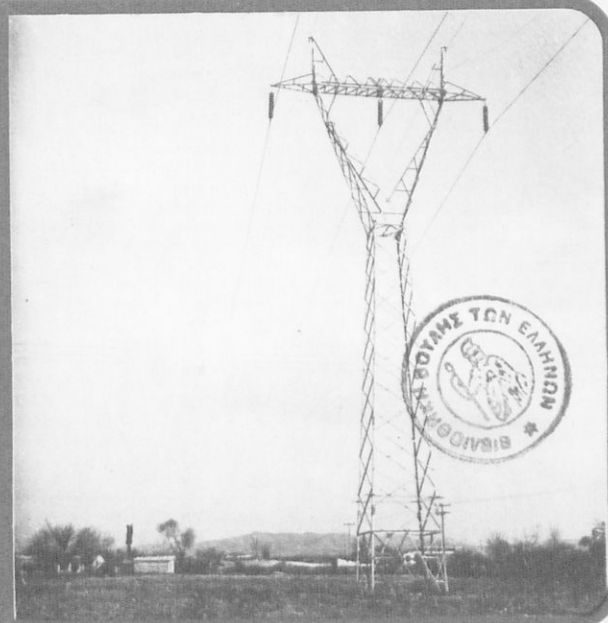




Α' Τεχνικό και Έπαγγελματικό Λυκείου

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Μωυσέως Μ. Μόσχοβιτς
ΗΛΕΚΤ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.





Ε Β
3
Μοσχολιτς, Μωύσης

ΦΣΣ

Α' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΜΩΥΣΕΩΣ Μ. ΜΟΣΧΟΛΙΤΣ
ΔΙΠΛ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ
ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ
1978



002
WPE
ET2R
2123



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ἰδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καὶ σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἄρτια κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σέ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγή, θά ἦταν ἀναγκαῖος καὶ ἀποφασιστικὸς παράγοντας τῆς προόδου τοῦ Ἑθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδήλωσε μὲ τὴ γενναϊόφρονα πράξιν εὐεργεσίας, νά κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύστασιν Ἰδρύματος πού θά εἶχε σκοπὸ νά συμβάλλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση τῶν νέων τῆς Ἑλλάδας.

Ἔτσι τὸ Φεβρουάριον τοῦ 1956 συστήθηκε τὸ «Ἰδρυμα Εὐγενίδου», τοῦ ὁποῖου τὴν διοίκησιν ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα μὲ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτη.

Ἀπὸ τὸ 1956 μέχρι σήμερα ἡ συμβολὴ τοῦ Ἰδρύματος στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση πραγματοποιεῖται μὲ διάφορες δραστηριότητες. Ὅμως ἀπ' αὐτές ἡ σημαντικότερη, πού κρίθηκε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὡς πρώτης ἀνάγκης, εἶναι ἡ ἔκδοσις βιβλίων γιὰ τοὺς μαθητὲς τῶν τεχνικῶν σχολῶν.

Μέχρι σήμερα ἐκδόθηκαν 150 τόμοι βιβλίων, πού ἔχουν διατεθεῖ σέ πολλὰ ἑκατομμύρια τεύχη, καὶ καλύπτουν ἀνάγκες τῶν Κατώτερων καὶ Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν τοῦ Ὑπ. Παιδείας, τῶν Σχολῶν τοῦ Ὁργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἑργατικοῦ Δυναμικοῦ (ΟΑΕΔ) καὶ τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἑμπορικοῦ Ναυτικοῦ.

Μοναδικὴ φροντίδα τοῦ Ἰδρύματος σ' αὐτὴ τὴν ἐκδοτικὴν του προσπάθειαν ἦταν καὶ εἶναι ἡ ποιότητα τῶν βιβλίων, ἀπὸ ἀποψη ὅχι μόνον ἐπιστημονικὴ, παιδαγωγικὴ καὶ γλωσσικὴ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ ἀποψη ἐμφανίσεως, ὥστε τὸ βιβλίον νά ἀγαπηθεῖ ἀπὸ τοὺς νέους.

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴ καὶ παιδαγωγικὴ ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σέ πολλὰς ἐπεξεργασίας καὶ βελτιώνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἔκδοσιν.

Ἰδιαίτερη σημασία ἀπέδωσε τὸ Ἰδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴ στὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιατί πιστεύει ὅτι καὶ τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σέ γλῶσσα ἄρτια καὶ ὁμοιόμορφη ἀλλὰ καὶ κατάλληλη γιὰ τὴ στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νά συμβάλλουν στὴν γλωσσικὴ διαπαιδαγώγησιν τῶν μαθητῶν.

Ἔτσι μὲ ἀπόφασιν πού πάρθηκε ἤδη ἀπὸ τὸ 1956 ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη, δηλαδὴ τὰ βιβλία γιὰ τίς Κατώτερες Τεχνικὲς Σχολές, ὅπως ἀργότερα καὶ γιὰ τίς Σχολές τοῦ ΟΑΕΔ, εἶναι γραμμένα σέ γλῶσσα δημοτικὴ μὲ βάση τὴν γραμματικὴν τοῦ Τριανταφυλλίδη, ἐνῶ ὅλα τὰ ἄλλα βιβλία εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ καθαρεύουσα. Ἡ γλωσσικὴ ἐπεξεργασία τῶν βιβλίων γίνεται ἀπὸ φιλολόγους τοῦ Ἰδρύματος καὶ ἔτσι ἐξασφαλίζεται ἡ ἐνιαία σύνταξιν καὶ ὁρολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Ἡ ποιότητα τοῦ χαρτιοῦ, τὸ εἶδος τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων, τὰ σωστά σχήματα καὶ ἡ καλαισθητὴ σελιδοποίηση, τὸ ἐξώφυλλο καὶ τὸ μέγεθος τοῦ βιβλίου περιλαμβάνονται καὶ αὐτὰ στὶς φροντίδες τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ Ἰδρυμα θεώρησε ὅτι εἶναι ὑποχρέωσή του, σύμφωνα μέ τὸ πνεῦμα τοῦ ἱδρυτῆ του, νά θέσει στήν διάθεση τοῦ Κράτους ὅλη αὐτὴ τὴν πείρα του τῶν 20 ἐτῶν, ἀναλαμβάνοντας τὴν ἐκδοση τῶν βιβλίων καὶ γιὰ τίς νέες Τεχνικές καὶ Ἑπαγγελματικές Σχολές καὶ τὰ νέα Τεχνικά καὶ Ἑπαγγελματικά Λύκεια.

Τὰ χρονικά περιθώρια γι' αὐτὴ τὴν νέα ἐκδοτικὴ προσπάθεια ἦταν πολὺ περιορισμένα καὶ ἴσως γι' αὐτό, ἰδίως τὰ πρῶτα βιβλία αὐτῆς τῆς σειρᾶς, νά παρουσιάζουν ἀτέλειες στὴ συγγραφὴ ἢ στὴν ἐκτύπωση, πού θά διορθωθοῦν στὴ νέα τους ἐκδοση. Γι' αὐτό τὸ σκοπὸ ἐπικαλούμαστε τὴν βοήθεια ὅλων ὅσων θά χρησιμοποιοῦσιν τὰ βιβλία, ὥστε νά μᾶς γνωστοποιήσουν κάθε παρατήρησή τους γιὰ νά συμβάλλουν καὶ αὐτοὶ στὴ βελτίωση τῶν βιβλίων.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς, Ὁμ. Καθηγητὴς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ.-Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Διοικητὴς Ο.Τ.Ε., Ἀντιπρόεδρος.

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

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

Ἐπιστῆμ. Σύμβουλος, Γ. Ροῦσσος, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος, Κ. Α. Μανάφης, Μόν. Ἐπικ. Καθηγητὴς

Παν/μίου Ἀθηνῶν.

Γραμματεὺς, Δ. Π. Μεγαρίτης.

Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδῆς † (1955 - 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ, Ἀγγελος Καλογεράς † (1957 - 1970)

Καθηγητὴς ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957 - 1965) Καθηγητὴς ΕΜΠ, Μιχαὴλ Σπετσίερης (1956 -

1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960 - 1967) Θεόδωρος Κουζέλης (1968 - 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ἡ φύση τοῦ ἡλεκτρισμοῦ	1
------------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ἡλεκτρικά φορτία καὶ δυνάμεις

2. 1 Τό ἡλεκτρικό φορτίο	2
2. 2 Οἱ ἡλεκτρικές δυνάμεις	2
2. 3 Σώματα ἀγωγίμα καὶ σώματα μονωτικά	3
2. 4 Ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ, μονάδα μετρήσεως αὐτῆς	4
2. 5 Ἡλεκτρικό δυναμικό, διαφορά δυναμικοῦ, μονάδες	4
2. 6 Ἡλεκτρική χωρητικότητα, πυκνωτές, μονάδες χωρητικότητας	5
2. 7 Ἐρωτήσεις	8

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Τό ἡλεκτρικό ρεύμα

3. 1 Ἡ ἡλεκτρική πηγή, Τό ἡλεκτρικό ρεύμα, Ἡλεκτρεγερτική δύναμη	10
3. 2 Τό ἡλεκτρικό ρεύμα στοὺς ἡλεκτρικούς ἀγωγούς	10
3. 3 Φορὰ τοῦ ρεύματος	11
3. 4 Εἶδη ρεύματος	11
3. 5 Ἐνταση ρεύματος, πυκνότητα ρεύματος, μονάδες	12
3. 6 Τό ἡλεκτρικό κύκλωμα	12
3. 7 Ἐρωτήσεις	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ἡ ἡλεκτρική ἀντίσταση

4. 1 Ἀντίσταση καὶ ἀγωγιμότητα, μονάδες	14
4. 2 Νόμος τοῦ Ὡμ	14
4. 3 Ἀντίσταση τῶν συρμάτων, μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως	16
4. 4 Ἐρωτήσεις	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συνδέσεις ηλεκτρικών αντιστάσεων και πηγών

5. 1	Συνδεσμολογία σειρᾶς, εφαρμογές	19
5. 2	Πτώση τάσεως στους ἄγωγους	21
5. 3	Παράλληλη συνδεσμολογία. Νόμος τοῦ Kirchhoff, εφαρμογές.	21
5. 4	Μικτή συνδεσμολογία	23
5. 5	Ἐρωτήσεις	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ἔργο καὶ ἰσχύς

6. 1	Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια	27
6. 2	Ἡλεκτρικὴ ἰσχύς	28
6. 3	Βαθμὸς ἀποδόσεως	28
6. 4	Ἐρωτήσεις	30

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Μαγνητισμός

7. 1	Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνήτες, μαγνητικοὶ πόλοι, μαγνήτιση ἐξ ἑπαγωγῆς	31
7. 2	Μόνιμοι μαγνήτες, μαγνητικὸ πεδίο, εφαρμογές	33
7. 3	Ἐρωτήσεις	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Ἡλεκτρομαγνητισμός

8. 1	Μαγνητικὸ πεδίο ἄγωγῶν καὶ πηνίου πού διαρρέονται ἀπὸ ρεῦμα	36
8. 2	Οἱ ἠλεκτρομαγνήτες καὶ οἱ ἐφαρμογές τους	39
8. 3	Ἄγωγός καὶ πηνία πού διαρρέονται ἀπὸ ρεῦμα μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο	42
8. 4	Παραγωγή ρεύματος ἐξ ἑπαγωγῆς	45
8. 5	Αὐτεπαγωγή	48
8. 6	Ἐρωτήσεις	49

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Μορφή τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος

9. 1	Περίοδος καὶ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ἡμιτονοειδῆς μορφή ἐναλλασσόμενου ρεύματος	50
------	--	----

9. 2	Μέγιστη τιμή και ένδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος	52
9. 3	Έρωτήσεις	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος

10. 1	Κύκλωμα με ώμική κατανάλωση	56
10. 2	Κύκλωμα με επαγωγική κατανάλωση	58
10. 3	Κύκλωμα με χωρητική κατανάλωση	59
10. 4	Κύκλωμα με σύνθετη κατανάλωση	60
10. 5	Έρωτήσεις	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Μονοφασικά και τριφασικά ρεύματα

11. 1	Μονοφασικά και τριφασικά ρεύματα, μονοφασικές και τριφασικές καταναλώσεις	62
11. 2	Ίσχύς εναλλασσόμενου ρεύματος, ισχύς τριφασικού συστήματος	65

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

Ήλεκτρικές μηχανές συνεχούς ρεύματος

12. 1	Κατασκευή	68
12. 2	Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος	70
12. 3	Κινητήρες συνεχούς ρεύματος	72
12. 4	Έρωτήσεις	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

Ήλεκτρικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος

13. 1	Γενικά	76
13. 2	Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος	76
13. 3	Τριφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος	78
13. 4	Μονοφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος	86
13. 5	Γενικά στοιχεία κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος	88
13. 6	Έρωτήσεις	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

Μετασχηματιστές, στρεφόμενοι μετατροπείς, άνορθωτές

14. 1	Μετασχηματιστές	99
14. 2	Στρεφόμενοι μετατροπείς	106
14. 3	Άνορθωτές	108
14. 4	Έρωτήσεις	113

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

Ήλεκτροθερμία - Ήλεκτρομηχανικές εφαρμογές - Ήλεκτρονικές εφαρμογές

15. 1	Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού	114
15. 2	Ήλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία, ηλεκτρικά μαγειρεία, ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες κλπ. Ήλεκτρική θέρμανση χώρων	116
15. 3	Ήλεκτρικοί βιομηχανικοί κλίβανοι (φούρνοι)	122
15. 4	Ήλεκτροσυγκολλήσεις	130
15. 5	Ήλεκτρική ψύξη	135
15. 6	Ήλεκτρομηχανικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές	139
15. 7	Καταναλώσεις των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών	141
15. 8	Ερωτήσεις	142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

Ήλεκτροχημεία

16. 1	Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού	144
16. 2	Ήλεκτρολύτες, ηλεκτρόλυση	144
16. 3	Εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως	147
16. 4	Ήλεκτρικά στοιχεία	150
16. 5	Συσσωρευτές	155
16. 6	Ερωτήσεις	164

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

Παραγωγή, μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

17. 1	Σταθμοί παραγωγής	166
17. 2	Μεταφορά ρεύματος με υψηλή τάση. Ύψοσταθμοί	173
17. 3	Διανομή	177
17. 4	Ερωτήσεις	200

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

Όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων

18. 1	Ήλεκτρικές μετρήσεις. Είδη και κατηγορίες ηλεκτρικών οργάνων	202
18. 2	Θέσεις οργάνων και κλίμακες μετρήσεων	205
18. 3	Εσωτερικός μηχανισμός ηλεκτρικών οργάνων	206
18. 4	Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας (γνώμονες)	214
18. 5	Ερωτήσεις	217

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

Μέθοδοι ηλεκτρικών μετρήσεων

19. 1	Συνδεσμολογίες ηλεκτρικών μετρήσεων	218
19. 2	Τρόπος ανάγνωσης οργάνων	220
19. 3	Ερωτήσεις	224

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

Κίνδυνοι από το ηλεκτρικό ρεύμα, το ηλεκτρικό ατύχημα. Μέτρα προστασίας

20. 1	Κίνδυνοι από το ηλεκτρικό ρεύμα. Το ηλεκτρικό ατύχημα	225
20. 2	Μέτρα προστασίας από τους κινδύνους του ηλεκτρισμού	227
20. 3	Ερωτήσεις	231

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21

Πρώτες βοήθειες σε περιπτώσεις ηλεκτροπληξίας, οδηγίες για ασφαλή χρήση του ηλεκτρισμού

21. 1	Τεχνητή αναπνοή	232
21. 2	Οδηγίες για την ασφαλή χρήση του ηλεκτρισμού	236
21. 3	Ερωτήσεις	240

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

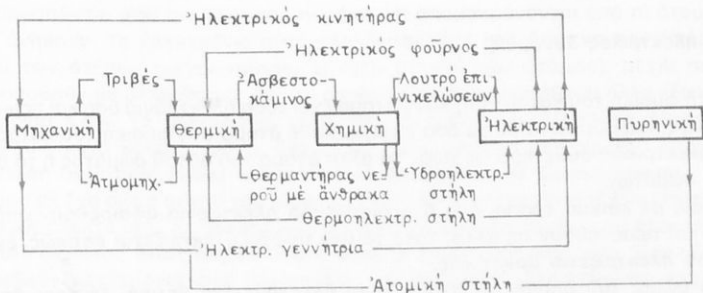
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Εάν παρατηρήσουμε γύρω μας, θά διακρίνομε τὰ διάφορα σώματα ἢ συγκροτήματα σωμάτων, τὰ ὁποῖα μπορούμε νά ἀπομονώσουμε νοερῶς ἀπό τὸ ὑπόλοιπο σύμπαν· π.χ. ἓνα σωρὸ ἀπὸ κάρβουνα, ἓνα συμπιεσμένο ἐλατήριο, ἓνα δοχεῖο μὲ θερμὸ νερό. Πολύ συχνά παρατηροῦμε ἐπίσης ὅτι ὀρισμένα ἀπὸ τὰ σώματα αὐτὰ **τροποποιῶνται** (μεταβάλλουν μορφή, σχετικὴ θέση, θερμοκρασία, ταχύτητα κλπ.) καὶ συγχρόνως προκαλοῦν τὴν τροποποίηση ἄλλων σωμάτων. Ἔτσι, τὸ συμπιεσμένο ἐλατήριο, ὅταν τεντωθεῖ, ἀνυψώνει βάρος· τὰ ἀναμμένα κάρβουνα θερμαίνουν τὸ νερὸ ἑνὸς λέβητα· ὁ ἀτμὸς τοῦ δοχείου μὲ θερμὸ νερό, ἀν ἐκτονωθεῖ μέσα σ' ἓνα κύλινδρο, μετατοπίζει ἓνα ἔμβολο.

Ἡ ιδιότητα πού ἔχει ἓνα σύστημα σωμάτων νά προκαλεῖ τροποποιήσεις σέ ἄλλα συστήματα καλεῖται ἐνέργεια.

Κατὰ τίς τροποποιήσεις αὐτές λέμε ὅτι συμβαίνει μετατόπιση ἐνέργειας ἀπὸ τὸ ἓνα σύστημα σωμάτων στοῦ ἄλλο. Οἱ μετατοπίσεις αὐτές τῆς ἐνέργειας μπορεῖ νά ἔχουν διαφορετικὴ φύση καὶ χαρακτηρίζονται ἀπὸ τὸ φυσικὸ φαινόμενο, πού συνοδεύει κάθε μετατόπιση. Ἡ πτώση π.χ. ἑνὸς σώματος εἶναι μηχανικὸ φαινόμενο· γι' αὐτὸ λέμε ὅτι τὸ σύστημα σώματος-γῆς προσδίδει, κατὰ τὴν πτώση, μηχανικὴ ἐνέργεια· ἡ καύση τοῦ ἀνθρακα εἶναι χημικὸ φαινόμενο· γι' αὐτὸ λέμε ὅτι τὸ σύστημα: ἀνθρακας-ὀξυγόνο προσδίδει χημικὴ ἐνέργεια, κ.ο.κ. Μιά ἀπὸ τίς μορφές τῆς ἐνέργειας εἶναι καὶ ἡ **ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια**, ἡ ὁποία ὀφείλεται, εἴτε στὴ συσσώρευση ἢ ἀραίωση ἠλεκτρονίων ἐπάνω σ' ἓνα σῶμα, εἴτε στὴ μετατόπισή τους μέσα στοῦ σῶμα. Ἡ μετάβαση ἀπὸ τὴ μιά μορφή ἐνέργειας στὴν ἄλλη εἶναι δυνατόν νά πραγματοποιηθεῖ ἀμέσως ἢ ἐμμέσως, ὅπως φαίνεται στοῦ σχῆμα 1.



Σχ. 1.

Ἐνεργειακές μεταβολές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

2.1 Τό ηλεκτρικό φορτίο.

Τά ηλεκτρόνια, όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα συνεχώς γύρω από τον πυρήνα, γιατί ο πυρήνας και τα ηλεκτρόνια έλκονται αμοιβαίως. 'Η ιδιότητα του πυρήνα και των ηλεκτρονίων να έλκονται μεταξύ τους καλείται **ηλεκτρική ιδιότητα** και τα σωματίδια που έλκονται αμοιβαίως, δηλαδή ο πυρήνας και τα ηλεκτρόνια, λέμε ότι είναι **ηλεκτρικώς φορισμένα**.

"Υστερα από πολλές έρευνες έχει αποδειχθεί ότι από τα τρία είδη σωματιδίων που περιέχει το άτομο, μόνο τα **πρωτόνια** και τα **ηλεκτρόνια** έχουν **ηλεκτρικό φορτίο**, ενώ τα **ουδέτερόνια** δεν έλκουν ούτε έλκονται από τα άλλα σωματίδια του ατόμου, επομένως δεν είναι ηλεκτρικώς φορισμένα (είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα).

Τά ηλεκτρόνια είναι, όπως είδαμε, ηλεκτρικώς φορισμένα αλλά, αντί να έλκονται μεταξύ τους, άπωθούνται. Τά παραπάνω μās οδηγούν να διακρίνομε δύο είδη ηλεκτρικων φορτίων.

α) Τά **θετικά φορτία**, με τα οποία είναι φορισμένα τα πρωτόνια, και β) τα **άρνητικά φορτία**, με τα οποία είναι φορισμένα τα ηλεκτρόνια. "Ετσι, τα **έτερώνυμα ηλεκτρικά φορτία έλκονται**, ενώ τα **όμώνυμα άπωθούνται**.

Τό ηλεκτρικό φορτίο ενός ηλεκτρονίου είναι ίσο με τό ηλεκτρικό φορτίο ενός πρωτονίου. Τά δύο αυτά φορτία αλληλοεξουδετερώνονται, όταν βρεθούν τό ένα κοντά στο άλλο και δεν έπηρεάζουν άλλα ηλεκτρικά φορτία (πρωτόνια ή ηλεκτρόνια) που βρίσκονται μακριά τους.

2.2 Οί ηλεκτρικές δυνάμεις.

Στή φυσική του κατάσταση κάθε άτομο έχει τόσα ηλεκτρόνια όσα και πρωτόνια· επομένως, και σύμφωνα με τα όσα είπαμε, κάθε άτομο στή φυσική του κατάσταση είναι ηλεκτρικώς ουδέτερο ως πρός τα άλλα άτομα του αυτού σώματος ή τα άτομα άλλων σωμάτων.

'Εάν, με κάποιο τρόπο, ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια αφαιρεθούν από ένα άτομο και προστεθούν σέ άλλο, τότε τό μέν πρώτο **ηλεκτρίζεται θετικώς**, ενώ τό δεύτερο **ηλεκτρίζεται άρνητικώς**.

Τό σώμα, του οποίου τα άτομα είναι ηλεκτρισμένα θετικά, λέγεται **θετικώς ηλεκτρισμένο** σώμα, ενώ τό σώμα, του οποίου τα άτομα είναι ηλεκτρισμένα άρνητικά, λέγεται **άρνητικώς ηλεκτρισμένο** σώμα.

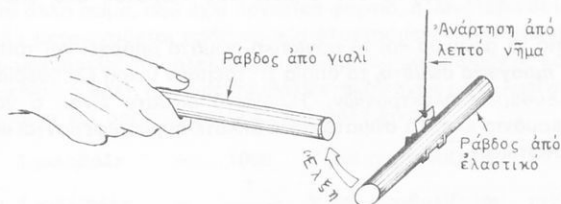
Οι δυνάμεις πού αναπτύσσονται μεταξύ τών ηλεκτρισμένων ατόμων, μεταδίδονται καί στά σώματα, στά όποία ανήκουν τά άτομα αυτά, "Ετσι:

Δύο σώματα ηλεκτρισμένα θετικῶς ἢ δύο σώματα ηλεκτρισμένα ἀρνητικῶς (ὁμνύμως φορτισμένα) ἀπωθοῦνται.

Δύο σώματα, ἀπό τά όποία τό ἓνα εἶναι ηλεκτρισμένο θετικῶς καί τό ἄλλο ἀρνητικῶς (ἐτερωνύμως φορτισμένα) ἔλκονται (σχ. 2.2).

Ἡ ἀφαίρεση (ἢ ἡ προσθήκη) ηλεκτρονίων ἀπό τά άτομα ενός σώματος, δηλαδή ἡ **ἡλέκτριση ενός σώματος**, γίνεται μέ διάφορους τρόπους, ὅπως π.χ.:

α) Μέ τήν τριβή δύο σωμάτων. β) Μέ τήν ἐπαφή δύο σωμάτων. γ) Μέ ἐπίδραση, ἀπό ἀπόσταση, ενός σώματος πού εἶναι ἤδη ηλεκτρισμένο σ' ἓνα ἄλλο. δ) Μέ



Σχ. 2.2.

"Ἐλξη ἐτερωνύμως φορτισμένων σωμάτων.

συμπίεση ενός σώματος (πιεζοηλεκτρισμός). ε) Μέ θέρμανση ἢ ψύξη ενός σώματος (πυροηλεκτρισμός) κλπ.

2.3 Σώματα αγωγίμα καί σώματα μονωτικά.

Τά ηλεκτρόνια πού στρέφονται γύρω ἀπό τόν πυρήνα (παράγρ. 2.1) βρίσκονται, ὅπως εἶναι γνωστό ἀπό τή Φυσική, σέ διάφορες ἀποστάσεις ἀπό τόν πυρήνα. "Ετσι δημιουργοῦνται διάφορα στρώματα ηλεκτρονίων. "Ορισμένα σώματα ἔχουν στό ἐξωτερικό στρώμα, δηλαδή ἐκεῖνο πού εἶναι πιό μακριά ἀπό τόν πυρήνα, λίγα μόνο ηλεκτρόνια, τά όποία ὁ πυρήνας συγκρατεῖ ἀσθενικά. Καμιά φορά τά ηλεκτρόνια αυτά ἀποσπῶνται ἀπό τήν ἔλξη τοῦ πυρήνα καί ἀπομακρύνονται ἀπό τά άτομα στά όποία ανήκουν. Τά ηλεκτρόνια αυτά πλανῶνται τότε στά διάκενα πού ὑπάρχουν μεταξύ τών ατόμων (μετακινοῦνται εὔκολα μεταξύ τών ατόμων), μέχρι πού νά συγκρουσθοῦν μέ ἄλλα άτομα, ἀπό τά όποία πάλι θά ἀποσπασθοῦν ἄλλα ἐξωτερικά ηλεκτρόνια κ.ο.κ. Τά ηλεκτρόνια αυτά, πού ὀνομάζονται **ἐλεύθερα ηλεκτρόνια**, ἀποτελοῦν, κατά κάποιο τρόπο, ἓνα εἶδος ηλεκτρονικοῦ ἀερίου, τοῦ όποίου τά στοιχειώδη σωματίδια (ὅπως καί στά ἀέρια) βρίσκονται σέ διαρκή κίνηση.

Ἐάν σέ ἓνα σῶμα αὐτοῦ τοῦ εἶδους προστεθοῦν ηλεκτρόνια σ' ἓνα σημεῖο τοῦ (ἀρνητική ἡλέκτριση), τά ηλεκτρόνια αυτά θά διαχυθοῦν ταχέως σέ ὁλόκληρη τή μάζα τοῦ σώματος, ὅπως διαχέεται ἓνα ἀέριο σ' ἓναν ὀρισμένο χώρο. Ἐάν ἐξάλλου ἀφαιρεθοῦν ηλεκτρόνια ἀπό ἓνα σημεῖο τοῦ σώματος, τότε ἔρχονται ἐλεύθερα ηλεκτρόνια ἀπό τά ὑπόλοιπα μέρη τοῦ σώματος γιά νά συμπληρώσουν τό ἔλλειμμα. "Ετσι δημιουργεῖται μιά προσανατολισμένη ὁμαδική κίνηση ηλεκτρονίων πρὸς τό σημεῖο τῆς ηλεκτρίσεως, μέ ἀποτέλεσμα τελικῶς ὁλόκληρο τό σῶμα νά παρουσιάζει

έλλειμμα ηλεκτρονίων. Τα σώματα αυτά καλούμε **καλούς αγωγούς** του ηλεκτρισμού ή **άγωγιμα σώματα** ή απλώς **άγωγους**. Στην κατηγορία αυτή των σωμάτων ανήκουν κυρίως τα μέταλλα, τα οποία παρουσιάζουν μικρή αντίσταση στην κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα από αυτά.

Αντίθετα, τα σώματα που δεν επιτρέπουν καμιά σχεδόν μετακίνηση ηλεκτρονίων μέσα τους και δεν έχουν παρά ελάχιστα ελεύθερα ηλεκτρόνια, καλούνται **μονωτικά σώματα** ή απλώς **μονωτικά** ή **κακοί αγωγοί** του ηλεκτρισμού ή ακόμα **διηλεκτρικά**. Μονωτικά σώματα είναι το μάρμαρο, ή πορσελάνη, το γυαλί, το ελαστικό, ο έβονιτης, το χαρτί, το ξηρό ξύλο, ο ξηρός αέρας, ή ρητίνη κλπ. Στα μονωτικά σώματα τα φαινόμενα της ηλεκτρίσεως (περίσσεια ή έλλειψη ηλεκτρονίων) παραμένουν έντοπισμένα στο σημείο του σώματος στο οποίο γίνεται η ήλεκτριση.

Εκτός από τα άγωγιμα και τα μονωτικά σώματα υπάρχει και τρίτη κατηγορία σωμάτων: Τα **ήμιαγωγά σώματα**, τα οποία επιτρέπουν μικρή ελευθερία στη μετακίνηση των ελευθέρων ηλεκτρονίων. Ήμιαγωγά σώματα είναι: ο γαληνίτης, το σεληνίο, το γερμάνιο κλπ. Τα σώματα αυτά άλλοτε συμπεριφέρονται ως αγωγοί και άλλοτε ως μονωτικά.

2.4 Ποσότητα ηλεκτρισμού, μονάδα μετρήσεως αυτής.

Είδαμε (παράγρ. 2.2) ότι η ήλεκτριση ενός σώματος προκαλείται από την περίσσεια ή το έλλειμμα ηλεκτρονίων. "Όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια (ή το έλλειμμα) των ηλεκτρονίων, τόσο περισσότερο ηλεκτρισμένο είναι το σώμα αυτό. "Έτσι προκύπτει η έννοια της **ποσότητας ηλεκτρισμού**. "Ένα ηλεκτρισμένο σώμα, λοιπόν, χαρακτηρίζεται από την ποσότητα του ηλεκτρισμού που έχει, δηλαδή από το πλήθος των ηλεκτρονίων (τό ηλεκτρικό φορτίο), που βρίσκεται σε περίσσεια ή σε έλλειμμα στο σώμα αυτό.

Ως μονάδα μετρήσεως της ποσότητας ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται το **κουλόμ** (Coulomb), το οποίο συμβολίζεται διεθνώς με τό σύμβολο C. Τό ηλεκτρικό φορτίο $6,28 \cdot 10^{18}$ ηλεκτρονίων είναι 1 C.

2.5 Ήλεκτρικό δυναμικό, διαφορά δυναμικού, μονάδες.

Γιά νά χαρακτηρισθεῖ ἡ **ηλεκτρική κατάσταση** ενός ηλεκτρισμένου σώματος, ἔγινε ἡ εἰσαγωγή τῆς ἔννοιας τοῦ **ηλεκτρικοῦ δυναμικοῦ** τοῦ σώματος.

"Όπως ἀκριβῶς ἡ θερμοκρασία χαρακτηρίζει τῇ θερμικῇ κατάστασιν ἑνός σώματος, ἔτσι καί τό ηλεκτρικό δυναμικό χαρακτηρίζει τήν ηλεκτρική κατάσταση τοῦ σώματος.

Δύο σώματα μέ τό ἴδιο δυναμικό βρίσκονται σέ ηλεκτρική ἰσορροπία· δηλαδή ἐάν ἐνωθοῦν μέ ἕνα μεταλλικό σύρμα, δέν προκαλοῦν ροή ηλεκτρικῶν φορτίων ἀπό τό ἕνα σῶμα στό ἄλλο. "Εάν, ἀντιθέτως, δύο ἀγωγιμα σώματα ἔχουν διαφορετικό δυναμικό, ἡ σύνδεσή τους μέ ἕνα ἀγωγό προκαλεῖ ροή ηλεκτρικῶν φορτίων ἀπό τό σῶμα μέ τό ὑψηλότερο δυναμικό πρὸς τό σῶμα μέ τό χαμηλότερο δυναμικό, ἔως ὅτου ἐπέλθει ἐξίσωση τῶν δυναμικῶν τους. Παρατηροῦμε δηλαδή ὅτι, ὅπως ἡ

διαφορά της θερμοκρασίας είναι ή αιτία που κινεί τη θερμότητα από ένα σώμα προς άλλο (από την υψηλότερη θερμοκρασία προς τη χαμηλότερη), ή όπως η διαφορά στάθμης ή πιέσεως είναι ή αιτία, ή οποία προκαλεί τη μετακίνηση υγρού από ένα δοχείο σ' άλλο, εφόσον τα δύο δοχεία συγκοινωνούν, έτσι και ή **διαφορά δυναμικού** μεταξύ δύο αγωγίων σωμάτων είναι ή αιτία, ή οποία κινεί τα ηλεκτρικά φορτία από τό ένα σώμα προς τό άλλο. Τό δυναμικό της γής λαμβάνεται, αυθαίρετα, ίσο προς τό μηδέν.

Τό δυναμικό ενός θετικά φορτισμένου σώματος λέμε ότι είναι **θετικό** καί τό δυναμικό ενός αρνητικά φορτισμένου σώματος λέμε ότι είναι **αρνητικό**. Ή διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σωμάτων καλείται καί **ηλεκτρική τάση*** μέ τόν όρο αυτό εκφράζομε ότι τά θετικά ηλεκτρικά φορτία του ενός σώματος τείνουν νά μετακινηθούν προς τό άλλο σώμα, που έχει αρνητικά φορτία, ή, λιγότερα θετικά φορτία (τά θετικά φορτία μετακινούνται προς σημεία ελαττούμενου δυναμικού).

Μονάδα μετρήσεως του ηλεκτρικού δυναμικού καί επομένως καί της ηλεκτρικής τάσεως, είναι τό **βόλτ**, τό όποιο συμβολίζεται διεθνώς μέ τό λατινικό γράμμα *V*.

Πολλαπλάσια καί ύποπολλαπλάσια του βόλτ είναι:

$$\begin{aligned} 1 \text{ κιλοβόλτ} &= 1000 \text{ V καί συμβολίζεται: } kV \\ 1 \text{ μιλιβόλτ} &= \frac{1}{1000} \text{ V καί συμβολίζεται: } mV \\ 1 \text{ μικροβόλτ} &= \frac{1}{1.000.000} \text{ V καί συμβολίζεται: } \mu V \end{aligned}$$

2.6 Ήλεκτρική χωρητικότητα, πυκνωτές, μονάδες χωρητικότητας.

α) Ήλεκτρική χωρητικότητα.

Αν συνδέσουμε ένα ηλεκτρισμένο αγωγίμο σώμα (αγωγό), που έχει δυναμικό *U*, προς ένα άλλο μονωμένο * αγωγίμο σώμα μή ηλεκτρισμένο, τότε αυξάνεται ή επιφάνεια του ηλεκτρισμένου σώματος· τό φορτίο που υπάρχει βεβαίως δέν μεταβάλλεται, αλλά διαμοιράζεται στους δύο αγωγούς, μέ αποτέλεσμα νά ελαττωθεί τό δυναμικό του πρώτου σώματος. Για νά επαναφέρομε τό δυναμικό στην αρχική του τιμή *U*, πρέπει νά προσθέσουμε καί άλλο φορτίο. Επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι ή επιφάνεια ενός αγωγού, τόσο περισσότερο φορτίο απαιτείται γιά νά έχει ό αγωγός αυτός **ένα ορισμένο δυναμικό**. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι ό αγωγός έχει μεγαλύτερη **ηλεκτρική χωρητικότητα**, όπως ακριβώς λέμε ότι ένα σώμα έχει μεγαλύτερη **θερμοχωρητικότητα** από ένα άλλο, εάν χωράει περισσότερες θερμίδες από τό άλλο σώμα, όταν ή θερμοκρασία είναι ίδια. **Ήλεκτρική χωρητικότητα λοιπόν ενός αγωγού καλείται ό λόγος του φορτίου *Q* του αγωγού προς τό δυναμικό αυτού *U*.**

Δηλαδή, εάν συμβολίσουμε μέ *C* τή χωρητικότητα, θά έχομε:

$$C = \frac{Q}{U}$$

* Μονωμένο λέγεται τό αγωγίμο σώμα, τό όποιο δέν συνδέεται άγωγίμα προς άλλα άγωγίμα σώματα.

β) Πυκνωτές.

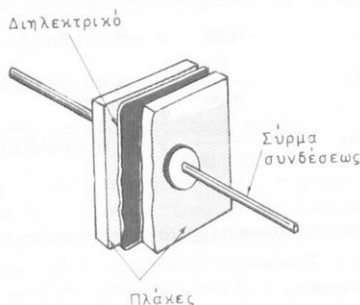
Ηλεκτρικός πυκνωτής είναι σύστημα δύο αγωγίων σωμάτων, τα οποία χωρίζονται με την παρεμβολή μονωτικού υλικού.

Με τόν πυκνωτή αύξάνεται σημαντικά η χωρητικότητα του ενός αγωγού.

Οι δύο αγωγοί λέγονται **όπλισμοί** του πυκνωτή και το μονωτικό υλικό, που μεσολαβεί μεταξύ των όπλισμών, λέγεται **διηλεκτρικό του πυκνωτή**.

Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των όπλισμών του και όσο πλησιέστερα βρίσκονται οι όπλισμοί μεταξύ τους. Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή, εξαρτάται και από το είδος του διηλεκτρικού που παρεμβάλλεται.

Υπάρχουν πολλές μορφές πυκνωτών· απλούστερη είναι η μορφή του επίπεδου πυκνωτή. Ο πυκνωτής αυτός αποτελείται από επίπεδες αγωγίμες πλάκες τοποθετημένες παράλληλα και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (σχ. 2.6α). Το διηλεκτρικό των πυκνωτών είναι δυνατόν να είναι οποιοδήποτε μονωτικό, στερεό ή υγρό σώμα, π.χ. χαρτί, μίκα, γυαλί, λάδι ή και ο ατμοσφαιρικός αέρας.



Σχ. 2.6α.

Επίπεδος πυκνωτής.

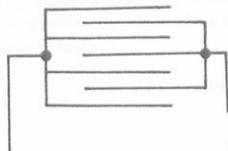
Για να έχει ένας πυκνωτής μεγάλη χωρητικότητα, πρέπει, όπως είπαμε, να έχει μεγάλη επιφάνεια και οι όπλισμοί του να βρίσκονται σε όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση μεταξύ τους. Για τό σκοπό αυτό, αλλά και για να εξοικονομείται χώρος, κάθε όπλισμός μοιράζεται σε πολλά λεπτά μεταλλικά φύλλα, που ενώνονται μεταξύ τους αγωγίμα. Τα φύλλα του ενός όπλισμού τοποθετούνται μεταξύ των φύλλων του άλλου όπλισμού έτσι, ώστε κάθε όπλισμός να είναι ηλεκτρικά μονωμένος από τόν άλλον. Η μόνωση επιτυγχάνεται είτε με τό στρώμα του αέρα που μεσολαβεί είτε με άλλο μονωτικό υλικό (σχ. 2.6β).

Εάν ο πυκνωτής αποτελείται από ελάσματα ή ήμικυκλικούς δίσκους παράλληλους και οι δίσκοι του ενός όπλισμού μπορούν να εισέρχονται και να εξέρχονται ανάμεσα στους δίσκους του άλλου όπλισμού, σχηματίζεται ο **μεταβλητός** πυκνωτής.

Ένας μεταβλητός πυκνωτής φαίνεται στο σχήμα 2.6γ. Οι δίσκοι του ενός όπλισμού είναι σταθεροί, στερεωμένοι επάνω στη βάση του πυκνωτή, ενώ οι δίσκοι του άλλου όπλισμού είναι στερεωμένοι επάνω σε άξονα, ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται.

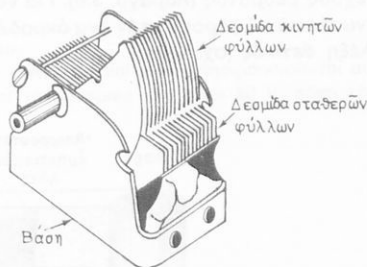
Όσο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των κινητών δίσκων εισέρχεται μέσα

στούς σταθερούς δίσκους, τόσο αυξάνεται η χωρητικότητα του μεταβλητού πυκνωτή.



Σχ. 2.6β.

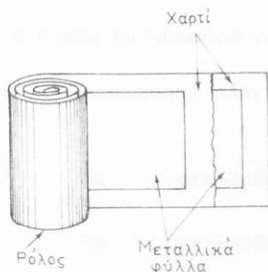
Επίπεδος πυκνωτής πολλών φύλλων.



Σχ. 2.6γ.

Μεταβλητός πυκνωτής με διηλεκτρικό τόν αέρα.

Ένας τρόπος για τη δημιουργία πυκνωτή με μεγάλη χωρητικότητα είναι και ο εξής: Τοποθετούνται δύο μεταλλικές ταινίες ή μία επάνω στην άλλη, αφού παρεμβληθεί, μεταξύ τους και εξωτερικά, από ένα φύλλο παραφινωμένου χαρτιού. Οι ταινίες αυτές τυλίγονται κατόπιν έτσι, ώστε να σχηματισθεί ένας ρόλος κυλινδρικός ή πλατυσμένος (σχ. 2.6δ και 2.6ε). Ο ρόλος αυτός τοποθετείται μέσα σε μεταλλικό κουτί, το οποίο κλείνεται με κατάλληλη ουσία (π.χ. πίσσα) για να εμποδίζεται η είσοδος της υγρασίας.



Σχ. 2.6δ.

Πυκνωτές μεγάλης χωρητικότητας.



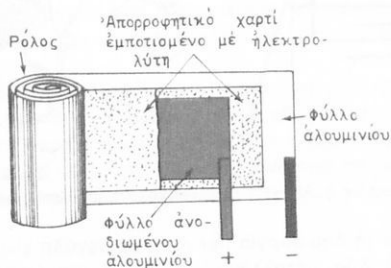
Σχ. 2.6ε.

Πυκνωτές μεγάλης χωρητικότητας.

Άλλη κατηγορία πυκνωτών μικρού όγκου, αλλά μεγάλης χωρητικότητας, είναι οι **ηλεκτρολυτικοί** πυκνωτές.

Σ' αυτούς, ανάμεσα σε δύο φύλλα από αλουμίνιο, παρεμβάλλεται κατάλληλο υγρό διάλυμα (**ύγροί** ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές) ή φύλλο από απορροφητικό χαρτί εμποτισμένο με το κατάλληλο διάλυμα (**ξηροί** ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές). Τους όπλισμούς των πυκνωτών αυτών αποτελούν το ένα φύλλο αλουμινίου και το υγρό (ηλεκτρολύτης), που το περιβάλλει, ενώ ως διηλεκτρικό χρησιμοποιεί λεπτότατο στρώμα από οξειδίο του αλουμινίου, το οποίο είναι μονωτικό. Το στρώμα αυτό σχηματίζεται επάνω στον όπλισμό από αλουμίνιο με ηλεκτρόλυση (παράγρ. 16.2). Το φύλλο αλουμινίου, επάνω στο οποίο σχηματίζεται το μονωτικό στρώμα, πρέπει να

συνδέεται με τό θετικό πόλο της πηγής και τό άλλο με τόν άρνητικό (παράγρ. 3.1). Οί ήλεκτρολυτικοί πυκνωτές πρέπει, συνεπώς, νά συνδέονται μόνο με κυκλώματα συνεχούς ρεύματος (παράγρ. 3.6). Για νά αποφεύγονται λάθη κατά τή σύνδεση, οί πυκνωτές αύτοί φέρουν στόν ένα άκροδέκτη τους τό σύμβολο + ή κόκκινο χρώμα ή τή λέξη **ΘΕΤΙΚΟΣ** (σχ. 2.6στ).



Σχ. 2.6στ.

Ξηρός ήλεκτρικός πυκνωτής (Διηλεκτρικό: Ώξειδιο άλουμινίου).

γ) Μονάδες χωρητικότητας.

Μονάδα μετρήσεως τής χωρητικότητας είναι τό φαραντ (Farad), συμβολίζεται δέ διεθνώς με τό γράμμα F.

“Ενας πυκνωτής με χωρητικότητα 1 F, όταν φορτισθεί με τάση 1 V, άποκτά φορτίο 1 C.

‘Επειδή ή χωρητικότητα 1 F είναι πολύ μεγάλη, χρησιμοποιούνται συνήθως ύποπολλαπλάσια αύτης, όπως:

$$1 \text{ μικροφαραντ} = \frac{1}{1.000.000} \text{ F και συμβολίζεται: } \mu\text{F}$$

$$1 \text{ νανοφαραντ} = \frac{1}{1.000} \mu\text{F και συμβολίζεται: } \text{nF}$$

$$1 \text{ πικοφαραντ} = \frac{1}{1.000.000} \mu\text{F και συμβολίζεται: } \text{pF}$$

2.7 Έρωτήσεις.

1. Τί είναι τά θετικά ήλεκτρικά φορτία και τί τά άρνητικά;
2. Τί είναι οί ήλεκτρικές δυνάμεις και πώς αναπτύσσονται;
3. Ποιά σώματα καλοϋμε άγώγιμα και ποιά μονωτικά;
4. Ποιά είναι ή μονάδα ποσότητας ήλεκτρισμού;
5. Τί καλείται ήλέκτριση ενός σώματος και πώς έπιτυγχάνεται;
6. Τί καλείται ήλεκτρική τάση και ποιά ή μονάδα μετρήσεως αύτης και τά πολλαπλάσια και ύποπολλαπλάσια της;
7. Τί καλείται ήλεκτρική χωρητικότητα ενός άγωγού και ποιά ή άνάλογη περίπτωση στη θερμότητα;

8. Από τί εξαρτάται η χωρητικότητα ενός πυκνωτή;
9. Ποιά είναι η μονάδα της ηλεκτρικής χωρητικότητας και ποιά τὰ υποπολλαπλάσιά της;
10. Από τί αποτελείται ὁ πυκνωτής;
11. Τί είναι ὁ μεταβλητός πυκνωτής;
12. Τί εἶδους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές ἔχομε;
13. Ποιό τό μειονέκτημα τῶν ηλεκτρολυτικῶν πυκνωτῶν καί γιατί χρησιμοποιοῦνται αὐτοί;
14. Ἄν τό φορτίο ἀγωγοῦ εἶναι $30 \cdot 10^{-6}$ C καί τό δυναμικό του εἶναι 50 V, πόση εἶναι ἡ χωρητικότητά του;

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ
ΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ
ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

3.1 'Η ηλεκτρική πηγή. Τό ηλεκτρικό ρεύμα. 'Ηλεκτρεγερτική δύναμη.

'Ηλεκτρική πηγή καλείται μία συσκευή ή μηχανή, ή όποια δημιουργεί καί διατηρεί μεταξύ δύο άγωγών, πού καλούνται **πόλοι** της πηγής, διαφορά δυναμικού. Οί ηλεκτρικές πηγές χρησιμοποιοῦν μηχανική ή χημική ενέργεια γιά νά λειτουργήσουν.

Σύμφωνα μέ όσα έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 2.5, όταν δύο άγωγοί μέ διαφορετικά δυναμικά συνδεθούν μέ έναν άλλο άγωγό, τότε προκαλείται μετατόπιση ηλεκτρικού φορτίου από τόν ένα άγωγό στόν άλλο· ή μετατόπιση αύτή γίνεται διαμέσου τοῦ συνδετικού άγωγού, μέχρι πού νά ἐπέλθει ἐξίσωση τών δυναμικών. Στίς ηλεκτρικές πηγές όμως, μέ τήν κατανάλωση ἐνέργειας ή διαφορά δυναμικού μεταξύ τών πόλων διατηρείται συνεχώς σέ σταθερή τιμή ἔτσι, ὥστε νά μή σταματᾷ ή μετατόπιση φορτίου, πού περιγράψαμε παραπάνω· τή μετατόπιση αύτή τήν καλούμε **ηλεκτρικό ρεύμα**.

'Αφοῦ, ὅπως εἶδαμε, μία ηλεκτρική πηγή θέτει σέ κίνηση ηλεκτρικά φορτία, λέμε ὅτι ή πηγή αύτή ἀναπτύσσει **ηλεκτρεγερτική δύναμη** (Η.Ε.Δ.), ή όποία ὠθεῖ τά ηλεκτρικά φορτία πρὸς κατεύθυνση ἐντελῶς καθορισμένη. 'Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιᾶς πηγής μετρεῖται σέ **βόλτ**.

3.2 Τό ηλεκτρικό ρεύμα στούς ηλεκτρικούς άγωγούς.

"Αν οί δύο πόλοι μιᾶς πηγής συνδεθούν μέ έναν άγωγό (π.χ. σύρμα), θά ἀρχίσουν μέσα από τόν άγωγό αύτόν νά μετατοπίζονται ηλεκτρικά φορτία από τόν πόλο μέ τό ὑψηλότερο δυναμικό πρὸς τόν πόλο μέ τό χαμηλότερο δυναμικό, ἐπομένως θά δημιουργηθεῖ **συνεχές** ηλεκτρικό ρεύμα. 'Εάν ὁ ένας πόλος της πηγής εἶναι θετικά φορτισμένος (θετικός πόλος), καί ὁ ἄλλος ἀρνητικά (ἀρνητικός πόλος), τό ηλεκτρικό ρεύμα θά ἀποτελεῖται ἀπό θετικά φορτία πού κινοῦνται ἀπό τό θετικό πόλο πρὸς τόν ἀρνητικό πόλο (παρAGR. 2.5).

3.3 Φορά του ρεύματος.

Στήν πραγματικότητα γίνεται, όπως γνωρίζουμε, μετακίνηση ηλεκτρονίων από τον αρνητικό πόλο της πηγής (της οποίας οι πόλοι συνδέονται εξωτερικώς) προς το θετικό πόλο αυτής, δηλαδή ροή αρνητικῶν φορτίων.

Παλαιότερα, επειδή δέν ήταν γνωστό ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ροή ηλεκτρονίων, είχε γίνει αυθαίρετα δεκτό τοῦτο: ἡ φορά τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ φορά τῆς κινήσεως τῶν θετικῶν φορτίων, δηλαδή, στό ἐξωτερικό τῶν πηγῶν, ἀπό τό θετικό πόλο πρὸς τόν ἀρνητικό πόλο (σχ. 3.3).



Σχ. 3.3.

Φορά τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

3.4 Εἶδη ρεύματος.

Βασικά, διακρίνομε δύο εἶδη ρεύματος:

α) Τό **συνεχές ρεύμα**, τό ὁποῖο χαρακτηρίζεται ἀπό τή συνεχή ροή ηλεκτρονίων πρὸς **μία μόνο** φορά, ὅπως εἶδαμε παραπάνω.

β) Τό **ἐναλλασσόμενο ρεύμα**, τό ὁποῖο χαρακτηρίζεται ἀπό τήν κίνηση ηλεκτρονίων, μέσα σέ ἀγωγό, πότε κατὰ τή μία φορά καί πότε κατὰ τήν ἀντίθετη. Ἔτσι, ἐάν τό ρεύμα ηλεκτρονίων πού διέρχεται ἀπό τόν ἀγωγό τοῦ σχήματος 3.4 ἔχει διαδοχικῶς φορά ἀπό τό Α πρὸς τό Β, κατόπιν ἀπό τό Β πρὸς τό Α καί πάλι ἀπό τό Α πρὸς τό Β κ.ο.κ., τότε λέμε, ὅτι μέσα στόν ἀγωγό ρέει ἐναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Τό ρεύμα αὐτό θά ἦταν δυνατόν νά παραχθεῖ, ἐάν οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἄλλαζαν διαδοχικῶς συνεχῶς πολικότητα.



Σχ. 3.4.

Κίνηση ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

3.5 Ένταση ρεύματος, πυκνότητα ρεύματος, μονάδες.

“Όπως στο υδάτινο ρεύμα, έτσι και στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος εισάγεται ένα μέγεθος που καλείται **ένταση**. Τό μέγεθος αυτό μᾶς δίνει τήν **ποσότητα του ηλεκτρισμού, ή οποία διέρχεται μέσα από έναν αγωγό στή μονάδα του χρόνου**.

Ἡ ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ἡ ἴδια σέ ὅλα τά σημεία του αγωγού, μέσα από τόν ὁποῖο διέρχεται τό ρεύμα* καί ἰσοῦται μέ τό πηλίκο τῆς ποσότητας ηλεκτρισμοῦ, πού διέρχεται ἀπό μία διατομή του αγωγού, διά του χρόνου στόν ὁποῖο διέρχεται ἡ ποσότητα αὐτή.

Μονάδα μετρήσεως τῆς ἐντάσεως του ρεύματος εἶναι τό **ἀμπέρ** (Ampère), τό ὁποῖο συμβολίζεται διεθνῶς μέ τό γράμμα A. Τό ρεύμα ἔχει ένταση 1 A, ὅταν διέρχεται μέσα ἀπό ἕναν αγωγό ποσότητα ηλεκτρισμοῦ 1 C σέ 1 δευτερόλεπτο.

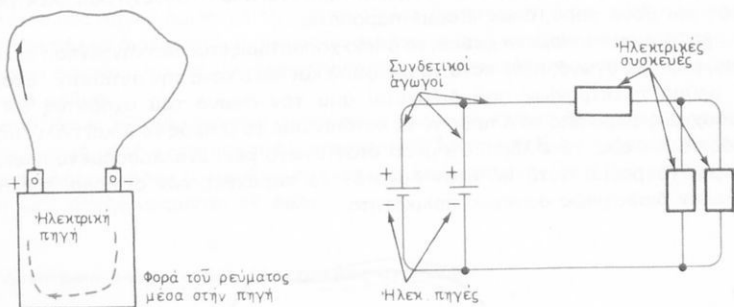
Ἐνα ἄλλο χρῆσιμο στήν Ἡλεκτροτεχνία μέγεθος εἶναι ἡ **πυκνότητα του ρεύματος**. **Καλεῖται πυκνότητα ρεύματος ἡ ποσότητα ηλεκτρισμοῦ πού διέρχεται ἀνά δευτερόλεπτο μέσα ἀπό τή μονάδα ἐπιφάνειας τῆς διατομῆς του αγωγού**. Ἡ πυκνότητα του ρεύματος δίνεται ἐπομένως ἀπό τό πηλίκο τῆς ἐντάσεως του ρεύματος διά τῆς διατομῆς του αγωγού.

Μονάδα τῆς πυκνότητας εἶναι τό A ἀνά τετραγωνικό χιλιοστό καί συμβολίζεται: A/mm².

3.6 Τό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Τό σύνολο, πού ἀποτελεῖται ἀπό τήν ηλεκτρική πηγή καί ἀπό τόν αγωγό, πού συνδέει τούς πόλους τῆς πηγῆς, καλεῖται ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ἡλεκτρικό κύκλωμα ἀποτελοῦν ἐπίσης μία ἢ περισσότερες πηγές, μία ἢ



Σχ. 3.6.

Ἡλεκτρικά κυκλώματα.

* Αὐτό ἐξηγεῖται, ἀν ληφθεῖ ὑπόψη ὅτι ὁ ἀέρας, πού περιβάλλει τόν αγωγό, εἶναι μονωτικός καί ἐπομένως δέν εἶναι δυνατόν σέ ὁποιοδήποτε σημείο του αγωγού νά προστεθοῦν ἢ νά ἀφαιρεθοῦν φορτία διαμέσου του ἀέρα.

περισσότερες συσκευές μετασχηματισμού της ηλεκτρικής ενέργειας σε ενέργεια άλλης μορφής (ηλεκτρικές συσκευές) και οι ηλεκτρικοί άγωγοί που συνδέουν μεταξύ τους όλα αυτά (σχ. 3.6).

Όπως προκύπτει από τις παραγράφους 3.1 και 3.2, ροή ρεύματος γίνεται μόνον, εφόσον διαθέτεται **κλειστό** ηλεκτρικό κύκλωμα, δηλαδή εφόσον διαθέτεται δίοδος του ρεύματος, που δέν διακόπτεται, από τόν ένα πόλο της πηγής μέχρι τόν άλλο.

3.7 Έρωτήσεις.

1. Ποιός είναι ο προορισμός της ηλεκτρικής πηγής και πώς έπιτυγχάνεται;
2. Τι είναι ή Η.Ε.Δ.;
3. Πώς δημιουργείται τό ηλεκτρικό ρεύμα και ποιά ή φορά ροής του;
4. Ποιά τά βασικά είδη ρεύματος;
5. Μέ ποιές μονάδες μετρούνται ή ένταση και ή πυκνότητα του ρεύματος;
6. Ποιά είναι ή προϋπόθεση ροής ηλεκτρικού ρεύματος;
7. "Αν από ένα άγωγό διατομής $1,5 \text{ mm}^2$ περνά ποσότητα ηλεκτρισμού ίση μέ 15 C σέ διάστημα 2 s , πόση είναι ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και πόση ή πυκνότητά του;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

4.1 Άντίσταση και αγωγιμότητα, μονάδες.

Όταν τό ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα από έναν άγωγό, συναντά όρισμένη αντίσταση. Η αντίσταση αύτή έξαρτάται από τό ύλικό του άγωγίμου σώματος καί καλείται **ήλεκτρική αντίσταση**· συμβολίζεται μέ τό λατινικό γράμμα R.

Μονάδα μετρήσεως τής ήλεκτρικής αντίστάσεως είναι τό **ώμ** (άπό τό όνομα του Γερμανού φυσικού Ohm) καί συμβολίζεται μέ τό κεφαλαίο έλληνικό γράμμα Ω.

Πολλαπλάσια τής μονάδας ώμ είναι τά εξής:

1 **κιλωώμ** = 1000 Ω καί συμβολίζεται: kΩ

1 **μεγγώμ** = 1.000.000 Ω καί συμβολίζεται: MΩ

Όταν ένας άγωγός παρουσιάζει μικρή αντίσταση στή ροή του ήλεκτρικού ρεύματος, λέμε ότι **άγει καλώς** τό ήλεκτρικό ρεύμα ή ότι παρουσιάζει μεγάλη ήλεκτρική **άγωγιμότητα**. Άντιστρόφως, όταν ένας άγωγός έχει μεγάλη ήλεκτρική αντίσταση, παρουσιάζει μικρή ήλεκτρική αγωγιμότητα.

Η ήλεκτρική αγωγιμότητα συμβολίζεται μέ τό λατινικό γράμμα G καί έχει ως μονάδα μετρήσεως τό **σήμενς** (Siemens) ή τό **μώ** (mho). Σύμβολο τής μονάδας σήμενς είναι τό S.

Η αγωγιμότητα είναι τό αντίστροφο τής ήλεκτρικής αντίστάσεως, δηλαδή:

$$\text{άντίσταση} = \frac{1}{\text{αγωγιμότητα}} \quad \text{ή} \quad R = \frac{1}{G} \quad \text{καί} \quad 1 \Omega = \frac{1}{1 \text{ S}}$$

Όρισμένα στοιχεία κυκλωμάτων, πού κατασκευάζονται ειδικώς γιά νά παρεμβάλλουν αντίσταση στή ροή του ήλεκτρικού ρεύματος, καλούνται **άντιστάσεις**. Τά στοιχεία αύτά αποτελούνται είτε από μονωτικό σώμα, γύρω από τό όποιο τυλίγεται σύρμα από κατάλληλο ύλικό, είτε από σωλήνα από κεραμικό ύλικό, επάνω στον όποιο θέτεται στρώμα από σκληρό άνθρακα (άγωγίμο στρώμα).

4.2 Νόμος του "Ωμ.

Η αντίσταση, τήν όποία συναντά κατά τή ροή του τό ήλεκτρικό ρεύμα, υπερνικάται από τήν ήλεκτρική τάση (παράγρ. 2.5). "Όσο μεγαλύτερη είναι ή ήλεκτρική τάση, πού εφαρμόζεται στά άκρα ενός άγωγού (π.χ. σύρματος), τόσο μεγαλύτερη είναι ή ώθηση πού άσκειται στα έλεύθερα ήλεκτρόνια του άγωγού, τά

όποια κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα· έτσι υπερνικούν την αντίσταση του άγωγου και μεταφέρουν μεγαλύτερο φορτίο στη μονάδα του χρόνου. “Όσο μεγαλύτερη λοιπόν, είναι η τάση, πού εφαρμόζεται στα άκρα ενός άγωγού όρισμένης ηλεκτρικής αντίστασεως, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος πού περνά μέσα από τόν άγωγό. Έξάλλου όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση ενός άγωγού, στού οποίου τά άκρα εφαρμόζεται όρισμένη ηλεκτρική τάση, τόσο μικρότερη είναι η ένταση του ρεύματος, πού διέρχεται μέσα από τόν άγωγό αυτόν.

“Υστερα από τίς διαπιστώσεις αυτές, ό Γερμανός φυσικός Γεώργιος Όμ διατύπωσε τό βασικό νόμο τής Ήλεκτροτεχνίας, πού έλαβε τό όνομά του και αναφέρεται ως **νόμος του Όμ**.

Σύμφωνα πρός τό νόμο αυτόν: **η ένταση του ρεύματος, πού περνά μέσα από ένα άγωγό υπολογίζεται εάν διαιρέσουμε τήν τάση, πού εφαρμόζεται στα άκρα του άγωγού, με τήν ηλεκτρική αντίσταση του άγωγού.**

Έτσι θά είναι:

$$\text{ένταση ρεύματος} = \frac{\text{τάση}}{\text{αντίσταση}}$$

ή, εάν συμβολίσουμε τήν ένταση του ρεύματος με I θά έχομε:

$$I = \frac{U}{R} \text{ καί } 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ V}}{1 \Omega}$$

Σύμφωνα λοιπόν μέ όσα είπαμε παραπάνω έχομε τή δυνατότητα νά υπολογίσουμε τήν ένταση του ρεύματος, εάν είναι γνωστά ή τάση και ή αντίσταση. Τό ίδιο ισχύει καί γιά όποιοδήποτε από τά τρία μεγέθη, πού εισέρχονται στόν τύπο του νόμου του Όμ, εάν είναι γνωστά τά άλλα δύο.

Παράδειγμα 1.

Έάν άγωγός παρουσιάζει αντίσταση $1,5 \Omega$ καί τά άκρα του συνδεθούν μέ τούς πόλους μιås πηγής, πού παράγει τάση $4,5 \text{ V}$, τότε ή ένταση του ρεύματος θά είναι:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 3 \text{ A}$$

Παράδειγμα 2.

Έάν θέλομε μέσα από έναν άγωγό αντίστασεως 11Ω νά διέλθει ένταση 20 A , πρέπει νά συνδέσουμε τά άκρα του μέ τούς πόλους μιås πηγής, πού παράγει τάση:

$$U = R \cdot I = 11 \Omega \times 20 \text{ A} = 220 \text{ V}$$

Μέ τό νόμο του Όμ είναι δυνατόν νά όρισθεϊ ή μονάδα μετρήσεως τής τάσεως, πού είναι τό **βόλτ**. **Έτσι βόλτ είναι ή τάση πού απαιτείται γιά τή ροή ρεύματος εντάσεως 1 A διά μέσου αντίστασεως 1Ω .**

4.3 Άντίσταση τών συρμάτων, μεταβολή τής αντίστασεως.

α) Ή αντίσταση τών συρμάτων εξαρτάται, όπως έχει αναφερθεϊ καί στήν

παράγραφο 4.1, από το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένα, αλλά και από τις διαστάσεις τους, δηλαδή από το έμβασό της διατομής τους και από το μήκος τους. Τοῦτο είναι φανερό, εάν σκεφθούμε ότι, όσο μεγαλύτερο είναι τό μήκος τοῦ σύρματος, τόσο περισσότερα άτομα θά συναντήσουν στό δρόμο τους τά κινούμενα ηλεκτρόνια (παράγρ. 2.3)· αὐτό σημαίνει ότι τόσο περισσότερες συγκρούσεις θά προκληθοῦν (μεταξύ ηλεκτρονίων καί ατόμων) καί θά δημιουργηθεῖ ἔτσι μεγαλύτερη ηλεκτρική αντίσταση. Ἐξάλλου, όσο μεγαλύτερη είναι ἡ διατομή τοῦ σύρματος, τόσο μεγαλύτερος χώρος παρέχεται στά κινούμενα ηλεκτρόνια, τά ὁποῖα κινούνται ἔτσι μέ μεγαλύτερη εὐκολία.

Μετά ἀπό αὐτά πού εἶπαμε παραπάνω ἡ αντίσταση ἑνός σύρματος εἶναι δυνατόν νά βρεθεῖ, εάν γνωρίζουμε τό **ὕλικό** τοῦ σύρματος, τό **μήκος** του καί τή **διατομή** του. Κάθε ὕλικό παρουσιάζει διαφορετική αντίσταση στή διέλευση τοῦ ρεύματος καί ἡ κατάταξη τῶν διαφόρων ὑλικῶν, ἀπό τήν ἀποψη τῆς ηλεκτρικῆς ἀντιστάσεως, γίνεται μέ βάση τήν αντίσταση πού παρουσιάζει σύρμα ἀπό τό ὕλικό αὐτό μέ μήκος 1 m καί διατομή 1 mm². Ἡ αντίσταση αὕτη καλεῖται **εἰδική αντίσταση** τοῦ ὑλικοῦ, συμβολίζεται μέ τό μικρό ἑλληνικό γράμμα ρ καί ἔχει ὡς μονάδα μετρήσεως τό Ω. mm²/m. Ἡ αντίσταση ἑνός σύρματος ὑπολογίζεται, σύμφωνα μέ τά παραπάνω ἀπό τόν τύπο:

$$\text{ἀντίσταση} = \text{εἰδική ἀντίσταση} \cdot \frac{\text{μήκος}}{\text{διατομή}}$$

ἢ, εάν συμβολίσουμε μέ l τό μήκος τοῦ σύρματος σέ μέτρα (m) καί μέ q τή διατομή του σέ τετραγωνικά χιλιοστά (mm²) θά ἔχομε:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{q}$$

Τό ἀντίστροφο τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως καλεῖται **εἰδική ἀγωγιμότητα**, συμβολίζεται μέ τό μικρό ἑλληνικό γράμμα κ καί ἔχει μονάδα μετρήσεως τό S.m/mm². Ἡ ηλεκτρική ἀντίσταση ἑνός σώματος θά ὑπολογίζεται συναρτήσῃ τῆς ἀγωγιμότητος ἀπό τόν τύπο:

$$R = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{l}{q}$$

καί ἡ ἀγωγιμότητα ἀπό τόν τύπο:

$$G = \kappa \cdot \frac{q}{l}$$

Παράδειγμα 3.

Ἡ ἀντίσταση ἑνός σύρματος μέ διατομή 4 mm² καί μήκος 200 m, τοῦ ὁποῖου τό ὕλικό εἶναι χαλκός μέ εἰδική ἀντίσταση:

$$\rho = 0,0178 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \text{ θά εἶναι ἴση πρὸς:}$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{q} = 0,0178 \, \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \times \frac{200\text{m}}{4\text{mm}^2} = 0,89 \, \Omega$$

Μέ τον τύπο της αντιστάσεως των συρμάτων, μπορούμε να υπολογίζουμε οποιοδήποτε από τα τέσσερα μεγέθη που απαντούν στον τύπο αυτόν, αρκεί να γνωρίζουμε τα άλλα τρία. Πρέπει όμως να χρησιμοποιούμε τις μονάδες μετρήσεως, για τις οποίες ισχύει ο τύπος, όπως φαίνεται στο παράδειγμα.

β) Η ηλεκτρική αντίσταση των σωμάτων μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία του σώματος. Έτσι, άλλη αντίσταση παρουσιάζει ένα σύρμα σε θερμοκρασία 20° C και άλλη σε 80° C.

Τα μέταλλα κυρίως έχουν την ιδιότητα να **αυξάνουν** την αντίστασή τους, όταν **αυξάνεται** η θερμοκρασία τους, ενώ άλλα υλικά, όπως π.χ. ο άνθρακας, έχουν την ιδιότητα να **ελαττώνουν** την αντίστασή τους, όταν **αυξάνεται** η θερμοκρασία τους. Στον Πίνακα 4.3.1 αναγράφονται τα συνηθέστερα αγωγά υλικά και οι ειδικές αντιστάσεις τους σε θερμοκρασία 20° C.

Για σύρματα από χαλκό ή αλουμίνιο κυκλικής διατομής, ο Πίνακας 4.3.2 δίνει την αντίστασή τους ανά km μήκους, σε θερμοκρασία 20° C.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.1.

Ειδική αντίσταση υλικών σε θερμοκρασία 20° C.

Υλικό	Ειδική αντίσταση ρ σε Ω. mm ² /m
Άλουμινίο	0,0303
Βισμούθιο	1,2
Όρειχαλκος	0,06...0,08
Άνθρακας	40 ...100
Χρώμιο	0,03
Χρωμονικελίνη (8020)	1,12
Κωνσταντάνη	0,50
Χαλκός	0,0178
Χρυσός	0,023
Σίδηρος	0,1...0,15
Χυτοσίδηρος	0,6...1,6
Μόλυβδος	0,206
Ύδραργυρος	0,968
Νικέλιο	0,069
Νικελίνη	0,40...0,44
Λευκόχρυσος	0,10...0,11
Άργυρος	0,0165
Χάλυβας	0,10...0,25
Κασσίτερος	0,12
Ψευδάργυρος	0,61

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.

Ύντίσταςη συρμάτων χαλκού καί άλουμινίου
σέ Ω/κμ, σέ 20°C.

Διατομή mm ²	Σύρμα Χαλκού	Σύρμα Άλουμινίου
1,5	11,9	—
2,5	7,14	12,1
4	4,46	7,58
6	2,98	5,05
10	1,79	3,03
16	1,12	1,89
25	0,714	1,21
35	0,510	0,866
50	0,357	0,606
70	0,255	0,433
95	0,188	0,319
120	0,149	0,253
150	0,119	0,202
185	0,097	0,164
240	0,074	0,126

4.4 Έρωτήσεις.

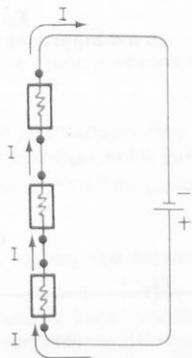
1. Ποιά ή σχέση μεταξύ ήλεκτρικής άντίσταςεως καί ήλεκτρικής άγωγιμότητας;
2. Ποιές είναι οι μονάδες άντίσταςεως καί άγωγιμότητας;
3. Ποιός είναι ο νόμος του Ωμ;
4. Πώς κατατάσσονται τά διάφορα ύλικά από άποψη ήλεκτρικής άντίσταςεως;
5. Άπό τί έξαρτάται ή ήλεκτρική άντίσταςη ενός σύρματος;
6. Έχει επίδραση στήν ήλεκτρική άντίσταςη τών σωμάτων ή θερμοκρασία καί ποιά;
7. Έάν συνδέσουμε μέ πηγή 220 V σύρμα άντίσταςεως 10 Ω, ποιās έντάσεως ρεύμα θά διέλθει μέσα από τό σύρμα;
8. Έάν ένα σύρμα είναι κατασκευασμένο από νικελίνη καί έχει μήκος 100 m καί διατομή 10 mm², ποιά άντίσταςη παρουσιάζει στή ροή του ρεύματος;
9. Άν ένα σύρμα συνδεθεί μέ πηγή 220 V καί περάσει μέσα από αυτό ρεύμα έντάσεως 14 A πόση θά είναι ή ήλεκτρική του άντίσταςη;
10. Σύρμα διατομής 4 mm² παρουσιάζει άντίσταςη 0,06 Ω καί έχει μήκος 14,5 m· από τί ύλικό είναι κατασκευασμένο;
11. Άν ή άγωγιμότητα σύρματος διατομής 6 mm² είναι 0,198 S/km, τί μήκος πρέπει νά έχει τό σύρμα αυτό γιά νά περάσει από μέσα του ρεύμα έντάσεως 85 A όταν συνδεθεί μέ πηγή 110 V;
12. Σύρμα άλουμινίου διατομής 4 mm² καί μήκους 100 m διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 304 A· μέ ποιās τάσεως πηγή είναι συνδεμένο;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ

5.1 Συνδεσμολογία σειρᾶς, εφαρμογές.

Κατά τη διαμόρφωση τῶν ἡλεκτρικῶν κυκλωμάτων (παράγρ. 3.6), οἱ διάφορες πηγές καὶ οἱ ἡλεκτρικές συσκευές, οἱ ὁποῖες καλοῦνται καὶ **ἡλεκτρικές καταναλώσεις***, συνδέονται μεταξύ τους μέ τή βοήθεια τῶν συνδετικῶν ἀγωγῶν (συρμάτων) κατὰ διάφορους τρόπους. "Ενας ἀπό τούς τρόπους αὐτούς εἶναι ἡ λεγόμενη **συνδεσμολογία σειρᾶς**. Κατά τή συνδεσμολογία αὐτήν οἱ διάφορες καταναλώσεις συνδέονται, ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 5.1α ἔτσι, ὥστε νά διαρρέονται ὅλες ἀπό τό ἴδιο ρεῦμα. Ἡ συνδεσμολογία γίνεται ὡς ἑξῆς: Τό τέλος τῆς μιᾶς καταναλώσεως



Σχ. 5.1α.

Συνδεσμολογία σειρᾶς.

ένώνεται μέ τήν ἀρχή τῆς ἄλλης, ὁπότε τό ἡλεκτρικό ρεῦμα δέν διακλαδίζεται πούθενά καί, ἐπομένως, δέν ἀλλάζει ἔνταση σέ κανένα σημεῖο τοῦ κυκλώματος. Ἡ τάση, ὅμως, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται στά ἄκρα τοῦ συνόλου τῶν καταναλώσεων, διαμοιράζεται στίς διάφορες καταναλώσεις τοῦ κυκλώματος, ἀνάλογα μέ τήν ἀντίστασή τους. "Ετσι, ἐάν U εἶναι ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ συνόλου τῶν καταναλώσε-

* Οἱ ἡλεκτρικές συσκευές ἢ μηχανές καλοῦνται καὶ **ἡλεκτρικές καταναλώσεις**, γιατί γιά νά λειτουργήσουν καταναλώνουν ἡλεκτρική ἐνέργεια, τήν ὁποία μετατρέπουν σέ ἐνέργεια ἄλλης μορφῆς. "Ολες οἱ καταναλώσεις παρουσιάζουν ἡλεκτρική ἀντίσταση.

ων, στα άκρα κάθε καταναλώσεως θά επικρατούν τάσεις U_1, U_2, U_3 κλπ., οι οποίες θά είναι ίσες πρὸς $R_1 \cdot I, R_2 \cdot I, R_3 \cdot I$ κλπ., σύμφωνα με τὸ νόμο τοῦ "Ωμ. Ἡ τάση U , ὅμως, εἶναι ἴση με τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων U_1, U_2, U_3 κλπ., ἄρα καὶ ἡ συνολικὴ ἀντίσταση R τοῦ συνόλου τῶν καταναλώσεων σὲ σειρὰ θά εἶναι ἴση πρὸς:

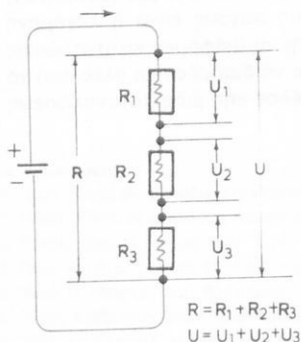
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

ὅπως φαίνεται καὶ στὸ σχῆμα 5.1β.

Στὸ εἶδος αὐτὸ τῆς συνδεσμολογίας ὑπάρχει τὸ ἐξῆς μειονέκτημα: Ἐάν προκληθεῖ διακοπὴ ρεύματος σὲ μιά ἀπὸ τίς καταναλώσεις, διακόπτεται ὅλο τὸ κύκλωμα.

Στὴ συνδεσμολογία σειρᾶς εἶναι δυνατόν νά συνδεθοῦν, ἐκτός ἀπὸ τίς καταναλώσεις, καὶ οἱ πηγές ὡς ἐξῆς:

Συνδέονται οἱ πόλοι διαφορετικῆς πολικότητας, δηλαδὴ ὁ θετικὸς πόλος τῆς μίας πηγῆς με τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς ἐπόμενης πηγῆς κ.ο.κ. Ἡ τάση τοῦ συνόλου τῶν πηγῶν εἶναι ἴση, στὴν περίπτωσι αὐτῇ, με τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων τῶν διαφόρων πηγῶν (σχ. 5.1γ).

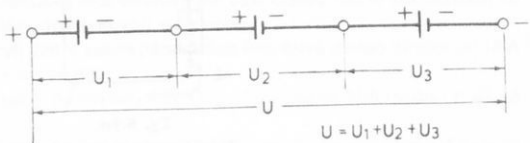


Σχ. 5.1β.

Οἱ ἀντιστάσεις σὲ σειρὰ προσθέτονται.

Σχ. 5.1γ.

Οἱ τάσεις σὲ σειρὰ προσθέτονται.

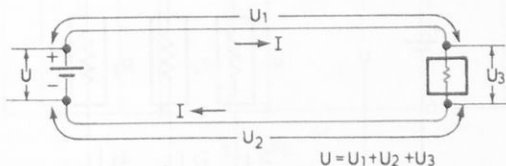


Ἐφαρμογὴ τῆς συνδεσμολογίας σειρᾶς ἔχομε καὶ ὅταν χρησιμοποιοῦμε τίς **ἀντιστάσεις σειρᾶς**. Αὐτές συνδέονται σὲ σειρὰ με μιά κατανάλωσι, ὅταν ἡ διαθέσιμη πηγὴ ἔχει τάση μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν **τάση λειτουργίας** (ὀνομαστικὴ τάση) τῆς καταναλώσεως. Ἡ ἀντίσταση σειρᾶς ἐκλέγεται, βεβαίως, καταλλήλως, ὥστε νά μειώνεται ἡ τάση τόσο, ὅσο ἀκριβῶς χρειάζεται γιὰ νά επικρατεῖ τελικὰ στὰ ἄκρα τῆς καταναλώσεως ἡ ἀπαιτούμενη τάση λειτουργίας τῆς.

Ἄλλη ἐφαρμογὴ τῆς συνδεσμολογίας σειρᾶς εἶναι ἡ αὔξησι τῆς τάσεως ποὺ εἶναι δυνατόν νά διατεθεῖ με σύνδεσι πολλῶν πηγῶν σὲ σειρὰ.

5.2 Πτώση τάσεως στους άγωγούς.

Σέ ένα κύκλωμα εκτός από τις αντίστασεις των καταναλώσεων υπάρχουν και οι αντίστασεις των συνδετικών άγωγών, οι οποίες, επειδή είναι πολύ μικρές συγκριτικά με τις αντίστασεις των καταναλώσεων, δέν μάς άπασχόλησαν στην παράγραφο 5.1. Έπειδή οι συνδετικοί άγωγοί συνδέονται σέ σειρά με τις καταναλώσεις, ή τάση της πηγής κατανέμεται: α) Στόν άγωγό πού άναχωρεί από τόν ένα πόλο της πηγής (θετικό πόλο) καί φθάνει στο ένα άκρο της καταναλώσεως. β) Στην κατανάλωση καί γ) στόν άλλο άγωγό, πού άναχωρεί από τό άλλο άκρο της καταναλώσεως καί έπιστρέφει στόν άλλο πόλο της πηγής (άρνητικό πόλο). Έτσι ή διατιθέμενη τάση στό άκρα της καταναλώσεως είναι μικρότερη από την τάση της πηγής, γιατί διαθέεται μέρος της τάσεως αυτής για τούς δύο συνδετικούς άγωγούς (σχ. 5.2). Έ έλάττωση της τάσεως της πηγής, πού όφείλεται στή διάθεση ενός τμήματος της τάσεως στους συνδετικούς άγωγούς, καλείται **πτώση τάσεως**.



Σχ. 5.2.

Πτώση τάσεως στους συνδετικούς άγωγούς.

Έ ή πτώση τάσεως είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερες είναι ή ένταση του ρεύματος, πού κυκλοφορεί στο κύκλωμα, καί ή αντίσταση των συνδετικών άγωγών. Έ ή πτώση αυτή είναι άνεπιθύμητη, γιατί δέν χρησιμεύει σέ τίποτε.

5.3 Παράλληλη συνδεσμολογία. Νόμος του Kirchhoff, εφαρμογές.

Έάν οι ηλεκτρικές καταναλώσεις ενός κυκλώματος συνδεθούν όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3α, δηλαδή εάν ή άρχή κάθε καταναλώσεως συνδεθεί με τό θετικό πόλο της πηγής καί τό τέλος κάθε καταναλώσεως με τόν άρνητικό πόλο της πηγής, λέμε ότι οι καταναλώσεις αυτές βρίσκονται σέ **παράλληλη συνδεσμολογία** ή ότι **συνδέονται κατά διακλάδωση**.

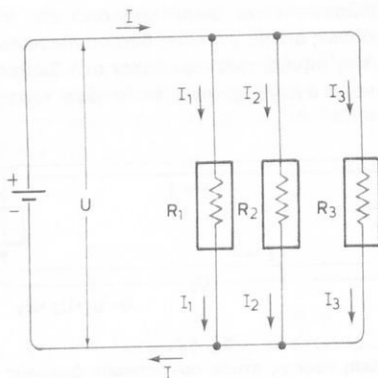
Στήν παράλληλη συνδεσμολογία όλες οι καταναλώσεις έχουν την ίδια τάση. Στή συνδεσμολογία αυτή, είναι δυνατόν νά διακοπεί ή τροφοδότηση μιås καταναλώσεως, χωρίς τούτο νά επηρεάζει ή λειτουργία των λοιπών καταναλώσεων. Τούτο είδαμε ότι δέν συμβαίνει στή συνδεσμολογία σειράς. Έ δυνατότητα άνεξάρτητης λειτουργίας των ηλεκτρικών καταναλώσεων κατά την παράλληλη σύνδεση καθιστά ή σύνδεση αυτή κατάλληλη νά χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των καταναλώσεων από τά δίκτυα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3α, τό ρεύμα, καθώς έξέρχεται από τό θετικό πόλο της πηγής, όδεύει πρós τις καταναλώσεις καί διακλαδίζεται πρós τούς διαφόρους

παράλληλους κλάδους του κυκλώματος. Η ένταση του συνολικού ρεύματος (πρίν από τη διακλάδωση) ισούται με το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων των διαφόρων κλάδων, δηλαδή:

$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

Η σχέση αυτή εκφράζει το νόμο του Kirchhoff (Κίρχωφ). Σύμφωνα με το νόμο αυτόν: **Τά ρεύματα των διαφόρων κλάδων όταν εξέρχονται από τις καταναλώσεις συνθέτονται πάλι στο αρχικό ρεύμα στο συνδετικό άγωγο επιστροφής προς την πηγή (τόν αρνητικό πόλο).**



Σχ. 5.3α.

Παράλληλη συνδεσμολογία καταναλώσεων.

Από το νόμο του Κίρχωφ συνάγεται ότι η συνολική αντίσταση, πού παρουσιάζουν στη ροή του ρεύματος όλες οι καταναλώσεις κατά την παράλληλη συνδεσμολογία, υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

όπου : R είναι η συνολική αντίσταση και R_1, R_2 κλπ. οι αντιστάσεις των καταναλώσεων σε κάθε κλάδο.

Παράδειγμα.

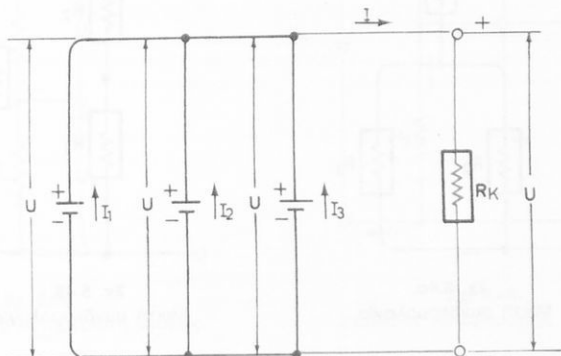
Η συνολική αντίσταση (ισοδύναμη αντίσταση) δύο αντιστάσεων 6Ω και 4Ω πού συνδέονται παράλληλα θά είναι ίση προς:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}} = 2,4 \Omega$$

Εκτός από τις καταναλώσεις και οι πηγές είναι δυνατόν νά συνδεθούν παράλληλα. Προς τούτο συνδέονται μεταξύ τους όλοι οι θετικοί πόλοι των πηγών

καθώς και όλοι οι άρνητικοί τους πόλοι, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3β.

Η συνολική τάση, που επικρατεί στα άκρα της ομάδας των πηγών, είναι ίση προς την τάση κάθε πηγής, αλλά το συνολικό ρεύμα είναι ίσο προς το άθροισμα των ρευμάτων των διάφορων πηγών. Η παράλληλη συνδεσμολογία των πηγών επιβάλλει, γενικά, τη χρησιμοποίηση πηγών ίσης τάσεως.



Σχ. 5.3β.

Παράλληλη συνδεσμολογία πηγών.

Κατά την παράλληλη συνδεσμολογία, λοιπόν, η συνολική αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος είναι μικρότερη και από τη μικρότερη αντίσταση της ομάδας· ενώ στην περίπτωση παράλληλης συνδέσεως πηγών, το διαθέσιμο συνολικό ρεύμα από την ομάδα των πηγών είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα κάθε πηγής.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι διάφορες συσκευές και μηχανές για να λειτουργήσουν τροφοδοτούνται από το δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. δίκτυο πόλεως). Γι' αυτό, έφόσον συνδέονται κατά διακλάδωση, πρέπει να είναι κατασκευασμένες για την ίδια τάση λειτουργίας (την τάση που διαθέτει το δίκτυο διανομής).

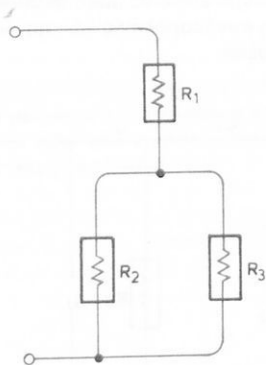
5.4 Μικτή συνδεσμολογία.

Εάν έχουμε τρεις καταναλώσεις και τις συνδέσουμε κατά έναν από τους δύο τρόπους, που φαίνονται στα σχήματα 5.4α και 5.4β, λέμε ότι οι καταναλώσεις αυτές βρίσκονται σε **μικτή συνδεσμολογία**.

Στην περίπτωση του σχήματος 5.4α, η κατανάλωση αντίστασεως R_1 συνδέεται σε σειρά με τις καταναλώσεις αντίστασεων R_2 και R_3 που έχουν συνδεθεί παράλληλα· στην περίπτωση του σχήματος 5.4β η κατανάλωση αντίστασεως R_1 συνδέεται παράλληλα με τις καταναλώσεις αντίστασεων R_2 και R_3 που έχουν συνδεθεί σε σειρά. Και στις δύο περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί και οι δύο τρόποι συνδεσμολογίας (παράγρ. 5.1 και 5.3) ταυτοχρόνως, γι' αυτό καλούμε τη συνδεσμολογία αυτή **μικτή**.

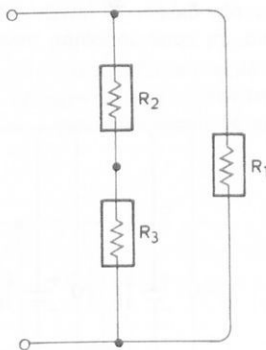
Εφαρμογή της μικτής συνδεσμολογίας αποτελεί ο λεγόμενος **καταμεριστής**

τάσεως (ποτενσιόμετρο), τό όποίο άποτελείται άπό δύο άντιστάσεις R_1 καί R_2 πού έχουν συνδεθεί σέ σειρά (σχ. 5.4γ).



Σχ. 5.4α.

Μικτή συνδεσμολογία.



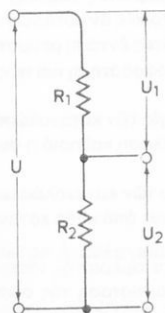
Σχ. 5.4β.

Μικτή συνδεσμολογία.

Σύμφωνα μέ όσα έχουν εκτεθεί στήν παράγραφο 5.1, ή τάση U , πού εφαρμόζεται στα άκρα του καταμεριστή τάσεως, κατανέμεται στίς δύο άντιστάσεις του (σχ. 5.4γ). Έάν στα άκρα της άντιστάσεως R_2 συνδεθεί παράλληλα κατανάλωση μέ άντίσταση R_k , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.4δ, τότε ή τάση U θά κατανεμηθεί πάλι στήν άντίσταση R_1 καί στήν ομάδα άντιστάσεων R_2 καί R_k . "Ετσι, εάν έχομε διαθέσιμη τάση U καί θέλομε νά τροφοδοτήσομε μία κατανάλωση μέ μικρότερη τάση, τήν τροφοδοτούμε άπό τά άκρα της άντιστάσεως R_2 ενός καταμεριστή τάσεως. Συνήθως χρησιμοποιούνται καταμεριστές τάσεως, πού αποτελούνται άπό μίαν άντίσταση, κατά μήκος της οποίας όλισθαίνει σύρτης. "Από τό σύρτη αυτόν άναχωρεί τό σύρμα, τό όποίο συνδέεται στο ένα άκρο της καταναλώσεως, ενώ τό άλλο άκρο της συνδέεται σταθερά μέ ένα άπό τά δύο άκρα της άντιστάσεως (σχ. 5.4ε). Κατ' αυτόν τόν τρόπο, άνάλογα μέ τή θέση στήν όποία βρίσκεται ό κινητός σύρτης επάνω στήν άντίσταση του καταμεριστή, ή άντίσταση αύτή χωρίζεται σέ δύο τμήματα άντιστάσεων, R_1 καί R_2 , τά όποία είναι δυνατόν νά αύξομειώνονται συνεχώς. "Ετσι επιτυγχάνεται ή συνεχής (χωρίς βαθμίδες) ρύθμιση της τάσεως στα άκρα της άντιστάσεως R_2 , πού σχηματίζεται κάθε φορά γιά κάθε θέση του σύρτη.

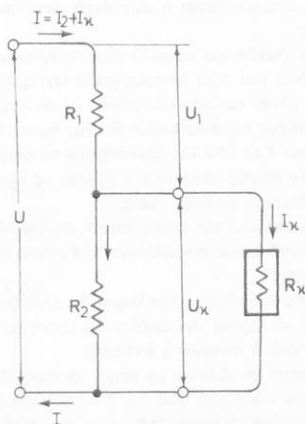
Στήν πραγματικότητα, τόσο οί άντιστάσεις σειράς πού είδαμε στήν παράγραφο 5.1, όσο καί οί καταμεριστές τάσεως αποτελούνται συνήθως άπό γυμνό σύρμα, τό όποίο έχει περιτυλιχθεί επάνω σ' ένα κύλινδρο άπό μονωτικό ύλικό (π.χ. πορσελάνη). Στόν κύλινδρο αυτόν όλισθαίνει, ενώ βρίσκεται πάντοτε σέ έπαφή μέ τό σύρμα, ένας μεταλλικός σύρτης, πού κινείται κατά μήκος του κυλίνδρου αυτού (σχ. 5.4στ).

"Άλλη μορφή μεταβλητών άντιστάσεων ή καταμεριστών είναι αύτή πού παριστάνεται στο σχήμα 5.4ζ. "Η όλη άντίσταση άποτελείται άπό πολλά μικρά τμήματα, πού καταλήγουν σέ μεταλλικά δισκοειδή πλακίδια. Μέ τά πλακίδια αυτά έρχεται σέ έπαφή, κατά τήν περιστροφή του, ένα χειροστρόφαλο, πού άποτελεί τήν κεντρική λήψη.



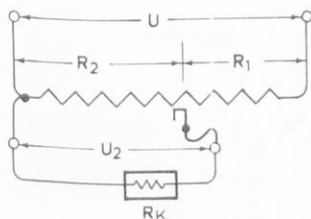
Σχ. 5.4γ.

Συνδεσμολογία καταμεριστή τάσεως.



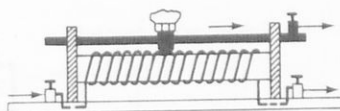
Σχ. 5.4δ.

Σταθερός καταμεριστής τάσεως.



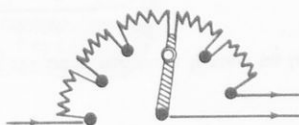
Σχ. 5.4ε.

Μεταβλητός καταμεριστής τάσεως.



Σχ. 5.4στ.

Μεταβλητές αντιστάσεις.



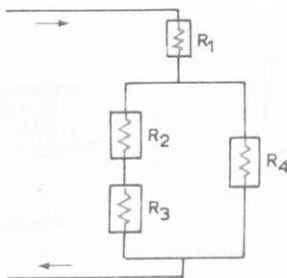
Σχ. 5.4ζ.

Μεταβλητές αντιστάσεις.

5.5 Έρωτήσεις.

1. Πώς υπολογίζεται ή συνολική (ισοδύναμη) αντίσταση στην περίπτωση της συνδεσμολογίας σειράς;
2. Ποιά ή σχέση της τάσεως, πού επικρατεί στα άκρα μιάς ομάδας αντιστάσεων συνδεμένων σέ σειρά, μέ τις τάσεις πού επικρατούν στα άκρα κάθε αντιστάσεως;
3. Σέ ποιές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι αντιστάσεις σειράς;
4. Τι είναι ή πτώση τάσεως καί πώς δημιουργείται;
5. Πώς συνδέονται οι ηλεκτρικές καταναλώσεις στην παράλληλη συνδεσμολογία;
6. Ποιό τό πλεονέκτημα της παράλληλης συνδεσμολογίας άπέναντι στη συνδεσμολογία σειράς; Πώς αξιοποιείται τό πλεονέκτημα αυτό;

7. Πώς υπολογίζεται ή συνολική αντίσταση στην περίπτωση της παράλληλης συνδεσμολογίας;
8. Πότε συγδέουμε παράλληλα τις ηλεκτρικές πηγές;
9. Τι είναι και πώς λειτουργεί ο καταμεριστής τάσεως (ποτενσιόμετρο);
10. Πώς είναι κατασκευασμένες οι αντιστάσεις σειράς και οι καταμεριστές τάσεως;
11. Τέσσερες καταναλώσεις R_1 , R_2 , R_3 , και R_4 έχουν αντίστοιχα ηλεκτρικές αντιστάσεις 4Ω , 2Ω , 5Ω και 7Ω . "Αν τις συνδέσουμε σέ σειρά, γιά νά περάσει από αυτές ένταση ρεύματος 4 A , πόσες πηγές τάσεων 9 V πρέπει νά χρησιμοποιήσουμε γιά τήν τροφοδότηση και πώς θά τις συνδέσουμε μεταξύ τους;
12. Στό κύκλωμα τής άσκήσεως 1, άν αλλάξομε μόνο τή συνδεσμολογία τών καταναλώσεων και τις συνδέσομε παράλληλα, τί ένταση θά περνά από κάθε κατανάλωση και ποιά ή συνολική ένταση;
13. Στό προηγούμενο κύκλωμα, άν αλλάξομε πάλι τή συνδεσμολογία τών καταναλώσεων έτσι, ώστε νά έχομε τήν ακόλουθη μικτή σύνδεση, τί ένταση θά περάσει από κάθε κατανάλωση και ποιά ή συνολική ένταση;
14. Συσκευή συνδέεται μέ πηγή τάσεως 220 V , άφοϋ παρεμβληθεί καταμεριστής τάσεως, τοϋ όποιου κάθε μία από τις 2 αντιστάσεις είναι διπλάσια από τήν αντίσταση τής συσκευής. Πόση είναι ή τάση στά άκρα τής συσκευής;
15. Συσκευή έσωτερικής αντίστάσεως 15Ω συνδέεται μέ ηλεκτρική πηγή 115 V , μέ τή βοήθεια συνδετικών άγωγών από χαλκό, διατομής $1,5\text{ mm}^2$, πού έχομε και οι δύο μαζί μήκος 90 m .



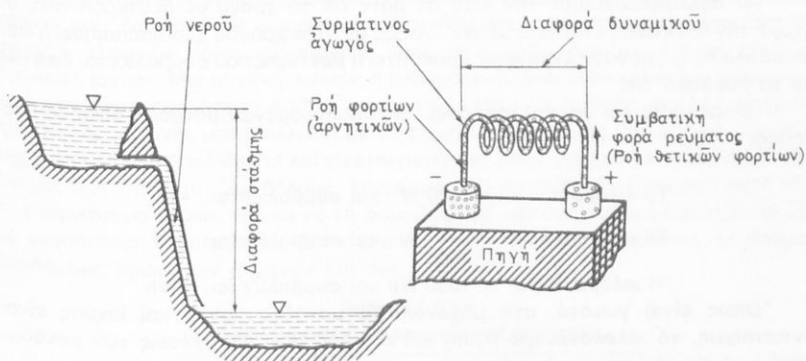
Πόση θά είναι ή τάση στά άκρα τής συσκευής;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΕΡΓΟ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ

6.1 Ήλεκτρική ενέργεια.

Όπως γνωρίζουμε από τη Φυσική, αν σε δύο θέσεις με διαφορετική στάθμη προκληθεί ροή νερού από την ψηλότερη στάθμη προς τη χαμηλότερη (σχ. 6.1), μετά την πτώση του το νερό θα έχει κινητική ενέργεια, ή οποία θα είναι ίση προς το γινόμενο του βάρους του νερού που πέφτει επί τη διαφορά της στάθμης (τό ύψος της πτώσεως). Κατά παρόμοιο τρόπο, αν υπάρχει διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο



Σχ. 6.1.

Κινητική και ηλεκτρική ενέργεια.

σημείων και προκληθεί (υστερα από αγωγή σύνδεση των σημείων αυτών) ροή ηλεκτρικών φορτίων (ηλεκτρικό ρεύμα) από το σημείο υψηλότερου δυναμικού προς το σημείο χαμηλότερου δυναμικού (παράγρ. 2.5), παράγεται έργο ίσο προς το γινόμενο του συνολικού φορτίου που ρέει επί τη διαφορά δυναμικού.

“Ωστε η **ηλεκτρική ενέργεια** του φορτίου που ρέει είναι ίση προς:

$$A = U \cdot Q$$

όπου : A είναι η ηλεκτρική ενέργεια· U ή διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση) και Q το ηλεκτρικό φορτίο.

Έάν τό φορτίο Q μεταφέρεται από ηλεκτρικό ρεύμα εντάσεως I επί χρόνο t (παράγρ. 3.5), ή ηλεκτρική ενέργεια θά είναι:

$$A = U \cdot I \cdot t$$

6.2 Ηλεκτρική ισχύς.

Όπως γνωρίζομε από τή φυσική, ή ισχύς είναι τό έργο πού εκτελείται στή μονάδα του χρόνου. Παρόμοια καί ή **ηλεκτρική ισχύς**, ή όποία συμβολίζεται μέ N , θά είναι ίση (παράγρ. 6.1) μέ :

$$N = U \cdot I$$

Μονάδα μετρήσεως τής ηλεκτρικής ισχύος είναι τό **βάττ** (άπό τό όνομα του Άγγλου μηχανικού J. Watt), μέ διεθνές σύμβολο τό κεφαλαίο λατινικό γράμμα W .

Αν ή τάση του συνεχούς ρεύματος εκφράζεται σέ βόλτ καί ή ένταση σέ άμπέρ, τό γινόμενό τους εκφράζεται σέ βάττ. Η προηγούμενη σχέση, λοιπόν, πού δίνει τήν ηλεκτρική ισχύ, μέ τή χρησιμοποίηση των μονάδων πού αναφέραμε γίνεται:

$$\text{Βάττ} = \text{Βόλτ} \times \text{Άμπέρ ή}$$

$$W = V \cdot A$$

Αν πολλαπλασιάσομε τήν ισχύ σέ βάττ επί τό χρόνο σέ δευτερόλεπτα, θά έχομε τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ Ws . Αν ως μονάδα χρόνου χρησιμοποιηθεί ή ώρα (σύμβολο h), ως μονάδα ενέργειας προκύπτει ή **βαττώρα**, πού συμβολίζεται διεθνώς μέ τό σύμβολο Wh .

Πολλαπλάσια καί ύποπολλαπλάσια των προηγούμενων μονάδων είναι τά ακόλουθα:

$$\text{Τό κιλοβάττ} = 1000 \text{ W καί συμβολίζεται: kW}$$

$$\text{Τό μιλλιβάττ} = \frac{1}{1000} \text{ W καί συμβολίζεται: mW}$$

$$\text{Η κιλοβαττώρα} = 1000 \text{ Wh καί συμβολίζεται: kWh}$$

Όπως είναι γνωστό, στή μηχανολογία μονάδες έργου καί ισχύος είναι, αντίστοιχως, τό **κιλοπόνμετρο** (kpm) καί ό ίππος (PS). Οί σχέσεις των μονάδων αυτών μέ τίς ηλεκτρικές αντίστοιχες μονάδες είναι:

$$1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ Ws} = 0,00272 \text{ Wh}$$

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

Μιά άλλη μονάδα έργου είναι τό **νιοϋτον μέτρο** (Nm).

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws καί } 1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ Nm.}$$

6.3 Βαθμός απόδοσεως.

Κατά τή μετατροπή τής ενέργειας από μιά μορφή σέ άλλη μέ τή βοήθεια π.χ. μηχανής, δεν επιτυγχάνεται ή μετατροπή όλόκληρου του ποσού ενέργειας πού

διαθέτεται στην επιθυμητή μορφή. Αυτό συμβαίνει, γιατί, ταυτόχρονα, μικρό μέρος της ενέργειας αυτής μετατρέπεται και σε άλλες μορφές, οι οποίες είναι άχρηστες για τό σκοπό πού επιδιώκεται από τη συγκεκριμένη μηχανή. Έτσι, ο ηλεκτρικός κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, ενώ ταυτόχρονα παράγεται και θερμική ενέργεια. Αυτή χάνεται, χωρίς να είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί, και έχει ως αποτέλεσμα να θερμαίνει τόν κινητήρα και τόν άερα πού τόν περιβάλλει. Η άνεπιθύμητη αυτή θερμική ενέργεια καλείται **άπώλεια** ενέργειας.

Η ποσοτική σχέση τών ενεργειών, επομένως, για κάθε περίπτωση μετασχηματισμού ενέργειας έχει ως εξής:

$$\text{Παραλαμβανόμενη ενέργεια} = \text{ώφέλιμη ενέργεια} + \text{άπώλεια ενέργειας}$$

Η σχέση αυτή εφαρμόζεται βέβαια και στην περίπτωση της ισχύος, γιατί δέν επηρεάζεται από τό χρόνο λειτουργίας τών μηχανών ή συσκευών.

Θά έχομε λοιπόν:

$$\text{Παραλαμβανόμενη ισχύς} = \text{ώφέλιμη ισχύς} + \text{άπώλεια ισχύος}$$

Τό πηλίκον τής ωφέλιμης ισχύος (αποδιδόμενης ισχύος) πρός τήν ισχύ πού παραλαμβάνεται καλείται **βαθμός αποδόσεως** μιās μηχανής ή συσκευής καί συμβολίζεται μέ τό μικρό έλληνικό γράμμα η . Μέ τό πηλίκον αυτό, έχομε μιάν εικόνα του μεγέθους τών απωλειών ισχύος.

Πραγματικά ο βαθμός αποδόσεως η , πού, όπως εύκολα προκύπτει από τή σχέση ισχύος πού διατυπώθηκε παραπάνω, είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τή μονάδα, πλησιάζει τόσο περισσότερο πρός τή μονάδα, όσο μικρότερες είναι οι απώλειες ισχύος. Μιά μηχανή, λοιπόν, ή μία συσκευή είναι τόσο καλύτερη (οικονομικότερη), όσο μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως έχει. Ο βαθμός αποδόσεως μιās ηλεκτρικής μηχανής μεταβάλλεται μέ τό φορτίο τής μηχανής (δηλαδή μέ τήν ισχύ τής μηχανής πού αποδίδεται) καί γίνεται μέγιστος, όταν ή μηχανή λειτουργεί μέ τήν όνομαστική της ισχύ. Αν θέλομε, επομένως, μιā μηχανή νά λειτουργεί κατά τόν οικονομικότερο τρόπο, πρέπει νά τή φορτίζομε μέ τήν όνομαστική της ισχύ καί όχι μέ μεγαλύτερη ή μικρότερη. Στόν Πίνακα 6.3.1 δίνονται, ένδεικτικά, οι βαθμοί αποδόσεως όρισμένων μηχανών καί συσκευών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1.

Βαθμοί αποδόσεως μηχανών καί συσκευών.

α/α	Ηλεκτρική κατανάλωση	Βαθμός αποδόσεως
1	Βραστήρας έμβαπτίσεως 100 W	0,95
2	Θερμοσίφωνα 80 λίτρων	0,87
3	Κινητήρας έναλλασσόμενου ρεύματος 100 W	0,50
4	Λαμπτήρας πυρακτώσεως 40 W	0,015
5	Μαγειρική έστία 2 kW	0,65
6	Μετασχηματιστής 1 kVA	0,90
7	Τριφασικός κινητήρας	0,80

6.4 Έρωτήσεις.

1. Ποιά ή αναλογία μεταξύ ροής νερού και ροής φορτίου ηλεκτρικού ρεύματος στην παραγωγή έργου;
2. Ποιά ή έκφραση του ηλεκτρικού έργου και της ηλεκτρικής ισχύος;
3. Με πόσα kW ισοδυναμεί ένας ίππος (PS);
4. Γιατί ο βαθμός αποδόσεως χαρακτηρίζει ποιοτικά μία μηχανή ή συσκευή;
5. Πόση ισχύ απορροφά από την ηλεκτρική πηγή με την οποία συνδέεται για να λειτουργήσει ηλεκτρικός κινητήρας αποδιδόμενης ισχύος 2 PS, αν έχει βαθμό αποδόσεως $\eta = 0,75$;
6. Συσκευή καταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας συνδέεται με ηλεκτρική πηγή τάσεως 220 V.
"Αν η συσκευή έχει εσωτερική αντίσταση 26,8 Ω, πόση ισχύ θα απορροφά; Πόση θα είναι η ηλεκτρική ενέργεια που θα χρειαστεί για να λειτουργήσει η συσκευή για 24 h;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ—ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

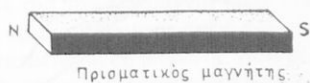
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

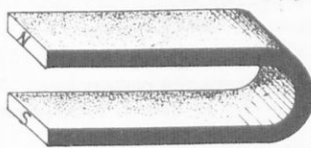
7.1 Φυσικοί καί τεχνητοί μαγνήτες, μαγνητικοί πόλοι, μαγνήτιση έξ έπαγωγής.

Όπως είναι γνωστό από τή Φυσική, υπάρχει ένα όρυκτό (τό όξειδιο του σιδήρου), πού έχει τήν ιδιότητα νά έλκει καί νά συγκρατεί άλλα σώματα από σίδηρο (χάλυβα, χυτοσίδηρο), νικέλιο ή κοβάλτιο. Τήν έλκτική αυτή ιδιότητα όνομάζομε **μαγνητισμό** καί τό όρυκτό πού τήν έχει **μαγνήτη** (τό όρυκτό αυτό όνομάσθηκε έτσι, γιατί βρέθηκε γιά πρώτη φορά στή Μαγνησία τής Μ. Ασίας).

Τά ύλικά, πού έλκονται από τό μαγνήτη, καλοϋνται **σιδηρομαγνητικά** ή απλώς **μαγνητικά ύλικά**.



Πρισματικός μαγνήτης.



Πεταλοειδής μαγνήτης



Ρομβοειδής μαγνήτης

Σχ. 7.1α.

Συνηθισμένα σχήματα μαγνητών.

Τά ύλικά, πού δέν έλκονται από τό μαγνήτη (όπως ό χαλκός, τό άλουμίνιο κλπ.), καλοϋνται **μή μαγνητικά**.

Τό όρυκτό πού άναφέραμε παραπάνω είναι **φυσικός μαγνήτης**· υπάρχουν όμως καί **τεχνητοί μαγνήτες**, οι όποιοι κατασκευάζονται από χάλυβα ή κράματα του χάλυβα μέ κατάλληλη έπεξεργασία καί έχουν διάφορα σχήματα (σχ. 7.1α).

Ἡ ἐλκτική δύναμη τῶν μαγνητῶν δέν εἶναι ἴδια σέ ὅλα τά σημεῖα τους. Ἐτσι, ἂν ἔχομε ἕνα πρισματικό μαγνήτη καί τόν πλησιάσομε σέ μικροαντικείμενα ἀπό σίδηρο (καρφάκια, ρινίσματα, καρφίτσες κλπ.), θά διαπιστώσομε ὅτι ἡ ἐλκτική δύναμη εἶναι μέγιστη στά ἄκρα τοῦ μαγνήτη καί ἐλαττώνεται, βαθμίδῶν, ὅσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπό τά ἄκρα· μηδενίζεται τελείως στό μέσο. Οἱ θέσεις τῆς μέγιστης ἐλξεως (τά ἄκρα) καλοῦνται **πόλοι** τοῦ μαγνήτη, ἐνῶ τό μεσαῖο του τμήμα καλεῖται **οὐδέτερη ζώνη**.

Ἐάν ἀναρτήσομε ἕνα μαγνήτη ἀπό τό κέντρο βάρους του, θά παρατηρήσομε ὅτι προσανατολίζεται πάντοτε κατὰ τέτοιο τρόπο, ὥστε ὁ ἴδιος πόλος νά κατευθύνεται πάντοτε πρὸς τὸ βορρᾶ καί ὁ ἄλλος πόλος πρὸς τὸ νότο. Οἱ δύο πόλοι, λοιπόν, δέν εἶναι ἴδιοι καί, γιά νά τούς διακρίνομε, ὁ ἕνας καλεῖται **βόρειος πόλος** τοῦ μαγνήτη καί ὁ ἄλλος **νότιος πόλος**. Ὁ βόρειος πόλος συμβολίζεται μέ τό κεφαλαῖο λατινικό γράμμα N καί ὁ νότιος πόλος μέ τό γράμμα S (ἀπό τίς γαλλικές λέξεις Nord = Βορρᾶς καί Sud = Νότος).

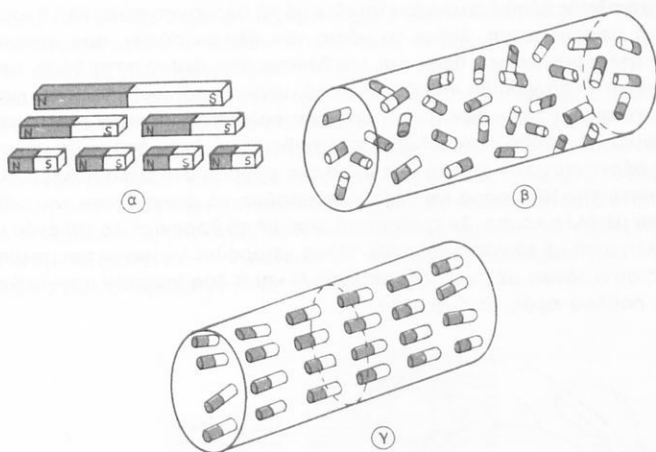
Ἐάν πλησιάσομε τὸ βόρειο πόλο ἑνός μαγνήτη στό βόρειο πόλο ἑνός ἄλλου μαγνήτη, πού μπορεῖ νά κινεῖται εὐκόλα, θά παρατηρήσομε ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται. Τό ἴδιο συμβαίνει, ἐάν πλησιάσομε μεταξύ τους δύο νότιους πόλους. Ἐάν ὅμως, πλησιάσομε τὸ βόρειο πόλο τοῦ ἑνός μαγνήτη πρὸς τὸ νότιο πόλο τοῦ ἄλλου μαγνήτη, θά παρατηρήσομε ὅτι αὐτοὶ οἱ δύο πόλοι ἔλκονται (σχ. 7.1β). Ἀπό τίς παρατηρήσεις αὐτές προέκυψε τὸ συμπέρασμα ὅτι: **οἱ ὁμώνυμοι πόλοι τῶν μαγνητῶν ἀπωθοῦνται, ἐνῶ οἱ ἐτερόνυμοι ἔλκονται**.



Σχ. 7.1β.

Ἀπωση μαγνητικῶν πόλων.

Ἐάν κόψομε ἕνα μαγνήτη (π.χ. μέ μορφή πρισματικῆς ράβδου) στή μέση καί ἐλέγξομε τά δύο κομμάτια μέ τή μαγνητική βελόνα, θά διαπιστώσομε ὅτι κάθε νέο κομμάτι εἶναι ἕνας τέλειος μαγνήτης μέ βόρειο καί νότιο πόλο καί οὐδέτερη ζώνη. Ἄν κάθε ἕνα ἀπό τά δύο αὐτά κομμάτια κοπεῖ στή μέση, θά προκύψουν τέσσερις τέλειοι μαγνήτες [σχ. 7.1γ (α)]. Τέλος, ἐάν φαντασθοῦμε ὅτι συνεχίζομε τή διαίρεση τοῦ ἀρχικοῦ μαγνήτη, μέχρι πού νά χωρισθεῖ στά μῦρια του, τότε κάθε ἕνα ἀπό αὐτά θά εἶναι καί ἕνας τέλειος **στοιχειώδης μαγνήτης**. Τά μῦρια ἑνός ὁποιουδήποτε σώματος ἀπό σιδηρομαγνητικό ὑλικό εἶναι στοιχειώδεις μαγνήτες. Οἱ μαγνήτες ὅμως αὐτοί, ὅταν τὸ σῶμα δέν εἶναι μαγνητισμένο, εἶναι προσανατολισμένοι ἐντελῶς τυχαῖα [σχ. 7.1γ(β)] καί μάλιστα ἔτσι, ὥστε ὁ βόρειος πόλος ἑνός μορίου νά ἐξουδετερώνεται ἀπό τὸ νότιο πόλο ἄλλων μορίων πού γειτονεῦσιν μέ αὐτό. Ἐτσι ἐξωτερικά δέν ἐκδηλώνεται καμιά μαγνητική δύναμη. Ἄν ὅμως πλησιάσομε στό ἕνα ἄκρο τοῦ σώματος αὐτοῦ ἕναν ἰσχυρό μαγνήτη, θά προκληθεῖ ἐλξη πρὸς τὸ μέρος



Σχ. 7.1γ.

Στοιχειώδεις μαγνήτες.

του ισχυρού μαγνήτη όλων των πόλων των μορίων του σώματος, οί οποίοι είναι έτερώνυμοι προς τόν πόλο του ισχυρού μαγνήτη. Μέ τόν τρόπο αυτόν τά μόρια του σώματος περιστρέφονται καί διατάσσονται, όπως φαίνεται στό σχήμα 7.1γ(γ). "Όταν συμβεί αυτό, τό σώμα μετατρέπεται σέ μαγνήτη, γιατί όλα τά μόρια του ενός άκρου του έχουν τό βόρειο πόλο τους στραμμένο προς τά έξω, όπως καί τά μόρια του άλλου άκρου έχουν τό νότιο πόλο τους στραμμένο επίσης προς τά έξω αλλά από την αντίθετη πλευρά. Στά άκρα του σώματος, λοιπόν, δημιουργούνται μαγνητικοί πόλοι, ενώ στό μέσο του, όπου οί αντίθετοι πόλοι άλληλοεξουδετερώνονται, δημιουργείται ουδέτερη ζώνη. 'Ο τρόπος αυτός **μαγνητίσεως** ενός άρχικά ουδέτερου σώματος καλεϊται **μαγνήτιση έξ έπαγωγής**.

7.2 Μόνιμοι μαγνήτες, μαγνητικό πεδίο, εφαρμογές.

Υπάρχουν σιδηρομαγνητικά ύλικά, όπως είναι ό σίδηρος, πού μετά τή μαγνήτισή τους (π.χ. μετά την άπομάκρυνση του μαγνήτη, στην περίπτωση τής μαγνητίσεως έξ άπαγωγής, πού περιγράψαμε στην παράγραφο 7.1) χάνουν τό μαγνητισμό τους· αυτό συμβαίνει, γιατί όλα σχεδόν τά μόριά τους επιστρέφουν στην κατάσταση άταξίας, πού επικρατούσε πρίν από τή μαγνήτιση. "Αλλά σιδηρομαγνητικά ύλικά όμως, όπως είναι ό χάλυβας (καί μάλιστα ό χάλυβας πού έχει ύποστεί κατεργασία σκληρύνσεως, δηλαδή ό βαμμένος χάλυβας) διατηρούν τό μαγνητισμό τους· γιατί μετά τή μαγνήτισή τους όλα σχεδόν τά μόριά τους (οί στοιχειώδεις μαγνήτες) δέν επιστρέφουν στην κατάσταση άταξίας, αλλά παραμένουν προσανατολισμένα. Τοῦτο οφείλεται στην έσωτερική τριβή.

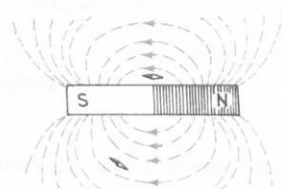
Υπάρχει όμως τρόπος και τα υλικά που διατηρούν τό μαγνητισμό τους να **απομαγνητισθούν**. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τη θέρμανση σε ύψηλή θερμοκρασία είτε με τη σφυρηλάτηση, όποτε τα μόρια των υλικών αυτών, που μετακινούνται δύσκολα, αλλάζουν τελικά θέση και λαμβάνουν την ακανόνιστη θέση τους.

Η ιδιότητα του χάλυβα να μην χάνει τό μαγνητισμό του, τόν κάνει κατάλληλο για την κατασκευή τεχνητών μαγνητών, που καλούνται **μόνιμοι μαγνήτες**. Για να μαγνητίσουμε μιά ράβδο από χάλυβα, την τρίβουμε με έναν από τούς πόλους ενός μαγνήτη, σέρνοντάς τον από τό ένα άκρο της ράβδου στο άλλο πολλές φορές και πάντοτε κατά την ίδια φορά (σχ. 7.2α). Μπορούμε να μαγνητίσουμε μιά ράβδο από χάλυβα και με άλλο τρόπο· αν τρίψουμε τη μισή με τό βόρειο πόλο (N) ενός μαγνήτη και την άλλη μισή με τό νότιο πόλο (S). Τέλος, μπορούμε να μαγνητίσουμε μιά ράβδο, τρίβοντας συγχρόνως με τούς δύο πόλους N και S δύο ίσχυρων μαγνητών από τό μέσο της ράβδου προς τα άκρα της.



Σχ. 7.2α.

Μαγνήτιση χαλύβδινης ράβδου.



Σχ. 7.2β.

Μαγνητικές γραμμές.

Στήν περιοχή ενός μαγνήτη εξασκούνται δυνάμεις είτε έλκτικές είτε άπωθητικές (π.χ. τεμάχια από σιδηρομαγνητικά υλικά έλκονται από ένα μαγνήτη, όταν βρεθούν κοντά του). Κάθε χώρο, μέσα στον όποιο εξασκούνται δυνάμεις μεταξύ των σωμάτων που βρίσκονται μέσα στο χώρο αυτό, χωρίς τα σώματα να έρχονται σε όποιαδήποτε έπαφή μεταξύ τους, λέμε ότι αποτελεί **δυναμικό πεδίο**. Στήν περίπτωση των μαγνητών, στήν περιοχή των όποιων εξασκούνται δυνάμεις από απόσταση, έχομε, ειδικότερα, **μαγνητικό πεδίο**.

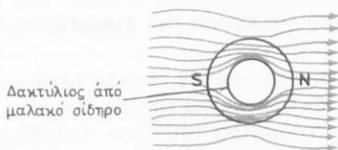
Αν κάτω από μιά γιάλινη πλάκα τοποθετήσουμε ένα μαγνήτη σε σχήμα ράβδου και επάνω στήν πλάκα ρίξουμε ρινίσματα σιδήρου ή σκόνη νικελίου, αυτά μετατρέπονται σε πολύ μικρούς μαγνήτες και προσανατολίζονται έτσι, ώστε να σχηματίζουν τοξοειδείς γραμμές, οι όποιες κατευθύνονται από τόν έναν πόλο προς τόν άλλο (σχ. 7.2β).

Συμβατικά έχει καθορισθεί και ή φορά των γραμμών αυτών, που καλούνται **μαγνητικές γραμμές** και καθορίζουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου. Η φορά αυτή είναι από τό βόρειο πόλο προς τό νότιο πόλο έξω από τό μαγνήτη, και από τό νότιο πόλο προς τό βόρειο πόλο μέσα στο μαγνήτη, γιατί οι μαγνητικές γραμμές είναι κλειστές. Αν οι μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες και έχουν την ίδια μεταξύ

τους απόσταση, λέμε ότι έχουμε **όμοιόμορφο μαγνητικό πεδίο**. "Αν οι μαγνητικές γραμμές είναι πυκνές, λέμε ότι έχουμε **ισχυρό μαγνητικό πεδίο** (οι εξασκούμενες δυνάμεις είναι μεγάλες), ενώ, εάν είναι αραιές, τό μαγνητικό πεδίο είναι **ασθενές**.

Έάν μέσα σέ ένα όμοιόμορφο μαγνητικό πεδίο τοποθετήσομε ένα δακτύλιο από μαλακό σίδηρο, θά παρατηρήσομε ότι οι μαγνητικές γραμμές κάμπτονται καί διέρχονται μέσα από τή μάζα του σιδήρου (σχ. 7.2γ), όποτε στό χώρο πού περιβάλλει τό δακτύλιο αραιώνουν ή καί έκλείπουν τελειώς. Ή ιδιότητα του μαλακού σιδήρου νά συγκεντρώνει μέσα στή μάζα του τίς μαγνητικές γραμμές, όφείλεται στό γεγονός ότι ό σίδηρος έχει μεγαλύτερη **μαγνητική διαπερατότητα** από τόν άέρα.

Μέ τούς μόνιμους μαγνήτες άσκούνται σχετική ισχυρές δυνάμεις, πού αξιοποιούνται στήν τεχνική γιά τήν κατασκευή διαφόρων διατάξεων πού συγκρατούν άντικείμενα από σιδηρομαγνητικό ύλικό.



Σχ. 7.2γ.

Μαγνητική διαπερατότητα του μαλακού σιδήρου.

Έτσι κατασκευάζονται διατάξεις συγκρατήσεως από μόνιμους μαγνήτες γιά τήν έλξη καί συγκράτηση μεταλλικών άντικειμένων πάνω στίς εργαλειομηχανές κατά τή μηχανική κατεργασία τους, πάνω στίς μηχανές συγκολλήσεως, γιά τή διευκόλυνση τής συγκολλήσεως κλπ.

Οί μόνιμοι μαγνήτες βρίσκουν, έπίσης, έφαρμογή στήν κατασκευή διατάξεων μαγνητικού κλεισίματος θυρών, στή μεταφορά μικρών άντικειμένων, στή συγκράτηση σωματιδίων από σίδηρο τά όποία παρασύρονται μέσα στά διάφορα ρευστά (π.χ. λάδια λιπάνσεως) καί τά όποία πρέπει νά άφαιρεθοϋν κλπ.

7.3 Έρωτήσεις.

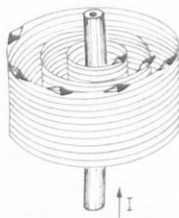
1. Ποιά ύλικά είναι σιδηρομαγνητικά;
2. Ποιές δυνάμεις άναπτύσσονται μεταξύ τών πόλων δύο μαγνητών;
3. Πώς έξηγείται ή μαγνήτιση ενός σώματος από μαγνητικό ύλικό;
4. Πώς κατασκευάζεται ό μόνιμος μαγνήτης;
5. Ποιά ή κατεύθυνση τών μαγνητικών γραμμών;
6. Μέ ποίο μέσο καθορίζεται ή μορφή του μαγνητικού πεδίου;
7. Πώς μπορούμε νά άπομαγνητίσομε ένα μαγνητισμένο σώμα;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

8.1 Μαγνητικό πεδίο αγωγού καί πηνίου πού διαρρέονται από ρεύμα.

Ἐάν μέσα ἀπό ἕναν εὐθύγραμμο ἀγωγό διέλθει ἠλεκτρικό ρεύμα καί περιφέρομε τή μαγνητική βελόνα στήν περιφέρεια κύκλου, τοῦ ὁποίου τό κέντρο βρίσκεται ἐπάνω στόν ἀγωγό καί τό ἐπίπεδό του εἶναι κάθετο σ'αυτόν (σχ. 8.1α), θά παρατηρήσουμε ὅτι ἡ μαγνητική βελόνα παίρνει τή θέση τῆς ἐφαπτομένης στήν περιφέρεια.



Σχ. 8.1α.

Μαγνητικό πεδίο εὐθύγραμμου ἀγωγού.

Ἐάν ἀντιστρέψουμε τή φορά τοῦ ρεύματος, πού διαρρέει τόν εὐθύγραμμο ἀγωγό, θά παρατηρήσουμε ὅτι ἡ μαγνητική βελόνα ἐξακολουθεῖ μέν νά παίρνει τή θέση τῆς ἐφαπτομένης στήν περιφέρεια, ἀλλά ἀντιστρέφεται ἔτσι, ὥστε ὁ βόρειος πόλος τῆς νά ἔλθει στή θέση πού εἶχε προηγουμένως ὁ νότιος πόλος.

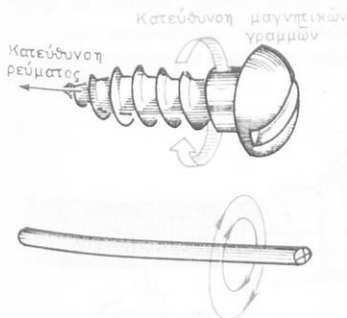
Ἐπ' τῆς παρατηρήσεως αὐτῆς βγαίνει τό συμπέρασμα ὅτι ἀγωγός πού διαρρέεται ἀπό ρεύμα, παράγει μαγνητικό πεδίο γύρω του. Οἱ μαγνητικές γραμμές ἔχουν τή μορφή συγκεντρικῶν κύκλων μέ ἐπίπεδα κάθετα πρὸς τόν ἀγωγό καί κατεύθυνση πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τή φορά τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἡ κατεύθυνση τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν διαπιστώνεται ἀπὸ τὴν κατεύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελόνας, τῆς ὁποίας ὁ βόρειος πόλος προσανατολίζεται πάντοτε πρὸς τὴν κατεύθυνση τῶν γραμμῶν. Ἡ κατεύθυνση τοῦ ρεύματος στοὺς ἀγωγούς παριστάνεται στὰ σχήματα μέ μία κουκκίδα (.), ἐάν τὸ ρεύμα ὀδεύει πρὸς τὸν παρατηρητή, ἢ ἕνα χί (X), ἐάν ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτόν.

Για να βρεθεί η κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται γύρω από ένα εθύγραμμο άγωγό, χρησιμοποιείται ο λεγόμενος **κανόνας του κοχλία** ή **κανόνας του έκπωματιστή**. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, αν φαντασθούμε ένα δεξιόστροφο κοχλία, του οποίου ο άξονας είναι παράλληλος προς τον άξονα του άγωγού, και θεωρήσουμε ότι περιστρέφεται έτσι, ώστε να προχωρήσει κατά τη φορά του ρεύματος, που ρέει μέσα στον άγωγό, η φορά περιστροφής του κοχλία δίνει την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών (σχ. 8.1β).

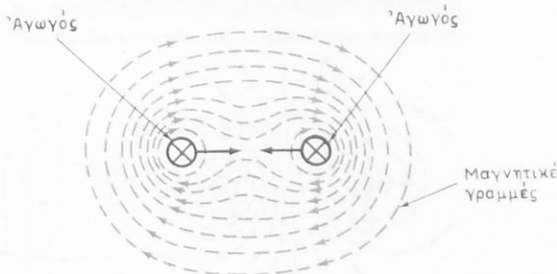
“Αν μέσα σ’ ένα εθύγραμμο άγωγό ρέει έναλλασσόμενο ρεύμα, δημιουργείται πάλι γύρω από τον άγωγό μαγνητικό πεδίο, τό οποίο, όμως, μεταβάλλει συνεχώς κατεύθυνση, όπως και τό ρεύμα που τό προκαλεί. Τό πεδίο αυτό καλείται **έναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο**.”

“Αν πάρουμε δύο παράλληλους εθύγραμμους άγωγούς (σχ. 8.1γ) και διοχετεύσουμε σ’ αυτούς ηλεκτρικό ρεύμα της ίδιας φοράς, τά μαγνητικά πεδία των δύο άγωγών θά συντεθούν έτσι, ώστε τό συνιστάμενο πεδίο νά περιβάλλει τούς δύο άγωγούς, όπως φαίνεται στό σχήμα 8.1γ.



Σχ. 8.1β.

Κανόνας του κοχλία.



Σχ. 8.1γ.

Μαγνητικά πεδία παράλληλων εθύγραμμων άγωγών.

‘Από τή μορφή του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται όταν πλησιάσουμε τούς έτερώνυμους πόλους δύο μαγνητών, καθώς και του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται όταν πλησιάσουμε τούς όμώνυμους πόλους δύο μαγνητών, προέκυψε ότι οι μαγνητικές γραμμές τείνουν νά **βραχυνθούν, σάν νά ήταν λεπτότατα τεντωμένα ελαστικά μικρά νήματα** και ότι **άπωθούνται** μεταξύ τους. ‘Από τίς ιδιότητες αυτές των μαγνητικών γραμμών προκύπτει ότι μεταξύ των δύο άγωγών του σχήματος 8.1γ αναπτύσσεται έλκτική δύναμη.

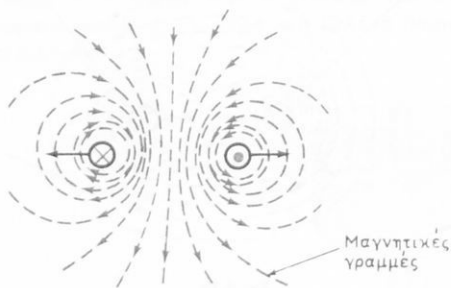
“Αν στους δύο παράλληλους εθύγραμμους άγωγούς διοχετεύσουμε ρεύμα με αντίθετη φορά (σχ. 8.1δ), οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου, που δημιουργείται μεταξύ των δύο άγωγών, θά έχουν τή φορά που φαίνεται στό σχήμα και συνεπώς καθώς **άπωθούνται** μεταξύ τους θά δημιουργήσουν άπωστική δύναμη και μεταξύ των άγωγών.

‘Εάν αντί γιά δύο παράλληλους εθύγραμμους άγωγούς έχομε ένα κυκλικό άγωγό που διαρρέεται από ρεύμα, τότε τό μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τή σχηματιζόμενη σπείρα είναι όμοιο μέ τό μαγνητικό πεδίο των δύο παράλληλων

εὐθύγραμμων ἀγωγῶν. Αὐτό ἀποδεικνύεται, ἐάν ὁ κυκλικὸς ἀγωγὸς διαπεράσει καθετῶς ἓνα φύλλο χαρτιοῦ σέ δύο σημεῖα κατὰ διάμετρο καί πάνω στό χαρτί ριζομερινίσματα σιδήρου (σχ. 8.1ε).

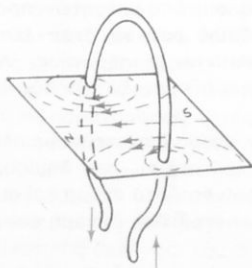
Ἄν, τέλος, διοχετεύσουμε ρεῦμα μέσα σ' ἓνα **πηνίο** [σχ. 8.1στ(α)], τό ὁποῖο ἀποτελεῖται ἀπό πολλές κυκλικές σπείρες, πού εἶναι παράλληλες καί μονωμένες μεταξύ τους καί βρίσκονται σέ ἴσες μικρές ἀποστάσεις ἢ μιά ἀπό τήν ἄλλη, θά παρατηρήσουμε ὅτι τά μαγνητικά πεδία τῶν διαφόρων σπειρῶν συνθέτονται, γιά νά δώσουν συνολικό μαγνητικό πεδίο, ὅπως αὐτό τοῦ σχήματος 8.1στ (β). Οἱ μαγνητικές γραμμές βαίνουν παράλληλα στό ἐσωτερικό τοῦ πηνίου καί σέ ἴσες ἀποστάσεις μεταξύ τους (ὁμοιόμορφο πεδίο), ἐνῶ καμπυλώνονται ἔξω ἀπό τό πηνίο, σχηματίζοντας κλειστές καμπύλες, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει καί στούς μαγνήτες. Τό πηνίο, λοιπόν, ἐξομοιώνεται μέ μαγνήτη. Ἡ θέση ἐξόδου τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἀπό τό πηνίο εἶναι ὁ βόρειος πόλος καί ἡ θέση εἰσόδου τους μέσα στό πηνίο εἶναι ὁ νότιος πόλος.

Γιά νά βροῦμε τήν κατεύθυνση τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν σέ ἓνα πηνίο, ἐφαρμόζουμε τόν κανόνα τοῦ κοχλίας γιά μιά σπείρα, ὁπότε προσδιορίζουμε καί τήν κατεύθυνση τοῦ συνολικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀπό τήν ὁποία καθορίζεται καί ἡ θέση τοῦ βόρειου καί τοῦ νότιου πόλου.



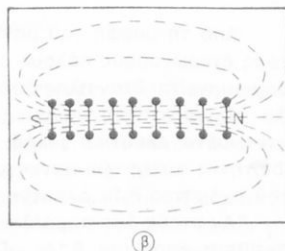
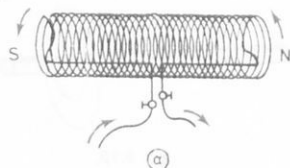
Σχ. 8.1δ.

Μαγνητικά πεδία παράλληλων εὐθύγραμμων ἀγωγῶν.



Σχ. 8.1ε.

Μαγνητικό πεδίο κυκλικοῦ ἀγωγοῦ.



Σχ. 8.1στ.

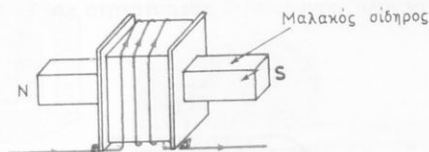
Μαγνητικό πεδίο πηνίου.

8.2 Οί 'Ηλεκτρομαγνήτες καί οί εφαρμογές τους.

“Όπως είδαμε στην παράγραφο 7.2, αν μέσα σέ ένα μαγνητικό πεδίο τοποθετήσουμε ένα κομμάτι από μαλακό σίδηρο, τό κομμάτι αυτό εξαιτίας τής μεγάλης μαγνητικής του διαπερατότητας, συγκεντρώνει μεγάλο πλήθος από μαγνητικές γραμμές μέσα στή μάζα του.*

Στή θέση, λοιπόν, του κομματιού από μαλακό σίδηρο, τό μαγνητικό πεδίο πού δημιουργείται είναι πολύ ισχυρότερο από τό μαγνητικό πεδίο πού υπήρχε πριν από τήν τοποθέτηση του σιδηρένιου κομματιού (πύκνωση τών μαγνητικών γραμμών). Είδαμε επίσης στην παράγραφο 8.1, ότι τό πηνίο συμπεριφέρεται καί ως μαγνήτης καί έπομένως, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, έλκει τά μαγνητικά ύλικά. ‘Η έλκτική δύναμη πού άσκει ένα πηνίο είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι ή ένταση του ρεύματος, πού ρέει μέσα στίς σπειρές του πηνίου καί όσο περισσότερες είναι οί σπειρές αυτές. “Ετσι ή έλκτική δύναμη ενός πηνίου (καί έπομένως ή ένταση του μαγνητικού του πεδίου) είναι άνάλογη προς τό γινόμενο τής έντάσεως του ρεύματος επί τόν άριθμό τών σπειρών. Τό γινόμενο αυτό καλείται **άμπερελίγματα**, γιατί οί σπειρές καλούνται καί **έλίγματα**.

‘Εάν συνδυάσουμε τίς δύο αυτές παρατηρήσεις καί τοποθετήσουμε στό έσωτερικό ενός πηνίου μιά σιδερένια ράβδο, θά έχομε κατασκευάσει **ήλεκτρομαγνήτη** (σχ. 8.2α).



Σχ. 8.2α.

‘Ηλεκτρομαγνήτης.

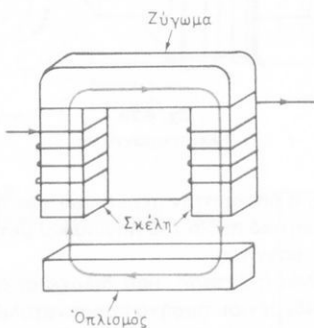
‘Η σιδερένια ράβδος, ή όποία στην περίπτωση τών ήλεκτρομαγνητών καλείται **πυρήνας**, ένισχύει τό μαγνητικό πεδίο του πηνίου καί μετατρέπεται, μέ τή διέλευση του ρεύματος, σέ τέλειο μαγνήτη.

“Όσο μεγαλύτερη είναι ή ένταση, πού διέρχεται από όρισμένο πηνίο, τόσο περισσότερα μόρια του σιδηρένιου πυρήνα προσανατολίζονται καί έπομένως, τόσο ισχυρότερο γίνεται τό μαγνητικό πεδίο. “Όταν όμως προσανατολισθούν όλα τά μόρια του πυρήνα, τότε λέμε ότι ό πυρήνας αυτός έχει **κορεσθεί** μαγνητικά καί δέν ένισχύεται περισσότερο τό μαγνητικό πεδίο, αν συνεχίσει νά αύξάνεται ή ένταση του ρεύματος.

* ‘Ο μαλακός σίδηρος, όπως καί κάθε άλλο μαγνητικό ύλικό, όταν εισέλθει μέσα σέ ένα μαγνητικό πεδίο μαγνητίζεται (παράγρ. 7.1 καί σχ. 7.1γ), δηλαδή τά μόριά του προσανατολίζονται προς τήν κατεύθυνση του πεδίου (στοιχειώδεις μαγνήτες). “Ετσι σχηματίζονται μαγνητικές γραμμές στό έσωτερικό, οί όποιες συνδέονται μέ τίς μαγνητικές γραμμές του έξωτερικού πεδίου, πού κάμπτονται γιά νά καταλήξουν στό κομμάτι του μαλακού σιδήρου. Τουτό δέν συμβαίνει βέβαια στά μη μαγνητικά ύλικά (χαλκός, άλουμίνιο).

“Όταν παύσει νά διέρχεται ρεύμα μέσα από τό πηνίο, ό σιδερένιος πυρήνας απομαγνητίζεται σχεδόν τελείως (πράγμα πού δέν θά συνέβαινε, όπως γνωρίζουμε, εάν τό υλικό του πυρήνα ήταν χάλυβας). [Έκτός από τίς μεθόδους απομαγνητισεως ενός μόνιμου μαγνητισμένου σώματος, πού έχουν περιγραφεί στην παράγραφο 7.2, υπάρχει καί ή ακόλουθη, ή οποία χρησιμοποιείται γιά τήν απομαγνήτιση εργαλείων, ρολογιών κλπ. Τό πρὸς απομαγνήτιση ἀντικείμενο τοποθετείται μέσα σέ πηνίο, πού διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα καί ἀνασύρεται ἀπὸ αὐτό σιγά-σιγά. Ἡ διαδικασία αὐτή ἐπαναλαμβάνεται, ἕως ὅτου τό ἀντικείμενο ἀπομαγνητισθεῖ πλήρως].

Οἱ ἡλεκτρομαγνήτες ἔχουν πολλές ἐφαρμογές στην τεχνική καί κατασκευάζονται σέ διάφορα μεγέθη καί μορφές, πού ἀποτελοῦν, ὅμως, παραλλαγές τῆς βασικῆς μορφῆς, πού φαίνεται στό σχῆμα 8.2β, δηλαδή ἀποτελοῦνται: α) Ἀπό δύο **σκέλη** σιδερένια, τά ὁποία συνδέονται μέ ἓνα **ζύγωμα**, ὥστε νά σχηματίζουν πυρήνα σχήματος Π. β) Ἀπό δύο πηνία, πού περιβάλλουν τά σκέλη του πυρήνα καί συνδέονται ἔτσι, ὥστε μέ τή διέλευση του ρεύματος νά ἐμφανισθοῦν δύο ἀντίθετοι **ὀπλισμοί** του ἡλεκτρομαγνήτη καί εἶναι κινητό. Τό κομμάτι αὐτό ἔρχεται σέ ἐπαφή μέ τούς πόλους του ἡλεκτρομαγνήτη λόγω τῆς ἑλξεως, πού δημιουργοῦν οἱ πόλοι μέ τή διέλευση του ρεύματος. Ὁ ὀπλισμός, πού καλύπτει ὁλόκληρη τήν ἐπιφάνεια τῶν πόλων, δημιουργεῖ ἓνα **κλειστό μαγνητικό κύκλωμα**, ὥστε οἱ γραμμές του μαγνητικοῦ πεδίου νά διέρχονται μόνο μέσα ἀπό σιδερένιες μάζες, οἱ ὁποῖες, ὅπως γνωρίζουμε, ἔχουν μεγάλη μαγνητική διαπερατότητα καί ἐνισχύουν τό μαγνητικό πεδίο.



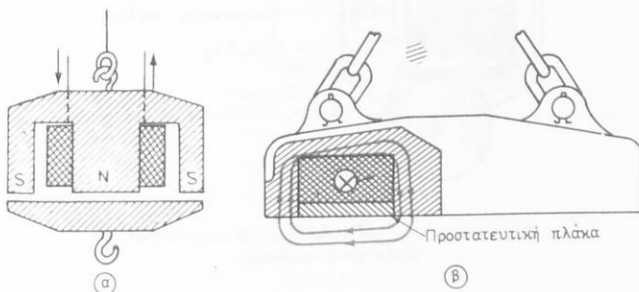
Σχ. 8.2β.

Ἡλεκτρομαγνήτης μέ ὀπλισμό.

Οἱ ἡλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιοῦνται ὅπου καί οἱ μόνιμοι μαγνήτες (παράγρ. 7.2), ἔχουν ὅμως δυνατότητες νά ἐξασκήσουν πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις, καθώς καί σέ διάφορους ἄλλους τομεῖς τῆς τεχνικῆς. Ἔτσι, μέ τούς ἡλεκτρομαγνήτες εἶναι δυνατή ή ἀνύψωση βαρῶν πολλῶν τόννων (ἀντικείμενα ἀπὸ σιδηρομαγνητικά υλικά). Στό σχῆμα 8.2γ φαίνονται δύο ἡλεκτρομαγνήτες ἀνυψώσεως βαρῶν, οἱ ὁποῖοι ἔχουν σχῆμα χύτρας. Ὁ ἓνας ἡλεκτρομαγνήτης [αχ. 8.2γ(α)] ἔχει τό ἓνα

σκέλος του πυρήνα, τό οποίο περιβάλλεται από τό πηνίο, στον άξονα, ενώ τό άλλο σκέλος έχει σχήμα κοίλου κυλίνδρου καί περιβάλλει τό πηνίο. 'Ο άλλος ηλεκτρομαγνήτης [σχ. 8.2γ(β)] έχει ένα περίβλημα από χυτοσίδηρο, μέσα στό οποίο είναι τοποθετημένος ό πυρήνας καί τό πηνίο. Γιά τήν προστασία του πηνίου από τά σιδερένια κομμάτια πού έκτινάζονται, υπάρχει μία πλάκα από μή μαγνητικό ύλικό. 'Επειδή, όταν παύσει νά διέρχεται ρεύμα μέσα από τό πηνίο, ό όπλισμός ή τό άνυψωνόμενο φορτίο δέν άπομαγνητίζονται τελείως άμέσως (**παραμένων μαγνητισμός**), τό φορτίο δέν άποσπάται γρήγορα. Γιά τή γρήγορη άπόσπαση του φορτίου από τόν ηλεκτρομαγνήτη, στους ηλεκτρομαγνήτες άνυψώσεως βαρών πού τροφοδοτούνται πάντοτε μέ συνεχές ρεύμα, υπάρχει διάταξη άντιστροφής τών πόλων.

Οί ηλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιούνται, επίσης, στήν κατασκευή συνδέσμων (**ηλεκτρομαγνητικοί σύνδεσμοί**), πού χρησιμεύουν στή μετάδοση ροπών στρέψεως, στήν κατασκευή ηλεκτρομαγνητικών φρένων γιά τή γρήγορη πέδηση (φρενάρισμα) κινητήρων, στήν κατασκευή διατάξεων γιά ισχυρή συγκράτηση κομματιών από μαγνητικό ύλικό, ώστε νά διευκολύνεται ή κατεργασία τους στίς εργαλειομηχανές κλπ.



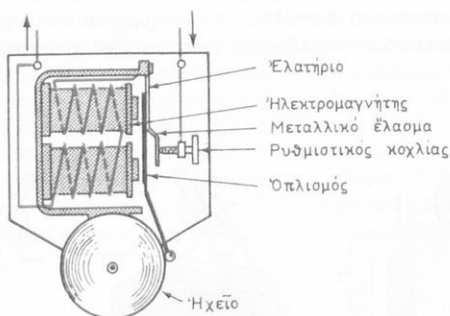
Σχ. 8.2γ.

Ηλεκτρομαγνήτες άνυψώσεως βαρών.

Άλλη εφαρμογή τών ηλεκτρομαγνητών είναι τά ηλεκτρικά κουδούνια. Άποτελούνται από ένα ηλεκτρομαγνήτη (σχ. 8.2δ), του οποίου ό όπλισμός διατηρείται σέ όρισμένη άπόσταση από τους πόλους του μέ τή βοήθεια έλατηρίου. Έπάνω στον όπλισμό είναι στερεωμένο ένα μικρό μεταλλικό έλασμα. Τουτό βρίσκεται σέ έπαφή μέ ένα κοχλία ρυθμίσεως, όταν δέν λειτουργεί τό κουδούνι (δέν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα από τόν ηλεκτρομαγνήτη). Όταν διέλθει ρεύμα από τό κύκλωμα, τουτό θά περάσει από τό ρυθμιστικό κοχλία, από τό έλασμα πού βρίσκεται σέ έπαφή μέ τήν αίχμη του, από τόν όπλισμό καί τό έλατήριο συγκρατήσεώς του καί, τέλος, από τίς σπειρές τών πηνίων του ηλεκτρομαγνήτη. 'Ο πυρήνας του ηλεκτρομαγνήτη μαγνητίζεται καί έλκει τόν όπλισμό του, μέ άποτέλεσμα νά παύει καί ή έπαφή μεταξύ του μικρού έλάσματος καί τής αίχμης του ρυθμιστικού κοχλία, όποτε τό ηλεκτρικό κύκλωμα διακόπτεται. Μέ τή διακοπή του κυκλώματος, δέν κυκλοφορεί

ρεύμα μέσα στον ηλεκτρομαγνήτη, ο όπλισμός του επανέρχεται στην αρχική του θέση με τη δύναμη του ελατηρίου, όποτε και τό μικρό έλασμα εφάπτεται πάλι μέ τό ρυθμιστικό κοχλία και κλείνει ξανά τό ηλεκτρικό κύκλωμα· έτσι επαναλαμβάνεται όλη ή διαδικασία από την αρχή. Μέ τόν τρόπο αυτόν ο όπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη κινείται παλινδρομικά μέ ταχύτητα πού ρυθμίζεται από τό ρυθμιστικό κοχλία. Ό κοχλίας αυτός, καθώς μετακινείται, ελαττώνει ή αύξάνει την απόσταση του όπλισμού από τούς πόλους και τό μήκος της συνολικής διαδρομής του. Έπάνω στον όπλισμό είναι στερεωμένο μικρό σφυράκι τό οποίο προσκρούει σέ μεταλλικό ήχειο (καμπανάκι) κάθε φορά πού έλκεται ο όπλισμός.

Οί ηλεκτρομαγνήτες βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή και στον τομέα της ηλεκτρικής προστασίας (παράγρ. 17.3).



Σχ. 8.28.

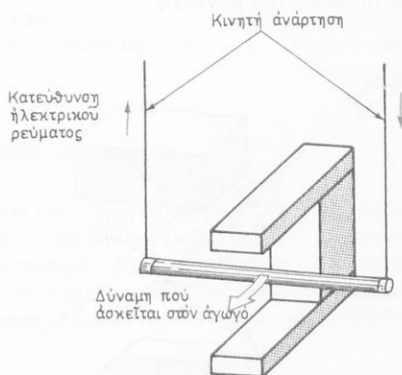
Ήλεκτρικό κουδούνι.

8.3 Άγωγός και πηνία πού διαρρέονται από ρεύμα μέσα σέ μαγνητικό πεδίο.

Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, στον ηλεκτρομαγνητισμό μελετούνται τόσο οί επιδράσεις των ρευμάτων στους μαγνήτες όσο και οί επιδράσεις των μαγνητών στα ρεύματα. Έτσι, στην παράγραφο 8.1 π.χ. είδαμε ότι ένας άγωγός, πού διαρρέεται από ρεύμα, δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο και επιδρά στή μαγνητική βελόνα. Άν τώρα τοποθετήσουμε έναν άγωγό μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη μέ τη βοήθεια της διατάξεως του σχήματος 8.3α, θά παρατηρήσουμε ότι, όσο δέν διέρχεται ρεύμα από τόν άγωγό, τό μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη δέν άσκει καμιά επίδραση στον άγωγό. Μόλις όμως διέλθει ρεύμα, άσκειται όρισμένη δύναμη στον άγωγό, ή όποία τόν άναγκάζει νά άποκλίνει από τη θέση ίσορροπίας του (τήν κατακόρυφη). Ή κατεύθυνση της δυνάμεως, και έπομένως της άποκλίσεως, έξαρτάται από την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου του μαγνήτη και από την κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος (του μαγνητικού πεδίου του ρεύματος). Ή έμφάνιση της δυνάμεως, πού προκαλεί την άπόκλιση του άγωγού, έξηγείται, εάν θυμηθούμε τις ιδιότητες των μαγνητικών γραμμών (παράγρ. 8.1) και εάν, συνθέτοντας τό μαγνητικό πεδίο του άγωγού μέ τό μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη, σχηματίσο-

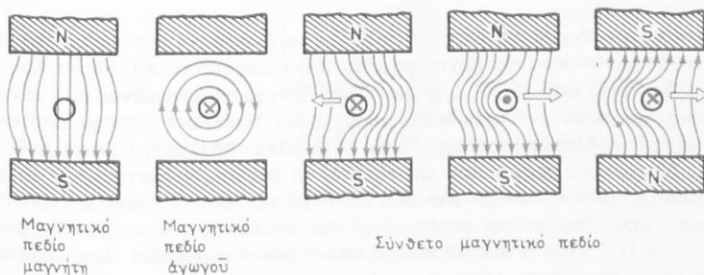
με τό σύνθετο μαγνητικό πεδίο, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.3β.

Η κατεύθυνση της δύναμης, που ασκείται στον άγωγό, μπορεί να βρεθεί πρακτικά με τη βοήθεια του κανόνα του **άριστερου χεριού**. Σύμφωνα με τόν κανόνα αυτόν, εάν τοποθετήσουμε τό άριστερό μας χέρι έτσι, ώστε οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη να κατευθύνονται από τό βόρειο πόλο κάθετα προς τήν έσωτερική επιφάνεια της παλάμης μας και τά τέσσερα τεντωμένα δάκτυλα να κατευθύνονται προς τήν κατεύθυνση του ρεύματος, τό μεγάλο δάκτυλο τεντωμένο θά δείχνει τήν κατεύθυνση της δύναμης, που ασκείται στον άγωγό (σχ. 8.3γ). [Σέ ρευματοφόρο άγωγό, που είναι τοποθετημένος μέσα σε μαγνητικό πεδίο ασκείται



Σχ. 8.3α.

Ήλεκτρικός άγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

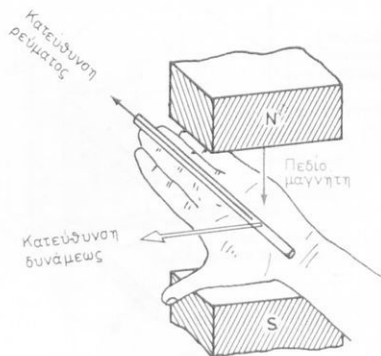


Σχ. 8.3β.

Άγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

δύναμη, εφόσον ο άγωγός τοποθετηθεί κάθετα προς τίς μαγνητικές γραμμές και όχι παράλληλα με αυτές. Η δύναμη αυτή είναι κάθετη τόσο προς τίς μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη, όσο και προς τόν άγωγό, και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο είναι τό ρεύμα, όσο ισχυρότερο είναι τό μαγνητικό

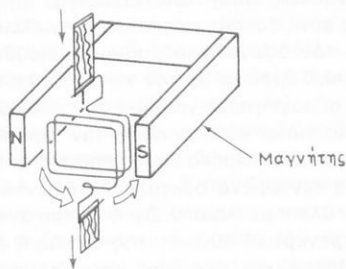
πεδίο και όσο μεγαλύτερο μήκος του άγωγού βρίσκεται μέσα στο πεδίο]. "Αν στη θέση του άγωγού τοποθετήσουμε ένα πηνίο μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη, όπως δείχνει το σχήμα 8.3δ, τότε στο πηνίο θα άναπτυχθεί ροπή στρέψεως, ή όποια εξηγείται, όπως και προηγουμένως, άν εξετάσουμε τό σύνθετο μαγνητικό πεδίο πού δημιουργείται. Σέ κάθε σπείρα του πηνίου έπενεργούν δύο δυνάμεις, μία σέ κάθε πλευρά της, όπως εξηγήσαμε προηγουμένως· οι δυνάμεις αυτές είναι **κάθετες** πρós τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη. Οι δύο αυτές δυνάμεις δημιουργούν ζεύγος δυνάμεων, πού προκαλεί την περιστροφή τής σπείρας. Μέ κάθε σπείρα του πηνίου περιστρέφεται ταυτόχρονα και όλόκληρο τό πηνίο. 'Η περιστροφή του πηνίου σταματά, όταν τουτό έλθει σέ τέτοια θέση, ώστε τό μαγνητικό του πεδίο νά είναι παράλληλο πρós τό πεδίο του μαγνήτη.



Σχ. 8.3γ.

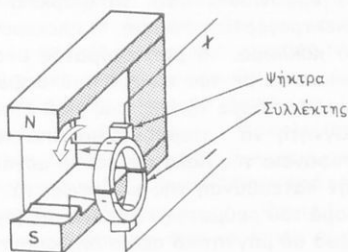
Κανόνας του άριστερου χεριού.

'Η περιστροφή μιās σπείρας και συνεπώς και ενός πηνίου, είναι δυνατόν νά μήν σταματά, άν συνδέσουμε την άρχή της μέ ήμιδακτύλιο από χαλκό και τό τέλος της μέ άλλο ήμιδακτύλιο από χαλκό, ό όποίος είναι ήλεκτρικά μονωμένος από τόν πρώτο και σχηματίζει μέ αυτόν πλήρη δακτύλιο (σχ. 8.3ε). Τό πλήρες σύστημα άποτελεί την άπλή μορφή **συλλέκτη** (παράγρ. 12.1). 'Ο συλλέκτης περιστρέφεται μαζί μέ τή σπείρα. Τό συνεχές ρεύμα, πού τροφοδοτεί τή σπείρα, διέρχεται μέσα άπ' αυτόν, άφου προηγουμένως διέλθει από δύο σταθερά πρισματικά άγώγιμα τεμάχια (άπό άνθρακα), πού έφάπτονται συνεχώς μέ τό συλλέκτη και καλούνται **ψήκτρες**, (παράγρ. 12.1). "Όταν ή σπείρα καθώς περιστρέφεται ύπερβεί λίγο, εξαιτίας της αδράνειας, τή θέση στην όποία παύει ή περιστροφή, μέ τή βοήθεια του συλλέκτη αντίστρέφεται ή φορά του ρεύματος. "Έτσι, στην περιοχή κάθε πόλου του μαγνήτη βρίσκεται πάντοτε μιά πλευρά τής σπείρας μέ την ίδια φορά ρεύματος, όποτε ή περιστροφή συνεχίζεται. 'Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται στους ήλεκτρικούς **κινητήρες** συνεχούς ρεύματος, όπως θά δούμε στην παράγραφο 12.1, όπου έπάνω σέ ένα κυλινδρικό πυρήνα από σίδηρο (γιά τήν ένίσχυση του πεδίου) στερεώνονται πολλές σπείρες (πού κάνουν ισχυρότερη τή ροπή στρέψεως και όμαλότερη την περιστροφή), οι όποιες συνδέονται μέ τό συλλέκτη.



Σχ. 8.3δ.

Πηνίο μέσα σέ μαγνητικό πεδίο μαγνήτη.

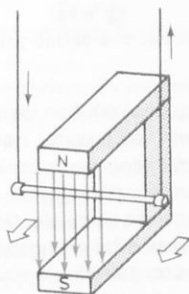


Σχ. 8.3ε.

Συνεχής περιστροφή σπείρας
μέσα σέ μαγνητικό πεδίο.

8.4 Παραγωγή ρεύματος έξ επαγωγής.

Αν τοποθετήσουμε έναν άγωγο μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη, όπως είδαμε καί στην παράγραφο 8.3, καί μετακινήσουμε τόν άγωγο αυτόν έτσι, ώστε νά τέμνει τίς μαγνητικές γραμμές, θά παρατηρήσουμε ότι κατά τή μετακίνηση δημιουργείται στά άκρα του άγωγού διαφορά δυναμικού (ήλεκτρική τάση). Η ήλεκτρική αυτή τάση καλεῖται **τάση έξ επαγωγής** καί τό φαινόμενο **ήλεκτρομαγνητική επαγωγή** (σχ. 8.4α).

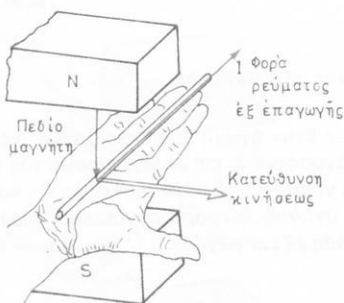


Σχ. 8.4α.

Κίνηση άγωγού μέσα σέ μαγνητικό πεδίο.

Τό φαινόμενο αυτό είναι ακριβώς αντίθετο από τό φαινόμενο, πού εξετάσαμε στην παράγραφο 8.3. Έκεῖ ἡ διέλευση ρεύματος μέσα από έναν άγωγο, πού ἦταν τοποθετημένος κάθετα πρὸς τίς μαγνητικές γραμμές του πεδίου ενός μαγνήτη, εἶχε ὡς ἀποτέλεσμα τή μετακίνηση του άγωγού κάθετα πρὸς τίς μαγνητικές γραμμές. Έδῶ ὁμως ἡ κίνηση του άγωγού πρὸς τήν ἴδια κατεύθυνση (πού μοιάζει σά νά θέλομε νά κόψομε, μέ τόν άγωγο, τίς μαγνητικές γραμμές) ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα

νά εμφανισθεί, κατά τη διάρκεια της κινήσεως, τάση από επαγωγή, δηλαδή, ηλεκτρεγερτική δύναμη. Η ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη προκαλεί, όταν κλείσουμε το κύκλωμα, τη ροή ρεύματος μέσα από τον αγωγό, του οποίου η διεύθυνση βρίσκεται με τον κανόνα του **δεξιού χεριού**. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, αν τοποθετήσουμε το δεξί μας χέρι έτσι, ώστε οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη νά κατευθύνονται από το βόρειο πόλο κάθετα προς την εσωτερική επιφάνεια της παλάμης και το μεγάλο δάκτυλο τεντωμένο νά κατευθύνεται προς την κατεύθυνση της κινήσεως, τα τέσσερα τεντωμένα δάκτυλα θά δείχνουν τη φορά του ρεύματος έξ επαγωγής (σχ. 8.4β). Βλέπουμε, λοιπόν, ότι η κίνηση αγωγών μέσα σέ μαγνητικό πεδίο δημιουργεί ηλεκτρεγερτική δύναμη, της οποίας η φορά εξαρτάται από την κατεύθυνση της κινήσεως και από την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου. Η έξ επαγωγής τάση είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη



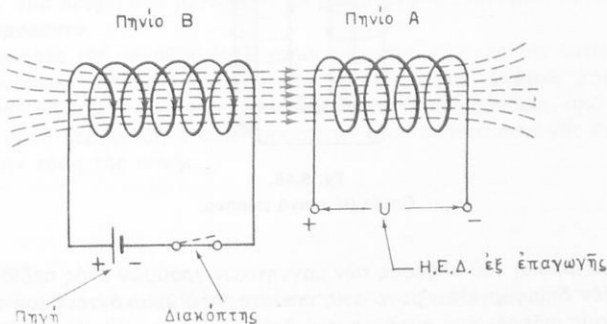
Σχ. 8.4β.

Κανόνας του δεξιού χεριού.

είναι η ταχύτητα του κινούμενου αγωγού, όσο ισχυρότερο είναι το μαγνητικό πεδίο και όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του αγωγού, που βρίσκεται μέσα στο πεδίο. Τάση έξ επαγωγής εμφανίζεται και στην περίπτωση κατά την οποία δέν κινείται ο αγωγός, αλλά κινείται ο μαγνήτης ως προς τον αγωγό, γιατί και στην περίπτωση αυτή τέμνονται από τον αγωγό μαγνητικές γραμμές. Η ίδια τάση αναπτύσσεται επίσης και στις σπειρές ενός πηνίου, όταν αυτό περιστρέφεται μέσα σέ μαγνητικό πεδίο. Στην περίπτωση αυτή μεταβάλλεται τό πλήθος των μαγνητικών γραμμών, οι οποίες περιβάλλονται από τις σπειρές του πηνίου. Η παραγωγή ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως (Η.Ε.Δ.) έξ επαγωγής χρησιμοποιείται στην κατασκευή **ηλεκτρικών γεννητριών** (Κεφάλ. 12 και 13), όπου επάνω σέ έναν κυλινδρικό πυρήνα στερεώνονται πολλές σπειρές, που συνδέονται κατάλληλα, ώστε νά προσθέτονται οι Η.Ε.Δ. που αναπτύσσονται.

Τό φαινόμενο της παραγωγής ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως έξ επαγωγής δέν παρατηρείται, όπως είναι φυσικό, μόνο μέσα σέ μαγνητικά πεδία μαγνητών, αλλά και μέσα σέ μαγνητικά πεδία, που προέρχονται από τη ροή ηλεκτρικών ρευμάτων. Έτσι, αν τοποθετήσουμε ένα πηνίο Α κοντά σέ ένα άλλο πηνίο Β, τό οποίο μπορεί νά συνδεθεί μέ πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, κάθε φορά που συνδέεται τό πηνίο αυτό Β μέ την πηγή και διέρχεται μέσα από αυτό ηλεκτρικό ρεύμα (ανάπτυξη μαγνητικού

πεδίου), εμφανίζεται **στιγμιαία** στο πηνίο Α ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής. Αυτό οφείλεται στο ότι, ενώ οι σπείρες του πηνίου Α δέν περιέβαλλαν καμιά μαγνητική γραμμή, ξαφνικά περιβάλλουν μερικές από τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου του πηνίου Β. 'Η μεταβολή, λοιπόν, του πλήθους των μαγνητικών γραμμών, όπως έχει αναφερθεί, προκαλεί την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης εξ επαγωγής, η οποία, όμως, διαρκεί όσο διαρκεί και η μεταβολή που την προκαλεί (σχ. 8.4γ). 'Ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής αναπτύσσεται επίσης; Στιγμιαία στο πηνίο Α, όταν τό πηνίο Β, που δημιουργεί τό μαγνητικό πεδίο, αποσυνδέεται από την πηγή (οι μαγνητικές γραμμές ελαττώνονται απότομα μέχρι που μηδενίζονται), ή όταν αυξομειώνεται ή ένταση του ρεύματος, που διέρχεται από τό πηνίο αυτό (αυξομείωση του πλήθους των μαγνητικών γραμμών).



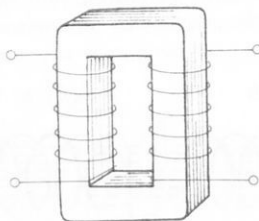
Σχ. 8.4γ.

Παραγωγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης εξ επαγωγής.

Όταν τά πηνία Α και Β είναι τυλιγμένα γύρω από κοινό σιδερένιο πυρήνα, όπως στο σχήμα 8.4δ, όλες σχεδόν οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου του ενός πηνίου διέρχονται μέσα από τό σιδερένιο πυρήνα και, επομένως, περιβάλλονται από τις σπείρες του άλλου πηνίου. 'Η τάση εξ επαγωγής, που αναπτύσσεται στο πηνίο αυτό, είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο είναι τό πλήθος των σπειρών του και όσο ταχύτερη είναι η μεταβολή του πλήθους των μαγνητικών γραμμών του πεδίου του άλλου πηνίου. **Η τάση εξ επαγωγής, που αναπτύσσεται σε ένα πηνίο, είναι τό άθροισμα των τάσεων εξ επαγωγής, οι οποίες αναπτύσσονται σε κάθε σπείρα του.**

'Εφαρμογή του φαινομένου της επαγωγής είναι ό **πολλαπλασιαστής**, που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα για την παραγωγή μεγάλων τάσεων, που χρησιμεύουν για νά δημιουργηθούν ηλεκτρικοί σπινθήρες στους σπινθηριστές (μπουζί). 'Ο πολλαπλασιαστής αποτελείται από δύο πηνία τυλιγμένα επάνω σε κοινό πυρήνα (σχ. 8.4δ). Τό ένα πηνίο συνδέεται και αποσυνδέεται διαδοχικά (μέ τη βοήθεια ενός διακόπτη) μέ τη συστοιχία συσσωρευτών (μπαταρία) του αυτοκινήτου, που είναι πηγή συνεχούς ρεύματος μικρής τάσεως (π.χ. 6 V ή 12 V). Στο άλλο πηνίο αναπτύσσεται μεγάλη τάση εξ επαγωγής (σε κάθε σύνδεση και αποσύνδεση), γιατί αποτελείται από πάρα πολλές σπείρες. Κάθε φορά που αναπτύσσεται ύψηλή τάση (μερικές χιλιάδες βόλτ) στα άκρα του πηνίου, που συνδέονται μέ τούς σπινθηριστές, δημιουργείται ηλεκτρικός σπινθήρας.

Ἄλλη συσκευή, ὅμοια μέ τή συσκευή τοῦ σχήματος 8.4δ, χρησιμοποιεῖται γιά τό μετασχηματισμό τάσεως ὀρισμένης τιμῆς σέ τάση ἄλλης τιμῆς καί καλεῖται **μετασχηματιστής** (Κεφάλ. 14). Στήν περίπτωση αὐτή, τό ἕνα πηνίο δέν συνδέεται καί ἀποσυνδέεται διαδοχικά ἀπό τήν πηγή, ἀλλά τροφοδοτεῖται χωρίς διακοπές ἀπό μία πηγή, ἡ ὁποία, ὅμως, εἶναι πηγή ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Ἔτσι, τό μαγνητικό πεδίο, πού δημιουργεῖται, αὐξομειώνεται συνεχῶς, μέ ἀποτέλεσμα νά ἀναπτύσσεται συνεχῶς στό ἄλλο πηνίο τάση ἐξ ἐπαγωγῆς, πού θά αὐξομειώνεται καί αὕτη συνεχῶς (ἐναλλασσόμενη τάση).



Σχ. 8.4δ.

Πηνία μέ κοινό πυρήνα.

Μέ τή μεταβολή τοῦ πλήθους τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἑνός πεδίου, τάση ἐξ ἐπαγωγῆς δέν δημιουργεῖται μόνο στίς σπείρες, πού βρίσκονται μέσα στό πεδίο, ἀλλά καί στούς σιδερένιους πυρήνες πού βρίσκονται μέσα σ' αὐτό. Ὁ σιδερένιος πυρήνας, ὡς ἀγώγιμο σῶμα, μπορεῖ νά θεωρηθεῖ ὅτι ἀποτελεῖται ἀπό πολλές κλειστές σπείρες, στίς ὁποῖες θά κυκλοφορήσουν ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς. Τά ρεύματα αὐτά καλοῦνται **δινორρεύματα**, γιατί κυκλοφοροῦν μέσα στή μάζα τοῦ πυρήνα, χωρίς νά ἀκολουθοῦν κανένα καθορισμένο δρόμο. Τά δινორρεύματα, ἐπειδὴ δέν συναντοῦν μεγάλη ἡλεκτρική ἀντίσταση στήν ἀγώγιμη μάζα τοῦ πυρήνα, εἶναι σημαντικά καί ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τή θέρμανση τοῦ σιδερένιου πυρήνα (παράγρ. 15.1).

8.5 Αὐτεπαγωγή.

Τάση ἐξ ἐπαγωγῆς σέ ἕνα πηνίο δέν ἀναπτύσσεται μόνο ὅταν οἱ σπείρες του περιβάλλουν τίς μεταβαλλόμενες σέ πλῆθος μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου ἑνός μαγνήτη ἢ ἑνός ἄλλου πηνίου, ἀλλά καί ὅταν περιβάλλουν τίς μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου, πού δημιουργεῖται ἀπό τό ἴδιο τό πηνίο, ἂν διέλθει διαμέσου του ἡλεκτρικό ρεύμα. Γιά τό λόγο αὐτό, ἂν συνδέσουμε πηνίο μέ πηγή (συνεχοῦς ρεύματος), τή στιγμή ἀκριβῶς τῆς συνδέσεως πού οἱ μαγνητικές γραμμές ἀναπτύσσονται μέ τή δίοδο τοῦ ρεύματος, δημιουργεῖται τάση ἐξ ἐπαγωγῆς, τῆς ὁποίας ἡ φορά εἶναι ἀντίθετη πρός τή φορά τῆς τάσεως τῆς πηγῆς. Ἐπειδὴ ἡ τάση αὕτη ἐξ ἐπαγωγῆς ὀφείλεται στό μαγνητικό πεδίο τοῦ ἴδιου τοῦ πηνίου, καλεῖται εἰδικότερα τάση **ἐξ αὐτεπαγωγῆς**. Τή στιγμή τῆς συνδέσεως μέ τήν πηγή, ἡ τάση ἐξ αὐτεπαγωγῆς εἶναι ἴση κατά μέγεθος μέ τήν τάση τῆς πηγῆς, ὅποτε, ἐπειδὴ ἔχει ἀντίθετη

φορά, εξουδετερώνει την τάση της πηγής και έτσι το ρεύμα την πρώτη στιγμή είναι μηδέν. Αμέσως μετά όμως η μεταβολή του πλήθους των μαγνητικών γραμμών του πεδίου ελαττώνεται μέχρι μηδενισμού, όποτε και η τάση εξ αύτεπαγωγής ελαττώνεται, έως ότου μηδενισθεί. Το ρεύμα, λοιπόν, αυξάνεται από την αρχική μηδενική τιμή μέχρι την τελική μόνιμη τιμή του, που δίνεται από τον τύπο του νόμου του "Ωμ.

Η τάση εξ αύτεπαγωγής εξαρτάται από το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται σε κάθε πηνίο, όταν διέρχεται μέσα του ηλεκτρικό ρεύμα· το μαγνητικό πεδίο εξάλλου εξαρτάται από τη μορφή του πηνίου, δηλαδή από το εάν περιέχει σιδερένιο πυρήνα ή όχι κλπ. Κάθε πηνίο λοιπόν ή, γενικότερα, κάθε κύκλωμα, χαρακτηρίζεται από ένα μέγεθος, που καλείται **αύτεπαγωγή** και μετρείται με μονάδες, που ονομάζονται **άντρυ** (από το όνομα του αμερικανού φυσικού Henry).

"Ένα πηνίο έχει αύτεπαγωγή 1 άντρυ, αν αναπτύσσεται σ' αυτό τάση 1 βόλτ, όταν διαρρέεται από ρεύμα που μεταβάλλεται (αυξάνεται ή ελαττώνεται) κατά 1 άμπερ ανά δευτερόλεπτο.

Ός σύμβολο της μονάδας άντρυ χρησιμοποιείται το κεφαλαίο λατινικό γράμμα H. Το φαινόμενο της αύτεπαγωγής δεν παρουσιάζεται, βέβαια, μόνο κατά τη σύνδεση του πηνίου με την πηγή αλλά και κατά την αποσύνδεση από αυτή. Στην τελευταία αυτή περίπτωση η αναπτυσσόμενη τάση εξ αύτεπαγωγής έχει την ίδια φορά με την τάση της πηγής.

8.6 Έρωτήσεις.

1. Πώς προσδιορίζεται η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, που σχηματίζεται γύρω από ένα ρευματοφόρο άγωγό;
2. Τι δυνάμεις αναπτύσσονται μεταξύ δύο παράλληλων άγωγών, που διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας φοράς, και τι δυνάμεις μεταξύ δύο παράλληλων άγωγών που διαρρέονται από ρεύματα αντίθετης φοράς;
3. Τι είναι τα άμπερελίγματα;
4. Από τι αποτελείται βασικά ο ηλεκτρομαγνήτης και πώς κατασκευάζεται στην πράξη;
5. Ποιός ο προορισμός του σιδερένιου πυρήνα στους ηλεκτρομαγνήτες;
6. Πώς προσδιορίζεται ο βόρειος και ο νότιος πόλος στο πηνίο;
7. Αναφέρετε τις κυριότερες εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών.
8. Τι θα συμβεί, εάν άγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα τοποθετηθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο;
9. Ποιός είναι ο κανόνας του άριστερου χεριού;
10. Από τι εξαρτάται η κατεύθυνση της δυνάμεως που άσκείται στους ρευματοφόρους άγωγούς, που βρίσκονται μέσα σε μαγνητικά πεδία;
11. Πώς επιτυγχάνεται η συνεχής περιστροφή μιάς σπείρας, που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, μέσα σε μαγνητικό πεδίο;
12. Πώς είναι δυνατόν να αναπτυχθεί σε άγωγό ηλεκτρική τάση με τη βοήθεια μαγνητικού πεδίου;
13. Ποιός είναι ο κανόνας του δεξιού χεριού;
14. Από τι εξαρτάται το μέγεθος της τάσεως εξ έπαγωγής, που αναπτύσσεται σε ένα πηνίο που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός άλλου πηνίου;
15. Αναφέρετε εφαρμογές του φαινομένου της έπαγωγής.
16. Τι είναι τα δινορρεύματα και πότε δημιουργούνται;
17. Ποιά ή φορά της τάσεως εξ αύτεπαγωγής;
18. Πώς όρίζεται η μονάδα άντρυ και πώς συμβολίζεται;

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

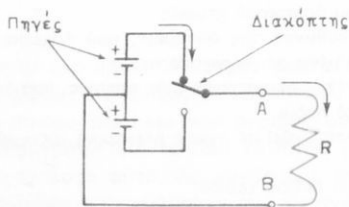
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

9.1 Περίοδος και συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος, ήμιτονοειδής μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος.

Έναλλασσόμενο λέγεται τό ηλεκτρικό ρεύμα, τοῦ ὁποῖου μεταβάλλεται περιοδικῶς ἡ φορά καί ἡ ένταση.

Ἄν ἔχομε δύο πηγές συνεχοῦς ρεύματος καί τίς συνδέσομε, ὅπως δείχνει τό σχῆμα 9.1α, τότε, ἂν ὁ διακόπτης βρίσκεται στή θέση πού ἔχει καί στοῦ σχῆμα, τό ρεῦμα θά κυκλοφορήσει στήν αντίσταση R ἀπό τό σημεῖο A πρὸς τό σημεῖο B. Ἐάν ὁ διακόπτης μετατεθεῖ στήν ἄλλη θέση, πού συνδέει τήν ἄλλη πηγή, τό ρεῦμα θά κυκλοφορήσει ἀπό τό σημεῖο B πρὸς τό σημεῖο A. Ἐάν ὁ διακόπτης μετακινεῖται συνεχῶς καί καταλαμβάνει διαδοχικά πότε τή μιά καί πότε τήν ἄλλη θέση, θά δημιουργηθεῖ στήν αντίσταση R ἐναλλασσόμενη ροή ηλεκτρονίων, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τό ἐναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Τή στιγμή ἀκριβῶς πού ὁ διακόπτης συνδέει τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 9.1α μέ τή μιά πηγή, ἀρχίζει ἡ κίνηση τῶν ηλεκτρονίων πρὸς τή μιά κατεύθυνση (π.χ. ἀπό τό σημεῖο A πρὸς τό σημεῖο B)· τή στιγμή πού ὁ διακόπτης ἀποσυνδέει τήν πηγή, σταματᾷ ἡ κίνηση αὐτή, ὁπότε λέμε ὅτι τό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ἔχει κάνει μιά **θετική ἐναλλαγὴ** ἢ **θετική ἡμιπερίοδο**.



Σχ. 9.1α.

Διάταξη παραγωγῆς ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

Μόλις ὁ διακόπτης λάβει τήν ἄλλη θέση καί συνδέσει τήν αντίσταση μέ τήν ἄλλη πηγή, ἀρχίζει ἡ κίνηση τῶν ηλεκτρονίων ἀπό τό σημεῖο B πρὸς τό A. Ἡ κίνηση

αυτή σταματά, όταν ο διακόπτης άποσυνδέσει την πηγή αυτή για να καταλάβει πάλι την προηγούμενη θέση. Τότε λέμε ότι τό έναλλασσόμενο ρεύμα έχει κάνει μία **άρνητική έναλλαγή** ή **άρνητική ήμιπερίοδο**.

Δύο διαδοχικές έναλλαγές (μιά θετική και μία άρνητική) αποτελούν μία **περίοδο**. Ο χρόνος, πού παρέρχεται για να πραγματοποιηθεί μία πλήρης περίοδος, καλείται **διάρκεια της περιόδου**, συμβολίζεται με τό κεφαλαίο γράμμα T και μετριέται σε δευτερόλεπτα. "Αν παραστήσουμε γραφικά τή μεταβολή τής έντάσεως του ρεύματος με τό χρόνο, θά έχομε τό σχήμα 9.1β. Στό σχήμα αυτό κάθε ήμιπερίοδος διαρκεί 0,01 του δευτερολέπτου, όποτε ή περίοδος διαρκεί 0,02 του δευτερολέπτου.



Σχ. 9.1β.

Έναλλασσόμενο ρεύμα.

Τό πλήθος των περιόδων, πού πραγματοποιεί τό έναλλασσόμενο ρεύμα κατά τή διάρκεια ενός δευτερολέπτου, καλείται **συχνότητα** του έναλλασσόμενου ρεύματος, συμβολίζεται με τό λατινικό γράμμα f και μετριέται σε μονάδες **χέρτς** (άπό τό όνομα του γερμανού φυσικού Hertz) με σύμβολο τό Hz.

Η συχνότητα του έναλλασσόμενου ρεύματος είναι 1 Hz, όταν ή περίοδος του διαρκεί 1 s.

Ίσοδύναμη με τήν μονάδα Hz είναι και ή έκφραση, πού χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί του Hz, **περίοδοι ανά δευτερόλεπτο** ή **κύκλοι ανά δευτερόλεπτο** και έχει ως σύμβολο τό c/s ή c.p.s.

Η συχνότητα στην περίπτωση του σχήματος 9.1β βρίσκεται άν διαιρέσουμε τό 1 s με τή διάρκεια τής περιόδου, πού είναι 0,02 s, και είναι ίση πρός $1/0,02 = 100/2 = 50$ Hz ή 50 περιόδους ανά δευτερόλεπτο. Είναι, δηλαδή, πάντοτε:

$$f = \frac{1}{T}$$

Η συχνότητα του βιομηχανικού ρεύματος (**βιομηχανική συχνότητα**), πού χρησιμοποιείται για φωτισμό και κίνηση, είναι στην Εύρώπη γενικά ίση πρός 50 Hz, ενώ στην Άμερική είναι 60 Hz.

Στους ηλεκτρικούς σιδηρόδρομους χρησιμοποιείται ή συχνότητα $16 \frac{2}{3}$ Hz, ενώ στην τηλεφωνία χρησιμοποιούνται έναλλασσόμενα ρεύματα συχνότητας 300 Hz ως 3400 Hz. Τέλος, στη ραδιοφωνία και τηλεόραση χρησιμοποιούνται πολύ μεγαλύτερες συχνότητες, πού για να παρασταθούν με αριθμούς συνήθους μεγέθους

καθιερώθηκαν τα παρακάτω πολλαπλάσια της μονάδας Hz:

α) Τό **κιλοχέρτς**, ίσο πρὸς 1000 Hz καὶ συμβολίζεται kHz.

β) Τό **μεγαχέρτς**, ίσο πρὸς 1000 kHz καὶ συμβολίζεται MHz.

Ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο, πού μεταβάλλεται ἡ ἔνταση τοῦ εναλλασσόμενου ρεύματος κατὰ τὴ διάρκεια τῆς περιόδου, προκύπτουν οἱ διάφορες μορφές του, πού παριστάνονται γραφικά μὲ διάφορες καμπύλες.

Τὰ εναλλασσόμενα ρεύματα, πού χρησιμοποιοῦνται στὴν πράξη, ἔχουν ὅλα **ἡμιτονοειδῆ μορφή** (κατὰ μεγάλη προσέγγιση).

Ἄν μέσα σ' ἓνα ὁμοίομορφο μαγνητικό πεδίο περιστραφεῖ μὲ σταθερὴ ταχύτητα ἀγώγιμη σπείρα, ἡ τάση ἐξ ἐπαγωγῆς, πού θὰ ἀναπτυχθεῖ στὴ σπείρα αὐτή, θὰ εἶναι ἐναλλασσόμενη καὶ θὰ ἔχει ἡμιτονοειδῆ μορφή. Ἡ τάση ἐξ ἐπαγωγῆς, δηλαδή, δὲν ἀλλάζει μόνο φορά κατὰ τὴν περιστροφή, ἀλλὰ καὶ μέγεθος, γιατί μεταβάλλεται τὸ πλῆθος τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, πού ἀποκόπτεται ἡ περιστρεφόμενη σπείρα, ὅπως θὰ ἐξηγηθεῖ στὴν ἐπόμενη παράγραφο. Ἡ μεταβολὴ τοῦ μεγέθους τῆς τάσεως αὐτῆς μὲ τὸ χρόνο, ἂν παρασταθεῖ γραφικά, θὰ μᾶς δώσει **ἡμιτονοειδῆ καμπύλη** (σχ. 9.1γ)

Ἡμιτονοειδῆς εἶναι ἡ καμπύλη πού προκύπτει, ἂν σέ ἓνα σύστημα συντεταγμένων πάρουμε ὡς τετμημένες διάφορες γωνίες καὶ ὡς τεταγμένες τὶς τιμές τῶν ἀντίστοιχων ἡμιτόνων καὶ ἐνώσουμε τὰ σχετικὰ σημεία.

9.2 Μέγιστη τιμὴ καὶ ἐνδεικνύμενη τιμὴ ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

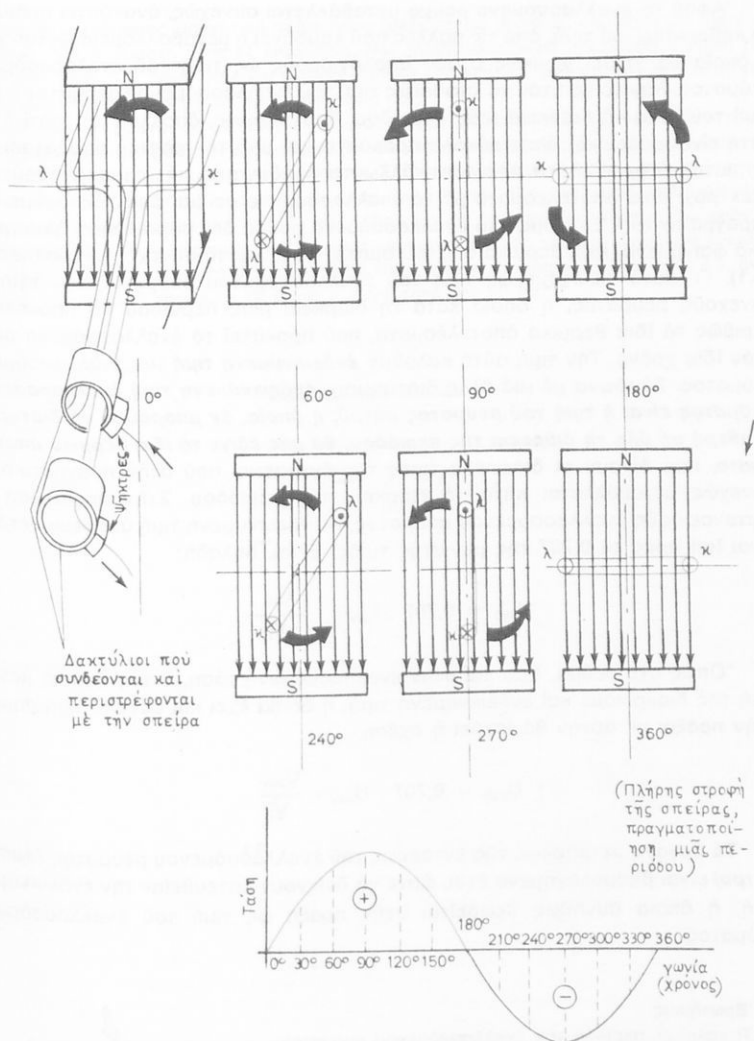
Ἡ ἡμιτονοειδῆς τάση, ἡ τὸ ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα 9.1γ, παρουσιάζει, κατὰ τὴ διάρκεια μιᾶς περιόδου, μιὰ **μέγιστη θετικὴ** τιμὴ, μιὰ **μέγιστη ἀρνητικὴ** τιμὴ ἴση κατὰ μέγεθος μὲ τὴ μέγιστη θετικὴ τιμὴ, καὶ διάφορες ἄλλες **στιγμιαῖες** τιμές. Κάθε στιγμιαία τιμὴ θὰ εἶναι ἴση μὲ:

$$U \cdot \eta\mu\alpha$$

ὅπου: U εἶναι ἡ μέγιστη τιμὴ καὶ α ἡ ἀντίστοιχη γωνία στροφῆς.

Πραγματικά, ἂν ἡ σπείρα τοῦ σχήματος 9.1γ περιστραφεῖ μὲ σταθερὴ ταχύτητα, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα αὐτό, στὴν ἀρχὴ οἱ ἀγωγοὶ τῆς κ καὶ λ θὰ κινηθοῦν μὲ κατεύθυνση παράλληλη πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμές, ὁπότε ἡ τάση ἐξ ἐπαγωγῆς πού θὰ ἀναπτυχθεῖ θὰ εἶναι μηδενικὴ. Ἀμέσως μετὰ ὅμως ἡ κατεύθυνση κινήσεως θὰ λάβει πλάγια θέσι ὡς πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμές, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἀρχίσει νὰ ἀναπτύσσεται ὁλοένα μεγαλύτερη τάση ἐξ ἐπαγωγῆς, μέχρι πού ἡ κατεύθυνση κινήσεως τῶν ἀγωγῶν νὰ γίνῃ κάθετη πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμές καὶ ἡ τάση ἐξ ἐπαγωγῆς νὰ λάβει τὴ μέγιστη τιμὴ τῆς. Κατόπιν ἡ τάση ἀρχίζει νὰ ἐλαττώνεται βαθμιαία (ἡ κατεύθυνση τῆς κινήσεως γίνεται πάλι πλάγια ὡς πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμές), μέχρι πού νὰ μηδενισθεῖ, ὅταν πάλι ἡ κατεύθυνση κινήσεως τῶν ἀγωγῶν γίνῃ παράλληλη πρὸς τὶς μαγνητικὲς γραμμές. Τότε ἡ σπείρα θὰ ἔχει περιστραφεῖ κατὰ γωνία 180°.

Μετά, καθὼς συνεχίζεται ἡ περιστροφή, ἡ τάση ἐξ ἐπαγωγῆς, πού ἀναπτύσσεται στὴ σπείρα, μεταβάλλεται ὅπως καὶ πρὶν. Τώρα ὅμως ἀλλάζει ἡ φορά τῆς τάσεως αὐτῆς, ὅπως εὐκόλα συνάγεται ἀπὸ τὴ θέσι πού ἔχουν οἱ ἀγωγοὶ τῆς σπείρας. Τὶς ἴδιες μεταβολές, βέβαια, θὰ παρατηρήσουμε καὶ στὸ ρεῦμα πού θὰ κυκλοφορήσει



Σχ. 9.1γ.

Παραγωγή εναλλασσόμενου ήμιτονοειδούς ρεύματος.

μέσα από τούς άγωγούς της σπείρας, εάν κλείσει τό κύκλωμά της μέ ήλεκτρική κατανάλωση.

Άφου τό έναλλασσόμενο ρεύμα μεταβάλλεται συνεχώς, άνάκυπτε πρόβλημα νά καθορισθεϊ μία τιμή, από τίς πολλές πού λαμβάνει ή μεταβαλλόμενη έντασή του, ή όποία νά ισχύει γενικώς στους ύπολογισμούς ως τιμή του έναλλασσόμενου ρεύματος. Λογικό θά ήταν νά ληφθεϊ ως τιμή του έναλλασσόμενου ρεύματος ή **μέση τιμή** του κατά τή διάρκεια μιås περιόδου. Τοúτο, όμως, άποκλείεται, γιατί ή τιμή αύτή είναι μηδενική, όπως εύκολα προκύπτει καί από τή γραφική παράσταση του σχήματος 9.1γ' σ' αύτό όφείλεται άλλωστε ή άδυναμία νά δημιουργηθοϋν π.χ. ήλεκτροχημικά άποτελέσματα μέ τό έναλλασσόμενο ρεύμα, όπως θά δοϋμε στην παράγραφο 16.1 'Ενώ όμως τό έναλλασσόμενο ρεύμα δέν παρουσιάζει ήλεκτροχημικά φαινόμενα, έχει θερμικά άποτελέσματα, όπως καί τό συνεχές ρεύμα (παράγρ. 15.1). Γι' αύτό εκλέγομε ως τιμή του έναλλασσόμενου ρεύματος τήν τιμή του συνεχούς ρεύματος, ή όποία κατά τή διάρκεια μιås περιόδου θά προκαλούσε ακριβώς τά ίδια θερμικά άποτελέσματα, πού προκαλεί τό έναλλασσόμενο ρεύμα στον ίδιο χρόνο. Τήν τιμή αύτή καλοϋμε **ένδεικνύμενη τιμή** του έναλλασσόμενου ρεύματος. Σύμφωνα μέ μία άλλη διατύπωση, **ένδεικνύμενη τιμή έναλλασσόμενου ρεύματος είναι ή τιμή του ρεύματος αύτου, ή όποία, αν μπορούσε νά διατηρηθεϊ σταθερή σέ όλη τή διάρκεια τής περιόδου, θά μάς έδινε τά ίδια θερμικά άποτελέσματα**, πού δίνουν οι διάφορες τιμές τής έντάσεως, πού στην πραγματικότητα συνεχώς μεταβάλλεται κατά τή διάρκεια τής περιόδου. Στην περίπτωση του ήμιτονοειδούς έναλλασσόμενου ρεύματος, ή ένδεικνύμενη τιμή άποδεικνύεται ότι είναι ίση πρós τά 0,707 τής μέγιστης τιμής. Είναι, δηλαδή:

$$I_{\text{ενδ}} = 0,707 \cdot I_{\text{μεγ}} = \frac{I_{\text{μεγ}}}{\sqrt{2}}$$

Όπως στο ρεύμα, έτσι καί στην έναλλασσόμενη τάση, εκτός από τή μέγιστη τιμή της διακρίνομε καί ένδεικνύμενη τιμή, ή όποία έχει καί μεγαλύτερη σημασία στην πράξη· γι' αύτήν θά ισχύει ή σχέση:

$$U_{\text{ενδ}} = 0,707 \cdot U_{\text{μεγ}} = \frac{U_{\text{μεγ}}}{\sqrt{2}}$$

Τά όργανα μετρήσεως τής έντάσεως του έναλλασσόμενου ρεύματος (**άμπερόμετρα**) είναι βαθμολογημένα έτσι, ώστε νά δείχνουν κατευθείαν τήν ένδεικνύμενη τιμή, ή όποία συνήθως θεωρείται στην πράξη ως τιμή του έναλλασσόμενου ρεύματος.

9.3 Έρωτήσεις.

1. Τί καλοϋμε περίοδο του έναλλασσόμενου ρεύματος;
2. Τί καλοϋμε συχνότητα του έναλλασσόμενου ρεύματος;
3. Ποιά ή μονάδα μετρήσεως τής συχνότητας καί ποιά ή βιομηχανική συχνότητα;
4. Πότε τό έναλλασσόμενο ρεύμα λέμε ότι έχει ήμιτονοειδή μορφή;
5. Ποιές οι χαρακτηριστικές τιμές του έναλλασσόμενου ρεύματος;
6. Ποιά τιμή παίρνομε, συνήθως, ως τιμή του έναλλασσόμενου ρεύματος καί ποιά ή σχέση τής τιμής αύτης μέ τή μέγιστη τιμή;

7. Ποια τιμή της εναλλασσόμενης τάσεως ενδιαφέρει περισσότερο στην πράξη;
8. Πόση είναι η συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος, του οποίου η ήμιπερίοδος διαρκεί $0,03 \text{ s}$;
9. Μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα μία αγώγιμη σπείρα. "Αν η μέγιστη τάση εξ επαγωγής, που αναπτύσσεται σε μία πλήρη στροφή της σπείρας, είναι 5 V , πόση θα είναι η τάση όταν το επίπεδο της σπείρας σχηματίζει με την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών γωνία 40° ;
10. "Η σπείρα της προηγούμενης άσκησης συνδέεται με μία κατανάλωση και μετρούμε, με τη βοήθεια άμπερομέτρου, την ένταση που θα κυκλοφορήσει στο κύκλωμα. "Η ανάγνωση του όργανου δίνει τιμή έντάσεως ίση με 30 mA . Σε ποιά γωνία του επιπέδου της σπείρας ως προς την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών αντιστοιχεί η ανάγνωση του όργανου;
11. "Αν σε μία όρισμένη χρονική στιγμή, που λαβαίνομε ως έφετηρία μετρήσεως των χρόνων (χρόνος $t = 0$), η στιγμιαία τιμή εναλλασσόμενης ήμιτονοειδοῦς τάσεως είναι 0 , νά εύρεθεί σε πόσο χρόνο μετά από τή στιγμή αυτή θα λάβει η τάση στιγμιαία τιμή ίση προς 8 V , αν η ένδεικνύμενη τιμή της είναι 12 V και η συχνότητά της 50 Hz .

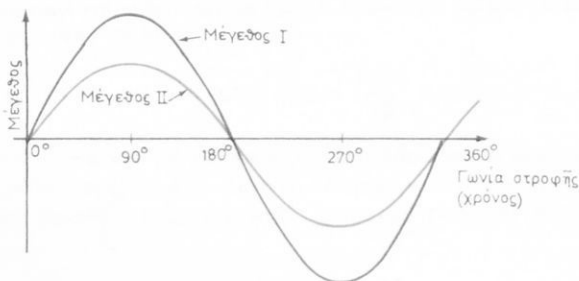
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

10.1 Κύκλωμα μέ ωμική κατανάλωση.

“Αν δύο έναλλασσόμενα μεγέθη (π.χ. δύο έναλλασσόμενες τάσεις ή εντάσεις ή μία έναλλασσόμενη τάση και μία έναλλασσόμενη ένταση) με την ίδια συχνότητα παρουσιάζουν την ίδια στιγμή τη μέγιστη τιμή τους και την ίδια στιγμή την τιμή μηδέν (σχ. 10.1α), τότε λέμε ότι τα μεγέθη αυτά **βρίσκονται σε φάση**.

“Αν δύο έναλλασσόμενα μεγέθη με την ίδια συχνότητα παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή τους σε διαφορετικό χρόνο και τη μηδενική τιμή τους επίσης σε διαφορετικό χρόνο (σχ. 10.1β), αν έχουν δηλαδή χρονική διαφορά, τότε λέμε ότι τα δύο αυτά μεγέθη παρουσιάζουν **φασική απόκλιση**. ‘Η χρονική αυτή διαφορά μεταξύ των δύο μεγεθών, που όνομάσαμε **φασική απόκλιση** μετριέται με τη γωνία, κατά την οποία διαφέρει τό ένα μέγεθος από τό άλλο (**γωνία φασικής απόκλισεως**). ‘Εκτός από τη γωνία φασικής απόκλισεως όμως πρέπει νά γνωρίζομε και ποιο από τά δύο μεγέθη **προπορεύεται** από τό άλλο ή ποιο **έπιπορεύεται** (καθυστερεί) ως πρός τό άλλο.



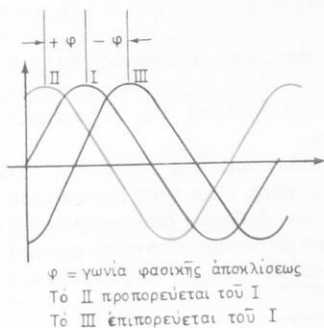
Σχ. 10.1α.

“Ηλεκτρικά μεγέθη σε φάση.

Κύκλωμα έναλλασσόμενου ρεύματος καλείται τό κύκλωμα, του οποίου ή πηγή είναι έναλλασσόμενου ρεύματος. “Αν στο κύκλωμα αυτό ή κατανάλωση δέν παρουσιάσει ούτε χωρητικότητα ούτε ατεπαγωγή, λέμε ότι έχει καθαρή **ώμική αντίσταση**. Καί τό λέμε αυτό, γιατί τό ρεύμα, που θά διέλθει από την κατανάλωση

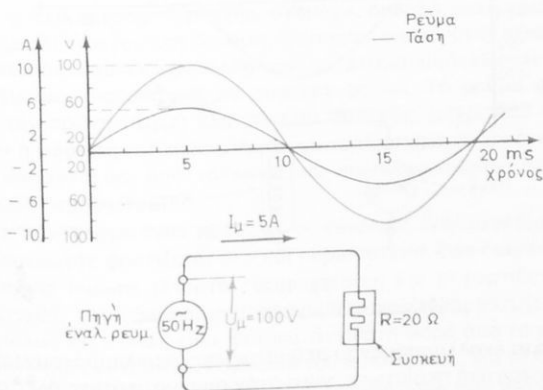
αυτή, όταν κλείσει το κύκλωμα, είναι αυτό που υπολογίζεται από το νόμο του "Ωμ" είναι δηλαδή ίσο προς το ρεύμα που θα κυκλοφορούσε μέσα από την κατανάλωση αυτή, εάν ήταν συνδεδεμένη σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, με πηγή που να είχε την ίδια τάση. Καταναλώσεις με ωμική αντίσταση είναι, π.χ. οι λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι ηλεκτρικές θερμάστρες, τα ηλεκτρικά μαγειρεία, οι ηλεκτρικές **άντιστάσεις** με στρώμα άνθρακα.

Σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με κατανάλωση από ωμική αντίσταση, η τάση και η ένταση του ρεύματος που κυκλοφορεί βρίσκονται σε φάση (σχ. 10.1γ).



Σχ. 10.1β.

Ηλεκτρικά μεγέθη σε φασική απόκλιση.



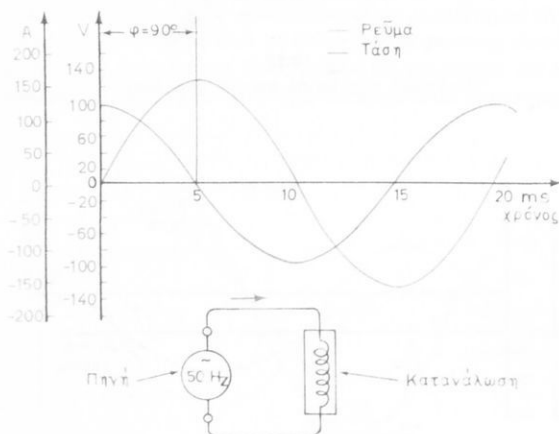
Σχ. 10.1γ.

Κύκλωμα ωμικής αντίστασης.

10.2 Κύκλωμα με επαγωγική κατανάλωση.

Σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος με καταναλωση, πού παρουσιάζει αὐτεπαγωγή (π.χ. πηνίο) καί πολύ μικρή ὠμική ἀντίσταση, ὥστε νά μπορούμε νά τήν ἀγνοήσουμε, τό ρεύμα πού θά κυκλοφορήσει θά ἔχει πολύ μεγάλη τιμή, σύμφωνα μέ τό νόμο τοῦ "Ωμ": τήν πρώτη στιγμή, ὁμως, μετά τό κλείσιμο τοῦ κυκλώματος, θά ἔχει μικρή τιμή (παράγρ. 8.5). Σέ κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ὁμως, ἡ ἴδια, ὅπως καί προηγούμενα κατανάλωση (**ἐπαγωγική κατανάλωση**), θά ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τήν κυκλοφορία μικρότερου ἀπό πρὶν ρεύματος. Τοῦτο συμβαίνει, γιατί ἡ μεταβολή τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, πού παρατηρεῖται στό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος μόνο στήν ἀρχή, συνεχίζεται στό ἐναλλασσόμενο ρεύμα ὅλο τό χρονικό διάστημα πού διαρκεῖ ἡ διέλευση τοῦ ρεύματος καί ἡ τάση ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἀντιτίθεται συνεχῶς στήν τάση τῆς πηγῆς. Ἔτσι, ἡ ἐπαγωγική κατανάλωση ἐμφανίζεται στό ἐναλλασσόμενο ρεύμα, σάν νά ἔχει μιὰ πρόσθετη ἀντίσταση μέ κατάλληλο μέγεθος, ὥστε, ἂν χρησιμοποιήσουμε καί ἐδῶ τόν τύπο τοῦ "Ωμ, νά πάρουμε τό ρεύμα πού κυκλοφορεῖ μέσα ἀπό τήν κατανάλωση.

Ἡ ἀντίσταση πού παρουσιάζει ἓνα πηνίο στή δίοδο τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος (ἐπαγωγική ἀντίσταση), εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος, καί, βεβαίως, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ αὐτεπαγωγή του. Ἔτσι πηνίο μέ μικρή ὠμική ἀντίσταση ἀποτελεῖ φραγμό γιά τά ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας (**ὕψισυχνα ρεύματα**), ἐνῶ γιά τά χαμηλῆς συχνότητας ρεύματα παρουσιάζει μικρή ἀντίσταση.



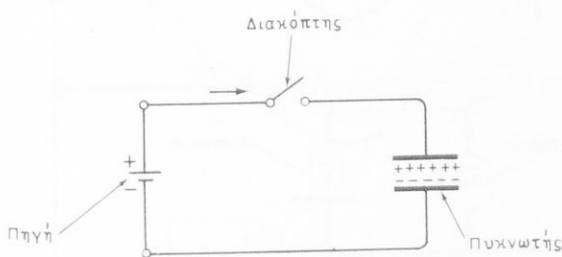
Σχ. 10.2.

Κύκλωμα ἐπαγωγικῆς ἀντίστασεως.

Στά κυκλώματα ἐναλλασσόμενου ρεύματος, πού περιλαμβάνουν μόνο ἐπαγωγική ἀντίσταση (θεωρητική περίπτωση, γιατί στήν πραγματικότητα ὅλες οἱ καταναλώσεις παρουσιάζουν καί κάποια ὠμική ἀντίσταση), ἡ τάση καί ἡ ἐνταση δέν βρίσκονται σέ φάση, ἀλλά παρουσιάζουν φασική ἀπόκλιση 90° καί τό ρεύμα ἐπιπορεύεται ὡς πρὸς τήν τάση (σχ. 10.2).

10.3 Κύκλωμα με χωρητική κατανάλωση.

“Αν συνδέσουμε έναν πυκνωτή σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (σχ. 10.3α), τότε στὸν ὀπλισμὸ του, πού συνδέεται μὲ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς, θὰ ἐμφανισθοῦν θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία καὶ στὸν ἄλλο ὀπλισμὸ θὰ ἐμφανισθοῦν ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Δηλαδή ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς ἐξαναγκάζει τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ ἑνὸς ὀπλισμοῦ νὰ μετακινηθοῦν μέσῳ ἀπὸ τὴν πηγὴ πρὸς τὸν ἄλλο ὀπλισμὸ. Ἡ ροὴ αὐτὴ τῶν ἠλεκτρονίων (ἠλεκτρικὸ ρεῦμα) εἶναι στιγμιαία, δηλαδή διαρκεῖ τόσο μόνο, ὅσος χρόνος ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ συσσωρευθεῖ στοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτῆ φορτίο τόσο, ὥστε μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν του νὰ ἐπικρατήσῃ τάση ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς. Τότε λέμε ὅτι ὁ **πυκνωτὴς ἔχει φορτισθεῖ**. Πραγματικά, ἡ ὑπαρξὴ ἠλεκτρικῆς τάσεως μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτῆ ἀποτελεῖ αἰτία μετακινήσεως τῶν θετικῶν φορτίων ἀπὸ τὸν ἕναν ὀπλισμὸ στὸν ἄλλο (**ἐκφόρτιση τοῦ πυκνωτῆ**)· ἡ μετακίνησις ὅμως αὐτὴ δὲν μπορεῖ νὰ γίνῃ



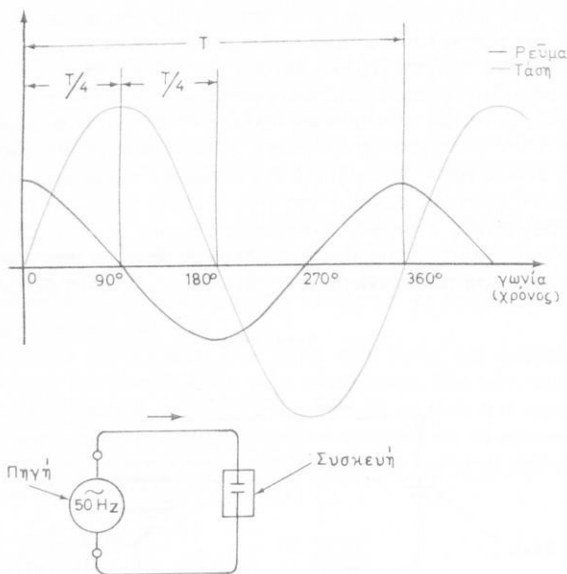
Σχ. 10.3α.

Κύκλωμα με πυκνωτή.

διαμέσου τοῦ πυκνωτῆ, ἐπειδὴ τὸ κύκλωμα διακόπτεται ἀπὸ τὸ διηλεκτρικὸ καὶ γι' αὐτὸ τείνῃ νὰ γίνῃ διαμέσου τῆς πηγῆς. Βλέπομε, δηλαδή, ὅτι ἡ τάση τοῦ πυκνωτῆ ἀντιτίθεται στὴν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη τῆς πηγῆς, ὁπότε, ὅταν ἐξισωθεῖ μὲ αὐτὴν, ἡ μία τάση ἐξουδετερώνει τὴν ἄλλη καὶ τὸ ρεῦμα μηδενίζεται. Ὁ πυκνωτὴς ἢ μία τάση ἐξουδετερώνει τὴν ἄλλη καὶ τὸ ρεῦμα μηδενίζεται. Τὸ ρεῦμα φορτίσεως τοῦ πυκνωτῆ ἀπὸ τὴν πρώτη στιγμὴ ἐλαττώνεται συνεχῶς, μέχρι πού νὰ μηδενισθεῖ, ὅταν τελειώσει ἡ φόρτιση τοῦ πυκνωτῆ. Ὁ πυκνωτὴς παραμένει τότε φορτισμένος, ἔστω καὶ ἂν ἀποσυνδεθεῖ ἀπὸ τὸ κύκλωμα, καὶ ἐκφορτίζεται ὅταν συνδέσῃ ἀγωγὸν τοὺς ὀπλισμοὺς του.

“Αν, τώρα, συνδέσουμε ἕναν πυκνωτὴ σὲ κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος (σχ. 10.3β), ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται ὅλο καὶ περισσότερο, ὅσο διαρκεῖ ἡ αὐξηση τῆς τάσεως τῆς πηγῆς (πρῶτο τέταρτο τῆς περιόδου) καὶ ἐκφορτίζεται, ὅσο χρόνο διαρκεῖ ἡ ἐλάττωση τῆς τάσεως τῆς πηγῆς (δεύτερο τέταρτο τῆς περιόδου). Τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει, ὅπως εἶναι φυσικὸ, ἀντίθετη φορὰ ἀπὸ τὸ ρεῦμα φορτίσεως. Ἔτσι ὁ πυκνωτὴς δὲν ἀποτελεῖ διακοπὴ τοῦ κυκλώματος γιὰ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τὸ ὁποῖο ρεῖ κανονικά καὶ εἶναι τόσο μεγαλύτερο, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτῆ καὶ ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖ, ἐπομένως, γιὰ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μὴ κατανάλωση, ἢ ὁποῖα μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὅτι παρουσιάζει ἀντίσταση στὴ δίοδο τοῦ ρεύματος” ἡ

άντισταση αυτή μᾶς ἐπιτρέπει να χρησιμοποιοῦμε καί στὴν περίπτωση ποὺ μᾶς ἀπασχολεῖ τὸν τύπο τοῦ $\Omega\mu$.



Σχ. 10.3β.

Κύκλωμα με χωρητική αντίσταση.

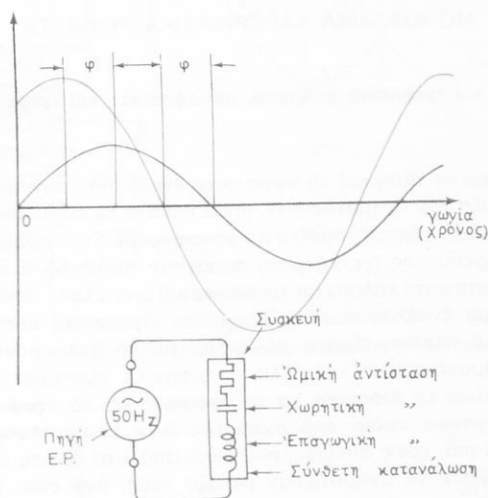
Ἡ **χωρητική αντίσταση**, ἡ ὁποία εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅπως εἶπαμε, ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος, ἀποτελεῖ φραγμὸ γιὰ τὰ ρεύματα χαμηλῆς συχνότητας (τὸ συνεχές ρεῦμα, ποὺ εἶναι ρεῦμα με μηδενικὴ συχνότητα, διακόπτεται τελείως), ἐνῶ ἀφήνει τὰ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας νὰ ρέουν με εὐκολία.

Στὰ κυκλώματα ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ποὺ περιλαμβάνουν μόνο χωρητικὴ ἀντίσταση (χωρητικὴ κατανάλωση), ἡ ἔνταση παρουσιάζει φασικὴ ἀπόκλιση 90° ὡς πρὸς τὴν τάση, ὅπως καί στὴν περίπτωση τῆς ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως, ἀλλὰ τὸ ρεῦμα προπορεύεται ἀπὸ τὴν τάση (σχ. 10.3β).

10.4 Κύκλωμα με σύνθετη κατανάλωση.

Σὲ ἓνα κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος εἶναι δυνατόν νὰ ὑπάρχουν ταυτόχρονα περισσότερες ἀπὸ μιᾶς μορφῆς καταναλώσεις συνδεδεσολογημένες με ὅποιοδήποτε τρόπο (συνδεδεσολογία σειρᾶς, παράλληλη, μικτὴ)· μπορεῖ νὰ ὑπάρχουν ἀκόμα συνδεδεσολογημένες σύνθετες καταναλώσεις, ποὺ παρουσιάζουν ἐκτός ἀπὸ τὴν ὠμικὴ ἀντίσταση καί ἐπαγωγικὴ ἢ χωρητικὴ ἀντίσταση. Στὸ ἐναλλασσόμενο

ρεύμα, ή σύνθετη κατανάλωση παρουσιάζει τη λεγόμενη **σύνθετη αντίσταση**. Στις περιπτώσεις αυτές οι μεταβολές της τάσεως με το χρόνο δεν συμβαδίζουν γενικά με τις μεταβολές της έντασεως· ή ένταση είναι δυνατόν να καθυστερεί ως προς την τάση ή να προηγείται από αυτήν περισσότερο ή λιγότερο, πράγμα που καθορίζεται από το είδος της αντίστασεως που υπερισχύει, καθώς και από το μέγεθός της (σχ. 10.4). "Αν οι χωρητικές και επαγωγικές αντιστάσεις αλληλοεξουδετερώνονται, ή τάση και ή ένταση βρίσκονται σε φάση. "Αν όμως μετά τη σύνθεση όλων των αντιστάσεων του κυκλώματος παραμείνει επαγωγική ή χωρητική αντίσταση με κάποια ωμική αντίσταση, θά παρατηρηθεί μία ένδιάμεση γωνία φασικής απόκλισεως μεταξύ 0° και 90° .



Σχ. 10.4.

Κύκλωμα με σύνθετη αντίσταση.

10.5 Έρωτήσεις.

1. Πότε λέμε ότι μία κατανάλωση έχει μόνο ωμική αντίσταση;
2. Από τί εξαρτάται η επαγωγική αντίσταση, που παρουσιάζει στο εναλλασσόμενο ρεύμα ένα πηνίο;
3. Τι θα συμβεί αν σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος παρεμβάλλουμε έναν πυκνωτή;
4. Σε ποιά περίπτωση ή εναλλασσόμενη τάση βρίσκεται σε φάση με το ρεύμα που προκαλεί; Πότε παρουσιάζεται φασική απόκλιση 90° ;
5. Σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με σύνθετη κατανάλωση, πότε το ρεύμα που κυκλοφορεί προπορεύεται από την εφαρμοζόμενη τάση και πότε επιπορεύεται ως προς αυτήν;
6. Μέσα από ηλεκτρικό αγωγό, ό οποίος από ένα σημείο και έπειτα διακλαδίζεται σε δύο παράλληλους κλάδους, διέρχονται ταυτόχρονα δύο εναλλασσόμενα ρεύματα, ένα υψηλής συχνότητας και ένα χαμηλής συχνότητας. Πώς μπορούμε να επιτύχουμε, ώστε ολόκληρο σχεδόν το ρεύμα υψηλής συχνότητας να διέρχεται από τον ένα κλάδο, ενώ ολόκληρο το ρεύμα χαμηλής συχνότητας να διέρχεται από τον άλλο κλάδο;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΑ ΚΑΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

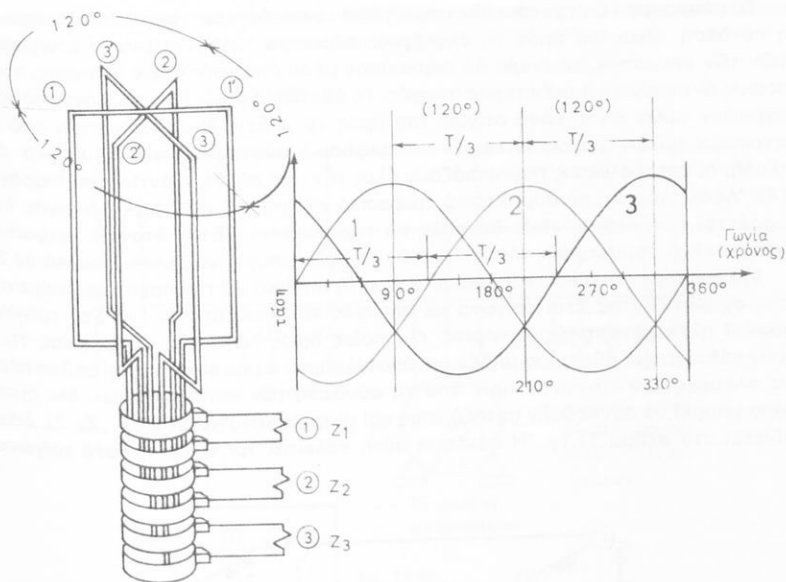
11.1 Μονοφασικά καί τριφασικά ρεύματα, μονοφασικές καί τριφασικές καταναλώσεις.

Ἡ ἐναλλασσόμενη τάση καί τὸ ἀντίστοιχο ἐναλλασσόμενο ρεύμα, πού παράγονται μέ τή διάταξη τοῦ σχήματος 9.1γ, ὅπως καί ὅλα τά ἐναλλασσόμενα ρεύματα πού μελετήσαμε μέχρι τώρα, ὀνομάζονται **μονοφασικά**. Στήν πράξη ὅμως οἱ πηγές ἐναλλασσόμενου ρεύματος (γεννήτριες) παράγουν ταυτόχρονα τρία μονοφασικά ρεύματα. Τά ρεύματα αὐτά καλοῦνται **τριφασικά** καί ἀποτελοῦν, ὅπως θά ἐξηγήσουμε παρακάτω, σύστημα ἐναλλασσόμενων ρευμάτων (**τριφασικό σύστημα**), τὸ ὁποῖο παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σέ σχέση μέ τὸ ἀπλό μονοφασικό ρεύμα. Σπανιότερα χρησιμοποιοῦνται καί ἄλλα πολυφασικά συστήματα ἐκτός ἀπὸ τὸ τριφασικό, ὅπως εἶναι τὸ **διφασικό**, τὸ **τετραφασικό** καί τὸ **ἐξαφασικό**.

Ἄν στό μαγνητικό πεδίο τοῦ σχήματος 9.1γ περιστρέψουμε μέ σταθερή ταχύτητα, ἀντί γιὰ μιά, τρεῖς σπεῖρες, πού εἶναι ἀπόλυτα ὅμοιες καί στερεωμένες (σχ. 11.1α) ἔτσι, ὥστε νά σχηματίζουν μεταξύ τους, ἀνά δύο, γωνίες 120° , θά παραχθοῦν ἀντίστοιχα τρεῖς ἴσες ἡμιτονοειδεῖς τάσεις ἐξ ἐπαγωγῆς. Οἱ τάσεις αὐτές θά λαμβάνουν τή μέγιστη θετική τιμή τους διαδοχικά ἢ μία μετὰ τὴν ἄλλη μέ χρονική διαφορά $1/3$ τῆς περιόδου. Ἄν συνδέσουμε τὰ ἄκρα τῶν τριῶν σπειρῶν μέ τή βοήθεια δακτυλίων καί ψηκτρῶν σέ τρεῖς ἀπόλυτα ὅμοιες καταναλώσεις Z_1, Z_2, Z_3 (σχ. 11.1α), θά κυκλοφορήσουν τρία ἴσα ρεύματα, πού θά παρουσιάζουν καί αὐτά μεταξύ τους ἀνά δύο φασική ἀπόκλιση 120° . Τὸ σύστημα τῶν τριῶν αὐτῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **συμμετρικό τριφασικό σύστημα**.

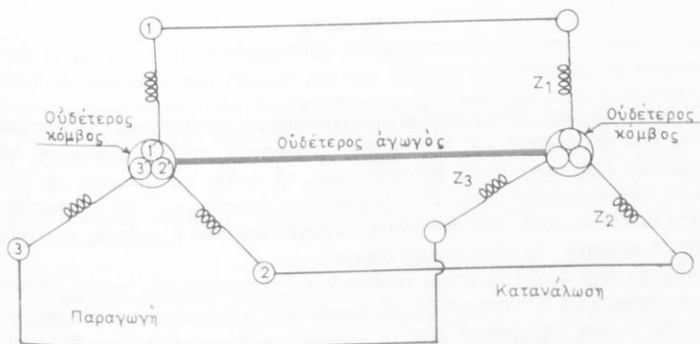
Ὅπως βλέπομε, γιὰ ἓνα τριφασικό σύστημα ἀπαιτοῦνται 6 ἄγωγοι γιὰ νά συνδεθεῖ ἡ τριφασική πηγή μέ τίς τρεῖς καταναλώσεις. Εἶναι δυνατόν ὅμως νά μειώσουμε τὸ πλῆθος τῶν ἄγωγῶν, πού ἀπαιτοῦνται γιὰ τή μεταφορά τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας ἀπὸ τὴν πηγή στίς καταναλώσεις· γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιοῦμε τοὺς ἀκόλουθους δύο τρόπους συνδέσεως, πού δέν ἐπιφέρουν καμιά ἀπολύτως μεταβολή στό σύστημα. Ἔτσι ἐπιτυγχάνομε οἰκονομία στό ὑλικὸ καί ἀπλότητα στήν κατασκευή. Οἱ τρόποι εἶναι οἱ ἑξῆς:

α) Σέ ἓνα κοινὸ κόμβο συνδέομε τὰ ἄκρα $1', 2', 3'$ τῶν σπειρῶν (ἢ πηνίων). Τὸν κόμβο αὐτὸν τὸν συνδέομε σέ ἓνα δακτύλιο (ἀντί γιὰ τοὺς τρεῖς), πού ἦταν ἀπαραίτητο προηγουμένως. Ἐπίσης σέ ἓνα κοινὸ κόμβο συνδέομε τὰ τρία ἄκρα τῶν καταναλώσεων Z_1, Z_2, Z_3 (σχ. 11.1β).



Σχ. 11.1α.

Παραγωγή τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος.



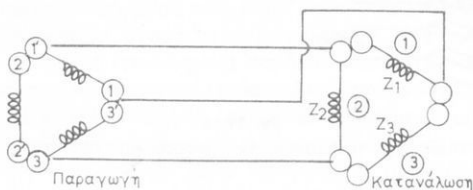
Σχ. 11.1β.

Ήσπεροειδής σύνδεση.

Έτσι, αν συνδέσουμε τούς δύο κοινούς κόμβους με έναν άγωγό, θά απαιτηθούν συνολικά 4 άγωγοί αντί για 6. Η σύνδεση αυτή καλείται **ήσπεροειδής** ή **κατ' ήσπερα** και ο κοινός κόμβος, όπως και ο κοινός άγωγός, καλούνται **ήσπερος κόμβος** και **ήσπερος άγωγός**.

Τό ρεύμα, πού διέρχεται κάθε στιγμή από τόν ουδέτερο άγωγό στήν άστεροειδή σύνδεση, είναι ίσο πρός τό άλγεβρικό άθροισμα τών αντίστοιχων στιγμιαίων τιμών τών ρευμάτων, τά όποία θά περνοῦσαν μέσα από τούς τρεις άγωγούς, τούς όποιους αντικαθιστά ο ουδέτερος άγωγός. Τό άθροισμα όμως αυτό τών αντίστοιχων στιγμιαίων τιμών είναι, κάθε στιγμή, ίσο πρός τό μηδέν, όπως προκύπτει από τό διάγραμμα τοῦ σχήματος 11.1α, άν τό τριφασικό σύστημα είναι συμμετρικό· άν, δηλαδή, οί καταναλώσεις παρουσιάζουν όλες τήν ίδια σύνθετη αντίσταση (παράγρ. 10.4). 'Αφοῦ, λοιπόν, σέ συμμετρικό τριφασικό σύστημα ο ουδέτερος άγωγός δέν διαρρέεται από ρεύμα, είναι δυνατόν νά παραλειφθεῖ. "Ετσι, όταν τό τριφασικό σύστημα είναι συμμετρικό, τό πλήθος τών άγωγών μπορεί νά μειωθεί τελικά σέ 3.

β) Συνδέομε τό τέλος τής μιάς σπείρας (ή πηνίου) μέ τήν άρχή τής επόμενης κ.ο.κ. σχηματίζοντας ἔτσι τρίγωνο μέ πλευρές τά πηνία (σχ. 11.1γ). Στο τρίγωνο δρουν 3 ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις, οί όποιες όμως λόγω τής συμμετρίας τους ἔχουν κάθε στιγμή άθροισμα μηδέν, μέ αποτέλεσμα νά μήν κυκλοφορεῖ ρεύμα μέσα στίς πλευρές τοῦ τριγώνου πρίν από τή σύνδεση τών καταναλώσεων. Μέ όμοιο τρόπο μπορεί νά συνδεθοῦν μεταξύ τους καί οί τρεις καταναλώσεις Z_1 , Z_2 , Z_3 , όπως φαίνεται στο σχήμα 11.1γ. 'Η σύνδεση αὐτή καλεῖται **τριγωνική** ἢ **κατά τρίγωνο**.



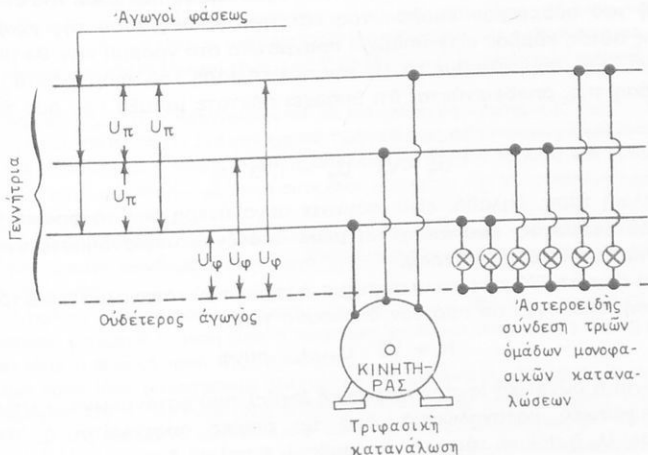
Σχ. 11.1γ.

Τριγωνική σύνδεση.

Οί καταναλώσεις, όπως είδαμε προηγουμένως, συνδέονται κατ' άστέρα ἢ κατá τρίγωνο καί αποτελοῦν τίς λεγόμενες **τριφασικές καταναλώσεις**. 'Η τριφασική κατανάλωση ἔχει τρία άκρα (**άκροδέκτες**), τά όποία συνδέονται μέ τούς τρεις άγωγούς, πού άναχωροῦν από τούς Ισάριθμοις άκροδέκτες τής τριφασικής πηγής. Οί τρεις αὐτοί άγωγοί, πού καλοῦνται **άγωγοί φάσεως** ἢ **φάσεις**, αποτελοῦν τήν **τριφασική γραμμή** τοῦ ηλεκτρικοῦ δικτύου.

"Ασχετα από τό άν τά πηνία (**τυλίγματα**) τής τριφασικής πηγής βρίσκονται σέ σύνδεση τριγωνική ἢ άστεροειδή, οί τριφασικές καταναλώσεις μπορεί νά συνδεθοῦν στήν τριφασική γραμμή είτε οί **μονοφασικές καταναλώσεις**, από τίς όποιες αποτελοῦνται, ἔχουν συνδεθεῖ κατá τρίγωνο είτε κατ' άστέρα. Σέ μιά τριφασική γραμμή (σχ. 11.1δ) μπορούμε νά συνδέσουμε είτε τριφασικές συσκευές ἢ καί μηχανές, είτε μονοφασικές συσκευές καί μηχανές. (Μιά τριφασική συσκευή ἢ μηχανή αποτελείται από τρεις ίσες σύνθετες αντίστάσεις, μέ σύνδεση τριγώνου ἢ άστέρα, καί, έπομένως, είναι συμμετρική τριφασική κατανάλωση). Τίς μονοφασικές καταναλώσεις προσπαθοῦμε νά τίς διατάξομε κατá ομάδα νά άπορροφά, κατá τό δυνατόν τήν ίδια ένταση ρεύματος, γιά νά μήν καταστρέφεται ἡ συμμετρία τοῦ

τριφασικού συστήματος, τήν όποία επιδιώκομε γιά τα πλεονεκτήματα πού παρουσιάζει.



Σχ. 11.15.

Τριφασική γραμμή μέ καταναλώσεις

11.2 Ίσχύς éναλλασσόμενου ρεύματος, ισχύς τριφασικού συστήματος.

Όπως είναι γνωστό (παράγρ. 6.2), ή ήλεκτρική ισχύς στό συνεχές ρεύμα δίνεται από τό γινόμενο τής τάσεως επί τήν ένταση. Στό éναλλασσόμενο ρεύμα, όμως, τό γινόμενο αυτό δέν μάς παρέχει τήν **πραγματική** ισχύ, πού καταναλώνει μία συσκευή ή πού παράγει μία μηχανή. Τό γινόμενο αυτό στό éναλλασσόμενο ρεύμα δίνει μία ένδεικτική ισχύ, πού είναι ανάλογη μέ τό μέγεθος τών μηχανών ή συσκευών. Ή ισχύς αυτή καλεΐται **φαινόμενη ισχύς** καί μετριέται σέ μονάδες βολταμπέρ ή **κιλοβολταμπέρ** μέ σύμβολα VA καί kVA αντίστοιχα, γιά νά διακρίνεται από τήν πραγματική ισχύ.

Ή πραγματική ισχύς μιάς συσκευής ή μηχανής éναλλασσόμενου ρεύματος, πού καλεΐται καί **ένεργός ισχύς**, αποδεικνύεται ότι είναι ίση πρós τό γινόμενο τής ένδεικνύμενης τιμής τής τάσεως επί τήν ένδεικνύμενη τιμή τής έντάσεως επί τό συνημίτονο τής γωνίας φασικής άποκλίσεως μεταξύ τής τάσεως καί τής έντάσεως. Θά είναι, δηλαδή, άν χρησιμοποιήσομε τά σύμβολα τής παραγράφου 6.2:

$$N = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

όπου: τό συνφ καλεΐται **συντελεστής ισχύος**.

Στό éναλλασσόμενο ρεύμα διακρίνομε καί ένός άλλου είδους ισχύ, τήν **δεργο ισχύ**, πού δίνεται από τό γινόμενο:

$$U \cdot I \cdot \eta \mu \phi$$

Σε μία τριφασική γραμμή (σχ. 11.1δ) η τάση, που επικρατεί ανάμεσα σε δυό όποιουδήποτε άγωγούς της γραμμής, καλείται **πολική τάση** της γραμμής, ενώ η τάση που επικρατεί μεταξύ όποιουδήποτε άγωγού της γραμμής και του ουδέτερου άγωγού ή του ουδέτερου κόμβου της καλείται **φασική τάση της γραμμής**. 'Ο ουδέτερος αυτός κόμβος είτε υπάρχει πραγματικά στη γραμμή είτε θά μπορούσε νά υπάρχει. 'Εάν συμβολίσουμε με U_n την πολική τάση της γραμμής και με U_ϕ τη φασική τάση της, αποδεικνύεται ότι υπάρχει πάντοτε μεταξύ των δύο τάσεων η σχέση:

$$U_n = \sqrt{3} \cdot U_\phi = 1,73 \cdot U_\phi$$

'Η πολική τάση, δηλαδή, είναι πάντοτε μεγαλύτερη από τη φασική τάση. 'Η ένταση του ρεύματος, που διέρχεται μέσα από έναν όποιονδήποτε άγωγό της γραμμής, καλείται **πολική ένταση**.

Σέ ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα, η ισχύς, που καταναλώνει μία τριφασική κατανάλωση, υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$N = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

όπου: N είναι η συνολική ισχύς (**τριφασική ισχύς**), που καταναλώνουν και οι τρεις μαζί μονοφασικές καταναλώσεις, από τις οποίες αποτελείται η τριφασική κατανάλωση· U_n η πολική τάση της γραμμής· I_n η πολική ένταση της γραμμής· φ η γωνία φασικής αποκλίσεως μεταξύ της τάσεως, που επικρατεί στα άκρα οποιασδήποτε μονοφασικής καταναλώσεως (από τις τρεις από τις οποίες αποτελείται η τριφασική κατανάλωση) και της εντάσεως του ρεύματος, που κυκλοφορεί μέσα στη μονοφασική αυτή κατανάλωση (συντελεστής ισχύος της τριφασικής καταναλώσεως).

'Η τριφασική ισχύς, λοιπόν, είναι τό γινόμενο:

$$\sqrt{3} \times \text{πολική τάση} \times \text{πολική ένταση} \times \cos \varphi \text{ της καταναλώσεως}$$

'Η τριφασική ισχύς, που καταναλώνει μία τριφασική κατανάλωση, παρέχεται σ' αυτήν, όπως είναι φανερό, και από τις τρεις φάσεις της γραμμής· επομένως κάθε φάση παρέχει τό $1/3$ της ισχύος που υπολογίζεται από τον παραπάνω τύπο.

11.3 'Ερωτήσεις.

1. 'Από τί αποτελείται τό συμμετρικό τριφασικό σύστημα ρευμάτων;
2. Πόσοι άγωγοί απαιτούνται γιά τη σύνδεση τριφασικής πηγής με τριφασική κατανάλωση;
3. 'Εάν τά τυλίγματα μιάς τριφασικής πηγής βρίσκονται σέ τριγωνική σύνδεση, είναι δυνατόν νά συνδέσουμε στην τριφασική γραμμή, που άναχωρεί από την πηγή αυτή, τρεις μονοφασικές καταναλώσεις, που έχουν συνδεθεί με άστεροειδή σύνδεση;
4. Μέ ποιά προϋπόθεση δέν κυκλοφορεί ρεύμα μέσα από τον ουδέτερο άγωγό ενός τριφασικού συστήματος;
5. 'Εάν συνδέσουμε μία μονοφασική κατανάλωση μεταξύ ενός άγωγού φάσεως και του ουδέτερου άγωγού, σέ τριφασικό σύστημα με ουδέτερο άγωγό (4 άγωγοί), μέ ποιά τάση θά βρεθεί η κατανάλωση, αν η πολική τάση του συστήματος είναι 380 V; 'Αν συνδέσουμε την ίδια κατανάλωση μεταξύ δύο άγωγών φάσεως, ποιά θά είναι η τάση στα άκρα της καταναλώσεως;
6. 'Εάν σέ τριφασική γραμμή χωρίς ουδέτερο άγωγό συνδέσουμε τρεις ίσες μονοφασικές καταναλώσεις, που βρίσκονται σέ άστεροειδή σύνδεση, ποιά τάση θά επικρατεί στα άκρα

κάθε καταναλώσεως;

7. Πόσος είναι ο συντελεστής ισχύος μιάς χωρητικής καταναλώσεως και πόση είναι η πραγματική ισχύς που απορροφά αυτή;
8. Ποιά είναι η ενεργός ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος όταν οι ένδεικνύμενες τιμές τάσεως και έντάσεως είναι αντίστοιχα 220 V και 8 A και η γωνία φασικής αποκλίσεως μεταξύ της τάσεως και της έντάσεως είναι $\phi = 65^\circ$; Ποιά είναι η άεργος ισχύς και ποιά η φαινόμενη ισχύς;
9. Η ενεργός ισχύς που καταναλώνεται σε μία συσκευή έσωτερικής ωμικής αντίστασεως 14,3 Ω είναι 360 W. "Αν οι ένδεικνύμενες τιμές τάσεως και έντάσεως είναι αντίστοιχα 110 V και 5 A, πόση είναι η γωνία φασικής αποκλίσεως μεταξύ τάσεως και έντάσεως; "Αν η συσκευή αυτή συνδεόταν με πηγή συνεχούς ρεύματος της ίδιας τάσεως πόση θά ήταν η απορροφούμενη ισχύς;
10. Άμπερόμετρο τοποθετημένο σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος δίνει ένδειξη 6 A ενώ βολτόμετρο συνδεδεμένο στην πηγή δείχνει 200 V. "Αν μετρηθεί ισχύς 800 W πόσο θά είναι τό συνφ;
11. "Αν η πολική τάση τριφασικού συστήματος είναι $U_n = 380$ V και τριφασική κατανάλωση απορροφά ένταση 9 A, πόση είναι η τριφασική ισχύς για συντελεστή ισχύος $\cos \phi = 0,85$; Πόση είναι η φασική τάση της γραμμής;
12. "Εχουμε τρεις ίδιες μονοφασικές ηλεκτρικές θερμάστρες Θ_1 , Θ_2 και Θ_3 τάσεως κανονικής λειτουργίας 220 V. "Αν διαθέτομε τριφασικό σύστημα με τρεις άγωγούς, πολικής τάσεως 380 V, α) πώς πρέπει νά συνδέσουμε σ' αυτό τις τρεις θερμάστρες; β) "Αν διακόψομε τη λειτουργία της θερμάστρας Θ_3 με πόση τάση θά λειτουργούν οι θερμάστρες Θ_1 και Θ_2 ; γ) "Αν διακόψομε και τη λειτουργία της θερμάστρας Θ_2 με πόση τάση θά λειτουργεί η θερμάστρα Θ_1 ; δ) Στην περίπτωση (β) ποιά θά είναι η σχέση της απορροφούμενης ισχύος από κάθε θερμάστρα προς την κανονική της ισχύ; ε) Νά απαντηθούν τά έρωτήματα (α) ως (δ) αν διαθέτεται τριφασικό σύστημα τριών άγωγών, πολικής τάσεως 220 V. στ) Νά απαντηθούν τά έρωτήματα (α) ως (δ) αν διαθέτεται τριφασικό σύστημα τεσσάρων άγωγών, πολικής τάσεως 380 V.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

12.1 Κατασκευή.

Οι ηλεκτρικές μηχανές, μέ τις οποίες επιτυγχάνεται ή μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια και αντίστροφως, αποτελούνται από δύο βασικά μέρη:

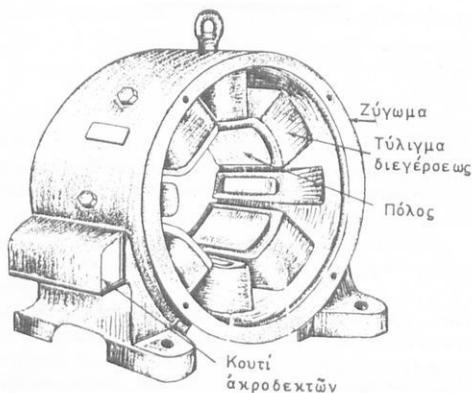
Τό μέρος πού αποτελείται από άκίνητα στοιχεία καλεῖται **στάτης** καί τό μέρος πού αποτελείται από κινητά (περιστρεφόμενα) στοιχεία καί καλεῖται **δρομέας**.

Ό **στάτης** τών ηλεκτρικῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος αποτελείται:

α) Ἀπό στεφάνη ἀπό χάλυβα, ἡ ὁποία καλεῖται **ζύγωμα**.

β) Ἀπό τούς **μαγνητικούς πόλους** (2 γιά τίς πολύ μικρές μηχανές, περισσότεροι γιά τίς μεγαλύτερες), οἱ ὁποῖοι αποτελοῦνται ἀπό τόν **πυρήνα** καί τό **πέδιλο** καί στηρίζονται ἐπάνω στό ζύγωμα.

γ) Ἀπό τό πηνίο πού περιβάλλει τόν πυρήνα καί καλεῖται **τύλιγμα** διεγέρσεως (σχ. 12.1α).



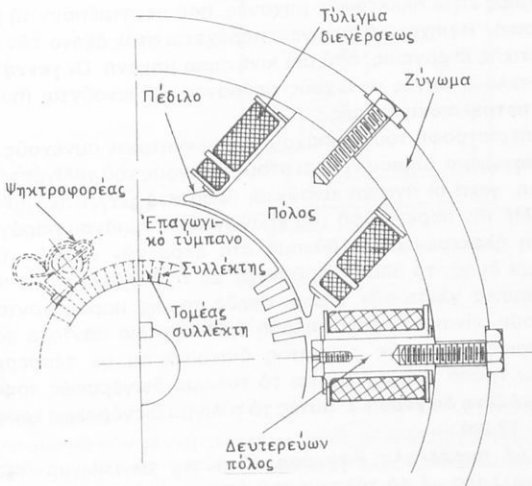
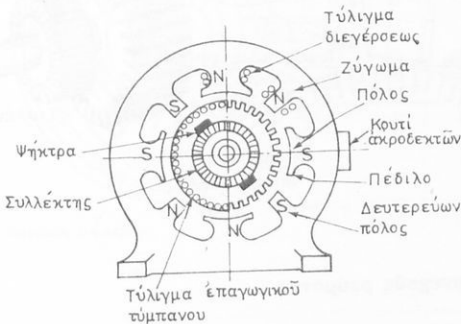
Σχ. 12.1α.
Ἡλεκτρική μηχανή.

Οι μαγνητικοί πόλοι αποτελούνται από μία δέσμη ειδικών ελασμάτων, που είναι μονωμένα μεταξύ τους.

Ό δρομέας των μηχανών συνεχούς ρεύματος αποτελείται:

α) Από ένα **τύμπανο** από ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους.

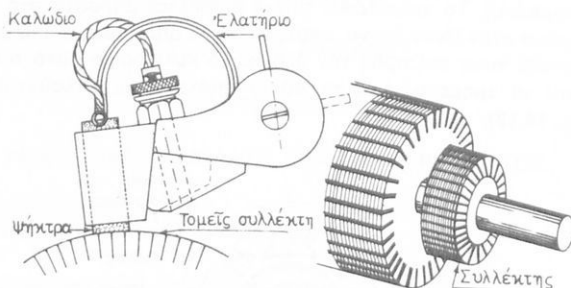
β) Από ένα **κυλινδρικό τμήμα**. Κατά μήκος της κυλινδρικής επιφάνειας του τυμπάνου είναι στερεωμένοι άγωγοί (τύλιγμα) σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους (έπαγωγικό τύμπανο). Το κυλινδρικό τμήμα βρίσκεται μπροστά στο τύμπανο και είναι στερεωμένο στον ίδιο άξονα, αποτελείται δέ από τεμάχια από σκληρό χαλκό μονωμένα μεταξύ τους και προς τον άξονα. Το κυλινδρικό αυτό τμήμα καλείται **συλλέκτης** και τα τμήματά, από τα οποία αποτελείται, καλούνται **τομείς** του συλλέκτη (σχ. 12.1β).



Σχ. 12.1β.

Έπαγωγικό τύμπανο και συλλέκτης.

Έπάνω στο στάτη είναι στερεωμένο ένα εξάρτημα, που καλείται **ψηκτροφορέας** και φέρει μικρά πρισματικά τεμάχια από γραφίτη. Τά τεμάχια αυτά καλούνται **ψηκτρές** (καρβουνάκια) και έφάπτονται στους τομείς του συλλέκτη με πίεση, ή όποια μπορεί νά ρυθμίζεται (σχ. 12.1γ).



Σχ. 12.1γ.
Ψηκτροφορέας.

12.2 Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος.

1. Συνδεσμολογίες.

Οι **γεννήτριες** είναι ηλεκτρικές μηχανές, που μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η μηχανική ενέργεια παρέχεται στον άξονα των γεννητριών, με τή μορφή κινητικής ενέργειας, από μιά κινητήρια μηχανή. Οι **γεννήτριες συνεχούς ρεύματος** αποτελούν πηγές συνεχούς ρεύματος και κινούνται (παίρνουν κίνηση) συνήθως από πετρελαιοκινητήρες.

Κατά τήν περιστροφή του τυμπάνου των γεννητριών συνεχούς ρεύματος, που καλείται και **έπαγωγιο**, δημιουργείται στους άγωγούς του τυλίγματος του ηλεκτρεγερτικής δύναμη, γιατί οι άγωγοί κινούνται μέσα στο μαγνητικό πεδίο των πόλων (παράγρ. 8.4). Μέ τήν περιστροφή του έπαγωγικού τυμπάνου παράγεται, συνεπώς, έναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη στα άκρα των άγωγών του τυλίγματος αυτού· τό ρεύμα όμως, τό όποιο λαμβάνομε με τή βοήθεια του συλλέκτη και των ψηκτρών, οι όποιες γλιστρούν έπάνω στους τομείς παραμένοντας πάντοτε σε έπαφή με αυτούς, είναι συνεχές, δηλαδή έχει τήν ίδια πάντοτε φορά.

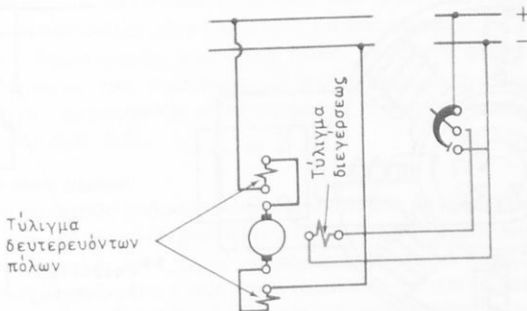
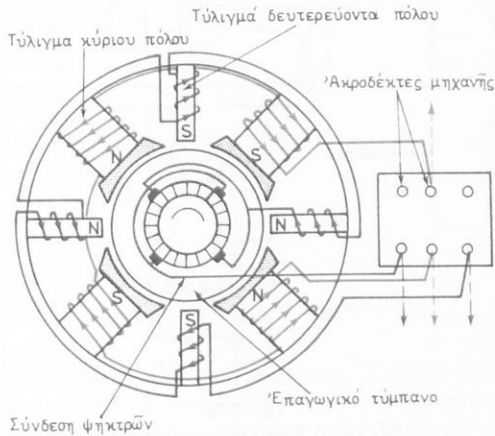
Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τόν τρόπο που συνδέεται τό τύλιγμα διεγέρσεώς τους:

α) **Γεννήτριες με ξένη διεγερση.** Σ' αυτές τό τύλιγμα διεγέρσεως τροφοδοτείται από ξένη πηγή (σχ. 12.2α).

β) **Γεννήτριες με παράλληλη διεγερση.** Σ' αυτές τό τύλιγμα διεγέρσεως είναι συνδεδεμένο παράλληλα με τό τύλιγμα του έπαγωγικού τυμπάνου (σχ. 12.1β).

γ) **Γεννήτριες με διεγερση σειράς.** Σ' αυτές τό τύλιγμα διεγέρσεως είναι συνδεδεμένο σε σειρά με τό τύλιγμα του τυμπάνου (σχ. 12.2γ).

δ) **Γεννήτριες σύνθετης διεγέρσεως.** Οι γεννήτριες αυτές έχουν δύο τυλίγματα διεγέρσεως, ένα με σύνδεση παράλληλη προς το τύμπανο καί ένα σε σειρά προς αυτό (σχ. 12.2δ).

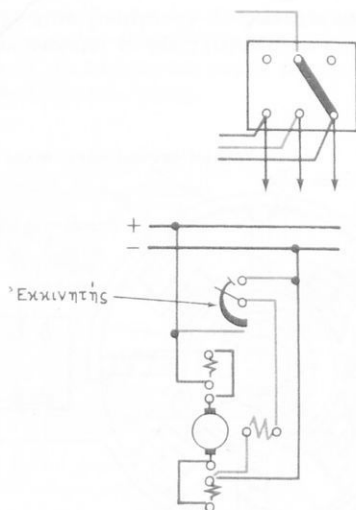


Σχ. 12.2α.

Γεννήτρια ξένης διεγέρσεως.

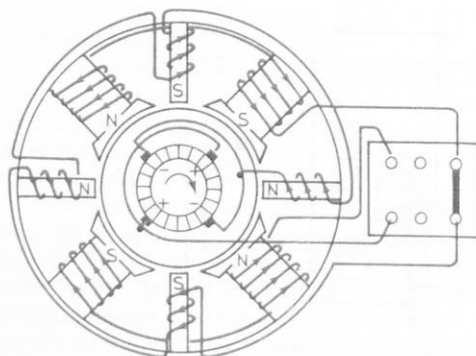
2. Δευτερεύοντες πόλοι.

Κατά τη λειτουργία των γεννητριών συνεχούς ρεύματος με φορτίο, προκαλούνται σπινθηρισμοί στις ψηκτρες· γιά νά άποφύγομε τούς σπινθηρισμούς αυτούς, στίς μέσες καί μεγάλες μηχανές, τοποθετούνται μεταξύ των κυρίων μαγνητικών πόλων μικρότεροι πόλοι, πού καλοῦνται **δευτερεύοντες μαγνητικοί πόλοι** ή **βοηθητικοί πόλοι** (σχ. 12.1β).



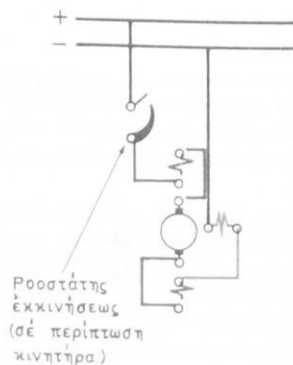
Σχ. 12.2β.

Γεννήτρια παράλληλης διεγέρσεως.



Σχ. 12.2γ.

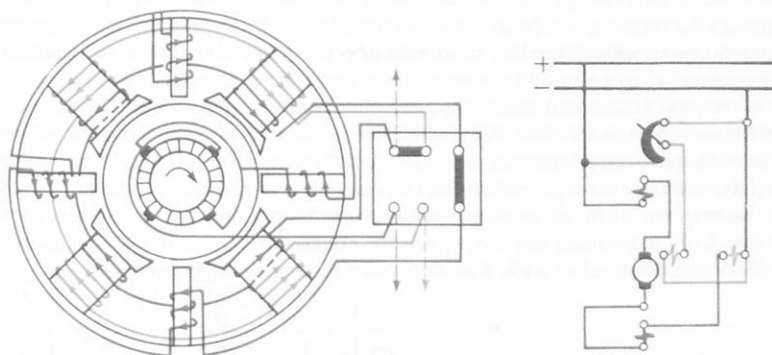
Γεννήτρια με διέγερση σειράς.



12.3 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

1. Άρχη λειτουργίας.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι ηλεκτρικές μηχανές, πού μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια.



Σχ. 12.25.

Γεννήτρια σύνθετης διεγέρσεως.

Οι **ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος**, οι οποίοι δέν παρουσιάζουν σχεδόν καμιά κατασκευαστική διαφορά από τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, είναι μηχανές, στις οποίες τό ρεύμα διεγέρσεως του τυλίγματος διεγέρσεως καί τό ρεύμα του τυλίγματος του έπαγωγικού τυμπάνου παρέχονται από τό δίκτυο ήλεκτροδοτήσεως. Χρησιμοποιούνται καί μηχανές μέ ισχύ μέχρι 20 kW χωρίς τύλιγμα διεγέρσεως, μέ μαγνητικούς πόλους πού αποτελούνται από μόνιμους μαγνήτες. Οι μαγνητικοί πόλοι (είτε αποτελούνται από μόνιμους μαγνήτες είτε από ηλεκτρομαγνήτες) δημιουργούν μαγνητικό πεδίο, μέσα στό όποιο βρίσκονται οι άγωγοί του τυλίγματος του τυμπάνου, οι όποιοι διαρρέονται από ρεύμα. Στο έπαγωγικό τύμπανο δημιουργείται ροπή στρέψεως, ή όποία άναγκάζει τό τύμπανο νά περιστραφεί (παράγρ. 8.3).

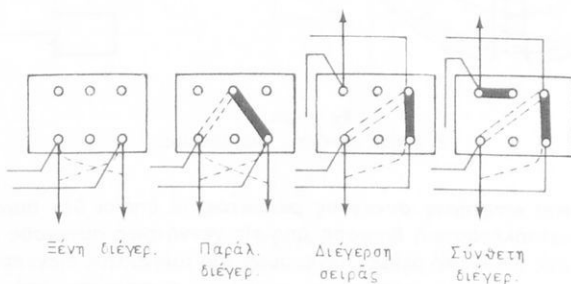
2. Περιγραφή κυρίων μερών.

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος αποτελούνται από τά ίδια κύρια μέρη, από τά όποια αποτελούνται καί οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Στούς κινητήρες, όμως, τά μέρη κατασκευάζονται έτσι, ώστε νά παρεμποδίζεται ή είσαγωγή μέσα στό ζύγωμα σκόνης καί νερού, γιατί ό κινητήρας πρέπει νά μπορεί νά λειτουργεί καί μέ δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος. Για τό σκοπό αυτό ό άνεμιστήρας, ό όποιος βρίσκεται πάνω στόν άξονα του κινητήρα στην αντίθετη πλευρά του έπαγωγίου από εκείνη στην όποία βρίσκεται ό συλλέκτης, χρησιμεύει γιά τήν ψύξη του κινητήρα. Ό άνεμιστήρας τοποθετείται έξω από τά καλύμματα πού προστατεύουν τόν κινητήρα, μέσα σέ ειδικό περίβλημα ένw, παράλληλα, τό ζύγωμα έχει ραβδώσεις γιά νά ένισχύεται ή ψύξη του κινητήρα.

3. Άναστροφή φοράς περιστροφής, ταχύτητα, άπόδοση, έκκίνηση.

Στούς κινητήρες συνεχούς ρεύματος, οι όποιοι έχουν τό τύλιγμα διεγέρσεως τους συνδεσμολογημένο μέ τούς ίδιους τρόπους, πού είναι συνδεσμολογημένο τό τύλιγμα διεγέρσεως των γεννητριών, είναι δυνατόν νά άντιστρέψουμε τή **φορά περιστροφής** τους κατά δύο τρόπους:

α) Με τό νά αντιστρέψουμε τή διεύθυνση τοῦ πεδίου τῶν πόλων αντιστρέφοντας τό ρεύμα διεγέρσεως καί β) μέ τό νά αντιστρέψουμε τή διεύθυνση τοῦ πεδίου τοῦ τυμπάνου, αντιστρέφοντας τό ρεύμα, πού ρέει μέσα στό τύλιγμα τοῦ τυμπάνου. Γιά νά αντιστραφεῖ τό ρεύμα θά πρέπει νά ἀφαιρέσουμε τό κάλυμμα ἐνός κουτιοῦ, τό ὁποῖο ὑπάρχει ἐπάνω στό σῶμα τῆς μηχανῆς καί λέγεται **κουτί ἀκροδεκτῶν** καί νά ἐναλλάξουμε τή θέση τῶν δύο ἀγωγῶν, πού ἔρχονται ἀπό τό δίκτυο τροφοδοτήσεως καί συνδέονται στούς ἀκραίους ἀκροδέκτες τοῦ κινητήρα (σχ. 12.3α). Ἐάν μέσα στό κουτί ἀκροδεκτῶν ὑπάρχει **γεφύρωση** (λαμάκι), πού καταλήγει στόν ἀκράιο ἀκροδέκτη, πρέπει καί αὐτή νά ἀκολουθήσει στή μετάθεση τόν ἀντίστοιχο ἀγωγό τοῦ δικτύου. Στήν περίπτωση τῶν κινητῶν διεγέρσεως σειρᾶς καί σύνθετης διεγέρσεως ἀλλάζουμε θέση μόνο στόν ἓνα ἀπό τούς τροφοδοτικούς ἀγωγούς.



Σχ. 12.3α.

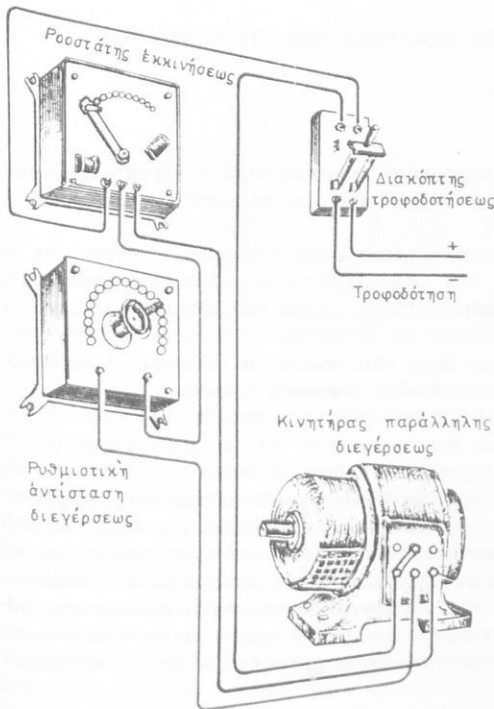
Συνδέσεις στό κουτί ἀκροδεκτῶν.

Ὁ **ἀριθμός στροφῶν (ταχύτητα)** τῶν κινητῶν συνεχούς ρεύματος εἶναι τόσο μεγαλύτερος, ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος διεγέρσεως καί ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἔνταση, πού κυκλοφορεῖ στό τύλιγμα τοῦ τυμπάνου. Ἔτσι, ἐάν αὐξηθεῖ ἡ τάση, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται στό τύμπανο (αὔξηση τοῦ ρεύματος), αὐξάνεται ἡ ταχύτητα τοῦ κινητήρα, ἐνῶ ἐάν ἐλαττωθεῖ ἡ τάση στό τύλιγμα διεγέρσεως (ἐλάττωση τοῦ ρεύματος διεγέρσεως), αὐξάνεται πάλι ἡ ταχύτητα τοῦ κινητήρα. Χαρακτηριστικό τῶν κινητῶν συνεχούς ρεύματος ἀποτελεῖ ἡ δυνατότητα πού ἔχομε νά ρυθμίζουμε συνεχῶς τόν ἀριθμό στροφῶν σέ μεγάλα περιθώρια.

Ἡ ἀπόδοση τῶν κινητῶν συνεχούς ρεύματος ἐκφράζεται μέ τό λόγο τῆς ἰσχύος πού ἀποδίδεται ἀπό τόν κινητήρα, πρὸς τήν ἰσχύ πού προσδίδεται σ' αὐτόν. Ὁ λόγος αὗτός καλεῖται **βαθμός ἀποδόσεως** καί εἶναι τόσο μεγαλύτερος ὅσο μικρότερες εἶναι οἱ διαφορές ἀπώλειες τοῦ κινητήρα. Οἱ ἀπώλειες αὐτές προέρχονται κυρίως ἀπό τή ροή τοῦ ρεύματος στά διάφορα τυλίγματα καί τίς ρυθμιστικές ἀντιστάσεις (θερμικές ἀπώλειες, παράγρ. 6.3 καί 15.1).

Πρὶν ἐκκινήσει ὁ κινητήρας συνεχούς ρεύματος, τό ρεύμα στό τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου προσδιορίζεται μόνο ἀπό τήν ἐπιβαλλόμενη τάση στούς ἀκροδέκτες τοῦ κινητήρα καί ἀπό τή μικρή ἀντίσταση τοῦ τυλίγματος τοῦ τυμπάνου. Μετά τήν ἐκκίνηση, τό ρεύμα στό τύλιγμα τοῦ τυμπάνου ἐλαττώνεται, γιατί στό τύλιγμα ἀναπτύσσεται ἡλεκτρεγερτική δύναμη ἀντίθετη πρὸς τήν τάση, πού ἐφαρμόζεται στούς ἀκροδέκτες τοῦ κινητήρα. Γιά τό λόγο αὐτόν, ἡ δύναμη αὐτή καλεῖται **ἀντιηλεκτρεγερτική δύναμη** (Α.Η.Γ.Δ.). Ἡ Α.Η.Γ.Δ. ἀναπτύσσεται, γιατί τό τύλιγμα κινεῖται μέσα στό μαγνητικό πεδίο τῶν πόλων. Ἔτσι, ἂν ἐπιβληθεῖ στό

τύμπανο η πλήρης τάση λειτουργίας, θά ρεύσει μέσα από τό τύλιγμα ρεύμα μεγάλης έντάσεως. Για νά αποφευχθεί αυτό, οί κινητήρες συνεχούς ρεύματος έκκινούν μέ έλαττωμένη τάση, ή όποία μετά τήν έκκίνηση αύξάνεται σιγά-σιγά. Αυτό δέν συμβαίνει μέ τούς μικρούς κινητήρες, οί όποιοί έκκινούν κανονικά. Ή έκκίνηση μέ τόν τρόπο αυτόν τών μεγάλων κινητήρων επιτυγχάνεται μέ μεταβλητή αντίσταση, πού συνδέεται σέ σειρά μέ τό τύμπανο (παράγρ. 5.1) καί ή όποία λέγεται **ροοστάτης έκκινήσεως** (σχ. 12.3β). Οί κινητήρες συνεχούς ρεύματος μπορούν νά άναπτύξουν μεγάλη ροπή έκκινήσεως.



Σχ. 12.3β.

Ροοστάτης έκκινήσεως.

12.4 Έρωτήσεις.

1. Σέ τί χρησιμεύει ό συλλέκτης στίς γεννήτριες συνεχούς ρεύματος;
2. Ποιές είναι οί βασικές κατηγορίες συνδεσμολογίας τών γεννητριών συνεχούς ρεύματος;
3. Ποιός είναι ό προορισμός τών δευτερευόντων πόλων;
4. Ποιά είναι τά βασικά χαρακτηριστικά τών κινητήρων συνεχούς ρεύματος;
5. Πώς επιτυγχάνεται ή άντιστροφή τής φοράς περιστροφής ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος;
6. Πώς γίνεται ή ρύθμιση τών στροφών (τής ταχύτητας) ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος;
7. Τί θά συμβεί, εάν συνδέσουμε έναν κινητήρα στήν πλήρη τάση τοῦ δικτύου;
8. Ποιές είναι οί συνδεσμολογίες τοῦ τυλίγματος διεγέρσεως στοῦς κινητήρες συνεχούς ρεύματος;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

13.1 Γενικά.

Οι ηλεκτρικές μηχανές έναλλασσόμενου ρεύματος παράγουν ή καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή έναλλασσόμενου ρεύματος μονοφασικού ή πολυφασικού.

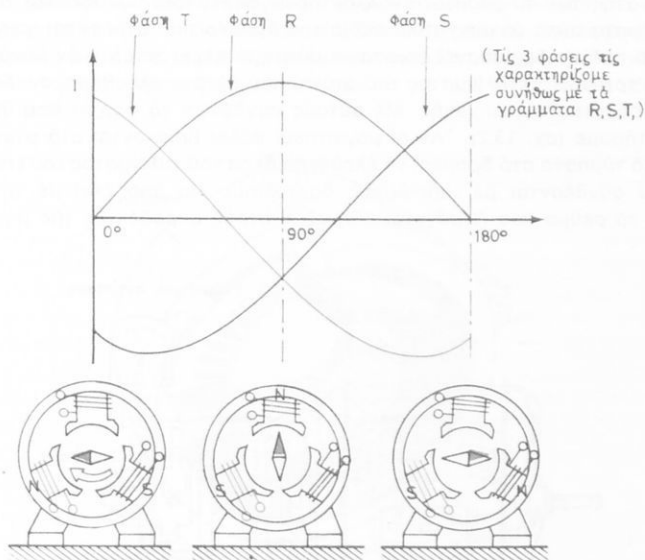
“Όταν τό τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε να μένουν ελεύθερα μόνο δύο άκρα, τότε λέμε ότι τό τύλιγμα είναι **μονοφασικό** καί ή ηλεκτρική μηχανή είναι **μονοφασική**.” Όταν τό τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου αποτελείται από δύο, τρία, ή περισσότερα μονοφασικά τυλίγματα, όταν δηλαδή μένουν ελεύθερα 4, 6 ή περισσότερα άκρα, τότε λέμε ότι τό τύλιγμα είναι **διφασικό, τριφασικό** κλπ. καί ή ηλεκτρική μηχανή είναι **διφασική, τριφασική** κλπ.

Στή διάταξη του σχήματος 13.1 τροφοδοτούμε τά τυλίγματα των τριών πόλων, οι οποίοι σχηματίζουν μεταξύ τους ανά δύο γωνίες 120°, με τριφασικό ρεύμα. ‘Η κατεύθυνση του συνιστάμενου μαγνητικού πεδίου, ή οποία προκύπτει από τη σύνθεση των τριών μαγνητικών πεδίων των πόλων, προσδιορίζεται κάθε στιγμή από τις σχέσεις μεταξύ των στιγμιαίων τιμών των τριών έναλλασσόμενων ρευμάτων, από τά οποία αποτελείται τό τριφασικό ρεύμα. ‘Η κατεύθυνση αυτή, πού μπορεί να προσδιορισθεί με τη βοήθεια της μαγνητικής βελόνας, εκτελεί κατά τη διάρκεια μιās περιόδου, μιā πλήρη περιστροφή. Τό μαγνητικό αυτό πεδίο καλείται **στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο**. Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται στήν περίπτωση, κατά την οποία ένας μαγνήτης περιστρέφεται έτσι, ώστε οι πόλοι του να διαγράφουν περιφέρεια κύκλου.

Στίς τριφασικές ή καί μονοφασικές ηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποιούνται τά στρεφόμενα μαγνητικά πεδία. “Αν στίς μηχανές αυτές ό δρομέας περιστρέφεται με ταχύτητα ίση προς την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη, λέμε ότι οι ηλεκτρικές μηχανές είναι **σύγχρονες μηχανές**, ενώ, αν ή ταχύτητα του δρομέα διαφέρει από την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη, οι ηλεκτρικές μηχανές καλούνται **ασύγχρονες μηχανές**.”

13.2 Γεννήτριες έναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι γεννήτριες έναλλασσόμενου ρεύματος, πού καλούνται καί **έναλλακτήρες**, κατασκευάζονται σήμερα σχεδόν πάντοτε ως **σύγχρονες μηχανές**.



Σχ. 13.1.

Άρχη λειτουργίας μηχανών τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος.

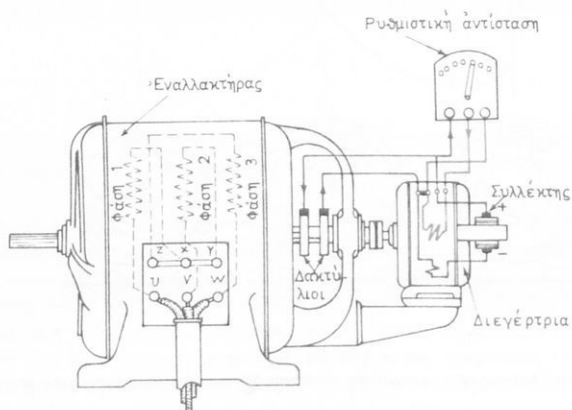
Οι εναλλακτήρες είναι πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος και κινούνται είτε από πετρελαιομηχανές, όταν πρόκειται για μικρούς εναλλακτήρες, είτε από ατμοστρόβιλους ή υδροστρόβιλους, όταν οι εναλλακτήρες είναι μεγάλοι και χρησιμοποιούνται στους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στους εναλλακτήρες, οι μαγνητικοί πόλοι δεν είναι στερεωμένοι στο στάτη της μηχανής, εκτός από την περίπτωση των μικρών εναλλακτήρων, αλλά στο δρομέα της μηχανής. Εξάλλου το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου είναι τοποθετημένο στο στάτη και μένει ακίνητο. "Αν οι εναλλακτήρες κινούνται με μεγάλη ταχύτητα (μεγάλος αριθμός στροφών), δεν έχουν επάνω στο δρομέα όρατους πόλους με πυρήνα και τύλιγμα που *προεξέχουν*. Ο δρομέας τότε είναι ένα κυλινδρικό τύμπανο επάνω στο οποίο, μέσα σε έγκοπες, είναι τοποθετημένο το τύλιγμα διεγέρσεως (*Λείοι πόλοι*).

Γιά να δημιουργηθεί το μαγνητικό πεδίο, στο τύλιγμα διεγέρσεως διοχετεύεται συνεχές ρεύμα μέσα από δύο ψήκτες και ισάριθμους δακτύλιους, που είναι στερεωμένοι στον άξονα του εναλλακτήρα. Τό ρεύμα αυτό παράγεται συνήθως από μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που καλείται *διεγέρτρια* και είναι συνδεδεμένη με τόν άξονα του εναλλακτήρα, από τόν οποίο παίρνει κίνηση.

Είναι δυνατόν τό ρεύμα διεγέρσεως νά παρέχεται από δίκτυο, ή από τόν ίδιο τόν εναλλακτήρα, αφού προηγουμένως μετατραπεί σε συνεχές με τη βοήθεια άνορθωτών (παραγρ. 14.3), όποτε δεν άπαιτείται ή ύπαρξη διεγέρτριας.

Ὁ στάτης τῶν τριφασικῶν ἐναλλακτῆρων φέρει τρία μονοφασικά τυλίγματα· στά τυλίγματα αὐτά τὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ δρομέα ποῦ στρέφεται (στρεφόμενο μαγνητικὸ πεδίο), δημιουργεῖ τριφασικὸ σύστημα ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων. Τὰ ἄκρα τοῦ τριφασικοῦ τυλίγματος τοῦ στάτη, ποῦ μένουν ἐλεύθερα, συνδέονται μετὰ τοὺς ἀκροδέκτες τῆς μηχανῆς. Μὲ αὐτοὺς συνδέεται τὸ φορτίο ποῦ θέλομε νὰ τροφοδοτήσωμε (σχ. 13.2). Ἐὰν οἱ μαγνητικοὶ πόλοι βρίσκονται στὸ στάτη καὶ τὸ ἐπαγωγικὸ τύμπανο στὸ δρομέα, τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου συνδέονται μετὰ ἰσάριθμους δακτύλιους καὶ ἀπὸ ἐκεῖ μετὰ τὴ βοήθεια ψηκτρῶν τὸ ρεῦμα ποῦ παράγεται ὁδηγεῖται στοὺς ἀκροδέκτες τῆς μηχανῆς.



Σχ. 13.2.

Γεννήτρια ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

13.3 Τριφασικοὶ κινητῆρες ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

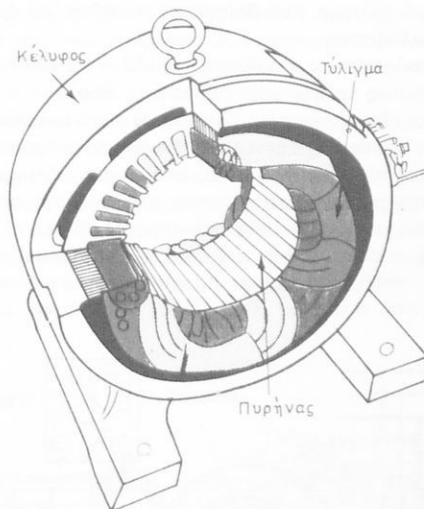
1. Ἀρχὴ λειτουργίας τριφασικῶν κινητῆρων.

Οἱ πιὸ διαδεδομένοι σήμερα ἡλεκτρικοὶ κινητῆρες εἶναι οἱ κινητῆρες ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ποῦ κατασκευάζονται εἴτε ὡς τριφασικοὶ εἴτε ὡς μονοφασικοὶ κινητῆρες.

Οἱ κινητῆρες ἐναλλασσόμενου ρεύματος κατασκευάζονται, συνήθως, ὡς ἀσύγχρονες μηχανές. Σύγχρονοι κινητῆρες κατασκευάζονται μόνο γιὰ εἰδικές χρήσεις, ὅπως εἶναι π.χ. ἡ διόρθωση τοῦ συντελεστῆ ἰσχύος μιᾶς ἐγκαταστάσεως (λειτουργία ἐν κενῷ) ἢ ἡ κίνηση φορτίου μετὰ μεγάλη σταθερότητα στροφῶν (ἡλεκτρικά ὥρολόγια, ἡλεκτρόφωνα ἀνώτερης ποιότητος). Γιὰ βιομηχανικές χρήσεις κατασκευάζονται ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον **τριφασικοὶ ἀσύγχρονοι κινητῆρες** ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

Διακρίνομε δύο ὁμάδες ἀσύγχρονων τριφασικῶν κινητῆρων· τοὺς **κινητῆρες ἐπαγωγῆς** καὶ τοὺς **κινητῆρες μετὰ συλλέκτη**. Κυριότερη ὁμάδα, τὴν ὁποία καὶ ἐξετάζομε ἐδῶ, εἶναι ἡ ὁμάδα τῶν κινητῆρων ἐπαγωγῆς, οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν τὶς περισσότερες χρήσεις.

Οι τριφασικοί κινητήρες επαγωγής έχουν στάτη όμοιο με τό στάτη των σύγχρονων μηχανών (σχ. 13.3α) και δρομέα, ο οποίος φέρει άγωγούς βραχυκυκλωμένους μεταξύ τους στα άκρα. **Βραχυκύκλωση** καλείται ή άγωγή συνδεση δύο σημείων κυκλώματος διαφορετικού δυναμικού με μιά πολύ μικρή (άμελητέα) ηλεκτρική αντίσταση.



Σχ. 13.3α.

Τριφασικός κινητήρας επαγωγής.

Όταν ο δρομέας του κινητήρα είναι άκίνητος και συνδέσουμε τό τύλιγμα του στάτη με τριφασικό δίκτυο, τό στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, πού θά δημιουργηθεί από τό στάτη, θά προκαλέσει την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμews έξ επαγωγής στους άγωγούς του δρομέα, πού βρίσκονται άκίνητοι μέσα στό πεδίο του (παράγρ. 8.4). Άφου όμως τά άκρα των άγωγών του δρομέα είναι βραχυκυκλωμένα, ή ηλεκτρεγερτική δύναμη πού θά αναπτυχθεί μέσα στους άγωγούς αυτούς θά έχει ως αποτέλεσμα τή ροή ρεύματος μέσα απ' αυτούς. Έτσι, οί άγωγοί του δρομέα διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα και βρίσκονται μέσα σέ μαγνητικό πεδίο, όποτε στους άγωγούς αυτούς θά άσκηθούν δυνάμεις, με αποτέλεσμα νά δημιουργηθεί ροπή στρέψεως, ή όποία και θέτει σέ περιστροφή τό δρομέα (παράγρ. 8.3). Μετά τήν έκκίνηση του κινητήρα, ο δρομέας τείνει νά φθάσει τήν ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου, χωρίς όμως νά τή φθάνει ποτέ, γιατί άν ο δρομέας κατόρθωνε νά περιστρέφεται με τήν ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου, οί άγωγοί του δρομέα θά ήταν άκίνητοι ως πρós τό μαγνητικό πεδίο και, επομένως, δέν θά μπορούσε νά δημιουργηθεί Η.Ε.Δ. μέσα σ' αυτούς, άρα ούτε και ροπή στρέψεως. Η ταχύτητα του δρομέα λοιπόν, είναι μικρότερη από τήν ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου (άσύγχρονες μηχανές), ή δέ διαφορά των δύο ταχυτήτων εκφράζεται έκατοστιαία με ένα μέγεθος πού καλείται **διολίσθηση**.

Οί τριφασικοί κινητήρες επαγωγής ανάλογα με την κατασκευή του δρομέα τους διακρίνονται σε δύο είδη: α) **Κινητήρες με δακτύλιους** και β) **κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα**.

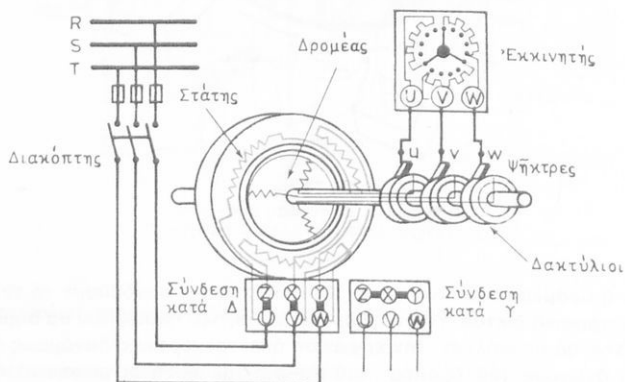
2. Κινητήρες με δακτύλιους — Κατασκευή.

Οί κινητήρες με δακτύλιους έχουν σχεδόν πάντοτε στερεωμένο επάνω στο δρομέα τους τριφασικό τυλίγμα, πού βρίσκεται, συνήθως, σε άστεροειδή σύνδεση στο έσωτερικό του τυλίγματος.

Τά τρία άκρα, πού μένουν ελεύθερα, συνδέονται σε τρεις όρειχάλκινους δακτύλιους στερεωμένους επάνω στον άξονα του δρομέα.

Οί δακτύλιοι αυτοί είναι ηλεκτρικά μονωμένοι τόσο μεταξύ τους όσο και προς τον άξονα. Στους τρεις αυτούς δακτύλιους εφάπτονται ισάριθμες ψήκτρες, των οποίων οί ψηκτροθήκες είναι στερεωμένες επάνω στο κάλυμμα της μηχανής.

Διαμέσου των ψηκτρών οί τρεις φάσεις του δρομέα συνδέονται με τρεις ρυθμιστικές αντίστασεις σειράς, οί οποίες είναι συνδεμένες κατ' άστέρα (τριφασική ρυθμιστική αντίσταση, ή όποία καλείται **έκκινητής**), όπως δείχνει τό σχήμα 13.3β. Έτσι οί άγωγοί του τυλίγματος είναι βραχυκυκλωμένοι στά άκρα, μέσω του στροφάλου του έκκινητή, ό όποιος είναι κοινός και γιά τίς τρεις αντίστασεις.



Σχ. 13.3β.

Κινητήρας με δακτύλιους.

Αποδεικνύεται ότι τό ρεύμα έκκινήσεως ενός ασύγχρονου κινητήρα είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερο είναι τό ρεύμα του δρομέα του. Έτσι, με τη βοήθεια του έκκινητή, μπορούμε νά επιτύχομε μικρή ένταση έκκινήσεως. Οί κινητήρες με δακτύλιους αναπτύσσουν μεγάλη ροπή κατά την έκκίνηση και παρέχουν τη δυνατότητα ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής τους.

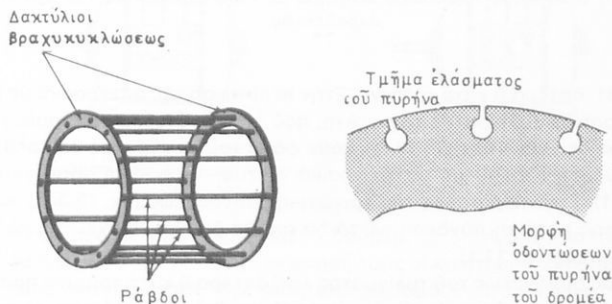
Μετά την έκκίνηση, αφαιρούνται βαθμιαία οί ρυθμιστικές αντίστασεις του έκκινητή.

Σε πολλούς κινητήρες με δακτύλιους υπάρχει ειδικός μηχανισμός **άνυψώσεως των ψηκτρών**. Αυτός με τη βοήθεια ενός χειροστροφάλου, μετά την άφαιρηση των αντίστασεων του έκκινητή (όταν δηλαδή ό κινητήρας στρέφεται πλέον με τόν

κανονικό αριθμό στροφών), απομακρύνει τις ψήκτρες από τούς δακτύλιους και ταυτόχρονα τούς βραχυκυκλώνει. Μέ τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται ή φθορά των ψηκτρών καί ή ανάπτυξη θερμότητας από τίς τριβές (θερμικές απώλειες).

3. Κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα — Κατασκευή.

Οί κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα είναι οί πιό διαδεδομένοι τριφασικοί κινητήρες, γιατί είναι καί οί απλούστεροι τόσο ως πρός τήν κατασκευή όσο καί ως πρός τή λειτουργία τους καί επομένως οί φθηνότεροι. Ο δρομέας των κινητήρων αυτών αποτελείται, όπως είναι γνωστό, από ένα κυλινδρικό τύμπανο, τό οποίο είναι κατασκευασμένο από πολλά λεπτά ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους· φέρει μέσα σέ έγκοπές, πού διαμορφώνονται στήν κυλινδρική του επιφάνεια, ράβδους μέ κυκλική ή περίπου κυκλική μορφή από χαλκό ή άλουμίνιο. Οί έγκοπές αυτές σχηματίζουν τίς λεγόμενες **όδοντώσεις** του πυρήνα του δρομέα. Μιά όδόντωση αποτελείται από ένα αὐλάκι (**λούκι**) καί από τό παραπλεύρως του **δόντι**. Οί ράβδοι αυτές βραχυκυκλώνονται καί στά δύο άκρα μέ τή βοήθεια **δακτυλίων βραχυκυκλώσεως**. Οί ράβδοι καί οί δακτύλιοι βραχυκυκλώσεως σχηματίζουν ένα είδος κλωβού (κλουβί), πού επί πλέον, συγκρατεί καί τά ελάσματα του πυρήνα καί καλεῖται **τύλιγμα κλωβού** (σχ. 13.3γ).



Σχ. 13.3γ.

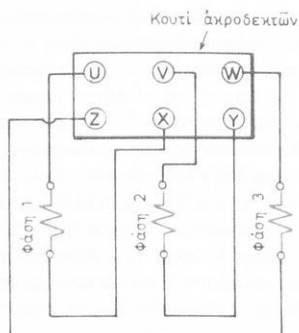
Κλωβός κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Οί κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα έχουν ρεύμα έκκινήσεως μέ μεγάλη ένταση καί μικρή ροπή έκκινήσεως, γιατί σ' αυτούς δέν υπάρχουν οί ρυθμιστικές αντίστάσεις σειράς, πού συνδέονται μέ τό τύλιγμα του δρομέα, όπως συμβαίνει στους κινητήρες μέ δακτύλιους. Παρ' όλα αυτά ή απλότητα της κατασκευής καί της χρήσεως, ή φθηνή τιμή, οί μικρές απαιτήσεις γιά συντήρηση καί ή λειτουργία χωρίς τή δημιουργία ραδιοφωνικών παρασίτων, αποτελούν τούς λόγους, πού επέβαλαν τούς κινητήρες αυτούς, όπου δέν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις από τή φύση του φορτίου.

4. Ζεύξη τριφασικών κινητήρων.

Τά ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων του τριφασικού τυλίγματος του στάτη ενός τριφασικού κινητήρα συνδέονται μέ τούς 6 άκροδέκτες, πού βρίσκονται στό κουτί των άκροδεκτών του κινητήρα (σχ. 13.3δ). "Αν τοποθετήσουμε γεφυρώσεις

(λαμάκια) μεταξύ των άκροδεκτών της μηχανής, μπορούμε, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο θα τοποθετήσουμε τα λαμάκια, να συνδέσουμε τα τρία μονοφασικά



Σχ. 13.3δ.

Σύνδεση τυλίγματος τριφασικού κινητήρα με τούς άκροδέκτες του στο κουτί άκροδεκτών.

τυλίγματα κατ' άστέρα ή κατά τρίγωνο. Στην περίπτωση της άστεροειδούς συνδέσεως του τριφασικού τυλίγματος του στάτη, πού επιτυγχάνεται, αν τοποθετήσουμε τα λαμάκια όπως δείχνει τό σχήμα 13.3ε, κάθε φάση του τυλίγματος θά βρεθεί νά έχει μετά τή σύνδεση (ζεύξη) μέ τό τριφασικό δίκτυο, τή φασική τάση του δικτύου (παράγρ. 11.1). Στην περίπτωση της τριγωνικής συνδέσεως (σχ. 13.3στ), κάθε φάση του τυλίγματος μετά τή σύνδεση μέ τό δίκτυο θά βρεθεί νά έχει τήν πολική τάση του δικτύου (παράγρ. 11.1).

Ο τρόπος συνδέσεως του τυλίγματος κατ' άστέρα ή κατά τρίγωνο προσδιορίζεται από : α) τήν τάση, μέ τήν όποία έχουν υπολογισθεί νά εργάζονται οί φάσεις του τυλίγματος ενός τριφασικού κινητήρα από τόν κατασκευαστή του, καί β) τίς τάσεις, πού διαθέτονται από τό τριφασικό δίκτυο τροφοδοτήσεως [παράγρ. 13.5 (1)].

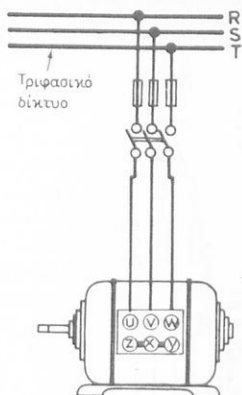
Κατά τή στιγμή της ζεύξεως ενός τριφασικού κινητήρα μέ τό δίκτυο τροφοδοτήσεως, ό κινητήρας παίρνει από τό δίκτυο ένταση ρεύματος, πού μπορεί νά φθάσει σέ τιμή 8 φορές μεγαλύτερη από τήν ένταση κανονικής λειτουργίας ή καί περισσότερο.

Η μεγάλη αύτή ένταση έκκινήσεως είναι επικίνδυνη γιά τά τυλίγματα του κινητήρα, τά όποία υπερθερμαίνονται καί υπάρχει κίνδυνος νά καούν. Έξάλλου, οί επιχειρήσεις ήλεκτρισμού, όπως είναι στήν Ελλάδα ή Δ.Ε.Η., δέν επιτρέπουν τήν άπορρόφηση μεγάλων εντάσεων γιά έκκινήσεις από τό δίκτυο, γιά νά μήν δημιουργούνται σ' αυτό άπότομες μεταβολές της τάσεως. Γιά τό λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κατά τήν έκκίνηση διάφορες διατάξεις, πού ελαττώνουν τό ρεύμα πού άπορροφούν οί κινητήρες.

Έτσι, αν εξαίρесоμε τούς πολύ μικρούς κινητήρες, των όποιων ή ζεύξη πραγματοποιείται απ' εύθείας στο δίκτυο μέ τή βοήθεια ενός άπλου μαχαιρωτού διακόπτη, οί μεγαλύτεροι κινητήρες συνδέονται μέ τό δίκτυο μέ ειδικές διατάξεις

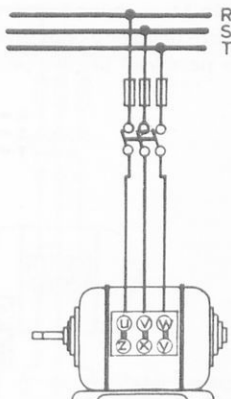
πού ελαττώνουν τό ρεύμα ἐκκινήσεως, ἐφόσον πρόκειται γιά κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα.

Οἱ κινητήρες μέ δακτύλιους συνδέονται ἀπ' εὐθείας μέ τό δίκτυο, ὅποτε ἡ ἐλάττωση τοῦ ρεύματος ἐκκινήσεως ἐπιτυγχάνεται, ὅπως ἔχει ἀναφερθεῖ, μέ τίς ρυθμιστικές ἀντιστάσεις τοῦ ἐκκινητή. Οἱ ἀντιστάσεις αὐτές συνδέονται σέ σειρά μέ τό τύλιγμα τοῦ δρομέα, αὐξάνουν τήν ἀντίσταση τοῦ τυλίγματος του καί ἐλαττώνουν τό ρεύμα τοῦ δρομέα καί ἐπομένως καί τό ρεύμα ἐκκινήσεως.



Σχ. 13.3ε.

Σύνδεση κατ' ἀστέρα.



Σχ. 13.3στ.

Σύνδεση κατά τρίγωνο.

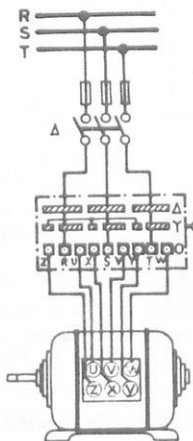
Στούς κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα, οἱ διατάξεις ἐλαττώσεως τοῦ ρεύματος πού ἀπορροφοῦν κατὰ τήν ἐκκίνησή τους οἱ κινητήρες, ἐκπληρώνουν τόν προορισμό τους ἐλαττώνοντας τήν τάση πού ἐφαρμόζεται στόν κινητήρα. Ἔτσι, κατὰ τήν ἐκκίνηση, ὁ κινητήρας ἀπορροφᾷ μικρή σχετικά ἔνταση ρεύματος, ἀφοῦ λειτουργεῖ μέ τάση μικρότερη ἀπό τήν τάση κανονικῆς λειτουργίας του· μετὰ τήν ἐκκίνηση ὅμως καί ὅταν ἀποκτήσει περίπου τήν κανονική του ταχύτητα περιστροφῆς, ἐφαρμόζεται στόν κινητήρα ἡ τάση κανονικῆς λειτουργίας του. Ἡ ροπή ἐκκινήσεως καί ἡ ἰσχύς τοῦ κινητήρα εἶναι ἀνάλογα πρός τό τετράγωνο τῆς τάσεως πού ἐφαρμόζεται στόν κινητήρα. Ἐπομένως ἡ μειωμένη τάση ἐκκινήσεως ἔχει ὡς συνέπεια τήν ἐκκίνηση τοῦ κινητήρα μέ μειωμένη ἰσχύ καί ροπή. Οἱ κυριότερες διατάξεις ἐκκινήσεως κινητήρων μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα εἶναι οἱ ἀκόλουθες:

α) Διακόπτης ἀστέρα-τριγώνου.

Ὁ διακόπτης αὐτός χρησιμοποιεῖται γιά τήν ἐκκίνηση κινητήρων, οἱ ὁποῖοι εἶναι κατασκευασμένοι γιά νά λειτουργοῦν μέ σύνδεση τριγώνου στήν πολική τάση τοῦ δικτύου (π.χ. 380 V) Στήν περίπτωση χρησιμοποίησεως διακόπτη ἀστέρα-τριγώνου, μέσα στό κουτί ἀκροδεκτῶν τοῦ κινητήρα δέν ὑπάρχουν λαμάκια, ἀλλά ἀπό τούς 6 ἀκροδέκτες ἀναχωροῦν 6 ἀγωγοί, οἱ ὁποῖοι καταλήγουν σ' αὐτόν τό διακόπτη.

Ὁ διακόπτης αὐτός ἔχει τρεῖς θέσεις. Στήν πρώτη εἶναι ἀνοικτός, στή δεύτερη συνδεσμολογεῖ τόν κινητήρα κατ' ἀστέρα καί στήν τρίτη τόν συνδεσμολογεῖ κατὰ

τρίγωνο. Έτσι πραγματοποιείται αυτό που θα είχε πραγματοποιηθεί με τις γεφυρώσεις. Στη δεύτερη και τρίτη θέση, δηλαδή, ο διακόπτης άστέρα-τριγώνου, που διαθέτει σειρά από έπαφές προς τις όποιες συνδέονται οι 6 άγωγοί του κινητήρα και οι τρεις άγωγοί που έρχονται από τό δίκτυο, βραχυκυκλώνει όρισμένες κάθε φορά από τις έπαφές αυτές (σχ. 13.3ζ) και έπιτυγχάνει την άλλαγή της συνδεσμολογίας. Γιά την έκκίνηση, λοιπόν τοποθετούμε, με τη βοήθεια ενός στροφάλλου, τό διακόπτη στη θέση που είναι σημειωμένη με Υ· όταν οι στροφές του κινητήρα αύξηθούν, ώσπου νά φθάσουν στον κανονικό αριθμό στροφών (πράγμα που γίνεται άντιληπτό από τό γεγονός ότι οι στροφές του κινητήρα παύουν τότε νά αύξάνουν), στρέφουμε τό στρόφαλο στη θέση που σημειώνεται με Δ. (Οί χειρισμοί αυτοί μπορούν νά γίνουν και αυτόματα με ειδικό μηχανισμό).



Σχ. 13.3ζ.

Διακόπτης άστέρα-τριγώνου.

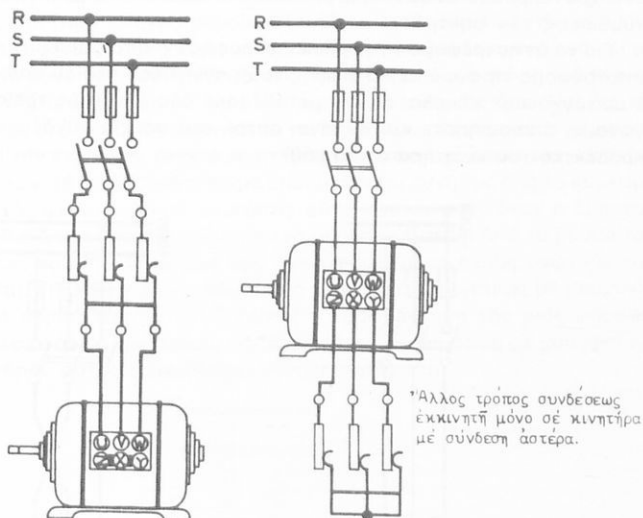
Στη θέση Υ του διακόπτη αποδεικνύεται εύκολα ότι ή ένταση, που άπορροφάται από τό δίκτυο είναι τό $\frac{1}{3}$ της έντάσεως που θά ήταν δυνατόν νά άπορροφηθεί, άν ό κινητήρας κατά την έκκίνηση συνδεόταν κατά τρίγωνο.

Όπως είπαμε προηγουμένως, άν ένας κινητήρας λειτουργεί κανονικά με τάση 380 V, μπορεί νά έκκινήσει με διακόπτη άστέρα-τριγώνου σέ τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V. Αυτό γίνεται, γιατί κατά την έκκίνηση με τη βοήθεια του διακόπτη, ή τάση που θά εφαρμόζεται σέ κάθε φάση του τυλίγματος, θά είναι 220 V. Άν όμως ό κινητήρας λειτουργεί κανονικά με τάση 220 V, με σύνδεση τριγώνου και διαθέτομε πάλι τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V, γιά την έκκίνηση δέν μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε διακόπτη άστέρα-τριγώνου. Καί αυτό, γιατί όταν ό κινητήρας συνδέεται με άστεροειδή σύνδεση, ή τάση θά είναι ίση με την κανονική τάση λειτουργίας του.

Στήν περίπτωση αυτή, όπως και σέ περιπτώσεις κατά τις όποιες θέλομε νά έχομε όμαλή έκκίνηση του κινητήρα, χρησιμοποιούμε έκκινητές με άντιστάσεις.

β) Έκκινητής με αντίστασεις.

Ο εκκινητής αυτός αποτελείται από τρεις αντίστασεις, που συνδέονται ταυτόχρονα σέ σειρά με τις τρεις φάσεις του τυλίγματος του κινητήρα (σχ. 13.3η). Οι αντίστασεις αυτές αφαιρούνται προοδευτικά, όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, ταυτόχρονα και από τις τρεις φάσεις του τυλίγματος με τη βοήθεια ενός κοινού στροφάλου. Οι αντίστασεις σειράς υποβιβάζουν την τάση, που εφαρμόζεται στον κινητήρα και ελαττώνεται έτσι η ένταση εκκινήσεως.

**Σχ. 13.3η.**

Έκκινητής με αντίστασεις.

γ) Έκκίνηση με αυτόμετασχηματιστή.

Κατά τη μέθοδο αυτή, η μείωση της τάσεως κατά την εκκίνηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αυτόμετασχηματιστή (παράγρ. 14.1), ενώ κατά την κανονική λειτουργία ο κινητήρας τροφοδοτείται απ' ευθείας από τό δίκτυο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σέ μεγάλους κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα.

Στούς κινητήρες με δακτύλιους, όπως έχουμε περιγράψει, η εκκίνηση πραγματοποιείται με τούς ακόλουθους χειρισμούς:

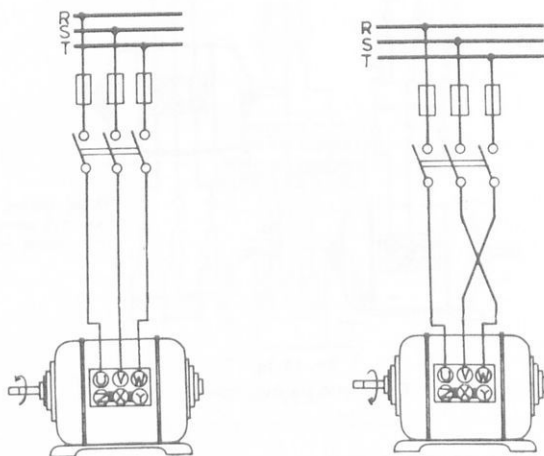
α) Βεβαιωνόμαστε ότι τό σύστημα γιά τήν ανύψωση τών ψηκτρών, αν υπάρχει, βρίσκεται στή θέση επαφής τών ψηκτρών με τούς δακτύλιους καί ότι ο στρόφαλος του εκκινητή βρίσκεται στήν αρχική θέση (όλόκληρες οι αντίστασεις του εκκινητή βρίσκονται σέ σειρά με τό τύλιγμα του δρομέα)· κατόπιν κλείνομε τό διακόπτη της γραμμής, που έρχεται από τό δίκτυο τροφοδοτήσεως του κινητήρα.

β) Μετά τό κλείσιμο του διακόπτη, ο κινητήρας αρχίζει νά στρέφεται πολύ άργά, όποτε αν αφαιρέσομε σιγά-σιγά τις αντίστασεις σειράς του εκκινητή με άργή περιστροφή του στροφάλου, φθάνομε στήν τελική θέση του εκκινητή. Στή θέση

αυτή έχουν αφαιρεθεί όλες οι αντίστασεις και ο δρομέας είναι βραχυκυκλωμένος. Τότε ο κινητήρας στρέφεται με την κανονική του ταχύτητα. "Αν ο εκκινητής περιλαμβάνει και θέση του στροφάλου με πλήρη διακοπή του κυκλώματος, ο κινητήρας δεν εκκινεί μόνο με το κλείσιμο του διακόπτη, αλλά απαιτείται και η τοποθέτηση του στροφάλου στη δεύτερη θέση.

γ) "Αν ο κινητήρας έχει σύστημα άνυψώσεως ψηκτρών, μετά την τοποθέτηση του στροφάλου του εκκινητή στην τελική του θέση, άνυψώνουμε τις ψηκτρες, όποτε, ταυτόχρονα, βραχυκυκλώνονται οι δακτύλιοι και από το μηχανισμό του συστήματος άνυψώσεως των ψηκτρών.

Για να αντιστρέψουμε τη φορά περιστροφής ενός τριφασικού κινητήρα, αρκεί να αντιστρέψουμε τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου που στρέφεται. Αυτό τό επιτυγχάνουμε εύκολα, αν αντιμετωθίσουμε δύο από τούς τρεις τροφοδοτικούς άγωγούς, όποιοιδήποτε και άν είναι αυτοί, στα σημεία συνδέσεώς τους με τούς άκροδέκτες του κινητήρα (σχ. 13.3θ).



Σχ. 13.3θ.

Τρόπος αντιστροφής της φοράς περιστροφής τριφασικού κινητήρα.

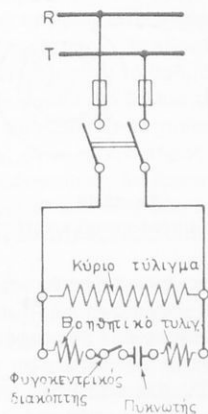
13.4 Μονοφασικοί κινητήρες έναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι μονοφασικοί κινητήρες έναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται στις διάφορες συσκευές οικιακής και άνάλογης χρήσεως με κινητήρα καθώς και στα μικρά μηχανουργικά έργαλεία και συσκευές. Οι κινητήρες αυτοί συνδέονται στις μονοφασικές γραμμές φωτισμού (μεταξύ φάσεως και ουδέτερου). Οι μονοφασικοί κινητήρες κατασκευάζονται είτε ως άσύγχρονοι κινητήρες έπαγωγής είτε ως άσύγχρονοι κινητήρες με συλλέκτη.

Στους άσύγχρονους κινητήρες έπαγωγής άνήκουν οι **μονοφασικοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα**. Για την εκκίνηση των κινητήρων αυτών άπαιτείται ή

ύπαρξη ενός στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Όπως γνωρίζουμε, όμως, στρεφόμενα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται μόνο από πολυφασικά συστήματα ρευμάτων. Για να δημιουργηθεί, λοιπόν, στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και σε ένα μονοφασικό κινητήρα, παρά το γεγονός ότι, όπως είναι γνωστό, τροφοδοτείται από μονοφασική γραμμή, τοποθετείται στο στάτη του κινητήρα, εκτός από το κύριο μονοφασικό τύλιγμα και ένα **βοηθητικό** τύλιγμα που καλείται **βοηθητική φάση**. Το βοηθητικό αυτό τύλιγμα συνδέεται παράλληλα με το κύριο τύλιγμα και το εγκαθιστούμε σε όριστη απόσταση από αυτό επάνω στο στάτη (σχηματισμός γωνίας στο χώρο).

Επίσης το βοηθητικό τύλιγμα παρουσιάζει είτε μεγάλη ωμική αντίσταση είτε χωρητικότητα (έχει συνδεδεμένους σε σειρά 1 ή και 2 πυκνωτές) έτσι, ώστε το ρεύμα που διέρχεται από αυτό να παρουσιάζει φασική απόκλιση από το ρεύμα του κυρίου τυλίγματος. Με την ύπαρξη λοιπόν ηλεκτρικής γωνίας (φασικής απόκλισεως) και αντίστοιχης γωνίας στο χώρο, δημιουργείται, για την εκκίνηση, στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Μετά την εκκίνηση, όταν ο κινητήρας αποκτήσει περίπου τόν κανονικό του αριθμό στροφών, το βοηθητικό τύλιγμα αποσυνδέεται συνήθως από το κύκλωμα με τη βοήθεια ενός φυγοκεντρικού διακόπτη· αυτό γίνεται γιατί, όταν ο δρομέας περιστρέφεται ήδη, δημιουργείται στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο από το ρεύμα του κυρίου τυλίγματος και από το ρεύμα που κυκλοφορεί μέσα στους άγωγούς του δρομέα (σχ. 13.4α). Γι' αυτό το λόγο, όταν ένας τριφασικός κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα περιστρέφεται και διακοπεί ή τροφοδοτήσει της μιάς φάσεως, τότε οι δύο άλλες φάσεις βρίσκονται συνδεδεμένες σε σειρά, όπως σε μονοφασικό τύλιγμα, ο κινητήρας αυτός εξακολουθεί να περιστρέφεται.



Σχ. 13.4α.

Άρχη λειτουργίας μονοφασικού κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα.

Στους ασύγχρονους κινητήρες με συλλέκτη ανήκουν οι **κινητήρες σειράς**, οι **κινητήρες γιουνιβέρσαλ** και οι **κινητήρες αντιδράσεως** (ή **ώστικοί κινητήρες**).

α) Κινητήρες σειράς.

Είναι όμοιοι με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος με διέγερση σειράς, διαφέρουν όμως κατά το: ο στάτης των μονοφασικών κινητήρων σειράς δεν έχει

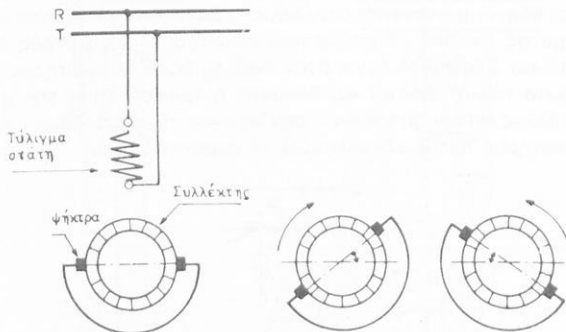
μαγνητικούς πόλους, αλλά μονοφασικό τύλιγμα μέσα σέ αύλακια, όπως οί μονοφασικοί κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα. Οί κινητήρες σειράς λειτουργοῦν μέ βάση τήν ἀρχή, κατά τήν ὁποία, ὅταν σέ κινητήρα συνεχοῦς ρεύματος ἀντιστρέψομε τή φορά τοῦ ρεύματος στό ἐπαγωγικό τύμπανο καί στό τύλιγμα διεγέρσεως, ἡ φορά περιστροφῆς τοῦ κινητήρα δέν ἀλλάζει (παράγρ. 12.3). Ἔτσι, ἂν σέ κινητήρα, πού ἔχει τό τύλιγμα διεγέρσεως σέ σειρά μέ τό τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, διαβιάσομε ἐναλλασσόμενο μονοφασικό ρεύμα, ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος ἀνά ἡμιπερίοδο δέν θά μεταβάλλει τή φορά περιστροφῆς.

β) Κινητήρες γιουινβέρσαλ.

Εἶναι μικροί μονοφασικοί κινητήρες σειράς, κατάλληλοι ὁμως νά λειτουργοῦν καί στό ἐναλλασσόμενο καί στό συνεχές ρεύμα.

γ) Κινητήρες ἀντιδράσεως.

Σ' αὐτούς, τό τύλιγμα τοῦ δρομέα δέν συνδέεται μέ τό δίκτυο, ἀλλά οί ψήκτρες, πού ἐφάπτονται στό συλλέκτη εἶναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους, ὅπως φαίνεται



Σχ. 13.4β.

Ἀρχὴ λειτουργίας μονοφασικοῦ κινητήρα ἀντιδράσεως.

στό σχῆμα 13.4β. Ἄν ὁ ἄξονας τῶν ψηκτρῶν σχηματίζει μέ τόν ἄξονα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γωνία 90° ἢ συμπίπτει μέ αὐτόν, δέν δημιουργεῖται ροπή στρέψεως στό δρομέα καί ὁ κινητήρας δέν περιστρέφεται, ἐνῶ γιά τίς ἐνδιάμεσες γωνίες ὁ κινητήρας περιστρέφεται μέ διάφορες ταχύτητες. Στούς κινητήρες ἀντιδράσεως εἶναι δυνατόν νά ἀλλάζομε τή θέση τοῦ ἄξονα τῶν ψηκτρῶν καί νά μεταβάλλομε ἔτσι τήν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ κινητήρα ἀπό τό μηδέν ὡς τή μέγιστη τιμή. Τοῦτο κατορθώνεται μέ εἰδικό μηχανισμό, περιστρέφοντας ἕνα στρόφαλο. Μέ τόν ἴδιο μηχανισμό ἀντιστρέφεται καί ἡ φορά περιστροφῆς τοῦ κινητήρα.

13.5 Γενικά στοιχεῖα κινητήρων ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

1) Γενικά κατασκευαστικά στοιχεῖα, προστασία.

Οἱ ἡλεκτρικοί κινητήρες κατασκευάζονται σέ διάφορες μορφές· ἔτσι μποροῦν

νά εγκατασταθούν είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα, γιά νά εξασφαλίζεται ή προσαρμογή τους στίς απαιτήσεις τοῦ μηχανήματος, πού πρόκειται νά κινήσουν. Ἡ ἐξωτερική μορφή τῶν κινητήρων (ἀλλά καί ὅλων τῶν ηλεκτρικῶν μηχανῶν γενικῶς) χαρακτηρίζεται διεθνῶς μέ σύμβολο, πού ἀπαρτίζεται ἀπό ἕνα γράμμα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου καί ἕναν ἀριθμό. Τό γράμμα ἀντιστοιχεῖ σέ μιά γενική **μορφή ἐδράσεως** τῆς μηχανῆς, ἐνῶ ὁ ἀριθμός χαρακτηρίζει τίς διάφορες εἰδικές μορφές ἐδράσεως. Ἔτσι: Τά σύμβολα Α1 ὡς Α6 χαρακτηρίζουν μηχανές **οριζόντιας διατάξεως χωρίς ἔδρανα**, διαφόρων μορφῶν.

Τά σύμβολα Β3 ὡς Β14 χαρακτηρίζουν μηχανές **οριζόντιας διατάξεως μέ ἔδρανα**, διαφόρων μορφῶν.

Τά σύμβολα C1 ὡς C4 ἀναφέρονται σέ μηχανές **οριζόντιας διατάξεως μέ ἐξωτερικά ἔδρανα ἐπιπλέον ἀπό τά κανονικά**.

Τά σύμβολα V1 ὡς V19 σέ μηχανές **κατακόρυφης διατάξεως μέ ἔδρανα**.

Τά περιβλήματα τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων εἶναι κατασκευασμένα κατὰ διάφορους τρόπους, γιά νά προστατεύουν τόν κινητήρα καί τό περιβάλλον του, ἀνάλογα μέ τίς συνθήκες πού ἐπικρατοῦν σέ κάθε περίπτωση. Τά κυριότερα εἶδη προστασίας, εἶναι:

α) Ἡ προστασία προσώπων ἀπό τήν ἐπαφή τους μέ τά τμήματα τοῦ κινητήρα πού βρίσκονται σέ τάση ἢ τά κινούμενα μέρη, πού περικλείνονται μέσα σέ περίβλημα καί ἡ προστασία τοῦ κινητήρα ἀπό τήν εἰσχώρηση ξένων στερεῶν σωμάτων.

β) Ἡ προστασία τοῦ κινητήρα ἀπό τήν ἐπιβλαβή εἰσχώρηση νεροῦ.

Κάθε ἕνα ἀπό τά εἶδη προστασίας ἐπιτυγχάνεται σέ διάφορους βαθμούς ἀνάλογα μέ τήν κατασκευή τοῦ περιβλήματος. Ὁ βαθμός προστασίας συμβολίζεται διεθνῶς μέ τά γράμματα «IP», τά ὁποῖα ἀκολουθοῦνται ἀπό δύο ἀριθμούς. Ἀπ' αὐτούς ὁ πρῶτος (ἀπό 0 ἕως 6) καθορίζει τό βαθμό τοῦ πρώτου εἶδους προστασίας καί ὁ δεῦτερος (ἀπό 0 ἕως 8) καθορίζει τό βαθμό τοῦ δευτέρου εἶδους προστασίας, π.χ. IP21, IP54. Ἐκτός ἀπό τά δύο εἶδη προστασίας, πού ἀναφέραμε, ὑπάρχουν καί ἄλλα, τά ὁποῖα ἐφαρμόζονται, ὅταν οἱ κινητήρες προορίζονται γιά νά λειτουργήσουν μέσα σέ ἐκρηκτικές ἀτμόσφαιρες, διαβρωτικούς ἀτμούς κλπ.

Ἄν ἀνάμεσα στά γράμματα IP καί τούς δύο ἀριθμούς ὑπάρχει τό γράμμα W, ὁ κινητήρας εἶναι εἰδικότερα προστατευμένος ἀπό τίς καιρικές ἐπιδράσεις.

Τέλος οἱ κινητήρες, ἀνάλογα μέ τό εἶδος τῆς ἐργασίας γιά τήν ὁποία προορίζονται, κατασκευάζονται ὡς: κινητήρες **συνεχοῦς λειτουργίας**, μέ χαρακτηριστικό σύμβολο S1, κινητήρες **βραχυχρόνιας ἢ περιοδικά διακοπτόμενης λειτουργίας** μέ χαρακτηριστικά σύμβολα S2 καί S3 ἀντίστοιχα, τά ὁποῖα ἀκολουθοῦνται ἀπό τό χρόνο λειτουργίας ἢ ἀπό τή σχετική διάρκεια ζεύξεως (% τῆς χρονικῆς περιόδου).

Τόσο οἱ κινητήρες μέ λειτουργία πού διακόπτεται περιοδικά, ὅσο καί οἱ κινητήρες συνεχοῦς λειτουργίας παρουσιάζουν διάφορες παραλλαγές, ἀνάλογα μέ τόν τρόπο φορτίσεως, ηλεκτρικῆς πεδῆσεως καί ἐκκινήσεως, πού συμβολίζονται μέ τά σύμβολα S4, S5, S6, κλπ.

Ὅλες οἱ ηλεκτρικές μηχανές, ἐπομένως καί οἱ ηλεκτρικοί κινητήρες ἐναλλασσόμενου ρεύματος, φέρουν ἐπάνω στό περίβλημά τους **ἐνδεικτική πινακίδα** (σχ. 13.5). Στήν πινακίδα αὕτη ἀναγράφονται τά **ὀνομαστικά χαρακτηριστικά** τοῦ κινητήρα, δηλαδή τά χαρακτηριστικά τά ὁποῖα ἔχουν καθορισθεῖ ἀπό τόν κατασκευαστή γιά τήν κανονική λειτουργία τοῦ κινητήρα. Ἀπό τά χαρακτηριστικά αὐτά, πρέπει νά

γνωρίζουμε τουλάχιστον τα εξής:

α) Τήν εμπορική επωνυμία του κατασκευαστή.

β) Τόν τύπο του κινητήρα. Ο τύπος του κινητήρα καθορίζεται με γράμματα και αριθμό, ή με ένα από τα δύο. Με αυτά ο κατασκευαστής χαρακτηρίζει το πρότυπο (μοντέλο).

γ) Τό είδος του ρεύματος, π.χ. Μ.Ρ. ή 1Φ (μονοφασικό ρεύμα), Τ.Ρ. ή 3Φ (τριφασικό ρεύμα).

δ) Τόν αυξαντα αριθμό σειράς κατασκευής.

ε) Τήν ονομαστική τάση του κινητήρα σε βόλτ. Σε ένα τριφασικό κινητήρα, αναγράφεται πριν ή μετά από την τάση το σύμβολο Δ, π.χ. 380 V Δ, ή αναγράφονται δύο τάσεις, π.χ. 380/660 V, ή αναγράφονται δύο τάσεις, που ακολουθούνται από τα σύμβολα Δ/Υ, π.χ. 380/660 V Δ/Υ. Όλα αυτά είναι ισοδύναμα και σημαίνουν ότι ο κινητήρας εργάζεται κανονικά σε δίκτυο με πολική τάση 380 V, με τριγωνική σύνδεση τυλίγματος στάτη και σε δίκτυο με πολική τάση 660 V ($660 = \sqrt{3} \times 380$) με άστεροειδή σύνδεση.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ					
ΤΥΠΟΣ Κ.Ε.Δ. 50					
3 Φ	ΚΙΝΗΤΗΡ	Nº	5470		
380 V	Δ		210	A	
110 kW	S1	cosφ	0.85		
985	στρ/min	50	Hz		
		IP 44	B3	1.59 t	

Σχ. 13.5.

Ένδεικτική πινακίδα κινητήρα.

στ) Τό ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα σε άμπέρ.

ζ) Τήν ονομαστική ισχύ, δηλαδή την ενεργό ισχύ, που αποδίδεται στον άξονα του κινητήρα, σε βάττ ή κιλοβάττ.

η) Τό είδος λειτουργίας, με τα σύμβολα S1, S2, κλπ.

θ) Τό συντελεστή ισχύος, συνφ ή cosφ.

ι) Τόν ονομαστικό αριθμό στροφών σε στρ/min.

ια) Τήν ονομαστική συχνότητα σε Hz.

ιβ) Τό είδος προστασίας με τα σύμβολα IP.

ιγ) Τή μορφή έδράσεως, με τα σύμβολα A, B κλπ.

ιδ) Τό κατά προσέγγιση βάρος σε τόννους, για μηχανές με συνολικό βάρος μεγαλύτερο από 1 τόννο.

2. Ζυγοστάθμιση.

Ο δρομέας των ηλεκτρικών κινητήρων απέχει πολύ λίγο από τό στάτη τους, ώστε τό **διάκενο** που σχηματίζεται νά είναι συχνά μικρότερο από 1mm. Για τό λόγο αὐτόν ο δρομέας πρέπει νά ἔχει τέλεια ἔδραση καί νά μή παρουσιάζονται κάμψεις

της άτράκτου του δρομέα καί δονήσεις ή κραδασμοί, πού όφείλονται σέ άνομοιόμορφη κατανομή της μάζας του δρομέα. Διαφορά στην κατανομή του βάρους του δρομέα μπορεί νά προέλθει π.χ. από την άνιση κατανομή του τυλίγματος του. Για τό λόγο αυτό, στους δρομείς των ηλεκτρικών κινητήρων γίνεται διόρθωση κάθε διαφοράς στην κατανομή του βάρους τους, ώστε τό κέντρο βάρους τους νά συμπίπτει μέ τόν άξονα περιστροφής τους. 'Η διόρθωση αυτή καλείται **στατική ζυγοστάθμιση** των δρομένων.

Στους δρομείς των ηλεκτρικών κινητήρων, όμως, έκτός από τη στατική ζυγοστάθμιση γίνεται, μέ τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων, καί ή λεγόμενη **δυναμική ζυγοστάθμιση**. 'Η δυναμική ζυγοστάθμιση πραγματοποιείται στους δρομείς των ηλεκτρικών κινητήρων, επειδή ή μορφή τους είναι επιμήκης. "Ετσι, ενώ τό συνολικό κέντρο βάρους του δρομέα είναι δυνατόν νά συμπίπτει μέ τόν άξονα περιστροφής, τά μερικά κέντρα βάρους των μερών του τυμπάνου ένδέχεται νά μήν συμπίπτουν όλα επάνω στον άξονα, όποτε κατά την περιστροφή θά δημιουργηθούν ζεύγη δυνάμεων από τίς φυγόκεντρες δυνάμεις πού αναπτύσσονται, τά όποία προκαλούν πάλι δονήσεις.

3. 'Ανάγκες ισχύος στις διάφορες εφαρμογές των κινητήρων· έκλογή κινητήρα.

Στις διάφορες χρήσεις των ηλεκτρικών κινητήρων απαιτούνται κινητήρες διάφορων ειδών καί μεγεθών, ανάλογα μέ τίς συνθήκες λειτουργίας καί τίς απαιτήσεις ισχύος των μηχανών, οί όποιες κινούνται από τούς ηλεκτροκινητήρες. Στόν Πίνακα 13.5.1, περιλαμβάνονται διάφορες εφαρμογές των ηλεκτροκινητήρων έναλλασσόμενου ρεύματος καί παρέχονται για κάθε μία: 'Η περιοχή των ισχύων πού συνήθως απαιτούνται, ό τύπος του ηλεκτροκινητήρα, τό είδος της λειτουργίας του καθώς καί τό είδος της προστασίας του. 'Ο πίνακας αυτός μάς πληροφορεί για τό είδος του κινητήρα πού ύπάρχει στά διάφορα μηχανήματα, σέ όρισμένες δέ περιπτώσεις χρησιμεύει στην έκλογή του κατάλληλου κινητήρα, για τη χρήση για την όποία προορίζεται από πλευράς γενικών χαρακτηριστικών. 'Ο άκριβής καθορισμός όλων των στοιχείων ενός κινητήρα σέ κάθε συγκεκριμένη περίπτωση δέν πρόκειται νά μάς άπασχολήσει, γιατί είναι έργο των ηλεκτρολόγων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.5.1.

'Εφαρμογές καί έκλογή ηλεκτροκινητήρων.

Οί ηλεκτροκινητήρες ταξινομήθηκαν, ανάλογα μέ τά χαρακτηριστικά ταχύτητάς τους, ως έξης:

1. Κινητήρες σταθερής ταχύτητας (Σ.Τ.), δηλαδή κινητήρες στους όποιους ή ταχύτητα είναι πρακτικά σταθερή, άνεξάρτητα από τό φορτίο πού επιβάλλεται. Στους κινητήρες αυτούς παρατηρείται μικρή μόνο μεταβολή της ταχύτητας από τη λειτουργία έν κενώ στη λειτουργία μέ φορτίο (έκτός από τούς σύγχρονους κινητήρες). Παραδείγματα κινητήρων αυτού του είδους είναι οί κινητήρες έπαγωγής μέ μικρή διολίσθηση καί οί κινητήρες συνεχούς ρεύματος μέ παράλληλη διέγερση.

2. Κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας (Μ.Τ.), δηλαδή κινητήρες στους όποιους ή ταχύτητα μεταβάλλεται ανάλογα μέ τό φορτίο (έλαττώνεται μέ την αύξηση του φορτίου). Κινητήρες αυτού του είδους είναι π.χ. οί κινητήρες έπαγωγής βραχυκυκλωμένου δρομέα μεγάλης διολίσθησεως καί οί κινητήρες συνεχούς ή έναλλασσόμενου ρεύματος μέ διέγερση σειράς.

3. Κινητήρες ρυθμιζόμενης ταχύτητας (Ρ.Τ.), δηλαδή κινητήρες εφοδιασμένοι με διάταξη ρυθμίσεως της ταχύτητας με ρυθμιστικές αντίστασεις. Π.χ. κινητήρας έπαγωγής με δακτύλιους και ρυθμιστικές αντίστασεις στο δρομέα είναι τύπου: Ρ.Μ.Τ., γιατί οι διάφορες ταχύτητες, που αναπτύσσει ο κινητήρας αυτός με τη βοήθεια της ρυθμιστικής αντίστασεως, μεταβάλλονται στη συνέχεια με τη μεταβολή του φορτίου.

Κατά την έκλογη ενός κινητήρα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ο αριθμός των στροφών του, για να εκλεγεί κατάλληλα και η διάταξη μεταδόσεως της κινήσεως στο προς κίνηση μηχανήμα άμεσης σύζευξη, μειωτήρας στροφών κλπ.).

Είδος κινούμενου μηχανήματος	Απαιτούμενη ισχύς σε ίππους	Τύπος κινητήρα Είδος λειτουργίας Προστασία
Α. Μηχανές κατεργασίας μετάλλων		
1. Δράπανο.....	0,1 έως 2	Σ.Τ. S1/IP21
2. Τόρνος.....	0,4 έως 15	Ρ.Σ.Τ. S1/IP11
3. Πλάνη.....		Σ.Τ. S1/IP11
4. Φραιζα.....	0,1 έως 5	Ρ.Σ.Τ. S1/IP21
5. Πριόνι.....	1 έως 8	Σ.Τ. S1/IP01
6. Λειαντική μηχανή.....	5 έως 15	Ρ.Σ.Τ. S1/IP44
7. Μηχανή κοπής σπειρωμάτων.....	0,25 έως 2	Σ.Τ. S1/IP21
8. Ψαλίδι.....	1 έως 12	Σ.Τ. S1/IP01
9. Έλαστρο.....	6 έως 30	Σ.Τ. S1/IP00
10. Καμπτική μηχανή (στράντζα).....	12 έως 30	Ρ.Σ.Τ. S1/IP00
11. Σφύρα.....	0,5 έως 10	Ρ.Σ.Τ. S1/P11
12. Διατρητική μηχανή (πρέσα).....		Σ.Τ. S1/IP00
Β. Μηχανές κατεργασίας ξύλου		
1. Πριόνι.....	2 έως 5	Σ.Τ. S1/IP44
2. Τόρνος ξύλου.....	0,5 έως 5	»
3. Πλάνη.....	1,5 έως 16	»
4. Δισκοπρίονο.....	5 έως 15	»
5. Πριόνι πολλαπλό.....	2 έως 34	»
6. Φραιζα.....		13 »
Γ. Τυπογραφικές μηχανές		
1. Επίπεδα πιεστήρια.....	0,5 έως 1	Σ.Τ. S1/IP01
2. Ταχυπιεστήρια επίπεδης βάσεως.....	1 έως 2,5	Ρ.Σ.Τ. S1/IP01
3. Ταχυπιεστήρια με δύο ταχύτητες.....	2 έως 5	«
4. Απλά περιστροφικά πιεστήρια.....	6 έως 7	»
5. Δίδυμα περιστροφικά πιεστήρια.....	έως 15	»
6. Δίχρωμες μηχανές.....	2 έως 3	»
Δ. Κρεατομηχανές		
1. Πριόνι κοπής όστων.....	0,25 έως 0,75	Σ.Τ. S1/IP44
2. Μύλος κρέατος (άλεστική μηχανή).....	1 έως 6	»
3. Μηχανή αναμιξεως κρέατος.....	0,25 έως 1	»
4. Κοπτική μηχανή κρέατος.....	0,75 έως 1	»

Είδος κινούμενου μηχανήματος	Απαιτούμενη ισχύς σέ ιππους	Τύπος κινητήρα Είδος λειτουργίας Προστασία
Ε. Μηχανές άρτοποιείου		
1. Ζυμωτική μηχανή	1 έως 6	»
2. Διαχωριστική μηχανή ζύμης για ψωμάκια	1	»
ΣΤ. Άγροτικές μηχανές		
1. Άλωνιστικές μηχανές (περίπου 350 kg/h μέ διάταξη καθαρισμού)	2,5 έως 4	»
2. Εύρειες άλωνιστικές μηχανές (περίπου 500 kg/h μέ διπλό καθαρισμό)	6 έως 8	»
3. Εύρειες άλωνιστικές μηχανές (περίπου 1000 έως 4000 kg/h μέ αυτόματη τροφοδό- τηση, πιεστήριο άχυρου καί καθαρισμό)	24 έως 48	»
4. Μηχανές καθαρισμού σταριού	0,5 έως 3	»
5. Ήλεκτρικό άροτρο	40 έως 90	Μ.Τ. S2/IP44 90 min
6. Καλλιεργητικές μηχανές	15 έως 20	Μ.Τ. S2/IP44 90 min
7. Μεγάλες άλωνιστικές μηχανές	50 έως 90	Σ.Τ. S1/IP44
8. Άνυψωτικές μηχανές χόρτου καί σανού (περίπου 3000 kg/ήμερ.)	1 έως 2	Σ.Τ. S2/IP24 60 min
9. Άντλίες λιπάσματος	1,3 έως 2	Σ.Τ. S1/IP44
10. Πιεστήρια χονδρού χόρτου	6 έως 12	Σ.Τ. S1/IP24
11. Πιεστήρια λείου χόρτου μέ διάταξη δεσίμα- τος	3 έως 5	»
12. Μηχανές κοπής χόρτου, κοσκινίσματος καί άνυψώσεως		Σ.Τ. S1/IP44
13. Μεταφορική ταινία, άναδευτήρες	3 έως 6	Σ.Τ. S1/IP10
14. Μηχανές κοπής τεύτλων	2,5	»
15. Μηχανές συνθλίψεως βρώμης	2 έως 3	Σ.Τ. S1/IP23
16. Μηχανές συνθλίψεως πατάτας	0,75	»
17. Ξηραντήρια	20 έως 30	Σ.Τ. S1/IP20
18. Μύλος λεπτής άλέσεως	6 έως 14	Σ.Τ. S1/IP44
19. Μύλος χονδρής άλέσεως	2 έως 6	»
Ζ. Μηχανές σιδηρουργείου		
1. Δράπανο, τόννος, λειαντικός τροχός, φυση- τήρας, συνολικά	2 έως 3	Σ.Τ. S1/IP11
2. Άερόσφουρα	1 έως 8	Σ.Τ. S1/IP10
3. Σφύρα πτώσεως	2 έως 6	»
Η. Μηχανές πλινθοποιείου		
1. Κοπτικές μηχανές	6 έως 10	Σ.Τ. S1/IP23
2. Πλινθόπρεσσα	4 έως 17	»
Θ. Μηχανές ραφείου		
1. Ραπτικές μηχανές	0,1 έως 0,5	Σ.Τ. S1/IP44
2. Μηχανές κοπτικής	0,33 έως 0,75	»

Είδος κινούμενου μηχανήματος	Απαιτούμενη ισχύς σε ίππους	Τύπος κινητήρα Είδος λειτουργίας Προστασία
Ι. Άλυστικές μηχανές (μύλοι)	4 έως 30	»
ΙΑ. Δομικές μηχανές		
1. Μηχανή άσβεστοκονιάματος.....	5	»
2. Μηχανή σκυροκονιάματος.....	3 έως 6	»
3. Θραυστήρες λίθων με διάταξη κοσκινίσματος (2 έως 4,5m ³ /h).....	20 έως 34	»
ΙΒ. Ύφαντουργικές μηχανές		
1. Άργαλειά.....	0,33 έως 1	P.Σ.Τ. S1/IP44
2. Κλωστικές μηχανές.....	0,5 έως 3	»
ΙΓ. Άντλίες		
1. Έμβολοφόρες (60 έως 150 στρ/min).....	2 έως 30	Σ.Τ. S1/IP23
2. Φυγοκεντρικές (1000 έως 3000 στρ/min).....	1 έως 15	»
ΙΔ. Ξεαεριστήρες		»
ΙΕ. Άνυψωτικές μηχανές		
1. Γερανογέφυρες.....	3 έως 30	M.T. S3/IP10 25% ή 15%
2. Άναβατήρες φορτίων με ή χωρίς οδηγό, με αντίβαρο.....	2 έως 10	Σ.Τ. S2/IP00 60 min
3. Άνελκυστήρες προσώπων.....	2 έως 8	»
ΙΣΤ. Σιδηρόδρομοι		
1. Περιστεφόμενα δάπεδα.....	6 έως 10	M.T. S2/IP44 60 min
2. Μεταφορικές εξέδρες.....	16 έως 22	»
3. Βαρούλκα.....	έως 3	Σ.Τ. S2/IP44 30 min
4. Γερανοί άνθρακα.....	3 έως 4	M.T. S3/IP44 40%
5. Συμπιεστές.....	15 έως 100	Σ.Τ. S1/IP01
6. Θραυστήρες άνθρακα.....	10 έως 20	Σ.Τ. S1/IP44
7. Λειαντική μηχανή βάρκων έμβόλων.....	10	Σ.Τ. S1/IP11
8. Ψαλίδι συρμάτων.....	5	»
9. Μηχανή καθαρισμού σωληνώσεων λεβητών.....	10	»
ΙΖ. Ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι		
1. Σιδηρόδρομοι όρυχείων, αστικοί, υπεραστικοί, διασυνδετικοί κρατών.....	10 έως 200	M.T. S2/IP44 60 min
2. Σιδηρόδρομοι μακρινής απόστασης.....	1000 έως 3000	M.T. S2/IP00 60 min

4. 'Επιθεώρηση, συντήρηση, βλάβες κινητήρων.

Στους ηλεκτροκινητήρες τὰ σημεία, τὰ ὁποία ὑπόκεινται σέ ἰδιαίτερη φθορά, εἶναι τὰ ἔδρανα, οἱ ψήκτρες, ὁ συλλέκτης καί οἱ δακτύλιοι. Ἡ ἐλαττωματική λειτουργία ἐνός ἐδράνου λόγῳ βλάβης, φέρνει εὐκόλα τὸ δρομέα σέ ἐπαφή μὲ τὸ στάτη, ὅποτε ὁ δρομέας καθὼς προστρίβεται ἐπάνω στοῦ στάτη χαράζεται. Συνέπεια αὐτοῦ εἶναι ἡ ταχεία καταστροφή ὁλόκληρου τοῦ κινητήρα. Ἡ φθορά τῶν ἐδράνων, ἐξάλλου, ἐπιτείνεται ἀπὸ σύνδεσμους καί τροχαλίες μεταδόσεως κινήσεως, τὰ ὁποία εἶναι ζυγοσταθμισμένα ἢ εὐθυγραμμισμένα κακά, καθὼς ἐπίσης καί ἀπὸ ὑπερβολικὸ τέντωμα (τάνυση) τῶν ἱμάντων, πού χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴ μεταδόση τῆς κινήσεως. Ἀπὸ ὅσα εἶπαμε, βγαίνει τὸ συμπέρασμα ὅτι ἐπιβάλλεται ἡ τακτική λίπανση τῶν ἐδράνων τῶν κινητήρων, ἐνῶ θὰ πρέπει νὰ ἀντικαθίσταται ἔγκαιρα ἓνα ἐλαττωματικὸ ἔδρανο καί νὰ ἀποφεύγεται ἡ κακὰ νοοῦμενη οἰκονομία, πού ὁδηγεῖ τελικὰ στὴ μείωση τῆς διάρκειας ζωῆς τοῦ κινητήρα.

Ἀπὸ τὰ λοιπὰ τμήματα τοῦ ηλεκτροκινητήρα ὑποφέρουν ἰδιαίτερα οἱ ψήκτρες, οἱ ὁποῖες πρέπει νὰ ἔχουν ὅλες τὸν ἴδιο τύπο, ὥστε νὰ ἀποφεύγεται ἡ ἀνομοιόμορφη φθορά, οἱ δὲ δακτύλιοι ἢ ὁ συλλέκτης δὲν πρέπει νὰ ἔχουν χαραγές. Ἄν τυχόν ὑπάρχουν χαραγές καί αὐλακώσεις, πρέπει νὰ ἀπαλειφονται μὲ κατάλληλη λείανση τῶν δακτυλίων ἢ τοῦ συλλέκτη.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω ὁδηγούμαστε καί στὸν τρόπο, μὲ τὸν ὁποῖο πρέπει νὰ γίνεται ἡ ἐπιθεώρηση τῶν ηλεκτροκινητήρων, ὥστε ἔγκαιρα νὰ διαπιστώνονται οἱ ἀνωμαλίες πού μὴδὲν ἀρχίζουν καί, ἐπομένως, νὰ προλαμβάνονται μελλοντικές βλάβες. Κατὰ τὴν ἐπιθεώρηση, πρέπει νὰ πραγματοποιεῖται ἐπίσης: α) Ἡ λίπανση τῶν ηλεκτροκινητήρων, σὲ ὅσα σημεία καί κατὰ τὸν τρόπο πού ὑποδεικνύει ὁ κατασκευαστὴς τοὺς στίς σχετικές ὁδηγίες. β) Ὁ καθαρισμὸς τοὺς ἀπὸ τῆ σκόνης καί τῆς λοιπῆς ἀκαθαρσίας, πού συσσωρεύονται ἐπάνω καί μέσα στὴ μηχανή ἀπὸ τὸ περιβάλλον. Οἱ ἀκαθαρσίες αὐτές ἐκτός ἀπὸ τῆς ἄλλης ἀνωμαλίας, πού ἐνδέχεται νὰ προκαλέσουν στὸν κινητήρα, φράζουν τῆς διόδους κυκλοφορίας τοῦ ἀέρα ψύξεώς του, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ μηχανὴ νὰ ὑπερθερμαίνεται.

Ἡ συντήρηση καί ἀποκατάσταση τῶν βλαβῶν εἶναι, βεβαίως, ἔργο εἰδικοῦ ηλεκτρολόγου, ἀλλὰ γιὰ νὰ γνωρίζομε πότε ὁ ηλεκτροκινητήρας ἔχει ἀνάγκη συντηρήσεως συντάχθηκε ὁ Πίνακας 13.5.2, ὁ ὁποῖος παρέχει στοιχεῖα γιὰ τὴν ἀναγνώριση τῶν συμπτωμάτων, πού παρουσιάζονται σὲ ἓνα κινητήρα, ὅταν ἔχει συμβεῖ κάποια βλάβη ἢ ὅταν ἔχουν ἐπέλθει φθορές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.5.2.

Συνήθεις βλάβες ηλεκτροκινητήρων ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

ΣΥΜΠΤΩΜΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ
1. Ὁ κινητήρας δὲν ἐκκινεῖ.	1. Διακοπὴ στοὺς ἀγωγούς τροφοδοτήσεως ἢ στὸν ἐκκινητὴ, τήξη ἀσφάλειας ἢ ἀνοιγμα (πτώση) αὐτομάτου διακόπτη. 2. Διακοπὴ στοῦ κύκλωμα τοῦ δρομέα. Π.χ. διακοπὴ στοῦ τύλιγμα τοῦ δρομέα ἢ στίς ἀντιστάσεις ἢ ἐπαφές τοῦ ἐκκινητῆ ἢ κακὴ ἐπαφή τῶν ψηκτρῶν.
2. Ὁ κινητήρας ἐκκινεῖ μὲ δυσκολία, ἢ ταχύτητά του ἐλαττώνεται σημαντικά μὲ τὴ φόρτιση.	1. Ἡ φόρτιση εἶναι πολὺ μεγάλη. 2. Ἐλαττωματικές ἐπαφές στοῦ διακόπτη ἀστέρα - τριγώνου. 3. Ἐλαττωματικὰ ἔδρανα. 4. Βλάβη στοῦ μηχανισμό τῶν ψηκτρῶν, ἀνωμαλίες στοὺς δακτύλιους. 5. Βραχυκυκλωμένες σπεῖρες στοῦ τύλιγμα τοῦ στάτη.

ΣΥΜΠΤΩΜΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ
	6. Κινητήρας προβλεπόμενος γιά σύνδεση τριγώνου στή διατιθέμενη τάση, έχει συνδεσμολογηθεί, κατά λάθος, σέ άστεροειδή σύνδεση. 7. Τάση τροφοδοτήσεως πολύ χαμηλή. 8. Χαλαρές ράβδοι κλωβού. 9. Έλαττωματικός πυκνωτής (μονοφασικοί κινητήρες).
3. Κατά τήν έκκίνηση, οί ασφάλειες τήκονται (καίονται) ή ό αυτόματος διακόπτης άνοίγει (πέφτει).	1. Βραχυκυκλωμένοι άγωγοί μεταξύ αυτόματου διακόπτη καί στάτη. 2. Βραχυκυκλωμένοι άγωγοί μεταξύ δρομέα καί έκκινητή ή βραχυκύκλωμα μεταξύ δύο ψηκτροφορέων. 3. Δύο φάσεις του στάτη είναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους ή πρός τόν πυρήνα. 4. Βραχυκυκλωμένοι δακτύλιοι ή σπείρες του τυλίγματος του δρομέα. 5. Βραχυκυκλωμένος πυκνωτής (μονοφασικοί κινητήρες). 6. Έλαττωματικός φυγοκεντρικός διακόπτης (μονοφασικοί κινητήρες).
4. Ό κινητήρας υπερθερμαίνεται ή ό αυτόματος διακόπτης άνοίγει (πέφτει).	1. Ό φόρτιση είναι πολύ μεγάλη. 2. Ό κινητήρας λειτουργεί μόνο μέ 2 φάσεις. 3. Ό τάση του δικτύου τροφοδοτήσεως είναι πολύ ύψηλή. 4. Ό τάση τροφοδοτήσεως είναι πολύ χαμηλή. 5. Βραχυκύκλωμα μεταξύ φάσεων στο τυλίγμα του στάτη ή μεταξύ φάσεων καί πυρήνα. 6. Βραχυκυκλωμένες σπείρες στο τυλίγμα του στάτη. 7. Πολύ μεγάλη τριβή μεταξύ ψηκτρών καί δακτυλίων. 8. Κακή έπαφή στο κύκλωμα του δρομέα. 9. Ό δρομέας προσκρούει στο στάτη.
5. Τό άμπερόμετρο στή γραμμή τροφοδοτήσεως άμφιταλαντεύεται υπό σταθερό φορτίο.	Κακή έπαφή στο κύκλωμα του δρομέα.
6. Ό κινητήρας υπερθερμαίνεται κατά τή λειτουργία έν κενώ.	Κινητήρας κατασκευασμένος γιά άστεροειδή σύνδεση, στή διατιθέμενη τάση, συνδεσμολογημένος, κατά λάθος, σέ σύνδεση τριγώνου.
7. Σπινθηρισμοί στίς ψηκτρες.	1. Ό επιφάνεια έπαφής των ψηκτρών δέν είναι λεία ή οί ψηκτρες δέν έξασκούν τήν άπαιτούμενη πίεση στους δακτύλιους. 2. Άνώμαλοι ή άκάθαρτοι δακτύλιοι. 3. Μή κυκλικοί δακτύλιοι.

ΣΥΜΠΤΩΜΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ
8. 'Ο κινητήρας λειτουργεί με θόρυβο.	1. Έλαττωματικά έδρανα. 2. 'Ο μηχανικός σύνδεσμος της μηχανής δεν είναι ευθυγραμμισμένος. 3. Κακή ζυγοστάθμιση του δίσκου του συνδέσμου. 4. Διακοπή της μιάς φάσεως (π.χ. τήξη ασφάλειας). Τοῦτο είναι δυνατόν νά ἔχει συμβεί όταν ὁ κινητήρας, κατά τή λειτουργία του, ἀρχίσει ξαφνικά νά κάνει ὑπερβολικό θόρυβο.
9. 'Από τόν κινητήρα ἐξέρχεται, κατά τή λειτουργία, καπνός.	1. Βραχυκύκλωμα στό τύλιγμα. 2. Βλάβη στό φυγοκεντρικό διακόπτη, ὁ ὁποῖος δέν ἀνοίγει τό κύκλωμα τοῦ βοηθητικοῦ τυλίγματος (μονοφασικοί κινητήρες). 3. Έλαττωματικά έδρανα. 4. Ὑπερφόρτιση.
10. 'Ο κινητήρας βουίζει ἀλλά δέν ἐκκινεῖ.	1. Έλαττωματικός πυκνωτής (μονοφασικοί κινητήρες). 2. Διακοπή στό βοηθητικό τύλιγμα (μονοφασικοί κινητήρες). 3. 'Η φόρτιση εἶναι πολύ μεγάλη.

Όταν στίς πιθανές αἰτίες μιάς βλάβης περιλαμβάνονται:

- διακοπές στούς ἀγωγούς τροφοδοτήσεως,
- τήξεις ἀσφαλειών,
- ἀνοίγμα τοῦ αὐτόματου διακόπτη,
- κακές ἐπαφές στούς διακόπτες καί ἐκκινητές,
- λανθασμένες ἢ κακές συνδέσεις στούς ἀκροδέκτες,
- κακή εὐθυγράμμιση τοῦ συνδέσμου,
- ὑπερβολικό φορτίο,

εἶναι δυνατόν νά ἐπέμβουμε γιά τήν πιθανή ἀποκατάσταση τῆς βλάβης. Στίς περιπτώσεις αὐτές, πρὶν ἀπό κάθε ἄλλη ἐνέργεια, ἀπομονώνεται ὁ κινητήρας ἀπό τό δίκτυο τροφοδοτήσεως, μέ τή βοήθεια τοῦ διακόπτη πού ὑπάρχει στή γραμμή τροφοδοτήσεως, καί πραγματοποιεῖται ὁ ἔλεγχος. Κατά τόν ἔλεγχο μπορεῖ νά ἀπαιτηθεῖ:

- α) 'Η ἀντικατάσταση μιάς καμένης ασφάλειας.
- β) 'Η ἀλλαγὴ ἢ βελτίωση τῶν συνδέσεων στούς ἀκροδέκτες.
- γ) 'Η ἐλάττωση τοῦ φορτίου.
- δ) 'Η τοποθέτηση μεγαλύτερου κινητήρα κλπ.

13.6 Ἑρωτήσεις.

1. Πῶς πραγματοποιεῖται ἓνα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο;
2. Ποιές ἐφαρμογές βρίσκουν τὰ στρεφόμενα μαγνητικά πεδία;
3. Πότε μία ἠλεκτρικὴ μηχανὴ καλεῖται σύγχρονη καί πότε ἀσύγχρονη;
4. Πῶς εἶναι κατασκευασμένος ὁ δρομέας τῶν ἐναλλακτῶν;
5. Πῶς δημιουργεῖται τό τριφασικὸ σύστημα Η.Ε.Δ. στούς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρες;
6. Τί εἶδους ἠλεκτρικὲς μηχανές εἶναι οἱ κινητῆρες ἐναλλασσόμενου ρεύματος;
7. Πόσα εἶδη ἀσύγχρονων τριφασικῶν κινητῶν ἔχομε καί ποιά;

8. Ποιά ή άρχή λειτουργίας τών τριφασικών κινητήρων έπαγωγής;
 9. Πόσα είδη τριφασικών κινητήρων έπαγωγής έχομε καί ποιά; Ποιά τά βασικά χαρακτηριστικά τών κινητήρων κάθε είδους;
 10. Έάν διατίθεται τριφασικό δίκτυο 220/380 V καί πραγματοποιήσουμε στό κιβώτιο άκροδεκτών του κινητήρα σύνδεση του τυλίγματος του σάτη κατά τρίγωνο, μετά τή ζεύξη του κινητήρα μέ τό δίκτυο, μέ ποιά τάση θά βρεθεί κάθε φάση του τυλίγματος του;
 11. Πώς έπιτυγχάνεται ή έλάττωση του ρεύματος έκκίνησης: α) Στους κινητήρες μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα; β) Στους κινητήρες μέ δακτύλιους;
 12. Μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε διακόπτη άστέρα - τριγώνου γιά τήν έκκίνηση κινητήρα μέ κανονική τάση λειτουργίας 220 V σέ σύνθεση τριγώνου, έάν διαθέτεται τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V; Νά δικαιολογήσετε τήν άπάντηση.
 13. Πώς κατορθώνεται ή άντιστροφή τής φοράς περιστροφής ενός τριφασικού κινητήρα;
 14. Ποιά είδη μονοφασικών κινητήρων έχομε;
 15. Πώς συμβολίζονται διάφορες έξωτερικές μορφές τών ήλεκτρικών κινητήρων;
 16. Ποιά είναι τά βασικά είδη προστασίας, πού παρέχουν τά περιβλήματα τών κινητήρων καί ποιό τό σχετικό σύμβολο;
 17. Ποιά χαρακτηριστικά καλούνται όνομαστικά χαρακτηριστικά ενός κινητήρα καί πώς μπορούμε νά τά πληροφορηθούμε;
 18. Πόσα είδη ζυγοσταθμίσεως διακρίνομε;
 19. Ποιά είναι τά κυριότερα σημεία ενός κινητήρα, πού πρέπει νά έπιθεωρούνται καί ποιές είναι οι βασικές έργασίες, πού πρέπει νά έκτελούνται κατά τήν έπιθεώρηση;
 20. Πότε είναι δυνατόν νά επέμβομε γιά τήν πιθανή άποκατάσταση μιάς βλάβης ήλεκτρικού κινητήρα;
-

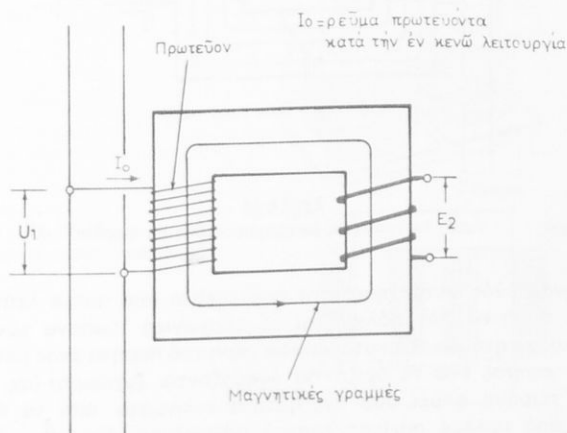
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ, ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ, ΑΝΟΡΘΩΤΕΣ

14.1 Μετασχηματιστές.

1. Μονοφασικοί μετασχηματιστές.

Όπως είδαμε στην παράγραφο 8.4, αν δύο ανεξάρτητα πηνία περιβάλλουν έναν κοινό σιδηρένιο πυρήνα και μέσα από τό ένα από τα πηνία αυτά διέλθει εναλλασσόμενο ρεύμα, θά δημιουργηθεί εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο. Οί μαγνητικές γραμμές του πεδίου αυτού καθώς διέρχονται μέσα από τόν κοινό πυρήνα, θά περιβάλλουν τόσο τίς σπείρες του πηνίου, πού διαρρέεται από τό ηλεκτρικό ρεύμα, όσο καί τίς σπείρες του γειτονικού πηνίου. Έτσι, στό τύλιγμα του πηνίου, πού συνδέεται μέ τήν πηγή του εναλλασσόμενου ρεύματος καί καλεῖται *πρωτεύων* (σχ. 14.1α), ἀναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη ἐξ αὐτεπαγωγῆς. Αὐτή

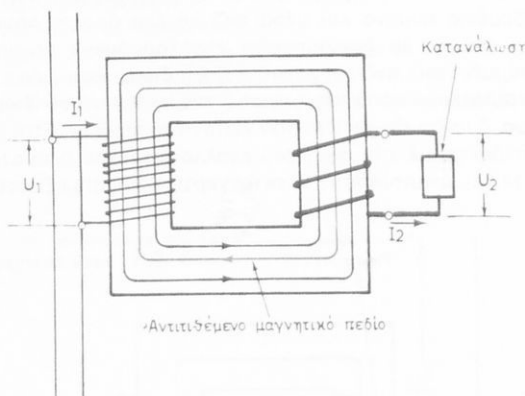


Σχ. 14.1α.

Ἀρχή λειτουργίας μετασχηματιστή χωρίς φορτίο.

ἀντισταθμίζει σχεδόν τήν τάση, πού ἐφαρμόζεται στά ἄκρα του πρωτεύοντος τυλίγματος, καί ἔτσι ἐπέρχεται ηλεκτρική ἰσορροπία. Στό τύλιγμα του ἄλλου πηνίου ἐξάλλου, πού καλεῖται *δευτερεύων*, ἀναπτύσσεται εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη ἐξ ἐπαγωγῆς.

Εάν τώρα, στα άκρα του δευτερεύοντος τυλίγματος (δηλαδή του τυλίγματος που δεν συνδέεται με την πηγή) συνδέσουμε μία κατανάλωση (σχ. 14.1β), τότε, με την επενέργεια της ηλεκτρεγερτικής δύναμews εξ επαγωγής, που επικρατεί στο τύλιγμα αυτό, θα κυκλοφορήσει ρεύμα, που θα είναι ανάλογο με την αντίσταση που παρουσιάζει η κατανάλωση για γνωστή Η.Ε.Δ. εξαιτίας του ρεύματος αυτού θα δημιουργηθεί εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, που θα αντίτιθεται στο μαγνητικό πεδίο του ρεύματος του πρωτεύοντος. Όποιαδήποτε όμως ελάττωση του αρχικού μαγνητικού πεδίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της ηλεκτρεγερτικής δύναμews εξ αυτεπαγωγής. Από τη μείωση αυτή προκαλείται διαφορά ανάμεσα στην τάση, που επιβάλλεται από την πηγή, και την ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ αυτεπαγωγής, με αποτέλεσμα να κυκλοφορήσει στο πρωτεύον μεγαλύτερο ρεύμα. Με τον τρόπο αυτόν το μαγνητικό πεδίο παραμένει σταθερό. Με τη διάταξη λοιπόν, που περιγράψαμε και που καλείται **μετασχηματιστής**, μεταφέρεται ηλεκτρική ισχύς από το ένα τύλιγμα στο άλλο, με τη βοήθεια μόνο του αναπτυσσόμενου μαγνητικού πεδίου, χωρίς δηλαδή να υπάρχει άγωγιμη σύνδεση μεταξύ των τυλιγμάτων.



Σχ. 14.1β.

Άρχη λειτουργίας μετασχηματιστή με φορτίο.

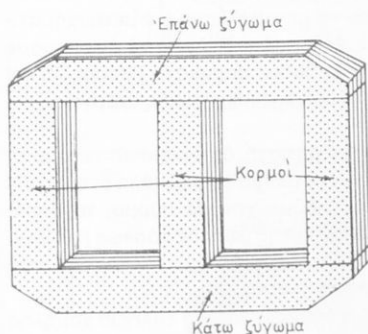
Ο πυρήνας ενός μετασχηματιστή αποτελείται από πολλά λεπτά ελάσματα, όπως και οι πυρήνες των πόλων και τα επαγωγικά τύμπανα των ηλεκτρικών γεννητριών και κινητήρων. Τα κατακόρυφα μέρη του πυρήνα ενός μετασχηματιστή ονομάζονται **κορμοί**, ενώ τα οριζόντια ονομάζονται **ζυγώματα** (σχ. 14.1γ). Κάθε κορμός του πυρήνα φέρει δύο ανεξάρτητα τυλίγματα, από τα οποία το ένα αποτελείται από πολλές σπείρες λεπτού μονωμένου σύρματος, ενώ το άλλο αποτελείται από λίγες σχετικές σπείρες χοντρού μονωμένου σύρματος (σχ. 14.1δ).

Εστω τώρα ότι το τύλιγμα με το μικρό αριθμό σπειρών συνδέεται με μία πηγή τάσεως U_1 . Τότε αυτό θα αποτελέσει το πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή. Στο δευτερεύον τύλιγμα εξάλλου θα αναπτυχθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής, η οποία εξαρτάται από τον αριθμό των σπειρών του τυλίγματος αυτού (παράγρ. 8.4). Η ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη θα είναι τόσο μεγαλύτερη από την τάση, που εφαρμόζεται στο πρωτεύον, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των σπειρών του

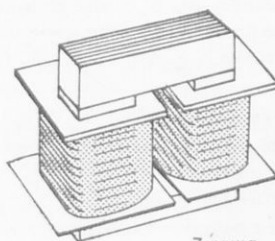
δευτερεύοντος σε σχέση με τόν αριθμό των σπειρών του πρωτεύοντος. Δηλαδή, εάν καλέσουμε την Η.Ε.Δ. του δευτερεύοντος E_2 , θά είναι:

$$\frac{U_1}{E_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

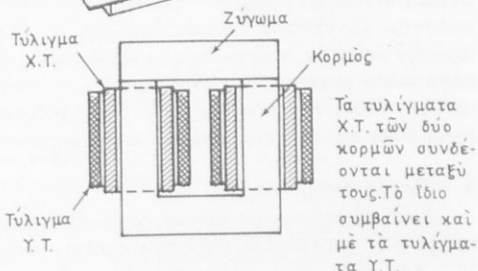
όπου: T_1 και T_2 είναι αντίστοιχα οι αριθμοί των σπειρών (έλιγμάτων) του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος (ως αριθμός σπειρών νοείται το άθροισμα των σπειρών ενός τυλίγματος, που υπάρχουν και στον ένα κορμό και στον άλλο και συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά).



Σχ. 14.1γ.
Πυρήνας μετασχηματιστή.



Σχ. 14.1δ.
Μονοφασικοί μετασχηματιστές.



Τό πηλίκον T_1/T_2 καλείται *σχέση μετασχηματισμού* ή *σχέση μεταφοράς* του μετασχηματιστή.

“Αν στο δευτερεύον τύλιγμα συνδέσουμε μιά κατανάλωση, θά κυκλοφορήσει μέσα απ’ αυτό ρεύμα I_2 , όποτε από τό πρωτεύον τύλιγμα θά κυκλοφορήσει ρεύμα I_1 , τό όποίο είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τό ρεύμα που κυκλοφορούσε προηγου-

μένων. Τό ρεύμα πού κυκλοφορεί στό πρωτεύον τύλιγμα, όταν τό δευτερεύον τύλιγμα είναι ανοικτό (λειτουργία του μετασχηματιστή έν κενώ), είναι τό 1/10 ως 1/20 του ρεύματος I_1 πού κυκλοφορεί στό πρωτεύον, όταν ό μετασχηματιστής έργάζεται μέ τό κανονικό του φορτίο στό δευτερεύον. Τό πηλίκον τών δύο παραπάνω ρευμάτων θά είναι **περίπου** ίσο πρός τό αντίστροφο τής σχέσεως μετασχηματισμού, δηλαδή:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

Αυτό αποδεικνύεται εύκολα, άν εξισώσουμε τήν ηλεκτρική ισχύ εισόδου (πρωτεύοντος) καί έξόδου (δευτερεύοντος) του μετασχηματιστή.

Μέ τό μετασχηματιστή λοιπόν είναι δυνατόν νά μεταβάλλομε (νά μετασχηματίσουμε) τήν τάση του έναλλασσόμενου ρεύματος. Μπορούμε δηλαδή νά ανυψώσουμε ή νά υποβιβάσουμε τήν τάση, πράγμα πού, όπως θά δούμε παρακάτω (Μέρος 7ο καί 8ο), έχει κυρίως έφαρμογή στή μεταφορά καί διανομή τής ηλεκτρικής ενέργειας καί στις ηλεκτρικές μετρήσεις.

Στήν πλευρά τής χαμηλής τάσεως του μετασχηματιστή, όπως προκύπτει από τή σχέση τών ρευμάτων πού διατυπώθηκε παραπάνω, τό ρεύμα έχει μεγάλη ένταση. Γι' αυτό στό τύλιγμα τών λίγων σπειρών χρησιμοποιούμε χοντρό σύρμα, τό όποιο παρουσιάζει μικρή αντίσταση. 'Αντίθετα, στήν πλευρά τής ύψηλής τάσεως (τύλιγμα μέ μεγάλο αριθμό σπειρών) χρησιμοποιούμε λεπτό σύρμα, γιατί ή ένταση του ρεύματος πού κυκλοφορεί σ' αυτήν είναι μικρή.

Οί μετασχηματιστές πού έχουν, όπως είδαμε παραπάνω, ένα τύλιγμα χαμηλής τάσεως καί ένα τύλιγμα ύψηλής τάσεως είναι **μονοφασικοί μετασχηματιστές**.

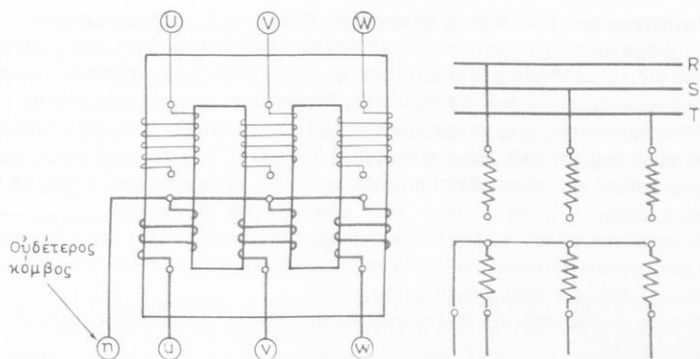
2. Τριφασικοί μετασχηματιστές.

Οί **τριφασικοί μετασχηματιστές** αποτελούνται από τρεις μονοφασικούς μετασχηματιστές, ένα γιά κάθε φάση, οί όποιοι συνδέονται μεταξύ τους είτε μέ σύνδεση άστέρα είτε μέ σύνδεση τριγώνου (σχ. 14.1ε). 'Η σύνδεση τών τριών μονοφασικών μετασχηματιστών πραγματοποιείται καί στά πρωτεύοντα τυλίγματα καί στά δευτερεύοντα. Οί σχέσεις τάσεων καί εντάσεων, πού αναφέρθηκαν προηγουμένως, ισχύουν καί στήν περίπτωση τών τριφασικών μετασχηματιστών καί αναφέρονται σέ κάθε φάση χωριστά. 'Ως σχέση μετασχηματισμού όμως λαμβάνεται ό λόγος τών πολικών τάσεων τών δικτύων, μέ τά όποια συνδέονται τά δύο τριφασικά τυλίγματα (πρωτεύον καί δευτερεύον) του μετασχηματιστή.

3. Ψύξη μετασχηματιστών.

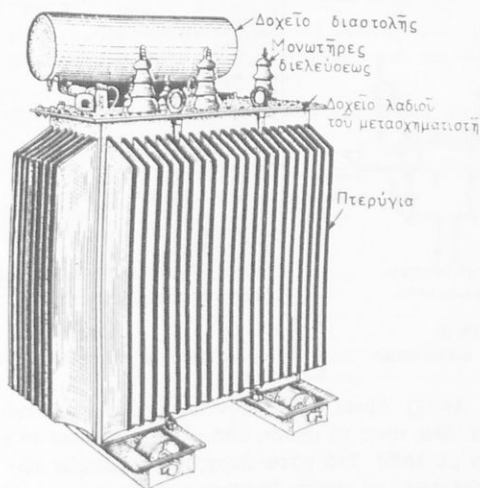
Κατά τή λειτουργία τών μετασχηματιστών, όπως συμβαίνει καί μέ τίς ηλεκτρικές γεννήτριες καί τούς ηλεκτροκινητήρες, αναπτύσσεται θερμότητα (παράγρ. 6.3, 12.3 καί 15.1), πού όφείλεται στή ροή του ρεύματος μέσα στις ηλεκτρικές αντίστασεις. 'Η θερμότητα αυτή (θερμικές άπώλειες) πρέπει νά απομακρύνεται από τό μετασχηματιστή, γιά νά αποφεύγεται αύξηση τής θερμοκρασίας τών τυλιγμάτων παραπάνω από ένα όρισμένο όριο. 'Η υπέρβαση του όρίου αυτού έχει ως συνέπεια τά τυλίγματα νά διατρέχουν κίνδυνο καταστροφής.

'Η άπαγωγή τής θερμότητας επιτυγχάνεται μέ τή βοήθεια ενός **συστήματος ψύξεως** του μετασχηματιστή. Στο σύστημα αυτό, τό ψυκτικό μέσο μπορεί νά είναι ό



Σχ. 14.1ε.

Τριφασικός μετασχηματιστής σε συνδεσμολογία άστέρα-άστέρα.



Σχ. 14.1στ.

Έξωτερική όψη τριφασικού μετασχηματιστή.

ατμοσφαιρικός αέρας (**ξηροί μετασχηματιστές**), ή ειδικό μονωτικό όρυκτέλαιο (**μετασχηματιστές λαδιού**). Στην πρώτη περίπτωση η θερμότητα που αναπτύσσεται παραλαμβάνεται από τον αέρα, που περιβάλλει το μετασχηματιστή και κυκλοφορεί προς τα έξω· ο αέρας αυτός ανανεώνεται συνεχώς, τις περισσότερες φορές με τη βοήθεια άνεμιστήρα.

Στη δεύτερη περίπτωση ο μετασχηματιστής και το ειδικό μονωτικό λάδι βρίσκονται μέσα σε σιδερένιο δοχείο (σχ. 14.1στ), ο δε μετασχηματιστής είναι βυθισμένος μέσα στο λάδι. Τη θερμότητα που παράγεται τότε την παραλαμβάνει το ειδικό μονωτικό όρυκτέλαιο και τη μεταφέρει τελικά στον ατμοσφαιρικό αέρα με τη

βοήθεια πτερυγίων, πού έχει έξωτερικά τό δοχείο τοῦ μετασχηματιστή.

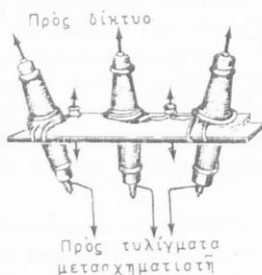
Σέ ὀρισμένους μετασχηματιστές τό δοχείο δέν έχει πτερύγια ἀλλά σωληνες· σέ ἕνα ἄλλο εἶδος, μέ ἰδιαίτερες ἀπαιτήσεις ψύξεως, τό λάδι διοχετεύεται μέ ἀντλίες σέ εἰδικά ψυγεία, ὅπου τοῦ ἀφαιρεῖται ἡ θερμότητα, πού παραλαμβάνει.

Στούς περισσότερους μετασχηματιστές λαδιοῦ ὑπάρχει στό ἐπάνω μέρος τοῦ δοχείου τους ἕνα σχετικά μικρό κυλινδρικό δοχεῖο· τό δοχεῖο αὐτό συγκοινωνεῖ μέ τό δοχεῖο λαδιοῦ, μέ τή βοήθεια σωλήνα, καί μέ τόν ἀτμοσφαιρικό ἀέρα. Τό δοχεῖο αὐτό, πού μέχρι τή μέση περιέχει λάδι, εἶναι **δοχεῖο διαστολῆς**.

“Ὅπως εἶναι γνωστό, τό δοχεῖο διαστολῆς ἐπιτρέπει τήν ἐλεύθερη διαστολή τοῦ ὕγρου μιᾶς ἐγκαταστάσεως, καί στήν περίπτωση μας τοῦ λαδιοῦ τοῦ μετασχηματιστή, ὅταν αὐξάνει ἡ θερμοκρασία του.

Τό λάδι, ἐκτός ἀπό τήν ψύξη, συμβάλλει καί στή μόνωση τῶν τυλιγμάτων τοῦ μετασχηματιστή.

Ὁ μετασχηματιστής εἶναι συνήθως στερεωμένος στό ἐπάνω κάλυμμα τοῦ δοχείου λαδιοῦ. Ἀπό τό κάλυμμα αὐτό ἐξέρχονται καί οἱ λεγόμενοι **μονωτήρες**



Σχ. 14.1ζ.

Μονωτήρες διελεύσεως.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ				
Τύπος	MB 200	A/A 48500	E.K. 1972	
Ὀν. ἰσχύς	kVA150		Συχνότης	Hz 50
	I 19.200			
Ὀν. τάση	VII 20.000	400	Συνδεσμοί.	Yz S
	III 20.800			
Ὀν. ρεύμα	A 433	216.5		
Εἶδος ψύξεως				
Ὀλικό βάρος	1.0	Βάρος ἐλαίου	03	

Σχ. 14.1η.

Ἐνδεικτική πινακίδα μετασχηματιστή.

διελεύσεως (σχ. 14.1ζ). Αὐτοί ἀποτελοῦνται ἀπό ἐπιμήκη ἀγώγιμα στελέχη, πού περιβάλλονται σ' ὅλο τους τό μήκος ἀπό μονωτικό ὑλικό (π.χ. ἀπό πορσελάνινο κέλυφος γεμάτο μέ λάδι). Στά κάτω ἄκρα τῶν στελεχῶν τῶν μονωτῆρων αὐτῶν ὑπάρχουν ἀκροδέκτες, μέ τούς ὁποίους συνδέονται τά ἐλεύθερα ἄκρα τῶν τυλιγμάτων τῶν μετασχηματιστῶν. Στά ἐπάνω ἄκρα τους ὑπάρχουν ἐπίσης ἀκροδέκτες, μέ τούς ὁποίους συνδέονται οἱ μετασχηματιστές μέ τό δίκτυο πού τούς τροφοδοτεῖ καί μέ τό δίκτυο διαφορετικῆς τάσεως, πού οἱ ἴδιοι τροφοδοτοῦν.

4. Γενικά στοιχεῖα μετασχηματιστῶν.

Οἱ μετασχηματιστές, ὅπως εἶδαμε παραπάνω, δέν περιλαμβάνουν περιστρεφόμενα ἢ κινούμενα μέρη, ὅπως οἱ ἠλεκτροκινητήρες ἢ οἱ ἠλεκτρικές γεννήτριες, γι' αὐτό καί καλοῦνται **στατοί**. Ἡ ἔλλειψη κινούμενων μερῶν παρέχει στοὺς μετασχηματιστές πολλὰ πλεονεκτήματα, ὅπως: ἀπλότητα στήν κατασκευή καί στή χρησιμοποίηση καί μικρή μόνο παρακολούθηση καί συντήρηση.

“Ὅπως κάθε μηχανήμα, ἔτσι καί οἱ μετασχηματιστές φέρουν ἐνδεικτική πινακίδα (σχ. 14.1η), στήν ὁποία ἀναγράφονται τά ὀνομαστικά τους χαρακτηριστικά, ὅπως:

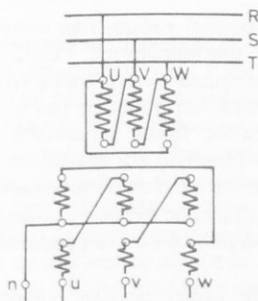
- α) 'Ο τύπος τοῦ μετασχηματιστῆ (χαρακτηριστικά μοντέλου, παράγρ. 13.5).
 β) 'Ο ἀριθμός σειρᾶς κατασκευῆς.
 γ) Τό ἔτος κατασκευῆς.
 δ) 'Ο ἀριθμός φάσεων.
 ε) 'Η ὀνομαστική ἰσχύς, τάση (πρωτεύοντος καί δευτερεύοντος), ἔνταση (πρωτεύοντος καί δευτερεύοντος), συχνότητα. [Ἡ ὀνομαστική ἰσχύς ἑνός μετασχηματιστῆ δίνεται ἡ φαινόμενη ἰσχύς του (παράγρ. 11.2), ἡ ὁποία γιά τούς τριφασικούς μετασχηματιστές εἶναι ἴση πρός:

$$\sqrt{3} \cdot E \cdot I$$

ὅπου: E καί I ἡ ὀνομαστική τάση καί ἡ ὀνομαστική ἔνταση ἀντίστοιχα.

[Ἡ ὀνομαστική τάση τυλίγματος νοεῖται ἡ ἐφαρμοζόμενη ἢ ἀναπτυσσόμενη τάση κατά τήν ἐν κενῷ λειτουργία ἀνάμεσα στό ἄκρο τοῦ μετασχηματιστῆ, πού συνδέονται στή γραμμή τοῦ δικτύου (πολική τάση προκειμένου περί τριφασικῶν μετασχηματιστῶν). Σέ μικροῦς μετασχηματιστές δίνεται, πολλές φορές, ὡς ὀνομαστική ἀναπτυσσόμενη τάση ἡ τάση τοῦ τυλίγματος (δευτερεύοντος), ὅταν ἔχει φορτίο καί ὄχι ἐν κενῷ· τό φορτίο αὐτό ἀντιστοιχεῖ στήν ὀνομαστική ἔνταση μέ $\cos \phi = 1$. Ἡ τάση αὕτη, πού ἀναπτύσσεται στό δευτερεῦον τύλιγμα μέ φορτίο, διαφέρει ἀπό τήν τάση πού ἀναπτύσσεται ἐν κενῷ, κατά τήν πτώση τάσεως πού συμβαίνει στό τυλίγματα τοῦ μετασχηματιστῆ].

στ) Ἡ συνδεσμολογία πρωτεύοντος καί δευτερεύοντος τυλίγματος γιά τούς



Σχ. 14.10.

Συνδεσμολογία ζίγκ-ζάγκ.

τριφασικούς μετασχηματιστές. Τό εἶδος τῆς συνδεσμολογίας συμβολίζεται μέ τά γράμματα D καί d, Y καί y καί Z τά ὁποῖα σημαίνουν ἀντίστοιχα συνδεσμολογία τριγώνου, ἀστέρα καί ζίγκ-ζάγκ. Κατά τή συνδεσμολογία **τεθλασμένου ἀστέρα** ἢ **ζίγκ-ζάγκ**, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται στό τυλίγματα χαμηλῆς τάσεως, τό τύλιγμα χαμηλῆς τάσεως κάθε κορμοῦ ἀποτελεῖται ἀπό δύο μέρη καί κάθε μέρος συνδέεται σέ σειρά μέ ἓνα ἀπό τά μέρη τοῦ τυλίγματος χαμηλῆς τάσεως ἑνός ἄλλου κορμοῦ (σχ. 14.10). Ἡ συνδεσμολογία αὕτη χρησιμεύεται, ὅταν στήν πλευρά χαμηλῆς τάσεως τό φορτίο παρουσιάζει μεγάλη ἀσυμμετρία. Τά κεφαλαῖα γράμματα ἀναφέρονται στό τύλιγμα ὑψηλῆς τάσεως καί τά μικρά στό τύλιγμα χαμηλῆς τάσεως.

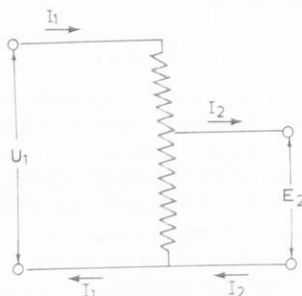
ζ) Τό εἶδος τῆς ψύξεως, μέ τή βοήθεια συμβόλων.

η) Τό ὀλικό βάρος καί τό βάρος τοῦ μονωτικοῦ λαδιοῦ.

θ) Τό είδος του μετασχηματιστή, στην περίπτωση κατά την οποία πρόκειται για ειδικό μετασχηματιστή (αυτομετασχηματιστής, μετασχηματιστής ρυθμίσεως κλπ).

5. Αυτομετασχηματιστές, μετασχηματιστές ρυθμίσεως.

Αυτομετασχηματιστές καλούνται οι μετασχηματιστές, στους οποίους υπάρχει ένα μόνο τυλίγμα σε κάθε φάση, που αποτελεί τό τυλίγμα υψηλής τάσεως, και μέρος του τυλίγματος αυτού αποτελεί τό τυλίγμα χαμηλής τάσεως (σχ. 14.1ι). Στο κοινό



Σχ. 14.1ι.

Άρχη λειτουργίας αυτομετασχηματιστή.

τμήμα του τυλίγματος κυκλοφορεί ρεύμα, που προέρχεται από τή σύνθεση των ρευμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Έτσι, ή μεταφορά ισχύος από τό πρωτεύον στο δευτερεύον κύκλωμα γίνεται και με τή μαγνητική σύνδεση (παράγρ. 14.1) και άπευθείας με τήν άγώγιμη σύνδεση των κυκλωμάτων αυτών.

Στους αυτομετασχηματιστές έχομε σημαντική οικονομία άγώγιμου ύλικού (άγωγών), σιδερένιων μαζών (πυρήνα) και άπωλειών· ή οικονομία αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι ή σχέση μετασχηματισμού. Έτσι, οι αυτομετασχηματιστές χρησιμοποιούνται για μικρές σχέσεις μετασχηματισμού και σε έφαρμογές, στις όποιες δέν παίζει σοβαρό ρόλο ή έλλειψη χωριστών κυκλωμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.

Οι αυτομετασχηματιστές έχουν μεγάλη όμοιότητα με τούς καταμεριστές τάσεως (παράγρ. 5.4), παρουσιάζουν όμως τό πλεονέκτημα νά έχουν μικρότερες άπώλειες και τάση έξόδου, που έπηρεάζεται λιγότερο από τό φορτίο.

Στους αυτομετασχηματιστές, όπως και στους μετασχηματιστές, ό λόγος των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι ίσος προς τό λόγο των αριθμών των έλιγμάτων τους.

Στους **μετασχηματιστές ή αυτομετασχηματιστές ρυθμίσεως**, με μιά κατάλληλη διάταξη μπορούμε νά μεταβάλλομε τή σχέση μετασχηματισμού και, έπομένως, νά έπιτυγάνομε μεταβολή τής τάσεως έξόδου.

14.2 Στρεφόμενοι μετατροπέες.

Σέ όλες σχεδόν τίς βιομηχανικές έφαρμογές του ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται σήμερα τό έναλλασσόμενο ρεύμα. Γι' αυτό, στις περιπτώσεις όπου άπαιτείται ή

χρήση συνεχούς ρεύματος, όπως είναι εν μέρει η ηλεκτρική έλξη (τροχιόδρομοι, μικροί σιδηρόδρομοι), οι ηλεκτροχημικές εφαρμογές κλπ., χρησιμοποιούνται ειδικές ηλεκτρικές μηχανές, που καλούνται **στρεφόμενοι μετατροπείς**, και μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου της πόλεως σε συνεχές.

Η χρησιμοποίηση ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, δηλαδή μιας κινητήριας μηχανής (π.χ. πετρελαιομηχανής) και μιας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος, είναι λύση αντιοικονομική.

Με τούς στρεφόμενους μετατροπείς είναι δυνατόν να μεταβληθούν εκτός από το είδος του ηλεκτρικού ρεύματος και άλλα χαρακτηριστικά του, όπως π.χ. η τάση, η συχνότητα κλπ. Παρακάτω εξετάζονται διάφορα είδη στρεφόμενων μετατροπών.

1. Ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας.

Τό ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας αποτελείται από ένα κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος και μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, που είναι συζευγμένα συνήθως κατευθείαν μεταξύ τους, με τη βοήθεια ενός μηχανικού συνδέσμου. Ο κινητήρας τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα και κινεί τη γεννήτρια, που παράγει συνεχές ρεύμα.

Ο βαθμός αποδόσεως του ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας είναι χαμηλός, γιατί είναι ίσος προς το γινόμενο των βαθμών αποδόσεώς τους. Π.χ. όταν ο κινητήρας έχει βαθμό αποδόσεως 0,8 και η γεννήτρια βαθμό αποδόσεως 0,75 τό ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας θά έχει βαθμό αποδόσεως $0,8 \times 0,75 = 0,6$.

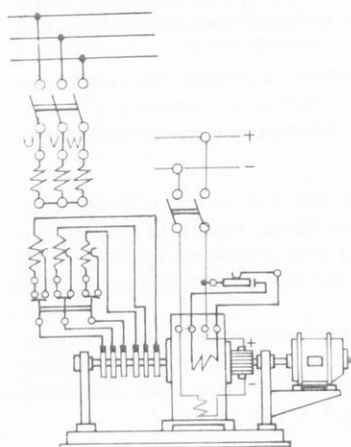
2. Σύγχρονος μετατροπέας.

Ο **σύγχρονος (ή στρεφόμενος) μετατροπέας** είναι ηλεκτρική μηχανή μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές ή και αντίστροφα. Φέρει ένα μόνο δρομέα, ο οποίος έχει από τη μία πλευρά του τυμπάνου δακτύλιους (συνήθως 6) και από την άλλη πλευρά ένα συλλέκτη. Ο στρεφόμενος μετατροπέας συνδέεται με τό τριφασικό δίκτυο, τό οποίο τροφοδοτεί με εναλλασσόμενο ρεύμα τό τύλιγμα του τυμπάνου ή σύνδεση γίνεται με ψήκτρες, που έφάπτονται στους δακτύλιους. Τό συνεχές ρεύμα λαμβάνεται από τό συλλέκτη πάλι με ψήκτρες (σχ. 14.2α). Η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές επιτυγχάνεται με τό συλλέκτη. Είναι δυνατόν όμως να συμβεί και τό αντίθετο· δηλαδή να τροφοδοτηθεί ο μετατροπέας με συνεχές ρεύμα από τό συλλέκτη και να πάρουμε εναλλασσόμενο ρεύμα από τούς δακτύλιους με τη βοήθεια ψηκτρών. Έτσι, η τάση του συνεχούς ρεύματος εξαρτάται από την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος και αντίστροφα. Τό τριφασικό ρεύμα, με τό οποίο τροφοδοτείται (ή τό οποίο παρέχει) ο μετατροπέας, έχει πολική τάση ίση προς τό 0,61 περίπου της τάσεως του συνεχούς ρεύματος, τό οποίο παρέχει (ή με τό οποίο τροφοδοτείται). Για γνωστή τάση λοιπόν συνεχούς ρεύματος προκύπτει τάση (μικρότερη) εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία παρέχεται από τό τριφασικό δίκτυο με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή, όπως δείχνει τό σχήμα 14.2α.

Τό τύλιγμα των μαγνητικών πόλων, που βρίσκονται στο στάτη του μετατροπέα, τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, όπως δείχνει τό σχήμα 14.2α (βλ. και παράγρ. 12.2).

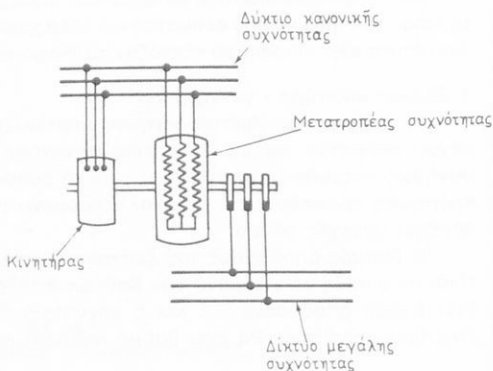
Η τάση στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος είναι δυνατόν να ρυθμίζεται μεταβάλλοντας την τάση στην πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο στρεφόμενος μετατροπέας είναι σύγχρονη μηχανή, γι' αυτό καλείται **σύγχρονος μετατρο-**

πéας. Για νά λειτουργήσει ένας σύγχρονος μετατροπέας, τίθεται πρώτα σέ κίνηση μέ ένα από τούς γνωστούς τρόπους (π.χ. μέ βοηθητικό μικρό άσύγχρονο κινητήρα), καί στή συνέχεια άποκτá τόν κανονικό άριθμό στροφών του, μέ τή βοήθεια κατάλληλης διατάξεως.



Σχ. 14.2α.

Σύγχρονος μετατροπέας.



Σχ. 14.2β.

Μετατροπέας συχνότητας.

3. Μετατροπέες συχνότητας.

Οί **μετατροπέες συχνότητας** αποτελούνται από ένα τριφασικό κινητήρα μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα καί από μία μηχανή έπαγωγής μέ δακτύλιους, πού έχουν συζευχθεί μεταξύ τούς μέ μηχανικό σύνδεσμο (σχ. 14.2β).

"Αν ό κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα στρέψει τό δρομέα τής μηχανής μέ δακτύλιους κατά φορά αντίθετη πρός τή φορά περιστροφής του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, τό όποιο δημιουργείται από τό τύλιγμα του στάτη τής μηχανής μέ δακτύλιους, τότε τό τύλιγμα του δρομέα τής θα τέμνει τίς μαγνητικές γραμμές μέ ταχύτητα μεγαλύτερη από τήν ταχύτητα του στρεφόμενου πεδίου. "Ετσι ή τάση, πού έπικρατεί στους δακτύλιους, έχει μεγαλύτερη συχνότητα από τή συχνότητα του δικτύου, μέ τό όποιο συνδέονται οι στάτες των δύο μηχανών του μετατροπέα.

Μέ τούς μετατροπέες συχνότητας, πού περιγράφονται έδω, αλλά καί μέ τούς μετατροπέες άλλου τύπου, είναι δυνατόν νά αύξηθεί ή καί νά έλαττωθεί ή συχνότητα του δικτύου. Συχνότητες μεγαλύτερες από 50 Hz, π.χ. 100 ως 500 Hz, χρησιμοποιούνται για τήν τροφοδότηση κινητήρων έπαγωγής, για νά έπιτευχθούν μεγάλες ταχύτητες περιστροφής. "Ετσι, στήν κατεργασία του ξύλου π.χ., όπου απαιτούνται μηχανές μέ άριθμό στροφών μέχρι 18.000 ανά λεπτό, χρησιμοποιούνται κινητήρες πού τροφοδοτούνται μέ ρεύμα συχνότητας μεγαλύτερης από τά 50 Hz.

14.3 Άνορθωτές.

Οί **άνορθωτές** είναι συσκευές, πού μετατρέπουν, όπως καί οι στρεφόμενοι

μετατροπείς, τό έναλλασσόμενο ρεύμα σέ συνεχές. Οί άνορθωτές, έπειδή δέν έχουν κινούμενα μέρη, καλοῦνται **στατοί μετατροπείς** καί τείνουν νά άντικαταστήσουν τούς στρεφόμενους μετατροπείς, ιδίως στήν παραγωγή συνεχούς ρεύματος μέ ύψηλότερη τάση.

Διακρίνομε τριών ειδών άνορθωτές:

α) Τούς άνορθωτές ύδραργύρου.

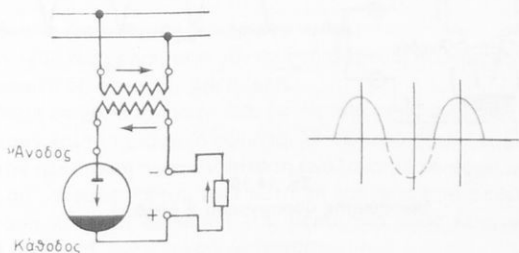
β) Τούς ξηρούς άνορθωτές (άνορθωτές μέ ήμιαγωγούς).

γ) Τούς άνορθωτές μέ πυρακτωμένη κάθοδο.

1. Άνορθωτές ύδραργύρου.

Χρησιμοποιούνται κυρίως γιά τήν τροφοδότηση μέ συνεχές ρεύμα μεγάλων έγκαταστάσεων, όπως είναι π.χ. οί ήλεκτρικοί τροχιόδρομοι.

Άποτελούνται από γιάλινο ή χαλύβδινο δοχείο πού είναι κενό από άέρα ή γεμάτο μέ εύγενές άέριο (ήλιο, άργό), τό όποιο καλεΐται **λυχνία** (σχ. 14.3α). Μέσα στή λυχνία υπάρχουν δύο άγωγίμα σώματα, πού καλοῦνται **ήλεκτροδία** (Κεφάλ. 16) καί καταλήγουν στό έξωτερικό τής λυχνίας διαπερνώντας την άεροστεγώς. Τό ήλεκτρόδιο πού βρίσκεται στό επάνω μέρος τής λυχνίας, καλεΐται **άνοδος** καί είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ή γραφίτη. Τό ήλεκτρόδιο πού βρίσκεται στό κάτω μέρος τής λυχνίας, καλεΐται **κάθοδος** καί άποτελεΐται από ποσότητα ύδραργύρου, ή όποία συνδέεται μέ έναν άγωγό μέ τό έξωτερικό τής λυχνίας. Ή άνοδος συνδέεται



Σχ. 14.3α.

Άνορθωτής ύδραργύρου.

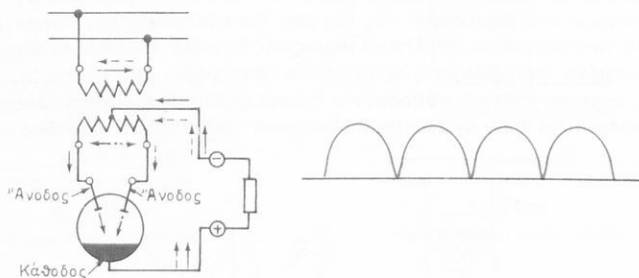
μέ τό ένα άκρο του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή (μονοφασικού), ενώ τό πρωτεύον του μετασχηματιστή συνδέεται μέ τό δίκτυο έναλλασσόμενου ρεύματος πού τροφοδοτεί τόν άνορθωτή. Τό άλλο άκρο του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή συνδέεται μέ τόν άρνητικό πόλο τής πλευράς συνεχούς ρεύματος του άνορθωτή. Ή κάθοδος έξάλλου συνδέεται μέ τό θετικό πόλο τής πλευράς συνεχούς ρεύματος. Άπό τούς δύο αυτούς πόλους τροφοδοτείται μέ συνεχές ρεύμα τό φορτίο (σχ. 14.3α).

Άν ένα σημείο τής επιφάνειας του ύδραργύρου πυρακτωθεί κατά ένα τρόπο, τότε από τό σημείο αυτό αρχίζουν νά άναπηδούν άρνητικά ήλεκτρισμένα σωματίδια (**ιόντα**), πού άποκαθιστούν μέ τόν τρόπο αυτό συνεχή έκπομπή ήλεκτρονίων, τά όποία όδεύουν πρós τήν άνοδο. Ή ροή αυτή των ήλεκτρονίων άποτελεΐ ήλεκτρικό ρεύμα, τό όποιο ρέει κατά τή συμβατική φορά, δηλαδή από τό θετικό πόλο πρós τόν άρνητικό πόλο, μέσα από μιά κατανάλωση, τήν όποία, όπως άναφέραμε, συνδέομε μεταξύ των πόλων του άνορθωτή.

Τό ρεύμα αυτό ρέει τότε μόνο, όταν η τάση στο δευτερεύον του μετασχηματιστή έχει την κατεύθυνση του βέλους του σχήματος 14.3α. Όταν η εναλλασσόμενη τάση έχει κατεύθυνση αντίθετη, δεν διέρχεται ρεύμα από τον άνορθωτή· έτσι λέμε ότι ο άνορθωτής αποτελεί **βαλβίδα** για τό ηλεκτρικό ρεύμα.

Η καμπύλη της εναλλασσόμενης τάσεως, πού παρέχει ο μετασχηματιστής, φαίνεται στο σχήμα 14.3α. Η τάση, πού παρέχει ο άνορθωτής, θά αποτελεῖται από τό μισό πλήθος τών ήμιπεριοδών της τάσεως του μετασχηματιστή, όπως δείχνει τό σχήμα. Στην κατανάλωση, λοιπόν, έχουμε διακοπτόμενο ρεύμα μιάς μόνο κατευθύνσεως, πού καλεῖται **άνορθωμένο**.

Αν αντί γιά μιά άνοδο χρησιμοποιήσουμε δύο καί πραγματοποιήσουμε τή συνδεσμολογία του σχήματος 14.3β, θά χρησιμοποιηθοῦν στήν **άνόρθωση** καί οἱ δύο ήμιπεριοδοί του εναλλασσόμενου ρεύματος. Μέ τόν τρόπο αυτόν, είτε τή μιά κατεύθυνση έχει ή τάση στο δευτερεύον του μετασχηματιστή είτε τήν άλλη, θά



Σχ. 14.3β.

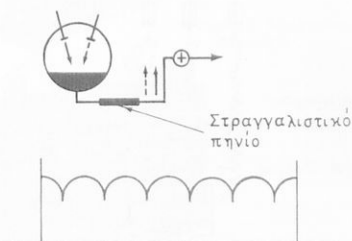
Άνορθωτής ύδραργύρου 2 άνόδων.

υπάρχει πάντοτε ροή ρεύματος διαδοχικά μέσα από τις δύο άνόδους. Η μορφή του άνορθωμένου ρεύματος πού παράγεται καί πού φαίνεται στο σχήμα 14.3β, μπορεί νά εξομαλυνθεί άκόμα, ώστε νά πλησιάζει περισσότερο τή μορφή του ρεύματος, τό όποίο παράγεται από τις πηγές συνεχούς ρεύματος μέ τή βοήθεια ενός πηνίου μεγάλης αὐτεπαγωγής (**στραγγαλιστικό πηνίο**), πού συνδέεται σέ σειρά μέ τήν κάθοδο (σχ. 14.3γ).

Εκτός από τόν άνορθωτή, τόν όποίο περιγράψαμε καί ό όποιος είναι **μονοφασικός άνορθωτής**, υπάρχουν καί οἱ **τριφασικοί άνορθωτές**. Σ' αυτούς ή λυχνία έχει τρεις άνόδους, οἱ όποιες συνδέονται στο δευτερεύον ενός τριφασικού μετασχηματιστή (σχ. 14.3δ). Ο τριφασικός άνορθωτής παρέχει μορφή ρεύματος, πού πλησιάζει άκόμα περισσότερο πρός τό συνεχές ρεύμα.

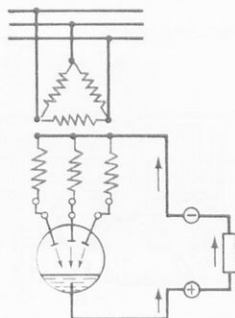
Γιά νά λειτουργήσει ό άνορθωτής, πρέπει νά πραγματοποιηθεῖ ή έναυσή του, δηλαδή ή πυράκτωση ενός σημείου της επιφάνειας του ύδραργύρου (**κηλίδα**). Η κηλίδα έχει θερμοκρασία 3000° C καί δημιουργεί άτμούς ύδραργύρου, οἱ όποιοι καθώς έρχονται σέ έπαφή μέ τά ψυχρά τοιχώματα της λυχνίας ψύχονται καί επιστρέφουν πάλι, μέ τή μορφή σταγόνων ύδραργύρου, στήν κάθοδο. Η έναυση επιτυγχάνεται μέ ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο (**άνοδος άφής**). Τό ηλεκτρόδιο αυτό βυθίζει-

ται στιγμιαία μέσα στον υδράργυρο καί κλείνει τό κύκλωμα· στή συνέχεια βγαίνει άπότομα άπό τόν υδράργυρο, όπότε μέ τό ηλεκτρικό τόξο, πού προκαλείται κατά τή διακοπή, δημιουργείται ή πυρακτωμένη κηλίδα.



Σχ. 14.3γ.

Έξομάλυνση άνορθωμένου ρεύματος.



Σχ. 14.3δ.

Τριφασικός άνορθωτής υδραργύρου.

2. Ξηροί άνορθωτές (άνορθωτές μέ ήμιαγωγούς).

Οί Ξηροί άνορθωτές χρησιμοποιούνται στή φόρτιση συσσωρευτών, σέ τηλεγραφικές καί τηλεφωνικές έγκαταστάσεις κλπ.

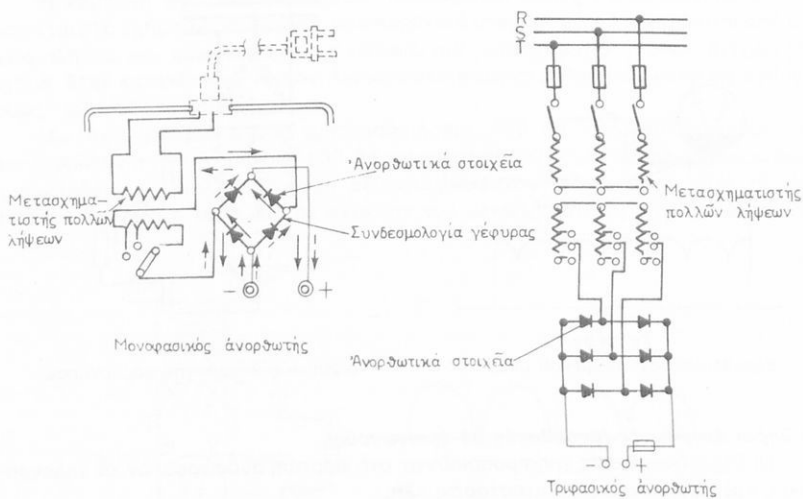
Όπως είδαμε στήν παράγραφο 2.3, έκτός άπό τούς άγωγούς καί τά μονωτικά σώματα, υπάρχουν καί τά ήμιαγωγά σώματα. Τά σώματα αυτά έχουν τήν ιδιότητα νά μεταβάλλουν τήν ηλεκτρική τους αντίσταση άνάλογα μέ τή φορά πού έχει τό ρεύμα πού διέρχεται άπ' αυτούς. Έτσι, ενώ κατά τή μιά φορά τό ρεύμα συναντά πολύ μεγάλη αντίσταση κατά τή διέλευσή του μέσα άπό τούς ήμιαγωγούς, κατά τήν αντίθετη φορά συναντά πολύ μικρή αντίσταση.

Στούς Ξηρούς άνορθωτές γίνεται έκμετάλλευση τής παραπάνω ιδιότητας τών ήμιαγωγών. Έδώ θά περιγράψουμε δύο συνηθισμένα είδη Ξηρών άνορθωτών· τούς **άνορθωτές σεληνίου** καί τούς **άνορθωτές ύποξειδίου του χαλκού**. Καί τά δύο είδη άνορθωτών αποτελούνται άπό **άνορθωτικά στοιχεία** συνδεσμολογημένα σέ σειρά ή παράλληλα, άνάλογα μέ τήν τάση καί τήν ένταση πού επιθυμούμε νά πάρουμε άπό τόν άνορθωτή. Σέ περιπτώσεις άνορθωτών, μέσα άπό τούς όποιους διέρχονται μεγάλες έντάσεις ρεύματος, παρεμβάλλονται μεταξύ τών στοιχείων μεγάλοι μεταλλικοί δίσκοι, οί όποιοί έχουν σκοπό νά απέχουν τήν παραγόμενη μέσα στά στοιχεία θερμότητα (παράγρ. 15.1).

Στό σχήμα 14.3ε φαίνεται ή πιό εύνοϊκή συνδεσμολογία τών άνορθωτικών στοιχείων ενός μονοφασικού καί ενός τριφασικού άνορθωτή πού έχουν συνδεθεί σέ σειρά ή παράλληλα. Η συνδεσμολογία αυτή καλείται **συνδεσμολογία γέφυρας**.

Στούς άνορθωτές σεληνίου, τά άνορθωτικά στοιχεία αποτελούνται άπό μιά πλάκα άπό σίδηρο ή άλουμίνιο, πού καλύπτεται άπό στρώμα σεληνίου. Έπάνω στήν πλάκα αυτή, προτού νά καλυφθεί μέ τό σελήνιο, άποθέτεται λεπτό στρώμα άπό κράμα άλουμινίου-βισμούθιου. Τό στρώμα αυτό προκαλεί καλύτερη έπαφή τής πλάκας μέ τό στρώμα σεληνίου, τό όποιο άποθέτεται επ'αυτο στο στρώμα άλουμινίου.

ου-βισμούθιου. Έπάνω στο στρώμα του σεληνίου (ήμιαγωγού) εφάπτεται ένα μεταλλικό στρώμα, τό οποίο δέν καλύπτει τελείως τό στρώμα του σεληνίου, ώστε νά αποφευχθεί τό ένδεχόμενο βραχυκυκλώματος μεταξύ τής σιδερένιας ή άλουμινένιας πλάκας καί του τελικού αυτού μεταλλικού στρώματος. 'Ανάμεσα στό τελικό



Σχ. 14.3ε.

Άνορθωτές σε συνδεσμολογία γέφυρας.

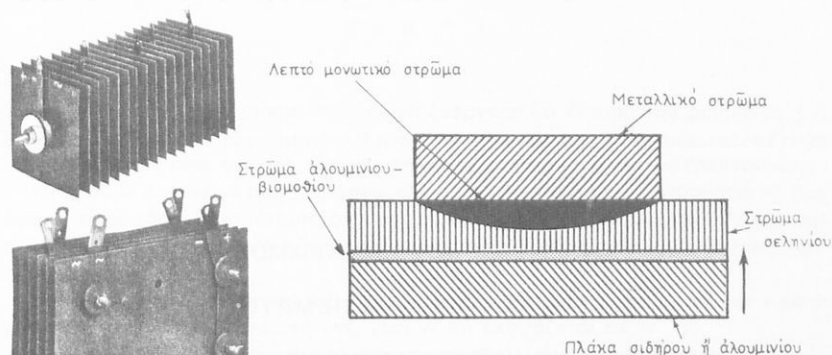
μεταλλικό στρώμα καί στό σεληνίο δημιουργείται ένα πολύ λεπτό μονωτικό στρώμα (μικρότερο από 0,01 mm). Τό άνορθωτικό στοιχείο σεληνίου επιτρέπει τή διέλευση του ρεύματος, όταν αυτό κατευθύνεται από τό σεληνίο πρός τό τελικό μεταλλικό στρώμα (σχ. 14.3στ).

Στούς άνορθωτές από ύποξειδίο του χαλκού (σχ. 14.3ζ), τά άνορθωτικά στοιχεία αποτελούνται από μία χάλκινη πλάκα, έπάνω στην οποία έχει άποτεθεί στρώμα ύποξειδίου του χαλκού. Έπάνω στό στρώμα του ύποξειδίου του χαλκού (ήμιαγωγού) τοποθετείται μέ συμπίεση πλάκα συνήθως από κράμα μολύβδου. Μεταξύ τής πλάκας του χαλκού καί του ήμιαγωγού στρώματος ύποξειδίου του χαλκού δημιουργείται πολύ λεπτό μονωτικό στρώμα. Τό άνορθωτικό στοιχείο ύποξειδίου του χαλκού επιτρέπει τή διέλευση του ρεύματος, όταν αυτό κατευθύνεται από τό ύποξειδίο του χαλκού πρός τή χάλκινη πλάκα. Οί άνορθωτές ύποξειδίου του χαλκού είναι κατάλληλοι γιά τήν τροφοδότηση όργάνων μετρήσεως.

3. Άνορθωτές μέ πυρακτωμένη κάθοδο.

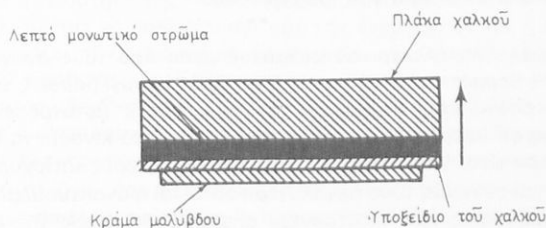
Άποτελούνται από ένα αερόκενο κυλινδρικό σωλήνα μέ σφραγισμένα άκρα, μέσα στον οποίο είναι τοποθετημένα δύο ηλεκτρόδια, ή **άνοδος** καί ή **κάθοδος**. 'Ο σωλήνας αυτός καλείται καί **δίοδος**. Οί άνορθωτές αυτοί λειτουργούν μέ πυράκτωση τής καθόδου τους, ή όποία τότε έκπέμπει ηλεκτρόνια. Χρησιμεύουν γιά τήν

άνορθωση έναλλασσόμενων ρευμάτων μικρών εντάσεων (μέχρι 100 mA περίπου) και εφαρμόζονται κυρίως στις ραδιοφωνικές ή τηλεοπτικές συσκευές.



Σχ. 14.3στ.

Άνορθωτικό στοιχείο σεληνίου.



Σχ. 14.3ζ.

Άνορθωτικό στοιχείο υποφωσφιδίου του χαλκού.

14.4 Έρωτήσεις.

1. Ποιό τύλιγμα καλείται πρωτεύον και ποιό δευτερεύον στους μετασχηματιστές;
2. Ποιά είναι η διαφορά μεταξύ τάσεως έν κενώ και τάσεως μέ φορτίο στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή;
3. Τι καλείται σχέση μετασχηματισμού του μετασχηματιστή;
4. Τι επιτυγχάνουμε μέ τούς μετασχηματιστές;
5. Σέ τί χρησιμεύει τό λάδι στο μετασχηματιστή λαδιού;
6. Ποιά είναι η σχέση μετασχηματισμού στους τριφασικούς μετασχηματιστές;
7. Πώς συμβολίζεται ή συνδεσμολογία τών τριφασικών μετασχηματιστών;
8. Τι είναι οί αυτόμετασχηματιστές και τί οί μετασχηματιστές ρυθμίσεως;
9. Σέ τί χρησιμεύουν οί στρεφόμενοι μετατροπείς;
10. Ποιά είναι ή διαφορά μεταξύ στρεφόμενων μετατροπέων και άνορθωτών;
11. Πόσα είδη άνορθωτών έχομε;
12. Πότε διέρχεται ρεύμα διαμέσου ενός άνορθωτή ύδραργύρου;
13. Ποιός άνορθωτής ύδραργύρου δίνει συνεχές ρεύμα μέ μορφή πού πλησιάζει περισσότερο πρós ή μορφή του ρεύματος πού παράγουν οί πηγές συνεχούς ρεύματος;
14. Πού χρησιμοποιούνται οί άνορθωτές ύδραργύρου και πού οί ξηροί άνορθωτές;
15. Τι είδους σώματα χρησιμοποιούνται στους ξηρούς άνορθωτές και γιατί;

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΜΙΑ, ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

15.1 Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού.

Κατά τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τούς αγωγούς παράγεται θερμότητα. Η θερμότητα αυτή προέρχεται από τις συγκρούσεις των κινούμενων ηλεκτρονίων επάνω στα άτομα του αγωγού, όποτε μετατρέπεται η κινητική ενέργειά τους σε θερμική. "Όσο περισσότερα είναι τα κινούμενα ηλεκτρόνια και όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητά τους, τόσο περισσότερες και ισχυρότερες είναι οι συγκρούσεις και συνεπώς τόσο μεγαλύτερη είναι και η αναπτυσσόμενη θερμότητα. "Ετσι, οι συγκρούσεις των ηλεκτρονίων απορροφούν μέρος της ενέργειας, πού μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, και τό μετατρέπουν σε θερμότητα.

Γιά δεδομένη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος διέρχεται και όρισμένος αριθμός ηλεκτρονίων ανά δευτερόλεπτο από τη διατομή του αγωγού· επομένως, όσο μικρότερη είναι η διατομή του αγωγού (όσο μεγαλύτερη είναι η *ηλεκτρική του αντίσταση*), τόσο ταχύτερα κινούνται τά ηλεκτρόνια αυτά και επομένως τόσο μεγαλύτερη θερμότητα αναπτύσσεται (μεγάλη πυκνότητα ρεύματος, παράγρ. 3.5). Σ' αυτό όφείλεται τό φαινόμενο μέ τό νήμα ενός λαμπτήρα φωτισμού, τό όποιο, ενώ θερμαίνεται, μέχρι πού πυρακτώνεται, οι αγωγοί πού καταλήγουν στο λαμπτήρα αυτόν, γιά νά τόν τροφοδοτήσουν μέ ρεύμα, θερμαίνονται ανεπαίσθητα, παρά τό γεγονός ότι διέρχεται απ' αυτούς ή ίδια ένταση ρεύματος· (στή σύγκριση αυτή δέν λαμβάνεται υπόψη ή διαφορά της ηλεκτρικής αντίστασης, ή όποια όφείλεται στα διαφορετικά υλικά, από τά όποια είναι κατασκευασμένα τό νήμα και οι αγωγοί).

Ο "Αγγλος έρευνητής Τζέιμς Τζούλ (James Joule) μελέτησε τά θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού και απόδειξε, ότι ή ποσότητα της θερμότητας πού παράγεται σε ένα άγώγιμο σύρμα πού διαρρέεται από ρεύμα, είναι *ανάλογη προς την αντίσταση του αγωγού, προς τό τετράγωνο της έντάσεως του ρεύματος* αυτού και προς τό *χρόνο*, κατά τόν όποιο διέρχεται τό ρεύμα. Τό φαινόμενο της παραγωγής θερμότητας κατά τη διοδο του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα άγώγιμο σώμα, πήρε τό όνομα του έρευνητή του και καλείται *φαινόμενο Τζούλ*.

‘Ο νόμος πού διέπει τό φαινόμενο αυτό διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

όπου: W είναι ή άναπτυσσόμενη θερμική ενέργεια· I ή ένταση του ρεύματος· t ή διάρκεια της διόδου του ρεύματος· R ή ηλεκτρική αντίσταση του σύρματος, ή όποία εξαρτάται, όπως είναι γνωστό, από τό πλήθος των συγκρούσεων των ηλεκτρονίων.

Μπορούμε λοιπόν νά παρατηρήσουμε ότι ή θερμότητα πού αναπτύσσεται σέ ένα άγωγό είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, ό χρόνος κατά τόν όποιο διέρχεται τό ρεύμα καί ή αντίσταση πού παρουσιάζει ό άγωγός.

‘Αν ή ηλεκτρική αντίσταση R έκφρασθεϊ σέ Ω, ή ένταση του ρεύματος I σέ A καί ό χρόνος t σέ s, τότε ή θερμική ενέργεια W θά έκφράζεται σέ W · s.

‘Η μονάδα ενέργειας W · s όνομάζεται καί **τζούλ**· συμβολίζεται μέ τό κεφαλαίο γράμμα J από τό όνομα του Joule.

‘Η αντίστοιχη θερμική ισχύς έκφραζόμενη σέ βάττ θά δίνεται από τό γινόμενο: R · I².

Γιά νά βρεθεϊ ή ποσότητα της θερμότητας πού αναπτύσσεται σέ kcal κατά τό φαινόμενο τζούλ, πρέπει νά πολλαπλασιάσουμε τήν ενέργεια σέ Wh ή kWh επί τόν αριθμό, πού έκφράζει τήν ίσοδυναμία ηλεκτρικής καί θερμικής ενέργειας καί ίσοῦται πρὸς 860 kcal/kWh.

‘Ο αριθμός αυτός μάς δίνει τό πλήθος των θερμίδων, πού μπορούμε νά πάρουμε καταναλώνοντας 1 kWh καί καλεϊται **ηλεκτρικό ίσοδύναμο της θερμότητας**.

Τό μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας, τό όποιο μετατρέπεται μέ τό φαινόμενο τζούλ σέ θερμότητα, δέν μπορεί τίς περισσότερες φορές νά χρησιμοποιηθεϊ καί γι’ αυτό θεωρεϊται ως **άπώλεια ενέργειας**. ‘Η θερμότητα αυτή θερμαίνει τούς ηλεκτρικούς άγωγούς, οι όποιοι, σέ όρισμένες περιπτώσεις, άποκτούν επικίνδυνα ψηλή θερμοκρασία (κίνδυνος καταστροφής ή καί άναφλέξεως των μονωτικών περιβλημάτων των άγωγών κλπ.). Γιά νά άποφύγουμε τούς κίνδυνους αυτούς εφαρμόζουμε τήν ψύξη των ηλεκτρικών συσκευών καί μηχανών, ή όποία φυσικά συνεπάγεται πρόσθετες δαπάνες ενέργειας (ένέργεια γιά τήν κίνηση άνεμιστήρων κλπ.).

Σέ άλλες περιπτώσεις όμως γίνεται επωφελής άξιοποίηση του φαινομένου τζούλ. ‘Η θερμότητα πού παράγεται μέ τόν ηλεκτρισμό έχει πολλά πλεονεκτήματα. Μπορούμε μέ ακρίβεια καί εύχέρεια νά τή ρυθμίσουμε καί νά τήν έλέγξουμε, δέν συνοδεύεται από φλόγα καί καυσαέρια, είναι χημικώς ουδέτερη καί μπορεί νά άναπτυχθεϊ άκόμα καί στό έσωτερικό του ίδιου του σώματος πού θέλουμε νά θερμάνουμε, τό όποιο, εάν έχει θερμική μόνωση, μπορεί νά φθάσει σέ πολύ ψηλή θερμοκρασία.

Τά πλεονεκτήματα αυτά της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σέ θερμότητα δικαιολογούν τίς πολυπληθείς καί σημαντικές εφαρμογές της, πού μελετά ειδικός κλάδος τής τεχνικής, ή **ηλεκτροθερμία**. Οι εφαρμογές αυτές, οι όποιες συναντιούνται τόσο στη βιομηχανία όσο καί στις οικιακές χρήσεις (ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτροσυγκολλήσεις, διάφορες θερμικές συσκευές, ηλεκτρική θέρμανση, ηλεκτρικά μαγειρεία, φωτισμός μέ λαμπτήρες πυρακτώσεως κλπ.) εξετάζονται στις έπόμενες παραγράφους.

15.2 Ήλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία, ηλεκτρικά μαγειρεία, ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες κλπ. Ήλεκτρική θέρμανση χώρων.

1. Ήλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία.

Τά πλεονεκτήματα της θερμότητας, πού προέρχεται από τό φαινόμενο Τζούλ (παράγρ. 15.1) και ή καθαριότητα πού γενικά χαρακτηρίζει τίς εφαρμογές του ηλεκτρισμού, συνέβαλαν, ώστε οι άλλες πηγές θερμότητας νά έκτοπισθοϋν σχεδόν από τίς περισσότερες βιομηχανικές, βιοτεχνικές και γεωργικές χρήσεις και από όλες τίς οικιακές χρήσεις.

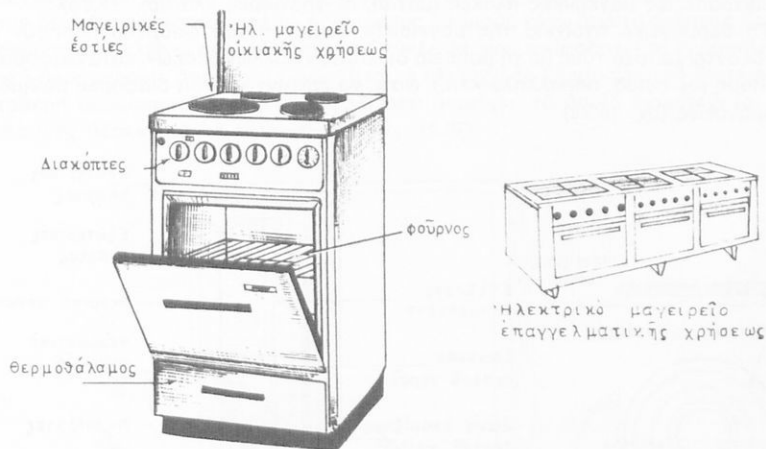
Ή θερμότητα στίς οικιακές και στίς βιομηχανικές εφαρμογές της ηλεκτρικής θερμάνσεως παράγεται συνήθως μέσα σέ ηλεκτρικές αντίσταςεις, πού έχουν μορφή σύρματος ή ταινίας από κατάλληλο μέταλλο. Οι αντίσταςεις αυτές μονώνονται μέσα σέ όρυκτά μονωτικά υλικά και καλούνται **θερμαντικά στοιχεία**.

Έπειδή τά υλικά, πού χρησιμεύουν γιά τήν ηλεκτρική μόνωση, είναι συγχρόνως και θερμομονωτικά υλικά, επιδιώκεται ή μόνωση αυτή στά θερμαντικά στοιχεία νά έχει τό μικρότερο δυνατό πάχος. Συνέπεια αυτού είναι οι θερμικές συσκευές νά μήν έχουν πολύ πλούσια ηλεκτρική μόνωση, μέ αποτέλεσμα νά παρατηρείται συχνά διαρροή μικρής ποσότητας ρεύματος διαμέσου της μόνωσης· ή διαρροή γίνεται από άγωγό σέ άγωγό ή από τούς άγωγούς πρός τό μεταλλικό περίβλημα. Τό ρεύμα αυτό, πού καλεΐται **ρεύμα διαφυγής**, επιτρέπεται νά θθάσει μέχρι μιá όρισμένη τιμή, ή όποία π.χ. γιά ένα ηλεκτρικό μαγειρείο ισχύος 10 kW, είναι 10 mA, ένω στίς μή θερμικές συσκευές μέ τήν ίδια ισχύ, τό ρεύμα διαφυγής πρέπει νά είναι γενικά μικρότερο.

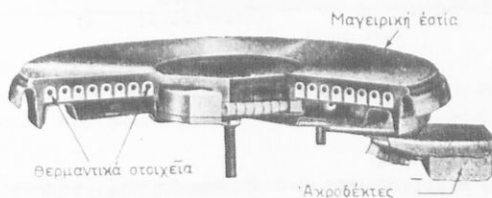
2. Ήλεκτρικά μαγειρεία.

Τά **ηλεκτρικά μαγειρεία** είναι συσκευές πού χρησιμεύουν στό μαγείρεμα τών τροφών. Συνήθως αποτελούνται από δύο ως τέσσερις **μαγειρικές έστιές**, ένα **κλίβανο** (φούρνο) και ένα **θερμοθάλαμο** (σχ. 15.2α). Οι μαγειρικές έστιές είναι συνήθως κυκλικές **πλάκες** μικρού πάχους από ειδικό χυτοσίδηρο· στό έσωτερικό τους διαμορφώνονται όμοκεντρα αϋλάκια. Μέσα στά αϋλάκια αυτά τοποθετούνται μέ συμπίεση τά **θερμαντικά στοιχεία** (σχ. 15.2β). Αυτά αποτελούνται από θερμαντικές αντίσταςεις από χρωμιονικελίνη και έχουν τή μορφή σπειροειδών συρμάτων, πού είναι συμπιεσμένα μέσα σέ μονωτική μάζα όξειδίου του μαγνησίου. Οι μαγειρικές πλάκες μεταδίδουν τή θερμότητα, πού παράγεται στά θερμαντικά στοιχεία, μέ άγωγιμότητα στά θερμαντικά σκεύη, πού τοποθετούνται επάνω σ' αυτές. Έκτός από τίς μαγειρικές πλάκες, κατασκευάζονται και **μαγειρικές έστιές**, πού αποτελούνται από πλατυσμένα **σωληνωτά θερμαντικά στοιχεία**, τά όποια έχουν καμφθει σπειροειδώς (σπειράλ). Οι έστιές αυτές μεταδίδουν τή θερμότητα τόσο μέ άγωγιμότητα όσο και μέ άκτινοβολία. Τά σωληνωτά θερμαντικά στοιχεία αποτελούνται από σωλήνες από χάλυβα ή χαλκό. Μέσα τους είναι τοποθετημένη ή θερμαντική αντίσταση, βυθισμένη στό κέντρο πιεσμένης μονωτικής μάζας (μαγνησία)

Ό φούρνος φέρει στό έσωτερικό τών τοιχωμάτων του θερμαντικά στοιχεία, πού μπορεί νά είναι και γυμνά σύρματα στερεωμένα επάνω σέ μονωτικές χάνδρες. Στην όροφή του και έξωτερικά φέρει όρατό **θερμαντικό στοιχείο πού άκτινοβολεί (γκρίλλ)**. Τό στοιχείο αυτό είναι του σωληνωτού τύπου και θερμαίνει μέ άκτινοβολία (σχ. 15.2γ).



Σχ. 15.2α.
Ηλεκτρικά μαγειρεία.



Σχ. 15.2β.
Μαγειρική έστια.



Σχ. 15.2γ.
Ανεξάρτητη μαγειρική συσκευή.

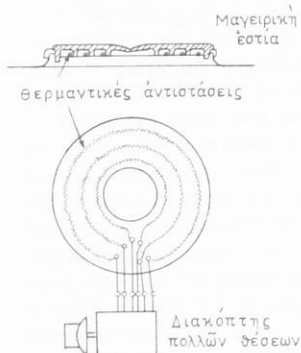


Σχ. 15.2δ.
Θερμαντικό στοιχείο που ακτινοβολεί (γκρίλλ): τοποθετείται μέσα σε φούρνο ηλεκτρικού μαγειρείου ή μέσα σε ψηστήρια.

Ο **θερμοθάλαμος** αποτελεί ένα μικρό κλίβανο που θερμαίνεται τόσο, ώστε η θερμοκρασία του να διατηρείται σταθερά σε χαμηλά επίπεδα· χρησιμοποιεί για τη διατήρηση των τροφών σε όρισμένη θερμοκρασία. Τά τμήματα ενός ηλεκτρικού μαγειρείου είναι δυνατόν να αποτελούν και ανεξάρτητες συσκευές, όπως είναι π.χ.

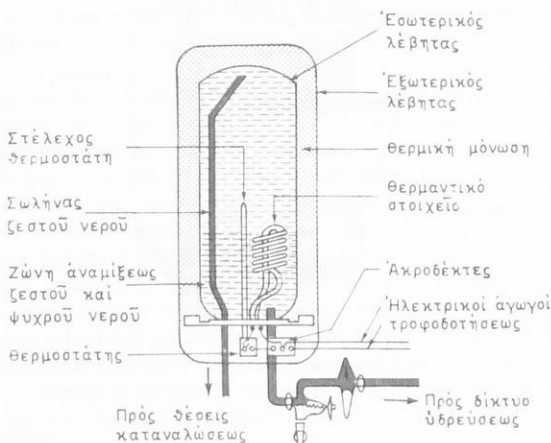
οι επιτραπέζιες μαγειρικές πλάκες (μάτια), οι ψηστιέρες κλπ. (σχ. 15.2δ).

Τα θερμαντικά στοιχεία της μαγειρικής έστιας ή του φούρνου μπορούν να συνδεόνται μεταξύ τους με τη βοήθεια διακοπών πολλών θέσεων, κατά διάφορους τρόπους (σέ σειρά, παράλληλα κλπ.), ώστε να επιτυγχάνονται διάφορες βαθμίδες θερμάνσεως (σχ. 15.2ε).



Σχ. 15.2ε.

Διακόπτης θερμαντικών στοιχείων.



Σχ. 15.2στ.

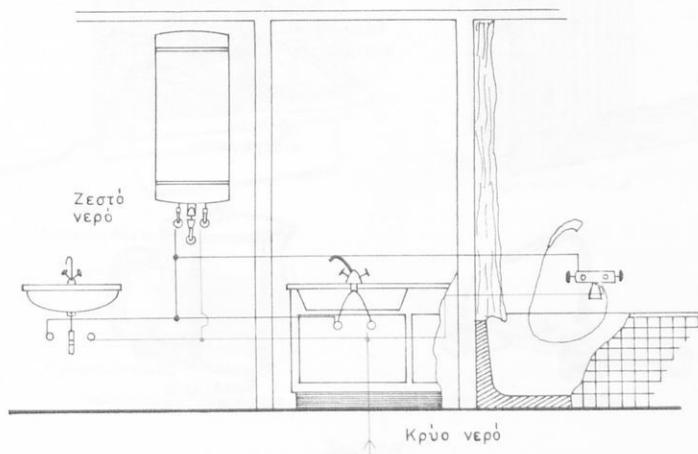
Ήλεκτρικός θερμοσίφωνας.

3. Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες.

Οι **ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες** είναι συσκευές, πού χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση νερού για διάφορες χρήσεις.

Αποτελούνται από ένα κυλινδρικό λέβητα από έπιψευδαργυρωμένο χαλυβδέλασμα πού μπορεί νά έχει χωρητικότητα από 5 ως 120 l. Στο έσωτερικό του λέβητα βρίσκονται τό νερό, πού πρέπει νά θερμανθεί, τό θερμαντικό στοιχείο (σωληνωτού τύπου) καί τό στέλεχος του **θερμοστάτη**. [Θερμοστάτης είναι ένα εξάρτημα, πού αποτελείται από ένα μεταλλικό στέλεχος, τό όποιο βρίσκεται μέσα στό θερμαινόμενο νερό, καί από ένα **διμεταλλικό** στοιχείο, τό όποιο βρίσκεται έξω από τό λέβητα καί παίρνει τή θερμοκρασία του νερού μέ τή βοήθεια του στελέχους. Τό διμεταλλικό στοιχείο σέ όρισμένη θερμοκρασία πού έμεις έχομε επιλέξει, παραμορφώνεται καί άνοίγει, άμεσα ή έμμεσα, τό ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοτήσεως. "Όταν ή θερμοκρασία του νερού κατέβει ξανά κάτω από τή θερμοκρασία πού όρίσαμε, τό διμεταλλικό στοιχείο παίρνει τό άρχικό του σχήμα, όποτε κλείνει τό ηλεκτρικό κύκλωμα]. "Έτσι ή θερμοκρασία του θερμαινόμενου νερού δέν άνεβαίνει περισσότερο από ένα προκαθορισμένο όριο, π.χ. 80° C. "Ο λέβητας πού περιέχει τό νερό του θερμοσίφωνα περιβάλλεται από έναν άλλο μεγαλύτερο λέβητα καί μεταξύ των δύο λεβήτων παρεμβάλλεται θερμική μόνωση (π.χ. ύαλοβάμβακας, φελλός), όπως δείχνει τό σχήμα 15.2στ, μέ τήν όποία τό νερό πού έχει θερμανθεί διατηρείται ζεστό γιά πολλές ώρες. "Όταν ή θερμοκρασία του νερού παύσει νά άνεβαίνει, μέ τήν

έπενέργεια του θερμοστάτη, το νερό ψύχεται σιγά σιγά (λόγω θερμικής μονώσεως): όταν δέ η θερμοκρασία κατέβει όρισμένους βαθμούς κάτω από τό ανώτατο όριο, ό θερμοστάτης κλείνει πάλι τό ηλεκτρικό κύκλωμα, πού τροφοδοτεί τό θερμοσίφωνα καί ή θερμοκρασία ανεβαίνει ξανά. Έτσι, ό ηλεκτρικός θερμοσίφωνας διατηρεί σέ σταθερή θερμοκρασία τό ζεστό νερό, πού περιέχει, τό όποίο διοχετεύεται στίς διάφορες θέσεις γιά νά καταναλωθεί (σχ. 15.2ζ).



Σχ. 15.2ζ.

Σύνδεση θερμοσίφωνα μέ τίς διάφορες θέσεις χρησιμοποίησεως.

4. Λοιπές ηλεκτρικές θερμικές συσκευές.

Έκτός από τίς θερμικές συσκευές, πού εξέτάσθηκαν στίς προηγούμενες παραγράφους, υπάρχει ολόκληρη σειρά από ηλεκτρικές θερμικές συσκευές, όπως είναι (σχ. 15.2η): Τό **σίδερο σιδερώματος**, όπου τά θερμαντικά στοιχεία βρίσκονται ένσωματωμένα στό μεταλλικό **πέλμα** σιδερώματος.

Ό **βραστήρας νερού**, γιά τή θέρμανση μικρών ποσοτήτων νερού.

Ό **θερμομεβαπτιστήρας**, γιά τή θέρμανση νερού, πού περιέχεται μέσα σέ δοχείο.

Ό **φρυγανιέρα**, ό **κλινοθερμαντήρας**, τά ηλεκτρικώς **θερμαινόμενα κλινოსκεπά-σματα**, **τάπητες** κλπ.

Οί συσκευές γιά τή φροντίδα τών μαλλιών.

Οί συσκευές γιά τίς άγροτικές χρήσεις (**έκκολλαπτήρια**, **θερμοκήπια**, **ξηραντήρια φρούτων**, **λαχανικών καί χόρτου** κλπ.).

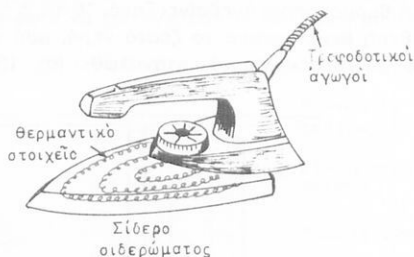
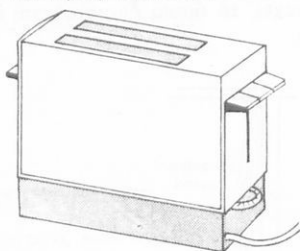
Οί συσκευές γιά τίς διάφορες βιομηχανικές καί έμπορικές χρήσεις (**κλίβανοι άρτοποιίας καί ζαχαροπλαστικής**, **θερμαντήρες κόλλας ξυλουργείων ή έργαστηρίων χαρτιού**, διάφορες συσκευές βιοτεχνιών δέρματος, **κλίβανοι κεραμικής**, **ηλεκτρικά κολλητήρια**, **στεγνωτήρες χειριών**, **ιατρικές θερμικές συσκευές** κ.ά.).

5. Ήλεκτρική θέρμανση χώρων.

Γιά τή θέρμανση τών χώρων, ή θερμότητα μεταδίδεται από τίς πηγές της στό

πρός θέρμανση περιβάλλον είτε με μεταφορά με τόν αέρα του χώρου, είτε με ακτινοβολία.

Ήλεκτρική φρυγανιέρα



Θερμοεμβαπτιστήρας



Βραστήρας νερού

Σχ. 15.2η.

Ήλεκτρικές θερμικές συσκευές.

Οι θερμικές ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις για τη θέρμανση των χώρων βασίζονται και στους δύο αυτούς τρόπους μεταδόσεως της θερμότητας. Μία από αυτές είναι το **αερόθερμο** (σχ. 15.2θ), το οποίο περιλαμβάνει θερμαντικά στοιχεία και έναν ανεμιστήρα. Ο ανεμιστήρας απορροφά αέρα από το περιβάλλον, τον διοχετεύει στα θερμαντικά στοιχεία, όπου θερμαίνεται και τον εξαποστέλλει πάλι στον προς θέρμανση χώρο. Άλλες συσκευές είναι: Τά **ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα** (ηλεκτρικά καλοριφέρ), τα οποία με θερμαντικά στοιχεία θερμαίνουν ένα υγρό (νερό, λάδι), που περιέχεται μέσα σε δοχεία με κατάλληλα σχήματα.

Οι **ηλεκτρικές θερμάστρες** εξάλλου έχουν θερμαντικά στοιχεία, που φωτοβολούν ορατά, και μεταλλικούς άνακλαστήρες.

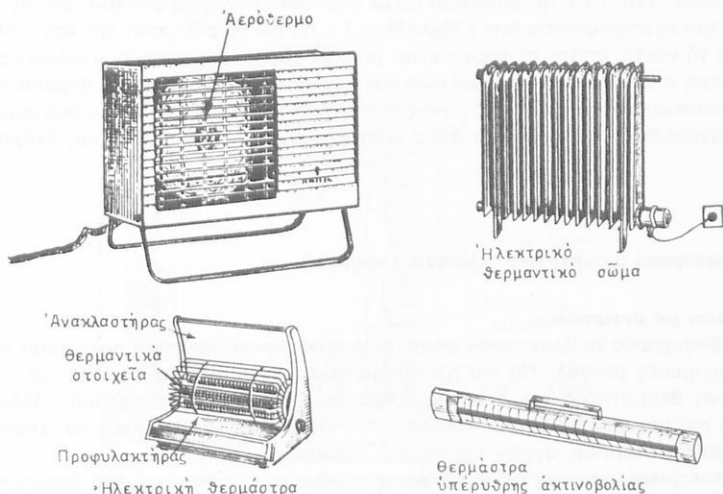
Ήλεκτρική θέρμανση με καθαρή ακτινοβολία γίνεται με τις συσκευές παραγωγής **υπέρυθρης ακτινοβολίας**. Αυτές μπορεί να είναι:

α) Μεταλλικές πλάκες, που έχουν έσωτερικά θερμαντικά στοιχεία.

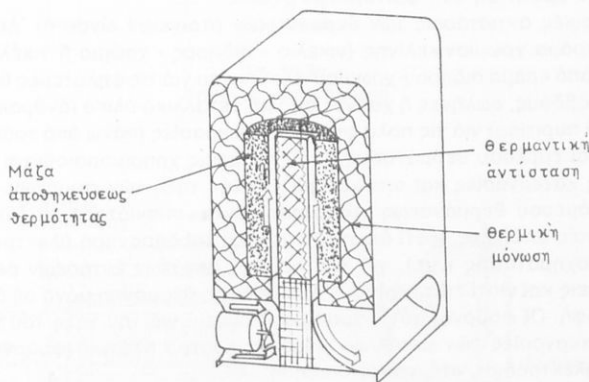
β) Σωληνες από μέταλλο ή χαλαζία (κβάρτζ), που περιέχουν θερμαντικά στοιχεία και είναι τοποθετημένοι μέσα σε άνακλαστήρες, και κυρίως

γ) ειδικές λυχνίες με γιάλινο κώδωνα, όπως οι λαμπτήρες φωτισμού που έχουν όμως νήμα βολφραμίου, το οποίο πυρακτώνεται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος, και φέρουν ένσωματωμένο άνακλαστήρα. Η υπέρυθρη ακτινοβολία απορροφάται άλλοτε περισσότερο και άλλοτε λιγότερο από τα άδιαφανή σώματα και η ενέργεια, την οποία μεταφέρει, μετατρέπεται μέσα σ' αυτά σε θερμότητα.

Τέλος, κατά τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί η ηλεκτρική θέρμανση χώρων με **θερμάστρες αποθηκείωσης**. Οι θερμάστρες αυτές (σχ. 15.2ι) έχουν σωληνωτά θερμαντικά στοιχεία ή θερμαντικά στοιχεία με αντίσταση από αγώγιμο στρώμα και



Σχ. 15.2θ.
Θερμαντικές συσκευές.



Σχ. 15.2ι.
Θερμάστρα αποθηκείωσης.

αποθηκεύουν την παραγόμενη απ' αυτά θερμότητα σε ειδική όρυκτη ή κεραμική μάζα, που είναι πυρίμαχη με μεγάλη θερμοχωρητικότητα (π.χ. πυρότουβλα). Η μάζα αυτή όταν κορεσθεί, αποδίδει στον προς θέρμανση χώρο τη θερμότητα που αποθηκεύθηκε, με ακτινοβολία ή με μεταφορά.

Η ποσότητα της θερμότητας που αποδίδεται με μεταφορά ρυθμίζεται με τη βοήθεια ρυθμιστικών διαφραγμάτων (ντάμπερ) ή με άνεμιστήρα. Η συσσώρευση της θερμότητας στις θερμάστρες αποθηκεύσεως γίνεται κατά τις νυκτερινές κυρίως ώρες, γιατί τότε τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια φθηνού τιμολογίου. Οί ηλεκτρικές επιχειρήσεις (στήν Ελλάδα ή Δ.Ε.Η.) για να αυξήσουν την κατανάλωση κατά τη νύκτα, όποτε τά φορτία είναι γενικώς χαμηλά, προσφέρουν ειδικά πολύ φθηνότερα από τά ημερήσια τιμολόγια νυκτερινής κατανάλωσης. Οί θερμάστρες αποθηκεύσεως επομένως είναι ό μόνος τρόπος ηλεκτρικής θερμάνσεως που μπορεί νά συναγωνισθεί οικονομικά τά άλλα είδη θερμάνσεως (μέ πετρέλαιο, άνθρακα κλπ).

15.3 Ήλεκτρικοί βιομηχανικοί κλίβανοι (φούρνοι).

1. Φούρνοι μέ αντίστασεις.

Στή βιομηχανία οί ηλεκτρικοί φούρνοι χρησιμοποιούνται πάρα πολύ τόσο στίς ηλεκτροχημικές (Κεφάλ. 16) καί ηλεκτρομεταλλουργικές έργασίες, όσο καί στήν παραγωγή θερμότητας για διάφορους σκοπούς, όπως τήξη (λειώσιμο), αλλαγή μορφής καί μεταβολή τών φυσικών καί χημικών ιδιοτήτων (θερμικές καί χημικές κατεργασίες) στερεών, υγρών καί αερίων σωμάτων.

Οί ηλεκτρικοί **φούρνοι μέ αντίστασεις** παράγουν τήν απαιτούμενη θερμότητα είτε μέσα σέ θερμαντικά στοιχεία (έμμεση θέρμανση) είτε μέσα στό ίδιο τό σώμα, που πρόκειται νά θερμανθεί (άμεση θέρμανση). Αυτό επιτυγχάνεται μέ τή διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τό σώμα, του οποίου ή ηλεκτρική αντίσταση προκαλεί τήν εμφάνιση του φαινομένου Τζούλ.

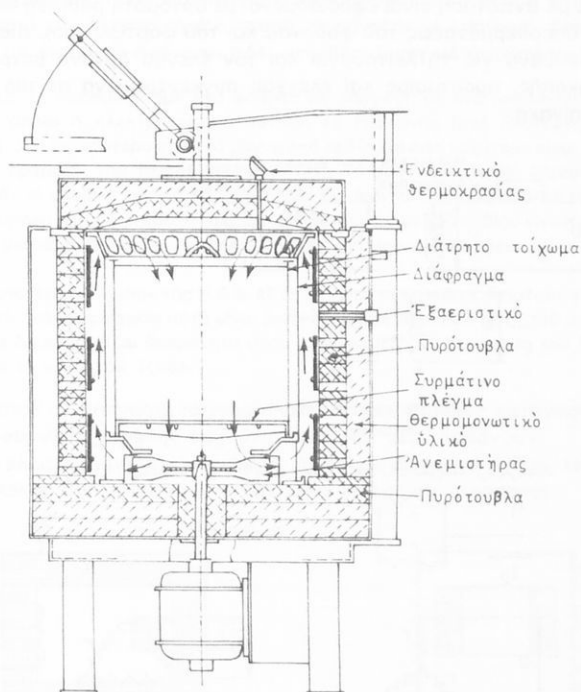
Οί ηλεκτρικές αντίστασεις τών θερμαντικών στοιχείων είναι: α) 'Από σύρμα ή ταινία από κράμα χρωμιονικελίνης (νικέλιο - σίδηρος - χρώμιο ή νικέλιο - χρώμιο 80%-20%) ή από κράμα σιδήρου-χρωμίου-άλουμινίου για τίς ψηλότερες θερμοκρασίες. β) 'Από ράβδους, σωλήνες ή χοάνες από μή μεταλλικό υλικό (άνθρακα, γραφίτη, καρβίδιο του πυριτίου) για τίς πολύ ψηλές θερμοκρασίες (πάνω από τούς 1300° C).

Οί φούρνοι έμμέσου θερμάνσεως μέ αντίστασεις χρησιμοποιούνται κυρίως για τίς θερμικές κατεργασίες καί σπανιότερα για τήν τήξη τών σωμάτων.

Φούρνοι άμέσου θερμάνσεως χρησιμοποιούνται σπανιότερα, παρ'όλο ότι δέν έχουν θερμικές απώλειες, γιατί απαιτούν μεγάλη καί δαπανηρή ηλεκτρική έγκατάσταση (μετασχηματιστής κλπ.), για τήν παροχή μεγάλων εντάσεων ρεύματος μέ χαμηλές τάσεις καί γιατί επιτυγχάνουν όμοιομορφη θέρμανση μόνο σέ αντικείμενα μέ άπλή μορφή. Οί φούρνοι αυτοί χρησιμοποιούνται για τήν τήξη του γυαλιού, τίς θερμικές κατεργασίες τών μετάλλων μέσα σέ λουτρό άλάτων (φούρνοι λουτρού άλάτων μέ ηλεκτρόδια), στή γραφίτοποίηση κλπ.

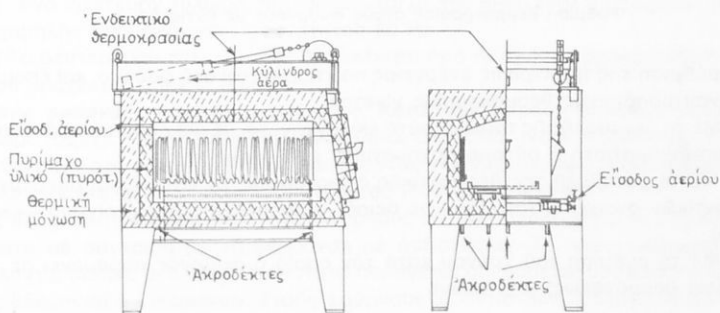
Η θέρμανση μέσα στους φούρνους μέ αντίσταση γίνεται άνάλογα μέ τήν περίπτωση, είτε χωρίς άέρα (μέσα σέ κενό) είτε μέσα σέ ειδική άτμόσφαιρα (ύδρογόνου, μίγματος ύδρογόνου-άζωτου κλπ.).

Οί μορφές τών φούρνων μέ αντίσταση ποικίλλουν. Καθορίζονται άνάλογα μέ τή μέθοδο που χρησιμοποιείται για τή θερμική κατεργασία καί άνάλογα μέ τά προς κατεργασία αντικείμενα, τόσο ως προς τό υλικό που χρησιμοποιείται για τήν κατασκευή τους όσο καί ως προς τή μορφή καί τό μέγεθος (σχ. 15.3α καί 15.3β).



Σχ. 15.3α.

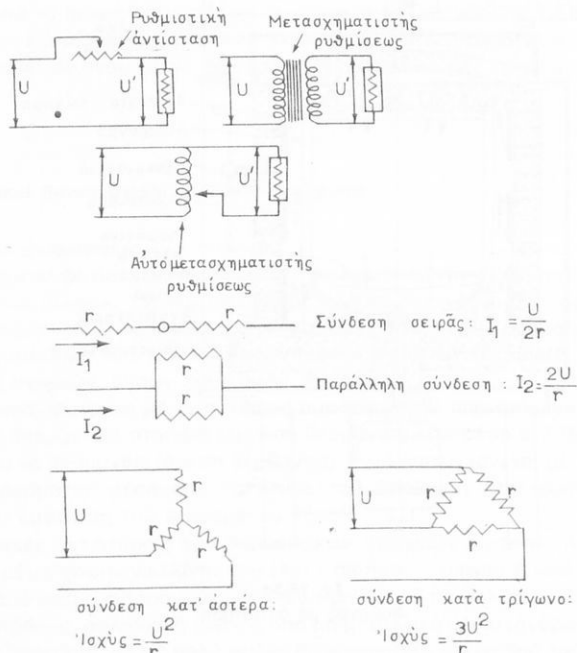
Φούρνος με αντίσταση.



Σχ. 15.3β.

Φούρνος με αντίσταση.

Οι φούρνοι με αντίσταση είναι εφοδιασμένοι με αυτόματη ρύθμιση θερμοκρασίας (πρόληψη υπερθερμάνσεως του φούρνου και του φορτίου του). Διαθέτουν δε όλα τα απαιτούμενα για τη λειτουργία και τον έλεγχο όργανα μετρήσεως και συσκευές διακοπής, προστασίας και ελέγχου συγκεντρωμένα σε μία κυψέλη ή επάνω σ'ένα πίνακα.



Σχ. 15.3γ.

Ρύθμιση θερμοκρασίας στους φούρνους με αντιστάσεις.

Η ρύθμιση της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στο φούρνο, και επομένως της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας γίνεται:

α) Με τη μεταβολή της τάσεως· αυτή επιτυγχάνεται με μία ρυθμιστική αντίσταση, ένα μετασχηματιστή ή αυτόμετασχηματιστή ρυθμίσεως κλπ.

β) Με τη μεταβολή της θερμαντικής αντιστάσεως, με κατάλληλη σύνδεση των θερμαντικῶν στοιχείων (σύνδεση σε σειρά — παράλληλα, κατά τρίγωνο — κατ' αστερά).

γ) Με τη ρύθμιση του χρόνου κατά τον οποίο ο φούρνος παραμένει σε τάση (διάρκεια θερμάνσεως) (σχ. 15.3γ).

2. Φούρνοι με επαγωγή.

Οι **φούρνοι με επαγωγή χρησιμοποιούν** για τη λειτουργία τους τόσο το φαινόμενο Τζούλ όσο και το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής (παράγρ. 8.4). Στο είδος

αυτό των φούρνων, ή ηλεκτρική τάση, πού προκαλεί τό ρεύμα θερμάνσεως πού διέρχεται από τήν ηλεκτρική αντίσταση, παράγεται μέ έπαγωγή. Τελικά δηλαδή, ή θέρμανση μέ έπαγωγή ανάγεται πάλι στή θέρμανση μέ αντίσταση.

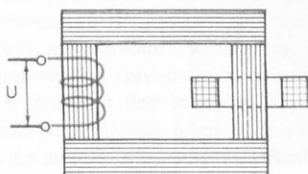
Μπορούμε νά παρομοιάσουμε ένα φούρνο μέ έπαγωγή μέ ένα μετασχηματιστή (παράγρ. 14.1), στόν όποιο ή ηλεκτρεγερτική δύναμη έξ έπαγωγής (στό δευτερεύον) είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο ισχυρότερο είναι τό μαγνητικό πεδίο καί όσο ταχύτερη είναι ή μεταβολή των μαγνητικών γραμμών του πεδίου (παράγρ. 8.4). Τό μαγνητικό πεδίο ισχυροποιείται, όπως γνωρίζουμε, άν οι σπείρες πού τό παράγουν δέν βρίσκονται στόν άέρα, αλλά περιβάλλουν ένα σιδερένιο πυρήνα, καί ή μεταβολή των μαγνητικών γραμμών του πεδίου γίνεται ταχύτερη, άν ή συχνότητα (παράγρ. 9.1) του έναλλασσόμενου ρεύματος, πού ρέει μέσα στό πρωτεύον, αύξηθει.

Μέ τήν επενέργεια λοιπόν τής Η.Ε.Δ. έξ έπαγωγής, ρέει ρεύμα, διαμέσου του δευτερεύοντος, τό όποιο στήν περίπτωση αύτή είναι βραχυκυκλωμένο· ή ροή αύτή του ρεύματος έχει ως συνέπεια νά δημιουργείται θερμότητα μέσα στήν ηλεκτρική αντίσταση του δευτερεύοντος, σύμφωνα μέ τό νόμο του Τζούλ.

Οι φούρνοι μέ έπαγωγή ταξινομούνται σέ δύο βασικές κατηγορίες:

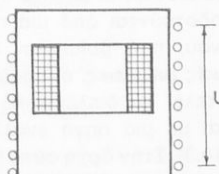
— **Τούς φούρνους χαμηλής συχνότητας.** Αυτοί περιλαμβάνουν:

α) “Ένα κλειστό μαγνητικό κύκλωμα, όπως φαίνεται στό σχήμα, 15.3δ, παρόμοιο μέ τό κύκλωμα των μετασχηματιστών (άπό σιδερένια έλάσματα).



Σχ. 15.3δ.

Άρχή λειτουργίας φούρνου χαμηλής συχνότητας.



Σχ. 15.3ε.

Άρχή λειτουργίας φούρνου ύψηλης συχνότητας.

β) “Ένα πρωτεύον τύλιγμα, πού συνδέεται μέ τήν πηγή έναλλασσόμενου ρευματος χαμηλής (βιομηχανικής) συχνότητας 50 Hz.

γ) Τό δευτερεύον τύλιγμα, πού άποτελείται άπό τό πρός θέρμανση ύλικό μέ τή μορφή βραχυκυκλωμένης σπείρας.

— **Τούς φούρνους ύψηλης συχνότητας.** Αυτοί δέν φέρουν συνήθως μαγνητικό κύκλωμα (σχ. 15.3ε). Τό πρός θέρμανση ύλικό άποτελεί τό δευτερεύον τύλιγμα καί τοποθετείται στό έσωτερικό του πρωτεύοντος τυλίγματος, πού τροφοδοτείται μέ έναλλασσόμενο ρεύμα ύψηλης συχνότητας (500 ως 10.000 Hz).

Ή θέρμανση μέ έπαγωγή στους φούρνους αυτούς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σέ σύγκριση μέ τή θέρμανση μέ αντίστασεις. Τά πλεονεκτήματα αυτά όφείλονται βασικά στό ότι ή θερμότητα παράγεται άπ’ εύθείας μέσα στή μάζα των πρός θέρμανση άντικειμένων. Στους φούρνους μέ αντίσταση, ή θερμότητα μεταδίδεται, όπως γνωρίζουμε, άπό τά θερμαντικά στοιχεία μέ άκτινοβολία, μεταφορά ή καί άγωγιμότητα· αυτό όμως, περιορίζει τήν ισχύ καί τή θερμοκρασία τους γιατί γιά τήν αύξηση τής ισχύος των φούρνων καί τής θερμοκρασίας των πρός έπεξεργασία

άντικειμένων απαιτείται υπερβολική θερμοκρασία των θερμαντικών στοιχείων, ή όποια δέν μπορεί νά πραγματοποιηθεί. Στους φούρνους μέ έπαγωγή, αντίθετα, είναι δυνατόν νά προσδίδεται πολύ μεγάλη ισχύς καί ή θερμοκρασία των πρὸς θέρμανση αντικειμένων μπορεί νά άνέβει σέ πολύ μεγάλα ὅρια. Μόνος περιορισμός είναι ή άντοχή των πυρίμαχων υλικών, από τά όποία είναι κατασκευασμένος ὁ φούρνος. Οἱ φούρνοι μέ άντίσταση άμησης θερμάνσεως, παρουσιάζουν βέβαια τά ἴδια πλεονεκτήματα μέ τούς φούρνους μέ έπαγωγή, αλλά εφαρμόζονται σέ λίγες μόνο περιπτώσεις, στίς όποίες δέν περιλαμβάνεται ή τήξη των υλικών.

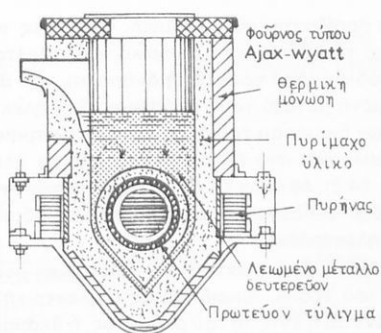
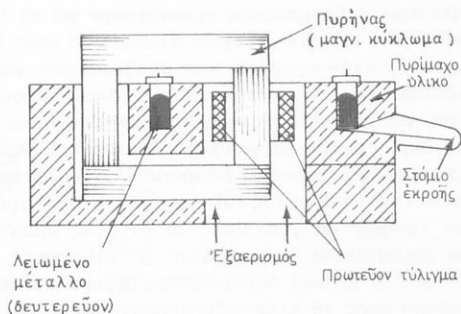
"Άλλα πλεονεκτήματα των φούρνων μέ έπαγωγή σέ σύγκριση μέ τούς φούρνους μέ άντίσταση είναι: Μικρότερη φθορά των πυρίμαχων έπενδύσεων, γιατί αυτές ύφίστανται μικρότερες θερμοκρασίες. Δυνατότητα καλύτερης θερμικής μονώσεως, λόγω κυρίως μικρότερου ὄγκου. Μικρή θερμική άδράνεια, γιατί οἱ φούρνοι μέ έπαγωγή έχουν από κατασκευή τους μικρότερες μάζες.

"Άλλο είδος θερμάνσεως, πού έχει ως αποτέλεσμα τή δημιουργία θερμότητας επίσης μέσα στή μάζα τοῦ πρὸς θέρμανση αντικειμένου, είναι ή **διηλεκτρική θέρμανση**. Κατά τή θέρμανση αὐτή χρησιμοποιούνται πηγές έναλλασσόμενου ρεύματος πολύ ύψηλης συχνότητας (1.000.000 ὠς 100.000.000 Hz). "Ετσι ὁμως θερμαίνονται τά μονωτικά σώματα, ὅπως είναι τό γυαλί, τό έλαστικό, ὁ έβονίτης κλπ., μέ μεταφορά τῆς ηλεκτρικῆς ενέργειας στό πρὸς κατεργασία αντικείμενο ὄχι πιά μέ **έπαγωγική σύνδεση** αλλά μέ **χωρητική σύνδεση**. Τό πρὸς θέρμανση αντικείμενο, δηλαδή, τοποθετεῖται μεταξύ δύο ὀπλισμῶν, πού σχηματίζουν ένα είδος πυκνωτή καί τροφοδοτοῦνται από μία πηγή πολύ ύψηλης συχνότητας. "Η θέρμανση τοῦ αντικειμένου, πού βρίσκεται άνάμεσα στους ὀπλισμούς, προκαλεῖται από τίς **διηλεκτρικές άπώλειες**, οἱ όποίες εμφανίζονται μέσα σ' αὐτό, γιατί τό αντικείμενο αὐτό άποτελεῖ τό διηλεκτρικό ενός πυκνωτή· οἱ ὀπλισμοί τοῦ πυκνωτή αὐτοῦ συνδέονται μέ μία πηγή έναλλασσόμενου ρεύματος πολύ ύψηλης συχνότητας (παράγρ. 10.3). Στήν άρχή αὐτή βασίζεται καί ή **διαθερμία**, πού χρησιμοποιεῖται στήν ιατρική.

(Γιά λόγους, πού δέν θά άναπτυχθοῦν έδῶ, οἱ πυκνωτές, ὅταν συνδέονται στό έναλλασσόμενο ρεύμα, δέν άποτελοῦν μία έντελῶς καθαρή χωρητικότητα, αλλά είναι δυνατόν νά θεωρηθεῖ ὅτι περιλαμβάνουν παράλληλα πρὸς τή χωρητικότητα καί μία ὠμική άντίσταση. Τό ρεύμα, πού ρέει στήν ὠμική άντίσταση προκαλεῖ, ὅπως γνωρίζομε, θερμικές άπώλειες, πού καλοῦνται **διηλεκτρικές άπώλειες** καί είναι τόσο μεγαλύτερες, ὅσο μεγαλύτερη είναι ή συχνότητα ρεύματος).

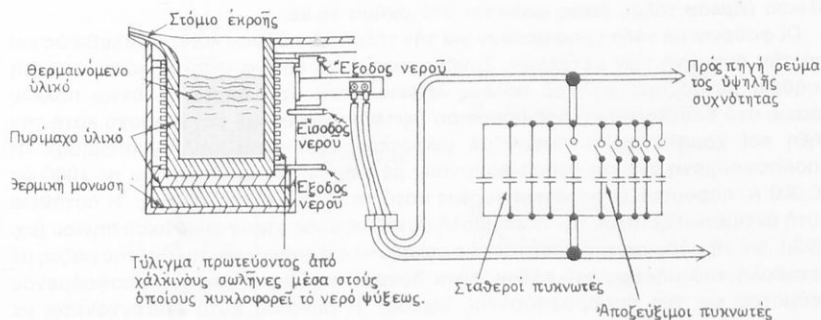
Οἱ **φούρνοι μέ έπαγωγή** χρησιμοποιούνται εἴτε γιά θερμικές κατεργασίες εἴτε γιά τήν τήξη σιδήρου, χάλυβα, χαλκοῦ, ὀρειχάλκου, νικελίου, άλουμινίου, ψευδαργύρου καί των κραμάτων τους.

Οἱ φούρνοι μέ έπαγωγή χαμηλῆς συχνότητας έχουν τίς μορφές τοῦ σχήματος 15.3στ, ενώ οἱ φούρνοι ύψηλῆς συχνότητας κατασκευάζονται, ὅπως δείχνει τό σχήμα 15.3ζ. Αὐτοί, γιά τήν τροφοδόσή τους άπαιτοῦν ὀρισμένη διάταξη γιά τήν παραγωγή ρεύματος ύψηλης συχνότητας (π.χ. μετατροπέα συχνότητας, παράγρ. 14.2) καί ὁμάδα πυκνωτῶν γιά τή βελτίωση (άνύψωση) τοῦ συντελεστή ισχύος συνφ, ὁ ὁποῖος στίς έγκαταστάσεις φούρνων ύψηλης συχνότητας μέ έπαγωγή είναι πολύ χαμηλός (τῆς τάξεως τοῦ 0,1).



Σχ. 15.3α.

Φούρνος επαγωγής χαμηλής συχνότητας.



Σχ. 15.3ζ.

Φούρνος επαγωγής υψηλής συχνότητας.

Οι συσκευές διηλεκτρικής θερμάνσεως χρησιμεύουν για τη θέρμανση ξύλινων φύλλων (π.χ. κόντρα-πλακέ), για να επιτευχθεί η συνένωσή τους, την προθέρμανση πλαστικών υλικών πριν από την όριστική τους μορφοποίηση, για την ελεγχόμενη ξήρανση χαρτιού, ύφασμάτων κλπ., για τη θείωση (βουλκανιζάρισμα) του ελαστικού, για την άνοπτηση του γιαλιού, για τον **πολυμερισμό** των ρητινών κλπ. Στο σχήμα 15.3η φαίνεται ένας **διηλεκτρικός θερμαντής** για πλαστικά υλικά. Τέλος, γίνεται προσπάθεια κατά τα τελευταία χρόνια να εφαρμοσθεί η διηλεκτρική θέρμανση και στη μαγειρική. Οι χρόνοι μαγειρεύματος τότε μειώνονται κατά τρόπο εντυπωσιακό, η δέ θέρμανση των τροφών πραγματοποιείται έντελως ομοιόμορφα, χωρίς να προκαλείται έντονο επιφανειακό ψήσιμο, γιατί η διηλεκτρική θέρμανση, όπως άλλωστε και η θέρμανση με επαγωγή, δημιουργείται μέσα στη μάζα του θερμαινόμενου υλικού, σε αντίθεση προς τα άλλα είδη θερμάνσεως.

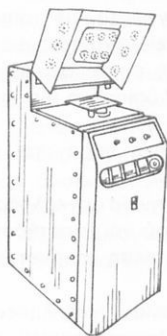
3. Φούρνοι με τόξο.

Οι φούρνοι με τόξο βασίζονται στις θερμικές ιδιότητες του ηλεκτρικού τόξου. Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, το ηλεκτρικό τόξο (**βολταϊκό τόξο**) δημιουργείται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (από γραφίτη ή άνθρακα), που βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού και σε όριση μεταξύ τους απόσταση. Στο ηλεκτρικό τόξο πραγματοποιείται ροή ηλεκτρονίων διαμέσου του αέρα, ο οποίος περιβάλλει τα δύο ηλεκτρόδια, που είναι το ένα απέναντι στο άλλο. Το ένα από τα ηλεκτρόδια (ή κάθοδος) πυρακτώνεται (παράγρ. 14.3), έφ'όσον τα ηλεκτρόδια συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος, ενώ όταν αυτά συνδέονται με πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, πυρακτώνονται και τα δύο ηλεκτρόδια.

Στο ηλεκτρικό τόξο έχουμε ροή ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα), γι'αυτό εφαρμόζεται και εδώ ο νόμος του Τζούλ. Έπειδή όμως η ηλεκτρική αντίσταση του τόξου ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η ένταση του ρεύματος, η θερμαντική ισχύς αυξάνεται ανάλογα με την ένταση του ρεύματος και όχι με το τετράγωνο αυτής (παράγρ. 15.1). Η ελάττωση λοιπόν αυτή της αντίστασεως έχει ως αποτέλεσμα να μην ισχύει φανερά ο νόμος του Τζούλ, αλλά να εμφανίζεται παραλλαγμένος.

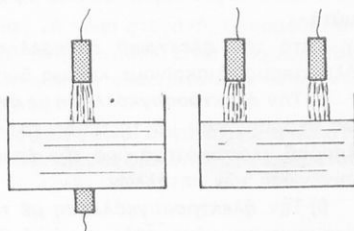
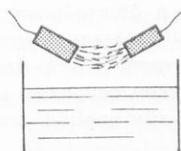
Το ηλεκτρικό τόξο, που μπορεί να είναι μονοφασικό, τριφασικό ή διφασικό, αναπτύσσεται είτε μεταξύ των ηλεκτροδίων (**έμμεσο** τόξο), χωρίς να εφάπτεται με το προς καταργασία υλικό, είτε μεταξύ των ηλεκτροδίων και του προς καταργασία υλικού (**άμεσο** τόξο), όπως φαίνεται στο σχήμα 15.3θ.

Οι φούρνοι με τόξο χρησιμεύουν για την τήξη του σιδήρου και του χάλυβα ως και για την αναγωγή των μετάλλων. Συνδέονται με το δίκτυο ύψους τάσεως με τη ροήθεια μετασχηματιστή με πολλές λήψεις, γιατί έτσι δημιουργούνται πολλές τάσεις στο δευτερεύον (χρησιμοποίηση ύψων τάσεων με μεγάλη ισχύ κατά την τήξη και χαμηλότερων τάσεων με μικρότερη ισχύ μετά την ύγροποίηση). Η απορροφούμενη ένταση στους φούρνους με τόξο, η οποία ανέρχεται σε 1000 ως 40.000 Α, παρουσιάζει αστάθεια κυρίως κατά τη διάρκεια της τήξεως. Η αστάθεια αυτή αντιμετωπίζεται με την παρεμβολή συνήθως ενός στραγγαλιστικού πηνίου (σχ. 15.3ι). Με τη ρύθμιση της αποστάσεως μεταξύ ηλεκτροδίων και τηκόμενης μάζας με μεταβολή του μήκους του τόξου, είναι δυνατή η ρύθμιση του απορροφούμενου ρεύματος και της απορροφούμενης ισχύος. Η ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται με μετακίνηση των ηλεκτροδίων. Η ηλεκτρική εγκατάσταση ενός φούρνου με τόξο περιλαμβάνει και σειρά από όργανα μετρήσεως για την παρακολούθηση της τάσεως, της εντάσεως, της ισχύος και της ηλεκτρικής ενέργειας (σχ. 15.3ι).



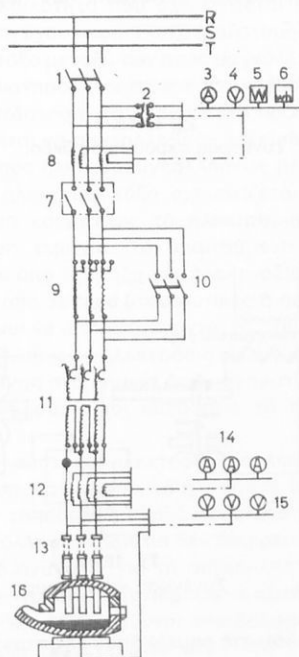
Σχ. 15.3η.

Διηλεκτρικός θερμαντής.



Σχ. 15.3θ.

Άρχή λειτουργίας φούρνου με τόξο.



1. Διακόπτης
2. Μετασχηματιστής τάσεως
3. Άμπερόμετρο
4. Βολτόμετρο
5. Βαττόμετρο
6. Μετρητής ηλ. ενεργείας
7. Διακόπτης
8. Μετασχηματιστής έντασης
9. Στραγγαλιστικά πηνία
10. Διακόπτης γεφυρώσεως
11. Μετασχηματιστής φούρνου
12. Μετασχημ/τής έντασεως
13. Καλώδια
14. Άμπερόμετρα
15. Βολτόμετρα
16. Φούρνος με τόξο

Σχ. 15.3ι.

Έγκατάσταση φούρνου με τόξο.

15.4 Ήλεκτροσυγκολλήσεις.

Η συγκόλληση δύο σωμάτων επιτυγχάνεται, όπως είναι γνωστό, με τοπική θέρμανσή τους στα σημεία της συνενώσεως. Η θέρμανση διαρκεί, μέχρι τα σώματα να πλαστικοποιηθούν ή να λειώσουν στα σημεία της συνενώσεως, όποτε πραγματοποιείται η συγκόλληση: φυσικά εφαρμόζεται πολλές φορές και όρισμένη πίεση σ' αυτά.

Κατά την **ηλεκτρική συγκόλληση**, η απαιτούμενη θερμότητα παράγεται με ηλεκτρισμό. Διακρίνουμε κυρίως δύο είδη ηλεκτροσυγκολλήσεως:

α) Τήν **ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση**, κατά την οποία τα σημεία συγκολλησεως θερμαίνονται με τη δίοδο ηλεκτρικού ρεύματος, μέχρι πού να αποκτήσουν επαρκή πλαστικότητα (για την επαφή των μορίων), όποτε με πίεση επέρχεται η συνένωση των μετάλλων.

β) Τήν **ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο**, κατά την οποία τα σημεία συγκολλησεως θερμαίνονται μέχρι τήξεως με τη βοήθεια ηλεκτρικού τόξου.

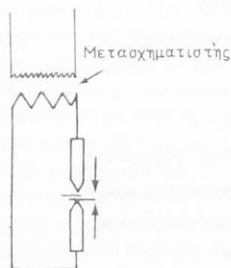
1. Ήλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση.

Στήν ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση μεταλλικών κομματιών ή απαιτούμενη θερμότητα παράγεται σε βραχύτατο χρονικό διάστημα καθώς ηλεκτρικό ρεύμα μεγάλων εντάσεων (μέχρι 100.000 A και με τάσεις μέχρι 15 V) περνά από τό ένα κομμάτι στο άλλο μέσα από τη μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, πού παρουσιάζει ή



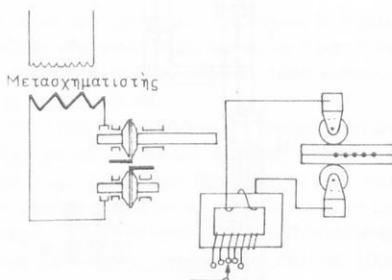
Σχ. 15.4α.

Συνένωση άκρου προς άκρο.



Σχ. 15.4β.

Συνένωση κατά σημεία.



Σχ. 15.4γ.

Συνένωση κατά γραμμή.

διακοπή της πλήρους συνέχειας του μετάλλου στο σημείο όπου εφάπτονται τά προς συγκόλληση κομμάτια (φαινόμενο Τζούλ). Στήν ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση πραγματοποιούνται συνενώσεις **άκρου προς άκρο** (σχ. 15.4α), **κατά σημεία** (σχ. 15.4β) και **κατά γραμμή (ραφιδευτική συγκόλληση)** (σχ. 15.4γ).

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση κατά σημεία, χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια από χαλκό ή κράματά του, πού ψύχονται μέ νερό. Τά ηλεκτρόδια πιέζουν καί από τίς δύο πλευρές τίς πρός συγκόλληση λωρίδες μεταλλικών έλασμάτων, οί όποιες τοποθετούνται ή μία έπάνω στήν άλλη, σέ σημεία πού απέχουν ίσα μεταξύ τους (όπως γίνεται καί ή ήλωση).

Όταν ή συγκόλληση τών έλασμάτων πρέπει νά γίνει στεγανή, εφαρμόζεται ή ραφιδευτική συγκόλληση. Στήν περίπτωση αυτή, τά ηλεκτρόδια είναι τροχοί, μεταξύ τών όποιών διέρχεται ή πρός συγκόλληση γραμμή. Τά έλάσματα πού διέρχονται μεταξύ τών τροχών πιέζονται δυνατά άπ' αυτούς.

Μέ κατάλληλες καί μηχανικά κινούμενες συσκευές είναι δυνατόν νά πραγματοποιηθούν καί διακεκομμένες συγκολλήσεις μέ ένδιάμεσες διακοπές τού ρεύματος.

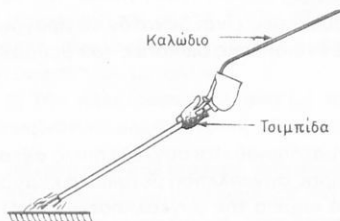
2. Ήλεκτροσυγκόλληση μέ τόξο.

Μέ τήν ηλεκτροσυγκόλληση μέ τόξο πραγματοποιούνται συγκολλήσεις **αυτογενείς** καί **έτερογενείς**. Κατά τίς **αυτογενείς** τά πρός συγκόλληση μεταλλικά κομμάτια τήκονται μέ τή βοήθεια ηλεκτρικού τόξου στά σημεία τής συγκολλήσεως. Μαζί μέ τά πρός συγκόλληση κομμάτια τήκεται καί μία βοηθητική ράβδος από τό ίδιο μέταλλο, ή όποια άκουμπά έπάνω στά συγκολλούμενα κομμάτια. Μέ τόν τρόπο αυτό γεμίζει ή κοιλότητα πού σχηματίζεται μεταξύ τών επιφανειών, οί όποιες γιά τή συγκόλληση έχουν κοπεί λοξά (λοξοτομηθεί). Κατά τίς **έτερογενείς** ηλεκτροσυγκολλήσεις μέ τόξο μεταξύ τών πρός συγκόλληση όμογενών ή μή μεταλλικών κομματιών, τά όποια διατηρούνται σέ στερεή κατάσταση, χύνεται ένα ευτήκτοτερο κράμα σέ ρευστή κατάσταση. Τό κράμα αυτό προσκολλάται στίς επιφάνειες τών κομματιών πού πρόκειται νά συγκολληθούν καί εισδύει στό διάκενο πού ύπάρχει μεταξύ τους. "Ενας τρόπος ηλεκτροσυγκολλήσεως μέ τόξο είναι αυτός πού φαίνεται στό σχήμα 15.4δ. Τό ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ ενός ηλεκτροδίου καί τών πρός συγκόλληση κομματιών· τό ηλεκτρόδιο είναι από τό ίδιο μέταλλο μέ τά πρός συγκόλληση τεμάχια. Τό άπαιτούμενο γιά τή συγκόλληση βοηθητικό μέταλλο προέρχεται από τήν τήξη τών ηλεκτροδίων. Τό μεταλλικό ηλεκτρόδιο μπορεί νά έχει επένδυση από **τακερά** (σκωριωτικές ή συλλιπαντικές ουσίες) γιά νά αποφεύγεται ή όξειδωση καί νά απομακρύνονται τά όξειδια πού μπορεί νά σχηματίζονται. Σέ άλλες πάλι περιπτώσεις τό ηλεκτρόδιο είναι γυμνό καί ή συλλιπαντική ουσία ρίχνεται μέ τή μορφή σκόνης στό σημείο όπου σχηματίζεται τό τόξο. "Ετσι στήν περίπτωση αυτή, τό τόξο δημιουργείται κάτω από τό σχηματιζόμενο στρώμα σκόνης, χωρίς νά φαίνεται.

"Άλλο σύστημα ηλεκτροσυγκολλήσεως μέ τόξο είναι ή **τοξοατομηλεκτρική συγκόλληση**. Κατ' αυτήν, τό ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων πού έχουν τοποθετηθεί λοξά πάνω από τή θέση πού πρόκειται νά συγκολληθεί· τά πρός συγκόλληση κομμάτια δέν διαρρέονται από ρεύμα, ένw μία βοηθητική ράβδος παρέχει τό άναγκαίο γιά τή συγκόλληση μέταλλο.

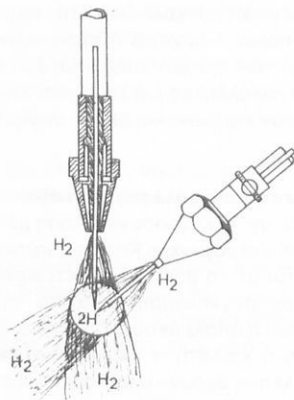
Τά ηλεκτρόδια στήν περίπτωση αυτή, πού χρησιμεύουν μόνο γιά τό σχηματισμό τού τόξου καί αποτελούνται από βολφράμιο, είναι προσαρμοσμένα σέ άκροφύσια, μέ τά όποια διοχετεύεται στό τόξο ύδρογόνο (σχ. 15.4ε). Τό ύδρογόνο αυτό βρίσκεται, βέβαια, σέ μοριακή κατάσταση, H_2 , αλλά στή θερμοκρασία τού τόξου διασπάται σέ άτομική, $H_2 = H + H$, μέ ταυτόχρονη άπορρόφηση μεγάλου ποσού θερμότητας. Τό μέταλλο πού πρόκειται νά συγκολληθεί βρίσκεται σέ μικρότερη

θερμοκρασία και ένεργει καταλυτικά στο ύδρογόνο· αυτό συντίθεται πάλι σε μοριακό, αποδίδοντας τη θερμότητα που είχε απορροφήσει και ανυψώνοντας έτσι πολύ τη θερμοκρασία. Επί πλέον το ύδρογόνο σχηματίζει προστατευτικό περίβλημα για το τόξο και το μέταλλο και έτσι αποφεύγεται η οξειδωση και η ένωση του μετάλλου με το αζωτο.



Σχ. 15.4δ.

Ήλεκτροσυγκόλληση με τόξο.



Σχ. 15.4ε.

Τοξοατομηλεκτρική συγκόλληση.

Κατά μία νεώτερη μέθοδο συγκολλήσεως, αντί για ύδρογόνο χρησιμοποιείται ήλιο ή άργο, δηλαδή άδρανά αέρια, για την αποτελεσματική προστασία του μετάλλου από την οξειδωση. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ένα μόνο ηλεκτρόδιο από το ίδιο μέταλλο με τα προς συγκόλληση τεμάχια. Το ηλεκτρόδιο αυτό τήκεται και παρέχει το απαιτούμενο πρόσθετο μέταλλο (σχ. 15.4στ). Ή μέθοδος αυτή καλείται και συγκόλληση MIG, από τα αρχικά των άγγλικών λέξεων Metal-Inert-Gas (μέταλλο-άδρανές-αέριο). Παρόμοια μέθοδος είναι και εκείνη, κατά την οποία χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο από βολφράμιο μόνο για το σχηματισμό του τόξου. Κατ' αυτήν, το άναγκαίο για τη συγκόλληση μέταλλο παρέχεται από βοηθητική ράβδο (σχ. 15.4ζ). Ή τελευταία αυτή μέθοδος καλείται συγκόλληση TIG, από τις λέξεις Tungsten-Inert-Gas (Βολφράμιο-άδρανές-αέριο).

Ή τοξοατομηλεκτρική συγκόλληση καθώς και οι συγκολλήσεις MIG και TIG χρησιμοποιούνται κυρίως για τα μη σιδηρούχα μέταλλα (άλουμινιο, μαγγάνιο, χαλκό και τα κράματά τους).

3. Άλλες μέθοδοι ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Έκτός από την ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση και με τόξο, αναπτύχθηκαν κατά τα τελευταία χρόνια και άλλα είδη ηλεκτροσυγκολλήσεως, όπως είναι η *συγκόλληση σωλήνων με ύψηλή συχνότητα*, ή *συγκόλληση με ύπερήχους*, ή *συγκόλληση με εκτόξευση σπινθήρα* και ή *συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων* ή *με ακτίνες λέιζερ*.

Στην περίπτωση της συγκολλήσεως σωλήνων με ύψηλή συχνότητα, οι σωλήνες

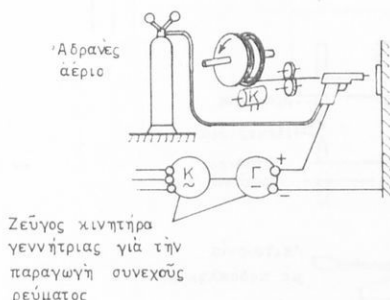
καθώς σχηματίζονται συγκολλούνται, όπως δείχνει τό σχήμα 15.4η, κατά τή γενέτειρα. Ή συγκόλληση πραγματοποιείται, όταν οί άκμές του έλάσματος έλθουν σέ έπαφή, γιατί τό ρεύμα ύψηλής συχνότητας, πού συγκεντρώνεται στή γωνία πού σχηματίζουν οί άκμές καθώς κλείνουν, τίς έχει θερμάνει έπαρκώς.

Τό ρεύμα ύψηλής συχνότητας κυκλοφορεί στό σχηματιζόμενο σωλήνα είτε παρεχόμενο σ' αυτό μέ άγωγίμη σύνδεση, μέ έπαφές πού όλισθαίνουν κατά μήκος τών άκμών, είτε παραγόμενο στόν ίδιο τό σωλήνα μέ έπαγωγή.

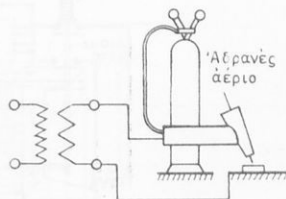
Μέ τούς ύπερήχους πραγματοποιούνται συγκολλήσεις λεπτών μεταλλικών φύλλων καί λεπτών έλασμάτων ή συρμάτων ή θερμοπλαστικών ύλικών. Στήν περίπτωση αύτή, ή ηλεκτρική ένέργεια μετατρέπεται σέ μηχανική (κραδασμοί) καί στή συνέχεια σέ θερμική.

Στή συγκόλληση μέ δέσμη ηλεκτρονίων μετατρέπεται ή κινητική ένέργεια τών ηλεκτρονίων σέ θερμότητα μέσα σέ κενό. Γιά τή συγκόλληση ηλεκτρονικών μικροεξαρτημάτων χρησιμοποιούνται μέ έπιτυχία οί άκτίνες λήξερ, μέ τίς όποιες έπιτυγχάνεται πολύ μεγάλη σημειακή συγκέντρωση ένέργειας.

Ήκτίνες λήξερ καλούνται λεπτότατες δέσμες μονοχρωματικού φωτός, πού έχουν πολύ μεγάλη ένταση.



Σχ. 15.4στ.
Συγκόλληση MIG.



Σχ. 15.4ζ.
Συγκόλληση TIG.

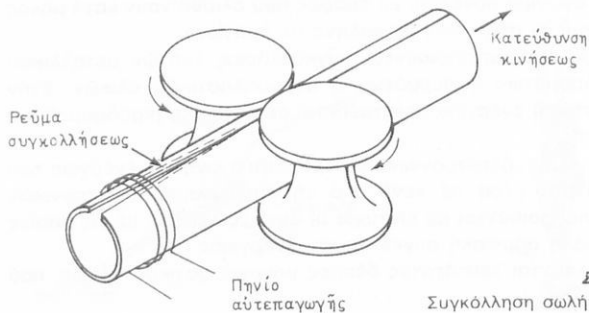
Τέλος, στή συγκόλληση μέ εκτόξευση σπινθήρα, ένα ηλεκτρόδιο πλησιάζει καί απομακρύνεται από τό μέταλλο, επάνω στό όποιο θέλομε νά κολλήσομε ένα άλλο μεταλλικό στρώμα (π.χ. καρβίδιο του βολφραμίου). Κάθε φορά πού τό ηλεκτρόδιο πλησιάζει στό μέταλλο βάσεως, γίνεται εκφόρτιση πυκνωτή κατά τήν όποία παράγεται ηλεκτρικός σπινθήρας: μέ τό σπινθήρα αυτόν ένα σωματίδιο από τό ηλεκτρόδιο τήκεται κάτω από πολύ μεγάλη θερμοκρασία καί προσκολλάται στό μέταλλο βάσεως, μέ τό όποίο άποτελεί ένα σώμα.

4. Ήξοπλισμός ήλεκτροσυγκολλήσεων.

Ή ήλεκτροσυγκόλληση μέ αντίσταση πραγματοποιείται σέ ειδικές μηχανές ήλεκτροσυγκολλήσεως, τίς όποιες μπορούμε νά ρυθμίσουμε τήν ένταση του ρεύματος συγκολλήσεως, τή διάρκεια συγκολλήσεως καί τήν πίεση πού εξασκείται από τά ηλεκτρόδια, ανάλογα μέ τό είδος καί τό πάχος τών πρός συγκόλληση κομματιών (σχ. 15.4θ).

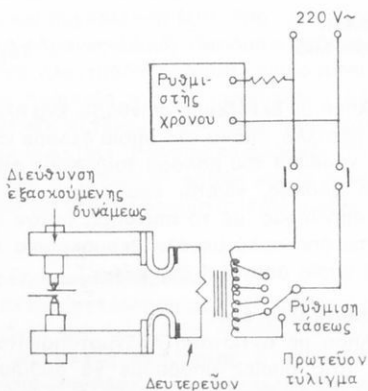
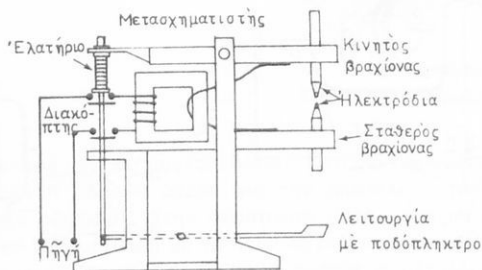
Στήν ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο και ανάλογα με τό είδος του ρεύματος που χρησιμοποιείται απαιτούνται:

α) Ζεύγη κινητήρα - γεννήτριας (παραγρ. 14.2), είτε άνορθωτές (παράγρ. 14.3), σέ συνδυασμό με μετασχηματιστές, γιά τή μετατροπή του ρεύματος του δικτύου, έφόσον ή συγκόλληση πραγματοποιείται μέ συνεχές ρεύμα.



Σχ. 15.4η.

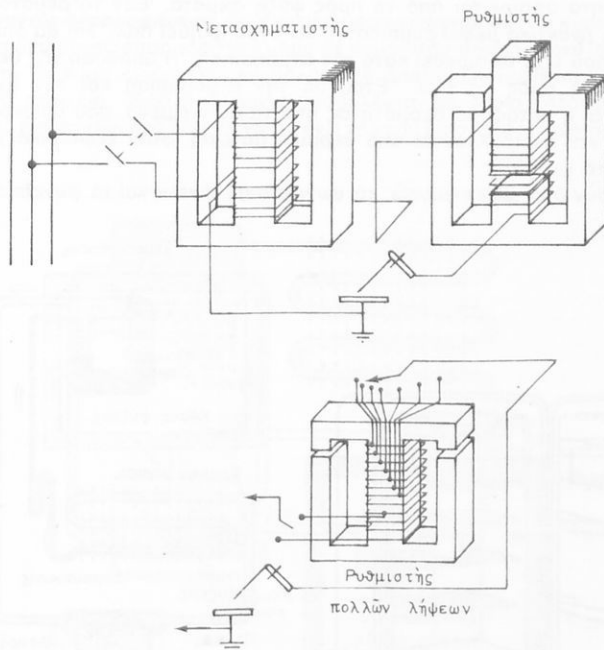
Συγκόλληση σωλήνων μέ ύψηλή συχνότητα.



Σχ. 15.4θ.

Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως μέ αντίσταση.

β) Μονοφασικοί μετασχηματιστές, για τόν υποβιβασμό της τάσεως του δικτύου σέ 70 V τό πολύ (συνήθως 30 ως 40 V) για λόγους ασφάλειας (παράγρ. 17.4), εφόσον ή συγκόλληση πραγματοποιείται μέ έναλλασσόμενο ρεύμα. Στην τελευταία αυτή περίπτωση συνδέονται στό κύκλωμα καί πυκνωτές για τή βελτίωση (άνύψωση) του συντελεστή ισχύος συνφ. Τό ρεύμα συγκολλήσεως, πού συνήθως ποικίλλει, ανάλογα μέ τή μέθοδο συγκολλήσεως πού χρησιμοποιείται, από 15 A ως 1500 A, μπορεί νά ρυθμίζεται είτε συνεχώς μέ μεταβολή τής μαγνητικής ροής, είτε κατά βήματα μέ αλλαγή των λήψεων σέ μετασχηματιστή μέ πολλές λήψεις (σχ. 15.4i).



Σχ. 15.4i.

Ρύθμιση του ρεύματος στίς ηλεκτροσυγκολλήσεις μέ τόξο.

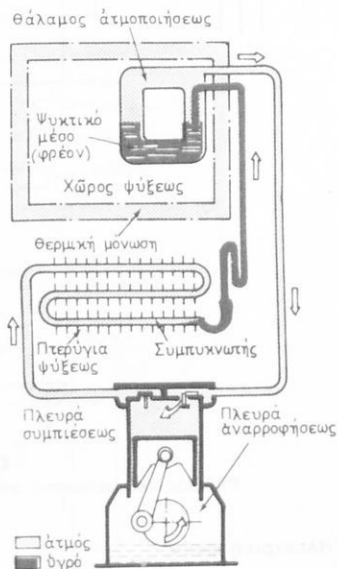
15.5 Ήλεκτρική ψύξη.

Μέ τή βοήθεια του ηλεκτρισμού, εκτός από τή θερμότητα είναι δυνατόν νά παραχθεί καί ψύξη. Ή **ηλεκτρική ψύξη** εφαρμόζεται στό ηλεκτρικά ψυγεία, τούς ψυκτικούς θαλάμους κλπ. Μέ τά ηλεκτρικά ψυγεία διατηρούνται τά τρόφιμα σέ χαμηλή θερμοκρασία (2°C ως 12°C περίπου): σέ ειδικό χώρο των ψυγείων αυτών ή θερμοκρασία μπορεί νά κατέβει μέχρι -18°C ή καί σέ ακόμα χαμηλότερα επίπεδα. Στό χώρο αυτόν, πού καλείται χώρος ή διαμέρισμα **καταψύξεως**, διατηρούνται για μεγάλο διάστημα τά τρόφιμα πού είναι ήδη κατεψυγμένα χωρίς καμιά αλλοίωση.

Στους ψυκτικούς θαλάμους δημιουργείται ψύξη διαφόρων βαθμῶν για διάφορους βιομηχανικούς ή πειραματικούς σκοπούς, όπως είναι η κατάψυξη τῶν τροφίμων, ή δημιουργία κλιματιστικῶν συνθηκῶν για τὴ διεξαγωγή δοκιμῶν κλπ.

Γιὰ νὰ δημιουργηθεῖ ψύξη ἀπαιτεῖται νὰ ἀφαιρεθεῖ θερμότητα ἀπὸ τὸν πρὸς ψύξη χώρο καὶ ἀπὸ τὰ σώματα πού βρίσκονται μέσα σ' αὐτόν. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιεῖται κατάλληλο ψυκτικὸ ρευστό, ὅπως εἶναι ἡ ἀμμωνία (NH_3), τὸ διοξειδίου τοῦ θείου (SO_2) ἢ οἱ φθοριωμένοι ὑδρογονάνθρακες (π.χ. CF_2Cl_2) μέ τὰ ἐμπορικά ὀνόματα Φρέον ἢ Φριγκέν, τὰ ὁποῖα ὅταν βρεθοῦν στὴν κατάλληλη πίεση, ἐξατμίζονται στὴ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος. Ἡ ἀπαιτούμενη γιὰ τὴν ἀτμοποίηση θερμότητα ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὰ πρὸς ψύξη σώματα. Ἐάν τὸ ρευστό πού ἔχει ἀτμοποιηθεῖ (**ψυκτικὸ μέσο**) συμπιεστεῖ, θὰ ὑγροποιηθεῖ πάλι, καὶ θὰ ἀποδώσει τὴ θερμότητα πού εἶχε ἀφαιρεθεῖ κατὰ τὴν ἀτμοποίηση. Ἡ ἀπόδοση τῆς θερμότητας γίνεται φυσικά πρὸς τὰ ἔξω. Ἔτσι, μέ τὴν ἀτμοποίηση καὶ τὴν ὑγροποίηση ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταφορά θερμότητας ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα, πού βρίσκονται μέσα στοῦ ψυγεῖο καὶ περιβάλλονται ἀπὸ θερμικὴ μόνωση, στὸν ἐξωτερικὸν χώρο, πού περιβάλλει τὸ ψυγεῖο.

Ὑπάρχουν δύο εἰδῶν ψυγεῖα: τὰ **ψυγεῖα συμπίεσεως** καὶ τὰ **ψυγεῖα ἀπορροφῆσεως**.



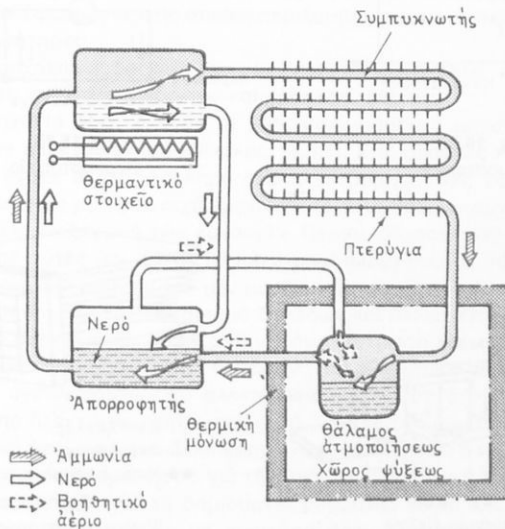
Σχ. 15.5α.
Ψυγεῖο συμπίεσεως.

Στὰ **ψυγεῖα συμπίεσεως** ἡ συμπίεση πραγματοποιεῖται ἀπὸ συμπιεστή, πού κινεῖται μέ ηλεκτροκινητήρα (σχ. 15.5α). Ὁ συμπιεστής ἀναρροφᾷ τὸ ψυκτικὸ μέσο ἀπὸ τὸ θάλαμο ἀτμοποίησης, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 15.5α, καὶ τὸ συμπιέζει σὲ ἓνα ὀφιοειδῆ σωλῆνα (σερπαντίνα) μέχρι τὸ θάλαμο καταψύξεως. Μέ τὴν ἀναρρόφηση ἐλαττώνεται ἡ πίεση στοῦ θάλαμο ἀτμοποίησης, τὸ ψυκτικὸ μέσο ἀτμοποιεῖται καὶ

αφαιρεί θερμότητα από τὰ πρὸς ψύξη σώματα. Ταυτόχρονα ὁ συμπιεστής συμπιέζει τὸν ἀτμὸ τοῦ ψυκτικοῦ μέσου, ποὺ μετατρέπεται πάλι σέ ὑγρὸ (συμπύκνωση), καὶ ἀποδίδει στὸ περιβάλλον τὴ θερμότητα ποὺ ἔχει ἀφαιρεθεῖ ἀπὸ τὸ χῶρο ψύξεως μὲ τὴ βοήθεια πτερυγίων. Τέλος, τὸ ὑγρὸ πλέον ψυκτικὸ μέσο ὁδηγεῖται μὲ ἓνα τριχοειδῆ σωλῆνα πρὸς τὸ θάλαμο ἀτμοποίησης. Ὁ τριχοειδῆς σωλῆνας παρεμποδίζει τὴν ἐξίσωση πιέσεων συμπυκνωτῆ καὶ θαλάμου ἀτμοποίησης.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ ψυγείου διατηρεῖται σταθερὴ στὴν τιμὴ ποὺ ἔχει ἐπιλεγεῖ μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς θερμοστάτη, ὁ ὁποῖος ἀνοίγει καὶ κλείνει κατ'ἀλληλα τὸ κύκλωμα τροφοδοτήσεως τοῦ ηλεκτροκινητήρα καὶ ἐπιδρᾷ ἔτσι στὴ διάρκεια λειτουργίας τοῦ κινητήρα τοῦ ψυγείου.

Στὰ **ψυγεῖα ἀπορροφήσεως**, ὡς ψυκτικὸ μέσο χρησιμοποιεῖται κυρίως ἄμμωνία. Ἡ ἄμμωνία διαλύεται (ἀπορροφᾶται) μέσα σέ νερὸ στὸν **ἀπορροφητὴ** (σχ. 15.5β) καὶ ἀπὸ ἐκεῖ τὸ διάλυμα εἰσέρχεται σέ θάλαμο, ὁ ὁποῖος θερμαίνεται μὲ ἠλεκτρικὸ θερμαντικὸ στοιχεῖο. Ἐκεῖ ἡ ἄμμωνία ἀποβάλλεται σέ ἀέρια κατάσταση ἀπὸ τὸ διάλυμα καὶ εἰσέρχεται στὸ συμπυκνωτῆ, ἐνῶ τὸ νερὸ ἐπιστρέφει στὸν ἀπορροφητὴ.



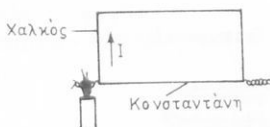
Σχ. 15.5β.

Ψυγεῖο ἀπορροφήσεως.

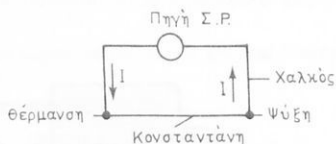
Στὸ συμπυκνωτῆ ἡ ἄμμωνία συμπυκνώνεται, ἐνῶ ἀποβάλλει θερμότητα πρὸς τὸ περιβάλλον καὶ ἐπιστρέφει σέ ὑγρὴ κατάσταση στὸ θάλαμο ἀτμοποίησης μέσα στὸ ψυγεῖο· ἐκεῖ ἀφαιρεῖ θερμότητα ἀπὸ τὰ πρὸς ψύξη σώματα καὶ ἀτμοποιεῖται βοηθούμενη καὶ ἀπὸ ἓνα βοηθητικὸ ἀέριο (π.χ. ὑδρογόνο), ποὺ κυκλοφορεῖ, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 15.5β. Ὁ ἀτμὸς τῆς ἄμμωνίας ὁδηγεῖται κατόπιν στὸν ἀπορροφητὴ μὲ τὴ βοήθεια τοῦ κενοῦ ποὺ σχηματίζεται κατὰ τὴ διάλυση (ἀπορρόφηση) τοῦ ἀτμοῦ αὐτοῦ μέσα στὸ νερὸ.

Τά ψυγεία απορροφήσεως έχουν μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από τα ψυγεία συμπίεσεως και γι' αυτό δεν χρησιμοποιούνται, παρόλο ότι είναι άθόρυβα, αφού δεν περιλαμβάνουν κινούμενα μέρη.

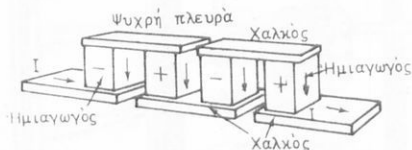
Κατά τη δημιουργία ψύξεως με τη βοήθεια ψυκτικού μέσου, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται έμμεσα. Τελευταία όμως γίνονται προσπάθειες για άμεση χρησιμοποίηση του ηλεκτρισμού στην ψύξη. "Όπως είναι γνωστό, αν δύο άγωγοί από διαφορετικά μέταλλα (π.χ. χαλκός και κωνσταντάνη) συνδεθούν, όπως δείχνει το σχήμα 15.5γ, και το ένα άκρο της συνδέσεως θερμανθεί, τότε μεταφέρονται ηλεκτρόνια από το ένα μέταλλο στο άλλο, με συνέπεια να αναπτυχθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία πηγή συνεχούς ρεύματος, που καλείται **θερμοστοιχείο** ή **θερμοηλεκτρικό ζεύγος**. "Αν, αντίθετα, αντί να θερμάνουμε το ένα άκρο της συνδέσεως, προκαλέσουμε κυκλοφορία συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια του θερμοστοιχείου, τότε αναπτύσσεται διαφορά θερμοκρασίας στα δύο άκρα της συνδέσεως (σχ. 15.5δ).



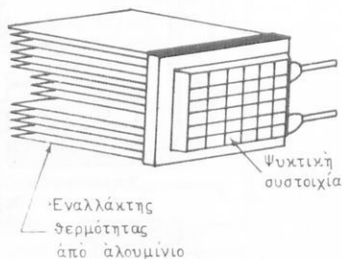
Σχ. 15.5γ.
Θερμοστοιχεία.



Σχ. 15.5δ.
Θερμοστοιχεία.



Σχ. 15.5ε.
Στοιχεία Πελτιέ.



Σχ. 15.5στ.
Ψυκτική συστοιχία Πελτιέ.

Ανάλογα με τη διεύθυνση του ρεύματος, στο ένα άκρο της συνδέσεως έχουμε ανύψωση της θερμοκρασίας και στο άλλο πτώση. Το φαινόμενο αυτό μελετήθηκε από τον Γάλλο Πελτιέ (Peltier) και φέρει το όνομά του. Με τη χρησιμοποίηση ήμιαγωγών, π.χ. βισμούθιου και τελλουρίου, κατασκευάζονται τα ονομαζόμενα **στοιχεία Πελτιέ**, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις ψύξεως και κλιματισμού. Τά στοιχεία αυτά συνδέονται σε σειρά και σχηματίζουν **ψυκτική συστοιχία**, από τη μία πλευρά της οποίας βρίσκονται οι θερμές συνδέσεις και από την άλλη οι ψυχρές (σχ. 15.5ε). Έτσι, από τη θερμή πλευρά αποδίδεται προς τα έξω θερμότητα με τη βοήθεια ενός εναλλάκτη θερμότητας από αλουμίνιο, ενώ από την ψυχρή πλευρά απορροφάται θερμότητα με συνέπεια την ψύξη του χώρου μέσα στον

όποιο βρίσκεται ή πλευρά αὐτή. Ἐάν ἀντιστρέψουμε τή φορά τοῦ ρεύματος, ἡ ψυχρή πλευρά γίνεται θερμή καί ἀποδίδει θερμότητα. Μέ τόν τρόπο αὐτόν ἡ συστοιχία Πελλιέ εἶναι δυνατόν νά χρησιμοποιηθεῖ τόσο γιά τήν ψύξη ὅσο καί γιά τή θέρμανση, δηλαδή εἶναι κατάλληλη γιά ἐγκαταστάσεις κλιματισμοῦ.

Τά στοιχεῖα Πελλιέ τοποθετοῦνται μέσα σέ ἐποξειδική ρητίνη καί συνδεόμενα σχηματίζουν τή συστοιχία (σχ. 15.5στ). Στίς συστοιχίες αὐτές ἡ θερμοκρασία, εἴτε κατά τήν ψύξη εἴτε κατά τή θέρμανση, ρυθμίζεται εὐκόλα μέ τή ρύθμιση τοῦ ρεύματος λειτουργίας.

15.6 Ήλεκτρομηχανικές καί ηλεκτρονικές εφαρμογές.

1. Ήλεκτρομηχανικές εφαρμογές.

Ἐκτός ἀπό τίς θερμικές εφαρμογές τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, πού ἐξετάσαμε στίς προηγούμενες παραγράφους, ἔχομε καί τίς μηχανικές εφαρμογές του, κατά τίς ὁποῖες ὁ ἡλεκτρισμός χρησιμοποιεῖται γιά τήν πρόκληση κινήσεως. Ήλεκτρομηχανικές εἶναι π.χ. οἱ εφαρμογές στίς ὁποῖες περιλαμβάνεται πάντοτε ἕνας ἢ περισσότεροι ἡλεκτροκινητήρες.

Ήλεκτρομηχανικές εφαρμογές συναντοῦμε σέ μεγάλη κλίμακα τόσο στή βιομηχανία ὅσο καί στίς ἐμπορικές καί οἰκιακές χρήσεις.

Στή βιομηχανία ὅλες σχεδόν οἱ χρησιμοποιούμενες μηχανές καί συσκευές περιλαμβάνουν ἡλεκτροκίνηση (Πίνακας 13.5.1). Στίς οἰκιακές καί ἐμπορικές χρήσεις ἐξάλλου ἔχομε σειρά ὁλόκληρη ἀπό ἡλεκτρομηχανικές εφαρμογές, ἡ ὁποία αὐξανόμενη διαρκῶς μέ τή συνεχή ἐμφάνιση νέων συσκευῶν συντελεῖ στήν ταχεία, ἄκοπη καί τέλεια διεξαγωγή τῶν ἐργασιῶν. Περιοριζόμαστε στήν ἀπαρίθμηση τῶν κυριότερων ἀπό αὐτές (σχ. 15.6): Τά **ἡλεκτρικά πλυντήρια**, μέ τά ὁποῖα πραγματοποιεῖται ἡ πλύση τῶν ρούχων καί τῶν μαγειρικῶν σκευῶν· ὁ **ἀναρροφητής σκόνης** (ἡλεκτρική σκούπα), γιά τόν καθαρισμό δαπέδων καί ἄλλων ἐπιφανειῶν· ὁ ἡλεκτρικός **στίλβωτης δαπέδων** (παρκετέζα), γιά τήν ἐπίστρωση τοῦ κεριοῦ, τή στίλβωση καί τή συντήρηση τῶν ξύλινων δαπέδων· τό **ἡλεκτρικό στεγνωτήριο**, γιά τό στέγνωμα τῶν ὑγρῶν ρούχων· τό **ἡλεκτρικό σιδερωτήριο**, στό ὁποῖο ἕνα τύμπανο, πού κινεῖται ἀπό ἡλεκτροκινητήρα, πιέζει τό ἀντικείμενο πού πρόκειται νά σιδερώσει (π.χ. ἔνδυμα) ἐπάνω σέ ἕνα ἄλλο θερμαινόμενο τύμπανο ἢ σέ μιά θερμαινόμενη πλάκα· ὁ **ἡλεκτρικός ἀναμικτήρας**, γιά τήν ἀνάμιξη φρουτῶν ἢ τροφῶν· ὁ **ἀνεμιστήρας** καί ὁ **ἐξαεριστήρας** γιά τή δημιουργία ρευμάτων ἀέρα κ.ἄ.

Πολλές ἀπό τίς συσκευές μέ κινητήρα εἶναι μικτές, γιατί ἐκτός ἀπό τόν ἡλεκτροκινητήρα περιλαμβάνουν καί θερμαντικά στοιχεῖα γιά τήν παραγωγή θερμότητας, ὅποτε ὁ ἡλεκτρισμός χρησιμοποιεῖται σ' αὐτές τόσο γιά τήν κίνηση ὅσο καί γιά τή θέρμανση. Στό σχῆμα 15.6 φαίνονται ὁρισμένες ἀπό τίς συσκευές μέ κινητήρα οἰκιακής χρήσεως.

Τέλος στίς ἡλεκτρομηχανικές εφαρμογές περιλαμβάνεται καί ἡ **ἡλεκτρική ἔλξη** (ἡλεκτρικοί σιδηρόδρομοι ἢ τροχιόδρομοι, ἡλεκτρικά αὐτοκίνητα ἢ ὀχήματα γενικῶς).

2. Ήλεκτρονικές εφαρμογές.

Ἡ **ἡλεκτρονική** εἶναι ἡ ἐπιστήμη, ἡ ὁποία ἀναφέρεται στή δίοδο τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μέσα ἀπό τά ἀέρια, τό κενό ἢ τούς ἡμιαγωγούς.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές εφαρμόζονται τόσο στους τομείς της **ραδιοφωνίας**, της **τηλεοράσεως** και γενικά της ασύρματης **τηλεπικοινωνίας**, όσο και στους τομείς του **έλέγχου** και της **ρυθμίσεως**, πού κατέστησαν δυνατό τον αυτόματισμό της βιομηχανικής παραγωγής και της **επεξεργασίας** των **πληροφοριών** (**ηλεκτρονικοί υπολογιστές**).

Ήλεκτρικός αναμικτήρας
(μίξερ)



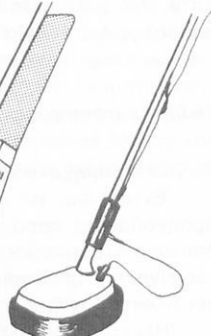
Περιοτρεφόμενο
τύμπανο



Ήλ. πλυντήριο

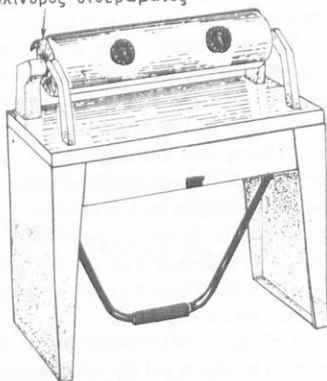


Ήλ. οκούπα

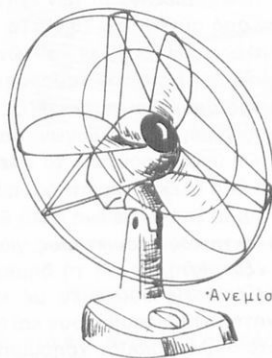


Ήλ. παρκετέζα

Κύλινδρος σιδερώματος



Ποδοκίνητο οίκιακό σιδερωτήριο



Άνεμιστήρας

Σχ. 15.6.

Ήλεκτρικές συσκευές με κινητήρα.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές περιλαμβάνουν **ηλεκτρονικές λυχνίες**, δηλαδή σφραγισμένους γιάλινους σωλήνες, πού έχουν στο έσωτερικό τους ηλεκτρόδια (παράγρ. 14.3), στοιχεία με άλλαπάλληλα στρώματα ήμιαγωγών (π.χ. τρανζίστορς)

καθώς και άλλα ηλεκτρικά στοιχεία (πυκνωτές, ωμικές και έπαγωγικές αντίστασεις κλπ), τά όποια συνδέονται μεταξύ τους και αποτελούν έτσι τά **ηλεκτρονικά κυκλώματα**.

Στά ηλεκτρονικά κυκλώματα γίνεται χειρισμός άσθενών ρευμάτων (π.χ. **ένίσχυση**) γιά τήν επίτευξη διαφόρων άποτελεσμάτων (άκουστικών, όπτικών, ρυθμίσεως μέ επέμβαση σέ κυκλώματα ισχυρών ρευμάτων κλπ).

Στή βιομηχανία ό έλεγχος και ή ρύθμιση των διαφόρων μηχανών κατορθώνεται μέ μεγάλη ακρίβεια και εύελιξία χάρη στίς ηλεκτρονικές διατάξεις. Τά ηλεκτρονικά κυκλώματα έφαρμόζονται επίσης στά όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων και στήν κατασκευή ηλεκτρονικών ύπολογιστών.

15.7 Καταναλώσεις των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών.

Οί διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, ανάλογα μέ τόν προορισμό τους, άπορροφούν διαφορετική σέ κάθε περίπτωση ισχύ και συνεπώς καταναλώνουν άνάλογη ηλεκτρική ένέργεια, πού έξαρτάται, όπως γνωρίζομε, από τή διάρκεια λειτουργίας τής συσκευής.

Στόν Πίνακα 15.7.1 δίνεται ή συνήθης ισχύς και διάφορα άλλα στοιχεία όρισμένων βασικών ηλεκτρικών συσκευών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.7.1.

Είδος έφαρμογής	Άπορροφούμενη ισχύς (σέ kW ή kVA)	Παρατηρήσεις
Θερμοσίφωνα 5 ως 10 lt	0,50 ως 2	Πλύσιμο πιατικών, καθαρισμός σώματος*
» 15 lt	2 ως 4	Καταιόνηση (ντούς), πλύσιμο πιατικών
» 50 ως 60 lt	0,60 ως 6	Λουτρό σέ μικρό λουτήρα
» 80 ως 100 lt	1 ως 6	Λουτρό σέ κανονικό λουτήρα, τροφοδότηση πολλών λήψεων (λουτρό και μαγειρείο)
Μαγειρική έστία	0,80 ως 1,50	
Θερμοεμβαπτιστήρας	0,70 ως 1	
Βραστήρας νερού 2 lt	0,80 ως 1	
Μαγειρείο	5 ως 9,80	
Σίδερο σιδερώματος	0,50 ως 1	

* Γιά θερμοκρασία του νερού πού παίρνομε 37°C και θερμοκρασία του κρύου νερού 12°C περίπου. Μέ τίς προϋποθέσεις αυτές, άπαιτείται θερμό νερό 85°C σέ ποσότητα 80 lt γιά λουτρό σέ κανονικό λουτήρα, 60 lt γιά λουτρό σέ μικρό λουτήρα, 15 lt γιά καταιόνηση, 3 ως 7 lt γιά λούσιμο (μακριά μαλλιά), 2 ως 4 lt γιά λούσιμο (κοντά μαλλιά) και 1 ως 2 lt γιά πλύσιμο χεριών. 1 kWh έξάλλου, δίνει 10 lt ζεστό νερό 85°C ή 30 lt νερό 50°C περίπου.

Είδος εφαρμογής	Απορροφούμενη ισχύς (σε kW ή kVA)	Παρατηρήσεις
Σιδερωτήριο	1,20 έως 3	Μέ ηλεκτρική θέρμανση Μέ θερμό αέρα
Πλυντήριο	2 έως 4,70	
Στεγνωτήριο	2 έως 3	
Αναμικτήρες (μίξερ)	0,15 έως 0,50	
Στεγνωτήρες χεριών	0,15 έως 2	
Στεγνωτήρες μαλλιών	0,35 έως 0,60	
Ψυγείο απορροφήσεως	0,10 έως 0,16	
Ψυγείο συμπίεσεως	0,09 έως 0,20	
Συσκευή κλιματισμού	1,30 έως 2,60	
Αναρροφητής σκόνης	0,20 έως 0,60	
Στιλβωτής δαπέδων	0,25 έως 0,60	Χωρητικότητα: 40 έως 80 lt Χωρητικότητα: 100 έως 200 lt
Ανεμιστήρας	0,02 έως 0,06	
Θερμαντικά σώματα	1,50 έως 3	
Θερμάστρες	0,75 έως 1,50	
Αερόθερμα	1,50 έως 3	
Συσκευές θερμάνσεως με ακτινοβολία	1 έως 2	
Θερμάστρες αποθηκεύσεως	1 έως 8	
Φούρνοι με τόξο για τήξη χάλυβα και χυτοσιδήρου	700 έως 45000	
Φούρνοι με επαγωγή για τήξη χάλυβα (μέσης συχνότητας)	10 έως 4000	
Φούρνοι με επαγωγή για τήξη χάλυβα (βιομηχανικής συχνότητας)	100 έως 5000	Γιά φορτίο 1 έως 150 t. Τάσεις πρωτεύοντα 6 έως 110 kV Συχνότητες: 0,5 έως 10 kHz Φορτίο: 1 έως 10000 kg Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 0,5 έως 30 t Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 0,25 έως 15 t Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 1 έως 10 t Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 12 έως 100 t
Φούρνοι με επαγωγή για χαλκό και κράματα χαλκού (βιομηχανικής συχνότητας)	70 έως 1800	
Φούρνοι με επαγωγή για αλουμίνιο (βιομηχανικής συχνότητας)	250 έως 900	
Φούρνοι με επαγωγή για ψευδάργυρο (βιομηχανικής συχνότητας)	250 έως 1000	
Φούρνοι με αντίσταση	ως 1500	

15.8 Έρωτήσεις.

1. Από τί εξαρτάται η αναπτυσσόμενη σε έναν αγωγό θερμότητα, όταν από αυτόν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα;
2. Πώς μπορούμε να υπολογίζουμε την αναπτυσσόμενη ποσότητα θερμότητας σε kcal, σε αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα;

3. Το φαινόμενο Τζούλ αξιοποιείται επωφελώς ή συνεπάγεται απώλειες ενέργειας;
4. Ποιά τά πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής θερμάνσεως;
5. Τι είναι τα θερμαντικά στοιχεία;
6. Πώς μεταδίδεται η θερμότητα από τις μαγειρικές εστίες στα μαγειρικά σκεύη που τοποθετούνται σ' αυτές;
7. 'Από τί αποτελείται ο ηλεκτρικός θερμοσίφοντας;
8. Τι περιλαμβάνει τό ηλεκτρικό μαγειρείο;
9. 'Αναφέρετε μερικές ηλεκτρικές θερμικές συσκευές γιά οικιακές, αγροτικές, βιοτεχνικές καί έμπορικές χρήσεις.
10. Ποιές συσκευές χρησιμοποιούνται γιά τήν ηλεκτρική θέρμανση τών χώρων, ποιές άπ' αυτές είναι συναγωνίσιμες οικονομικά μέ τά μή ηλεκτρικά είδη θερμάνσεως καί πώς λειτουργούν;
11. Πόσα είδη ηλεκτρικών βιομηχανικών φούρνων έχομε;
12. Πώς επιτυγχάνεται ή ρύθμιση της άναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στους φούρνους μέ αντίσταση;
13. Πόσα είδη φούρνων μέ έπαγωγή έχομε καί άπό τί αποτελείται κάθε είδος;
14. Ποιά τά πλεονεκτήματα τών φούρνων μέ έπαγωγή;
15. Τι περιλαμβάνει μιá εγκατάσταση φούρνου ύψηλής συχνότητας μέ έπαγωγή;
16. Ποιά είδη ηλεκτρικής θερμάνσεως έχουν κοινό χαρακτηριστικό μέ τή θέρμανση μέ έπαγωγή καί ποιά είναι τό χαρακτηριστικό αυτό;
17. Ποú χρησιμοποιείται ή διηλεκτρική θέρμανση;
18. 'Από τί αποτελείται ή εγκατάσταση φούρνου μέ τόξο;
19. Ποιά είδη ηλεκτροσυγκόλλησης μέ αντίσταση διακρίνομε;
20. Κατά πόσους τρόπους είναι δυνατόν νά συγκολλήσομε δυό μεταλλικά τεμάχια μέ τό ηλεκτρικό τόξο;
21. Ποιά είδη συγκολλούνται μέ ύψηλή συχνότητα καί πώς επιτυγχάνεται αυτό;
22. Μέ ποιά είδος ηλεκτροσυγκόλλησης είναι δυνατή ή συγκόλληση θερμοπλαστικών υλικών;
23. Ποú εφαρμόζεται ή συγκόλληση μέ έκτόξευση σπινθήρα;
24. Ποιές ρυθμίσεις ύπάρχουν στίς μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης μέ αντίσταση;
25. Ποιός ό άπαιτούμενος έξοπλισμός στίς ηλεκτροσυγκόλλησης μέ τόξο;
26. Ποιό τό πλεονέκτημα καί ποιό τό μειονέκτημα τών ψυγείων άπορροφήσεως;
27. Πώς χρησιμοποιείται ό ηλεκτρισμός άμέσως γιά τήν παραγωγή ψύξεως;
28. Πώς επιτυγχάνεται σέ ψυγείο συμπίεσεως ή διατήρηση της θερμοκρασίας σέ σταθερή τιμή;
29. Ποιό είδος ψύξεως θά ήταν δυνατόν νά χρησιμοποιηθεί μέ έπιτυχία στίς εγκαταστάσεις κλιματισμού;
30. 'Αναφέρετε ένδεικτικά όρισμένες ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές.
31. Σέ ποιούς τομείς βρίσκουν έφαρμογή οι ηλεκτρονικές συσκευές καί τί περιλαμβάνουν κυρίως;
32. "Έχει ύπολογιστεί ό τι ένας χώρος χρειάζεται γιά νά θερμανθεί 5.429 kcal/h. Γιά τό σκοπό αυτό έχομε διαθέσιμες ηλεκτρικές θερμάστρες πού έχουν ή κάθε μιá αντίσταση 23 Ω. Πόσες τέτοιες θερμάστρες θά συνδέσομε στό δίκτυο τών 220 V;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

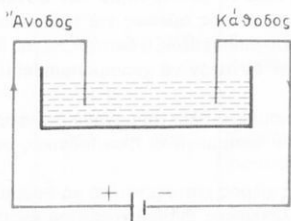
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ

16.1 Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού.

Άγωγιμα σώματα δέν είναι μόνο όρισμένα από τά στερεά σώματα, όπως είδαμε μέχρι τώρα, αλλά καί αρκετά από τά υγρά. “Όταν, λοιπόν, ένα μέρος ηλεκτρικού κυκλώματος αποτελείται από άγωγιμο υγρό, τό ρεύμα κυκλοφορεί κανονικά καί διαμέσου του υγρού αυτού. “Η διέλευση όμως του ρεύματος από έναν υγρό άγωγό συνοδεύεται συνήθως από χημικά φαινόμενα, τά όποια μελετά ή **“Ηλεκτροχημεία**. Τά χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού αξιοποιούνται κατά διάφορους τρόπους, όπως περιγράφεται στίς παραγράφους πού ακολουθούν.

16.2 “Ηλεκτρολύτες, ηλεκτρόλυση.

“Αν από τό θετικό καί τόν άρνητικό πόλο μιås πηγής συνεχούς ρεύματος ξεκινήσουν δύο άγωγοί (σύρματα), όπως φαίνεται στό σχήμα 16.2α, καί τά ελεύθερα



Σχ. 16.2α.

Διοχέτευση ρεύματος σέ υγρό.

ακρα τους βυθισθούν σέ ένα δοχείο, πού περιέχει υγρό, θά παρατηρηθεί ένα από τά ακόλουθα δύο φαινόμενα:

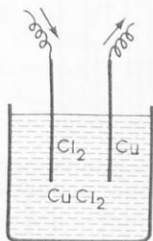
α) Τό υγρό διακόπτει τό ηλεκτρικό κύκλωμα, συμπεριφερόμενο ως μονωτικό υλικό. Τοῦτο συμβαίνει στήν περίπτωση κατά τήν όποία τό υγρό είναι καθαρό νερό, πετρέλαιο, βενζίνη ή άλλα καθαρά υγρά.

β) Τό ηλεκτρικό κύκλωμα κλείνει διαμέσου του υγρού καί τό ρεύμα κυκλοφορεί κανονικά, πράγμα πού συμβαίνει, όταν τό υγρό είναι υδράργυρος, λειωμένο

μέταλλο, άραιό όξύ, τήγμα ή διάλυμα μεταλλικού άλατος κλπ. Στην περίπτωση αυτή, τό ύγρό είναι καλός άγωγός του ήλεκτρισμού. "Αν τό άγώγιμο ύγρό είναι άπλό σώμα (ύδράργυρος, λειωμένο μέταλλο), τό ρεύμα διέρχεται μέσα άπ' αυτό, χωρίς νά προκαλεί σ' αυτό χημική αλλοίωση. "Αν, όμως, τό άγώγιμο ύγρό είναι λειωμένο άλας, όξύ, βάση ή άλας διαλυμένο σέ νερό ή σέ όρισμένα διαλυτικά, όπως είναι τό οινόπνευμα, ή ύγροποιημένη άμμωνία κ.ά., τότε ή διέλευση του ρεύματος έχει ως αποτέλεσμα τή χημική άποσύνθεση αυτού.

Τά ύγρά, πού άποσυντίθενται μέ τή διέλευση του ρεύματος, καλούνται **άγωγοί δεύτερου είδους** (γιά νά διακρίνονται άπό τά λοιπά άγώγιμα σώματα, ύγρά ή στερεά, πού καλούνται καί **άγωγοί πρώτου είδους**) ή **ήλεκτρολύτες** καί τό φαινόμενο τής άποσυνθέσεως καλείται **ήλεκτρολύση**. Τά δύο άγώγιμα σύρματα, πού βυθίζονται μέσα στό ύγρό καλούνται **ήλεκτροόδια**. Τό ένα άπό τά ήλεκτροόδια, πού χρησιμεύει γιά τήν **είσοδο του ρεύματος** μέσα στό ύγρό καί συνδέεται μέ τό θετικό πόλο τής πηγής, καλείται ειδικότερα **άνοδος**. Τό άλλο ήλεκτροόδιο, πού χρησιμεύει γιά τήν **έξοδο του ρεύματος**, καλείται **κάθοδος**.

Μέ τή διέλευση του ρεύματος, τά μόρια του ήλεκτρολύτη διαχωρίζονται (ήλεκτρολύση) σέ κινούμενα, ήλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια, πού καλούνται **ίόντα**. "Ετσι, αν σέ μιά διάλυση χλωριούχου χαλκού (CuCl_2) βυθίσουμε δύο ραβδόμορφα ήλεκτροόδια άπό άνθρακα, τά όποία συνδέονται μέ τούς πόλους μιάς πηγής συνεχούς ρεύματος (σχ. 16.2β), θά παρατηρήσουμε ότι, ενώ στήν άνοδο εκλύεται άέριο χλώριο, στήν κάθοδο άποτίθεται χαλκός· έτσι, άφού περάσει λίγος χρόνος, ή κάθοδος θά καλυφθεί άπό στρώμα χαλκού. "Επίσης, αν βυθίσουμε δύο ήλεκτροόδια σέ



Σχ. 16.2β.
Ήλεκτρολύση.

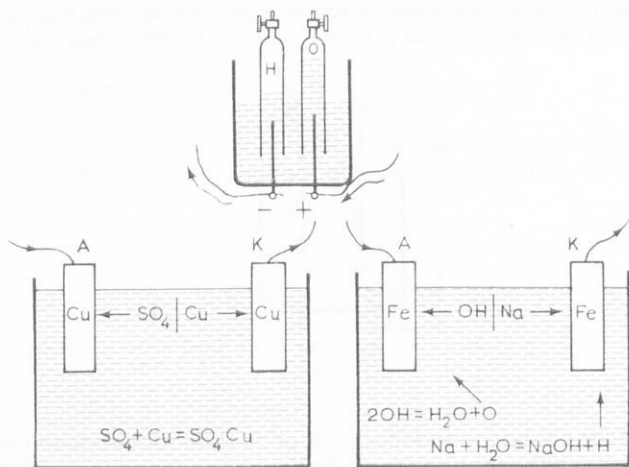
ύδατική διάλυση ύδροχλωρικού όξέος (HCl), μέ τή δίοδο του ήλεκτρικού ρεύματος προκαλείται ήλεκτρολύση, κατά τήν όποία ίόντα ύδρογόνου (H) καί χλωρίου (Cl), όδεύουν πρός τήν κάθοδο καί τήν άνοδο άντιστοιχώς. Κατά τήν ήλεκτρολύση, λοιπόν, ή όποία πραγματοποιείται **μόνο μέ συνεχές ρεύμα**, σέ κάθε περίπτωση συμβαίνουν τά έξης:

α) Τά προϊόντα τής άποσυνθέσεως **άναφαίνονται μόνο επάνω στήν επιφάνεια των ήλεκτροδίων** καί ούδέποτε στή μάζα του ήλεκτρολύτη.

β) Τό **μέταλλο** του ήλεκτρολύτη ή τό **ύδρογόνο** άποτελούν τά **θετικά φορτισμένα** ίόντα, τά όποία γιά τό λόγο αυτόν έλκονται άπό τήν κάθοδο καί καλούνται **κατίοντα**, ενώ ή ρίζα του όξέος, δηλαδή τό **όξυγόνο** ή τό **μεταλλοειδές**, άποτελούν τά άρνητικώς φορτισμένα ίόντα, πού έλκονται άπό τήν άνοδο καί καλούνται

ανιόντα. (Τό μέταλλο ή τό ύδρογόνο κινεΐται *πρός τήν κατεύθυνση* τοῦ ρεύματος, ἐνῶ τό ὀξυγόνο κινεΐται *ἀντίθετα πρὸς τήν κατεύθυνση* τοῦ ρεύματος).

Τό θετικά φορτισμένο ἰόν ὑδρογόνου, ὅταν φθάνει στήν κάθοδο, ὅπου ὑπάρχει περίσσεια ηλεκτρονίων, λαμβάνει τό ἡλεκτρόνιο πού τοῦ λείπει, γίνεται οὐδέτερο ἄτομο ὑδρογόνου καί ἀνέρχεται μέ ἀέρια μορφή. Τά μεταλλικά ἰόντα οὐδετεροποιῶνται ἐπίσης στήν κάθοδο, ἡ ὁποία καί καλύπτεται ἀπό στρώμα τοῦ μετάλλου αὐτοῦ. Σέ πολλές περιπτώσεις τά προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως δέν εἶναι αὐτά, πού θά περίμενε κανεῖς, σύμφωνα πρὸς ὅσα ἀναφέρθηκαν παραπάνω. Αὐτό ὀφείλεται στίς δευτερεύουσες χημικές ἀντιδράσεις, οἱ ὁποῖες γίνονται μεταξύ τῶν προϊόντων τῆς ἡλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως καί τοῦ ὑλικοῦ τῶν ἡλεκτροδίων, τοῦ διαλυτικοῦ ὑγροῦ ἢ τοῦ ἡλεκτρολύτη ἢ ἀκόμα μεταξύ τῶν ἰδίων τῶν προϊόντων τῆς ἡλεκτρολύσεως. Ἔτσι, ἂν τά δύο ἡλεκτρόδια εἶναι ἀπό σύρμα λευκοχρύσου καί ὁ ἡλεκτρολύτης ἀποτελεῖται ἀπό λίγο θειικό ὀξύ (H_2SO_4) διαλυμένο σέ νερό, κατά τήν ἡλεκτρόλυση τό H_2SO_4 χωρίζεται σέ H_2 καί SO_4 καί τό μέν H_2 συγκεντρώνεται στήν κάθοδο, ἐνῶ τό SO_4 φέρεται πρὸς τήν ἄνοδο. Τό SO_4 ὁμως ἀποσυντίθεται σέ SO_3 , πού ἐνώνεται μέ τό νερό γιά νά σχηματίζει πάλι H_2SO_4 , καί σέ O , πού ἐκλύεται στήν ἄνοδο. Μέ τόν τρόπο αὐτόν ἀποσυντίθεται τελικά τό νερό στά συστατικά του, πού μποροῦν νά συλλεγοῦν μέ ἀέρια μορφή στά ἡλεκτρόδια, ὅπως δείχνει τό σχῆμα 16.2γ, ὅπου φαίνονται καί ἄλλα παραδείγματα ἀπό δευτερεύουσες ἀντιδράσεις.



Σχ. 16.2γ.

Ήλεκτρόλυση νεροῦ.

Ἀποσύνθεση τοῦ νεροῦ ἐπιτυγχάνεται καί σέ ἄλλες περιπτώσεις δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, ὅπως π.χ. ὅταν γίνῃ ἡλεκτρόλυση νεροῦ, μέσα στό ὁποῖο ἔχει προστεθεῖ NaOH . Τό NaOH ἡλεκτρολύεται, ἀλλά ἀναγεννιέται μέ τέτοιο τρόπο, ὥστε νά παρέχεται ἡ ἐντύπωση ὅτι γίνεται ἀποσύνθεση τοῦ νεροῦ σέ ὀξυγόνο καί ὑδρογόνο.

Η ηλεκτρόλυση έχει πολυάριθμες εφαρμογές στη Μεταλλουργία και Χημεία γενικότερα, πού εξετάζονται στην επόμενη παράγραφο.

16.3 Έφαρμογές της ηλεκτρολύσεως.

Οι εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως είναι σημαντικότερες και απασχολούν ολόκληρες βιομηχανίες, οι οποίες σε όρισμένες περιπτώσεις καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας (Ηλεκτροβόρες βιομηχανίες). Οι ηλεκτροχημικές και ηλεκτρομεταλλουργικές βιομηχανίες καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, τόσο για την πραγματοποίηση της ηλεκτρολύσεως όσο και για τη θέρμανση (ηλεκτροθερμιά) των διαφόρων χημικών ενώσεων (π.χ. τήξη αλάτων για ηλεκτρόλυση, χημικές αντιδράσεις με θέρμανση κλπ.). Έτσι, εκτός από τα δοχεία ηλεκτρολύσεως, στην Ήλεκτρομεταλλουργία και Ήλεκτροχημεία χρησιμοποιούνται και ηλεκτρικοί φούρνοι (π.χ. αναγωγικοί φούρνοι).

1. Παραγωγή αερίων και χημικών ενώσεων.

Με την ηλεκτρόλυση διαφόρων υδατικών διαλύσεων παρασκευάζονται διάφορα αέρια, όπως είναι το οξυγόνο, το υδρογόνο, το χλώριο κλπ. και χημικές ενώσεις (υποχλωριώδη, χλωρικά).

2. Ήλεκτροχημικές οξειδώσεις.

Οι ηλεκτροχημικές οξειδώσεις επιτυγχάνονται με τη βοήθεια του οξυγόνου, πού εκλύεται στην άνοδο με κατάλληλη ηλεκτρόλυση (άνοδικές οξειδώσεις). Το προς οξείδωση μέταλλο δηλαδή τοποθετείται ως άνοδος μέσα σε κατάλληλο ηλεκτρολύτη, ο οποίος, όταν ηλεκτρολυθεί, δίνει προς την άνοδο οξυγόνο. Το οξυγόνο καθώς εκλύεται στην άνοδο, προκαλεί την επιθυμητή οξείδωση.

3. Ήλεκτροχημικές αναγωγές.

Οι ηλεκτροχημικές αναγωγές πραγματοποιούνται με την επίδραση του υδρογόνου πού εκλύεται κατά την ηλεκτρόλυση στην κάθοδο. Με την έκλογή ενός κατάλληλου ηλεκτρολύτη έχουμε κατά την ηλεκτρόλυση έκλυση υδρογόνου στην κάθοδο, όπου γίνεται η αναγωγή.

4. Ήλεκτρολυτική εξαγωγή των μετάλλων.

Αν, κατά την ηλεκτρόλυση, χρησιμοποιηθεί άνοδος από κράμα του προς εξαγωγή μέταλλου και ως ηλεκτρολύτης διάλυση άλατος από το ίδιο μέταλλο, θα πάρουμε στην κάθοδο απόθεμα καθαρού μετάλλου από το άλας (π.χ. αν ο ηλεκτρολύτης είναι θειικός χαλκός, παίρνουμε καθαρό χαλκό).

5. Ήλεκτρολυτική κάθαρση των μετάλλων.

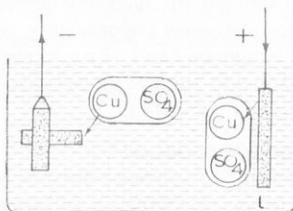
Για την κάθαρση των μετάλλων χρησιμοποιείται ως άνοδος το προς κάθαρση μέταλλο και ως ηλεκτρολύτης διάλυση άλατος από το ίδιο μέταλλο. Κάθε φορά πού ηλεκτρολύεται διάλυση μεταλλικού άλατος με άνοδο από το ίδιο μέταλλο (σχ. 16.2γ), το μέταλλο του ηλεκτρολύτη αποτίθεται στην κάθοδο, ενώ η ρίζα προσβάλλει την άνοδο, την οποία διαλύει, με αποτέλεσμα η πυκνότητα της διαλύσεως να παραμένει σταθερή. Έτσι, τελικά, το μέταλλο της άνοδου μεταφέρεται στην κάθοδο (ηλεκτρόλυση με **διαλυτή άνοδο**).

Μέ τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται π.χ. ο ηλεκτρολυτικός καθαρισμός του χαλκού.

6. Γαλβανοτεχνική.

Η **γαλβανοτεχνική** περιλαμβάνει τη **γαλβανοστεγία** και τη **γαλβανοπλαστική**.

Μέ τη **γαλβανοστεγία** πραγματοποιούνται διάφορες **έπιμεταλλώσεις**, κατά τις οποίες, αντικείμενα από οξειδούμενα μέταλλα επικαλύπτονται με στρώμα από άνοξειδωτο μέταλλο, όπως είναι το νικέλιο, ο ψευδάργυρος, ο άργυρος, ο χρυσός, το χρώμιο κλπ., το οποίο προσφύεται (κολλά) ισχυρά στην επιφάνεια του μεταλλικού αντικειμένου. Οι έπιμεταλλώσεις γίνονται με ηλεκτρόλυση, στην οποία χρησιμοποιείται διαλυτή άνοδος από το άνοξειδωτο μέταλλο (σχ. 16.3α)



Σχ. 16.3α.

Έπιμετάλλωση.

Μέ τη **γαλβανοπλαστική** αναπαράγονται διάφορα αντικείμενα, π.χ. μέταλλινα νομίσματα, αγαλμάτια κλπ. ως εξής:

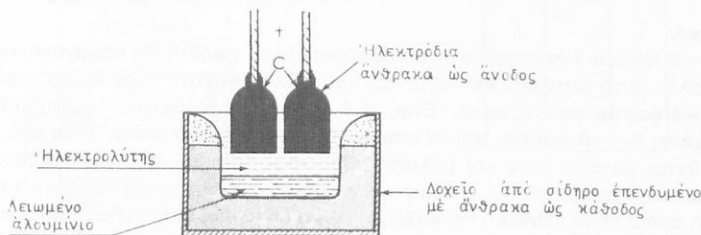
Κατασκευάζεται κοίλη μήτρα του αντικειμένου που πρόκειται να γίνει παραγωγή από ευπλαστο ύλικό (κερί, γύψος, γουταπέρκα κλπ.), ή οποία καλύπτεται από λεπτό στρώμα γραφίτη για να γίνει αγωγίμη. Η μήτρα αυτή βυθίζεται ως κάθοδος μέσα σε ηλεκτρολυτικό λουτρό, που περιέχει διάλυση άλατος του μετάλλου (συνήθως χαλκού), με το οποίο είναι επιθυμητή ή αναπαραγωγή. Κατά την ηλεκτρόλυση, η μήτρα καλύπτεται από μεταλλικό στρώμα που έχει πάχος ανάλογο προς το χρόνο της διόδου και την ένταση του ρεύματος· το στρώμα αυτό κατόπιν αποσπάται από τη μήτρα και εμφανίζει το αναπαραγόμενο αντικείμενο. Μέ τη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται και οι μεταλλικές μήτρες για την κατασκευή των δίσκων γραμμοφώνου. Για να γίνει αυτό, αρχικά κατασκευάζεται μήτρα από χαλκό με τη γαλβανοπλαστική, ή οποία αποτελεί τη βάση για την κατασκευή των τελικών μητρώων συμπίεσως, από τις οποίες παράγονται οι δίσκοι.

7. Άνοδίσωση (Έλοξάλ).

Η **άνοδίσωση** αποτελεί μέθοδο άνοδικής οξειδώσεως του αλουμινίου, κατά την οποία αντικείμενα από αλουμίνιο τοποθετούνται σε ηλεκτρολυτικό λουτρό ως άνοδοι με καθόδους πλάκες από μόλυβδο. Ο ηλεκτρολύτης, που αποτελείται από θειικό όξύ (H_2SO_4), ηλεκτρολύεται, όπως γνωρίζουμε, και στην άνοδο εκλύεται όξυγόνο. Το όξυγόνο αυτό ένωνεται με το αλουμίνιο και σχηματίζει πολύ σκληρό στρώμα οξειδίου, το οποίο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού· είναι άνθεκτικό στις χημικές επιδράσεις και μπορεί να χρωματιστεί. Έτσι τα αντικείμενα από αλουμίνιο προστατεύονται αποτελεσματικά από τη διάβρωση.

8. Ήλεκτρολυση λειωμένων αλάτων.

Γιά νά αποφεύγονται κατά τήν ήλεκτρόλυση οί δευτερεύουσες αντίδρασεις, πού προκαλούνται μέ τήν παρουσία νερού, πραγματοποιείται σέ όρισμένες περιπτώσεις ήλεκτρόλυση λειωμένων αλάτων γιά νά έξαχθει τό μαγνήσιο, τό άλουμίνιο, τό άσβέστιο, τό νάτριο, τό καΐσιο κ.ά. Έτσι, στήν περίπτωση του άλουμινίου, πού άποτελεί τή σημαντικότερη έφαρμογή τής μεθόδου αύτής, γίνεται ήλεκτρόλυση τής **άλουμίνας** (Al_2O_3), πού διαλύεται προηγούμενα σέ λουτρό άπό λειωμένο κρυόλιθο (σχ. 16.3β).

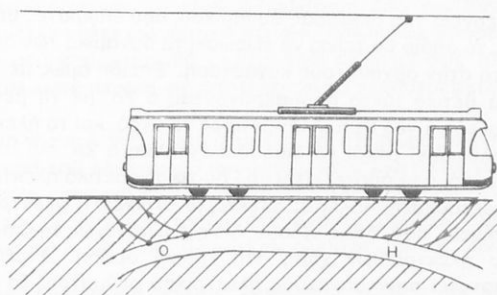


Σχ. 16.3β.

Ήλεκτρόλυση τετηγμένων (λειωμένων) αλάτων.

9. Ήλεκτρολυτικές διαβρώσεις.

Έκτός άπό τίς έφαρμογές τής ήλεκτρολύσεως, οί όποίες είναι, όπως είδαμε, χρησιμότατες, τό φαινόμενο τής ήλεκτρολύσεως έχει καί όρισμένες επιζήμιες καί έπομένως ανεπιθύμητες συνέπειες. Πράγματι, στό έδαφος κυκλοφορούν φυσικά ήλεκτρικά ρεύματα μικρής έντάσεως, καί μέ άγνωστη προέλευση, καθώς καί παράσιτα συνεχή ρεύματα, πού προέρχονται άπό ήλεκτροχημικές τάσεις (παράγρ. 16.4) ή άπό διαφυγές των δικτύων έλξεως (π.χ. ήλεκτρικών τροchioδρόμων). Γενικά,



Σχ. 16.3γ.

Ήλεκτρολυτική διάβρωση.

ήλεκτρικό ρεύμα κυκλοφορεί διαμέσου τής γής, όταν τα ήλεκτρικά δίκτυα χρησιμοποιούν τή γή ως άγωγό επιστροφής του ρεύματος ή έχουν σημεία έπαφής μέ αύτήν. Άν, λοιπόν, κοντά στή σιδηροτροχιά ενός δικτύου ήλεκτρικής έλξεως, πού χρησιμεύει καί ως άγωγός επιστροφής, βρίσκεται μία ύπόγεια μεταλλική κατασκευή (π.χ. μεταλλική σωλήνωση), τότε άπό τή σιδηροτροχιά διακλαδίζεται ένα παράσιτο ρεύμα πρός τή μεταλλική κατασκευή (σχ. 16.3γ). Τό ρεύμα αύτό διέρχεται άπό τό

έδαφος και από τμήμα της κατασκευής και ηλεκτρολύει το νερό, που περιέχεται μέσα στο έδαφος. Τό οξυγόνο, που παράγεται, κατευθύνεται αντίθετα προς την κατεύθυνση του ρεύματος (προς την άνοδο) και προκαλεί διάβρωση στη μεταλλική κατασκευή στα σημεία, όπου το ρεύμα την εγκαταλείπει.

16.4 Ήλεκτρικά στοιχεία.

1. Γενικά.

“Αν βυθίσουμε ένα μέταλλο σε οποιοδήποτε ηλεκτρολύτη, θα παρατηρήσουμε ότι το μέταλλο αυτό εκπέμπει θετικά ιόντα, που διαλύονται στο υγρό και μεταφέρουν τό θετικό φορτίο τους σ’ αυτό. Έτσι, τό υγρό φορτίζεται θετικά, ενώ τό μέταλλο, αφού χάνει θετικό φορτίο, φορτίζεται άρνητικά. Τά θετικά ιόντα, μέσα στο υγρό, άπωθούνται μεταξύ τους και μάλιστα τόσο περισσότερο, όσο πολυπληθέστερα είναι. Μέ τόν τρόπο αυτόν, ή τάση του μετάλλου νά έκτοξεύει τά ιόντα του στο υγρό, ή όποία είναι σταθερή και καλείται **πίεση ιονισμού**, αντίσταθμίζεται σιγά-σιγά από τίς αύξανόμενες δυνάμεις άπόσωσης, που έξασκούνται μεταξύ τών ιόντων. Έτσι, όταν οί άπωστικές δυνάμεις, που άποτελούν τή λεγόμενη **πίεση ιόντων**, έξισωθούν μέ τήν πίεση ιονισμού, ή έκτόξευση ιόντων του μετάλλου μέσα στο υγρό θά σταματήσει.

Μέσα στο ίδιο υγρό ή πίεση ιονισμού είναι διαφορετική στά διάφορα μέταλλα. “Αν, λοιπόν, μέσα σε ηλεκτρολύτη τοποθετηθούν δύο ηλεκτρόδια από διαφορετικά μέταλλα, π.χ. από χαλκό, Cu, και ψευδάργυρο, Zn, ή διαφορά δυναμικού μεταξύ Zn και υγρού θά είναι μεγαλύτερη από τή διαφορά δυναμικού μεταξύ Cu και υγρού, γιατί ό Zn εκπέμπει προς τό υγρό περισσότερα θετικά ιόντα από τόν Cu. Έτσι, μεταξύ Cu και Zn άναπτύσσεται έξωτερικά διαφορά δυναμικού και ό Zn βρίσκεται σε χαμηλότερο δυναμικό. “Αν συνδέσουμε έξωτερικά τά δύο ηλεκτρόδια μέ ένα σύρμα, τότε μέ τήν επενέργεια τής διαφοράς δυναμικού, που επικρατεί, θά κυκλοφορήσει ηλεκτρικό ρεύμα, τό όποίο θά τείνει νά έξισώσει τά δυναμικά τών δύο ηλεκτροδίων επαναφέροντάς τα στην άρχική τους κατάσταση. Έπειδή όμως μέ τήν κυκλοφορία του ρεύματος τά θετικά ιόντα άπομακρύνονται, ό Zn, μέ τή μεγαλύτερη πίεση ιονισμού, θά έκτοξεύσει νέα θετικά ιόντα προς τό υγρό, και τό ηλεκτρικό ρεύμα θά συνεχίσει νά κυκλοφορεί μέχρι νά διαλυθεί έντελώς ό Zn.

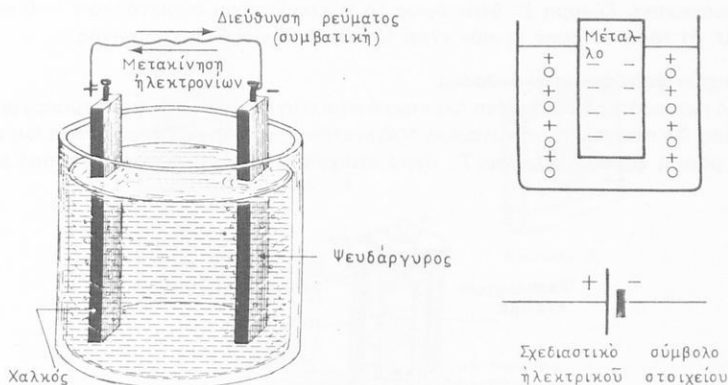
Τό σύστημα αυτό, που άποτελείται από δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια (σχ. 16.4α) βυθισμένα σε ηλεκτρολύτη, καλείται **ηλεκτρικό στοιχείο** ή **ηλεκτροχημικό ζεύγος**. Τό ηλεκτρικό στοιχείο, που, όπως είδαμε, διατηρεί συνεχώς τή διαφορά δυναμικού μεταξύ τών δύο ηλεκτροδίων χάρη στή χημική δράση μεταξύ μετάλλου και ηλεκτρολύτη, άποτελεί **πηγή** συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Τά δύο ηλεκτρόδια άποτελούν τούς **πόλους** τής πηγής· **άρνητικός πόλος** είναι τό ηλεκτρόδιο μέ τή μεγαλύτερη πίεση ιονισμού, π.χ. Zn, και **θετικός πόλος** τό άλλο ηλεκτρόδιο, π.χ. Cu. “Η διαφορά δυναμικού άποτελεί τήν **ηλεκτρεγερτική δύναμη** τής πηγής.

Τά ηλεκτρικά στοιχεία παράγουν, σύμφωνα μέ τά παραπάνω, ηλεκτρική ενέργεια μέ κατανάλωση χημικής ενέργειας, όπως στίς ηλεκτρικές γεννήτριες παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, όταν καταναλώνεται μηχανική ενέργεια.

2. Πόλωση τών ηλεκτροδίων.

“Αν σε δοχείο, που περιέχει άραιό θειικό όξύ, H₂SO₄, βυθίσουμε δύο ηλεκτρόδια

από λευκόχρυσο, Pt, καί διαβιβάσσουμε μέσα σ' αυτά συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα από εξωτερική πηγή, τότε θα εμφανιστεί (παράγρ. 16.2) στην άνοδο όξυγόνο καί στην κάθοδο ύδρογόνο. Τά δύο αυτά αέρια δημιουργούν ένα είδος μανδύα γύρω από κάθε ηλεκτρόδιο λευκοχρύσου καί κάνουν έτσι τά ηλεκτρόδια διαφορετικά. Τό φαινόμενο αυτό καλείται **πόλωση των ηλεκτροδίων**. Τά δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια



Σχ. 16.4α.
Ήλεκτρικό στοιχείο.

δημιουργούν ήδη ηλεκτρεγερτική δύναμη αντίθετη από την τάση της εξωτερικής πηγής (**άντιηλεκτρεγερτική δύναμη**). (Γιά νά είναι δυνατή ή ηλεκτρόλυση, πρέπει ή τάση της εξωτερικής πηγής νά είναι μεγαλύτερη από την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη πολώσεως). Ή ηλεκτρεγερτική δύναμη πολώσεως μπορεί νά προκαλέσει την κυκλοφορία ρεύματος, πού θά μετατοπίσει αντίστροφως τό όξυγόνο καί τό ύδρογόνο (**άποπολωτικό ρεύμα**), μέ αποτέλεσμα νά καταστρέψει τά αποτελέσματα της πολώσεως.

Τό φαινόμενο της πολώσεως παρατηρείται καί στά ηλεκτρικά στοιχεία. Πραγματικά, μέ τή διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, στον ένα πόλο, του Cu, αποτίθεται ύδρογόνο, τό όποιο εισχωρεί έν μέρος στό μέταλλο καί τροποποιεί τή φύση του ηλεκτροδίου. Έτσι, τά δύο ηλεκτρόδια δέν γίνονται βεβαίως όμοια, αλλά αποτελούν τώρα ένα στοιχείο μέ πολύ μικρότερη ηλεκτρεγερτική δύναμη.

3. Ήλεκτρεγερτική δύναμη καί διαφορά δυναμικού (τάση) στους πόλους στοιχείου.

Τό ρεύμα, πού κυκλοφορεί σέ ένα ηλεκτρικό στοιχείο, διέρχεται από την ηλεκτρική αντίσταση R του σύρματος, πού συνδέει τούς δύο πόλους της πηγής εξωτερικά, καί από την ηλεκτρική αντίσταση r του ηλεκτρολύτη (έσωτερική αντίσταση). Σύμφωνα μέ τό νόμο του Ώμ, αν εφαρμοσθεί στό κλειστό κύκλωμα, πού σχηματίζεται από τίς αντιστάσεις R καί r, θά έχομε:

$$E = I(R + r) = I \cdot R + I \cdot r$$

όπου: E είναι ή ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) του ηλεκτρικού στοιχείου καί I ή

ένταση του ρεύματος, πού κυκλοφορεί στο στοιχείο.

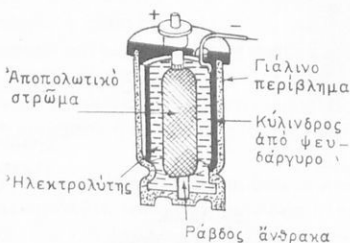
Έπειδή η ηλεκτρική τάση U του στοιχείου στους πόλους του, κατά το νόμο του "Ωμ, είναι ίση προς $R \cdot I$, θα είναι:

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

"Όταν, επομένως, τό στοιχείο παρέχει ρεύμα, η τάση U είναι μικρότερη από την ηλεκτρεγερτική δύναμη E : όταν όμως τό κύκλωμα είναι ανοικτό, τό $I = 0$ καί ή $E = U$. Ή τάση έν κενώ λοιπόν είναι ίση προς την Η.Ε.Δ. τής πηγής.

4. Στοιχεία ψευδαργύρου-άνθρακα.

Τό περισσότερο διαδομένο ηλεκτρικό στοιχείο είναι τό στοιχείο ψευδαργύρου-άνθρακα. Τό στοιχείο αυτό κατασκευάζεται είτε μέ τή μορφή **ύγρου στοιχείου**, είτε μέ τή μορφή **ξηρού στοιχείου**. Τό **ύγρό στοιχείο** (σχ. 16.4β) αποτελείται από έναν



Σχ. 16.4β.

Ύγρο στοιχείο.

κύλινδρο από ψευδάργυρο, ό όποιος αποτελεί τόν άρνητικό πόλο. Στο κέντρο του πόλου αυτού είναι τοποθετημένη μιά ράβδος από άνθρακα, πού περιβάλλεται μέ ένα στρώμα από μίγμα διοξειδίου του μαγγανίου (MnO_2), αϊθάλης καί γραφίτη καί αποτελεί τό θετικό πόλο. Μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων υπάρχει ηλεκτρολύτης από διάλυμα χλωριούχου άμμωνίου, NH_4Cl , ή άλλης ένωσης, μέσα σέ χημικά καθαρό νερό. Τό διοξείδιο του μαγγανίου χρησιμεύει ως **άποπολωτής** γιά τή δέσμευση του ύδρογόνου, πού παρουσιάζεται στο θετικό πόλο (τό ύδρογόνο συντίθεται μέ τό όξυγόνο του MnO_2 γιά νά σχηματίσει νερό).

Τό **ξηρό στοιχείο** (σχ. 16.4γ) περιέχει μεταξύ του ψευδαργύρου καί του θετικού πόλου μιά άδρανή μάζα (π.χ. ρινίσματα ξύλου, ζύμη, χαρτί κλπ.), πού έχει έμποτιστεί μέ χλωριούχο άμμώνιο. Τό ξηρό στοιχείο είναι άεροστεγώς κλεισμένο, ώστε νά άποφεύγεται ή πρόσ τά έξω διαρροή του ηλεκτρολύτη.

Τά ξηρά στοιχεία κατασκευάζονται μέ κυλινδρική μορφή (σχ. 16.4γ).

Ή ηλεκτρεγερτική δύναμη ενός καινούργιου στοιχείου από ψευδάργυρο-άνθρακα είναι περίπου 1,5 V.

Γιά τήν κατασκευή πηγών μεγαλύτερων τάσεων χρησιμοποιούνται πολλά στοιχεία, τά όποία συνδέονται σέ σειρά. Γιά τό σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ξηρά στοιχεία, πού τοποθετούνται τό ένα κοντά στο άλλο, συμπιέζονται καί περιβάλλονται από κάλυμμα, ώστε νά αποτελέσουν μιά **συστοιχία** (μπαταρία), τής όποίας ή τάση είναι πολλαπλάσιο του 1,5 V (σχ. 16.4γ).

Τά στοιχεία από ψευδάργυρο-άνθρακα δέν διατηρούνται για πολύ χρόνο, έστω καί αν δέν χρησιμοποιούνται, γιατί ο ψευδάργυρος καταστρέφεται με άργό ρυθμό καί όταν ακόμα δέν κυκλοφορεί ρεύμα (**αυτοεκφόρτιση**). Τά στοιχεία ψευδαργύρου-άνθρακα κατασκευάζονται καί σε διάφορες άλλες παραλλαγές για την καλύτερη έξυπνρήτηση του σκοπού για τον οποίο προορίζονται. Ξηρά στοιχεία κατασκευάζονται επίσης καί με ηλεκτρόδια από άλλα ύλικά.



Σχ. 16.4γ.
Ξηρά στοιχεία.

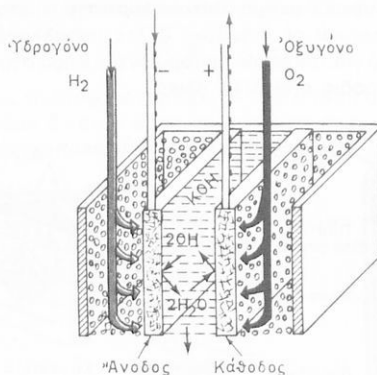
Τά ηλεκτρικά στοιχεία, καί κυρίως τά ξηρά στοιχεία, χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση φανών τσέπης, φορητών ραδιοφώνων, ηλεκτρικών παιχνιδιών, ηλεκτρικών ρολογιών, φωτογραφικών καί κινηματογραφικών μηχανών, αναπτήρων, όργάνων μετρήσεως κλπ. Χρησιμοποιούνται επίσης στις τηλεπικοινωνίες.

5. Στοιχεία καυσίμου.

Τά **στοιχεία καυσίμου** χρησιμεύουν για την άμεσης μετατροπή της χημικής ενέργειας των καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια (**ψυχρή καύση**). Τά στοιχεία αυτά λειτουργούν με καύσιμα στερεά, υγρά ή αέρια. Σε στοιχείο αυτού του είδους τό καύσιμο (π.χ. ύδρογόνο) εισάγεται απ' έξω (σχ. 16.4δ), κάθε φορά πού απαιτείται παραγωγή ενέργειας.

Τό καύσιμο έννεται μέσα στό στοιχείο με όξυγόνο, τό όποιο εισάγεται επίσης απ' έξω. Στό στοιχείο καυσίμου ύδρογόνου-όξυγόνου ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, KOH. Κάθε φορά, πού τό καύσιμο (ύδρογόνο) όξειδώνεται, μεταφέρονται ηλεκτρόνια από τά άτομα του προς τά άτομα του μέσου

οξειδώσεως (όξυγόνου). Τά ηλεκτρόνια αυτά αναγκάζονται νά ὀδεύσουν πρὸς τὸ μέσον ὀξειδώσεως ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸ κύκλωμα (ροή ηλεκτρικοῦ ρεύματος).



Σχ. 16.4δ.

Στοιχείο καυσίμου.

Τὸ ηλεκτρόδιο, πού βρίσκεται πρὸς τὴν πλευρά τοῦ ὑδρογόνου, ἀποτελεῖται ἀπὸ πορώδες νικέλιο, ἐνῶ τὸ ηλεκτρόδιο πρὸς τὴν πλευρά τοῦ ὀξυγόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ πορώδη ἄνθρακα (χωρὶς νά ἀποκλείονται καὶ ἄλλα ὑλικά γιὰ τὰ ηλεκτρόδια, ὅπως εἶναι ὁ ἄργυρος, ὁ λευκόχρυσος κλπ). Στούς πόρους κάθε ηλεκτροδίου εἰσχωρεῖ ἀπὸ τὴ μιά πλευρά τὸ αέριο καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλη ὁ ηλεκτρολύτης, πού, ὅταν ἔλθουν σέ ἐπαφή, δημιουργοῦν διαφορὲς δυναμικοῦ (τάσεις) διαφορετικές σέ κάθε ηλεκτρόδιο. Μεταξὺ τῶν δύο ηλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ τάσεως (περίπου 1,2 V ἐν κενῷ).

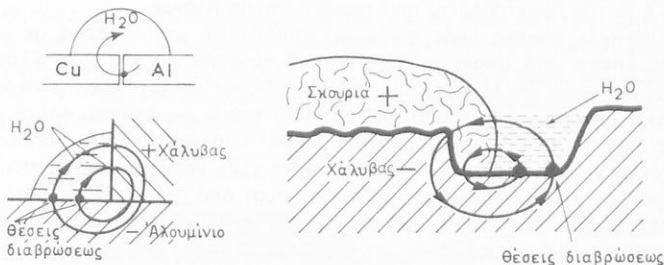
Τὰ στοιχεῖα καυσίμου μέ ὀξυγόνο καὶ ὑδρογόνο λειτουργοῦν σέ θερμοκρασία 20°C ὡς 100°C (στοιχεῖα χαμηλῆς θερμοκρασίας). Σέ ψηλότερες θερμοκρασίες καὶ πιέσεις εἶναι δυνατόν νά χρησιμοποιηθοῦν ἀντὶ γιὰ αέρια ὑγρά (π.χ. οἶνόνπνευμα) καί, τέλος, σέ πολὺ ψηλές θερμοκρασίες εἶναι δυνατόν νά χρησιμοποιηθοῦν φθηνότερα καύσιμα, τὰ ὁποῖα ὅμως ὀξειδώνονται δύσκολα.

Τὰ στοιχεῖα καυσίμου ἔχουν μεγάλη διάρκεια ζωῆς, σέ σύγκριση μέ τὰ λοιπὰ ηλεκτρικά στοιχεῖα, γιατί τὸ καύσιμο τροφοδοτεῖται ἀπ' ἔξω κάθε φορά, πού θά ζητηθεῖ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἔχουν ἐπίσης μικρότερο ὄγκο καὶ μικρότερο βάρος, ἀνά μονάδα ἰσχύος, W, ἀπὸ τὰ λοιπὰ στοιχεῖα, ὁ βαθμὸς ἀποδόσεώς τους εἶναι ὑψηλός, ἡ συντήρησή τους μικρή καὶ ἡ εὐαισθησία τους στὶς ὑπερφορτίσεις εἶναι ἐπίσης μικρή.

6. Διαβρώσεις.

Τὸ κοινὸ νερό, ὅταν περιλαμβάνει ἔστω καὶ μικρὴ ποσότητα ἀπὸ ἅλατα ἢ ὀξύ, εἶναι δυνατόν μέ δύο διαφορετικά μέταλλα νά ἀποτελέσει ηλεκτρικὸ στοιχεῖο. Ἔτσι, ἂν βρεθοῦν σέ ἐπαφή δύο διαφορετικά μέταλλα, π.χ. χαλκός καὶ ἄλουμινιο, μέσα σέ ὑγρὴ ἀτμόσφαιρα, θά δημιουργηθεῖ ηλεκτρικὸ στοιχεῖο, τοῦ ὁποῖου τὸ κύκλωμα κλείνει μέ τὴν ἴδια τὴν ὑγρασία. Τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, πού θά κυκλοφορήσει, θά ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νά ἐκλυθεῖ ὀξυγόνο ἐπάνω στοῦ ἑνα μέταλλο, τὸ ὁποῖο

βαθμιαίως θά διαβρωθεί στο σημείο της επαφής με τό άλλο μέταλλο (σχ. 16.4ε). Μέ τόν τρόπο αυτόν εξηγείται ό σχηματισμός τής σκουριάς στο σίδηρο, ό όποιος δέν είναι έντελώς καθαρός, αλλά έχει διάφορες προσμίξεις άλλων μετάλλων.



Σχ. 16.4ε.
Διαβρώσεις.

16.5 Συσσωρευτές.

Στήν παράγραφο 16.4(2) είδαμε ότι εξαιτίας του φαινομένου τής πολώσεως τά δύο όμοια ηλεκτρόδια από λευκόχρυσο είχαν μετατραπεί σε άνόμοια, μέ αποτέλεσμα νά δημιουργηθεί ηλεκτρικό στοιχείο. Τό ρεύμα πού κυκλοφορεί όταν συνδέσουμε έξωτερικά τούς δύο πόλους του στοιχείου αυτού (**άποπολωτικό ρεύμα**), επαναφέρει τά ηλεκτρόδια στην άρχική τους κατάσταση. Τό άποπολωτικό αυτό ρεύμα διαρκεί λίγο, γιατί οι άλλαγές πού επέρχονται στα ηλεκτρόδια μέ τήν πόλωση είναι επιφανειακές. "Αν, λοιπόν, οι άλλαγές αυτές ήταν βαθύτερες καί μεγαλύτερες, θά προέκυπτε ίσχυρό ηλεκτρικό στοιχείο, τό όποίο θά μπορούσε νά προκαλέσει τήν κυκλοφορία ρεύματος μεγάλης διάρκειας. Αυτό άκριβώς επιτυγχάνεται στους **ηλεκτρικούς συσσωρευτές**.

Οί ηλεκτρικοί συσσωρευτές, όπως καί τά ηλεκτρικά στοιχεία, αποτελούν πηγές ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος, οι όποιες, όμως, αντίθετα μέ τά ηλεκτρικά στοιχεία, δημιουργούνται μέ τή διοχέτευση ηλεκτρικής ενέργειας απ' έξω. "Η ενέργεια αυτή, όταν τελειώσει ό σχηματισμός τής πηγής, μπορεί νά αποδοθεί πάλι προς τά έξω. Στους συσσωρευτές, δηλαδή, γίνεται **άποθήκευση** τής ηλεκτρικής ενέργειας, ή όποία **συσσωρεύεται** μέσα σ' αυτούς, γιά νά ληφθεί πάλι, όταν καί όπου υπάρχει ανάγκη. Οί συσσωρευτές έχουν τό πλεονέκτημα, σε σύγκριση μέ άλλες πηγές συνεχούς ρεύματος, νά μπορούν νά ξανασηματίζονται μέ τή διοχέτευση ηλεκτρικής ενέργειας μέ τή μορφή συνεχούς ρεύματος, όταν αποδώσουν όλόκληρη τήν ηλεκτρική ενέργεια, πού είχαν συσσωρεύσει προηγουμένως.

1. Συσσωρευτές μολύβδου.

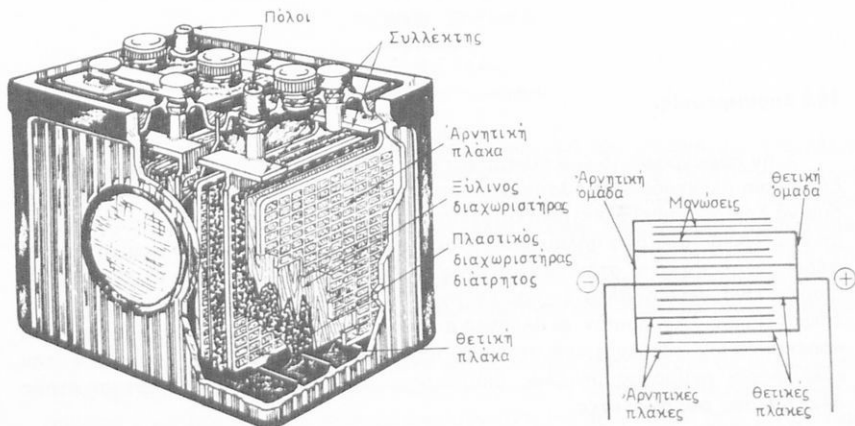
Οί **συσσωρευτές μολύβδου** αποτελούνται από ένα ή περισσότερα στοιχεία, κάθε ένα από τά όποια έχει τάση 2 V. "Αν συνδέσουμε ηλεκτρικά πολλά στοιχεία συσσωρευτη (Κεφάλ. 5), σχηματίζουμε μία **συστοιχία συσσωρευτη** (μπαταρία). Τό στοιχείο του συσσωρευτη αποτελείται βασικά:

α) 'Από μία σειρά θετικών και μία σειρά αρνητικών πλακών, που είναι κατασκευασμένες από σκληρό κράμα μολύβδου και αντιμονίου και έχουν μορφή πλέγματος. Στα διάκενα του πλέγματος αυτού τοποθετείται λαοπώδες ύλικό.

β) 'Από τό δοχείο, μέσα στο οποίο τοποθετούνται οι πλάκες.

γ) 'Από τόν ηλεκτρολύτη, που περιβάλλει τις πλάκες.

Οι θετικές πλάκες ενός στοιχείου συνδέονται μεταξύ τους με μολύβδινο έλασμα, επάνω στο οποίο υπάρχει κυλινδρικός άκροδέκτης· τό έλασμα αυτό καλείται **γέφυρα** ή **συλλέκτης** (χτένι) και ή σύνδεση είναι τέτοια, ώστε νά αποτελούν μιάν ομάδα πλακών (σχ. 16.5α). Με τόν ίδιο τρόπο συνδέονται και οι αρνητικές πλάκες και αποτελούν τήν αρνητική ομάδα πλακών. Οι δύο ομάδες πλακών εισέρχονται ή μία μέσα στην άλλη έτσι, ώστε κάθε θετική πλάκα νά περιβάλλεται από δύο αρνητικές πλάκες και κάθε αρνητική από δύο θετικές, εκτός από τις άκραιοις, που είναι πάντοτε αρνητικές. Βλέπομε δηλαδή ότι ή ομάδα των αρνητικών πλακών έχει μία πλάκα περισσότερη, από όσες έχει ή ομάδα των θετικών πλακών.



Σχ. 16.5α.

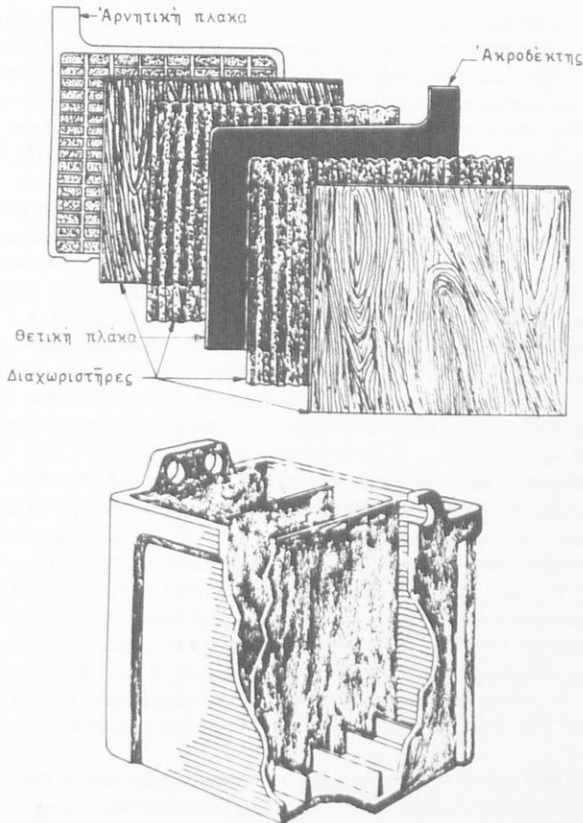
Συσσωρευτής μολύβδου.

Οι πλάκες, θετικές και αρνητικές, χωρίζονται μεταξύ τους με μονωτικά διαφράγματα, τούς **διαχωριστήρες** (οι διαχωριστήρες αυτοί είναι από ξύλο ή από διάτρητο φύλλο σκληρού ελαστικού ή πλαστικού ή από φύλλο από πλέγμα ύαλονήματος ή από συνδυασμό αυτών). Οι διαχωριστήρες είναι απαραίτητοι για νά μήν μπορούν νά έλθουν σέ έπαφή οι θετικές με τις αρνητικές πλάκες και νά προκληθούν έτσι έσωτερικά βραχυκυκλώματα.

Οι διαχωριστήρες πρέπει νά είναι άνθεκτικοί στην επίδραση του ηλεκτρολύτη και πορώδεις για νά διακινούνται τά ιόντα.

Κάθε στοιχείο τοποθετείται σέ ιδιαίτερο διαμέρισμα του κιβωτίου του συσσωρευτή, που σχηματίζεται από έσωτερικά χωρίσματα και αποτελεί τό δοχείο του στοιχείου. Τό κιβώτιο του συσσωρευτή είναι κατασκευασμένο από σκληρό έλαστικό ή από πλαστικό ή είναι γιάλινο (σχ. 16.5β). Τά δοχεία των στοιχείων γεμίζουν με τόν

ηλεκτρολύτη, πού είναι ύδατικό διάλυμα θειικού όξέος μέ πυκνότητα 1,20 ως 1,28 g/cm³. Τό κιβώτιο τοῦ συσσωρευτοῦ κλείνει στό ἐπάνω μέρος μέ **κάλυμμα** ἀπό τό ἴδιο ὕλικό, ἀπό τό ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τό κιβώτιο καί στόν ἄρμό πού σχηματίζεται τοποθετεῖται στεγανοποιητικό ὕλικό (πίσσα). Τό κάλυμμα καί στό τμήμα πού ἀντιστοιχεῖ κάθε στοιχείο, φέρει δύο τρύπες γιά τή διέλευση τῶν κυλινδρικών ἀκροδεκτῶν καί μία τρύπα μέ βιδωτό πῶμα ειδικῆς κατασκευῆς γιά τόν ἐξαερισμό καί τή συμπλήρωση μέ ηλεκτρολύτη. Γιά κάθε δύο στοιχεῖα ὑπάρχει μία γέφυρα γιά τή σύνδεση τῶν στοιχείων σέ σειρά (γιά τήν ἀθροισή τῶν τάσεων τῶν στοιχείων), ὅπως δείχνει τό σχῆμα 16.5α.



Σχ. 16.5β.

Πλάκες καί κιβώτιο συσσωρευτοῦ μολύβδου.

Τό λασπῶδες ὕλικό (ἐνεργή μάζα) πού τοποθετεῖται, ὅπως ἀναφέραμε, στίς ἀρνητικές καί θετικές πλάκες, ἀποτελεῖται ἀπό ὀξειδία τοῦ μολύβδου. Μετά ἀπό ηλεκτροχημική ἐπεξεργασία (φορμάρισμα) ἡ ἐνεργή μάζα τῶν θετικῶν πλακῶν

μετατρέπεται σε υπεροξειδίο του μολύβδου, **καστανού** χρώματος, ενώ η μάζα των αρνητικών πλακών μετατρέπεται σε οπογγώδη καθαρό μόλυβδο **καφέ** χρώματος.

“Αν συνδέσουμε τούς δύο ακροδέκτες ενός συσσωρευτή με εξωτερική κατανάλωση, θα κυκλοφορήσει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, πού θα εξαρτάται από την αντίσταση της καταναλώσεως και την τάση του συσσωρευτή. “Όταν ο συσσωρευτής τροφοδοτεί εξωτερική κατανάλωση, λέμε ότι **έκφορτίζεται**. Κατά την έκφόρτιση γίνονται οι χημικές αντιδράσεις πού αναγράφονται στο σχήμα 16.5γ (έκφόρτιση) και οι πλάκες αλλοιώνονται και μετατρέπονται σε θειικό μόλυβδο, $PbSO_4$.

“Όταν λοιπόν τά στοιχεία μιάς συστοιχίας συσσωρευτή εκφορτισθούν τελείως, τά ηλεκτρόδια γίνονται όμοια, δηλαδή χημικός μόλυβδος, και η τάση μηδενίζεται. “Εάν συνδέσουμε έκφορτισμένο συσσωρευτή με εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος, ώστε νά κυκλοφορήσει σ’ αυτόν ηλεκτρικό ρεύμα με φορά αντίθετη από τη φορά του ρεύματος έκφορτίσεως, θά γίνουν οι αντιδράσεις του σχήματος 16.5γ (φόρτιση) και θά μεταβληθούν πάλι οι πλάκες, παίρνοντας την αρχική τους μορφή. “Η τροφοδότηση των συσσωρευτών από ξένη πηγή καλείται **φόρτιση**.

Κατά την έκφόρτιση, ο ηλεκτρολύτης αραιώνεται, ενώ κατά τη φόρτιση πυκνώνεται και πάλι.

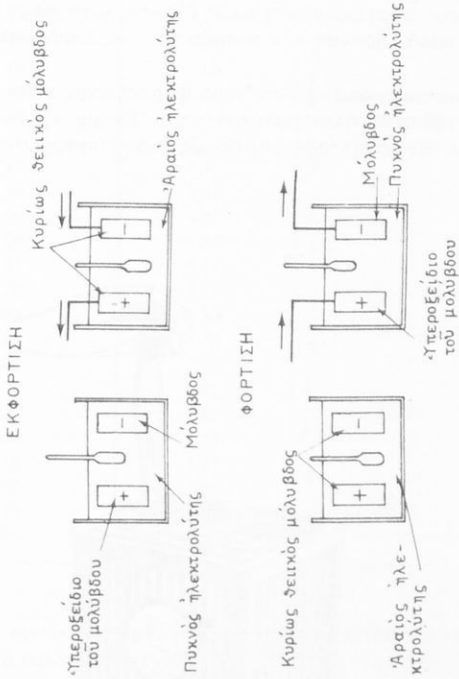
Χωρητικότητα ενός καλά φορτισμένου συσσωρευτή καλείται η ποσότητα του ηλεκτρισμού, πού μπορεί νά δώσει ο συσσωρευτής αυτός, όταν έκφορτιστεί με όρισμένη ένταση ρεύματος. “Η χωρητικότητα των συσσωρευτών εκφράζεται σε **άμπερώρια**, με σύμβολο Ah. “Αν π.χ. ένας συσσωρευτής μπορεί νά μās δώσει κατά την έκφόρτιση ρεύμα 6 A επί 5 h, λέμε ότι έχει χωρητικότητα $6 \times 5 = 30$ Ah.

“Η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο περισσότερες πλάκες έχει κάθε στοιχείο του και όσο μεγαλύτερο είναι τό **βάρος** και η **επιφάνεια** κάθε πλάκας. “Η χωρητικότητα λοιπόν εξαρτάται από τις διαστάσεις και τό βάρος της συστοιχίας του συσσωρευτή. Οι μικροί συσσωρευτές έχουν χωρητικότητα 15 ως 20 Ah, ενώ οι μεγάλοι έχουν χωρητικότητα μέχρι 10.000 Ah.

“Η χωρητικότητα των συσσωρευτών μολύβδου μεταβάλλεται πολύ ανάλογα με τόν τρόπο έκφορτίσεώς τους. “Αν δηλαδή η ένταση του ρεύματος με την οποία γίνεται η έκφόρτιση είναι ύψηλη, ή χημική ενέργεια πού περικλείουν οι πλάκες δέν χρησιμοποιείται πλήρως. Γιά τό λόγο αυτό αν έχομε συσσωρευτή με χωρητικότητα 120 Ah και τόν έκφορτίσαμε με ένταση 6 A, η έκφόρτιση θά διαρκέσει 20 h. “Αν όμως η έκφόρτιση γίνει με ένταση 12 A, η διάρκεια της έκφορτίσεως δέν θά είναι 10 h, πού αντιστοιχούν πάλι σε 120 A, αλλά μόνο 8 h, πού αντιστοιχούν σε $12 \times 8 = 96$ Ah. Βλέπομε λοιπόν ότι η χωρητικότητα ελαττώνεται, όταν ή διάρκεια της έκφορτίσεως ελαττώνεται. Γ’ αυτό οι κατασκευαστές των συσσωρευτών δίνουν τρεις τιμές χωρητικότητας, πού αντιστοιχούν σε τρεις χρόνους έκφορτίσεως: 3 ώρων, 10 ώρων και 20 ώρων.

Πολλές φορές γιά τό χαρακτηρισμό των συσσωρευτών, εκτός από τη χωρητικότητα δίνεται και τό βάρος των πλακών του. Οι κατασκευαστές συσσωρευτών δηλαδή δίνουν την **ειδική χωρητικότητα**, με την οποία η χωρητικότητα αναφέρεται στο χιλιόγραμμο βάρους των πλακών, π.χ. ειδική χωρητικότητα 10 Ah/kg.

Οί συσσωρευτές, και όταν ακόμη δέν παρέχουν ρεύμα, όταν δηλαδή τό έξωτερικό τους κύκλωμα είναι ανοικτό, έκφορτίζονται με άργο ρυθμό και χάνουν μέχρι 1% της χωρητικότητάς τους κάθε μέρα. Τό φαινόμενο αυτό οφείλεται σε κατασκευαστικούς λόγους και καλείται **αυτοεκφόρτιση**· ή αυτοεκφόρτιση είναι τόσο



ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ



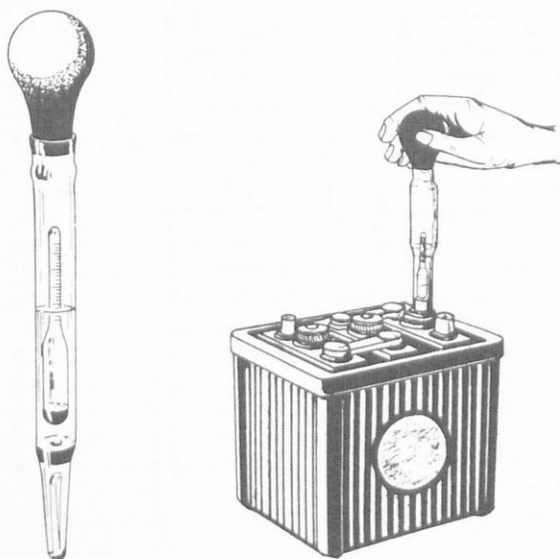
Σχ. 16.5γ.

Χημικές αντιδράσεις εκφόρτισης.

έντονότερη, όσο ψηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο βρίσκεται ο συσσωρευτής και όσο λιγότερο καθαρός είναι ο ηλεκτρολύτης. Έπειδή παρατηρείται τό φαινόμενο αυτό, οι συσσωρευτές δέν πρέπει νά μένουν άχρησιμοποίητοι, συνήθως περισσότερο από 20 μέρες, γιατί, άν ο συσσωρευτής έκφορτιστεί περισσότερο από ένα όρισμένο όριο, καταστρέφεται.

"Αν θέλομε νά άποθηκεύσαμε συσσωρευτή γιά μεγάλο χρονικό διάστημα, λαμβάνομε κατάλληλα μέτρα προστασίας γιά νά μήν καταστραφεί. "Έτσι, φορτίζομε τόν άποθηκευμένο συσσωρευτή περιοδικά μέ μικρή ένταση (π.χ. κάθε μήνα μέχρι 10 h μέ ένταση 1 ως 3 A), άν ή άποθήκευση γίνεται γιά χρονικό διάστημα 2 ή 3 μηνών. "Αν προβλέπομε άποθήκευση 3 ως 6 μήνες, τότε άποθηκεύομε τό συσσωρευτή φορτισμένο, αλλά χωρίς ήλεκτρολύτη. Τέλος, άν προβλέπεται άποθήκευση πάνω από 6 μήνες, τόν άποθηκεύομε φορτισμένο και χωρίς ήλεκτρολύτη, αφού προηγουμένως φροντίσαμε γιά τήν καλή ξήρανση τών πλακών του, τίς όποιες πλύνομε μέ άποσταγμένο νερό.

"Όπως είδαμε προηγουμένως, όσο περισσότερο φορτισμένος είναι ο συσσωρευτής, τόσο πυκνότερος είναι ο ήλεκτρολύτης του. "Έχομε τή δυνατότητα έπομένως νά προσδιορίζομε τήν κατάσταση φορτίσεως ενός συσσωρευτή μετρώ-



Σχ. 16.55.

Μέτρηση πυκνότητας ήλεκτρολύτη συσσωρευτή.

τας τήν πυκνότητα του ήλεκτρολύτη του. Γιά τό σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε όπως γνωρίζομε από τή Φυσική, τό **πυκνόμετρο**, μέ τό όποιο είναι δυνατή ή άναρρόφηση ύγρου από τό δοχείο κάθε στοιχείου, όπως δείχνει τό σχήμα 16.5δ, και ή μέτρηση τής πυκνότητάς του, πού δίνεται είτε σε g/cm^3 είτε σε βαθμούς **Μπωμέ** (μπωμόδε-

τρο). Η αντίστοιχία πυκνότητας και καταστάσεως φορτίσεως κάθε συσσωρευτή δίνεται στον Πίνακα 16.5.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.5.1.

Αντιστοιχία πυκνότητας και καταστάσεως συσσωρευτών.

Πυκνότητα του ηλεκτρολύτη σε βαθμούς Μπωμέ	Πυκνότητα του ηλεκτρολύτη σε g/cm ³	Κατάσταση φορτίσεως του συσσωρευτή	
		Βαθμός φορτίσεως %	Τάση των στοιχείων εν κενώ σε V
12	1,08	} Έκφορτισμένος Συσσωρευτής	1,96
13	1,09		
14	1,10		
15	1,11		
16	1,12		
17	1,13	} 25%	2,00
18	1,14		
19	1,15		
20	1,16		
21	1,17		
22	1,18	} 50%	2,04
23	1,19		
24	1,20		
25	1,21		
26	1,22		
27	1,23	} 75%	2,08
28	1,24		
29	1,25		
30	1,26		
31	1,27		
32	1,28	} 100%	2,15

Κατά την εκφόρτιση ενός συσσωρευτή, η τάση του παραμένει περίπου σταθερή για αρκετό διάστημα, μέχρι η χωρητικότητά του να αρχίσει να εξαντλείται σημαντικά, όποτε η τάση πέφτει ταχέως. Η εκφόρτιση του συσσωρευτή δεν επιτρέπεται να συνεχιστεί, όταν η τάση φθάσει σε 1,8 V, γιατί τότε υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν οι πλάκες, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να φορτιστούν ξανά. Πραγματικά στην περίπτωση αυτήν όπως και στην περίπτωση μακροχρόνιας αποθηκεύσεως χωρίς τη λήψη των κατάλληλων μέτρων, ο θειικός μόλυβδος, που σχηματίζεται στις πλάκες, σχηματίζει χοντρούς λευκούς κρυστάλλους, οι οποίοι μειώνουν την απόδοση του συσσωρευτή και τελικώς τον καταστρέφουν. Τό φαινόμενο αυτό καλείται **θειίκωση** και έχει ως αποτέλεσμα να χάσει ο συσσωρευτής τη δυνατότητα να επαναφορτιστεί. Θειίκωση είναι δυνατόν να υποστεί ο συσσωρευτής και στην περίπτωση, κατά την οποία λειτουργεί χωρίς ο ηλεκτρολύτης να καλύπτει τελείως τις πλάκες.

Έκτός από τήν θειίκωση, ή άνοδος τής θερμοκρασίας του συσσωρευτή από ύπερφορτίσεις, ή χαλάρωση του ένεργου ύλικού των πλακών λόγω παραμονής του συσσωρευτή σέ πολύ ψυχρό περιβάλλον, ιδίως όταν είναι εκφορτισμένος, καί ή μακροχρόνια χρήση του συσσωρευτή έχουν ως άποτέλεσμα διάφορες καταστροφές των μερών, από τά όποια άποτελείται (σκελετός των πλακών, μονωτικά διαφράγματα κλπ.)· κυρίως όμως τό ένεργό ύλικό κατακαθίζει στόν πυθμένα του κιβωτίου, όπου σιγά-σιγά δημιουργείται άγώγιμο στρώμα, πού, όταν άποκτήσει άρκετό πάχος, φτάνει στό κάτω μέρος των πλακών, τίς όποιες βραχυκυκλώνει. "Όταν ό συσσωρευτής βραχυκυκλωθεί έσωτερικά, δέν μπορεί νά έπαναφορτιστεί.

Ή διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή εκφράζεται από τό πλήθος των έπαναλαμβανόμενων φορτίσεων καί εκφορτίσεων, πού μπορεί νά ύποστεί, χωρίς νά χάσει περισσότερο από τό 20% τής όνομαστικής του χωρητικότητας. "Ένας καλός συσσωρευτής χάνει 20% τής όνομαστικής του χωρητικότητας μετά από 200 ως 250 φορτίσεις καί εκφορτίσεις.

Γιά νά φορτίσμε ένα συσσωρευτή, ακολουθοΰμε τίς όδηγίες του κατασκευαστή του συσσωρευτή πού έχομε. Γενικά, τόν γεμίζομε, άν είναι κενός, μέ ήλεκτρολύτη πυκνότητας 1,24 καί τόν αφήνομε άρκετό χρόνο γιά νά ποτιστοΰν καλά οι πλάκες του (π.χ. 12 ή 24 h, στην περίπτωση πρώτης φορτίσεως ενός καινούργιου συσσωρευτή, 2 h στην περίπτωση φορτίσεως άποθηκευμένου συσσωρευτή, πού είναι κενός μέ πλάκες πού έχουν ξεραθεί). "Υστερα, άφού γεμίσομε τό συσσωρευτή μέ ήλεκτρολύτη, μέχρι πού ή στάθμη του νά ξεπεράσει λίγο τό επάνω μέρος των πλακών, τόν συνδέομε μέ πηγή συνεχούς ρεύματος. Τό ρεύμα φορτίσεως ρυθμίζεται έτσι, ώστε νά είναι συνήθως ίσο πρός τό 1/20 ή τό 1/10 των άμπερών. "Όσο χρόνο διατηροΰμε **σταθερό τό ρεύμα** φορτίσεως, ή τάση τροφοδοτήσεως του φορτιζόμενου συσσωρευτή αύξάνει. "Όταν ή τάση αύτή φτάσει τά 2,4 V περίπου, τότε εκλύονται άφθονα άέρια. Ή ένταση του ρεύματος φορτίσεως από τό σημείο αυτό θά πρέπει νά έλαττωθεί (2 ως 5 A) καί ή φόρτιση νά συνεχιστεί, μέχρι ή πυκνότητα του ήλεκτρολύτη νά παΰσει νά άνεβαίνει. "Αν ή φόρτιση του συσσωρευτή συμπληρωθεί, αλλά παρ' όλα αυτά συνεχίσομε νά τόν τροφοδοτοΰμε, τότε, έπειδή ό συσσωρευτής δέν θά μπορεί νά άποθηκεΰσει άλλη ένέργεια, ή ένέργεια πού του παρέχομε θά καταναλώνεται άπλώς γιά τήν παραγωγή θερμότητας καί άερίων.

Ή φόρτιση του συσσωρευτή μπορεί νά γίνεται καί ταχύτερα, μέ τή λεγόμενη **ταχεία φόρτιση**. Στην αρχή αύτής τής φορτίσεως, τό ρεύμα είναι 7 ως 10 φορές μεγαλύτερο από τό κανονικό καί κατόπιν μειώνεται προοδευτικά, όσο αύξάνει ή τάση του συσσωρευτή. "Έτσι δέν εκλύονται πολλά άέρια κατά τή φόρτιση. Ήπειδή τά άέρια αυτά είναι όξυγόνο καί ύδρογόνο, απαιτείται καλός άερισμός του θαλάμου φορτίσεως γιά τήν άποφυγή του κινδύνου έκρήξεως.

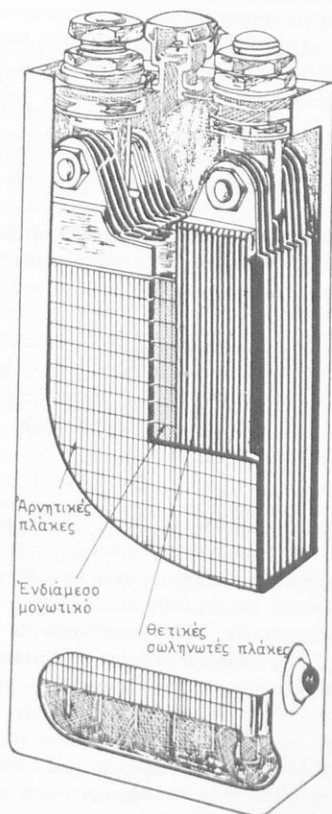
Ήπειδή κατά τή φόρτιση δημιουργείται άνοδος τής θερμοκρασίας, τό νερό του διαλύματος του ήλεκτρολύτη, εκτός από τίς άπώλειες, πού όφείλονται στό σχηματισμό των αερίων, ύφίσταται άπώλειες καί έξαιτίας τής εξατμίσεως. Πρέπει λοιπόν κατά διαστήματα νά προσθέεται στό συσσωρευτή άποσταγμένο νερό.

2. Λοιποί τύποι συσσωρευτών.

Έκτός από τούς συσσωρευτές μολύβδου, χρησιμοποιούνται καί οι **συσσωρευτές χάλυβα ή άλκαλικοί συσσωρευτές** καί οι **συσσωρευτές άργύρου-ψευδαργύρου**.

Οί **άλκαλικοί συσσωρευτές** έχουν συνθετικές πλάκες, πού άποτελοΰνται από

σκληρές επινικελωμένου χάλυβα, μέσα στους οποίους τοποθετείται ενεργή μάζα από υδροξείδιο του **νικελίου**· οι αρνητικές πλάκες τους είναι από επινικελωμένο χάλυβα με μορφή διάτρητων δοχείων, μέσα στα οποία τοποθετούνται οξείδια του **σιδήρου** ή του **καδμίου** (σχ. 16.5ε). 'Ο ηλεκτρολύτης των συσσωρευτών αυτών είναι διάλυμα **καυστικού καλίου**, μέ πυκνότητα $1,2 \text{ g/cm}^3$, πού δέν μετέχει σχεδόν



Σχ. 16.5ε.

Άλκαλικός συσσωρευτής.

καθόλου στις χημικές αντιδράσεις τής φορτίσεως καί έκφορτίσεως· χρησιμεύει μόνο ως αγωγίμο μέσο ανάμεσα στά ηλεκτρόδια. 'Ετσι ή κατάσταση φορτίσεως τών συσσωρευτών αυτών δέν μπορεί νά διαπιστωθεί από τήν πυκνότητα του ηλεκτρολύτη, ή όποία δέν μεταβάλλεται σχεδόν καθόλου.

Οί άλκαλικοί συσσωρευτές σέ σύγκριση μέ τούς συσσωρευτές μολύβδου έχουν:

α) Μέση τάση έν κενῷ (Η.Ε.Δ.) μόνο $1,2 \text{ V}$.

β) Έσωτερική αντίσταση μεγαλύτερη.

γ) Μικρότερο βαθμό αποδόσεως.

δ) Ειδική χωρητικότητα σημαντικά μεγαλύτερη (περίπου 14 Ah/kg) σε σύγκριση με τους συσσωρευτές μολύβδου (11 Ah/kg).

ε) Έλάττωση της Η.Ε.Δ., από την έναρξη της εκφορτίσεως μέχρι το τέλος της, μεγαλύτερη (30%) σε σύγκριση με τους συσσωρευτές μολύβδου (15%).

στ) Κόστος σημαντικά μεγαλύτερο.

Η σταθερότητα της τάσεως των συσσωρευτών μολύβδου (μικρή έσωτερική αντίσταση), ή μεγαλύτερη τάση κατά στοιχείο και το μικρό κόστος τους είναι οι βασικές αιτίες, για τις οποίες οι συσσωρευτές αυτοί βρίσκουν τις περισσότερες εφαρμογές.

Οι αλκαλικοί συσσωρευτές έχουν μεγαλύτερη μηχανική άντοχή, απαιτούν μικρότερη επίβλεψη και συντήρηση και μπορούν να μείνουν αφόρτιστοι επί μήνες, χωρίς καμιά ζημιά, ενώ η εκφόρτισή τους μπορεί να παραταθεί όσοδηποτε. Η χωρητικότητά τους δεν μεταβάλλεται με τον τρόπο εκφορτίσεως.

Από τους αλκαλικούς συσσωρευτές, οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου μπορούν να φορτιστούν με πολύ μικρή ένταση ρεύματος και παρουσιάζουν μικρότερη απόλεια τάσεως.

Οι συσσωρευτές αργύρου-ψευδαργύρου έχουν θετική ενεργή μάζα από οξείδιο του αργύρου και αρνητική μάζα από ψευδάργυρο. Ο ηλεκτρολύτης είναι άλας αμετάβλητο κατά την εκφόρτιση ή φόρτιση. Ο συσσωρευτής αυτός έχει πολύ καλό βαθμό αποδόσεως και είναι κατά πολύ ελαφρότερος από τους συσσωρευτές μολύβδου για την ίδια παροχή ενέργειας.

3. Χρήσεις.

Οι συσσωρευτές χρησιμοποιούνται σε όσες περιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να έχουμε παροχή ρεύματος από το δίκτυο της πόλεως. Έτσι έχουμε τους **συσσωρευτές** για την εκκίνηση των **αυτοκινήτων** (συσσωρευτές μολύβδου), την τροφοδότηση των φώτων τους καθώς και λοιπών ηλεκτρικών εξαρτημάτων τους, τους **συσσωρευτές** για την εκκίνηση **μοτοσυκλετών**, τους **συσσωρευτές έλξεως**, για την κίνηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τους **συσσωρευτές** για το **βοηθητικό φωτισμό** και φωτισμό **ασφάλειας** θεάτρων, νοσοκομείων κλπ. Στους συσσωρευτές αυτούς, οι συστοιχίες τους τοποθετούνται έτσι, ώστε να φορτίζονται όταν δεν λειτουργούν και να αναλαμβάνουν αυτόματα, με ειδικό μεταγωγέα, την τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια, όταν σημειωθεί διακοπή της παροχής του δικτύου της πόλεως. Επίσης συσσωρευτές χρησιμοποιούνται στην **τηλεφωνία** ή στη **σηματοδότηση** (σε απομακρυσμένους σηματοδότες χρησιμοποιούνται συσσωρευτές μικρής συντηρήσεως, δηλαδή αλκαλικοί συσσωρευτές). Έχουμε ακόμα τους **συσσωρευτές** ηλεκτρικών **υποσταθμών**, τους **ναυτικούς συσσωρευτές** (πλοίων και υποβρυχίων), τους **συσσωρευτές εροπλάνων** (συσσωρευτές μικρού βάρους, δηλαδή συσσωρευτές αργύρου-ψευδαργύρου) κ.ά.

16.6 Έρωτήσεις.

1. Τα υγρά είναι καλοί ή κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού; Αναφέρετε παραδείγματα.
2. Σε ποιά από τα υγρά γίνεται ηλεκτρόλυση με τη διέλευση του ρεύματος;
3. Σε τί συνίσταται το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσεως;

4. Κατά την ηλεκτρόλυση πώς οδεύει τό ιόν **ύδρογόνου** ή **μετάλλου** σέ σχέση πρός τήν κατεύθυνση τοῦ ρεύματος καί πώς τό **όξυγόνο**;
5. Ποῦ ὀφείλεται ἡ ἀποσύνθεση τοῦ νεροῦ κατά τήν ηλεκτρόλυση;
6. Ποιές εἶναι οἱ ἐφαρμογές τῆς ηλεκτρολύσεως;
7. Τί κατορθώνομε μέ τή γαλβανοστεγία καί πώς;
8. Σέ τί ἀποβλέπει ἡ ἐφαρμογή τῆς ἀνοδιώσεως τοῦ ἀλουμινίου;
9. Πῶς ἐξηγοῦνται οἱ ηλεκτρολυτικές διαβρώσεις;
10. Τί καλεῖται ηλεκτρικό στοιχείο καί ποῦ χρησιμοποιεῖται αὐτό;
11. Ποιά ἡ διαφορά Η.Ε.Δ. καί τάσεως στούς πόλους ἑνός στοιχείου;
12. Ποιές εἶναι οἱ μορφές μέ τίς ὁποῖες κατασκευάζονται τά ηλεκτρικά στοιχεῖα; Πόση εἶναι ἡ Η.Ε.Δ. ἑνός στοιχείου ψευδαργύρου-ἄνθρακα;
13. Ποῦ χρησιμοποιοῦνται τά ξηρά στοιχεῖα;
14. Τί εἶναι τά στοιχεῖα καυσίμου; Ποιά πλεονεκτήματα παρουσιάζουν σέ σύγκριση μέ τά λοιπά στοιχεῖα;
15. Ποιά ἡ βασική διαφορά μεταξύ ηλεκτρικῶν στοιχείων καί συσσωρευτῶν;
16. Ἀπό τί ἀποτελοῦνται οἱ συσσωρευτές μολύβδου;
17. Σέ ποῖο φαινόμενο βασίζεται ἡ λειτουργία τῶν συσσωρευτῶν;
18. Πῶς μπορούμε νά διακρίνομε τίς θετικές ἀπό τίς ἀρνητικές πλάκες ἑνός φορτισμένου συσσωρευτή μολύβδου;
19. Μέ ποῖο τρόπο μπορούμε νά ἀναγνωρίζομε τό βαθμό φορτίσεως ἑνός συσσωρευτή μολύβδου;
20. Πόσες ὥρες μπορεῖ νά λειτουργήσει ἕνας συσσωρευτής μολύβδου 100 Ah μέ 10ωρη ἐκφόρτιση μέ σταθερή ἔνταση 10 A; Μέ σταθερή ἔνταση 20 A;
21. Ἀπό τί κινδυνεύει ἕνας συσσωρευτής μολύβδου, ἂν τὸν ἀφήσομε νά ἐκφορτιστεῖ τελείως. Ὑπάρχουν συσσωρευτές χωρὶς αὐτόν τὸν κίνδυνο;
22. Μεταξύ δύο συσσωρευτῶν τοῦ ἴδιου τύπου καί τῆς ἴδιας χωρητικότητας, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ὁ ἕνας ἔχει εἰδική χωρητικότητα 9 Ah/kg καί ὁ ἄλλος 11 Ah/kg, ποῖος εἶναι ὁ καλύτερος;
23. Ἄν θέλομε νά χρησιμοποιήσομε συσσωρευτές, οἱ ὁποῖοι θά παραμένουν ἐπὶ μεγάλα χρονικά διαστήματα ἀχρησιμοποίητοι, ποιοῦ εἶδους συσσωρευτές θά διαλέξομε γιὰ νά ἔχομε τήν ἐλάχιστη δυνατὴ συντήρηση;
24. Ἄν ὡς κριτήριο ἐκλογῆς τῶν συσσωρευτῶν ἔχομε τό βάρος, σέ ποῖο εἶδος συσσωρευτῶν θά καταφύγομε;

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

17.1 Σταθμοί παραγωγής.

Γιά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας όσο και οι βιομηχανίες, που τυχόν διαθέτουν δική τους παραγωγή, χρησιμοποιούν σύγχρονες γεννήτριες (παράγρ. 13.2). Οι γεννήτριες αυτές (έναλλακτῆρες) κινούνται είτε από υδροδυναμικές είτε από θερμικές κινητήριες μηχανές.

Οι μηχανές, ο λοιπός εξοπλισμός γιά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και τό κτήριο, μέσα στο όποιο είναι εγκαταστημένα αυτά, αποτελούν τό **σταθμό παραγωγής**. 'Ανάλογα μέ τό είδος της κινητήριας μηχανής διακρίνομε:

α) **Άτμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Α.Η.Σ.Π.), στους οποίους σήμερα ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται **άτμοστρόβιλοι**.

β) **Νηζελοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Δ.Η.Σ.Π.), στους οποίους ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται πετρελαιομηχανές **Νητζελ**.

γ) **Υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Υ.Η.Σ.Π.), στους οποίους χρησιμοποιούνται **υδροστρόβιλοι**.

δ) **Πυρηνοληλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής**, στους οποίους χρησιμοποιούνται **πυρηνικοί αντίδραστήρες**.

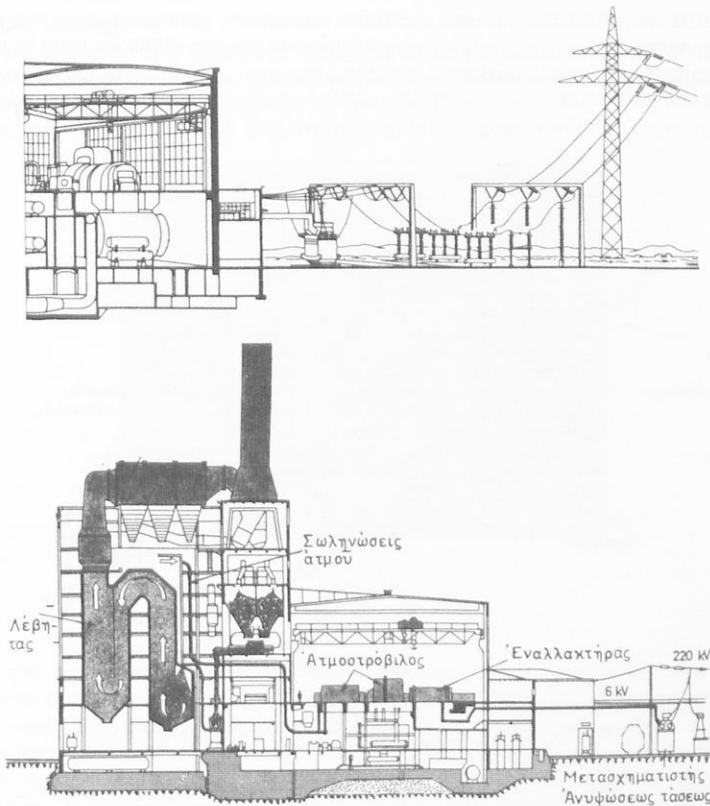
ε) **Άεριοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής**, στους οποίους χρησιμοποιούνται **άεριοστρόβιλοι**.

Στους **θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Θ.Η.Σ.Π.) ή άποθηκευμένη στά καύσιμα χημική ενέργεια μετατρέπεται σέ ηλεκτρική ενέργεια.

Στους άτμοηλεκτρικούς σταθμούς ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται μέ καύση τών καυσίμων καί θέρμανση, άπό την έκλυόμενη θερμότητα, νερού μέσα σέ ειδικούς λέβητες όπου τό νερό άτμοποιείται. 'Από τό λέβητα του σταθμού βγαίνει τελικά ύπερθερμος άτμός ύψηλής πιέσεως, ό όποιος κινεί τόν άτμοστρόβιλο· αυτός μέ τή σειρά του κινεί τόν έναλλακτήρα (σχ. 17.1α).

Στους Νηζελοηλεκτρικούς σταθμούς τό καύσιμο (πετρέλαιο) κινεί ένα νηζελοκινητήρα, ό όποιος κινεί στή συνέχεια τόν έναλλακτήρα.

Στους πυρηνοληλεκτρικούς σταθμούς παράγεται ατμός μέ την έκλυόμενη στόν πυρηνικό αντίδραστήρα θερμότητα.



Σχ. 17.1α.

Άτμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής (ΑΗΣΠ).

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ο υδροστρόβιλος, που κινεί τον έναλλακτήρα, κινείται με νερό που πέφτει από μεγάλο ύψος (**υδατόπτωση**) ή ρέει γενικά προς κάποια κατεύθυνση (σχ. 17.1β).

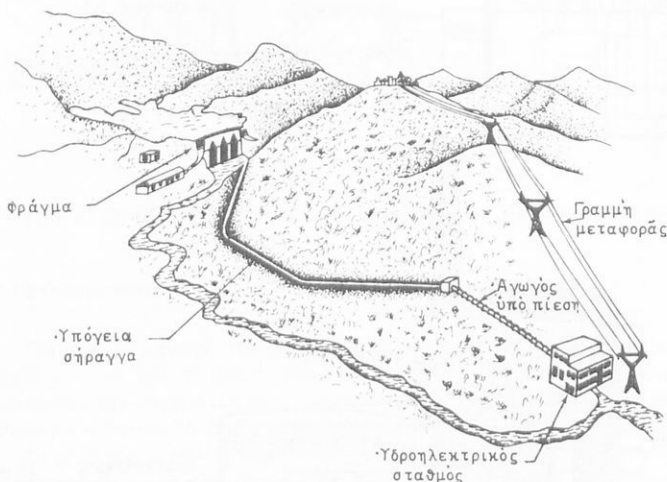
Τά καύσιμα ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής είναι **στερεά, υγρά**, και σε όρισμένες περιπτώσεις **αέρια**.

α) Στερεά καύσιμα.

Στερεά καύσιμα είναι οι **γαιάνθρακες (όρυκτοι άνθρακες)**, που εξάγονται από τη γη με εξόρυξη. Οι γαιάνθρακες χαρακτηρίζονται από τη **θερμογόνο δύναμη**, δηλαδή από τη θερμότητα, που μπορεί να αποδώσει, όταν καεί ποσότητα 1 kg γαιανθράκων. Η **θερμογόνο δύναμη** εκφράζεται σε χιλιοθερμίδες (σύμβολο: kcal) ανά kg καυσίμου, δηλαδή σε kcal/kg και αποτελεί ποιοτικό χαρακτηριστικό των καυσίμων.

Υπάρχουν πολλά είδη γαιάνθρακες (όπως είναι οι λιθάνθρακες, οι λιγνίτες, οι όπτανθρακες ή κώκ, που προέρχονται από απόσταση λιθανθράκων κλπ.). Από τα

είδη αυτά, στην 'Ελλάδα για τούς σταθμούς παραγωγής χρησιμοποιούμε ένα μόνο, τούς **λιγνίτες**. Οί λιγνίτες έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη (2500 ως 6000 kcal/kg), όμως χρησιμοποιούνται, γιατί στην 'Ελλάδα υπάρχουν μεγάλα κοιτάσματα λιγνιτών, όπως είναι τού 'Αλιβερίου, τής Πτολεμαΐδας, τής Μεγαλόπολεως κ.ά. Οί λιγνίτες εξορύσσονται σέ ειδικά όρυχεία, από στρώματα πού βρίσκονται σέ μεγάλο βάθος



Σχ. 17.1β.

Υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής (ΥΗΣΠ).

μέσα στή γή, με τη βοήθεια υπόγειων στοών. Όρισμένα κοιτάσματα όμως βρίσκονται σχεδόν στην επιφάνεια τού εδάφους (επιφανειακά κοιτάσματα) καί επομένως ή εξόρυξη δέν απαιτεί τήν κατασκευή πολυδάπανων υπόγειων στοών, όποτε καί τό κόστος τού λιγνίτη είναι πολύ μικρό. Κοιτάσματα επιφανειακά στην 'Ελλάδα έχομε στην Πτολεμαΐδα, τή Μεγαλόπολη κλπ. (σχ. 17.1γ).

Οί λιγνίτες, μετά τήν εξόρυξη, άλλοτε σπάζονται καί τά τεμάχια πού δημιουργούνται καθαρίζονται καί αφήνονται νά στεγνώσουν στό ύπαιθρο, γιά νά φύγει ένα μέρος από τήν ύγρασία τους, άλλοτε πάλι μετατρέπονται σέ σκόνη (κονιοποιούνται), ξηραίνονται καί μετατρέπονται σέ πλίνθους (**μπρικέττες**), γιά νά αύξηθεί ή θερμογόνο δύναμη τού καυσίμου.

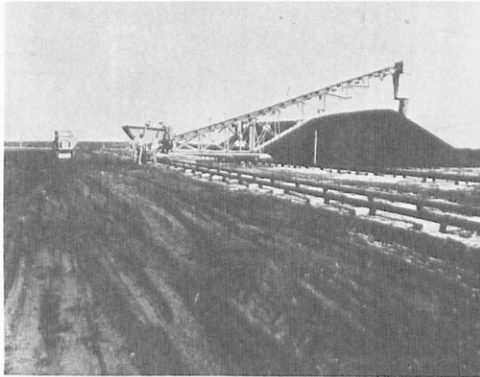
Άνάλογα μέ τό είδος τού γαιάνθρακα πού χρησιμοποιούμε καί τό μέσο μέγεθος τών κομματιών του, χρησιμοποιούνται καί διάφοροι τύποι σχάρας στους λέβητες τών σταθμών παραγωγής. Αυτό γίνεται γιά νά αξιοποιείται κατά τόν καλύτερο δυνατό τρόπο ή καύση τού καυσίμου.

β) Ύγρo καύσιμα.

Ύγρo καύσιμα, πού χρησιμοποιούνται στους σταθμούς παραγωγής, είναι τό **βαρύ πετρέλαιο** (μαζούτ) καί τό **πετρέλαιο Ντίζελ**.

γ) **Άέρια καύσιμα.**

Τά καύσιμα αυτά είναι φυσικά ή τεχνητά αέρια με μεγάλη θερμογόνο δύναμη. Στους ελληνικούς σταθμούς παραγωγής δέν χρησιμοποιούνται αέρια καύσιμα, γιατί δέν υπάρχουν σε έπαρκείς ποσότητες στην Έλλάδα.



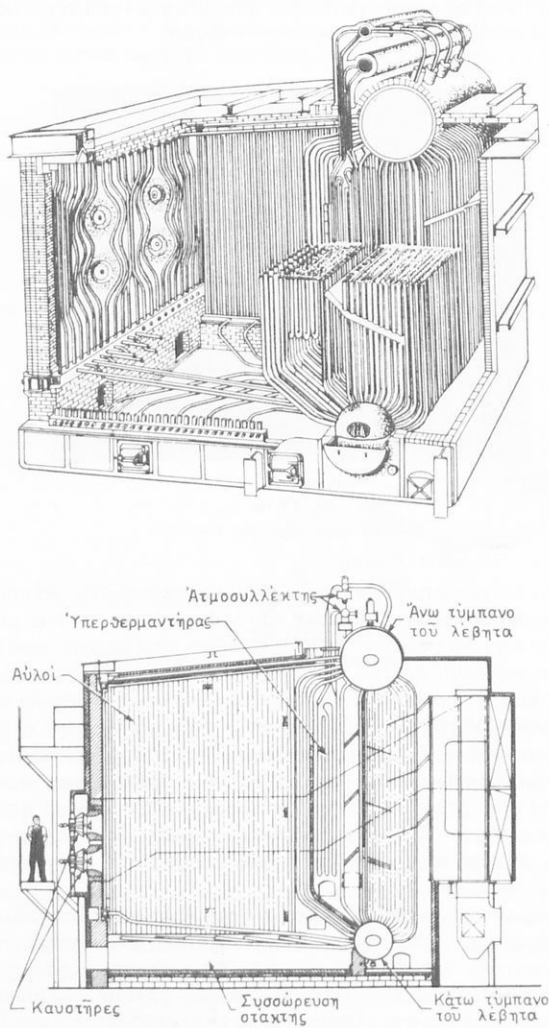
Σχ. 17.1γ.

Έπιφανειακή εξόρυξη λιγνίτη.

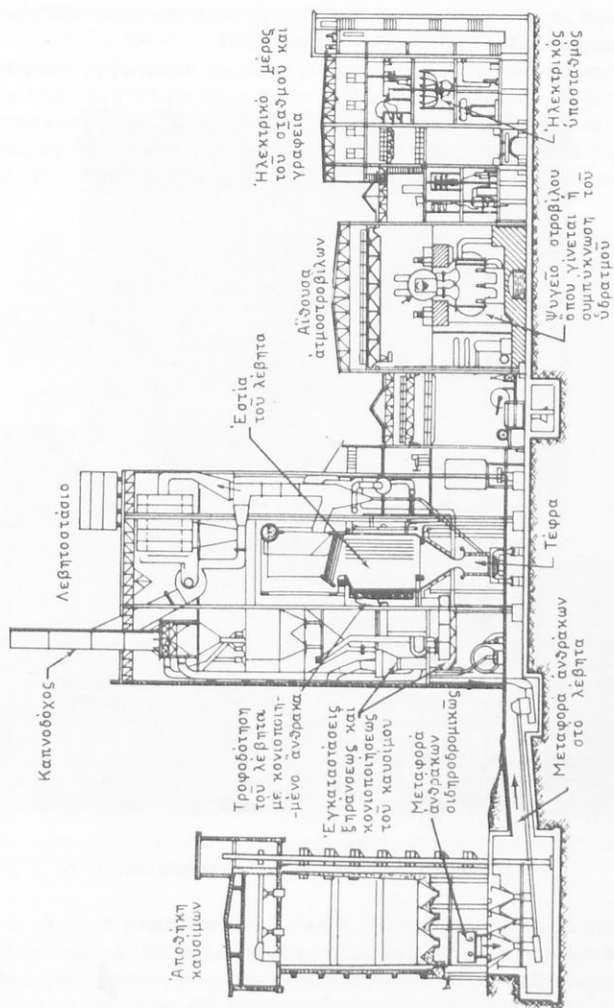
Στήν περίπτωση των ατμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής, τά καύσιμα διοχετεύονται στο λεγόμενο **θάλαμο καύσεως** του λέβητα όπου καίονται με κατάλληλη προσαγωγή άέρα· έτσι θερμαίνουν τό νερό, τό όποιο κυκλοφορεί μέσα σε μιά σειρά αύλων, πού είναι στερεωμένοι στίς έσωτερικές παρειές του θαλάμου καύσεως (σχ. 17.1δ). Τό νερό, καθώς θερμαίνεται, μετατρέπεται σε άτμό με ύψηλή θερμοκρασία καί πίεση, ό όποίος όδηγείται με σωληνώσεις στην είσοδο του άτμοστροβίλου (σήμερα χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες άκόμα καί 600° C καί πιέσεις 200 άτμοσφαιρών). Ό άτμός έκτονώνεται μέσα στον άτμοστρόβιλο καί περιστρέφει με μεγάλη ταχύτητα (300 στρ/min) τό στροφέιο του. Ό άξονας του άτμοστροβίλου είναι συζευγμένος με τόν άξονα της ήλεκτρογεννήτριας (έναλλακτήρα) καί με τόν τρόπο αυτόν ή περιστροφή μεταδίδεται στο δρομέα της γεννήτριας, ή όποία παράγει την ήλεκτρική ενέργεια.

Ό άτμός μετά την έκτόνωση του μέσα στο στρόβιλο, όδηγείται με πολύ χαμηλή πίεση (μικρότερη άπό την άτμοσφαιρική) σε έναλλακτη θερμοότητας, πού καλεϊται **ψυγείο ή συμπυκνωτής**. Έκει ψύχεται με τή βοήθεια ψυχρού νερού, πού κυκλοφορεί σε κατάλληλες σωληνώσεις. Ό άτμός καθώς ψύχεται, συμπυκνώνεται καί επιστρέφει με μορφή νερού στο λέβητα, για νά άκολουθήσει πάλι τόν ίδιο θερμοικό κύκλο (σχ. 17.1ε).

Τό νερό ψύξεως, πού κυκλοφορεί στο ψυγείο, τό παίρνουμε άπό γειτονικούς ποταμούς ή λίμνες ή καί άπό τή θάλασσα. Στους σταθμούς παραγωγής του Κερατσινίου καί του Άλιβερίου σάν νερό ψύξεως χρησιμοποιείται τό θαλασσινό, παρά τό γεγονός ότι παρουσιάζει μειονεκτήματα σε σύγκριση με τό νερό των ποταμών καί λιμνών, γιατί περιέχει άλατα πού φράσσουν τίς σωληνώσεις.



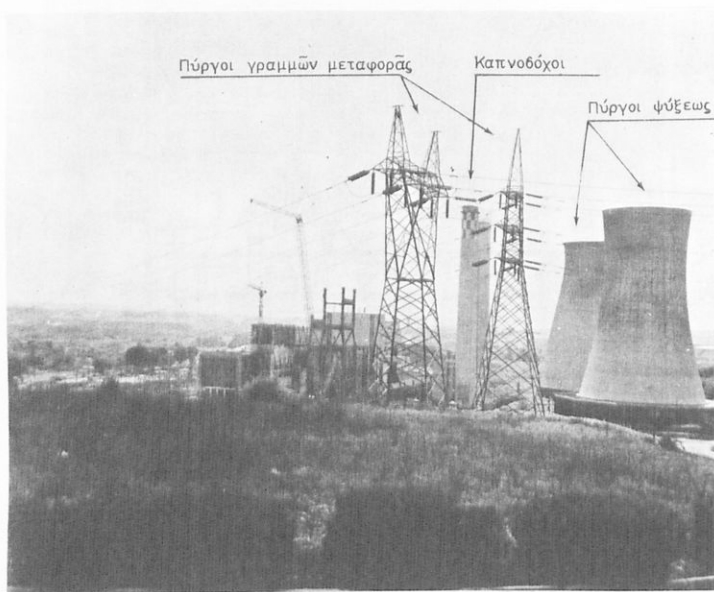
Σχ. 17.16.
Λέβητας ΑΗΣΠ.



Σχ. 17.1ε.
Τομή ΑΗΣΠ.

“Όταν κοιτά στο σταθμό δέν υπάρχει ποταμός, λίμνη ή έστω καί θάλασσα, καταφεύγουμε σέ κλειστό σύστημα κυκλοφορίας του νερού ψύξεως. Έκεί τό νερό, μετά τήν εκτέλεση του προορισμού του, οδηγείται σέ ένα υπαίθριο **ύδατόπυργο**, όπου καταιονίζεται από όρισμένο ύψος καί ψύχεται από τόν άέρα, πού κυκλοφορεί από τόν πύργο μέ φυσικό έλκυσμό (σχ. 17.1στ). Από τόν πύργο ψύξεως τό νερό έπιστρέφει ψυχρό πλέον στο ψυγείο του σταθμού.

Γιά νά κατασκευαστεί ύδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής άπαιτείται, όπως είδαμε, ή ύπαρξη ποταμού γιά νά μετατραπεί ή κινητική ενέργεια τών νερών πού κυλούν σέ ήλεκτρική ενέργεια. Έπειδή όμως ή παροχή του νερού τών ποταμών δέν είναι σταθερή σέ όλη τή διάρκεια του έτους (μεγάλη παροχή τό χειμώνα, μικρή παροχή τό καλοκαίρι), κατασκευάζεται μιά μεγάλη ύδατοδεξαμενή. Η ύδατοδεξα-

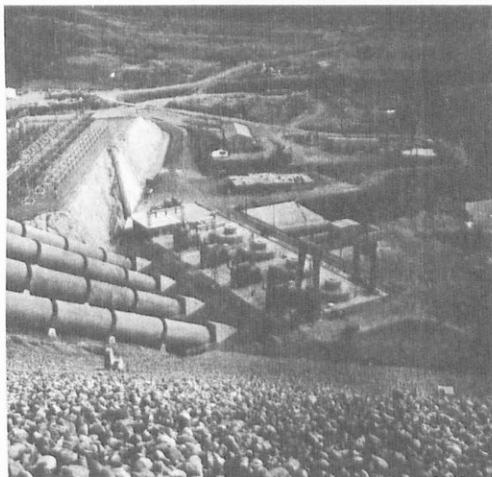


Σχ. 17.1στ.

Μιά άποψη από τόν ΘΗΣΠ Μεγαλοπόλεως.

μενή αύτή, έπειδή είναι πολύ μεγάλη, καλείται **τεχνητή λίμνη**. Σ' αύτήν άποθηκεύεται τό νερό όταν παρέχεται άφθονο από τή φύση (ιδίως κατά τό χειμώνα). Η τεχνητή λίμνη κατασκευάζεται σέ μεγάλο ύψόμετρο, ώστε τό νερό της, καθώς πέφτει από μεγάλο ύψος, νά αποκτά μεγάλη κινητική ενέργεια. Τό νερό από τήν τεχνητή λίμνη διοχετεύεται σέ υπόγεια σήραγγα (τουνελ), πού έχει μικρή κλίση καί μεγάλο μήκος (π.χ. 10 km). Στο τέρμα τής σήραγγας ύπάρχει σωλήνας μέ μεγάλη διάμετρο (2 ως 5 m περίπου) καί μέ πολύ μεγάλη κλίση (σχ. 17. 1ζ), όπου τό νερό αποκτά μεγάλη πίεση (**άγωγός υπό πίεση**). Ο άγωγός υπό πίεση είναι τοποθετημένος επάνω στην επιφάνεια του εδάφους καί οδηγεί τέλος τό νερό, πού έχει άποκτήσει πλέον μεγάλη

ταχύτητα, στο έργοστάσιο, όπου υπάρχει ο υδροστρόβιλος. Τό νερό διέρχεται από τόν υδροστρόβιλο, τόν περιστρέφει καί τελικά χύνεται πρὸς τὰ ἔξω. Στό τέλος τῆς σήραγγας, πρὶν ἀπὸ τόν ἀγωγὸ ὑπὸ πίεση, ὑπάρχει ἓνας πύργος ἐξισορροπήσεως. Στόν πύργο αὐτόν εἰσέρχεται τὸ νερό πού πέφτει καί ἀποφεύγεται ἔτσι ἡ δημιουργία μεγάλων καί ἀπότομων πιέσεων στόν ἀγωγὸ ὑπὸ πίεση, ὅταν ἀνοίγουν ἢ κλείνουν οἱ εἰσοδοὶ (βάννες) τοῦ νεροῦ στό ἐργοστάσιο (σχ. 17.1η).



Σχ. 17.1ζ.

ΥΗΣΠ Καστρακίου. Ἀριστερά διακρίνονται οἱ ἀγωγοὶ ὑπὸ πίεση.

17.2 Μεταφορά ρεύματος μέ ὑψηλή τάση. Ὑποσταθμοί.

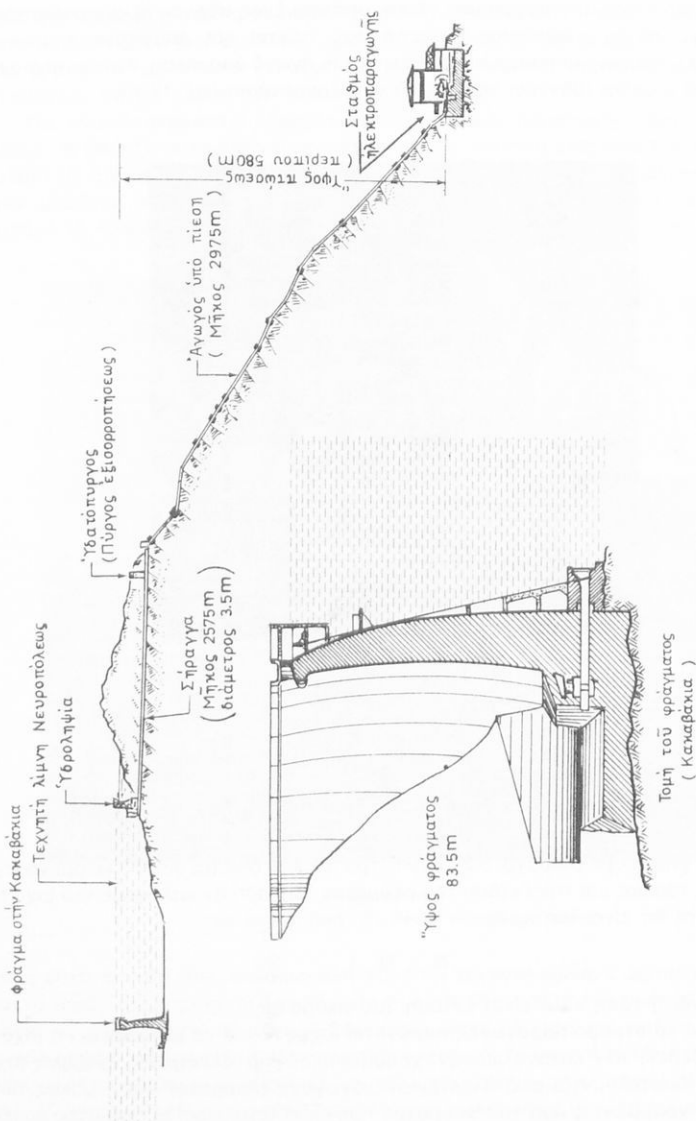
“Ὅπως γνωρίζομε (παράγρ. 6.2), ἡ ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς δίνεται ἀπὸ τὸ γινόμενο τῆς ἡλεκτρικῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος. Δηλαδή ἂν καλέσομε τὴν ἰσχὺ Ν, ἡ ἰσχὺς αὐτὴ θά εἶναι ἴση πρὸς:

$$N = U \cdot I$$

ὅπου: U εἶναι ἡ τάση καί I εἶναι ἔνταση τοῦ ρεύματος.

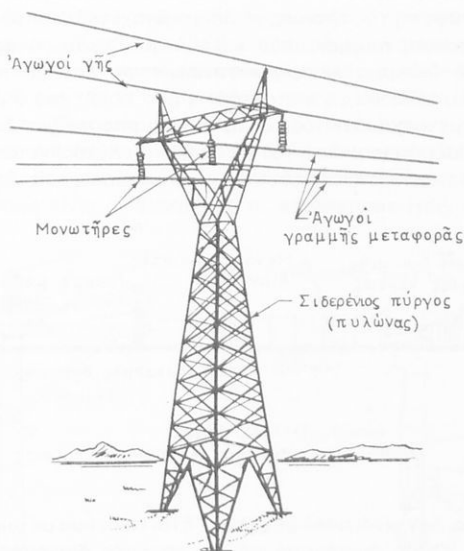
“Ἀν ἀπὸ τὸ σταθμὸ παραγωγῆς παράγεται ἰσχὺς N , γιὰ νά μεταφερθεῖ ἡ ἰσχὺς αὐτὴ στίς θέσεις τῶν καταναλώσεων, χρησιμοποιοῦνται **ἡλεκτρικὲς γραμμὲς** (σχ. 17.2α), πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡλεκτρικοὺς ἀγωγούς (σύρματα). Κατὰ μῆκος τῶν ἡλεκτρικῶν γραμμῶν, ἡ ροὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπώλειες· οἱ ἀπώλειες αὐτές ὀφείλονται στό φαινόμενο Τζούλ (παράγρ. 15.1) καί εἶναι ἴσες πρὸς:

$$R \cdot I^2$$



Σχ. 17.1η.
ΥΗΣΠ Ταυρωπού (Μεγδοβας).

όπου: R είναι η ηλεκτρική αντίσταση, την οποία παρουσιάζουν οι άγωγοί της γραμμής (σχ. 17.2α)



Σχ. 17.2α.

Έναέρια ηλεκτρική γραμμή.

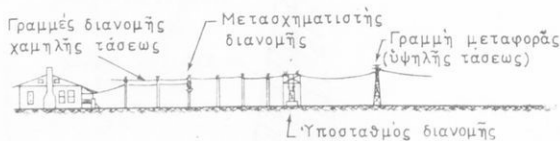
Γιά την ελάττωση των απωλειών αυτών θά πρέπει είτε νά χρησιμοποιηθοῦν άγωγοί μέ μεγάλη διατομή, έπομένως μέ μικρή αντίσταση R (παράγρ. 4.3), είτε νά ελαττωθεῖ ἡ ένταση τοῦ ρεύματος I . Έπειδὴ ὅμως ἡ ελάττωση τῆς αντίστασεως προϋποθέτει τὴν ἐγκατάσταση άγωγών μέ μεγάλο πάχος, ἡ πρώτη λύση δικαιολογεῖται οἰκονομικά μόνο μέχρι ἓνα ὁρισμένο σημείο, γιατί ὅσο αὐξάνει ἡ διατομή, αὐξάνει καί τό κόστος τῶν άγωγών καί ἡ ἐγκατάστασή τους γίνεται πολύ δαπανηρή. Καταφεύγομε λοιπόν στήν ελάττωση τοῦ ρεύματος, πράγμα πού μᾶς ἀναγκάζει γιά νά διατηρηθεῖ ἡ ηλεκτρική ἰσχύς σταθερή, νά αὐξήσουμε τὴν τάση μέ τὴν ὁποία μεταφέρεται ἡ ἰσχύς αὐτή. Ἡ αὐξηση τῆς τάσεως ἐπιτυγχάνεται στό ἐναλλασσόμενο ρεύμα, ὅπως γνωρίζομε (παράγρ. 14.1), μέ τὴ βοήθεια μετασχηματιστῶν.

Μέ τὴν αὐξηση τῆς τάσεως λοιπόν ἡ ένταση διατηρεῖται σέ τέτοιες τιμές, πού μᾶς ἐπιτρέπουν νά μεταφέρομε τὴν ηλεκτρική ἐνέργεια σέ πολύ μεγάλες ἀποστάσεις χωρίς μεγάλες ἀπώλειες ἰσχύος $R \cdot I^2$ ἀλλά καί χωρίς μεγάλες πτώσεις τάσεως (παράγρ. 5.2).

Στό σταθμό παραγωγῆς ἡ τάση, πού παράγεται στοὺς ἀκροδέκτες τοῦ ἐναλλασσόμενου, εἶναι 10 ὡς 20 kV.

Άμέσως μετά τόν έναλλακτήρα, τό ρεύμα οδηγείται στό μετασχηματιστή πού βρίσκεται πολύ κοντά, όπου πραγματοποιείται άνύψωση τής τάσεως σέ τιμή πού κυμαίνεται, ανάλογα μέ τήν περίπτωση, μεταξύ 60 καί 380 kV ή σέ ακόμη μεγαλύτερη τιμή (ώς 750 kV).

Μετά τήν άνύψωση τής τάσεως, τό ρεύμα άναχωρεί από τό σταθμό παραγωγής καί μέ τίς ηλεκτρικές γραμμές, πού καλούνται ειδικότερα **γραμμές μεταφοράς**, μεταφέρεται στά διάφορα **κέντρα καταναλώσεως**, πού βρίσκονται σέ μεγάλες αποστάσεις. Έκεί, σέ ειδικές εγκαταστάσεις (σχ. 17.2β) πού ό βασικός εξοπλισμός αποτελείται από μετασχηματιστές καί καλούνται **ύποσταθμοί διανομής**, ή τάση τού ρεύματος ύποβιβάζεται (π.χ. από 150 kV σέ 20 kV). Αυτό γίνεται, γιατί βρισκόμαστε πιά πιό κοντά στους καταναλωτές καί οί αποστάσεις, τίς όποιες πρόκειται νά



Σχ. 17.2β.

Μεταφορά καί διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

διανύσει τό ρεύμα, δέν είναι πολύ μεγάλες. Έτσι τό ρεύμα μέ μικρότερη τάση (**μέση τάση**), από 3 ως 30 kV, διανέμεται μέ τίς **γραμμές διανομής** μέσης τάσεως σέ διάφορες θέσεις, κοντά στους καταναλωτές. Έκεί μέ τή βοήθεια **μετασχηματιστών διανομής** ή τάση ύποβιβάζεται στήν τιμή των 220/380 V, πού αποτελεί τή συνηθέστερη τιμή τής λεγόμενης **χαμηλής τάσεως** (σχ. 17.2β). Μέ τή χαμηλή τέλος τάση των 220/380 V διανέμεται τό ρεύμα μέ τίς **γραμμές διανομής χαμηλής τάσεως** στους διάφορους καταναλωτές γιά οικιακή, αγροτική, έμπορική καί βιοτεχνική χρήση (σχ. 17.2β). Στους μεγάλους καταναλωτές, όπως είναι οί βιομηχανίες καί όρισμένες μεγάλες πολυκατοικίες καί συγκροτήματα γραφείων καί καταστημάτων, ή ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται μέ μέση τάση καί μετατρέπεται μέσα στό χώρο των καταναλωτών σέ χαμηλή τάση γιά νά τροφοδοτήσει τίς διάφορες μηχανές καί συσκευές καταναλώσεως.

Σέ όρισμένες πολύ μεγάλες βιομηχανίες, ή ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται κατευθείαν μέ ύψηλή τάση καί ύποβιβάζεται μέσα σ' αυτές σέ χαμηλότερες τάσεις.

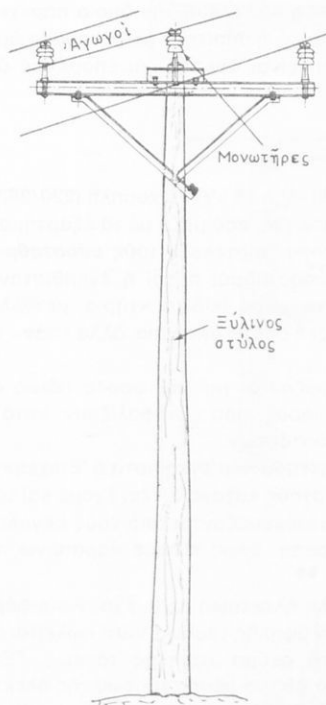
Οί ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς (ύψηλης τάσεως) κατασκευάζονται κατά κανόνα έναέριες, ενώ οί γραμμές διανομής (μέσης καί χαμηλής τάσεως) κατασκευάζονται άλλοτε έναέριες καί άλλοτε **ύπόγειες**, όποτε χρησιμοποιούνται ειδικοί μονωμένοι άγωγοί, πού ονομάζονται **ύπόγεια καλώδια**. Έκτός από τίς έναέριες καί ύπόγειες ηλεκτρικές γραμμές, σέ όρισμένες περιπτώσεις, κατασκευάζονται καί ύποβρύχιες γραμμές.

Οί άγωγοί των έναέριων γραμμών στηρίζονται σέ μεταλλικούς, ξύλινους ή από όπλισμένο σκυρόδεμα φορείς (σχ. 17.3α, 17.3β), πού καλούνται **στυλοί** (ειδικότερα στήν ύψηλή τάση οί στυλοί είναι χαλύβδινες δικτυωτές κατασκευές πού καλούνται **πυλώνες**).

17.3 Διανομή

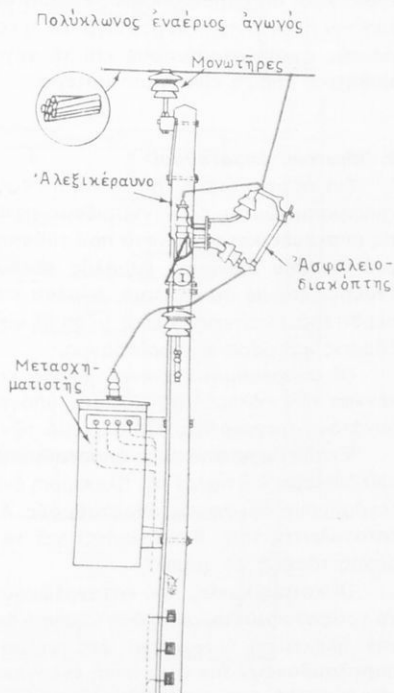
1. Έναέρια δίκτυα.

Τά **έναέρια δίκτυα** διανομής αποτελούνται από έναέριες ηλεκτρικές γραμμές διανομής, που συνδέονται μεταξύ τους σε διάφορα σημεία με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργούνται διάφοροι σχηματισμοί. Μιά έναέρια γραμμή αποτελείται βασικά από τούς ηλεκτρικούς αγωγούς (ένας για κάθε φάση και ένδεχομένως ένας ουδέτερος), που στερεώνονται σε μία σειρά από στύλους επάνω σε ειδικά εξαρτήματα από μονωτικό υλικό (συνήθως πορσελάνη), που καλούνται **μονωτήρες** (σχ. 17.3α). Περιλαμβάνει επίσης και όρισμένες άλλες συσκευές αναγκαίες για την εκτέλεση των απαιτούμενων χειρισμών **διακοπής, ζεύξεως, μετασχηματισμού, προστασίας** κλπ., όπως είναι οι **διακόπτες**, οι **μετασχηματιστές**, τα **αλεξικέραυνα**



Σχ. 17.3α.

Έναέρια ηλεκτρική γραμμή διανομής.



Σχ. 17.3β.

Έναέρια ηλεκτρική γραμμή διανομής.

κλπ. (σχ.17.3β). Οι αγωγοί της έναέριας γραμμής είναι γυμνά σύρματα από χαλκό, από αλουμίνιο ή από αλουμίνιο καί χάλυβα. "Αν ο αγωγός αποτελείται από ένα μόνο σύρμα, τόν ονομάζουμε **μονόκλωνο**, αν αποτελείται από πολλά (μέ συστροφή), τόν ονομάζουμε **πολύκλωνο** (σχ. 17.3β).

2. 'Υπόγεια δίκτυα.

Τά **ύπόγεια** δίκτυα διανομής αποτελούνται από υπόγειες ηλεκτρικές γραμμές, πού συνδέονται μεταξύ τους σε διάφορα σημεία. Οί άγωγοί τών υπόγειων γραμμών είναι πολύκλωνοι και περιβάλλονται από κατάλληλη μόνωση, γύρω από τήν όποία υπάρχει ειδικό περίβλημα γιά τή μηχανική προστασία. Οί μονωμένοι αυτοί πολύκλωνοι άγωγοί καλούνται **μονοπολικά υπόγεια καλώδια**. Είναι δυνατόν περισσότεροι από ένας πολύκλωνοι μονωμένοι άγωγοί νά είναι πλεγμένοι μεταξύ τους καί γύρω από όλους αυτούς νά υπάρχει άλλη μόνωση, ενώ επάνω από τήν όμαδική αυτή μόνωση τοποθετείται τό προστατευτικό περίβλημα. Στήν περίπτωση αυτή τό υπόγειο καλώδιο καλείται **πολυπολικό** (π.χ. **Τριπολικό**, άν ή γραμμή είναι τριφασική χωρίς ούδέτερο κλπ.).

Τά υπόγεια δίκτυα, παρά τό γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής από τά έναέρια δίκτυα, εγκαθίστανται στίς μεγάλες πόλεις γιά πολλούς λόγους, οί κυριότεροι από τούς όποιους είναι ή μεγαλύτερη ασφάλεια, τήν όποία παρέχουν από τήν ηλεκτροπληξία (παράγρ. 20.1) καί τίς ζημιές, ή άπαίτηση μικρότερου χώρου γιά τήν εγκατάστασή τους καί τό γεγονός ότι είναι άθάτα καί έπομένως από αισθητική άποψη είναι προτιμότερα.

3. 'Ιδιωτικοί ύποσταθμοί.

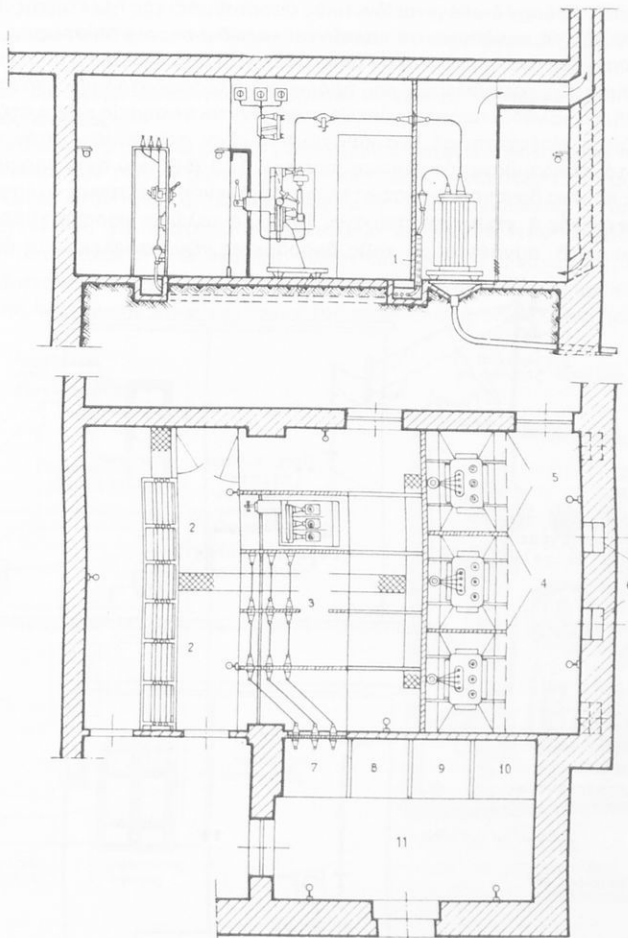
Γιά τή μετατροπή τής μέσης τάσεως (π.χ. 20 kV ή 15 kV) σε χαμηλή (220/380 V) χρησιμοποιούνται, όπως γνωρίζομε, μετασχηματιστές, πού μαζί μέ τά εξαρτήματα, τίς συσκευές καί τά όργανα πού τούς συνοδεύουν, αποτελούν τούς **ύποσταθμούς του δικτύου διανομής χαμηλής τάσεως**. Οί ύποσταθμοί αυτοί ή εγκαθίστανται έναέρια επάνω σε στύλους ή μέσα σε κλειστό χώρο (ειδικά κτήρια, μεταλλικά περίφρα, ιδιαίτερος χώρος μέσα σε οικοδομές) ή ακόμα ύπαίθρια, αλλά επάνω στο έδαφος καί μέσα σε περίφραγμα.

Οί ύποσταθμοί κλειστού χώρου κατασκευάζονται πολλές φορές (ιδίως στο κέντρο τών πόλεων) σε ειδικούς υπόγειους χώρους, πού εξασφαλίζουν, κατά τό δυνατόν, στεγανότητα καί άερισμό τών εγκαταστάσεων.

'Εκτός όμως από τούς ύποσταθμούς του δικτύου πού εγκαθιστά ή 'Επιχείρηση πού διανέμει καί πωλεί τήν ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές, έχουμε καί τούς λεγόμενους **ιδιωτικούς ύποσταθμούς**. Αυτοί κατασκευάζονται από τούς μεγάλους καταναλωτές (π.χ. βιομηχανίες) γιά τή μετατροπή, όπως είδαμε παραπάνω, τής μέσης τάσεως σε χαμηλή.

Οί καταναλωτές, πού καταναλώνουν μεγάλη ηλεκτρική ισχύ, έχουν συμφέρον νά τροφοδοτούνται μέ ρεύμα μέσης ή ακόμα καί ύψηλης τάσεως, γιατί πωλείται από τήν ηλεκτρική έπιχείρηση φθηνότερο από τό ρεύμα χαμηλής τάσεως. 'Ετσι, παραλαμβάνουν τήν ηλεκτρική ενέργεια από τό δίκτυο μέσης τάσεως τής ηλεκτρικής έπιχειρήσεως, ύποβιβάζουν τήν τάση της σε δικούς τους ύποσταθμούς καί τήν διανέμουν μέ δικό τους δίκτυο χαμηλής τάσεως στίς διάφορες θέσεις καταναλώσεως. Οί ιδιωτικοί ύποσταθμοί (σχ. 17.3γ) περιλαμβάνουν πάντοτε ένα τμήμα, μέ ιδιαίτερη άσφαλισμένη είσοδο, όπου φτάνουν τά καλώδια μέσης τάσεως τής ηλεκτρικής 'Επιχειρήσεως καί όπου γίνεται ή **μέτρηση** τής ηλεκτρικής ενέργειας, πού παρέχεται, μέ ειδικά όργανα (παράγρ. 18.2). Τό τμήμα αυτό άνήκει στήν ηλεκτρική 'Επιχείρηση. 'Όλα τά άλλα τμήματα του ύποσταθμού, πού περιλαμβάνουν τόν ή τούς μετασχηματιστές, τά όργανα διακοπής, προστασίας καί μετρήσεως

κλπ, ανήκουν στον καταναλωτή, ό οποίος καί φροντίζει γιά τη συντήρηση καί γενικά γιά επίβλεψη τής λειτουργίας του ύποσταθμού. Ό ύποσταθμός, όπως βλέπομε στό σχήμα 17.3γ, χωρίζεται στό έσωτερικό του μέ μεταλλικά πλέγματα σέ διαμερίσματα,



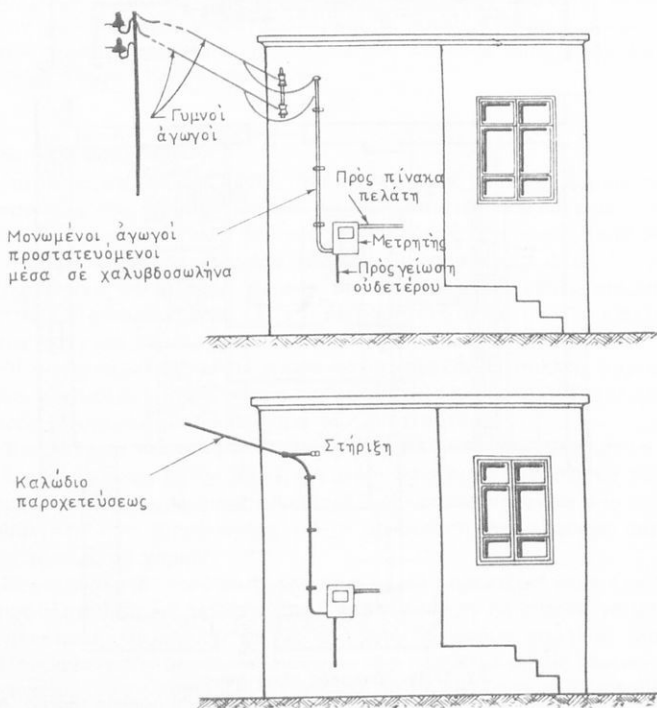
Σχ. 17.3γ. Ίδιωτικός ύποσταθμός.

1. Προστατευτικός σωλήν. 2. Πίνακες χαμηλής τάσεως. 3. Ζυγοί ύψηλης τάσεως. 4. Χώρος μετασχηματιστών. 5. Έξοδος άέρος. 6. Είσοδος άέρος. 7. Κυψέλη όργάνων. 8. Αυτόματος διακόπτης. 9, 10. Υπόγεια καλώδια. 11. Θάλαμος ύψηλης τάσεως τής Έπιχειρήσεως ήλεκτρι- σμού.

πού καλοϋνται **κυψέλες**. Αϋτές χρησιμεϋουν γιά νά **διαχωρίζεται** ό έξοπλισμός χαμηλής τάσεως από τόν έξοπλισμό ύψηλης τάσεως, καί ό μετασχηματιστής από τά άλλα τμήματα του ύποσταθμού.

4. Καλώδιο παροχτεύσεως, μέτρηση ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στους διάφορους καταναλωτές με τη βοήθεια καλωδίων, που διακλαδίζονται από το έναέριο ή υπόγειο δίκτυο χαμηλής τάσεως (ή άλλων τάσεων, εφόσον διαθέτεται ιδιωτικός υποσταθμός) της ηλεκτρικής Έπιχειρήσεως (σχ. 17.3δ). Τά καλώδια αυτά καλούνται **καλώδια παροχτεύσεως** και όδεύουν έναερία ή υπόγεια, ανάλογα με τό αν διακλαδίζονται από έναέριο ή υπόγειο δίκτυο, πρὸς τά κτήρια τῶν καταναλωτῶν πού πρόκειται νά τροφοδοτήσουν. Στό κτήριο τοῦ καταναλωτῆ, τό καλώδιο παροχτεύσεως στερεώνεται σέ σημεῖο κοντά στήν εἴσοδο καί ἀκολούθως εἰσέρχεται σέ ἕνα κιβώτιο πού εἶναι στερεωμένο στόν τοῖχο. Τό κιβώτιο αὐτό περιλαμβάνει ἀσφάλειες [παράγρ. 17.3 (5)], πού ἀντιστοιχοῦν μιά σέ κάθε φάση, καί ἕνα ὄργανο μετρήσεως τῆς παρεχόμενης ηλεκτρικῆς ἐνέργειας, πού καλεῖται **μετρητής** ἢ **γνώμονας** (παράγρ. 18.2). Τό καλώδιο παροχτεύσεως, μέσα στό κιβώτιο αὐτό, συνδέεται μέ τούς ἀκροδέκτες τῶν ἀσφαλειῶν· οἱ ἀσφάλειες



Σχ. 17.3δ.

Ἡλεκτρικὲς παροχτεύσεις.

συνδέονται μέ τό μετρητή τῆς ἐνέργειας, ἀπό τὸν ὁποῖο ἀναχωρεῖ ἄλλο καλώδιο καί πηγαίνει στό ἐσωτερικό τοῦ κτηρίου. Στό μετρητή γίνεται ἡ μέτρηση τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας, πού καταναλῶνει ὁ καταναλωτής, γιά νά εἶναι δυνατή ἡ χρέωσή του ἀπὸ

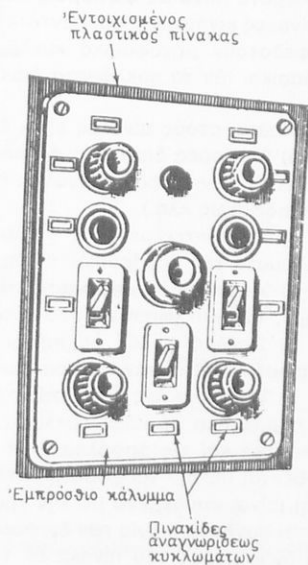
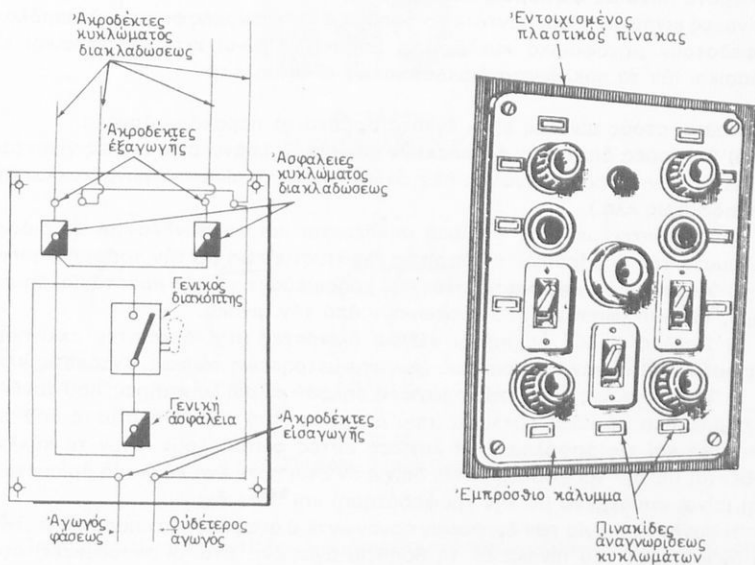
τὴν ἡλεκτρικὴ Ἐπιχείρηση, πού πωλεῖ τὴν ἐνέργεια αὐτή. Τό κιβώτιο τοῦ μετρητῆ σφραγίζεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴ Ἐπιχείρηση, γιὰ νὰ μὴν ὑπάρχει δυνατότητα νὰ ἐπέμβει κανεὶς καὶ νὰ λάβει ρεῦμα ἀπὸ σημεῖο πού βρίσκεται πρὶν ἀπὸ τὸ μετρητὴ τῆς ἐνέργειας.

Στὸ σχῆμα 17.3δ φαίνονται δύο περιπτώσεις *παροχτεύσεων* χαμηλῆς τάσεως.

5. Πίνακες διανομῆς, διακόπτες, αὐτόματοι διακόπτες, ἀσφάλειες.

α) Πίνακες διανομῆς.

Τό καλώδιο πού ἔρχεται ἀπὸ τὸ μετρητὴ καταλήγει στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κτηρίου σὲ ἓνα πῖνακα. Τὸν πῖνακα αὐτὸν τὸν κατασκευάζαν παλαιότερα ἀπὸ μάρμαρο καὶ τὸν στερέωναν στὸν τοῖχο. Σήμερα κατασκευάζεται ἐντοιχισμένος, ὥστε ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνειά του νὰ ἀποτελεῖ συνέχεια τῆς ἐπιφάνειας τοῦ τοῖχου καὶ εἶναι, συνήθως, μεταλλικός ἢ ἀπὸ ἄκαυστο πλαστικὸ ὕλικό. Ὁ πῖνακας αὐτός καλεῖται *πίνακας διανομῆς* καὶ ἔχει ἐγκαταστημένα τὰ *ὄργανα προστασίας καὶ ἐλέγχου* τῆς ἐσωτερικῆς *ἡλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως* τοῦ καταναλωτῆ. Τὰ καλώδια πού ἔρχονται



Σχ. 17.3ε.

Πίνακας διανομῆς.

ἀπὸ τὸ μετρητὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἀποτελοῦνται ἀπὸ τρεῖς *ἀγωγούς φάσεων*, ἀπὸ ἓναν *οὐδέτερο ἄγωγό* καὶ ἐνδεχομένως ἀπὸ ἓναν *ἀγωγὸ προστασίας* (παράγρ. 17.5), ἂν ἡ παροχὴ εἶναι τριφασικὴ. Ἄν ἡ παροχὴ εἶναι μονοφασικὴ, ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓναν ἄγωγό φάσεως, ἀπὸ ἓναν οὐδέτερο καὶ ἐνδεχομένως ἀπὸ ἓναν ἄγωγό προστασίας.

Ὁ ἄγωγός ἢ οἱ ἄγωγοί φάσεων συνδέονται μὲ τοὺς ἀκροδέκτες ἑνὸς διακόπτη (*γενικός διακόπτης*), ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα 17.3ε. Ὁ διακόπτης αὐτός διακόπτει,

όταν θέλομε, ολόκληρη τήν ηλεκτρική ἐγκατάσταση τοῦ καταναλωτῆ. Ὁ γενικός διακόπτης συνδέεται μέ μία ἢ τρεῖς ἀσφάλειες (*γενικές ἀσφάλειες*), ἀνάλογα μέ τήν περίπτωση.

Ἀπό τό γενικό πίνακα καί μάλιστα μετά τή γενική ἢ τίς γενικές ἀσφάλειες, ἀναχωροῦν διάφοροι ἀγωγοί. Αὐτοί τροφοδοτοῦν εἴτε ἄλλους μερικοτέρους πίνακες, πού καλοῦνται *ὑποπίνακες*, εἴτε κατευθεῖαν τά τοπικά *κυκλώματα διακλαδῶσεως* τῆς ἐσωτερικῆς ἐγκαταστάσεως.

Τά κυκλώματα γιά οἰκιακοῦς καταναλωτές εἶναι σχεδόν πάντοτε μονοφασικά καί τροφοδοτοῦν τίς συσκευές φωτισμοῦ, τούς ρευματοδότες οἰκιακῆς χρήσεως καί τίς μεγάλες οἰκιακές συσκευές (ἤλεκτρικό μαγειρεῖο, ἤλεκτρικός θερμοσίφωνας κλπ.). Τά κυκλώματα διακλαδῶσεως τῶν βιομηχανικῶν καί βιοτεχνικῶν ἐσωτερικῶν ἐγκαταστάσεων εἶναι τριφασικά καί τροφοδοτοῦν τριφασικές μηχανές καί συσκευές.

Μετά τό γενικό πίνακα εἶναι δυνατόν νά ὑπάρχουν ὑποπίνακες, στούς ὁποίους συγκεντρώνονται τά διάφορα κυκλώματα κατά κατηγορίες, δηλαδή τά φωτιστικά κυκλώματα (*πίνακες φωτισμοῦ*) καί τά βιομηχανικά κυκλώματα (*πίνακες κινήσεως*). Οἱ πίνακες κινήσεως εἶναι πάντοτε τριφασικοί, ἐνῶ οἱ πίνακες φωτισμοῦ, παρόλο ὅτι τροφοδοτοῦν μονοφασικά κυκλώματα, μπορεῖ νά εἶναι εἴτε μονοφασικοί εἴτε τριφασικοί (ἂν τά κυκλώματα διακλαδῶσεως εἶναι πολλά).

Ἐπάνω στούς πίνακες εἶναι ἐγκαταστημένα τά παρακάτω ὄργανα:

α) Διάφορες διατάξεις *ἀκροδεκτῶν* (μπόρνες), ἐπάνω στίς ὁποῖες γίνονται οἱ συνδέσεις τῶν διαφόρων ἀγωγῶν (π.χ. ἀγωγοί μετρητῆ-πίνακα, ἀγωγοί κυκλωμάτων διακλαδῶσεως κλπ.).

β) *Διακόπτες* μέ τούς ὁποίους συνδέονται καί ἀποσυνδέονται τά διάφορα κυκλώματα τῆς ἐσωτερικῆς ηλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως μέ τήν τροφοδότηση.

γ) *Ἀσφάλειες* ἢ *μικροαυτόματοι*, πού χρησιμεύουν γιά τήν προστασία, ὅπως θά δοῦμε, τῶν κυκλωμάτων, πού ἀναχωροῦν ἀπό τόν πίνακα.

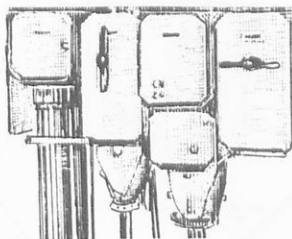
δ) Πολλές φορές ὁρισμένοι *εἰδικοί διακόπτες* (π.χ. διακόπτες ἐκκινήσεως κινητήρων) καί ὄργανα μετρήσεως (ὄργανα μετρήσεως τάσεως, ἐντάσεως κλπ.).

ε) Ἐνδεχομένως *ἐνδεικτικές λυχνίες*, δηλαδή μικροί λαμπτήρες, πού συνδέονται παράλληλα σέ κάθε κύκλωμα, πού ἀναχωρεῖ ἀπό τόν πίνακα μετά ἀπό τούς διακόπτες καί τίς ἀσφάλειες. Οἱ λυχνίες αὐτές φωτοβολοῦν, ὅταν τό κύκλωμα συνδέεται μέ τήν τροφοδότηση καί δείχνουν ἔτσι πότε ἓνα κύκλωμα βρίσκεται σέ τάση (εἶναι συνδεδεμένο μέ τήν τροφοδότηση) καί πότε ὄχι.

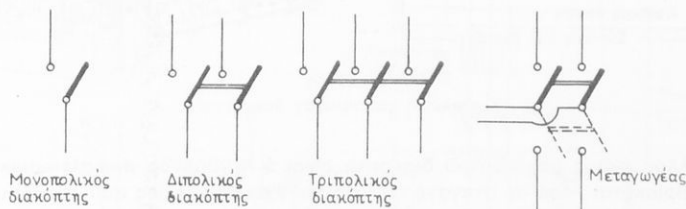
Ἡ συνδεσμολογία τῶν διαφόρων ὀργάνων πού ἀναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται στό πίσω μέρος τοῦ πίνακα μέ τή βοήθεια ἀγωγῶν. Ἔτσι οἱ ἀκροδέκτες, στούς ὁποίους καταλήγουν τά καλώδια, πού ἔρχονται ἀπό τό μετρητῆ, συνδέονται μέ τό γενικό διακόπτη. Ὁ γενικός διακόπτης συνδέεται μέ τή γενική ἢ τίς γενικές ἀσφάλειες (ὅταν ἡ τροφοδότηση εἶναι τριφασική). Οἱ γενικές ἀσφάλειες συνδέονται μέ τούς μερικούς διακόπτες, πού μπορεῖ νά ὑπάρχουν στά κυκλώματα διακλαδῶσεως, ἢ ἀπευθεῖας μέ τίς μερικές ἀσφάλειες, πού τοποθετοῦνται πάντοτε σέ κάθε κύκλωμα διακλαδῶσεως. Τέλος, οἱ μερικές ἀσφάλειες συνδέονται μέ ἀκροδέκτες, ἀπό τούς ὁποίους ἀναχωροῦν οἱ ἀγωγοί τῶν κυκλωμάτων διακλαδῶσεως. Σέ ὅλες αὐτές τίς συνδέσεις, ὅπως εἶπαμε καί προηγουμένως, μετέχουν μόνο οἱ ἀγωγοί φάσεων, γιατί ὁ οὐδέτερος ἀγωγός (συνήθως) καί ὁ ἀγωγός προστασίας (πάντοτε), ἂν ὑπάρχει, δέν ἐπιτρέπεται νά διακόπτονται. Γιά νά γίνει αὐτό συνδέονται μόνο

στούς άκροδέκτες είσαγωγής καί έξαγωγής από τόν πίνακα (σχ. 17.3ε).

Έκτός από τούς πίνακες πού γνωρίσαμε μέχρι τώρα υπάρχει καί άλλο είδος πινάκων. Σ' αυτούς τά διάφορα όργανα δέν στηρίζονται πάνω σέ κοινή βάση, αλλά αποτελούνται από ανεξάρτητα όργανα τοποθετημένα μέσα σέ κιβώτια από χυτοσίδηρο. Τά κιβώτια αυτά στερεώνονται στόν τοίχο, τό ένα κοντά στό άλλο, καί συνδέονται μεταξύ τους μέ άγωγούς, πού είναι τοποθετημένοι μέσα σέ χαλυβδοσωλήνες (σχ. 17.3στ). Οί πίνακες τού είδους αούτο χρησιμοποιούνται στίς βιομηχανικές εγκαταστάσεις καί καλούνται **χυτοσιδερένιοι στεγανοί πίνακες (χυτοσιδερένια διανομή)**.



Σχ. 17.3στ.
Χυτοσιδερή διανομή.



Σχ. 17.3ζ.
Σύμβολα διακοπών.

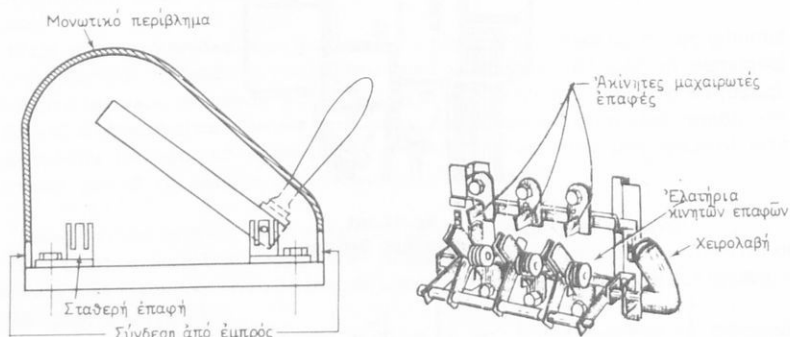
β) Διακόπτες.

Όπως είδαμε, οί διακόπτες είναι όργανα πού χρησιμεύουν γιά τή σύνδεση μέ τήν τροφοδότηση καί άποσύνδεση απ' αυτήν τών κυκλωμάτων, πού άναχωρούν από τούς πίνακες. Οί διακόπτες συμβολίζονται, όπως δείχνει τό σχήμα 17.3ζ. "Αν συνδέουν καί άποσυνδέουν δύο άγωγούς, καλούνται **μονοπολικόι διακόπτες**. "Αν όμως συνδέουν καί άποσυνδέουν ταυτόχρονα περισσότερα από ένα ζεύγη άγωγών, καλούνται **πολυπολικοί** (διπολικοί, τριπολικοί κλπ.). "Επίσης υπάρχουν διακόπτες πού μπορούν νά συνδέουν έναν άγωγό μέ δύο άλλους ανεξάρτητους άγωγούς, πότε μέ τόν ένα καί πότε μέ τόν άλλο, καί καλούνται **διακόπτες δύο κατευθύνσεων (μεταγωγείς)**.

Οί συνθηέστεροι διακόπτες πίνακα είναι οί λεγόμενοι **μαχαιρωτοί διακόπτες** (σχ. 17.3η). Οί διακόπτες αούτο αποτελούνται από μία κινητή λεπίδα, ή όποία

μετακινείται με τη βοήθεια ενός μοχλού και εισέρχεται σε μία σχισμή, πού σχηματίζουν δύο έλατηριωτά έλάσματα. Έτσι επιτυγχάνεται η σύνδεση (**άποκατάσταση**) του κυκλώματος. Σε ορισμένους μαχαιρωτούς διακόπτες η λεπίδα είναι ακίνητη και κινούνται τα έλατηριωτά έλάσματα.

Η λεπίδα και η σχισμή, πού σχηματίζουν τα έλατηριωτά έλάσματα καλούνται **έπαφές** (κινητή και σταθερή έπαφή), γιατί με την έπαφή τους πραγματοποιείται η αγώγιμη σύνδεση (άποκατάσταση της συνέχειας) του κυκλώματος. Τα μεταλλικά μέρη ενός διακόπτη (έπαφές κλπ.) κλείνονται μέσα σε μονωτικό περίβλημα για λόγους ασφάλειας και ο μοχλός χειρισμού, πού βρίσκεται έξω από τό περίβλημα αυτό, είναι από μονωτικό υλικό. Ο διακόπτης αυτός καλείται **διακόπτης τύπου Βάλτερ**.



Σχ. 17.3η.

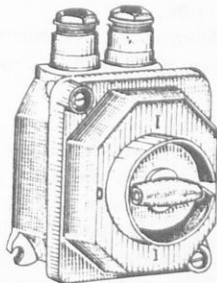
Τριπολικός μαχαιρωτός διακόπτης.

Άλλος τύπος μαχαιρωτού διακόπτη είναι ο λεγόμενος **άσφαλειοδιακόπτης**. Αυτός βρίσκεται μέσα σε στεγανό κιβώτιο και έχει ασφάλειες πού συνδέονται σε σειρά με τις έπαφές του. Έτσι ο διακόπτης αυτός αποτελεί συνδυασμό δύο οργάνων, δηλαδή ενός διακόπτη και μιάς ασφάλειας.

Άλλος τύπος διακόπτη πίνακα είναι ο **περιστροφικός διακόπτης**. Αυτός ανοίγει και κλείνει όχι πιά με άνατρεπόμενο μοχλό (χειρολαβή) όπως γίνεται στους μαχαιρωτούς διακόπτες, αλλά με περιστρεφόμενη λαβή (σχ. 17.3θ). Ο συνηθέστερος περιστροφικός διακόπτης είναι ο διακόπτης **τύπου Πάκκο** (Рассо).

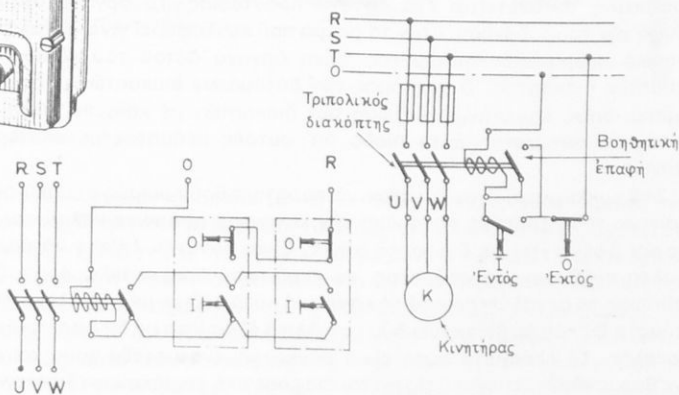
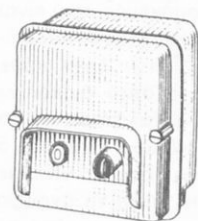
Έκτός από τούς δύο αυτούς τύπους διακοπτών (μαχαιρωτός και περιστροφικός), των οποίων ο χειρισμός γίνεται με τό χέρι, υπάρχουν και διακόπτες, των οποίων ο χειρισμός πραγματοποιείται με την πίεση δύο κουμπιών πού αντιστοιχούν ένα για τό άνοιγμα και ένα για τό κλείσιμο των έπαφών του διακόπτη. Οί διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως στίς έγκαταστάσεις κινήσεως και ο χειρισμός τους μπορεί νά γίνει και **άπό άπόσταση**. Οί διακόπτες με κουμπιά λειτουργούν με τη βοήθεια συστήματος ηλεκτρομαγνήτη (ηλεκτρονόμου). Τό πηνίο του ηλεκτρονόμου, όταν διαρρέεται από ρεύμα, έλκει τόν όπλισμό του· ο όπλισμός καθώς μετατοπίζεται κλείνει τίς έπαφές του διακόπτη και τη **βοηθητική έπαφή** με την όποία ο διακόπτης παραμένει στην κλειστή θέση (σχ. 17.3ι). Όταν ο διακόπτης με

κουμπιά είναι άνοικτος, οι έπαφές του βρίσκονται στις θέσεις που δείχνει τό σχήμα 17.3ι (θέσεις ήρεμίας). "Αν πιέσουμε τό κουμπί Ι (Έντός), διέρχεται ρεύμα από τό πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη του όποιου ό όπλισμός έλκεται καί κλείνει όπως είπαμε, τόσο τίς **κύριες** έπαφές του διακόπτη όσο καί τή βοηθητική έπαφή. "Όταν αφήσουμε



Σχ. 17.3θ.

Διακόπτης τύπου Πάκκο.



Σχ. 17.3ι.

Διακόπτης μέ κουμπιά.

τό κουμπί Ι τό κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη δέν άνοίγει, χάρη στή βοηθητική έπαφή που είναι κλειστή. "Έτσι ό διακόπτης παραμένει κλειστός. "Αν τώρα πιέσουμε τό κουμπί Ο (Έκτός), τό κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη άνοίγει καί ό όπλισμός του, που τώρα είναι ελεύθερος, επιστρέφει στή θέση ήρεμίας του σχήματος 17.3ι αυτό πραγματοποιείται μέ τήν επενέργεια μιάς επαναστακτικής δυνάμεως, όπως είναι ή δύναμη ενός έλατηρίου ή ή βαρύτητα.

Τό βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτρονόμων είναι ή δυνατότητα που έχουν νά επιτυγχάνουν τόν έλεγχο των μεγάλης ισχύος κυρίων κυκλωμάτων μέ μικρή ισχύ

στο κύκλωμα έλέγχου (κύκλωμα ηλεκτρομαγνήτη). Αυτό γίνεται, γιατί τό κύκλωμα τοῦ έλέγχου κλείνει από όρισμένη διάταξη, ή όποία μεταβιβάζει τήν έντολή κλεισίματος τοῦ διακόπτη*. Οί διακόπτες μέ ηλεκτρονόμο μπορούν επίσης νά έχουν μίαν ή καί περισσότερες διατάξεις μεταβίβασεως τής έντολής (στήν περίπτωση μας αὐτή εἶναι τά κουμπιά πιέσεως) σέ όποιαδήποτε απόσταση από τή μηχανή πού θέλομε νά διακόψομε (σχ. 17.3ι).

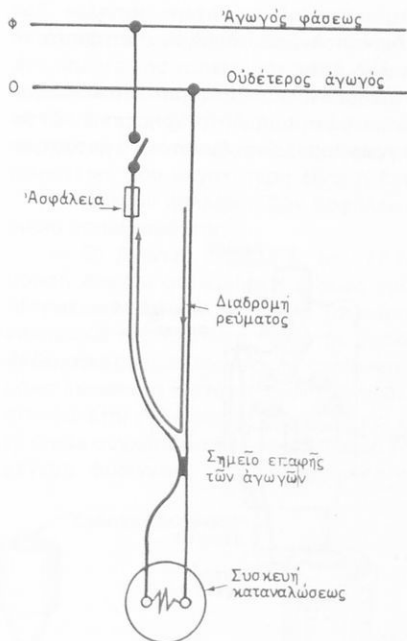
Τέλος στούς πίνακες εἶναι δυνατόν νά ἐγκατασταθοῦν καί εἰδικοί διακόπτες, ὅπως εἶναι οί διακόπτες ἐκκινήσεως τῶν κινητήρων, τούς όποίους περιγράψαμε στό Πέμπτο Μέρος.

γ) **Αὐτόματοι διακόπτες.**

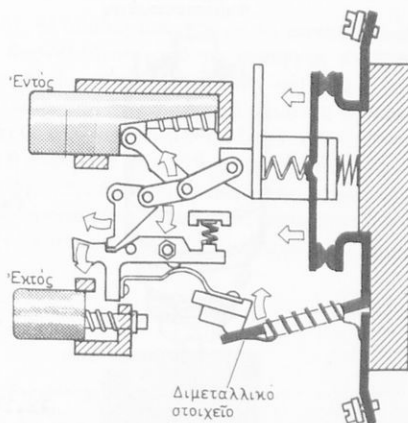
Ἐκτός από τούς διακόπτες μέ κουμπιά, πού εἶδαμε στήν προηγούμενη παράγραφο, υπάρχουν καί διακόπτες τῶν όποίων ὁ χειρισμός μπορεί νά γίνει μέ κουμπιά ἀλλά καί αὐτόματα, στήν περίπτωση πού θά συμβεῖ κάποια ἀνωμαλία στό κύκλωμα πού έλέγχουν. Ἄν τό κύκλωμα τροφοδοτεῖ κατανάλωση καί συμβεῖ, από καταστροφή π.χ. τής μονώσεως τῶν ἀγωγῶν, νά ἔλθουν σέ ἐπαφή οί ἀγωγοί τοῦ κυκλώματος, τό ρεῦμα θά κυκλοφορήσει μόνο μέσα από τήν ἀντίσταση τῶν τροφοδοτικῶν ἀγωγῶν (σχ. 17.3ια), ή όποία, ὅπως γνωρίζομε (παράγρ. 5.2), εἶναι πολύ μικρή (**βραχυκύκλωμα**). Ἔτσι ή ἔνταση τοῦ ρεύματος θά εἶναι πολύ μεγάλη καί ὑπάρχει μεγάλος κίνδυνος νά καταστραφοῦν οί ἀγωγοί καί οί συσκευές, πού εἶναι συνδεμένες πρίν από τή θέση τοῦ βραχυκυκλώματος, ή νά δημιουργηθοῦν πυρκαϊές κλπ. Γιά νά ἀποφύγομε λοιπόν τούς κινδύνους αὐτούς, στήν ἀρχή κάθε κυκλώματος τοποθετεῖται ἓνα ὄργανο προστασίας. Τό ὄργανο αὐτό διακόπτει ἀμέσως τήν τροφοδότηση, ὅταν τό ρεῦμα πού κυκλοφορεῖ γίνει μεγαλύτερο από τό κανονικό ρεῦμα τοῦ κυκλώματος. Ἐνα ὄργανο αὐτοῦ τοῦ εἶδους εἶναι καί ὁ αὐτόματος διακόπτης. Ὁ χειρισμός τῶν αὐτόματων διακοπτῶν μπορεί νά γίνει μέ κουμπιά, ὅπως καί στήν περίπτωση τῶν διακοπτῶν μέ κουμπιά, ἀλλά τό ἄνοιγμα γίνεται καί αὐτόματα μέ τή δίοδο ἀπ' αὐτούς ρεύματος μεγαλύτερου από τό κανονικό.

Στά κυκλώματα εἶναι δυνατόν νά παρατηρηθοῦν μικρές σχετικά αὐξήσεις τής ἐντάσεως τοῦ ρεύματος πάνω από τήν κανονική, οί όποίες καλοῦνται **ὑπερφορτίσεις** καί ὀφείλονται σέ διάφορες αἰτίες. Εἶναι δυνατόν επίσης νά παρατηρηθοῦν μεγάλες αὐξήσεις τοῦ ρεύματος, σέ περίπτωση βραχυκυκλωμάτων. Στήν πρώτη περίπτωση τό μεγαλύτερο από τό κανονικό αὐτό ρεῦμα, μέ τή διέλευσή του από τόν αὐτόματο διακόπτη, θερμαίνει δύο μεταλλικά ἐλάσματα μέ διαφορετικό συντελεστή διαστολῆς. Τά ἐλάσματα αὐτά εἶναι συγκολλημένα μεταξύ τους καί κάμπτονται, ὅταν θερμανθοῦν, ἐπειδή ὑφίστανται διαφορετική ἐπιμήκυνση (διαστολή) τό ἓνα σέ σχέση μέ τό ἄλλο. Μέ τήν κάμψη τής διμεταλλικῆς αὐτῆς διατάξεως, πού καλεῖται **θερμικό στοιχείο** τοῦ αὐτόματου διακόπτη, ἀνοίγουν δύο ἐπαφές του (σχ. 17.3ιβ) καί τό κύκλωμα διακόπτεται. Τό θερμικό στοιχείο χρησιμεύει γιά τό ἄνοιγμα τοῦ διακόπτη σέ περίπτωση ὑπερφορτίσεως. Στή δεύτερη περίπτωση, τοῦ βραχυκυκλώματος, ὅπου τό ρεῦμα εἶναι μεγαλύτερο από τό κανονικό, ὁ αὐτόματος διακόπτης

* Στήν περίπτωση αὐτή ή έντολή κλεισίματος τοῦ διακόπτη δίνεται από τό χειριστή καί μεταβιβάζεται από τό κουμπί πιέσεως. Σέ ἄλλες περιπτώσεις ή έντολή κλεισίματος τοῦ διακόπτη δίνεται αὐτόματα, από τή μεταβολή ενός φυσικοῦ μεγέθους (π.χ. τής ἐντάσεως ρεύματος), ὅταν ή μεταβολή αὐτή ὑπερβεῖ μιά προκαθορισμένη τιμή, καί μεταβιβάζεται π.χ. από τό ἴδιο τό φυσικό μέγεθος.



Σχ. 17.3α.
Βραχυκύκλωμα.



Σχ. 17.3β.
Αυτόματος διακόπτης.

άνοιγει το κύκλωμα σχεδόν άκριαία με τη βοήθεια **μαγνητικού στοιχείου**, πού λειτουργεί πολύ ταχύτερα από τό θερμικό. Τό ρεύμα του κυκλώματος διέρχεται από τό πηνίο ενός ηλεκτρομαγνήτη, πού βρίσκεται μέσα στό διακόπτη. Όταν λοιπόν συμβεί βραχυκύκλωμα, ή ένταση του ρεύματος θά γίνει πολύ μεγάλη. Ο ηλεκτρομαγνήτης τότε έλκει έναν όπλισμό καί μέ τόν τρόπο αυτόν άνοίγουν δύο έπαφές, πού έχουν ως αποτέλεσμα τό άνοιγμα του κυκλώματος. Όταν ο αυτόματος διακόπτης άνοίξει ένα κύκλωμα αυτό παραμένει, συνήθως, άνοικτό καί μετά τήν άποκατάσταση τής βλάβης, ή όποία προκάλεσε τήν αύξηση τής έντάσεως, χάρη σέ ένα μηχανισμό μανδάλωσης του διακόπτη στήν άνοικτή θέση. Έτσι, γιά νά κλείσει πάλι τό κύκλωμα, άπαιτείται ή πίεση ενός κουμπιού πού έπαναφέρει τό διακόπτη (**επανόπλιση**) σέ κατάσταση λειτουργίας.

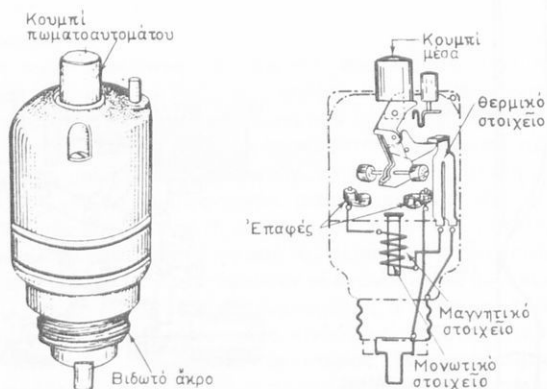
Οί αυτόματοι διακόπτες διαίρουνται στους **αυτόματους έλαίου**, στους όποιους οί έπαφές διακόπτονται μέσα σέ μονωτικό λάδι, καί στους **αυτόματους** άέρα, στους όποιους οί έπαφές άνοίγουν στόν άέρα.

Ένα είδος **μικροαυτόματου** διακόπτη άέρα είναι ο λεγόμενος **πυρματοαυτόματος** (σχ. 17.3γ). Ο διακόπτης αυτός έχει κοντά στή βάση του σπείρωμα μέ τό όποιο βιδώνεται επάνω στόν πίνακα μέσα σέ ειδική ύποδοχή καί στήν κορυφή του έχει δύο κουμπιά χειρισμού. Από αυτά τό ένα έκτινάζεται πρós τά έξω, όταν λειτουργήσει ο διακόπτης καί διακόψει τό κύκλωμα. Γιά νά έπανοπλισθεί ο διακόπτης πρέπει νά

πιεσθεί το κουμπί που έχει έκτιναχθεί.

Υπάρχουν και άλλα είδη αυτόματων διακοπών, που ανοίγουν αυτόματα το κύκλωμα, όταν παρουσιασθεί κάποια ανωμαλία, όπως π.χ. είναι:

— Οι **αυτόματοι έλλειψως τάσεως**, οι οποίοι ανοίγουν αυτόματα το κύκλωμα, όταν η τάση του ρεύματος κατέβει κάτω από όρισμένη τιμή. Αυτοί χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα κινητήρων, οι οποίοι, όπως γνωρίζουμε, είναι δυνατόν να καταστραφούν, όταν η τάση μειωθεί πολύ.



Σχ. 17.3ιγ.

Πωματοαυτόματος.

— Οι **διακόπτες μέ κουμπιά** [παράγρ. 17.3 (5,β)], προστατεύουν το κύκλωμα από έλλειψη τάσεως, γιατί, όταν η τάση μειωθεί πολύ, πραγματοποιείται αυτόματα διακοπή του κυκλώματος.

— Οι **αυτόματοι υπερέτάσεως**, που διακόπτουν το κύκλωμα όταν η τάση φθάσει σε τιμή μεγαλύτερη από την κανονική.

Έκτός από τούς αυτόματους διακόπτες προστασίας έχουμε και αυτόματους διακόπτες ρυθμίσεως, οι οποίοι ανοίγουν το κύκλωμα αυτόματα κάτω από όρισμένες συνθήκες, τις οποίες καθορίζουμε από πριν. Διακόπτες του είδους αυτού είναι π.χ. οι **χρονοδιακόπτες**, οι οποίοι περιλαμβάνουν ωρολογιακό μηχανισμό και ανοίγουν ή κλείνουν το κύκλωμα σε όρισμένη χρονική στιγμή, αφού ρυθμισθούν κατάλληλα.

δ) Άσφάλειες.

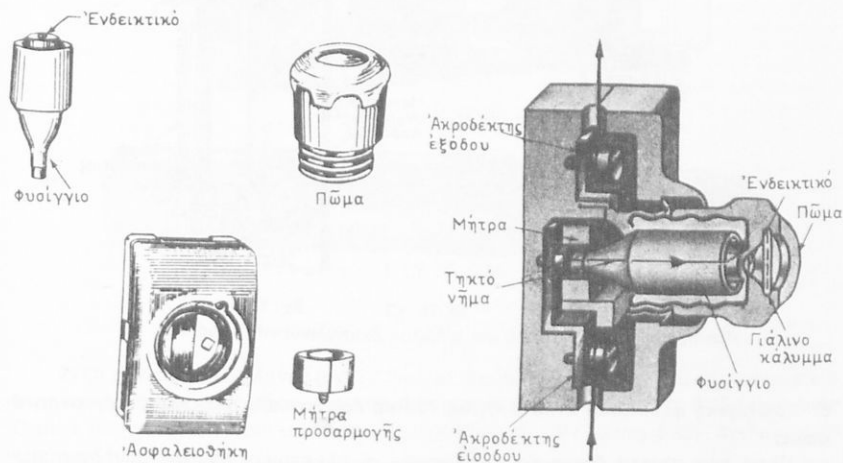
Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο 17.3(5,γ), στην αρχή κάθε κυκλώματος τοποθετείται ένα όργανο προστασίας. Όργανα προστασίας, εκτός από τούς αυτόματους διακόπτες, είναι και οι **άσφάλειες τηκτών**.

Οι άσφάλειες τοποθετούνται στους πίνακες διανομής και στην αρχή κάθε κυκλώματος και μάλιστα **σε σειρά** προς τον ή τούς αγωγούς φάσεων έτσι, ώστε να διέρχεται μέσα απ' αυτούς ολόκληρο το ρεύμα του κυκλώματος. Στην περίπτωση βραχυκυκλώματος, από το οποίο κυρίως οι άσφάλειες προστατεύουν τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, το μεγάλο ρεύμα προκαλεί την τήξη λεπτού, ευτήκτου συρματιδίου.

πού καλείται **τηκτό** και βρίσκεται μέσα στην ασφάλεια με τον τρόπο αυτό διακόπτεται ή συνέχεια του κυκλώματος. Η ασφάλεια χαρακτηρίζεται από την **ονομαστική της τάση** και από την **ονομαστική της ένταση**, δηλαδή από την ένταση του ρεύματος που μπορεί να διέρχεται συνεχώς μέσα απ' αυτήν, χωρίς να τήκεται το τηκτό της. Κάθε ένταση μεγαλύτερη από την ονομαστική προκαλεί την τήξη του τηκτού της ασφάλειας και επομένως τη διακοπή του κυκλώματος σε χρόνο τόσο μικρότερο, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση αυτή.

Υπάρχουν πολλών ειδών ασφάλειες για τα διάφορα είδη εγκαταστάσεων στα οποία τοποθετούνται:

— Οι **βιδωτές** ασφάλειες (σχ. 17.3ιδ), οι οποίες αποτελούν τη συνηθέστερη μορφή ασφάλειας χαμηλής τάσεως και αποτελούνται από το **φυσίγγιο**, τη **βάση (ασφαλειοθήκη)** και το **πώμα**. Το φυσίγγιο είναι από πορσελάνη και φέρει στο έσωτερικό του το τηκτό νήμα της ασφάλειας. Στο ένα άκρο του νήματος υπάρχει **ένδεικτικό** (μικρός δίσκος), το οποίο παύει να συγκρατείται στη θέση του και πέφτει μόλις λειώσει το τηκτό και έτσι δείχνει ότι η ασφάλεια **κάηκε**. Η βάση της ασφάλειας στερεώνεται στον πίνακα διανομής και επάνω της βιδώνει το πώμα της ασφάλειας, το οποίο συγκρατεί το φυσίγγιο. Για να χρησιμοποιείται η ίδια βάση για περισσότερα μεγέθη φυσιγγίων (μέ διαφορετικές ονομαστικές εντάσεις), επάνω στη βάση



Σχ. 17.3ιδ.

Ασφάλεια.

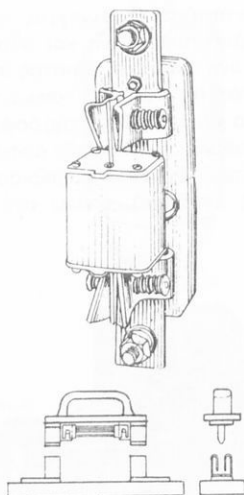
στερεώνεται για κάθε μέγεθος μία **μήτρα** προσαρμογής. Στις βάσεις των ασφαλειών βιδώνονται και οι **πωματοαυτόματοι διακόπτες** [παράγρ. 17.3 (5,γ)].

— Οι **μαχαιρωτές** ασφάλειες (σχ. 17.3ιε), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις μεγάλων εντάσεων ρεύματος. Αποτελούνται από ένα κεντρικό σώμα, στο έσωτερικό του οποίου είναι τοποθετημένο το **τηκτό**, και από δύο λεπίδες, που χρησιμεύουν για τη στερέωσή της σε μία βάση κατάλληλα διαμορφωμένη κατά τον τρόπο που κλείνουν οι έπαφές των μαχαιρωτών διακοπών. Για το χειρισμό των ασφαλειών αυτών, όταν η εγκατάσταση βρίσκεται σε λειτουργία και για την

προστασία του χειριστή, χρησιμοποιούμε μονωτικές λαβίδες ή τη μονωτική λαβή (σχ. 17.3ιε), που καμιά φορά είναι ενσωματωμένη στην ασφάλεια.

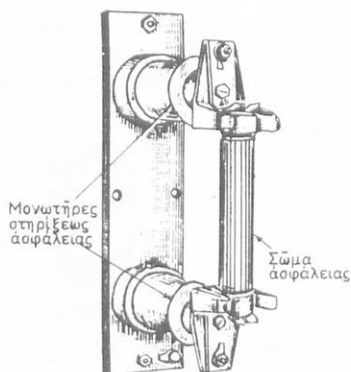
— Οι **κυλινδρικές ασφάλειες** (σχ. 17.3ιστ), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ύψηλης τάσεως και αποτελούνται από μονωτικό κύλινδρο, στο έσωτερικό του οποίου τοποθετείται τό τηκτό.

Οι ασφάλειες εκλέγονται έτσι, ώστε η ονομαστική τους ένταση να αντιστοιχεί στην ένταση που μπορεί να διέρχεται συνεχώς από τους άγωγους του κυκλώματος, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος υπερθερμάνσεως· η ένταση αυτή εξαρτάται από τη διατομή των άγωγών.



Σχ. 17.3ιε.

Μαχαίρωτή ασφάλεια.



Σχ. 17.3ιστ.

Κυλινδρική ασφάλεια.

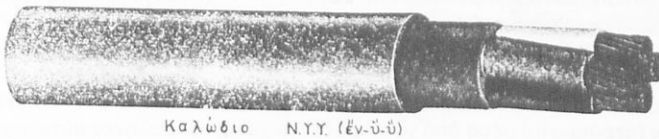
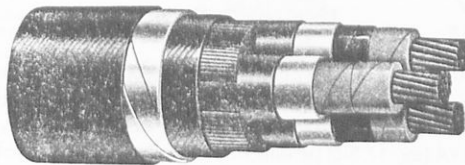
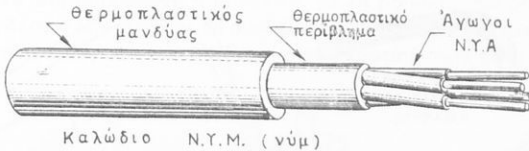
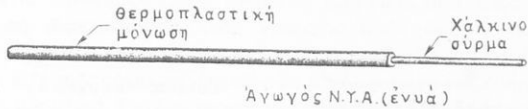
6. Έσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση. Ύλικά έσωτερικῶν ηλεκτρικῶν εγκαταστάσεων.

Από τόν πίνακα διανομής άναχωρούν οί ηλεκτρικοί άγωγοί τῶν διαφόρων κυκλωμάτων διακλαδώσεως· οί άγωγοί αυτοί είτε έχουν τή μορφή μονωμένων συρμάτων μέσα σε **ηλεκτρικούς σωλήνες** είτε τή μορφή καλωδίων, πού εγκαθίστανται **χωνευτά** ή **όρατά** κατά μήκος τῶν τοίχων καί όροφῶν ή ακόμα, κάτω από τό δάπεδο. Οί άγωγοί αυτοί καταλήγουν σε διάφορα σημεία ρευματοληψίας, από όπου τροφοδοτούνται οί διάφορες ηλεκτρικές καταναλώσεις (ηλεκτρικές συσκευές ή μηχανές). Ό πίνακας διανομής καί οί ηλεκτρικοί άγωγοί, μαζί μέ τά διάφορα εξαρτήματα, πού άπαιτούνται γιά τή λειτουργία τῆς εγκαταστάσεως, αποτελούν τή λεγόμενη **έσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση**.

Τά βασικά ύλικά τῆς έσωτερικής ηλεκτρικής εγκαταστάσεως είναι:

1) Οί **ηλεκτρικοί άγωγοί** τῶν κυκλωμάτων διακλαδώσεως (σχ. 17.3ιζ). Είναι συνήθως μονωμένα σύρματα ή καλώδια πού αποτελούνται από περισσότερα από

ένα μονωμένα σύρματα, γύρω από τα οποία υπάρχει κοινό μονωτικό περίβλημα. Το περίβλημα περιβάλλεται καί αυτό από ένα ή περισσότερα προστατευτικά περιβλήματα, για την προστασία του καλωδίου από διάφορες καταπονήσεις καί επιδράσεις (π.χ. μηχανικές καταπονήσεις, επίδραση υγρασίας κλπ.).



Σχ. 17.3ιζ.

Ήλεκτρικά καλώδια καί άγωγοί.

2) Οί **ήλεκτρικοί σωλήνες** (σχ. 17.3ιη), οί όποίοι χρησιμεύουν γιά νά προστατεύουν τούς μονωμένους άγωγούς τής έσωτερικής έγκαταστάσεως από μηχανικές ζημιές (π.χ. τυχαίος τραυματισμός τής μονώσεως τών μονωμένων άγωγών από αίχμηρό άντικείμενο).

Οί σωλήνες τών ήλεκτρικών γραμμών τών έσωτερικών ήλεκτρικών έγκαταστάσεων, διακρίνονται σέ δύο βασικές κατηγορίες:

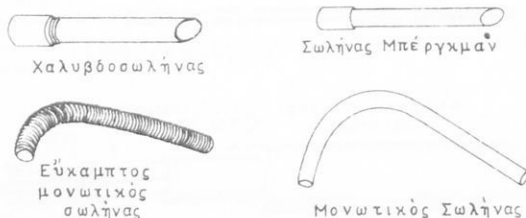
α) Τούς **μονωτικούς σωλήνες**.

β) Τούς **μή μονωτικούς σωλήνες**.

Οί μονωτικοί σωλήνες είναι σωλήνες από μονωτικό ύλικό ή έχουν στο έσωτερικό τους μονωτική επένδυση γιά νά εξασφαλίζεται ότι δέν θά τεθούν σέ τάση στήν περίπτωση πού οί μέσα σ' αυτούς τοποθετούμενοι άγωγοί έχουν ύποστει κατά τήν τοποθέτηση κάποια καταστροφή τής μονώσεώς τους. Τέτοιοι σωλήνες είναι π.χ. οί **όπλισμένοι μονωτικοί σωλήνες** (σωλήνες Μπέργκμαν) πού έχουν ως μονωτικό ύλικό έμποτισμένο μέ μονωτική ούσία χαρτί, πού περιβάλλεται έξωτερικά από λεπτή έπιμολυβδωμένη λαμαρίνα. Στους μονωτικούς σωλήνες ανήκουν έπίσης οί **σωλήνες**

μέ χαλύβδινο όπλισμό (χαλυβδοσωλήνες) που πάνω από τό μονωτικό τους ύλικό (έμποτισμένο χαρτί) έχουν συνεχή έξωτερικό χαλύβδινο μανδύα, οί **σωλήνες χωρίς μεταλλικό όπλισμό**, που είναι από θερμοπλαστικό ύλικό και άλλοι.

Οί μη μονωτικοί σωλήνες είναι μεταλλικοί σωλήνες χωρίς έσωτερική μονωτική επένδυση.



Σχ. 17.3ιη.

Ήλεκτρικοί σωλήνες.

Οί συνηθεστεροι ήλεκτρικοί σωλήνες είναι οί σωλήνες Μπέργκμαν καί χρησιμοποιούνται, όπως καί όλοι οί άλλοι σωλήνες άλλωστε, γιά νά προστατεύονται κυρίως οί κοινοί άγωγοί έσωτερικών έγκαταστάσεων. Ός κοινοί άγωγοί χρησιμοποιούνται σήμερα οί άγωγοί NYA (σχ. 17.3ιζ) μέ θερμοπλαστική μόνωση· αύτοί άντικατάστησαν τούς άγωγούς NGA μέ μόνωση από λάστιχο, που χρησιμοποιούσαν παλαιότερα. Οί σωλήνες Μπέργκμαν χρησιμοποιούνται συνήθως στίς χωνευτές έγκαταστάσεις τών ξηρών χώρων (χωρίς ύγρασία) καί τοποθετούνται κάτω από τό έπιχρίσμα τών τοίχων. Οί χαλυβδοσωλήνες καί οί μεταλλικοί σωλήνες τοποθετούνται σέ ύγρους χώρους, γιati έξασφαλίζουν στεγανότητα.

Οί μονωτικοί σωλήνες χωρίς μεταλλικό όπλισμό χρησιμοποιούνται κυρίως στίς διαβάσεις (περάσματα) μέσα από χωρίσματα (τοίχους). Οί σωλήνες αύτοί κατασκευάζονται συνήθως από σκληρό λάστιχο, αλλά τελευταία κατασκευάζονται καί από πλαστικό ύλικό καί χρησιμοποιούνται συχνά άντί γιά τούς σωλήνες Μπέργκμαν.

Ένα είδος μονωτικών σωλήνων είναι καί οί εύκαμπτοι μονωτικοί σωλήνες. Αύτοί κάμπτονται μέ τό χέρι, χωρίς νά άπαιτούνται ειδικά έργαλεία καί έξαρτήματα γιά νά σχηματισθοϋν καμπύλες, γωνίες κλπ. Οί σωλήνες αύτοί, έπειδή έχουν μεγαλύτερο κόστος, χρησιμοποιούνται μόνο σέ ειδικές περιπτώσεις (διαδρομές μέ πολλές καμπύλες, όπου ύπάρχουν άπαιτήσεις γιά εύκαμψία καί μηχανική προστασία κλπ).

Οί ήλεκτρικοί σωλήνες κατασκευάζονται σέ διάφορα μεγέθη που χαρακτηρίζονται από τήν έσωτερική τους διάμετρο. Τό πλήθος τών άγωγών NYA, που έπιτρέπεται νά τοποθετήσμε κατά μέγιστο όριο μέσα σέ ένα σωλήνα, έξαρτάται από τή διάμετρό του.

Γιά τήν έγκατάσταση τών σωλήνων άπαιτούνται ειδικά έξαρτήματα (σχ. 17.3ιθ), τά κυριότερα από τά όποία είναι:

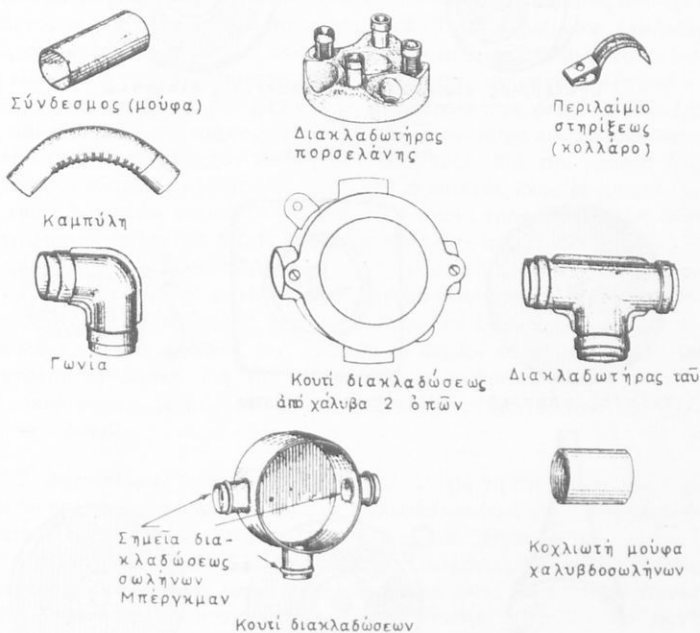
— Οί **σύνδεσμοι (μούφες)**, που χρησιμεύουν γιά τήν ένωση δύο κομματιών ενός σωλήνα.

— Οί **καμπύλες καί οί γωνίες**, που χρησιμεύουν γιά τήν ένωση δύο κομματιών ενός σωλήνα, που έγκαθίστανται υπό γωνία.

— Οί **διακλαδωτήρες ταυ**, πού χρησιμεύουν γιά τήν πραγματοποίηση διακλαδώσεων.

— Τά **περιλαίμια στηρίξεως (κολλάρα)**, γιά τή στερέωση τών σωλήνων Μπέργκμαν στους τοίχους σέ όρατές έγκαταστάσεις.

— Τά **κουτιά διακλαδώσεως ή ένώσεως (μπούστ)**, πού χρησιμεύουν γιά τήν πραγματοποίηση **διακλαδώσεως** μιās γραμμής πρós δύο ή καί περισσότερες κατευθύνσεις ή γιά τήν **ένωση** δύο κομματιών άγωγών. Τά κουτιά διακλαδώσεως ή ένώσεως είναι είτε σιδερένια, μέ επικάλυψη από μόλυβδο καί έσωτερική μονωτική επένδυση, είτε πλαστικά. Στο έσωτερικό τών κουτιών διακλαδώσεως τοποθετούνται **διακλαδωτήρες** από πορσελάνη ή βακελίτη, μέ τή βοήθεια τών όποίων γίνονται οί διάφορες συνδέσεις τών άγωγών. Οί συνδέσεις αυτές είναι δυνατόν νά επιθεωρούνται όποτεδήποτε άν αφαιρεθεί τό κάλυμμα του κουτιού, πού είναι είτε βιδωτό είτε



Σχ. 17.3ιβ.

Έξαρτήματα σωλήνων.

έφαρμοστό. Τά κουτιά διακλαδώσεως κατασκευάζονται σέ διάφορα μεγέθη, ανάλογα μέ τή διάμετρο τών σωλήνων πού συνδέονται σ' αυτά, ενώ οί διακλαδωτήρες έχουν μέγεθος ανάλογο μέ τή διατομή τών άγωγών τούς όποίους συνδέουν. Τά κουτιά διακλαδώσεως, έκτός από τίς θέσεις στίς όποιες γίνονται οί διακλαδώσεις τών ηλεκτρικών γραμμών ή τίς θέσεις στίς όποιες προβλέπεται νά γίνουν μελλοντικά διακλαδώσεις, τοποθετούνται καί γιά νά δείχνουν τή διαδρομή πού άκολουθοϋν

οί άθέατες, χωνευτές, ηλεκτρικές σωληνώσεις. Για τό σκοπό αυτόν τοποθετοῦνται κουτιά διακλαδώσεως σέ εύθειες διαδρομές χωνευτῶν σωλήνων μέ μεγάλο μήκος (κάθε 6 μέτρα), όταν ή γραμμή πηγαίνει από ένα δωμάτιο σέ άλλο καί όταν ή γραμμή παρουσιάζει πολλές καμπύλες (συνήθως όπου οί καμπύλες είναι περισσότερες από μία).

3) Οί **διακόπτες τοίχου**. Στερεώνονται στους τοίχους καί χρησιμεύουν τίς περισσότερες φορές γιά τόν έλεγχο τοῦ φωτισμοῦ τῶν διαφόρων χώρων. Οί διακόπτες αὐτοί ἐγκαθίστανται εἴτε **χωνευτοί** εἴτε **ἐξωτερικοί** ἐπάνω στους τοίχους (σχ. 17.3κ).

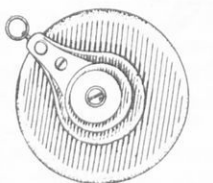


Σχ. 17.3κ.

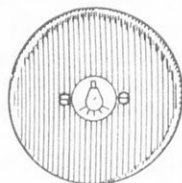
Διακόπτες τοίχου.



Διακόπτης με κουμπί πίεσεως πουάφ



Τραβηκτός διακόπτης



Διακόπτης με κουμπί πίεσεως

Σχ. 17.3κα.

Διάφοροι διακόπτες τοίχου.

Οί διακόπτες τοίχου είναι συνήθως **περιστροφικοί** (σχ. 17.3κ), μέ **άνατρεπόμενο μοχλίσκο** (διακόπτες **τάμπλερ**) ή μέ **πλήκτρο**. Υπάρχουν επίσης διακόπτες μέ **κουμπί πίεσεως** (διακόπτες κλιμακοστασίων) ή **τραβηκτοί** (σχ. 17.3κα):

Υπάρχουν τὰ ἐξῆς εἶδη διακοπῶν τοῖχου ἀνάλογα μέ τόν ἔλεγχο τῶν φωτιστικῶν συσκευῶν πού θέλομε νά ἐπιτύχομε:

α) **Ἀπλοί διακόπτες**, μέ τούς ὁποίους ἀνοίγομε καί κλείνομε ἓνα κύκλωμα φωτισμοῦ μέ ἓνα ἢ περισσότερα φωτιστικά σημεῖα.

β) **Διακόπτες διαδοχῆς (κομμιτατέρ)**, μέ τούς ὁποίους μπορούμε νά ἐλέγχομε δύο φωτιστικά σημεῖα ἢ δύο ὁμάδες φωτιστικῶν σημείων ἀνάβομε πρῶτα τή μιά ὁμάδα μόνο, ὕστερα (μέ δεύτερη περιστροφή τοῦ διακόπτη) τίς δύο ὁμάδες μαζί καί τέλος (μέ τρίτη περιστροφή) τή δεύτερη ὁμάδα μόνο.

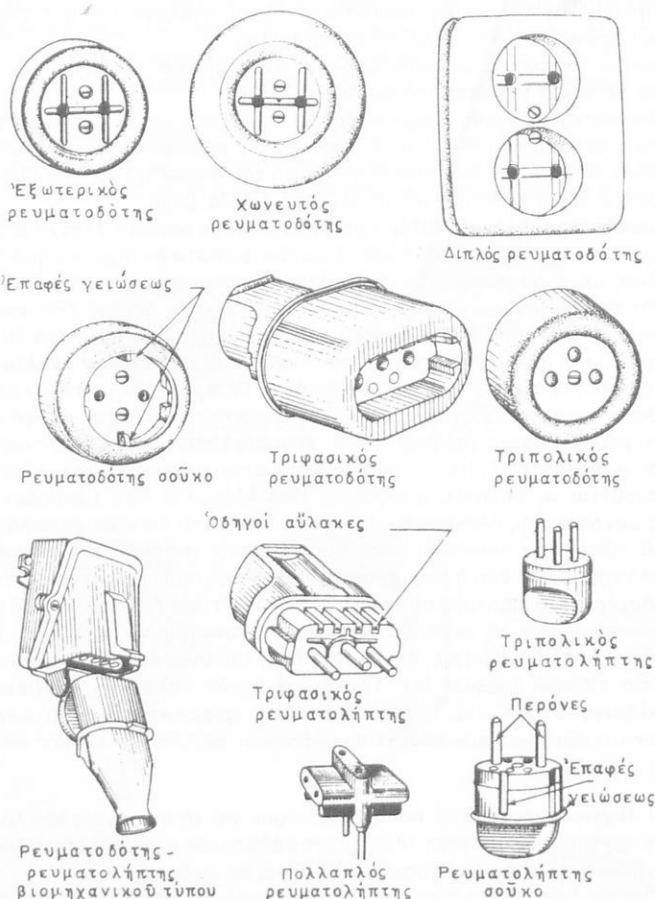
γ) **Διακόπτες ἐναλλαγῆς (ἀλλέ - ρετούρ)**, μέ τούς ὁποίους ἐλέγχομε (ἀνάβομε καί σβήνομε) τό ἴδιο φωτιστικό σημεῖο ἢ ὁμάδα φωτιστικῶν σημείων ἀπό διάφορες θέσεις ἐνός μεγάλου χώρου (π.χ. διαδρόμου, κλιμακοστασίου κλπ.). Οἱ διακόπτες ἐναλλαγῆς τοποθετοῦνται ἐπομένως σέ δύο τουλάχιστον θέσεις. Στίς περιπτώσεις πού θέλομε νά ἐλέγχομε ἓνα φωτιστικό σημεῖο ἀπό περισσότερες ἀπό δύο θέσεις, τοποθετοῦμε καί ἄλλους διακόπτες, πού καλοῦνται **ἐνδιάμεσοι ἐναλλαγῆς**, στίς διάφορες αὐτές θέσεις μεταξύ τῶν δύο ἀκραίων θέσεων. "Όλοι αὐτοί οἱ διακόπτες, ὅπως εἶδαμε καί στήν παράγραφο 17.3 (5,α) διακόπτουν **μόνο** τόν ἀγωγό φάσεως.

4) Οἱ **ρευματοδότες (πρίζες)** καί οἱ **ρευματολήπτες (φίς)**. Οἱ ρευματοδότες, ὅπως καί οἱ διακόπτες τοῖχου, ἐγκαθίστανται στόν τοῖχο καί χρησιμεύουν γιά νά τροφοδοτοῦνται οἱ φορητές ἠλεκτρικές συσκευές. Γιά τήν τροφοδότηση μιᾶς φορητῆς μονοφασικῆς ἠλεκτρικῆς συσκευῆς ἀπαιτεῖται ἓνας ρευματολήπτης, στό ἄκρο τοῦ εὐκαμπτου καλωδίου μέσα ἀπό τό ὁποῖο τροφοδοτεῖται ἡ συσκευή· ὁ ρευματολήπτης φέρει δύο ἢ τρία **βύσματα** (περόνες), πού εἰσάγονται στίς ἀντίστοιχες **ὑποδοχές** τοῦ ρευματοδότη (σχ. 17.3κβ). Τό ἓνα ἀπό τὰ βύσματα τοῦ ρευματολήπτη χρησιμεύει γιά τή σύνδεση τοῦ ἀγωγοῦ προστασίας. Ὑπάρχουν ὅμως καί ρευματοδότες-ρευματολήπτες, ὅπου ἡ σύνδεση τοῦ ἀγωγοῦ προστασίας γίνεται μέ τή βοήθεια ἐιδικῶν ἐπαφῶν (σχ. 17.3κβ), οἱ ὁποῖοι καλοῦνται **ρευματοδότες ἢ ρευματολήπτες σοῦκο**. Γιά τήν τροφοδότηση τριφασικῶν καταναλώσεων (π.χ. ἠλεκτροκινήτρων) χρησιμοποιοῦνται τριφασικοί ρευματοδότες καί ρευματολήπτες (σχ. 17.3κβ).

5) Οἱ **λυχνιολαβές** (ντουῖ), πού χρησιμεύουν γιά τή στερέωση τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ καί τήν τροφοδότησή τους μέ τροφοδοτικούς ἀγωγούς (**σειρίδες**), ἀπό τή σταθερή ἠλεκτρική ἐγκατάσταση, ὅπως δείχνει τό σχῆμα 17.3κγ.

Ὑπάρχουν διαφόρων εἰδῶν λυχνιολαβές, ἀνάλογα μέ τό εἶδος τοῦ λαμπτήρα (λαμπτήρες πυρακτώσεως, λαμπτήρες φθορισμοῦ κλπ.) καί μέ τήν κατασκευή του (βιδωτοί λαμπτήρες, λαμπτήρες μπαγιονέτ). Ἐπίσης ὑπάρχουν καί συνδυασμοί λυχνιολαβῶν μέ ρευματοδότη ἢ μέ διακόπτη (σχ. 17.3κδ).

Ἀπό τὰ διάφορα σημεῖα ρευματολήψιας, στά ὁποῖα καταλήγουν οἱ ἠλεκτρικές γραμμές σέ μιά ἐσωτερική ἠλεκτρική ἐγκατάσταση, τροφοδοτοῦνται, ὅπως εἶδαμε, οἱ διάφορες ἠλεκτρικές καταναλώσεις (συσκευές καί μηχανές). Ἡ προστασία τόσο τῶν ἠλεκτρικῶν ἀγωγῶν ὅσο καί τῶν συσκευῶν καί μηχανῶν ἐπιτυγχάνεται μέ τὰ ὄργανα προστασίας τοῦ πίνακα διανομῆς (ἀσφάλειες, αὐτόματοι διακόπτες). Ὁ ἔλεγχός τους (σύνδεση καί ἀποσύνδεση τῶν διαφόρων καταναλώσεων μέ τήν ἠλεκτρική τροφοδότηση) πραγματοποιεῖται μέ τούς διακόπτες τοῦ πίνακα διανομῆς, τούς διακόπτες τοῖχου ἢ ἀκόμα τούς διακόπτες πού εἶναι ἐγκαταστημένοι ἐπάνω στίς συσκευές ἢ μηχανές. Εἰδικῶς στίς ἐγκαταστάσεις κινήσεως ὑπάρχουν κατὰ κανόνα γιά τόν ἔλεγχο καί τήν προστασία τῶν κινήτρων (ἐκτός ἀπό τὰ ὄργανα



Σχ. 17.3κβ.

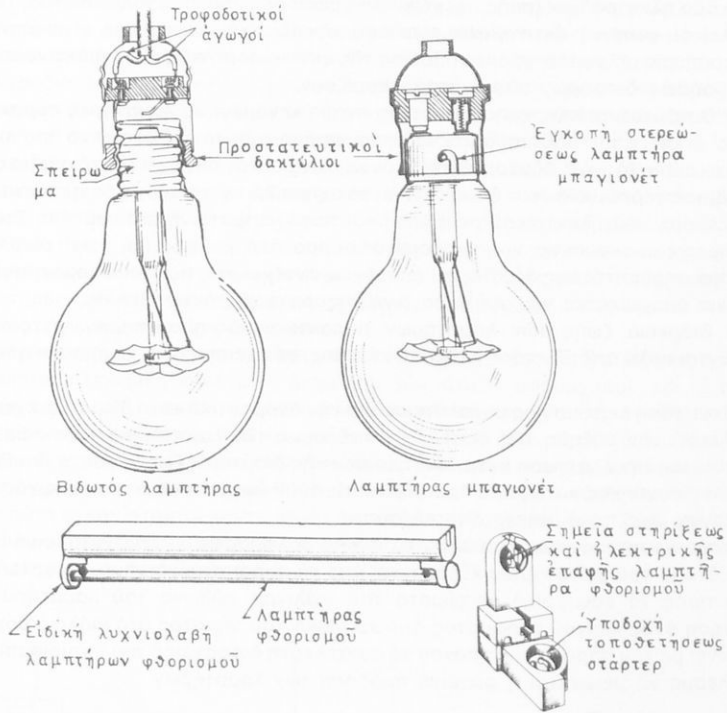
Ρευματοδότες καί ρευματολήπτες.

προστασίας καί ἐλέγχου πού υπάρχουν στὸν πίνακα διανομῆς γιὰ κάθε κύκλωμα πού ἀναχωρεῖ ἀπὸ αὐτόν), τὰ ἑξῆς ὄργανα:

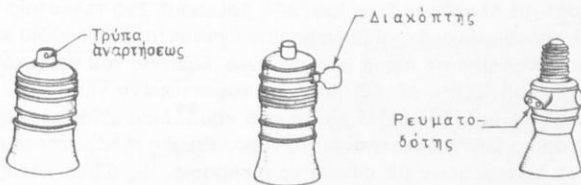
— “Ένας μαχαιρωτὸς διακόπτης.

— “Ένας αὐτόματος διακόπτης μέ θερμικὸ καί μαγνητικὸ στοιχείο, γιὰ τὴν προστασία τοῦ κινητήρα ἀπὸ ὑπερεντάσεις καί μικρὰ βραχυκυκλώματα (ἀπὸ τὰ μεγάλα βραχυκυκλώματα μᾶς προστατεύουν οἱ ἀσφάλειες τηκτῶν) καί μαγνητικὸ στοιχείο ἐλλείψεως τάσεως.

— “Ένας ἐκκινητὴς (π.χ. διακόπτης ἀστέρα-τριγώνου).



Σχ. 17.3κγ.
Λυχνιολαβές.



Σχ. 17.3κδ.
Λυχνιολαβές με διακόπτη ή ρευματοδότη.

7. Πηγές φωτισμού.

Ἡ ηλεκτρική ἐνέργεια ἐκτός ἀπό τίς ἄλλες πολυπληθεῖς ἐφαρμογές της χρησιμεύει καί γιά τήν παραγωγή φωτός.

Τό ηλεκτρικό φῶς παράγεται κατά δύο τρόπους: α) Μὲ **διοχέτευση ηλεκτρικοῦ ρεύματος** μέσα ἀπό λεπτό μεταλλικό σύρμα, τό ὁποῖο θερμαίνεται ἐξαιτίας τοῦ φαινομένου Τζούλ, ἐρυθροπυρῶνεται καί ἀκτινοβολεῖ. β) Μὲ **ηλεκτρική ἐκκένωση**

μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (ροής ηλεκτρονίων) μέσα σε αέριο ή μεταλλικό ατμό. Τότε προκαλείται **φωτεινή ακτινοβολία** είτε από την ίδια την εκκένωση, είτε από τη μετατροπή της μη φωτεινής ακτινοβολίας της εκκενώσεως σε φωτεινή ακτινοβολία με τη βοήθεια διαφόρων ούσιων που φθορίζουν.

— Όο πρώτος τρόπος χρησιμοποιείται στους λεγόμενους **λαμπτήρες πυρακτώσεως**, οι οποίοι αποτελούνται από ένα σφραγισμένο γιάλινο κώδωνα κενό από αέρα ή γεμάτο αέριο (άργo ή άζωτο). Μέσα στον κώδωνα αυτόν υπάρχει λεπτό σύρμα από βολφράμιο στερεωμένο έτσι, όπως δείχνει τό σχήμα 7.3 κγ· τό σύρμα θερμαίνεται μέ τήν διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος καί παράγει φωτεινή ακτινοβολία. Στους λαμπτήρες πυρακτώσεως χρησιμοποιείται σύρμα από βολφράμιο, γιατί τό ύλικό αυτό έχει σημείο τήξεως 3400°C καί έπομένως άντέχει στίς ύψηλές θερμοκρασίες, πού είναι απαραίτητες γιά τήν παραγωγή τής φωτεινής ακτινοβολίας.

Ή διάρκεια ζωής των λαμπτήρων πυρακτώσεως καί ή παραγωγή φωτός εξαρτώνται πολύ από τήν τάση λειτουργίας τους, σε σχέση μέ τήν όνομαστική τους τάση.

Έτσι, τάση λειτουργίας μεγαλύτερη από τήν όνομαστική κατά 5% μόνο, έχει ως αποτέλεσμα τήν αύξηση τής φωτεινής απόδόσεως των λαμπτήρων πυρακτώσεως κατά 20% καί τήν ελάττωση κατά 50% περίπου τής διάρκειας ζωής τους, ή όποία μέ κανονικές συνθήκες κατά μέσο όρο φθάνει τίς 1000 ώρες. Ή ελάττωση τής τάσεως λειτουργίας έχει τά αντίθετα αποτελέσματα.

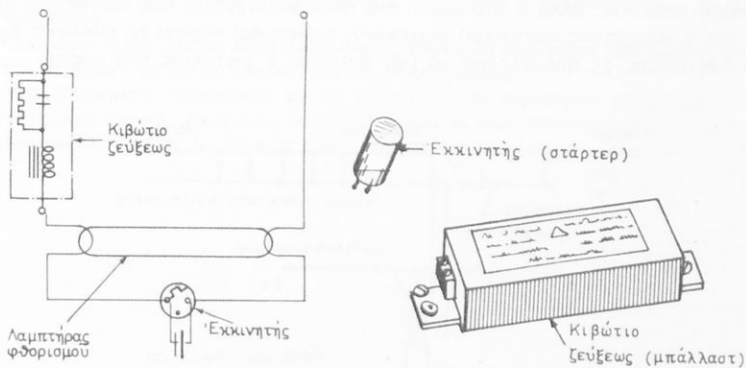
Στους λαμπτήρες πυρακτώσεως τό σύρμα βολφραμίου εξαχνώνεται σιγά-σιγά καί τά άτομα του βολφραμίου εξέρχονται από τό πυρακτωμένο νήμα καί κατευθύνονται πρός τά έσωτερικά τοιχώματα του γιάλινου κώδωνα του λαμπτήρα. Ή επικάθηση ενός λεπτού στρώματος από τό ύλικό του νήματος στό γιάλινο δοχείο ελαττώνει μέ τήν πάροδο του χρόνου τό συντελεστή διαφάνειάς του (μαύρισμα), μέ αποτέλεσμα νά μειώνεται ή φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων.

Τό μαύρισμα του γιάλινου κώδωνα είναι μικρότερο στους λαμπτήρες πυρακτώσεως πού έχουν αέριο, τό αέριο έμποδίζει κάπως τήν εξαχνωση του νήματος, σε σύγκριση μέ τούς λαμπτήρες κενού, άποφεύγεται δέ τελείως άν στό αέριο προστεθεί ποσότητα άλογόνων (π.χ. ιωδίου ή βρωμίου). Στο τελευταίο αυτό είδος λαμπτήρων, οι παραγόμενοι άτμοί βολφραμίου ένώνονται μέ τό ιώδιο καί σχηματίζουν ιωδιοϋχο βολφράμιο σε άέρια μορφή· αυτό, εξαιτίας του θερμικού άνoδικού ρεύματος πού σχηματίζεται, οδούει πρός τό πυρακτωμένο νήμα καί εκεί, μέ τήν ύψηλή θερμοκρασία πού επικρατεί κοντά στό νήμα, διασπάται πάλι σε ιώδιο καί βολφράμιο, τό όποιο έπιστρέφει επάνω στό νήμα. Έπειδή οι λαμπτήρες πυρακτώσεως μέ άλογόνα λειτουργούν μέ ύψηλή θερμοκρασία, ως ύλικό κατασκευής του κώδωνα χρησιμοποιείται ή χαλαζιακή ύαλος. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως μέ άλογόνα έχουν μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση από τούς κοινούς λαμπτήρες, διπλάσια περίπου μέση διάρκεια ζωής καί μικρότερες διαστάσεις. Ή χρησιμοποίηση γυαλιού από χαλαζία γιά τήν κατασκευή του κώδωνα των λαμπτήρων άλογόνων έπιτρέπει τή μείωση των διαστάσεων των λαμπτήρων αυτών· έπιτρέπει επίσης τήν πλήρωση του μέ αέριο μεγαλύτερης πιέσεως, μέ αποτέλεσμα νά αύξάνεται ή ικανότητα φορτίσεως του νήματος καί έπομένως ή φωτεινή απόδοση. Οι λαμπτήρες άλογόνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε προβολείς αυτοκινήτων, σε κινηματογραφικούς προβολείς ή προβολείς διαφανειών, σε προβολείς έγκαταστάσεων κινηματογραφήσεως, σε προβολείς άθλητικών γηπέδων κλπ.

— Ο δεύτερος τρόπος για να παραχθεί φώς χρησιμοποιείται στους λαμπτήρες εκκενώσεων. Αυτοί είναι σφραγισμένοι γιάλيني κώδωνες ή σωλήνες μέσα στους οποίους υπάρχουν άερια ή μεταλλικοί άτμοί με χαμηλή ή ύψηλή πίεση καί δύο ηλεκτροδία. Μεταξύ των ηλεκτροδίων προκαλείται συνεχής ηλεκτρική εκκένωση, ή οποία είτε ακτινοβολεί στη φωτεινή περιοχή του φάσματος, όπως γνωρίζουμε από τη Φυσική, είτε αποδίδει τό μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας της με τη μορφή υπεριωδών ακτίνων. Οί ακτίνες αυτές επιδρούν στην επικάλυψη των έσωτερικών παρειών των σωλήνων των λαμπτήρων, ή οποία αποτελείται από **φθορίζουσες** ούσιες, με αποτέλεσμα νά εμπέμπονται από την επικάλυψη αυτή φωτεινές ακτίνες.

Λαμπτήρες εκκενώσεων είναι οί σωλήνες **νέον**, πού χρησιμοποιούνται κυρίως στις φωτεινές επιγραφές των διαφημίσεων, οί λαμπτήρες με **άτμούς νατρίου**, οί λαμπτήρες με **άτμούς ύδραργύρου** χαμηλής καί ύψηλής πίεσεως καί τέλος οί γνωστότεροι **λαμπτήρες φθορισμού**.

Οί λαμπτήρες φθορισμού είναι γιάλيني σωλήνες, μέσα στους οποίους πραγματοποιείται ηλεκτρική εκκένωση διαμέσου των άτμών ύδραργύρου καί οί οποίοι έχουν έσωτερική επικάλυψη από φθορίζουσες ούσιες. Για τη έναρξη καί την συνέχιση της λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού άπαιτείται ειδικός διακόπτης μικρών διαστάσεων, πού καλείται **έκκινητής** (στάρτερ), καί ένα κιβώτιο με πηνία αύτεπαγωγής καί πυκνωτές, πού καλείται **κιβώτιο ζεύξεως** (μπάλλαστ). Τά εξαρτήματα αυτά εγκαθίστανται κοντά στους λαμπτήρες φθορισμού (σχ. 17.3κγ καί 17.3κε) καί είναι άπαραίτητα για νά γίνει ή εκκένωση όταν θέτομε τό λαμπτήρα υπό τάση με τό κλείσιμο του κυκλώματος.



Σχ. 17.3κε.

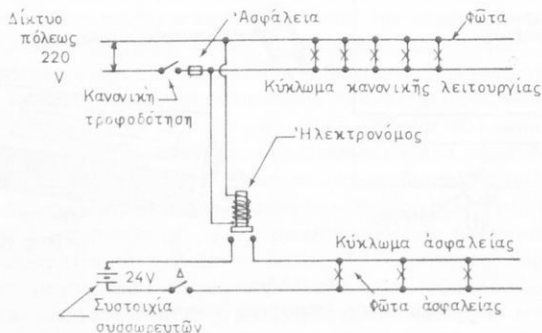
Έξαρτήματα λαμπτήρων φθορισμού.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φθορισμού είναι τόσο μικρότερη όσο συχνότερα τους ανάβουμε καί τους σβήνουμε. Αυτό συμβαίνει γιατί με κάθε άναμμα άποσπάται από τό νήμα των ηλεκτροδίων τους κάποια ποσότητα ένεργης ούσιας (μεταλλικά όξειδια), ή οποία επικάθεται στά γιάλινα τοιχώματα του λαμπτήρα, κυρίως κοντά στά άκρα του σωλήνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα νά μαυρίζει ο γιάλινος σωλήνας καί έπομένως νά μειώνεται ή φωτεινή του άπόδοση καί νά

δημιουργούνται ένοχλητικές διακυμάνσεις του φωτός, όταν τα ηλεκτρόδια χάσουν τα μεταλλικά όξείδια, με τα οποία καλύπτονται.

Οι λαμπτήρες φθορισμού πλεονεκτούν αν συγκριθούν με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, γιατί έχουν μικρή **λαμπρότητα** και μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς φωτιστικό σώμα· δεν προκαλούν **θάμβωση** στα μάτια, δίνουν φως ήμερας σε κλειστούς χώρους και έχουν μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση (αποδίδουν 3 ως 6 φορές περισσότερο φως απορροφώντας την ίδια ισχύ)· αναπτύσσουν επίσης μικρές θερμοκρασίες (μπορούν έπομένως να χρησιμοποιηθούν για να φωτίσουν προθήκες καταστημάτων τροφίμων, που δεν πρέπει να έχουν υψηλές θερμοκρασίες) και παρέχουν ομοιόμορφο φωτισμό με ελαφρές μόνο σκιές· έχουν πολύ μεγαλύτερη μέση διάρκεια ζωής αλλά είναι ακριβότεροι από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Τό ειδος του λαμπτήρα που πρέπει να χρησιμοποιείται για κάθε χώρο πρέπει να εκλέγεται πάντοτε ανάλογα με τó ειδος τού χώρου. (Οι λαμπτήρες φθορισμού κατασκευάζονται για διάφορα χρώματα φωτός και δεν αποδίδουν όλοι τα χρώματα τών αντικειμένων και τών προσώπων που φωτίζουν με πιστότητα· σέ όρισμένους εξάλλου χώρους κατοικιών πρέπει να εγκαθίστανται λαμπτήρες πυρακτώσεως).

Έκτός από τίς συνηθισμένες εγκαταστάσεις φωτισμού, υπάρχουν και όρισμένες ειδικές εγκαταστάσεις, όπως είναι ή εγκατάσταση **φωτισμού ασφάλειας**, που πρέπει να υπάρχει σέ χώρους συγκεντρώσεως πολλών ανθρώπων (κινηματογράφοι, θέατρα, εργοστάσια, νοσοκομεία κλπ.). Έγκατάσταση αυτού τού είδους φαίνεται σχηματικά στο σχήμα 17.3κστ· ή εγκατάσταση αυτή τροφοδοτείται με ρεύμα από άνεξάρτητη πηγή. "Αν, για όποιοδήποτε λόγο σταματήσει ή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τó δίκτυο τής πόλεως, τά φωτα τής κανονικής εγκαταστάσεως φωτισμού σβήνουν, αλλά ό όπλισμός τού ηλεκτρομαγνήτη, που συνδέεται στην αρχή τού κυκλώματος κανονικού φωτισμού, πέφτει και κλείνει τó κύκλωμα φωτισμού ασφάλειας, με αποτέλεσμα να μην διακοπεί ό φωτισμός τού χώρου.



Σχ. 17.3κστ.
Φωτισμός ασφάλειας.

17.4. Έρωτήσεις.

1. Πόσων ειδών σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε;
2. Πώς επιτυγχάνεται ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σέ έναν Α.Η.Σ.Π.;

3. Γιατί η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις πραγματοποιείται με υψηλή τάση;
4. Μέ ποιά τάση παρέχεται το ρεύμα στους καταναλωτές (ύψηλη ή χαμηλή);
5. Πώς είναι κατασκευασμένοι οι άγωγοί της έναέριας ηλεκτρικής γραμμής και πώς είναι κατασκευασμένα τα υπόγεια καλώδια;
6. Ποιοί είναι οι βασικοί λόγοι εγκαταστάσεως υπόγειων δικτύων και ποῦ εγκαθίστανται τα δίκτυα αυτά;
7. Σε ποιές περιπτώσεις κατασκευάζονται ιδιωτικοί υποσταθμοί και γιατί;
8. Πώς παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ηλεκτρικής επιχειρήσεως στους καταναλωτές;
9. Τι καλείται πίνακας διανομής και πώς είναι κατασκευασμένος; Ποιά ὄργανα φέρει ἕνας πίνακας διανομής και πώς συνδέονται μεταξύ τους τα ὄργανα αυτά;
10. Ποιά εἶδη διακοπῶν πίνακα διακρίνομε;
11. Τι εἶναι οἱ αυτόματοι διακόπτες και σε τί χρησιμεύουν;
12. Ποιοί διακόπτες χρησιμοποιούνται συνήθως στίς εγκαταστάσεις κινήσεως και ποιά ἡ ἀρχή λειτουργίας τους;
13. Ποῦ τοποθετοῦνται οἱ ἀσφάλειες τηκτῶν και πώς εἶναι κατασκευασμένες; Ποιός ὁ προορισμός τους;
14. Πώς εἶναι κατασκευασμένοι οἱ ηλεκτρικοί ἄγωγοί τῶν ἐσωτερικῶν ηλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων;
15. Σε τί χρησιμεύουν οἱ ηλεκτρικοὶ σωλῆνες;
16. Τι ὄργανα ἐγκαθιστοῦμε γιά τήν προστασία και ἔλεγχο τῶν κινητῶν;
17. Ποῦ ἐγκαθίστανται κιβώτια διακλαδώσεως ἢ ἐνώσεως και γιατί;
18. Ποιά εἶδη διακοπῶν τοίχου ἔχομε ἀπό ἀποψη λειτουργίας και τρόπου ἐλέγχου τῶν κυκλωμάτων;
19. Πόσες ἐπαφές μπορεῖ νά ἔχει ὁ μονοφασικός ρευματοδότης-ρευματολήπτης και πόσες ὁ τριφασικός;
20. Ποιοί εἶναι οἱ δύο τρόποι παραγωγῆς φωτός; Ποιά εἶδη λαμπτήρων χρησιμοποιούνται γιά τήν παραγωγή φωτός μέ καθένα ἀπό τούς δύο τρόπους;
21. Ποιά ἐξαρτήματα ἀπαιτοῦνται γιά τή λειτουργία τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ; Ποιά τά πλεονεκτήματα τῶν λαμπτήρων αὐτῶν σε σχέση μέ τούς λαμπτήρες πυρακτώσεως;
22. Ποῦ χρησιμοποιεῖται ὁ φωτισμός ἀσφάλειας και πώς λειτουργεῖ;

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ

ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

18.1 'Ηλεκτρικές μετρήσεις. Είδη καί κατηγορίες ηλεκτρικών οργάνων.

Τά διάφορα ηλεκτρικά μεγέθη, όπως είναι ή ηλεκτρική τάση, ή ένταση, ή αντίσταση κλπ. μετρούνται μέ τή βοήθεια ειδικών οργάνων, πού καλοῦνται **ὄργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων**. Μέ τά ὄργανα αὐτά βρίσκομε τήν ἀριθμητική τιμή ἑνός ηλεκτρικοῦ μεγέθους ἐκφρασμένη στίς μονάδες μέ τίς ὁποῖες μετροῦμε τό μέγεθος αὐτό. "Ετσι βρίσκομε π.χ. πόση εἶναι ή τάση σέ βόλτ πού ἐπικρατεῖ μεταξύ δύο σημείων, πόση εἶναι ή αντίσταση σέ "Ωμ πού παρουσιάζει ἕνα σύρμα κ.ο.κ.

Μέ τά ὄργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων εἶναι δυνατόν νά μετρήσομε καί μή ηλεκτρικά μεγέθη, ὅπως εἶναι ή θερμοκρασία, ή ὑγρασία, ή στάθμη ὑγρῶν κλπ. Αὐτό ἐπιτυγχάνεται μέ τήν κατάλληλη ἀναγωγή τους σέ μετρήσεις ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν.

Τά ὄργανα τῶν ἡλεκτρικῶν μετρήσεων εἶναι διαφόρων εἰδῶν, ἀνάλογα μέ τό ἡλεκτρικό μέγεθος πού μετροῦν. "Ετσι, γιά τή μέτρηση τῆς τάσεως χρησιμοποιοῦνται **βολτόμετρα**, τῆς ἐντάσεως **ἀμπερόμετρα**, τῆς ἀντιστάσεως **ὠμόμετρα**, τῆς ἰσχύος **βαττόμετρα**, τῆς συχνότητος **συχνόμετρα**, τοῦ συντελεστοῦ ἰσχύος **συνημιτόμετρα** καί τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας **μετρητές (γνώμονες)**.

Τά ὄργανα τῶν ἡλεκτρικῶν μετρήσεων διαίρουνται σέ διάφορες κατηγορίες ἀνάλογα μέ τή σκοπιὰ ἀπό τήν ὁποία ἐξετάζονται. "Ετσι, ὡς πρός τήν ἀκρίβεια τῆς παρεχόμενης μετρήσεως, διαίρουνται σέ **ὄργανα βιομηχανικῆς ἀκρίβειας καί σέ ὄργανα ἐργαστηριακῆς ἀκρίβειας**.

"Ὅπως σέ κάθε μέτρηση, ἔτσι καί στίς ἡλεκτρικές προκύπτουν ἀναπόφευκτα **σφάλματα**. Αὐτά μπορεῖ νά προέρχονται ἀπό ἀτέλεια ἐκτελέσεως τῆς μετρήσεως ἢ ἀπό ἀτέλεια τῶν οργάνων πού χρησιμοποιοῦμε ἢ ἀκόμη, ἀπό ἄλλες αἰτίες, ὅπως εἶναι οἱ ἐπιδράσεις τοῦ περιβάλλοντος κλπ.

Τά σφάλματα τῶν μετρήσεων διακρίνονται σέ **ἀπόλυτα** καί σέ **σχετικά**. **Ἀπόλυτο σφάλμα** εἶναι ή διαφορά τῆς τιμῆς τοῦ μεγέθους, πού βρίσκομε μέ τή μέτρηση, ἀπό τήν πραγματική τιμή του. **Σχετικό σφάλμα** εἶναι τό πηλίκον τοῦ ἀπόλυτου σφάλμα-

τος διά τῆς πραγματικῆς τιμῆς. Ἡ ἀπόκλιση τῆς τιμῆς μετρήσεως ἀπό τὴν πραγματικὴν τιμὴν, ἂν ἀναχθεῖ στὴν πραγματικὴν τιμὴν δηλαδὴ τὸ σχετικὸ σφάλμα, δίνεται ὡς ἑκατοστιαῖο ποσοστὸ (%) καὶ ἐκφράζει τὴν **ἀκρίβεια τῆς μετρήσεως**.

Ἡ **ἀκρίβεια ἑνὸς ὀργάνου** ἐξάλλου καθορίζεται ἀπὸ τὸ μέγιστο σφάλμα, ποὺ ὀφείλεται μόνον στὸ ὄργανο, καὶ δίνεται συνήθως ὡς ἑκατοστιαῖο ποσοστὸ τῆς **τελικῆς τιμῆς τῆς κλίμακας μετρήσεως τοῦ ὀργάνου** (παράγρ. 18.14).

Σύμφωνα μὲ τὰ παραπάνω, ἐάν τ εἶναι ἡ πραγματικὴ τιμὴ ἑνὸς μεγέθους καὶ τ' ἡ ἔνδειξη τοῦ ὀργάνου κατὰ τὴν μέτρηση τοῦ μεγέθους αὐτοῦ, τὸ ἀπόλυτο σφάλμα θὰ εἶναι $\tau' - \tau = \Delta$, ἐνῶ τὸ σχετικὸ σφάλμα θὰ εἶναι:

$$\delta = \frac{\tau' - \tau}{\tau} = \frac{\Delta}{\tau}$$

ἢ ἐπὶ τοῖς ἑκατό,

$$\delta\% = \frac{\Delta}{\tau} 100\%$$

Τὸ σχετικὸ σφάλμα ἰσοῦται περίπου καὶ πρὸς: $\frac{\Delta}{\tau'}$

Ἡ ἀκρίβεια ἑνὸς ὀργάνου εἶναι, ὅπως εἴπαμε, ἴση πρὸς τὸ μέγιστο σφάλμα ποὺ μπορεῖ νὰ κάνει κατὰ τὴν μέτρηση τὸ ὄργανο καὶ δίνεται ὡς ποσοστὸ ἐπὶ τοῖς ἑκατό τῆς τελικῆς τιμῆς τῆς κλίμακας μετρήσεως. "Ἄν ἐπομένως ἓνα ὄργανο μετρήσεως π.χ. τῆς τάσεως (βολτόμετρο) μπορεῖ νὰ μετρήσῃ τάσεις μέχρι 300 V μὲ ἀκρίβεια $\pm 0,5\%$ καὶ σέ μιά συγκεκριμένη μέτρηση μετρήσῃ 150 V, τότε τὸ μέγιστο ἀπόλυτο σφάλμα τοῦ ὀργάνου θὰ εἶναι:

$$\Delta = \frac{\pm 0,5 \times 300}{100} = \pm 1,5 \text{ V}$$

συνεπῶς ἡ τάση ποὺ μετρήθηκε θὰ ἔχει πραγματικὴν τιμὴν τ , ποὺ θὰ βρίσκεται μεταξὺ τῶν τιμῶν 148,5 V καὶ 151,5 V, ἂν βέβαια ληφθεῖ ὑπόψη μόνον τὸ σφάλμα τοῦ ὀργάνου. Τὸ μέγιστο σχετικὸ σφάλμα τοῦ ὀργάνου εἶναι:

$$\delta\% = \frac{\pm 1,5 \text{ V} \times 100}{150} \% = \pm 1\%$$

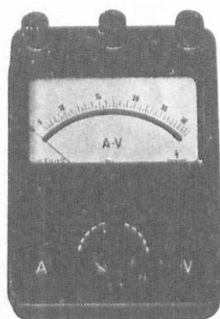
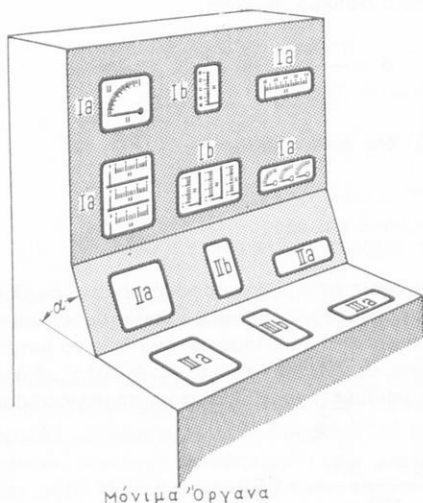
γιά τὴν μέτρηση ποὺ ἀναφέραμε.

Τὰ ὄργανα βιομηχανικῆς ἀκρίβειας, ποὺ χρησιμοποιοῦμε κυρίως γιὰ μετρήσεις ἐπὶ τόπου τῶν ἐγκαταστάσεων, ἔχουν ἀκρίβεια ἀπὸ 5% ὥς 1% καὶ χωρίζονται σέ διάφορες **κλάσεις ἀκρίβειας** (π.χ. κλάση 1,5 ποὺ σημαίνει ἀκρίβεια $\pm 1,5\%$, κλάση 2,5 ποὺ σημαίνει ἀκρίβεια $\pm 2,5\%$ κ.ο.κ.). Τὰ ὄργανα ἐργαστηριακῆς ἀκρίβειας, ποὺ χρησιμοποιοῦνται σχεδὸν ἀποκλειστικὰ μόνον στὰ ἐργαστήρια, ἔχουν μεγάλη ἀκρίβεια, ποὺ κυμαίνεται ἀπὸ 0,5% ὥς 0,1% καὶ χωρίζονται ἐπίσης σέ ἀντίστοιχες κλάσεις ἀκρίβειας, π.χ. 0,2 (ἀκρίβεια $\pm 0,2\%$).

Ὅς πρὸς τὸν **τρόπο ἐγκαταστάσεως**, τὰ ὄργανα ηλεκτρικῶν μετρήσεων διακρίνονται σέ **ὄργανα πίνακα** ἢ **μόνιμα ὄργανα** καὶ σέ **φορητὰ ὄργανα**. Τὰ μόνιμα ὄργανα ἐγκαθίστανται μόνιμα ἐπάνω σέ πίνακες ἢ τραπέζια μετρήσεων· τὰ **φορητὰ ὄργανα**

μπορούν να μεταφέρονται από θέση σε θέση για μετρήσεις επί τόπου στις διάφορες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (σχ. 18.1α).

Ός προς τόν **τρόπο**, κατά τόν όποιο παρέχεται τό αποτέλεσμα τής μετρήσεως, τά ηλεκτρικά όργανα χωρίζονται επίσης σε διάφορες κατηγορίες. Μιά από αυτές είναι τά **ένδεικτικά όργανα**, στά όποια τό αποτέλεσμα τής μετρήσεως δίνεται από ένα **δείκτη (όργανα μέ δείκτη)**. Ο δείκτης αυτός κινείται μπροστά σε μία **κλίμακα**, πού έχει αριθμημένες ύποδιαίρέσεις, καί σταματά στην ύποδιαίρεση τής κλίμακας πού άντιστοιχεί στόν αριθμό τών μονάδων τού μετρούμενου μεγέθους.



Φορητό όργανο

Μόνιμα Όργανα

Σχ. 18.1α.

Μόνιμα καί φορητά όργανα μετρήσεως.

Άλλες κατηγορίες όργάνων είναι οί εξής:

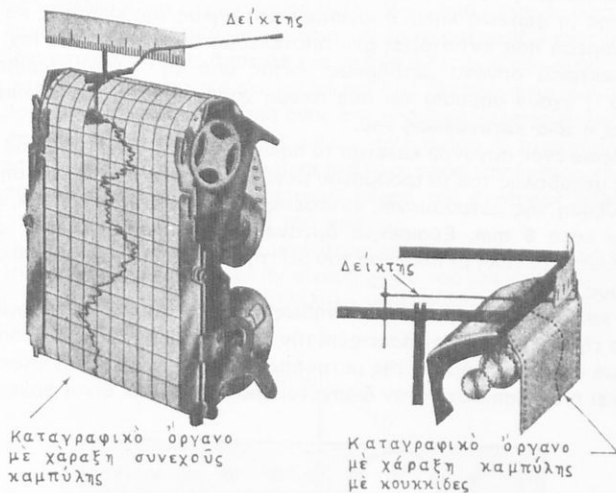
α) Τά **καταγραφικά όργανα**, πού φέρουν καί αυτά δείκτη, στό έλεύθερο άκρο τού όποίου όμως στερεώνεται μία γραφίδα. Η γραφίδα σημειώνει επάνω σε χαρτί μέ ύποδιαίρέσεις, τό όποιο κινείται μέ σταθερή ταχύτητα κάτω από τή γραφίδα, μία συνεχή γραμμή ή μία κουκκίδα σε κανονικά χρονικά διαστήματα· ή γραμμή ή ή κουκκίδα βρίσκεται κάθε φορά σε διαφορετική θέση ανάλογα μέ τή θέση πού έχει εκείνη τή στιγμή ό κινητός δείκτης. Έτσι χαράσσεται στό χαρτί μία καμπύλη, ή όποια παριστάνει τή μεταβολή τού μεγέθους πού μετρούμε σε συνάρτηση μέ τό χρόνο (σχ. 18.1β).

β) Οί **καθοδοικοί παλμογράφοι**. Είναι ηλεκτρονικά όργανα, πού πραγματοποιούν επίσης μετρήσεις μέ χάραξη τής καμπύλης μεταβολής ηλεκτρικών μεγεθών πού μεταβάλλονται γρήγορα. Στά όργανα αυτά ή καμπύλη εμφανίζεται σε ειδική όθόνη.

γ) Τά όργανα **ψηφιακής ένδειξεως**. Σ' αυτά τό αποτέλεσμα τής μετρήσεως δίνεται κατευθείαν μέ αριθμούς, πού σχηματίζονται μέ μία σειρά από ψηφία είτε από έναν άπαριθμητικό μηχανισμό είτε από ένα ηλεκτρονικό σύστημα. Στήν

τελευταία περίπτωση οἱ ἀριθμοὶ εἶναι φωτεινοὶ γιατί σχηματίζονται μέ λυχνίες.

δ) Τά **ὄργανα μέ γέφυρα**. Σ' αὐτά τό ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως δείχνεται συνήθως ἀπό ἕναν ἀκίνητο δείκτη, μπροστά ἀπό τόν ὅποιο περιστρέφομε ἐμεῖς κυκλική κλίμακα βαθμολογημένη κατάλληλα. Ἡ περιστροφή συνεχίζεται μέχρι πού νά μηδενισθεῖ ἡ ἔνδειξη ἑνός ἐνδεικτικοῦ ὀργάνου, τό ὅποιο εἶναι συνήθως ἐνωματωμένο στό ὄργανο μετρήσεως.

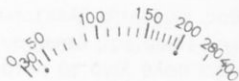


Σχ. 18.1β.

Καταγραφικά ὄργανα.

18.2 Θέσεις ὀργάνων καί κλίμακες μετρήσεων.

Τά ηλεκτρικά ὄργανα κατά τή χρήση τους πρέπει νά τοποθετοῦνται στήν κανονική θέση, πού προβλέπει γι' αὐτά ὁ κατασκευαστής τους. Ἡ θέση αὐτή μπορεῖ νά εἶναι **ὀριζόντια, κατακόρυφη** ἢ **πλάγια** (μέ ὀρισμένη γωνία).



Σχ. 18.2α.

Κλίμακα μετρήσεως.

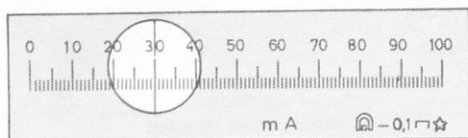
Ἡ κλίμακα μετρήσεως τῶν ὀργάνων φέρει, ὅπως εἶπαμε, ὑποδιαίρεσεις (σχ. 18.2α). Πολλές φορές, ὅταν ἡ ἀκρίβεια τοῦ ὀργάνου ἀναφέρεται σέ ἕνα τμήμα μόνο ἀπό ὅλη τήν κλίμακα, ἔχει δύο τελείες, στήν ἀρχή καί στό τέλος τοῦ τμήματος αὐτοῦ τῆς κλίμακας.

Ἐπάνω ἀπὸ τὴν κλίμακα αὐτὴ τῶν μετρήσεων κινεῖται ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου, πού εἶναι κατασκευασμένος ἀπὸ κράμα ἀλουμινίου, γιὰ νὰ εἶναι ἐλαφρὸς. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ὄργανα στὰ ὁποῖα ὁ δείκτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα φωτεινὸ εἶδωλο. Τὰ ὄργανα αὐτὰ καλοῦνται **ὄργανα μέ φωτεινὴ κηλίδα**. Ὁ μηχανισμὸς τοῦ ὀργάνου αὐτοῦ κινεῖ ἓνα μικρὸ κάτοπτρο, τὸ ὁποῖο μέ τὴ βοήθεια ἑνὸς λαμπτήρα ἀποστέλλει λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη ἐπάνω στὴν κλίμακα τοῦ ὀργάνου. Τότε στὴν κλίμακα προβάλλεται φωτεινὴ κηλίδα μέ μιὰ χαραγὴ στό κέντρο (σχ. 18.2β). Ὁ φωτεινὸς αὐτὸς δείκτης (ἢ φωτεινὴ κηλίδα) κινεῖται κατὰ μῆκος τῆς κλίμακας καὶ σταματᾷ στὴν ὑποδιαίρεση πού ἀντιστοιχεῖ στό ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως (σχ. 18.2β).

Στὰ ηλεκτρικὰ ὄργανα μετρήσεως, ἐκτός ἀπὸ τὴν κλᾶση ἀκρίβειάς τους (παράγρ. 18.1) ἔχουν σημασίᾳ καὶ δύο ἀκόμη χαρακτηριστικά: ἡ **εὐαίσθησις** τοῦ ὀργάνου καὶ ἡ **ἴδια κατανάλωσις του**.

Εὐαίσθησις ἑνὸς ὀργάνου καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς μετακινήσεως τοῦ δείκτη σέ mm διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ μετρούμενου μεγέθους: π.χ. 8 mm/A, πού σημαίνει ὅτι γιὰ κάθε αὐξηση τῆς μετρούμενης ἐντάσεως τοῦ ρεύματος κατὰ 1 A, ὁ δείκτης μετακινεῖται κατὰ 8 mm. Εὐαίσθητο ὄργανο χαρακτηρίζεται ἐκεῖνο, στό ὁποῖο πραγματοποιεῖται μεγάλη μετακίνηση τοῦ δείκτη γιὰ μικρὴ μεταβολὴ τοῦ μετρούμενου μεγέθους.

Ἡ **ἴδια κατανάλωσις** ἐκφράζεται συνήθως σέ mW ἢ mVA. Στὰ βολτόμετρα εἶναι τὸ γινόμενο τῆς μετρούμενης **τάσεως** ἐπὶ τὴν **ἐνταση** πού ἀπορροφᾷ τὸ ὄργανο. Στὰ ἀμπερόμετρα εἶναι τὸ γινόμενο τῆς μετρούμενης ἐντάσεως ἐπὶ τὴν πτώση τάσεως πού προκαλεῖ ἡ ἐνταση αὐτὴ ὅταν διέρχεται ἀπὸ τὸ ὄργανο. Εἶναι φανερό ὅτι ὅσο



Σχ. 18.2β.

Κλίμακα μετρήσεως μέ φωτεινὴ κηλίδα.

μικρότερη εἶναι ἡ ἴδια κατανάλωσις, στὰ βολτόμετρα μέν ἔχομε μικρὴ ἀπορρόφηση ρεύματος (δηλαδή τὸ ὄργανο ἔχει μεγάλῃ ἀντίσταση σέ Ω), ἐνὼ στὰ ἀμπερόμετρα ἔχομε μικρὴ πτώση τάσεως (δηλαδή τὸ ὄργανο ἔχει μικρὴ ἀντίσταση σέ Ω). Μέ τὴν παρεμβολὴ τοῦ ὀργάνου στό κύκλωμα γιὰ τὴν ἐκτέλεση τῆς μετρήσεως, μεταβάλλεται λίγο τὸ πρὸς μέτρηση μέγεθος, γιατί στὴν ηλεκτρικὴ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος προστίθεται καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἴδιου τοῦ ὀργάνου. Ἐπομένως ἓνα ὄργανο μέ μικρὴ ἴδια κατανάλωσις ἐπηρεάζει πολὺ λίγο τὸ μετρούμενο μέγεθος.

Κατὰ κανόνα τὰ ὄργανα μέ μικρὴ ἴδια κατανάλωσις ἔχουν καὶ μεγάλῃ εὐαίσθησις.

18.3 Ἐσωτερικὸς μηχανισμὸς ηλεκτρικῶν ὀργάνων.

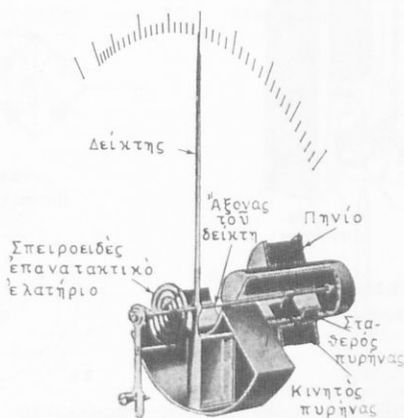
Ἀνάλογα μέ τὸν ἐσωτερικὸ μηχανισμό πού χρησιμοποιεῖται στὰ ὄργανα ηλεκτρικῶν μετρήσεων διακρίνομε τίς ἀκόλουθες κατηγορίες ὀργάνων (ἡ μέτρηση

των διαφόρων ηλεκτρικών μεγεθών πραγματοποιείται πάντοτε με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο διέρχεται από το όργανο):

α) "Όργανα με κινητό σίδηρο.

Τά όργανα αυτά περιλαμβάνουν ένα πηνίο, στού οποίου τό έσωτερικό ύπάρχουν ως πυρήνες ένα σταθερό κομμάτι από μαλακό σίδηρο καί ένα κινητό κομμάτι από μαλακό σίδηρο στερεωμένο στόν άξονα τού δείκτη. "Όταν συνδέομε τό όργανο σέ ηλεκτρικό κύκλωμα γιά τήν εκτέλεση μετρήσεως, από τό πηνίο διέρχεται ρεύμα τό όποιο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Τό πεδίο αυτό μαγνητίζει τούς δύο πυρήνες πρός τήν ίδια κατεύθυνση, μέ αποτέλεσμα τά δύο σιδερένια κομμάτια νά άπωθούνται. "Ετσι ό κινητός πυρήνας περιστρέφεται μαζί μέ τόν άξονα τού δείκτη, έως ότου άντισταθμίσει τήν άντιτιθέμενη ροπή ενός σπειροειδούς έλατηρίου (σχ. 18.3α) πού καλείται **έπανατακτικό** έλατήριο. Μέ αυτόν τόν τρόπο ή στρεπτική ροπή πού άναπτύσσεται μεταξύ των πυρήνων είναι άνάλογη πρός τήν ένταση τού διερχόμενου από τό πηνίο ρεύματος καί άποτελεί μέτρο τής έντάσεως αυτής, ή όποία δείχνεται μέ τήν άνάλογη απόκλιση τού δείκτη.

Στά όργανα μέ κινητό σίδηρο ή μαγνήτιση των δύο πυρήνων έχει πάντοτε τήν ίδια κατεύθυνση, όποιαδήποτε καί άν είναι ή φορά τού ρεύματος μέσα στού πηνίο. Έπομένως, τά όργανα αυτά είναι κατάλληλα γιά μετρήσεις καί σέ συνεχές καί σέ έναλλασσόμενο ρεύμα.



Σχ. 18.3α.

"Όργανο μέ κινητό σίδηρο.

"Εχουν επίσης σχετικά ύψηλή ίδια κατανάλωση καί έπομένως δέν είναι κατάλληλα γιά τή μέτρηση μικρών τιμών, όπως π.χ. μικρών έντάσεων ή τάσεων. Έπίσης, δέν παρουσιάζουν εύαισθησία σέ υπερφορτίσεις μικρής διάρκειας καί χρησιμοποιούνται κυρίως ως όργανα πίνακα καί ως συνήθη φορητά όργανα γιά μετρήσεις σειράς.

β) "Όργανα μέ κινητό πηνίο.

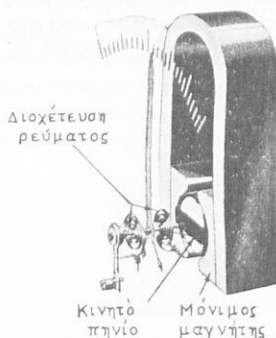
Στά όργανα αυτά ό δείκτης στερεώνεται στόν άξονα ενός πηνίου, τό όποιο

μπορεί να περιστρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μόνιμου μαγνήτη. Το ρεύμα του κυκλώματος στο οποίο συνδέεται τό όργανο, διέρχεται από δύο χάλκινα σπειροειδή ελατήρια (σχ. 18.3β) καί από τό κινητό πηνίο, τό όποίο περιστρέφεται τότε, μέχρι πού ν' αντίσταθίσει τή ροπή πού έξασκούν τά ελατήρια.

"Αν αλλάξει ή διεύθυνση του ρεύματος, τό πηνίο στρέφεται κατ' αντίστροφη φορά. Τά όργανα αυτά λοιπόν είναι κατάλληλα μόνο γιά μετρήσεις σέ κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

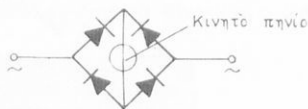
Τά όργανα μέ κινητό πηνίο είναι πολύ εύαισθητα καί έχουν μικρή ίδια κατανάλωση, χρησιμοποιούνται δέ ως όργανα ακρίβειας.

"Επειδή τά όργανα μέ κινητό πηνίο έχουν τή μεγαλύτερη από όλα τά άλλα όργανα εύαισθησία (σ' αυτά ανήκουν καί τά όργανα μέ τήν ιδιαίτερα μεγάλη εύαισθησία πού καλούνται **γαλβανόμετρα**), είναι επιθυμητό νά μπορούμε νά τά χρησιμοποιήσουμε καί γιά μετρήσεις στο έναλλασσόμενο ρεύμα. Αυτό επιτυγχάνεται μέ τήν παρεμβολή διατάξεως άνορθωτών (σχ. 18.3γ). Οι άνορθωτικές διατάξεις χρησιμοποιούνται συνήθως σέ όργανα μέ κινητό πηνίο **πολλών περιοχών μετρήσεως**.



Σχ. 18.3β.

"Όργανο μέ κινητό πηνίο.



Σχ. 18.3γ.

Διάταξη άνορθωτών.

γ) Θερμικά όργανα.

Τά θερμικά όργανα παρουσιάζουν τρεις παραλλαγές:

Στή μία από αυτές, διέρχεται τό ρεύμα του κυκλώματος από ένα σύρμα από ιριδιούχο λευκόχρυσο πού όταν θερμαίνεται διαστέλλεται. Τότε μέ μία κατάλληλη διάταξη (σχ. 18.3δ) άλλων συρμάτων, τό σύρμα αυτό στρέφει τελικά τό δείκτη του οργάνου.

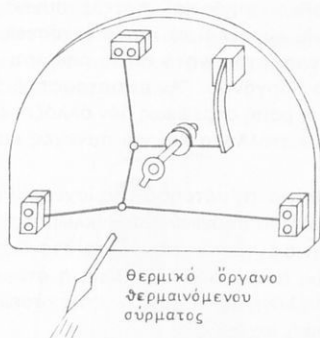
Τά όργανα αυτά έχουν σχεδόν αντικατασταθεί σήμερα από άλλα όργανα, στα όποια ή θερμότητα του θερμαινόμενου σύρματος μεταδίδεται σέ ένα **θερμοηλεκτρικό ζεύγος** συγκολλημένο επάνω στο σύρμα (σχ. 18.3ε). Τό θερμοηλεκτρικό αυτό ζεύγος καθώς θερμαίνεται παράγει, όπως γνωρίζουμε από τή Φυσική, ηλεκτρική τάση, τήν όποία μετρούμε χρησιμοποιώντας όργανο μέ κινητό πηνίο.

Τρίτο είδος θερμικών οργάνων είναι τά όργανα μέ **διμεταλλικό στοιχείο**. Τά όργανα αυτά αποτελούνται από ένα σπειροειδές ελατήριο κατασκευασμένο από

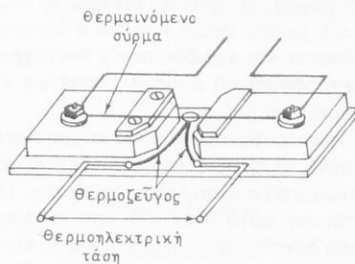
δύο μεταλλικές ταινίες με διαφορετικό συντελεστή διαστολής, συγκολλημένες μεταξύ τους. Όταν από τό ελατήριο του διέλθει ρεύμα, αυτό παραμορφώνεται και στρέφει τό δείκτη του οργάνου [σχ. 18.3στ(α)].

Τά θερμικά όργανα λειτουργούν καί σέ συνεχές καί σέ έναλλασσόμενο ρεύμα, γιατί τό θερμικό αποτέλεσμα του ήλεκτρισμού όπως γνωρίζομε ήδη είναι ανεξάρτητο από τό είδος του ρεύματος.

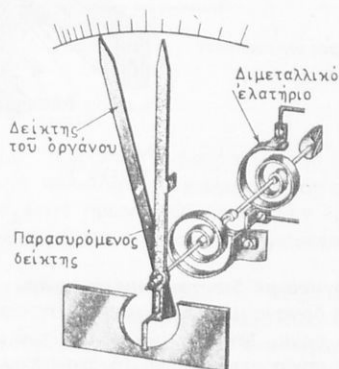
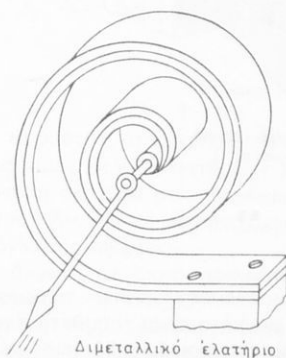
Τά θερμικά όργανα μετρούν την ένδεικνύμενη τιμή της έντάσεως του ρεύματος ανεξάρτητα από τη συχνότητά του, γιατί ό χρησιμοποιούνται καί σέ κυκλώματα ύψηλης συχνότητας.



Σχ. 18.3δ.
Θερμικό όργανο.



Σχ. 18.3ε.
Θερμικό όργανο.



Σχ. 18.3στ.
Θερμικό όργανο με διμεταλλικό στοιχείο.

Τά όργανα με διμεταλλικό στοιχείο χρησιμοποιούνται συνήθως για τόν προσδιορισμό των μέγιστων τιμών έντάσεως ρεύματος (άμπερόμετρα μέγιστου). Για τό σκοπό αυτό, έκτός από τόν κυρίως δείκτη υπάρχει καί ένας δεύτερος δείκτης, πού δέν συνδέεται με τό μηχανισμό του οργάνου [σχ. 18.3στ(β)] 'Ο δεύτερος αυτός

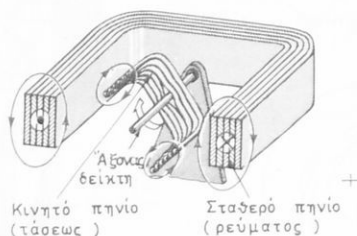
δείκτης παρασύρεται από τόν κυρίως δείκτη καί παραμένει κάθε φορά στή μεγαλύτερη τιμή πού έχει φθάσει ό κυρίως δείκτης. Τόν παρασυρόμενο δείκτη επαναφέρει στό μηδέν τής κλίμακας αυτός πού έκτελει τή μέτρηση, μέ τή βοήθεια ενός έξωτερικού κοχλία χειρισμού στερεωμένου επάνω στό κάλυμμα του όργάνου.

Τά όργανα μέ διμεταλλικό στοιχείο, έπειδή παρουσιάζουν αδράνεια δέν μετρούν στιγμιαίες υπερεντάσεις, αλλά υπερεντάσεις μεγαλύτερης διάρκειας. Τά όργανα αυτά είναι φθηνά καί πολύ άνθεκτικά, μέ βιομηχανική ακρίβεια 1,5 ως 2,5%.

δ) 'Ηλεκτροδυναμικά όργανα.

Τά **ηλεκτροδυναμικά όργανα** έχουν δύο πηνία, ένα σταθερό καί ένα κινητό (σχ. 18.3ζ). Τό κινητό πηνίο βρίσκεται μέσα στό σταθερό πηνίο καί αποτελεί συνήθως τό λεγόμενο **πηνίο τάσεως**, ενώ τό σταθερό πηνίο αποτελεί τό **πηνίο έντάσεως**. "Αν περάσει ρεύμα συγχρόνως καί από τά δύο πηνία, στό κινητό πηνίο άσκειται ροπή στρέψεως, μέ τήν όποία κινείται ό δείκτης του όργάνου. "Αν αντίστροφεϊ ή φορά του ρεύματος καί στά δύο πηνία ταυτόχρονα, ή ροπή στρέψεως δέν αλλάζει φορά. Τά ηλεκτροδυναμικά όργανα έπομένως είναι κατάλληλα καί γιά συνεχές καί γιά έναλλασσόμενο ρεύμα.

Τά ηλεκτροδυναμικά όργανα χρησιμεύουν γιά τή μέτρηση τής ισχύος. Γιά τό σκοπό αυτό τό πηνίο τάσεως συνδέεται μεταξύ δύο σημείων του κυκλώματος, στά όποια έπικρατεί ή τάση λειτουργίας του. Τό πηνίο έντάσεως συνδέεται έτσι ώστε νά διέρχεται άπ' αυτό ή ένταση του κυκλώματος (παράγρ. 19.1). "Ετσι ή στρεπτική ροπή πού άσκειται στό κινητό πηνίο θά είναι άνάλογη μέ τό γινόμενο τής τάσεως επί τήν ένταση, δηλαδή άνάλογη μέ τήν ηλεκτρική ισχύ.



Σχ. 18.3ζ.

"Ηλεκτροδυναμικό όργανο.

ε) "Όργανα μέ διασταυρωμένα πηνία.

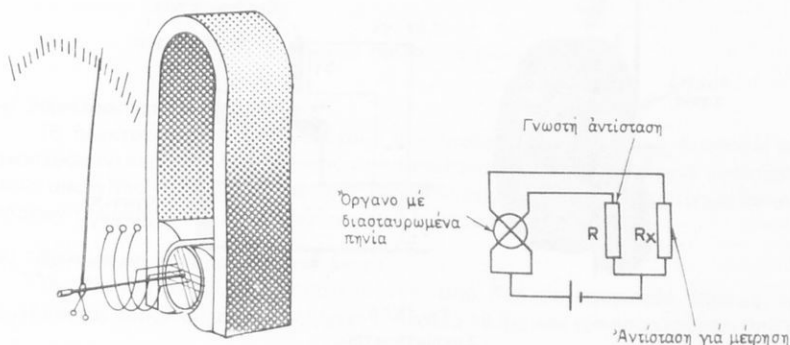
Τά όργανα μέ διασταυρωμένα πηνία είναι κατασκευασμένα όπως τά όργανα μέ κινητό πηνίο. Μεταξύ των πόλων του μόνιμου μαγνήτη είναι τοποθετημένα δύο κινητά πηνία στερεωμένα τό ένα πάνω στό άλλο σταυροειδώς. Σέ σειρά μέ κάθε πηνίο συνδέεται μία αντίσταση (σχ. 18.3η) έτσι, ώστε νά δημιουργούνται δύο κλάδοι, πού συνδέονται παράλληλα μέ μία πηγή ρεύματος.

"Από τήν πηγή τό ρεύμα διοχετεύεται στά δύο πηνία, τά όποία καθώς στρέφονται μέ τήν άναπτυσσόμενη ροπή στρέψεως, στρέφουν τό δείκτη του όργάνου, πού είναι στερεωμένος στά δύο διασταυρωμένα πηνία.

Στά όργανα μέ διασταυρωμένα πηνία δέν άσκειται καμιά επανатаκτική ροπή από έλατήρια· έτσι ό δείκτης, όταν τό όργανο δέν λειτουργεί, παραμένει σέ

όποιαδήποτε θέση επάνω στην κλίμακα.

Τά όργανα με δισταυρωμένα πηνία χρησιμεύουν ως ωμόμετρα, για τον προσδιορισμό των ηλεκτρικών αντιστάσεων. Αυτό γίνεται γιατί είναι έτσι διαμορφωμένα, ώστε η θέση που παίρνουν τα πηνία να εξαρτάται από το **πηλίκον** των δύο ρευμάτων, που ρέουν σε κάθε παράλληλο κλάδο (σχ. 18.3η). "Αν λοιπόν η μία από τις αντιστάσεις των δύο κλάδων είναι γνωστή και θέλουμε να προσδιορίσουμε την άλλη, αυτό γίνεται εύκολα, γιατί η θέση του δείκτη καθορίζει το πηλίκον των δύο ρευμάτων ή το πηλίκον των δύο αντιστάσεων· επομένως μας προσδιορίζει την τιμή της άγνωστης αντιστάσεως. Έπειδή κατά τον προσδιορισμό μιας αντιστάσεως δεν υπάρχει καμιά ροή ρεύματος στο κύκλωμα, το ρεύμα που περνά από τα δύο πηνία παρέχεται, όπως είδαμε, από μία ένσωματωμένη στο όργανο πηγή. Η πηγή αυτή είναι είτε ξηρή συστοιχία (μπαταρία) είτε μικρή μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μικρή γεννήτρια με μόνιμους μαγνήτες), η οποία στρέφεται με το χέρι με τη βοήθεια έξωτερικής χειρολαβής.



Σχ. 18.3η.

"Όργανο με δισταυρωμένα πηνία.

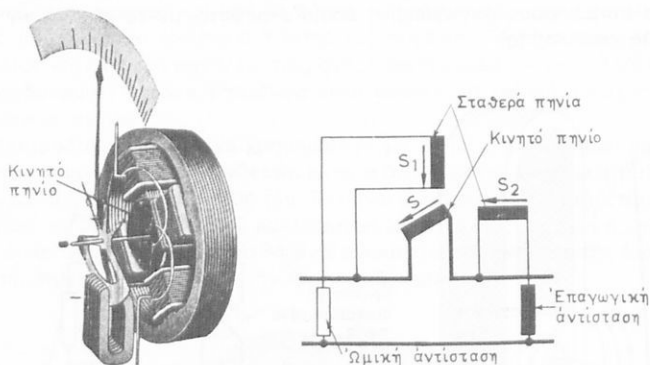
Τά ωμόμετρα, όταν χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση αντιστάσεων που έχουν μεγάλες τιμές (π.χ. αντιστάσεων μονώσεων), καλούνται **μεγκώμετρα** και έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις περιοχές των μεγάλων τιμών (ΜΩ). Υπάρχουν επίσης ωμόμετρα ειδικά για τη μέτρηση αντιστάσεων γειώσεως, που καλούνται **μέγκερ** (από το ξενόγλωσσο Megger).

Τά όργανα με δισταυρωμένα πηνία χρησιμεύουν επίσης για τη μέτρηση θερμοκρασιών. Η θερμοκρασία που πρόκειται να μετρηθεί μεταβάλλει, όπως γνωρίζουμε, την ηλεκτρική αντίσταση ενός αγωγού. "Αν επομένως με ένα όργανο με δισταυρωμένα πηνία μετρούμε την αντίσταση ενός κατάλληλου αγωγού, προσδιορίζουμε έμμεσα και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του αγωγού αυτού. Τά όργανα αυτά τότε είναι βαθμολογημένα σε °C.

στ) Συνημιτόμετρα.

Τά **συνημιτόμετρα** είναι όργανα με τά όποια μετρούμε τό συντελεστή ισχύος σε ένα κύκλωμα. Είναι διαφόρων ειδών (ηλεκτροδυναμικά, με κινητό σίδηρο κλπ.) και κατάλληλα για μονοφασικά ή τριφασικά κυκλώματα. Έδω θά περιγράψουμε σύντομα

Ένα τύπο συνημιτομέτρου κατάλληλο κυρίως για μονοφασικά κυκλώματα. Τα όργανα αυτά αποτελούνται από τρία πηνία (σχ. 18.3θ). Τα δύο είναι σταθερά και συνδέονται στην τάση του κυκλώματος, όπως δείχνει το σχήμα 18.3θ· διατάσσονται κατά όρθη γωνία στο χώρο. Στο ένα από τα σταθερά αυτά πηνία συνδέεται μία ωμική αντίσταση και στο άλλο μία επαγωγική αντίσταση. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται στο χώρο, εκτός από την όρθη γωνία και μία ηλεκτρική όρθη γωνία, ανάμεσα στους άξονες των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τα σταθερά πηνία. Μεταξύ των σταθερών πηνίων κινείται ένα κινητό πηνίο, το οποίο συνδέεται στην ένταση του κυκλώματος. Έπάνω σ' αυτό είναι στερεωμένος ο δείκτης του οργάνου. Η θέση την οποία λαμβάνει το κινητό πηνίο εξαρτάται από τη φασική γωνία μεταξύ τάσεως και έντάσεως.



Σχ. 18.3θ.

Συνημιτόμετρο.

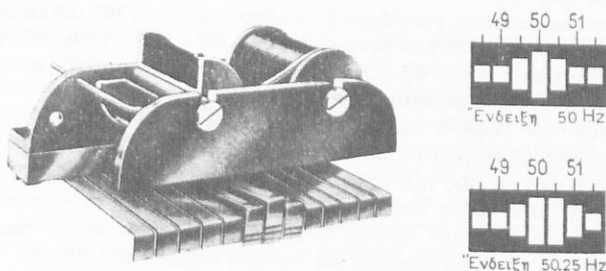
Στα όργανα μετρήσεως του συντελεστή ισχύος δεν υπάρχει επανατακτικό ελατήριο και επομένως ο δείκτης, όταν δεν διέρχεται ρεύμα από το όργανο, παραμένει σε οποιαδήποτε τυχαία θέση επάνω στην κλίμακα.

Η κλίμακα των οργάνων αυτών είναι βαθμολογημένη σε τιμές του συνημιτόνου των φασικών αποκλίσεων.

ζ) Όργανα με παλλόμενα ελάσματα.

Τα όργανα με παλλόμενα ελάσματα χρησιμεύουν για τη μέτρηση της συχνότητας (συχνόμετρα) και αποτελούνται από μία σειρά ελασμάτων (σχ. 18.3ι) τα οποία πάλλονται μεταξύ των πόλων ενός ηλεκτρομαγνήτη. Εκτός από τα συχνόμετρα με παλλόμενα ελάσματα υπάρχουν και συχνόμετρα που ανήκουν σε άλλες κατηγορίες οργάνων από αυτές που περιγράψαμε. Τα ελάσματα αυτά έχουν διαφορετικό μήκος το καθένα, ώστε κάθε έλασμα να πάλλεται με τη συχνότητα που αντιστοιχεί στο μήκος του. Αν από το πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη διαβιβάσουμε το ρεύμα, του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη συχνότητα, τα ελάσματα θα αρχίσουν να πάλλονται. Το έλασμα που το μήκος του είναι αντίστοιχο προς τη συχνότητα του ρεύματος θα παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος ταλαντώσεως, ενώ τα ελάσματα που βρίσκονται από τη μία και από την άλλη πλευρά του ελασματος αυτού θα πάλλονται με

μικρότερα εύρη ταλαντώσεων. Τό σχήμα 18.3i δείχνει πώς μετρείται ή συχνότητα στά όργανα αυτά μέ τή βοήθεια τών παλλομένων έλασμάτων καί τής κλίμακας τού όργάνου, πού βρίσκεται κοντά καί κατά μήκος τής σειράς τών έλασμάτων. Ή κλίμακα αυτή είναι βαθμολογημένη σέ Hz.



Σχ. 18.3i.

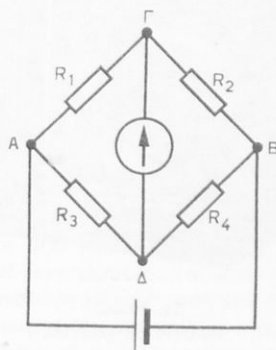
Όργανο μέ παλλόμενα έλάσματα.

η) Ήλεκτροστατικά όργανα.

Τά ήλεκτροστατικά όργανα έχουν μηχανισμό βασιζόμενο στίς δυνάμεις πού αναπτύσσονται μέ τήν ήλέκτριση τών σωμάτων (παράγρ. 2.2). Τά όργανα αυτά έχουν πολύ μικρή ίδια κατανάλωση καί χρησιμοποιούνται συνήθως γιά τή μέτρηση ύψηλών τάσεων συνεχούς καί έναλλασσόμενου ρεύματος.

θ) Όργανα μέ γέφυρα.

Τά **όργανα** μέ γέφυρα αποτελούνται από δύο καταμεριστές τάσεως, πού συνδέονται παράλληλα, όπως δείχνει τό σχήμα 18.3ia καί τροφοδοτούνται από μία



Σχ. 18.3ia.

Όργανο μέ γέφυρα.

πηγή (π.χ. ξηρή συστοιχία). Αν ο καταμεριστής R_3, R_4 διαιρεί τήν τάση τής πηγής στά ίδια τμήματα πού τή διαιρεί καί ο καταμεριστής R_1, R_2 , τότε τά σημεία Γ καί Δ θά

βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό. "Ετσι μεταξύ των σημείων Γ και Δ δέν θά επικρατεί καμιά ηλεκτρική τάση, όπως διαπιστώνεται με τό άμπερόμετρο (συνήθως γαλβανόμετρο) πού ύπάρχει πάντοτε στά όργανα μέ γέφυρα. Τό άμπερόμετρο αυτό δείχνει δηλαδή ότι δέν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα από τά σημεία Γ και Δ. "Όταν τό άμπερόμετρο δείχνει ότι τό ρεύμα είναι μηδενικό, λέμε ότι ή **γέφυρα των τεσσάρων αντίσταςεων ίσορροπεί** καί γνωρίζομε ότι ό λόγος των τιμών των αντίσταςεων R_3 καί R_4 είναι ίσος πρός τό λόγο των αντίσταςεων R_1 καί R_2 . "Αν επομένως μία από τίς τέσσερις αντίσταςεις είναι άγνωστη (πρέπει νά προσδιορισθεϊ), προσδιορίζεται εύκολα από τίς σχέσεις ισότηας των δύο λόγων.

Τά όργανα μέ γέφυρα έχουν εξωτερικά ένα στρεπτό κουμπί μέ τό όποιο μπορούμε νά μεταβάλλομε τή σχέση των αντίσταςεων R_3 καί R_4 , ώστε νά επιτυγχάνεται τελικά ό μηδενισμός του γαλβανόμετρου (ίσορροπία). Μέ αυτόν τόν τρόπο προσδιορίζεται τό μέγεθος της άγνωστης αντίσταςεως R_2 , πού δίνεται συνήθως κατευθείαν σέ ωμ από ένα δείκτη. Μπροστά στό δείκτη αυτόν περιστρέφεται συγχρόνως μέ τό κουμπί χειρισμού μία κυκλική κλίμακα (σχ. 18.3ιβ).

Τά όργανα μέ γέφυρα τά χρησιμοποιούμε για τήν άκριβή μέτρηση των ηλεκτρικών αντίσταςεων.



Σχ. 18.3ιβ.

"Όργανο μέ γέφυρα.

18.4 Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας (γνώμονες).

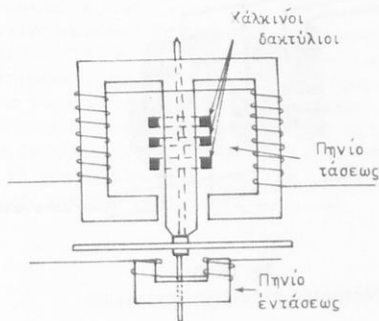
"Όπως αναφέραμε καί στην παράγραφο 17.3, ή ηλεκτρική ενέργεια πού παρέχεται από τήν ηλεκτρική επιχείρηση στους διάφορους καταναλωτές μετρείται

στό σημείο της παροχετεύσεως. Μέ βάση τη μέτρηση αυτή χρεώνεται ο καταναλωτής.

Γιά τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ειδικά ηλεκτρικά όργανα, οί **μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας** ή **γνώμονες**. Αυτοί μᾶς δίνουν την ηλεκτρική ενέργεια, πού καταναλώνεται από τό κύκλωμα στό όποιο ἔχουν συνδεθεῖ, σέ κιλοβαττῶρες (kWh).

Τά όργανα αὐτά εἶναι διαφόρων εἰδῶν. Ἄλλα εἶναι κατάλληλα γιά μέτρηση ηλεκτρικής ἐνέργειας σέ κυκλώματα συνεχοῦς ρεύματος, ἄλλα γιά κυκλώματα ἐναλλασσόμενου ρεύματος καί ἄλλα γιά κυκλώματα καί τῶν δύο εἰδῶν.

Τό συνηθέστερο εἶδος μετρητῆ εἶναι ὁ **ἐπαγωγικός** μετρητής, πού χρησιμεύει μόνο γιά τή μέτρηση τῆς ηλεκτρικής ἐνέργειας μονοφασικῶν ἢ τριφασικῶν κυκλωμάτων ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Ὁ ἐπαγωγικός μετρητής λειτουργεῖ ὅπως ὁ ἀσύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα. Ὁ μηχανισμός τοῦ μετρητῆ αὐτοῦ (σχ. 18.4α) περιλαμβάνει δύο ηλεκτρομαγνήτες. Ὁ ἕνας ηλεκτρομαγνήτης ἔχει δύο σκέλη στά όποία εἶναι τυλιγμένα δύο πηνία πού συνδέονται σέ σειρά. Ἀπό τά πηνία αὐτά διέρχεται τό ρεῦμα τοῦ κυκλώματος τοῦ όποίου θά μετρήσουμε τήν



Σχ. 18.4α.

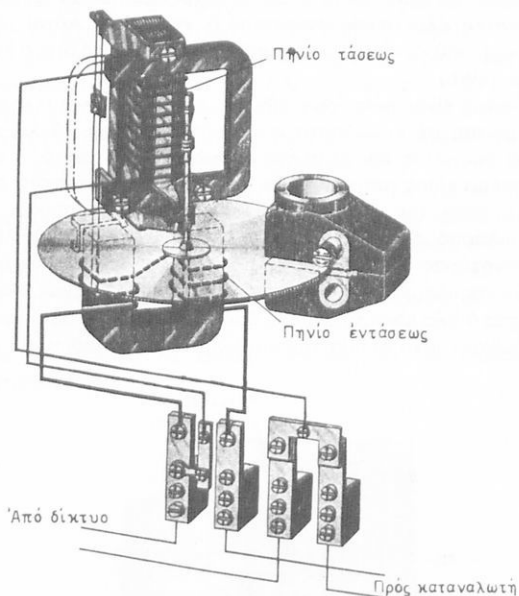
Ἀρχή λειτουργίας μετρητῆ ηλεκτρικής ἐνέργειας.

ἐνέργεια [παράγρ. 18.3(δ) **πηνίο ἐντάσεως**]. Ὁ ἄλλος ηλεκτρομαγνήτης ἔχει τρία σκέλη· στά δύο ἀπ' αὐτά εἶναι τυλιγμένα δύο πηνία συνδεμένα σέ σειρά. Τα ἄκρα τῶν πηνίων αὐτῶν συνδέονται μεταξύ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, στά όποία ἐπικρατεῖ ἡ τάση του (πηνίο τάσεως). Ἔτσι ὁ **παράλληλος** μαγνήτης, ὁ μαγνήτης δηλαδή πού περιβάλλεται ἀπό τό πηνίο τάσεως, δημιουργεῖ μαγνητικό πεδίο ἀνάλογο μέ τήν τάση τοῦ κυκλώματος. Τό πηνίο τάσεως, ὅπως εἶναι γνωστό, διαρρέεται ἀπό ἔνταση ἀνάλογη μέ τήν τάση τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ ὁ μαγνήτης **σειρᾶς** δημιουργεῖ μαγνητικό πεδίο ἀνάλογο μέ τήν ἔνταση τοῦ κυκλώματος.

Ὁ παράλληλος μαγνήτης εἶναι ἔτσι κατασκευασμένος, ὥστε οἱ μαγνητικές γραμμές τοῦ μαγνητικοῦ του πεδίου νά διέρχονται ἀπό τό κεντρικό σκέλος.

Μεταξύ τῶν δύο ηλεκτρομαγνητῶν εἶναι τοποθετημένος ἕνας λεπτός δίσκος ἀπό ἀλουμίνιο ἔτσι, ὥστε νά μπορεῖ νά περιστρεφεται. Ὁ δίσκος αὐτός ἀποκόπτει τίς μαγνητικές γραμμές τῶν πεδίων καί τῶν δύο ηλεκτρομαγνητῶν. Ἐπάνω στό δίσκο ἐξασκεῖται ροπή στρέψεως πού προέρχεται ἀπό τήν ἀλληλεπίδραση τῶν

μαγνητικών πεδίων των δύο ηλεκτρομαγνητών και των δινορρευσμάτων (παράγρ. 8.4), τά όποια επάγονται από τούς ηλεκτρομαγνήτες αυτούς επάνω στό δίσκο. Έτσι



Σχ. 18.4β.

Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας.

ό δίσκος περιστρέφεται καί μάλιστα τόσο ταχύτερα όσο μεγαλύτερη είναι ή ισχύς πού διέρχεται από τό κύκλωμα του όποιου μετρούμε την ένέργεια. Ό μετρητής περιλαμβάνει έναν **άπαριθμητικό μηχανισμό** του όποιου έργο είναι ή καταμέτρηση του συνολικού αριθμού στροφών του δίσκου. Ό αριθμός αυτός των στροφών άντιστοιχεί στην ηλεκτρική ένέργεια πού καταναλώθηκε συνολικά (ό αριθμός στροφών είναι άνάλογος πρós την ισχύ καί τό χρόνο κατά τόν όποιο διατηρήθηκε ή άπορρόφηση ισχύος από τό κύκλωμα). Έπειδή όρισμένος αριθμός στροφών του δίσκου άντιστοιχεί, σέ ένα συγκεκριμένο μετρητή, σέ μία κιλοβατώρα (**όνομαστικός αριθμός στροφών**), ό άπαριθμητικός μηχανισμός μάς παρέχει συνήθως κατευθείαν τόν αριθμόν των κιλοβαττωρών καί όχι τό συνολικό αριθμό στροφών του δίσκου.

Στό κεντρικό σκέλος του παράλληλου ηλεκτρομαγνήτη υπάρχει καί ένα πηνίο πού αποτελείται από χάλκινους δακτύλιους. Μέ τη βοήθεια αυτού του πηνίου τό συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρομαγνήτη αυτού, παρουσιάζει φασική άπόκλιση 90° ως πρós την τάση του κυκλώματος. Αυτό είναι άπαραίτητο γιά τη δημιουργία του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, πού περιστρέφει τό δίσκο, όπως στό μονοφασικό κινητήρα έπαγωγής.

Εκτός από την παραπάνω διαμόρφωση του μηχανισμού των επαγωγικών μετρητών υπάρχουν και άλλες παραλλαγές, που βασίζονται πάντοτε στην ίδια αρχή λειτουργίας, όπως π.χ. ο μετρητής του σχήματος 18.4β.

Ο μετρητής που περιγράψαμε είναι για μονοφασικά κυκλώματα. Ανάλογη κατασκευή έχει και ο τριφασικός μετρητής.

18.5 Ερωτήσεις.

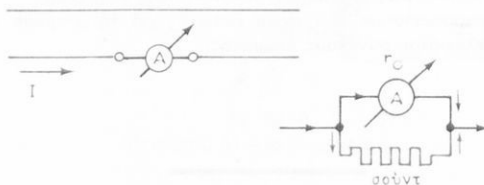
1. Σε τί χρησιμοποιούνται τα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων;
2. Ποιά είναι τα βασικά όργανα των ηλεκτρικών μετρήσεων;
3. Ποιές είναι οι κατηγορίες των ηλεκτρικών οργάνων από άποψη ακρίβειας;
4. Τι σημαίνει κλάση ακρίβειας 1,5;
5. Ποιές οι κατηγορίες των ηλεκτρικών οργάνων ως προς τον τρόπο που δίνεται το αποτέλεσμα της μετρήσεως;
6. Τι είναι τα όργανα μέ φωτεινή κηλίδα;
7. Τι καλούμε εύαισθησία ηλεκτρικού οργάνου και τί ίδια κατανάλωση;
8. Από απόψεως έσωτερικού μηχανισμού των ηλεκτρικών οργάνων μετρήσεως, ποιές είναι οι διάφορες κατηγορίες τους;
9. Μέ ποιά όργανα μετρούμε τις ηλεκτρικές αντιστάσεις;
10. Σε τί χρησιμεύουν τα όργανα μέ παλλόμενα ελάσματα;
11. Σε ποιές κατηγορίες οργάνων μπορεί ο δείκτης τους να παραμένει σε οποιαδήποτε θέση στην κλίμακα χωρίς να επιστρέφει στο μηδέν της;
12. Ποιάς κατηγορίας όργανα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος;
13. Ποιά είναι η αρχή λειτουργίας των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας;
14. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε επαγωγικό μετρητή για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας ενός κυκλώματος συνεχούς ρεύματος;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

19.1 Συνδεσμολογίες ηλεκτρικῶν μετρήσεων.

“Όπως είδαμε στην παράγραφο 18.3, οἱ μετρήσεις τῶν διαφόρων ηλεκτρικῶν μεγεθῶν πραγματοποιοῦνται πάντοτε μέ τή βοήθεια τοῦ ρεύματος πού διέρχεται ἀπό τό ὄργανο. Ἐτσι ἂν θέλομε νά μετρήσομε τό ἴδιο τό ρεῦμα ἐνός κυκλώματος, πρέπει νά διακόψομε τόν ἕνα ἀπό τούς ἀγωγούς τοῦ κυκλώματος καί νά παρεμβάλωμε **σέ σειρά** ἕνα ἀμπερόμετρο (σχ. 19.1α), πού νά ἀνήκει σέ μίαν ἀπό τίς γνωστές κατηγορίες ἀπό ἀποψη ἐσωτερικοῦ μηχανισμοῦ. Τά ἀμπερόμετρα ἔχουν κλίμακα βαθμολογημένη σέ ἀμπέρ, A, καί μικρή **ἐσωτερική ἀντίσταση** (παράγρ. 18.2).

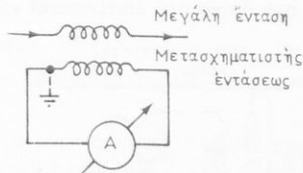


Σχ. 19.1α.
Σύνδεση ἀμπερόμετρου.

Γιά νά **ἐπεκτείνουμε** τήν περιοχή μετρήσεως ἐνός ἀμπερομέτρου τοποθετοῦμε **παράλληλα** πρὸς αὐτό μία γνωστή ἀντίσταση (σχ. 19.1α). Τότε ἀπό τό ὄργανο, ὅπως γνωρίζομε, θά διέλθει ἕνα μέρος μόνο ἀπό τήν ἔνταση τοῦ κυκλώματος, γιατί αὐτή θά διακλαδωθεί πρὸς τό ἀμπερόμετρο καί τήν παράλληλη ἀντίσταση. Μέ τόν τρόπο αὐτόν καί μέ διάφορες ἀντιστάσεις κατὰ διακλάδωση πού καλοῦνται διεθνῶς **σοῦντ** (Shunt), μπορούμε νά μετροῦμε ἐντάσεις ρεύματος ὅσοδήποτε μεγάλες μέ ἕνα ἀμπερόμετρο, ἀπό τό ὁποῖο ἡ μέγιστη ἔνταση πού ἐπιτρέπεται νά διέλθει εἶναι μικρή (π.χ. 5 A).

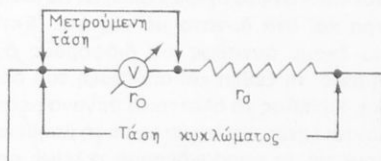
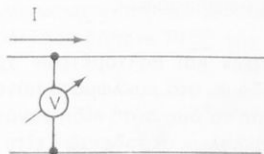
Τά σοῦντ, πού χρησιμοποιοῦνται γιά τήν ἐπέκταση τῆς περιοχῆς μετρήσεως τῶν ἀμπερομέτρων, εἴτε συνδέονται κάθε φορά ἐξωτερικά στοὺς ἀκροδέκτες τοῦ ὀργάνου, εἴτε εἶναι ἐνσωματωμένα στό ὄργανο, μέσα στό περίβλημά του· στή δεύτερη περίπτωση τά σοῦντ μπορεῖ νά εἶναι περισσότερα ἀπό ἕνα καί νά συνδέονται καί νά ἀποσυνδέονται μέ τή βοήθεια διακοπῶν πού βρίσκονται πάνω στό ὄργανο ἔτσι, ὥστε νά ἔχομε πολλές περιοχές μετρήσεως.

Μεγάλες εντάσεις ρεύματος μπορούμε να μετρούμε και με άλλο τρόπο, με τον όρο όμως ότι πρόκειται για έναλλασσόμενο ρεύμα. Στα άμπερόμετρα, από τα οποία γενικά δέν επιτρέπεται να περάσουν εντάσεις ρεύματος μεγαλύτερες από 5 A, χρησιμοποιούμε ειδικούς **μετασχηματιστές μετρήσεως**. Στην περίπτωση μας αυτοί ονομάζονται **μετασχηματιστές εντάσεως** και υποβιβάζουν την προς μέτρηση ένταση. Όρισμένα άμπερόμετρα, τα άμπερόμετρα με κινητό σίδηρο, δέχονται για μέτρηση και μεγάλες εντάσεις ρεύματος (100 A ή και μεγαλύτερες). Ο μετασχηματιστής εντάσεως συνδέεται όπως δείχνει τό σχήμα 19.1β. Οι μετασχηματιστές εντάσεως χρησιμοποιούνται επίσης για τή μέτρηση τής εντάσεως σέ κυκλώματα ύψηλης τάσεως, όπου τά άμπερόμετρα δέν επιτρέπεται να συνδέονται κατευθείαν στό κύκλωμα.



Σχ. 19.1β.

Μέτρηση μεγάλης εντάσεως.

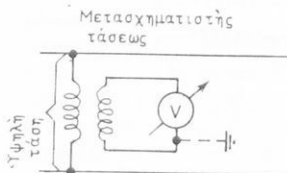


Σχ. 19.1γ.

Σύνδεση βολτόμετρου.

Αν θέλομε να μετρήσομε τήν τάση μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος, δέν απαιτείται ή διακοπή του κυκλώματος, όπως συμβαίνει στην περίπτωση τής άμπερομετρήσεως, αλλά ή σύνδεση ενός βολτομέτρου (σχ. 19.1γ) **παράλληλα** πρὸς τήν κατανάλωση του κυκλώματος. Τό βολτόμετρο είναι ὄργανο πού ἀνήκει σέ μιάν ἀπό τίς γνωστές κατηγορίες, ὡς πρὸς τόν ἐσωτερικό μηχανισμό, καί ἔχει κλίμακα βαθμολογημένη σέ βόλτ, V, καί μεγάλη ἐσωτερική ἀντίσταση (παράγρ. 18.2) Ἡ ἀντίσταση αὐτή ἐπιτυγχάνεται μέ τή σύνδεση σέ σειρά πρὸς τήν ἀντίσταση του

μηχανισμού του μιάς μεγάλης αντίστασης. Έτσι, όταν το βολτόμετρο συνδεθεί μεταξύ των σημείων στα όποια θέλουμε να μετρήσουμε την τάση που επικρατεί, θα διέλθει από τη συνολική του εσωτερική αντίσταση ρεύμα, που θα είναι ανάλογο με την τάση που επικρατεί ή τάση αυτή θα μετρηθεί με τη βοήθεια της βαθμολογημένης κατευθείαν σε βόλτ κλίμακας του οργάνου. Για να επεκτείνουμε την περιοχή μετρήσεως ενός βολτομέτρου, συνδέουμε, όπως και στην περίπτωση των αμπερομέτρων, μία γνωστή αντίσταση t_0 σε **σειρά** με το όργανο (σχ. 19.1γ). Έτσι, η τάση που θα μετρήσει το όργανο, θα είναι ένα μέρος μόνο της τάσεως του κυκλώματος που πρέπει να μετρηθεί. Στην περίπτωση των κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος, εκτός από την **αντίσταση σειράς**, χρησιμοποιούνται ειδικοί μετασχηματιστές μετρήσεως (**μετασχηματιστές τάσεως**), που συνδέονται όπως δείχνει το σχήμα 19.1δ. Οι μετασχηματιστές αυτοί χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση υψηλών τάσεων, όταν η μέτρηση γίνεται με όργανα στα όποια δεν επιτρέπεται να επιβληθεί υψηλή τάση.



Σχ. 19.1δ.

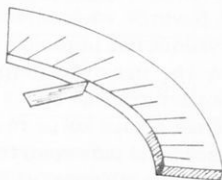
Μέτρηση υψηλής τάσεως.

Οι **άκροδέκτες** των αμπερομέτρων και βολτομέτρων χρησιμεύουν για να συνδέονται τα όργανα αυτά, όπως είδαμε, στα κυκλώματα πάνω στα όποια θέλουμε να κάνουμε μετρήσεις. Εκτός όμως από τα δύο αυτά είδη οργάνων και όλα τα άλλα είδη συνδέονται με τη βοήθεια κατάλληλων άκροδεκτών είτε παράλληλα είτε σε σειρά στο κύκλωμα που γίνεται η μέτρηση ή ακόμα, συνδέονται ταυτόχρονα παράλληλα και σε σειρά (βαττόμετρα, συνημιτόμετρα κλπ.). Στους άκροδέκτες επίσης συνδέεται και η άγνωστη ηλεκτρική αντίσταση, που θέλουμε να προσδιορίσουμε στα ωμόμετρα και στα όργανα με γέφυρα. Εκτός από τους άκροδέκτες, τα διάφορα όργανα έχουν συνήθως και διάφορους διακόπτες για την αλλαγή της περιοχής μετρήσεως, τη ζεύξη και απόζευξη του οργάνου που έχει ήδη συνδεθεί στο κύκλωμα κλπ. Συνήθως τα ηλεκτρικά όργανα μετρήσεως μετά την εκτέλεση των μετρήσεων θέτονται εκτός κυκλώματος με τη βοήθεια των διακοπών που αναφέρουμε, αν δεν θέλουμε να τα άποσυνδέσουμε τελείως από τους άκροδέκτες.

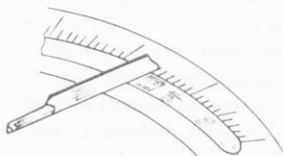
19.2 Τρόπος ανάγνωσης οργάνων.

Κατά την ανάγνωση των ηλεκτρικών οργάνων μετρήσεως προκαλείται συνήθως ένα σφάλμα ανάγνωσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν βλέπουμε το δείκτη του οργάνου έντελώς κατακόρυφα αλλά πλάγια, οπότε το αποτέλεσμα της μετρήσεως διαφέρει λίγο από την πραγματική μέτρηση. Το σφάλμα αυτό από την ανάγνωση προκαλείται, γιατί ο δείκτης βρίσκεται σε κάποια απόσταση πάνω από την κλίμακα του οργάνου και καλείται **σφάλμα παραλλόξεως**. Για να αποφεύγονται τα σφάλματα

παραλλαξεως κατασκευάζονται συχνά όργανα με τό δείκτη στο ίδιο επίπεδο με την κλίμακα (σχ. 19.2α). "Άλλοτε πάλι, στα όργανα ακριβείας, υπάρχει κάτω από τό δείκτη καί κατά μήκος της κλίμακας μιά λωρίδα κατοπτρική (σχ. 19.2β). "Ετσι έπιτυγχάνονται άναγνώσεις άπαλλαγμένες από παραλλάξεις, γιατί βλέπομε τό δείκτη έτσι, ώστε νά συμπίπτει με τό είδωλό του πάνω στο κάτωπτρο.



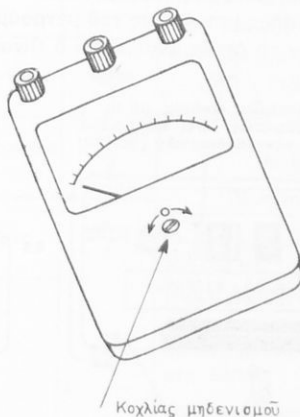
Σχ. 19.2α.



Σχ. 19.2β.

Άποφυγή σφάλματος άναγνώσεως (παραλλάξεως).

Πρίν από τή λειτουργία ενός όργάνου επιβάλλεται νά ελέγχομε κατά πόσο ό δείκτης του βρίσκεται **άκριβώς** στο μηδέν της κλίμακας. "Αν δέν συμβαίνει αυτό, προβαίνομε στο λεγόμενο **μηδενισμό** του όργάνου. Αυτό σημαίνει ότι με τή βοήθεια ενός ειδικού έξωτερικού ρυθμιστικού κοχλίας, φέρομε τό δείκτη άκριβώς στο μηδέν της κλίμακας (σχ. 19.2γ). Ό ρυθμιστικός κοχλίας μηδενισμού υπάρχει σέ όλα τά όργανα με δείκτη. Άπουσιάζει από τά όργανα εκείνα στα όποία, όπως είδαμε, ό δείκτης παραμένει σέ όποιαδήποτε θέση της κλίμακας, όταν δέν λειτουργούν.



Σχ. 19.2γ.

Ρυθμιστικός κοχλίας μηδενισμού όργάνου με δείκτη.

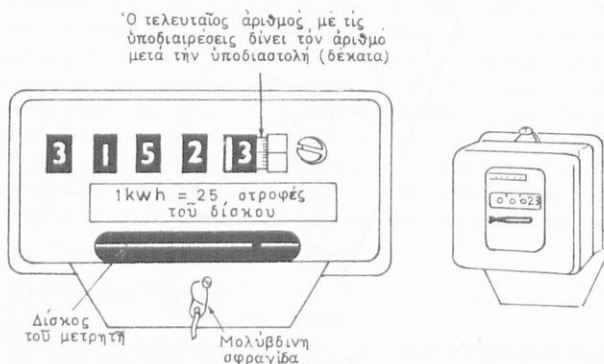
Όπως είδαμε στην παράγραφο 18.1 καί στο παράδειγμα του βολτομέτρου, τό μέγιστο σχετικό σφάλμα του όργάνου, πού αναφέρεται στή μετρούμενη τιμή, για τιμές πού βρίσκονται στο μέσον της κλίμακας του όργάνου (δηλαδή τιμές γύρω στα

150 V για κλίμακα που εκτείνεται μέχρι 300 V), είναι διπλάσιο από το εκατοστιαίο σφάλμα της κλάσεως ακριβείας του όργανου. Για τιμές που βρίσκονται στην αρχή της κλίμακας, το εκατοστιαίο σφάλμα που ανάγεται στη μετρούμενη τιμή θα είναι πολλαπλάσιο από το σφάλμα της κλάσεως του όργανου (π.χ. στο 1/5 της κλίμακας το μέγιστο σχετικό σφάλμα θα είναι πενταπλάσιο από το σφάλμα της κλάσεως ακριβείας του όργανου). "Υστερα απ' αυτά που είπαμε, είναι φανερό ότι για να έχομε ακρίβεια στις μετρήσεις, πρέπει κατά το δυνατόν να εκλέγεται η **περιοχή μετρήσεως** του όργανου έτσι, ώστε η τιμή του μεγέθους που μετρούμε να βρίσκεται στο **τελευταίο τρίτο κλίμακας**. 'Η αλλαγή της περιοχής μετρήσεως ενός όργανου επιτυγχάνεται συνήθως με την προσθήκη αντιστάσεων σούντ ή αντιστάσεων σειράς. 'Η προσθήκη αυτή πραγματοποιείται όπως είπαμε και με τη στροφή ενός μεταγωγέα στα όργανα που διαθέτουν περισσότερες από μία περιοχές μετρήσεως. "Αν δέν είναι δυνατή ή αλλαγή της περιοχής μετρήσεως σύμφωνα με τα παραπάνω, χρησιμοποιούμε, αν είναι δυνατόν, άλλο όργανο μετρήσεως.

Γιά τό χειρισμό, γενικώς, ενός όργανου μετρήσεως πρέπει νά ακολουθούνται πιστά οί οδηγίες του κατασκευαστή του όργανου. Οί οδηγίες αυτές συνοδεύουν πάντοτε κάθε όργανο μετρήσεως ή αναγράφονται με συντομία επάνω στο όργανο (π.χ. στο έσωτερικό του καλύμματος του όργανου ή επάνω στη βάση του όργανου). "Ετσι καί ακρίβεια μετρήσεως επιτυγχάνομε καί τό όργανο προφυλάσσομε από τυχόν βλάβη.

Κοντά στην κλίμακα κάθε όργανου υπάρχει πάντοτε μία σειρά από σύμβολα καί ορισμένα άλλα στοιχεία του όργανου γιά νά είναι δυνατή ή αναγνώρισή του. "Ετσι αναγράφονται:

- Τό έμπορικό σήμα του κατασκευαστή του όργανου.
- Ο αριθμός σειράς κατασκευής του όργανου.
- Τό σύμβολο της μονάδας μετρήσεως του μετρούμενου μεγέθους, π.χ. mA.
- Μιά σειρά συμβόλων τά όποια αναγράφει ό Πίνακας 19.2.1.



Σχ. 19.25.

Μετρητής με σταθερά 0,04 kWh/στρ.

Η αναγνώση των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας γιά την εύρεση της καταναλώσεως κάθε μήνα (ή διμήνου) γίνεται ως εξής: Από τον αριθμό (ένδειξη), που

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.2.1.

Τά πió συνηθισμένα σύμβολα πού άναγράφονται στην κλίμακα τών ήλεκτρικών όργάνων.

Έσωτερικός μηχανισμός των οργάνων		Είδος ρεύματος	
Περιγραφή	Σύμβολο	Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με κινητό σίδηρο		Συνεχές ρεύμα Έναλλασσόμενο ρεύμα	
Όργανο με κινητό πηνίο (με μόνιμο μαγνήτη)		Έναλλασσόμενο και Συνεχές ρεύμα	
		Θέση οργάνου	
Όργανο με κινητό πηνίο και άνορθωτή		Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με διασταυρωμένα πηνία		Κατακόρυφη θέση	
Όργανο με διασταυρωμένα πηνία		Όριζόντια θέση	
Θερμικό όργανο με κινητό πηνίο (με θερμοηλεκτρικό ζεύγος)		Πλάγια θέση (π.χ. υπό γωνία 60°)	
Θερμικό όργανο με κινητό πηνίο (με θερμοηλεκτρικό ζεύγος)		Τάση δοκιμής της μονώσεως του οργάνου (άντοχη τάσεως)	
Θερμικό όργανο με διμεταλ- λικό στοιχείο		Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Τάση δοκιμής 500 V	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Τάση δοκιμής μεγαλύτερη από 500 V (π.χ. 2 kV)	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Καμία τάση δοκιμής	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Λοιπά σύμβολα	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Όνομαστική συχνότητα (π.χ. 50 Hz)*	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Κλάση ακριβείας (π.χ. 1,5)	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Σχέση μετασχηματισμού μετασχηματιστή μετρήσεως (π.χ. 50/5A)	
Όργανο με παλλόμενα έλασματα		Σύμβολο κοχλία μηδενισμού	

* Άν δίπλα στό σύμβολο τού ρεύματος δέν ύπάρχει άριθμός, τότε ή όνομαστική συχνότητα είναι 45 ως 65 Hz.

έμφανίζεται στο μετρητή, αφαιρούμε την αντίστοιχη ένδειξη του προηγούμενου μήνα. Η διαφορά μας δίνει σε kWh την κατανάλωση ενέργειας του καταναλωτή, στον οποίο είναι εγκατεστημένος ο μετρητής.

Αυτό συμβαίνει γιατί όπως είναι γνωστό, η ένδειξη του απριθμητικού μηχανισμού των μετρητών είναι συνεχής, δέν μηδενίζεται δηλαδή κάθε φορά που λαμβάνουμε την ένδειξη.

Υπάρχουν μετρητές στους οποίους η ένδειξη αντιπροσωπεύει το συνολικό αριθμό του δίσκου (σχ. 19.2δ). Έτσι, αν από τον αριθμό που μας δείχνει ο μετρητής αφαιρέσουμε τον αριθμό του προηγούμενου μήνα, θα έχουμε τον αριθμό των στροφών που αντιστοιχεί στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του μήνα. Για να βρούμε την ενέργεια σε kWh πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τον αριθμό στροφών του μήνα επί τη λεγόμενη **σταθερά του μετρητή**, που εκφράζει τον αριθμό των κιλοβαττωρών ανά στροφή του δίσκου (π.χ. 0,04 kWh/στροφή).

19.3. Έρωτήσεις.

1. Πώς συνδέεται ένα βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσεως;
2. Πώς συνδέεται ένα άμπερόμετρο για τη διεξαγωγή άμπερομετρήσεως;
3. Πώς μπορούμε να επεκτείνουμε την περιοχή μετρήσεως ενός άμπερομέτρου και πώς ενός βολτομέτρου;
4. Μέ ποιόν τρόπο μπορούμε να μετρήσουμε μεγάλες εντάσεις συνεχούς ρεύματος και μέ ποιόν μεγάλες εντάσεις εναλλασσόμενου ρεύματος ;
5. Πώς συνδέουμε ένα βατόμετρο και πώς ένα μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας;
6. Σε ποιο τμήμα της κλίμακας ενός όργανου έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεως;
7. Τι πρέπει να κάνουμε για να χειριστούμε ένα ηλεκτρικό όργανο μετρήσεως χωρίς κίνδυνο βλάβης του;
8. Ποιά είναι η πρώτη φροντίδα μας, πριν θέσουμε σε λειτουργία ένα όργανο ηλεκτρικών μετρήσεων;
9. "Αν ένα όργανο έχει συνδεθεί μόνιμα σε ένα κύκλωμα, πώς μπορεί να απομονώνεται μετά τη διεξαγωγή των αναγκαίων μετρήσεων;
10. Πώς γίνεται η ανάγνωση ενός μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας (γνώμονα);

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ, ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΤΥΧΗΜΑ, ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.

20.1 Κίνδυνοι από τό ηλεκτρικό ρεύμα. Τό ηλεκτρικό ατύχημα.

“Όπως είδαμε μέχρι τώρα, ή ηλεκτρική ενέργεια είναι ή πιό εύχρηστη μορφή ενέργειας και γιαυτό έχει τεράστια διάδοση και άποτελει έναν από τούς κυριότερους άν όχι τόν κυριότερο βοηθό του ανθρώπου. “Όπως πολλά πράγματα όμως πού συντελούν στην πρόοδο, τόν πολιτισμό και την άνεση του ανθρώπου, έτσι και ό ηλεκτρισμός δημιουργεί όρισμένους κίνδυνους, πού όφείλονται όμως μόνο στην κακή χρήση του. Τά **ηλεκτρικά ατύχηματα**, όπως λέγονται, είναι σπάνια· αυτό όφείλεται κατά κύριο λόγο στα μέτρα πού λαμβάνονται για την άποφυγή τους· όφείλεται όμως και στο γεγονός ότι όλοι οι άνθρωποι στην εποχή μας γνωρίζουν σέ γενικές γραμμές **πώς** πρέπει νά χρησιμοποιούν τόν ηλεκτρισμό και ποιά σημεία **πρέπει** νά προσέχουν, για νά μήν ύπάρχει και ό παραμικρός κίνδυνος. Για νά κατανοηθούν καλύτερα οι λίγες, άλλωστε, **όδηγίες** πού **πρέπει** νά εφαρμόζομε για την ασφαλή χρήση του ηλεκτρισμού, αλλά και τά μέτρα προστασίας πού χρησιμοποιούνται στίς ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, θά ασχοληθούμε σύντομα μέ τά άποτελέσματα πού έχει ό ηλεκτρισμός στο ανθρώπινο σώμα.

Τό ανθρώπινο σώμα, όπως άλλωστε και τό σώμα τών ζώων, είναι καλός άγωγός του ηλεκτρισμού. Έπομένως, όταν βρεθεί μεταξύ δύο σημείων στα όποια έπικρατεί διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση) διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. ‘Η διέλευση του ηλεκτρισμού από τό ανθρώπινο σώμα καλείται **ηλεκτροπληξία**.

Τό ανθρώπινο σώμα μπορεί νά βρεθεί μεταξύ δύο σημείων, στα όποια έπικρατεί ηλεκτρική τάση όταν:

α) Δύο διαφορετικά μέρη του σώματός του έρθουν σέ έπαφή μέ δύο σημεία ηλεκτρικής εγκατάστασεως πού έχουν διαφορετικό δυναμικό (π.χ. άν μέ τό ένα χέρι έγγίζει έναν άγωγό φάσεως και μέ τό άλλο έναν άγωγό άλλης φάσεως).

β) “Όταν ένα μέρος του σώματος έρθει σέ έπαφή μέ ένα σημείο ηλεκτρικής εγκατάστασεως πού παρουσιάζει ηλεκτρική τάση ως προς τη γη και, ταυτόχρονα, ένα άλλο μέρος του σώματος βρίσκεται σέ έπαφή μέ τη γη. Π.χ. όταν πατούμε πάνω σέ ένα μη μονωτικό δάπεδο και έγγίσομε ένα σημείο της εγκαταστάσεως, όπως είναι ό άγωγός φάσεως μιås ηλεκτρικής γραμμής, πού παρουσιάζει ηλεκτρική τάση ως

πρός τη γη. Ο ουδέτερος κόμβος των τριφασικών συστημάτων (παράγρ. 11.2) είναι πάντοτε συνδεδεμένος με τη γη, όπως θα δούμε, και επομένως οι άγωγοί φάσεως παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού ως προς τη γη ίση προς τη φασική τάση του δικτύου. Έτσι στην προηγούμενη περίπτωση το ανθρώπινο σώμα θα βρεθεί σε τάση 220 V.

Οι συνέπειες της διόδου του ρεύματος από το ανθρώπινο σώμα είναι:

— **Προσβολή της καρδιάς** και συγκεκριμένα **ινιδική συστολή** ή **μαρμαρυγή** των καρδιακών κοιλιών.

— **Έγκαύματα**, εξωτερικά και εσωτερικά (λόγω του θερμικού αποτελέσματος του ηλεκτρισμού).

— **Προσβολή του αναπνευστικού κέντρου** με επακόλουθο την αναστολή της αναπνοής, δηλαδή την **άσφυξια**.

“Ολες αυτές οι συνέπειες μπορεί να έχουν διάφορο βαθμό σοβαρότητας που εξαρτάται από τις συνθήκες της ηλεκτροπληξίας, δηλαδή ποικίλλουν ανάλογα με:

α) Το **είδος** του ρεύματος (τό συνεχές ρεύμα είναι λιγότερο επικίνδυνο από τό έναλλασσόμενο).

β) Την **τάση** του ρεύματος, γιατί στίς ύψηλές τάσεις είναι δυνατόν να προκληθεί ηλεκτροπληξία και χωρίς έπαφή· αν πλησιάσoμε π.χ. σε ένα σημείο τούς άγωγoύς ύψηλης τάσεως, τότε γίνεται διάσπαση του άέρα και τό κύκλωμα κλείνει με τό ηλεκτρικό τόξο πού ξεσπά μεταξύ του σημείου της ηλεκτρικής έγκαταστάσεως ύψηλης τάσεως και του σώματος. Έξάλλου, ή ύψηλή τάση έχει την ιδιότητα νά άπωθει τό ανθρώπινο σώμα, πού κατά τη στιγμή της ηλεκτροπληξίας έκτινάζεται, ένw ή χαμηλή τάση συσπά τά νεύρα και ό ηλεκτρόπληκτος δέν μπορεί νά **άποκολληθεί** από τό στοιχείο πού βρίσκεται σε τάση· στην περίπτωση αυτή αύξάνεται ό χρόνος έπαφής.

γ) Της **έντάσεως** του ρεύματος. Άνάλογα με την αντίσταση πού παρουσιάζει τό ανθρώπινο σώμα, ή ένταση του ρεύματος είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη. Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι μεταβλητή και είναι τόσο μικρότερη όσο:

— μεγαλύτερη είναι ή τάση,

— τελειότερη είναι ή έπαφή,

— μεγαλύτερος είναι ό χρόνος έπαφής, και

— ύγρότερο είναι τό δέρμα.

Η αντίσταση του σώματος κυμαίνεται από 1000 Ω, όταν αυτό είναι ύγρό, ως μερικές χιλιάδες Ωm, όταν είναι ξηρό. Έφαρμόζοντας τό νόμο του “Ωm προσδιορίζομε την ένταση του ρεύματος πού άρχίζει νά είναι επικίνδυνη όταν υπερβεί τά 25 mA.

δ) Της **ίσχους**. Η πηγή παραγωγής του ρεύματος πρέπει νά είναι ισχυρή γιά νά έχει τό ρεύμα κάποια επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό.

ε) Της **συχνότητας** του ρεύματος στο έναλλασσόμενο ρεύμα. “Όσο μεγαλύτερη είναι ή συχνότητα του ρεύματος, τόσο λιγότερο επικίνδυνο είναι αυτό.

Ό κίνδυνος από τό ηλεκτρικό ρεύμα εξαρτάται επίσης από την κατάσταση του οργανισμού του ανθρώπου κατά τη στιγμή της έπαφής και από τη διαδρομή πού άκολουθεί τό ρεύμα καθώς διέρχεται μέσα από τό ανθρώπινο σώμα. Έτσι, τά άποτελέσματα της ηλεκτροπληξίας είναι σοβαρότερα, αν τό ρεύμα περάσει από την καρδιά (π.χ. από τό ένα χέρι στο άλλο, από τό άριστερό χέρι προς τά πόδια). Γενικά,

ώς όριο μεταξύ επικίνδυνων καί ακίνδυνων τάσεων θεωρούμε συνήθως τὰ 50 V.

Στήν περίπτωση τῆς προσβολῆς τῆς καρδιάς (συνήθως ἀπό ἐπαφή μέ τάσεις ἀπό 100 V ὡς 1000 V), ἐφόσον προκληθεῖ μόνιμη συστολή, δέν ὑπάρχει πρακτικά ἐφαρμόσιμη θεραπεία, γιατί οἱ μέθοδοι θεραπείας πού γνωρίζομε μέχρι σήμερα ἀπαιτοῦν τήν ἄμεση ἐπέμβαση εἰδικοῦ γιατροῦ γιά τήν ἐφαρμογή τους. Ἐτσι ἐπέρχεται σχεδόν πάντοτε ὁ θάνατος.

Στήν περίπτωση τῶν **ἐξωτερικῶν ἐγκαυμάτων** ἀπαιτεῖται ἡ συνηθισμένη θεραπεία τους, ἀνάλογα μέ τό βαθμό καί τήν ἔκτασή τους.

Τά **ἐσωτερικά ἐγκαύματα** (συνήθως προκαλοῦνται ἀπό ἠλεκτροπληξία ρευμάτων ὑψηλῆς τάσεως) προκαλοῦνται ἀπό τήν αὐξημένη θερμοκρασία, τήν ὁποία δημιουργεῖ τό ἠλεκτρικό ρεῦμα κατά τή διέλευσή του ἀπό τό σῶμα. Ἡ θερμοκρασία αὕτη προξενεῖ τή διάλυση τῶν μυῶν ἀπό τούς ὁποίους ἀποβάλλεται ὀξινη μυοσφαίρινη. Αὕτη εἰσέρχεται στά οὔρα καί τό κυκλοφορικό σύστημα καί προκαλεῖ μέ τήν πάροδο τοῦ χρόνου δηλητηρίαση τῶν νεφρῶν, μέ συνέπεια τό θάνατο. Ἡ δηλητηρίαση αὕτη εἶναι δυνατόν νά προληφθεῖ σέ ὁρισμένες περιπτώσεις ἀπό τό γιατρό, πού πρέπει ὅμως νά κληθεῖ ἀμέσως.

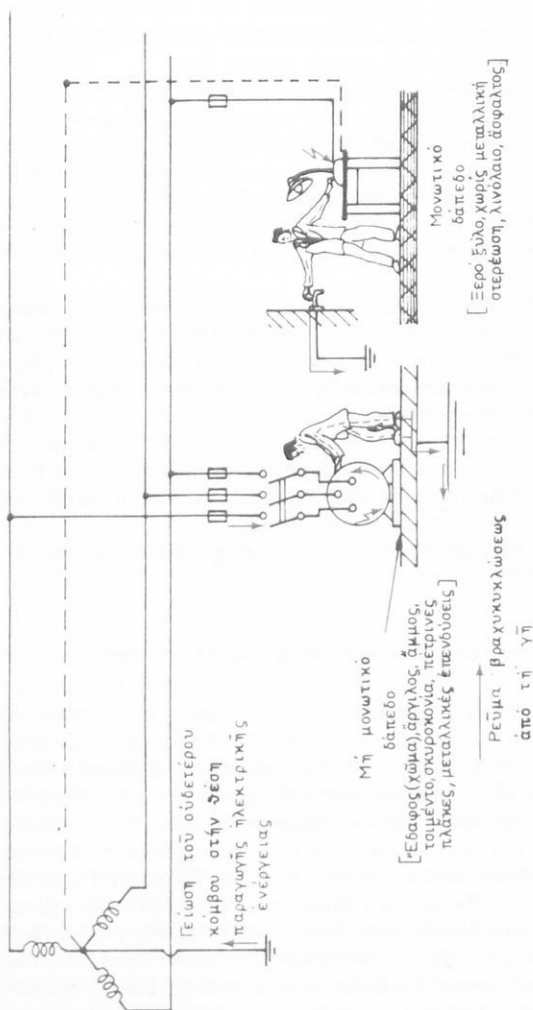
Ὅταν προσβάλλεται τό ἀναπνευστικό σύστημα ἐπέρχεται **ἄπνοια**, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ καί τή συνηθέστερη περίπτωση ἠλεκτροπληξίας. Στήν περίπτωση αὕτη καί ἂν ἀκόμα ὁ ἠλεκτρόπληκτος μοιάζει μέ νεκρό, πράγμα πού συμβαίνει πολλές φορές, πρέπει **χωρίς καμιά καθυστέρηση** νά ἐφαρμοσθεῖ ἡ **τεχνητή ἀναπνοή**. Αὐτό ὀφείλομε νά τό κάνομε καί ἂν ἀκόμα μᾶς πληροφορήσουν ὅτι ἡ ἠλεκτροπληξία συνέβη πρὶν ἀπό ἄρκετο χρόνο, γιατί δέν μπορούμε νά γνωρίζομε πότε ἀκριβῶς σταμάτησε ἡ ἀναπνοή. Ἡ τεχνητή ἀναπνοή λοιπόν πρέπει νά ἀρχίζει τό ταχύτερο δυνατόν, γιατί κάθε δευτερόλεπτο πού περνᾷ ἀπό τή στιγμή πού θά σταματήσει ἡ ἀναπνοή ἐλαττώνει τίς πιθανότητες διασώσεως.

Γιά τόν τρόπο ἐφαρμογῆς τῆς τεχνητῆς ἀναπνοῆς ἀναφέρονται τά σχετικά στήν παράγραφο 21.1.

20.2 Μέτρα προστασίας ἀπό τούς κίνδυνους τοῦ ηλεκτρισμοῦ.

Ὁ οὐδέτερος κόμβος τῶν τριφασικῶν συστημάτων στούς σταθμούς παραγωγῆς καί στά ἠλεκτρικά δίκτυα, γιά λόγους πού δέν θά ἀναφερθοῦν ἐδῶ, συνδέεται ἀγώγιμα μέ τή γῆ. Ἡ σύνδεση αὕτη καλεῖται **γείωση**. Μέ τή γείωση οἱ ἀγωγοί φάσεως παρουσιάζουν, ὅπως ἔχει ἤδη ἀναφερθεῖ στά προηγούμενα, διαφορά δυναμικοῦ ὡς πρὸς τή γῆ πού εἶναι ἴση πρὸς τή φασική τάση τοῦ δικτύου. Ἐτσι, ἂν ἓνας ἄνθρωπος ἔρθει σέ ἐπαφή μέ ἓναν ἀγωγό φάσεως καί πατὰ ταυτόχρονα στό ἔδαφος, θά βρεθεῖ κάτω ἀπό τή φασική τάση τοῦ δικτύου (π.χ. 220 V) καί θά ὑποστεί ἠλεκτροπληξία. Γιά νά ἀποφύγομε λοιπόν τόν κίνδυνο αὐτόν τῆς ἠλεκτροπληξίας, χρησιμοποιοῦμε παντοῦ **ἠλεκτρικές μονώσεις**. Περιβάλλομε δηλαδή ὅλα τά στοιχεῖα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων τῶν μηχανῶν καί συσκευῶν πού ἔχουν **τάση** μέ μονωτικά ὑλικά, ὥστε νά ἀποκλεισται ἡ ἐπαφή τοῦ ἀνθρώπου μέ αὐτά. Σέ μίαν ἠλεκτρική συσκευή ἢ μηχανή π.χ. τά σέ τάση τμήματα (π.χ. ἠλεκτρικές ἀντιστάσεις) ἀπομονώνονται ἀπό τά τυχόν ὑπάρχοντα ἐξωτερικά μεταλλικά μέρη τῆς συσκευῆς μέ τήν παρεμβολή μονωτικῶν ὑλικῶν. Μποροῦμε ἐπομένως νά πιάσομε τή συσκευή ἄφοβα, γιατί δέν κινδυνεύομε νά ὑποστοῦμε ἠλεκτροπληξία. Τά ἐξωτερικά μεταλλικά τμήματα μιᾶς

συσκευής όμως, τα όποια, όπως είδαμε, κανονικά δεν βρίσκονται σε τάση, είναι δυνατόν να βρεθούν σε τάση αν τυχόν καταστραφεί η μόνωσή τους (σχ. 20.2α). Στην

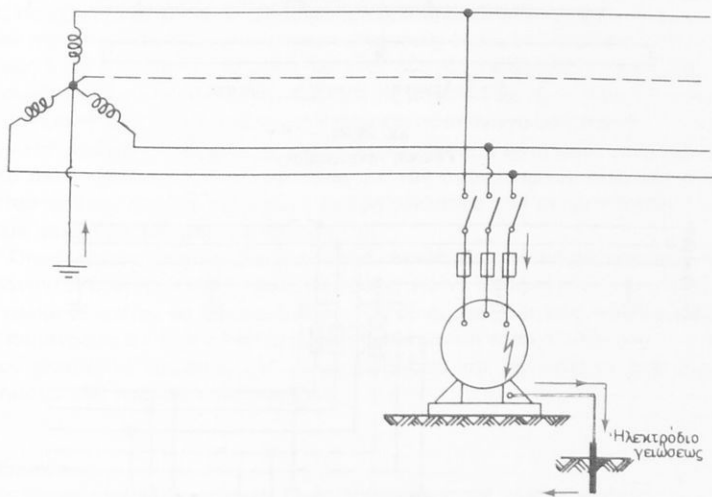


Σχ. 20.2α.

Ηλεκτροπληξία από σφάλμα μόνωσης.

περίπτωση αυτή, αν εγγίσουμε τη συσκευή, θα ύποστούμε ηλεκτροπληξία. Για λόγους ασφάλειας λοιπόν γειώνονται όλα τὰ μεταλλικά μέρη μιᾶς συσκευῆς ἢ τοῦ ηλεκτρικοῦ ἐξοπλισμοῦ γενικότερα, τὰ ὁποῖα δὲν βρίσκονται κανονικά σέ τάση, ἀλλὰ μπορεῖ νά βρεθοῦν, ὅταν ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ τὰ σέ τάση στοιχεῖα ἐξαιτίας κάποιας τυχαίας ἀνωμαλίας. Μέ τόν τρόπο αὐτόν, ὅταν τὰ σέ τάση στοιχεῖα μιᾶς συσκευῆς ἔλθουν σέ ἐπαφή μέ τὰ μὴ ρευματοφόρα μεταλλικά της μέρη, λόγω βλάβης, θά κλείσει τό σχηματιζόμενο ηλεκτρικό κύκλωμα διαμέσου τῆς γῆς (σχ. 20.2β) καί θά κυκλοφορήσει ηλεκτρικό ρεῦμα. Τό ρεῦμα αὐτό, ἐπειδὴ συναντᾶ πολύ μικρή ηλεκτρική ἀντίσταση κατά τή διέλευσή του, θά ἔχει πολύ μεγάλη ἔνταση (βραχυκύκλωμα) καί θά λειώσκει ταχύτατα τό τηκτό τῆς ασφάλειας πού εἶναι ἐγκαταστημένη στήν ἀρχή τοῦ κυκλώματος (ἢ θά ἀνοίξει τόν αὐτόματο διακόπτη). Ἐπομένως θά διακοπεί ἀμέσως τό κύκλωμα καί θά ἀπομονωθεί ἡ συσκευή μέ τή βλάβη, χωρίς νά ἀποτελεῖ πιά κίνδυνο γιά τὰ πρόσωπα πού τή χρησιμοποιοῦν.

Ἡ γείωση αὕτη καλεῖται **γείωση προστασίας**, γιά νά διακρίνεται ἀπό τή γείωση τοῦ οὐδέτερου κόμβου τῶν τριφασικῶν συστημάτων, ἡ ὁποία γίνεται γιά λειτουργικούς λόγους τοῦ ηλεκτρικοῦ συστήματος καί καλεῖται **γείωση λειτουργίας**.



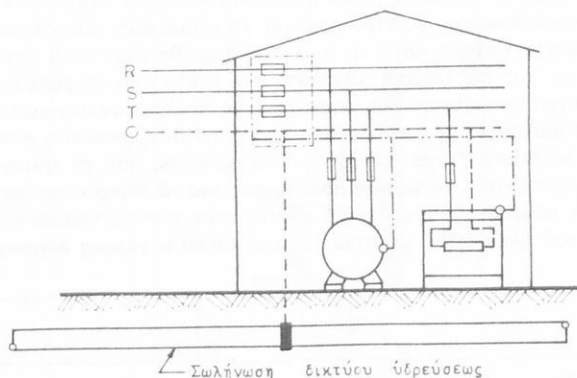
Σχ. 20.2β.

Βλάβη μονώσεως γειωμένης συσκευῆς.

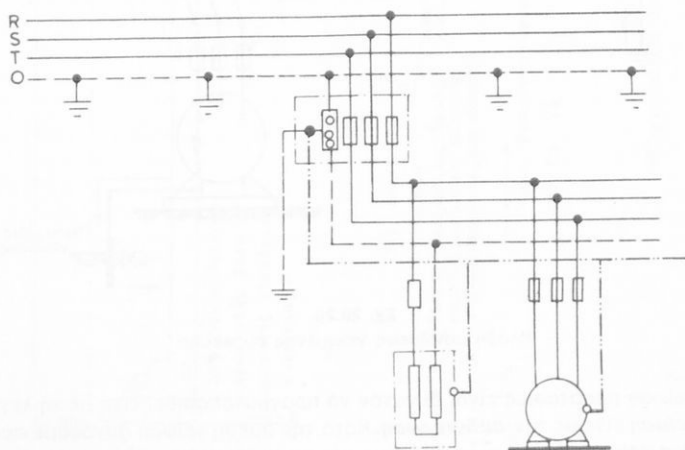
Ἡ γείωση προστασίας εἶναι δυνατόν νά πραγματοποιηθεῖ εἴτε μέ τή λεγόμενη **ἄμεση γείωση** εἴτε μέ τήν **οὐδετέρωση**. Κατά τήν ἄμεση γείωση συνδέομε συνήθως μέ ἓνα ἀντικείμενο ἐγκαταστημένο ὑπογείως τόν ἰδιαίτερο ἀγωγό προστασίας· ὁ ἀγωγός αὐτός ἐγκαθίσταται ὅπως γνωρίζομε μαζί μέ τούς ἀγωγούς φάσεως καί τόν οὐδέτερο ἀγωγό καί συνδέεται μέ ὅλες τίς ρευματοληψίες μιᾶς ἐγκαταστάσεως. Ὁ ἰδιαίτερος ἀγωγός προστασίας, δηλαδή, στόν πίνακα διανομῆς τῆς ηλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, συνδέεται μέ ἓνα χάλκινο ἀγωγό, ὁ ὁποῖος συνδέεται ἐπίσης μέ τό καλά γειωμένο μεταλλικό ἀντικείμενο, πού ἀναφέρθηκε παραπάνω.



Τό γειωμένο άντικείμενο μέ τό όποίο συνδέεται ό ίδιαιτερος άγωγός προστασίας καλείται **ήλεκτρόδιο γειώσεως**. Ός καλύτερο καί οικονομικότερο ήλεκτρόδιο γειώσεως μπορεί νά θεωρηθεΐ τό δίκτυο ύδρεύσεως, άν υπάρχει, γιατί έχει μεγάλη έκταση μέσα στή γή καί παρουσιάζει μικρή ηλεκτρική **άντίσταση διαβάσεως** τού ρεύματος πρός τή γή (σχ. 20.2γ). Άν δέν διατίθεται δίκτυο ύδρεύσεως, ως ήλεκτρόδιο γειώσεως χρησιμοποιεΐται συνήθως μιά ή περισσότερες μεταλλικές



Σχ. 20.2γ.
Γείωση προστασίας.



Σχ. 20.2δ.
Ουδετέρωση.

ράβδοι ή σωλήνες. Αύτες τοποθετοΰνται σέ όρισμένο βάθος μέσα στό έδαφος καί συνδέονται τόσο μεταξύ τους όσο καί μέ τόν άγωγό προστασίας μέ χάλκινο σύρμα.

Κατά την ούδετέρωση (σχ. 20.2δ) ο ιδιαίτερος άγωγός προστασίας συνδέεται είτε στον πίνακα διανομής είτε στο κιβώτιο του μετρητή με τόν ούδέτερο άγωγό. Τότε όμως ο ούδέτερος άγωγός έκτός από τη γείωσή του στον ούδέτερο κόμβο (γείωση λειτουργίας) γειώνεται κατά διαστήματα σε όλο τό μήκος του στο δίκτυο διανομής (πολλαπλά γειωμένος ούδέτερος άγωγός) καθώς και στην είσοδο της παροχής στην έγκατάσταση του καταναλωτή.

Οι μονώσεις των άγωγών φάσεως του ούδετέρου και του άγωγού προστασίας έχουν διάφορα χρώματα για νά αναγνωρίζονται. Σημαντικό είναι νά γνωρίζομε ότι ο ούδέτερος άγωγός είναι πάντοτε άνοικτός κυανός, ενώ ο άγωγός προστασίας φέρει αλληλοδιαδόχως λωρίδες **κίτρινου** και **πράσινου** χρώματος.

Η αντίσταση της γειώσεως πρέπει νά έχει αρκετά μικρή τιμή, ώστε τό ρεύμα, πού θά κυκλοφορήσει σε περίπτωση άνωμαλίας, νά είναι αρκετό για νά λειώσει τό τηκτό της ασφάλειας ή νά άνοίξει τόν αυτόματο διακόπτη τό πολύ μέσα σε 5 sec. Αυτό πρέπει νά γίνει όταν ή τάση πού άναπτύσσεται μεταξύ του έξωτερικού περιβλήματος της συσκευής και της γής (**τάση έξ έπαφής**) υπερβεί τά 50 V, πού θεωρείται όριο μεταξύ άκίνδυνων και επικίνδυνων τάσεων.

Στούς χώρους λοιπόν πού απαιτείται ή έφαρμογή γειώσεως προστασίας, σε όλες τις ρευματοληψίες (ρευματοδότες ή άπολήξεις άγωγών των διαφόρων κυκλωμάτων της σταθερής ήλεκτρικής έγκαταστάσεως) ύπάρχει, έκτός από τούς άγωγούς φάσεως ή και τόν ούδέτερο άγωγό, και ένας άγωγός προστασίας. Τά καλώδια επίσης πού συνδέουν τις ήλεκτρικές συσκευές ή τις μηχανές με τη σταθερή έγκατάσταση, είτε μόνιμα είτε με ρευματολήπτες, έχουν και αυτά άγωγό προστασίας. Τό ένα άκρο αυτού του άγωγού συνδέεται με τά έξωτερικά, προσιτά μεταλλικά μέρη (περίβλημα) και τό άλλο συνδέεται είτε άπευθείας με τόν άγωγό προστασίας της σταθερής έγκαταστάσεως, είτε με την ειδική έπαφή γειώσεως του ρευματολήπτη (βύσμα ή έλασμα γειώσεως ρευματοληπτών σουκο).

Όπως είπαμε στην παράγραφο 20.1, έκτός από τά μέτρα προστασίας, πού λαμβάνονται στίς ήλεκτρικές έγκαταστάσεις για νά άποφεύγονται οι κίνδυνοι του ήλεκτρισμού, πρέπει νά ακολουθούνται και όρισμένες οδηγίες, πού παραθέτονται στην παράγραφο 21.2. Οι οδηγίες αυτές αναφέρονται τόσο στα ήλεκτρικά άτυχήματα πού μπορεί νά συμβούν στη βιομηχανία όσο και, γενικότερα, στα ήλεκτρικά άτυχήματα της καθημερινής μας ζωής.

20.3 Έρωτήσεις.

1. Πότε προκαλείται ήλεκτροπληξία; Ποιές οι συνέπειες της ήλεκτροπληξίας;
2. Από ποιούς παράγοντες έξαρτάται ή σοβαρότητα ενός ήλεκτρικού άτυχήματος;
3. Ποιά είναι τά μέτρα πού λαμβάνονται στίς ήλεκτρικές έγκαταστάσεις για την προστασία από τούς κινδύνους του ήλεκτρισμού; Πώς επιτυγχάνεται ή προστασία αυτή;
4. Ποιά είναι τά χαρακτηριστικά χρώματα του ούδέτερου άγωγού και του άγωγού προστασίας;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ, ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

21.1 Τεχνητή άναπνοή.

Γιά νά εφαρμόσουμε τήν τεχνητή άναπνοή πρέπει πρώτα νά άποσπάσουμε άμέσως τόν ηλεκτρόπληκτο άπό τούς άγωγούς ή τή συσκευή πού προκάλεσε τήν ήλεκτροπληξία, όταν τό θύμα παραμένει προσκολλημένο σ' αυτά χωρίς νά μπορεί νά άπομακρυνθει. Αυτό όμως πρέπει νά γίνει μέ μεγάλη προσοχή γιά νά μήν ύποστούμε κι έμείς ήλεκτροπληξία κατά τήν έπαφή μας μέ τό θύμα, πού βρίσκεται σέ τάση. Γιά νά γίνει αυτό πρέπει **άπαραιτήτως** ή νά διακόψουμε τήν παροχή του ήλεκτρικού ρεύματος ή νά μονωθούμε δυό φορές. **Πρέπει, δηλαδή, νά πατήσουμε έπάνω σέ μονωτικό ύλικό**, όπως είναι π.χ. τό λάστιχο, τό ξερό ξύλο ή τό ξερό χαρτί καί όχι κατευθείαν έπάνω στό δάπεδο, πού θά είναι π.χ. μετόν, μωσαϊκό, πλακάκια, βρεγμένο ξύλο κλπ. Κατόπιν νά **έγγίσουμε τό θύμα πάλι μέ κάποιο μονωτικό ύλικό**, όπως π.χ. μέ μιά ξύλινη ράβδο, ένα ξύλινο κάθισμα, μέ λαστιχένια γάντια ή ακόμα άφθονο ύφασμα ή χαρτί, μέ τό όποίο τυλίγουμε τά χέρια μας καί σύρομε τό θύμα κατά προτίμηση άπό τά ρούχα του.

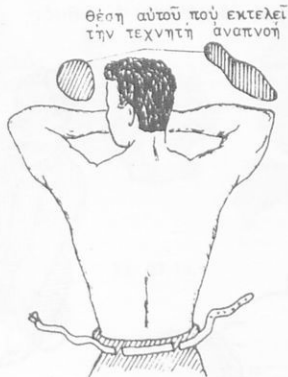
Ήφου άποσπάσουμε τόν ηλεκτρόπληκτο, άρχίζομε χωρίς άλλη καθυστέρηση τήν τεχνητή άναπνοή, τήν όποία συνεχίζομε χωρίς διακοπή μέχρι πού τό θύμα νά συνέλθει ή νά διαπιστωθει **άσφαλώς** άπό γιατρό ό θάνατός του. (Ύπάρχει γνωστή περίπτωση διασώσεως μέ έφαρμογή τεχνητής άναπνοής επί 8 ώρες). **Κάθε μεταφορά τό θύματος άπαγορεύεται.**

Ή τεχνητή άναπνοή, πού εφαρμόζεται όχι μόνο στην περίπτωση τής ήλεκτροπληξίας, αλλά καί στην περίπτωση πνιγμού ή άσφυξίας όποιασδήποτε άλλης μορφής, συνίσταται στην έφαρμογή όρισμένων κινήσεων έπάνω στό θύμα. Μέ τίς κινήσεις αυτές προκαλείται άναρρόφηση καί εκδίωξη άέρα άπό τούς πνεύμονές του. "Όταν κάποιος αναλάβει τήν εκτέλεση τής τεχνητής άναπνοής δέν πρέπει νά άσχοληθει μέ τίποτε άλλο, ώστε νά κερδίσει χρόνο. Τή χαλάρωση τών ρούχων του θύματος καί τήν ειδοποίηση γιατρού ή του Σταθμού Α' Βοηθειών πρέπει νά τά αναλάβει κάποιος τρίτος.

Ή τεχνητή άναπνοή εκτελείται σήμερα κατά δύο κυρίως μεθόδους. Γιά τήν έφαρμογή τους άπαιτείται βέβαια προηγούμενη εξάσκηση.

Ή πρώτη μέθοδος είναι ή του Δανού γιατρού Η. Nielsen. Κατ' αúτην τοποθετείται τό θύμα σέ θέση πρηνή (μέ τό πρόσωπο πρós τό έδαφος, μπρούμυτα) άν είναι δυνατόν μέ έλαφρή κλίση έτσι, ώστε νά διευκολύνεται ή άποστράγγιση τών ύγρών

του άναπνευστικού συστήματος. Τό κεφάλι του πρέπει νά έκτείνεται πρós τά πίσω, γιατί άν κάμπτεται πρós τά μπρός, έπέρχεται έμφραξη του άναπνευστικού συστήματος. Κάμπτομε τούς άγκώνες του θύματος (σχ. 21.1α) καί τοποθετούμε τά χέρια του τό ένα πάνω στό άλλο. Τό κεφάλι τοποθετείται πάνω στά χέρια καί τό στρέφομε λίγο πρós τή μιά πλευρά. Αύτός πού θά κάνει τήν τεχνητή άναπνοή θά πρέπει πρῶτα νά γονατίσει μπροστά στό κεφάλι του θύματος (σχ. 21.1β). Άμέσως μετά έλέγχει τό στόμα του θύματος μήπως περιέχει ξένα άντικείμενα καί του σύρει τή γλώσσα πρós τά έξω. Κατόπιν τοποθετεί τά χέρια του πάνω στή ράχη του θύματος, κάτω από τή γραμμή τής μασχάλης μέ τά δάκτυλα άνοικτά καί πρós τά έξω καί κάτω καί τούς αντίχειρες σχεδόν ένωμένους.



Σχ. 21.1α.



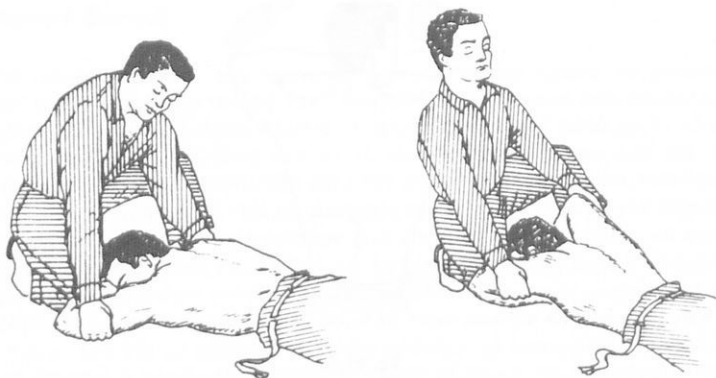
Σχ. 21.1β.



Σχ. 21.1γ.

Άπό τή θέση αύτή σκύβει μπροστά μέ τεντωμένους τούς άγκώνες έτσι, ὥστε τά χέρια του νά έρθουν κατακόρυφα. Μετά αφήνει τό βάρος του σώματός του νά πέσει άργά, σταθερά καί όμοιόμορφα στά χέρια του καί μέ αύτά στήν πλάτη του θύματος, χωρίς πρόσθετη πίεση (σχ. 21.1γ). Μέ τόν τρόπο αύτό επιτυγχάνεται ή τεχνητή έκπνοή.

Στὴ συνέχεια ἐλαττώνει τὴν πίεση, χωρὶς ἀπότομη κίνηση, κινούμενος ἀργὰ πρὸς τὰ πίσω, ἐνῶ ταυτόχρονα ἀπομακρύνει τὰ χέρια του ἀπὸ τὴ ράχη, ὥστε νὰ διευκολυνθεῖ ἡ διεύρυνση τοῦ θώρακα. Αὕτὴ εἶναι ἡ φάση τῆς τεχνητῆς *εἰσπνοῆς*. Γιὰ νὰ διευκολυνθεῖ ἀκόμα περισσότερο, αὐτὸς πού τὴν ἐκτελεῖ πιάνει τοὺς βραχίονες τοῦ θύματος κοντὰ στοὺς ἀγκῶνες καὶ τοὺς ἔλκει καθὼς κινεῖται ἀργὰ πρὸς τὰ πίσω, χωρὶς πρόσθετη μυϊκὴ δύναμη. Τέλος, μὲ τοὺς ἀγκῶνες τεντωμένους πάντα, σηκώνει τοὺς βραχίονες τοῦ θύματος μέχρι πού νὰ αἰσθανθεῖ πίεση, ὁπότε τοὺς χαμηλώνει πάλι ἡρεμα καὶ τοὺς τοποθετεῖ στὴν ἀρχικὴ θέση (σχ. 21.1δ). Ὁ κύκλος αὐτὸς ἐκπνοῆς - εἰσπνοῆς ἐπαναλαμβάνεται 12 περίπου φορές τὸ λεπτό, μὲ ρυθμὸ ὁμοιόμορφο καὶ σταθερό. Ἐπειδὴ ἡ τεχνητὴ ἀναπνοὴ πρέπει νὰ συνεχισθεῖ γιὰ πολὺ χρόνο, εἶναι ἀνάγκη, κατὰ τὸ δυνατόν, νὰ γίνεται ἐναλλαγὴ τῶν προσώπων πού τὴν ἐκτελοῦν χωρὶς ὅμως νὰ χάνεται ὁ ρυθμὸς.



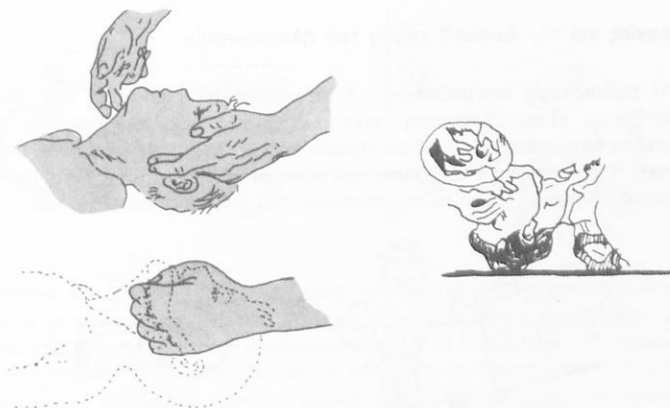
Σχ. 21.1δ.

Ἡ δευτέρη μέθοδος εἶναι ἡ μέθοδος *ἐμφυσησεως ἀέρα ἀπὸ στόμα σέ στόμα (τό φίλί τῆς ζωῆς)*. Ἡ μέθοδος αὕτὴ συνιστᾶται κυρίως γιὰ βρέφη καὶ μικρὰ παιδιὰ ἢ γιὰ ἐνήλικες, στοὺς ὁποίους δὲν εἶναι δυνατὴ ἡ ἐφαρμογὴ τῆς προηγούμενης μεθόδου (π.χ. ὅταν ὑπάρχουν κατάγματα πλευρῶν κλπ.). Πρὶν ἐφαρμοσθεῖ ἡ μέθοδος αὕτὴ καθαρίζεται πρῶτα τὸ στόμα τοῦ θύματος ἀπὸ ὁποιοδήποτε ξένο ἀντικείμενο (χρησιμοποιεῖται τὸ μεσαῖο δάκτυλο τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ) (σχ. 21.1ε) καὶ ὕστερα ἔλκεται ἡ γλώσσα, μὲ τὸ ἴδιο δάκτυλο, πρὸς τὰ κάτω καὶ ἔξω. Μετά, αὐτὸς πού ἐκτελεῖ τὴν τεχνητὴ ἀναπνοὴ τοποθετεῖ τὸ θῦμα πάνω στό χέρι του, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 21.1ε, ἂν τὸ θῦμα δὲν εἶναι ἐνήλικο, καὶ μὲ τὸ ἄλλο χέρι τοῦ πιέζει σχετικά ἰσχυρὰ τὴ ράχη. Ἔτσι ἐπιδιώκεται ἡ ἐξοδος κάθε ξένου σώματος ἀπὸ τίς ἀεροφόρες ὁδοὺς. Στὴ συνέχεια τοποθετεῖ τὸ θῦμα ἀνάσκελα (ὑπτί) καὶ μὲ τὰ μεσαῖα δάκτυλα καὶ τῶν δύο χερῶν σηκώνει τὴ σιαγόνα του ὠθώντας τὴν πρὸς τὰ ἔξω καὶ τὴ συγκρατεῖ στὴ θέση αὕτὴ μὲ τὸ ἓνα του μόνο χέρι. Τὸ ἴδιο μπορεῖ νὰ ἐπιτευχθεῖ ἂν τεθεῖ ὁ ἀντίχειρας στὰ δόντια τοῦ θύματος (σχ. 21.1στ) καὶ συρθεῖ ἡ κάτω σιαγόνα του πρὸς τὰ πάνω καὶ πίσω. Ὅπως εἶπαμε, κρατεῖ μὲ τὸ ἓνα του χέρι τὸ στόμα τοῦ θύματος στὴν ἡμικλειστὴ θέση, τοποθετώντας τὸ κεφάλι του σέ

υπερέκταση (τοποθετώντας ένδεχομένως τό μαξιλάρι κάτω από τούς ώμους του). Μετά τοποθετεί τό στόμα του έπάνω στό στόμα του θύματος καί φράζοντας τά ρουθούνια του θύματος μέ τό άλλο χέρι ή μέ τό μάγουλό του, φυσά μέσα στό στόμα, μέχρι πού νά παρατηρήσει τό στέρνο του θύματος νά φουσκώνει. Συγχρόνως, άν τό χέρι του είναι έλεύθερο, τό τοποθετεί πάνω στήν κοιλιά του θύματος, ανάμεσα στόν



Σχ. 21.1ε.



Σχ. 21.1στ.

ομφαλό καί τά πλευρα καί πιέζει συνεχώς καί έλαφρά γιά νά παρεμποδίσει τήν είσοδο άέρα μέσα στό στομάχι (σχ. 21.1ζ). "Όταν φουσκώσουν οί πνεύμονες μέ τόν άέρα, αυτός πού έκτελεί τήν άναπνοή παίρνει βαθιά είσπνοή, άπομακρύνοντας τό στόμα του γιά νά γίνει ή έκπνοή στό θύμα. Ό κύκλος αυτός έπαναλαμβάνεται μέ ρυθμό 20 φορές περίπου τό λεπτό γιά παιδιά καί 12 φορές γιά ένήλικες. Μετά άπό κάθε 20 κύκλους, διακόπτεται ή έφαρμογή τής τεχνητής άναπνοής όσο διάστημα

χρειάζεται για μία βαθιά αναπνευστική κίνηση και πάλι συνεχίζεται. "Αν υπάρξει αντίσταση κατά τό φύσημα και τό στέρνο του θύματος δέν σηκώνεται, ἐλέγχεται ἡ θέση τοῦ κεφαλιοῦ του καί ἐρευνᾶται, μήπως ὑπάρχουν ξένα σώματα στίς ἀεροφόρες ὁδοὺς.

"Όταν τό θῦμα συνέλθει, πρέπει νά διατηρηθεῖ θερμό μέ κουβέρτες, νά τοῦ χορηγηθοῦν τονωτικά ποτά (ποτέ ὅμως οἰνοπνευματώδη) καί νά συνεχιστεῖ ἡ παρακολούθησή του μέχρι νά ἔλθει ὁ γιατρός.



Σχ. 21.1ζ.

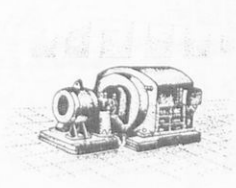
21.2 Ὁδηγίες γιά τήν ἀσφαλὴ χρήση τοῦ ηλεκτρισμοῦ.

1. Ἡ βασικότερη προϋπόθεση γιά τήν ἀσφαλὴ λειτουργία τῶν ηλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων εἶναι ἡ τακτικὴ συντήρησή τους ἀπὸ τὸν ἀρμόδιο ἀδειούχο ἐγκαταστάτῃ ηλεκτρολόγο. Ὁ ἴδιος πρέπει νά ἐκτελεῖ ὑπεύθυνα κάθε ἀπαραίτητη μετατροπὴ ἢ ἐπέκταση. Οἱ πρόχειρες καί αὐθαίρετες ἐπεκτάσεις εἶναι συνήθως καί ἐπικίνδυνες, ἰδιαίτερα ὅταν πρηνματοποιοῦνται ἀπὸ ἀνεύθυνα πρόσωπα.



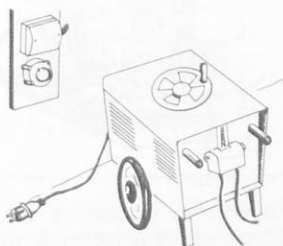
2. Γὰ καμένα φυσιγγία τῶν ἀσφαλειῶν πρέπει νά ἀντικαθίστανται μέ καινούργια, ἐπάνω στὰ ὁποῖα ἀναγράφεται ἡ ὀνομαστικὴ ἔνταση σέ ἀμπέρ. Ἡ ἐπιδιόρθωση τῶν φυσιγγίων μέ συρματάκια καί χρυσόχαρτα **ἀπαγορεύεται**, γιατί εἶναι ἐπικίνδυνη. Ἡ συχνὴ καταστροφὴ τῶν φυσιγγίων τῶν ἀσφαλειῶν μᾶς προειδοποιεῖ ὅτι «κάτι συμβαίνει» καί πρέπει νά καλέσουμε τὸν ηλεκτρολόγο γιά νά βρεῖ καί νά ἐπισκευάσει τὴ βλάβη, πού πρέπει νά ὑπάρχει ἢ γιά νά δώσει τίς κατάλληλες συμβουλές ὡς πρὸς τὸν τρόπο λειτουργίας τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Οι σπασμένοι διακόπτες, ρευματολήπτες, ρευματοδότες και άλλα εξαρτήματα, όπως επίσης και τα φθαρμένα καλώδια, πρέπει να αντικαθίστανται **άμέσως** με καινούργια.



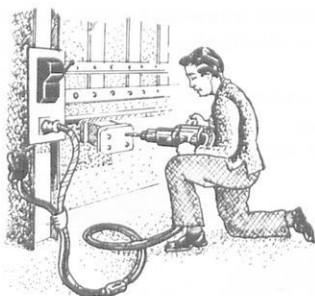
4. Τα καλύμματα των κουτιών διακλαδώσεως και των σε τάση τμημάτων των ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών πρέπει να είναι πάντοτε τοποθετημένα στις θέσεις τους. Τα καμένα ή σπασμένα καλύμματα πρέπει να αντικαθίστανται όπωςδηποτε, προτού δοθεί ρεύμα. Τα μηχανήματα και οι συσκευές που έχουν βλάβες πρέπει να επισκευάζονται άμέσως.

5. Οι πρόχειρες ηλεκτρικές συσκευές είναι πάντοτε επικίνδυνες και γιαυτό τό λόγο δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ποτέ. Πρέπει να αγοράζουμε μόνο συσκευές έγκριμμένες, που να αναγράφουν τόν υπεύθυνο κατασκευαστή τους, γιατί σε διαφορετική περίπτωση ή τυχόν οικονομία που θά επιτύχομε θά είναι ασύμφορη.



6. Προτού να αρχίσουμε οποιονδήποτε καθαρισμό ή μετακίνηση ηλεκτρικών συσκευών ή μηχανημάτων, πρέπει να φροντίζουμε άπαραίτητα να αφαιρούμε τό καλώδιο που τό τροφοδοτεί από τό ρευματοδότη ή να διακόπτομε τήν τροφοδότηση από τόν πίνακα διανομής. Φυσικά ό καθαρισμός δεν θά γίνεται με νερό, σαπουνάδα και τά παρόμοια, γιατί ή ύγρασία που θά μείνει μπορεί νά προκαλέσει επικίνδυνα βραχυκυκλώματα.

7. Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση και κάθε συσκευή πρέπει νά γειώνεται ή νά ουδετερώνεται, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται σε χώρους με μή μονωτικό δάπεδο (μωσαϊκό, χῶμα κ.τ.τ.), ύγρους κλπ. Τά μικρά φορητά ηλεκτρικά εργαλεία και συσκευές, όπως είναι τά δράπανα, πριόνια, θερμάστρες κλπ., επιβάλλεται επίσης νά γειώνονται. Για τό σκοπό αυτόν πρέπει νά τροφοδοτούνται με τριπολικά καλώδια και τριπολικούς ρευματοδότες-ρευματολήπτες (μέ 3 βύσματα ή σούκο). "Αν τυχόν χρησιμοποιούνται καλώδια επέκτασεως, πρέπει νά είναι τριπολικά και νά εξασφαλίζουν καλή σύνδεση των άγωγών τροφοδοτήσεως και γειώσεως.



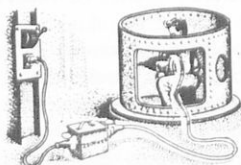
8. Δεν πρέπει να εγγίζουμε διακόπτες, ρευματοδότες και ηλεκτρικές μηχανές ή συσκευές με βρεγμένα ή πολύ ιδρωμένα χέρια, γιατί είναι επικίνδυνο. Η χρήση συνηθισμένων ηλεκτρικών θερμαστρών, ραδιοφώνων, αποξηραντήρων μαλλιών κ.ά. στο λουτρό, στο πλυντήριο και σε άλλους παρόμοιους υγρούς χώρους απαγορεύεται.

9. Για να αλλάξουμε ένα καμένο λαμπτήρα, πρέπει να εξασφαλίσουμε προηγουμένως τη διακοπή του κυκλώματος, πού τόν τροφοδοτεί από τόν πίνακα διανομής.



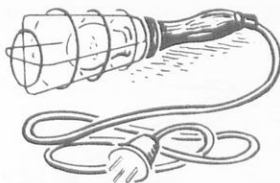
10. Πρέπει να αφαιρούμε τά τροφοδοτικά καλώδια τών συσκευών από τό ρευματοδότη και νά διακόπτομε τήν παροχή του ρεύματος στά μηχανήματα, όταν δέν τά χρησιμοποιούμε. Δεν πρέπει νά πιάνομε τό ρευματολήπτη από τό καλώδιο, όταν τόν αφαιρούμε από τό ρευματοδότη, γιατί σιγά-σιγά τό καλώδιο θά φθαρεί και γίνεται έτσι επικίνδυνο.

11. Όταν πρόκειται γιά μικρά φορητά μηχανήματα ή συσκευές, όπως οί σβούρες, τά δράπανα κλπ., ή σέ υπερβολικά υγρούς χώρους πρέπει νά γίνεται χρήση πολύ χαμηλής τάσεως (42 V).



12. "Όταν αισθανθούμε διαρροή σε οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή ή τμήμα της εγκαταστάσεως πρέπει να καλέσουμε άμέσως τον ηλεκτρολόγο.

13. Πρίν από κάθε χρήση, πρέπει να ελέγξουμε με προσοχή την καλή λειτουργία και μόνωση κάθε ηλεκτρικής συσκευής ή μηχανήματος που χρησιμοποιούνται σπάνια.



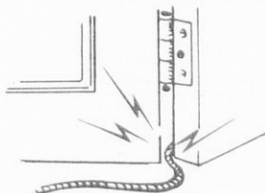
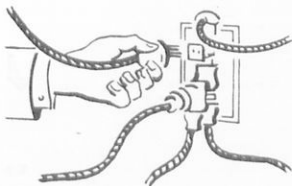
14. Οί φορητοί ηλεκτρικοί λαμπτήρες (μπαλαντέζες) πρέπει να έχουν μονωτική λαβή, τό λαμπτήρα μέσα σε κατάλληλη προστατευτική υποδοχή και ειδικό προστατευτικό κάλυμμα. Μπαλαντέζες που κατασκευάζονται πρόχειρα με ένα ντουί και λίγο σύρμα είναι επικίνδυνες.

15. "Όταν εργαζόμαστε σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να χρησιμοποιούμε εργαλεία γερά και κατάλληλα (μέ μονωμένες λαβές και ειδική αντιολισθηρή κατασκευή).



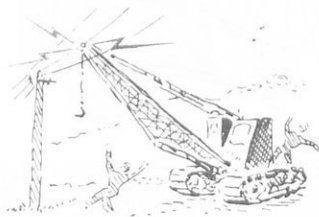
16. "Όταν γίνεται εργασία συντηρήσεως σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει οί συσκευές και τά κυκλώματα στά οποία γίνεται ή εργασία αυτή να θέτονται εκτός τάσεως, μέ τό άνοιγμα τών αντίστοιχων διακοπτών και την άφαίρεση τών ασφαλειών από τόν πίνακα διανομής. Πρέπει επίσης να αναρτώνται σχετικές προειδοποιητικές πινακίδες.

17. Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να έχει αρκετά φωτιστικά σημεία και ρευματοδότες, όπου χρειάζεται. "Ετσι αποφεύγεται ή τροφοδότηση πολλών ηλεκτρικών συσκευών από τόν ίδιο ρευματοδότη, μέ αποτέλεσμα την υπερθέρμανση τών άγωγών που καταλήγουν στό ρευματοδότη αυτόν και συνεπώς δημιουργία κινδύνου πυρκαϊάς.



18. Απαγορεύεται το πρόχειρο στερέωμα ηλεκτροφόρων καλωδίων με κοινά καρφιά, το πέρασμα καλωδίων από το άνοιγμα παραθύρων, θυρών, κ.ά., επίσης πάνω ή κοντά σε θερμαντικά σώματα, θερμάστρες κλπ. ή κάτω από χαλιά, διαδρόμους κλπ.

19. Όχι μόνο η άμεση επαφή αλλά και η έμμεση ή το άπλο πλησίασμα μιάς έναέριας ηλεκτρικής γραμμής π.χ. με ένα σιδηροσωλήνα ή ψηλό όχημα (γερανός, έκσκαφές, γεωτρήπανο κλπ.) μπορεί να προκαλέσει σοβαρό ηλεκτρικό ατύχημα.



20. Τα σύρματα που έχουν κοπεί και βρίσκονται στο έδαφος ή έστω κρεμασμένα μπορεί να είναι επικίνδυνα. Για το λόγο αυτό, δεν πρέπει να τα εγγίζουμε ή να τα πλησιάζουμε, έστω κι αν γνωρίζουμε ότι έχει διακοπεί το ρεύμα, γιατί αυτό είναι δυνατόν να επανέλθει άπροειδοποίητα κάθε στιγμή. Η τεχνητή βροχή, ο ψεκασμός δένδρων, το πέταγμα χαρταετών και τα παρόμοια, κοντά σε έναέριες ηλεκτρικές γραμμές είναι επικίνδυνα.

21.3 Έρωτήσεις.

1. Πώς μπορούμε να επιδιορθώσουμε το φυσίγγιο μιάς ασφάλειας, όταν καεί;
2. Τι είναι η τεχνητή αναπνοή και πώς εφαρμόζεται;
3. Πώς εξηγούνται οι οδηγίες αριθ. 8 και 20; Γιατί και το άπλο πλησίασμα στους άγωγους μιάς ηλεκτρικής γραμμής είναι επικίνδυνο (οδηγία αριθ. 19);

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

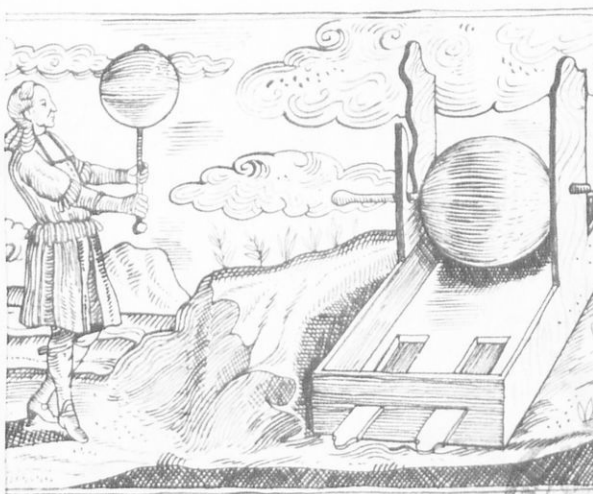
ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ – ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: Α/ΦΩΝ Γ. ΡΟΔΗ Α.Ε. – ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ 59 – ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΝ



0020658231

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Τό πείραμα τοῦ Otto de Goericke πάνω στήν ἠλεκτρική ἀπόσχιση.