοὺς μας σταθμούς κοντὰ σὲ φυσικὲς πηγὲς καυσίμων, δηλαδὴ κοντὰ σὲ ἀνθρακωρυχεῖα. Καὶ τοῦτο τὸ κάμωμε γιὰτὶ εἶναι συμφέρον νὰ χρησιμοποιοῦμε τὶς

γραμμές μεταφοράς μιὰ και ἡ μεταφορὰ τοῦ ρεύματος στοιχίζει λιγότερο ἀπὸ τὴν μεταφορὰ τῶν καυσίμων.

Ὑπάρχει ἄλλο ἓνα χαρακτηριστικὸ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ποὺ ἐπιβάλλει τὴν ἐγκατάσταση σταθμῶν σὲ ἀπομακρυσμένα χωριά.

Τὸ χαρακτηριστικὸ αὐτὸ εἶναι ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς ἀποτελεῖ τὸ μόνο πρακτικὸ μέσον ποὺ διαθέτομε γιὰ νὰ χρησιμοποιήσωμε τὴν *ὕδραυλικὴ ἐνέργεια* σὲ μεγάλη κλίμακα, δηλαδή, τὴν ἐνέργεια ποὺ ἔχουν οἱ ὕδατοπτώσεις καὶ οἱ μεγάλοι ποταμοί. Δημιουργοῦμε ἔτσι τοὺς *ὕδροηλεκτρικοὺς σταθμούς*.

Μὲ μοναδικὸ μειονέκτημα τὸ μεγάλο τους κόστος, οἱ *ὕδροηλεκτρικοὶ σταθμοὶ* μᾶς παρέχουν χαμηλὰ ἐργατικά, εὐκολὴ παραγωγή, γρήγορη προσαρμογὴ στὶς ἀνάγκες τοῦ φορτίου, ἐλάχιστη συντήρηση καὶ μεγάλο βαθμὸ ἀποδόσεως.

Τὶς πιὸ πολλές φορὲς ὅμως ἡ θέση ὅπου μποροῦμε νὰ κατασκευάσωμε ἓνα ὕδροηλεκτρικὸ ἔργο βρίσκεται πάρα πολὺ μακριὰ ἀπὸ τὰ φορτία μας, πιὸ πολὺ κι' ἀπ' ὅσο εἶναι οἱ θερμικοὶ σταθμοὶ οἱ χτισμένοι κοντὰ σὲ ἀνθρακωρυχεῖα. Ἐπομένως, γιὰ τὴν ἐκμετάλλευση τῶν ὕδροηλεκτρικῶν σταθμῶν, ὑπάρχει τὶς περισσότερές φορὲς ἀνάγκη μεταφοράς τοῦ ρεύματος.

Γιὰ νὰ μεταφέρωμε τὸν ἡλεκτρισμὸ ἀπὸ τὴν παραγωγή στὴν κατανάλωση, ἔχομε ἐγκαταστήσει εἰδικὲς γραμμές *ὕψηλης τάσεως*, ποὺ ἔχουν συχνὰ μῆκος ἑκατοντάδων χιλιόμετρων καὶ ποὺ χωρὶς διακοπὴ, μέρα-νύχτα, μᾶς ἐξασφαλίζουν τὸ φωτισμὸ καὶ τὴν κίνηση στὶς πόλεις καὶ τὰ χωριά μας.

Δὲν εἶναι ὅμως μόνο ἡ ἀνάγκη μεταφοράς ποὺ μᾶς ἐπιβάλλει νὰ κατασκευάζωμε τὶς γραμμές αὐτές. Σήμερα ἔχομε πιά ἐγκαταλείψει τὴν παλὴν τακτικὴν, δηλαδή τὴν *τακτικὴν* νὰ δημιουργοῦμε πολλοὺς μικροὺς σταθμοὺς σκορπισμένους σὲ μιὰ χώρα. Προτιμοῦμε νὰ ἔχωμε ἓνα σχετικὰ μικρό, ἐλάχιστο ἀριθμὸ μεγάλων σταθμῶν, ποὺ εἶναι πολλὸ πιὸ οἰκονομικοί. Ἄν ὅμως κάθε τέτοιος σταθμὸς συνδεόταν μὲ μία μόνο γραμμὴ μεταφοράς μὲ τὴν κατα-

νάλωση, θὰ εἶχε τὸ μειονέκτημα νὰ μᾶς διακόπτη τὴν παροχὴ τοῦ ρεύματος σὲ κάθε περίπτωση βλάβης. Γι' αὐτὸ τὸν λόγον προτιμοῦμε νὰ ἔχωμε πολλαπλὲς γραμμές, ποὺ τὶς ὀνομάζομε διασυνδέσεις. Αὐτὲς λειτουργοῦν παράλληλα καὶ ἐξασφαλίζουν τὴν ἀδιάταρακτη καὶ συνεχὴ τροφοδότηση τῶν καταναλωτῶν.

Ὅπως εἶδαμε στὸ πρῶτο μέρος τοῦ βιβλίου, οἱ διασυνδέσεις αὐτὲς τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς ὑψηλῆς τάσεως, μαζὺ μὲ τοὺς μεγάλους θερμικοὺς καὶ ὑδροηλεκτρικοὺς σταθμούς, ἀποτελοῦν τὸ *Ἑθνικὸ Ἡλεκτρικὸ Σύστημα* μιᾶς χώρας.

Οἱ διασυνδέσεις ὑδροηλεκτρικῶν καὶ θερμικῶν σταθμῶν μᾶς παρέχουν πολὺ μεγάλη οἰκονομία. Στὶς ὥρες ὅπου τὸ φορτίο εἶναι μικρό, δὲν συμφέρει νὰ λειτουργῇ ἓνας θερμικὸς σταθμός, ἐνῶ ἡ λειτουργία τοῦ ὑδροηλεκτρικοῦ παραμένει οἰκονομικὴ ἀκόμη καὶ ἂν ἐλαττώσωμε τὴν ποσότητα τοῦ νεροῦ ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὶς τουρμπίνες. (Ἡ ἐλάττωση αὐτὴ ἔχει βέβαια σὰν ἀποτέλεσμα τὴν παραγωγὴ μικρότερης ἰσχύος).

Ἀντίθετα, ἂν λόγῳ ἀνομβρίας δὲν ὑπάρχει ἀρκετὸ νερὸ γιὰ τὴν κανονικὴ λειτουργία ἐνὸς ὑδροηλεκτρικοῦ ἐργοστασίου, μποροῦμε εὐκολὰ νὰ συμπληρώσωμε τὴν παραγωγὴ μὲ ἓνα ἄλλο θερμικὸ ἐργοστάσιο, ἀρκεῖ νὰ ἔχωμε προβλέψει τὴν ἀναγκαία γραμμὴ μεταφορᾶς γιὰ τὴ διασύνδεση.

Συνήθως, ἡ δαπάνη γιὰ τὶς πολλαπλὲς γραμμὲς μεταφορᾶς εἶναι μεγάλη καὶ κατ' ἀρχὴν φαίνεται ἀδικαιολόγητη. Ἡ οἰκονομία ὅμως ποὺ ἔχομε ἀπὸ τὴν ἐκμετάλλευση τοῦ συστήματος μᾶς δίνει τὴ δυνατότητα νὰ κερδίσωμε τὰ χρήματα ποὺ στοιχίζουν οἱ διασυνδέσεις αὐτὲς.

Βέβαια ὑπάρχουν ἔρια στὸν συλλογισμό αὐτὸ καὶ τότε μόνον ἀξίζει νὰ δημιουργοῦμε μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς ὑψηλῆς τάσεως, ὅταν προβλέπωμε ὅτι ἀπ' αὐτὴν θὰ διοχετεύωμε σημαντικὲς ποσότητες ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἄς δοῦμε τώρα τί ἀπαιτήσεις ἔχομε ἀπὸ μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς.

Ένας σταθμός παραγωγής πρέπει, με τη βοήθεια των γραμμών μεταφοράς και των δικτύων διανομής (αυτά θα τα εξετάσουμε στο τρίτο μέρος του βιβλίου), να δίνει συνεχώς στην κατανάλωση ηλεκτρική ενέργεια με *σταθερή*, κατά το δυνατόν βέβαια, *τάση*, καθώς και *σταθερή συχνότητα*, και εφόσον το ρεύμα είναι εναλλασσόμενο τριφασικό, πρέπει να δίνει και *ίσες φασικές ήμιτονοειδείς τάσεις (ίσοροποιημένο σύστημα)*. Επίσης όλη ή μεταφορά πρέπει να γίνεται με τις λιγότερες δυνατές *απώλειες*.

Θα πούμε τώρα λίγα μόνον λόγια για τα μέσα που χρησιμοποιούμε, ώστε να επιτυγχάνουμε τις απαιτήσεις αυτές στις γραμμές μεταφοράς.

Η *σταθερότητα της τάσεως* (στην κανονική της τιμή) ένδιαφέρει πάρα πολύ την κατανάλωση, γιατί επηρεάζει και τα φώτα και τους κινητήρες. Αν η τάση αυξηθῇ περισσότερο από την κανονική της τιμή (*υπέρταση*), οι λάμπες φωτίζουν ζωηρότερα, αλλά καίγονται γρήγορα. Οι κινητήρες είναι λιγότερο ευαίσθητοι στην περίπτωση αυτή, δηλαδή δεν καταστρέφονται αμέσως. Αν, αντίθετα, η τάση ελαττωθῇ κάτω από την κανονική της τιμή (*έλλειψη τάσεως*), τότε οι λάμπες διατηρούνται περισσότερο από το συνηθισμένο, αλλά η φωτιστική τους ικανότητα μειώνεται αισθητά. Όσο για τους κινητήρες, αυτοί υπάρχει φόβος να καταστραφούν σε μιὰ τέτοια περίπτωση. Γι' αυτό, όπως θα δούμε στο τρίτο μέρος του βιβλίου (παράγρ. 11·2), η τάση στους καταναλωτές πρέπει να μὴν ξεπερνᾷ ὁρισμένα ὅρια πάνω ἢ κάτω ἀπὸ τὴν κανονικὴ της τιμῆς.

Οἱ γραμμὲς μεταφοράς επηρεάζουν πολὺ τὴν τιμὴ τῆς τάσεως, γιατί ἔχοντας μεγάλο μῆκος, προκαλοῦν σημαντικὴ πτώση τάσεως, μιὰ καὶ παρουσιάζουν ὥμικῃ, ἐπαγωγικὴ καὶ χωρητικὴ ἀντίσταση. Ἡ πτώση αὐτὴ δὲν εἶναι σταθερὴ, γιατί ἐξαρτᾶται βέβαια ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὴ γραμμὴ. Ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία (Τόμος Α'), ἡ πτώση

τῆς τάσεως  $\Delta U$  εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ἔνταση  $I$  καὶ μὲ τὴν ἀντίσταση  $R$  τοῦ κυκλώματος ποὺ σχηματίζει ἡ γραμμὴ.

Ὁ νόμος τοῦ Ὁμ δίνει ὅτι :

$$\Delta U = I \cdot R$$

Ἐπειδὴ δὲ γενικὰ ἡ ἀντίσταση εἶναι τριῶν εἰδῶν, ὠμική, ἐπαγωγικὴ καὶ χωρητικὴ, καὶ οἱ πτώσεις τάσεως θὰ εἶναι τριῶν εἰδῶν. Τὸ ἄθροισμά τους δίνει τὴν τελικὴ πτώση τάσεως, ἡ ὁποία, ὅπως καταλαβαίνομε, δὲν θὰ εἶναι σταθερὴ, ἀλλὰ θὰ μεταβάλλεται κάθε στιγμῇ, ἀνάλογα μὲ τὴν ἔνταση  $I$  ποὺ περνᾷ ἀπὸ τὶς γραμμές μας.

Προκύπτει λοιπὸν ἓνα ἀνεβοκατέβασμα στὴν τάση, πολὺ δυσάρεστο γιὰ τὴν κατανάλωση, ποὺ τὸ ὀνομάζομε διακύμανση τάσεως.

Οἱ αὐτόματοι ρυθμιστές, ποὺ ἔχομε στὶς γεννήτριές μας, δὲν ἀρκοῦν γιὰ νὰ διατηρῇται ἡ τάση σταθερὴ, γι' αὐτὸ πολλὰς φορὲς χρησιμοποιοῦμε στὸ σύστημα τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς καὶ ἄλλα εἰδικὰ μηχανήματα ποὺ περιορίζουν τὴν πτώση τῆς τάσεως καὶ τὴν ὑπερβολικὴ διακύμανσή της. Τέτοια εἰδικὰ μηχανήματα εἶναι οἱ αὐτόματοι ρυθμιστές, ποὺ ἔχομε στοὺς ὑποσταθμούς, ἢ οἱ μετασχηματιστές μὲ μεταβλητὲς λήψεις, δηλαδὴ μὲ ρυθμιζόμενη σχέση μεταφορᾶς κ.λ.π.

Ὁ περιορισμὸς τῆς ὑπερβολικῆς πτώσεως τῆς τάσεως ἔχει κι' ἓναν ἄλλο σκοπὸ : Τὸν περιορισμὸ στὶς ἀπώλειες ἐνεργείας. Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ πτώση τῆς τάσεως, τόσο μεγαλύτερες εἶναι καὶ οἱ ἀπώλειες ἐνεργείας τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς. Οἱ ἀπώλειες αὐτὲς ἐκφράζουν τὴν ἐνέργεια ποὺ χάνομε κατὰ τὴν μεταφορὰ τοῦ ρεύματος, λόγῳ θερμάνσεως τῶν ἀγωγῶν τῶν γραμμῶν κλπ. Ἄς μὴν ξεχνῶμε δὲ ὅτι ἀπώλεια ἐνεργείας σημαίνει καὶ ἀπώλεια χρημάτων.

Ἐχομε ἤδη ἐξηγήσει ἀρκετὰ ὅτι εἶναι ἐπάναγκες νὰ μὴ διακόπτομε ποτὲ τὴν τροφοδότηση τοῦ ρεύματος πρὸς τοὺς κατα-



ναλωτές. Αυτή είναι ίσως ή πιό σπουδαία απαίτηση που έχουμε από τις γραμμές μεταφοράς. Την απαίτηση αυτή την ικανοποιούμε με τις διασυνδέσεις, καθώς επίσης και με αρκετούς διακόπτες στις γραμμές, ώστε να είναι δυνατοί όλοι οι αναγκαίοι χειρισμοί σε περίπτωση βλάβης.

Δεν πρέπει να ξεχνούμε ότι διακοπή ενός λεπτού στην ηλεκτρική τροφοδότηση προκαλεί συχνά στους βιομηχανικούς καταναλωτές σταμάτημα εργασίας δεκαπέντε λεπτών.

Η μεταφορά του έναλλασσομένου ρεύματος των 50 περιόδων, χωρίς να αλλάζει ή συχνότητα αυτή, δεν είναι δύσκολο πρόβλημα. Η συχνότητα του ρεύματος δεν μεταβάλλεται με τη μεταφορά.

Ας δούμε, τέλος, ποιά σημασία έχει ένα ισορροπημένο σύστημα στη μεταφορά. *Ισορροπημένο* είναι ένα σύστημα, όταν οι 3 φασικές ή οι 3 πολικές φάσεις είναι μεταξύ τους ίσες. Ένα μη ισορροπημένο σύστημα έχει σαν αποτέλεσμα τη πτώση στην απόδοση των κινητήρων που τροφοδοτούμε. Για να αποφύγουμε την πτώση αυτή, φροντίζουμε να συνδέουμε στις γραμμές μας κατά το δυνατόν φορτία συμμετρικά, δηλαδή φορτία με ίση κατανάλωση σε κάθε φάση. Τουτό είναι εύκολο σε τριφασικά φορτία, αλλά σε μονοφασικά χρειάζεται πολλή προσοχή.

## 6.2 Από τί αποτελείται μια γραμμή μεταφοράς.

Τα κυριότερα στοιχεία που περιλαμβάνει μια γραμμή μεταφοράς ύψηλης τάσεως είναι τα παρακάτω :

1) Οι *άγωγοι* της γραμμής (σχ. 6.2 β). Συνήθως μια γραμμή ύψηλης τάσεως, αν είναι απλή τριφασική, έχει τρεις άγωγούς. Υπάρχουν και διπλές γραμμές, με δύο τριφασικά κυκλώματα. Σ' αυτές έχουμε έξι άγωγούς. Παρατηρούμε, δηλαδή, ότι γενικά δεν μεταφέρουμε τον ουδέτερο, για λόγους οικονομίας, και τότε δεν μας χρειάζεται τέταρτος άγωγός.

Τὰ ὕλικά μὲ τὰ ὁποῖα κατασκευάζομε τοὺς ἀγωγούς μας εἶναι ὁ χαλκὸς ἢ τὸ ἀλουμίνιο ἢ τὸ ἀλουμίνιο ἐνισχυμένο μὲ χάλυθα (σχ. 7·1 β).

Οἱ ἀγωγοὶ εἶναι εἴτε *μονόκλωνοι* εἴτε *πολύκλωνοι*. Οἱ κλώνοι λοιπόν, ἓνας ἢ πολλοί, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἀποτελεῖται ἓνας ἀγωγός, εἶναι ἓνα ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ. Ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὴν πείρα μας, καὶ ὅπως θὰ δοῦμε στὸ Κεφάλαιο 7, πάνω ἀπὸ μιὰ ὀρισμένη διατομή, συνήθως πάνω ἀπὸ  $6 \text{ mm}^2$ , οἱ ἀγωγοὶ μας εἶναι *πολύκλωνοι*.

2) Οἱ *μετασχηματιστές*. Γενικὰ διακρίνονται σὲ μετασχηματιστές ποὺ *ἀνεβάζουν τὴν τάση* (αὐτοὺς τοὺς τοποθετοῦμε στοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς γιὰ νὰ μᾶς κάνουν τὸ ρεῦμα κατάλληλο γιὰ τὴ μεταφορά), καὶ σὲ μετασχηματιστές ποὺ *κατεβάζουν τὴν τάση* (αὐτοὺς τοὺς τοποθετοῦμε στοὺς ὑποσταθμοὺς τῆς διανομῆς, ἀπ' ὅπου μοιράζομε τὸ ρεῦμα στὴν κατανάλωση (σχ. 6·4 α)). Οἱ πρῶτοι λέγονται *μετασχηματιστές ἀνυψώσεως* τῆς τάσεως καὶ οἱ δεῦτεροι *μετασχηματιστές ὑποβιβασμοῦ* τῆς τάσεως.

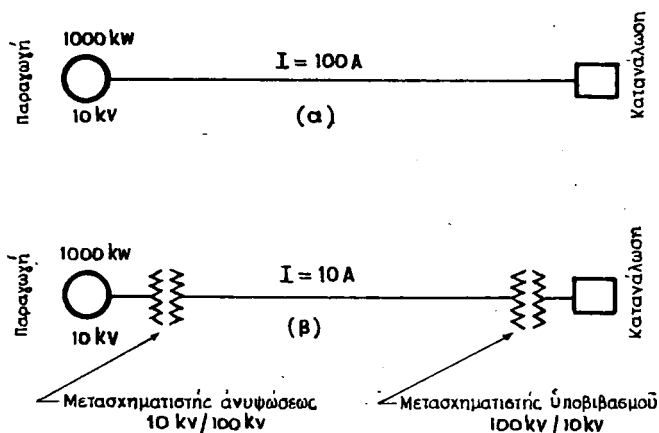
Βλέπομε, δηλαδή, ὅτι σκοπὸς τῶν μετασχηματιστῶν σὲ μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς εἶναι νὰ κάνουν τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος μέσα στοὺς ἀγωγούς πολὺ μικρή, ὥστε τόσο οἱ ἀπώλειες ὅσο καὶ ἡ πτώση τῆς τάσεως νὰ εἶναι πολὺ μικρές.

Ἄς δώσωμε ἓνα παράδειγμα :

Ὅπως βλέπομε ἀπὸ τὶς δύο περιπτώσεις μεταφορᾶς τῆς ἴδιας ἰσχύος ποὺ ἔχομε στὸ σχῆμα 6·2 α, ὅταν δὲν ἔχομε μετασχηματιστές (περίπτωση α) ἡ ἔνταση στὴ γραμμὴ εἶναι 100 A, ἐνῶ ὅταν ἔχομε τοποθετήσει ἓναν μετασχηματιστὴ ἀνυψώσεως καὶ ἓναν ὑποβιβασμοῦ (περίπτωση β) ἡ ἔνταση πέφτει στὰ 10 A. Ἐπειδὴ δέ, ὅπως ξέρομε, οἱ ἀπώλειες εἶναι ἀνάλογες μὲ τὸ τετράγωνο τῆς ἐντάσεως, στὴν περίπτωσι (α) ποὺ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι δεκαπλάσια ἀπ' ὅ,τι εἶναι στὴν περίπτωσι (β), ἔχομε 100 φορές μεγαλύτερες ἀπώλειες ἀπ' ὅ,τι ἔχομε στὴν (β).

Όσον αφορά στην πτώση της τάσεως, αυτή είναι ανάλογη με την ένταση, ώστε η (β) περίπτωση έχει το 1/10 της πτώσεως που παρουσιάζει η (α).

3) Οι μονωτήρες της γραμμής (σχ. 6.2 β). Σκοπός τους είναι να υποβαστάζουν τους άγωγους και συγχρόνως να τους διατηρούν μονωμένους από τη γη. Στις γραμμές μεταφοράς οι μονωτήρες είναι από πορσελάνη, όπως θα δούμε λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 7.



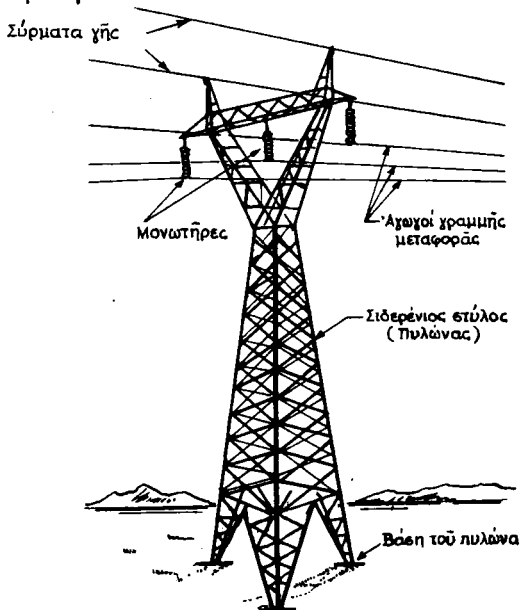
Σχ. 6.2 α.

4) Οι στύλοι (σχ. 6.2 β) πάνω στους οποίους στηρίζονται οι μονωτήρες και κατά συνέπεια και οι άγωγοί. Μπορεί να έχουμε στύλους από μπετόν, από σίδηρο ή από ξύλο.

Έννοείται πως μιλούμε για στύλους και μονωτήρες, έφθσον πρόκειται για έναέρια γραμμή μεταφοράς. Αυτή όμως είναι και η γενική περίπτωση, γιατί μια έναέρια γραμμή είναι πολύ φθηνότερη από μιάν υπόγεια, που δεν έχει μόν στύλους και μονωτήρες, αλλά έχει υπόγειο καλώδιο με τὰ εξαρτήματά του και απαιτεί χαντάκια για την τοποθέτησή του· κι' αυτά όλα στοιχίζουν πολύ ακριβότερα απ' ό,τι στοιχίζει η εγκατάσταση της έναέριας γραμ-

μής. Οι γραμμές μεταφοράς λοιπόν είναι πάντοτε σχεδόν *έναέριες* σὲ ἀντίθεση μὲ τὶς *γράμμες* διανομῆς, ποὺ θὰ ἐξετάσωμε στὸ τρίτο μέρος τοῦ βιβλίου καὶ ποὺ εἶναι εἴτε *έναέριες* εἴτε *ὑπόγειες*, ἀνάλογα μὲ τὸ ἂν τροφοδοτοῦν μικρὴ ἢ μεγάλη πόλη.

5) Τὸ σύστημα προστασίας καὶ ἐλέγχου, ποὺ προστατεύει τὴν γραμμὴ μας ἀπὸ τοὺς κινδύνους καταστροφῆς της, καὶ ποὺ μὲ τὴ βοήθειά του ἐλέγχουμε τὴν λειτουργία τῆς γραμμῆς. Τὸ σύστημα αὐτὸ περιλαμβάνει :



Σχ. 6·2 β.

1ο. Τὰ *σύρματα γῆς* (σχ. 6·2 β) ποὺ τὰ τοποθετοῦμε ἐπάνω ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τῆς γραμμῆς καὶ ποὺ ὀνομάζονται ἔτσι γιὰτὶ εἶναι γειωμένα σὲ κάθε στύλο. Μὲ δύο λόγια μποροῦμε νὰ ποῦμε πὼς κύριος σκοπὸς τῶν συρμάτων γῆς εἶναι νὰ διώχνουν τοὺς κεραυνούς ποὺ ἀλλοιῶς θὰ χτυποῦσαν τὴ γραμμὴ μας ἢ νὰ τοὺς δέχωνται καὶ νὰ τοὺς διοχετεύουν στὴ γῆ.

Οἱ γραμμὲς τῶν 150 kV τῆς ΔΕΗ ἔχουν 3 ἄγωγους φάσεων καὶ 2 σύρματα γῆς (σχ. 6·2 β).

2ο. Τὰ ἀλεξικέραυνα, ποὺ εἶναι κάτι σὰν ἠλεκτρικὴ ἀσφαλιστικὴ δικλίδα μεταξὺ τῆς γραμμῆς καὶ τῆς γῆς.

Γιὰ τὴν κανονικὴν τάση τὸ ἀλεξικέραυνο δρᾷ σὰν μονωτήρας, μόλις ὅμως ἡ τάση ἀνεβῇ ἐπάνω ἀπὸ τὸ ὄριο ἀσφαλείας, γίνεται καλὸς ἄγωγός καὶ διαβιδάζει τὴν ἐπικίνδυνη τάση πρὸς τὴ γῆ.

Τὰ ἀλεξικέραυνα τοποθετοῦνται γενικὰ ἐπάνω στοὺς στύλους τῆς γραμμῆς, ὅχι ὅμως σὲ κάθε στύλο, ἀλλὰ κατ' ἀραιὰ διαστήματα, σὲ κάθε δύο ἢ τρεῖς ἢ καὶ περισσότερους ἀκόμα στύλους, γιὰ λόγους οἰκονομίας.

Τὰ ἀλεξικέραυνα τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς τὰ συνδυάζουμε μὲ τοὺς μονωτήρες καὶ τοὺς δίνουμε τὴ μορφή δυὸ μεταλλικῶν κεράτων ποὺ τὰ τοποθετοῦμε τὸ ἓνα ἀπέναντι στὸ ἄλλο (σχ. 7·2 α). Στὴ μορφή αὐτὴ τὰ ἀλεξικέραυνα ὀνομάζονται ἀκίδες ὑπερτάσεως.

3ο. Τοὺς αὐτόματους διακόπτες (σχ. 8·2 γ). Αὐτοὺς τοὺς χρησιμοποιοῦμε, ὅπως ἔχομε δῆ στὰ προηγούμενα, γιὰ τὸν ἔλεγχον τῶν γραμμῶν, δηλαδὴ γιὰ νὰ θέτουμε τὶς γραμμὲς ὑπὸ τάση ἢ ἐκτὸς τάσεως καὶ γιὰ νὰ τὶς προστατεύσωμε σὲ περίπτωσι βραχυκυκλώματος. Ὅταν γίνῃ ἓνα βραχυκύκλωμα, οἱ διακόπτες ἀνοίγουν αὐτόματα καὶ ἀπομονώνουν τὴ βλάβη.

4ο. Τὰ διάφορα ρελαί, ποὺ τὰ βρίσκουμε σὲ ποικίλους τύπους καὶ ποὺ ἐξυπηρετοῦν τὴ λειτουργία τῶν αὐτομάτων διακοπτῶν. Μερικὰ ρελαί ἀπαιτοῦν γιὰ τὴν ἐργασία τους βοηθητικοὺς ἄγωγους ἢ βοηθητικὰ ρεύματα διαφορετικῆς συχνότητος ἀπὸ τὴν συχνότητα ποὺ ἔχει τὸ μεταφερόμενο ρεῦμα. Ἀλλὰ ρελαί, πάλι, λειτουργοῦν κατ' εὐθείαν ὑπὸ τὴν ἐπίδραση τῆς τάσεως, τῆς ἐντάσεως ἢ τῆς ἰσχύος ποὺ ἔχει ἡ γραμμή. Τὰ ρελαί συνδέονται τότε συνήθως μὲ τὴ γραμμὴ μὲ τὴ βοήθεια μετασχηματιστῶν μειρῆσεως. Γι' αὐτοὺς θὰ μιλήσωμε στὸ τέταρτο μέρος τοῦ βιβλίου.

5ο. Τὰ ὄργανα γιὰ τὴ ρύθμιση τῆς τάσεως. Αὐτὰ περιλαμ-

εάνουν τούς διάφορους ρυθμιστές οι οποίοι μᾶς βοηθοῦν νὰ κρατοῦμε τὴν τάση σταθερή. Τέλος,

6°. Σὰν τμήμα τοῦ συστήματος προστασίας πρέπει νὰ θεωρήσωμε καὶ τὴν ὑπηρεσία προγραμματισμοῦ (Dispatching) μετὴν ὁποία ἀσχοληθήκαμε στὸ πρῶτο μέρος τοῦ βιβλίου.

Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ στοιχεῖα αὐτὰ τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς θὰ τὰ ἐξετάσωμε πιδ λεπτομερειακὰ στὸ Κεφάλαιο 7.

### 6.3 Μορφή καὶ τάση μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος.

Μποροῦμε νὰ ποῦμε πῶς σήμερα σ' ὅλον τὸν κόσμον τὸ ρεῦμα τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς ἔχει μοναχὰ μιὰ μορφή: εἶναι ἐναλλασσόμενο ἡμιτονοειδὲς τριφασικὸ ρεῦμα τῶν 50 ἢ 60 περιόδων. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔχει ἐπικρατήσει ἀπόλυτα.

Ὁ πιδ σπουδαῖος λόγος ποὺ ἔκαμε τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα νὰ ἐπικρατήσει εἶναι ἡ οἰκονομία, γιατί, ὅπως ἔχομε ἀναφέρει, ὁ μετασχηματιστὴς εἶναι ἡ μηχανὴ ποὺ μᾶς ἐξασφαλίζει τὴν πιδ εὐκολι καὶ πολὺ οἰκονομικότερη ἀλλαγὴ τῆς τάσεως. Χωρὶς τὴν ἀλλαγὴ τῆς τάσεως ἡ μεταφορὰ, καί, κατὰ συνέπεια, ἡ χρησιμοποίησι τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, δὲν εἶναι δυνατή. Ὁ μετασχηματιστὴς δὲ μόνο με ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μπορεῖ νὰ λειτουργήσει.

Αὐτὸς λοιπὸν εἶναι ὁ λόγος ποὺ ἐξηγεῖ τὴν ἐπικράτησι τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ὅσον ἀφορᾷ τὸ τριφασικὸ σύστημα, οἱ λόγοι ποὺ τὸ ἐπέβαλαν εἶναι οἰκονομικοὶ ὑπολογισμοὶ καὶ συγκρίσεις ποὺ δὲν μποροῦμε ν' ἀναφέρωμε σ' αὐτὸ τὸ βιβλίον.

Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, παρ' ὅλο ὅτι ἔχει τὸ πλεονέκτημα τοῦ μετασχηματισμοῦ τῆς τάσεώς του, ἔχει καὶ σοβαρὰ μειονεκτήματα σὲ σύγκρισι μετὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα. Πραγματικά, ἂν ἐξετάζαμε τίς ἀπώλειες στὴ μεταφορὰ ἢ στὴ διανομὴ τοῦ ρεύματος, θὰ βλέπαμε ἀμέσως ὅτι θὰ μᾶς συνέφερε πολὺ περισσότερο νὰ εἴχαμε νὰ κάνωμε μετὰ συνεχὲς παρὰ μετὰ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Διότι,

ένω τὸ πρῶτο (τὸ συνεχές) παρουσιάζει μόνο ὠμικὲς ἀπώλειες καὶ πτώση τάσεως, τὸ δεύτερο (τὸ ἐναλλασσόμενο) παρουσιάζει ἐκτὸς ἀπὸ τὶς ἀπώλειες αὐτὲς καὶ τὶς ἐπαγωγικὲς καὶ τὶς χωρητικὲς ἀπώλειες καὶ πτώσεις.

Ὅλες οἱ γραμμὲς μεταφορᾶς παρουσιάζουν ἐξ αἰτίας τοῦ μεγάλου τους μήκους μιὰ σημαντικὴ ἐπαγωγικὴ καὶ χωρητικὴ ἀντίσταση. Τὸ ἀκριβὲς μέγεθός τους ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς ἀποστάσεις, τὶς διαστάσεις καὶ τὸ εἶδος τῶν ἀγωγῶν γιὰ ἓνα ὀρισμένο μήκος γραμμῆς. Ἐπομένως, ὅσο πιὸ μεγάλο μήκος γραμμῆς ἔχομε, τόσο πιὸ σημαντικὴ εἶναι ἡ ἐπαγωγικὴ καὶ ἡ χωρητικὴ αὐτὴ ἀντίσταση.

Ὅστε, ἂν ὑπῆρχε εὐκολὴ μέθοδος γιὰ τὴ μετατροπὴ τῆς τάσεως στὸ συνεχὲς ρεῦμα, δὲν θὰ χρησιμοποιούσαμε ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, γιατί θὰ ἦταν ἀσύμφορο. Πραγματικά, τὰ τελευταῖα χρόνια δοκιμάζονται γραμμὲς μεταφορᾶς μὲ συνεχὲς ρεῦμα, ἀλλὰ τοῦτο εἶναι ἀκόμα ἓνα πείραμα πὸν μέχρις ὅτου καταλήξῃ σὲ τελικὰ ἀποτελέσματα δὲν μπορούμε νὰ ξέρουμε ἂν θὰ ἐπιτύχῃ.

Ἄς δοῦμε τώρα ποιὲς τάσεις χρησιμοποιοῦμε στὶς γραμμὲς μεταφορᾶς. Ἀρχικὰ πρέπει νὰ παρατηρήσωμε ὅτι οἱ τάσεις αὐτὲς δὲν εἶναι τυποποιημένες στὰ διάφορα κράτη ὅπως συμβαίνει μὲ τὴ χαμηλὴ τάση. Π.χ. στὴν Ἑλλάδα ἔχομε γραμμὲς μεταφορᾶς τῶν 150 kV καὶ 66 kV, στὴν Γαλλία ὑπάρχει ἡ τάση τῶν 220 kV καὶ 110 kV κ.λ.π. Τοῦτο συμβαίνει γιατί κάθε κράτος ἔχει τὶς δικὲς του ἰδιαιτέρως συνθῆκες μεταφορᾶς, π.χ. ἀποστάσεις μεταξὺ σταθμῶν καὶ μεγάλων καταναλώσεων, πλῆθος γραμμῶν διασυνδέσεων κ.λ.π., πὸν ἐπιβάλλουν διαφορετικὲς οἰκονομικὲς τάσεις γιὰ τὴ μεταφορά.

Πάντως, γενικὰ, μπορούμε νὰ διακρίνωμε δύο κατηγορίες:

1) τὶς μέσες τάσεις μεταφορᾶς γιὰ μικρὲς σχετικὰ ἀποστάσεις.

Οἱ τάσεις αὐτὲς στὴν πραγματικότητα εἶναι μᾶλλον τάσεις

γραμμῶν διανομῆς καὶ ποὺ περιλαμβάνουν τάσεις μικρότερες ἀπὸ 30 kV. Καὶ

- 2) τὶς ὑψηλές τάσεις μεταφορᾶς γιὰ τὶς μακρινές ἀποστάσεις. Αὐτὲς εἶναι οἱ πραγματικὲς γραμμὲς μεταφορᾶς καὶ ἡ τάση τοὺς φθάνει ὥς τὰ 480 kV, ποὺ εἶναι ἡ ὑψηλότερη τάση μεταφορᾶς ποὺ ὑπάρχει σὲ λειτουργία σήμερα στὸν κόσμον.

Στὴν Ἑλλάδα οἱ διαφορὲς τοπικὲς ἡλεκτρικὲς ἐταιρεῖες εἶχαν μέσες τάσεις μεταφορᾶς 3 kV, 6 kV, 10 kV καὶ 22 kV, ἐνῶ ἡ ΔΕΗ ἔχει τὴν τάση τῶν 15 kV, μὲ τὴν ὁποία σιγά-σιγά θὰ ἀντικαταστήσῃ ὅλες τὶς ἄλλες. Ὅσον ἀφορᾷ στὴν ὑψηλὴ τάση, δηλαδὴ στὴν πραγματικὴ τάση μεταφορᾶς, ἡ ΔΕΗ ἔχει τυποποιήσει τὴν τάση τῶν 150 kV γιὰ τὶς κύριες γραμμὲς τοῦ συστήματος τῆς καὶ τὴν τάση τῶν 66 kV γιὰ τὴν Κρήτη. Ἐξ ἄλλου στὴν περιφέρεια Ἀθηνῶν - Πειραιῶς ἐπειδὴ ἔχει φορτία πολὺ συγκεντρωμένα καὶ κοντινὰ, χρησιμοποιεῖ γιὰ τάση μεταφορᾶς τὰ 66 kV καὶ τὰ 22 kV.

Κάθε ὑψηλὴ τάση ἔχει μιὰ ὁρισμένη ἐμβέλεια, δηλαδὴ μιὰ ἀκτίνα μέσα στὴν ὁποία συμφέρει ἡ χρησιμοποίησή της γιὰ τὴ μεταφορὰ μιᾶς ὁρισμένης ἰσχύος. Π.χ. μὲ 15 kV μπορούμε νὰ μεταφέρωμε ἰσχὺ μέχρι 1000 kW σὲ ἀπόσταση τὸ πολὺ 50 km. Γιὰ μεγαλύτερη ἀπόσταση οἱ ἀπώλειες καὶ ἡ πτώση τῆς τάσεως εἶναι τόσο σημαντικὲς, ὥστε ἡ μεταφορὰ νὰ εἶναι οἰκονομικῶς ἀσύμφορη. Π.χ. ἂν θέλαμε νὰ μεταφέρωμε 1 500 kW σὲ ἀπόσταση 70 km, θὰ ἔπρεπε νὰ μεταχειρισθοῦμε μιὰ μεγαλύτερη τάση, ἔστω 30 kV.

Ὅσο μεγαλώνουμε τὴν τάση μεταφορᾶς, τόσο οἱ ἀπώλειες μειώνονται, ἀλλὰ τότε ἀνεβαίνει τὸ κόστος τῆς γραμμῆς, μιὰ καὶ χρειάζομαστε μεγαλύτερους στύλους, ἰσχυρότερους μονωτῆρες κ.λ.π.

Γίνεται λοιπὸν κάθε φορὰ μιὰ οἰκονομικὴ καὶ τεχνικὴ μελέτη γιὰ τὴν πιὸ συμφέρουσα λύση, ὥστε ἡ τάση ποὺ διαλέγομε

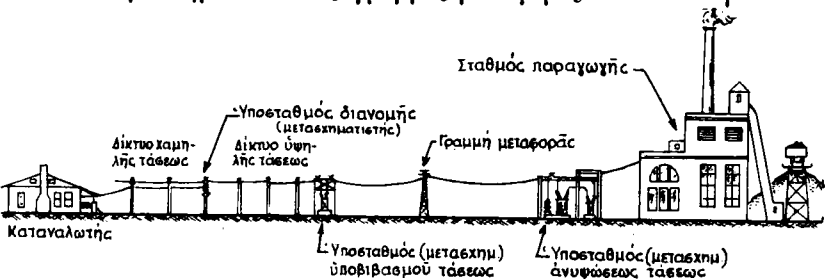


να έχη τις μικρότερες δυνατές απώλειες και να χρειάζεται την πιδ φθηνή κατά τὸ δυνατόν γραμμή.

#### 6.4 Παρατηρήσεις στην οἰκονομία καὶ τεχνικὴ τῆς κατασκευῆς γραμμών μεταφορᾶς.

Τὸ κόστος μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι πολὺ μεγάλο. Γι' αὐτὸ φροντίζομε νὰ μελετοῦμε προσεκτικὰ τὴν κατασκευὴ της ἀπὸ ὅλες τὶς πλευρές. Ἐξετάζομε δηλαδὴ ὄχι μόνον τὴν καταλληλότερὴ της διαδρομὴ καὶ συγχρόνως τὴ φθηνότερὴ της ἐγκατάσταση, ἀλλὰ καὶ τὸ κόστος τῆς μεταφορᾶς τὸ ὁποῖο θὰ προκύψῃ κατὰ τὴν ἐκμετάλλευσή της (ἐξοδα λειτουργίας καὶ συντηρήσεως).

Χαρακτηριστικὸ στὶς γραμμές μεταφορᾶς εἶναι ὅτι γιὰ λό-



Σχ. 6.4 α.

γους οἰκονομίας δὲν ἔχουν τὸν οὐδέτερο ἄγωγό. Ὁ οὐδέτερος θὰ μᾶς χρειασθῇ στὴν διανομὴ τοῦ ρεύματος στοὺς καταναλωτές, ὁπότε μποροῦμε νὰ τὸν πάρωμε, ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν, καὶ ἀπὸ τὸν οὐδέτερο κόμβο τοῦ μετασχηματιστῆ διανομῆς (σχ. 6.4 α).

Ἐνα ἄλλο οἰκονομοτεχνικὸ στοιχεῖο ποὺ ἐξετάζομε στὶς γραμμές μεταφορᾶς εἶναι τὸ κατὰ πόσο συμφέρει νὰ ἔχωμε ἀπλὴ ἢ διπλὴ γραμμὴ μεταφορᾶς.

Γιὰ νὰ ἔχωμε μεγαλύτερη ἀσφάλεια καὶ λειτουργία χωρὶς διακοπές, εἶναι καλὸ νὰ χωρίζωμε μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς σὲ δύο τοῦλάχιστον παράλληλα κυκλώματα, ὥστε ἡ ἐνέργεια ἐνὸς στα-

θμού να μὴν περνᾷ ὅλη ἀπὸ μιᾶ μόνο γραμμῇ ποὺ μπορεῖ νὰ πάθῃ βλάβη ἢ ποὺ μπορεῖ, ὅταν θὰ χρειασθῇ νὰ τὴν συντηρήσωμε, νὰ τεθῇ ἀναγκαστικά, τόσο ἡ ἴδια ἢ γραμμῇ ὅσο καὶ ὁ σταθμός, ἐκτὸς λειτουργίας.

Βέβαια, εἶναι ἀκόμα καλύτερο νὰ ἔχωμε τὶς παράλληλες γραμμές-μας ἔτσι τοποθετημένες, ὥστε νὰ ἀκολουθοῦν τελείως διαφορετικὲς διαδρομές, ἔτσι ποῦ, ὅταν μιὰ πλημμύρα ἢ ἓνας σεισμός προκαλέσῃ ζημιὰ στὴ μία γραμμῇ, νὰ μὴν προκαλέσῃ τὰ ἴδια ἀποτελέσματα συγχρόνως καὶ στὴν ἄλλη.

Γιὰ λόγους οἰκονομίας ὅμως, πολλὰς φορὲς δύο παράλληλες γραμμὲς φέρονται ἀπὸ τοὺς ἴδιους στύλους ποὺ ἔχουν εἰδική μορφή (σχ. 7·3ζ, (3)). Ἔτσι προκύπτουν διπλὲς γραμμὲς μεταφορᾶς, δηλαδὴ δύο τριφασικά συστήματα. Πάντως, ὅπως εἶπαμε καὶ προηγουμένως, καλύτερη ἀπὸ τεχνικὴ ἀποψη λύση μᾶς δίνει τὸ κλειστὸ σύστημα, ποὺ προκύπτει ὅταν ἡ δεύτερη γραμμῇ μεταφορᾶς ἀκολουθῇ τελείως διαφορετικὸ δρόμο ἀπὸ τὴν πρώτη.

Ἀς δοῦμε τώρα τὰ συστήματα μεταφορᾶς ποὺ χρησιμοποιεῖ ἡ ΔΕΗ στὴν ἡπειρωτικὴ Ἑλλάδα καὶ τὴν Κρήτη καθὼς καὶ στὴν περιοχὴ Ἀθηνῶν (δίκτυα ΗΕΑΠ).

Στὸ σχῆμα 6·4 β εἰκονίζεται τὸ σύστημα τῆς ΔΕΗ, μὲ τοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς καὶ τὶς γραμμὲς μεταφορᾶς τῶν 150 kV.

Ἔχομε τοὺς θερμικοὺς σταθμοὺς τοῦ Ἀλιβερίου καὶ τῆς Πτολεμαΐδος καὶ τοὺς ὑδροηλεκτρικοὺς τοῦ Ἀγρα, τῆς Ἐδέσσης, τοῦ Μέγδοβα, τοῦ Λούρου καὶ τοῦ Λάδωνα. Ἀπὸ αὐτοὺς ξεκινοῦν διάφορες γραμμὲς, ποὺ εἴτε ὑπάρχουν σήμερα εἴτε εἶναι ὑπὸ κατασκευῇ, καὶ τροφοδοτοῦν τοὺς ὑποσταθμοὺς ὑψηλῆς τάσεως, ποὺ ὅπως θὰ ἰδοῦμε στὸ τρίτο μέρος τοῦ βιβλίου, εἶναι τὰ κέντρα διανομῆς ἀπ' ὅπου ξεκινοῦν γραμμὲς μέσης τάσεως πρὸς τὴν κατανάλωση.

Παρατηροῦμε τὸ πλῆθος τῶν κλειστῶν κυκλωμάτων ποὺ μᾶς ἐξασφαλίζουν τὴν συνεχῇ λειτουργία σὲ περίπτωση ποὺ ἓνα τμήμα



γραμμής απομονώνεται λόγω βλάβης. Π.χ. αν ένα βραχυκύκλωμα άχρηστεύση στο Αίγιο τή γραμμή Κορίνθου - Πατρών, ή Πάτρα θα τροφοδοτηθῇ με τήν γραμμή από τόν Πύργο.

Βέβαια υπάρχουν και πόλεις που θα μείνουν χωρίς τροφοδότηση σε περίπτωση άνωμαλίας. Π.χ. όλο τὸ τμήμα πέρα από τις Σέρρες άχρηστεύεται, αν σημειωθῇ μία βλάβη μεταξύ Θεσσαλονίκης - Σερρών. Τὸ κλείσιμο όμως τῆς γραμμῆς με παράλληλη σύνδεση, τὸ όποιο θα μᾶς κάμῃ νά αποφύγωμε αὐτὸ τὸ μειονέκτημα, δὲν εἶναι εύκολο.

Στὸν χάρτη (σχ. 6 · 4 γ) εἰκονίζεται αντίστοιχα τὸ σύστημα τῆς ΔΕΗ (περιοχῆς Ἀθηνῶν - Πειραιῶς — μόνο στις κύριές του γραμμές τῶν 22 kV και 66 kV) που τροφοδοτεῖται σήμερα από τούς θερμικούς σταθμούς τοῦ Κερατσινίου και τοῦ Νέου Φαλήρου, και από τὸ υπόλοιπο σύστημα τῆς ΔΕΗ και μάλιστα από τούς υποσταθμούς τοῦ Ροῦφ και τῆς Ἑλευσίνας.

Τὸ σύστημα αὐτὸ που δίνει ρεύμα σ' ὅλη τήν περιοχήν τῆς Ἀττικῆς εἶναι πολὺ πιὸ πυκνὸ ἀπ' ὅσο εἶναι τὸ υπόλοιπο σύστημα τῆς ΔΕΗ. Αὐτὸ όμως εἶναι φυσικό, μιὰ και τὰ φορτία στὴν Ἀθήνα και στὸν Πειραιᾶ εἶναι πολὺ πιὸ σημαντικά και πολὺ πιὸ συγκεντρωμένα ἀπ' ὅ,τι εἶναι π.χ. στὴν Θεσσαλία.

Στὸν χάρτη μας βλέπομε ὅτι στὴν Ἀθήνα ἔχομε δύο τάσεις μεταφοράς: τήν τάση τῶν 22 kV, που εἶναι ἡ παλαιότερη, και τήν τάση τῶν 66 kV, που εἶναι ἡ νεώτερη. Πολλές γραμμές ξεκινοῦν τόσο ἀπὸ τὰ δύο θερμικά ἐργοστάσια ὅσο και ἀπὸ τούς υποσταθμούς τῶν γραμμῶν μεταφοράς τῆς ΔΕΗ τοῦ Ροῦφ και τῆς Ἑλευσίνας και καταλήγουν στοὺς υποσταθμούς υποβιβασμοῦ τῆς τάσεως που εἶναι υποσταθμοὶ διανομῆς, ἀφοῦ ἐκεῖ ἡ ὑψηλὴ τάση τῶν 66 kV ἢ τῶν 22 kV μετασχηματίζεται στὴ μέση τάση τῶν 6,6 kV. Μὲ τήν τάση αὐτὴν τροφοδοτοῦνται οἱ ἑκατοντάδες τῶν υποσταθμῶν χαμηλῆς τάσεως τῆς διανομῆς. (Οἱ γραμμές και οἱ υποσταθμοὶ τῶν 6,6 kV δὲν σημειώνονται στὸν χάρτη γιατί εἶναι

πάρα πολλοί).

Χαρακτηριστικό τῶν γραμμῶν αὐτῶν τῆς περιοχῆς Ἀθηνῶν εἶναι ὅτι ἓνα μεγάλο τους τμήμα εἶναι ὑπόγειο, σὲ ἀντίθεση μὲ τίς γραμμές μεταφορᾶς τῆς ὑπόλοιπης Ἑλλάδας ποὺ εἶναι ἐναέριες. Εἴπαμε, ὅμως πὼς στίς μεγάλες πόλεις τὰ ὑπόγεια δίκτυα συνηθίζονται πολὺ περισσότερο ἀπὸ τὰ ἐναέρια, γιὰ πολλοὺς λόγους. Οἱ σπουδαιότεροι ἀπ' αὐτοὺς εἶναι ἡ ἀσφάλεια ποὺ παρουσιάζουν καὶ ἡ εὐκολία νὰ βρίσκουμε χῶρο γιὰ τὴν τοποθέτησή τους. Πράγματι, ἂν στίς μεγάλες πόλεις οἱ γραμμές μας ἦταν ἐναέριες, οἱ ὑψηλές οἰκοδομὲς ποὺ κτίζονται θὰ πλησίαζαν τόσο πολὺ κοντὰ τους, ὥστε θὰ εἴχαμε τακτικὰ δυστυχήματα ἀπὸ ἠλεκτροπληξίες καὶ ζημιές ἀπὸ βραχυκυκλώματα. Ἐπίσης, τὰ ἐναέρια δίκτυα θὰ ἀπαιτοῦσαν πολὺ πλατεῖς δρόμους γιὰ τὸ πέρασμά τους, γιὰτὶ ἔτσι μόνομποροῦν νὰ τηρηθοῦν οἱ κανονισμοὶ ποὺ ὀρίζουν τίς ἐλάχιστες ἀποστάσεις τῶν γραμμῶν ὑψηλῆς τάσεως, ὅπως θὰ δοῦμε στὴν παράγραφο 7·3.

Τὴν καλύτερη λύση καὶ στίς δύο παραπάνω δυσκολίες μᾶς δίνουν στίς μεγάλες πόλεις οἱ ὑπόγειες γραμμές, ποὺ, μιὰ καὶ εἶναι τοποθετημένες μέσα στὸ ἔδαφος, καὶ τοὺς κανονισμοὺς γιὰ τὴν ἀσφάλεια ἐκπληρώνουν καὶ ἡ τοποθέτησή τους δὲν μᾶς προκαλεῖ ζητήματα χώρου, ἀφοῦ γι' αὐτὴ μᾶς ἀρκεῖ τὸ πλάτος γῆς ὅσο εἶναι τὸ πλάτος ἑνὸς στενοῦ πεζοδρομίου. Ἐπὶ πλεόν, μιὰ ἐναέρια γραμμὴ σὲ μιὰ πόλη εἶναι ἀντιαισθητικὴ στὴ θεὰ της, ἐνῶ οἱ ὑπόγειες γραμμές εἶναι ἀθέατες.

Μὲ τίς ὑπόγειες γραμμές θὰ ἀσχοληθοῦμε στὸ Κεφάλαιο 9.

Τέλος, στὸν χάρτη (σχ. 6·4 γ) παρατηροῦμε ἓνα πλῆθος συνδέσεις ποὺ ἐξασφαλίζουν κανονικὴ τροφοδότηση στοὺς ὑποσταθμούς, ὅταν μιὰ ἀπὸ τίς γραμμές πάθῃ βλάβη.

## 6·5 Τηλεφωνικό σύστημα στίς γραμμές μεταφορᾶς.

Στὴν παράγραφο αὐτὴ θὰ ἀσχοληθοῦμε σύντομα μὲ τὴν χρη-

σιμοποίηση ρευμάτων με *ύψηλή συχνότητα* (φερέσουχνα συστήματα) στις γραμμές μεταφοράς.

Γενικά τὰ ρεύματα αὐτὰ ὀνομάζονται *κάρριερ* (carrier) καὶ εἶναι ἀπαραίτητα γιὰ τὴν λειτουργία μιᾶς γραμμῆς ὕψελῃς τάσεως καὶ τῶν σταθμῶν ἢ ὑποσταθμῶν ποὺ συνδέει.

Τὸ σύστημα κάρριερ λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς: Διαβιβάζομε σὲ ἓνα σημεῖο τῆς γραμμῆς μας ρεῦμα μὲ χαμηλὴ τάση (120 ἢ 140 V) ἀλλὰ μὲ ὕψηλὴ συχνότητα (30 ὥς 200 χιλιοχέρτς, δηλαδὴ ρεῦμα 30 ἕως 200 χιλιάδων περιόδων ἀνὰ δευτερόλεπτο)· αὐτὴ τὴν λέμε *φέρουσα συχνότητα*. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ τὸ ἐκπέμπουν εἰδικὰς ἡλεκτρονικὰς συσκευές, καὶ μποροῦν νὰ τὸ δεχθοῦν ἀντίστοιχοι δέκτες σὲ ὁποιοδήποτε σημεῖο τῆς γραμμῆς ἢ τῶν ὑποσταθμῶν τῆς. Ἐπειδὴ τὸ ρεῦμα μὲ τὴν φέρουσα συχνότητα εἶναι βλαβερὸ γιὰ τὶς κανονικὰς μας ἐγκαταστάσεις, κάμομε τὴν ἐκπομπὴν τοῦ λίγου μετὰ τὸν πρῶτο στύλο τῆς γραμμῆς, μὲ εἰδικὰ φίλτρα πυκνωτῶν τὸ συγκεντρώνομε πρὸς τοὺς δέκτες καὶ τὸ ἐμποδίζομε νὰ φθάσῃ τοὺς μετασχηματιστὰς καὶ στὶς ἄλλες ἐγκαταστάσεις μας.

Οἱ ἐφαρμογὰς τοῦ κάρριερ εἶναι πολλές. Χρονολογικὰ τὸ κάρριερ χρησιμοποιήθηκε πρῶτα στὴν *τηλεφωνικὴ ἐπικοινωνία* μετὰξὺ σταθμῶν καὶ ὑποσταθμῶν γιὰ τὸν συντονισμό τῆς λειτουργίας τους. Μὲ τὴν μεσολάβησιν τῶν ρευμάτων ὕψελῃς συχνότητος διαβιβάζομε ἀπὸ τὴ μιὰ θέσιν (τοῦ πομποῦ) στὴν ἄλλην θέσιν (τοῦ δέκτη) διάφορα ρεύματα ὀμίλιας (συχνότητα 150 ὥς 450 περίοδοι ἀνὰ δευτερόλεπτο) καὶ ἔτσι ἐπιτυγχάνομε τηλεφωνικὴ συνεννόησιν μετὰξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων ἢ διαβιβάζομε διάφορα σήματα ποὺ εἶναι ἀναγκαῖα γιὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ συστήματος.

Σιγὰ - σιγὰ, ὅμως, πολλαπλασιάσθηκε ἡ χρῆσις τοῦ κάρριερ καί, ὅπως εἶδαμε στὸ Κεφάλαιο 6, μᾶς ἔγινε ἀπαραίτητο καὶ γιὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ρελαὶ προστασίας. Ἐπίσης, μποροῦμε χάρις

αυτό να εκτελέσωμε ηλεκτρικές μετρήσεις ή χειρισμούς από μακρυά (τηλεμετρήσεις, τηλεχειρισμοί), καθώς και να βοηθήσωμε τὸ ντισπάτσιγκ.

Τὸ κάρριερ εἶναι πολὺ οἰκονομικόν, γιατί δὲν χρειάζεται ιδιαίτερους ἀγωγούς γιὰ τὴ λειτουργία του, ἀφοῦ χρησιμοποιεῖ τοὺς κύριους ἀγωγούς τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΜΙΑ ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

#### 7.1 Άγωγοι και έξαρτήματα άγωγών στις γραμμές μεταφοράς.

Σ' αυτό το Κεφάλαιο θα εξετάσουμε με λεπτομέρειες τὰ κυριότερα στοιχεία τῶν γραμμῶν μεταφοράς πού ἀναφέραμε στήν παράγραφο 6.2, ἀρχίζοντας ἀπό τοὺς ἀγωγούς τῶν ἐναερίων γραμμῶν.

Θὰ περιγράψωμε ἐδῶ ὅλους τοὺς ἀγωγούς τῶν ἐναερίων δικτύων, δηλαδὴ τόσο αὐτοὺς πού χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὴν μετάφορὰ ὅσο καὶ ἐκείνους πού χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὴ διανομὴ.

Γενικά, οἱ ἀγωγοὶ τῶν ἐναερίων γραμμῶν κατασκευάζονται ἀπὸ σύρματα χαλκοῦ ἢ ἀλουμινίου, ἢ ἀλουμινίου καὶ χάλυθα. Τὰ σύρματα αὐτὰ εἶναι γυμνά, χωρὶς καμμιά μόνωση καὶ ἔχουν πάντα κυκλικὴ διατομή.

Ἄν ὁ ἀγωγὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μόνο σύρμα, τὸν ὀνομάζομε *μονόκλωνο*, ἐνῶ ἂν ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ, *πολύκλωνο*. Ἐπειδὴ οἱ μονόκλωνοι ἀγωγοὶ μὲ μεγάλη διατομὴ γίνονται δύσκαμπτοι, ἡ διατομὴ τους εἶναι τὸ πολὺ 6 mm<sup>2</sup>. Γιὰ μεγαλύτερες διατομὲς χρησιμοποιοῦμε πάντα πολύκλωνους ἀγωγούς, πού εἶναι πολὺ πιὸ εὐκόλοι στήν ἐγκατάστασή τους μὲ καὶ ἔχουν μεγαλύτερη εὐκαμψία. Ἡ τομὴ ἑνὸς πολύκλωνου ἀγωγοῦ δίνει μιὰν εἰκόνα σὰν αὐτὲς τοῦ σχήματος 7.1 α.

Παρατηροῦμε ὅτι, γιὰ νὰ σχηματίσωμε ἓναν ἀγωγὸ μέγλης διατομῆς ἀπὸ πολλὰ μονόκλωνα σύρματα μικρῆς διατομῆς, πού εἶναι περιελιγμένα ὅπως στὸ συρματόσχοινο, ἔχομε ἀνάγκη ἀπὸ ἓναν ὀρισμένο πάντοτε ἀριθμὸ συρμάτων. Τοῦτο συμβαίνει γιὰτὶ χρησιμοποιοῦμε ἓνα κύριο σύρμα πού γύρω του περιτυλί-



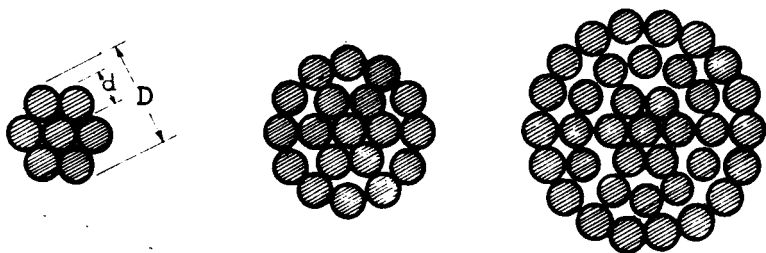
σομε διαδοχικά στρώματα από ίδια σύρματα, ώστε το ένα να εφάπτεται με το άλλο.

Έτσι προκύπτουν πολύκλωνα καλώδια, που ο αριθμός των συρμάτων τους ( $K$ ) είναι 7, 19, 37, 61 κ.ο.κ. Γενικά:

$$K = 1 + 3n(n+1) \text{ σύρματα,}$$

όπου το  $n$  είναι ένας ακέραιος αριθμός που εκφράζει πόσα στρώματα άγωγων υπάρχουν γύρω από τον κεντρικό άγωγό.

Π.χ. για  $n = 4$ ,  $K = 1 + 3 \times 4(4+1) = 61$  σύρματα.



Σχ. 7-1 α. Γυμνοί μονόκλωνοι άγωγοί αποτελούμενοι από 7, 19 και 37 σύρματα.

Αν έχουμε σύρματα που έχουν ίση διάμετρο ( $d$ ), όπως συμβαίνει σονήθως, ή εξωτερική διάμετρος ( $D$ ) του πολύκλωνου άγωγού (σχ. 7-1 α) θα είναι:

$$D = d(2 \cdot n + 1)$$

Όπου το  $n$  είναι πάλι ο ίδιος ακέραιος αριθμός που είδαμε παραπάνω.

Π.χ. για  $n = 4$  (άγωγος με 61 σύρματα)

$$D = d(2 \times 4 + 1) = 9d.$$

Ενώ οι πολύκλωνοι άγωγοί πλεονεκτούν σχετικά με τους μονόκλωνους, γιατί έχουν εύκολη κατεργασία και μεγαλύτερη μηχανική άντοχή, μειονεκτούν όμως στο κόστος, γιατί είναι αρκετά ακριβότεροι από τους αντίστοιχους μονόκλωνους. Τουτό συμβαίνει όχι μόνο γιατί κοστίζει ή περιέλιξη των συρμάτων που έχουν οι πολύκλωνοι, αλλά και γιατί χρησιμοποιούμε για την κατασκευή τους περισσότερο υλικό (μεγαλύτερα μήκη συρμάτων).

**Χάλκινοι άγωγοί.** Έπειδή ο χαλκός έχει εξαιρετικές ιδιότητες και, συγκεκριμένα, παρουσιάζει άρκετά μεγάλη μηχανική αντοχή, καθώς και την μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα απ' όλα τα άλλα μέταλλα εκτός από τον άργυρο, για τούτο άλλοτε έχρησιμοποιείτο πολύ σαν υλικό των ηλεκτρικών άγωγών. Από τή στιγμή, όμως, που τον συναγωνίσθηκε το άλουμίνιο με το μικρό του κόστος, ή χρήση του χαλκού περιωρίσθηκε στις γραμμές χαμηλής τάσεως που θα περιγράψωμε στο τρίτο μέρος του βιβλίου.

Αν ο χαλκός δέν ήταν πολύ ακριβότερος και συγχρόνως πολύ βαρύτερος από το άλουμίνιο, δέν θα ύπήρχε κανένας λόγος για να τον αντικαταστήσωμε. (Το μεγαλύτερο βάρος του χαλκού άπαιτεί ισχυρότερους στύλους απ' ό,τι άπαιτεί το έλαφρό άλουμίνιο).

Οί χάλκινοι άγωγοί κατασκευάζονται σε τυποποιημένες διατομές. Κάθε διατομή αντιστοιχεί σε μιá ανώτατη ένταση ρεύματος που έπιτρέπεται να διέρχεται από αυτήν. Ο Πίνακας III δίνει τις τιμές αυτές των γερμανικών κανονισμών για χάλκινους άγωγούς, γυμνούς και διατομής μέχρι 50 mm<sup>2</sup>.

### Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι Ι

#### Έπιτρεπόμενες έντάσεις άγωγών χαλκού.

| Διατομή σε mm <sup>2</sup> | Μεγίστη έπιτρεπομένη συνεχώς ένταση ρεύματος σε άμπέρ |
|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| 4                          | 25                                                    |
| 6                          | 31                                                    |
| 10                         | 43                                                    |
| 16                         | 75                                                    |
| 25                         | 100                                                   |
| 35                         | 125                                                   |
| 50                         | 160                                                   |

Ὁ τρόπος ποὺ ὑπολογίζονται τὰ μέγιστα αὐτὰ ρεύματα εἶναι ὁ ἑξῆς:

Ξέρομε ὅτι ὅταν περνοῦν ὁρισμένα ἀμπὲρ ἀπὸ ἓνα σύρμα, τὸ σύρμα θὰ θερμανθῇ καὶ μάλιστα τόσο περισσότερο, ὅσο περισσότερα εἶναι τὰ ἀμπὲρ αὐτά. Ὅταν γνωρίζουμε, λοιπόν, ὅτι εἶναι ἐπικίνδυνο νὰ ἀνεβῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ χαλκοῦ πάνω ἀπὸ  $50^{\circ} \text{C}$  καὶ ξέρουμε ἐπίσης ὅτι τὸ καλοκαῖρι στὴν Ἑλλάδα ἡ θερμοκρασία εἶναι περίπου  $30^{\circ} \text{C}$ , μποροῦμε νὰ ὑπολογίσουμε γιὰ κάθε διατομὴ πόσα ἀμπὲρ εἶναι ἀρκετά, περνώντας συνεχῶς μέσα ἀπὸ τὸν ἄγωγό, ν' ἀνεβάσουν τὴν θερμοκρασία του κατὰ τοὺς ὑπόλοιπους  $20^{\circ} \text{C}$ .

Τοῦτο τὸ ἀναφέρομε γιὰ νὰ τονίσουμε ὅτι σὲ μιὰ χώρα θερμότερη ἀπὸ τὴν Ἑλλάδα τὰ ἐπιτρεπόμενα ὅρια τῆς φορτίσεως θὰ ἦταν μικρότερα, ἐνῶ σὲ μιὰ χώρα ψυχρότερη θὰ ἦταν μεγαλύτερα.

Ἀγωγοὶ ἀπὸ ἀλουμίνιο. Πολλὲς προσπάθειες, χωρὶς ἐπιτυχία, ἔγιναν παλαιότερα γιὰ νὰ χρησιμοποιηθῇ τὸ ἀλουμίνιο σὰν ὑλικὸ κατασκευῆς ἡλεκτρικῶν γραμμῶν. Οἱ ἀποτυχίες εἶχαν αἰτία τὴ χαμηλὴ μηχανικὴ ἀντοχὴ ποὺ παρουσιάζει τὸ ἀλουμίνιο, ἰδίως σὲ σύγκριση μὲ τὸ χαλκό. Ἐδῶ, ὅμως, καὶ ἀρκετὲς δεκάδες χρόνια, ἔχουν κατασκευασθῇ ἄγωγοι ἀπὸ καθαρὸ ἀλουμίνιο, ἢ καὶ ἀπὸ κράματα ἀλουμίνιου, ποὺ παρουσιάζουν ἀρκετὴ ἀντοχή, ὥστε νὰ εἶναι χρησιμοποιήσιμα γιὰ ἡλεκτρικὲς γραμμές.

Ἀπὸ ἡλεκτρικὴ ἀποψη, τὸ ἀλουμίνιο ἔχει πολὺ μικρότερη ἀγωγιμότητα ἀπὸ τὸν χαλκό καὶ συγκεκριμένα, γιὰ νὰ πάρουμε μιὰν ἰδέα, χρειάζομαστε 63% μεγαλύτερη διατομὴ στὸ ἀλουμίνιο γιὰ νὰ ἐπιτύχουμε τὴν ἴδια ἐπιτρεπόμενη ἔνταση ρεύματος ποὺ θὰ εἶχε ἓνας ἀντίστοιχος ἄγωγος χαλκοῦ.

Ὅμως, τὸ ἀλουμίνιο εἶναι περίπου 3,3 φορές πιὸ ἐλαφρὸ ἀπὸ τὸν χαλκό, πρᾶγμα ποὺ ἔχει μεγάλη σημασία γιὰ τὴν κατασκευὴ τῆς γραμμῆς, ἐφόσον οἱ στύλοι μας θὰ ἔχουν νὰ σηκώνουν πολὺ μικρότερο βάρος ἄγωγων.

Ὁ Πίνακας IV δίνει τὶς τυποποιημένες διατομὲς γυμνῶν ἀγωγῶν μέχρι  $50 \text{ mm}^2$  ἀλουμινίου τῶν γερμανικῶν κανονισμῶν, καὶ τὶς ἀντίστοιχες μέγιστες ἐπιτρεπόμενες ἐντάσεις ρεύματος.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ IV

**Ἐπιτρεπόμενες ἐντάσεις ἀγωγῶν ἀλουμινίου.**

| Διατομή σὲ $\text{mm}^2$                              | 1,5 | 2,5 | 4  | 6  | 10 | 16 | 25 | 35  | 50  |
|-------------------------------------------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Μεγίστη ἐπιτρεπομένη συνεχῶς ἔνταση ρεύματος σὲ ἀμπέρ | 11  | 16  | 20 | 24 | 34 | 60 | 80 | 100 | 125 |

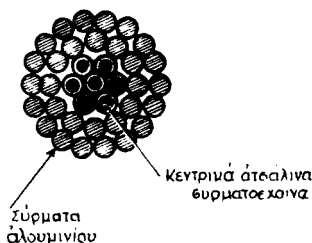
Συγκρίνοντας τοὺς Πίνακες III καὶ IV μπορούμε νὰ δοῦμε τὴν ὑπεροχὴ τοῦ χαλκοῦ σὲ ἀγωγιμότητα. Ἡ χρῆση τοῦ ἀλουμινίου στὶς γραμμὲς διανομῆς χαμηλῆς τάσεως εἶναι ἀκόμη πολὺ περιορισμένη, ἂν καὶ τὶς περισσότερες γραμμὲς μέσης τάσεως τὶς κατασκευάζομε μὲ ἀγωγοὺς ἀλουμινίου.

**Ἀγωγοὶ ἀπὸ ἀλουμίνιο καὶ χάλυβα.** Αὐτὸ τὸ εἶδος τῶν ἀγωγῶν εἶναι κυρίως ἐκεῖνο ποὺ χρησιμοποιεῖται σήμερα στὶς γραμμὲς μεταφοράς μὲ ὑψηλὴ τάση μιὰ καὶ εἶναι τὸ οἰκονομικότερο. Χαρακτηριστικὸν τῶν ἀγωγῶν αὐτῶν εἶναι τὸ ὅτι ἔχουν μεγάλυτερη μηχανικὴ ἀντοχὴ ἀπὸ τὸν χαλκὸ χωρὶς νὰ ὑστεροῦν ἀπὸ ἡλεκτρικὴ ἀποψη.

Ἡ διαμόρφωση τῶν ἀγωγῶν αὐτῶν εἶναι ἡ ἀκόλουθη :

Ἐνα συρματόσχοινο ἀπὸ χάλυβα ἀποτελεῖ τὸ κέντρο τοῦ ἀγωγοῦ. Γύρω ἀπὸ τὸ κεντρικὸ αὐτὸ συρματόσχοινο ὑπάρχουν στρώματα ἀπὸ σύρματα ἀλουμινίου (σχ. 7·1 β). Τὸ συρματόσχοινο ὀνομάζεται καὶ *χαλύβδινη ψυχή* τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ χρησιμεύει γιὰ νὰ παίρνῃ ὅχι ἡλεκτρικὸ φορτίο, ἀλλὰ τὶς μηχανικὰς φορτίσεις, μιὰ καὶ ὁ χάλυβας ἔχει μὲν πολὺ μεγάλη μηχανικὴ ἀντοχή,

ἀλλὰ ἡ ἡλεκτρικὴ του ἀγωγιμότητα εἶναι πολὺ μικρὴ σχετικὰ μὲ τὸ ἀλουμίνιο. Ἐννοεῖται ὅτι ἔτσι θεωροῦμε πὼς ὅλο τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο περνᾷ ἀπὸ τὸ ἀλουμίνιο, πρᾶγμα ποὺ δὲν εἶναι ἀλήθεια, ἀφοῦ ἓνα ἐλάχιστο μέρος ἀπὸ τὰ ἀμπέρ τοῦ ἀγωγοῦ θὰ περάσουν καὶ ἀπὸ τὸν χάλυβα.



Σχ. 7-1 β. Διατομή ἀγωγοῦ ἀλουμινίου - χάλυβα.

Ὁ Πίνακας V δίνει τὴν ἀντιστοιχία ἀγωγῶν χαλκοῦ μὲ συνθέτους ἀγωγοὺς ἀλουμινίου καὶ χάλυβα, σύμφωνα μὲ τοὺς γερμανικοὺς κανονισμοὺς.

Ὅλοι οἱ ἀγωγοὶ ποὺ περιγράψαμε παραπάνω ὑπάρχουν στὸ ἐμπόριο τυλιγμένοι ἐπάνω σὲ κατάλληλα τύμπανα, καὶ ἔχουν ὀρισμένο μῆκος.

Ὅταν λοιπὸν θέλωμε νὰ κατασκευάσουμε μιὰ γραμμή, θὰ χρειασθοῦμε νὰ ἐνώσουμε διάφορα κομμάτια ἀγωγῶν. Σ' αὐτὸ μᾶς βοηθοῦν εἰδικοὶ *συνδετήρες* ἢ *σφιγκτήρες ἐναερίων ἀγωγῶν*.

Οἱ συνδετήρες αὐτοὶ εἶναι πολλῶν εἰδῶν· ὅλοι ὅμως ἐξασφαλίζουν: 1) καλὴ σύνδεση τῶν δύο κομματιῶν χωρὶς ἡλεκτρικὸ ἢ μηχανικὸ ἐλάττωμα στὸ σημεῖο τῆς συνδέσεως, (τὸ τυχὸν ἡλεκτρικὸ ἐλάττωμα θὰ ὀφείλεται σὲ μεγάλη ἡλεκτρικὴ ἀντίσταση τοῦ σημείου συνδέσεως καὶ θὰ ἐκδηλωθῇ μὲ ὑπερβολικὴ θέρμανση, τοῦ συνδέσμου), καὶ 2) καλὴ διατήρηση στὰ συνδεόμενα ἄκρα τῶν ἀγωγῶν, χωρὶς φθορὰ ἀπὸ τὸ σφίξιμο τοῦ συνδετήρα.

Τὰ παραπάνω πραγματοποιοῦνται μὲ κατάλληλο σφίξιμο τῶν δύο ἄκρων τοῦ ἀγωγοῦ μέσα στὸν συνδετήρα. Ὑπερβολικὴ,

συμπύεση φθείρει τα άκρα των άγωγών, ενώ το χαλαρό σφίξιμο παρουσιάζει κίνδυνο μικρής μηχανικής αντοχής και μεγάλης ηλεκτρικής αντίστασης.

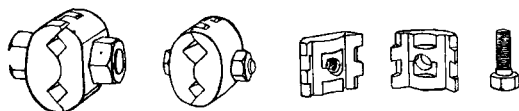
### ΠΙΝΑΚΑΣ V

**Ἀντιστοιχία διατομών άγωγών χαλκού και αλουμινίου - χάλυβα.**

| Ἰσοδύναμη διατομή χαλκού σὲ mm <sup>2</sup> | Ἀριθμὸς Συρμάτων |            | Διάτομή σὲ mm <sup>2</sup> |            |
|---------------------------------------------|------------------|------------|----------------------------|------------|
|                                             | Χάλυβα           | Ἀλουμινίου | Χάλυβα                     | Ἀλουμινίου |
| 35                                          | 7                | 26         | 10,8                       | 62,5       |
| 50                                          | 7                | 26         | 15,0                       | 90,1       |
| 70                                          | 7                | 26         | 20,9                       | 122,6      |
| 95                                          | 7                | 26         | 27,8                       | 165,9      |
| 120                                         | 7                | 26         | 35,8                       | 209,1      |
| 150                                         | 7                | 26         | 44,6                       | 264,7      |
| 185                                         | 7                | 26         | 56,2                       | 326,7      |
| 240                                         | 19               | 26         | 68,9                       | 422,8      |

Οἱ πιὸ συνηθισμένοι τύποι συνδετήρων εἶναι οἱ ἑξῆς :

— Ὁ γενικὸς σφιγκτήρας (Universal) (σχ. 7·1 γ), ποὺ εἶναι ὁ πιὸ συνηθισμένος τύπος καὶ ὁ πιὸ κατάλληλος γιὰ ὅλες τὶς

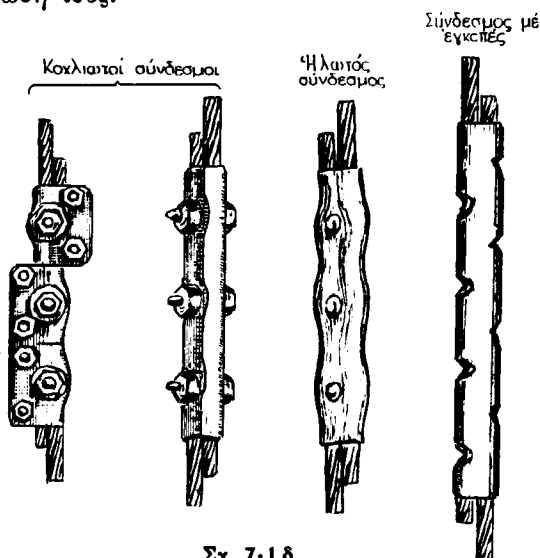


Σχ. 7·1 γ. Γενικὸς σφιγκτήρας.

διαμέτρους άγωγών. Ἐχει δύο ὁμοια μεταλλικὰ κομμάτια μὲ ἑγκοπές, μέσα στὶς ὁποῖες μπαίνουν οἱ άγωγοὶ καὶ σφίγγονται μὲ μιὰ ἢ δύο βίδες. Εἶναι τύπος ἀκριβὸς ἀλλὰ ἀσφαλέστατος.

— Οἱ κοχλιωτοὶ ἢ ἡλωτοὶ σφιγκτήρες (σχ. 7·1 δ). Ἀποτε-

λοῦνται ἀπὸ ἓνα σωλήνα μὲ ἐξογκώματα σὲ μιὰ ἢ δύο θέσεις, στὸ κέντρο τῶν ὁποίων μπορεῖ νὰ περάσωμε κοχλίες ἢ ἥλους (καρφιά). Γιὰ νὰ συνδέσωμε δύο ἀγωγούς, περνοῦμε τὰ ἄκρα τους μέσα στὸν σωλήνα καὶ ἔπειτα βιδώνομε τοὺς κοχλίες ἢ περνοῦμε τοὺς ἥλους. Ἔτσι σφίγγομε τοὺς ἀγωγοὺς μέσα στὸν σύνδεσμο καὶ ἐπιτυγχάνομε τὴν ἔνωσή τους.

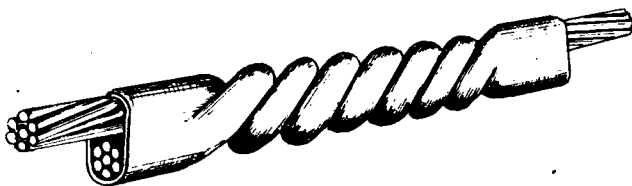


Σχ. 7.1 δ.

—Οἱ σύνδεσμοι μὲ ἐγκοπές (σχ. 7.1 δ), ποὺ εἶναι πολὺ ἀπλοί, μιὰ καὶ δὲν ἔχουν οὔτε κοχλίες οὔτε ἥλους. Ἀπαιτοῦν ὅμως ἀπὸ τὸν τεχνίτη εἰδικὸ ἐργαλεῖο μὲ τὸ ὁποῖο θὰ κάνη τὶς ἐγκοπές ποὺ θὰ αἰχμαλωτίσουν τοὺς ἀγωγοὺς μέσα σ' ἓνα σωλήνα μὲ ἑλλειπτικὴ διατομή.

—Οἱ σωληνωτοὶ σύνδεσμοι (σχ. 7.1 ε). Αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται πολὺ στὴ χαμηλὴ τάση καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα σωλήνα ἑλλειπτικῆς διατομῆς, μέσα στὸν ὁποῖο βάζομε τοὺς ἀγωγοὺς καὶ τοὺς συστρέφομε. Εἶναι πολὺ φθηνοί. Δὲν εἶναι ὅμως κατάλληλοι γιὰ μεγάλες διατομές.

— Τέλος, στις γραμμές μεταφοράς χρησιμοποιείται πολύ ο σύνδεσμος του σχήματος 7·1 ζ, κατάλληλος για άγωγους αλουμινίου - χάλυβα. Αποτελείται από δυο βιδωτά αλουμινένια κομμάτια, μέσα στα οποία περνούμε τα δυο άκρα των άγωγων που ενώνομε. Μέσα εκεί συνδέουμε χωριστά τις χαλύβδινες ψυχές των άγωγων με έναν σωληνωτό σύνδεσμο και έπειτα με μιὰ ειδική συσκευή συμπιέζομε τὰ σύρματα του αλουμινίου. Η χρησιμοποίηση ενός τέτοιου συνδέσμου άπαιτεί άρκετή δουλειά.



Σχ. 7·1 ε. Σωληνωτός σύνδεσμος.



Σχ. 7·1 ζ. Σύνδεσμος άγωγών αλουμινίου - χάλυβος.

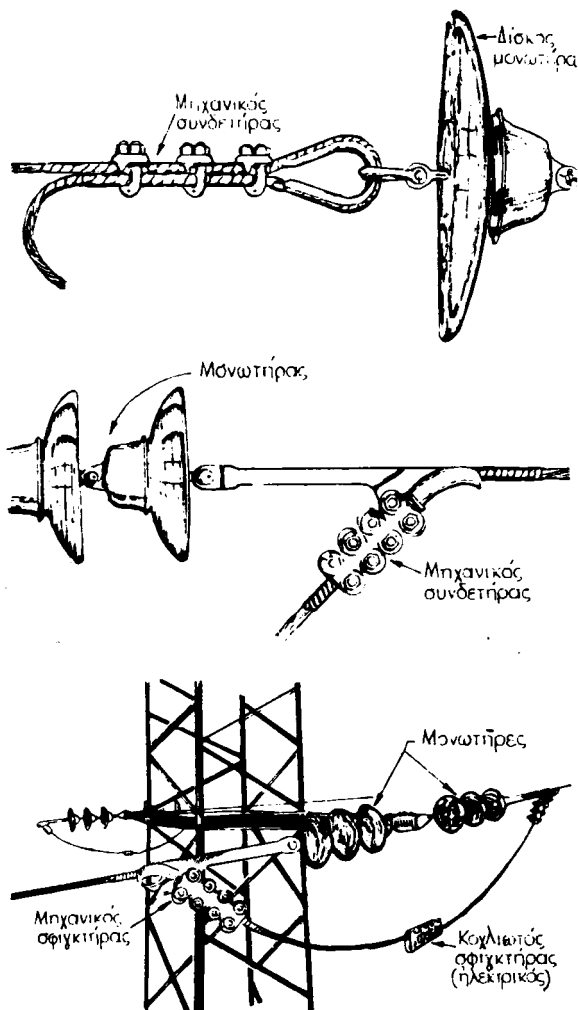
— Έκτος από τους τύπους αυτούς των ηλεκτρικών συνδετήρων έχουμε και τους μηχανικούς συνδετήρες που συνδέουν **μόνον μηχανικά και όχι και ηλεκτρικά**, όπως οι παραπάνω.

Συνήθως οι τύποι αυτοί χρησιμοποιούνται, όπως δείχνει το σχήμα 7·1 η, γύρω από τους μονωτήρες της γραμμής.

— Τέλος, έχουμε ένα ιδιαίτερο είδος συνδετήρων, τους διακλαδωτήρες, που συνδέουν και μηχανικά και ηλεκτρικά. Χρησιμεύουν μόνο στη χαμηλή τάση για τή διανομή του ρεύματος από την κυ-

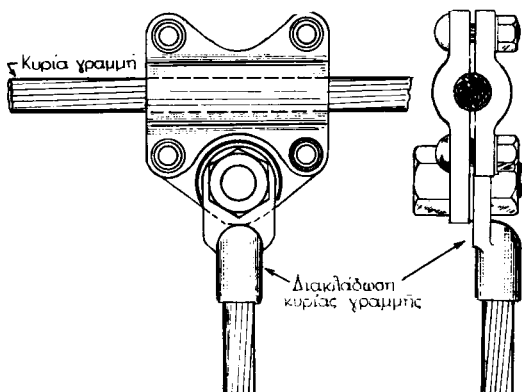


μία γραμμή στους καταναλωτές, αλλά τους αναφέρουμε εδώ μιὰ και είναι κι' αὐτοὶ ἓνα εἶδος συνδετήρων.



Σχ. 7.1 η. Μηχανικοί συνδετήρες κατάλληλοι γιὰ τὴν σύνδεση μιᾶς γραμμῆς με μονωτήρες καὶ στύλους.

Ένας συνηθισμένος διακλαδωτήρας φαίνεται στο σχήμα 7·1 θ.



Σχ. 7·1 θ.

## 7·2 Μονωτήρες των γραμμών μεταφοράς.

Οι μονωτήρες χρησιμεύουν για να στερεώνουμε τους έναέριους αγωγούς επάνω στους στύλους που τους συγκρατούν. Θα περιγράψουμε εδώ μόνο τους μονωτήρες των γραμμών μεταφοράς. Αυτοί κατασκευάζονται από μονωτικό υλικό και μάλιστα από πορσελάνη. Το μέγεθός τους είναι ανάλογο με την τάση της γραμμής.

Μεταξύ της γραμμής και του στύλου επάνω στον οποίο στηρίζεται αυτή, υπάρχει μία διαφορά δυναμικού ίση με την φασική τάση της γραμμής, που, κατ' αυτό τον τρόπον, εφαρμόζεται στα δύο άκρα του μονωτήρα. Ο μονωτήρας πρέπει κάθε φορά να αντέχει στην τάση αυτή, διαφορετικά θα δημιουργηθῇ ένας ηλεκτρικός σπινθήρας στην επιφάνειά του. Θα γίνῃ δηλαδή αυτό που ονομάζουμε υπερχείλιση του μονωτήρα και θα παρουσιασθῇ ένα τοπικό βραχυκύκλωμα της γραμμής.

Έκτος από την ηλεκτρική αυτή ιδιότητα, ένας μονωτήρας πρέπει να ἔχῃ και κατάλληλη μηχανική αντοχή για να μπορῇ

νά σηκώνη τὸ βάρος τοῦ ἄγωγου, τὴν πίεση τοῦ ἀέρα καὶ τὸ βάρος τοῦ χιονιοῦ τὸν χειμῶνα.

Τὸ μειονέκτημα τῶν μονωτήρων, γενικά, εἶναι ὅτι εἶναι εὐθραυστοὶ καὶ γι' αὐτὸ χρειάζεται προσοχὴ κατὰ τὴν τοποθέτησίν τους. Ἄν δοῦμε ὅτι ἓνας μονωτήρας μιᾶς γραμμῆς εἶναι λίγο σπασμένος ἢ ραγισμένος, πρέπει νὰ τὸν ἀντικαταστήσωμε ἀμέσως μὲ ἓναν καινούργιο.

Ἡ ἐπιφάνεια τῶν μονωτήρων πρέπει νὰ εἶναι ἔτσι διαμορφωμένη, ὥστε νὰ μὴ διευκολύνεται τὸ μάζεμα ὑγρασίας καὶ σκόνης, γιὰτὶ ὅλα αὐτὰ ἐλαττώνουν τὴ μονωτικὴ τους ἐκαιότητα.

Γενικά χωρίζομε τοὺς μονωτήρες σὲ δύο κατηγορίες ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο ποὺ στηρίζονται στοὺς στύλους τῆς γραμμῆς.

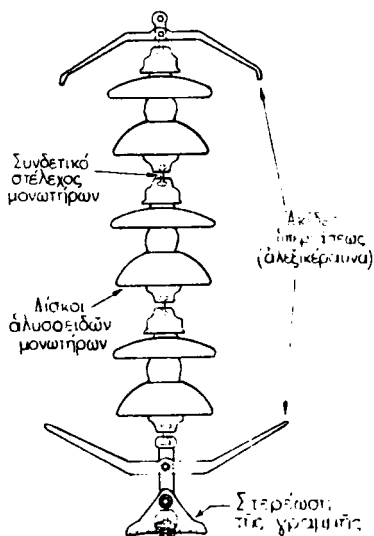
Ἔχομε *μονωτήρες μὲ στηρίγματα*, οἱ ὁποῖοι στηρίζονται ἐπάνω στὸν στύλο στερεὰ καὶ μένουν ἀκίνητοι (σχ. 11·1δ) καὶ *μονωτήρες μὲ ἀνάρτηση* ἢ *ἀλυσσοειδεῖς*, ποὺ κρέμονται ἀπὸ τὸν στύλο τῆς γραμμῆς ἐλεύθερα καὶ μποροῦν νὰ κινηθοῦν ἀπὸ τὶς δυνάμεις τοῦ ἄγωγου. Οἱ πρῶτοι χρησιμοποιοῦνται στὶς γραμμὲς χαμηλῆς καὶ μέσης τάσεως (μέχρι 20 kV), ἐνῶ οἱ δεῦτεροι χρησιμοποιοῦνται γενικά στὶς γραμμὲς ὑψηλῆς τάσεως, τὶς ὁποῖες ἐξετάζομε, καὶ σὲ εἰδικὲς περιπτώσεις σὲ γραμμὲς μέσης τάσεως.

Θὰ ἀσχοληθοῦμε ἐδῶ μόνο μὲ τὸ δεῦτερο εἶδος, τοὺς ἀλυσσοειδεῖς, γιὰτὶ τοὺς πρῶτους θὰ τοὺς ἐξετάσωμε στὸ τρίτο μέρος τοῦ βιβλίου μιὰ καὶ ἀφοροῦν τῇ «Διανομῇ». Ἡ συνηθισμένη μορφή τους φαίνεται στὸ σχῆμα 7·2α.

Οἱ ἀλυσσοειδεῖς μονωτήρες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓναν ὀρισμένο ἀριθμὸ ἀπλῶν μονωτήρων, ποὺ καθένας ἔχει σχῆμα δίσκου ἀπὸ πορσελάνη καὶ συνδέεται μὲ τοὺς ἄλλους μηχανικά, ἀποτελώντας ἔτσι ἓνα εἶδος ἀλυσίδας. Τὸ μῆκος τῆς ἀλυσίδας αὐτῆς ἐξαρτᾶται βέβαια ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν δίσκων, ποὺ πρέπει νὰ εἶναι τόσο περισσότεροι, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ τάση μὲ τὴν ὁποία λειτουργεῖ ἡ γραμμὴ μεταφοράς.

Κάθε δίσκος συνδέεται με τὸν ἐπόμενό του με ἓνα σιδερένιο στέλεχος πὺ εἶναι φυτεμένο μέσα στὴν πορσελάνη ἀπὸ τὴ μιά του πλευρά. Ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρά πάλι, κάθε δίσκος ἔχει ἓνα μεταλλικὸ κάλυμμα με ὑποδοχὴ γιὰ τὴ σύνδεσή του με τὸ στέλεχος τοῦ προηγούμενου δίσκου.

Ὁ τρόπος αὐτὸς τῆς συνδέσεως μᾶς βοηθεῖ νὰ προσθέτουμε ἢ νὰ ἀφαιροῦμε εὐκολα ὅσους δίσκους θέλουμε καὶ νὰ σχηματίζουμε τὸν κατάλληλο μονωτήρα γιὰ τὴν τάση πὺ θέλουμε. Π.χ. οἱ



Σχ. 7·2 α. Ἀλυσσοειδεῖς μονωτήρες γραμμῆς μεταφοράς με ἀλεξικέραυνα στὰ ἄκρα τους.

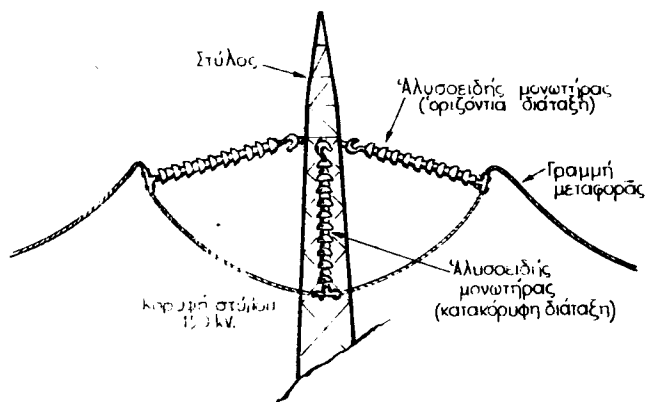
γραμμὲς μεταφοράς τῶν 150 kV τῆς ΔΕΗ ἔχουν μονωτήρες πὺ ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ 10 δίσκους. Εὐκολὴ ἐπίσης εἶναι καὶ ἡ ἀντικατάσταση ἑνὸς δίσκου ἀν τύχη νὰ σπάσῃ. Αὐτὸ μάλιστα τὸ τελευταῖο εἶναι τὸ μεγάλο πλεονέκτημα τῶν ἀλυσσοειδῶν μονωτήρων.

Ὅπως βλέπομε καὶ στὸ σχῆμα 7·2 β, ὅπου φαίνεται ἡ κορυφὴ ἑνὸς στύλου τῶν γραμμῶν μεταφοράς τῆς ΔΕΗ, μπορούμε νὰ ἔχω-

με ένα μονωτήρα με ανάρτηση, σε διάταξη είτε οριζόντια είτε κατακόρυφη.

Το ίδιο σχήμα δείχνει επίσης τον τρόπο με τον οποίο μια γραμμή περνά από έναν από τους σιδερένιους στύλους, που την στηρίζουν με τη βοήθεια τριών αλυσοειδών μονωτήρων για κάθε φάση. Έτσι ο άγωγος σχηματίζει δύο τόξα γύρω από το σώμα του στύλου και διατηρείται πάντα μακριά του, σε ασφαλή απόσταση.

Η στερέωση του άγωγου επάνω στον μονωτήρα γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε, χωρίς να υπάρχει διακοπή στη συνέχειά του, να πιάνεται στερεά από τον τελευταίο δίσκο του μονωτήρα.



Σχ. 7-2 β.

Όταν κατασκευάζουμε μια γραμμή, και θέλουμε να τοποθετήσουμε τους άγωγους στη θέση τους, τους ξετυλίγουμε πρώτα προσεκτικά από τα τύμπανά τους και ακολουθώντας τους ανεβάζουμε με μία τροχαλία στην κορυφή των στύλων. Εκεί τους στερεώνουμε στους μονωτήρες «πιάνοντάς» τους με καταλλήλους συνδέσμους.

Όπως δείχνει το σχήμα 7·3 η χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στο πιάσιμο του άγωγου, ώστε να περισσεύει άρκετο μήκος άγωγου μεταξύ δύο διαδοχικών στύλων, για να σχηματίζεται όμως το τόξο της γραμμής. Αν αφήσουμε πολύ μήκος, τότε το τόξο με-

γαλώνει πολύ και το καλοκαίρι, που ο άγωγος διαστέλλεται από τη ζέστη, μπορεί το τόξο να γίνει μεγαλύτερο απ' ό,τι επιτρέπεται. Άν, πάλι, αφήσωμε λίγο μήκος, τότε τον χειμώνα, που ο άγωγος συστέλλεται από το κρύο, μπορεί να σπάση.

Η ρύθμιση του μήκους αυτού, δηλαδή του τόξου που σχηματίζει ο άγωγός, γίνεται, τόσο στις γραμμές ύψηλης τάσεως όσο και στις γραμμές μέσης και χαμηλής τάσεως, με την βοήθεια δυναμομέτρων. Τα δυναμόμετρα είναι τα όργανα που μετρούν την δύναμη με την οποία τραβούμε τους άγωγους για να τους τοποθετήσωμε στη θέση τους. Την εργασία αυτή την ονομάζομε *τάνυση* της γραμμής.

### 7.3 Στύλοι των γραμμών μεταφοράς.

Άρχικα οι στύλοι των γραμμών μεταφοράς ήταν ξύλινοι. Όταν όμως το φορτίο που έπρεπε να σηκώνουν έγινε πολύ μεγάλο, κατασκευάσθηκαν και σιδερένιοι. Άργότερα έγιναν και στύλοι τσιμεντένιοι, δηλαδή από μπετόν - άρμέ.

Θα εξετάσωμε τώρα κάθε είδος στύλων χωριστά.

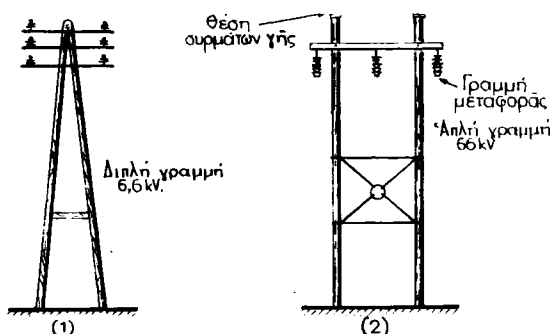
Άκόμη και σήμερα κατασκευάζομε γραμμές μεταφοράς με ξύλινους στύλους για τάσεις μέχρι 60 ή 80 kV. Τα δένδρα που χρησιμοποιούμε για τον σκοπό αυτόν είναι τα έλατα, οι κέδροι, τα πεύκα, τα κυπαρίσσια και οι καστανιές. Το ξύλο τους, προτού το μεταχειρισθούμε, το περνούμε από όρισμένες χημικές κατεργασίες (έμποτισμό), ώστε να γίνει άνθεκτικό και να μη παραμορφωθεί ή καταστραφεί με τον καιρό, αφού μια γραμμή μεταφοράς προορίζεται να λειτουργήσει για πολλές δεκάδες χρόνια.

Το ύψος που έχουν οι ξύλινοι στύλοι, οι κατάλληλοι για τις γραμμές μεταφοράς, είναι αρκετά μεγάλο και φθάνει τα 25 m.

Άν το φορτίο του στύλου είναι πολύ μεγάλο, όπως συμβαίνει συνήθως στις γραμμές μεταφοράς, τότε ένας στύλος μόνος του δέν

εἶναι ἀρκετὸς γιὰ ὑποστήριγμα καὶ γι' αὐτὸ καταφεύγομε σὲ σύνθετες κατασκευές, σὰν αὐτὲς ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 7.3 α.

Στὸ σχῆμα μας ἀριστερὰ (1) φαίνεται μιὰ διπλὴ τριφασικὴ γραμμὴ μεταφορᾶς μέσης τάσεως, δηλαδὴ 6,6 kV, ἐνῶ δεξιὰ (2) βλέπομε μιὰ ἀπλὴ γραμμὴ μεταφορᾶς 66 kV μὲ δύο σύρματα γῆς. Ἡ μορφή τῶν στύλων στὴν πρώτη θέσις εἶναι Λ, ἐνῶ στὴν δευτέρη εἶναι Π.



Σχ. 7.3 α. Στόλοι γραμμῶν μεταφορᾶς.

Ἐπειδὴ τὸ ἀσθενὲς σημεῖο στοὺς ξύλινους στύλους εἶναι τὸ μέρος ποὺ βρίσκεται μέσα στὸ ἔδαφος, γιατί ἐκεῖ τὸ ξύλο σαπίζει, γι' αὐτὸ χρησιμοποιοῦμε συχνὰ σιδερένιες βάσεις μέσα στὸ ἔδαφος καὶ τοὺς στερεώνομε ἐπάνω σ' αὐτὲς μὲ μπουλόνια. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν τὸ ξύλο δὲν μπαίνει διόλου μέσα στὴ γῆ (σχ. 7.3 β).

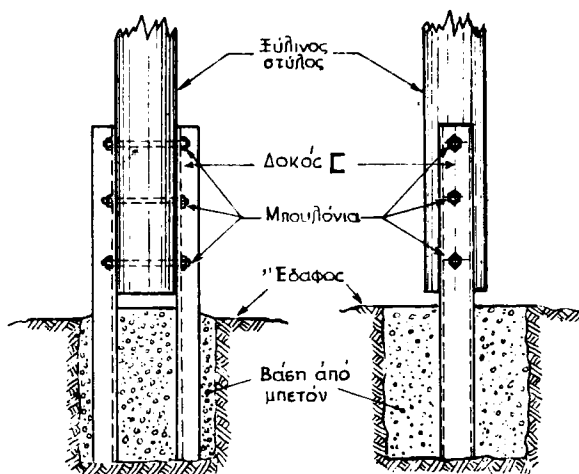
Οἱ στύλοι ἀπὸ μπετὸν-ἀρμὲ χρησιμοποιοῦνται πολὺ γιὰ τὴ μέση τάση. Τέτοιους στύλους μπορεῖ νὰ ἱδῇ κανεὶς στὸ ἐνᾶν-ριο δίκτυο τῆς ΔΕΗ στὴν Ἀθήνα.

Πλεονεκτοῦν σχετικὰ μὲ τοὺς ξύλινους ἐπειδὴ διατηροῦνται περισσότερα χρόνια, ἀλλὰ στοιχίζουν πολὺ ἀκριβότερα καὶ ἔχουν τὸ μειονέκτημα ὅτι εἶναι εὐθραστοὶ στὴ μεταφορὰ τους καὶ συχνὰ σπάζουν προτοῦ τοὺς τοποθετήσωμε. Γιὰ τὸν λόγον αὐτὸν πολλοὶ κατασκευαστὲς ἔχουν ἐπινοήσει μηχανήματα, ὥστε νὰ τοὺς χύνουν

σε καλούπια στον τόπο που θα τοποθετηθούν, αποφεύγοντας έτσι τη μεταφορά τους που προκαλεί τόσες ζημιές.

Στο σχήμα 7·3 γ φαίνεται ένας τσιμεντένιος στύλος, δίδυμος, κατάλληλος για γραμμή 60 kV.

Η διατομή των στύλων αυτών είναι συνήθως κυκλική, αλλά υπάρχουν και στύλοι με όρθογωνικές ή όκταγωνικές κλπ. μορφές.



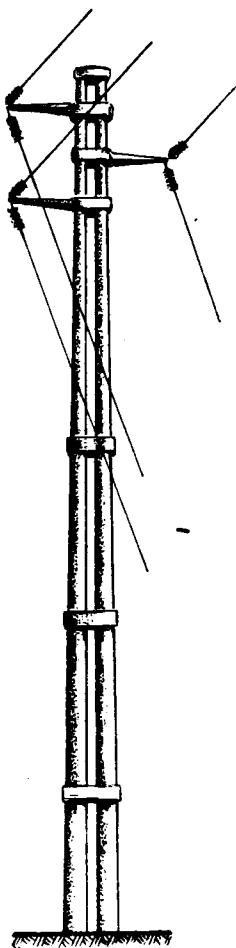
Σχ. 7·3 β. Ξύλινος στύλος (σε δύο όψεις του σχήματος) στερεωμένος επάνω σε δύο δοκούς σχήματος C που είναι πακτωμένες (μπηγμένες) με μπετόν μέσα στο έδαφος.

Ας δούμε τώρα τους σιδερένιους στύλους. Αυτοί μπορούν να φέρουν τα μεγαλύτερα φορτία από όλους τους άλλους. Μπορούν επίσης να πάρουν τις διαστάσεις και τη μορφή που επιθυμούμε, πράγμα που δεν μπορεί να γίνει στα δύο προηγούμενα είδη στύλων που εξετάσαμε.

Κατασκευάζουμε συνήθως τους σιδερένιους στύλους από έλασματα χαλύβδινα με μορφή C ή L, με τα οποία σχηματίζουμε διαφόρους δικτυωτούς στύλους που τους ονομάζουμε και πυλώνες. Τέτοιοι πυλώνες φαίνονται στο σχήμα 7·3 δ (σελ. 152). Οι σιδε-



ρένιοι στόλοι ἄλλοτε μοντάρονται ἀπὸ τὰ ἐλάσματα ποὺ τοὺς ἀποτελοῦν στὸ μέρος ὅπου θὰ στηθοῦν, καὶ ἄλλοτε φθάνουν ἐκεῖ ἐτοι-



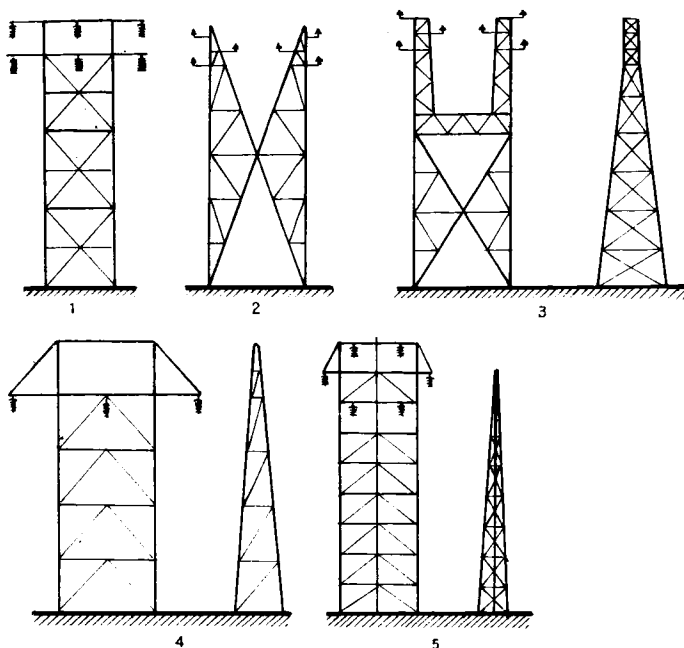
Σχ. 7.3 γ. Δίδυμος τσιμεντένιος στύλος γραμμῆς 60 kV.

μοι καὶ ἀνυψώνονται μὲ παλάγκα ἢ μικροὺς γερανούς.

Οἱ συνηθισμένοι πυλῶνες ποὺ μπορεῖ κανεὶς νὰ ἴδῃ στὴν

Ἑλλάδα ἔχουν τὴν μορφή τοῦ σχήματος  $6 \cdot 2 \beta$  ποὺ ἐμφανίζει ἓνα πυλῶνα τῶν γραμμῶν μεταφοράς 150 kV τῆς ΔΕΗ.

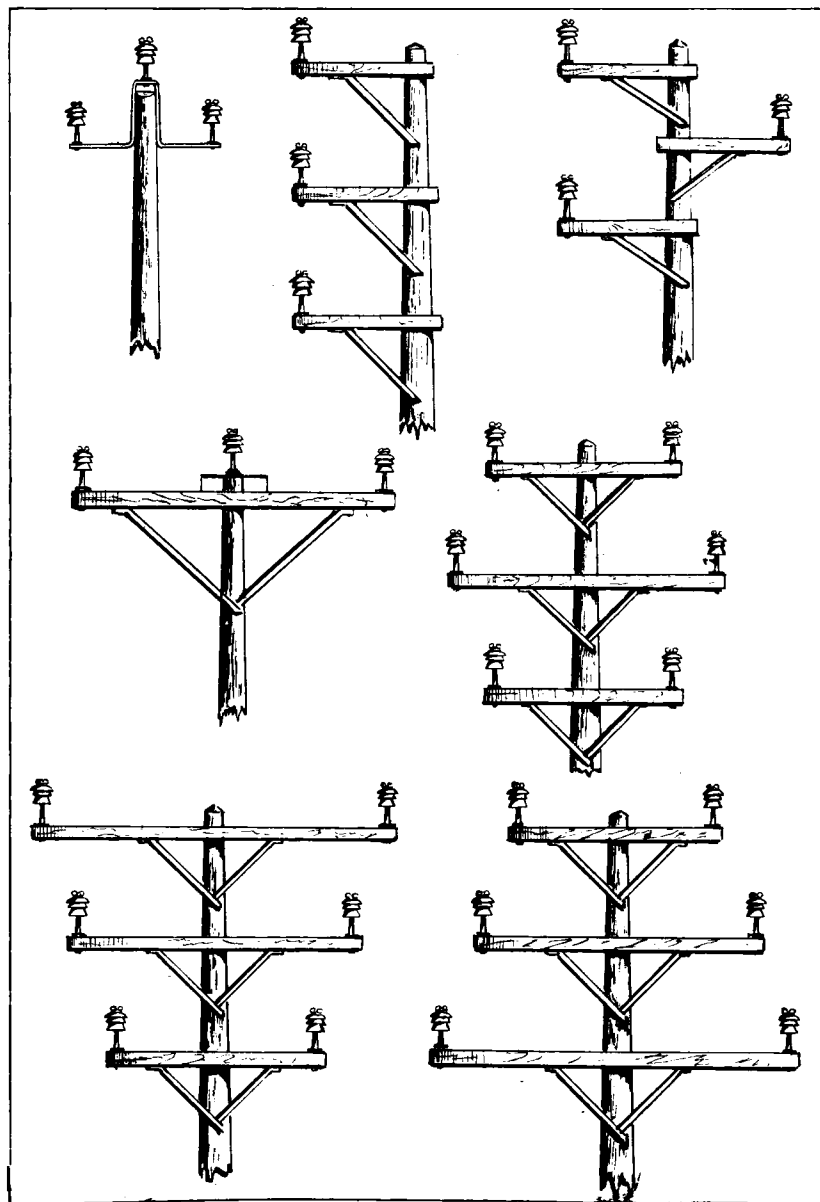
Ἀπὸ ὅσα εἶπαμε ὡς τώρα βλέπομε ὅτι γενικὰ σὲ ὅλους τοὺς στύλους δίνουμε μορφή ἀνάλογη μὲ τὸ εἶδος τῆς γραμμῆς ποὺ θὰ φέρουν (ἀπλή, διπλή, μὲ ἀγωγοὺς γῆς ἢ ὄχι κλπ.).



Σχ. 7.3 δ. Διάφοροι τύποι πυλῶνων.

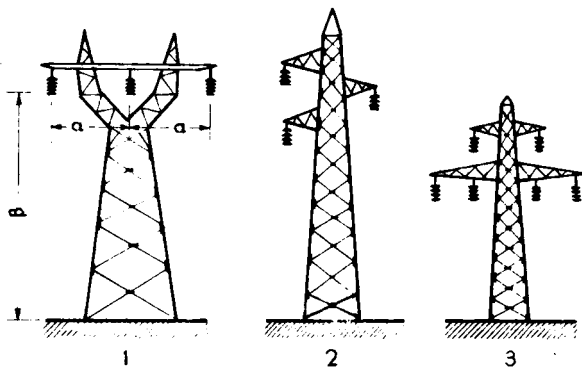
Τὸ χαρακτηριστικὸ μέρος κάθε μορφῆς στύλου εἶναι ἡ κορυφή του, ὅπου ὑπάρχει ἡ ἐξάρτηση, δηλαδή ἡ ὀριζόντια κατασκευὴ ποὺ ἐπάνω της στερεώνονται οἱ μονωτῆρες.

Τὸ σχῆμα 7.3 ε δείχνει τὶς πιὸ συνηθισμένες ἐξαρτήσεις γραμμῶν μέσης τάξεως ποὺ δὲν ἔχουν ἀγωγοὺς γῆς, ἐνῶ τὸ σχῆμα 7.3 ζ στύλους γραμμῶν μεταφοράς ποὺ ἔχουν ἐξαρτήσεις μὲ ἀγωγοὺς γῆς.



Σχ. 7-3 ε. Έξαρτήσεις στύλων. (Γραμμές χωρίς αγωγούς γής).

Γενικά οι διαστάσεις ενός στύλου είτε ξύλινος είναι αυτός, είτετσιμεντένιος, είτεσιδερένιος, εξαρτώνται από δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγων είναι το φορτίο που θα πρέπει να φέρη ο στύλος. Το φορτίο, όπως είπαμε και πριν, αποτελείται από το βάρος των αγωγών και των μονωτήρων του στύλου και από τη δύναμη που μεταβιβάζεται από τους αγωγούς εξ αιτίας της τανύσεώς τους, του βάρους του χιονιού που τυχόν τους σκεπάζει, ή του ανέμου που τους προσβάλλει.



Σχ. 7-3 ζ. Διάφοροι πυλώνες γραμμών μεταφοράς με εξαρτήσεις κατάλληλες και για αγωγούς γής.

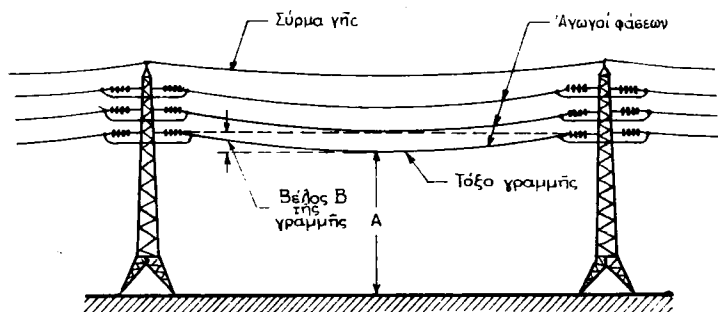
Όσο πιο μεγάλο είναι αυτό το φορτίο, τόσο πιο μεγάλον και πιο ισχυρό πρέπει να κατασκευάζουμε τον στύλο μας για να αντέχει.

Ο δεύτερος παράγων είναι η αναγκαία απόσταση στην οποία πρέπει να διατηρούμε τους αγωγούς, για να μη δημιουργηθή ηλεκτρικό τόξο μεταξύ τους. Η απόσταση αυτή θα επηρεάζη τη μορφή της κορυφής των στύλων και την απόσταση των μονωτήρων μεταξύ τους.

Όπως ξέρομε, στην ύψηλή τάση δέν είναι απαραίτητο να άκουμπήσουν δύο άγωγοι (που έχουν τάση μεταξύ τους) για να

γίνῃ βραχυκύκλωμα, ὅπως συμβαίνει μὲ τὴ χαμηλὴ τάση. Διότι, ὅταν πλησιάσωμε τοὺς δύο ἀγωγούς, ἀρκετὰ κοντὰ τὸν ἓναν μὲ τὸν ἄλλο, δημιουργεῖται αὐτὸ ποὺ ὀνομάζομε *ἡλεκτρικὸ τόξο*, δηλαδὴ ὁ ἀέρας διασπᾶται καὶ ἐπιτρέπει στὸ ρεῦμα νὰ περάσῃ ἀνάμεσά τους. Ἔτσι προκαλεῖται ἓνα *βραχυκύκλωμα*, σὰν νὰ ὑπῆρχε μεταξὺ τῶν ἀγωγῶν ὄχι ἀέρας, ἀλλὰ ἓνα ὁποιοδήποτε ἀγωγίμο υἷκιο.

Ἡ ἀπόστασις στὴν ὁποία πρέπει νὰ τοποθετήσωμε τοὺς δύο ἀγωγούς γιὰ νὰ μὴ γίνῃ τὸ τόξο, ἐξαρτᾶται βέβαια ἀπὸ τὴν κατὰστασιν τοῦ ἀέρα (ὅσο πιὸ ὑγρὸς εἶναι ὁ ἀέρας τόσο ἡ ἀπόστασις αὐτὴ πρέπει νὰ εἶναι πιὸ μεγάλη) ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴ γεωμετρικὴ



Σχ. 7.3 η. Μορφὴ γραμμῆς μεταφορᾶς μεταξὺ δύο διαδοχικῶν πυλῶνων.

μορφῇ τῶν δύο ἄκρων. Π.χ. ἡ διάσπασις γίνεταί πολὺ πιὸ εὐκόλα ἔταν τὰ ἄκρα ἔχουν μορφὴ ἀκίδων παρὰ ἐπίπεδη. Κυρίως ὅμως ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τάσιν ποὺ ἔχουν οἱ δύο ἀγωγοί. Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ τάσις αὐτὴ, τόσο μεγαλύτερη εἶναι καὶ ἡ ἀπόστασις ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ μὴ γίνῃ τὸ τόξο.

Γι' αὐτὴ καὶ μόνο τὴν αἰτία ἔχουν ὀρισθῇ ἀποστάσεις ἀσφαλείας τόσο μεταξὺ τῶν ἀγωγῶν ὅσο καὶ μεταξὺ ἀγωγῶν καὶ γῆς. Οἱ ἀποστάσεις αὐτὲς δὲν ἐπιτρέπεται νὰ μεταβάλλωνται καὶ νὰ γίνωνται μικρότερες ἀπ' ὅ,τι ὀρίζουν οἱ κανονισμοί. Στὸ σχῆμα 7.3 η ἡ ἀπόστασις Β π.χ., σὲ καμμιὰ περίπτωσι (οὔτε λ.χ. ὅταν φυσᾷ δυνατὸς ἄνεμος καὶ κουνᾷ τοὺς ἀγωγούς, οὔτε ὅταν χαλαρώνωνται

οι άγωγοι από την τάνυσή τους) επιτρέπεται να γίνεται μικρότερη απ' ό,τι ορίζουν οι κανονισμοί ασφαλείας για την ορισμένη τάση της γραμμής μας.

Τò ίδιο συμβαίνει και με την απόσταση Α στο ίδιο σχήμα. Αν περνά ή προβλέπεται πώς θα περνά μια σιδηροδρομική γραμμή ή ένας δημόσιος δρόμος κάτω από τους άγωγούς, τότε τò Α πρέπει να διατηρηται ακόμα μεγαλύτερο.

Για να δώσωμε μια ιδέα του πόσο μεγάλες είναι οι αποστάσεις για τις οποίες μιλήσαμε παραπάνω, θα αναφέρωμε ότι στις γραμμές των 150 kV του συστήματος της ΔΕΗ, ή απόσταση που υπάρχει ανάμεσα στους άγωγούς είναι περίπου 5,80 μέτρα.

Θα τελειώσωμε ό,τι έχουμε να πούμε για τους στύλους, περιγράφοντας με λίγα λόγια τόν τρόπο με τόν οποίο τους στηρίζομε, δηλαδή περιγράφοντας τις θεμελιώσεις τους.

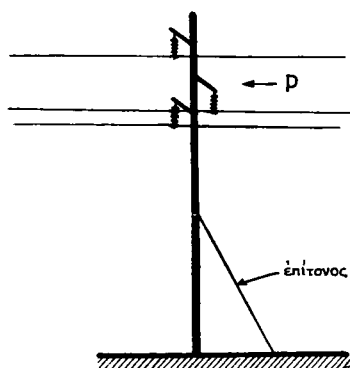
Γενικά, ό τρόπος με τόν όποϊον θα στηρίξωμε έναν στύλο εξαρτάται από τò είδος του στύλου και από τò είδος του εδάφους.

— Οι ξύλινοι στύλοι πρέπει να είναι βυθισμένοι μέσα στο έδαφος σέ βάθος περίπου ίσο με τò 1/6 του συνολικού τους μήκους, όταν τò έδαφος δέν είναι πολύ μαλακό. Π.χ. ένας στύλος των 20 μέτρων πρέπει να χωθή σέ τέτοιο έδαφος κατά 3,40 μέτρα περίπου. Σε περίπτωση που τò έδαφος είναι πολύ μαλακό και ό στύλος κινδυνεύει να βουλιάξει ή να γείρει, πρέπει να κάνωμε βαθύτερο τò λάκκο για την βάση του και να τοποθετήσωμε γύρω της κατ'άλληλες πέτρες. Σε υγρό έδαφος κάνωμε, όπως είδαμε, και σιδερένιες ακόμα βάσεις, ενισχυμένες με σκυροκονίαμα, ώστε να μὴν έρχεται τò ξύλο σ' έπαφή με τò έδαφος και φθείρεται με τόν καιρό (σχ. 7·3 β).

Ιδιαίτερη φροντίδα για μια στερεώτερη θεμελίωση των στύλων πρέπει να καταβάλλωμε κάθε φορά που ή γραμμή μας σχηματίζει γωνία αλλάζοντας διεύθυνση. Τότε, έπειδή οι δυνάμεις έχουν διαφορετικές διευθύνσεις και είναι μεγαλύτερες, διαλέγωμε

ἰσχυρότερο στύλο καὶ τὸν θεμελιώνομε μὲ μεγάλη προσοχή. Ἐπὶ πλέον συγκρατοῦμε τὸν ξύλινο στύλο μὲ ἓνα ἢ περισσότερα συρματόσχοινα, ποὺ λέγονται ἐπίτονοι. Φυσικὰ ὁ ἐπίτονος (σχ. 7.3 θ) δένεται στὸν στύλο ἀπὸ τὸ μέρος ὅπου ἐπιδρᾷ ἡ δύναμη  $P$  ἢ ὁποία μπορεῖ νὰ τὸν γείρῃ.

— Τοὺς στύλους ἀπὸ μπετὸν ἀρμὲ τοὺς θεμελιώνομε περίπου ὅπως καὶ τοὺς ξύλινους, χώνοντάς τους δηλαδὴ εἴτε μέσα στὴ γῆ εἴτε μέσα σὲ βάση ἀπὸ σκυροκονίαμα.



Σχ. 7.3 θ.

— Τοὺς σιδερένιους στύλους τοὺς θεμελιώνομε σὲ εἰδικὲς βάσεις ἀπὸ σκυροκονίαμα, γιατί οἱ στύλοι αὐτοῦ τοῦ εἴδους γενικὰ δέχονται πολὺ μεγάλες δυνάμεις. Γιά λόγους οἰκονομίας, ἂν ὁ στύλος ἔχη π.χ. 4 πόδια, δὲν κατασκευάζομε μιά μόνο μεγάλη βάση γιὰ ὅλο τὸν στύλο, ἀλλὰ προτιμοῦμε νὰ ἔχωμε 4 μικρὲς βάσεις ποὺ ἡ κάθε μιά τους θὰ στηρίζῃ καὶ ἓνα πόδι. Κατὰ τὴν κατασκευὴ αὐτῶν τῶν βάσεων τοποθετοῦμε μέσα τους σιδερένια πέλματα ἑτοιμὰ ποὺ ἡ ἄκρῃ τους νὰ ἐξέχῃ λίγο ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Στὶς ἄκρες αὐτὲς στερεώνομε ὅλο τὸ δικτυωτὸ τοῦ πυλῶνα μας, μὲ βοήθεια ἡλώσεων ἢ μὲ μπουλόνια (σχ. 6.2 β).

## ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

**8.1 Πότε κατασκευάζουμε έναν υποσταθμό των γραμμών μεταφορᾶς.**

Όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 6, το ποιὰ τάση θὰ διαλέξουμε γιὰ τὸ ρεῦμα ποὺ ἔχουμε νὰ μεταφέρουμε ἐξαρτᾶται πάρα πολὺ ἀπὸ τὴν ἀπόσταση ποὺ θὰ μεταφέρουμε τὸ ρεῦμα αὐτό. Γιατὶ ἡ ἀπόσταση, μεγάλη ἢ μικρή, ἔχει πολὺ νὰ κάμῃ μὲ τὴν πτώση τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος, μὲ τὴν ἀπώλεια τῆς ἰσχύος του καὶ γενικὰ μὲ τὸ κόστος τῆς ἐνεργείας ποὺ μεταφέρεται. Ὡστε, ἡ τάση ἑνὸς ρεύματος καὶ ἡ ἀπόσταση τῆς μεταφορᾶς του εἶναι δύο πράγματα συνδεδεμένα. Ἔτσι εἶναι εὐκόλο νὰ σκεφθοῦμε ὅτι μὲ μιὰ ὀρισμένη τάση μπορούμε νὰ ἐξυπηρετήσωμε, κατὰ τρόπο ποὺ νὰ συμφέρῃ, καταναλώσεις ποὺ βρίσκονται μέσα σὲ μιὰ ὀρισμένη ἀπόσταση, ἡ ὁποία ἀρχίζει ἀπ' ἐκεῖ ποὺ ἀρχίζουν οἱ γραμμές μας καὶ τὴν ὁποία ὀνομάσαμε προηγουμένως ἐμβέλεια. Γιὰ νὰ ὑπερβοῦμε τὸ ὅριο τῆς μεγίστης αὐτῆς ἀποστάσεως, θὰ πρέπει νὰ αὐξήσωμε τὶς διατομὲς τῶν γραμμῶν μας τόσο πολὺ, ὥστε τελικὰ τὸ πρᾶγμα γίνεται καὶ δύσκολο καὶ ἀντιοικονομικόν.

Βέβαια, μπορούμε νὰ διαλέξουμε μιὰ τάση μεταφορᾶς τόσο ὑψηλὴ, ὥστε ἡ μέγιστη ἐμβέλεια νὰ καλύπτῃ ὅλη τὴν ἐπιφάνεια μιᾶς μικρῆς χώρας, ὅπως εἶναι π.χ. ἡ Ἑλλάς, ἀλλὰ αὐτὸ εἶναι πάλι ἀντιοικονομικόν, γιατί δὲν συμφέρει νὰ μεταφέρουμε ρεῦμα μὲ πολὺ ὑψηλὴ τάση σὲ μικρὲς ἀποστάσεις.

Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς ἔχουμε χωρίσει τὶς τάσεις μεταφορᾶς σέ: ὑψηλές τάσεις, ποὺ εἶναι οἱ κύριες τάσεις μεταφορᾶς, καὶ μέσες τάσεις, ποὺ οὐσιαστικὰ εἶναι τάσεις διανομῆς ἡλεκτρισμοῦ,



άφου τροφοδοτούν τα δίκτυα χαμηλής τάσεως των καταναλωτών (σχ. 8.1 α).

Έτσι προκύπτουν, όπως φαίνεται και στο σχήμα 8.1 α, δύο σημεία μετασχηματισμού τάσεως, αν εξαιρέσουμε βέβαια τον μετασχηματισμό στο σταθμό παραγωγής, για τον οποίο μιλήσαμε στο πρώτο μέρος του βιβλίου. Το ένα σημείο Α το έχουμε εκεί όπου μετασχηματίζουμε την υψηλή τάση των γραμμών μεταφοράς σε μέση τάση, ενώ το άλλο σημείο Β εκεί όπου μετασχηματίζουμε τη μέση τάση σε χαμηλή.

Υπάρχουν λοιπόν δύο ειδών θέσεις μετασχηματισμού της τάσεως του ρεύματος. Οι εγκαταστάσεις τις οποίες κάνουμε στις θέσεις αυτές ονομάζονται αντίστοιχα: *υποσταθμοί γραμμών μετα-*



Σχ. 8.1 α.

φοράς, αν πρόκειται για την πρώτη, και υποσταθμοί διανομής, αν πρόκειται για τη δεύτερη.

Εδώ θα περιγράψουμε τους υποσταθμούς των γραμμών μεταφοράς, γιατί οι άλλοι υπάγονται στη « Διανομή » και θα μιλήσουμε γι' αυτούς στο τρίτο μέρος του βιβλίου μας.

Ένας υποσταθμός υψηλής τάσεως στοιχίζει πολλά χρήματα, και επομένως, ή απόφαση αν θα κατασκευάσουμε έναν τέτοιο υποσταθμό και ποιο θα είναι το μέρος στο οποίο θα τον εγκαταστήσουμε είναι πράγμα που χρειάζεται πολλή μελέτη.

Για να πάρουμε την απόφαση σχετικά με το αν χρειάζεται να γίνει ένας υποσταθμός ή όχι, πρέπει να εξετάσουμε τις αποστάσεις των καταναλώσεων που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε από τον πλη-

σιέστερο διαθέσιμο ὑποσταθμὸς. Ἄν οἱ ἀποστάσεις αὐτὲς καλύπτωνται ἀπὸ τὴν ἐμβέλεια τῆς μέσης τάσεως, τότε δὲν χρειάζεται νὰ κατασκευάσωμε νέον ὑποσταθμὸς. Ἀρκεῖ νὰ μεταφέρωμε τὸ ρεῦμα μὲ γραμμὲς μέσης τάσεως ἀπὸ τὸν διαθέσιμο παλὴθ ὑποσταθμὸς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι ἡ ζήτηση φορτίου ἀπὸ τὴν κατανάλωση δὲν εἶναι πολὺ μεγάλη. Ἄν ὅμως οἱ ἀποστάσεις εἶναι πολὺ μεγάλες ἢ ἂν προβλέπωμε πολὺ σημαντικὰ φορτία, τότε ἡ καλὺτερη λύση εἶναι ν' ἀποφασίσωμε τὴν κατασκευὴ νέου ὑποσταθμοῦ.

Ἄν ρίξωμε μιὰ ματιὰ στὸ σχῆμα 6.4 β, ποὺ παριστάνει τὸ Ἑθνικὸ σύστημα τῆς Ἑλλάδος, δηλαδὴ τὸ σύστημα τῆς ΔΕΗ, θὰ δοῦμε παραδείγματα τῶν περιπτώσεων ποὺ ἀναφέραμε τώρα ἐδῶ. Στὸ σύστημα αὐτὸ ἡ ἐμβέλεια τῆς μέσης τάσεως τῶν 15 kV εἶναι τὸ πολὺ γύρω στὰ 60-70 χιλιόμετρα καὶ μ' αὐτὸ τὸ δεδομένο ἀποφασίσθηκε ἡ κατασκευὴ τῶν 28 ὑποσταθμῶν τοῦ συστήματος ποὺ φαίνονται στὸ σχῆμα.

Ἔτσι, γιὰ νὰ τροφοδοτηθῇ π.χ. ἡ περιοχὴ τῆς Καρδίτσας, δὲν χρειάσθηκε νέος ὑποσταθμὸς μιὰ καὶ ὁ ὑποσταθμὸς τῶν Τρικάλων εἶναι ἀρκετὰ κοντὰ καὶ ἡ Καρδίτσα δὲν ἔχει πολὺ μεγάλη κατανάλωση.

Ἀντίθετα, παρ' ὅλο ὅτι ἡ Λάριμνα μποροῦσε νὰ τροφοδοτηθῇ ἀπὸ τὸν ὑποσταθμὸ τοῦ Σχηματρίου, ποὺ ἀπέχει ἀπ' αὐτὴ μόνον περὶ τὰ 50 χιλιόμετρα, ὅμως, ἐπειδὴ ἡ κατανάλωση τῆς σιδηροδρομὴχανίας τῆς εἶναι πολὺ σημαντικὴ, προτιμήσαμε νὰ κατασκευάσωμε ἐκεῖ νέον ὑποσταθμὸ ὑψηλῆς τάσεως.

Τέλος, βλέπομε πῶς, ἂν θέλωμε νὰ ἡλεκτροδοτήσωμε τὴν περιοχὴ τῆς Ἀλεξανδρουπόλεως, δὲν μποροῦμε νὰ τὸ ἐπιτύχωμε ἀπὸ τὸν ὑποσταθμὸ τῆς Καβάλας μὲ γραμμὲς μέσης τάσεως, ἐπειδὴ ἡ ἀπόσταση Καβάλας - Ἀλεξανδρουπόλεως εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ 70 km. Θὰ πρέπει λοιπὸν νὰ προεκτείνωμε τὴ γραμμὴ τῶν 150 kV καὶ νὰ κατασκευάσωμε νέον ὑποσταθμὸ ὑψηλῆς τάσεως στὴν περιοχὴ αὐτῇ.

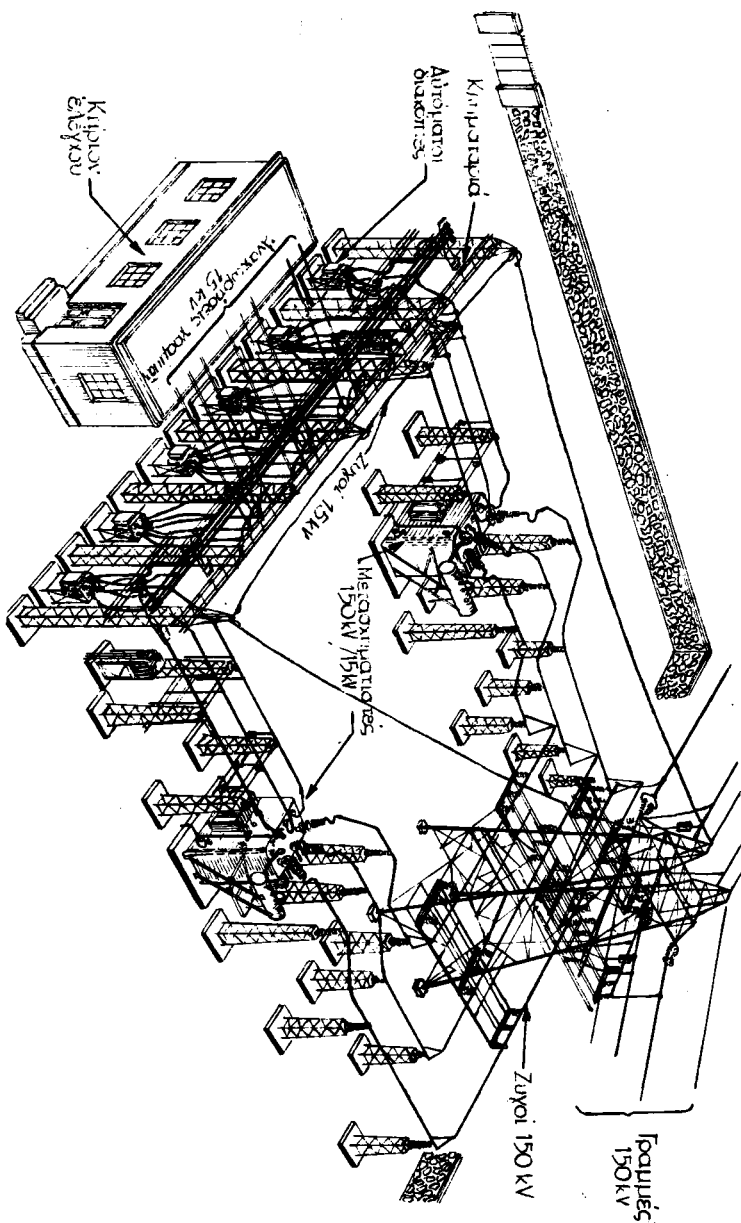
Μένει τώρα το δεύτερο ζήτημα, δηλαδή η *έκλογή της άκριβοῦς θέσεως τοῦ υποσταθμοῦ μέσα στήν περιοχή, τήν ὁποία πρόκειται νά ἐξυπηρετήσωμε μέ τήν κατασκευή τοῦ νέου τούτου υποσταθμοῦ τῶν γραμμῶν μεταφοράς. Τή λύση σ' αὐτό τὸ ζήτημα δίνει ἡ τεχνικοοικονομική μελέτη. Ἡ μελέτη αὐτή εἶναι ὁμοια μέ ἐκείνη, πού εἶδαμε στό πρῶτο Μέρος τοῦ βιβλίου, ὅταν ἐξετάσαμε τήν καλύτερη τοποθέτηση τῶν κεντρικῶν σταθμῶν. Δέν πρέπει ἄλλωστε νά ξεχνοῦμε ὅτι ἕνας υποσταθμός τροφοδοτεῖ μιᾶ περιοχή σάν νά ἦταν ἕνας σταθμός παραγωγῆς.*

Ἐπομένως, ἡ θέση τοῦ υποσταθμοῦ μας κανονίζεται ἀπό τὸ πού ὑπάρχει συγκεντρωμένη ἡ μεγαλύτερη κατανάλωση, κι' αὐτή μπορεῖ νά εἶναι ἡ μεγαλύτερη πόλη τῆς περιοχῆς ἢ τὸ μεγαλύτερο ἐργοστάσιό της. Πάντως θά πρέπει νά ἔχουμε ὑπ' ὄψη ὅτι ὁ υποσταθμός δέν μπορεῖ νά εἶναι στό κέντρο τῆς πόλεως, πρῶτο γιατί οἱ γραμμές τῆς ὑψηλῆς τάσεως πού φθάνουν ὡς αὐτὸν δημιουργοῦν κίνδυνο γιὰ τοὺς κατοίκους καὶ δεύτερο γιατί ἀπαιτεῖ πολὺ μεγάλο χῶρο ὁ ὁποῖος δέν ὑπάρχει διαθέσιμος μέσα σὲ πόλεις. Ἐξ ἄλλου, ὅπως συμβαίνει καὶ μέ τὴ χάραξη τῆς διαδρομῆς τῶν γραμμῶν μεταφοράς, καλὸ εἶναι ν' ἀποφεύγουμε τίς πυκνοκατοικημένες συνοικίες.

Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς κατασκευάζουμε συνήθως τοὺς υποσταθμοὺς τῆς ὑψηλῆς τάσεως στὰ προάστια τῶν πόλεων. Π.χ. ὁ υποσταθμός τῆς ΔΕΗ, πού τροφοδοτεῖ τὴν Ἀθήνα, ἔχει γίνεи στό Ροῦφ καὶ ὄχι στήν Ὀμόνοια ἢ στό Σύνταγμα.

Ἀνάλογες σκέψεις εἶχαν γίνεи καὶ ἀπὸ τὴν ΗΕΑΠ, ὅταν διάλεγε τὴ θέση τῶν υποσταθμῶν της, στοὺς ὁποίους μετασχηματίζεται ἡ τάση μεταφοράς τῶν 22 kV στὴ μέση τάση πού χρησιμοποιεῖται στήν Ἀθήνα, δηλαδή στὰ 6,6 kV (σχ. 6·4 γ). Οἱ υποσταθμοὶ αὗτοὶ εἶναι ἐπίσης υποσταθμοὶ γραμμῶν μεταφοράς, ἀφοῦ ἀπ' αὐτοὺς δέν γίνεи κατευθεῖαν διανομή.

Ἡ διαφορά ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο σύστημα τῆς ΔΕΗ εἶναι ὅτι οἱ



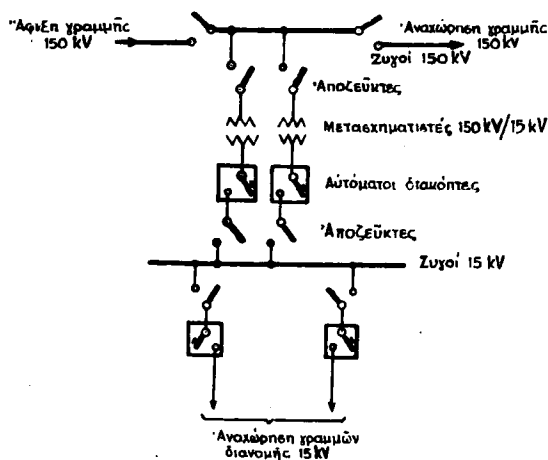
Σχ. 8.2 α. Ὑποσταθμὸς 150 kV / 15 kV τῆς ΔΕΗ.

τάσεις καὶ οἱ ἀποστάσεις στὴν Ἀθήνα εἶναι πολὺ μικρότερες καὶ τὸ δίκτυο εἶναι ὑπόγειο καὶ πολὺ πιδ πυκνὸ. Γι' αὐτὸ βλέπομε ὑποσταθμοὺς σὲ πολλὰ κεντρικὰ σημεῖα τῆς πόλεως, ὅπως π.χ. στὸ Ζάππειο, οἱ ὁποῖοι μᾶς εἶναι ἀναγκαῖοι.

8.2 Τί περιλαμβάνεται σὲ ἓναν ὑποσταθμὸ γραμμῶν μεταφορᾶς.

Τò σχήμα 8.2 α δείχνει προοπτικά τή διάταξη ἑνὸς τυπικοῦ ὑποσταθμοῦ 150 kV/15 kV τῆς ΔΕΗ, ἐνῶ τò σχήμα 8.2 β δείχνει τò μονογραμμικὸ διάγραμμα τοῦ ἰδίου ὑποσταθμοῦ.

Βλέπουμε ότι ο υποσταθμός είναι υπαίθριος κατά το μεγα-



**Σχ. 8.2 β.**

λύτερό του μέρος, έχει όμως και ένα τουλάχιστον κτίριο για να στεγάζονται τα μηχανήματα και τα όργανα που δεν επιτρέπεται να λειτουργούν στο υπαίθρο.

Ἡ γραμμὴ τῶν 150 kV δὲν τερματίζεται στὸν ὑποσταθμὸ μας, ἀλλὰ ἀπλῶς περνᾷ ἀπ' αὐτὸν γιὰ νὰ τὸν τροφοδοτήσει. Τὸ ρεῦμα ἔρχεται στὶς μπάρες ἢ ζυγούς τῶν 150 kV ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ράβδους ἢ σωλῆνες ἀλουμινίου ἢ χαλκοῦ καὶ διαμοιράζουσι τὸ ρεῦμα

μέσα στὸν ὑποσταθμὸ. Ὅλες οἱ γραμμὲς ποὺ φθάνουν στὸν ὑποσταθμὸ ἢ ποὺ ἀναχωροῦν ἀπ' αὐτὸν εἶναι ἐναέριες. Αὐτὸ ἰσχύει τόσο γιὰ τὶς γραμμὲς τῶν 150 kV, ὅσο καὶ γιὰ τὶς γραμμὲς τῶν 15 kV ποὺ ξεκινοῦν ἀπὸ τὸν ὑποσταθμὸ. Οἱ στύλοι τῶν γραμμῶν τῶν 15 kV δὲν φαίνονται στὸ σχῆμα 8·2 α γιὰ νὰ εἶναι ἡ παράσταση πιὸ καθαρή.

Τὸ σπουδαιότερο μηχανήμα τοῦ ὑποσταθμοῦ μας εἶναι οἱ μεγάλοι μετασχηματιστὲς ἰσχύος, οἱ ὅποιοι εἶναι κατασκευασμένοι καὶ λειτουργοῦν σύμφωνα μὲ ὅσα ἔχομε μάθει στὸ μάθημα τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν. Μὲ αὐτοὺς μετασχηματίζουμε τὴν τάση τῶν 150 kV σὲ 15 kV. Οἱ μετασχηματιστὲς αὐτοὶ ἔχουν συνήθως ἀνεμιστήρες γιὰ τὴν ψύξη τοῦ λαδίου μὲ τὸ ὁποῖο εἶναι γεμάτοι καὶ προστατεύονται ἀπὸ τὰ βραχυκυκλώματα, ποὺ εἶναι δυνατόν νὰ τοὺς καταστρέφουν, μὲ αὐτόματους διακόπτες μεγάλης ἰσχύος καὶ ὑψηλῆς τάσεως, τοποθετημένους στὴν πλευρὰ τῶν 15 kV.

Τοὺς πιὸ συνηθισμένους ἀπὸ τοὺς διακόπτες αὐτοὺς τοὺς ὀνομάζουμε καὶ ἐλαιοδιακόπτες, γιὰτὶ λειτουργοῦν μέσα σὲ μονωτικὸ λάδι, ὥστε ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος, ὅταν τοὺς ἀνοίγουμε, νὰ μὴν προκαλῇ ἠλεκτρικὸ τόξο.

Τὰ τελευταῖα χρόνια ἔχουν κατασκευασθῇ αὐτόματοι διακόπτες καὶ ἄλλων τύπων, ὅπως εἶναι οἱ διακόπτες μὲ μικρὸ ὄγκο λαδίου πού, ὅπως μαρτυρεῖ τὸ ὄνομά τους, λειτουργοῦν μὲ πολὺ λίγο λάδι, οἱ διακόπτες ἀέρος ποὺ λειτουργοῦν μὲ πεπιεσμένο ἀέρα καὶ μερικοὶ ἄλλοι ἀκόμα τύποι αὐτομάτων διακοπτῶν.

Δὲν μπορούμε ἐδῶ νὰ περιγράψουμε τὸ πότε χρησιμοποιοῦμε κάθε εἶδος, μιὰ καὶ αὐτὸ ξεφεύγει τὸ σκοπὸ τούτου τοῦ βιβλίου.

Χαρακτηριστικὸ ὅμως ὅλων τῶν διακοπτῶν αὐτῶν εἶναι τὸ ὅτι μπορεῖ νὰ λειτουργήσουν καὶ νὰ ἀνοίξουν ἢ νὰ κλείσουν τὴ γραμμὴ μας, θέτοντάς τὴν ἀντίστοιχα ἐκτὸς ἢ ἐντὸς τάσεως, μὲ δύο τρόπους: εἴτε (α) αὐτόματα, μὲ τὴν λειτουργίαν τῶν ἠλεκτρονόμων (ρελαί) τῆς προστασίας, εἴτε (β) κατόπιν χειρισμοῦ, ποὺ ἔχει ἐκτελέσει τὸ προσωπικὸ τοῦ ὑποσταθμοῦ.

Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις παρατηροῦμε ὅτι τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτη μας γίνεται ὑπὸ φορτίο, δηλαδή σὲ στιγμή πού περνοῦν ἀρκετὰ ἀμπὲρ ἀπὸ τὶς ἐπαφές τοῦ διακόπτη. Ὅταν μάλιστα τὸ ἄνοιγμα γίνεται σὲ στιγμή βραχυκυκλώματος ἀπὸ τὰ ρελαί, τότε ἀπὸ τὶς ἐπαφές περνᾷ ἔνταση ρεύματος πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν κανονική.

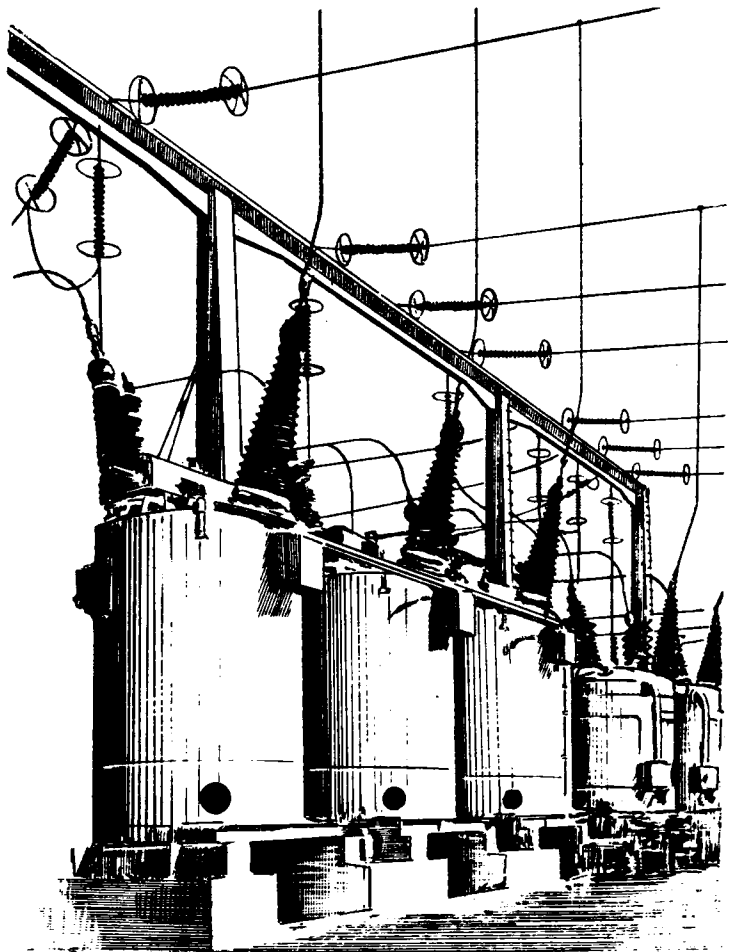
Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸν χαρακτηρίσαμε τὰ μηχανήματα αὐτὰ σὰν διακόπτες μεγάλης ἰσχύος, πού εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ ἐκείνη πού κανονικά περνᾷ ἀπὸ τὶς γραμμές.

Γιὰ νὰ διαλέξωμε δηλαδή ἓναν αὐτόματο διακόπτη, δὲν ἀρκεῖ νὰ ξέρωμε μόνο σὲ ποιά τάση καὶ σὲ τί κανονικά ἀμπὲρ θὰ λειτουργήῃ ὅταν θὰ τὸν ἔχομε τοποθετήσει, ἀλλὰ θὰ πρέπει νὰ υπολογίσωμε περίπου καὶ πόσα ἀμπὲρ θὰ ὑποχρεωθοῦμε νὰ διακόψωμε μ' αὐτὸν σὲ στιγμή βραχυκυκλώματος τῆς γραμμῆς. Τὰ ἀμπὲρ αὐτὰ τὰ ὀνομάζομε ἔνταση διακοπῆς καὶ ἀντίστοιχα χαρακτηρίζομε καὶ τὴν ἰσχύ διακοπῆς.

Ἐπαναλαμβάνομε ὅτι ἡ ἰσχύ διακοπῆς εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἰσχύ τῆς λειτουργίας. Π.χ. ἓνας αὐτόματος διακόπτης τῶν 15 kV πού λειτουργεῖ μὲ κανονική ἰσχύ 5 000 kVA, μπορεῖ νὰ ἔχη ἰσχύ διακοπῆς 10 000 MVA, δηλαδή δύο χιλιάδες φορές μεγαλύτερη!

Ἐνα ἄλλο χαρακτηριστικὸ στὴ λειτουργία τῶν αὐτομάτων διακοπτῶν, σὰν αὐτὸν πού δείχνει τὸ σχῆμα 8·2 γ, εἶναι ὅτι μποροῦμε κάθε φορά νὰ ρυθμίζωμε τὸν χρόνο ἀπὸ τὴν πρώτη στιγμή πού θὰ ἀνιχνεύσουν τὰ ρελαί ἓνα βραχυκύκλωμα, ὡς τὴ στιγμή πού θὰ ἀνοίξῃ ὁ διακόπτης. Ὁ χρόνος βέβαια αὐτὸς εἶναι πολὺ μικρὸς, 1 ἢ 2 δευτερόλεπτα μόνο, καὶ ἡ ρύθμισή του γίνεται μὲ δέκατα ἢ ἑκατοστὰ τοῦ δευτερολέπτου, ἀλλὰ γιὰ πολλοὺς λόγους μᾶς εἶναι ἀπαραίτητη. Ὁ σπουδαιότερος ἀπ' αὐτοὺς τοὺς λόγους εἶναι ὅτι δὲν θέλομε νὰ διακόπτωμε τὴ γραμμὴ ὅταν τὸ βραχυκύκλωμα εἶναι περαστικό, δηλαδή ὀφείλεται σὲ μιὰ προσωρινή αἰτία,

διαρκεῖ ἐλάχιστο χρόνο καὶ ἔπειτα ἐξαφανίζεται μόνο του. Τοῦτο συμβαίνει, π.χ., όταν τὰ κλαδιὰ ἐνδὸς δένδρου ἀκουμπήσουν τὴ



Σχ. 8-2 γ. Γενικὴ διάταξη μονοφασικῶν αὐτομάτων διακοπῶν ὑψηλῆς τάσεως σταθμοῦ μεταφορᾶς.

γραμμῇ σὲ στιγμὴ καταιγίδας. Τὴν ἐπομένη στιγμὴ τὰ κλαδιὰ θὰ τραβηχθοῦν μόνον τους, ἢ αἰτία τοῦ βραχυκυκλώματος θὰ ἔχη



λείψει, καὶ ἐπομένως δὲν θὰ ὑπάρχη λόγος νὰ ἀπομονώσουν οἱ αὐτόματοι διακόπτες τὴν γραμμή.

Οἱ κάπως μικροὶ αὐτόματοι διακόπτες κατασκευάζονται τριφασικοί, ἐνὼ οἱ μεγάλοι μονοφασικοί. Ἔτσι χρειάζεσθε τρεῖς μονοφασικοὺς διακόπτες γιὰ κάθε γραμμή (σχ. 8·2 γ). Τοὺς αὐτόματους διακόπτες τῶν ὑποσταθμῶν τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς τοὺς τοποθετοῦμε συνήθως στὸ ὑπαιθρο καὶ γι' αὐτὸ τοὺς κατασκευάζομε στεγανούς.

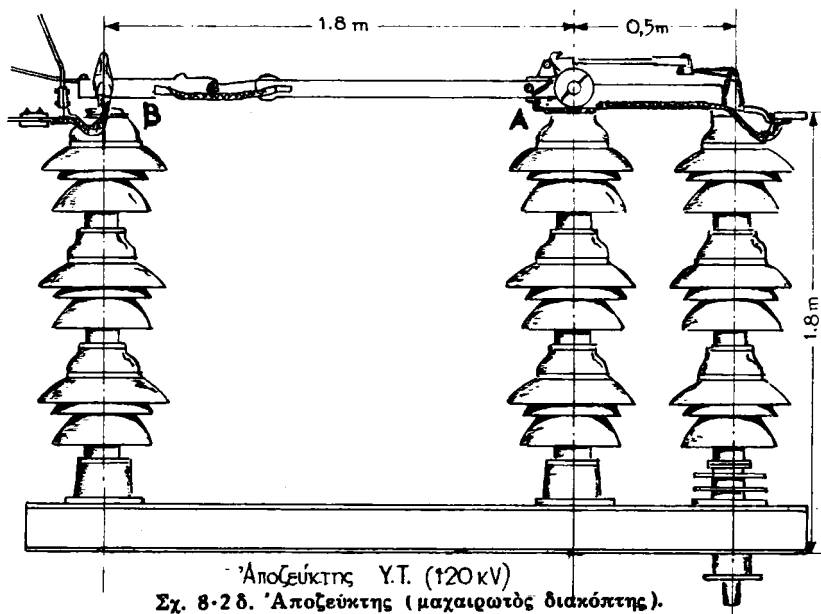
Γενικά, ἓνας αὐτόματος διακόπτης ἀποτελεῖται ἀπὸ μία ἢ περισσότερες σταθερὲς ἐπαφὲς καὶ ἀπὸ ἓναν ἀντίστοιχο ἀριθμὸ κινητῶν ἐπαφῶν, ποὺ συνδέονται μὲ τὸν μηχανισμό ὁ ὁποῖος τὶς κινεῖ καὶ τὶς ἐνώνει μὲ τὶς ἀκίνητες ἐπαφὲς ἢ τὶς ἀπομακρύνει ἀπ' αὐτές. Πάντοτε τὶς στιγμὲς αὐτές, δηλαδὴ ὅταν ἐνώνωμε καὶ πολὺ περισσότερο ὅταν διακόπτωμε φορτίο, παράγεται μεταξὺ τῶν ἐπαφῶν ἓνα τόξο, ποὺ ἔχομε συμφέρον νὰ τὸ σβύσωμε ὅσο τὸ δυνατό πιδ γρήγορα, προτοῦ μᾶς προκαλέσῃ καταστροφές. Κατασκευάζομε λοιπὸν τοὺς αὐτόματους διακόπτες ἔτσι, ὥστε τῇ στιγμῇ κατὰ τὴν ὁποία ὁ μηχανισμὸς τοὺς κινεῖ πολὺ γρήγορα τὶς ἐπαφές, νὰ δημιουργηταὶ ταυτόχρονα μιὰ πίεση καὶ μιὰ κίνηση στὸ λάδι ἢ στὸν ἀέρα κλπ. ποὺ περιέχει ὁ διακόπτης, ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος του, καὶ ποὺ ἔχουν σὰν ἀποτέλεσμα νὰ σβύνουν τὸ τόξο μόλις ἀρχίζει νὰ ἀναπτύσσεται. Χάρη σ' αὐτὲς τὶς διατάξεις τοῦ μπορούμε μὲ τὸν αὐτόματο διακόπτη νὰ διακόψωμε σημαντικὰ φορτία, πράγμα ποὺ δὲν θὰ ἔχωμε τὴ δυνατότητα νὰ κάνωμε μὲ ἄλλου εἶδους διακόπτες.

Ἐνα ἄλλο ὄργανο ποὺ ὑπάρχει πάντα στοὺς ὑποσταθμοὺς καὶ ποὺ βλέπομε στὰ σχήματα 8·2 α καὶ 8·2 β εἶναι ὁ μαχαιρωτὸς διακόπτης ἢ ἀποξεύκτης (σχ. 8·2 δ) ὁ ὁποῖος συνοδεύει πάντοτε κάθε αὐτόματο διακόπτη.

Ὁ ἀποξεύκτης ἀποτελεῖται βασικά ἀπὸ ἓνα ἢ δύο χάλκινα ἐλάσματα ἐπίπεδα, στενά, πάχους ὀλίγων χιλιοστομέτρων ποὺ περιστρέφονται γύρω ἀπὸ μιὰ σταθερὴ ἐπαφή Α καὶ τὰ ὁποῖα ἀνοί-

γουν ἢ κλείνουν τὴν κινητὴ ἐπαφὴ Β. Μοιάζει, δηλαδή, μὲ τὴν λεπίδα ἐνὸς μαχαιριοῦ (σ' αὐτὸ ἄλλωστε χρωστᾷ τὴν ὀνομασίαν του) ἢ μὲ τοὺς κοινούς γενικούς διακόπτες τῶν σπιτιῶν μας, ἀλλὰ, ὅπως δείχνουν οἱ διαστάσεις τοῦ σχήματος 8·2δ, εἶναι πολὺ πλεονεκτήματα.

Τὴν κίνηση τοῦ ἀποξεύκτη μποροῦμε νὰ τὴν ἐκτελέσωμε εἴτε μὲ τὰ χέρια μας, καὶ τότε χρησιμοποιοῦμε μιὰ μονωτικὴ ράβδον



γιὰ νὰ μὴ πάθωμε ἠλεκτροπληξία, εἴτε μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς καταλλήλου μηχανισμοῦ.

Μποροῦμε πάλι νὰ διακρίνωμε μονοφασικούς ἀποξεύκτες, ποὺ ἀνοίγουν ἢ κλείνουν κάθε φάση χωριστὰ καὶ τριφασικούς ἀποξεύκτες, ποὺ τὸ ἀνοιγμὰ ἢ τὸ κλείσιμό τους εἶναι κοινὸ γιὰ τὶς τρεῖς φάσεις.

Τὸ βασικὸ χαρακτηριστικὸ ποὺ ἔχουν οἱ μαχαιρωτοὶ διακό-

πτες εἶναι ὅτι μὲ αὐτοὺς εἶναι ἀδύνατο νὰ διακόψωμε τὶς γραμμὲς τὴν ὥρα ποὺ μεταφέρουν σημαντικὰ ρεύματα. Ἐνῶ λοιπὸν οἱ αὐτόματοι διακόπτες διακόπτουν φορτία ὅσο μεγάλα κι' ἂν εἶναι· αὐτά, οἱ μαχαιρωτοὶ διακόπτουν μόνο ἐλάχιστα ρεύματα, ὥπως εἶναι τὸ ρεῦμα ποὺ τραβᾷ ἓνας ἀφόρτιστος μετασχηματιστής, ἢ τὸ ρεῦμα ποὺ καταναλίσκει μιὰ μικρὴ σὲ μῆκος γραμμὴ ποὺ εἶναι ὑπὸ τάση χωρὶς νὰ ἔχη συνδεδεμένα φορτία κλπ.

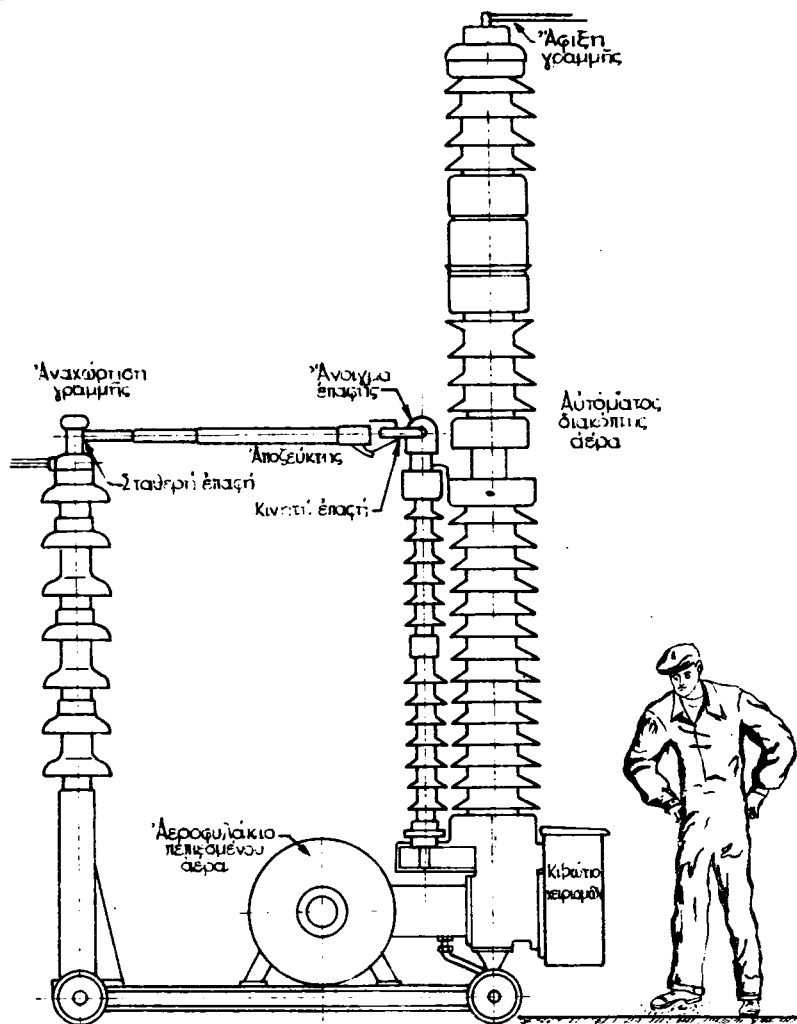
Γι' αὐτὸν τὸν λόγον, ἀπαγορεύεται ἀπολύτως νὰ ἀνοίγωμε ἢ νὰ κλείνωμε ἓναν ἀποζεύκτη χωρὶς νὰ ἀκολουθοῦμε πιστὰ τὶς ὁδηγίαις τῶν χειρισμῶν ποὺ θὰ ἐκθέσωμε στὴν ἐπόμενη παράγραφο 8·3. Ὅταν τηροῦμε τὶς ὁδηγίαις αὐτὲς εἴμαστε βέβαιοι ὅτι τὴν στιγμὴν ποὺ γίνεται ὁ χειρισμὸς τοῦ μαχαιρωτοῦ διακόπτη δὲν περνᾷ ρεῦμα.

Ἄν θελήσωμε νὰ ἀνοίξωμε ἓναν ἀποζεύκτη σὲ φορτίο, τότε τὸ τόξο ποὺ θὰ δημιουργηθῇ δὲν θὰ σθύση, ἀλλὰ θὰ λυώσῃ τὶς ἐπαφὰς καὶ τὸ μαχαῖρι, καὶ θὰ προκαλέσῃ καταστροφὰς καὶ ἀκόμα ἴσως καὶ τὸν θάνατο τοῦ χειριστοῦ.

Θὰ ἀναρωτηθοῦμε τότε ποίος εἶναι ὁ λόγος ποὺ χρησιμοποιοῦμε ἓναν μαχαιρωτὸ διακόπτη, ἀφοῦ μ' αὐτὸν δὲν μποροῦμε νὰ διακόψωμε φορτία. Ἡ ἀπάντησις εἶναι ἀπλή. Ἐνῶ ὁ αὐτόματος διακόπτης εἶναι ἓνα κλειστὸ μηχανήμα πού, βλέποντάς το, δὲν ξέρουμε ἀμέσως ἂν ἢ γραμμὴ ἢ ἡ ἐγκατάστασή μας ἔχῃ ἢ ἔχῃ τάση, ὁ μαχαιρωτὸς μᾶς δείχνει μὲ τὴν πρώτη ματιὰ τὴν κατὰστασίν του. Μᾶς χρησιμεύει λοιπὸν ὁ ἀποζεύκτης σὰν ἀπομόνωση σίγουρη καὶ ἀλάθητη ποὺ συνοδεύει πάντα ἓναν αὐτόματο διακόπτη.

Ἀφοῦ μὲ τὸν αὐτόματο διακόψωμε τὸ κύκλωμα, ἀνοίγομε καὶ τὸν ἀποζεύκτη καὶ εἴμαστε πιὰ βέβαιοι ὅτι δὲν ὑπάρχει τάση στὶς ἐγκαταστάσεις μας.

Πολὺ συχνὰ οἱ αὐτόματοι διακόπτες δὲν συνοδεύονται μόνον ἀπὸ ἓνα μαχαιρωτὸ ἀλλὰ ἀπὸ δύο ἢ τρεῖς. Πάντοτε ὅμως ὁ χειρισμὸς ὅλων αὐτῶν θὰ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν κατὰστασιν τὴν ὁποία



Σχ. 8-2 ε. Συνδυασμός αυτόματου και μαχαιρωτού διακόπτη (άποξεύκτη).

βρίσκεται ο αυτόματος (αν δηλαδή είναι ανοικτός ή κλειστός).

Αυτά βέβαια ισχύουν για την ύψηλή τάση, γιατί στη χαμηλή ο μαχαιρωτός διακόπτης, όπως ξέρουμε από την πείρα μας,

έχει τή δυνατότητα νά διακόπτη κάπως περισσότερα άμπερ και γι' αυτό χρησιμοποιείται και χωρίς νά συνοδεύεται από αυτόματο. Πάντως ό μαχαιρωτός διακόπτης δέν μπορεί ποτέ νά χρησιμεύση σάν αυτόματος, δηλαδή δέν μπορεί ποτέ νά άνοίγη μόνος του σέ περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερφορτίσεως.

Τό σχήμα 8.2 ε δείχνει ένα συνδυασμό αυτόματου και μαχαιρωτού διακόπτη σέ μιá κοινή βάση.

Τέλος στο σχήμα 8.2 α βλέπομε ότι όλα τά μηχανήματα πού περιγράψαμε στηρίζονται ή ένώνονται επάνω σέ μιá ειδική σιδερένια κατασκευή, πού ονομάζεται κληματαριά και ή όποία άποτελείται από δικτυώματα κατασκευασμένα από έλάσματα. Στα σημεία όπου στηρίζει μηχανήματα ή σώματα πού έχουν τάση, ή κληματαριά έχει μονωτήρες συμπαγείς, ώστε νά διατηρηται ή μόνωσή τους. Παρατηρούμε ότι οι μονωτήρες στο τμήμα τών 150 kV είναι πολύ μεγαλύτεροι άπ' ό,τι στο τμήμα της μέσης τάσεως τών 15 kV. Έπάνω στην κληματαριά επίσης υπάρχουν τά άλεξικέραυνα πού προστατεύουν τις γραμμές μας, τά όργανα του συστήματος του κάρριερ (παράγρ. 6.5) και οι μετασχηματιστές έντάσεως και τάσεως πού θά περιγράψωμε στο τέταρτο Μέρος του βιβλίου. Οι μετασχηματιστές αυτοί είναι άπαραίτητοι για τήν προστασία, τόν έλεγχο και τις μετρήσεις.

Μέσα στο κτίριο του υποσταθμού, όπου στεγάζεται τó έλ:γάριθμο προσωπικό του, υπάρχουν τά όργανα τών μετρήσεων, τά ρελαί και τά όργανα μέ τά όποια εκτελούμε από μακριά τούς χειρισμούς του υποσταθμού.

### 8.3 Λειτουργία υποσταθμών τών γραμμών μεταφοράς.

Ό κύριος σκοπός τών υποσταθμών ύψηλής τάσεως είναι βέβαια ή μετατροπή της τάσεως. Συγχρόνως όμως πρέπει νά εξασφαλίζωμε και τήν συνεχή τροφοδότηση τών γραμμών διανομής πρós τήν κατανάλωση, χωρίς καμμιá διακοπή, άν είναι δυνατόν.

Ἄλλος σκοπὸς τῶν ὑποσταθμῶν αὐτῶν εἶναι νὰ προστατεύουν τὶς γραμμὲς καὶ νὰ μετροῦν τὶς ποσότητες τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ποὺ περνοῦν ἀπ' αὐτούς, πράγμα πολὺ σπουδαῖο καὶ ἀπαραίτητο γιὰ τὴ στατιστικὴ τῆς παραγωγῆς καὶ τῆς πωλήσεως.

Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὸν πρῶτο σκοπὸ, δηλαδὴ τὴ συνεχῇ με-  
τατροπὴ τῆς τάσεως, πρέπει νὰ εἰμᾶστε σὲ θέσῃ νὰ ἐπιθεωροῦμε  
καὶ νὰ συντηροῦμε τὰ μηχανήματα καὶ τὶς ἐγκαταστάσεις μας,  
χωρὶς νὰ διακόπτωμε τὴν παροχὴ τοῦ ρεύματος. Τὸ ἴδιο πρέπει νὰ  
συμβαίνει καὶ σὲ περίπτωσιν ἐπισκευῆς.

Ὁ καλύτερος καὶ πιὸ εὐκολος τρόπος, μὲ τὸν ὁποῖο ἐπιτυ-  
γάνομε τὰ παραπάνω, εἶναι νὰ ἔχωμε κομμάτια τῆς ἐγκαταστά-  
σεώς μας σὲ παράλληλῃ λειτουργία, ἔτσι ὥστε, ἂν θέλωμε νὰ βγά-  
λωμε ἐκτὸς τάσεως ἓνα ἀπὸ αὐτὰ π.χ. γιὰ νὰ τὸ ἐπισκευάσωμε,  
νὰμποροῦν τὰ ὑπόλοιπα νὰ συνεχίσουν τὴν κανονικὴν τοὺς λειτουρ-  
γία χωρὶς διακοπὴν.

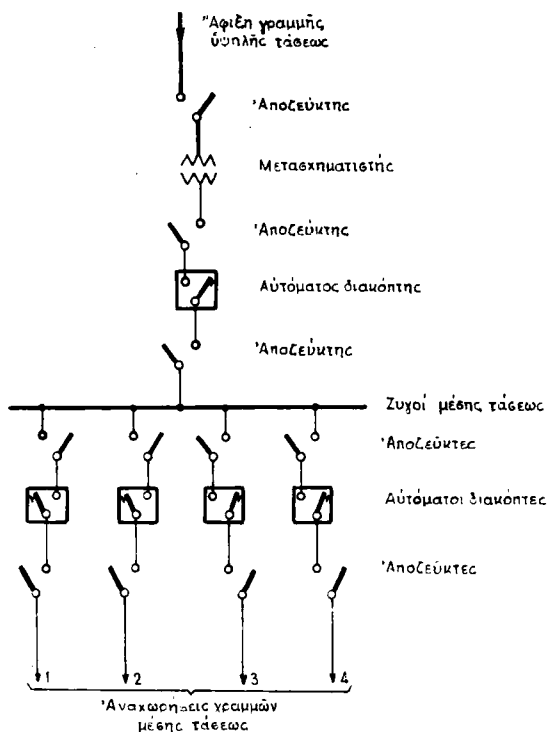
Γιὰ νὰ τὸ καταλάβωμε αὐτὸ καλύτερα, ἄς προσέξωμε τὰ  
σχήματα 8·3 α, 8·3 β, 8·3 γ καὶ 8·3 δ ποὺ παριστάνουν τὴν  
μονογραμμικὴν διάταξιν μερικῶν ὑποσταθμῶν ὑψηλῆς τάσεως.

Βλέπομε στὶς παραστάσεις αὐτὲς τέσσερις διαφορετικὰς δια-  
δοχικὰς συνδεσμολογίας, ποὺ ἡ κάθε μιὰ τοὺς εἶναι καὶ πιὸ τέλεια  
ἀπὸ τὴν προηγούμενην. Πρέπει ὅμως νὰ σημειώσωμε ὅτι κάθε μιὰ  
εἶναι καὶ πιὸ πολυέξοδον καὶ πιὸ πολὺπλοκὴ ἀπὸ τὴν προηγού-  
μενην.

Ἡ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 8·3 α εἶναι ἡ ἀπλούστερη.  
ἔχομε μιὰ γραμμὴν μεταφορᾶς ποὺ μεταφέρει τὴν ὑψηλὴν τάσιν  
καὶ σταματᾷ στὸν ὑποσταθμὸν χωρὶς νὰ συνεχίζεται γιὰ νὰ τρο-  
φοδοτήσῃ καὶ ἄλλους. Ἀπὸ τὴ γραμμὴν αὐτὴν τροφοδοτοῦμε τὸν  
μοναδικὸν μετασχηματιστὴν τοῦ ὑποσταθμοῦ, τὸν ὁποῖον προστατεύο-  
με ἀπὸ βραχυκύκλωμα ἢ ὑπερφόρτιση, ποὺ μπορεῖ νὰ τὸν κατα-  
στρέψῃ, μὲ ἓναν αὐτόματο διακόπτη τοποθετημένον στὴν πλευρὰ

της χαμηλής του τάσεως. 'Απ' ἐκεῖ καταλήγουμε στοὺς ζυγούς της μέσης τάσεως.

'Απὸ τὴν πλευρὰ τῆς ὑψηλῆς τάσεως δὲν χρειαζόμαστε ἄλλη προστασία, γιατί ἐκεῖ ποὺ ἀρχίζει ἡ γραμμὴ τῆς ὑψηλῆς τάσεως ἔχομε ὅπωςδήποτε ἐγκαταστήσει ἓναν αὐτόματο διακόπτη.

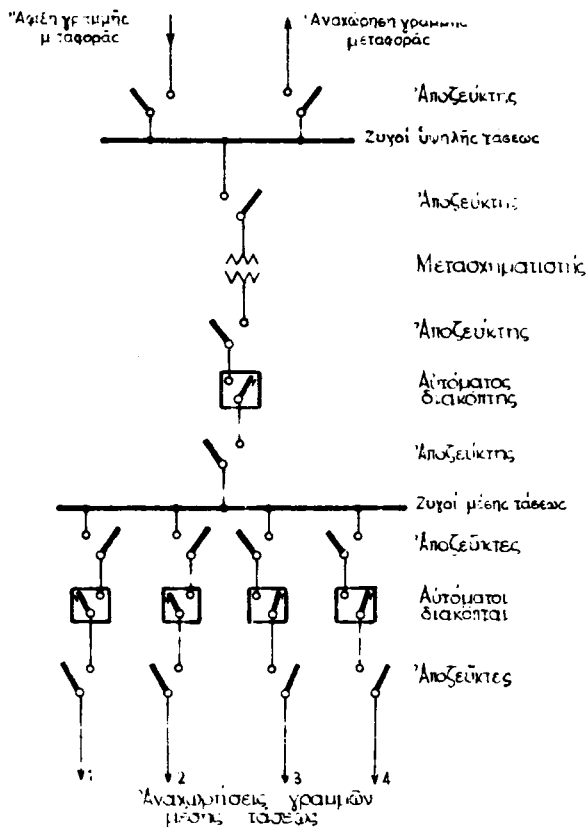


Σχ. 8-3 α.

ὁ ὁποῖος θὰ ἀπομονώσει τὴ γραμμὴ σὲ περίπτωση ἀνωμαλίας.

'Απὸ τοὺς ζυγούς αὐτοὺς τῆς χαμηλῆς τάσεως τοῦ μετασχηματιστή, δηλαδή τῆς μέσης τάσεως τοῦ υποσταθμοῦ, ξεκινοῦν τέσσερις γραμμὲς διανομῆς, ποὺ καθεμιά τους προστατεύεται ἀπὸ ἓναν αὐτόματο διακόπτη.

Όπως αναφέραμε στην παράγραφο 8·2, κάθε αυτόματος διακόπτης περιβάλλεται από δύο αποξεύκτες. Το άνοιγμά τους, τονίζουμε και πάλι, μάς είναι απαραίτητο για να απομονώνουμε την αντίστοιχη γραμμή των 15 kV, αν π.χ. θέλουμε να αντικαταστήσουμε έναν σπασμένο μονωτήρα της. Αυτό βέβαια απαγορεύεται να



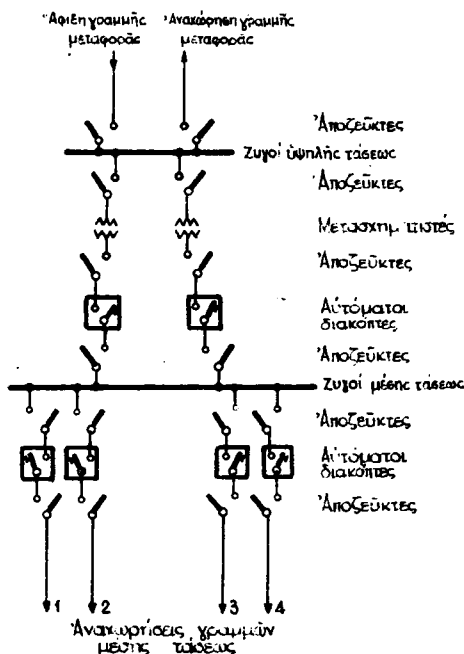
Σχ. 8-3 β.

γίνη, αν δέν ανοίξουμε προηγουμένως τόν αυτόματο διακόπτη τής γραμμής.

Τò σχήμα 8·3 β δείχνει τήν μονογραμμική διάταξη ενός ύποσταθμοῦ πού εἶναι ὅμοιος μέ ἐκεῖνον τοῦ σχήματος 8·3 α, μέ



τὴν μόνη διαφορά ὅτι ἐδῶ ἡ γραμμὴ μεταφορᾶς τῆς ὑψηλῆς τά-  
σεως δὲν τερματίζεται στὸν ὑποσταθμὸς, ἀλλὰ ἀπλῶς περνᾷ ἀπ' αὐ-  
τὸν γιὰ νὰ τὸν τροφοδοτήσῃ καὶ ἔπειτα συνεχίζεται πρὸς ἄλλους



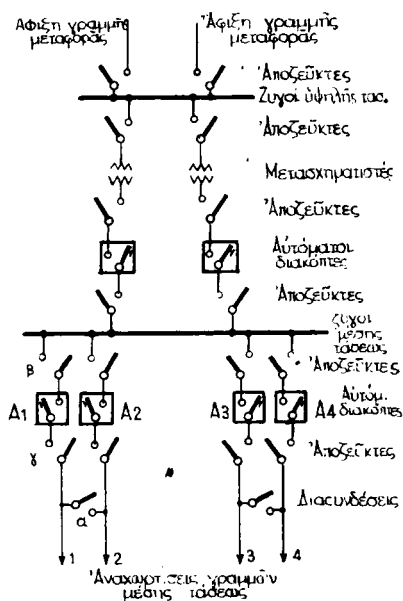
υποσταθμούς. Τοῦτο ἔχει σὰν συνέπεια ὅτι μᾶς ἀναγκάζει νὰ χρη-  
σιμοποιοῦμε ἐκτὸς ἀπὸ ζυγούς μέσης τάσεως καὶ ζυγούς ὑψηλῆς  
τάσεως.

Παρατηρούμε ότι, αν θέλουμε να ἐργασθούμε στους ζυγούς της ύψηλης τάσεως, γιὰ να ἐπιθεωρήσωμε π.χ. τις συνδέσεις τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς, δὲν ἐπιτρέπεται βέβαια νὰ ἀνοίξωμε ἀμέσως τοὺς μαχαιρωτοὺς διακόπτες, οἱ ὅποιοι βρίσκονται στὴν ἀφίξη καὶ τὴν ἀναχώρησι τῆς γραμμῆς τῆς ὑψηλῆς τάσεως. Πρέπει πρῶτα νὰ ἀνοίξωμε τοὺς αὐτόματους διακόπτες ποὺ εἶναι τοποθετημένοι στὴν ἀρχὴ τῆς γραμμῆς, δηλαδὴ στὸ σημεῖο ποὺ γίνεται ἡ τροφο-

δότησή της, π.χ. από έναν κεντρικό σταθμό. Το άνοιγμα αυτό είναι δυνατό να γίνει με τηλεχειρισμό, δηλαδή με χειρισμό από τον ιδιόκομο μας υποσταθμό που μπορεί να βρίσκεται μακριά από τον σταθμό, χάρη στο σύστημα κάρριερ τὸ ὁποῖον ἐξετάσαμε στὴν παράγραφο 6·5.

Στὸ σχῆμα 8·3 γ φαίνεται ἕνας ὑποσταθμὸς πὺν πλεονεκτεῖ φανερά σὲ σύγκριση μὲ ἐκεῖνον τοῦ σχήματος 8·3 β.

Πραγματικά, στὸ σχῆμα 8·3 β βλέπομε ὅτι, ἂν ὁ μετασχη-



Σχ. 8·3 δ.

ματιστής μας πάθῃ μιὰ ζήμιά ἢ ἂν χρειασθῇ νὰ τὸν ἐπιθεωρήσωμε, τότε ὁλόκληροι οἱ ζυγοὶ τῆς μέσης τάσεως μένουν χωρὶς τροφοδότηση. Ἔτσι διακόπτεται ἡ παροχὴ ρεύματος σ' ὁλόκληρὴ τὴν περιοχὴ πὺν ἐξυπηρετεῖ ὁ ὑποσταθμὸς. Τὸ ἴδιο θὰ συμβῇ καὶ ἂν παρουσιασθῇ ἀνωμαλία στὸν αὐτόματο διακόπτη ἢ στοὺς ἀποξεύκτες μεταξύ τῶν ζυγῶν ὑψηλῆς καὶ χαμηλῆς τάσεως.

Αὐτὸ τὸ σοβαρὸ μειονέκτημα δὲν ὑπάρχει στὴν περίπτωση

του ύποσταθμοϋ του σχήματος 8.3 γ, γιατί εκεί έχομε δυό μετασχηματιστές σέ παράλληλη λειτουργία. "Αν ένας από τους δύο χρειασθῇ νά άπομονωθῇ, ὁ ἄλλος μᾶς εξασφαλίζει τῇ συνέχεια τῆς τροφοδοτήσεως χωρίς διακοπή, ἔστω καί μὲ μικρότερη ἰσχύ.

"Ας δοϋμε τέλος τί συμβαίνει στίς γραμμές τῆς μέσης τάσεως. Σ' ὅλες, δηλαδή καί στίς τρεῖς περιπτώσεις πού ἐξετάσαμε ὡς τώρα, ἂν ὁποιαδήποτε ἀναχώρηση γραμμῆς (1, 2, 3 ἢ 4) πάθῃ βλάβη, ὅλη ἡ γραμμὴ νεκρώνεται καί ἡ παροχὴ ρεύματος σταματᾷ ἀπ' αὐτὴν μέχρις ὅτου ἐπισκευασθῇ ἡ βλάβη. Τοῦτο εἶναι πολὺ συνηθισμένο στὴν πράξιν, γιατί πρέπει π.χ. νά ἐπιθεωροϋμε τοὺς ἐλαιοδιακόπτες μας τακτικά.

Τὸ σχῆμα 8.3 δ δείχνει πῶς μπορούμε νά ἐπιτυγχάνωμε τροφοδότηση δύο γραμμών ἀπὸ ἓναν ἐλαιοδιακόπτη χάρις σέ διασυνδέσεις. Κάθε διασύνδεση ἀποτελεῖται ἀπὸ μία γραμμὴ ἐγκάρσια, (πού περιλαμβάνει καί ἓναν ἀποξεύκτη). Ἡ γραμμὴ αὐτὴ συνδέει τίς 2 γραμμές πού θέλομε νά διασυνδέσωμε (π.χ. τὴν 1-2 καί τὴν 3-4 στὸ σχῆμα 8.3 δ). Παρατηροϋμε ὅτι ἡ διασύνδεση γίνεται ὕστερα ἀπὸ τοὺς αὐτόματους διακόπτες.

"Ας παρακολουθήσωμε τώρα βοηθούμενοι ἀπὸ τὸ σχῆμα 8.3 ε πῶς ἐκτελοϋμε τοὺς χειρισμοὺς γιὰ νά εξασφαλίσωμε συνεχὴ τροφοδότηση τοῦ δικτύου τῆς γραμμῆς 1, παρ' ὅλο ὅτι ὑπάρχει ἀνάγκη νά ἐπιθεωρήσωμε τὸν αὐτόματο διακόπτη  $A_1$ , πρᾶγμα πού σημαίνει ὅτι γιὰ μερικὲς ὥρες αὐτὸς ὁ διακόπτης πρέπει νά μείνῃ ἐκτὸς τάσεως.

Ἡ σειρὰ τῶν χειρισμῶν πρέπει νά εἶναι ἡ ἑξῆς:

Πρῶτα κλείνομε τὸν ἀποξεύκτη  $\alpha$ . Τοῦτο ἐπιτρέπεται, γιατί τὴν στιγμὴ πού τὸν κλείνομε καί οἱ δύο γραμμές 1 καί 2 ἔχουν τὴν ἴδια τάση, ἐπομένως τὰ μαχαίρια δὲν θὰ γεφυρώσουν τμήματα πού ἔχουν μεταξύ τους διαφορὰ δυναμικοῦ.

"Επειτα, ἀνοίγομε τὸν αὐτόματο διακόπτη  $A_1$  καί κατόπιν τοὺς ἀποξεύκτες τοῦ  $\beta$  καί  $\gamma$ . Μ' αὐτὸν τὸν τρόπο ὁ διακόπτης  $A_1$

εἶναι τελείως ἀπομονωμένος ἀπὸ τοὺς ζυγοὺς καὶ ἀπὸ τὴν γραμμὴ 1, ποὺ ἔχουν τάση, καὶ κατὰ συνέπεια μποροῦμε ἀνενόχλητα νὰ τὸν ἐπιθεωρήσωμε.

Συγχρόνως, ἡ γραμμὴ 1, θὰ τροφοδοτῇται ἀπὸ τὴν γραμμὴ 2, μὲ τὴ βοήθεια τοῦ ἀποζεύκτη  $\alpha$ , καὶ θὰ προστατεύεται ὅπως καὶ ἡ γραμμὴ 2 ἀπὸ τὸν αὐτόματο διακόπτη  $A_2$ .

Οἱ χειρισμοὶ ποὺ θὰ ἐκτελέσωμε γιὰ νὰ ξαναγυρίσωμε στὴν κανονικὴ κατάστασις εἶναι ἀκριβῶς οἱ ἀντίστροφοι ἀπὸ τοὺς παραπάνω.

Πρῶτα, δηλαδή, θὰ κλείσωμε τοὺς ἀποζεύκτες  $\beta$  καὶ  $\gamma$  καὶ ἔπειτα τὸν αὐτόματο διακόπτη  $A_1$ . Αὐτὸ θὰ ἔχῃ σὰν ἀποτέλεσμα νὰ δημιουργηθῇ ἴση τάσις στὰ ἄκρα τοῦ ἀποζεύκτη  $\alpha$ , τὸν ὅποιον ἔτσι θὰ μποροῦμε νὰ ἀνοίξωμε, μιὰ καὶ ἀπ' αὐτὸν δὲν θὰ περνᾷ καθόλου σχεδὸν ρεῦμα, δηλαδή δὲν θὰ ὑπάρχῃ κίνδυνος τόξου.

Μὲ τὰ παραπάνω παραδείγματα συνδεσμολογίας καὶ χειρισμοῦ τῶν ὑποσταθμῶν μας δὲν ἐξαντλήσαμε βέβαια παρὰ ἐλάχιστα ἀπὸ τίς πάρα πολλὰς δυνατὰς περιπτώσεις. Ἐπίσης, μόνο σὲ γενικὲς γραμμὰς εἶδαμε τοὺς χειρισμοὺς αὐτοὺς, ἐπειδὴ δὲν μποροῦμε στὸ βιβλίον αὐτὸ νὰ ἐπεκταθοῦμε σὲ λεπτομερεῖς περιγραφὰς τῶν πολλῶν καὶ πολυπλόκων λειτουργιῶν τῶν ρελαὶ προστασίας, τῶν συστημάτων τους, τῶν ἐγκαταστάσεων τηλεχειρισμοῦ, μετρήσεων καὶ γενικὰ τῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων ποὺ περιλαμβάνει ἓνας συγχρονισμένος ὑποσταθμὸς γραμμῶν μεταφορᾶς.

Πάντως, στὰ λίγα παραδείγματα ποὺ ἀναφέραμε, δώσαμε μιὰ ἰδέα τῶν βασικῶν χειρισμῶν ποὺ εἶναι ἀπαραίτητο νὰ γνωρίζουν ὅλοι οἱ τεχνικοὶ ποὺ ἀσχολοῦνται γενικὰ μὲ τὸν ἠλεκτρισμό.

## ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ

### ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

#### ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

##### 9.1 Ποιό σκοπό έχει ή διανομή και τί περιλαμβάνει.

Στα προηγούμενα Κεφάλαια μιλήσαμε για τη διανομή του ρεύματος. Σκοπός μας κατά τη διανομή, έχουμε πη, είναι να παραλαμβάνουμε την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς, να την μεταφέρουμε στους υποσταθμούς διανομής και από εκεί να την μοιράζουμε στους καταναλωτές.

Έτσι παρατηρούμε ότι ή διανομή χωρίζεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο, όπου έχουμε την μεταφορά από τους υποσταθμούς υψηλής τάσεως στους υποσταθμούς χαμηλής τάσεως, που πραγματοποιείται με την μέση τάση, και στο δεύτερο, όπου έχουμε την καθαυτό διανομή, που την πραγματοποιούμε με τη χαμηλή τάση. Αντί για τους δρους μέση και χαμηλή τάση, συναντούμε συχνά στα βιβλία και την αντίστοιχη ονομασία πρωτεύουσα και δευτερεύουσα διανομή.

Βέβαια, τα παραπάνω ισχύουν στα Έθνικά ηλεκτρικά συστήματα που περιλαμβάνουν μεγάλους κεντρικούς σταθμούς και γραμμές μεταφοράς.

Σε μικρές απομονωμένες πόλεις με μικρά τοπικά εργοστάσια παραγωγής ρεύματος δεν έχουμε καθόλου γραμμές μεταφοράς, και θεωρούμε ότι αρχίζουμε τη διανομή από τους πίνακες των γεννητριών του τοπικού σταθμού παραγωγής και την τελειώνουμε στην τροφοδότηση και του τελευταίου καταναλωτή.

Θα εξετάσουμε εδώ την γενική περίπτωση, δηλαδή εκείνη

δπου έχουμε γραμμές μέσης τάσεως, υποσταθμούς διανομής και γραμμές χαμηλής τάσεως. Έτσι, καλύπτομε ολόκληρο τὸ θέμα μας, γιατί ἀρκεῖ νὰ παραλείψωμε τὴν μέση τάση γιὰ νὰ φθάσωμε στὴν περίπτωση τῆς κατευθείαν διανομῆς ἀπὸ τὸν σταθμὸ παραγωγῆς, χωρὶς μετασχηματισμοὺς τάσεως.

Ἄς δοῦμε σύντομα ποιὰ εἶναι τὰ κύρια τμήματα ποὺ περιλαμβάνει ἡ διανομή. Ἐπειτα θὰ ἀσχοληθοῦμε μὲ τὶς προϋποθέσεις ποὺ πρέπει νὰ ἐκπληρώνη ἓνα καλὸ σύστημα διανομῆς.

Ἡ διανομή τοῦ ρεύματος ἀρχίζει ἀπὸ τοὺς ζυγοὺς μέσης τάσεως τῶν υποσταθμῶν μεταφορᾶς (σχ. 8·2 α), συνεχίζεται μέσα ἀπὸ τὶς γραμμὲς τῆς μέσης τάσεως, ὡς τοὺς μετασχηματιστὲς ποὺ εἶναι ἐγκατεστημένοι στοὺς υποσταθμοὺς διανομῆς καὶ ἀπὸ ἐκεῖ, ἀφοῦ διατρέξῃ τὶς γραμμὲς χαμηλῆς τάσεως, τροφοδοτεῖ τοὺς καταναλωτὲς.

Ὅπως συνέβη καὶ μὲ τὴν μεταφορά, βλέπομε ὅτι καὶ στὴν διανομὴ τὸ κύριο μηχανήμα εἶναι ὁ μετασχηματιστής, μὲ τὴν διαφορὰ ὅμως ὅτι, ἐνῶ στὴ μεταφορὰ συναντοῦμε λίγους μετασχηματιστὲς πολὺ μεγάλης ἰσχύος, στὴν διανομὴ ἔχομε πάρα πολλοὺς μικρῆς σχετικὰ ἰσχύος.

Τοῦτο συμβαίνει γιατί, ἐνῶ ἡ ἐμβέλεια τῶν γραμμῶν μέσης τάσεως εἶναι, ὅπως εἴπαμε, ἀρκετὰ μεγάλη, ἡ ἐμβέλεια τῶν γραμμῶν χαμηλῆς τάσεως εἶναι πολὺ μικρότερη.

Ὅπως π.χ., εἶδαμε στὴν παράγραφο 8·1, τὸ μῆκος μιᾶς γραμμῆς 15 kV μπορεῖ νὰ φθάσῃ μέχρι 60 km ἢ τὸ πολὺ 70 km, ἀνάλογα πάντα μὲ τὰ φορτία τῆς. Τὸ μῆκος ὅμως μιᾶς τριφασικῆς γραμμῆς διανομῆς 220/380 V συνήθως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ὑπερβῇ τὰ 800 — 1 000 m, γιατί ἄλλοιῶς ἡ πτώσις τάσεως θὰ γίνῃ ὑπερβολικὰ μεγάλη.

Ὡστε κατ' ἀνάγκην ἔχομε πολλοὺς υποσταθμοὺς διανομῆς μικρῆς ἰσχύος ἀντὶ γιὰ λίγους μεγάλης ἰσχύος.

Γιὰ λόγους τεχνικοὺς καὶ οἰκονομικοὺς σ' ἓνα σύστημα διανο-

μής πρέπει νά υπάρχουν οί έξής προϋποθέσεις καλής λειτουργίας :

1) Νά έχωμε *συνεχή τροφοδότηση* τών πελατών, και άν είναι δυνατόν, και σέ περίπτωση άκόμα βλάβης σ' ένα σημείο του δικτύου.

2) Πρέπει νά ανακαλύπτωμε τίς βλάβες του και νά τίς εξουδετερώνωμε γρήγορα και μέ εύκολία.

3) Τήν *τάση* στούς καταναλωτές πρέπει κατά τò δυνατόν νά τήν διατηρούμε σταθερή, χωρίς υπερβολική πτώση και διακύμανση, γύρω άπό τήν κανονική τιμή της, και

4) Τò *κόστος* τής διανομής κάθε κιλοβαττώρας πρέπει νά είναι τò ελάχιστο.

· Η τελευταία αὐτή *οικονομική προϋπόθεση* είναι φανερό ότι μᾶς περιορίζει στήν προσπάθειά μας νά εκπληρώσωμε κατά τόν καλύτερο τρόπο τίς τρεῖς προηγούμενες *τεχνικές προϋποθέσεις*. Διότι, άν θέλωμε π.χ. νά εκπληρώσωμε τήν τρίτη προϋπόθεση δηλαδή νά μὴ έχωμε πολὺ μεγάλη πτώση στήν τάση, πρέπει νά αὐξήσωμε υπερβολικά τή διατομή τών ἁγωγών μας. Τοῦτο ὅμως δέν μπορούμε νά τò κάμωμε εύκολα γιατί καταλήγουμε σέ μεγάλα έξοδα γραμμής.

Γι' αὐτούς τοὺς λόγους ή μελέτη ἑνὸς συστήματος διανομής είναι ἀπό τὰ δυσκολώτερα προβλήματα ποὺ συναντοῦμε στήν πράξη. Ἕνας ἄλλος παράγων δυσκολίας είναι οἱ ἄγνωστοι μελλοντικοὶ καταναλωτές, οἱ ὁποῖοι είναι ἀδύνατο νά προβλεφθοῦν μέ ἀκρίβεια.

Μπορεῖ δηλαδή νά έχωμε κάνει μιᾶ καλή *οικονομική μελέτη* μιᾶς γραμμής διανομής και μιᾶ *ἡμέρα* ἑνας καινούργιος σημαντικὸς πελάτης στήν περιοχὴ νά μᾶς ἀνατρέψῃ τοὺς ὑπολογισμούς μας. Γιὰ τὸν λόγο αὐτόν, ὅπως ἀναπτύξαμε σέ γενικὲς γραμμὲς στò πρῶτο Κεφάλαιο τοῦ βιβλίου μας (παράγρ. 1·3), χρειάζεται προσεκτικὴ μελέτη κάθε περιπτώσεως και καλὴ γνώση τής στατιστικῆς σχετικῇ μέ τὸν τρόπο ποὺ αὐξάνονται τὰ φορτία μας.

“Όσον αφορά εἰς τὰ πρῶτα τρία σημεῖα τῶν προϋποθέσεων ποὺ ἀναφέραμε προηγουμένως, πρέπει νὰ παρατηρήσωμε τὰ ἑξῆς:

Στὴν παράγραφο 9·2 ἐκθέτομε τὴν μέθοδο ποὺ μποροῦμε νὰ ἐφαρμόσωμε στὴ χάραξη ἐνὸς δικτύου διανομῆς γιὰ νὰ ἐξασφαλίζωμε τὴν τροφοδότηση τῶν καταναλώσεων χωρὶς διακοπές.

Εἶναι ἀπαραίτητο νὰ ἐξουδετερώωνται οἱ βλάβες ἐνὸς δικτύου ὅσο τὸ δυνατόν γρηγορώτερα ἀπὸ τὴ στιγμή ποὺ θὰ ἐμφανισθοῦν. Γιὰ νὰ γίνῃ αὐτὸ χρειάζονται:

1) Νὰ ἔχωμε ἀκριβῆ σχέδια τῶν δικτύων, ὥστε νὰ μποροῦμε νὰ ἐπισημαίνωμε τὴν περίπου θέση μιᾶς βλάβης ἀπὸ τὸ ἀνοιγμα τῶν αὐτομάτων διακοπῶν, ἢ ἀπὸ τὸ κάψιμο ἀσφαλειῶν κλπ.

2) Νὰ διαθέτωμε ὀρισμένες συσκευές ποὺ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ ἀνιχνεύωμε μὲ μεγαλύτερη ἀκρίβεια τὴ θέση τῆς βλάβης. Μίαν ἀπὸ τίς συσκευές αὐτές, σχετικὰ μὲ τὸν προσδιορισμὸ τῆς βλάβης ἐνὸς ὑπογείου καλωδίου θὰ περιγράψωμε στὸ τέταρτο Μέρος τοῦ βιβλίου (παράγρ. 14·1).

3) Τὸ προσωπικὸ, τέλος, πρέπει νὰ εἶναι εἰδικευμένο καὶ ἐκπαιδευμένο γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτό, καὶ νὰ εἶναι χωρισμένο σὲ τακτικές βάρδιες συνεργείου γιὰ ἀποκατάσταση βλαβῶν. Ὁ σπουδαιότερος παράγων στὴν ἐξουδετέρωση τῶν βλαβῶν εἶναι τὸ προσωπικόν. Ἐχει ἀποδειχθῇ ὅτι τὸ μεγαλύτερο χάσιμο χρόνου γιὰ τὴν ἐξουδετέρωση μιᾶς βλάβης, γίνεται στὴν εἰδοποίηση τῶν τεχνιτῶν ποὺ θὰ ἀσχοληθοῦν μ' αὐτὴν καὶ ὄχι στὴν καθ'αυτὴ ἐντόπιση, τῆς ἀνωμαλίας καὶ τὴν ἐπισκευή της. Π.χ. τὸ νὰ ἀνακαλύψωμε καὶ νὰ ἀλλάξωμε ἓναν σπασμένο μονωτήρα μπορεῖ νὰ εἶναι δουλειὰ μιᾶς ὥρας, ἐνῶ ἡ εἰδοποίηση τοῦ συνεργείου εἶναι δυνατὸ νὰ ἀπαιτήσῃ 4 ἢ 5 ὥρες.

Σχετικὰ μὲ τὴν πτώση καὶ διακύμανση τῆς τάσεως ποὺ ἐπιτρέπεται νὰ ὑπάρχῃ στὰ δίκτυά μας θὰ ἀσχοληθοῦμε ἐκτενέστερα στὸ Κεφάλαιο 11.



## 9.2 Τάσεις και είδος γραμμών διανομής.

Η τάση που χρησιμοποιούμε στη διανομή είναι τυποποιημένη σε κάθε κράτος.

Στην Ελλάδα, όπως και στο μεγαλύτερο μέρος της υπολοίπου Ευρώπης, η διανομή στους καταναλωτές γίνεται συνήθως με έναλλασσόμενο τριφασικό ρεύμα 50 περιόδων, τάσεως 220/380 V. Ο φωτισμός και οι υπόλοιπες οικιακές εφαρμογές συνδέονται με ταξὺ τοῦ οὐδετέρου καὶ μιᾶς ἀπὸ τὶς φάσεις, δηλαδή στὰ 220 V, ἐνῶ οἱ κινητήρες στὶς τρεῖς φάσεις, δηλαδή στὰ 380 V (σχ. 1.4 γ).

Υπάρχουν ὅμως ἀκόμα, ὅπως εἶδαμε στὴν παράγραφο 1.4, πολλές πόλεις καὶ χωριὰ ποὺ τροφοδοτοῦνται μὲ έναλλασσόμενο ρεύμα 127/220 V ἢ μὲ συνεχές ρεύμα 220 V. Σιγὰ - σιγὰ ὅμως τὰ δίκτυα αὐτὰ θὰ καταργηθοῦν καὶ εἶναι βέβαιο ὅτι σύντομα ὅλη ἡ Ελλάδα θὰ ἀποκτήσῃ κοινὸ εἶδος ρεύματος διανομῆς.

Ὅσον ἀφορᾷ στὴ μέση τάση, εἶδαμε ὅτι ἡ ΔΕΗ ἐγκαθιστᾷ παντοῦ τριφασικὲς γραμμὲς 15 kV χωρὶς οὐδέτερο, ἐνῶ στὴν περιοχὴ Ἀθηνῶν οἱ γραμμὲς εἶναι τῶν 6,6 kV ἐπίσης χωρὶς οὐδέτερο. Οἱ μικρότερες ἐταιρεῖες εἶχαν διάφορες μέσες τάσεις, ὅπως π.χ., ὁ « Γλαῦκος » στὴν Πάτρα εἶχε 8 kV, ἡ Η. Ε. Βόλου 6,6 kV κ.λ.π. Ὅλες ὅμως αὐτὲς θὰ μετατραποῦν σιγὰ - σιγὰ σὲ γραμμὲς τῶν 15 kV.

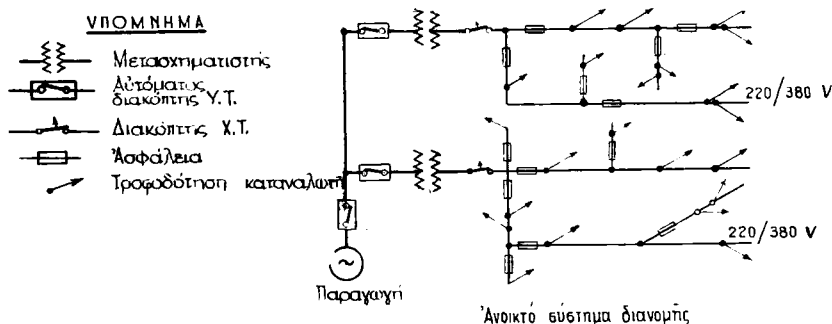
Τὶς γραμμὲς διανομῆς, τόσο τῆς μέσης ὥς καὶ τῆς χαμηλῆς τάσεως, μποροῦμε νὰ τὶς χωρίσωμε σὲ ἐναέρειες καὶ σὲ ὑπόγειες. Ἐνῶ κατασκευάζομε τὶς γραμμὲς μεταφορᾶς σχεδὸν πάντοτε ἐναέρειες γιὰ λόγους οἰκονομίας, ἐν τούτοις γιὰ λόγους αἰσθητικῆς ἐμφανίσεως καὶ ἀσφαλείας προτιμοῦμε τὶς ὑπόγειες γραμμὲς διανομῆς τουλάχιστον στὸ κέντρο τῶν μεγάλων πόλεων.

Γενικὰ οἱ ὑπόγειες γραμμὲς στοιχίζουν ἀκριβότερα ἀπὸ τὶς ἐναέρειες, ὅμως ἔχουν σπουδαῖα πλεονεκτήματα, τὰ ὁποῖα θὰ ἐξετάσωμε μὲ λεπτομέρεια στὴν παράγραφο 9.4.

Θα εξετάσουμε, τέλος, πώς χαράσσουμε τὰ δίκτυα διανομής.

Συγχρόνως θα δοῦμε καὶ τὰ πλεονεκτήματα πού παρουσιάζει κάθε σύστημα.

Τὸ σχῆμα 9·2 α παριστάνει ἕνα ἀνοικτὸ σύστημα διανομής, δηλαδή ἕνα σύστημα στὸ ὁποῖο τροφοδοτοῦμε τοὺς καταναλωτὲς



Σχ. 9·2 α.

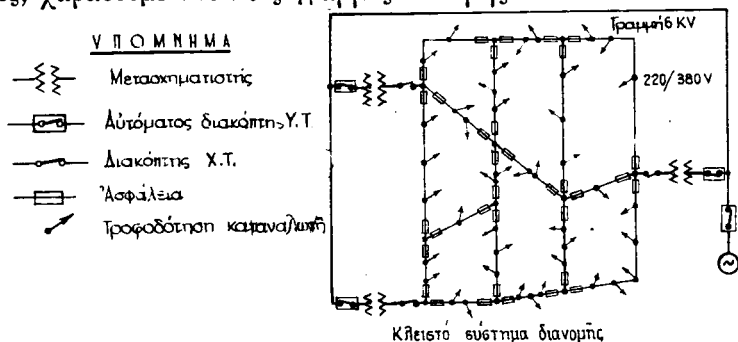
ἀπὸ τὴν ἴδια πάντα πλευρά. Ἄν σ' ἕνα σημεῖο παρουσιασθῇ μιὰ βλάβη καὶ κατ' ἢ πλησιέστερη ἀσφάλεια, τότε ὅλοι οἱ καταναλωτὲς ἀπὸ τὴν θέση τῆς ἀσφαλείας καὶ πέρα δὲν θὰ τροφοδοτοῦνται ὡς τὴ στιγμὴ πού θὰ ἐπισκευάσουμε τὴ βλάβη.

Ἀντίθετα, τὸ σχῆμα 9·2 β παριστάνει ἕνα κλειστὸ σύστημα διανομής, δηλαδή ἕνα σύστημα στὸ ὁποῖο τροφοδοτοῦμε κάθε καταναλωτὴ τουλάχιστον ἀπὸ 2 σημεία. Τώρα, ἂν λόγῳ βλάβης σ' ἕνα σημεῖο τοῦ δικτύου καοῦν οἱ δύο ἀσφάλειες πού περιβάλλουν τὴν γραμμὴ στὸ σημεῖο ἐκεῖνο, μόνον οἱ καταναλωτὲς αὐτοῦ τοῦ κλάδου θὰ βρῖσκονται χωρὶς τάση, ἐνῶ ὅλοι οἱ ὑπόλοιποι θὰ ἐξακολουθοῦν νὰ τροφοδοτοῦνται μιὰ καὶ μποροῦν νὰ παίρνουν ρεῦμα ἀπὸ τοὺς ἄλλους κλάδους τῆς γραμμῆς.

Τὰ ἀνοικτὰ συστήματα, λοιπόν, εἶναι ἀπλὰ καὶ πιὸ οἰκονομικὰ ἀπὸ τὰ κλειστά. Μὲ τὰ δεύτερα ὅμως ἡ ἐξυπηρέτησή μας γίνεται πολὺ καλύτερα, ἀφοῦ ἐξασφαλίζουμε συνεχῆ λειτουργία καὶ

πολύ μεγαλύτερη σταθερότητα στην τάση, χάρη στην τροφοδότηση από δύο σημεία.

Στις μεγάλες πόλεις, όπου έχουμε πολλά και πυκνά φορτία και δεν επιθυμούμε διακοπές, προτιμούμε τὰ κλειστά συστήματα διανομής. Σὲ ἀγροτικές περιοχές όμως, όπου τὰ φορτία μας εἶναι ἀραιὰ και δὲν δικαιολογείται ἡ μεγαλύτερη δαπάνη γιὰ κλειστές, χαράσσουμε ἀνοικτὲς γραμμὲς διανομής.



Σχ. 9.2 β.

Γενικά, γιὰ λόγους οἰκονομίας, στὴν Ἑλλάδα χαράσσουμε ἀνοικτὲς γραμμὲς διανομής, παρὰ τὰ μειονεκτήματα πὺν προκύπτουν ἀπ' αὐτό. Τὸ δίκτυο ὅμως τῆς μέσης τάσεως, τῶν 6,6 kV, πὺν εἶχε ἐγκαταστήσει ἡ ΗΕΑΠ μέσα στὴν πόλη τῶν Ἀθηνῶν εἶναι κλειστὸ καὶ κάθε ὑποσταθμὸς τῆς τροφοδοτεῖται τουλάχιστον ἀπὸ δύο ξεχωριστὲς γραμμές. Γι' αὐτὸν τὸν λόγο διακοπὲς ρεύματος στὴν κεντρικὴ περιοχὴ τῆς Ἀθήνας εἶναι σπάνιες καὶ παρουσιάζονται μόνο σὲ περίπτωσι γενικότερης ἀνωμαλίας. Σὲ ἄλλες πόλεις ὅμως τῆς Ἑλλάδος δὲν μπορούμε ν' ἀποφεύγουμε τίς διακοπὲς ρεύματος μιὰ καὶ ἔχομε ἀνοικτὰ συστήματα διανομής.

### 9.3 Ἐναέρια γραμμές μέσης τάσεως.

Μιὰ ἐναέρια γραμμὴ μέσης τάσεως δὲν διαφέρει βασικά ἀπὸ μιὰ γραμμὴ μεταφορᾶς ὑψηλῆς τάσεως. Τέτοιες γραμμὲς μεταφο-

ρᾶς ἐξετάσαμε μὲ λεπτομέρεια στὸ δεύτερο Μέρος αὐτοῦ τοῦ βιβλίου. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸ θὰ περιορισθοῦμε νὰ ἀναφέρουμε μόνο τὶς διαφορὲς ποὺ παρουσιάζουν οἱ γραμμὲς μέσης τάσεως ἀπὸ τὶς γραμμὲς ὑψηλῆς τάσεως, ἀποφεύγοντας τὶς ἐπαναλήψεις.

Ἡ χάραξη τῆς διαδρομῆς τὴν ὁποία θὰ ἀκολουθήσῃ μιὰ γραμμὴ διανομῆς εἶναι ἡ πρώτη δουλειὰ ποὺ ἐκτελοῦμε στὴν κατασκευὴ ἐνὸς δικτύου. Προσέχουμε ὥστε ἡ γραμμὴ μας νὰ περνᾷ ἀπὸ ὅσο τὸ δυνατὸν περισσοτέρους καταναλωτὰς σημερινοὺς καὶ μελλοντικούς, δηλαδὴ νὰ διασχίζει χωριὰ καὶ συνοικισμοὺς καὶ νὰ γειτονεύῃ μὲ ἐργοστάσια ἢ ἐργαστήρια, ἔστω καὶ ἂν δὲν προβλέπουμε ἀμέσως τὴν τροφοδότησή τους, ἐπειδὴ σήμερα ἔχουν δική τους παραγωγή.

Γιὰ νὰ εἶναι ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ ἐπιθεώρηση τῶν γραμμῶν εὐκόλη, καὶ ἐπειδὴ πρέπει νὰ ἔχουμε ὑπ' ὄψῃ μας τοὺς μελλοντικούς πελάτες, προτιμοῦμε οἱ γραμμὲς νὰ ἀκολουθοῦν κυρίους δρόμους, ἔστω καὶ ἂν αὐτὸ μᾶς ἀναγκάζει νὰ ἔχουμε μεγαλύτερες διαδρομὲς. Αὐτὸ δὲν ἰσχύει στὶς γραμμὲς μεταφορᾶς ὅπου προτιμοῦμε τὸν συντομώτερο (οἰκονομικώτερο) δρόμο, ἔστω καὶ ἂν περνοῦμε ἀπὸ δύσβατα μέρη.

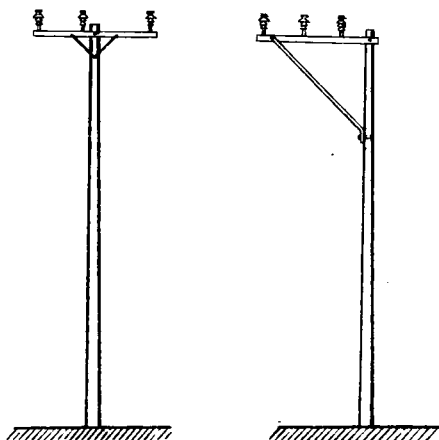
Οἱ στύλοι ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὶς ἐναέριες γραμμὲς μέσης τάσεως εἶναι τῶν ἴδιων τύπων μὲ αὐτοὺς ποὺ ἀναφέραμε στὴν παράγραφο 7·3, ἀλλὰ, βέβαια, πολὺ μικρότεροί σὲ διαστάσεις ἀφοῦ ἡ τάση ἐδῶ εἶναι πολὺ χαμηλότερη.

Ἡ ΔΕΗ χρησιμοποιεῖ στὰ δίκτυά της τῶν 15 kV τυποποιημένους ξύλινους ἐμποτισμένους στύλους, σὰν αὐτοὺς τοῦ σχήματος 9·3 α. Κάθε ἓνας ἀπὸ αὐτοὺς τοὺς τύπους περιλαμβάνει στύλους τριῶν μεγεθῶν ποὺ εἶναι κατὰ τὰ ἄλλα ὅμοιοι μεταξὺ τους. Τὰ τρία μεγέθη τῶν στύλων κάθε τύπου διαφέρουν βέβαια μεταξὺ τους κατὰ τὸ βάρος. Ἔτσι ἔχομε τοὺς ἐλαφροὺς, τοὺς μέσου καὶ τοὺς βαρεῖς, ποὺ χρησιμοποιοῦνται ἀνάλογα μὲ τὸ φορτίο στὸ ὁποῖο πρέπει νὰ ἀντέχουν.

Τὰ ἀνοίγματα τῶν στύλων αὐτῶν, δηλαδή οἱ ἀποστάσεις μεταξύ δύο διαδοχικῶν στύλων μιᾶς γραμμῆς, ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴ διαμόρφωση τοῦ ἐδάφους καὶ εἶναι περίπου 30 ἕως 80 m. Τὸ μήκος τοῦτο, δηλαδή τὴν ἀπόσταση μεταξύ τῶν στύλων, τὸ ὀνομάζουμε καὶ ἀνοίγμα γραμμῆς.

Ἐνδιαφέρουσα εἶναι ἡ κατασκευὴ δταν στοὺς ἴδιους στύλους τοποθετοῦμε ἐκτὸς ἀπὸ τὴ γραμμὴ τῆς μέσης τάσεως καὶ μιὰ γραμμὴ χαμηλῆς τάσεως (σχ. 9.3 β). Αὐτὴ τὴ μορφή τὴν ἐφαρμόζουμε συχνὰ σὲ γραμμὲς κοινοτικοῦ ἢ δημοτικοῦ φωτισμοῦ.

Ὅπως γνωρίζουμε, γιὰ τὶς γραμμὲς μέσης τάσεως χρησιμο-



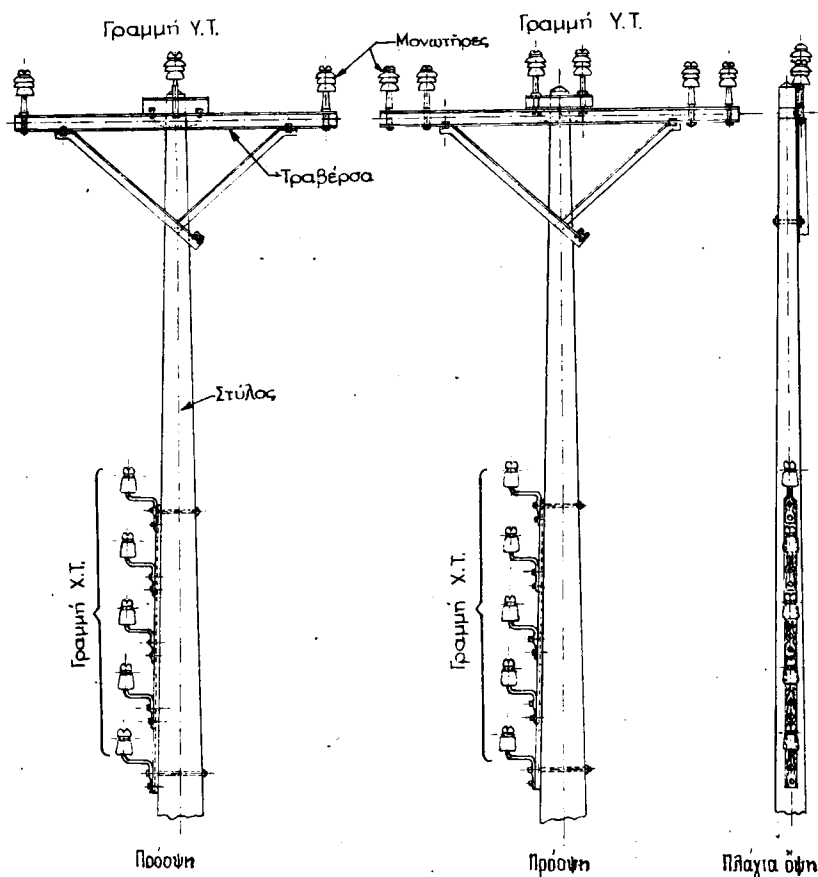
Σχ. 9-3 α. Ξύλινοι στύλοι μέσης τάσεως (15 kV) ὕψους 10 ἕως 12 m.

ποιούμε καὶ στύλους ἀπὸ σκυροκονίαμα, καθὼς καὶ σιδερένιους. Στοὺς συνεικισμοὺς γύρω ἀπὸ τὴν Ἀθήνα βλέπομε κάθε τόσο τέτοιους στύλους τῆς ΗΕΑΠ, πού ἡ μορφή τους θυμίζει τοὺς στύλους τῶν σχημάτων 7.3 γ καὶ 7.3 ε, μόνο πὺ εἶναι, βέβαια, ἀρκετὰ μικρότεροι καὶ ἔχουν ὕψος γύρω στὰ 10-12 m.

Γιὰ τοὺς ἀγωγούς τῶν ἐναέριων δικτύων, δὲν ἔχομε νὰ προσθέσωμε τίποτα σὲ ὅσα ἀναφέραμε στὴν παράγραφο 7.1, μιὰ καὶ ἐξαντλήσαμε ἐκεῖ τὸ θέμα.

Για τις γραμμές μέσης τάσεως χρησιμοποιούμε αγωγούς από αλουμίνιο ή αλουμίνιο ενισχυμένο με χαλύβδινη ψυχή (σχ. 7·1 β).

Η ΔΕΗ στις κατασκευές τής μέσης τάσεως της δεν χρησι-



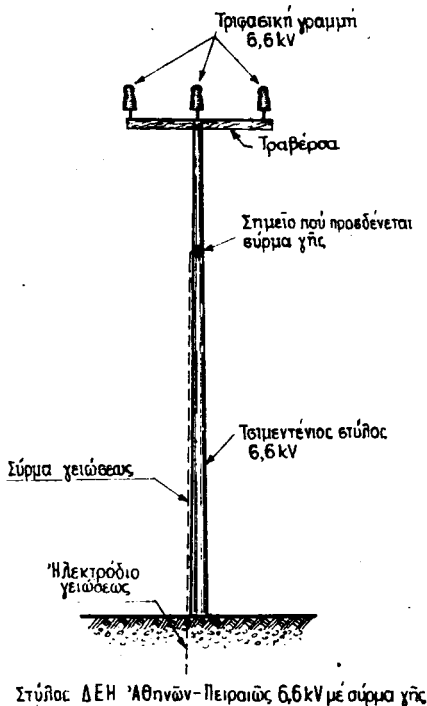
Σχ. 9·3 β. Στόλος με γραμμές μέσης τάσεως και χαμηλής τάσεως.

μοποιεί σύρματα γής για προστασία, ενώ η ΗΕΑΠ πάντοτε σχεδόν τοποθετούσε ένα σύρμα γής τὸ ὁποῖον δενόταν στοὺς τσιμεντέ-

νιους στύλους της κάτω από την τραβέρσα των μονωτήρων των τριφασικών γραμμών (σχ. 9·3 γ).

Τὸ στοιχείο ἐκεῖνο τῶν γραμμῶν μέσης τάσεως, ποὺ εἶναι διαφορετικὸ ἀπὸ τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς, εἶναι οἱ *μονωτήρες*.

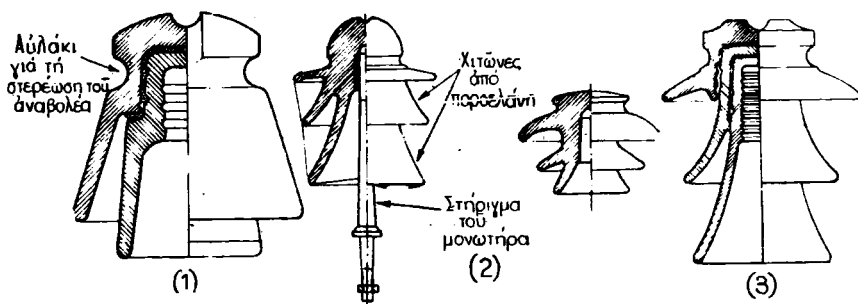
Οἱ μονωτήρες, ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὶς γραμμές μέσης τάσεως εἶναι ἐπίσης ἀπὸ πορσελάνη καὶ ἔχουν τὶς ἴδιες ιδιότητες μὲ



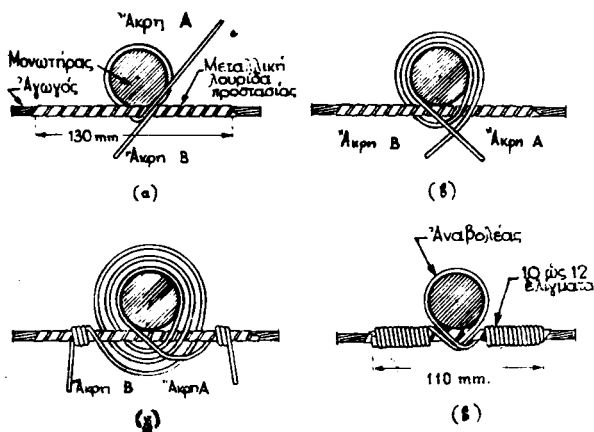
Σχ. 9·3 γ.

τοὺς τύπους ὑψηλῆς τάσεως (παράγρ. 7·2), ἀλλὰ ἡ μορφή τους εἶναι διαφορετικὴ ἀπὸ τοὺς μονωτήρες μὲ ἀνάρτηση. Ὀνομάζομε *μονωτήρες κώδωνος* τοὺς πιὸ συνηθισμένους ἀπὸ τοὺς μονωτήρες τῶν γραμμῶν μέσης τάσεως. Τοὺς λέμε ἔτσι ἐξ αἰτίας τῆς μορφῆς τους ποὺ μοιάζει μὲ κουδοῦνι (σχ. 9·3 δ).

Οι μονωτήρες αυτοί έχουν στήριγμα, και αποτελούνται από δύο ή περισσότερους χιτώνες, ανάλογα με την τάση υπό την οποία θα λειτουργήσουν. Στηρίζονται κάθετα επάνω στις οριζόντιες τρα-



Σχ. 9.3 δ. Διάφοροι μονωτήρες μέσης τάσεως τύπου κώδωνος.



Σχ. 9.3 ε. Πώς δένεται ο αγωγός στον μονωτήρα.

βέρσες των στύλων. Στο σχήμα 9.3 ε φαίνεται ο πιδ συνθησιμέ-  
νος από τους τρόπους με τους οποίους συνδέομε τους αγωγούς επά-  
νω στους μονωτήρες αυτού του τύπου. Βλέπομε δηλαδή ότι για να  
συγκρατούμε τον αγωγό, σχηματίζομε ένα είδος θηλειάς που την



πρίγγουμε στο ειδικό αύλακι που έχει για τον σκοπό αυτό ο μονωτήρας στο ύψηλότερο μέρος του [σχ. 9.3 δ(1)].

Την θηλειά αυτή την ονομάζουμε *αναβολέα* και την κατασκευάζουμε από το ίδιο υλικό του άγωγού. Τα άκρα του αναβολέα τα προσδένουμε στον άγωγό που μ' αυτόν τον τρόπο τον συγκρατούμε στέρεα στη θέση του. Καμμιά φορά αντί για τέτοια πρόσδεση χρησιμοποιούμε και ειδικούς συνδετήρες με τους όποιους συνδέουμε αναβολέα και άγwgό.

Για να μη τραυματίζουμε τον άγωγό στην περιοχή του μονωτήρα, τον περιτυλίζουμε με μια μεταλλική λουρίδα, όπως φαίνεται στο σχήμα 9.3 ε.

Έκτος από τους μονωτήρες κώδωνος, μεταχειριζόμαστε στις γραμμές μέσης τάσεως και *μονωτήρες με δίσκους* οάν αυτούς των γραμμών μεταφοράς, αλλά πολύ μικρότερους σε διαστάσεις και με μικρότερο αριθμό δίσκων, αφού ή τάση λειτουργίας τους είναι πολύ χαμηλότερη. Το σχήμα 9.3 ζ δείχνει έναν μονωτήρα τέτοιου τύπου, κατάλληλο για το τέρμα μιας γραμμής, και τον οποίο χρησιμοποιεί ή ΔΕΗ στα δίκτυά της των 15 kV.

Τελειώνοντας τώρα την σύντομη περιγραφή των έναερίων γραμμών μέσης τάσεως της διανομής, ως αναφέρwμε και τα όργανα προστασίας και έλέγχου που χρησιμοποιούμε σ' αυτές.

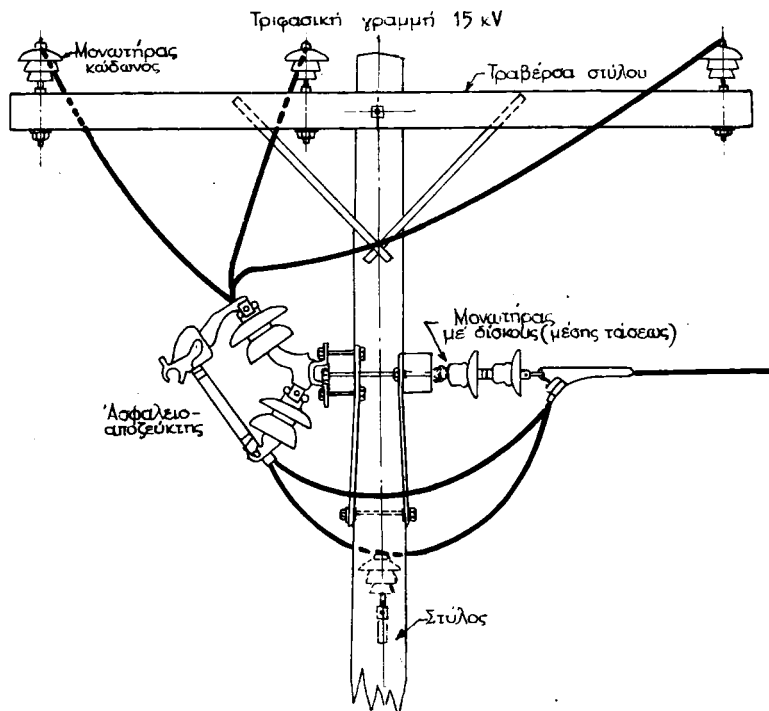
Κι' αυτά είναι:

*Αυτόματοι διακόπτες.* Γι' αυτούς μιλήσαμε ήδη στην παράγραφο 8.2. Τον τρόπο της χρησιμοποίησής τους στην διανομή θα εξετάσωμε στο Κεφάλαιο 10, όταν θα ασχοληθούμε με τους υποσταθμούς διανομής.

*Ασφάλειες ύψηλης τάσεως.* Στα σημεία όπου τα δίκτυά μας διακλαδίζονται τοποθετούμε συνήθως *ασφάλειες ύψηλης τάσεως*, και *αποξεύκτες*, ώστε να μη νεκρώνεται όλο το δίκτυο από μια τοπική βλάβη αλλά μόνο ή γραμμή που διακλαδίζεται.

Οί ασφάλειες ύψηλης τάσεως είναι κυλινδρικές και έχουν

τῇ μορφῇ ἑνὸς μεγάλου φυσιγγίου (σχ. 9·3 η), μέσα στὸ ὁποῖο ὑπάρχει ἓνα τηκτὸ νῆμα, δηλαδή ἓνα λεπτὸ σύρμα ποὺ ἀντέχει ὡς μιὰ ὁρισμένη ἔνταση ρεύματος. Μόλις ἡ ἔνταση αὐτὴ γίνῃ μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ ὄριο ἀντοχῆς τοῦ σύρματος, προκαλεῖ τὸ κάψιμο (δηλαδή τὸ λυώσιμο) τοῦ σύρματος καὶ ἔτσι διακόπτεται ἡ γραμμὴ.



Σχ. 9·3 ζ. Κορυφὴ στύλου γραμμῆς 15 kV σὲ σημεῖο διακλαδώσεώς της.

Γιὰ μεγαλύτερες ἐντάσεις ἔχομε πολλὰ τέτοια παράλληλα νήματα.

Μὲ ἀσφάλειες τοῦ τύπου αὐτοῦ καὶ χάρι στὴν ἀρκετὰ μεγάλη εὐαισθησίαν τους ποὺ συνδυάζουν μὲ σημαντικὴ ἰσχύ διακοπῆς προστατεύομε τὰ δίκτυα ἀπὸ βραχυκυκλώματα.

Ένα σπουδαίο χαρακτηριστικό των ασφαλειών είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της στιγμής που γίνεται το βραχυκύκλωμα και της στιγμής που η ασφάλεια διακόπτει το κύκλωμα. Οι κατασκευαστές των ασφαλειών δίνουν για κάθε είδος ασφαλείας

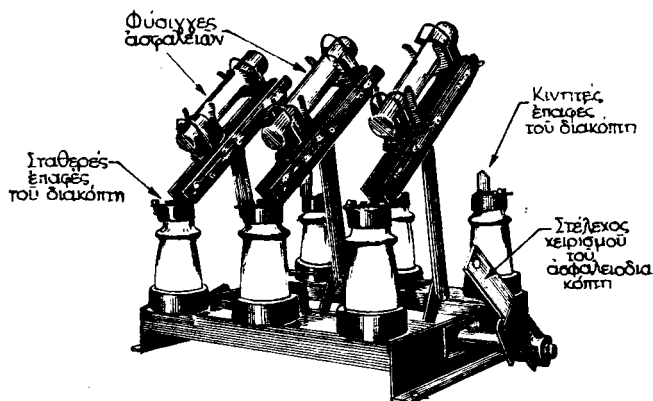


6 ως 15A



25 ως 40A

Σχ. 9.3 η. Δύο τύποι ασφαλειών μέσης τάσεως.



Τριφασικός ασφαλειοδιακόπτης

Σχ. 9.3 θ.

τον χρόνο αυτόν, που δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από το μέγεθος του βραχυκυκλώματος. Γενικά, όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση του ρεύματος, τόσο πιο μικρός είναι ο χρόνος, δηλαδή τόσο γρηγορότερα λυώνει η ασφάλεια (ασφάλειες αντίστροφου χρόνου). Δ.χ. αν μια ασφάλεια τήκεται (δηλαδή λυώνει) με ρεύμα

100 A μέσα σε 0,5 sec, σε ρεύμα 500 A θα καη μέσα σε 0,015 sec.

Στο σχήμα 9·3 θ βλέπομε έναν ασφαλειοδιακόπτη 15 kV κατάλληλο για τοποθέτηση επάνω σε στύλο. Το όργανο αυτό, όπως μάς φανερώνει το όνομά του, είναι ένας συνδυασμός αποξεύκτη και ασφαλείας. Έχουμε τή δυνατότητα να αποσυνδέομε τὰ δύο αὐτὰ ὅργανα, σχεδὸν ταυτόχρονα, μὲ μιὰ μονωτικὴ ράβδο ἀπομονώνοντας ἔτσι τὴν γραμμή.

Ἡ διακοπὴ βέβαια γίνεται πρῶτα μέσα στὴν ἀσφάλεια, γιατί ἐκεῖ ἔχομε τὴν κατάλληλην ἰσχύ διακοπῆς καὶ ὕστερα ἀνοίγει ὁ ἀποξεύκτης καὶ ἀπομονώνει τὴν γραμμή.

#### 9·4 Ὑπόγειες γραμμές μέσης τάσεως.

Ὅπως ἀναφέραμε προηγουμένως, στὶς μεγάλες πόλεις, γιὰ λόγους αἰσθητικῆς καὶ ασφαλείας, κατασκευάζομε τὰ δίκτυά μας ὄχι ἐναέρια ἀλλὰ ὑπόγεια.

Στὸ ὑπόγειο δίκτυο, ὅπως ἄλλωστε καταλαβαίνομε ἀπὸ τὸ ὄνομά του, οἱ γραμμές δὲν βρίσκονται στὸν ἀέρα ἀλλὰ εἶναι χωμένες σὲ μικρὸ βάθος μέσα στὴ γῆ. Αὐτὸ προϋποθέτει ὅτι δὲν χρησιμοποιοῦμε τοὺς συνηθισμένους γυμνοὺς ἀγωγούς, ποὺ εἶδαμε στὴν παράγραφο 7·1, ἀλλὰ ἓνα νέο εἶδος ἀγωγῶν, μονωμένων, ποὺ λέγονται ὑπόγεια καλώδια.

Τὸ κόστος ἑνὸς ὑπογείου δικτύου εἶναι περίπου 2,5 ἕως 3 φορές μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ κόστος ἑνὸς ἐναερίου. Τοῦτο συμβαίνει γιατί, ἂν καὶ δὲν ἔχομε στύλους καὶ μονωτήρες, τὸ ὑπόγειο καλώδιο εἶναι πολὺ ἀκριβότερο ἀπὸ τοὺς γυμνοὺς ἀγωγούς, τὰ ἔξαρτήματά του εἶναι ἀκόμα ἀκριβότερα, καὶ οἱ ἐκσκαφές ποὺ θὰ χρειασθοῦν γιὰ νὰ τοποθετηθῇ στὸ ἔδαφος στοιχίζουν ἀρκετά.

Ὅμως, παρ' ὅλον ὅτι στοιχίζει περισσότερο, ἓνα ὑπόγειο δίκτυο εἶναι πολὺ ἀσφαλέστερο καὶ παθαίνει πολὺ πρὸ σπάνια ζημιές, ἀπ' ὅσο ἓνα ἐναέριο. Διότι, γιὰ ν' ἀναφέρωμε μερικὰ ἀπὸ τίς συνηθέστερες αἰτίες ἀνωμαλιῶν ποὺ παρουσιάζονται στὰ ἐναέ-

ρια δίκτυα, οὔτε ὁ ἀέρας, οὔτε τὰ κλαδιὰ τῶν δένδρων, οὔτε οἱ κεραυνοὶ τὸ ἐπηρεάζουν. Ἐξ ἄλλου οἱ κίνδυνοι ἠλεκτροπληξίας γίνονται πολὺ μικρότεροι μὲ τὰ ὑπόγεια δίκτυα, ἐπειδὴ οἱ ἀγωγοὶ εἶναι ἔτσι ἀπρόσιτοι. Ὡστε ὁ παράγων τῆς ἀσφαλείας εἶναι πολὺ μεγαλύτερος στὴν περίπτωση αὐτή.

Ἐπίσης, ἡ ἐμφάνιση μιᾶς πόλεως μειονεκτεῖ ὅταν ἡ ὄψη τῶν κτιρίων τῆς διακόπτεται κάθε τόσο ἀπὸ στύλους καὶ γραμμὲς ποὺ στηρίζονται ἐπάνω τους.

Ἄς ἐξετάσωμε τώρα τὰ ὑπόγεια ἠλεκτρικὰ καλώδια γιὰ νὰ ἰδοῦμε ἀπὸ τί ἀποτελοῦνται.

Ἐνα ὑπόγειο καλώδιο κατασκευάζεται ἀπὸ τὸ ἀγώγιμο ὕλικό, δηλαδὴ ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς οἱ ὅποιοι μᾶς χρειάζονται κάθε φορά, οἱ ὅποιοι εἶναι μονωμένοι ὁ καθένας τους χωριστὰ καὶ ὅλοι μαζί καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἓναν προστατευτικὸ μανδύα γιὰ τὴν μηχανικὴ τους προστασίαν.

Ἐχομε δηλαδὴ καλώδια *μονοπολικά*, *διπολικά*, *τριπολικά* κ.λ.π. ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τῆς γραμμῆς ποὺ ἐγκαθιστοῦμε. Οἱ ἀγωγοὶ ποὺ ἀποτελοῦν τὰ καλώδια εἶναι πλεγμένοι ὁ ἓνας μὲ τὸν ἄλλον σὲ ἐλικοειδῆ μορφή. Κάθε ἀγωγὸς τοῦ καλωδίου εἶναι μονωμένος μὲ στρώματα ἐμποτισμένου (μὲ μονωτικὰ ὑγρὰ) εἰδικοῦ χαρτιοῦ, χρωματιστοῦ, μὲ ἰδιαίτερο χρῶμα γιὰ κάθε ἀγωγό, ἢ πλαστικοῦ ὕλικου. Ἐπὶ πλέον ὅλοι μαζί οἱ ἀγωγοὶ εἶναι συνήθως μονωμένοι μὲ νέα μονωτικὰ στρώματα.

Τέλος, γύρω ἀπὸ τὸ σύνολο ποὺ σχηματίζεται μὲ τὸν τρόπο αὐτόν, τοποθετοῦμε μία προστατευτικὴ ἐπένδυση, ποὺ συχνὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα *μολύβδινο μανδύα* ποὺ κι' αὐτὸς φέρει γύρω του τυλιγμένη, γιὰ πρόσθετο ἀνθεκτικὸ κάλυμμα, *γιούτα* καὶ μιὰ *χαλύβδινη ταινία*.

Μποροῦμε νὰ διακρίνωμε, ἀνάλογα μὲ τὸ ἀγώγιμο ὕλικό τους, *καλώδια χαλκοῦ* καὶ *καλώδια ἀλουμινίου*. Τὰ περισσότερα ὑπόγεια καλώδια ποὺ χρησιμοποιοῦμε εἶναι καλώδια χαλκοῦ ποὺ

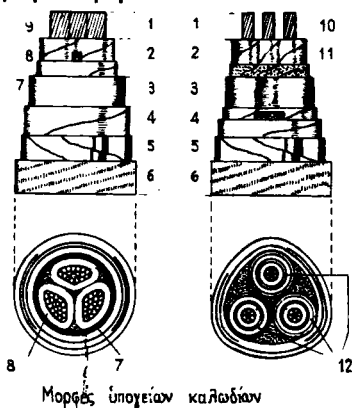
## Π Ι Ν Α Κ Α Σ V I

Καλώδια χαμηλής τάσεως 1 kV με μόνωση χεττιού, μολύβινο περίβλημα και χαλύβδινη ταινία.  
 \*Αγωγοί χεττιού και αλουμίνιου μονόκλωνοι μέχρι τα 16 mm<sup>2</sup> και πολύκλωνοι πάνω από αυτήν την διατομή.

| Διατομή<br>αγωγού<br>(mm <sup>2</sup> ) | Μονοπολικά                      |        |                                 |        | Διπολικά                        |        |                                 |        | Τριπολικά                       |        |                                 |        | Τετραπολικά                     |        |                                 |        |
|-----------------------------------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
|                                         | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg/) |        |
|                                         | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. | Χαλκός                          | Άλουμ. |
| 1,5                                     | —                               | —      | 17,2                            | 845    | 825                             | 17,7   | 900                             | 875    | 18,4                            | 980    | 18,4                            | 980    | 18,4                            | 980    | 18,4                            | 980    |
| 2,5                                     | —                               | —      | 18,0                            | 930    | 900                             | 18,5   | 1000                            | 950    | 19,4                            | 1110   | 19,4                            | 1110   | 19,4                            | 1110   | 19,4                            | 1050   |
| 4,0                                     | 15,9                            | 745    | 19,0                            | 1045   | 990                             | 19,5   | 1125                            | 1050   | 20,6                            | 1260   | 20,6                            | 1260   | 20,6                            | 1260   | 20,6                            | 1160   |
| 6,0                                     | 16,4                            | 830    | 20,0                            | 1160   | 1085                            | 20,7   | 1285                            | 1170   | 21,8                            | 1435   | 21,8                            | 1435   | 21,8                            | 1435   | 21,8                            | 1285   |
| 10,0                                    | 17,2                            | 935    | 21,6                            | 1380   | 1250                            | 22,3   | 1530                            | 1340   | 23,7                            | 1750   | 23,7                            | 1750   | 23,7                            | 1750   | 23,7                            | 1495   |
| 16,0                                    | 18,1                            | 1065   | 23,4                            | 1645   | 1440                            | 24,3   | 1870                            | 1565   | 26,1                            | 2230   | 26,1                            | 2230   | 26,1                            | 2230   | 26,1                            | 1825   |
| 25,0                                    | 20,6                            | 1385   | 24,6                            | 1920   | 1600                            | 27,2   | 2465                            | 1965   | 29,5                            | 2935   | 29,5                            | 2935   | 29,5                            | 2935   | 29,5                            | 2270   |
| 35,0                                    | 21,0                            | 1435   | 26,6                            | 2345   | 1895                            | 29,4   | 2965                            | 2265   | 32,4                            | 3630   | 32,4                            | 3630   | 32,4                            | 3630   | 32,4                            | 2705   |
| 50,0                                    | 22,6                            | 1715   | 28,6                            | 2790   | 2160                            | 31,5   | 3640                            | 2655   | 35,0                            | 4385   | 35,0                            | 4385   | 35,0                            | 4385   | 35,0                            | 3070   |
| 70,0                                    | 24,3                            | 2045   | 31,4                            | 3485   | 2610                            | 34,3   | 4480                            | 3105   | 38,0                            | 5530   | 38,0                            | 5530   | 38,0                            | 5530   | 38,0                            | 3690   |
| 95,0                                    | 26,2                            | 2500   | 34,0                            | 4230   | 3035                            | 37,1   | 5610                            | 3705   | 44,1                            | 7630   | 44,1                            | 7630   | 44,1                            | 7630   | 44,1                            | 5090   |
| 120,0                                   | 27,8                            | 2860   | 37,4                            | 5105   | 3575                            | 42,1   | 7100                            | 4715   | 52,1                            | 10900  | 52,1                            | 10900  | 52,1                            | 10900  | 52,1                            | 5560   |
| 150,0                                   | 29,8                            | 3324   | 42,4                            | 6510   | 4555                            | 46,0   | 8460                            | 5595   | 56,0                            | 12930  | 56,0                            | 12930  | 56,0                            | 12930  | 56,0                            | 7080   |
| 185,0                                   | 31,8                            | 3865   | 45,4                            | 7535   | 5115                            | 49,3   | 9905                            | 6385   | 63,0                            | 16340  | 63,0                            | 16340  | 63,0                            | 16340  | 63,0                            | 8120   |
| 240,0                                   | 34,9                            | 4720   | 50,4                            | 9460   | 6315                            | 54,7   | 12575                           | 7980   | 63,0                            | 16340  | 63,0                            | 16340  | 63,0                            | 16340  | 63,0                            | 10380  |

είναι μάλιστα πολύκλινα. Σπανιότερα όμως έχουμε και καλώδια με άγωγους αλουμινίου σε ειδικές περιπτώσεις.

Ανάλογα με την τάση για την οποία τα υπολογίζουμε να αντέχουν, διαιρούμε τα καλώδια σε καλώδια υψηλής τάσεως και χαμηλής τάσεως. Έχουμε κατασκευάσει με επιτυχία υπόγεια καλώδια για γραμμές μέχρι 400 kV, αλλά συνήθως χρησιμοποιούμε καλώδια μέχρι 66 kV, πράγμα που μάς αρκεί αφού, καθώς είπαμε, μόνο την διανομή (πρωτεύουσα και δευτερεύουσα) κάνουμε υπόγεια και όχι την μεταφορά.



1. Άγωγός. 2. Μόνωση. 3. Μολύβδινος μανδύας. 4. Προστατευτική στρώση. 5. Χαλύβδινη ταινία. 6. Εξωτερική επικάλυψη. 7. Κρίνο στρώμα. 8. Μόνωση του πυρήνα. 9. Άγωγός όχι κυκλικής διατομής. 10. Άγωγός κυκλικής διατομής. 11. Μονωτικό χαρτί. 12. Μολύβδινα στρώματα.

Σχ. 9.4 α.

Όπως δείχνει το σχήμα 9.4 α, η διατομή των υπογείων καλωδίων δεν είναι πάντα κυκλική, ενώ η διατομή των άγωγών τους μπορεί να έχει και μορφή κυκλικού τομέα.

Στο σχήμα 9.4 α διακρίνονται δύο καλώδια τριπολικά κα-  
άλληλα για τάση λειτουργίας 10 kV, και περιγράφεται το είδος  
ιν μονωτικών τους και των υπολοίπων περιβλημάτων.

Ο Πίνακας VI μάς δίνει μια ιδέα των διαστάσεων και του

βάρους των καλωδίων χαμηλής τάσεως, ενώ ο Πίνακας VII των ιδίων στοιχείων των καλωδίων ύψηλης τάσεως.

Γενικά ισχύουν και για τα υπόγεια καλώδια όσα είχαμε γράψει στην παράγραφο 7·1 σχετικά με την μεγίστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος, που υπολογίζουμε να περνά μέσα από μια όρισμένη διατομή. Οι συνθήκες όμως που παρουσιάζονται στην ψύξη ή θέρμανση των υπογείων καλωδίων δεν είναι οι ίδιες με αυτές που έχουμε στους έναερίους αγωγούς. Διότι οι έναέριοι αγωγοί περιβάλλονται από αέρα, ενώ τα υπόγεια καλώδια περιβάλλονται από χώμα που έχει μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα. Έπομένως, για τα υπόγεια καλώδια ισχύουν άλλες τιμές, και μάλιστα αυτές που δίδονται από τον Πίνακα VIII.

Οι τιμές του Πίνακα αυτού έχουν υπολογισθή με βάση ότι η μέση θερμοκρασία του εδάφους στην Ελλάδα είναι:  $25^{\circ} C$  και ότι η θερμοκρασία των καλωδίων με ονομαστική τάση 1 kV ως 6 kV δεν πρέπει ποτέ να ξεπερνά τους  $65^{\circ} C$ , ενώ των καλωδίων από 10 έως 20 kV μόνο τους  $55^{\circ} C$ .

Ας σημειώσουμε εδώ ότι, όταν μιλούμε σχετικά με τη λειτουργία ενός μηχανήματος, για την ονομαστική τιμή (ή κανονική τιμή) της έντάσεως, τάσεως ή ισχύος του, εννοούμε την μεγαλύτερη τιμή στην οποία μπορεί να λειτουργήσει το μηχανήμα συνεχώς με τις καλύτερες συνθήκες. Π.χ. μια γεννήτρια με κανονική ισχύ 100 kW έχει κατασκευασθεί έτσι, ώστε να μπορεί να αποδίδει κανονικά συνεχώς 100 kW και χωρίς κίνδυνο άνωμαλίας.

Αν συμβαίνει να έχουμε τοποθετήσει πολλά καλώδια μέσα στο ίδιο αulάκι, τότε, επειδή οι συνθήκες για την ψύξη τους γίνονται χειρότερες, ελαττώνουμε τις τιμές που αναγράφονται στον Πίνακα VIII και μάλιστα τόσο περισσότερο, όσο περισσότερα είναι τα καλώδια που έχουμε τοποθετήσει μαζί. Π.χ. παίρνουμε μόνο το 90% της επιτρεπόμενης έντάσεως όταν έχουμε 2 καλώδια, το 80% όταν έχουμε 3 καλώδια κλπ.



Τριτοτικά καλώδια υψηλής τάσεως με μόνωση χαρτουι, μολύβδινο περίβλημα και χαλύβδινη ταινία.  
 \*Αγωγοί χαλκού και αλουμινίου, μονόκλωνοι, μονόκλωνοι μέχρι 16 mm<sup>2</sup> και πολύκλωνοι πάνω από αυτήν την διατομή.

| Διατομή<br>αγωγού<br>(mm <sup>2</sup> ) | 3 kV            |                                |        | 6 kV            |                                |        | 10 kV           |                                |        | 15 kV           |                                |        |
|-----------------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------|--------|
|                                         | Θορύβος<br>(mm) | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg) |        | Θορύβος<br>(mm) | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg) |        | Θορύβος<br>(mm) | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg) |        | Θορύβος<br>(mm) | Βάρος 1 km<br>καλωδίου<br>(kg) |        |
|                                         |                 | Χαλκός                         | Αλουμ. |                 | Χαλκός                         | Αλουμ. |                 | Χαλκός                         | Αλουμ. |                 | Χαλκός                         | Αλουμ. |
| 3 × 6                                   | 23,9            | 1 590                          | 1 475  | 28,8            | 2 170                          | 2 055  | —               | —                              | —      | —               | —                              | —      |
| 3 × 10                                  | 25,8            | 1 925                          | 1 735  | 30,5            | 2 455                          | 2 265  | 33,3            | 2 860                          | 2 670  | —               | —                              | —      |
| 3 × 16                                  | 27,7            | 2 275                          | 1 970  | 32,7            | 2 930                          | 2 625  | 35,2            | 3 070                          | 2 765  | 46              | 4 900                          | 4 450  |
| 3 × 25                                  | 29,6            | 2 730                          | 2 235  | 34,5            | 3 365                          | 2 865  | 39,3            | 4 510                          | 4 040  | 49              | 5 500                          | 4 950  |
| 3 × 35                                  | 32,0            | 3 305                          | 2 610  | 36,9            | 3 905                          | 3 210  | 41,3            | 4 785                          | 4 090  | 51              | 6 200                          | 5 500  |
| 3 × 50                                  | 33,8            | 3 950                          | 2 965  | 40,5            | 5 055                          | 4 070  | 43,3            | 5 555                          | 4 570  | 52              | 6 800                          | 5 790  |
| 3 × 70                                  | 36,9            | 4 865                          | 3 485  | 43,6            | 6 130                          | 4 750  | 46,2            | 6 530                          | 5 150  | 55              | 8 200                          | 6 620  |
| 3 × 95                                  | 41,8            | 6 440                          | 4 535  | 46,7            | 7 290                          | 5 385  | 49,5            | 7 815                          | 5 910  | 59              | 9 600                          | 7 480  |
| 3 × 120                                 | 44,7            | 7 590                          | 5 195  | 49,6            | 8 495                          | 6 105  | 52,4            | 9 095                          | 6 700  | 62              | 10 900                         | 8 400  |
| 3 × 150                                 | 47,6            | 8 710                          | 5 845  | 52,7            | 9 815                          | 6 950  | 55,5            | 10 400                         | 7 540  | 65              | 12 500                         | 9 200  |
| 3 × 185                                 | 51,1            | 10 280                         | 6 810  | 56,0            | 11 430                         | 7 845  | 58,8            | 11 970                         | 8 500  | 70              | 14 900                         | 10 850 |
| 3 × 240                                 | 56,0            | 12 830                         | 8 185  | 60,5            | 14 010                         | 9 360  | 63,3            | 14 750                         | 10 100 | 76              | 17 700                         | 12 400 |

## Π Ι Ν Α Κ Α Σ V I I I

Επιτρεπόμενες εντάσεις ρεύματος για τα υπόγεια καλώδια των Πινάκων VI και VII, τοποθετημένα μέσα στο έδαφος σε βάθος 50 - 70 cm.

| Μεγαλύτερη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος σε άμπερ |            |        |          |                                 |                                     |        |       |        |       |        |       |        |       |        |
|--------------------------------------------------|------------|--------|----------|---------------------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Καλώδια χαμηλής τάσεως 1 kV                      |            |        |          | Τριπολικά Καλώδια Υψηλής τάσεως |                                     |        |       |        |       |        |       |        |       |        |
| Διατομή<br>αγωγού<br><br>(mm²)                   | Μονοπολικά |        | Διπολικά | Τριπολικά ή<br>Τετραπολικά      | Για εναλλασσόμενο ρεύμα 50 περιόδων |        |       |        |       |        |       |        |       |        |
|                                                  | Χαλκ.      | Αλουμ. | Χαλκ.    | Αλουμ.                          | Χαλκ.                               | Αλουμ. | Χαλκ. | Αλουμ. | Χαλκ. | Αλουμ. | Χαλκ. | Αλουμ. | Χαλκ. | Αλουμ. |
| 1,5                                              | 35         | —      | 25       | —                               | 20                                  | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      |
| 2,5                                              | 45         | —      | 35       | —                               | 35                                  | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      |
| 4                                                | 60         | 45     | 45       | 35                              | 40                                  | 35     | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —     | —      |
| 6                                                | 80         | 65     | 60       | 45                              | 55                                  | 40     | 55    | 45     | 50    | 40     | —     | —      | —     | —      |
| 10                                               | 105        | 85     | 85       | 65                              | 75                                  | 60     | 75    | 60     | 70    | 55     | 60    | 45     | —     | —      |
| 16                                               | 145        | 120    | 115      | 90                              | 105                                 | 85     | 100   | 80     | 95    | 75     | 80    | 65     | 75    | 60     |
| 25                                               | 190        | 150    | 145      | 120                             | 125                                 | 105    | 125   | 105    | 120   | 100    | 105   | 85     | 100   | 80     |
| 35                                               | 235        | 190    | 175      | 140                             | 155                                 | 120    | 155   | 120    | 150   | 120    | 125   | 105    | 120   | 100    |
| 50                                               | 290        | 235    | 220      | 180                             | 190                                 | 150    | 190   | 150    | 180   | 145    | 155   | 120    | 145   | 115    |
| 70                                               | 355        | 285    | 265      | 210                             | 230                                 | 185    | 230   | 185    | 220   | 180    | 190   | 150    | 185   | 145    |
| 95                                               | 430        | 350    | 315      | 255                             | 275                                 | 220    | 275   | 215    | 265   | 210    | 225   | 180    | 215   | 175    |
| 120                                              | 500        | 405    | 365      | 285                             | 320                                 | 255    | 315   | 255    | 305   | 245    | 265   | 210    | 250   | 200    |
| 150                                              | 570        | 460    | 410      | 330                             | 365                                 | 290    | 355   | 285    | 350   | 275    | 300   | 240    | 285   | 230    |
| 185                                              | 640        | 520    | 460      | 365                             | 420                                 | 335    | 410   | 330    | 395   | 315    | 340   | 270    | 330   | 265    |
| 240                                              | 750        | 600    | 540      | 430                             | 480                                 | 385    | 475   | 380    | 460   | 365    | 395   | 320    | 385   | 310    |

Εὐκόλα συμπεραίνομε ἀπὸ τὰ παραπάνω, ὅτι, ἂν ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος εἶναι μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀπὸ  $25^{\circ} C$ , πάλι θὰ πρέπει νὰ ἀναπροσαρμόσωμε τὶς τιμὲς τοῦ Πίνακα VIII καὶ μάλιστα θὰ τὶς ἐλαττώσωμε ἢ θὰ τὶς αὐξήσωμε ἀντίστοιχα. Π.χ., ἂν ἡ μέση θερμοκρασία τοῦ ἐδάφους εἶναι  $15^{\circ} C$ , τότε παίρνομε τὸ 112% τῆς κανονικῆς ἐπιτρεπομένης ἐντάσεως ἐνὸς καλωδίου με τάση 1 kV ὡς 6 kV, ἐνῶ ἂν ἡ θερμοκρασία εἶναι  $35^{\circ} C$  παίρνομε μόνο τὸ 87%.

Ἄς δοῦμε τώρα σύντομα πῶς τοποθετοῦμε ἓνα ὑπόγειο καλώδιο καὶ τί ἐξαρτήματα χρησιμοποιοῦμε γι' αὐτὴ τὴ δουλειά.

Ὅπως ξέρομε, τὰ καλώδια τὰ τοποθετοῦμε μέσα στὸ χῶμα σὲ βάθος περίπου 50 ὡς 70 cm. Φροντίζομε, ὅμως, ὥστε τὸ ἔδαφος στὸ σημεῖο αὐτὸ νὰ εἶναι καθαρὸ καὶ νὰ μὴν ἔχῃ ἄλατα; ὀξέα ἢ ἄλλες ὕλες ποὺ μπορεῖ νὰ προκαλέσουν στὰ καλώδια χημικὲς βλάβες, καὶ ἐπομένως ἀνωμαλίες. Ἐὰν ὅμως, εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ τοποθετήσωμε καλώδια σὲ ἔδαφος ποὺ ἔχει βλαβερὲς χημικὲς οὐσίες, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε εἰδικὰ ἀνθεκτικότερα καλώδια. Ἐπίσης πρέπει νὰ προσέχωμε ὥστε κατὰ τὴν τοποθέτησή τους νὰ ξετυλίγωμε ὁμαλὰ τὰ καλώδια ἀπὸ τὰ εἰδικὰ τύμπα-να γύρω ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι τυλιγμένα ὅταν τὰ ἀγοράζομε (σχ. 9.4 δ) χωρὶς νὰ τὰ συστρέψωμε ἢ νὰ τὰ τσακίζωμε καὶ χωρὶς νὰ τὰ γδέρνομε κτυπώντας τα κατὰ τὸ τράθηγμα ἐπάνω σὲ πέτρες.

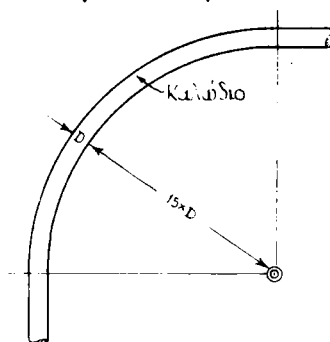
Ἄν κατὰ τὴν τοποθέτηση ἐνὸς ὑπογείου καλωδίου χρειασθῇ νὰ ἀλλάξωμε διαδρομὴ, πρέπει οἱ ἀκτίνες τῶν κυκλικῶν καμπύλων ποὺ θὰ σχηματίζωμε, χαράζοντας τὴ νέα διαδρομὴ, νὰ εἶναι τουλάχιστον 15 φορές μεγαλύτερες ἀπὸ τὴ διάμετρο τοῦ καλωδίου, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 9.4 β.

Ἄν ἔχωμε πολλὰ καλώδια στὸ ἴδιο χαντάκι, πρέπει νὰ τὰ τοποθετοῦμε ὅλα στὸ ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο (δηλαδή τὸ ἓνα πλάι στὸ ἄλλο καὶ ὅχι τὸ ἓνα κάτω ἀπὸ τὸ ἄλλο), ἀφήνοντας χῶρο μεταξύ τους τουλάχιστον 20 cm. Τοῦτο, διότι πρέπει, ἂν χρει-

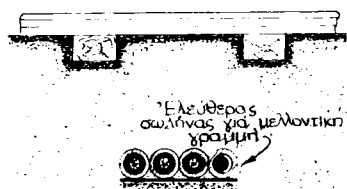
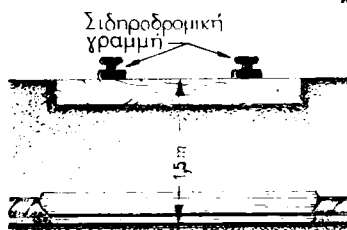
σθῆ, νὰ μπορούμε νὰ ξεθάψουμε ἓνα καλώδιο χωρὶς νὰ θίξουμε τὰ ἄλλα.

Τὰ χαντάκια γιὰ τὴν τοποθέτηση τῶν καλωδίων στὶς πόλεις προτιμοῦμε νὰ τὰ ἀνοίγουμε στὰ πεζοδρόμια, ὥστε νὰ μὴν ὑποφέρουν τὰ καλώδια ἀπὸ τὰ βάρη μεγάλων αὐτοκινήτων ποὺ περνοῦν ἀπὸ τοὺς δρόμους.

Γιὰ νὰ προστατεύσουμε καλύτερα τὰ καλώδια σὲ σημεία δια-



Σχ. 9-4 β.



Σχ. 9-4 γ. Διάβαση ὑπογείων καλωδίων κάτω ἀπὸ σιδηροδρομικὴ γραμμὴ μέσα σὲ τσιμεντένιους σωλήνες.

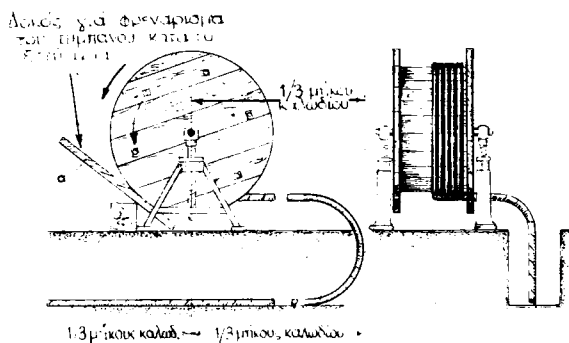
βάσεων δρόμων ἢ σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, τὰ τοποθετοῦμε μέσα σὲ εἰδικούς τσιμεντένιους σωλήνες, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 9-4 γ.

Τὰ ὑπόγεια καλώδια, ὅπως εἶναι τυλιγμένα στὰ τύμπανα εἶναι πολὺ βαρεῖα καὶ γι' αὐτὸ τὸ ξετύλιγμα καὶ ἡ τοποθέτησή τους στὰ χαντάκια, ποὺ ἔχομε σκάψει γι' αὐτὸν τὸν σκοπό, εἶναι ἐργασία ποὺ θέλει προσοχὴ καὶ πείρα, ὥστε νὰ μὴ κτυπιοῦνται:

τά καλώδια, πράγμα που είναι βέβαιο ότι μελλοντικά θα προκαλέσει ανωμαλίες στο δίκτυο.

Όπως μᾶς δείχνει τὸ σχῆμα 9.4 δ, τὸ καλὼδιο πρέπει νὰ τὸ ξετυλίγομε πάντα πρὸς τὴν μίαν κατεύθυνση, αὐτὴν ποὺ δείχνει τὸ βέλος. Καθὼς τὸ ξετυλίγομε προσέχομε μήπως τὸ καλὼδιο σὲ κανένα τοῦ σημεῖο παρουσιάζει ἐλάττωμα. Μόλις, λοιπόν, ἀντιληφθοῦμε ἓνα τέτοιο σημεῖο, πρέπει νὰ τὸ κόβωμε καὶ νὰ τὸ ἀφαιροῦμε, ἔστω κι' ἂν ἐμφανίζῃ ἓνα παραμικρὸ ἐλάττωμα.

Όπως βλέπομε στὸ σχῆμα 9.4 δ, τοποθετοῦμε τὸ τύμπανο μὲ τὸν ἄξονά του σὲ τέτοια θέση, ὥστε τὸ  $1/3$  τοῦ μήκους τοῦ καλω-



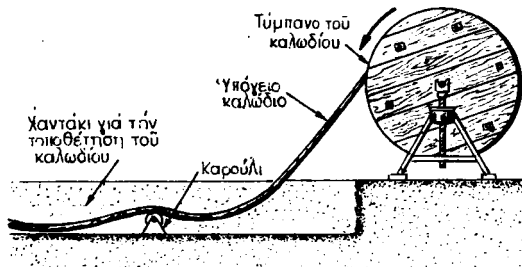
Σχ. 9.4 δ. Ξετύλιγμα ὑπογείου καλωδίου ἀπὸ τὸ τύμπανό του γιὰ τοποθέτηση.

δίου, ποὺ εἶναι τυλιγμένο στὸ τύμπανο, νὰ ξετυλιχθῇ πρὸς τὴ μίαν κατεύθυνση καὶ τὰ ὑπόλοιπα  $2/3$  πρὸς τὴν ἄλλη.

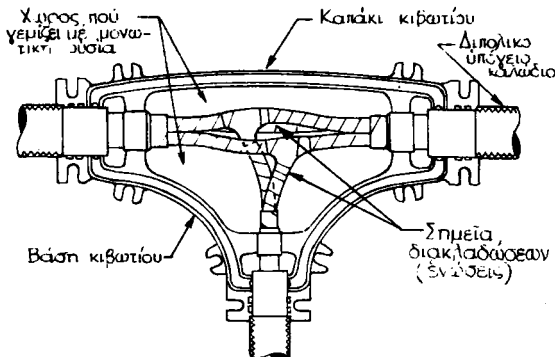
Ἄν τὸ καλὼδιο εἶναι μεγάλης διατομῆς καὶ τόσο βαρὺ ὥστε νὰ μὴν εἶναι εὐκόλο στοὺς ἐργάτες νὰ τὸ σηκώνουν στὰ χέρια γιὰ νὰ τὸ τοποθετήσουν, τότε χρησιμοποιοῦμε καρούλια γιὰ νὰ τὸ ὑποβαστάξουν καλύτερα. Βάζομε συνήθως ἓνα καρούλι κάθε  $\delta$  ὡς  $10\text{ m}$ , ἀνάλογα μὲ τὸ καλὼδιο (σχ. 9.4 ε).

Γιὰ νὰ ἐνώνωμε τὰ διάφορα τμήματα καλωδίων, γιὰ νὰ σχηματίζωμε διακλαδώσεις ἀπὸ μίαν γραμμὴ καὶ γιὰ νὰ τερματίζωμε μίαν διαδρομὴ, χρησιμοποιοῦμε διάφορα εἰδικὰ τεμάχια ποὺ ἀποτελοῦν γενικὰ τὰ ἐξαρτήματα τῶν ὑπογείων καλωδίων.

Όλα αυτά τα εξαρτήματα χαρακτηρίζονται από τη στεγανότητά τους, γιατί ο μεγάλος έγχθρος των υπογείων καλωδίων είναι η υγρασία, που θα εισχωρούσε στις θέσεις των ενώσεων αν δεν χρησιμοποιούσαμε τα εξαρτήματα αυτά.



Σχ. 9-4 ε. Υπόγειο καλώδιο που το υποβαστάζουν καρούλια κατά την τοποθέτησή του.



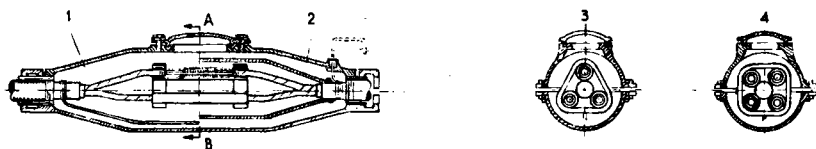
Σχ. 9-4 ζ. Κιβώτιο διακλαδώσεως υπογείου καλωδίου Χ.Τ.

Θα μιλήσουμε λοιπόν τώρα για τα εξαρτήματα αυτά.

Πρώτον έχουμε τα κιβώτια διακλαδώσεως καλωδίων που, όπως φανερώνει το όνομά τους, τα χρησιμοποιούμε για να εκτελούμε τις υπόγειες διακλαδώσεις των δικτύων μας. Στο σχήμα 9-4 ζ βλέπουμε την τομή ενός τέτοιου κιβωτίου χαμηλής τάσεως.

Το κιβώτιο αυτό, όπως συμβαίνει με όλα γενικά τα εξαρτήματα των υπογείων καλωδίων, είναι από χυτοσίδηρο (μαντέμι)

και αποτελείται από δύο κελύφη (βάση και καπάκι) που τα εφαρμόζουμε τὸ ἓνα ἐπάνω στὸ ἄλλο και τὰ ἐνώνουμε μεταξύ τους σφικτά. Μέσα στὸ κιβώτιο ὑπάρχει ἀρκετὸς χώρος γιὰ νὰ ἐκτελέσωμε τὶς ἐνώσεις τῶν καλωδίων. Τὸν χώρο αὐτὸν τὸν γεμίζουμε ἔπειτα μὲ εἰδικὴ μονωτικὴ οὐσία πυκνόρευστη σὰν πίσσα, πού σκοπὸς τῆς εἶναι νὰ μᾶς ἐξασφαλίζῃ τέλεια μόνωση στὸ μέλλον. Τὴν οὐσία αὐτὴ τὴν χύνουμε ἀπὸ μιὰ τρύπα ἢ ὅποια εἶναι ἐπάνω στὸ καπάκι, ἐνῶ ἀπὸ μιὰ δευτέρη τρύπα πού ἔχομε προβλέψει φεύγει συγχρόνως ὁ ἀέρας πού ὑπάρχει μέσα στὸ κιβώτιο. Στὰ σημεία πού τὸ καλώδιο ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ κιβώτιο, τοποθετοῦμε κατάλληλους στυπαιοθλίπτες γιὰ νὰ μὴ μᾶς ξεφεύγῃ ἡ μονωτικὴ μάζα.



1. Τύπος χωρὶς δευτέρο χιτώνιο. 2. Τύπος μὲ δευτέρο χιτώνιο. 3. Τομὴ Α - Β γιὰ τριπολικὸ καλώδιο. 4. Τομὴ Α - Β γιὰ τετραπολικὸ καλώδιο.

Σχ. 9·4 η. Κιβώτιο ἐνώσεων (χελώνα) ὑπογείου καλωδίου.

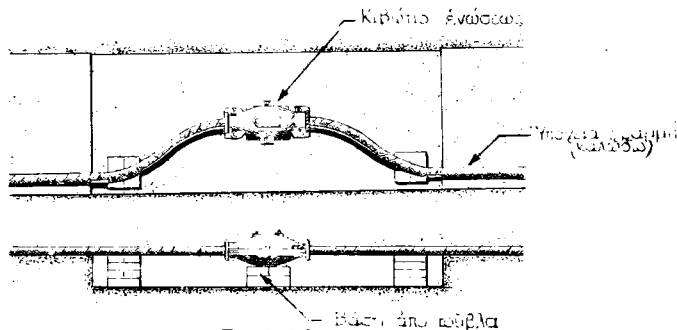
Τὸ κόψιμο τοῦ καλωδίου, δταν ἐκτελοῦμε μιὰ διακλάδωση ἢ μιὰ ἐνωσή του, γίνεται μὲ πριόνι. Προτοῦ δμως τὸ κόψωμε, δένομε σφικτὰ δύο σύρματα γύρω ἀπὸ τὸ καλώδιο, ἀπὸ τὴ μιὰ και ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ τοῦ σημείου πού θὰ κόψωμε. Τοῦτο εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ νὰ συγκρατοῦμε τὸ στρῶμα τῆς γιούτας ἢ τῶν ἄλλων προσθέτων μονωτικῶν πού συχνὰ ἔχομε στὰ ὑπόγεια καλώδια.

Ἕνα ἄλλο ἐξάρτημα εἶναι και τὸ κιβώτιο ἐνώσεως καλωδίων, πού ἀλλοιῶς τὸ λέμε και χελώνα καλωδίου. Ἕνα τέτοιο κιβώτιο φαίνεται στὸ σχῆμα 9·4 η.

Εἶναι κι' αὐτὸ κατασκευασμένο ἀπὸ χυτοσίδηρο και μοιάζει μὲ τὰ κιβώτια διακλαδώσεως, μὲ τὴ διαφορὰ ὅτι δὲν μᾶς χρη-

σιμεύει για διακλαδώσεις γραμμών, αλλά για ενώσεις στα διάφορα τμήματα καλωδίων που αποτελούν μια γραμμή μεγάλου μήκους.

Ο τύπος του σχήματος 9·4 η είναι κατάλληλος για γραμμές υψηλής και χαμηλής τάσεως. Για τάσεις πάνω από 10 kV τοποθετούμε μέσα στο κιβώτιο ένα δεύτερο χιτώνα από χαλκό ή μολύβι που είναι μια πρόσθετη προφύλαξη από την υγρασία. Τοποθετούμε τα κιβώτια αυτά των ενώσεων επάνω σε μικρές βάσεις από τούβλα, όπως φαίνεται στο σχήμα 9·4 θ, και σε μικρή απόσταση προς το πλάι της γραμμής έτσι, ώστε το καλώδιο σε περίπτωση συστολής ή διαστολής του να μην καταπονῆται στο σημείο της ενώσεώς του.



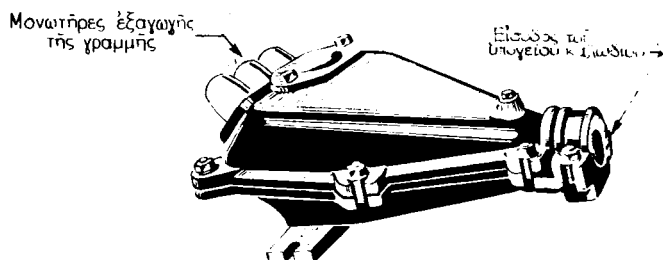
Σχ. 9·4 θ.

Τέλος έχουμε και τα λεγόμενα *ακροκιβώτια*. Αυτά είναι τα εξαρτήματα που τοποθετούμε στα άκρα των καλωδίων, όταν θέλουμε να τερματίσουμε το υπόγειο μέρος των γραμμών μας και να τις συνεχίσουμε σαν εναέριες ή το αντίθετο (από εναέριες, να τις μεταβάλουμε σε υπόγειες).

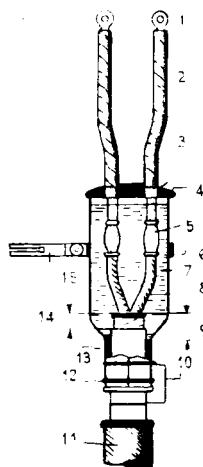
Εκτός από τη διάκριση που κάνουμε στα ακροκιβώτια ανάλογα με την τάση λειτουργίας τους, (δηλαδή σε ακροκιβώτια χαμηλής και υψηλής τάσεως), χωρίζουμε τα εξαρτήματα αυτά των υπογείων καλωδίων σε *ακροκιβώτια εσωτερικού τύπου* και σε *ακροκιβώτια εξωτερικού τύπου*, ανάλογα με το αν είναι κατάλληλα για να τοποθετηθούν στο εσωτερικό ενός κτιρίου ή στο υπαίθρο.



Στὸ σχῆμα 9·4 ι ἔχομε ἓνα τύπο ἀκροκιβώτιου ἐσωτερικοῦ τύπου, κατάλληλο γιὰ ἔνωση ὑπογείου καλωδίου ὑψηλῆς τάσεως



Σχ. 9·4 ι. 'Ακροκιβώτιο ἐσωτερικοῦ τύπου γιὰ τάση 10 kV'.



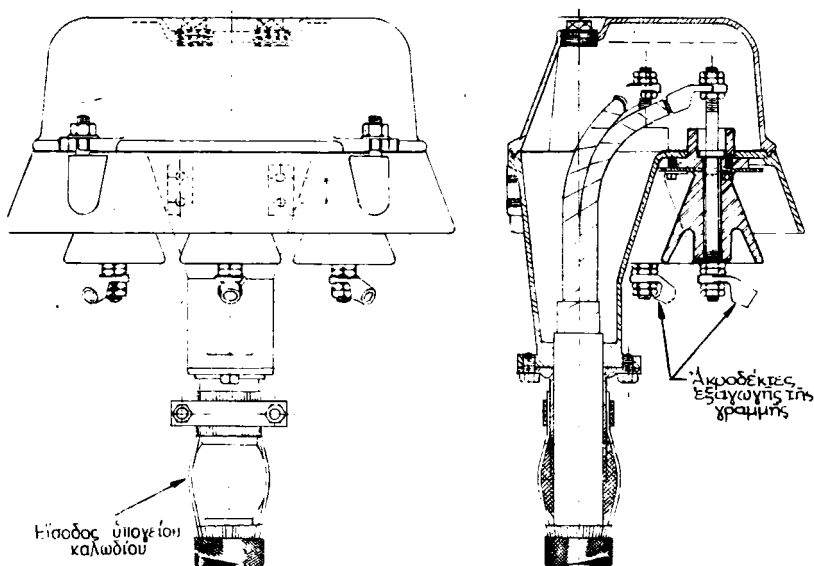
1. Ἀκροδέκτης. 2. Μονωτική ταινία. 3. Ἐνισχυμένη μονωτική ἐπικάλυψη.  
4. Κάλυμμα ἀκροκιβωτίου. 5. Γυμνός ἀγωγός. 6. Δέσιμο ἀγωγοῦ. 7. Μονωτική μάζα. 8. Μονωμένος ἀγωγός. 9. Μῆκος πού καλύπτεται ἀπὸ τὸν μολύβδινο μανδύα καὶ τὴν μόνωση. 10. Γεῖωση. 11. Ὑπόγειο καλώδιο. 12. Λουρίδα συγκρατήσεως. 13. Μονωτική ταινία. 14. Μῆκος χωρὶς τὸν μολύβδινο μανδύα. 15. Στέλεχος στηρίξεως.

Σχ. 9·4 κ. 'Ακροκιβώτιο ἐσωτερικοῦ τύπου χαμηλῆς τάσεως.

μὲ ὑπέργεια γραμμὴ ἐσωτερικοῦ χώρου, π.χ. γιὰ τὴν τροφοδότηση ἑνὸς κινητήρα ὑψηλῆς τάσεως.

Τὸ ὅτι τὸ ἀκροκιβώτιο αὐτὸ εἶναι ἐσωτερικοῦ τύπου, τὸ δια-

πιστώνομε από το χαρακτηριστικό ότι οι μονωτήρες, στα σημεία που εξέρχονται οι άγωγοί, είναι λείοι και όχι με δίσκους, όπως είναι στο σχήμα 9·4 μ, όπου παριστάνεται το ίδιο εξάρτημα αλλά εξωτερικού τύπου. (Τούτο συμβαίνει, γιατί ή βροχή που θα προσβάλη τα εξαρτήματα εξωτερικού τύπου θα προκαλούσε διάσπαση και ηλεκτρικό τόξο, αν αντί για μονωτήρες με δίσκους, είχαμε μονωτήρες με λείες επιφάνειες).



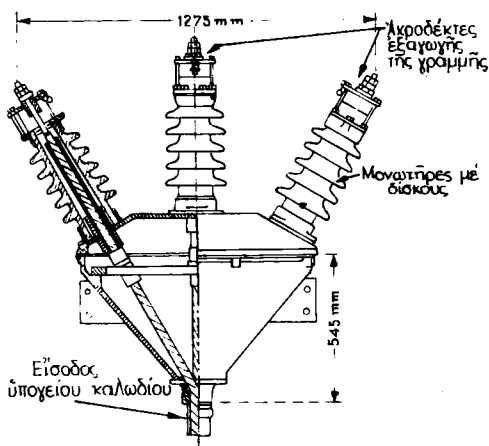
Σχ 9·4 λ. Άκροκιβώτιο εξωτερικού τύπου χαμηλής τάσεως.

Στο σχήμα 9·4 κ έχουμε ένα άκροκιβώτιο χαμηλής τάσεως (1 kV), έσωτερικού πάλι τύπου, κατάλληλο για τον τερματισμό ενός διπολικού καλωδίου, π.χ. για την τροφοδότηση μιας κατοικίας. Σ' αυτό διακρίνομε όλες τις λεπτομέρειες της συνδέσεως του υπογείου καλωδίου με τους άκροδέκτες που εξέρχονται από την κεφαλή του άκροκιβωτίου.

Τα σχήματα 9·4 λ και 9·4 μ μάς δίνουν μια ιδέα των άκρο-

κιβωτίων έξωτερικού τύπου, δηλαδή άκροκιβωτίων ύπαίθρου, για χαμηλή και ύψηλή τάση αντίστοιχα.

Παρατηρούμε ότι ή μορφή του άκροκιβωτίου στο σημείο που βγαίνουν οι άκροδέκτες στην περίπτωση του σχήματος 9·4 λ, είναι τελείως διαφορετική από την μορφή την όποία γνωρίσαμε στα άκροκιβώτια έσωτερικού τύπου.



Σχ. 9·4 μ. Άκροκιβώτιο έξωτερικού τύπου ύψηλής τάσεως (30 kV).

Έδω δέν έχομε βέβαια την χαρακτηριστική διαφορά στη μορφή των μονωτήρων, δηλαδή σε μονωτήρες με δίσκους και σε λείους μονωτήρες. Διότι δέν είναι συμφέρον νά χρησιμοποιούμε έδω μονωτήρες με δίσκους ούτε και είναι οι μονωτήρες αυτοί άπαραίτητοι για την χαμηλή τάση. Γι' αυτό προτιμούμε νά δώσωμε στα άκροκιβώτια έξωτερικού τύπου τέτοια μορφή, ώστε ή βροχή νά μήν προσβάλη τά σημεία της έξαγωγής των άγωγών (σχ. 9·4 λ).

## Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 10

### ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

#### 10·1 Γενικὲς ἔννοιες.

Ὀνομάζουμε *ἠλεκτρικὸ ὑποσταθμὸ* τὸ σύνολο τῆς ἐγκαταστάσεως ποὺ κατασκευάζουμε γιὰ νὰ μετατρέπουμε τὸ ρεῦμα μιᾶς ὁρισμένης τάσεως σὲ μιὰν ἄλλη.

Εἶδαμε ὡς τώρα τοὺς ὑποσταθμοὺς τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς (Κεφάλ. 8) ὅπου μετατρέπομε τὴν *ὕψηλὴ τάση* σὲ *μέση τάση*.

Στοὺς *ὑποσταθμοὺς διανομῆς*, μὲ τοὺς ὁποίους θ' ἀσχοληθοῦμε στὸ Κεφάλαιο αὐτό, *μετασχηματίζουμε τὴ μέση τάση* σὲ *χαμηλὴ*.

Πολλὲς φορὲς ὡς τώρα ἀναφέραμε τὸν σκοπὸ αὐτῶν τῶν ὑποσταθμῶν καὶ τονίσαμε τὴ μεγάλη τους σπουδαιότητα. Γιὰ τοὺς πολλοὺς καταναλωτὲς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ αὐτοὶ ἀποτελοῦν, σὲ τελευταία ἀνάλυση, τὴν πηγὴ τῆς παραγωγῆς ἀπὸ τὴν ὁποία τροφοδοτοῦνται.

Στὰ μικρὰ χωριὰ ἓνας ὑποσταθμὸς εἶναι ἀρκετὸς γιὰ δόκληρη τὴν κατανάλωσή τους, ἐνῶ στίς μεγαλύτερες πόλεις κάθε συνοικία ἔχει δικό της ὑποσταθμὸ. Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, τὰ μεγάλα κτίρια καὶ τὰ ἐργοστάσια ἔχουν συχνὰ ἰδιαίτερο ὑποσταθμὸ τὸ καθένα.

Τὸ ἂν χρειάζεται λοιπὸν ἓνας ὑποσταθμὸς καὶ ποιοὶ εἶναι τὸ σημεῖο ὅπου θὰ τὸν ἐγκαταστήσωμε, εἶναι ἓνα ζήτημα ποὺ ἐξαρτᾶται στὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὰ φορτία ποὺ θὰ ἐξυπηρετῇ ὁ ὑποσταθμὸς καὶ ἀπὸ τὶς ἀποστάσεις τῶν φορτίων, ἀκριβῶς ὅπως εἶδαμε ὅτι συμβαίνει καὶ μὲ τοὺς ὑποσταθμοὺς μεταφορᾶς.

Ἕνας ὑποσταθμὸς διανομῆς χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν *ισχύ*

των μετασχηματιστών που περιλαμβάνει καθώς και από το εάν είναι έναέριος, επίγειος ή υπόγειος.

“Ας εξετάσουμε τώρα τί έννοούμε όταν λέμε ότι ένας υποσταθμός έχει ισχύ  $100\text{ kVA}$  και είναι έναέριος, επίγειος ή υπόγειος.

“Η ισχύς που μπορούμε να διαχειράζουμε από έναν υποσταθμό συνεχώς, είναι βέβαια ίση με το άθροισμα της ονομαστικής ισχύος όλων των μετασχηματιστών που βρίσκονται σ’ αυτόν.

Πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη σημασία σ’ αυτό το «συνεχώς» που αναφέραμε πιο πάνω, και τοῦτο διότι, για ὀρισμένα μικρά χρονικά διαστήματα, οἱ κατασκευαστές των μετασχηματιστών μᾶς ἐπιτρέπουν να ὑπερφορτίζουμε τοὺς μετασχηματιστές μας περισσότερο ἀπὸ τὴν ονομαστικὴ τους ισχύ. Π.χ., για χρονικὴ διάρκεια μιᾶς ὥρας καὶ μόνον ἐφ’ ὅσον προηγουμένως δὲν εἴχαμε μεγάλα φορτία, ἔχουμε τὴ δυνατότητα να φορτίσουμε ἓναν μετασχηματιστὴ με ισχύ  $10\%$  μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ονομαστικὴ του, χωρὶς φόβο ἀνωμαλίας.

Λὲν μᾶς ἐπιτρέπεται ὅμως να ὑπερφορτίζουμε τὸ μετασχηματιστὴ μας με αὐτὸ τὸ  $110\%$  για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

“Ὡστε ἂν σ’ ἓναν υποσταθμὸ ἔχουμε ἐγκαταστήσει πέντε μετασχηματιστές των  $100\text{ kVA}$ , θὰ λέμε ὅτι ὁ υποσταθμὸς μας ἔχει ισχύ  $500\text{ kVA}$ , καὶ ὅχι π.χ.  $550\text{ kVA}$  πὺ μπορούμε να πάρουμε για πολὺ λίγο χρόνο ὅμως, π.χ. για μιὰ ὥρα.

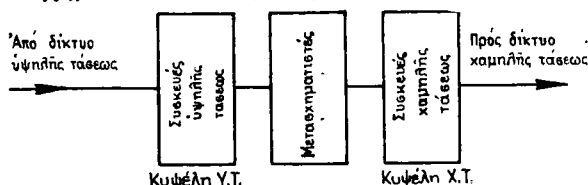
“Ὅταν τὰ δίκτυα διανομῆς εἶναι έναέρια, προτιμοῦμε τίς περισσότερες φορές για λόγους εὐκολίας καὶ οἰκονομίας, να ἔχουμε καὶ τοὺς υποσταθμούς μας έναερίους, δηλαδή ἐγκατεστημένους ἐπάνω σὲ στύλους. Αὐτὸ μπορεῖ να γίνη ὅταν συντρέχουν τὰ ἀκόλουθα :

α) “Αν ἀρκῇ για τὴν τροφοδότηση τοῦ υποσταθμοῦ μόνον ἓνας μετασχηματιστής (σπάνια ὅμως σὲ μερικὲς κατασκευὲς ἔχουμε καὶ δύο μετασχηματιστές), καὶ β) ἂν ὁ μετασχηματιστὴς αὐτὸς εἶναι σχετικὰ μικρός, γιατί ὅταν τὸ βάρος του εἶναι πολὺ με-

γάλο δὲν συμφέρει ἡ ἐναέρια κατασκευή. Συνήθως ἔχομε ἐναέριους ὑποσταθμούς γιὰ ἰσχύ ὥς 250 kVA.

Ὅταν τὰ δίκτυα διανομῆς εἶναι ὑπόγεια ἢ δταν χρειαζόμαστε πολλοὺς μετασχηματιστὲς ἢ πολὺ μεγάλη ἰσχύ, τότε κατασκευάζομε εἴτε τοὺς ἐπιγείους ὑποσταθμούς, δηλαδὴ ὑποσταθμούς μέσα σὲ κλειστοὺς χώρους (καμμιά φορὰ καὶ σὲ ὑπαίθριους, σχ. 10·3 ε) σὲ ἰδιαίτερα σπιτάκια ἢ δωμάτια, ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, εἴτε τοὺς ὑπογείους ὑποσταθμούς ποὺ βέβαια βρίσκονται μέσα σὲ ὑπόγεια.

Κοινὸν χαρακτηριστικὸ ὅμως καὶ στὶς τρεῖς περιπτώσεις εἶναι ὅτι τὸ ρεῦμα στοὺς ὑποσταθμούς ἀκολουθεῖ μιὰ ὁρισμένη ροή, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 10·1 α. Δηλαδὴ πάντα μποροῦμε νὰ διακρίνω-



Σχ. 10·1 α. Γενικὴ διάταξη ὑποσταθμοῦ διανομῆς.

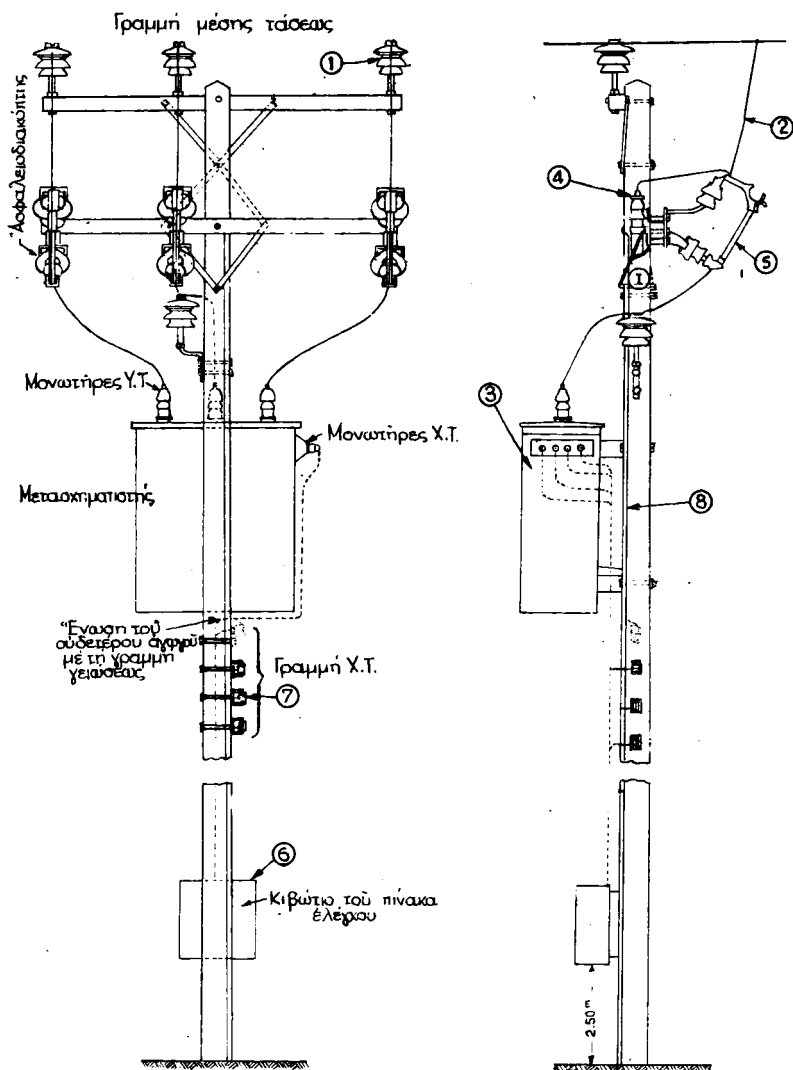
με: 1) τὸ τμήμα ὑψηλῆς τάσεως, 2) τοὺς μετασχηματιστὲς καὶ 3) τὸ τμήμα χαμηλῆς τάσεως.

Παρακάτω θὰ ἐξετάσωμε τὶς τρεῖς περιπτώσεις ὑποσταθμῶν χωριστά.

## 10·2 Ἐναέριοι ὑποσταθμοὶ διανομῆς.

Προτιμοῦμε νὰ ἐγκαθιστοῦμε τοὺς ὑποσταθμούς αὐτοὺς συνήθως σὲ περιοχὲς ὅπου τὰ δίκτυα διανομῆς εἶναι ἐναέρια, μιὰ καὶ ἡ λύση αὐτὴ εἶναι ἡ πιὸ οἰκονομικὴ καὶ δὲν χρειάζεται πολὺ χώρο. Στὴν πραγματικότητα, δηλαδὴ, πρόκειται γιὰ ἓναν μετασχηματιστὴ μὲ τ' ἀπαραίτητα ἐξαρτήματά του, ποὺ τὸν τοποθετοῦμε ἐπάνω σ' ἓναν στύλο μονὸ (σχ. 10·2 α) ἢ διπλό, ἀκόμα καὶ τετραπλό ἐὰν ὁ μετασχηματιστὴς εἶναι μεγάλος (σχ. 10·2 β).

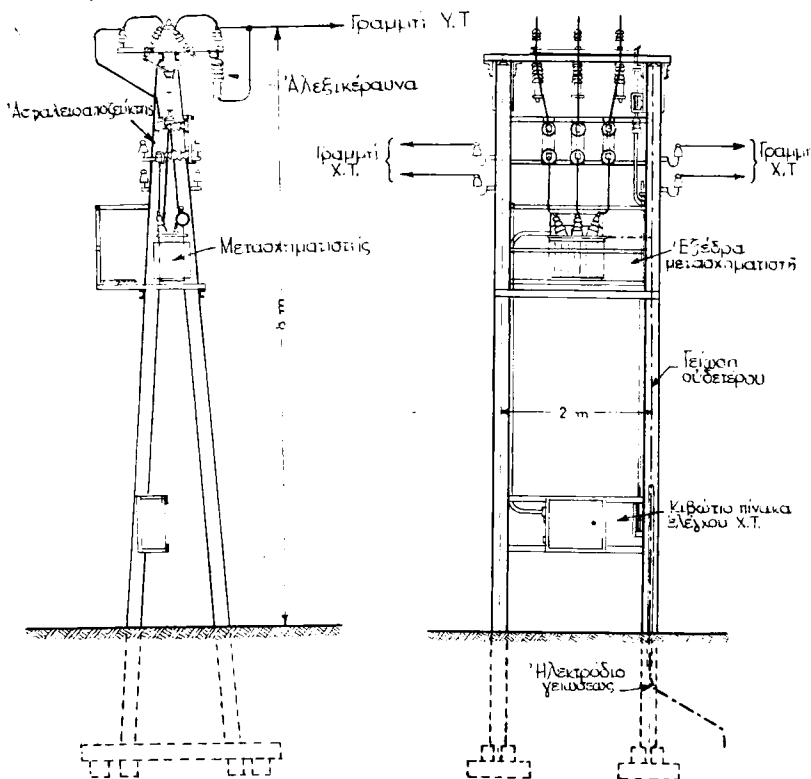
Στις παραστάσεις των σχημάτων αυτών βλέπουμε τις έναέριες γραμμές τής μέσης τάσεως που φέρνουμε για να τροφοδοτή-



Σχ. 10-2 α. Έναέριος υποσταθμός διανομής επάνω σε άπλο στυλό.

σωμε τὸν μετασχηματιστὴ καὶ τὶς ἐπίσης ἐναέριες γραμμὲς χαμηλῆς τάσεως ποὺ ξεκινοῦν γιὰ τὴν κατανάλωσιν.

Στὸ σχῆμα 10·2 α βλέπομε κατὰ σειρά, καὶ σύμφωνα μὲ τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 10·1 α ὅτι: ἡ γραμμὴ φθάνει (1) στοὺς μονωτήρες (τύπου κώδωνος) τοῦ στύλου καὶ διακλαδίζεται (2)



Σχ. 10·2 β. Ἐναέριος ὑποσταθμὸς διανομῆς ἐπάνω σὲ τετράστυλο.

γιὰ νὰ τροφοδοτήσῃ τὸν μετασχηματιστὴ (3), ἀφοῦ περάσῃ ἀπὸ τὰ ἀλεξικέραυνα (4) καὶ τοὺς τρεῖς μονοπολικοὺς ἀσφαλειοδιακόπτες (5). Τοὺς ἀγωγοὺς χαμηλῆς τάσεως τοὺς παίρνουμε ἀπὸ τὸ πλατὺν μέρος τοῦ μετασχηματιστῆ καὶ τοὺς ὀδηγοῦμε πρὸς ἓνα



κιβώτιο (6), μέσα στο οποίο έχουμε ασφάλειες για την προστασία της πλευράς της χαμηλής τάσεως. Μετά το κιβώτιο αυτό ανεβάζουμε την γραμμή μας προς τους μονωτήρες χαμηλής τάσεως (7) απ' όπου το ρεύμα διακλαδίζεται προς το δίκτυο της διανομής.

Παρατηρούμε επίσης τον αγωγό της γειώσεως του άλεξι-κεράννου (8). Σ' αυτόν ενώνουμε και το μεταλλικό σώμα του μετασχηματιστή για λόγους προστασίας. Επίσης και ο ουδέτερος της χαμηλής τάσεως γειώνεται, δηλαδή, συνδέεται αγωγικά με την γη δια μέσου του στύλου αυτού, συνήθως με ξεχωριστή γείωση. (Με τις γειώσεις θ' ασχοληθούμε στην παράγραφο 11·4).

Βλέπουμε λοιπόν ότι το άλεξικέρανο και ο ασφαλειοδιακόπτης αποτελούν τις συσκευές της ύψηλης τάσεως, ενώ το κιβώτιο των ασφαλειών τη συσκευή της χαμηλής τάσεως (σύμφωνα με την παράσταση του σχήματος 10·1 α).

Η κατασκευή αυτή του σχήματος 10·2 α έχει μικρή άντοχή και την χρησιμοποιούμε μόνο για μικρές ισχύεις (μέχρι 25 kVA) στις γραμμές των 15 kV της ΔΕΗ. Για μεγαλύτερες ισχύεις και μάλιστα όταν η γραμμή μέσης τάσεως τερματίζεται στον υποσταθμό μας, πράγμα που απαιτεί πολύ μεγαλύτερη ανθεκτικότητα από τον στύλο, χρησιμοποιούμε σύνθετες κατασκευές, σαν αυτήν του σχήματος 10·2 β, που επαρκεί για υποσταθμό μέχρι 250 kVA.

Στο τελευταίο αυτό σχήμα βλέπουμε έναν αποξεύκτη ύψηλης τάσεως που τον χειριζόμαστε από το έδαφος (ή από την πλατφόρμα του υποσταθμού) με μια μονωτική ράβδο. Τον μετασχηματιστή τον προστατεύουμε πάλι από τους κεραυνούς με άλεξικέρανα και από τα βραχυκυκλώματα ή τις υπερφορτώσεις με ασφάλειες ύψηλης τάσεως. Στην χαμηλή τάση, για την προστασία, μπορούμε να έχουμε ασφάλειες ή αυτόματους διακόπτες στο στεγανό κιβώτιο που φαίνεται κοντά στη βάση του στύλου.

Για την επιθεώρηση του μετασχηματιστή και των άλλων

συσκευῶν τοῦ ὑποσταθμοῦ ὑπάρχει μιὰ πλατφόρμα τοποθετημένη σὲ ὀρισμένο ὕψος καὶ στὴν προέκταση τῆς ἐξέδρας ποὺ ἀποτελεῖ τὴ βάση τοῦ μετασχηματιστῆ. Βέβαια δὲν ἐπιτρέπεται ν' ἀνεβαίνουν σ' αὐτὴν παρὰ μόνον οἱ τεχνίτες συντηρήσεως, γι' αὐτὸ τοποθετοῦμε συνήθως ἐμπόδια στὶς βάσεις τῶν στύλων γιὰ νὰ μὴ μποροῦν νὰ σκαρφαλώνουν ἐπάνω τὰ παιδιὰ.

Εἶναι δυνατόν νὰ ἔχουμε καὶ κατασκευὲς ἀνάλογες μὲ τίς προηγούμενες ἀλλὰ σὲ στύλους τσιμεντένιους ἢ σιδερένιους.

Σὲ ὀρισμένες περιπτώσεις, σπάνιες ὁμως, μπορεῖ ἀντὶ γιὰ ἀσφάλειες ὑψηλῆς τάσεως νὰ ἔχουμε καὶ ἐλαιοδιακόπτες· τοῦτο συμβαίνει ὅταν ἡ ἰσχὺς τοῦ ὑποσταθμοῦ εἶναι πολὺ μεγάλη. Αὐτὸ βέβαια προϋποθέτει διαφορετικὴ κατασκευὴ τοῦ ὑποσταθμοῦ λόγῳ τοῦ ὄγκου τοῦ ἐλαιοδιακόπτη. Ὅμως οἱ ἀσφάλειες ὑψηλῆς τάσεως εἶναι σχεδὸν πάντα ἀρκετές. Πρέπει νὰ ἔχουμε ὑπ' ὄψιν μας ὅτι ἡ τοποθέτησή τους στὶς ἐναέριες κατασκευὲς γίνεται κατὰ τέτοιο τρόπο, ὥστε ὅταν καοῦν, νὰ ἐλευθερώνεται ἡ φύσιγγά τους ἀπὸ τὴν ἐπάνω μεριά, ὁπότε δλόκληρη ἡ ἀσφάλεια ἀναποδογυρίζεται. Αὐτὸ μᾶς διευκολύνει πολὺ στὸ νὰ καταλαβαίνουμε ἀμέσως ποιά ἀσφάλεια ἔχει καεῖ. Γιὰ τὴν ἀντικαταστασὴ τῆς χρησιμοποιοῦμε μὲ μωνωτικὴ ράβδο ὥστε νὰ προστατευώμαστε ἀπὸ ἡλεκτροπληξία.

Γενικὰ ἡ κατασκευὴ τῶν ἐναερίων ὑποσταθμῶν στοιχίζει φθηνότερα ἀπὸ ὅ,τι οἱ ὑπόλοιποι τύποι. Ὅμως τὰ ἐξοδα τῆς συντηρήσεώς τους εἶναι μεγαλύτερα, γι' αὐτὸ μερικὲς χώρες τοὺς ἔχουν ἐγκαταλείψει. Στὴν Ἑλλάδα πάντως ὅλα σχεδὸν τὰ δίκτυα τῆς ΔΕΗ καὶ τῶν παλῶν ἐταιρειῶν (ὅσα εἶναι μακριὰ ἀπὸ τὰ κέντρα πόλεων) ἔχουν ἐναερίους ὑποσταθμοὺς γιὰ λόγους οἰκονομίας.

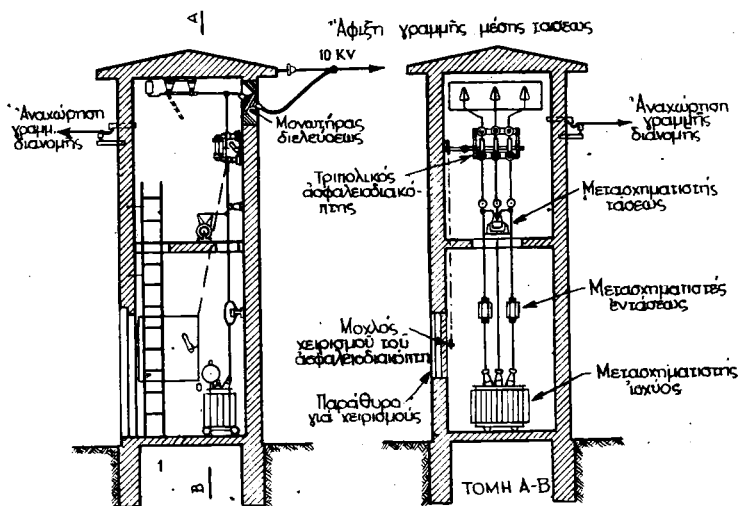
### 10.3 Ἐπίγειοι ὑποσταθμοί.

Ἐκεῖ ὅπου ἡ ἰσχὺς εἶναι πολὺ μεγάλη ἢ ἐκεῖ ὅπου ὁ χῶρος τὸ ἐπιτρέπει ἢ τὸ περιβάλλον μᾶς ἀναγκάζει γιὰ λόγους ἐμφα-

νίσεως ή άσφαλείας, κατασκευάζομε επίγειους υποσταθμούς κλειστούς ή τύπου υπαίθρου.

Τους κλειστούς υποσταθμούς τους έγκαθιστούμε μέσα σέ ειδικά κτίρια ή σέ ιδιαίτερο δωμάτιο μιās κοινής οίκοδομής, ή μέσα σέ ειδικά μεταλλικά περίπτερα, ένώ τους υπαίθριους τους έγκαθιστούμε επάνω στο έδαφος μέσα σέ περίφραγμα.

Τό έσωτερικό των κλειστών υποσταθμών τό χωρίζομε με μεταλλικό πλέγμα, συνήθως σέ δύο μέρη, ώστε νά σχηματίσωμε τίς



Σχ. 10.3 α. 'Επίγειος κλειστός υποσταθμός διανομής μικρής ισχύος.

λεγόμενες *κυψέλες* ύψηλης και χαμηλής τάσεως, σύμφωνα με τό σχήμα 10.1 α. Βέβαια οι κυψέλες αυτές μπορεί νά είναι και περισσότερες τής μιās, ανάλογα με τό μέγεθος του υποσταθμού.

Στό σχήμα 10.3 α φαίνεται ένας επίγειος υποσταθμός εγκαταστημένος μέσα σέ ειδικό πύργο με δύο πατώματα, κατάλληλο για κατευθείαν σύνδεση με έναέριο γραμμή.

Τόν μετασχηματιστή μας τόν προστατεύομε με έναν ασφα-

λειοδιακόπτη πού τὸν χειρίζεσθε ἀπὸ μακριὰ μὲ τὴν βοήθεια ἐνὸς μοχλοῦ πού ὑπάρχει στὸν πίνακα χειρισμοῦ τῆς χαμηλῆς τάσεως. Ὅπως βλέπομε καὶ ἀπὸ τὸ σχῆμα μας εἶναι δυνατόν νὰ ἐκτελοῦμε χειρισμοὺς στὸν πίνακα αὐτὸν χωρὶς νὰ μπαίνωμε μέσα στὸ κτίριο, χάρις σ' ἓνα εἰδικὸ παράθυρο. Τοῦτο μᾶς διευκολύνει πολὺ στὸ νὰ ἀπομονώνωμε γιὰ λόγους ἀσφαλείας τὰ ὑπὸ τάση ἐξαρτήματα τοῦ ὑποσταθμοῦ, προτοῦ μποῦμε μέσα στὸ κτίριο γιὰ συντήρηση ἢ ἐπισκευή. Ἐπίσης μᾶς εἶναι εὐκολο ἔτσι νὰ παρακολουθοῦμε τὰ διάφορα ὄργανα μετρήσεως καὶ προστασίας πού ἔχομε στὸν πίνακα χειρισμῶν χωρὶς, πάλι, νὰ μπαίνωμε μέσα στὸν ὑποσταθμό.

Σὲ ὑποσταθμοὺς τέτοιου τύπου εἶναι ἀπαραίτητο νὰ προβλέπωμε καλὸν ἀερισμό, γιατί τόσο ὁ μετασχηματιστῆς ὅσο καὶ τὰ ἄλλα μηχανήματα δημιουργοῦν θερμότητα πού πρέπει νὰ ἐξουδετερώνεται. Τὸν ἀερισμὸ αὐτὸ τὸν ἐπιτυγχάνομε ἀνοίγοντας δύο εἰδικούς φεγγίτες, ἓναν στὸ κάτω μέρος καὶ ἓναν στὸ ἐπάνω μέρος τοῦ κτιρίου, πού δημιουργοῦν ρεῦμα ἀέρος.

Ἡ μορφή αὐτὴ τοῦ διωρόφου κτιρίου ἔχει τὸ πλεονέκτημα, ὅτι, λόγω τοῦ μεγάλου ὕψους του, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ φέρνωμε κατευθείαν μέσα σ' αὐτὸ τὴν ἐναέρια γραμμὴ (τὸ ὕψος ἀσφαλείας εἶναι περίπου 7 μ.) καὶ ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους πού χρειάζεσθε γιατὴν τὴν ἀνέγερσίν του εἶναι μικρότερη.

Ἀξίζει νὰ προσέξωμε στὸ σχῆμα 10·β αὐτὸ εἶδος τῶν μονωτήρων πού χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸ πέρασμα τῆς γραμμῆς ἀπὸ τὸν τοῖχο. Οἱ μονωτήρες αὗτοι ὀνομάζονται *μονωτήρες διελεύσεως* καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ μιὰ ἐπίπεδη μονωτικὴ πλάκα ἀπὸ πορσελάνη, ἐπάνω στὴν ὁποία ἔχομε προσαρμωμένους δύο συμπαγεῖς μονωτήρες, ἓναν ἀπὸ κάθε πλευρὰ τῆς πλάκας. Γιὰ τὴν ἀγωγήμην σύνδεσιν τῶν δύο κορυφῶν τῶν μονωτήρων, ἀπ' ἑκαστοῦ διαβιβάζομε τὸ ρεῦμα, χρησιμοποιοῦμε μιὰ ἀγωγίμη ράβδον πού διατρέπῃ κάθετα ὅλο τὸ σύστημα τῆς πλάκας καὶ τῶν μονωτήρων.

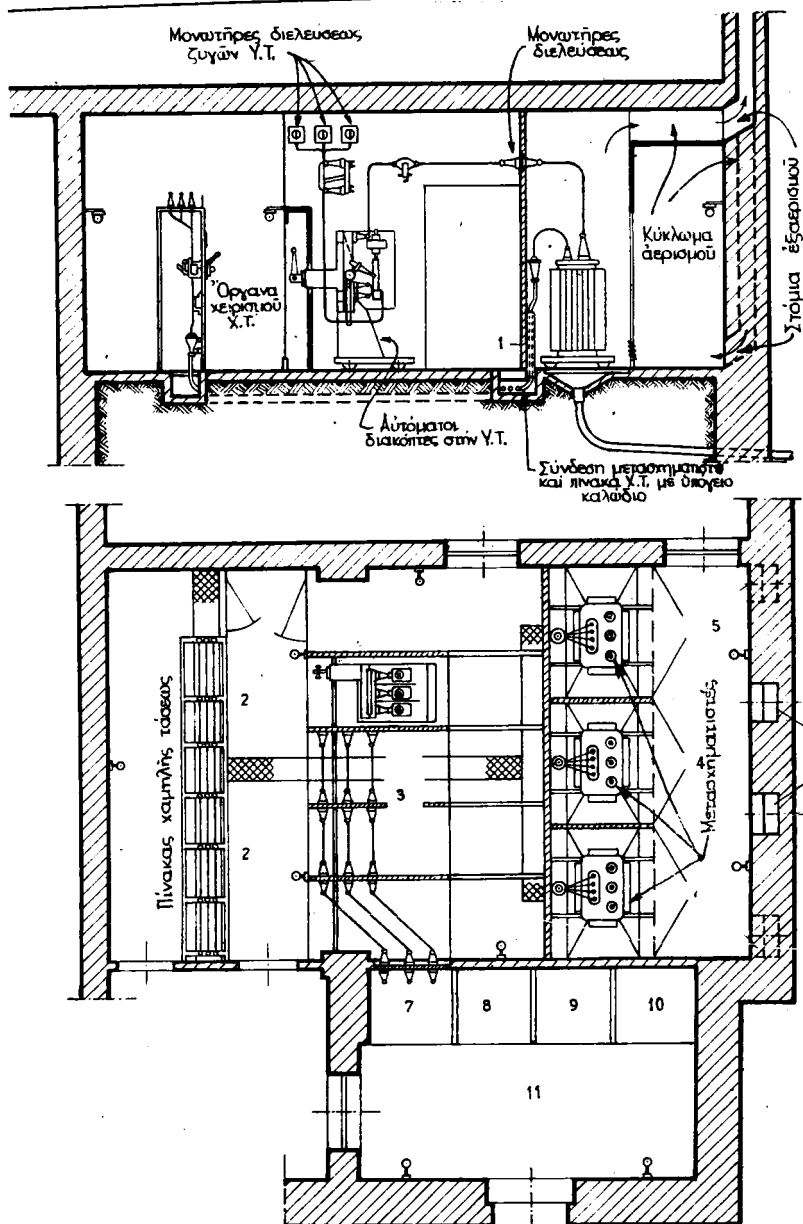
Μία καλὴ ἰδέα τῆς διατάξεως ἑνὸς κλειστοῦ ὑποσταθμοῦ, ἐγκατεστημένου σὲ ἰδιαίτερο δωμάτιο μιᾶς κοινῆς οἰκοδομῆς, μᾶς δίδει τὸ σχῆμα 10·3 β, ὅπου φαίνεται ἓνας ὑποσταθμὸς διανομῆς μὲ 3 μετασχηματιστὲς ποὺ τὸν τροφοδοτοῦμε ἀπὸ ἓνα ὑπόγειο δίκτυο μέσης τάσεως. Ἡ τροφοδότηση αὐτὴ γίνεται μὲ δύο ὑπόγεια καλωδία ποὺ τερματίζονται στὶς κυψέλες (9) καὶ (10) τοῦ θαλάμου ὑψηλῆς τάσεως (11). Μετὰ τὰ ἀκροκινώτια στοὺς χώρους (9) καὶ (10) ἐρχόμαστε σ' ἓναν γενικὸ αὐτόματο διακόπτη, ποὺ ἔχομε στὸ χῶρο (8) (δὲν φαίνεται στὸ σχῆμα) καὶ ἀφοῦ περάσωμε τὰ ὄργανα μετρήσεων τῆς κυψέλης (7) τροφοδοτοῦμε ἓνα σύστημα ζυγῶν (3) ἐσωτερικοῦ τύπου. Ἀπὸ τοὺς ζυγοὺς αὐτοὺς τροφοδοτοῦμε τοὺς τρεῖς μετασχηματιστὲς, ἀφοῦ περάσωμε ἀπὸ αὐτόματους διακόπτες, ἀποζεύκτες κλπ. καὶ μὲ ὑπόγεια καλωδία (1) μεταφέρουμε τὴ χαμηλὴ τάση τῶν μετασχηματιστῶν στὸν πίνακα χειρισμῶν (2) τῆς χαμηλῆς τάσεως.

Τὴν εἴσοδο ὅλων τῶν ὑπογείων καλωδίων στὶς κυψέλες, ὅπως βλέπομε, τὴν προστατεύομε στὰ σημεῖα ποὺ ἐξέρχονται ἀπὸ τὰ κανάλια τοὺς, τοποθετώντας τὰ καλωδία αὐτὰ μέσα σὲ χαλυβδωσολῆνες.

Ἡ προστασία τῆς χαμηλῆς τάσεως καὶ οἱ χειρισμοὶ γίνονται ἀπὸ μικροὺς αὐτόματους διακόπτες, τοὺς ὁποίους ἔχομε στὸν πίνακα τῆς χαμηλῆς τάσεως.

Παρατηροῦμε ὅτι ὅπως καθε μετασχηματιστής, ἔτσι καὶ κάθε αὐτόματος (στὸ σχῆμα τῆς κατόψεως φαίνεται μόνον ὁ ἓνας) ἔχει τὴν δική του κυψέλη, τὴν ὁποία φράσσομε μὲ ἓνα μεταλλικὸ πλέγμα γιὰ προστασία. Καὶ τὰ δύο αὐτὰ μηχανήματα εἶναι μονταρισμένα ἐπάνω σὲ τροχοὺς, ὥστε νὰ μπορούμε νὰ τὰ κυλοῦμε ἐπάνω σὲ σιδηροτροχιὰς καὶ νὰ τὰ μεταφέρωμε γιὰ τὴν τυχὸν ἐπισκευή τους.

Γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸν ἔχομε προβλέψει εἰδικοὺς διαδρόμους πίσω ἀπὸ τὶς κυψέλες τῶν μηχανημάτων.



Σχ. 10-3β. Επίγειος κλειστός ύποσταθμός διανομής μεγάλης ισχύος.

Στὸ σχῆμα 10·3 β φαίνονται καλὰ τὰ στόμια ἑξαερισμοῦ, γιὰ τὰ ὁποῖα μιλήσαμε προηγουμένως. Ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀέρα γίνεται κοντὰ στὸ ἔδαφος, ἐνῶ ἡ ἐξαγωγή γίνεται κοντὰ στὴν ὀροφή. Συνήθως μᾶς ἀρκεῖ ἡ φυσικὴ κυκλοφορία ποὺ δημιουργεῖται ἔτσι. Ἄν ὅμως ἔχουμε ἰδιαίτερα κακὲς συνθήκες ψύξεως (π.χ. λίγο διαθέσιμο ὕψος γιὰ τὴν δημιουργία φυσικοῦ ἀερισμοῦ), καλὸ εἶναι νὰ διευκολύνουμε τὴν ἀλλαγὴ τοῦ ἀέρα μὲ ἓναν ἀνεμιστήρα, ποὺ τὴν λειτουργία του ἐλέγχουμε μὲ θερμοστάτες.

Ὁ τύπος τοῦ ὑποσταθμοῦ τοῦ σχήματος 10·3 β παρουσιάζει πολὺ ἐνδιαφέρον, γιὰτὶ ἀποτελεῖ τὴν τυπικὴ περίπτωσι *ιδιωτικοῦ ὑποσταθμοῦ*.

Ὅνομάζουμε *ιδιωτικὸ* τὸν ὑποσταθμὸ ἐκεῖνον ποὺ ἀνήκει ὄχι στὴν ἐπιχείρηση ποὺ πωλεῖ τὸ ρεῦμα, ἀλλὰ στὸν καταναλωτὴ ποὺ τὸ ἀγοράζει. Ὅταν ἓνας μεγάλος καταναλωτὴς προβλέπη ὅτι θὰ ἔχῃ σημαντικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο, τὸν συμφέρει νὰ ἀγοράζῃ ἀπὸ τὴν ἠλεκτρικὴ ἐταιρεία ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ ὄχι χαμηλῆς, γιὰτὶ τὸ τιμολόγιο τοῦ πρώτου εἶναι ἀρκετὰ πιδ φθηνὸ ἀπὸ τὸ τιμολόγιο τοῦ δευτέρου.

Γι' αὐτὸν τὸ λόγο τὰ περισσότερα ἐργοστάσια, τὰ νοσοκομεῖα, τὰ κτίρια τῶν μεγάλων ἐπιχειρήσεων κλπ. ἔχουν πάντα σχεδὸν ἰδιωτικοὺς ὑποσταθμοὺς, ὅποτε τὸ ἔργο τῆς ἠλεκτρικῆς ἐταιρείας περιορίζεται στὸ νὰ τοὺς προμηθεύει μόνον τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Ἡ φροντίδα καὶ ἡ εὐθύνη γιὰ τὴν παραλαβὴ καὶ διανομὴ τοῦ ρεύματος αὐτοῦ μένει στὸν καταναλωτὴ.

Καταλαβαίνομε, ὅμως, ὅτι στὴν περίπτωσι αὐτῇ ἓνα μέρος τοῦ ὑποσταθμοῦ (ἡ ἀφίξις καὶ ἡ παράδοσις τοῦ ρεύματος) θὰ ἀνήκῃ στὴν ἠλεκτρικὴ ἐταιρεία καὶ τὸ ὑπόλοιπο μέρος (μετασχηματισμός, προστασία, πίνακες διανομῆς) θὰ ἀνήκῃ στὸν καταναλωτὴ.

Ἔτσι ὁ ὑποσταθμὸς, ὅπως ἐκεῖνος, τοῦ σχήματος 10·3 β εἶναι διαμορφωμένος μὲ τέτοιον τρόπο, ὥστε ὁ χώρος (11) νὰ εἶναι στὴν διάθεσι τῆς ἠλεκτρικῆς ἐταιρείας μὲ ἰδιαίτερη κλειδωμένη

είσοδο, ενώ οι υπόλοιποι χώροι μένουν ελεύθεροι για τον πελάτη.

Ύπάρχει ακόμα ένα είδος κλειστών υποσταθμών με το όποιο αξίζει ν' ασχοληθούμε. Πρόκειται για τους υποσταθμούς που τα στοιχεία τους έρχονται έτοιμα, συναρμολογημένα από το έργοστάσιο, και τους όποιους ονομάζουμε υποσταθμούς συναρμολογημένους από το έργοστάσιο.

Αυτοί οι τύποι είναι πολύ πρακτικοί και πολύ εύκολοι κατά την εγκατάστασή τους, γιατί μόνο μερικές ενώσεις χρειαζόμαστε να κάνουμε για να τους θέσουμε σε λειτουργία. Επίσης σε σύγκριση με τους παραπάνω τύπους, πιάνουν πολύ μικρότερο χώρο, συχνά δε μόλις το ένα τέταρτο.

Αρα, οι συναρμολογημένοι υποσταθμοί είναι πολύ οικονομικοί και αποτελούν σήμερα την πιο σύγχρονη και εύκολη λύση στο πρόβλημα των υποσταθμών έσωτερικού χώρου. Για την κατασκευή τους έχουμε στη διάθεσή μας έτοιμα ειδικά μεταλλικά έρθογωνικά στοιχεία υποσταθμών, κατασκευασμένα και τέλεια συναρμολογημένα στα έργοστάσια των κατασκευαστών, με όλα τα όργανα, μηχανήματα και συρματώσεις στην θέση τους, που τα χρησιμοποιούμε σαν υποσταθμούς διανομής κλειστού τύπου με ισχύ 50 kVA ως 500 kVA, και για ύψηλή τάση ως 20 kV.

Τα στοιχεία αυτά των υποσταθμών τα έχουμε τυποποιημένα σε αντίστοιχες κυψέλες με μεγάλη ποικιλία, ώστε να μπορούμε να κατασκευάζουμε όποια συνδεσμολογία θέλουμε, και σε ό,τι μέγεθος ισχύος επιθυμούμε. Π.χ., διαθέτουμε μια σειρά τυποποιημένες κυψέλες με τα διάφορα μεγέθη ακροκίθωτων για υπόγεια καλώδια και μπάρες διανομής, μια άλλη σειρά με αυτόματους διακόπτες, μια άλλη με αποξεύκτες και αναχωρήσεις κλπ. Η κατασκευή αυτή πλεονεκτεί, γιατί έχουμε έτσι την δυνατότητα να επεκτείνουμε όπως θέλουμε τον υποσταθμό μας, προσθέτοντας ανάλογες κυψέλες, την μία πλάι στην άλλη, όπως μάς δείχνει το σχήμα 10·3 γ.

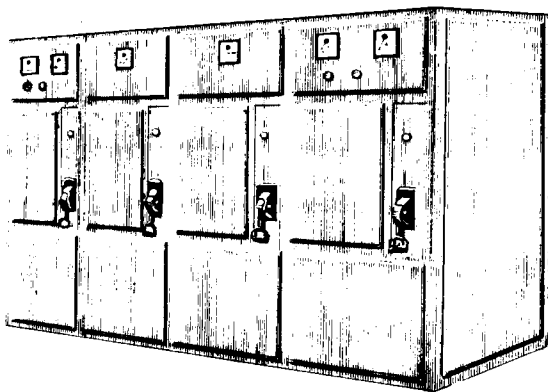
Οι κυψέλες αυτές είναι προσιτές για επιθεώρηση ή επι-



σκευή τῶν μηχανημάτων τους καὶ ἀπὸ τὴν ἐμπρὸς καὶ ἀπὸ τὴν ἐπίσθιά τους ἐπιφάνεια ποὺ ἀνοίγει σὰν πόρτα. Πάντως δὲν χρειάζεται νὰ τίς ἀνοίγουμε παρὰ μόνο γιὰ συντήρηση, μιὰ καὶ μπορούμε νὰ ἐκτελοῦμε τοὺς διάφορους χειρισμοὺς ἀπὸ τοὺς μοχλοὺς ποὺ ὑπάρχουν στὴν πρόσοψή τους.

Μιὰ ἰδέα γιὰ τὴ διάταξη ποὺ ἔχει μιὰ τέτοια κυψέλη κατάλληλη γιὰ ἀναχωρήσεις ὑπογείων καλωδίων μέσης τάσεως μᾶς δίνει τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 10·3 δ.

Τελειώνοντας τὴν περιγραφή τῶν ἐπιγείων ὑποσταθμῶν θὰ ποῦμε δυὸ λόγια καὶ γιὰ τοὺς ἐπιγείους ὑποσταθμοὺς ὑπαιθρίου τύπου.

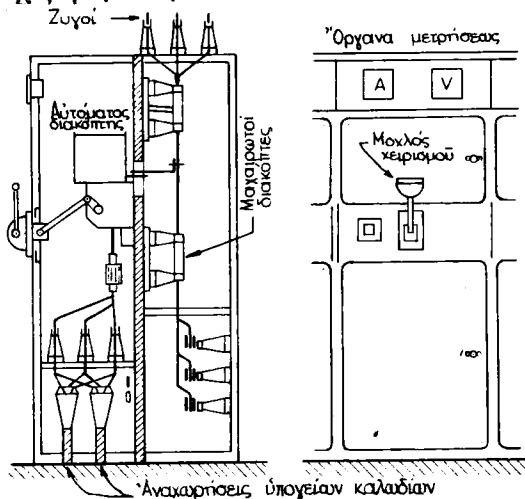


Σχ. 10·3 γ. Ὑποσταθμὸς διανομῆς συναρμολογημένος ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιο.

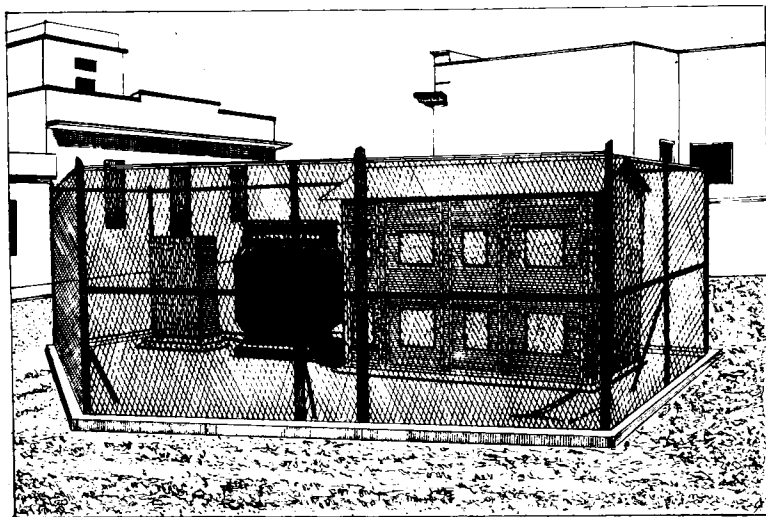
Τοὺς ὑποσταθμοὺς αὐτοὺς τοὺς κατασκευάζουμε ἐκεῖ ὅπου χρειάζομαστε ἰσχύ μεγαλύτερη ἀπ' ὅ,τι μπορεῖ νὰ κρατήσῃ μιὰ ἐνέργεια κατασκευή, καὶ συγχρόνως δὲν θέλομε νὰ ξοδέψουμε πολλὰ χρήματα γιὰ νὰ κατασκευάσωμε ἓναν κλειστὸ ὑποσταθμὸ. Ἔτσι ἐξοικονομοῦμε τὸ μεγαλύτερο μέρος ἀπὸ τὰ ἐξοδα τοῦ κιτρίου.

Ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 10·3 ε περιφράσσουμε μὲ ἓνα μεταλλικὸ πλέγμα τὸν ὑποσταθμὸ μας, ὥστε νὰ μὴ μποροῦν νὰ τὸν πλησιάσουν ἀναρμόδια ἄτομα. Μέσα στὸ περίφραγμα τοποθετοῦμε τὸν μετασχηματιστὴ ποὺ πρέπει νὰ εἶναι τύπου ὑπαίθρου (κατα-

σκευασμένος έτσι, ώστε να άντέχει σε βροχή, ήλιο κλπ.) καθώς και δύο κυφέλες των οργάνων έλέγχου, μιὰ για τήν ύψηλή και μιὰ για τήν χαμηλή τάση.



Σχ. 10-3 δ. Τομή και πρόσθια όψη κυψέλης ύποσταθμού συναρμολογημένου από τὸ εργοστάσιο.



Σχ. 10-3 ε. Επίγειος ύποσταθμός ύπαιθριου τύπου.

Καμμιά φορά δὲν χρησιμοποιοῦμε κυψέλες, ἀλλὰ τότε πρέπει δλα τὰ μηχανήματα νὰ εἶναι ὑπαιθρίου τύπου, ὥστε νὰ ἀντέχουν/στὶς καιρικὲς μεταβολές.

Στὴν περίπτωση ποὺ ἡ μέση ἢ ἡ χαμηλὴ τάση φθάνουν ἢ φεύγουν ἀπὸ τὸν ὑποσταθμὸ μὲ ἐναέριο δίκτυο, ἔχομε εἰδικῆς κατασκευῆς τελικοὺς στύλους γιὰ τὴ σύνδεση τοῦ μετασχηματιστῆ μὲ τὶς γραμμὲς μας.

#### 10·4 Ὑπόγειοι ὑποσταθμοί.

Ἔτσι χαρακτηρίζομε τοὺς ὑποσταθμοὺς τοὺς ὁποίους κατασκευάζομε κάτω ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Χρησιμοποιοῦμε πολὺ αὐτὸ τὸ εἶδος τῶν ὑποσταθμῶν, ἰδίως στὸ κέντρο τῶν πόλεων ὅπου δὲν ἔχομε διαθέσιμο χῶρο γιὰ ἐπίγειο κτίριο καὶ οὔτε ἐπιτρέπεται γιὰ λόγους ἐμφάνισης ἐναέρια κατασκευή.

Ἰδιαίτερα προτιμοῦμε νὰ ἐγκαθιστοῦμε τέτοιους σταθμοὺς κάτω ἀπὸ μικρὰ πάρκα ποὺ βλέπομε στὸ κέντρο τῶν πλατειῶν μέσα στὶς πόλεις ἢ κάτω ἀπὸ πλατεῖς δρόμους (στὸ χῶρο ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸ κεντρικὸ πεζοδρόμιο τῶν δρόμων αὐτῶν) ἢ στὴν ἀνάγκη κάτω ἀπὸ φαρδεῖα πεζοδρόμια. Προτιμοῦμε νὰ δίνωμε στενόμακρο σχῆμα στοὺς ὑπογείους ὑποσταθμοὺς ἔτσι, ὥστε νὰ μὴν καλύπτουν πολὺ μεγάλο χῶρο πρὸς τὴν διεύθυνση τῶν δρόμων, ἀλλὰ νὰ περιορίζωνται ὅσο εἶναι δυνατόν κάτω ἀπὸ τὰ πεζοδρόμια.

Ὅταν σχεδιάζωμε τοὺς ὑποσταθμοὺς αὐτοὺς ἔχομε νὰ λύσωμε δυὸ πολὺ δύσκολα προβλήματα. Τὸ ἓνα εἶναι τὸ πρόβλημα τῆς στεγανότητος ποὺ πρέπει νὰ ἐξασφαλίζωμε γιὰ νὰ μὴν βλάπτονται ἀπὸ τὸ νερὸ ἢ τὴν ὑγρασία οἱ ἐγκαταστάσεις μας, καὶ τὸ ἄλλο εἶναι τὸ πρόβλημα τοῦ ἀερισμοῦ ὁ ὁποῖος χρειάζεται ἀπαραίτητα γιὰ νὰ ρυθμίζωμε τὴ θερμοκρασία ὥστε νὰ μὴν ζεσταίνωνται ὑπερβολικὰ τὰ μηχανήματά μας.

Εἶναι δύσκολο νὰ λύσωμε ἱκανοποιητικὰ καὶ τὰ δύο αὐτὰ

προβλήματα συγχρόνως. Ἐτοι π.χ. ἂν ἔχωμε τελείως στεγανὴ κατασκευὴ δὲν θὰ ὑπάρχει διόλου ἀερισμός.

Ἀνάλογα μὲ τὶς τοπικὲς συνθήκες λοιπόν, χρησιμοποιοῦμε διάφορες διατάξεις, ὥστε ἡ κυκλοφορία π.χ. τοῦ ἀέρα νὰ μὴν κινδυνεύῃ νὰ μᾶς φέρῃ καὶ νερὸ στὸ ὑπόγειο.

Γιὰ νὰ ἐπισκεπτώμαστε τοὺς ὑπογείους ὑποσταθμοὺς κατασκευάζομε μιὰ ἀνθρωποθυρίδα μὲ σκέπασμα ποὺ κλειδώνει, καὶ στὸν τοίχο συνήθως τοποθετοῦμε σιδερένια σκαλοπάτια γιὰ τὸ κατέβασμα.

Γιὰ τὴν τοποθέτηση τῶν διαφόρων μηχανημάτων στὴν θέσιν τους καὶ πιδὸ πολὺ γιὰ τοὺς ὀγκώδεις μετασχηματιστές, ἔχομε ἀνάγκη ἀπὸ ἓνα δεύτερο ἀνοίγμα, πολὺ πιδὸ μεγάλο ἀπὸ τὴν ἀνθρωποθυρίδα ποὺ τὸ σκεπάζομε πιδὸ μόνιμα, μιὰ ποὺ σπάνια χρειάζεται νὰ τὸ ἀνοίγωμε.

Γιὰ κάθε ἐνδεχόμενο, ὅμως, φροντίζομε τὸ πάτωμα τοῦ ὑποσταθμοῦ μας νὰ ἔχῃ ἀποχέτευση, ὥστε νὰ διώχνωμε εὐκολα τὰ νερά, ποὺ παρ' ἔλα τὰ εἰδικὰ μέτρα μας μπορεῖ νὰ μαζευθοῦν.

Στὸ σχῆμα 10·4 α βλέπομε ἓνα τυπικὸ παράδειγμα ὑπογείου ὑποσταθμοῦ, τοποθετημένου κάτω ἀπὸ ἓνα φαρδὸν πεζοδρόμιο.

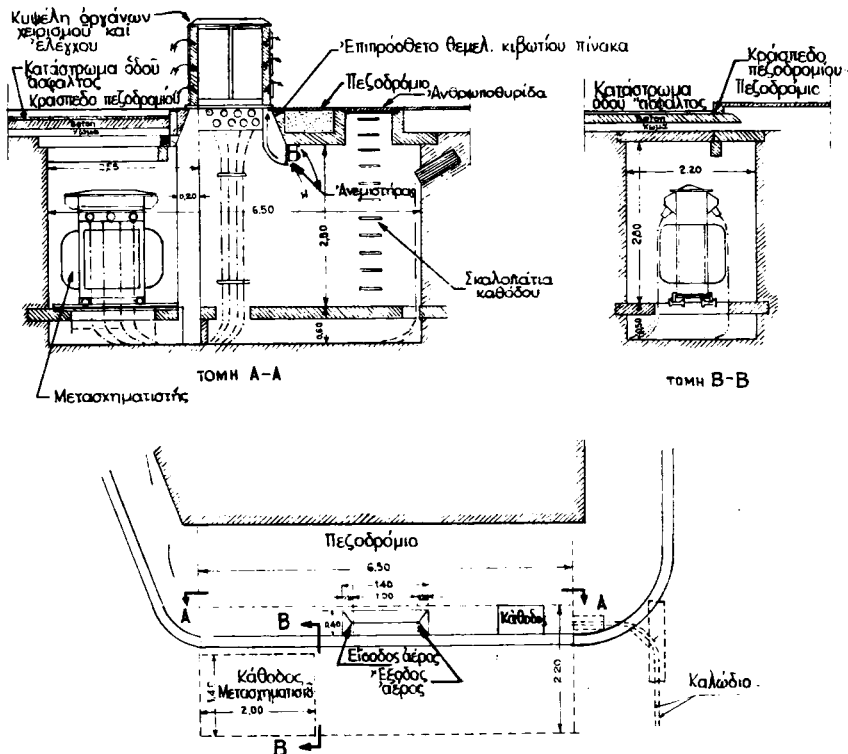
Ἀξιῶζει νὰ προσέξωμε στὴν παράσταση αὐτὴ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο λύνομε τὸ πρόβλημα τοῦ ἀερισμοῦ, χάρις σὲ μιὰ στεγανὴ κλειστὴ κυψέλη ποὺ περιέχει τὰ ὄργανα χειρισμοῦ καὶ ἐλέγχου τῆς χαμηλῆς τάσεως. Τὰ ὄργανα αὐτὰ τὰ τοποθετοῦμε στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους γιὰ νὰ μὴν εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ κατεβαίνωμε κάτω γιὰ νὰ ἐκτελοῦμε τοὺς χειρισμούς.

Τὸ περιβλήμα τῆς κυψέλης ἔχει περσιίδες (γρίλιες) καὶ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρα τὴν πραγματοποιοῦμε μὲ τὴν βοήθεια ἐνὸς ἀνεμιστήρα, ποὺ βάζομε κοντὰ στὴν ὀροφή τοῦ ὑποσταθμοῦ, καὶ ὁ ὁποῖος ἀναρροφᾷ τὸν ζεστὸ ἀέρα καὶ τὸν διώχνει πρὸς τὰ ἔξω.

Τὰ διάφορα μηχανήματα καὶ ὄργανα ποὺ τοποθετοῦμε στοὺς

υπογείους ύποσταθμούς είναι τὰ συνηθισμένα ἐσωτερικοῦ τύπου, μὰ καὶ ἐκεῖ δὲν προσβάλλονται ἀπὸ νερά.

Τελευταῖα χρησιμοποιοῦμε καὶ ἐδῶ τὶς μονάδες τὶς συναρμολογημένες ἀπὸ τὸ ἐργοστάσιο, γιὰ τὶς ὁποῖες μιλήσαμε στὴν



Σχ. 10·4 α. Κάτοψη καὶ τομὲς ἐνὸς ὑπογείου ὑποσταθμοῦ διανομῆς.

παράγραφο 10·3, ἀφοῦ ἔχομε μ' αὐτὲς φθηνὴν κατασκευὴν καὶ ἐξοικονόμηση χώρου.

Πάντως γιὰ πίνακες χαμηλῆς τάσεως προτιμοῦμε συχνὰ τὶς ἐπίγειες κυψέλες, ποὺ βλέπομε στὸ σχῆμα 10·4 α, καὶ ποὺ μᾶς ἐξασφαλίζουν εὐκολοὺς χειρισμούς.

Τέλος, ὑπάρχει καὶ ἡ περίπτωση ὑπογείου ὑποσταθμοῦ χωρὶς κτίριο, ὅπου δηλαδὴ θάβομε τὸν μετασχηματιστὴ κατευθεῖαν στὸ ἔδαφος ἀφήνοντας λίγο χωρὸ ἀπὸ ἐπάνω γιὰ τὴν συντήρησή του. Τὰ διάφορα ὄργανα γιὰ τὸν ἔλεγχον καὶ τοὺς χειρισμοὺς τὰ βάζομε σὲ ἐπίγειες κυψέλες σὰν αὐτὲς ποὺ εἶδαμε παραπάνω.

Δὲν χρησιμοποιοῦμε ὅμως συχνὰ τὴ διάταξη αὐτὴ γιὰτι ἔχει πολλὰ μειονεκτήματα καὶ προπαντὸς κακὴ ψύξη.

## ΓΡΑΜΜΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

## 11.1 Γενικές έννοιες και υλικά.

Οι γραμμές χαμηλής τάσεως είναι εκείνες που συνδέουν τους υποσταθμούς με τους καταναλωτές. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν οι πελάτες που χρησιμοποιούν ρεύμα υψηλής τάσεως (παράγρ. 10.3), και οι όποιοι συνδέονται απ' ευθείας με τη μέση τάση.

Γενικά την τροφοδότηση αυτή την χωρίζουμε σε δύο στάδια :

—Το πρώτο στάδιο αρχίζει από τον υποσταθμό διανομής, συνεχίζεται στα δίκτυα χαμηλής τάσεως και στις λεγόμενες παροχές, δηλαδή στις συνδέσεις του δικτύου με τους καταναλωτές, και τελειώνει στον μετρητή ηλεκτρικής ενεργείας (ή γνώμονα), που απαραίτητα τοποθετούμε σ' όλους τους πελάτες για να μετρούμε την κατανάλωσή τους. Μ' αυτό το πρώτο στάδιο θ' ασχοληθούμε στο Κεφάλαιο αυτό.

—Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την διανομή του ρεύματος μέσα στον χώρο του πελάτη και αποτελεί την λεγόμενη έσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση. Έδω δὲν θὰ ασχοληθούμε με τις έσωτερικές εγκαταστάσεις γιατί αυτές αποτελούν τὸ θέμα ἑνὸς ἄλλου βιβλίου (τοῦ Δ'. τόμου τῆς Ἡλεκτροτεχνίας).

Στὰ προηγούμενα Κεφάλαια ἐξετάσαμε ὅλα σχεδὸν τὰ υλικά που χρησιμοποιούμε στὴν κατασκευὴ τῶν δικτύων χαμηλῆς τάσεως, εἴτε ἐναέρια εἶναι αὐτά, εἴτε ὑπόγεια.

Ἀναφέραμε ὅτι στὰ ἐναέρια δίκτυα χαμηλῆς τάσεως χρησιμοποιούμε ὡς ἄγωγους πολὺ συχνὰ χάλκινα γυμνά σύρματα, δηλαδή σύρματα χωρὶς μόνωση, σύμφωνα με τις τυποποιημένες διατομές τοῦ Πίνακα ΙΙΙ. Ἀλουμινένιους ἄγωγους μεταχειριζόμαστε

πολύ λιγότερο, γιατί οι ενώσεις χαλκού-άλουμινίου εμφανίζουν πολλές ανωμαλίες στα σημεία επαφής των δύο μετάλλων και γι' αυτό προτιμούμε να τις αποφεύγουμε. Αυτό στις ύψηλες τάσεις δεν μας πειράζει πολύ, γιατί εκεί τα σημεία συνδέσεως (διακλαδώσεων κ.λ.π.) είναι ελάχιστα, ενώ στη χαμηλή τάση είναι πάρα πολλά. Έπειδή λοιπόν κάθε τόσο κάνουμε διακλαδώσεις παροχών, που γίνονται πάντα με χαλκό, γι' αυτό θα είχαμε αναγκαστικά πολλές επαφές χαλκού-άλουμινίου αν χρησιμοποιούσαμε και στα δίκτυα Χ.Τ. μόνο άγωγους αλουμινίου, πράγμα που, όπως είπαμε, καλό είναι να αποφεύγουμε.

Ποτέ δεν χρησιμοποιούμε στα δίκτυα χαμηλής τάσεως άγωγους γής, σαν αυτούς που είδαμε στις γραμμές μεταφοράς και σε μερικές γραμμές μέσης τάσεως.

Τις ενώσεις των άγωγών τις έκτελούμε με τη βοήθεια *συνδέσμων* διαφόρων τύπων, σαν αυτούς που είδαμε στην παράγραφο 7·1, και μάλιστα με τους *σωληνωτούς συνδέσμους* (σχ. 7·1 ε) και με τους *διακλαδωτήρες* (σχ. 7·1 θ). Αυτοί είναι οι τύποι που χρησιμοποιούνται περισσότερο στη χαμηλή τάση.

Οι στύλοι των γραμμών χαμηλής τάσεως είναι μικρότεροι στο ύψος και στις υπόλοιπες διαστάσεις από τους στύλους της μέσης τάσεως (παράγρ. 9·3) και τις περισσότερες φορές, για λόγους οικονομίας, είναι ξύλινοι.

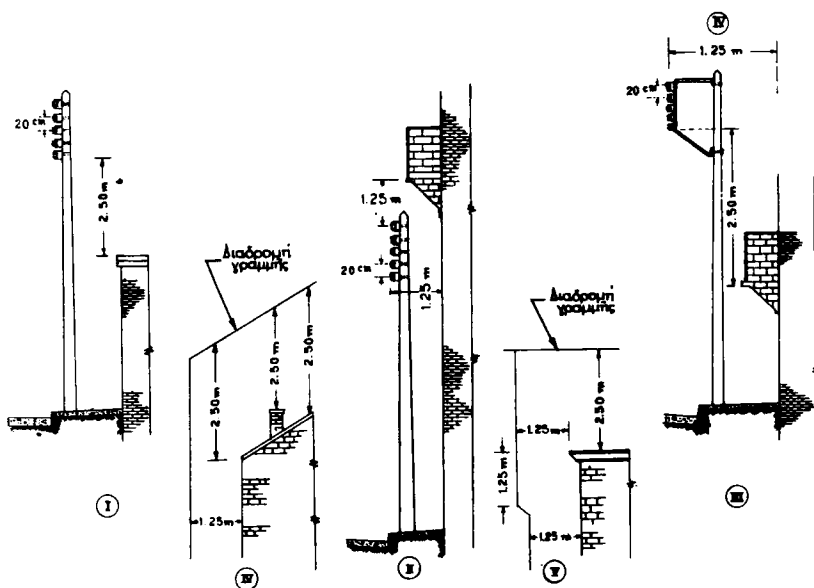
Έπειδή η τάση των γραμμών διανομής είναι πολύ μικρή, σε σύγκριση με την τάση των γραμμών ύψηλης ή μέσης τάσεως, έχουμε τη δυνατότητα να κατασκευάζουμε γραμμές διανομής πολύ πιο κοντινές σε σπίτια και άλλα κτίρια. Τουτό μπορούμε να το αντιληφθούμε από το σχήμα 11·1 α, που μας δίνει τις αναγκαίες ελάχιστες αποστάσεις των γραμμών 220/380 V από κτίρια, σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΔΕΗ.

Ένα νέο είδος υποστηρίγματος έναερίου γραμμής, το οποίο δεν αναφέραμε ως τώρα, μιὰ και το χρησιμοποιούμε μόνο για



γραμμές χαμηλής τάσεως, είναι οι λεγόμενοι *στυλίσκοι κτιρίου* ή *κονσόλες*, (σχήμα 11.1 β).

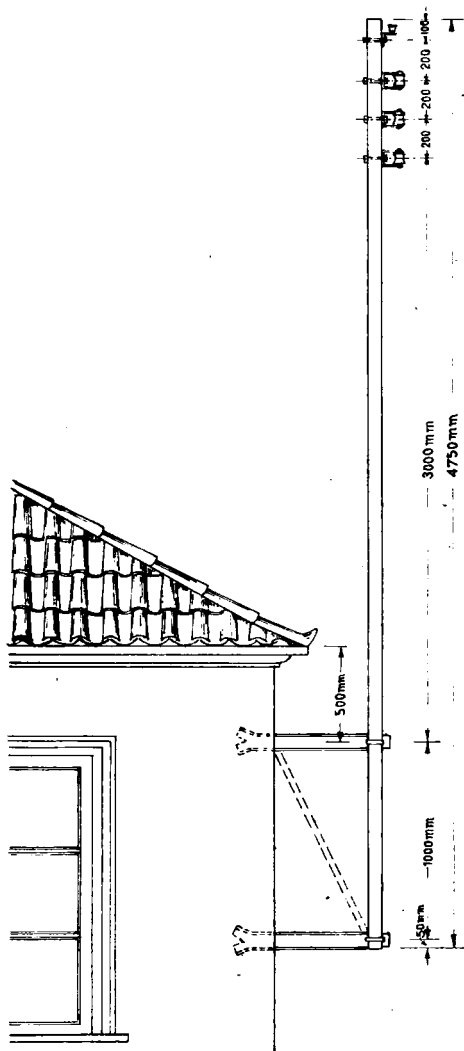
Οι στυλίσκοι αυτοί κατασκευάζονται συνήθως από ένα κομμάτι χαλυβδοσωλήνα ή σιδερογωνιάς μήκους 3,5 έως 4,8 m. Το κάτω μέρος τους το στηρίζουμε όχι μέσα στο έδαφος, αλλά στην πρόσφυγ των σπιτιών, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.1 β.



Σχ. 11.1 α. 'Ελάχιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις γραμμών 220/380 V από κτίρια.

Στο πάνω μέρος του στυλίσκου τοποθετούμε τους μονωτήρες της γραμμής και στηρίζουμε τους αγωγούς, όπως κάναμε και στους κοινούς στύλους που είδαμε ως τώρα. Με τον τρόπο αυτόν έχουμε σημαντική οικονομία σε δαπάνη και χώρο και γι' αυτό χρησιμοποιούμε πολύ τέτοιους στυλίσκους σε μικρά χωριά, όπου οι δρό-

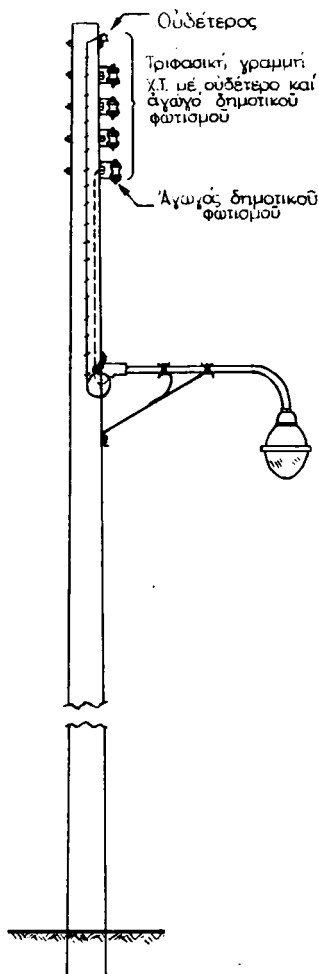
μοι είναι στενοί και δεν υπάρχουν πεζοδρόμια. Επίσης, οι στυλίσκοι αυτοί είναι πάρα πολύ χρήσιμοι στην κατασκευή των παροχών.



Σχ. 11.1 β. Στυλίσκος κτιρίου κατάλληλος για στήριξη γραμμής Χ.Τ.

Άλλης μορφής στύλους χαμηλής τάσεως χρησιμοποιούμε όταν έχουμε να στηρίξουμε όχι μόνο τους άγωγούς, αλλά και τα φώτα των δρόμων, όταν δηλαδή τους χρησιμοποιούμε και ως φανοστάτες.

Τότε, όπως βλέπουμε στο σχήμα 11·1 γ, η γραμμή διανομής



Σχ. 11·1 γ. Στύλος γραμμής Χ.Τ. που χρησιμεύει και για φανοστάτης.

έκτος από τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο (έφ' όσον είναι τρι-  
φασική, ), θα έχη και έναν ιδιαίτερο πέμπτο άγωγό για την τρο-  
φοδότηση του δημοτικού φωτισμού. "Αν τροφοδοτούσαμε τά φωτα  
μας κατευθείαν από μια από τις φάσεις, οί λάμπες θα άναθαν  
μέρα - νύκτα άφου δέν θα είχαμε τρόπο διακοπής. Γι' αυτό, ό ιδι-  
αίτερος πέμπτος άγωγός τής γραμμής, που τον περνούμε από τον  
γενικό διακόπτη του δημοτικού φωτισμού, μάς είναι άπαραίτητος.

Τέλος, έχομε και την περίπτωση κατά την όποία τοποθε-  
τούμε τή γραμμή διανομής χαμηλής τάσεως επάνω σέ στύλους  
μέσης τάσεως, όπως είδαμε στην παράγραφο 9·3 (σχ. 9·3 β).  
Στήν περίπτωση αυτή έχομε τις λεγόμενες *μικτές γραμμές*, που  
πολλές φορές τις χρησιμοποιούμε γιατί είναι οικονομικότερες από  
όύ άνεξάρτητες γραμμές, μιας ύψηλής και μιας χαμηλής τάσεως.

"Ενα άλλο στοιχείο των γραμμών χαμηλής τάσεως είναι:  
και οί *μονωτήρες* Χ. Τ., που τους κατασκευάζομε ακόμα πιο μι-  
κρούς από τους μονωτήρες μέσης τάσεως, που εξετάσαμε στην πα-  
ράγραφο 9·3.

Συνήθως για την κατασκευή των μονωτήρων αυτών χρησι-  
μοποιούμε πορσελάνη, είναι όμως δυνατό νά χρησιμοποιήσωμε και  
γυαλί. Γενικά για όλο τó μήκος μιας γραμμής χρησιμοποιούμε μο-  
νωτήρες χαμηλής τάσεως τύπου «μονωτήρων με στήριγμα» και  
μάλιστα τύπου «κώδωνα», ένω για τά τέρματα τής γραμμής χρη-  
σιμοποιούμε μονωτήρες τύπου «κυλινδρικού» (σχ. 11·1 δ).

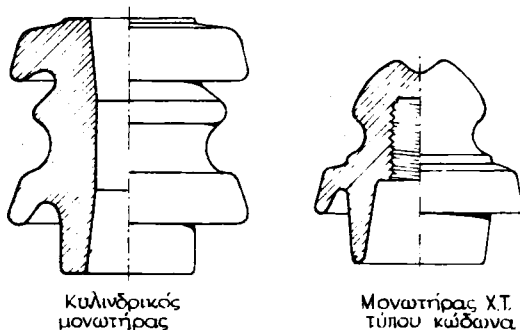
Τελειώνοντας με τά έναέρια δίκτυα, ως δούμε τί όργανα  
προστασίας και έλέγχου έχομε στην χαμηλή τάση.

Γιά τους αυτόματους διακόπτες και τις ασφάλειες, που μετα-  
χειριζόμαστε για νά προστατεύωμε τις γραμμές μας στó σημείο  
τής άναχωρήσεως από τους ύποσταθμούς, μιλήσαμε σέ προηγού-  
μενα Κεφάλαια (παράγρ. 8·2 και παράγρ. 9·3). Τò μόνο νέο  
όργανο που συναντούμε εδώ είναι: οί λεγόμενες *άκρoσφάλειες*, δη-  
λαδή ένα είδος ασφάλειες που δέν τις τοποθετούμε σέ πίνακες,

ἀλλὰ ἐπάνω στίς ἐναέριες γραμμές καί μάλιστα στά σημεῖα ποῦ οἱ γραμμές μας διακλαδίζονται.

Οἱ ἀσφάλειες αὐτὲς μοιάζουν μὲ μικροὺς μονωτῆρες, ποῦ ἐνώνουν δυὸ τμήματα μιᾶς γραμμῆς. Καί ἐδῶ πάλι ἔχομε ἓνα νῆμα μέσα στὴν ἀκрасφάλεια, τὸ ὁποῖο λυώνει· σὲ περίπτωσι βλάβης καί μιᾶς ἀπομονώνει ἔτσι τὴν διακλάδωσι ποῦ ἔχει ὑποστῇ τῇ ζήμιᾳ. Μ' αὐτὸν τὸν τρόπο οἱ ὑπόλοιπες διακλαδώσεις δὲν ἐνοχλοῦνται ἀπὸ τὴν ἀνωμαλία (σχ. 11·1 ε).

Τὸ μόνο μειονέκτημα ποῦ παρουσιάζει ἡ ἀκрасφάλεια εἶναι ὅτι ὅταν κατῇ, ἡ ἀλλαγὴ τῆς ἀπαιτεῖ πολὺ χρόνο, ἐπεὶδὴ δὲν μπο-



Σχ. 11·1 δ. Μονωτήρες Χ.Τ.

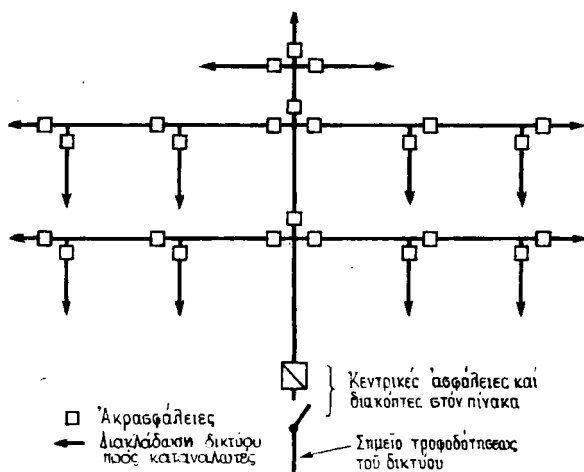
ροῦμε νὰ τὴν πλησιάζωμε εὐκόλα, ὅπως πλησιάζομε τὴν κοινὴ ἀσφάλεια τοῦ πίνακα. Πάντως γιὰ νὰ γίνηται αὐτὴ ἡ ἀντικατάσταση εὐκολώτερα τοποθετοῦμε τίς ἀκрасφάλειες κοντὰ στοὺς στύλους.

Στὴν παράγραφο 9·4 μιλήσαμε γιὰ τὰ ὑλικά τῶν ὑπογείων δικτύων. Στοις Πίνακες VI καί VIII ἔχομε συγκεντρώσει τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν ὑπογείων καλωδίων χαμηλῆς τάσεως, ποῦ εἶναι τὰ βασικὰ στοιχεῖα αὐτῶν τῶν δικτύων.

Ὅλα ὅσα ἀναφέραμε στὴν παράγραφο 9·4, σχετικὰ μὲ τὴν ἐπίδρασι τῆς θερμοκρασίας στὴν ἐπιτρεπόμενη ἔντασι ρεύματος

καθώς και με την μείωση της έντάσεως αυτής σε περίπτωση πολλών καλωδίων, κ.λ.π., ισχύουν και για την χαμηλή τάση.

Στήν ίδια παράγραφο ασχοληθήκαμε αναλυτικά με την τοποθέτηση των υπογείων καλωδίων, καθώς και με τα εξαρτήματά τους (κιβώτια διακλαδώσεως, κιβώτια ενώσεως και άκροκιβώτια), έτσι, ώστε να μὴ χρειάζεται να προσθέσουμε ἐδῶ τίποτα παραπάνω.



Σχ. 11.1 ε. Προστασία δικτύου με άκροσφάλειες.

## 11.2 Ὑπολογισμὸς δικτύων χαμηλῆς τάσεως.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν μελέτη τῆς διαδρομῆς τῶν γραμμῶν ποὺ θὰ ἀκολουθήσουμε κατὰ τὴν χάραξη τῶν τροφοδοτικῶν γραμμῶν τοῦ δικτύου μας, γιὰ τὴν ὁποία ἔχομε μιλήσει· στὴν παράγραφο 9.1, πρέπει νὰ ἔχομε ὑπ' ὄψιν μας ἀκόμα δύο μελέτες ποὺ χρειάζεται νὰ ἐκτελέσουμε προτοῦ κατασκευάσουμε τὶς γραμμές μας.

Πρέπει, δηλαδή νὰ κάνουμε τὸν μηχανικὸ καὶ τὸν ἠλεκτρικὸ ὑπολογισμὸ κάθε κομματιοῦ τοῦ δικτύου.

—Ὁ μηχανικὸς ὑπολογισμὸς γίνεται μόνο γιὰ τὰ ἐναέρια δίκτυα καὶ ἀφορᾷ στὴν ἐκλογὴ τοῦ καταλλήλου στύλου, ἐπάνω

στὸν ὁποῖο θὰ μπορέσωμε νὰ στηρίξωμε τοὺς ἀγωγούς ποὺ ἔχομε διαλέξει σύμφωνα μὲ τὸν ἡλεκτρικὸ ὑπολογισμό. Ἐχομε ἀναφέρει παραπάνω, ὅτι δὲν εἶναι μόνον τὸ βάρος τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν μονωτήρων ποὺ πρέπει νὰ υπολογίζωμε σὰν φορτίο τῶν στύλων, ἀλλὰ ἀκόμη καὶ τὴ δύναμη τοῦ ἀνέμου ποὺ τοὺς προσβάλλει, τὶς δυνάμεις ἀπὸ τὶς συστολὲς ἢ τὸ τέντωμα τῶν ἀγωγῶν καθὼς καὶ τὸ φορτίο τοῦ χιονιοῦ ποὺ μπορεῖ νὰ μαζευθῇ τὸν χειμῶνα ἐπάνω στοὺς ἀγωγούς.

Ἀνάλογα μὲ τὶς τελικὲς (συνιστάμενες) δυνάμεις ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τοὺς λογαριασμούς μας αὐτοὺς, διαλέγομε στύλους ἐλαφροὺς, μέσους ἢ βαρεῖς (παράγρ. 9·3) καὶ τοὺς ἐνισχύομε μὲ καταλλήλους ἐπιτόνους.

Θεωρητικὰ θὰ ἔπρεπε νὰ ἐλέγχωμε ἀκόμα καὶ τὴ μηχανικὴ ἀντοχὴ τῶν ἀγωγῶν ποὺ διαλέγομε. Στὴν πράξη ὅμως αὐτὸ εἶναι περιττό, μιὰ καὶ ξέρομε ὅτι, γιὰ τὰ συνηθισμένα ἀνοίγματα στύλων, ἡ διατομὴ τῶν χάλκινων ἀγωγῶν πρέπει νὰ εἶναι, γιὰ λόγους μηχανικῆς ἀντοχῆς, τουλάχιστον  $6 \text{ mm}^2$  (ἢ  $10 \text{ mm}^2$  γιὰ μεγαλύτερα ἀνοίγματα).

— Οἱ ἡλεκτρικοὶ ὑπολογισμοὶ εἶναι δύο εἰδῶν: Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖο διαβιβάζεται ἀπὸ τὶς γραμμὲς μας, καὶ ὁ ὑπολογισμὸς τῆς πτώσεως τάσεως, ποὺ προκύπτει. Καὶ μὲ τοὺς δύο ὑπολογισμοὺς θέλωμε νὰ καταλήξωμε σὲ μιὰ ὁρισμένη τυποποιημένη διατομὴ ἀγωγοῦ.

Πρέπει, λοιπόν, πρῶτα νὰ ἐκτιμήσωμε τὰ ἀμπέρ ποὺ θὰ περνοῦν ἀπὸ τὶς διατομὲς μας. Ὁ ὑπολογισμὸς τους γίνεται ἀπλά, μὲ τὴ βοήθεια τῶν νόμων τοῦ Τζοὺλ καὶ τοῦ Κίρχωφ.

Γιὰ νὰ τὸ καταλάβωμε τοῦτο καλύτερα, ἂς δώσωμε ἓνα μικρὸ παράδειγμα:

Ἐστω ὅτι μὲ τὴ γραμμὴ ΑΔ (σχ. 11·2 α) θέλωμε νὰ τροφοδοτήσωμε τοὺς καταναλωτὲς Ε, Ζ καὶ Η ποὺ ἔχουν ἀντίστοιχα ἰσχύεις:

$$W_E = 5 \text{ kW}, W_Z = 3 \text{ kW} \text{ και } W_H = 6 \text{ kW}.$$

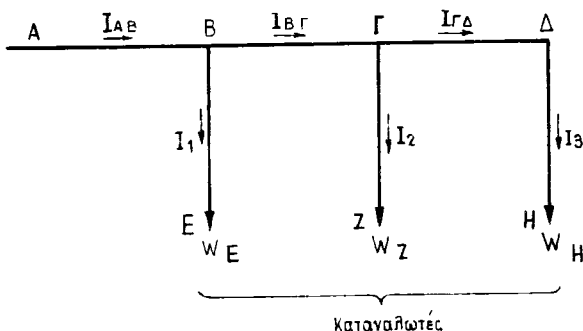
Αν η τάση τής γραμμής μας είναι 220 V, τότε σύμφωνα με τὸν νόμο τοῦ Τζούλ προκύπτει ὅτι οἱ ἐντάσεις σὲ κάθε διακλάδωση θὰ εἶναι ἀντίστοιχα :

$$I_{BE} = I_1 = \frac{W_E}{220 \text{ V}} = \frac{5\,000}{220} \simeq 22,8 \text{ A}$$

$$I_{GZ} = I_2 = \frac{W_Z}{220} = \frac{3\,000}{220} \simeq 13,65 \text{ A}$$

$$\text{και } I_{\Delta H} = I_3 = \frac{W_H}{220} = \frac{6\,000}{220} \simeq 27,3 \text{ A}.$$

Ἔτσι ἔχομε τώρα τὶς ἐντάσεις τῶν διακλαδώσεων ΒΕ, ΓΖ καὶ ΔΗ καὶ δὲν μᾶς μένει παρὰ νὰ υπολογίσουμε καὶ τὶς ἐντάσεις στοὺς ὑπολοίπους κλάδους.



Σχ. 11.2α.

Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἐνταση στὸ τμήμα ΓΔ θὰ εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἐνταση τοῦ τμήματος ΔΗ μιὰ καὶ καμμιὰ ἄλλη κατανάλωση δὲν παίρνουμε ἀπ' ἐκεῖ ἐκτὸς ἀπὸ τὴν  $W_H$ .

$$\text{Ἀρα } I_{G\Delta} = I_3 = 27,3 \text{ A}.$$

Σύμφωνα ὅμως μὲ τὸν νόμο τοῦ Κίρχωφ πρέπει νὰ εἶναι καὶ  $I_{BG} = I_{G\Delta} + I_{GZ}$  ἀφοῦ στὸ σημεῖο Γ τὸ ρεῖμα χωρίζεται στὰ δύο.

Ἀρα ἔχομε ὅτι  $I_{BG} = I_2 + I_{G\Delta} = 13,65 + 27,3 = 40,95 \text{ A}$ . Ἀνάλογα ἔχομε ὅτι  $I_{AB} = I_1 + I_{BG} = 22,8 + 40,95 = 63,75 \text{ A}$ .



Έτσι έχουμε όλες τις εντάσεις στους κλάδους του δικτύου μας και μπορούμε να διαλέξουμε τις διατομές των αγωγών ανάλογα με το είδος του δικτύου, π.χ. από τον Πίνακα VIII αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο, ή από τον Πίνακα III αν πρόκειται για έναέριο.

Η διατομή που διαλέγουμε με τον παραπάνω τρόπο δεν θα είναι και η τελική που θα χρησιμοποιήσουμε, γιατί χρειάζεται πρώτα και ο απαραίτητος έλεγχος της πτώσεως τάσεως.

Στις παραγράφους 6 · 1 και 9 · 1 αναπτύξαμε αρκετά το θέμα της πτώσεως της τάσεως και την μεγάλη σημασία που έχει η μείωση της τάσεως κάτω από την ονομαστική της τιμή για τη λειτουργία των μηχανημάτων μας, καθώς και για την απόδοση του φωτισμού.

Όλοι γνωρίζουμε από την πείρα μας ότι, όταν ξεκινά ένας ηλεκτρικός κινητήρας, την ίδια στιγμή χαμηλώνουν τα φώτα του χώρου όπου είναι εγκατεστημένος. Το χαμήλωμα αυτό δεν διαρκεί περισσότερο από μερικά δευτερόλεπτα. Αυτό όμως αποτελεί μια πρόχειρη απόδειξη της επιδράσεως που έχει η πτώση της τάσεως στη φωτεινότητα των ηλεκτρικών λαμπτήρων. (Πάντοτε ή έναρξη της λειτουργίας ενός ηλεκτροκινητήρα προκαλεί μια σύντομη πτώση στην τάση, που την ονομάζουμε βύθιση τάσεως).

Την πτώση τάσεως δεν την μετρούμε σε βόλτ αλλά σε ποσοστά επί τοις εκατό (%) πάνω στην ονομαστική τάση.

Π.χ. σε ένα δίκτυο με ονομαστική τάση 230 V, μετρούμε σ' ένα σημείο του τάση 200 V. Λέμε τότε πώς έχουμε πτώση τάσεως:

$$\frac{230 - 200}{230} \cdot 100 = \frac{30 \cdot 100}{230} \approx 13 \%$$

Βέβαια, όταν μιλούμε για την πτώση τάσεως σ' ένα δίκτυο, εννοούμε την μεγαλύτερη πτώση που μπορεί να συναντήσουμε σ' αυτό και που συνήθως παρουσιάζεται στον πιο μακρινό κλάδο από το σημείο της τροφοδοτήσεως.

Θεωρητικά την πτώση τάσεως την υπολογίζουμε εύκολα σε

ένα δίκτυο χαμηλής τάσεως, όταν ξέρουμε την ένταση του ρεύματος σε άμπερ στους διαφόρους κλάδους και την αντίσταση των αγωγών σε  $\Omega$ m στους ίδιους κλάδους. Διότι την πτώση της τάσεως, σύμφωνα με τον νόμο του  $\Omega$ m, την βρίσκουμε τότε για κάθε κλάδο, πολλαπλασιάζοντας τα δύο αυτά αντίστοιχα μεγέθη.

Για να βρούμε τη συνολική πτώση τάσεως από την αρχή του δικτύου ως το τέρμα του, δηλαδή την μέγιστη τιμή της πτώσεως, δεν έχουμε παρά να προσθέσουμε τις πτώσεις τάσεως όλων των κλάδων που συναντούμε στην διαδρομή μας.

Π.χ. στο σχήμα 11·2 α, βλέπουμε άμέσως πώς απ' όλες τις θέσεις του δικτύου, το σημείο Η θα έχει την χαμηλότερη τάση.

Έστω λοιπόν ότι από την έκλογή των αγωγών που κάναμε πριν, με βάση την επιτρεπομένη ένταση, έχουν προκύψει οι εξής αντιστάσεις κλάδων :

$$R_{AB}=0,01 \Omega, R_{BF}=0,012 \Omega,$$

$$R_{ΓΔ}=0,015 \Omega \text{ και } R_{ΔΗ}=0,015 \Omega$$

(Τις αντιστάσεις των αγωγών τις βρίσκουμε από πίνακες των κατασκευαστών για μήκη 1 000 m και αναπροσαρμόζουμε τις τιμές αυτές για τα πραγματικά μήκη των κλάδων του δικτύου).

Θα έχουμε τότε συνολική πτώση τάσεως :

$$\begin{aligned} U' &= I_{AB} \cdot R_{AB} + I_{BF} \cdot R_{BF} + I_{ΓΔ} \cdot R_{ΓΔ} + I_{ΔΗ} \cdot R_{ΔΗ} = \\ &= 63,75 \cdot 0,01 + 40,95 \cdot 0,012 + 27,3 \cdot 0,015 + 27,3 \cdot 0,015 \\ &\text{και } U' \simeq 1,94 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\eta \quad U' = \frac{1,94 \cdot 100}{220} \simeq 0,88 \%$$

Η πτώση της τάσεως κάτω από την ονομαστική της τιμή, που θεωρούμε υποφερτή για τα δίκτυα χαμηλής τάσεως, είναι συνήθως 3,5% στις πόλεις και 5% στις αγροτικές περιοχές, επομένως έχουμε διαλέξει σωστά τους αγωγούς στο παράδειγμά μας.

Αν όμως αντί για 0,88% είχε προκύψει τιμή μεγαλύτερη,

από την επιτρεπόμενη, π.χ. 7 %, τότε θα διαλέγαμε μεγαλύτερες διατομές αγωγών, που παρουσιάζουν μικρότερη ηλεκτρική αντίσταση, ώστε η πτώση της τάσεως να μην είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη.

Τα άπλά παραδείγματα που αναφέραμε στην παράγραφο αυτή μας δίνουν μια ιδέα των πολλών υπολογισμών που χρειάζεται να εκτελούμε κάθε φορά, προτού προχωρήσουμε στην κατασκευή ενός δικτύου χαμηλής τάσεως.

Πρέπει επίσης να σημειώσουμε εδώ, ότι δεν επιτρέπεται παρά ελάχιστη αύξηση της τάσεως στο σημείο που τροφοδοτούμε ένα δίκτυο, για να εξουδετερώσουμε έτσι την πτώση της τάσεως στους μακρυνούς καταναλωτές. Γιατί αν αύξάναμε πολύ την τάση τροφοδοτήσεως, τότε οι κοντινοί καταναλωτές θα είχαν μεγαλύτερη τάση από την κανονική με αποτέλεσμα να προκαλούνται ζημιές σε λάμπες, μηχανήματα κλπ.

Ανάλογους υπολογισμούς, αλλά πολύ πιο πολύπλοκους, γιατί εκεί έχουμε την επίδραση και άλλων παραγόντων, εκτελούμε και στην μελέτη των γραμμών μέσης και υψηλής τάσεως. Το μόνο που θα αναφέρουμε εδώ είναι ότι η πτώση της τάσεως που επιτρέπεται εκεί είναι πολύ μεγαλύτερη, για λόγους οικονομίας, και φθάνει συχνά τα 10 %, αφού χάρη σε διάφορα μέσα έχουμε την δυνατότητα να εξουδετερώνουμε τα αποτελέσματά της, προτού φθάσουμε στους καταναλωτές.

### 11.3 Κατασκευαστικά στοιχεία δικτύων χαμηλής τάσεως.

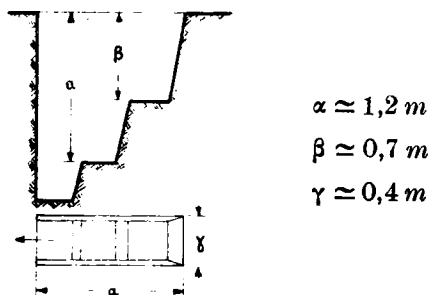
Θα ασχοληθούμε εδώ για λίγο με μερικά χρήσιμα πρακτικά στοιχεία, που πρέπει να τα θυμόμαστε όταν πρόκειται να εργασθούμε στην κατασκευή δικτύων χαμηλής τάσεως.

Πολλά πράγματα σχετικά με το θέμα αυτό έχουμε κιόλας αναφέρει στα προηγούμενα Κεφάλαια. Απομένουν όμως αρκετές σημαντικές λεπτομέρειες που θα συμπληρώσουν τις γνώσεις μας.

Ἐς ἐξετάσωμε τὸ θέμα τῆς τοποθετήσεως ἐνὸς ξύλινου στύλου, εἴτε σὲ μιὰ γραμμὴ διανομῆς εἴτε σὲ μιὰ τηλεφωνικὴ γραμμὴ.

Πρώτη μας δουλειά, μετὰ τὸν καθορισμὸ καὶ τὸ σημάδεμα τῆς θέσεως κάθε στύλου (πρᾶγμα ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴ μελέτη καὶ τὴ χάραξη τῆς γραμμῆς), εἶναι τὸ ἀνοιγμα τοῦ λάκκου γιὰ τὴ θεμελίωσίν του.

Στὸ σχῆμα 11·3 α βλέπομε τὴ μορφή καὶ τὰς διαστάσεις ποὺ πρέπει νὰ ἔχῃ περίπου ὁ λάκκος αὐτός. Τὸ συνολικὸ βάθος τοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ ἐδάφους, ἀπὸ τὸ ὕψος τοῦ στύλου καὶ ἀπὸ τὴ θέση του στὴ γραμμὴ (ἂν δηλαδὴ εἶναι γωνιακὸς στύλος, ἢ στύλος τέρματος γραμμῆς κλπ.).



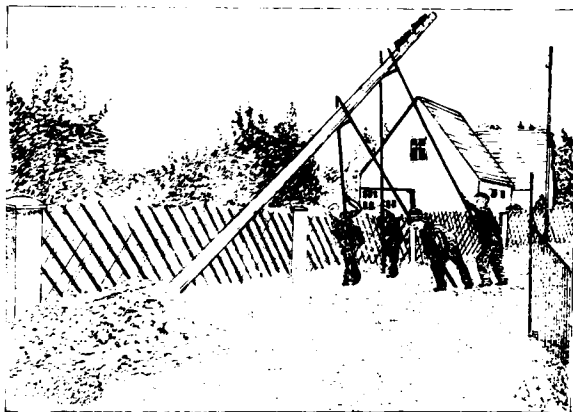
Σχ. 11·3 α. Διαστάσεις λάκκου γιὰ στήριξη ξύλινου στύλου γραμμῆς Χ.Τ.

Πάντως, τὸ βάθος αὐτὸ εἶναι περίπου ἴσο μὲ τὸ 1/6 τοῦ ὕψους τοῦ στύλου καὶ τουλάχιστον 1,6 m. Ἡ κάθετη πλευρὰ τοῦ λάκκου πρέπει νὰ εἶναι τέτοια, ὥστε νὰ στηρίξῃ τὸν στύλο ἀντίθετα ἀπὸ τὴ δύναμη μὲ τὴν ὁποία τὸν τραβᾷ ἡ γραμμὴ.

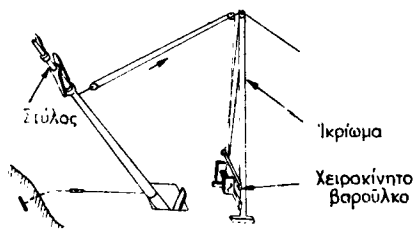
Ἡ δευτέρη δουλειὰ μας εἶναι νὰ τοποθετήσωμε τὸν στύλο πλαγιαστὰ στὸ ἐδαφος καὶ νὰ στερεώσωμε ἐπάνω του τὴν ἐξάρτιση (τραβέρσες κλπ.). Ἐπειτα τὸν ὑψώνομε κατακόρυφα στὴ θέση του χρησιμοποιώντας τὴν ἐξῆς μέθοδο:

Ἄν ὁ στύλος εἶναι ἀρκετὰ ἐλαφρὸς, τότε τὸν σηκώνομε, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 11·3 β, μὲ τὰ χέρια, χρησιμοποιώντας δύο ζευγάρια βοηθητικῶν δοκαριῶν, ποὺ ἔχομε ἐνωμένα στὸ ἐπάνω τους

μέρος με ένα σχοινί, με το οποίο σπρώχνουμε τον στύλο στη θέση του. Για να μεταχειρισθούμε αυτόν τον τρόπο χρειαζόμαστε τέσσερις εργάτες. Αν ο στύλος είναι βαρύτερος, τότε χρησιμοποιούμε ένα είδος ικριώματος (γερανού) με ένα χειροκίνητο βαρούγκλο για να τον υψώσουμε μηχανικά (σχ. 11-3 γ). Τη μέθοδο αυτή



Σχ. 11-3 β. 'Ανύψωση ενός στύλου διανομής.



Σχ. 11-3 γ. 'Ανύψωση στύλου με τη βοήθεια χειροκίνητου βαρούγκλου.

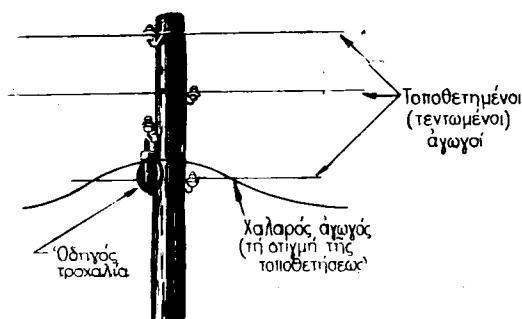
τήν εφαρμόζουμε όταν τοποθετούμε στύλους όχι μόνο χαμηλής αλλά και μέσης τάσεως. 'Ακόμα και πυλώνες των γραμμών μεταφοράς μπορούμε να εγκαταστήσουμε έτσι.

Πάντοτε πρέπει να προσέχουμε ώστε ο στύλος να μένη τελικά κατακόρυφος, γιατί, αν γέρνει, θα μας παρουσιάσει στο μέλλον

άνωμάλειες στη γραμμή (βραχυκυκλώματα από άγγιγμα αγωγών) και μάλιστα είναι πιθανόν να πέσει τελείως.

Ας δοῦμε τώρα πῶς κρεμοῦμε τοὺς έναερίους αγωγούς, ἀφοῦ τελειώσωμε μετὴν τοποθέτηση τῶν στύλων, ἐπάνω στοὺς ὁποίους, ὅπως εἶπαμε καὶ πρὶν, ἔχομε τοποθετήσει στὴν κατάλληλη θέση τοὺς μονωτήρες τῆς γραμμῆς.

Τοὺς αγωγούς τοὺς μεταφέρομε ἐπὶ τόπου συνήθως τυλιγμένους σὲ τύμπανα, ἀν καὶ καμμιά φορὰ ἔχομε καὶ σύρματα μικρῶν διατομῶν σὲ κουλοῦρες. Πρέπει νὰ φροντίζωμε νὰ μὴ χτυποῦμε τὶς κουλοῦρες στὸ ἔδαφος καὶ ἐπίσης οἱ αγωγοὶ νὰ μὴ σχηματίζουν



Σχ. 11·3 δ. Τοποθέτηση έναερίου αγωγού μετὴν βοήθεια ὁδηγοῦ τροχαλίας.

κόμπους καὶ νὰ μὴν τσακίζουν ἢ συστρέφονται, οὔτε καὶ νὰ σέρνονται καταγῆς, γιὰτὶ ἓνα μικρὸ τοῦς ἐλάττωμα θὰ μᾶς προκαλέσει ὅπωςοδήποτε ἀνωμαλία μιὰ μέρα.

Ἀφοῦ τοποθετήσωμε τὸ πρῶτο τύμπανο μετὸν αγωγὸ σὲ κατάλληλη θέση, ἀνεβάζομε τὴν ἄκρη τοῦ σύρματος στὸν στύλο ἀπ' ὅπου ἀρχίζει ἡ γραμμή μας καί, περνώντας τον ἀπὸ μιὰ κατάλληλη ὁδηγὸ τροχαλίας (σχ. 11·3 δ), τὸν προωθοῦμε πρὸς τὸν ἐπόμενον στύλο κ.ο.κ. ὡς τὸν τελικὸ στύλο.

Τὴν ἐργασία αὕτῃ τὴν ἐκτελοῦμε ἀπαρχῆς γιὰ κάθε εὐθύ-

γραμμο κλάδο του δικτύου. "Αν μᾶς τελειώση στὸ μεταξύ τὸ σύρμα, ποὺ εἶναι τυλιγμένο σὲ μιὰ κουλούρα ἢ σ' ἓνα τύμπανο, χρησιμοποιοῦμε δεύτερη κουλούρα ἢ τύμπανο καὶ ἐνώνομε τὶς δύο ἄκρες τῶν συρμάτων μ' ἓναν κατάλληλο συνδετήρα, σὰν αὐτοὺς ποὺ ἐξετάσαμε στὰ προηγούμενα.

Παρατηροῦμε ὅτι μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ἔχομε τελικὰ τὸν ἄγωγὸ στὴ θέση του, ἀλλὰ τοποθετημένο χαλαρὰ στὶς τροχαλίες καὶ ὅχι πιασμένο στερεὰ στοὺς μονωτήρες.

Γιὰ νὰ γίνη ἡ κανονικὴ τοποθέτηση, θὰ χρειασθῇ νὰ τραβήξωμε τὸν ἄγωγὸ ἀπὸ τὴν ἄκρη του, ὥστε νὰ τὸν τεντώσωμε μέχρις ὅτου σχηματίσωμε τὰ κανονικὰ του βέλη (σχ. 7·3η).

Τὴν ἐργασία αὐτὴ τὴν ὀνομάσαμε στὴν παράγραφο 7·2 τάνυση τοῦ ἀγωγοῦ.

Τὸ τράβηγμα αὐτό, ὅταν ἡ διάμετρος τῶν συρμάτων εἶναι μικρὴ, τὸ κάμομε μὲ τὰ χέρια, ἐνῶ γιὰ χονδρότερους ἀγωγοὺς μεταχειριζόμαστε κατάλληλα βαροῦλκα ἐπειδὴ οἱ δυνάμεις ποὺ πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε εἶναι ἀρκετὰ μεγάλες.

"Ὅπως ἔχομε ἀνάφερει προηγουμένως, ἐλέγχομε μὲ ἓνα δυναμόμετρο πόσο τραβοῦμε ἓνα ἄγωγὸ γιὰ νὰ τὸν τανύσωμε, καὶ συγχρόνως μετροῦμε καὶ τὸ μέγιστο βέλος  $B$  τῆς γραμμῆς (σχ. 7·3γ). Γιὰ τὴν ἐργασία αὐτὴ χρειάζεται προσοχή, γιατί δὲν πρέπει νὰ ὑπερβοῦμε τὰ ὅρια ἀντοχῆς τῶν ἀγωγῶν κατὰ τὴ διάρκεια τῆς τανύσεως. Γιὰ τὸν λόγο αὐτὸν ἔχομε καταρτίσει εἰδικοὺς πίνακες, στοὺς ὁποίους μποροῦμε νὰ βροῦμε τὴν ἀναγκαίαν τάση τοῦ τραβήγματος καὶ τὸ ἀντίστοιχο μέγιστο βέλος τῶν ἀγωγῶν, ἀνάλογα μὲ τὴ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ, τὸ ἀνοιγμα τῶν στύλων καὶ τὴ θερμοκρασία ποὺ ἔχει τὸ περιβάλλον.

Ἐννοεῖται πὼς ἄλλες τιμὲς θὰ ἔχομε γιὰ τὰ χάλκινα σύρματα καὶ ἄλλες γιὰ τὰ σύρματα ἀπὸ ἀλουμίνιο.

Π.χ. οἱ πίνακες ἀναφέρουν ὅτι ἂν ἔχομε νὰ τανύσωμε χάλκινο ἄγωγὸ  $25 \text{ mm}^2$  ὥστε ἡ γραμμὴ του νὰ τεντωθῇ κανονικὰ με-

ταξύ δύο στύλων που απέχουν 50 m, ή δε θερμοκρασία την ημέρα που θα γίνη ή τάνυση είναι περίπου  $20^{\circ} C$ , θα πρέπει να εφαρμόσουμε τάση τραβήγματος  $12 \text{ kg/mm}^2$  και θα πρέπει να φθάσουμε σε μέγιστο βέλος περίπου 60 cm.

Η επομένη εργασία μας είναι το στερέωμα των άγωγών επάνω στους μονωτήρες, πράγμα που γίνεται με τον τρόπο που περιγράψαμε λεπτομερώς στην παράγραφο 9·3.

Τέλος, την κατασκευή μιᾶς γραμμῆς, την τελειώνουμε τοποθετώντας επάνω στον κάθε στύλο μιὰ πλάκα με τον αριθμό του, πράγμα που είναι απαραίτητο για να μπορούμε να τον βρίσκουμε εύκολα πάνω στο σχέδιο του δικτύου. Επίσης, αν ή γραμμή μας είναι ύψηλῆς τάσεως, βάζουμε και «πινακίδες κινδύνου», ώστε να ειδοποιούμε τον κόσμο για τον μεγάλο κίνδυνο τῆς ηλεκτροπληξίας που υπάρχει.

#### 11·4 Γειώσεις δικτύων χαμηλῆς τάσεως.

Πολλές φορές ὡς τώρα ἔχομε μιλήσει για τις γειώσεις, χωρίς να ἐξετάσωμε περισσότερο τί είναι αὐτές, τί χρειάζονται και πῶς τις πραγματοποιοῦμε. Βέβαια, τὸ κεφάλαιο τῶν γειώσεων ἀνήκει περισσότερο στις ἐσωτερικὲς ηλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις και, ἐπομένως, θὰ ἐρευνήσωμε τὸ θέμα πιὸ ἀναλυτικὰ στὸ ἀντίστοιχο βιβλίο (Δ'. τόμος Ἑλεκτροτεχνίας).

Ὅμως, εἶναι ἀπαραίτητο νὰ ἐξετάσωμε και ἐδῶ τις γειώσεις τῶν δικτύων χαμηλῆς τάσεως, που εἶναι σημαντικὲς τόσο για τὴν κανονικὴ διεξαγωγὴ τῆς διανομῆς, ὅσο και για τὴν κατάλληλη προστασία της.

Ὀνομάζομε γείωση μιᾶς γραμμῆς τὴν ἔνωση τοῦ οὐδετέρου ἀγωγοῦ της με τὴν γῆ διαμέσου ἑνὸς ἀγωγίμου ὑλικοῦ. Ὁ ὀρισμὸς αὐτὸς βέβαια ἰσχύει μόνο για τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, γιατί ἐκεῖ μόνο ἔχομε οὐδέτερο ἀγωγό. Ὅμως και στὸ συνεχές ρεῦμα εἶναι δυνατόν νὰ μιλήσωμε για γείωση. Ἐδῶ ὅμως ἐννοοῦμε τὴν ἔνωση



του ενός αγωγού με τη γῆ, πράγμα που εφαρμόζουμε συχνά στην πράξη για λόγους λειτουργίας μιᾶς ἐγκαταστάσεως, όπως π.χ. στις γραμμές τροφοδοτήσεως τῶν τράμ.

Ἐνα παράδειγμα γειώσεως, που εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὴν λειτουργία μιᾶς γραμμῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος, εἶναι ἡ γείωση που ἐκτελοῦμε στ' ἀλεξικέραυνα. Ἡ γείωση αὐτὴ ἔχει σκοπὸ νὰ διαεμβάσῃ στὴ γῆ τὸ ρεῦμα τῶν κεραυνῶν που εἶναι δυνατόν νὰ προσβάλουν μιὰ γραμμὴ καὶ νὰ καταστρέψουν τὶς ἐγκαταστάσεις μας.

Ἄλλο εἶδος γειώσεως στὸ ἡλεκτρισμὸ εἶναι ἡ γείωση τῶν μεταλλικῶν τμημάτων τῶν ὑποσταθμῶν, τῶν σωμάτων τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν ἢ συσκευῶν κ.λ.π. που κάνουμε γιὰ λόγους προστασίας ἀπὸ ἡλεκτροπληξίες. Μὲ τὶς γειώσεις αὐτὲς θέλομε νὰ διατηροῦμε στὴν τάση τῆς γῆς τὴν τάση που εἶναι δυνατόν νὰ ἀποκτήσουν σὲ περίπτωσι ἀνωμαλίας καὶ τὰ παραπάνω μεταλλικὰ σώματα (ἓνα τέτοιο σῶμα εἶναι π.χ. τὸ περίβλημα μιᾶς γεννήτριας). Ἔτσι, ὅταν θὰ ἐρχόμαστε σὲ ἐπαφὴ μὲ τὰ σώματα αὐτὰ δὲν θὰ κινδυνεύουμε νὰ πάθουμε ἡλεκτροπληξία, ἀφοῦ ὅλοι μας ἔχομε διαρκῶς τὴν ἴδια τάση μὲ τὴ γῆ (ἐφ' ὅσον βέβαια πατοῦμε ἐπάνω στὴν γῆ).

Αὐτὸ τὸ εἶδος γειώσεως ὀνομάζεται γενικὰ γειώσεις προστασίας, σὲ ἀντίθεσι μὲ τὶς γειώσεις που ἀναφέραμε παραπάνω, (π.χ. τὴν γείωση τοῦ οὐδετέρου αγωγοῦ τῶν γραμμῶν) που εἶναι ἀπαραίτητες γιὰ τὴν λειτουργία μιᾶς ἐγκαταστάσεως καὶ λέγονται γειώσεις λειτουργίας.

Γενικὰ, χρησιμοποιοῦμε δύο μεθόδους γιὰ τὴ γείωση. Εἴτε ἔχομε κατευθείαν γείωση μέσω ἐνὸς ἀγωγίμου σώματος, π.χ. ἐνὸς σύρματος, εἴτε ἔχομε γείωση μέσω ἐνὸς πηνίου, δηλαδὴ μιᾶς αὐτεπαγωγικῆς ἀντιστάσεως.

Τὸ πηνίο αὐτὸ χρησιμεύει γιὰ νὰ περιορίζουμε κατὰ πολὺ

τις ανωμαλίες και ιδίως τις υπερεντάσεις, που προκαλούνται όταν ένας άγωγος έρχεται σε έπαφή με τη γη.

Έδω δέν πρόκειται να ασχοληθούμε με τὸ πολύπλοκο πρόβλημα τῆς γειώσεως τῶν οὐδετέρων κόμβων τῶν τριφασικῶν συστημάτων, δηλαδή με τὸ ἂν θὰ γειώνουμε τὸν οὐδέτερο ἢ ὄχι καὶ με ποιὸν τρόπο, γιατί ξεφεύγομε ἀπὸ τοὺς σκοποὺς τοῦ βιβλίου μας. Ἀρκεῖ μόνο ν' ἀναφέρουμε ὅτι ἀπὸ τὸ ἂν θὰ γειώσωμε ἢ ὄχι ἐξαρτᾶται ἡ ἀσφάλεια τῆς λειτουργίας τοῦ συστήματος, ἡ προστασία τοῦ δικτύου, ἡ οἰκονομία, ἡ διασύνδεση με ἄλλα συστήματα γειωμένα ἢ ὄχι, τὸ μέγεθος τῶν ἀνωμαλιῶν σὲ περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων κ.λ.π.

Πάντως οἱ κυριότερες ἠλεκτρικὲς ἐταιρεῖες στὴν Ἑλλάδα εἶχαν πάντα γειωμένα συστήματα καὶ μάλιστα με κατευθείαν γείωση γιὰ τὴν χαμηλὴ τάση τουλάχιστον. Τὸ ἴδιο σύστημα γενικὰ ἐφαρμόζει σήμερα καὶ ἡ ΔΕΗ.

Τοῦτο σημαίνει πὼς ὁ οὐδέτερος κόμβος πού ἔχουν οἱ σύγχρονες γεννήτριες, ὁ οὐδέτερος κόμβος τῶν μετασχηματιστῶν καὶ ὁ οὐδέτερος άγωγός τῆς διανομῆς εἶναι γειωμένοι.

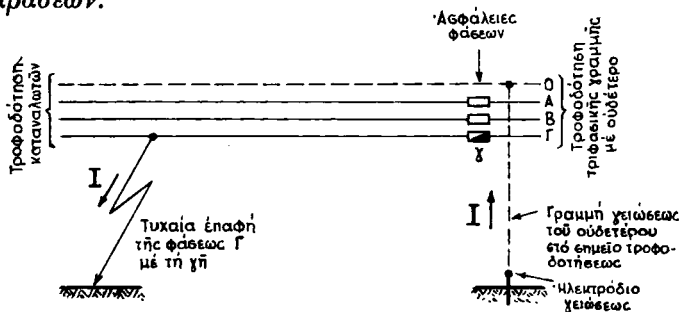
Γιὰ νὰ θεωρήσωμε ὅτι μιὰ γείωση ἐκπληρώνει τὸν σκοπό της, πρέπει ἡ ἀντίσταση μεταξὺ τῆς γῆς καὶ τοῦ σώματος πού γειώνουμε (π.χ. ἐνὸς άγωγοῦ) νὰ εἶναι ὅσο τὸ δυνατόν μικρότερη. Τοῦτο δέν εἶναι τόσο ἀπλὸ ὅσο θὰ νόμιζε κανεὶς. Γιατὶ τὸ νὰ ἐπιτύχωμε χαμηλὰς ἀντιστάσεις τῆς τάξεως τῶν 2 ἢ 3 Ω στὶς γειώσεις μας, εἶναι συχνὰ ἔργο πολυδάπανο πού προϋποθέτει ἀνοιγμα πολὺ βαθειῶν λάκκων, εἰδικὰ ἠλεκτρόδια, ὑγρὸ χῶμα κλπ.

Γι' αὐτὸ περιορίζομαστε κάθε φορὰ στὶς μέγιστες ἀνεκτὲς τιμὲς πού ὑπολογίζομε γιὰ ἀναγκαῖες.

Ὁ ὑπολογισμός μας αὐτὸς γίνεται με τὴν πρόβλεψη ὅτι ἡ ἀντίσταση γειώσεως θὰ εἶναι τόση, ὥστε, ἂν γίνη μιὰ τυχαία ἐπαφή άγωγοῦ με τὴ γῆ, νὰ προκύπτει ἓνα ρεῦμα  $I$  (ρεῦμα διαρροῆς) ἀρκετὰ ἰσχυρὸ γιὰ νὰ κάψει ταχύτατα τὴν προστατευτικὴ ἀσφάλεια.

λεια τοῦ κομματιοῦ πού ἔπαθε βλάβη (σχ. 11.4 α). Συνήθως ἔτσι μᾶς ἀρκοῦν ἀντιστάσεις γειώσεως περίπου 15 - 25  $\Omega$  στά δί-  
κτυα χαμηλῆς τάσεως.

Τὰ σημεῖα, ὅπου συγκεντρώνεται ἡ ἀντίσταση αὐτή, εἶναι κυρίως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς δύο διαφορετικῶν ἀγωγίμων σωμάτων. (π.χ. οἱ συνδέσεις γραμμῆς γειώσεως καί ἡλεκτροδίου). Γι' αὐτὸ τὸν λόγο οἱ ἀντιστάσεις αὐτὲς ὀνομάζονται ἀντιστάσεις ἐπαφῶν ἢ διαβάσεων.



Σχ. 11.4 α. Τὸ ρεῦμα διαρροῆς  $I$  πού προκάλεσε ἡ τυχαία ἐπαφὴ τῆς φά-  
σεως  $\Gamma$  με τὴν γῆ πρέπει νὰ εἶναι ἀρκετὸ γιὰ νὰ λυώση ἀμέσως τὴν ἀσφά-  
λεια  $\gamma$  καί νὰ ἀπομονωθῇ ἡ βλάβη.

Κατὰ συνέπεια προτιμοῦμε τὶς συγκολλητὲς ἐπαφὲς με  
μπρουτζοκόλληση ἢ ἡλεκτροσυγκόλληση ἀπὸ τὶς βιδωτές. Ἄν  
χρειαζόμαστε ἔνωση βιδωτῆ, τὴν κάμομε χρησιμοποιώντας εἰδικὲς  
βίδες πού σφίγγουν πολὺ (ἐλατηριωτὲς ροδέλλες γκρόβερ), τὶς  
ὁποῖες βάφομε γιὰ νὰ ἀποφύγουμε ὀξειδώσεις πού αὐξάνουν τὴν  
ἀντίσταση.

Τὴν κύρια γείωση τῶν δικτύων χαμηλῆς τάσεως τὴν κάμομε  
με τὰ λεγόμενα ἡλεκτρόδια γειώσεως, πού εἶναι χάλκινες ράβδοι  
με μῆκος 1,5 m περίπου καί διάμετρο 1,5 ὡς 2,5 cm. Τὰ ἡλεκ-  
τρόδια αὐτὰ τὰ τοποθετοῦμε κατακόρυφα μέσα στὸ ἔδαφος, ἐνῶ  
τὴν κορυφή τους, τὴν ἐνώνομε χρησιμοποιώντας ἓνα εἰδικὸ κολ-  
λητὸ κολλάρο, με τὸν ἀγωγὸ πού κατεβάζομε ἀπὸ τὸν οὐδέτερο  
τῆς γραμμῆς (σχ. 9.3 γ καί σχ. 10.2 β).

Ἀντὶ γιὰ τὰ ἡλεκτρόδια αὐτὰ χρησιμοποιοῦμε συχνὰ καὶ φύλλα χαλκοῦ, ποὺ τοποθετοῦμε μέσα στοὺς ἴδιους τοὺς λάκκους τῶν στύλων τοῦ δικτύου. Ἡ λύση αὐτὴ ἔχει τὸ μειονέκτημα ὅτι εἶναι πιὸ δαπανηρή.

Στοὺς ὑποσταθμοὺς διανομῆς χρειάζομαστε ἀκόμα μικρότερες ἀντιστάσεις γειώσεως. Τότε ὅμως τὰ ἡλεκτρόδια ποὺ ἀναφέραμε παραπάνω εἶναι ἀνεπαρκῆ. Καταφεύγομε λοιπὸν στὰ λεγόμενα πλέγματα γειώσεως, ποὺ εἶναι συνήθως ὀρθογώνια ἢ πολυγωνικά, καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ γαλβανισμένους σωλῆνες διαμέτρου 2 ἢ 2,5 Ἴντσων καὶ μήκους 3 ὠς 5 *m*. Τὰ πλέγματα αὐτὰ τὰ θάβομε σὲ βάθος περίπου 0,5 *m* μέσα στὸ χῶμα, τὸ ὁποῖο φροντίζομε νὰ διατηρεῖται πάντα ὑγρό, ὥστε ἡ ἀντίσταση νὰ εἶναι μικρή.

Σὲ βραχύδη ἐδάφη ἀνοίγομε λάκκους, τοποθετοῦμε τὰ πλαίσια αὐτὰ μέσα τους καὶ κατόπιν τοὺς κλείνομε μὲ μαλακὸ χῶμα.

Τέλος, ἂς δοῦμε ποιὰ καὶ πόσα εἶναι τὰ σημεῖα, στὰ ὁποῖα γειώνομε τὰ δίκτυα τῆς χαμηλῆς τάσεως, δηλαδὴ τὸν οὐδέτερο ἄγωγό τους. Πρῶτα ἐκτελοῦμε μιὰ γείωση στοὺς ὑποσταθμοὺς διανομῆς (σημεῖο τροφοδοτήσεως τῶν γραμμῶν) καὶ ὕστερα στοὺς στύλους τοῦ δικτύου, ὅχι σὲ ὅλους, ἀλλὰ σὲ πολλοὺς. Δὲν ὑπάρχει γενικὸς κανόνας ποὺ νὰ καθορίζῃ τὸν ἀκριβὲ ἀριθμὸ αὐτῶν τῶν γειώσεων. Γενικὰ πάντως γειώνομε τὴν ἀρχὴ καὶ τὸ τέλος κάθε γραμμῆς. (Ἡ ΔΕΗ γειώνει καὶ σὲ κάθε δεύτερο στύλο). Ἐπίσης γειώνομε πάντα σὲ κάθε παροχὴ πελάτου καὶ μάλιστα φροντίζομε, ὥστε ἡ γείωση αὐτὴ νὰ εἶναι ὅσο τὸ δυνατὸ πιὸ κοντὰ στὸν μετρητὴ τοῦ πελάτη, ὥστε νὰ εἴμαστε βέβαιοι πὼς ὁ οὐδέτερος ποὺ δίνομε σιτὸν πελάτῃ εἶναι γειωμένος. Τοῦτο εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ τὴν ἀσφάλεια τῆς ἐσωτερικῆς ἐγκαταστάσεως.

Ἐπαναλαμβάνομε ὅμως, πὼς μὲ τὸ θέμα τῆς γειώσεως θὰ ἀσχοληθοῦμε ἐκτενέστερα στὸ βιβλίον τῶν Ἑσωτερικῶν Ἡλεκτρικῶν Ἐγκαταστάσεων (Δ' τόμος Ἡλεκτροτεχνίας).

### 11.5 Δίκτυα ασθενών ρευμάτων.

Τὰ ρεύματα, μὲ τὰ ὁποῖα ἔχομε ἀσχοληθῇ ὡς τῶρα, τὰ ὀνομάζομε *ἰσχυρὰ ρεύματα* καὶ τὶς ἀντίστοιχες ἐγκαταστάσεις μας, *ἐγκαταστάσεις ἰσχυρῶν ρευμάτων*. Τοῦτο, γιὰ πρᾶγμα-τικὰ οἱ ἐντάσεις ποὺ διαρρέουν τοὺς ἀγωγούς μας σ' ὅλες τὶς περιπτώσεις αὐτὲς εἶναι σημαντικές. Ἀντίθετα, σὲ μιὰν ἄλλη κατηγορία ρευμάτων καὶ ἐγκαταστάσεων, οἱ ἐντάσεις εἶναι πολὺ μικρότερες καὶ ἐλάχιστες σὲ σύγκριση μὲ τὶς προηγούμενες.

Στὴ δεύτερη αὐτὴ περίπτωση μιλοῦμε γιὰ *ἀσθενῆ ρεύματα* καὶ *ἐγκαταστάσεις ἀσθενῶν ρευμάτων*. Αὐτὲς κυρίως εἶναι οἱ ἐγκαταστάσεις *τηλεπικοινωνίας*.

Ἔτσι ἔχομε τὰ ἀσθενῆ ρεύματα ποὺ διαρρέουν τὶς τηλεφωνικὲς καὶ τηλεγραφικὲς γραμμές. Ἡ ἔνταση σ' αὐτὲς τὶς γραμμές εἶναι μερικὰ μιλλιαμπέρ, ἐνῶ ἡ ἔνταση σὲ μιὰ γραμμὴ διανομῆς, δηλαδή σὲ μιὰν ἐγκατάσταση ἰσχυρῶν ρευμάτων, φθάνει σὲ ἀρκετὰ ἀμπέρ.

Δὲν πρόκειται βέβαια ἐδῶ νὰ ἀσχοληθοῦμε καθόλου μὲ ἐγκαταστάσεις ἀσθενῶν ρευμάτων, ποὺ ἄλλωστε ἀποτελοῦν ἕναν τελείως ξεχωριστὸ κλάδο τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Θὰ ἀρκεσθοῦμε μόνο, μιὰ καὶ ἀσχολούμαστε μὲ ἡλεκτρικὰ δίκτυα, νὰ ἀναφέρωμε μερικὲς χαρακτηριστικὲς διαφορὲς ποὺ παρουσιάζονται στὴν κατασκευὴ τῶν τηλεφωνικῶν ἢ τηλεγραφικῶν δικτύων, δηλαδή τῶν δικτύων τῶν ἀσθενῶν ρευμάτων.

Διακρίνομε πάλι καὶ ἐδῶ *δίκτυα ἐναέρια* καὶ *ὑπόγεια*, ἀκριβῶς ὅπως καὶ στὰ δίκτυα διανομῆς.

Ἐνα ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν τηλεφωνικῶν ἢ τῶν τηλεγραφικῶν ἐναερίων γραμμῶν, (καὶ μιὰ καὶ ἔχομε ὑπ' ὄψην μας τὴν Ἑλλάδα, τῶν γραμμῶν τοῦ Ο.Τ.Ε.), εἶναι ὅτι ὑπάρχει ἕνα πλῆθος ἀγωγῶν σὲ κάθε γραμμὴ ποὺ μποροῦν νὰ εἶναι καὶ περισσότερα ἀπὸ δέκα. Ἄν μάλιστα ἔχομε γραμμὴ μὲ ἐναέριο καλώδιο, μπορεῖ νὰ περιλαμβάνη καὶ περισσότερα ἀπὸ 100 ζεύγη

ἀγωγῶν, ἐνῶ, ὅπως εἶδαμε, οἱ ἀγωγοὶ σὲ κάθε γραμμῇ διανομῆς εἶναι 4 ἢ 5.

Ἔτσι, μπορούμε νὰ δοῦμε, σ' ὅλους τοὺς ἐπαρχιακοὺς δρόμους στὴν Ἑλλάδα, τοὺς στύλους τῶν τηλεπικοινωνιῶν φορτωμένους μὲ δεκάδες μονωτῆρες, τοποθετημένους σὲ ὀριζόντιες πυκνὲς τραβέρσες καὶ ἀρκετὰ κοντὰ ὁ ἓνας μὲ τὸν ἄλλο.

Οἱ στύλοι αὐτοὶ εἶναι γενικὰ ξύλινοι καὶ μόνο σὲ εἰδικὲς περιπτώσεις ἔχομε καὶ μικροὺς σιδερένιους πυλῶνες. Τὸ ὕψος τους εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ ὕψος τῶν στύλων διανομῆς.

Ἐνα ἄλλο χαρακτηριστικὸ γνῶρισμα τῶν γραμμῶν τηλεπικοινωνίας εἶναι ὅτι οἱ διατομὲς τῶν ἀγωγῶν τους σχεδὸν πάντα, εἶναι οἱ ἴδιες καὶ μάλιστα τὶς διαλέγομε μὲ ἄλλα κριτήρια ἀπ' ὅ,τι διαλέγομε τοὺς ἀγωγοὺς διανομῆς. Πραγματικά, ἐφ' ὅσον τὰ ρεύματα ἐδῶ εἶναι πολὺ ἀσθενή, οὔτε ἡ ἀντοχὴ τῆς διατομῆς σὲ ἀμπέρ, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἐξαρτᾶται ἂν θὰ θερμανθῇ ἐπικίνδυνα ὁ ἀγωγός, οὔτε καὶ ἡ πτώση τάσεως ἔχουν σημασία.

Ὁ ὑπολογισμὸς μας θὰ εἶναι *μηχανικός*, δηλαδὴ ἐξετάζομε μόνο πόσο χοντρὲς θὰ πρέπει νὰ εἶναι οἱ διατομὲς, ὥστε νὰ μὴ σπάζουν οἱ γραμμές μας. Ἐπίσης ἓνας ἄλλος ὑπολογισμὸς, ὁ σπουδαιό-  
ρος, (μὲ τὸν ὁποῖον ὅμως δὲν μπορούμε ν' ἀσχοληθοῦμε ἐδῶ γιατί θὰ ξεφεύγαμε πολὺ ἀπὸ τὸν σκοπὸ τοῦ βιβλίου μας), εἶναι ὁ ὑπολογισμὸς γιὰ τὴν κατ'ἀλληλὴ διάταξη τῶν ἀγωγῶν μεταξὺ τού-  
ς, ὥστε νὰ ἔχωμε τὴν *μεγαλύτερη εὐκρίνεια καὶ τὴν μικρότερη πα-  
ραμόρφωση στὴ μετάδοση τῶν σημάτων ἢ τῆς φωνῆς καθὼς καὶ τὴν μικρότερη ἐπίδραση τῶν ρευμάτων τῆς μιᾶς γραμμῆς στὰ  
ρεύματα τῆς ἄλλης.*

Μιὰ καὶ ἡ ἀγωγιμότητα δὲν μᾶς ἐνδιαφέρει, χρησιμοποιοῦμε γιὰ ὕλικὸ γραμμῶν ὄχι μόνο χάλκινους ἀγωγούς, ἀλλὰ πολλὲς φορὲς καὶ εἰδικούς ἀγωγούς, τὰ *ἀτσαλοσύρματα*, δηλαδὴ χαλύ-  
βδινα σύρματα.

Οἱ τάσεις τῶν γραμμῶν τηλεπικοινωνίας εἶναι μικρὲς, συνή-

θως 60 V. Πάντως, εκτός από την ειδική περίπτωση των *όμαξο-νικων καλωδίων* (άλλο είδος καλωδίων με τα όποια δεν μπορούμε ν' ασχοληθούμε εδώ), δεν υπερβαίνουμε ποτέ τις χαμηλές τάσεις της διανομής, γι' αυτό οι μονωτήρες των τηλεφωνικών ή τηλεγραφικών έναερίων γραμμών είναι τύπου «κώδωνα», σάν τους μονωτήρες των γραμμών διανομής X.T.

Γενικά, οι γραμμές τηλεπικοινωνίας δεν είναι επικίνδυνες για ηλεκτροπληξία. Για τον λόγο αυτό δεν δίνουμε τόσο μεγάλη σημασία (πράγμα που είναι απαραίτητο για τις έναέριες γραμμές των ισχυρών ρευμάτων), στις αποστάσεις ασφαλείας, στην αποφυγή τυχαίων επαφών των αγωγών, στις αποστάσεις των μονωτήρων κ.λ.π. Επίσης δεν χρειαζόμαστε προστασία με αυτόματους διακόπτες, αλλά χρησιμοποιούμε μόνο *ασφάλειες χαμηλών ρευμάτων και αλεξικέραυνα*.

Όσον αφορά στα υπόγεια δίκτυα τηλεπικοινωνίας, που εγκαθιστούμε κυρίως μέσα στις πόλεις, χρησιμοποιούμε για την κατασκευή τους ειδικά υπόγεια καλώδια, δμοια με εκείνα της παραγράφου 9·4, αλλά με ελαφρότερη μόνωση και με μεγαλύτερο άριθμό αγωγών που φθάνουν και ως τους 4 000 σε κάθε καλώδιο.

Τα υπόγεια καλώδια της τηλεπικοινωνίας τοποθετούνται όπως ακριβώς και τα καλώδια ισχυρών ρευμάτων.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται και εδώ όταν πρόκειται να διασταυρώσουμε γραμμές ισχυρών ρευμάτων, όποτε παίρνομε ιδιαίτερες προφυλάξεις, γιατί τα μαγνητικά πεδία των γραμμών αυτών μας προκαλούν άνωμαλίες στις τηλεπικοινωνίες που εξυπηρετούνται από τους αγωγούς των τηλεφωνικών καλωδίων.

Τò ίδιο συμβαίνει και με τις έναέριες γραμμές, στις οποίες όμως υπάρχει ακόμα ένας κίνδυνος, δηλαδή, ο κίνδυνος μήπως από κάποια τυχαία επαφή γραμμής ισχυρού ρεύματος τεθῇ μιὰ γραμμή τηλεπικοινωνίας σε τάση πολύ μεγαλύτερη απ' όσο πρέπει. Για τους λόγους αυτούς έχουμε όρίσει μεγάλες αποστάσεις ασφα-

λείας μεταξὺ τῶν γραμμῶν ἰσχυρῶν καὶ ἀσθενῶν ρευμάτων καὶ ἐπὶ πλεόν παίρνομε ὀρισμένα μέτρα, γιὰ νὰ ἐμποδίσωμε τὴν ἐπαφή τῶν τηλεφωνικῶν καὶ λοιπῶν γραμμῶν σὲ περίπτωση ποὺ θὰ κοπῇ ἓνας ἀγωγὸς μιᾶς γραμμῆς ἰσχυροῦ ρεύματος.

Τὴν τοποθέτηση τῶν στύλων, τῶν ἀγωγῶν, τῶν μονωτήρων κ.λ.π. τὴν κάνομε καὶ ἐδῶ ὅπως ἀκριβῶς καὶ στίς γραμμὲς διανομῆς.



## ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

#### ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

##### 2.1 Τί είναι οι ηλεκτρικές μετρήσεις.

Πολλές φορές ως τώρα μιλήσαμε για τις ηλεκτρικές μετρήσεις, χωρίς να αναλύσουμε περισσότερο το θέμα αυτό.

Οι ηλεκτρικές μετρήσεις αποτελούν ένα ανεξάρτητο και έκτεταμένο τομέα της ηλεκτρολογίας, ο οποίος όμως δεν θα μάς απασχολήσει στο μέρος αυτό του βιβλίου μας περισσότερο απ' όσο μάς χρειάζεται. Δηλαδή θ' ασχοληθούμε μόνο με τις περιπτώσεις που ένας ηλεκτροτεχνίτης θα χρειασθῇ να αντιμετωπίσει στην πράξη.

Ο σκοπός που επιδιώκουμε με τις μετρήσεις αυτές είναι να βρίσκουμε την ποσότητα των ηλεκτρικών μεγεθών. Π.χ., πόση τάση υπάρχει μεταξύ δύο αγωγών, πόσα ὦμ ἔχει μιὰ ὀρισμένη αντίσταση, κ.λ.π.

Τις μετρήσεις μας τις ἐκτελοῦμε με τὴ βοήθεια τῶν διαφόρων *ηλεκτρικῶν ὀργάνων*, (πὺ θὰ περιγράψουμε στὰ ἐπόμενα Κεφάλαια), εἴτε μέσα σὲ εἰδικὰ ἐργαστήρια εἴτε κατ' εὐθείαν στὶς ἐγκαταστάσεις μας. Εἶναι αὐτονόητο ὅτι ἐμεῖς ἐνδιαφερόμαστε ἐδῶ μόνο γιὰ τὴ δεύτερη περίπτωση, δηλαδή τὶς μετρήσεις πὺ κάνουμε γιὰ τὴν ἐξυπηρέτηση τῶν ἐγκαταστάσεων παραγωγῆς, μεταφορᾶς καὶ διανομῆς τοῦ *ηλεκτρισμοῦ*.

Οἱ μετρήσεις τοῦ εἴδους αὐτοῦ ὀνομάζονται *βιομηχανικὲς μετρήσεις*, σὲ ἀντίθεση με τὶς μετρήσεις ἀκριβείας ἢ ἐργαστηριακὲς μετρήσεις πὺ ἐκτελοῦνται στὰ ἐργαστήρια...

Όπως συμβαίνει πάντα όταν κάμωμε μετρήσεις, ποτέ τὸ ἀποτέλεσμα τῶν μετρήσεών μας δὲν εἶναι τὸ πραγματικό, γιὰτὶ μᾶς εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀποφύγωμε σφάλματα ποὺ προέρχονται εἴτε ἀπὸ ἀπροσεξία μας εἴτε ἀπὸ ἀτέλειες τῶν ὀργάνων μετρήσεως κ.λ.π.

Ἄν δηλαδή ἡ πραγματικὴ τιμὴ ἑνὸς μεγέθους εἶναι  $A$ , ἐμεῖς μὲ τὴ μέτρηση θὰ βροῦμε  $A'$ .

Ἡ τιμὴ  $A - A'$  εἶναι τὸ ἀπόλυτο σφάλμα τῆς μετρήσεως. Αὐτὸ ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει εἶναι συνήθως τὸ λεγόμενο σχετικὸ σφάλμα. Καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ πηλίκον  $\frac{A - A'}{A}$  ποὺ τὸ ἐκφράζομε σὰν ποσοστὸ στὰ ἑκατὸ (%).

Π.χ. θέλομε νὰ μετρήσωμε μιὰ τάση ποὺ στὴν πραγματικότητα εἶναι 60 V.

Ἔστω ὅτι μετὰ τὴν μέτρηση βρίσκομε 59 V. Τὸ ἀπόλυτο σφάλμα εἶναι  $60 - 59 = 1$  V, ἐνῶ τὸ σχετικὸ σφάλμα εἶναι:

$$\frac{60 - 59}{60} \cdot 100 = 1,66 \%$$

Τὸ σχετικὸ σφάλμα τὸ λέμε καὶ ἀκρίβεια τῆς μετρήσεως. Ὅσο μικρότερο εἶναι τὸ σφάλμα στὰ ἑκατὸ, τόσο καλύτερη εἶναι ἡ μέτρησή μας. Συγχρόνως ὅμως εἶναι καὶ περισσότερο δαπανηρή.

Γι' αὐτὸ τὸν λόγο στὶς βιομηχανικὲς μετρήσεις δὲν ἐπιδιώκομε μεγαλύτερη ἀκρίβεια ἀπὸ 1 %. Ἔτσι, ἐὰν μὲ τὴ μέτρηση βροῦμε ὅτι ἓνα ρεῦμα εἶναι π.χ. 100 A, στὴν πραγματικότητα τὸ ρεῦμα αὐτὸ μπορεῖ νὰ εἶναι ὅ,τιδήποτε μεταξὺ 99 A καὶ 101 A.

Γιὰ νὰ καταλάβωμε καλύτερα τὴν διαφορὰ ἀπὸ τίς μετρήσεις ἀκριβείας, θ' ἀναφέρωμε ὅτι σήμερα ἔχομε τὰ μέσα νὰ κάμωμε ἠλεκτρικὲς μετρήσεις μὲ ἀκρίβεια 0,0001 %! Βλέπομε ἔτσι ὅτι ἀπ' ὅλα τὰ εἶδη τῶν μετρήσεων, οἱ ἠλεκτρικὲς μετρήσεις εἶναι ἐκεῖνες στὶς ὁποῖες ἐπιτυγχάνομε τὴ μεγαλύτερη ἀκρίβεια.

## 12.2 Πού εφαρμόζουμε τις ηλεκτρικές μετρήσεις και τί είδη οργάνων έχουμε.

Τὰ ὄργανα μετρήσεως μᾶς εἶναι ἀπαραίτητα, γιὰ νὰ ἐλέγχωμε τὴ λειτουργία τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν καὶ τῶν ἐγκαταστάσεων.

Γιατί, ἂν π.χ. δὲν εἴμαστε σὲ θέση νὰ μετροῦμε διαρκῶς τὰ ἀμπέρ ποὺ παράγονται σὲ μιὰ γεννήτρια, ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὸ μάθημα τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν, ἡ γεννήτρια αὐτὴ ἀσφαλῶς θὰ καταστραφῇ. Ἐπίσης ὁ παραλληλισμὸς τῶν σταθμῶν παραγωγῆς θὰ ἦταν ἀδύνατος, ἂν δὲν εἴχαμε τὰ μέσα νὰ μετροῦμε τὴν τάση καὶ τὴν συχνότητα. Τέλος, ἡ πώληση ἡλεκτρικοῦ ρεύματος δὲν θὰ μπορούσε νὰ γίνῃ χωρὶς τοὺς ἡλεκτρικοὺς μετρητές, ποὺ μὲ τὴ βοήθειά τους μετροῦμε τὶς ποσότητες τῆς ἐνεργείας ποὺ κάθε καταναλωτὴς πρέπει νὰ πληρώσῃ.

Ἀπὸ τὰ λίγα αὐτὰ παραδείγματα εφαρμογῶν τῶν ἡλεκτρικῶν μετρήσεων, μπορούμε εὐκολα νὰ καταλάβωμε τὴ μεγάλη σπουδαιότητα ποὺ ἔχει ἡ καλὴ τους ἐκτέλεση γιὰ τὴν παραγωγή καὶ τὴ διανομὴ τοῦ ρεύματος.

Ἔχομε δύο εἰδῶν ὄργανα μετρήσεως. Τὰ μόνιμα ὄργανα καὶ τὰ φορητά. Τὰ πρῶτα τὰ τοποθετοῦμε πάντα μόνιμα ἐπάνω στοὺς πίνακες ἐνδείξεων καὶ ἐλέγχου, ἐνῶ τὰ δεύτερα μπορούμε νὰ τὰ μετακινῶμε ἀπὸ τὴ μιὰ θέση στὴν ἄλλη ἀνάλογα μὲ τὶς ἀνάγκες μας.

Βέβαια, τὸ ἂν θὰ τοποθετοῦμε μόνιμα ἢ φορητὰ ὄργανα στὶς ἐγκαταστάσεις μας αὐτὸ εἶναι θέμα κόστους. Γι' αὐτὸ προτιμοῦμε νὰ ἔχωμε μόνον τὰ ἀπαραίτητα μόνιμα ὄργανα στὰ μικρὰ ἐργοστάσια παραγωγῆς καὶ στοὺς ὑποσταθμούς, τὰ δὲ φορητὰ ὄργανα τὰ χρησιμοποιοῦμε κατὰ τὸν πρῶτο ἑλεγχὸ μιᾶς ἐγκαταστάσεως καὶ κατὰ τὶς περιοδικές της ἐπιθεωρήσεις. Φορητὰ ὄργανα χρησιμοποιοῦμε πάντοτε καὶ στὶς μετρήσεις στὶς ὁποῖες δὲν ἀπαιτεῖται

συνεχῆς παρακολούθηση, π.χ. στὸν ἔλεγχο μιᾶς ἐσωτερικῆς ἐγκυκλοπαιδείας ἐνὸς σπιτιοῦ.

Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ καλύπτομε τὶς ἀνάγκες μας σὲ πολλὰ σημεῖα μὲ μιὰ μόνο σειρὰ φορητῶν ὀργάνων.

Γενικά, ἓνα ὄργανο μετρήσεως μπορεῖ νὰ εἶναι καὶ μόνιμο καὶ φορητό. Γι' αὐτό, ὅταν στὰ ἐπόμενα θὰ μιλοῦμε γιὰ ἓνα ὁποιοδήποτε εἶδος ὀργάνων μετρήσεων, π.χ. γιὰ ἓνα ἀμπερόμετρο, δὲν θὰ κάνωμε διάκριση ἂν πρόκειται γιὰ μόνιμο ἢ φορητὸ ἀμπερόμετρο.

Κατασκευαστικὰ ὅμως ὑπάρχει διαφορά. Ἔτσι π.χ. ἓνα βολτόμετρο γιὰ πίνιακα δὲν εἶναι κατάλληλο γιὰ νὰ χρησιμοποιηθῇ σὰν φορητό.

Τὰ ἡλεκτρικὰ ὄργανα μετρήσεων διαφέρουν ἐπίσης μεταξὺ τοὺς ἀνάλογα καὶ μὲ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο μᾶς δείχνουν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως.

Σὲ μιὰ κατηγορίᾳ ὀργάνων τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως μᾶς τὸ δείχνει ἓνας δείκτης. Ὁ δείκτης αὐτὸς κινεῖται μπροστὰ σὲ μιὰ βαθμολογημένη κλίμακα καὶ σταματᾷ ἐμπρὸς ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση (ἐνδειξη) ἐκείνη τῆς κλίμακας ποὺ ἀντιστοιχεῖ μὲ τὸ ἀριθμητικὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως. Αὐτὰ εἶναι τὰ λεγόμενα ὄργανα μὲ δείκτη καὶ ὁ τύπος τοὺς περιλαμβάνει τὰ περισσότερα ἡλεκτρικὰ ὄργανα.

Μιὰ ἄλλη κατηγορία ὀργάνων δὲν ἔχει οὔτε δείκτη οὔτε βαθμολογημένη κλίμακα, ἀλλὰ μόνον ἓναν ἀπαραριθμητικὸ μηχανισμό ποὺ σχηματίζει ἀριθμητικὰ τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως. Σ' αὐτὸ τὸ εἶδος ὀργάνων ἀνήκουν οἱ διάφοροι μετρητὲς ἢ γνώμονες. Ἐπίσης μιὰν ἰδιαίτερη κατηγορίᾳ ὀργάνων ἀποτελοῦν ἐκεῖνα μὲ τὰ ὁποῖα τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς μετρήσεως ἐξάγεται μὲ ἀριθμητικοὺς ὑπολογισμούς, ὅπως συμβαίνει π.χ. μὲ τὶς διαφορὲς γέφυρες μετρήσεων.

Τέλος, ἔχομε καὶ τὰ καταγραφικὰ ὄργανα ποὺ δὲν εἶναι

τίποτε άλλο παρά όργανα με δείκτη, με τή διαφορά ότι στην άκρη του δείκτη τους τοποθετούμε μιὰ γραφίδα που σημειώνει κάθε στιγμή τήν ένδειξή τους σ' ένα χαρτί που ξετυλίγεται μπροστά στον δείκτη.

Γενικά, με τὰ ηλεκτρικά όργανα, που θά έξετάσωμε στά έπόμενα Κεφάλαια, έκτελοϋμε τις έξής μετρήσεις:

- α) του ρεύματος σε άμπερ (άμπερόμετρα),
- β) τής τάσεως σε βόλτ (βολτόμετρα),
- γ) τής πραγματικής ισχύος σε βάττ ή κιλοβάττ (βαττόμετρα),
- δ) τής άεργής ισχύος (παράγραφος 13·5) σε κιλοβάρ (kVAR) (ειδικά βαττόμετρα),
- ε) του συντελεστή ισχύος, αριθμητικά (μετρητές συντελεστή ισχύος),
- ζ) τής συχνότητας σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (συχνόμετρα),
- η) τής αντίστασεως σε ώμ (γέφυρες ηλεκτρικών μετρήσεων, ωμόμετρα, μεγκώμετρα), και
- θ) τής ένεργείας σε κιλοβαττώρια (γνώμονες ή μετρητές).

Έπίσης έχομε και είδη όργάνων με τὰ όποια είναι δυνατόν νά έκτελέσωμε πολλών ειδών ηλεκτρικές μετρήσεις, τὰ λεγόμενα *πολλαπλά όργανα (ή άβόμετρα)*, που είναι συνδυασμοί μερικών από τὰ παραπάνω όργανα.

Τελειώνοντας πρέπει έπίσης νά αναφέρωμε ότι υπάρχουν πολλές μετρήσεις, που δέν είναι μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών, όπως είναι μετρήσεις *θερμοκρασίας, πίεσεως, στάθμης νερού* κ.λ.π. τις όποίες έκτελοϋμε όμως με ηλεκτρικές μεθόδους γιατί έτσι έχομε μεγαλύτερη ακρίβεια.

Έπί πλέον, όταν μεταχειριζόμαστε ηλεκτρικές μεθόδους μετρήσεως, έχομε τò πλεονέκτημα ότι μπορούμε νά μεταφέρωμε τήν ένδειξη όσο μακριά θέλομε από τήν θέση στην όποία κάνομε

τὴν μέτρηση. Χάρη στὸ πλεονέκτημα αὐτό, ὅπως εἶδαμε στὸ πρῶτο Μέρος αὐτοῦ τοῦ βιβλίου, συγκεντρώνομε τὸν ἔλεγχο ἑνὸς δλοκλήρου κεντρικοῦ σταθμοῦ μέσα σ' ἓνα μικρὸ δωμάτιο. Π.χ. μ' ἓνα ἡλεκτρικὸ θερμόμετρο μετροῦμε τὴ θερμοκρασία τοῦ λέβητα ὅχι μόνο ἐπάνω σ' αὐτὸν ἀλλὰ καὶ στὸν γενικὸ πίνακα ἐλέγχου ποὺ μπορεῖ νὰ εἶναι πολὺ μακριά.

### 12·3 Μετασχηματιστὲς μετρήσεων.

Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς μετασχηματιστὲς ἰσχύος, ποὺ γνωρίζομε ἀπὸ τὶς ἡλεκτρικὲς μηχανές, ἔχομε καὶ τοὺς μετασχηματιστὲς μετρήσεων, ποὺ, ἂν καὶ δὲν εἶναι ὄργανα μετρήσεων, τοὺς ἀναφέρομε ἐδῶ, ἐπειδὴ ἀποτελοῦν μηχανήματα ποὺ μᾶς εἶναι ἀπαραίτητα γιὰ μιὰ ὀρισμένη κατηγορία ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.

Τοὺς μετασχηματιστὲς αὐτοὺς τοὺς χρησιμοποιοῦμε στὶς μετρήσεις ἐναλλασσομένων τάσεων καὶ ἐντάσεων τῶν ἐγκαταστάσεων ὑψηλῆς τάσεως, καθὼς καὶ στὶς μετρήσεις μεγάλων ἐντάσεων τῶν ἐγκαταστάσεων χαμηλῆς τάσεως E.P., μὲ σκοπὸ νὰ χωρίζομε τὴν ὑψηλὴν τάση ἀπὸ τὰ καθαυτὰ ὄργανα μετρήσεων ἢ νὰ κάνωμε τὴν μέτρηση εὐκολώτερη. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν ἐξασφαλίζομε τὴν ἀπομόνωση καὶ τὴν ἀσφάλεια τοῦ προσώπου ποὺ ἐκτελεῖ τὴν μέτρηση καὶ ἐπὶ πλέον μετατρέπομε τὰ μεγέθη ποὺ θέλομε νὰ μετρήσωμε σὲ ἄλλα μεγέθη ποὺ μετροῦμε εὐκολώτερα. Παρακάτω θὰ ἐξηγήσωμε πῶς ἀκριβῶς ἐπιτυγχάνομε τὸ σκοπὸ μας αὐτό.

Ἔχομε λοιπόν, ἀνάλογο μὲ τὸν προορισμὸ τους, μετασχηματιστὲς τάσεως καὶ μετασχηματιστὲς ἐντάσεως. Καὶ οἱ δύο τύποι εἶναι στὴν πραγματικότητα μετασχηματιστὲς σὰν ἐκείνους ποὺ γνωρίζομε ἀπὸ τὸ μάθημα τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν, ἀλλὰ πολὺ μικρῆς ἰσχύος. Τὸ χαρακτηριστικὸν τους εἶναι ὅτι τὸ δευτερογενὲς τους τύλιγμα, στοὺς μὲν μετασχηματιστὲς ἐντάσεως εἶναι σχεδὸν βραχυκυκλωμένο, (δηλαδὴ ἔχει πολὺ μικρὴ ἀντίσταση), ἐνῶ στοὺς μετασχηματιστὲς τάσεως εἶναι σχεδὸν χωρὶς φορτίο (δηλαδὴ ἔχει

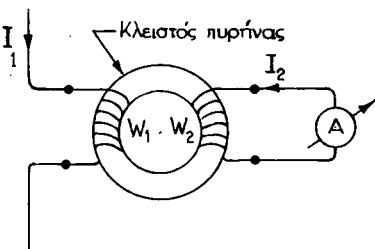
πολύ μεγάλη αντίσταση). Το πρωτογενές τύλιγμα τὸ συνδέουμε μὲ τὸ ρεύμα ἢ τὴν τάση ποὺ θέλομε νὰ μετρήσωμε, ἐνῶ τὸ δευτερογενὲς τὸ συνδέουμε μὲ τὰ ἀντίστοιχα ὄργανα μετρήσεως, δηλαδή μὲ τὰ ἀμπερόμετρα ἢ τὰ βολτόμετρα.

Ἐξετάσωμε τώρα κάθε εἶδος χωριστὰ γιὰ νὰ καταλάβωμε καλύτερα τὴ λειτουργία καὶ τὴ χρησιμότητά τους. Πάντως καὶ τὰ δύο εἶδη τῶν μετασχηματιστῶν μετρήσεων μποροῦμε νὰ τὰ χρησιμοποιήσωμε μόνο μὲ Ε.Ρ. καὶ ἔχει μὲ Σ.Ρ., γιατί, ὅπως γνωρίζομε, ἕνας μετασχηματιστὴς λειτουργεῖ μόνο μὲ Ε.Ρ.

Στὸ σχῆμα 12.3 α βλέπομε τὴν ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἑνὸς μετασχηματιστῆς ἐντάσεως.

Ἔχομε ἕνα κλειστὸ πυρήνα,  $I_1$  ποὺ γύρω του τυλίγομε τὸ πρωτογενὲς καὶ τὸ δευτερογενὲς τύλιγμα ( $W_1$  καὶ  $W_2$ ) τοῦ μετασχηματιστῆ.

Τὸ πρῶτο εἶναι μέρος μιᾶς ἐγκαταστάσεως ὑψηλῆς τάσεως ἢ γενικὰ ἕνα τύλιγμα μέσα ἀπὸ τὸ ὁποῖο διαβιβάζομε μιὰ πολὺ μεγάλη ἔνταση.



Σχ. 12.3 α.

Δὲν ἔχομε ἀκόμα ἐξετάσει τὰ ἀμπερόμετρα. Θὰ τὰ δοῦμε στὸ Κεφάλαιο 13, ἀλλὰ ἀπὸ τώρα μποροῦμε νὰ πούμε πῶς εἶναι ὄργανα πολὺ εὐαίσθητα καὶ κατάλληλα μόνο γιὰ μικρὲς σχετικὰ ἐντάσεις (συνήθως ἀπὸ 0 ἕως 5 A ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀμπερόμετρα τύπου κινητοῦ σιδήρου, μὲ τὰ ὁποῖα μποροῦμε νὰ μετρήσωμε ἀπ' εὐθείας ἐντάσεις μέχρι 100 A).

Εὐκόλα λοιπὸν φανταζόμαστε ὅτι, ἂν συνδέαμε ἕνα τέτοιο ἀμπερόμετρο κατ' εὐθείαν στὸ μεγάλο ρεύμα ποὺ θέλομε νὰ μετρήσωμε, π.χ. σὲ  $I_1 = 200 \text{ A}$ , θὰ τὸ καταστρέψαμε. Ἄν ὅμως συνδέσωμε τὸ ἀμπερόμετρό μας στὸ δευτερογενὲς τύλιγμα τοῦ μετασχηματιστῆ, πού, ἄς πούμε πῶς ἔχει μιὰ σχέση μεταφορᾶς

$I_1 : I_2 = 50 : 1$ , τότε από το αμπερόμετρο θα περάσει ρεύμα  $I_2 = \frac{200}{50} = 4 \text{ A}$ , δηλαδή είμαστε μέσα στα όρια όπου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα κοινό αμπερόμετρο χωρίς κίνδυνο να το καταστρέψουμε.

Αυτό έννοούσαμε όταν λέγαμε προηγουμένως ότι με τους μετασχηματιστές μετρήσεων μετατρέπουμε τα μεγέθη που θέλουμε να μετρήσουμε σε άλλα που μετρούμε εύκολότερα. Τα  $200 \text{ A}$ , που δεν μπορούμε να τα μετρήσουμε άμέσως, τα μετατρέπουμε σε  $4 \text{ A}$  χάρη σ' έναν κατάλληλο μετασχηματιστή έντάσεως και τα μετρούμε εύκολα με ένα αμπερόμετρο.

Βέβαια, απαραίτητο είναι να ξέρουμε πάντα την σχέση μεταφοράς του μετασχηματιστή, αλλιώς ή ένδειξη του αμπερομέτρου δεν σημαίνει τίποτα. "Αν όμως ξέρουμε, όπως στο παράδειγμά μας, ότι η σχέση αυτή είναι  $50 : 1$ , τότε η ένδειξη του αμπερομέτρου π.χ.  $2,5 \text{ A}$  σημαίνει στην πραγματικότητα  $50 \cdot 2,5 = 125 \text{ A}$  στην εγκατάστασή μας.

"Αν η εγκατάσταση που μετρούμε είναι ύψηλης τάσεως, τότε είναι απαραίτητο να υπάρχει ή κατάλληλη μόνωση μεταξύ των δύο τυλιγμάτων  $W_1$  και  $W_2$  (σχ. 12·3 α) του μετασχηματιστή, ώστε να μπορούμε ακίνδυνα να χειριζόμαστε το αμπερόμετρο.

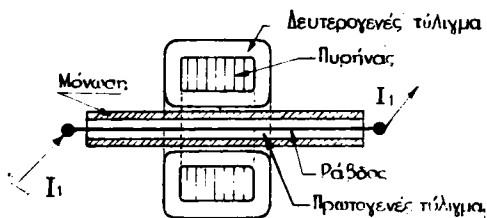
Σε χαμηλές σχετικά τάσεις τα μονωτικά υλικά που μεταχειριζόμαστε για τον παραπάνω σκοπό είναι στερεά (πορσελάνη, πρεσπάν, βακελίτης), ενώ σε υψηλότερες είναι υγρά (μονωτικά λάδια μετασχηματιστών).

Παρατηρούμε επίσης άλλο ένα πλεονέκτημα, ότι δηλαδή χάρη στους μετασχηματιστές έντάσεως, δεν υπάρχει ανάγκη να διακόπτουμε τη γραμμή, της οποίας θέλουμε να μετρήσουμε το ρεύμα, για να τοποθετήσουμε το αμπερόμέτρό μας. Τούτο συμβαίνει γιατί είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε αυτή την ίδια τη γραμμή για πρωτογενές τύλιγμα σε έναν τύπο μετασχηματιστών έντάσεως

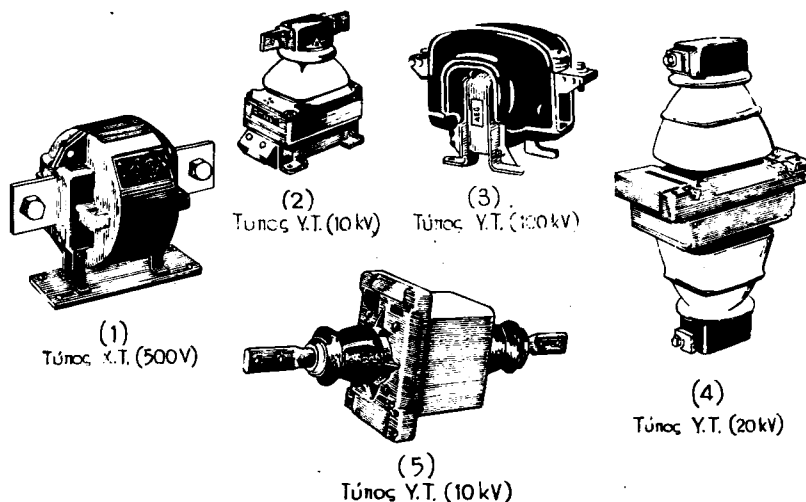


πού είναι πολύ εύχρηστος και πού φαίνεται στο σχήμα 12.3 β. Με τον τύπο αυτό φθάνομε σε έντάσεις στο πρωτογενές τύλιγμα μέχρι 3 000 A και περισσότερο! Στην ίδια αρχή στηρίζεται και η λειτουργία της μετρήσεως πού δείχνει το σχήμα 12.3 δ.

Την εξωτερική μορφή πού έχουν στην πραγματικότητα οι



Σχ. 12.3 β. Μετασχηματιστής έντασεως.



Σχ. 12.3 γ. Διάφοροι μόνιμοι (δχι φορητοί) τύποι μετασχηματιστών έντασεως.

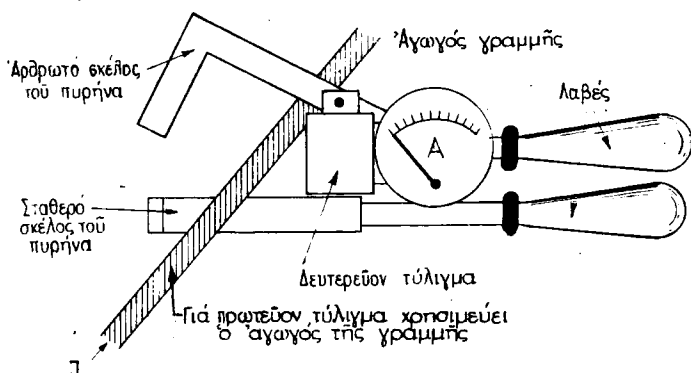
μετασχηματιστές έντασεως την βλέπομε στους διαφόρους τύπους πού δείχνει το σχήμα 12.3 γ.

Ο τύπος (1) είναι κατάλληλος για χαμηλή τάση, π.χ. για την σύνδεση ενός γνώμονα κατά την μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Οί τύποι (2) και (3) είναι κατάλληλοι για ύψηλές τάσεις μέχρι  $10\text{ kV}$ , ενώ ο τύπος (4) είναι ένας μονωτήρας διελεύσεως, τὸν ὁποῖο ἔχομε κατάλληλα διαμορφώσει σὲ μετασχηματιστὴ ἐντάσεως, σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τοῦ σχήματος  $12 \cdot 3\beta$ .

Τέλος, ὁ τύπος (5) εἶναι κατάλληλος γιὰ νὰ τοποθετῆται στοὺς ζυγούς τῶν ὑποσταθμῶν μέσης τάσεως.

Δύο πράγματα χρειάζεται νὰ ἔχομε πάντα ὑπ' ὄψιν μας ὅταν χρησιμοποιοῦμε τοὺς τύπους αὐτούς: α) ὅτι πρέπει νὰ ἀντέχουν στὰ πιθανὰ βραχυκυκλώματα τῶν δικτύων ἔξω εἶναι συνδεδεμένα, καὶ β) ὅτι δὲν πρέπει ποτὲ νὰ διακόψωμε τὸ δευτερογεν-



Σχ.  $12 \cdot 3\delta$ . Φορητὸς μετασχηματιστὴς ἐντάσεως (ἀμπερόμετρο τσιμπίδα).

νές τους τύλιγμα, δηλαδή νὰ ἀποσυνδέωμε τὸ φορτίο τῶν μετασχηματιστῶν ἐντάσεως, γιατί τὰ τυλίγματα τοὺς ὑπερθερμαίνονται καὶ ὑπάρχει φόβος νὰ καοῦν. Ἄν καμμιά φορὰ χρειασθῇ νὰ διακόψωμε γιὰ λίγο τὸ δευτερογενὲς τύλιγμα πρέπει νὰ προφυλάξωμε τὰ ἀποσυνδεδεμένα ἄκρα γιατί μεταξύ τοὺς ὑπάρχει μεγάλη τάση ποὺ μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ δυστυχήματα. Γιὰ καλύτερη προφύλαξη τῶν ἄκρων αὐτῶν συνιστάται νὰ τὰ βραχυκυκλώνωμε μὲ χονδρὸ σύρμα.

Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς τύπους ποὺ ἀναφέραμε, ἔχομε καὶ φορητοὺς μετασχηματιστὲς ἐντάσεως σὲ συνδυασμὸ μὲ ἓνα ἀμπερόμετρο μύ-

νιμα συνδεδεμένο στο δευτερογενές τύλιγμα (σχ. 12·3 δ). Χάρη σ' αὐτοὺς μπορούμε νὰ μετροῦμε τὶς ἐντάσεις σ' ὅποιοδήποτε σημείο τῶν γραμμῶν μας χωρὶς νὰ χρειάζεται νὰ τὶς διακόψουμε.

Οἱ μετασχηματιστὲς τάσεως, ποὺ εἶναι τὸ δεύτερο εἶδος τῶν μετασχηματιστῶν μετρήσεως, κατασκευάζονται συνήθως μονοφασικοί ἢ σπάνια τριφασικοί καὶ ἔχουν τὴν ἴδια περίπου μορφή μὲ τοὺς γνωστὸς μας μετασχηματιστὲς ισχύος, ἀλλὰ ἔχουν βέβαια πολὺ μικρότερες διαστάσεις. Σὰν μονωτικὰ ὑλικά στὴν κατασκευή τους, ἐφ' ὅσον ἔχομε μικρὲς σχετικὰ τάσεις (ἕως 20 kV), χρησιμοποιοῦμε στερεὲς ὕλες (πορσελάνη, πρεσπὰν, βακελίτη) ἐνῶ γιὰ μεγαλύτερες τάσεις, χρησιμοποιοῦμε ὑγρὲς ὕλες (μονωτικὰ λάδια μετασχηματιστῶν).

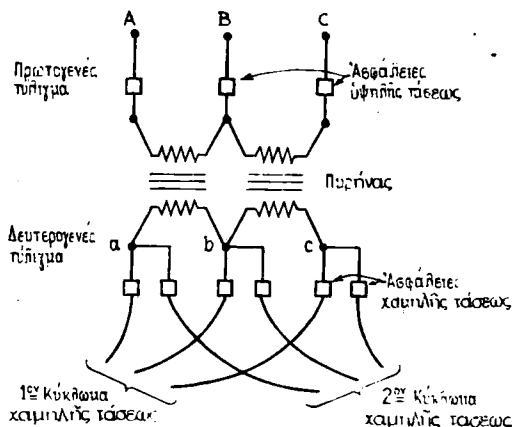
Ἡ σχέση τῆς μεταφορᾶς τους εἶναι συνήθως τέτοια, ὥστε στὸ δευτερογενές τύλιγμα νὰ ἔχομε περίπου σταθερὴ τάση (γύρω στὰ 110 V). Ἀντίθετα ὅμως μὲ ὅ,τι συμβαίνει στοὺς μετασχηματιστὲς ἐντάσεως, ἐδῶ ἔχομε πάντοτε ὁρισμένη τάση στὸ πρωτογενές. Τρῶτο συμβαίνει διότι ἡ τάση τῶν δικτύων εἶναι πάντα προκαθορισμένη καὶ σταθερή, ἐνῶ ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος, ποὺ διαβιβάζουν τὰ δίκτυα, μεταβάλλεται συνεχῶς. Ἔτσι π.χ. οἱ μετασχηματιστὲς τάσεως τῆς ΔΕΗ, στὴν περιοχὴ τῶν Ἀθηνῶν, εἶναι κατασκευασμένοι γιὰ πρωτογενῆ τάση 22 kV ἢ 6,6 kV, ἐνῶ τῆς ὑπέρλοιπης Ἑλλάδας εἶναι γιὰ 150 kV ἢ 15 kV.

Γιὰ λόγους ἀσφαλείας φροντίζομε πάντα νὰ γειώνουμε τοὺς μετασχηματιστὲς αὐτοὺς, συνήθως ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρη, στὸ δευτερογενές τους τύλιγμα.

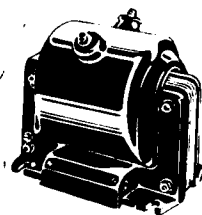
Ἐπίσης πρέπει νὰ τοὺς προστατεύουμε, τοποθετώντας ἀσφάλειες ὑψηλῆς τάσεως, γιατί σ' ἀντίθετη περίπτωση, ἓνα μικρὸ βραχυκύκλωμα ποὺ θὰ προσερχόταν ἀπὸ ἐλαττωματικὴ μόνωση, θὰ τοὺς κατέστρεφε. Πάντως ὅμως, πρέπει νὰ ἔχομε ὑπ' ὄψιν μας ὅτι μὲ τὶς ἀσφάλειες αὐτές, ὅταν μετροῦμε ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως, δὲν ἐξασφαλίζομε ἀρκετὴ προστασία ἀν γίνη ὑπερφόρτιση στὸ δευ-

τερογενές τύλιγμα. Γι' αυτό, σε όσα κυκλώματα έχουμε στο δευτερογενές τύλιγμα, συνηθίζουμε να τοποθετούμε και ασφάλειες χαμηλής τάσεως, όπως φαίνεται στο σχήμα 12·3 ε.

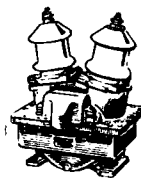
Αντίθετα με  $\delta$ , τι συμβαίνει στους μετασχηματιστές έντασης, δεν επιτρέπεται ποτέ να βραχυκυκλώνουμε το δευτερογενές των μετασχηματιστών τάσεως, διότι τότε ο μετασχηματιστής καταστρέφεται. Η διακοπή όμως του δευτερογενούς τυλίγματος, δη-



Σχ. 12·3 ε. Συνδεσμολογία τριφασικού μετασχηματιστή τάσεως.



(1)



(2)

Σχ. 12·3 ζ. Μονοφασικοί μετασχηματιστές τάσεως 10 kV/100 V.

λαδή ή αποσύνδεση του φορτίου ενός μετασχηματιστή τάσεως, επιτρέπεται.

Η μορφή των μετασχηματιστών τάσεως είναι όμοια μ' αυτήν

πὺ φαινέται στὸ σχῆμα 12.3 ζ, ὅπου βλέπομε δύο τύπους μονοφασικοὺς 10 kV/100 V, πὺ εἶναι κατάλληλοι γιὰ μέτρηση ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας σὲ ὑποσταθμό.

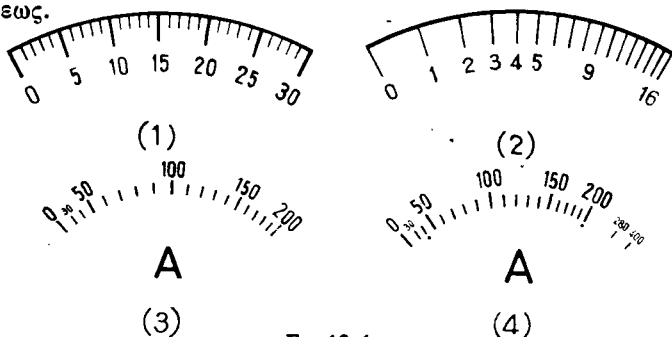
Στὰ σχήματα 13.3 β καὶ 13.2 ζ βλέπομε παραδείγματα συνδεσμολογίας μετασχηματιστῶν μετρήσεως σὲ συνεργασία μὲ ἀμπερόμετρα καὶ βολτόμετρα.

Τὸ σφᾶλμα, τέλος, τῶν μετρήσεων, στίς ὁποῖες χρησιμοποιοῦμε τοὺς μετασχηματιστῆς αὐτοὺς (καὶ τὸ ὅποιο προέρχεται ἀπὸ τοὺς μετασχηματιστῆς καὶ ὅχι ἀπὸ τὰ κυρίως ὄργανα μετρήσεων), εἶναι  $\pm 1\%$  στὰ κυκλώματα μετρήσεως ἐνεργείας, καὶ  $\pm 3\%$  στὰ κυκλώματα προστασίας (τροφοδότηση τῶν ρελαὶ κ.λ.π.).

## ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΜΕ ΔΕΙΚΤΗ

## 13.1 Γενικές έννοιες.

Όπως αναφέραμε στην παράγραφο 12.2 όργανα με δείκτη είναι τὰ όργανα εκείνα στα όποια βλέπομε τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως ἀπὸ τὴν ἐνδειξη ἑνὸς δείκτη (βελόνας), πὺν κινεῖται μπροστὰ σὲ μιὰ βαθμολογημένη κλίμακα καὶ σταματᾷ ἐμπρὸς ἀπὸ τὴν ὑποδιαίρεση πὺν ἀντιστοιχεῖ στὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως.



Σχ. 13.1 α.

Στὸ σχῆμα 13.1 α βλέπομε μερικὰ παραδείγματα τῆς μορφῆς πὺν μπορεῖ νὰ δώσωμε στὴν βαθμολογημένη κλίμακα. Στὸ σχῆμα (1) ἔχομε μιὰ κλίμακα μὲ ὑποδιαίρεσεις χαραγμένες σὲ ἴσες ἀποστάσεις. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι κάθε φορὰ πὺν ὁ δείκτης κἀνει μιὰ ἀπόκλιση (δηλαδὴ φεύγει ἀπὸ τὸ μηδὲν τῆς κλίμακας ὅπου βρίσκεται ὅταν ἤρεμῇ), ἡ ἀπόκλιση αὐτὴ εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ μέγεθος πὺν μετροῦμε. Ἡ διαίρεση αὐτὴ τῆς κλίμακας συνήθιζεται περισσότερο σὲ ἀμπερόμετρα καὶ βολτόμετρα ἐργαστηριακὰ καὶ λιγότερο σὲ βιομηχανικοὺς τύπους.

Στὸ σχῆμα (2) ἔχομε βαθμολόγηση ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνο τοῦ μεγέθους πὺν μετροῦμε. Δηλαδὴ ὁ ἀριθμὸς πὺν μᾶς δει-

χνει ὁ δείκτης κατὰ τὴν μέτρηση ἀντιπρόσωπεύει τὸ τετράγωνον τοῦ μεγέθους ποὺ μετροῦμε, γι' αὐτὸ καὶ τὰ ὄργανα αὐτὰ λέγονται *τετραγωνίζοντα ὄργανα*.

Στὸ σχῆμα (3) ἔχομε τὴ συνηθισμένη βαθμολόγηση τῶν βιομηχανικῶν ὀργάνων, ἡ ὁποία εἶναι σχεδὸν ὁμοιόμορφη στὸ πεδίο μετρήσεως ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει: κάθε φορά. Π.χ. γιὰ τὴν περίπτωση τοῦ σχήματος (3), ἡ κλίμακα εἶναι περίπου ἰσομοιρασμένη μεταξύ 50 *A* καὶ 150 *A*. Στὸ υπόλοιπο, δηλαδὴ ἀπὸ 0 ὡς 50 *A* καὶ ἀπὸ 150 *A* ὡς 200 *A*, ἡ κλίμακα ἔχει πρὸ πυκνὲς ὑποδιαίρέσεις. Ἐνῶ τέτοιο ὄργανο εἶναι βέβαια κατάλληλο γιὰ μετρήσεις ἐντάσεων ποὺ κυμαίνονται μεταξύ 50 καὶ 150 *A*.

Τέλος, στὸ σχῆμα (4) παρατηροῦμε μιὰ ἰδιαίτερη βαθμολόγηση. Τὴν χρησιμοποιοῦμε πολὺ σὲ ἀμπερόμετρα κινητοῦ σιδήρου ἐγκατεστημένα σὲ κυκλώματα ποὺ τροφοδοτοῦν κινητήρες, ἡλεκτρικοὺς φούρνους, συγκολλητικὲς συσκευὲς κ.λ.π. Σ' ὅλες αὐτὲς τίς περιπτώσεις, τὴ στιγμὴ τοῦ ξεκινήματος τῶν μηχανῶν, παρουσιάζονται μεγάλες ὑπερεντάσεις, ποὺ ἔχομε τὴ δυνατότητα νὰ τίς μετροῦμε χάρις σὲ μιὰ μικρὴ κλίμακα. Αὐτὴ ἡ κλίμακα φθάνει ἀπὸ τὰ δεξιὰ τῆς κύριας κλίμακας ὡς τὰ 400 *A*, ἐνῶ ἡ κύρια κλίμακα φθάνει μόνο ὡς τὰ 200 *A*. Πάντως ὅμως, κατὰ τὴν κανονικὴ λειτουργία, ὁ δείκτης κινεῖται ἐμπρὸς ἀπὸ τὴν κύρια κλίμακα.

Συνήθως ὅλα τὰ ἡλεκτρικὰ ὄργανα μετρήσεως μὲ δείκτη, δὲν τὰ ἔχομε σὲ συνεχὴ λειτουργία. Ἡ ἀπομόνωσή τους γίνεται μὲ διακόπτες ποὺ παρεμβάλλομε στὰ κυκλώματά τους.

Κάτι ποὺ πρέπει νὰ προσέχωμε πάντα προτοῦ κλείσωμε τὸν διακόπτη γιὰ νὰ μετρήσωμε, εἶναι νὰ βάζωμε τὸν δείκτη τοῦ ὀργάνου στὸ «μηδέν» τῆς κλίμακας. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ ὑπάρχει μιὰ εἰδικὴ βίδα κάτω ἀπὸ τὴν κλίμακα. Στρίβοντάς την κατάλληλα μ' ἓνα κατσαβίδι, κινοῦμε τὸν δείκτη καὶ τὸν σταματοῦμε μόλις συμπέσει ἀκριβῶς μὲ τὸ μηδέν.

Προτού διαλέξωμε ένα ηλεκτρικὸ ὄργανο με δεικτὴ, π.χ. ένα ὄργανο ποὺ θὰ τοποθετηθῇ στὸν πίνακα ἑνὸς ἐργοστασίου, πρέπει νὰ ξέρωμε τί ἀκριβῶς πρέπει νὰ ζητήσωμε ἀπὸ τὸν προμηθευτὴ (ἐμπορὸ). Μόνο ἂν ἀγοράσωμε καὶ χρησιμοποιήσωμε τὸ κατάλληλο ὄργανο θὰ μπορέσωμε νὰ κάνωμε καλὰ τὴ δουλειά μας μ' αὐτὸ στὸ μέλλον.

Ἀπὸ τὴν παράγραφο 12·2 γνωρίζομε ποῖο εἶδος ὀργάνου χρειάζομαστε γιὰ κάθε περίπτωση. Ἔτσι π.χ. χρειάζομαστε ἀμπερόμετρο γιὰ μέτρηση ρεύματος, βολτόμετρο γιὰ μέτρηση τάσεως κ.λ.π.

Τὸ δεύτερο στοιχεῖο — ποὺ εἶναι ἐπίσης ἀπαραίτητο νὰ καθορίσωμε — εἶναι τὸ εἶδος τοῦ ρεύματος ποὺ ἔχομε νὰ μετροῦμε, δηλαδή ἂν θὰ ἔχωμε τύπο συνεχοῦς ἢ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Συνήθως τὰ ὄργανα μετρήσεως ἔχουν χαραγμένα στὴν κλίμακά τους ὀρισμένα σύμβολα, με τὰ ὁποῖα ὑποδεικνύουν τὸ ρεῦμα γιὰ τὸ ὁποῖο εἶναι κατάλληλα. Τὰ κυριότερα ἀπὸ τὰ σύμβολα αὐτὰ εἶναι διεθνή. Ἔτσι τὸ σύμβολο :

— παριστᾷ συνεχὲς ρεῦμα,

~ παριστᾷ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα,

≈ παριστᾷ συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Ἄλλα ἐπίσης διεθνῆ σύμβολα ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρουν εἶναι :

⊥ ποὺ σημαίνει ὄργανο κατάλληλο γιὰ κάθετη τοποθέτηση,

Π ποὺ σημαίνει ὄργανο κατάλληλο γιὰ ὀριζόντια τοποθέτηση.

Τὰ παραπάνω σύμβολα δὲν ἰσχύουν μόνο γιὰ τὰ ὄργανα με δεικτὴ, ἀλλὰ καὶ γιὰ ὅλα γενικὰ τὰ ὄργανα τῶν ηλεκτρικῶν μετρήσεων.

Κάτι πολὺ σπουδαῖο ἐπίσης, ποὺ πρέπει νὰ ἔχωμε ὑπ' ὄψιν μας γιὰ τὴν ἐκλογὴ ἑνὸς ὀργάνου, εἶναι ἡ λεγομένη *περιοχὴ μετρήσεως*, ποὺ ἔχει ἕνα ηλεκτρικὸ ὄργανο μετρήσεως. Π.χ., ἂν δοῦμε ἕνα ἀμπερόμετρο με μικρότερη ἐνδειξη τὸ 0 καὶ μεγαλύτερη τὰ 100 A, λέμε ὅτι τοῦτο ἔχει περιοχὴ μετρήσεως ἀπὸ 0 ἕως 100 A.



Είναι αυτονόητο πώς αν έμεις έχουμε σκοπό να μεταχειριζόμαστε τὸ ἀμπερόμετρό μας για να μετροῦμε ἐντάσεις μέχρι 120 A, τότε αὐτὸ εἶναι ἀκατάλληλο καὶ θὰ πρέπει νὰ διαλέξουμε ἓνα ἄλλο ἀμπερόμετρο με εὐρύτερη περιοχὴ. Ἐπίσης ὁμως ἀκατάλληλο θὰ εἶναι τὸ ἀμπερόμετρο, ἂν ἐκτιμοῦμε τὶς ἐντάσεις αὐτὲς μόνο γύρω στὰ 12 ὡς 20 A, δηλαδὴ περίπου στὸ 1/5 τῆς μεγίστης ἐντάσεως ποὺ μπορεῖ νὰ μετρήσουμε μ' αὐτὸ τὸ ὄργανο. Γιατί, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὰ σχήματα (3) καὶ (4) τοῦ σχήματος 13·1 α, ἂν ὁ δείκτης κινῆται στὸ πρῶτο τέταρτο τῆς κλίμακας, τότε δὲν ἔχομε τὴν δυνατότητα νὰ διακρίνουμε ἀκριβῶς τὴν ἔνδειξη καὶ κατὰ συνέπεια τὸ σφάλμα τῆς μετρήσεως γίνεται πολὺ μεγάλο.

*Ἐμπειρικά* ἔχει ἀποδειχθῇ ὅτι ἔχομε τὴν καλύτερη ἀνάγνωσι καὶ τὸ μικρότερο σφάλμα, ἂν ἡ κανονικὴ ἔνδειξη εἶναι περίπου στὰ 60% τῆς μεγίστης ἐνδείξεως. Π.χ. ἂν ἔχομε νὰ μετροῦμε ἐντάσεις γύρω στὰ 60 A, θὰ διαλέξουμε ἓνα ἀμπερόμετρο με περιοχὴ μετρήσεως ἀπὸ 0 ἕως 100 A.

Τέλος, κάτι ἄλλο ποὺ πρέπει νὰ προσέχουμε ὅταν ἔχομε νὰ διαλέξουμε ἓνα ὄργανο μετρήσεως, εἶναι βέβαια καὶ ἡ ἀκρίβεια τῆς μετρήσεως ποὺ ἐπιτυγχάνομε με τὸ ὄργανο αὐτό. Ἐξετάσαμε ἤδη, τὸ θέμα αὐτὸ στὴν παράγραφο 12·1. Ὅπως εἶδαμε ἐκεῖ, μᾶς ἀρκεῖ για τὶς βιομηχανικὲς μετρήσεις μιὰ ἀκρίβεια 1%. Γιὰ ὀρισμένες ὁμως ἐφαρμογὲς ἀκόμα καὶ σφάλμα 2% εἶναι ἀνεκτό.

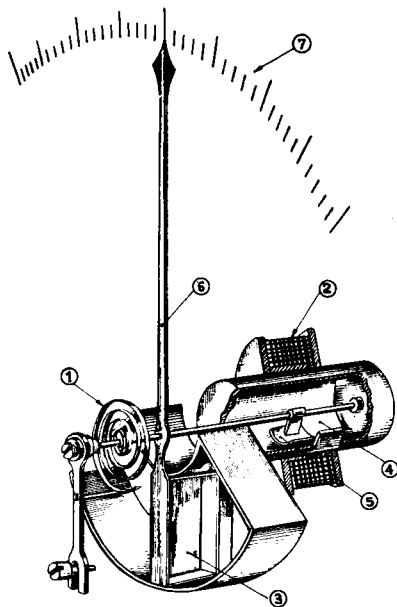
### 13·2 Ἄμπερόμετρα.

Δὲν πρόκειται σ' αὐτὸ τὸ Μέρος τοῦ βιβλίου μας νὰ περιγράψουμε τὴν ἐσωτερικὴ κατασκευὴ καὶ τὴν ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν διαφόρων ὁργάνων μετρήσεως, γιατί ἔτσι θὰ ἐπεκταθοῦμε σὲ θέματα ποὺ δὲν ἐνδιαφέρουν παρὰ μόνο τοὺς εἰδικούς. Ὅμως, για νὰ σχηματίσουμε ὅλοι μιὰ σαφὴ ἰδέα, ὅχι μόνο τοῦ τρόπου ποὺ τὰ χρησιμοποιοῦμε, πρᾶγμα ποὺ θὰ κάνουμε για ὅλα τὰ ὄργανα, ἀλλὰ καὶ τῆς ἀρχῆς ἐπάνω στὴν ὁποία στηρίζεται ἡ λειτουργία

τους, θα περιγράψουμε λεπτομερώς έναν τύπο άμπερομέτρου: τὸ άμπερόμετρο με κινητὸ σίδηρο (ἢ με κινητὸ πυρήνα ὅπως λέγονται καμμιὰ φορά).

Μὲ τὰ ὄργανα αὐτὰ μπορούμε νὰ μετροῦμε συνεχῇ ρεύματα καὶ βιομηχανικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα.

Εἶναι τὰ πιὸ φθηνά, τὰ πιὸ ἀνθεκτικὰ σὲ ὑπερφορτώσεις καὶ τὰ πιὸ εὐρωστά ἀπὸ τὴν ἀποψη τῆς μηχανικῆς τους κατασκευῆς άμπερόμετρα, γι' αὐτὸ τὰ χρησιμοποιοῦμε περισσότερο ἀπὸ κάθε ἄλλο τύπο στὶς βιομηχανικὲς μετρήσεις, καθὼς καὶ στὶς ἐγκαταστάσεις παραγωγῆς, μεταφορᾶς καὶ διανομῆς.



Σχ. 13·2 α. Άμπερόμετρο με κινητὸ σίδηρο.

Στὸ σχῆμα 13·2 α βλέπομε παραστατικὰ τὸ μηχανισμό ἐνὸς άμπερομέτρου με κινητὸ σίδηρο. Δύο πυρήνες (4) καὶ (5) ἀπὸ μαγνητικὸ μαλακὸ σίδηρο βρίσκονται στὸ ἐσωτερικὸ ἐνὸς κυ-

λινδρικού πηνίου (2). Ο ένας από αυτούς (4) είναι σταθερός, ενώ ο άλλος (5) συνδέεται σταθερά με τον άξονα της βελόνας του δείκτη (6) και στρέφεται σταθερά μαζί του.

Εάν από το πηνίο (2) διαβιβάσουμε το ρεύμα που θέλουμε να μετρήσουμε, μαγνητίζονται οι δύο πυρήνες και άπωθούνται μεταξύ τους. Έπειδή ο ένας είναι σταθερός (ο 4), ο άλλος (ο 5) θα κινηθῇ παρασύροντας μαζί του τὴ βελόνα, πού, ὥπως φαίνεται, σὲ σχῆμα, κινεῖται μπροστὰ ἀπὸ τὴν κλίμακα τοῦ ὄργάνου. Ἀντίθετη πρὸς τὴ δύναμη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πού προκαλεῖ τὴν περιστροφή, εἶναι ἡ δύναμη τοῦ ἐλατηρίου (1), πάνω σὲ ὁποῖο στηρίζεται ὁ ἄξονας τῆς βελόνας.

Ο δείκτης θὰ στρέφεται μέχρις ὅτου ἡ ἀντίδραση τοῦ ἐλατηρίου σταματήσῃ τὴν περιστροφή του.

Εἶναι φανερό πὼς ἡ τελικὴ θέσις τοῦ κινητοῦ πυρήνα (σίδερου), ἄρα καὶ τῆς βελόνας τοῦ δείκτη, πού παρασύρει αὐτὸς κατὰ τὴν κίνησή του, θὰ ἐξαρτηθῇ ἀπὸ τὸ μέγεθος τῶν δυνάμεων πού ἀναπτύσσει τὸ μαγνητικὸ πεδίο. (Οἱ δυνάμεις αὐτὲς θὰ προκύβουν ἀπὸ τὴν ἄπωση τῶν ὁμώνυμων πόλων καὶ ἀπὸ τὴν ἑλξη τῶν ἐτερονόμων). Οἱ δυνάμεις ὅμως αὐτὲς ἐξαρτῶνται μόνο ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος πού μετροῦμε.

Επομένως, τελικά, ἡ θέσις πού θὰ σταματήσῃ ὁ δείκτης θὰ ἐξαρτηθῇ ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς ἐντάσεως τὴν ὁποῖαν ἔχει τὸ ρεύμα πού διαβιβάζομε ἀπὸ τὸ πηνίο τοῦ ὄργάνου. Ἡ ἀντιστοιχία αὕτη, μετὰ τὴν ἐντάσεως καὶ τῆς τελικῆς θέσεως πού θὰ σταματήσῃ ὁ δείκτης, εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ νὰ μπορούμε νὰ χρησιμοποιήσουμε μία τέτοια διάταξη ὡς ἄμπερόμετρο.

Γιὰ νὰ σταματήσῃ γρηγορώτερα ὁ δείκτης στὴν τελικὴ του θέσις, χωρὶς ταλαντεύσεις, χρησιμοποιοῦμε στὰ ἄμπερόμετρα μὲ κινητὸ σίδερο καὶ ἓνα εἶδος ἀποσβευστῆ ταλαντώσεων (ἀμορτισέρ) (3) τοῦ σχ. 13·2 α .

Με κατάλληλη έκλογή της μορφής των δύο πυρήνων κάνομε τή κλίμακα (7) των άμπερομέτρων αυτών παρόμοια με των σχημάτων (3) ή (4) του σχήματος 13·1 α.

Τέλος, είναι αυτονόητο ότι δυνάμεις θα έξασκούνται και όταν από τὸ πηνίο περνοῦμε Σ.Ρ. και όταν περνοῦμε Ε.Ρ.

Τὰ άμπερόμετρα με κινητὸ σίδερο, ὅπως ἤδη εἶπαμε, εἶναι λοιπὸν κατάλληλα γιὰ μέτρηση Σ.Ρ. και Ε.Ρ. Κατασκευάζονται γιὰ περιοχὲς μετρήσεων 100 mA ὡς 100 A, ὑπάρχουν δὲ και εἰδικὲς κατασκευὲς ὡς 600 A (πάντως στὴν περίπτωση μετρήσεων μεγάλων εντάσεων Ε.Ρ., π.χ. στοὺς ὑποσταθμοὺς διανομῆς, προτιμοῦμε νὰ χρησιμοποιοῦμε άμπερόμετρα κινητοῦ σιδήρου τῶν 5 A σὲ συνδυασμὸ με μετασχηματιστὲς εντάσεων). Εἶναι λοιπὸν τὰ άμπερόμετρα με τὴ μεγαλύτερη περιοχὴ μετρήσεων.

Άλλοι τύποι άμπερομέτρων, ποὺ τὰ μεταχειριζόμαστε περισσότερο στὰ ἐργαστήρια και λιγότερο στὴν πράξη, καθὼς και τύποι ποὺ ἔχουν εἰδικὲς ἐφαρμογὲς εἶναι οἱ ἑξῆς:

1) Τὰ ἡλεκτροδυναμικὰ άμπερόμετρα, κατάλληλα γιὰ Σ.Ρ. και Ε.Ρ. με τετραγωνίζουσα κλίμακα. (Τὸν ἴδιο τύπο με διαφορετικὴ συνδεσμολογία τὸν βλέπομε στὰ βαττόμετρα, δηλαδὴ στὰ ὅργανα με τὰ ὁποῖα μετροῦμε τὴν ισχύ).

2) Τὰ άμπερόμετρα με κινητὸ πηνίο, κατάλληλα μόνο γιὰ Σ.Ρ. και ἔχει γιὰ Ε.Ρ. με κλίμακα ποὺ ἔχει ἴσες διαιρέσεις (σχ. 13·1 α — περίπτωση 1). Τὰ άμπερόμετρα αὐτὰ μᾶς παρέχουν μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως, γι' αὐτὸ τὰ χρησιμοποιοῦμε συχνὰ σὲ ἐργαστηριακὲς μετρήσεις.

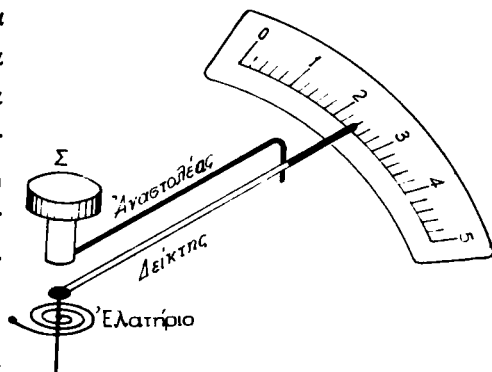
Όπως σὲ ὅλα τὰ ἡλεκτρικὰ ὅργανα με τὰ ὁποῖα μετροῦμε συνεχῇ ρεύματα, ἔτσι κι' ἐδῶ πρέπει νὰ προσέχωμε τὴν πολικότητα τῆς συνδέσεώς τους. Ὁ άκροδέκτης ποὺ συνδέομε πάντα στὸν θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς εἶναι ὀρισμένος. Τὸ ἴδιο εἶναι και ὁ άκροδέκτης ποὺ συνδέομε στὸν άρνητικὸ πόλο.

Στοὺς ἀντιστοίχους άκροδέκτης οἱ κατασκευαστὲς ἀναγράφ-

ζουν πάντα τὰ αντίστοιχα σύμβολα (+) και (—), ὥστε νὰ ἀποφεύγονται λάθη στὴ συνδεσμολογία. Ἄν κάνουμε, κατὰ λάθος, τὴν ἐνδεσση ἀνάποδα, ἡ βελόνα θὰ τείνῃ νὰ στρέψῃ ἀριστερὰ ἀπὸ τὸ «μὴδὲν» τῆς κλίμακας καὶ τὸ ὄργανο θὰ πάθῃ βλάβη.

3) Τὰ θερμικὰ ἀμπερόμετρα, ποὺ εἶναι διαφόρων εἰδῶν καὶ ἔχουν ὡς ἀρχὴ λειτουργίας εἴτε τὴν διαστολὴ ἐνὸς σύρματος λόγῳ τῆς θερμότητος ποὺ προκαλεῖ μιὰ ἐνταση ποὺ διαβιβάζομε ἀπὸ τὸ σύρμα, εἴτε τὴ δημιουργία θερμοηλεκτρικῶν φαινομένων. Εἶναι κατάλληλα γιὰ Σ.Ρ. καὶ Ε.Ρ.

4) Τὰ ἀμπερόμετρα μεγίστης τιμῆς, ποὺ τὰ χρησιμοποιοῦμε κυρίως γιὰ νὰ μετροῦμε στιγμιαῖες ὑπερεντάσεις, π.χ. ἐντάσεις τῆ στιγμῆ ποὺ θέτομε σὲ κίνηση ἓναν ἠλεκτροκινητήρα. Τὰ ὄργανα αὐτὰ εἶναι κατάλληλα γιὰ Σ. Ρ. καὶ Ε.Ρ. καὶ εἶναι ἐφοδιασμένα ἐκτὸς ἀπὸ τὸν κανονικὸν τοὺς δείκτην, καὶ μὲ ἓναν ἀναστολέα



Σχ. 13.2β. Ἀμπερόμετρο μεγίστης τιμῆς.

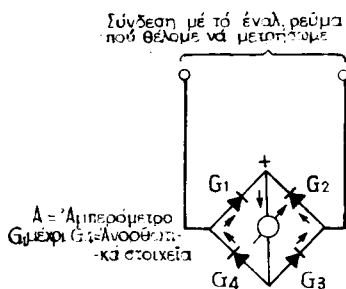
(σχ. 13.2 β), ποὺ τὸν τοποθετοῦμε σὲ διάφορες θέσεις μὲ μιὰ βίδα Σ. Τὸν κανονικὸν δείκτην τοῦ ὄργάνου τὸν παρασύρομε μὲ τὸν ἀναστολέα ὥς μιὰ ὀρισμένη θέση, τὴν ὁποία προβλέπομε ὅτι ἀντιστοιχεῖ μὲ τὴν ὑπερένταση ποὺ θέλομε νὰ μετρήσωμε.

Κάθε φορὰ ποὺ ἔχομε τὴν ὑπερένταση, ὁ δείκτης θὰ τινάζεται στιγμιαῖα πέρα ἀπὸ τὸν ἀναστολέα. Μετακινώντας λοιπὸν τὸν ἀναστολέα σιγὰ-σιγὰ, ὥσπου νὰ φθάσωμε στὸ σημεῖο ποὺ νὰ μὴ τινάζεται πιά ὁ δείκτης τῇ στιγμῇ τῆς ὑπερεντάσεως, ἔχομε τὴ μεγίστη τιμὴ τοῦ ρεύματος μὲ προσέγγιση 2 ἕως 3 %.

5) Ἐπειδὴ τὰ ἀμπερόμετρα μὲ κινητὸ πηνίο ποὺ ἀναφέρα-

με παρουσιάζουν όρισμένα πλεονεκτήματα (κυρίως μεγαλύτερη, ακρίβεια), έχουμε βρή τρόπο να τα χρησιμοποιούμε για μέτρηση όχι μόνο συνεχούς ρεύματος αλλά και έναλλασσομένου. Γι' αυτό τον σκοπό χρησιμοποιούμε ξηρούς άνορθωτές (πλάκες σεληνίου ή όξειδίου χαλκού, τίς όποιες γνωρίζουμε από τό βιβλίο των Ήλεκτρικών Μηχανών), και μετατρέπομε τό έναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές.

Μ' αυτόν τον τρόπο μετρούμε τό έναλλασσόμενο ρεύμα σάν συνεχές. Βέβαια στα όργανα που χρησιμοποιούμε μ' αυτήν τή συνδεσμολογία, έχουμε ειδική κλίμακα, ώστε να διαβάζωμε κατ' ευθείαν τήν ένδεικνύμενη τιμή του ρεύματος που μάς ενδιαφέρει.



Σχ. 13·2 γ. Συνδεσμολογία άνορθωτικού άμπερομέτρου.

Στό σχήμα 13·2 γ βλέπομε τήν συνδεσμολογία αυτόν των όργάνων, που τό όνομάζωμε άνορθωτικά άμπερόμετρα.

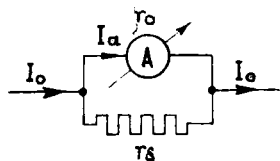
6) Τά γαλβανόμετρα. Είναι και αυτά ένας τύπος πολύ ευαίσθητων άμπερομέτρων με μεγάλη ακρίβεια στόν ένδειξη. Τά γαλβανόμετρα είναι έργαστηριακά όργανα και τό χρησιμοποιού-

με κυρίως για να βεβαιωνόμαστε άν περνά ή όχι ρεύμα μέσα από ένα κύκλωμα.

Γενικά τά άμπερόμετρα είναι ευαίσθητα, λεπτά όργανα, που από τον μηχανισμό τους μπορούμε να διαβιβάσωμε μόνο μικρές έντάσεις, συνήθως δηλαδή μόνο μέχρι 0,1 ή 5 A έκτός από του τύπου κινητού σιδήρου με τον όποιον φθάνομε, έπως είπαμε, εύκολα τά 100 A. Τί θα γίνει λοιπόν άν μάς χρειάζεται μιá μεγαλύτερη περιοχή μετρήσεως, π.χ. ως 200 A Σ.Ρ. τότε δέν μπορούμε να χρησιμοποιήσωμε μετασχηματιστή έντάσεως; Έστω ότι έχουμε (σχ. 13·2 δ) ένα άμπερόμετρο με κανονική ένταση

$I_a$  και εσωτερική αντίσταση  $r_o$ , όπως ονομάζουμε την αντίσταση του πηνίου και των λοιπών αντιστάσεων, που είδαμε στο παράδειγμα του άμπερομέτρου με κινητό σίδερο.

Αν τοποθετήσουμε παράλληλα μια αντίσταση  $r_s$ , τότε από το άμπερόμετρο θα περνά μια ένταση  $I_a$ , που θα είναι μικρότερη από τη συνολική ένταση  $I_o$ , του κυκλώματος και μάλιστα, όπως γνωρίζουμε από τους νόμους της διακλάδωσης ενός ρεύματος σε δύο παράλληλες αντιστάσεις, θα είναι:



Σχ. 13.2 δ.

$$I_o = \frac{r_o + r_s}{r_s} I_a \quad (1)$$

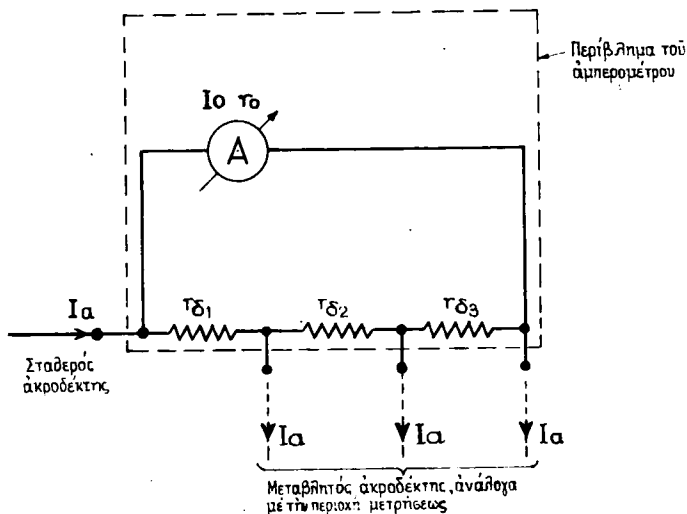
Μπορούμε λοιπόν, διαλέγοντας την κατάλληλη  $r_s$ , να κάνουμε την  $I_o$  όσες φορές θέλουμε μεγαλύτερη της  $I_a$  π.χ. 10 ή 100 φορές μεγαλύτερη. Το  $r_o$  είναι βέβαια γνωστό, οπότε, αφού καθορίσουμε όπως θέλουμε τον λόγο  $I_o/I_a = 10$  ή 100 κλπ., μπορούμε από την εξίσωση (1) να προσδιορίσουμε την κατάλληλη  $r_s$ . Έτσι μετρούμε όσο μεγάλες εντάσεις θέλουμε (μέσα σε όρια βέβαια) χωρίς να βλάπτεται το άμπερόμετρό μας.

Τις αντιστάσεις αυτές  $r_s$  τις ονομάζουμε διεθνώς σούντ (shunt) και τις τοποθετούμε είτε μέσα στο περίβλημα του άμπερομέτρου, είτε έξω απ' αυτό, όπως στο σχήμα 13.2 ε. Την εξωτερική σύνδεση την έκτελούμε με ειδικά καλώδια που μας δείχνουν οι κατασκευαστές των σούντ.

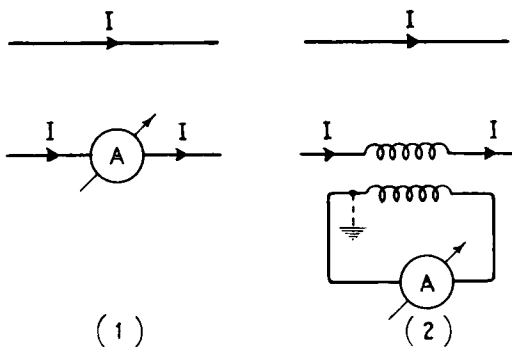
Σούντ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να αυξήσουμε το όριο μετρήσεως άμπερομέτρου Σ.Ρ. και Ε.Ρ. Στις μετρήσεις όμως Ε.Ρ. των εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής προτιμούμε συνήθως να μεταχειριζόμαστε μετασχηματιστές εντάσεως.

Έχουμε με την βοήθεια των σούντ άμπερόμετρα με τα οποία μετρούμε εντάσεις μέχρι 600 Α. Πάνω από το όριο τούτο προτι-

μοῦμε νὰ χρησιμοποιοῦμε μετασχηματιστὲς ἐντάσεως, ἐφ' ὅσον βέβαια τὸ ρεῦμα εἶναι ἐναλλασσόμενο (σχ. 13·2 ζ).



Σχ. 13·2 ε. Σύνδεση ἀμπερομέτρου πολλῶν περιοχῶν μετρήσεως με ἐσωτερικά σουὶν καὶ μεταβλητὲς λήψεις.



(1) Κατ' ἐξῆς ἐστὶν ὁμολογία

Σύνδεση μετὰ μετασχηματιστὴ ἐντάσεως

Σχ. 13·2 ζ. Σύνδεση ἀμπερομέτρων.

Στὴν περίπτωσιν ποὺ τοποθετοῦμε τὸ σουὶν ἐσωτερικά, μποροῦμε νὰ ἔχωμε περισσότερα ἀπὸ ἓνα σουὶν, πάντοτε ὅμως παράλ-



ληλα στο άμπερόμετρο, ώστε με το ίδιο όργανο να διαθέτουμε πολλές περιοχές μετρήσεων (σχ. 13.2 ε). Τότε το άμπερόμετρό μας θα έχη τόσους μεταβλητούς ακροδέκτες για τη σύνδεσή του, όσες είναι οι περιοχές μετρήσεως που θέλουμε, τη δὲ κλίμακά του, αν και θα δείχνη π.χ. από 0 ως 10 A, θα την διαβάζουμε είτε 0 έως 1 A, είτε 0 έως 10 A, είτε 0 έως 100 A, ανάλογα με την σύνδεση που θα έχουμε κάνει.

Για να μην γίνονται λάθη, οι κατασκευαστές γράφουν τα όρια αυτά κοντά στις υποδοχές των ακροδεκτών.

Τελειώνοντας την περιγραφή των άμπερομέτρων, πρέπει να αναφέρουμε ακόμα μια γενική οδηγία για την τοποθέτησή τους. Πάντοτε βάζουμε τα άμπερόμετά μας σε σειρά με τον άγωγο που διαβιβάζει την ένταση την οποία θέλουμε να μετρήσουμε.

Κατά συνέπεια, για να μετρήσουμε ένα ρεύμα, είναι απαραίτητο να διακόπτουμε το κύκλωμά μας και να τοποθετούμε ένα άμπερόμετρο (1) ή έναν μετασχηματιστή εντάσεως (2) όπως φαίνεται στο σχήμα 13.2 ζ.

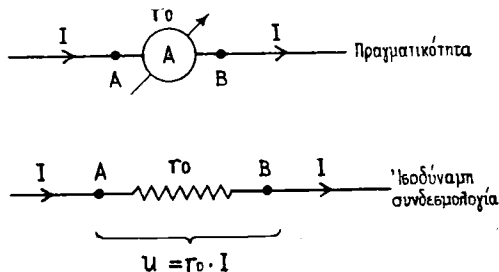
### 13.3 Βολτόμετρα.

Τα βολτόμετρα όπως μαρτυρεί το όνομά τους, είναι τα όργανα που μεταχειριζόμαστε για να μετρούμε τις ηλεκτρικές τάσεις, δηλαδή τις διαφορές δυναμικού.

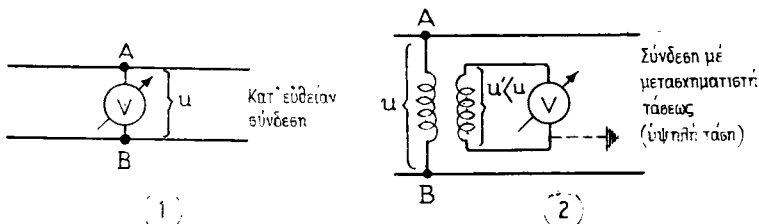
Θα δούμε αμέσως ότι ένα βολτόμετρο δεν είναι παρά ένα άμπερόμετρο με διαφορετική κλίμακα.

Πραγματικά, δεν έχουμε παρά να σκεφθούμε ότι με ένα άμπερόμετρο με γνωστή εσωτερική αντίσταση  $r_0$  και περιοχή μετρήσεως 0 ως  $I_0$ , μπορούμε να υπολογίζουμε, σύμφωνα με τον νόμο του Ωμ, και επομένως μπορούμε να μετρούμε τάσεις από 0 ως την  $U_0 = r_0 \cdot I_0$  (σχ. 13.3 α). Παρατηρούμε ότι η τάση που μετρούμε με τον τρόπο αυτό, είναι εκείνη που υπάρχει κάθε στιγμή μεταξύ των ακροδεκτών A και B του άμπερομέτρου.

Βλέπουμε έτσι πώς, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει με τα άμπερόμετρα, δεν χρειάζεται τώρα να διακοπώμε κανένα κύκλωμα για να τοποθετήσουμε ένα βολτόμετρο. Για να μετρήσουμε την τάση μεταξύ δύο σημείων Α και Β, δεν έχουμε παρά να συνδέσουμε τους άκροδέκτες ενός καταλλήλου βολτομέτρου με τα σημεία αυτά.



Σχ. 13·3 α. Μέτρηση τάσεως.



Σχ. 13·3 β. Συνδεσμολογίες βολτομέτρου.

Κάτι ανάλογο βέβαια γίνεται και στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε μετασχηματιστές τάσεων (σχ. 13·3 β), όποτε μεταξύ των σημείων Α και Β τοποθετούμε τους άκροδέκτες ύψηλης τάσεως του μετασχηματιστή.

Επειδή η εσωτερική αντίσταση ενός άμπερομέτρου είναι μικρή, τοποθετούμε μέσα στο περίβλημα κάθε βολτομέτρου, και σε σειρά με την αντίσταση του μηχανισμού του, μια μεγάλη αντίσταση. Η αντίσταση αυτή ελαττώνει κατά πολύ το ρεύμα που περνά από το βολτόμετρο χωρίς να επηρεάζει την ακρίβεια της

μετρήσεως, έπειδή ή επίδρασή της λαμβάνεται ύπ' όψη κατά την βαθμολόγηση τής κλίμακας τοϋ όργάνου. Η αντίσταση αυτή συντελεί άκόμα και στο να μή βλάπτεται ή άκρίβεια τής μετρήσεως άπό τις μεταβολές τής θερμοκρασίας, πού θά προκαλούσαν, στην αντίθετη περίπτωση, τά ισχυρά ρεύματα.

Σύμφωνα λοιπόν με ό,τι είδαμε σχετικά με τά άμπερόμετρα, μπορούμε και τά βολτόμετρα να τά χωρίσωμε στους έξής τύπους :

1) *Βολτόμετρα με κινητό πυρήνα (ή σίδερο)*. Αυτά έχουν τά ίδια πλεονεκτήματα πού παρουσιάζουν και τά αντίστοιχα άμπερόμετρα, και είναι κατάλληλα για κατ' ευθείαν μέτρηση τάσεων μέχρι 600 V Σ.Ρ. και Ε.Ρ. Αυτός ό τύπος χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές στα έργαστάσια και στις έγκαταστάσεις παραγωγής, μεταφοράς και διανομής.

2) *Βολτόμετρα με κινητό πηνίο*, πού είναι κατάλληλα μόνο για μέτρηση συνεχούς ρεύματος.

3) *Μετρητές τάσεως με όργανα αντίσταθμίσεως*. Έπειδή τέτοιες συσκευές χρησιμοποιούμε μόνον στα έργαστήρια (γιατι στοιχίζουν πολύ άκριβά), γι' αυτό δέν θά άσχοληθούμε έδώ καθόλου μ' αυτές.

Σημειώνουμε μόνο ό,τι ή άκρίβεια τής μετρήσεως με τέτοια μέθοδο είναι πολύ μεγάλη, φθάνει τά 0,01 % και ό,τι με την ίδια μέθοδο είναι δυνατόν να μετρήσωμε και έντάσεις.

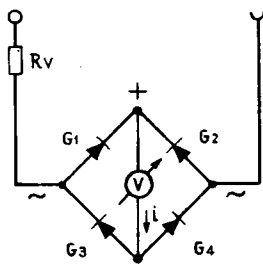
4) *Ηλεκτροδυναμικά βολτόμετρα* πού είναι κατάλληλα για Σ.Ρ. και Ε.Ρ.

5) *Ηλεκτροστατικά βολτόμετρα*, πού ή άρχή τής λειτουργίας τους βασίζεται σέ ήλεκτροστατικά φαινόμενα. Τα χρησιμοποιούμε άρκετά συχνά για μέτρηση τάσεων Σ.Ρ. και Ε.Ρ. Σ' αυτή την κατηγορία άνήκουν διάφοροι βιομηχανικοί τύποι βολτομέ-

τρων, που περιλαμβάνουν πυκνωτές σε σειρά για να καταμερίζουν ύψηλές τάσεις σε ίσα μέρη. Μετρώντας έπομένως ένα από τα ίσα αυτά μέρη της τάσεως και πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα της μετρήσεως επί τον αριθμό των πυκνωτών έχουμε την συνολική ύψηλη τάση.

6) **Θερμικά βολτόμετρα**, που είναι αντίστοιχα με τα θερμικά αμπερόμετρα, και κατάλληλα για Σ.Ρ. και Ε.Ρ.

7) **Άνορθωτικά βολτόμετρα**, που ή αρχή της λειτουργίας τους στηρίζεται στη χρησιμοποίηση άνορθωτικών στοιχείων, ακριβώς όπως συμβαίνει και με τα άνορθωτικά αμπερόμετρα. Στο σχήμα 13.3 γ βλέπουμε τη συνηθισμένη συνδεσμολογία ενός τέτοιου.



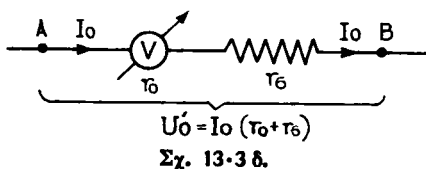
Σχ. 13.3 γ. Συνδεσμολογία άνορθωτικών βολτομέτρων.

συνδυασμού που αποτελείται από ένα βολτόμετρο και 4 τέσσερα άνορθωτικά στοιχεία. Για την περίπτωση αυτού του συνδυασμού χρησιμοποιούμε βέβαια τα βολτόμετρα με κινητό πηνίο σαν ακριβέστερα.

Για να επεκτείνουμε την περιοχή της μετρήσεως ενός αμπερομέτρου, είδαμε ότι χρησιμοποιούμε σε παράλληλη με αυτό σύνδεση τα σούντ. Για να γίνη το ίδιο πράγμα και με ένα βολτόμετρο, δέν έχουμε παρά να προσθέσουμε πάλι μιá αντίσταση, αλλά αυτή τη φορά σε σειρά με αυτό. Η σκέψη επάνω στην οποία στηρίζομαστε είναι και εδώ ακριβώς ή ίδια (σχ. 13.3 δ).

Τοποθετούμε δηλαδή, μιá ακόμα κατάλληλη αντίσταση  $r_0$  σε

σειρά με την εσωτερική αντίσταση  $r_0$  του βολτομέτρου, ή οποία παριστάνει εκτός από την αντίσταση του τυλίγματος και των υπολοίπων στοιχείων του οργάνου (π.χ. των επαφών κ.τ.λ.) και την αντίσταση σειράς. Αυτή, όπως είδαμε παραπάνω, συντελεί στην εξουδετέρωση των αποτελεσμάτων της αύξησης της θερμοκρασίας.



Έτσι προκύπτει μία τάση για την μέγιστη απόκλιση στο όργανο:  $U'_0 = I_0 (r_0 + r_s)$ , ενώ πριν από την τοποθέτηση της αντιστάσεως σειράς είχαμε:  $U_0 = I_0 \cdot r_0$ .

Ωστε, έχουμε τη δυνατότητα να κάμωμε το  $U'_0$  όσο μεγαλύτερο του  $U$  θέλουμε, φθάνει να διαλέξουμε την κατάλληλη αντίσταση  $r_s$  από την σχέση:

$$r_s = \frac{U'_0 - U_0}{I_0}$$

**Παράδειγμα:**

Έστω ότι το βολτόμετρο του σχ. 13.3 δ έχει εσωτερική αντίσταση  $r_0 = 6 \Omega$  και ότι το ρεύμα που επιτρέπεται να περάσει από το τύλιγμά του δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από  $I_0 = 1A$ .

Είναι τότε φανερό ότι με το βολτόμετρο αυτό θα μπορούμε να μετρούμε τάσεις το πολύ ίσες με  $U_0 = I_0 \cdot r_0 = 1 \cdot 6 = 6 V$ .

Εάν όμως επιθυμούμε να μετρούμε και μεγαλύτερες τάσεις, π.χ. μέχρι  $60 V$ , τότε θα πρέπει να προσθέσουμε μιάν αντίσταση  $r_s$  σε σειρά με την αντίσταση του βολτομέτρου. Ο υπολογισμός της  $r_s$  θα γίνει με βάση την σκέψη ότι για την νέα μέγιστη πτώση τάσεως μέσα στο βολτόμετρο (που περιέχει τώρα τις αντιστάσεις  $r_0$  και  $r_s$ ) ή ένταση του ρεύματος δεν πρέπει πάλι να υπερβή το όριο του  $I_0 = 1A$ .

$$\Delta\eta\lambda\alpha\delta\eta: U_0' = 60V = I_0(r_0 + r_\sigma) = I_0 \cdot r_0 + I_0 \cdot r_\sigma = U_0 + I_0 \cdot r_\sigma.$$

$$\text{Άρα } r_\sigma = \frac{U_0' - U_0}{I_0} = \frac{60 - 6}{1} = 54 \Omega.$$

Αυτὲς οἱ ἀντιστάσεις σειρᾶς ποὺ ἔχουν σκοπὸ τὴν αὐξηση τῆς τάσεως ποὺ μπορούμε νὰ μετρήσωμε μὲ ἓνα βολτόμετρο, τοποθετοῦνται ἄλλοτε μέσα στὸ ἴδιο τὸ κουτί τοῦ ὄργανου καὶ ἄλλοτε ἔξω ἀπὸ αὐτό. Στὴν πρώτη περίπτωσις μπορεῖ νὰ ἔχωμε πολλές ἀντιστάσεις καὶ ἀντίστοιχες λήψεις, ὁπότε διαθέτομε βολτόμετρα μὲ πολλὰς περιοχὰς μετρήσεων, π.χ. 0 ὡς 6 V ἢ 60 V ἢ 600 V, ἀνάλογα μὲ τὴν συνδεσμολογία.

Τέλος, ὅπως καὶ στὰ ἀμπερόμετρα, ἔτσι καὶ στὰ βολτόμετρα Σ.Ρ., πρέπει νὰ προσέχωμε τὴν πολικότητα, δηλαδὴ τὸ ποῦ θὰ συνδέωμε τὸν θετικὸ πόλο καὶ ποῦ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς πηγῆς, γιὰ νὰ μὴν τὰ καταστρέψωμε.

Σὲ μερικὸς τύπους βολτομέτρων καὶ ἀμπερομέτρων Σ.Ρ. τὸ 0 τοποθετεῖται στὴ μέση τῆς κλίμακας, ὁπότε ἡ ἀπόκλιση τοῦ δείκτη εἶναι πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀνάλογα μὲ τὴν διεύθυνση τοῦ ρεύματος. Τοῦτο ἐφαρμόζεται κυρίως στὰ ὄργανα τῶν κυκλωμάτων ποὺ περιλαμβάνουν συσσωρευτὲς (π.χ. στὰ αὐτοκίνητα), γιὰ νὰ παρακολουθοῦμε ἂν ἔχωμε φόρτιση ἢ ἐκφόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ.

### 13.4 Βαττόμετρα.

Ἡ μέτρηση τῆς ἰσχύος παρουσιάζει ἰδιαίτερα μεγάλη σπουδαιότητα γιὰ τὴν παραγωγή, τὴ μεταφορὰ καὶ τὴν διανομὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Ἀρκεῖ νὰ σκεφθοῦμε ὅτι τὸ μέγεθος ἑνὸς ὑποσταθμοῦ ἢ ἑνὸς τοπικοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς, ἐξαρτᾶται κυρίως ἀπὸ τὸ διάγραμμα φορτίου, ποῦ δὲν εἶναι τίποτα ἄλλο παρὰ ἡ μεταβολὴ τῆς ἰσχύος κατὰ τὴ διάρκεια μιᾶς ἡμέρας (παράγραφος 1.2).

Ἀλλὰ καὶ στὴν ἐκμετάλλευση ἐμφανίζεται ἡ ἴδια ἀνάγκη μετρήσεως τῆς ἰσχύος, ἀφοῦ πολλὰ τιμολόγια πελατῶν ἐξαρτῶνται καὶ ἀπὸ τὴν μεγίστην ζήτηση ἰσχύος. Ἐπίσης, γιὰ τὴν κανονικὴ λειτουργία ὅλων τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν, πρέπει πάντα νὰ εἴμαστε σὲ θέση νὰ ἐλέγχωμε τὴν ἰσχύ μὲ τὴν ὁποία τὶς φορτίζομε.

Γιὰ νὰ τὰ ἐπιτύχωμε ὅλα αὐτὰ χρησιμοποιοῦμε εἰδικὰ ὄργανα, ποὺ λέγονται *βαττόμετρα*.

Τὰ *βαττόμετρα* εἶναι τὰ ὄργανα ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα μεταχειρίζομαστε γιὰ νὰ μετροῦμε τὴν ἰσχύ ποὺ διαβιβάζεται ἀπὸ μία ἠλεκτρικὴ γραμμή. Ἀνήκουν καὶ αὐτὰ σὲ μιὰ κατηγορία ὀργάνων ποὺ ἀναφέραμε στὰ προηγούμενα, καὶ συγκεκριμένα στὰ *ἠλεκτροδυναμικὰ ὄργανα*, τὰ ὁποῖα εἶναι κατάλληλα γιὰ τὴν μέτρηση συνεχῶν καὶ ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

Στὸ συνεχὲς ρεῦμα τὰ βαττόμετρα δὲν εἶναι τόσο ἀπαραίτητα, γιατί μπορούμε νὰ μετρήσωμε τὴν ἰσχύ βρίσκοντας τὸ γινόμενο τῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ἔνταση, ποὺ τὸ ὑπολογίζομε πολλαπλα-

σιάζοντας τὶς ταυτόχρονες ἐνδείξεις ἐνὸς βολτομέτρου καὶ ἐνὸς ἀμπερομέτρου.

Στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ὅμως, ἡ ἰσχύς ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸν συντελεστὴ ἰσχύος συνφ, μιὰ καὶ ἀληθεύουν οἱ σχέσεις (γιὰ τὴν πραγματικὴ ἰσχύ):

$$(1) P = UI \text{ συν } \varphi \text{ (γιὰ μονοφασικὴ γραμμὴ) καὶ}$$

$$(2) P = \sqrt{3} UI \text{ συν } \varphi \text{ (γιὰ τριφασικὴ γραμμὴ),}$$

ὅπου  $\varphi$ , ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὸν Α'. Τόμο τῆς Ἠλεκτροτεχνίας, εἶναι ἡ γωνία ποὺ σχηματίζεται μεταξὺ τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως, ἂν τὶς ἀπεικονίσωμε σὲ μιὰ ὀρισμένη στιγμὴ σὲ διανυσματικὸ διάγραμμα.

Ἐκεῖ, ἐπομένως, εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ χρησιμοποιήσωμε τὰ βαττόμετρα, ἐκτὸς βέβαια ἂν ἔχωμε γιὰ φορτίο μόνον λάμπες πυρακτώσεως ἢ ἠλεκτρικὲς κουζίνες, ὁπότε ἀληθεύει περίπου δι:

συν  $\varphi = 1$ . Άν, όμως, οι έγκαταστάσεις μας περιλαμβάνουν ήλεκτροκινητήρες κ.λ.π., όπως συχνότατα συμβαίνει στην πραγματικότητα, τότε το συν  $\varphi$  είναι μικρότερο τής μονάδας και θά πρέπει νά μεταχειρισθούμε τις παραπάνω σχέσεις (1) και (2) για νά βρούμε την ισχύ που καταναλίσκεται.

Τά βαττόμετρα είναι όργανα με δείκτη, που κινείται μπροστά από μιá διηρημένη σε ίσα μέρη κλίμακα, ή όποια μάς δίνει την ένδειξη κατ' ευθείαν σε βάττ ή κιλοβάττ.

Δέν πρόκειται νά περιγράψωμε έδω την άρχή τής λειτουργίας τους, αλλά θά αναφέρωμε μόνο ότι φέρουν δύο είδων τυλίγματα, το ένα για τή σύνδεση με την τάση και το άλλο για τήν σύνδεση με την ένταση τής γραμμής. Αυτά τά όνομάζομε αντίστοιχα πηνίο τάσεως (λεπτό σύρμα) και πηνίο έντάσεως (χονδρό σύρμα).

Έχομε βαττόμετρα μονοφασικά, που χρησιμεύουν και για μέτρηση συνεχών ρευμάτων και βαττόμετρα τριφασικά που είναι κατάλληλα για μέτρηση ισομοιρασμένων φορτίων σε κάθε φάση (ισορροπημένα συστήματα) ή άνίσων φορτίων (άνομοιόμορφα συστήματα), με ούδέτερο ή όχι.

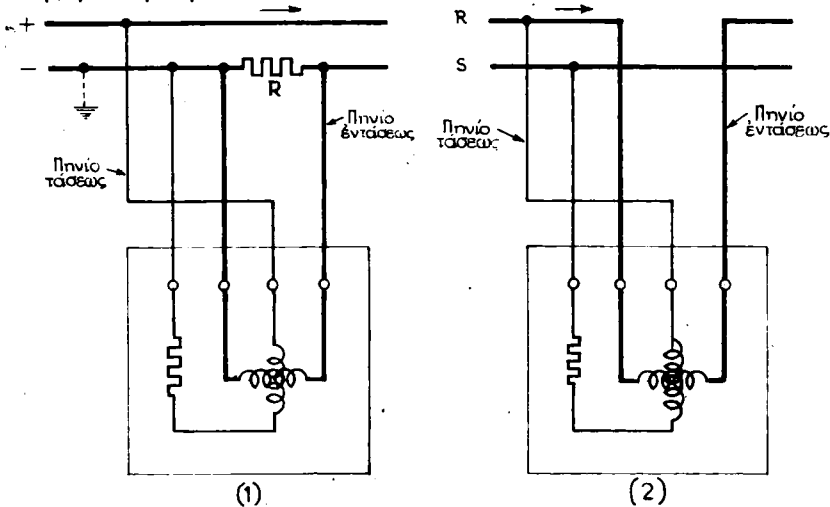
Όταν έχωμε νά μετρήσωμε ισχείς με ένταση μέχρι 5 A και τάση μέχρι 500 V, συνδέομε τούς άκροδέκτες των όργάνων αυτών κατ' ευθείαν με το κύκλωμα, ενώ για τιμές μεγαλύτερες από αυτές μεταχειριζόμαστε συνήθως μετασχηματιστές μετρήσεως.

Τελειώνοντας θά δώσωμε μερικά παραδείγματα τής συνδεσμολογίας μετρήσεων με βαττόμετρα. Ύπενθυμίζομε ότι μπορούμε εύκολα νά διακρίνωμε τούς άκροδέκτες του πηνίου έντάσεως από τούς άκροδέκτες του πηνίου τάσεως, γιατί οι πρώτοι συνδέονται με χονδρό σύρμα, λόγω τής διαφοράς των άμπερ που τούς διαρρέουν, ενώ οι δεύτεροι συνδέονται με φιλό σύρμα.

Στο σχήμα 13.4α έχομε τις συνδεσμολογίες για συνεχές ρεύμα (1) και για κατ' ευθείαν μέτρηση μονοφασικής ισχύος (2). Στο (2) του ίδιου σχήματος βλέπομε ότι συνδέομε τά άκρα



τοῦ πηνίου τάσεως μὲ τοὺς δύο ἀγωγοὺς τῆς γραμμῆς, ἐνῶ διαβιβάζομε τὸ ρεῦμα τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ ἀπὸ τὸ πηνίο τῆς ἐντάσεως. Εἶναι ἀδιάφορο ποῖον ἀπὸ τοὺς δύο ἀγωγοὺς θὰ συνδέσωμε μὲ τὸ πηνίο τῆς ἐντάσεως. Στὸ (1) πάλι τοῦ ἰδίου σχήματος βλέπομε ὅτι, παράλληλα μὲ τὸ πηνίο τῆς ἐντάσεως, ἔχομε μιὰ σταθερὴ ἀντίσταση  $R$ , ὥστε ἀπὸ τὸ πηνίο αὐτὸ νὰ μὴν περνᾷ ὑπερβολικὸς ἀριθμὸς ἀμπερ.



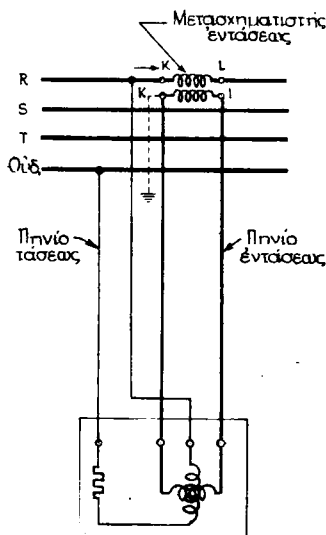
Μέτρηση ἰσχύος Σ.Π.

Μέτρηση μονοφασικῆς ἰσχύος.

Σχ. 13.4 α.

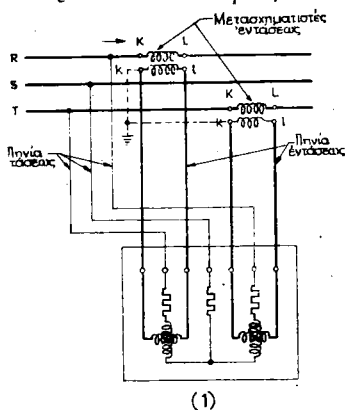
Μὲ ἓνα μονοφασικὸ βαττόμετρο, ποὺ ἔχει κατάλληλα βαθμολογημένη κλίμακα (πολλαπλασιασμὸς ἐπὶ 3), μπορούμε νὰ μετρήσωμε καὶ τὴν ἰσχύ ἑνὸς ἰσορροπημένου τριφασικοῦ συστήματος μὲ οὐδέτερο ἢ χωρὶς οὐδέτερο (σχ. 13.4 β).

Στὸ σχῆμα αὐτὸ (13.4 β) βλέπομε τὴ σύνδεση τοῦ πηνίου ἐντάσεως διὰ μέσου ἑνὸς μετασχηματιστῆ ἐντάσεως. Σ' αὐτὴ τὴ συνδεσμολογία πρέπει νὰ προσέξωμε, ὅτι τὸ πηνίο τάσεως τὸ συνδέομε μεταξὺ τοῦ οὐδετέρου καὶ ἐκείνου τοῦ ἀγωγοῦ φάσεως, σὸν ὅποιο ἔχομε συνδέσει τὸ πηνίο τῆς ἐντάσεως, ὥστε νὰ ὑπάρχη ἀντιστοιχία τάσεως-ἐντάσεως.



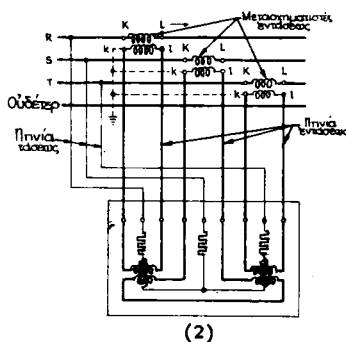
Σχ. 13·4 β. Μέτρηση τριφασικής ισχύος με μονοφασικό βαττόμετρο.

Τέλος, στο σχήμα 13·4 γ βλέπουμε τή συνδεσμολογία για τή μέτρηση τριφασικής ισχύος σέ ανομοιόμορφα συστήματα με ούδέτερο (περίπτωση 2), ή σέ ανομοιόμορφα συστήματα χωρίς ούδέτερο (περίπτωση 1). Καί στις δύο περιπτώσεις μεταχειρίζο-



(1)

Μέτρηση ισχύος τριφασικού συστήματος χωρίς ούδέτερο.



(2)

Μέτρηση ισχύος τριφασικού συστήματος με ούδέτερο.

Σχ. 13·4 γ.

μαστε μιὰ μέθοδο (ποὺ λέγεται μέθοδος Ἀρὼν), χάρις στὴν ὁποία μετροῦμε τὴν τριφασικὴ ἀνομοιόμορφη ἰσχύ μὲ δύο μόνο μονοφασικά βαττόμετρα, ποὺ ἔχουν κοινὸ ἄξονα, περίβλημα καὶ δείκτη. Καὶ στὶς δύο ἐφαρμογές τοῦ σχήματος 13.4 γ συνδέομε τὰ πηνία ἐντάσεως μέσω μετασχηματιστῶν μετρήσεως.

Γενικὰ πάντως, ὅποτεδῆποτε χρειασθῇ νὰ ἐκτελέσωμε μιὰ συνδεσμολογία βαττομέτρων, τὰ ὄργανα ποὺ θὰ ἔχωμε στὴ διάθεσή μας εἶναι ἐφοδιασμένα μὲ διαγράμματα, στὰ ὁποῖα οἱ ἀκροδέκτες ἀντιστοιχοῦν σὲ ὁρισμένους ἀριθμούς, ὥστε νὰ διευκολύνεται ἡ συνδεσμολογία καὶ ν' ἀποφεύγονται τὰ λάθη.

### 13.5 Μέτρηση τῆς ἄεργης ισχύος.

Γιὰ τοὺς ἴδιους λόγους ποὺ ἀναφέραμε στὴν παράγραφο 13.4, ἡ μέτρηση τῆς ἄεργης ισχύος μᾶς εἶναι ἐξίσου ἀπαραίτητη. Ὅπως γνωρίζομε, ἡ ἄεργη ἰσχύς εἶναι ἐκείνη ποὺ καταναλίσκεται μέσα στὰ πηνία (αὐτεπαγωγές) καὶ στοὺς πυκνωτὲς (χωρητικότητες), χωρὶς νὰ ξοδεύεται ἐνεργὸς (πραγματικὴ) ἰσχύς. Ἡ ἄεργη ἰσχύς, ἐνῶ δὲν ἀποδίδει χρήσιμο ἔργο, ἐπιβαρύνει τὶς ἐγκαταστάσεις ἐναλλασσομένου ρεύματος μὲ ρεύματα μεγαλύτερα ἀπ' ὅσα θὰ μᾶς ἦταν ὠφέλιμα.

Ὅπως θυμόμαστε, ἡ ἄεργη ἰσχύς προκύπτει ἀπὸ τὶς σχέσεις :

$$P_r = U I \eta \mu \varphi \quad (\text{μονοφασικὸ ρεῦμα}) \quad (1)$$

$$\eta \quad P_r = \sqrt{3} U I \eta \mu \varphi \quad (\text{τριφασικὸ ρεῦμα}) \quad (2)$$

ὅπου  $U$  καὶ  $I$  εἶναι ἀντίστοιχα ἡ τάση καὶ ἡ ἔνταση τῶν ἀγωγῶν καὶ  $\varphi$  εἶναι ἡ ἴδια φασικὴ ἀπόκλιση ποὺ εἶδαμε στὴν παράγραφο 13.4.

Τὴν ἄεργη ἰσχύ ἐκφράζομε συνήθως σὲ βολταμπέρ (ἄεργα) ἢ  $kVAR$ . Ἐπίσης, ἂν ἔχωμε μετρήσει τὴν πραγματικὴ ἰσχύ  $P$ , τὴν ἔνταση  $I$  καὶ τὴν τάση,  $U$  μποροῦμε νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἄεργη ἰσχύ  $P_r$  ἀπὸ τὴ σχέση :

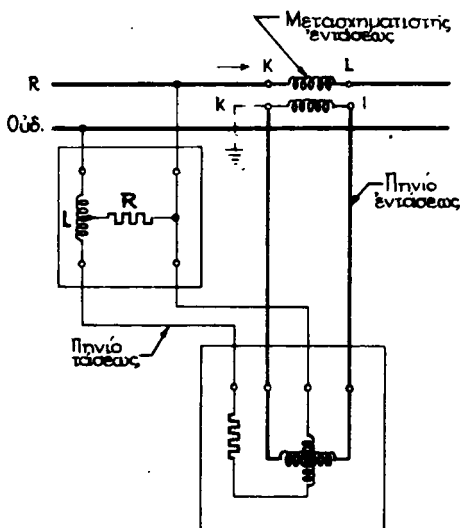
$$P^2 + P_r^2 = (U \cdot I)^2 \quad \eta \quad P_r = \sqrt{(U \cdot I)^2 - P^2}$$

Έκτος όμως από την έμμεση αυτή μέθοδο, μπορούμε να μεταχειρισθούμε τα ίδια τα βατόμετρα με τα όποια μετρούμε την πραγματική ισχύ, αλλά με διαφορετική συνδεσμολογία για να μπορέσουμε να μετρήσουμε και την άεργη ισχύ.

Στο σχήμα 13·5 α φαίνεται ένα τέτοιο παράδειγμα κατευθείαν μετρήσεως της άεργης μονοφασικής ισχύος με ένα κοινό βατόμετρο. Χάρη σε μια αυτεπαγωγή  $L$  και μια αντίσταση ωμική  $R$ , κάνομε την ένδειξη του όργανου ανάλογη με το  $\eta\mu\phi$  και όχι με το  $\sigma\eta\mu\phi$  και έτσι έχουμε την ένδειξη της άεργης ισχύος.

Η θεωρητική εξήγηση της συνδεσμολογίας του σχήματος 13·5 α και άλλα σχετικά παραδείγματα ξεφεύγουν από τους σκοπούς του βιβλίου μας.

Γενικά, για κάθε μέθοδο μετρήσεως ένεργου ισχύος, έχουμε και μια αντίστοιχη συνδεσμολογία για να μετρούμε άεργο ισχύ. Έτσι προσδιορίζομε εύκολα την άεργη ισχύ και σε τριφασικά κυκλώματα ισορροπημένα ή άνομοιόμορφα και με ουδέτερο ή όχι.



Σχ. 13·5 α. Μέτρηση άεργης ισχύος με κοινό βατόμετρο.

### 13·6 Μέτρηση τού συντελεστή ισχύος.

Είναι φανερό από όσα αναφέραμε στην παράγραφο 13·4, ότι μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε τόν συντελεστή ισχύος, αφού μετρήσουμε τήν ισχύ  $P$ , τὸ ρεύμα  $I$  καὶ τήν τάση  $U$ , χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1) ἢ (2) τῆς παραγράφου 13·4 ὁπότε προκύπτει:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} \quad \text{ἢ} \quad \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}$$

γιαὶ μονοφασικὸ ἢ τριφασικὸ σύστημα ἀντίστοιχα.

Τὸ μόνο ποὺ πρέπει νὰ προσέχωμε ὅταν υπολογίζουμε τὸ  $\cos \varphi$  μετὰ τὸν τρόπο αὐτόν, εἶναι νὰ παίρνωμε ταυτόχρονα τὶς ἐνδείξεις ἀπὸ τὸ βαττόμετρο, τὸ ἀμπερόμετρο καὶ τὸ βολτόμετρο ποὺ χρησιμοποιοῦμε.

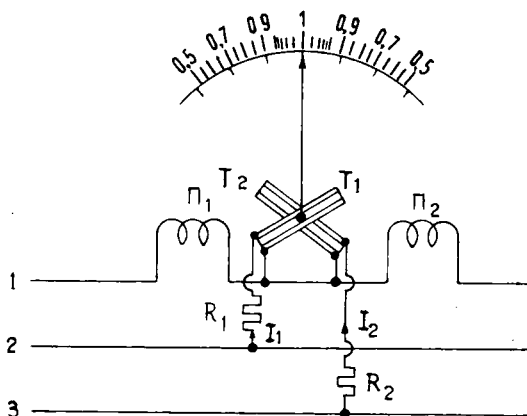
Πάντως, μετὰ τὴ μέθοδο αὐτὴ καταλήγουμε σὲ σωστὸ ἀποτέλεσμα μόνο ὅταν ἔχωμε σύστημα ἰσορροπημένο, δηλαδὴ ὅταν σὲ κάθε φάση ἀντιστοιχῇ τὸ ἴδιο  $\cos \varphi$ . Τοῦτο δὲν συμβαίνει σὲ ἀνομοιόμορφα συστήματα, ὅπου γιὰ νὰ ἀποφεύγωμε τὰ σφάλματα, χρησιμοποιοῦμε εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζουμε δείκτες τοῦ  $\cos \varphi$ .

Ὑπάρχουν ἀρκετοὶ τέτοιοι τύποι ὀργάνων, ποὺ ὁ δείκτης τους δὲν μᾶς καθορίζει μόνο τήν τιμὴ τοῦ  $\cos \varphi$ , ἀλλὰ ἀκόμα καὶ τὸ ἐὰν ἡ γωνία  $\varphi$  καὶ τὸ ἀντίστοιχο φορτίο εἶναι ἐπαγωγικὰ ἢ χωρητικὰ (σχ. 13·6 α).

Στοὺς δείκτες τοῦ  $\cos \varphi$  γενικὰ διακρίνομε (σχ. 13·6 α) δύο σταθερὰ πηνία ἐντάσεως,  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , ποὺ τὰ συνδέομε καὶ τὰ δύο μετὰ τὴ μιὰ φάση 1 καὶ δύο κινητὰ πηνία τάσεως,  $T_1$  καὶ  $T_2$ , ποὺ τὰ συνδέομε, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα αὐτό, μεταξὺ τῆς φάσεως 1 καὶ τῶν δύο ἄλλων φάσεων.

Πρέπει νὰ ἔχωμε ὑπ' ὄψη μας ὅτι μόνο ἂν τὸ σύστημα εἶναι ἰσορροπημένο, θὰ εἶναι σωστὴ ἡ ἐνδειξη τοῦ ὀργάνου. Ἀλλοιῶς, σὲ ἀνομοιόμορφα φορτία, μετὰ τήν συνδεσμολογία αὐτὴ ὁ δείκτης

μᾶς δείνει τὸν συντελεστὴ ἰσχύος τῆς φάσεως ποὺ ἔχομε συνδέσει τὰ πηνία τῆς ἐντάσεως, δηλαδὴ τῆς φάσεως 1.



Σχ. 13·6 α. Συνδεσμολογία ἐνὸς δείκτη σ.ν.φ.

Τέλος, σὲ ἰσορροπημένα συστήματα, ὅπου ἔχομε ἐγκαταστήσει βαττόμετρα γιὰ τὴ μέτρηση τῆς *πραγματικῆς* καὶ τῆς *ἄεργης ἰσχύος* (ἀντίστοιχα  $P$  καὶ  $P_a$ ), συνηθίζομε νὰ ὑπολογίζωμε τὸν συντελεστὴ ἰσχύος μὲ τὴ βοήθεια τῶν ἐνδείξεων τῶν βαττομέτρων, ἀφοῦ γνωρίζομε τίς σχέσεις:

$$P = \sqrt{3} U \cdot I \cos \varphi \text{ καὶ } P_a = \sqrt{3} U \cdot I \sin \varphi$$

ὁπότε διαιρώντας κατὰ μέλη ἔχομε:

$$\frac{P_a}{P} = \tan \varphi.$$

Ἀπὸ πίνακες βρίσκομε εὐκόλα τὸ  $\sin \varphi$  ὅταν προσδιορίσωμε μὲ τὸν τρόπον αὐτὸ τὴν  $\tan \varphi$ .

### 13·7 Μέτρηση τῆς συχνότητος.

Ὅπως ἀναφέραμε στὸ πρῶτο Μέρος τοῦ βιβλίου μας, ὅπου ἀσχοληθήκαμε μὲ τοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς, καὶ ὅπως γνωρίζομε ἀπὸ τὸν Β΄ τόμο τῆς Ἠλεκτροτεχνίας, γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὸν

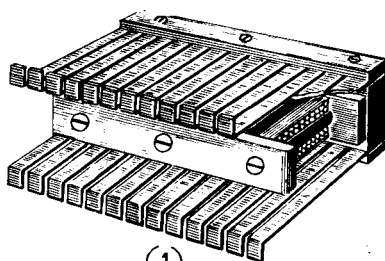
παράλληλισμό πολλών γεννητριών Ε.Ρ., όταν πρόκειται να τροφοδοτήσωμε με αὐτὲς τὸ ἴδιο δίκτυο, εἶναι ἀπαραίτητο ὅλας οἱ γεννήτριες νὰ ἔχουν τὴν ἴδια ἀκριβῶς συχνότητα. Εἶδαμε ἀκόμα ὅτι ἡ σταθερὴ αὐτὴ συχνότητα γιὰ τὴν Ἑλλάδα καὶ τὴν ὑπόλοιπὴν Εὐρώπην εἶναι 50 περίοδοι τὸ δευτερόλεπτο.

Τὰ ὄργανα μὲ τὰ ὁποῖα μετροῦμε τὴ συχνότητα τοῦ ρεύματος καὶ ἐλέγχουμε τὴ σταθερότητά της τὰ ἐνομάζουμε *συχνόμετρα*.

Κατασκευάζουμε δύο εἰδῶν συχνόμετρα, κατάλληλα γιὰ σταθμούς ἤλεκτροπαραγωγῆς.

Τὰ πιδὺ συνηθισμένα εἶναι τὰ *συχνόμετρα μὲ παλλόμενα ἐλάσματα* (σχ. 13·7 α). Ὅπως βλέπομε στὸ σχῆμα αὐτό, ἔχομε πολλὰ ἐλάσματα, μὲ διαφορετικὸ μῆκος τὸ καθένα, τοποθετημένα στὴ σειρά.

Κάνομε τὰ ἐλάσματα νὰ πάλλωνται μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς *ἡλεκτρομαγνήτη*, ἀπὸ τὸν ὁποῖο διαβιδάζομε τὸ ρεῦμα τοῦ ὁποίου θέλομε νὰ μετρήσωμε τὴ συχνότητα. Ἐπειδὴ ἔχομε φροντίσει, ὥστε κάθε ἓνα ἔλασμα νὰ ἀντιστοιχῇ σὲ μιὰ ὁρισμένη συχνότητα, (ἡ ἀντιστοιχία προκύπτει ἀνάλογα μὲ τὸ μῆκος τοῦ ἐλάσματος), θὰ παρατηρήσωμε τὴν *μεγαλύτερη ταλάντωση* σ' ἐκεῖνο τὸ ἔλα-



(1)  
Συχνόμετρο μὲ παλλόμενα  
ἐλάσματα



49 50 51  
Ἐνδείξη 50 περιόδων

(2)



49 50 51  
Ἐνδείξη 50,25 περιόδων

(3)

σχ. 13·7 α.

σμα, πού η συχνότητά του συμπίπτει με τη συχνότητα του ρεύματος. Τα πλαϊνά ελάσματα που αντιστοιχούν σε λίγο μικρότερη και λίγο μεγαλύτερη συχνότητα, θα πάλλωνται κι' αυτά, αλλά λιγότερο.

Έτσι τα παλλόμενα ελάσματα παρουσιάζουν κατά την λειτουργία του όργάνου την μορφή που βλέπομε στο σχήμα 13·7 α (σχ. 2 και 3).

Έχομε επίσης και συχνόμετρα με δείκτη, τα όποια μάλιστα είναι μεγαλύτερης ακριβείας από τα συχνόμετρα του προηγούμενου τύπου που περιγράψαμε. Από την κλίμακά τους, που φαίνεται στο σχήμα 13·7 β, καταλαβαίνουμε ότι μπορούμε εύκολα να διαβάσωμε μ' αυτά την τιμή της συχνότητας με ακρίβεια δευτέρου δεκαδικού ψηφίου.

Για τον λόγον αυτό προτιμούμε να διαθέτωμε συχνόμετρα με



Σχ. 13·7β.

δείκτη στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής που τροφοδοτούν τα Έθνικά συστήματα.

Στους μικρούς όμως κεντρικούς σταθμούς ή ακρίβεια, που εξασφαλίζομε με τα συχνόμετρα των παλλομένων ελασμάτων, μάς είναι αρκετή για τον παραλληλισμό και την παρακολούθηση της λειτουργίας.

### 13·8 Άλλα όργανα μετρήσεως με δείκτη.

Υπάρχουν και μερικοί άλλοι τύποι όργάνων με δείκτη, οι όποιοι όμως δεν θα μάς απασχολήσουν εδώ μια και δεν τα χρησιμοποιούμε συχνά.

Μοναδική εξαίρεση αποτελούν τα *ωμόμετρα*, με τα όποια θα ασχοληθούμε στην παράγραφο 14·1, μαζί με τα υπόλοιπα όργανα μετρήσεως αντιστάσεων.



## ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΧΩΡΙΣ ΔΕΙΚΤΗ

## 14.1 Μέτρηση ηλεκτρικών αντιστάσεων.

Σε πάρα πολλές περιπτώσεις ή μέτρηση μίας ηλεκτρικής αντιστάσεως μάς είναι απαραίτητη. Π.χ., όταν κάνουμε υπολογισμούς για τα δίκτυα, μάς χρειάζεται να γνωρίζουμε πόση αντίσταση έχουν οι άγωγοι των γραμμών και οι μετασχηματιστές των υποσταθμών. Επίσης, για να είναι τεχνικώς ἄρτια μιὰ ἐσωτερικὴ ἐγκατάσταση, πρέπει να είναι ἀπόλυτα μονωμένη, δηλαδή ἡ ἀντίστασή της πρὸς τὴ γῆ να είναι ἀπείρως μεγάλη κλπ.

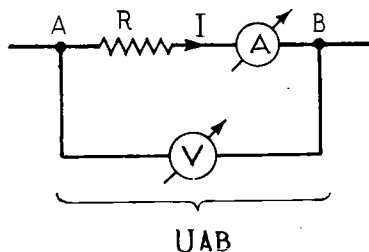
Βέβαια, όταν μιλοῦμε για μέτρηση ἀντιστάσεων, δὲν ἐννοοῦμε μόνο τις ὠμικές, ἀλλὰ καὶ τις ἐπαγωγικές καὶ τις χωρητικές ἀντιστάσεις, πὺν κι' αὐτὲς εἶναι στοιχεῖα τῶν κυκλωμάτων E.P. πὺν συναντοῦμε στὴν πράξη.

Ἐφαρμόζουμε διάφορες μεθόδους καὶ χρησιμοποιοῦμε ἀρκετὰ ὄργανα γιὰ νὰ μετροῦμε τις διάφορες αὐτὲς ἀντιστάσεις. Θὰ ἀναφέρουμε ὁμῶς ἐδῶ τις πὺν ἐνδιαφέρουσες περιπτώσεις.

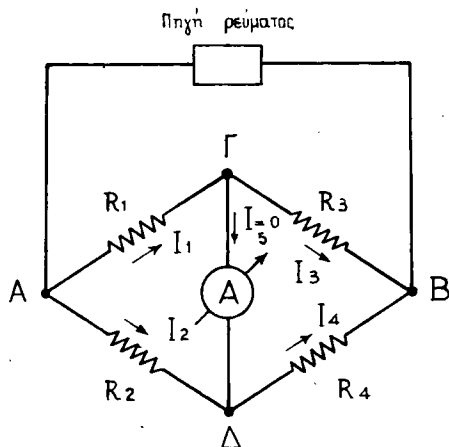
Ὁ ἀπλούστερος τρόπος γιὰ νὰ μετρήσωμε μιὰ ὠμικὴ ἀντίσταση, εἶναι ἡ χρησιμοποίησις τοῦ νόμου τοῦ Ὁμ, τὸν ὁποῖον ἐφαρμόζουμε παίρνοντας ταυτόχρονα τις ἐνδείξεις ἐνὸς βολτομέτρου καὶ ἐνὸς ἀμπερομέτρου. Θὰ ἔχωμε τότε, με ἀρκετὴ προσέγγισις (ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα 14.1 α),  $R = \frac{U_{AB}}{I}$ , ὅπου τὰ  $U_{AB}$  καὶ

$I$  τὰ παίρνομε ἀπὸ τις ταυτόχρονες ἐνδείξεις τῶν δύο ὀργάνων. (Ἡ μέτρηση εἶναι κατὰ προσέγγισις, γιὰτὶ ἡ παρεμβολὴ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀμπερομέτρου στὸ κύκλωμα τοῦ βολτομέτρου προκαλεῖ ἓνα πρόσθετο σφάλμα).

Μία ειδική συσκευή, με την οποία μετρούμε όχι μόνο ωμικές αλλά και αυτεπαγωγικές και χωρητικές αντιστάσεις, είναι η γέφυρα Χουίτστον (Wheatstone). Οι γέφυρες Χουίτστον είναι πολύ απλές και εύχρηστες.



Σχ. 14·1 α. Συνδεσμολογία μετρήσεως αντίστασεως με βολτόμετρο και άμπερόμετρο.



Σχ. 14·1 β. Συνδεσμολογία γέφυρας Χουίτστον.

Γενικά με τις γέφυρες αυτές επιτυγχάνουμε μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως και γι' αυτό τις μεταχειριζόμαστε πολύ συχνά στην πράξη.

Στο σχήμα 14·1 β παριστάνεται η αρχή της λειτουργίας μιας τέτοιας γέφυρας. "Αν από τον κλάδο ΓΔ δεν περνά ρεύμα

τότε: α) ἡ τάση τοῦ σημείου Γ θὰ εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν τάση τοῦ σημείου Δ, διότι ἡ πτώση τάσεως ἀπὸ τὸ Γ στὸ Δ θὰ εἶναι μηδέν, καὶ β) οἱ ἀντιστάσεις  $R_1, R_3$  καὶ  $R_2, R_4$  εἶναι ἀντίστοιχα συνδεδεμένες σὲ σειρά.

Ἀπὸ τὸν νόμο τοῦ Ὄμ προκύπτει τότε, σὰν συνέπεια τῆς πρώτης μας παρατηρήσεως, ὅτι:

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \quad \text{καὶ} \quad R_3 \cdot I_3 = R_4 \cdot I_4 \quad (1)$$

ἐνῶ ἀπὸ τὴν δεύτερη παρατήρησή μας συμπεραίνομε ὅτι:

$$I_1 = I_3 \quad \text{καὶ} \quad I_2 = I_4 \quad (2)$$

Ἀντικαθιστώντας τὶς σχέσεις (2) στὶς (1) ἔχομε:

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \quad \text{καὶ} \quad R_3 \cdot I_1 = R_4 \cdot I_2$$

καὶ ἂν διαιρέσωμε κατὰ μέλη ἔχομε:

$$\boxed{\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}}$$

Ἀπὸ αὐτὴ τὴ σπουδαία σχέση συμπεραίνομε πὼς ἀρκεῖ νὰ γνωρίζωμε τρεῖς ἀπὸ τὶς ἀντιστάσεις αὐτὲς γιὰ νὰ προσδιορίζωμε τὴν τέταρτη, ἐφ' ὅσον μᾶς εἶναι ἄγνωστη. Γιὰ νὰ ἐφαρμόσωμε ὅμως τὴ σχέση αὐτή, πρέπει νὰ πιστοποιήσωμε ὅτι δὲν περνᾷ ρεῦμα ἀπὸ τὸν κλάδο ΓΔ, πράγμα ποὺ τὸ κάνομε μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς γαλβανομέτρου (παράγραφος 13.2) ἢ ἑνὸς κοινοῦ ἀμπερομέτρου.

Τὸν μηδενισμό αὐτὸ τῆς ἐντάσεως  $I_5$  μπορούμε νὰ τὸν ἐπιτύχωμε χρησιμοποιώντας γιὰ στοιχεῖα τῆς γέφυρας, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἄγνωστη ἀντίστασι, δύο γνωστὲς ἀντιστάσεις καὶ μιὰ μεταβλητὴ ἀντίστασι (ροοστάτη) τὴν τελευταία αὐτὴ τὴν μεταβάλλομε συνεχῶς, μέχρις ὅτου ἔχομε τὴ λεγόμενη ἰσορροπία τῆς γεφύρας, δηλαδὴ τὸν μηδενισμό τῆς ἐντάσεως  $I_5$ .

Ἄς δοῦμε ἓνα παράδειγμα. Ἐστω πὼς στὴ θέση τῆς  $R_1$  (σχ. 14.1 β) ἔχομε μιὰ ἄγνωστη ἀντίστασι  $R_x$  καὶ συμπληρώνομε τὴ γέφυρά μας μὲ τὶς γνωστὲς σταθερὲς ἀντιστάσεις:

$$R_3 = 4 \, \Omega \quad \text{και} \quad R_4 = 10 \, \Omega$$

Στή θέση τῆς  $R_2$  ἔχομε ἓνα ἐργαστηριακὸ ρεοστάτη μὲ τὶς μεταβλητὲς θέσεις τοῦ μεταγωγέα τοῦ βαθμολογημένους ἔτσι, ὥστε νὰ ξέρωμε τί ἀντίσταση ἀντιστοιχεῖ σὲ κάθε θέση. Τὸ κύκλωμα ποὺ σχηματίζομε μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν τὸ τροφοδοτοῦμε ἀπὸ μιὰ πηγὴ μικρῆς τάσεως, π.χ. μὲ μιὰ μπαταρία 6 V.

Μετακινώντας τὸν μεταγωγέα τοῦ ρεοστάτη καὶ παρακολουθώντας τὸ γαλβανόμετρο, βλέπομε ὅτι ἐπιτυγχάνομε ἰσορροπία τῆς γέφυρας π.χ. γιὰ:  $R_2 = 2,2 \, \Omega$ .

Τότε, ἀπὸ τὴ σχέση ποὺ βρήκαμε πρὶν, προκύπτει:

$$R_1 = R_x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4} = 2,2 \cdot \frac{4}{10} \quad \eta \quad R_x = 0,88 \, \Omega$$

Ὅπως ἀναφέραμε παραπάνω, ἐφαρμόζομε τὴν ἴδια ἀρχὴ λειτουργίας καὶ μέθοδο ἐφαρμογῆς τῆς γέφυρας Χουὶτστον γιὰ νὰ μετροῦμε καὶ αὐτεπαγωγικὲς ἢ χωρητικὲς ἀντιστάσεις.

Γιὰ λόγους ποὺ δὲν μποροῦμε νὰ ἐξηγήσωμε ἐδῶ, γιατί θὰ ξεφεύγαμε ἀπὸ τὸ σκοπὸ μας, οἱ εἰδικὲς γέφυρες ποὺ μεταχειριζόμαστε γιὰ τὴ μέτρηση αὐτεπαγωγικῶν ἢ χωρητικῶν ἀντιστάσεων εἶναι καμμιά φορὰ πλεονέκτημα σὲ σύγκριση μὲ τὴν ἀπλὴ μορφή τοῦ σχήματος 14·1 β. Ὅμως, πάντα προσδιορίζομε τὸ ἄγνωστο στοιχεῖο (πηνίο ἢ πυκνωτὴ) μὲ τὴ βοήθεια δύο ἄλλων σταθερῶν ἀντιστάσεων γνωστῆς τιμῆς, καὶ μιᾶς ἄλλης ἀντιστάσεως, ποὺ εἶναι ὅμοια σὲ εἶδος (πάλι πηνίο ἢ πυκνωτῆς) μὲ τὴν ἄγνωστη ἀντίσταση ἀλλὰ ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ μεταβάλλωμε κατὰ γνωστὸ τρόπο.

Ἡ σχέση ἀπὸ τὴν ὁποία ὑπολογίζομε τότε γενικὰ τὴν ἄγνωστη αὐτεπαγωγὴ  $L_x$  ἢ τὴ χωρητικότητα  $C_x$ , θὰ εἶναι σὲ ἀντιστοιχία μὲ τὴν προηγούμενη:

$$L_x = L_2 \cdot \frac{L_3}{L_4} \quad \eta \quad C_x = C_2 \cdot \frac{C_3}{C_4}$$

Ὅπου  $L_3$  καὶ  $L_4$  ἢ  $C_3$  καὶ  $C_4$  εἶναι οἱ δύο σταθερὲς γνωστὲς

άντιστάσεις, ενώ  $L_2$  ή  $C_2$  είναι ή αντίσταση που μεταβάλλουμε μέχρις ότου ισορροπήσουμε την γέφυρα.

Πάντως πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας πως ή πηγή της τάσεως, που μεταχειριζόμαστε στις περιπτώσεις αυτές για να τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα, πρέπει να είναι *εναλλασσομένου* και *όχι συνεχούς ρεύματος*.

Ένα όργανο με δείκτη, με το οποίο μετρούμε κατ' ευθείαν μιάν αντίσταση, είναι το *ωμόμετρο* (παράγραφος 13.8). Κανονικά έπρεπε να είχαμε ασχοληθώ μ' αυτό στο προηγούμενο Κεφάλαιο, όταν εξετάσαμε τα υπόλοιπα όργανα με δείκτη, αλλά προτιμήσαμε να το αναφέρουμε εδώ επειδή τώρα ασχολούμαστε γενικά με τή μέτρηση των αντιστάσεων.

Δεν χρειάζεται βέβαια να εξετάσουμε τήν έσωτερική κατασκευή των οργάνων αυτών, γιατί άρκει μόνο να θυμώμαστε ότι ανήκουν σε μιá νέα σειρά οργάνων, των οργάνων δηλαδή που *ονομάζουμε όργανα με διασταυρωμένα πηνία*.

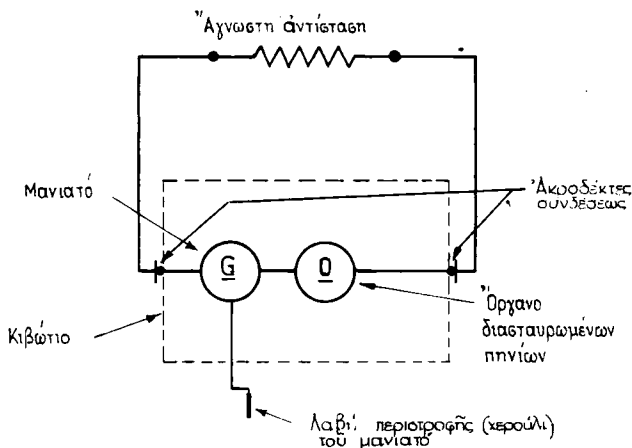
Έξωτερικά ένα ωμόμετρο έχει τή μορφή ενός μικρού κιβωτίου, με κλίμακα μετρήσεων βαθμολογημένη κατευθείαν σε *Ωμ*, έμπρός από τήν όποία κινείται ο δείκτης. Το ιδιαίτερο όμως χαρακτηριστικό εδώ είναι, ότι μέσα στο όργανο υπάρχει πάντα μιá *πηγή ρεύματος*, που συνήθως είναι μιá μικρή χειροκίνητη *μαγνητοηλεκτρική μηχανή Σ. Ρ.* (μανιατό) με ένα έξωτερικό χειρούλι, το οποίο περιστρέφουμε με το χέρι και παράγομε το ρεύμα που είναι αναγκαίο για τή μέτρηση (σχ. 14.1 γ).

Η παραγωγή αυτής της τάσεως (συνήθως 250 V ως 10 000 V) είναι απαραίτητη, γιατί αντίθετα με ό,τι συμβαίνει π.χ. με ένα άμπερόμετρο, εδώ, όταν συνδέομε ένα ωμόμετρο με μιάν αντίσταση, με σκοπό να τήν μετρήσωμε, δέν υπάρχει πουθενά έξω-τετικό ρεύμα, για να κινήση το σύστημα του δείκτη του ωμομέ-τρου. Κατά συνέπεια, ή παραγωγή του αναγκαίου ρεύματος πρέπει να γίνεται από έμάς τους ίδιους με μιá ιδιαίτερη πηγή ρεύματος.

και σαν τέτοια προτιμούμε ένα μανιατό. Έννοείται πως η ισχύς του μανιατού είναι μικρή.

Σε ειδικές περιπτώσεις (μέτρηση μικρών αντιστάσεων) αντί για μαγνητοηλεκτρική μηχανή έχουμε ένα ξηρό στοιχείο (στήλη).

Υπάρχουν ειδικοί τύποι ωμόμετρων, που η κατασκευή τους τα κάνει να είναι κατάλληλα για την μέτρηση μεγάλων ή μικρών αντιστάσεων. Οι ιδιαιτεροι αυτοί τύποι είναι απαραίτητοι, για να μην προκύπτουν κατά την μέτρηση υπερβολικά σφάλματα.



Σχ. 14-1 γ. Μέτρηση αντίστασης με ωμόμετρο.

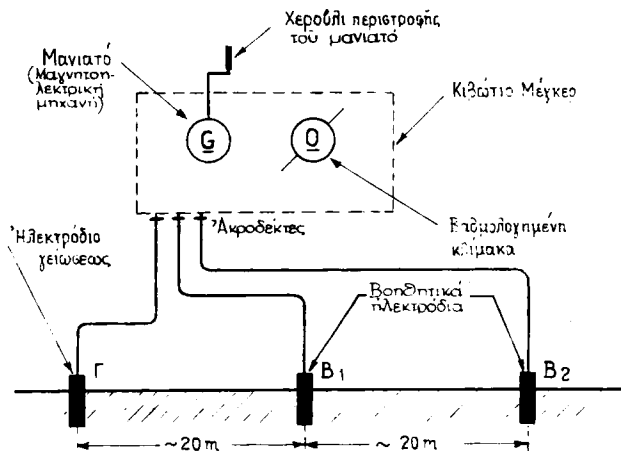
Ένας απ' αυτούς τους τύπους, που τη χρήση του θα δούμε με λεπτομέρεια στον Δ' τόμο της Ήλεκτροτεχνίας, είναι τα μεγκόμετρα. Τα ωμόμετρα αυτού του είδους είναι ειδικά για να ελέγχουμε τις μονώσεις των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και τα ονομάζουμε μεγκόμετρα εξ αιτίας της βαθμολογήσεως της κλίμακας τους, που είναι κατ' εὐθείαν σε  $M\Omega$  (μεγκώμ).

Ένα άλλο όργανο που χρησιμοποιούμε συχνά στην πράξη, ιδίως για να μετρούμε και να ελέγχουμε τις αντιστάσεις γειώσεως, (παράγραφος 11·4) είναι το λεγόμενο Μέγκερ (Megger).

Μ' αυτά τα όργανα, που ως προς την κατασκευή τους μοιά-

ζουν με τὰ ωμόμετρα, με τὴν διαφορά ὅτι εἶναι λίγο μεγαλύτερα ἀπ' αὐτά, μετροῦμε κατ' εὐθείαν τὴν ἀντίσταση μιᾶς γειώσεως σὲ ὦμ. Στὸ σχῆμα 14.1 δ βλέπομε τὴ συνδεσμολογία τῆς σχετικῆς μετρήσεως. Ἐκτὸς ἀπὸ τὸ κυρίως ἡλεκτρόδιο  $\Gamma$  τῆς γειώσεως ποὺ μετροῦμε, χρησιμοποιοῦμε καὶ δύο βοηθητικὰ ἡλεκτρόδια  $B_1$  καὶ  $B_2$ , ποὺ τὰ χώνωμε στὸ ἔδαφος σὲ ἀπόσταση περίπου 20 m τὸ ἓνα ἀπὸ τὸ ἄλλο καὶ ἀπὸ τὸ  $\Gamma$ .

Ἔτσι, ἓνα Μέγκερ ἔχει τρεῖς ἀκροδέκτες ποὺ τοὺς συνδέομε,



Σχ. 14.1 δ. Συνδεσμολογία μετρήσεως ἀντιστάσεως γειώσεως με Μέγκερ.

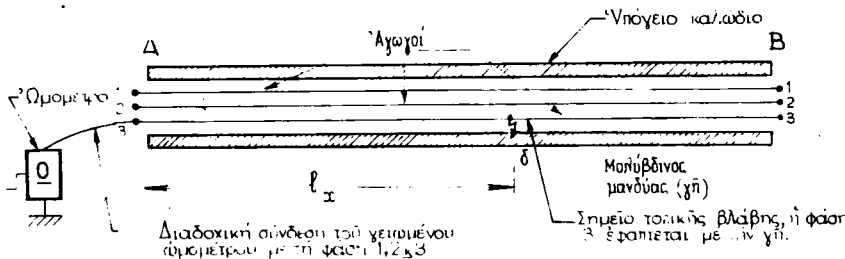
ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 14.1 δ, με τὰ  $\Gamma$ ,  $B_1$  καὶ  $B_2$ . Ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόδια αὐτὰ διαβιβάζομε πρὸς τὴν γείωση ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τὸ ὁποῖο παράγεται με τὴ χειροκίνητη μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανὴ ποὺ περιλαμβάνει τὸ ὄργανο. Ἐπειδὴ τὸ ρεῦμα τῆς μηχανῆς αὐτῆς ποὺ εἶναι συνεχές, τὸ μετατρέπομε σὲ ἐναλλασσόμενο τὸ ὁποῖο εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ τὴ μέτρηση, με μιὰ κατάλληλη μηχανικὴ ἀνορθωτικὴ διάταξη ποὺ περιέχεται κι' αὐτὴ στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ Μέγκερ.

Τέλος, βαθμολογοῦμε τὴν κλίμακα τοῦ ὁργάνου αὐτοῦ ἔτσι.

ώστε από τή θέση πού θα άκίνητήση ό δείκτης του νά βλέπουμε άμέσως τήν τιμή τής αντίστασεως πού έχει ή γείωση στο σημείο Γ, σέ Ωμ.

Μιά ενδιαφέρουσα πρακτική εφαρμογή τής μετρήσεως αντίστασεων είναι και ό προσδιορισμός τής θέσεως σφάλματος ενός ύπογειου καλωδίου (παράγραφος 9·1).

Άς φαντασθούμε (σχ. 14·1 ε) ότι ένα ύπόγειο τριφασικό καλώδιο ΑΒ έχει πάθει μιá τοπική ζημιá σ' ένα σημείο, τó δ, άγνωστο για μäs, με συνέπεια (όπως συμβαίνει πολύ συχνά στην πραγματικότητα) νά έρθη σέ έπαφή στο σημείο αυτό π.χ. ή φάση 3, με τόν μολύβδινο μανδύα του καλωδίου. Τó γεγονός αυτό έμεϊς θα τó πληροφορηθούμε από τó άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη προστασίας στην άρχή τής γραμμής ή από τó κάψιμο μιäs ασφάλ-



σχ. 14·1 ε.

λειας. Τó πρόβλημά μας είναι τότε πώς θα βρούμε τó σημείο δ, δηλαδή τήν άπόσταση  $Αδ = l_x$  για νά επιδιορθώσουμε τή βλάβη. Είναι δέ πολύ δύσκολο νά ξεθάψουμε όλόκληρο τó καλώδιο και νά τó εξετάσουμε, τή στιγμή πού ή άπόσταση ΑΒ μπορεί νά είναι έκατοντάδες μέτρα.

Ή πρώτη μας δουλειά είναι νά βρούμε ποιá φάση προκαλεί τήν έπαφή, πράγμα πού είναι εύκολο, έφ' όσον διαθέτουμε ένα ωμόμετρο και εξετάζουμε διαδοχικά τή μόνωση κάθε φάσεως ως πρòς τή γή, όπως δείχνει ή σχετική παράσταση (σχ. 14·1 ε). Ή φάση εκείνη, πού ή μόνωσή της είναι ελάχιστη, είναι φυσικά αυτή πού ζητούμε.

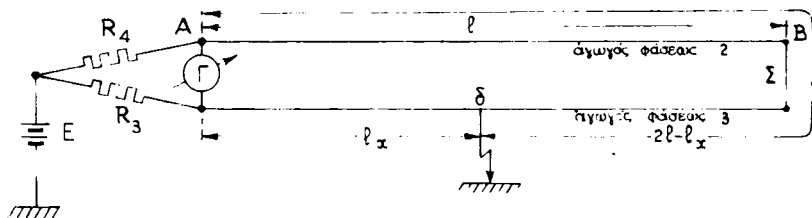


Κατόπιν σχηματίζουμε, όπως δείχνει το σχήμα 14.1 ζ, μιὰ γέφυρα Χουίτστον χρησιμοποιώντας δύο μεταβλητές αντιστάσεις  $R_3$  και  $R_4$  και συνδέοντας την άκρη της φάσεως 3 με έναν από τους ανέπαφους άγωγούς, π.χ. της φάσεως 2. Τότε, αν ισορροπήσουμε τὴ γέφυρα μεταβάλλοντας τις αντιστάσεις  $R_3$  και  $R_4$ , έχουμε από τὴ γνωστή μας συνθήκη ισορροπίας ὅτι :

$$\frac{l_x}{2l - l_x} = \frac{R_3}{R_4}$$

Ἐπειδὴ δὲ τὸ συνολικὸ μῆκος  $AB = l$  εἶναι γνωστό, μπορούμε νὰ ὑπολογίσουμε τὸ ἄγνωστο :

$$l_x = 2l \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$



Σχ. 14.1 ζ.

Ἀπὸ τὸν τοπογραφικὸ χάρτη τοῦ δικτύου, προσδιορίζουμε τότε τὸ σημεῖο δ με τὴ βοήθεια τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς.

Βλέπουμε δηλαδή ὅτι χάρις στὴ μέθοδο τούτη, ποὺ τὴν ὀνομάζουμε ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ ἐφευρέτη της μέθοδο Μάρρεϋ, βρίσκουμε εὐκόλα τὸ σημεῖο δ καὶ ἐπισκευάζουμε τὴ ζημιὰ.

Ὑπάρχουν καὶ ἄλλες παρόμοιες ἐφαρμογές τῆς γέφυρας Χουίτστον, ποὺ με τὴ βοήθειά τους προσδιορίζουμε με παραπλήσιους τρόπους τὴ θέση σφάλματος ἐναέριας γραμμῆς, ἢ γραμμῆς με μεταβλητὲς διατομὲς ἀγωγῶν κλπ.

Θὰ τελειώσουμε τὴν περιγραφή τῶν μεθόδων ποὺ μεταχειριζόμαστε κατὰ τὴ μέτρηση τῶν ἀντιστάσεων, ἀναφέροντας καὶ τὴ

μέθοδο με τις συσκευές αντισταθμίσεως (παρ. 13·3). Όπως έχουμε γράψει στα προηγούμενα, μ' αυτή τη μέθοδο έχουμε μεγάλη ακρίβεια μετρήσεως, αλλά δεν θα την αναπτύξουμε εδώ, γιατί την εφαρμόζουμε μόνο στις εργαστηριακές μετρήσεις και όχι στις βιομηχανικές.

## 14·2 Μέτρηση ενεργείας-Μετρητές.

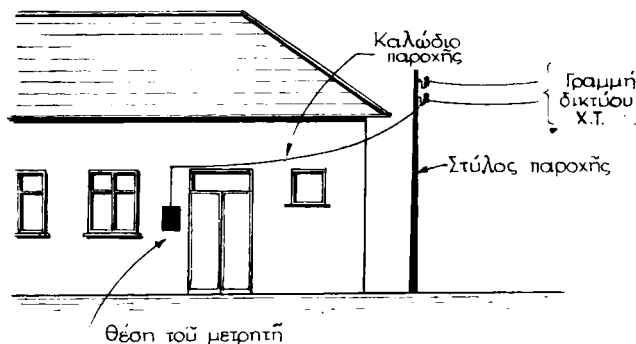
Η μέτρηση της ηλεκτρικής ενεργείας, που καταναλίσκει ένας πελάτης μιας ηλεκτρικής εταιρείας, είναι ίσως η πιο σπουδαία ηλεκτρική μέτρηση, αφού από το αποτέλεσμα της εξαρτάται το πόσο θα πληρώνη στην εταιρεία αυτής ο καταναλωτής κάθε μήνα ή δίμηνο. Δηλαδή όλη η οικονομία μιας ηλεκτρικής επιχείρησης στηρίζεται στην καλή εκτέλεση αυτής της μετρήσεως.

Έχουν πιά καταργηθεί οι «πελάτες κατ' αποκοπή», που πλήρωναν με βάση ένα προϋπολογισμό της καταναλώσεώς τους και όχι με μέτρηση των πραγματικών κιλοβαττωρών που καταναλώνουν (π.χ. με συμφωνία πληρωμής 10 ή 20 *kwh* το μήνα σταθερά). Τοῦτο συνέβαινε άλλοτε σε πολλές μικρές επιχειρήσεις.

Σήμερα όμως μεταχειριζόμαστε γενικά τους λεγομένους γνώμονες ή μετρητές ηλεκτρικής ενεργείας (ρολόγια), τους οποίους εγκαθιστούμε σε κάθε έναν καταναλωτή, στο σημείο ακριβώς που τελειώνει η παροχή μας. Χάρη σ' αυτούς μπορούμε κάθε στιγμή να παρακολουθούμε την ενέργεια που έχουμε διαβιβάσει από το δίκτυο προς την εσωτερική εγκατάσταση του πελάτη.

Στόν Δ'. τόμο της Ήλεκτροτεχνίας θα ασχοληθούμε πιο λεπτομερειακά με την τοποθέτηση και την προστασία του μετρητή. Πάντως, όπως βλέπουμε στο σχήμα 14·2 α, που παριστάνει μια συνηθισμένη παροχή της ΔΕΗ, τοποθετούμε τον μετρητή στην πρόσφυγ του σπιτιού και κοντά στην είσοδο της κατοικίας, ώστε ο υπάλληλος που θα έρχεται για να κάνει την καταμέτρηση του ρεύματος που καταναλώθηκε, να τον βρίσκει εύκολα.

Πάντοτε τοποθετούμε τους γνώμονες μέσα σὲ εἰδικὰ κιβώτια (γνωμονοκιβώτια) ἀπλὰ ἢ στεγανά, ἀνάλογα μὲ ἂν ἔχουμε ἐγκαταστήσει τὸ μετρητὴ μέσα σὲ σπῆτι ἢ στὸ ὑπαιθρο. Μέσα στὸ ἴδιο κιβώτιο ἔχουμε καὶ ἀσφάλειες γιὰ νὰ προστατεύουμε τὸν μηχανισμό τοῦ μετρητῆ ἀπὸ καταστροφὴ, ἂν κατὰ τύχη συμβῇ κανένο βραχυκύκλωμα. Ἐννοεῖται ὅτι κλείνομε καὶ σφραγίζομε τὰ γνωμονοκιβώτια, ὥστε νὰ μὴν εἶναι δυνατόν οὔτε νὰ ἐπέμβῃ κανεὶς στὶς ἀσφάλειες, οὔτε νὰ ἀλλάξῃ τὴν ἐνδειξὴ τοῦ μετρητῆ.



Σχ. 14-2 α. Παροχὴ ρεύματος σὲ κατοικία μέχρι τὸν μετρητῆ.

Γιὰ νὰ μπορούμε νὰ βλέπουμε εὐκόλα τὴν ἐνδειξὴ αὐτὴ χωρὶς νὰ εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ ξεσφραγίζουμε τὸν μετρητῆ, ἔχουμε κατασκευάσει ἕνα μέρος ἢ ὅλο τὸ καπάκι τοῦ γνωμονοκιβωτίου ἀπὸ διαφανὲς ὑλικὸ (γυαλὶ ἢ πλαστικὸ).

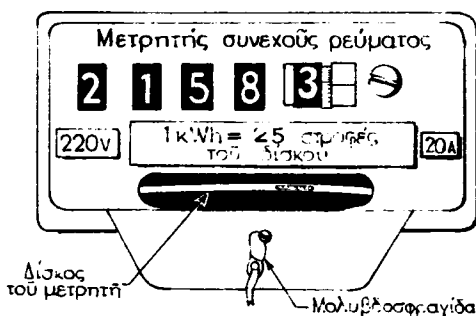
Ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τοῦ ρεύματος ποὺ πρόκειται νὰ μετρήσουμε διαλέγομε καὶ τοὺς μετρητές, οἱ ὅποιοι μπορεῖ νὰ εἶναι συνεχοῦς ἢ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Οἱ μετρητές συνεχοῦς ρεύματος εἶναι δύο εἰδῶν: βαττομετρικοῦ τύπου καὶ ἀμπερομετρικοῦ τύπου. Καὶ οἱ δύο τύποι μᾶς δίνουν τὴν ἐνδειξὴ σὲ  $kWh$ , ὅπως γνωρίζουμε ἀπὸ τὸν Α' τόμο τῆς Ἠλεκτροτεχνίας. Γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸ δὲν χρησιμοποιεῖται θε-

κτης, αλλά ένας απარიθμητικός μηχανισμός (σχήμα 14·2β).

Ἡ ἐσωτερικὴ κατασκευὴ τῶν μετρητῶν εἶναι τέτοια, ὥστε ὅταν περάσῃ ἀπὸ αὐτοὺς ρεῦμα, δηλαδὴ ὅταν οἱ πελάτες καταναλίσκουν ἐνέργεια, νὰ περιστρέφεται ἓνας δίσκος, ποὺ μὲ ἓνα σύστημα γραναζιῶν προκαλεῖ τὴν ἀλλαγὴ τῆς ἐνδείξεως τοῦ ἀπαραριθμητῆ.

Ἡ ἐνδειξη λοιπὸν εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν περιστροφῶν τοῦ δίσκου καί, ἐπειδὴ ὁ δίσκος κινεῖται ταχύτερα ἢ βραδύτερα, ἀνάλογα μὲ τὴν ἰσχύ πού διαβιβάζεται διὰ μέσου τοῦ μετρητῆ, προκύπτει τελικὰ ὅτι ἡ ἐνδειξη τοῦ μετρητῆ εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐνέργεια πού καταναλώθηκε.



Σχ. 14·2β.

Ἡ ἐνδειξη τοῦ ἀπαραριθμητικοῦ μηχανισμοῦ εἶναι συνεχῆς, δὲν χρειάζεται δηλαδὴ κάθε φορὰ πού μετροῦμε τὴν κατανάλωση νὰ ξαναβάζουμε τὴν ἐνδειξη στὸ μηδέν.

Ὅταν, λοιπὸν, θελήσουμε νὰ βροῦμε τὴν κατανάλωση κάθε μηνός, δὲν ἔχομε παρὰ νὰ ἀφαιρέσουμε ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ πού μᾶς δείχνει ὁ μετρητῆς τὴν ἐνδειξη τοῦ περασμένου μηνός.

Π.χ. βλέπομε τὴν ἐνδειξη 13 456 σ' ἓναν μετρητῆ, ἐνῶ τὸν περασμένο μῆνα ἡ ἐνδειξη ἦταν 10 131. Τοῦτο σημαίνει ὅτι στὸ διάστημα τοῦ ἑνὸς μηνός ὁ δίσκος τοῦ μετρητῆ ἔκανε:

$$13\ 456 - 10\ 131 = 3\ 325 \text{ στροφές.}$$

Όνομάζουμε σταθερά ενός μετρητή τον σταθερό αριθμό με τον οποίο πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τη διαφορά αυτή για να έχουμε σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση.

Αν π.χ. η σταθερά του μετρητή μας είναι  $0,04 \text{ kWh ανά στροφή}$  ( $1 \text{ kWh} = 25$  στροφές του δίσκου), η κατανάλωση του μηνός που εξετάζουμε είναι :

$$3\,325 \cdot 0,04 = 133 \text{ kWh.}$$

Με τους βαττομετρικούς μετρητές επιτυγχάνουμε ακριβέστερη μέτρηση, γιατί μ' αυτούς παρακολουθούμε κάθε στιγμή όχι μονάχα την ένταση αλλά και την τάση του ρεύματος που περνά από αυτούς. Αντίθετα στους άμπερομετρικούς μετρητές θεωρούμε ότι η τάση είναι σταθερή και ίση με την ονομαστική τάση του δικτύου και λαμβάνουμε υπ' όψη μόνο τις μεταβολές της έντασης. Αν λοιπόν η τάση πέσει, όπως συμβαίνει συχνά, η ένδειξη θα είναι έσφαλμένη και μάλιστα ο μετρητής θα έχη καταγράψει περισσότερη ενέργεια απ' όση κατανάλωσε στην πραγματικότητα ο πελάτης.

Ας δώσουμε ένα θεωρητικό παράδειγμα για να γίνουν πιο αντιληπτά όσα είπαμε παραπάνω.

Δυο πελάτες, ο ένας με βαττομετρικό και ο άλλος με άμπερομετρικό μετρητή, καταναλώνουν σταθερή ένταση  $10$  άμπέρ, επί μία ημέρα. Όμως τις ώρες της αίχμης, που διαρκεί  $6$  ώρες (το είκοσιτετράωρο), η τάση από  $220 \text{ V}$  πέφτει στα  $200 \text{ V}$ .

Ο βαττομετρικός μετρητής του πρώτου πελάτη έχει σωστή ένδειξη, ανάλογη με :

$$10 \text{ A} \cdot 220 \text{ V} \cdot 18 \text{ ώρες} + 10 \text{ A} \cdot 200 \text{ V} \cdot 6 \text{ ώρες} = 51,6 \text{ kWh}$$

ένω ο άμπερομετρικός μετρητής του δεύτερου πελάτη δίνει :

$$10 \text{ A} \cdot 220 \text{ V} \cdot 24 \text{ ώρες} = 52,8 \text{ kWh.}$$

Βλέπουμε δηλαδή ότι ο άμπερομετρικός μετρητής παρουσίασε ένα σφάλμα  $52,8 - 51,6 = 1,2 \text{ kWh}$  ή  $2,30\%$ . Επειδή δε η τάση των δικτύων διαρκώς κυμαίνεται, το σφάλμα αυτό μπορεί να γίνη ακόμα πιο αξιόλογο.

Παρά τὸ μειονέκτημα τῆς ἀνακριθείας τους, ἐξακολουθοῦμε σὲ πολλὰ μέρη νὰ χρησιμοποιοῦμε ἀμπερομετρικοὺς μετρητές, γιατί εἶναι ἀρκετὰ φθηνότεροι ἀπὸ τοὺς βαττομετρικούς.

Ἡ δεύτερη μεγάλη κατηγορία μετρητῶν εἶναι, ὅπως εἴπαμε, οἱ μετρητὲς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ποὺ τοὺς χωρίζουμε πάλι σὲ δύο εἴδη: τοὺς μονοφασικοὺς καὶ τοὺς τριφασικούς. Ὑπάρχουν καὶ πολυφασικοὶ μετρητές, κατ'ἀλλήλους: γιὰ πολυφασικά (διφασικά, ἐξαφασικά κ.λ.π.) ρεύματα. Οἱ τύποι ὅμως αὐτοὶ δὲν θὰ μᾶς ἀπασχολήσουν ἐδῶ, ἀφοῦ στὴν Ἑλλάδα δὲν τοὺς χρησιμοποιοῦμε.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν ἐνέργεια ἑνὸς μονοφασικοῦ ρεύματος, μπορούμε νὰ μεταχειρισθοῦμε καὶ ἓναν βαττομετρικὸ μετρητὴ συνεχοῦς ρεύματος, σὰν αὐτὸν ποὺ μόλις περιγράψαμε, ἐνῶ ἓνας μετρητὴς ἀμπερομετρικοῦ τύπου εἶναι ἀκατάλληλος γιὰ τὴ χρήση αὐτῆ.

Συνήθως ὅμως, γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ μονοφασικοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, χρησιμοποιοῦμε γιὰ λόγους οἰκονομίας, τοὺς λεγομένους μονοφασικοὺς ἐπαγωγικοὺς μετρητὲς (σχ. 14·2 δ [1]), ποὺ ἡ ἐξωτερικὴ τους μορφή καὶ ὁ τρόπος τῆς ἐνδείξεώς τους εἶναι ὅμοιος μὲ τῶν προηγούμενων μετρητῶν συνεχοῦς ρεύματος.

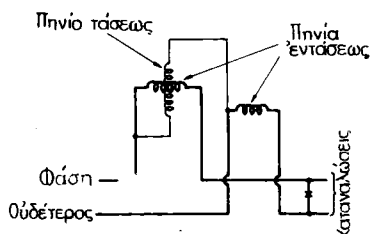
Πάλι δηλαδὴ διακρίνομε τὸ ἴδιον σύστημα τῆς ἀπαριθμήσεως τῶν στροφῶν ποὺ ἐκτελεῖ ἓνας δίσκος, καὶ τὴν ἐνδειξὴ αὐτῆ τῶν στροφῶν τὴν μετατρέπομε σὲ  $kWh$  μὲ τὴ βοήθεια τῆς σταθερᾶς τοῦ μετρητῆ.

Στὴν περίπτωσιν τῶν ἐπαγωγικῶν μετρητῶν γενικά, ὁ δίσκος τοῦ μετρητοῦ περιστρέφεται ἀπὸ τὴν ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ποὺ δημιουργοῦμε μὲ τρία πηνία, δηλαδὴ μὲ δύο πηνία ἐντάσεως καὶ ἓνα πηνίον τάσεως (σχ. 14·2 γ).

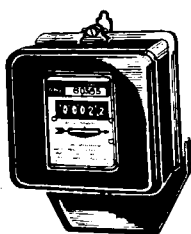
Ὅπως βλέπομε στὸ σχῆμα αὐτό, ἀπὸ κάθε πηνίου ἐντάσεως διαβιβάζομε τὸ ρεῦμα ἑνὸς ἀγωγοῦ (τῆς φάσεως καὶ τοῦ οὐδέτε-

ρου), ενώ από το πηνίο τάσεως διαβιβάζουμε ένταση ανάλογη με την τάση της γραμμής.

Για να μη κάνουμε λάθος στις συνδέσεις, οι κατασκευαστές χαράσσουν αριθμούς στους ακροδέκτες και μας παρκαπέμπουν στην έντυπη συνδεσμολογία που συνοδεύει απαραίτητα κάθε μετρητή. Πάντως, το σύρμα των πηνίων έντασης είναι χονδρής διατομής,

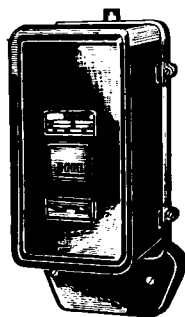


Σχ. 14.2 γ. Συνδεσμολογία μονοφασικού επαγωγικού μετρητή.



(1)

έπαγωγικός μετρητής



(2)

Τριφασικός έπαγωγικός μετρητής

Σχ. 14.2 δ. Μετρητές εναλλασσομένου ρεύματος.

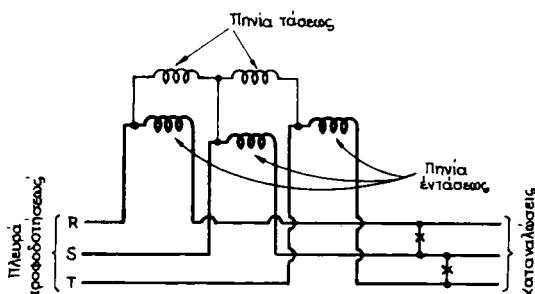
ενώ το σύρμα των πηνίων τάσεως, είναι λεπτής διατομής.

Παρόμοιοι σε μορφή και σε λήψη ένδειξης, αλλά λίγο μεγαλύτεροι από τους μονοφασικούς μετρητές Ε.Ρ. και με διαφορετική βέβαια συνδεσμολογία, είναι οι τριφασικοί μετρητές Ε.Ρ. (σχήμα 14.2 δ [2]). Και αυτοί οι μετρητές είναι επαγωγικού τύπου, δηλαδή την κίνηση του δίσκου τους την προκαλούμε πάλι με επαγωγικά ρεύματα.

Οι τριφασικοί μετρητές δεν είναι στο έσωτερικό τους παρά συνδυασμοί μονοφασικών μετρητών οι όποιοι έχουν κοινό δίσκο. Ο αριθμός των πηνίων των τριφασικών μετρητών και η σύνδεσή τους εξαρτάται από το είδος του τριφασικού ρεύματος που μετρούμε, δηλαδή από το αν έχουμε ουδέτερο ή όχι, αν το σύστημα που τροφοδοτείται είναι ισορροπημένο ή αν φορτίζεται άνισα κλπ.

Στο σχήμα 14·2 ε βλέπουμε τη συνδεσμολογία ενός τέτοιου μετρητή, καταλλήλου για μέτρηση ένεργείας σε τριφασικό σύστημα τριών άγωγών, με ίσες ή άνισες φορτίσεις σε κάθε φάση (ισορροπημένο ή άνισα φορτισμένο σύστημα).

Βλέπουμε εκεί πώς έχουμε τρία πηνία έντάσεως που το κα-



Σχ. 14·2 ε. Συνδεσμολογία τριφασικού έπαγωγικού μετρητή τριών άγωγών.

θένα τους διαρρέεται από την ένταση μιᾶς φάσεως και δύο πηνία τάσεως, από τα όποια διοχετεύουμε ρεύμα ανάλογο με την διαφορά δυναμικού των δύο φάσεων από την τρίτη φάση.

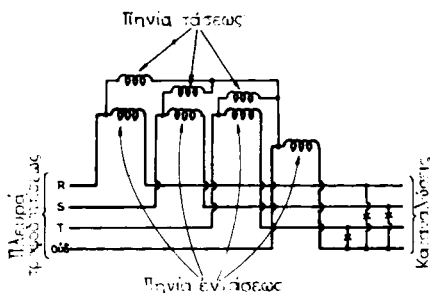
Στο σχήμα 14·2 ζ έχουμε τη συνδεσμολογία του μετρητή που χρησιμοποιούμε στα μικτά τριφασικά συστήματα (κινήσεις και φωτισμού), δηλαδή στα συστήματα με τρεις φάσεις και ουδέτερο. Παρατηρούμε ότι στους μετρητές αυτούς τοποθετούμε τρία πηνία τάσεως (ένα μεταξύ κάθε φάσεως και του ουδέτερου) και τέσσερα πηνία έντάσεως (ένα για κάθε άγωγό).

Τους μετρητές έναλλασσομένου ρεύματος τους συνδέουμε διά μέσου μετασχηματιστών μετρήσεως (τάσεως και έντάσεως) αν ή



τάση ή ένταση που πρόκειται να τους επιβάλουμε είναι πολύ μεγάλη. Στην περίπτωση αυτή πρέπει πάντα να έχουμε υπ' όψη, ότι είναι απαραίτητο να αναπροσαρμόζουμε την ένδειξη του μετρητή για να έχουμε την πραγματική κατανάλωση, πολλαπλασιάζοντάς την επί τις σχέσεις μεταφοράς των μετασχηματιστών μετρήσεως, που μεταχειριζόμαστε.

Διότι, η ένδειξη του μετρητή θα εξαρτάται βέβαια από την ένταση και την τάση του δευτερογενούς των μετασχηματιστών μετρήσεως, ενώ εμείς θέλουμε την ενέργεια που περνά από το πρωτογενές σύστημα.



Σχ. 14.2 ζ. Συνδεσμολογία τριφασικού επαγωγικού μετρητή ιεσσάρων άγωγών.

Π.χ. αν έχουμε μεταχειρισθῇ μετασχηματιστές τάσεως με σχέση μεταφοράς  $\frac{6\,000}{100}$  και μετασχηματιστές έντάσεως με σχέση μεταφοράς  $\frac{20}{5}$  ο συντελεστής με τον οποίο θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την ένδειξη, για να έχουμε την πραγματική κατανάλωση ενέργειας, είναι:

$$\frac{6\,000}{100} \cdot \frac{20}{5} = 240$$

και, αν η ένδειξη του μετρητή ήταν π.χ.  $100\text{ kWh}$ , η πραγματική ενέργεια που καταναλώθηκε θα είναι  $240 \cdot 100 = 24\,000\text{ kWh}$ .

Προτού χρησιμοποιήσουμε έναν μετρητή, θα πρέπει να εξε-

τάσουμε τὴν ὀνομαστικὴ τοῦ ἔνταση καὶ τάση, ποὺ πάντα ἔχει ἀναγράφει ὁ κατασκευαστὴς στὴν πινακίδα τοῦ ὀργάνου, γιὰ νὰ βεβαιωθοῦμε ὅτι εἶναι κατὰλληλος γιὰ τὸ μέρος ποὺ τὸν προορίζομε.

Ἔχουμε π.χ. ἐπαγωγικοὺς μόνοφασικοὺς μετρητὲς γιὰ ὀνομαστικὴ τάση 220 V καὶ ἔνταση 5 A, ἢ 10 A, ἢ 15 A κ.λ.π. καὶ μπορούμε νὰ διαλέξουμε ἀνάλογα μὲ τὶς ἀνάγκες μας. Ἐπίσης ἄς ἔχουμε ὑπ' ὄψη μας, ὅτι κάθε τύπος ἀντιστοιχεῖ σὲ μιὰ ὀρισμένη ἀσφάλεια, μὲ τὴν ὁποία πάντα πρέπει νὰ τὸν ἀσφαλίζουμε, γιὰ νὰ τὸν προστατεύουμε ἀπὸ καταστροφή. Οἱ κατασκευαστὲς δίνουν συνήθως τὴν ἀντιστοιχία αὐτή, καθὼς καὶ τὰ ἔρια τῆς ἐπιτρεπομένης ὑπερφορτίσεως τῶν μετρητῶν, ποὺ εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη.

Προτοῦ τοποθετήσωμε κάθε ἓναν μετρητὴ στὴ μόνιμη θέση τοῦ, εἶναι ἀπαραίτητο νὰ τὸν ἐλέγξουμε γιὰ νὰ βεβαιωθοῦμε ὅτι τὸ σφάλμα τῆς μετρήσεώς τοῦ εἶναι ἀρκετὰ μικρό, ὥστε νὰ μὴν ὑπάρξουν στὸ μέλλον παράπονα πελατῶν σχετικὰ μὲ λανθασμένη μέτρηση.

Τὸν ἔλεγχο αὐτὸ τὸν κάνομε μὲ τῇ βοήθειᾳ εἰδικῶν μηχανημάτων, ποὺ πρέπει νὰ διαθέτῃ κάθε ἡλεκτρικὴ ἐπιχείρηση. Μ' αὐτὰ μπορούμε νὰ ρυθμίσωμε δεκάδες μετρητὲς κάθε ἡμέρα.

Τὸ σφάλμα τῶν μετρητῶν, δηλαδὴ τὸ πόσο μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἐνέργεια ἀπὸ τὴν πραγματικὴ κατανάλωση καταγράφουν αὐτοί, τὸ ἐλέγχουμε γιὰ διάφορες τιμὲς φορτίου, συνήθως ἀπὸ τὸ 5% ὡς τὰ 200% τῆς ὀνομαστικῆς ἐντάσεως. Ἐνας στοιχειώδης ἔλεγχος εἶναι νὰ βεβαιωθοῦμε, ὅτι μόνο μὲ τὴν τάση τοῦ δικτύου καὶ χωρὶς φορτίο (ἐνταση), ὁ δίσκος μένει ἀκίνητος. Οἱ κανονισμοὶ ὀρίζουν ὅτι γιὰ νὰ ἀρχίσῃ ὁ δίσκος νὰ στρέφεται, πρέπει νὰ ἔχουμε ἐνταση τουλάχιστον 2% τῆς ὀνομαστικῆς.

Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς τύπους τῶν κοινῶν μετρητῶν, ποὺ ἀναφέραμε, ὑπάρχει καὶ ἓνα πλῆθος ἄλλων κατασκευῶν, ποὺ λέγονται εἰ-

δικοί μετρητές, κατάλληλοι για τὰ λεγόμενα ειδικὰ τιμολόγια πελατών.

Υπάρχουν π.χ. συνδυασμοί μετρητών με ώρολογιακούς μηχανισμούς για ειδική καταγραφή της ενεργείας που καταναλίσκεται κατά την ώρα της αίχμης, ή την νύκτα. Τοῦτο γίνεται γιατί πολλές εταιρείες έχουν καθιερώσει ειδικὰ τιμολόγια για τις ώρες αυτές, ακριβώτερα για την ώρα της αίχμης και φθηνότερα για την νύκτα.

Με άλλους τύπους μετρητών, που έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας αλλά διαφορετική συνδεσμολογία, μπορούμε νὰ μετρούμε την *αεργη ενέργεια*.

Γενικά όλοι οί ειδικοί αυτοί τύποι είναι της ίδιας περίπου μορφής με όσους περιγράψαμε προηγουμένως και ακολουθούν την ίδια αρχή λειτουργίας, αλλά έχουν διαφορετική συνδεσμολογία.

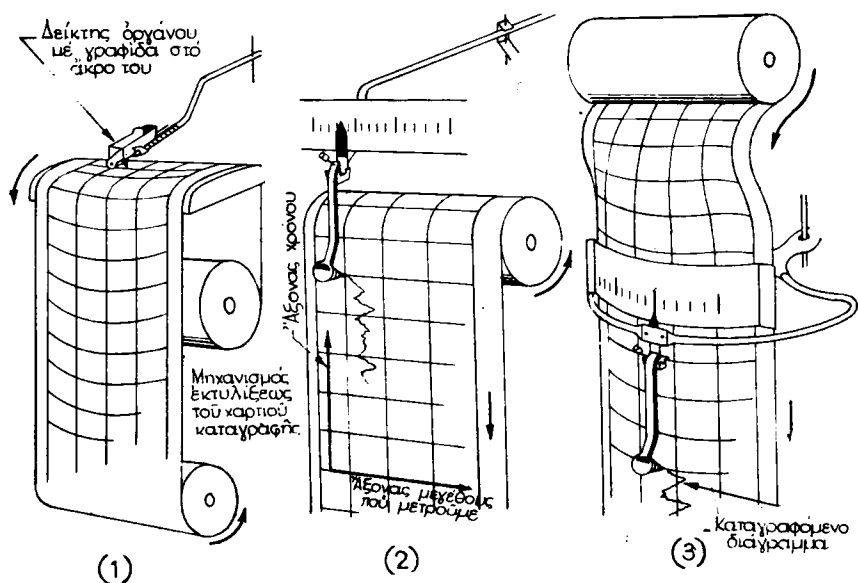
### 14.3 Καταγραφικά όργανα.

Με τὰ όργανα αυτά καταγράφουμε τις μεταβολές των αποτελεσμάτων μιας ηλεκτρικής μετρήσεως, *συνεχώς*, για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Χάρη σ' αυτά, μπορούμε νὰ παρακολουθούμε διαρκώς τη λειτουργία ενός κεντρικού σταθμού ή ενός συστήματος διανομής. "Αν συμβῇ κάποτε μιὰ άνωμαλία, μπορούμε νὰ συμβουλευθούμε τις διάφορες καταγραφές των ένδειξεων και νὰ πληροφορηθούμε έτσι τί ακριβώς συνέβη κατά την στιγμή της άνωμαλίας.

Τὰ καταγραφικά όργανα δέν είναι άλλο από κοινά όργανα με δείκτη, σάν αυτά που είδαμε στο Κεφάλαιο 13, με τη διαφορά ότι στην άκρη της βελόνας τους έχουμε τοποθετήσει μιὰ γραφίδα ή μιὰ πέννα, και αντί για κλίμακα έχουμε ένα βαθμολογμένο φύλλο χαρτιού επάνω στο όποιο μένει άποτυπωμένο το ίχνος της μύτης. Με τη βοήθεια ενός ώρολογιακού μηχανισμού ή ενός μικρού συγχρόνου κινητήρα, ξετυλίγουμε από το ρολό του το χαρ-

τι και τὸ μετακινούμε με σταθερὴ ταχύτητα ἔμπρὸς ἀπὸ τὴ βελόνα (σχ. 14·3 α).

Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ἀποκτούμε ἓνα σχεδιάγραμμα πὺ μᾶς δίνει τὸ πραγματικὸ διάγραμμα τοῦ μεγέθους πὺ μετροῦμε κάθε στιγμή, συναρτῆσει τοῦ χρόνου, μιὰ καὶ τίς ὀριζόντιες γραμμὲς πὺ βλέπομε στὶς παραστάσεις τοῦ σχήματος 14·3 α τίς βαθμολογοῦμε ὄχι σὲ *cm* ἀλλὰ σὲ ὥρες. (Ἡ μετατροπὴ εἶναι εὐκολὴ ἀφοῦ ἡ κίνησις τοῦ χαρτιοῦ γίνεται με σταθερὴ ταχύτητα).



Σχ. 14·3 α. Καταγραφικὰ ὄργανα.

Ὁ μηχανισμὸς τῆς κινήσεως εἶναι τέτοιος, ὥστε νὰ ἔχωμε ταχύτητες ἀπὸ 5 *mm* τὴν ὥρα ὡς 240 *mm* τὴν ὥρα, ἀνάλογα με τὴν ἀκρίβεια τοῦ διαγράμματος πὺ ἐπιθυμοῦμε.

Ὅπως βλέπομε στὸ σχῆμα 14·3 α, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ χαρτιοῦ μπορεῖ νὰ εἶναι ἐπίπεδη ἢ κυρτή.

Μποροῦμε ἐπίσης νὰ κάνωμε πολλαπλὲς ἐγγραφές, δηλαδὴ ν' ἀποτυπώνωμε πολλὰ μεγέθη ἐπάνω στὸ ἴδιο χαρτί. Βέβαια,

φροντίζουμε τότε να έχουμε διαφορετικό χρώμα γραφίδας ή μελάνης για κάθε μέγεθος που παρακολουθούμε, ώστε να διακρίνουμε τις διαφορετικές έγγραφες.

Πολλές φορές συνδυάζουμε, με τη βοήθεια ειδικών ρελαί, τα καταγραφικά αυτά όργανα με σηματοδοσίες. Π.χ., αν ή ένταση υπερβή κάποιο όριο, αρχίζει να κτυπά ένα κουδούνι ή ανάβει ένα φως κ.λ.π.

Στις αϊθουσες ελέγχου κεντρικών έργουστασιών ή μεγάλων υποσταθμών, πάντοτε θα δοῦμε πολλά καταγραφικά όργανα, που οί ένδειξεις τους μάς είναι πολύτιμες.

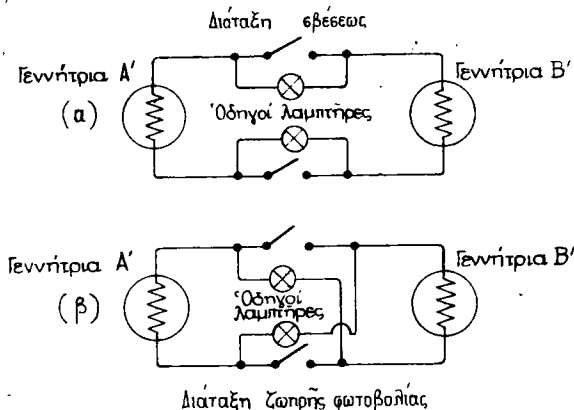
#### 14.4 Όργανα συγχρονισμού.

Γιά να έπιτυγχάνουμε τόν καθημερινό παραλληλισμό (συγχρονισμό) συγχρόνων γεννητριών, που λειτουργούν στο ίδιο έργοστάσιο, χρησιμοποιούμε έρισμένες διατάξεις, σάν αυτές που βλέπομε στα σχήματα 14.4 α και 14.4 β, με τις όποιες μπορούμε εύκολα να διαπιστώσωμε τήν άντιστοιχία των φάσεων και τήν ισότητα των τάσεων και τής συχνότητας. Όπως γνωρίζομε από τόν Β' τόμο τής Ήλεκτροτεχνίας, οί προϋποθέσεις αυτές είναι άπαραίτητες για τόν παραλληλισμό. Χωριστά βέβαια μπορούμε να μετροῦμε και τήν τιμή τής συχνότητας με τη βοήθεια των γνωστών μας συχνομέτρων.

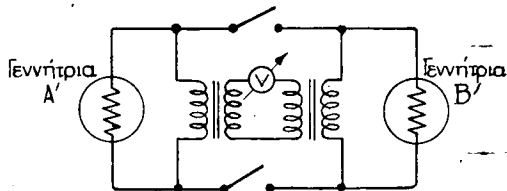
Στο σχήμα 14.4 α βλέπομε δύο διατάξεις που μεταχειριζόμαστε για να βεβαιωθοῦμε για τήν άντιστοιχία φάσεων και για τήν ταυτότητα των συχνοτήτων δύο γεννητριών Α' και Β', που θέλομε να παραλληλίσωμε.

Παρατηροῦμε ότι οί λαμπτήρες που έχομε συνδέσει κατάλληλα (όδηγοί λαμπτήρες) θα ανάβουν και θα σβύνουν τήν ίδια στιγμή ή όχι, ανάλογα με τὸ αν συμπίπτουν οί συχνότητες των γεννητριών ή όχι. Τοῦτο βέβαια έφ' όσον ή άντιστοιχία των φάσεων είναι ή σωστή.

Ἡ εὐνοϊκὴ στιγμὴ, γιὰ νὰ παραλληλίσωμε τὶς δύο γεννήτριες, εἶναι ὅταν οἱ λάμπες εἶναι συγχρόνως τελείως σβυστὲς ἢ ὅταν λάμπουν ζωηρά, ἀνάλογα μὲ τὴ συνδεσμολογίαν [α] ἢ [β] τοῦ σχήματος 14·4 α. (Γιὰ ἀπλότητα, στὸ σχῆμα 14·4 α δείχνουμε μονοφασικὰς γεννήτριες, ἀλλὰ τὸ ἴδιον ἐφαρμόζεται καὶ σὲ τριφασικὰς).



Σχ. 14·4 α. Συνδεσμολογία λαμπτήρων παραλληλισμοῦ.



Σχ. 14·4 β. Συνδεσμολογία βολτομέτρου παραλληλισμοῦ.

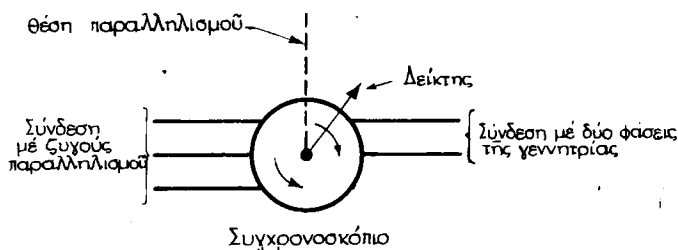
Τὴ συνδεσμολογίαν τοῦ σχήματος 14·4 β τὴ χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ διαπιστώνωμε καὶ τὶς ἐλάχιστες διαφορὰς στὴν τάση τῶν δύο γεννητριῶν. Τὶς διαφορὰς αὐτὰς τὶς παίρνουμε ἀπὸ ἓνα εὐαίσθητο βολτόμετρο ποὺ τὸ συνδέουμε, ὅπως βλέπομε, μὲ δύο μετασχηματιστὲς τάσεως.

Στὰ μεγάλα ἐργοστάσια παραγωγῆς, ὅπου οἱ μονάδες ἢ τὰ συστήματα ποὺ παραλληλίζουμε ἔχουν σημαντικὴ ἰσχύ, προτιμοῦ-

με να χρησιμοποιούμε ειδικά όργανα που λέγονται *συγχρονοσκόπια*.

Τὰ συγχρονοσκόπια (σχ. 14.4 γ) έχουν από τη μιὰ πλευρά τους δύο άκροδέκτες, που τούς συνδέουμε μεταξύ δύο φάσεων τῆς γεννητρίας που θέλουμε νὰ παραλληλίσουμε (πάντα στίς ἴδιες φάσεις), καί από τήν ἄλλη πλευρά τους τρεῖς άκροδέκτες, που τούς συνδέουμε μέ τούς ζυγούς *παραλληλισμοῦ*.

Τὰ όργανα αὐτά έχουν έναν δείκτη που κινεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ τὰ ἀριστερά, ἂν οἱ συχνότητες τῶν δύο ρευμάτων δέν εἶναι οἱ ἴδιες. Ἡ κίνηση πρὸς τή μιὰ ἢ τήν ἄλλη κατεύθυνση ἐξαρτᾶται ἀπό τὸ ἂν ἡ συχνότητα τῆς γεννητρίας (δηλαδή οἱ στροφές



Σχ. 14.4 γ.

τῆς κινητήριας μηχανῆς), εἶναι μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀπὸ τή συχνότητα που έχουν οἱ ζυγοὶ παραλληλισμοῦ, δηλαδή τὸ δίκτυο. Ὅταν ὅμως οἱ συχνότητες γίνουν ἴσες, ὁ δείκτης παύει νὰ κινῆται καί σταματᾶ σὲ μιὰ θέση που ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ διαφορά τῶν τάσεων.

Ἐχομε ρυθμίσει ἔτσι τὸ μηχανισμό τῶν ὁργάνων αὐτῶν, ὥστε ὅταν ὄχι μόνο οἱ συχνότητες ἀλλὰ καί οἱ τάσεις εἶναι ἴσες καί σὲ φάση, ὁ δείκτης νὰ μένη ἀκίνητος στὴν κατακόρυφη θέση. Τῇ στιγμή ἐκείνῃ μπορούμε νὰ παραλληλίσουμε τὴ γεννήτριά μας στὸ δίκτυο.

Βλέπομε δηλαδή, ὅτι μέ τὰ συγχρονοσκόπια, ὄχι μόνο βρί-

σκομε τὴν κατάλληλη στιγμή τοῦ παραλληλισμοῦ, ἀλλὰ γνωρίζομε καὶ τὸ ἂν χρειάζεται αὐξηση ἢ ἐλάττωση στροφῶν τῶν μηχανῶν γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὸν παραλληλισμό.

Συνήθως, πλήρη ταυτότητα τάσεως, συχνότητος κ.λ.π. δὲν ἔχομε συνεχῶς, γι' αὐτὸ ὁ δείκτης, ἀφοῦ μείνη γιὰ λίγα δευτερόλεπτα στὴν κατακόρυφη θέση, ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται γιὰ νὰ ξαναγυρίσῃ καὶ πάλι ἀφοῦ διαγράψῃ ὅλο τὸν κύκλο, στὴν ἀρχικὴ κατακόρυφο θέση του. Μέσα ὅμως σὲ λίγα δευτερόλεπτα πού ὁ δείκτης ἀκίνητεϊ στὴν κατακόρυφη θέση, ἔχομε ὅλο τὸν καιρὸ γιὰ νὰ κλείσωμε τοὺς διακόπτες καὶ νὰ παραλληλίσωμε μιὰ γεννήτρια στὸ δίκτυο.

Τελειώνοντας, ἀναφέρομε καὶ μιὰ χρήσιμη διάταξη πού χρησιμοποιοῦμε συχνὰ γιὰ νὰ ἐλέγχωμε τὴ σειρὰ διαδοχῆς τῶν φάσεων ἐνὸς τριφασικοῦ ρεύματος, πρᾶγμα πού μᾶς καθορίζει τὴν φορὰ περιστροφῆς (πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ ἀριστερὰ) τῶν κινητῶν.

Λέγοντας σειρὰ διαδοχῆς φάσεων ἐννοοῦμε τὸ ἂν ἡ φάση 2 θὰ ἔχῃ τὴ μέγιστη τάση της μετὰ τὴ φάση 1, ὁπότε ἔχομε σειρὰ διαδοχῆς 1 - 2 - 3, ἢ μετὰ τὴ φάση 3, ὁπότε ἔχομε σειρὰ διαδοχῆς 1 - 3 - 2.

Ἐναν τέτοιον δείκτη διαδοχῆς φάσεων βλέπομε στὸ σχῆμα 14.4 δ. Περιλαμβάνει τρεῖς πηνία  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  καὶ  $\Pi_3$  πού συνδέονται σὲ διάταξη ἀστέρᾳ καὶ ἓναν ἀγωγίμο δίσκο  $\Delta$ , κάθετο πρὸς τὰ πηνία. Οἱ τρεῖς ἀκροδέκτες τῶν πηνίων συνδέονται πρὸς ἓναν κοινὸ κόμβο  $A$  ἐνῶ οἱ ὑπόλοιποι τρεῖς ἀκροδέκτες 1, 2 καὶ 3 συνδέονται πρὸς τὶς ἀντίστοιχες τρεῖς φάσεις τοῦ δικτύου πού θέλομε νὰ ἐλέγξωμε.

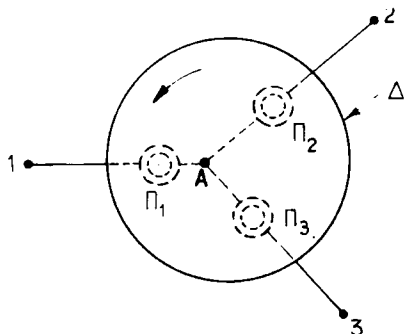
Μετὰ τὴ σύνδεση τῶν ἀκροδεκτῶν 1, 2 καὶ 3 μὲ τὶς φάσεις, ὁ δίσκος  $\Delta$  θὰ ἀρχίσῃ νὰ κινῆται ἀπὸ τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῶν πηνίων καὶ μάλιστα παρατηροῦμε ὁρισμένη φορὰ περιστροφῆς ἀνάλογα μὲ τὴ σειρὰ διαδοχῆς τῶν φάσεων.

Π.χ. ἂν ἡ σειρὰ διαδοχῆς εἶναι 1 - 2 - 3 ἔχομε δεξιόστροφη



περιστροφή, ενώ αν η σειρά διαδοχής είναι 1 - 3 - 2 έχουμε άριστη-  
ρόστροφη περιστροφή.

Σχετικές διατάξεις με τον ίδιο σκοπό έχουμε επινόησει και με απλούστερα μέσα.



Σχ. 14.4 δ. Δείκτης διαδοχής φάσεων.

Συνήθως περιλαμβάνουν λαμπτήρες. Από τη διαφορά της  
λάμψεώς τους όταν ανάβουν, μπορούμε πάλι να συμπεράνουμε τη  
σειρά διαδοχής των φάσεων.



# ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

(Οἱ ἀριθμοὶ ἀναφέρονται σὲ σελίδες)

Ἀβόμετρο 259  
ἀγωγὸς γραμμῆς 119, 134, 137, 187,  
229

ἀγωγὸς ὑπὸ πίεση 64  
ἀεργη ἰσχύς 289  
ἀέριο καύσιμο 23  
ἀεροφυλάκιο 51  
αἰθουσα ἐλέγχου σταθμοῦ 41  
αἰχμή (φορτίου) 7  
ἀκρασφάλεια 234  
ἀκρίβεια μετρήσεως 256, 271  
ἀκροκιβώτιο ὑπογείου καλωδίου 206  
ἀλεξικέραυνο 123  
ἀλκαλικὸς συσσωρευτῆς 102  
ἀμπερόμετρο 271  
ἀμπερώριο 90  
ἀνεξάρτητος ἢ αὐτόνομος σταθμὸς 11  
ἀνθρακίτης 21  
ἀνοικτὴ διανομὴ 130, 184  
ἀνομοίωμαρφο σύστημα 286  
ἀνορθωτικὸ ὄργανο μετρήσεως 276,  
282

ἀντιπολωτικὴ οὐσία 109  
ἀντλία σαρώσεως 51  
ἀποξυκτις 167, 191  
ἀποθήκευση στερεῶν καυσίμων 25  
ἀποθήκευση ὑγρῶν καυσίμων 26  
ἀσθενὲς ρεῦμα 251  
ἀσφάλεια 191, 216  
ἀσφαλειοδιακόπτης 194  
ἀτμοκίνητος σταθμὸς 29  
ἀτμοστρόβιλος 3, 33  
αὐτόματος διακόπτης 38, 123, 164, 167  
αὐτόματος ρυθμιστῆς 38

Βαθμὸς ἀποδόσεως συσσωρευτῶν  
μολύβδου 92  
βαθμὸς ἀποδόσεως ἀλκαλικῶν συσ-  
σωρευτῶν 103

βαρὺ πετρέλαιο 23  
βαττόμετρο 284  
βενζινομηχανὴ 45  
βιομηχανικὴ μέτρηση 255  
βοηθητικὰ μηχανῶν Ντῆζελ 55

βοηθητικὴ ἐγκατάσταση θερμοῦ  
σταθμοῦ 34, 40  
βοηθητικὴ ἐγκατάσταση ὑδροηλε-  
κτρικοῦ σταθμοῦ 76  
βολτόμετρο 79  
βύθιση τάσεως 239

Γαϊάνθραξ 21  
γαλβανόμετρο 276  
γείωση 215, 246  
γενικὸς σφιγκτήρας 140  
γέφυρα Χουίτστον 296  
γνώμονας 304  
γνωμονοκιβώτιο 305  
γραμμὴ διανομῆς 122, 183, 229  
γραμμὴ κοινοτικοῦ ἢ δημοτικοῦ φω-  
τισμοῦ 187, 233  
γραμμὴ μέσης τάσεως 185  
γραμμὴ μεταφορᾶς 114, 119

Δείκτης διαδοχῆς φάσεων 318  
δείκτης συνημιτόνου 291  
δευτερεύουσα διανομὴ 179  
διάγραμμα φορτίου 6  
διανομὴ ρεύματος 179  
διακλαδωτήρας 142  
διακύμανση τάσεως 118  
διασύνδεση 116, 177  
διεγέρτρια 36  
δίκτυο ἀσθενῶν ρευμάτων 251  
δύχρονος μηχανὴ Ντῆζελ 49  
δοχεῖο συσσωρευτῆ 86, 102

Ἑθνικὸ δίκτυο 5  
ἐθνικὸ ἠλεκτρικὸ σύστημα 5, 11, 116  
ἐκκίνηση μηχανῶν Ντῆζελ 51  
ἐπιτρεπόμενες τάσεις ἀγωγῶν ἀλου-  
μινίου 138  
ἐπιτρεπόμενες τάσεις ἀγωγῶν χαλ-  
κοῦ 136  
ἐκφόρτιση συσσωρευτῆ 82, 93, 96, 99  
ἐλαιοδιακόπτης 164  
ἐμβέλεια τάσεως 126, 158, 180  
ἐναέρια γραμμὴ 121, 183

έναέριος ύποσταθμός 211, 212  
 ἔνταση διακοπῆς διακόπτου 165  
 ἑξαρτήματα ὑπογείων καλωδίων 203  
 ἑξάρτηση στύλου 152  
 ἐπίγειος ὑποσταθμός 212, 216  
 ἐπίτονος 157  
 ἐργαστηριακὴ μέτρηση 255  
 ἐσωτερικὴ ἀντίσταση συσσωρευτῆ 89

Ζυγοὶ 163

Ἡλεκτρικὰ χαρακτηριστικὰ ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν 103  
 ἡλεκτρικὰ χαρακτηριστικὰ συσσωρευτῶν μολύβδου 87

ἡλεκτρικὴ μέτρηση 255  
 ἡλεκτρικὸ μέρος θερμικοῦ σταθμοῦ 36

ἡλεκτρικὸ μέρος ὕδρηνλεκτρικοῦ σταθμοῦ 78

ἡλεκτρικὸ στοιχεῖο 107

ἡλεκτρικὸ τόξο 154

ἡλεκτροδίο γειώσεως 249

ἡλεκτροδυναμικὸ ὄργανο μετρήσεως 274, 281, 284

ἡλεκτρολύτης (συσσωρευτῆ) 83, 102

ἡλωτὸς σφικτήρας 140

ἡμιμόνιμος συσσωρευτῆς 106

Θεϊκωσὴ συσσωρευτῆ 100

θεμελίωσὴ στύλου 156

θερμίδα (καὶ χιλιοθερμίδα) 21

θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως 274, 282

θερμικὸς σταθμὸς 3, 10

θερμογόνος δύναμη 21

Ἰδιωτικὸς ὑποσταθμὸς 221

ἰσχυρὸ ρεῦμα 251

ἰσορροπημένο σύστημα 119, 285

ἰσχύς διακοπῆς διακόπτη 165

ἰσχύς ἐθνικοῦ συστήματος 12

ἰσχύς σταθμοῦ 11

Κάλυμμα (καπάκι) συσσωρευτῆ 86

κάρριερ 131

καταγραφικὸ ὄργανο 258, 313

κατανάλωσὴ θερμικοῦ σταθμοῦ 34  
 58

καύσιμο ἀέριο 23

καύσιμο κεντρικοῦ σταθμοῦ 21

καύσιμο στερεὸ 21

καύσιμο ὑγρὸ 23

κεντρικὸς σταθμὸς 1

κιβώτιο ἐνώσεως ὑπογείου καλωδίου 205

κιβώτιο διακλαδώσεως ὑπογείου καλωδίου 204

κλειστὴ διανομὴ 128, 184

κληματαριά 171

κλίμακα ὀργάνου μετρήσεως 268

κονβέγιور 25

κονσόλα 231

κοχλιωτὸς σφικτήρας 140

κωκ 22

Λέβητας 32, 33

λειτουργία αὐτονομίου σταθμοῦ 15, 58

λειτουργία μεγάλων κεντρικῶν σταθμῶν 19

λειτουργία μηχανῆς Ντῆζελ 46, 50

λειτουργία συσσωρευτῆ μολύβδου 93

λειτουργία ὑποσταθμῶν 171

λιγνίτης 22

λιθάνθραξ 21

Μαζοῦτ 23

μαχαιρωτὸς διακόπτης 167

μέγκερ 300

μεγκάμετρο 300

μέθοδος Ἀρών 288

μέθοδος Μάρρεϋ 303

μέση τάση 125, 179

μετασχηματιστῆς 36, 120

μετασχηματιστῆς ἐντάσεως 261

μετασχηματιστῆς μετρήσεων 260

μετασχηματιστῆς τάσεως 264

μεταφορικὴ ταινία 25

μέτρηση ἀεργῆς ἰσχύος 289

μέτρηση ἐνεργείας 304

μέτρηση ἐνεργοῦ ἰσχύος 285

μέτρηση ἡλεκτρικῶν ἀντιστάσεων 296

μέτρηση τοῦ συντελεστῆ ἰσχύος 290

μέτρηση τῆς συχνότητος 292

μετρητῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας 304

μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως 3, 43

μηχανὴ Ντῆζελ 43

μηχανικὸς συνδετήρας 142

μικτὴ γραμμὴ 234

μόνιμος ὄργανο μετρήσεως 257

μόνιμος συσσωρευτῆς 107

μονόκλωνος ἀγωγὸς 134

μόνωση συσσωρευτῆ 85, 102

μονωτήρας γραμμῆς 121, 144, 189, 234

μονωτήρας διελεύσεως 218

μπαταρία 82

μπωμόμετρο 94

Ντισπάτσιγκ 19

Ξηρή μπαταρία 112  
ξηρό στοιχείο 112

Οικονομική λειτουργία μηχανής 16  
ονομαστική τιμή 198  
όπτάνθραξ 22  
όργανο μετρήσεως με δείκτη 258, 268  
όργανο συγχρονισμού 315  
όρυκτός άνθραξ 21

Παραλληλισμός γεννητριών 60, 81,  
292, 315  
παροχή νερού 61  
παροχή ψεύματος 229  
περιοχή μετρήσεως οργάνων 270,  
279, 283

πετρέλαιο 23  
πετρελαιομηχανή 45  
πλάκα συσσωρευτή 83, 102  
πλέγμα γειώσεως 250  
πολύπλοο ηλεκτρικό όργανο 259  
πολύκλωνος άγωγός 134  
πόλωση ηλεκτρικών στοιχείων 108  
πρόγραμμα λειτουργίας σταθμού 15  
προθερμαντήρας λέβητα 31  
προσοδιορισμός σφάλματος ύπογειου  
καλωδίου 302  
πρωτεύουσα διανομή 179  
πτώση τάσεως 117, 239  
πυκνόμετρο Μπωμέ 83  
πυλώνας 150  
πύργος ίσορροπήσεως 64

Ρελαί (ρωστήρας) 40, 123  
ρυθμιστής στροφών (ρεγουλατόρος)  
76, 41  
ρυθμιστής τάσεως 79, 38, 118

Σούντ 277  
σταθερά μετρητή 307  
σταθερότητα τάσεως 117  
σταθμός 1  
σταθμός αίχμης 12, 20  
σταθμός βάσεως 12, 20  
σταθμός κεντρικός 1  
σταθμός παραγωγής 1  
στερεό καύσιμο 21  
στήλη 112  
στοιχείο διχρωμικού καλίου 109  
στοιχείο Καλλώ 110  
στοιχείο συσσωρευτή 85  
στοιχείο Λεκλανσέ 111

στροβιλογεννήτρια 36, 79  
στροφές άτμοστροβίλου 34  
στροφές ύδροστροβίλου 75  
στυλίσκος κτιρίου 231  
στυλός γραμμής 121, 148, 186, 230  
συγχρονοσκόπιο 317  
σύνδεση συσσωρευτών 104  
σύνδεσμος με έγκοπές 141  
συνδετήρας ή σφιγκτήρας άγωγών  
139  
συντήρηση συσσωρευτή μολύβδου  
97, 100

σύρμα γής 122, 188  
συσσωρευτής άυτοκινήτου 105  
συσσωρευτής έλξεως 106  
συσσωρευτής μολύβδου 82  
συσσωρευτής νικελιοσιδήρου 102  
συστοιχία συσσωρευτών 104  
συχνόμετρο 292  
συχνότητα ρεύματος 13  
σφάλμα μετρήσεως 256  
σωληνωτός σύνδεσμος 141

Τάνυση γραμμής 148, 245  
τάση άλκαλικών συσσωρευτών 103  
τάση διανομής 14, 183  
τάση μεταφοράς 124, 126  
τάση παραγωγής 12, 15, 57  
τάση συσσωρευτή μολύβδου 86, 89  
τετραάχρονη μηχανή Ντίζελ 49  
τηλεφωνικό σύστημα γραμμών με-  
ταφοράς 131  
τοποθέτηση έναερίου άγωγού 244  
τοποθέτηση στύλου 242  
τοποθέτηση ύπογειου καλωδίου 202

Ύγρο καύσιμο 23  
ύδατόπυργος (ψύξεως) 30  
ύδραυλική ένέργεια 61, 72  
ύδροηλεκτρικός σταθμός 3, 10, 61,  
66, 115  
ύδροστροβίλος (ύδροτουρμπίνα) 3,  
71

ύδροστροβίλος Κάπλαν 72  
ύδροστροβίλος Πέλτον 72  
ύδροστροβίλος Φράνσις 72  
ύπερθερμαντήρας (λέβητα) 31  
ύπηρεσία κατανομής φορτίου 19  
ύπόγεια γραμμή 121, 131, 183, 194  
ύπόγειο καλώδιο 194  
ύπόγειος ύποσταθμός 212, 225  
ύπολογισμός δικτύων 236  
ύποσταθμός γραμμών μεταφοράς 158  
ύποσταθμός διανομής 159, 210

ύποσταθμός συναρμολογημένος από  
τὸ ἐργοστάσιο 222  
ἕψος πτώσεως 61, 63, 73

Φαιάνθραξ 22

φερέσυχο σύστημα 131

φορτίο ἐνὸς σταθμοῦ 5, 11

φόρτιση συσσωρευτῆ 82, 94, 96, 98

φορητὸ ὄργανο μετρήσεως 257

φυσικὴ πηγὴ ἐνεργείας 3

Χάλκινος ἀγωγὸς 136

χαρακτηριστικὰ μηχανῆς Ντῆζελ 53

χιλιοθερμίδα 21

χημικὴ σύνθεση καυσίμων 24

χρησιμοποίηση ἀλκαλικῶν συσσω-  
ρευτῶν 103

χρησιμοποίηση συσσωρευτῶν μολύ-  
βδου 106

χωρητικότητα (συσσωρευτῶν) 90, 97

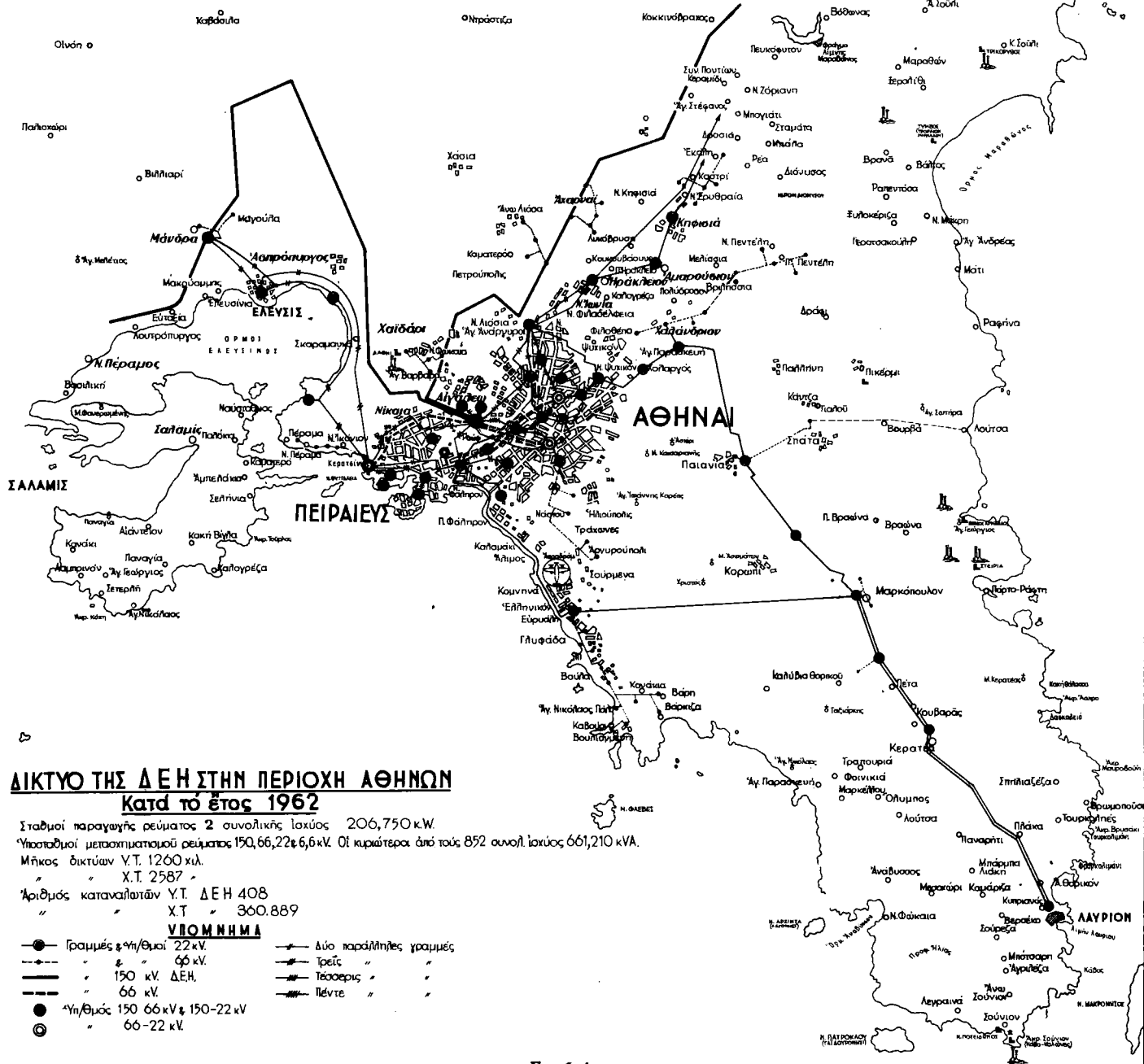
Ψυγεῖο (μηχανῆς) 30

Ὠμόμετρο 299

**COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**

ΦΩΤΟ-ΟΦΘΣΕΤ Ι. ΔΕΛΕΡΜΑ & ΙΙΘ - ΑΘΗΝΑΙ - ΤΗΛ. 94 24 582





Σχ. 6·4 γ.