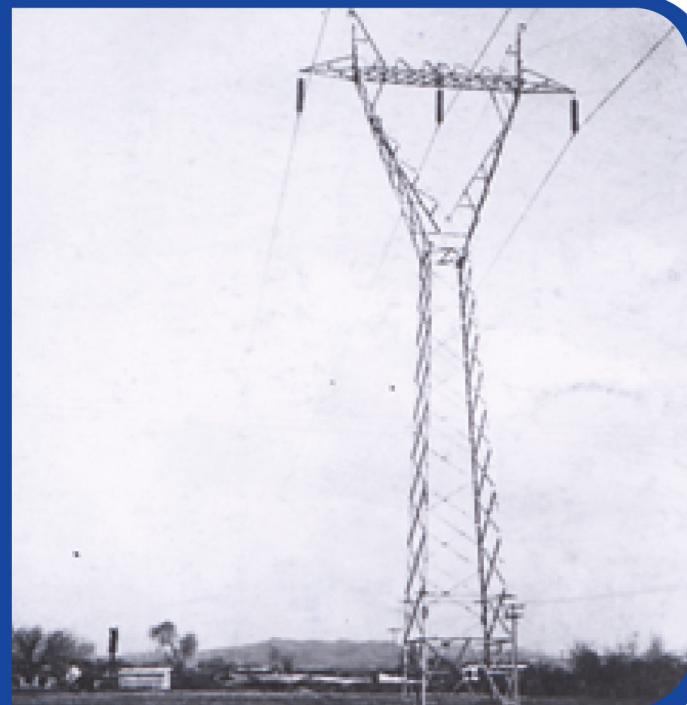




ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Μωσηέως Μ. Μόσχοβιτς

ΗΛΕΚΤ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.





ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΜΩΪΣΕΩΣ Μ. ΜΟΣΧΟΒΙΤΣ
ΔΙΠΛ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ
ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.



ΑΘΗΝΑ

1997

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γεωαιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ιδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτει. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργαστικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε τό βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιάιτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθε-

ται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δι/τής Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, Γεώργιος Ανδρεάκος.

* Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, **Άγγελος Καλογεράς** (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιας** (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγιώτης Χατζηιωάννου** (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Αλέξανδρος Ι. Παππάς** (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, **Χριστόστομος Καβουνίδης** (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Γεώργιος Ραύσσος** (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, **Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου** (1982-1984) Δι/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δι/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ζαρούχης Σταματίου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δι/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993) Φιλόλογος, Δι/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η φύση του ηλεκτριού	1
----------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ηλεκτρικά φορτία και δυνάμεις

2. 1 Το ηλεκτρικό φορτίο	2
2. 2 Οι ηλεκτρικές δυνάμεις	2
2. 3 Σώματα αγώγιμα και σώματα μονοποικά	3
2. 4 Ποσότητα ηλεκτριούμονή, μονάδα μετρήσεως αντίγεις	4
2. 5 Ηλεκτρικό δυναμικό, διαφορά δυναμικού, μονάδες	4
2. 6 Ηλεκτρική χωρητικότητα, πυκνότες, μονάδες χωρητικότητας	5
2. 7 Ερωτήσεις	8

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Το ηλεκτρικό ρεύμα

3. 1 Η ηλεκτρική πηγή. Το ηλεκτρικό φεύγα. Ηλεκτρογενετική δύναμη	10
3. 2 Το ηλεκτρικό φεύγα στους ηλεκτρικούς αγωγούς	10
3. 3 Φορά του φεύγατος	11
3. 4 Είδη φεύγατος	11
3. 5 Ένταση φεύγατος, πυκνότητα φεύγατος, μονάδες	12
3. 6 Το ηλεκτρικό κύκλωμα	12
3. 7 Ερωτήσεις	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ηλεκτρική αντίσταση

4. 1 Αντίσταση και αγωγιμότητα, μονάδες	14
4. 2 Νόμος του Ωμ	14
4. 3 Αντίσταση των συριμάτων, μεταβολή της αντίστασεως	16
4. 4 Ερωτήσεις	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**Συνδέσεις ηλεκτρικών αντιστάσεων και πηγών**

5. 1	Συνδεσμολογία σειράς, εφαρμογές	19
5. 2	Πτώση τάσεως στους αγωγούς	21
5. 3	Παραδίληη συνδεσμολογία. Νόμος του Kirchhoff, εφαρμογές	21
5. 4	Μικτή συνδεσμολογία	23
5. 5	Ερωτήσεις	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**Έργο και ιοχός**

6. 1	Ηλεκτρική ενέργεια	27
6. 2	Ηλεκτρική ιοχός	28
6. 3	Βαθμός αποδόσεως	28
6. 4	Ερωτήσεις	30

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ**ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7****Μαγνητιοράς**

7. 1	Φυσικοί και τεχνητοί μαγνήτες, μαγνητικοί πόλοι, μαγνήτιση εξ επαγωγής	31
7. 2	Μόνιμοι μαγνήτες, μαγνητικό πεδίο, εφαρμογές	33
7. 3	Ερωτήσεις	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**Ηλεκτρομαγνητιοράς**

8. 1	Μαγνητικό πεδίο αγωγού και πηνίου που διαρρέονται από ρεύμα	36
8. 2	Οι θηλεκτρομαγνήτες και οι εφαρμογές τους	39
8. 3	Αγωγός και πηνία που διαρρέονται από ρεύμα μέσα σε μαγνητικό πεδίο	42
8. 4	Παραγωγή ρεύματος εξ επαγωγής	45
8. 5	Αυτεπαγωγή	48
8. 6	Ερωτήσεις	49

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ**ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9****Μορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος**

9. 1	Περίοδος και συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος, ημιτονοειδής μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος	50
------	--	----

9. 2 Μέγιστη τιμή και ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος	52
9. 3 Ερωτήσεις	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος

10. 1 Κύκλωμα με ομική κατανάλωση	56
10. 2 Κύκλωμα με επαγγεική κατανάλωση	58
10. 3 Κύκλωμα με χωρητική κατανάλωση	59
10. 4 Κύκλωμα με σύνθετη κατανάλωση	60
10. 5 Ερωτήσεις	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Μονοφασικά και τριφασικά ρεύματα

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

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

Ηλεκτρικές μηχανές συνεχούς ρεύματος

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

Ηλεκτρικές 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 σπουδέα κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος	88
13. 6 Ερωτήσεις	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

Μεταοχηματιστές, οτρεφόμενοι μετατροπείς, ανορθωτές

14. 1 Μετασχηματιστές	99
14. 2 Στρεψόμενοι μετατροπείς	106
14. 3 Ανορθωτές	108
14. 4 Ερωτήσεις	113

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

Ηλεκτροθερμία - Ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές - Ηλεκτρονικές εφαρμογές

15. 1 Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού	114
15. 2 Ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία, ηλεκτρικά μαγειρέα, ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες κλπ. Ηλεκτρική θέρμανση χώρων	116
15. 3 Ηλεκτρικοί βιομηχανικοί κλίβανοι (φουρνοί)	122
15. 4 Ηλεκτροσυγκολλήσεις	130
15. 5 Ηλεκτρική φύξη	135
15. 6 Ηλεκτρομηχανικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές	139
15. 7 Καταναλώσεις των διαμέρων ηλεκτρικών συσκευών	141
15. 8 Ερωτήσεις	142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

Ηλεκτροχημεία

16. 1 Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού	144
16. 2 Ηλεκτρολύτες, ηλεκτρολύνση	144
16. 3 Εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως	147
16. 4 Ηλεκτρικά 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. Υποσταθμοί	173
17. 3 Διανομή	177
17. 4 Ερωτήσεις	200

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟ**ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18**

Όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων

18. 1 Ηλεκτρικές 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 αναγνώσεως οργάνων	220
19. 3 Ερωτήσεις	224

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ**ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20****Κίνδυνοι από το ηλεκτρικό ρεύμα, το ηλεκτρικό απύχημα. Μέτρα προστασίας**

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21**Πράττες βιοίθειες σε περιπτώσεις ηλεκτροπληξίας, οδηγίες για ασφαλή χρήση του ηλεκτριού**

21. 1 Τεχνητή ανατνοή	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, θα διακρίνομε τα διάφορα σώματα ή συγκροτήματα σωμάτων, τα οποία μπορούμε να απομονώσουμε νοερώς από το υπόλοιπο σύμπαν· π.χ. ένα σωρό από κάρβουνα, ένα συμπιεσμένο ελατήριο, ένα δοχείο με θερμό νερό. Πολύ συχνά παρατηρούμε επίσης ότι ορισμένα από τα σώματα αυτά **τροποποιούνται** (μεταβάλλουν μορφή, σχετική θέση, θερμοκρασία, ταχύτητα κλπ.) και συγχρόνως προκαλούν την τροποποίηση άλλων σωμάτων. 'Έτσι, το συμπιεσμένο ελατήριο, όταν τεντωθεί, ανυψώνει βάρος· τα αναμμένα κάρβουνα θερμαίνουν το νερό ενός λέβητα· ο ατμός δοχείου με θερμό νερό, αν εκτονωθεί μέσα σ' ένα κύλινδρο, μετατοπίζει ένα έμβολο.

Η ιδιότητα που έχει ένα σύστημα σωμάτων να προκαλεί τροποποίησεις σε άλλα συστήματα καλείται ενέργεια.

Κατά τις τροποποίησεις αυτές λέμε ότι συμβαίνει μετατόπιση ενέργειας από το ένα σύστημα σωμάτων στο άλλο. Οι μετατοπίσεις αυτές της ενέργειας μπορεί να έχουν διαφορετική φύση και χαρακτηρίζονται από το φυσικό φαινόμενο, που συνοδεύει κάθε μετατόπιση. Η πτώση π.χ. ενός σώματος είναι μηχανικό φαινόμενο· γι' αυτό λέμε ότι το σύστημα σώματος-γης προσδίδει, κατά την πτώση, μηχανική ενέργεια· η καύση του άνθρακα είναι χημικό φαινόμενο· γι' αυτό λέμε ότι το σύστημα: άνθρακας-οξυγόνο προσδίδει χημική ενέργεια, κ.ο.κ. Μια από τις μορφές της ενέργειας είναι και η **ηλεκτρική ενέργεια**, η οποία οφείλεται, είτε στη συσσώρευση ή αραίωση ηλεκτρονίων επάνω σ' ένα σώμα, είτε στη μετατόπισή τους μέσα στο σώμα. Η μετάβαση από τη μια μορφή ενέργειας στην άλλη είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί αμέσως ή εμμέσως, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχ. 1.
Ενεργειακές μεταβολές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

2.1 Το ηλεκτρικό φορτίο.

Τα 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 φορτισμένα**.

'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 **συδετερόνια** δεν έλκουν ούτε έλκονται από τα άλλα σωματίδια του ατόμου, επομένως δεν είναι ηλεκτρικώς φορτισμένα (είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα).

Τα ηλεκτρόνια είναι, όπως είδαμε, ηλεκτρικώς φορτισμένα αλλά, αντί να έλκονται μεταξύ τους, απωθούνται. Τα παραπάνω μας οδηγούν να διακρίνομε δύο είδη ηλεκτρικών φορτίων.

α) Τα **θετικά φορτία**, με τα οποία είναι φορτισμένα τα πρωτόνια, και β) τα **αρνητικά φορτία**, με τα οποία είναι φορτισμένα τα ηλεκτρόνια. Έτσι, τα **ετερώνυμα ηλεκτρικά φορτία έλκονται**, ενώ τα **ομώνυμα απωθούνται**.

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

2.2 Οι ηλεκτρικές δυνάμεις.

Στη φυσική του κατάσταση καθε άτομο έχει τοσα ηλεκτρόνια όσα και πρωτόνια· επομένως, και σύμφωνα με τα όσα είπαμε, κάθε άτομο στη φυσική του κατάσταση είναι ηλεκτρικώς ουδέτερο ως προς 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 σε άλλο, τότε το μεν πρώτο **ηλεκτρίζεται θετικώς**, ενώ το δεύτερο **ηλεκτρίζεται αρνητικώς**.

Το σώμα, του οποίου τα άτομα είναι ηλεκτρισμένα θετικά, λέγεται **θετικώς ηλεκτρισμένο σώμα**, ενώ το σώμα, του οποίου τα άτομα είναι ηλεκτρισμένα αρνητικά, λέγεται **αρνητικώς ηλεκτρισμένο σώμα**.

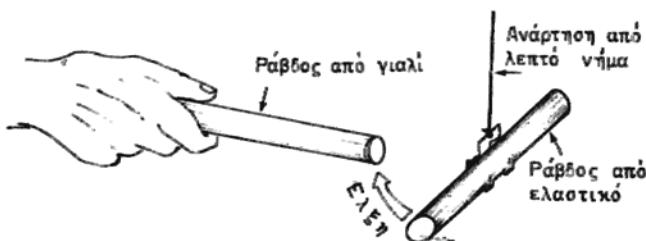
Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ηλεκτρισμένων ατόμων, μεταδίδονται και στα σώματα, στα οποία ανήκουν τα άτομα αυτά. Έτσι:

Δύο σώματα ηλεκτρισμένα θετικώς ή δύο σώματα ηλεκτρισμένα αρνητικώς (ομωνύμως φορτισμένα) απωθούνται.

Δύο σώματα, από τα οποία το ένα είναι ηλεκτρισμένο θετικώς και το άλλο αρνητικώς (ετερωνύμως φορτισμένα) έλκονται (σχ. 2.2).

Η αφαίρεση (ή η προσθήκη) ηλεκτρονίων από τα άτομα ενός σώματος, δηλαδή η **ηλεκτριση ενός σώματος**, γίνεται με διάφορους τρόπους, όπως π.χ.:

α) Με την τριβή δύο σωμάτων. β) Με την επαφή δύο σωμάτων. γ) Με επίδραση, από απόσταση, ενός σώματος που είναι ήδη ηλεκτρισμένο σ' ένα άλλο. δ) Με



Σχ. 2.2.

Έλξη ετερωνύμως φορτισμένων σωμάτων.

συμπίεση ενός σώματος (πιεζοηλεκτρισμός). ε) Με θέρμανση ή ψύξη ενός σώματος (πυροηλεκτρισμός) κλπ.

2.3 Σώματα αγώγιμα και σώματα μονωτικά.

Τα ηλεκτρόνια που στρέφονται γύρω από τον πυρήνα (παράγρ. 2.1) βρίσκονται, όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, σε διάφορες αποστάσεις από τον πυρήνα. Έτσι δημιουργούνται διάφορα στρώματα ηλεκτρονίων. Ορισμένα σώματα έχουν στο εξωτερικό στρώμα, δηλαδή εκείνο που είναι πιο μακριά από τον πυρήνα, λίγα μόνο ηλεκτρόνια. τα οποία ο πυρήνας συγκρατεί ασθενικά. Καμιά φορά τα ηλεκτρόνια αυτά αποσπώνται από την έλξη του πυρήνα και απομακρύνονται από τα άτομα στα οποία ανήκουν. Τα ηλεκτρόνια αυτά πλανώνται τότε στα διάκενα που υπάρχουν μεταξύ των ατόμων (μετακινούνται εύκολα μεταξύ των ατόμων), μέχρι που να συγκρουσθούν με άλλα άτομα, από τα οποία πάλι θα αποσπασθούν άλλα εξωτερικά ηλεκτρόνια κ.ο.κ. Τα ηλεκτρόνια αυτά, που ονομάζονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**, αποτελούν, κατά κάποιο τρόπο, ένα είδος ηλεκτρονικού αερίου, του οποίου τα στοιχειώδη σωματίδια (όπως και στα αέρια) βρίσκονται σε διαρκή κίνηση.

Εάν σε ένα σώμα αυτού του είδους προστεθούν ηλεκτρόνια σ' ένα σημείο του (αρνητική ηλεκτριση), τα ηλεκτρόνια αυτά θα διαχυθούν ταχέως σε ολόκληρη τη μάζα του σώματος, όπως διαχέεται ένα αέριο σ' έναν ορισμένο χώρο. Εάν εξάλλου αφαιρεθούν ηλεκτρόνια από ένα σημείο του σώματος, τότε έρχονται ελεύθερα ηλεκτρόνια από τα υπόλοιπα μέρη του σώματος για να συμπληρώσουν το έλλειμμα. Έτσι δημιουργείται μια προσανατολισμένη ομαδική κίνηση ηλεκτρονίων προς το σημείο της ηλεκτρίσεως, με αποτέλεσμα τελικώς ολόκληρο το σώμα να παρουσιάζει

έλλειμμα ηλεκτρονίων. Τα σώματα αυτά καλούμε **καλούς αγωγούς** του ηλεκτρισμού ή **αγώγιμα σώματα** ή απλώς **αγωγούς**. 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, η πορσελάνη, το γιαλί, το ελαστικό, ο εβονίτης, το χαρτί, το ξηρό ξύλο, ο ξηρός αέρας, η ρητίνη κλπ. Στα μονωτικά σώματα τα φαινόμενα της ηλεκτρίσεως (περίσσεια ή έλλειψη ηλεκτρονίων) παραμένουν εντοπισμένα στο σημείο του σώματος στο οποίο γίνεται η τηλέκτριση.

Εκτός από τα αγώγιμα και τα μονωτικά σώματα υπάρχει και τρίτη κατηγορία σωμάτων: **Τα ημιαγωγά σώματα**, τα οποία επιτρέπουν μικρή ελευθερία στη μετακίνηση των ελευθέρων ηλεκτρονίων. Ημιαγωγά σώματα είναι: ο γαλνήτης, το σελήνιο, 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 τηλέκτριση ενός σώματος προκαλείται από την περίσσεια ή τη έλλειμμα ηλεκτρονίων. 'Οσο 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 (το ηλεκτρικό φορτίο), που βρίσκεται σε περίσσεια ή σε έλλειμμα στο σώμα αυτό.

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

2.5 Ηλεκτρικό δυναμικό, διαφορά δυναμικού, μονάδες.

Για να χαρακτηρισθεί η **ηλεκτρική κατάσταση** ενός ηλεκτρισμένου σώματος, έγινε η εισαγωγή της έννοιας του **ηλεκτρικού δυναμικού** του σώματος.

'Όπως ακριβώς η θερμοκρασία χαρακτηρίζει τη θερμική κατάσταση ενός σώματος, έτσι και το ηλεκτρικό δυναμικό χαρακτηρίζει την ηλεκτρική κατάσταση του σώματος.

Δύο σώματα με το ίδιο δυναμικό βρίσκονται σε ηλεκτρική ισορροπία· δηλαδή εάν ενωθούν με ένα μεταλλικό σύρμα, δεν προκαλούν ροή ηλεκτρικών φορτίων από το ένα σώμα στο άλλο. Εάν, αντιθέτως, δύο αγώγιμα σώματα έχουν διαφορετικό δυναμικό, η σύνδεσή τους με ένα αγώγιμο προκαλεί ροή ηλεκτρικών φορτίων από το σώμα με το υψηλότερο δυναμικό προς το σώμα με το χαμηλότερο δυναμικό, έως ότου επέλθει εξίσωση των δυναμικών τους. Παρατηρούμε δηλαδή ότι, όπως η

διαφορά της θερμοκρασίας είναι η 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 η αιτία, η οποία προκαλεί τη μετακίνηση υγρού από ένα δοχείο σ' άλλο, εφόσον τα δύο δοχεία συγκοινωνούν, έτσι και η **διαφορά δυναμικού** μεταξύ δύο αγώγιμων σωμάτων είναι η αιτία, η οποία κινεί τα ηλεκτρικά φορτία από το ένα σώμα προς το άλλο. Το δυναμικό της γης λαμβάνεται, αυθαίρετα, ίσο προς το μηδέν.

Το δυναμικό ενός θετικά φορτισμένου σώματος λέμε ότι είναι **θετικό** και το δυναμικό ενός αρνητικά φορτισμένου σώματος λέμε ότι είναι **αρνητικό**. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σωμάτων καλείται και **ηλεκτρική τάση** με τον όρο αυτό εκφράζουμε ότι τα θετικά ηλεκτρικά φορτία του ενός σώματος τείνουν να μετακινηθούν προς το άλλο σώμα, που έχει αρνητικά φορτία, ή, λιγότερα θετικά φορτία (τα θετικά φορτία μετακινούνται προς σημεία ελαττούμενου δυναμικού).

Μονάδα μετρήσεως του ηλεκτρικού δυναμικού και επομένως και της ηλεκτρικής τάσεως, είναι το **βολτ**, το οποίο συμβολίζεται διεθνώς με το λατινικό γράμμα V.

Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του βολτ είναι:

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

2.6 Ηλεκτρική χωρητικότητα, πυκνωτές, μονάδες χωρητικότητας.

a) Ηλεκτρική χωρητικότητα.

Αν συνδέσουμε ένα ηλεκτρισμένο αγώγιμο σώμα (αγωγό), που έχει δυναμικό U, προς ένα άλλο μονωμένο * αγώγιμο σώμα μη ηλεκτρισμένο, τότε αυξάνεται η επιφάνεια του ηλεκτρισμένου σώματος: το φορτίο που υπάρχει βεβαίως δεν μεταβάλλεται, αλλά διαμοιράζεται στους δύο αγωγούς, με αποτέλεσμα να ελαττωθεί το δυναμικό του πρώτου σώματος. Για να επαναφέρουμε το δυναμικό στην αρχική του τιμή U, πρέπει να προσθέσουμε και άλλο φορτίο. Επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ενός αγωγού, τόσο περισσότερο φορτίο απαιτείται για να έχει ο αγωγός αυτός **ένα ορισμένο δυναμικό**. Στην περίπτωσή αυτή λέμε ότι ο αγωγός έχει μεγαλύτερη **ηλεκτρική χωρητικότητα**, όπως ακριβώς λέμε ότι ένα σώμα έχει μεγαλύτερη **θερμοχωρητικότητα** από ένα άλλο εάν χωράει περισσότερες θερμίδες από το άλλο σώμα, όταν η θερμοκρασία είναι ίδια. **Ηλεκτρική χωρητικότητα** λοιπόν **ενός αγωγού καλείται ο λόγος του φορτίου Q του αγωγού προς το δυναμικό αυτού U**.

Δηλαδή, εάν συμβολίσουμε με C τη χωρητικότητα, θα έχουμε:

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

* Μονωμένο λέγεται το αγώγιμο σώμα, το οποίο δεν συνδέεται αγώγιμα προς άλλα αγώγιμα σώματα.

β) Πυκνωτές.

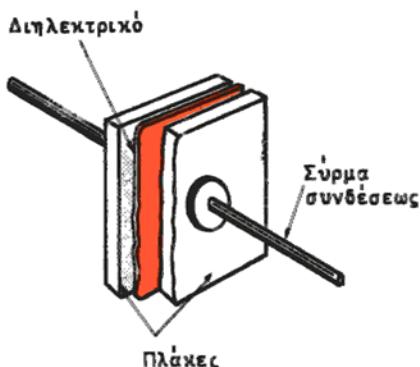
Ηλεκτρικός πυκνωτής είναι σύστημα δύο αγώγιμων σωμάτων, τα οποία χωρίζονται με την παρεμβολή μονωτικού υλικού.

Με τον πυκνωτή αυξάνεται σημαντικά η χωρητικότητα του ενός αγωγού.

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

Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των οπλισμών του και όσο πλησιέστερα βρίσκονται οι οπλισμοί 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 αγώγιμες 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, γιαλί, λάδι ή και ο ατμοσφαιρικός αέρας.



Σχ. 2.6α.
Επίπεδος πυκνωτής.

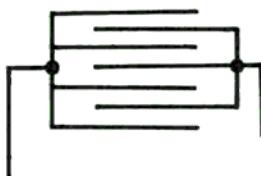
Για να έχει ένας πυκνωτής μεγάλη χωρητικότητα, πρέπει, όπως είπαμε, να έχει μεγάλη επιφάνεια και οι οπλισμοί του να βρίσκονται σε όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση μεταξύ τους. Για το σκοπό αυτό, αλλά και για να εξοικονομείται χώρος, κάθε οπλισμός μοιράζεται σε πολλά λεπτά μεταλλικά φύλλα, που ενώνονται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

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

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

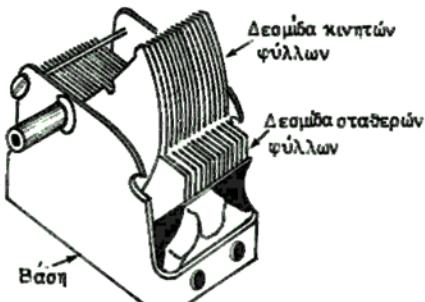
Όσο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των κινητών δίσκων εισέρχεται μέσα

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



Σχ. 2.6β.

Επίπεδος πυκνωτής πολλών φύλλων.

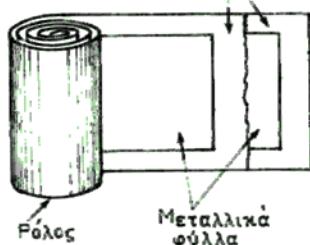


Σχ. 2.6γ.

Μεταβλητός πυκνωτής με διηλεκτρικό τον αέρα.

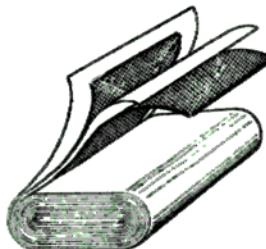
Ένας τρόπος για τη δημιουργία πυκνωτής με μεγάλη χωρητικότητα είναι και ο εξής: Τοποθετούνται δύο μεταλλικές ταινίες η μία επάνω στην άλλη, αφού παρεμβληθεί, μεταξύ τους και εξωτερικά, από ένα φύλλο παραφινωμένου χαρτιού. Οι ταινίες αυτές τυλίγονται κατόπιν έτσι, ώστε να σχηματισθεί ένας ρόλος κυλινδρικός 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.

Χαρτί



Σχ. 2.6δ.

Πυκνωτές μεγάλης χωρητικότητας.



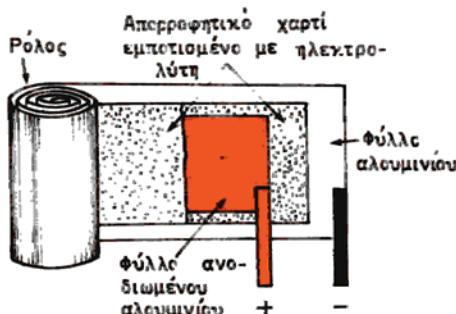
Σχ. 2.6ε.

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 (**υγροί ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές**) ή φύλλο από απορροφητικό χαρτί εμποτισμένο με το κατάλληλο διάλυμα (**ξηροί ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές**). Τους οπλισμούς των πυκνωτών αυτών αποτελούν το ένα φύλλο αλουμινίου και το υγρό (ηλεκτρολύτης), που το περιβάλλει, ενώ ως διηλεκτρικό χρησιμεύει λεπτότατο στρώμα από οξείδιο του αλουμινίου, το οποίο είναι μονωτικό. Το στρώμα αυτό σχηματίζεται επάνω στον οπλισμό από αλουμίνιο με ηλεκτρόδιουση (παράγρ. 16.2). Το φύλλο αλουμινίου, επάνω στο οποίο σχηματίζεται το μονωτικό στρώμα, πρέπει να

συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής και το άλλο με τον αρνητικό (παράγρ. 3.1). Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές πρέπει, συνεπώς, να συνδέονται μόνο με κυκλώματα συνεχούς ρεύματος (παράγρ. 3.6). Για να αποφεύγονται λάθη κατά τη σύνδεση, οι πυκνωτές αυτοί φέρουν στον ένα ακροδέκτη τους το σύμβολο + ή κόκκινο χρώμα ή τη λέξη **θετικός** (σχ. 2.6στ.).



Σχ. 2.6στ.

Ξηρός ηλεκτρικός πυκνωτής (Διηλεκτρικό: Οξείδιο αλουμινίου).

γ) Μονάδες χωρητικότητας.

Μονάδα μετρήσεως της χωρητικότητας είναι το φαράντ (Farad), συμβολίζεται δε διεθνώς με το γράμμα F.

Ένας πυκνωτής με χωρητικότητα 1 F, όταν φορτισθεί με τάση 1 V, αποκτά φορτίο 1 C.

Επειδή η χωρητικότητα 1 F είναι πολύ μεγάλη, χρησιμοποιούνται συνήθως υποπολλαπλάσια αυτής, όπως:

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

$$1 \text{ νανοφαράντ} = \frac{1}{1.000} \text{ } \mu\text{F και συμβολίζεται: } n\text{F}$$

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

2.7 Ερωτήσεις.

- Τι είναι τα θετικά ηλεκτρικά φορτία και τι τα αρνητικά;
- Τι είναι οι ηλεκτρικές δυνάμεις και πώς αναπτύσσονται;
- Ποια σώματα καλούμε αγώγιμα και ποια μονωτικά;
- Ποια είναι η μονάδα ποσότητας ηλεκτρισμού;
- Τι καλείται ηλέκτριοι ενός σώματος και πώς επιτυγχάνεται;
- Τι καλείται ηλεκτρική τάση και ποια η μονάδα μετρήσεως αυτής και τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσιά της;
- Τι καλείται ηλεκτρική χωρητικότητα ενός αγώγου και ποια η ανάλογη περίπτωση στη θερμότητα;

8. Από τι εξαρτάται η χωρητικότητα ενός πυκνωτή;
 9. Ποια είναι η μονάδα της ηλεκτρικής χωρητικότητας και ποια τα υποπολλαπλάσιά της;
 10. Από τι αποτελείται ο πυκνωτής;
 11. Τι είναι ο μεταβλητός πυκνωτής;
 12. Τι είδους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές έχουμε;
 13. Ποιο το μειονέκτημα των ηλεκτρολυτικών πυκνωτών και γιατί χρησιμοποιούνται αυτοί;
 14. Αν το φορτίο αγωγού είναι $30 \cdot 10^{-6}$ C και το δυναμικό του είναι 50 V, πόση είναι η χωρητικότητά του;
-

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

3.1 Η ηλεκτρική πηγή. Το ηλεκτρικό ρεύμα. Ηλεκτρεγερτική δύναμη.

Ηλεκτρική πηγή καλείται μια συσκευή ή μηχανή, η οποία δημιουργεί και διατηρεί μεταξύ δύο αγωγών, που καλούνται **πόλοι** της πηγής, διαφορά δυναμικού. Οι ηλεκτρικές πηγές χρησιμοποιούν μηχανική ή χημική ενέργεια για να λειτουργήσουν.

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 2.5, όταν δύο αγωγοί με διαφορετικά δυναμικά συνδεθούν με έναν άλλο αγωγό, τότε προκαλείται μετατόπιση της ηλεκτρικού φορτίου από τον ένα αγωγό στον άλλον η μετατόπιση αυτή γίνεται διαμέσου του συνδετικού αγωγού, μέχρι που να επέλθει εξίσωση των δυναμικών. Στις ηλεκτρικές πηγές όμως, με την κατανάλωση ενέργειας η διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων διατηρείται συνεχώς σε σταθερή τιμή έτσι, ώστε να μη σταματά η μετατόπιση φορτίου, που περιγράψαμε παραπάνω τη μετατόπιση αυτή την καλούμε **ηλεκτρικό ρεύμα**.

Αφού, όπως είδαμε, μια ηλεκτρική πηγή θέτει σε κίνηση ηλεκτρικά φορτία, λέμε ότι η πηγή αυτή αναπτύσσει **ηλεκτρεγερτική δύναμη** (Η.Ε.Δ.), η οποία ωθεί τα ηλεκτρικά φορτία προς κατεύθυνση εντελώς καθορισμένη. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας πηγής μετρείται σε **βολτ**.

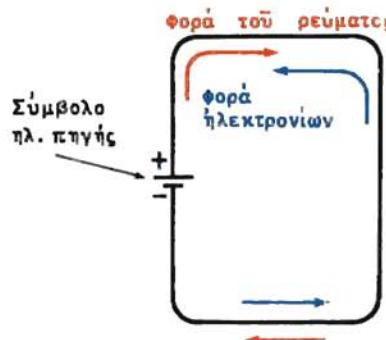
3.2 Το ηλεκτρικό ρεύμα στους ηλεκτρικούς αγωγούς.

Αν οι δύο πόλοι μιας πηγής συνδεθούν με έναν αγωγό (π.χ. σύρμα), θα αρχίσουν μέσα από τον αγωγό αυτόν να μετατοπίζονται ηλεκτρικά φορτία από τον πόλο με το υψηλότερο δυναμικό προς τον πόλο με το χαμηλότερο δυναμικό, επομένως θα δημιουργηθεί **συνεχές** ηλεκτρικό ρεύμα. Εάν ο ένας πόλος της πηγής είναι θετικά φορτισμένος (θετικός πόλος), και ο άλλος αρνητικά (αρνητικός πόλος), το ηλεκτρικό ρεύμα θα αποτελείται από θετικά φορτία που κινούνται από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό πόλο (παραγρ. 2.5).

3.3 Φορά του ρεύματος.

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

Παλαιότερα, επειδή δεν ήταν γνωστό ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ροή ηλεκτρονίων, είχε γίνει αυθαίρετα δεκτό τούτο: η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά της κινήσεως των θετικών φορτίων, δηλαδή, στο εξωτερικό των πηγών, από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό πόλο (σχ. 3.3).



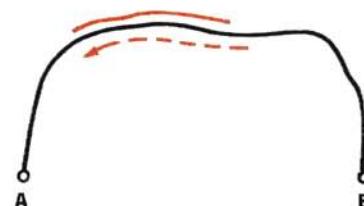
Σχ. 3.3.
Φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

3.4 Είδη ρεύματος.

Βασικά, διακρίνομε δύο είδη ρεύματος:

α) **Το συνεχές ρεύμα**, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη συνεχή ροή ηλεκτρονίων προς **μία μόνο φορά**, όπως είδαμε παραπάνω.

β) **Το εναλλασσόμενο ρεύμα**, το οποίο χαρακτηρίζεται από την κίνηση ηλεκτρονίων, μέσα σε αγωγό, πότε κατά τη μία φορά και πότε κατά την αντίθετη. Έτσι, εάν το ρεύμα ηλεκτρονίων που διέρχεται από τον αγωγό του σχήματος 3.4 έχει διαδοχικώς φορά από το Α προς το Β, κατόπιν από το Β προς το Α και πάλι από το Α προς το Β κ.ο.κ., τότε λέμε, ότι μέσα στον αγωγό ρέει εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό θα ήταν δυνατόν να παραχθεί, εάν οι πόλοι της πηγής άλλαζαν διαδοχικώς συνεχώς πολικότητα.



Σχ. 3.4.
Κίνηση εναλλασσόμενου 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**. Το μέγεθος αυτό μας δίνει την **ποσότητα του ηλεκτρισμού**, η οποία διέρχεται μέσα από έναν αγωγό στη μονάδα **του χρόνου**.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του αγωγού, μέσα από τον οποίο διέρχεται το ρεύμα* και ισούται με το πηλίκο της ποσότητας ηλεκτρισμού, που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού, δια του χρόνου στον οποίο διέρχεται η ποσότητα αυτή.

Μονάδα μετρήσεως της εντάσεως του ρεύματος είναι το **αμπέρ** (Ampère), το οποίο συμβολίζεται διεθνώς με το γράμμα A. Το ρεύμα έχει ένταση 1 A, όταν διέρχεται μέσα από έναν αγωγό ποσότητα ηλεκτρισμού 1 C σε 1 δευτερόλεπτο.

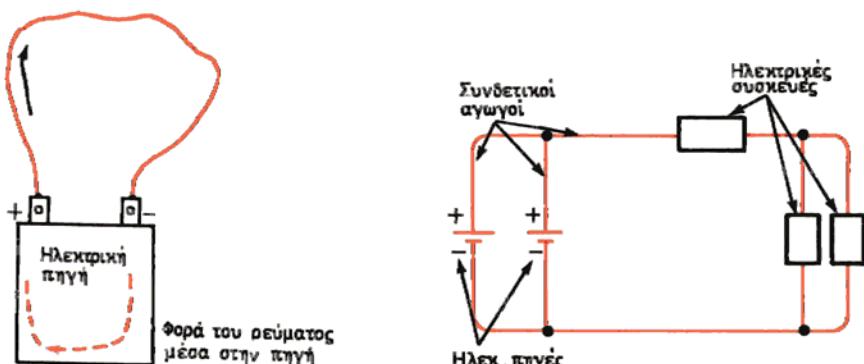
Ένα άλλο χρήσιμο στην Ηλεκτροτεχνία μέγεθος είναι η **πυκνότητα του ρεύματος**. Καλείται **πυκνότητα ρεύματος** η ποσότητα ηλεκτρισμού που διέρχεται ανά δευτερόλεπτο μέσα από τη μονάδα επιφάνειας της διατομής του αγωγού. Η πυκνότητα του ρεύματος δίνεται επομένως από το πηλίκο της εντάσεως του ρεύματος δια της διατομής του αγωγού.

Μονάδα της πυκνότητας είναι το A ανά τετραγωνικό χιλιοστό και συμβολίζεται: A/mm².

3.6 Το ηλεκτρικό κύκλωμα.

Το σύνολο, που αποτελείται από την ηλεκτρική πηγή και από τον αγωγό, που συνδέει τους πόλους της πηγής, καλείται ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελούν επίσης μία ή περισσότερες πηγές, μία ή



Σχ. 3.6.
Ηλεκτρικά κυκλώματα.

* Αυτό εξηγείται, αν ληφθεί υπόψη ότι ο αέρας, που περιβάλλει τον αγωγό, είναι μονωτικός και επομένως δεν είναι δυνατόν σε οποιοδήποτε σημείο του αγωγού να προστεθούν ή να αφαιρεθούν φορτία διαμέσου του αέρα.

περισσότερες συσκευές μετασχηματισμού της ηλεκτρικής ενέργειας σε ενέργεια άλλης μορφής (ηλεκτρικές συσκευές) και οι ηλεκτρικοί αγωγοί 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 δεν διακόπτεται, από τον ένα πόλο της πηγής μέχρι τον άλλο.

3.7 Ερωτήσεις.

1. Ποιος είναι ο προορισμός της ηλεκτρικής πηγής και πώς επιτυγχάνεται;
 2. Τι είναι η Η.Ε.Δ.;
 3. Πώς δημιουργείται το ηλεκτρικό ρεύμα και ποια η φορά ροής του;
 4. Ποια τα βασικά είδη ρεύματος;
 5. Με ποιες μονάδες μετρούνται η ένταση και η πυκνότητα του ρεύματος;
 6. Ποια είναι η προϋπόθεση ροής ηλεκτρικού ρεύματος;
 7. Αν από ένα αγωγό διατομής $1,5 \text{ mm}^2$ περνά ποσότητα ηλεκτρισμού ίση με 15 C σε διάστημα 2 s , πόση είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και πόση η πυκνότητά του;
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

4.1 Αντίσταση και αγωγιμότητα, μονάδες.

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα από έναν αγωγό, συναντά ορισμένη αντίσταση. Η αντίσταση αυτή εξαρτάται από το υλικό του αγώγου σώματος και καλείται **ηλεκτρική αντίσταση**· συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα R.

Μονάδα μετρήσεως της ηλεκτρικής αντιστάσεως είναι το **ωμ** (από το όνομα του Γερμανού φυσικού Ohm) και συμβολίζεται με το κεφαλαίο ελληνικό γράμμα Ω.

Πολλαπλάσια της μονάδας ωμ είναι τα εξής:

$$1 \text{ κιλοώμ} = 1000 \Omega \quad \text{και συμβολίζεται:} \quad \text{kΩ}$$

$$1 \text{ μεγγάμ} = 1.000.000 \Omega \quad \text{και συμβολίζεται:} \quad \text{MΩ}$$

Όταν ένας αγωγός παρουσιάζει μικρή αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, λέμε ότι **άγει καλώς** το ηλεκτρικό ρεύμα ή ότι παρουσιάζει μεγάλη ηλεκτρική **αγωγιμότητα**. Αντιστρόφως, όταν ένας αγωγός έχει μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, παρουσιάζει μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα G και έχει ως μονάδα μετρήσεως το **σήμενς** (Siemens) ή το **μω** (mho). Σύμβολο της μονάδας σήμενς είναι το S.

Η αγωγιμότητα είναι το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντιστάσεως, δηλαδή:

$$\text{αντίσταση} = \frac{1}{\text{αγωγιμότητα}} \quad \text{ή} \quad R = \frac{1}{G} \quad \text{και} \quad 1 \Omega = \frac{1}{1 \text{ S}}$$

Ορισμένα στοιχεία κυκλωμάτων, που κατασκευάζονται ειδικώς για να παρεμβάλλουν αυτίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, καλούνται **αντιστάσεις**. Τα στοιχεία αυτά αποτελούνται είτε από μονωτικό σώμα, γύρω από το οποίο τυλίγεται σύρμα από κατάλληλο υλικό, είτε από σωλήνα από κεραμικό υλικό, επάνω στον οποίο θέτεται στρώμα από σκληρό άνθρακα (αγώγιμο στρώμα).

4.2 Νόμος του Ωμ.

Η αντίσταση, την οποία συναντά κατά τη ροή του το ηλεκτρικό ρεύμα, υπερνικάται από την ηλεκτρική τάση (παράγρ. 2.5). Όσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτρική τάση, που εφαρμόζεται στα άκρα ενός αγωγού (π.χ. σύρματος), τόσο μεγαλύτερη είναι η ώθηση που ασκείται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού, τα

οποία κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα: έτσι υπερνικούν την αντίσταση του αγωγού και μεταφέρουν μεγαλύτερο φορτίο στη μονάδα του χρόνου. Όσο μεγαλύτερη λοιπόν, είναι η τάση, που εφαρμόζεται στα άκρα ενός αγωγού ορισμένης ηλεκτρικής αντιστάσεως, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που περνά μέσα από τον αγωγό. Εξάλλου όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση ενός αγωγού, στου οποίου τα άκρα εφαρμόζεται ορισμένη ηλεκτρική τάση, τόσο μικρότερη είναι η ένταση του ρεύματος, που διέρχεται μέσα από τον αγωγό αυτόν.

Έστερα από τις διαιπιστώσεις αυτές, ο Γερμανός φυσικός Γεώργιος Ωμ διατύπωσε το βασικό νόμο της Ηλεκτροτεχνίας, που έλαβε το όνομά του και αναφέρεται ως **νόμος του Ωμ**.

Σύμφωνα προς το νόμο αυτόν: **η ένταση του ρεύματος, που περνά μέσα από ένα αγωγό υπολογίζεται εάν διαιρέσουμε την τάση, που εφαρμόζεται στα άκρα του αγωγού, με την ηλεκτρική αντίσταση του αγωγού.**

Έτσι θα είναι:

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

ή, εάν συμβολίσομε την ένταση του ρεύματος με I θα έχομε:

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

Σύμφωνα λοιπόν με όσα είπαμε παραπάνω έχομε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε την ένταση του ρεύματος, εάν είναι γνωστά η τάση και η αντίσταση. Το ίδιο ισχύει και για οποιοδήποτε από τα τρία μεγέθη, που εισέρχονται στον τύπο του νόμου του Ωμ, εάν είναι γνωστά, τα άλλα δύο.

Παράδειγμα 1.

Εάν αγωγός παρουσιάζει αντίσταση $1,5 \Omega$ και τα άκρα του συνδεθούν με τους πόλους μιας πηγής, που παράγει τάση $4,5 \text{ V}$. τότε η ένταση του ρεύματος θα είναι:

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

Παράδειγμα 2.

Εάν θέλουμε μέσα από έναν αγωγό αντιστάσεως 11Ω να διέλθει ένταση 20 A , πρέπει να συνδέσουμε τα άκρα του με τους πόλους μιας πηγής, που παράγει τάση:

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

Με το νόμο του Ωμ είναι δυνατόν να ορισθεί η μονάδα μετρήσεως της τάσεως, που είναι το **βόλτη**. Έτσι βόλτη είναι η τάση που απαιτείται για τη ροή ρεύματος εντάσεως 1 A δια μέσου αντιστάσεως 1Ω .

4.3 Αντίσταση των συρμάτων, μεταβολή της αντιστάσεως.

a) Η αντίσταση των συρμάτων εξαρτάται, όπως έχει αναφερθεί και στην

παράγραφο 4.1, από το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένα, αλλά και από τις διαστάσεις τους, δηλαδή από το εμβαδό της διατομής τους και από το μήκος τους. Τούτο είναι φανερό, εάν σκεφθούμε ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του σύρματος, τόσο περισσότερα άτομα θα συναντήσουν στο δρόμο τους τα κινούμενα ηλεκτρόνια (παράγρ. 2.3)· αυτό σημαίνει ότι τόσο περισσότερες συγκρούσεις θα προκληθούν (μεταξύ ηλεκτρονίων και ατόμων) και θα δημιουργηθεί έτσι μεγαλύτερη ηλεκτρική αντίσταση. Εξάλλου, όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή του σύρματος, τόσο μεγαλύτερος χώρος παρέχεται στα κινούμενα ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται έτσι με μεγαλύτερη ευκολία.

Μετά από αυτά που είπαμε παραπάνω η αντίσταση ενός σύρματος είναι δυνατόν να βρεθεί, εάν γνωρίζουμε το υλικό του σύρματος, το μήκος του και τη διατομή του. Κάθε υλικό παρουσιάζει διαφορετική αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος και η κατάταξη των διαφόρων υλικών, από την άποψη της ηλεκτρικής αντιστάσεως, γίνεται με βάση την αντίσταση που παρουσιάζει σύρμα από το υλικό αυτό με μήκος 1 m και διατομή 1 mm². Η αντίσταση αυτή καλείται **ειδική αντίσταση** του υλικού, συμβολίζεται με το μικρό ελληνικό γράμμα ρ και έχει ως μονάδα μετρήσεως το Ω.mm²/m. Η αντίσταση ενός σύρματος υπολογίζεται, σύμφωνα με τα παραπάνω από τον τύπο:

$$\text{αντίσταση} = \text{ειδική αντίσταση} \cdot \frac{\text{μήκος}}{\text{διατομή}}$$

ή, εάν συμβολίσουμε με l το μήκος του σύρματος σε μέτρα (m) και με q τη διατομή του σε τετραγωνικά χλιοστά (mm²) θα έχομε:

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

Το αντίστροφο της ειδικής αντιστάσεως καλείται **ειδική αγωγιμότητα**, συμβολίζεται με το μικρό ελληνικό γράμμα κ και έχει μονάδα μετρήσεως το s.m/mm². Η ηλεκτρική αντίσταση ενός σώματος θα υπολογίζεται συναρτήσει της αγωγιμότητας από τον τύπο:

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

και η αγωγιμότητα από τον τύπο:

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

Παράδειγμα 3.

Η αντίσταση ενός σύρματος με διατομή 4 mm² και μήκος 200 m, του οποίου το υλικό είναι χαλκός με ειδική αντίσταση:

$$\rho = 0,0178 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \text{ θα είναι ίση προς:}$$

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

Με τον τύπο της αντιστάσεως των συρμάτων, μπορούμε να υπολογίζουμε ότι 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 ανθρακας, έχουν την ιδιότητα να **ελαττώνουν** την αντίστασή τους, όταν **αυξάνεται** η θερμοκρασία τους. Στον Πίνακα 4.3.1 αναγράφονται τα συνηθέστερα αγώγιμα 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 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
Άλουμίνιο	0,0303
Βισμούθιο	1,2
Ορείχαλκος	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
Υδράργυρος	0,968
Νικέλιο	0,069
Νικελίνης	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.
Αντίσταση σωμάτων χαλκού και αλουμινίου
σε Ω/km, σε 20°C.

Διατομή mm ²	Σύρμα Χαλκου	Σύρμα Αλουμινίου
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 Ερωτήσεις.

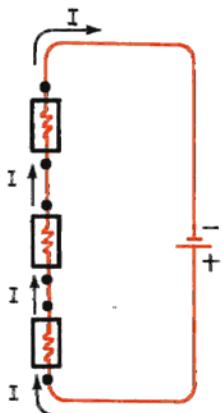
- Ποια η σχέση μεταξύ ηλεκτρικής αντιστάσεως και ηλεκτρικής αγωγιμότητας;
- Ποιες είναι οι μονάδες αντιστάσεως και αγωγιμότητας;
- Ποιος είναι ο νόμος του Ωμή;
- Πώς κατατάσσονται τα διάφορα υλικά από άποψη ηλεκτρικής αντιστάσεως;
- Από τι εξαρτάται η ηλεκτρική αντίσταση ενός σύρματος;
- Έχει επίδραση στην ηλεκτρική αντίσταση των σωμάτων η θερμοκρασία και ποια;
- Εάν συνδέσουμε με πηγή 220 V σύρμα αντιστάσεως 10 Ω, ποιας εντάσεως ρεύμα θα διέλθει μέσα από το σύρμα;
- Εάν ένα σύρμα είναι κατασκευασμένο από νικελίνη και έχει μήκος 100 m και διατομή 10 mm², ποιά αντίσταση παρουσιάζει στη ροή του ρεύματος;
- Αν ένα σύρμα συνδεθεί με πηγή 220 V και περάσει μέσα από αυτό ρεύμα εντάσεως 14 A πόση θα είναι η ηλεκτρική του αντίσταση;
- Σύρμα διατομής 4 mm² παρουσιάζει αντίσταση 0,06 Ω και έχει μήκος 14,5 m από τι υλικό είναι κατασκευασμένο;
- Αν η αγωγιμότητα σύρματος διατομής 6 mm² είναι 0,198 S/km, τι μήκος πρέπει να έχει το σύρμα αυτό για να περάσει από μέσα του ρεύμα εντάσεως 85 A όταν συνδεθεί με πηγή 110 V;
- Σύρμα αλουμινίου διατομής 4 mm² και μήκους 100 m διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως 304 A με ποιας τάσεως πηγή είναι συνδεμένο;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ

5.1 Συνδεσμολογία σειράς, εφαρμογές.

Κατά τη διαμόρφωση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (παράγρ. 3.6), οι διάφορες πηγές και οι ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες καλούνται και **ηλεκτρικές καταναλώσεις**^{*}, συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια των συνδετικών αγωγών (συρμάτων) κατά διάφορους τρόπους. Ένας από τους τρόπους αυτούς είναι η λεγόμενη **συνδεσμολογία σειράς**. Κατά τη συνδεσμολογία αυτήν οι διάφορες καταναλώσεις συνδέονται, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1α έτσι, ώστε να διαρρέονται όλες από το ίδιο ρεύμα. Η συνδεσμολογία γίνεται ως εξής: Το τέλος της μιας καταναλώσεως



Σχ. 5.1α.
Συνδεσμολογία σειράς.

ενώνεται με την αρχή της άλλης, οπότε το ηλεκτρικό ρεύμα δεν διακλαδίζεται πουθενά και, επομένως, δεν αλλάζει ένταση σε κανένα σημείο του κυκλώματος. Η τάση, όμως, η οποία εφαρμόζεται στα άκρα του συνόλου των καταναλώσεων, διαμοιράζεται στις διάφορες καταναλώσεις του κυκλώματος, ανάλογα με την αντίστασή τους. Έτσι, εάν U είναι η τάση στα άκρα του συνόλου των καταναλώσε-

* Οι ηλεκτρικές συσκευές ή μηχανές καλούνται και **ηλεκτρικές καταναλώσεις**, γιατί για να λειτουργήσουν καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, την οποία μετατρέπουν σε ενέργεια άλλης μορφής. Όλες οι καταναλώσεις παρουσιάζουν ηλεκτρική αντίσταση.

ων, στα άκρα κάθε καταναλώσεως θα επικρατούν τάσεις U_1 , U_2 , U_3 κλπ., οι οποίες θα είναι ίσες προς R_1 .I, R_2 .I, R_3 .I κλπ., σύμφωνα με το νόμο του Ωμ. Η τάση U , όμως, είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων U_1 , U_2 , U_3 κλπ., άρα και η συνολική αντίσταση R του συνόλου των καταναλώσεων σε σειρά θα είναι ίση προς:

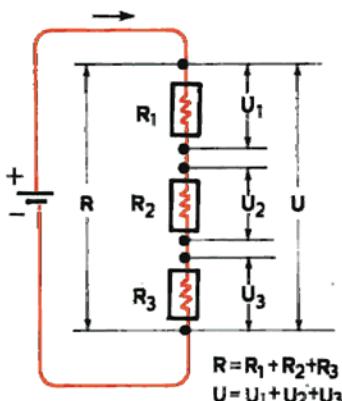
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.1β.

Στο είδος αυτό της συνδεσμολογίας υπάρχει το εξής μειονέκτημα: Εάν προκληθεί διακοπή ρεύματος σε μια από τις καταναλώσεις, διακόπτεται όλο το κύκλωμα.

Στη συνδεσμολογία σειράς είναι δυνατόν να συνδεθούν, εκτός από τις καταναλώσεις, και οι πηγές ως εξής:

Συνδέονται οι πόλοι διαφορετικής πολικότητας, δηλαδή ο θετικός πόλος της μιας πηγής με τον αρνητικό πόλο της επόμενης πηγής κ.ο.κ. Η τάση του συνόλου των πηγών είναι ίση, στην περίπτωση αυτή, με το άθροισμα των τάσεων των διαφορών πηγών (σχ. 5.1γ).

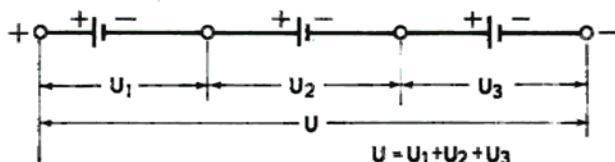


Σχ. 5.1β.

Οι αντιστάσεις σε σειρά προσθέτονται.

Σχ. 5.1γ.

Οι τάσεις σε σειρά προσθέτονται.

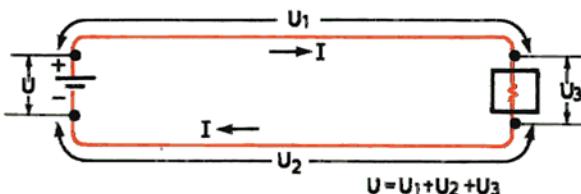


Εφαρμογή της συνδεσμολογίας σειράς έχουμε και όταν χρησιμοποιούμε τις αντιστάσεις σειράς. Αυτές συνδέονται σε σειρά με μια κατανάλωση, όταν η διαθέσιμη πηγή έχει τάση μεγαλύτερη από την τάση λειτουργίας (ονομαστική τάση) της καταναλώσεως. Η αντίσταση σειράς εκλέγεται, βεβαίως, καταλλήλως, ώστε να μειώνεται η τάση τόσο, όσο ακριβώς χρειάζεται για να επικρατεί τελικά στα άκρα της καταναλώσεως η απαιτούμενη τάση λειτουργίας της.

Άλλη εφαρμογή της συνδεσμολογίας σειράς είναι η αύξηση της τάσεως που είναι δυνατόν να διατεθεί με σύνδεση πολλών πηγών σε σειρά.

5.2 Πτώση τάσεως στους αγωγούς.

Σε ένα κύκλωμα εκτός από τις αντιστάσεις των καταναλώσεων υπάρχουν και οι αντιστάσεις των συνδετικών αγωγών, οι οποίες, επειδή είναι πολύ μικρές συγκριτικά με τις αντιστάσεις των καταναλώσεων, δεν μας απασχόλησαν στην παράγραφο 5.1. Επειδή οι συνδετικοί αγωγοί συνδέονται σε σειρά με τις καταναλώσεις, η τάση της πηγής κατανέμεται: α) Στον αγωγό που αναχωρεί από τον ένα πόλο της πηγής (θετικό πόλο) και φθάνει στο ένα άκρο της καταναλώσεως. β) Στην κατανάλωση και γ) στον άλλο αγωγό, που αναχωρεί από το άλλο άκρο της καταναλώσεως και επιστρέφει στον άλλο πόλο της πηγής (αρνητικό πόλο). Έτοιμη διατίθεμενη τάση στα άκρα της καταναλώσεως είναι μικρότερη από την τάση της πηγής, γιατί διαθέτεται μέρος της τάσεως αυτής για τους δύο συνδετικούς αγωγούς (σχ. 5.2). Η ελάττωση της τάσεως της πηγής, που οφείλεται στη διάθεση ενός τμήματος της τάσεως στους συνδετικούς αγωγούς, καλείται **πτώση τάσεως**.



Σχ. 5.2.
Πτώση τάσεως στους συνδετικούς αγωγούς.

Η πτώση τάσεως είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερες είναι η ένταση του ρεύματος, που κυκλοφορεί στο κύκλωμα, και η αντίσταση των συνδετικών αγωγών. Η πτώση αυτή είναι ανεπιθύμητη, γιατί δεν χρησιμεύει σε τίποτε.

5.3 Παράλληλη συνδεσμολογία. Νόμος του Kirchhoff, εφαρμογές.

Εάν οι ηλεκτρικές καταναλώσεις ενός κυκλώματος συνδεθούν όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3α, δηλαδή εάν η αρχή κάθε καταναλώσεως συνδεθεί με το θετικό πόλο της πηγής και το τέλος κάθε καταναλώσεως με τον αρνητικό πόλο της πηγής, λέμε ότι οι καταναλώσεις αυτές βρίσκονται σε **παράλληλη συνδεσμολογία** ή ότι **συνδέονται κατά διακλάδωση**.

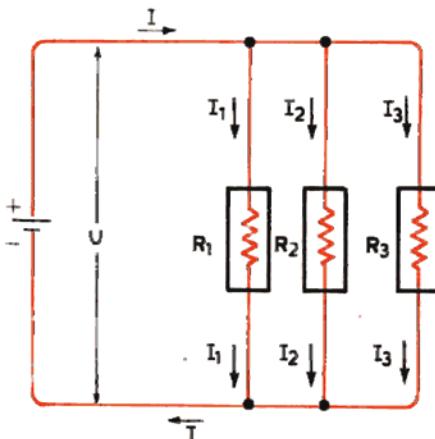
Στην παράλληλη συνδεσμολογία όλες οι καταναλώσεις έχουν την ίδια τάση. Στη συνδεσμολογία αυτή, είναι δυνατόν να διακοπεί η τροφοδότηση μιας καταναλώσεως, χωρίς τούτο να επηρεάζει τη λειτουργία των λοιπών καταναλώσεων. Τούτο είδαμε ότι δεν συμβαίνει στη συνδεσμολογία σειράς. Η δυνατότητα ανεξάρτητης λειτουργίας των ηλεκτρικών καταναλώσεων κατά την παράλληλη σύνδεση καθιστά τη σύνδεση αυτή κατάλληλη να χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των καταναλώσεων από τα δίκτυα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

'Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3α, το ρεύμα, καθώς εξέρχεται από το θετικό πόλο της πηγής, οδεύει προς τις καταναλώσεις και διακλαδίζεται προς τους διαφόρους

παράλληλους κλάδους του κυκλώματος. Η ένταση του συνολικού ρεύματος (πριν 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: **Τα ρεύματα των διαφόρων κλάδων όταν εξέρχονται από τις καταναλώσεις συνθέτονται πάλι στο αρχικό ρεύμα στο συνδετικό αγωγό επιστροφής προς την πηγή (τον αρνητικό πόλο).**



Σχ. 5.3α.
Παράλληλη συνδεσμολογία καταναλώσεων.

Από το νόμο του Κίρχωφ συνάγεται ότι η συνολική αντίσταση, που 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.

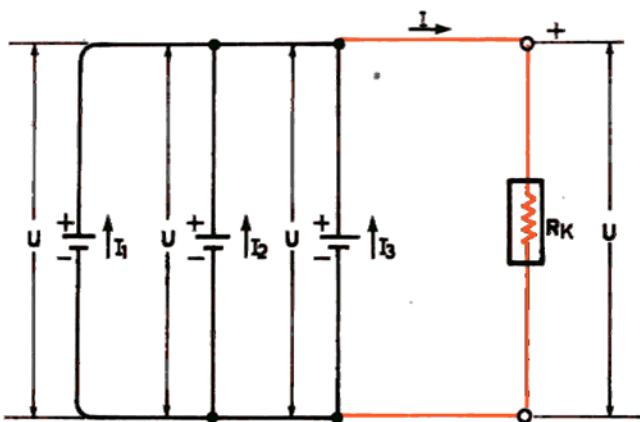
Η συνολική αντίσταση (ισοδύναμη αντίσταση) δύο αντιστάσεων $6\ \Omega$ και $4\ \Omega$ που συνδέονται παράλληλα θα είναι ίση προς:

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

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

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

Η συνολική τάση, που επικρατεί στα άκρα της ομάδας των πηγών, είναι (ση με 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 (σης 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, εφόσον συνδέονται κατά διακλάδωση, πρέπει να είναι κατασκευασμένες για την (ΐδια τάση λειτουργίας (την τάση που διαθέτει το δίκτυο διανομής).

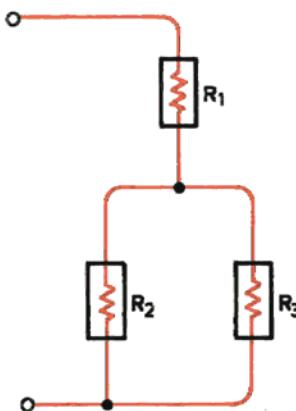
5.4 Μικτή συνδεσμολογία.

- 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**.

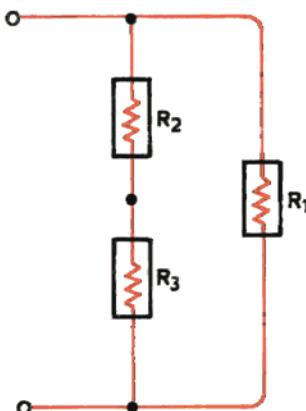
Στην περίπτωση του σχήματος 5.4α, η κατανάλωση αντιστάσεως R_1 συνδέεται σε σειρά με τις καταναλώσεις αντιστάσεων R_2 και R_3 που έχουν συνδεθεί παράλληλα: στην περίπτωση του σχήματος 5.4β η κατανάλωση αντιστάσεως R_1 συνδέεται παράλληλα με τις καταναλώσεις αντιστάσεων R_2 και R_3 που έχουν συνδεθεί 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), το οποίο αποτελείται από δύο αντιστάσεις R_1 και R_2 που έχουν συνδεθεί σε σειρά (σχ. 5.4γ).



Σχ. 5.4α.
Μικτή συνδεσμολογία.

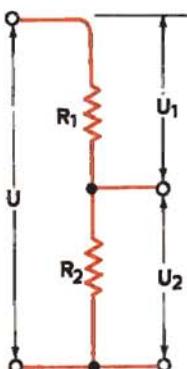


Σχ. 5.4β.
Μικτή συνδεσμολογία.

Σύμφωνα με όσα έχουν εκτεθεί στην παράγραφο 5.1, η τάση U , που εφαρμόζεται στα άκρα του καταμεριστή τάσεως, κατανέμεται στις δύο αντιστάσεις του (σχ. 5.4γ). Εάν στα άκρα της αντιστάσεως R_2 συνδεθεί παράλληλα κατανάλωση με αντίσταση R_x , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.4δ, τότε η τάση U θα κατανεμηθεί πάλι στην αντίσταση R_1 και στην ομάδα αντιστάσεων R_2 και R_x . Έτσι, εάν έχουμε διαθέσιμη τάση U και θέλομε να τροφοδοτήσουμε μία κατανάλωση με μικρότερη τάση, την τροφοδοτούμε από τα άκρα της αντιστάσεως R_2 ενός καταμεριστή τάσεως. Συνήθως χρησιμοποιούνται καταμεριστές τάσεως, που αποτελούνται από μιαν αντίσταση, κατά μήκος της οποίας ολισθαίνει σύρτης. Από το σύρτη αυτόν αναχωρεί το σύρμα, το οποίο συνδέεται στο ένα άκρο της καταναλώσεως, ενώ το άλλο άκρο της συνδέεται σταθερά με ένα από τα δύο άκρα της αντιστάσεως (σχ. 5.4ε). Κατ' αυτόν τον τρόπο, ανάλογα με τη θέση στην οποία βρίσκεται ο κινητός σύρτης επάνω στην αντίσταση του καταμεριστή, η αντίσταση αυτή χωρίζεται σε δύο τμήματα αντιστάσεων, R_1 και R_2 , τα οποία είναι δυνατόν να αυξομειώνονται συνεχώς. Έτσι επιτυγχάνεται η συνεχής (χωρίς βαθμίδες) ρύθμιση της τάσεως στα άκρα της αντιστάσεως R_2 , που σχηματίζεται κάθε φορά γιά κάθε θέση του κινητού σύρτη.

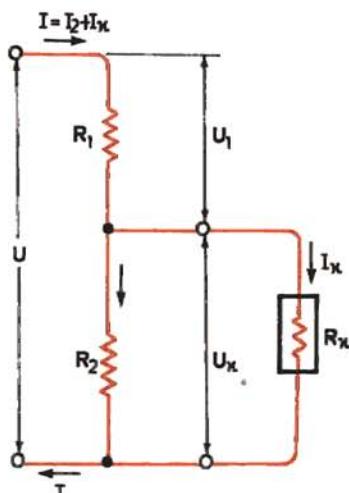
Στην πραγματικότητα, τόσο οι αντιστάσεις σειράς που είδαμε στην παράγραφο 5.1, όσο και οι καταμεριστές τάσεως αποτελούνται συνήθως από γυμνό σύρμα, το οποίο έχει περιτυλιχθεί επάνω σ' ένα κύλινδρο από μονωτικό υλικό (π.χ. πορσελάνη). Στον κύλινδρο αυτόν ολισθαίνει, ενώ βρίσκεται πάντοτε σε επαφή με το σύρμα, ένας μεταλλικός σύρτης, που κινείται κατά μήκος του κυλίνδρου αυτού (σχ. 5.4στ.).

'Άλλη μορφή μεταβλητών αντιστάσεων ή καταμεριστών είναι αυτή που παριστάνεται στο σχήμα 5.4ζ. Η όλη αντίσταση αποτελείται από πολλά μικρά τμήματα, που καταλήγουν σε μεταλλικά δισκοειδή πλακίδια. Με τα πλακίδια αύτά έρχεται σε επαφή, κατά την περιστροφή του, ένα χειροστρόφαλο, που αποτελεί την κεντρική λήψη.



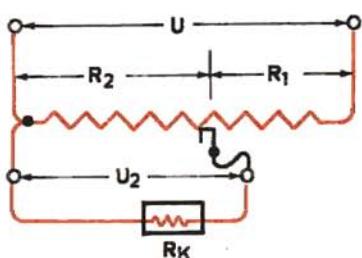
Σχ. 5.4γ.

Συνδεσμολογία καταμεριστή τάσεως.



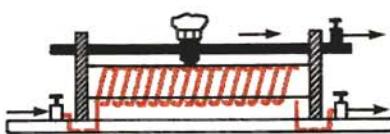
Σχ. 5.4δ.

Σταθερός καταμεριστής τάσεως.



Σχ. 5.4ε.

Μεταβλητός καταμεριστής τάσεως.



Σχ. 5.4στ.

Μεταβλητές αντιστάσεις.



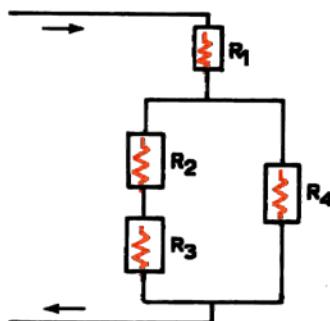
Σχ. 5.4ζ.

Μεταβλητές αντιστάσεις.

5.5 Ερωτήσεις.

- Πώς υπολογίζεται η συνολική (ισοδύναμη) αντίσταση στην περίπτωση της συνδεσμολογίας σειράς;
- Ποια η σχέση της τάσεως, που επικρατεί στα άκρα μιας ομάδας αντιστάσεων συνδεμένων σε σειρά, με τις τάσεις που επικρατούν στα άκρα κάθε αντιστάσεως;
- Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι αντιστάσεις σειράς;
- Τι είναι η πώση τάσεως και πώς δημιουργείται;
- Πώς συνδέονται οι ηλεκτρικές καταναλώσεις στην παράλληλη συνδεσμολογία;
- Ποιο το πλεονέκτημα της παράλληλης συνδεσμολογίας απέναντι στη συνδεσμολογία σειράς; Πώς αξιοποιείται το πλεονέκτημα αυτό;

7. Πώς υπολογίζεται η συνολική αντίσταση στην περίπτωση της παράλληλης συνδεσμολογίας;
8. Πότε συνδέομε 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 συνδέουμε σε σειρά, για να περάσει από αυτές ένταση ρεύματος $4A$, πόσες πηγές τάσεων $9V$ πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για την τροφοδότηση και πώς θα τις συνδέουμε μεταξύ τους;
12. Στο κύκλωμα της ασκήσεως 1, αν αλλάξουμε μόνο τη συνδεσμολογία των καταναλώσεων και τις συνδέουμε παράλληλα, τι ένταση θα περνά από κάθε κατανάλωση και ποια η συνολική ένταση;
13. Στο προηγούμενο κύκλωμα, αν αλλάξουμε πάλι τη συνδεσμολογία των καταναλώσεων έτσι, ώστε να έχουμε την ακόλουθη μικτή σύνδεση, τι ένταση θα περάσει από κάθε κατανάλωση και ποια η συνολική ένταση;
14. Συσκευή συνδέεται με πηγή τάσεως $220V$, αφού παρεμβληθεί καταμεριστής τάσεως, του οποίου κάθε μια από τις 2 αντιστάσεις είναι διπλάσια από την αντίσταση της συσκευής. Πώς είναι η τάση στα άκρα της συσκευής;
15. Συσκευή εσωτερικής αντιστάσεως 15Ω συνδέεται με ηλεκτρική πηγή $115V$, με τη βοήθεια συνδετικών αγωγών από χαλκό, διατομής $1,5 \text{ mm}^2$, που έχουν και οι δύο μαζί μήκος 90 m .



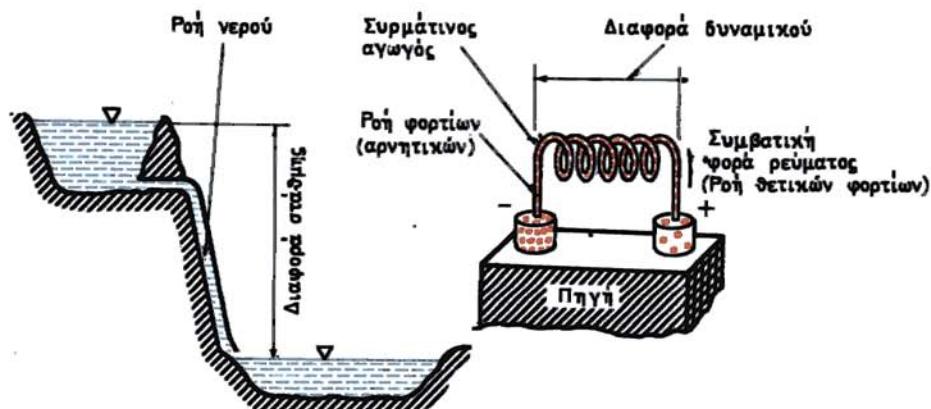
Πώς θα είναι η τάση στα άκρα της συσκευής:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΕΡΓΟ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ

6.1 Ηλεκτρική ενέργεια.

Όπως γνωρίζομε 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, η οποία θα είναι ίση προς το γινόμενο του βάρους του νερού που πέφτει επί τη διαφορά της στάθμης (το ύψος της πτώσεως). Κατά παρόμοιο τρόπο, αν υπάρχει διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο



Σχ. 6.1.
Κινητική και ηλεκτρική ενέργεια.

σημείων και προκληθεί (ύστερα από αγώγιμη 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 η διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση) και Q το ηλεκτρικό φορτίο.

Εάν το φορτίο Q μεταφέρεται από ηλεκτρικό ρεύμα εντάσεως I επί χρόνο t (παράγρ. 3.5), τη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι:

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

6.2 Ηλεκτρική ισχύς.

Όπως γνωρίζομε από τη Φυσική, η ισχύς είναι το έργο που εκτελείται στη μονάδα του χρόνου. Παρόμοια και η **ηλεκτρική ισχύς**, η οποία συμβολίζεται με N , θα είναι ίση (παράγρ. 6.1) μέ :

$$N = U \cdot I$$

Μονάδα μετρήσεως της ηλεκτρικής ισχύος είναι το **βαττ** (από το όνομα του Αγγλου μηχανικού J. Watt), με διεθνές σύμβολο το κεφαλαίο λατινικό γράμμα W .

Αν η τάση του συνεχούς ρεύματος εκφράζεται σε βολτ και η ένταση σε αμπέρ, το γινόμενό τους εκφράζεται σε βαττ. Η προηγούμενη σχέση, λοιπόν, που δίνει την ηλεκτρική ισχύ, με τη χρησιμοποίηση των μονάδων που αναφέραμε γίνεται:

$$\text{Βαττ} = \text{Βολτ} \times \text{Αμπέρ} \quad \text{ή}$$

$$W = V \cdot A$$

Αν πολλαπλασιάσουμε την ισχύ σε βαττ επί το χρόνο σε δευτερόλεπτα, θα έχουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε Ws . Αν ως μονάδα χρόνου χρησιμοποιηθεί η ώρα (σύμβολο h), ως μονάδα ενέργειας προκύπτει η **βαττώρα**, που συμβολίζεται διεθνώς με το σύμβολο Wh .

Πολλαπλασία και υποπολλαπλασία των προηγουμένων μονάδων είναι τα ακόλουθα:

$$\text{Το κιλοβάττ} = 1000 W \text{ και συμβολίζεται: } kW$$

$$\text{Το μιλλιβάττ} = \frac{1}{1000} W \text{ και συμβολίζεται: } mW$$

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

Όπως είναι γνωστό, στη μηχανολογία μονάδες έργου και ισχύος είναι, αντιστοίχως, το **κιλοπόνυμετρο** (kpm) και ο ίππος (PS). Οι σχέσεις των μονάδων αυτών με τις ηλεκτρικές αντίστοιχες μονάδες είναι:

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

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

Μια άλλη μονάδα έργου είναι το **νιούτον μέτρο** (Nm).

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

6.3 Βαθμός αποδόσεως.

Κατά τη μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη με τη βοήθεια π.χ. μηχανής, δεν επιτυγχάνεται η μετατροπή ολόκληρου του ποσού ενέργειας που

διαθέτεται στην επιθυμητή μορφή. Αυτό συμβαίνει, γιατί, ταυτόχρονα, μικρό μέρος της ενέργειας αυτής μετατρέπεται και σε άλλες μορφές, οι οποίες είναι άχρηστες για το σκοπό που 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 τον κινητήρα και τον αέρα που τον περιβάλλει. Η ανεπιθύμητη αυτή θερμική ενέργεια καλείται **απώλεια ενέργειας**.

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

$$\text{Παραλαμβανόμενη ενέργεια} = \text{αφέλιμη ενέργεια} + \text{απώλεια ενέργειας}$$

Η σχέση αυτή εφαρμόζεται βέβαια και στην περίπτωση της ισχύος γιατί δεν επηρεάζεται από το χρόνο λειτουργίας των μηχανών ή συσκευών.

Θα έχομεν λοιπόν:

$$\text{Παραλαμβανόμενη ισχύς} = \text{αφέλιμη ισχύς} + \text{απώλεια ισχύος}$$

Το πηλίκοντης αφέλιμης ισχύος (αποδιδόμενης ισχύος) προς την ισχύ που παραλαμβάνεται καλείται **βαθμός αποδόσεως** μιας μηχανής ή συσκευής και συμβολίζεται με το μικρό ελληνικό γράμμα η. Με το πηλίκον αυτό, έχομε μιαν εικόνα του μεγέθους των απωλειών ισχύος.

Πραγματικά ο βαθμός αποδόσεως η, που, όπως εύκολα προκύπτει από τη σχέση ισχύος που διατυπώθηκε παραπάνω, είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τη μονάδα, πλησιάζει τόσο περισσότερο προς τη μονάδα, όσο μικρότερες είναι οι απώλειες ισχύος. Μια μηχανή, λοιπόν, ή μια συσκευή είναι τόσο καλύτερη (οικονομικότερη), όσο μεγαλύτερο βαθμό αποδόσεως έχει. Ο βαθμός αποδόσεως μιας ηλεκτρικής μηχανής μεταβάλλεται με το φορτίο της μηχανής (δηλαδή με την ισχύ της μηχανής που αποδίδεται) και γίνεται μέγιστος, όταν η μηχανή λειτουργεί με την ονομαστική της ισχύ. Αν θέλομε, επομένως, μια μηχανή να λειτουργεί κατά τον οικονομικότερο τρόπο, πρέπει να τη φορτίζουμε με την ονομαστική της ισχύ και όχι με μεγαλύτερη ή μικρότερη. Στον Πίνακα 6.3.1 δίνονται, ενδεικτικά, οι βαθμοί αποδόσεως ορισμένων μηχανών και συσκευών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1.
Βαθμοί αποδόσεως μηχανών και συσκευών.

a/a	Ηλεκτρική κατανάλωση	Βαθμός αποδόσεως
1	Βραστήρας εμβαπτίσεως 100 W	0,95
2	Θερμοσίφωνας 80 λίτρων	0,87
3	Κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος 100 W	0,50
4	Λαμπτήρας πυρακτώσεως 40 W	0,015
5	Μαγειρική εστία 2 kW	0,65
6	Μετασχηματιστής 1 kVA	0,90
7	Τριφασικός κινητήρας	0,80

6.4 Ερωτήσεις.

1. Ποια η αναλογία μεταξύ ροής νερού και ροής φορτίου ηλεκτρικού ρεύματος στην παραγωγή έργου;
 2. Ποια η έκφραση του ηλεκτρικού έργου και της ηλεκτρικής ισχύος;
 3. Με πόσα kW ισοδυναμεί ένας ίππος (PS);
 4. Γιατί ο βαθμός αποδόσεως χαρακτηρίζει ποιοτικά μια 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 $26,8 \Omega$, 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 και τεχνητοί μαγνήτες, μαγνητικοί πόλοι, μαγνήτιση εξ επαγωγής.

Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, υπάρχει ένα ορυκτό (το οξείδιο του σιδήρου), που έχει την ιδιότητα να έλκει και να συγκρατεί άλλα σώματα από σίδηρο (χάλυβα, χυτοσίδηρο), νικέλιο ή κοβάλτιο. Την ελκτική αυτή ιδιότητα ονομάζομε **μαγνητισμό** και το ορυκτό που την έχει **μαγνήτη**· (το ορυκτό αυτό ονομάσθηκε έτσι, γιατί βρέθηκε για πρώτη φορά στη Μαγνησία της Μ. Ασίας).

Τα υλικά, που έλκονται από το μαγνήτη, καλούνται **σιδηρομαγνητικά** ή απλώς **μαγνητικά υλικά**.



Πρισματικός μαγνήτης



Πεταλοειδής μαγνήτης



Ρομβοειδής μαγνήτης

Σχ. 7.1α.
Συνηθισμένα σχήματα μαγνητών.

Τα υλικά, που δεν έλκονται από το μαγνήτη (όπως ο χαλκός, το αλουμίνιο κλπ.), καλούνται **μη μαγνητικά**.

Το ορυκτό που αναφέραμε παραπάνω είναι **φυσικός μαγνήτης**· υπάρχουν όμως και **τεχνητοί μαγνήτες**, οι οποίοι κατασκευάζονται από χάλυβα ή κράματα του χάλυβα με κατάλληλη επεξεργασία και έχουν διάφορα σχήματα (σχ. 7.1α).

Η ελεκτρική δύναμη των μαγνητών δεν είναι ίδια σε όλα τα σημεία τους, 'Ετσι, αν έχομε ένα πρισματικό μαγνήτη και τον πλησιάσουμε σε μικροαντικείμενα από σίδηρο (καρφάκια, ρινίσματα, καρφίτσες κλπ.), θα διαπιστώσουμε ότι η ελεκτρική δύναμη είναι μέγιστη στα άκρα του μαγνήτη και ελαττώνεται, βαθμηδόν, όσο απομακρυνόμαστε από τα άκρα· μηδενίζεται τελείως στο μέσο. Οι θέσεις της μέγιστης έλξεως (τα άκρα) καλούνται **πόλοι** του μαγνήτη, ενώ το μεσαίο του τμήμα καλείται **ουδέτερη ζώνη**.

Εάν αναρτήσουμε ένα μαγνήτη από το κέντρο βάρους του, θα παρατηρήσουμε ότι προσανατολίζεται πάντοτε κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο ίδιος πόλος να κατευθύνεται πάντοτε προς το βορρά και ο άλλος πόλος προς το νότο. Οι δύο πόλοι, λοιπόν, δεν είναι ίδιοι και, για να τους διακρίνουμε, ο ένας καλείται **βόρειος πόλος** του μαγνήτη και ο άλλος **νότιος πόλος**. Ο βόρειος πόλος συμβολίζεται με το κεφαλαίο λατινικό γράμμα N και ο νότιος πόλος με το γράμμα S (από τις γαλλικές λέξεις Nord = Βορράς και Sud = Νότος).

Εάν πλησιάσουμε το βόρειο πόλο ενός μαγνήτη στο βόρειο πόλο ενός άλλου μαγνήτη, που μπορεί να κινείται εύκολα, θα παρατηρήσουμε ότι οι δύο αυτοί πόλοι απωθούνται. Το ίδιο συμβαίνει, εάν πλησιάσουμε μεταξύ τους δύο νότιους πόλους. Εάν όμως, πλησιάσουμε το βόρειο πόλο του ενός μαγνήτη προς το νότιο πόλο του άλλου μαγνήτη, θα παρατηρήσουμε ότι αυτοί οι δύο πόλοι έλκονται (σχ. 7.1β). Από τις παρατηρήσεις αυτές προέκυψε το συμπέρασμα ότι: **οι ομώνυμοι πόλοι των μαγνητών απωθούνται, ενώ οι ετερώνυμοι έλκονται.**

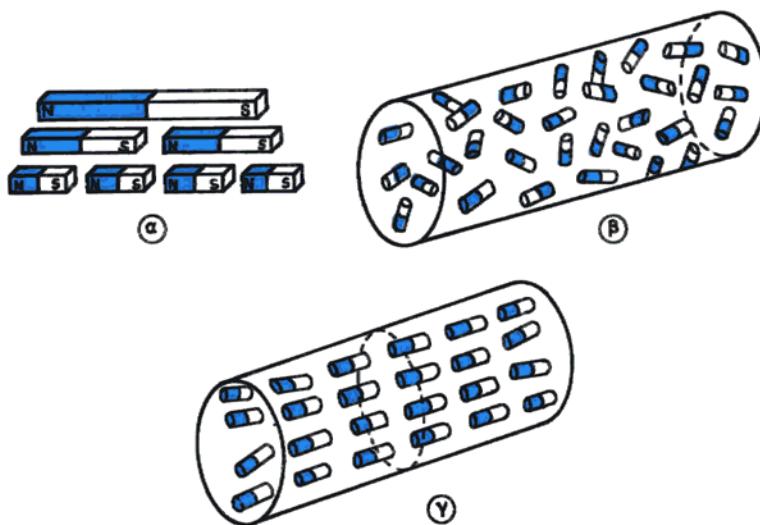


Σχ. 7.1β.

'Απωση μαγνητικών πόλων.

Εάν κόψουμε ένα μαγνήτη (π.χ. με μορφή πρισματικής ράβδου) στη μέση και ελέγχουμε τα δύο κομμάτια με τη μαγνητική βελόνα θα διαπιστώσουμε ότι κάθε νέο κομμάτι είναι ένας τέλειος μαγνήτης με βόρειο και νότιο πόλο και ουδέτερη ζώνη.

Αν κάθε ένα από τα δύο αυτά κομμάτια κοπεί στη μέση, θα προκύψουν τέσσερις τέλειοι μαγνήτες [σχ. 7.1γ (α)]. Τέλος, εάν φαντασθούμε ότι συνεχίζομε τη διαίρεση του αρχικού μαγνήτη, μέχρι που να χωρισθεί στα μόριά του, τότε κάθε ένα από αυτά θα είναι και ένας τέλειος **στοιχειώδης μαγνήτης**. Τα μόρια ενός οποιουδήποτε σώματος από σιδηρομαγνητικό υλικό είναι στοιχειώδεις μαγνήτες. Οι μαγνήτες όμως αυτοί, όταν το σώμα δεν είναι μαγνητισμένο, είναι προσανατολισμένοι εντελώς τυχαία [σχ. 7.1γ(β)] και μάλιστα έτσι, ώστε ο βόρειος πόλος ενός μορίου να εξουδετερώνεται από το νότιο πόλο άλλων μορίων που γειτονεύουν με αυτό. 'Ετσι εξωτερικά δεν εκδηλώνεται καμιά μαγνητική δύναμη. Αν όμως πλησιάσουμε στο ένα άκρο του σώματος αυτού έναν ισχυρό μαγνήτη, θα προκληθεί έλξη προς το μέρος



Σχ. 7.1γ.
Στοιχειώδεις μαγνήτες.

του ισχυρού μαγνήτη όλων των πόλων των μορίων του σώματος, οι οποίοι είναι ετερώνυμοι προς τον πόλο του ισχυρού μαγνήτη. Με τον τρόπο αυτόν τα μόρια του σώματος περιστρέφονται και διατάσσονται, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1γ(γ). 'Όταν συμβεί αυτό, το σώμα μετατρέπεται σε μαγνήτη, γιατί όλα τα μόρια του ενός άκρου του έχουν το βόρειο πόλο τους στραμμένο προς τα έξω, όπως και τα μόρια του άλλου άκρου έχουν το νότιο πόλο τους στραμμένο επίσης προς τα έξω αλλά από την αντίθετη πλευρά. Στα άκρα του σώματος, λοιπόν, δημιουργούνται μαγνητικοί πόλοι, ενώ στο μέσο του, όπου οι αντίθετοι πόλοι αλληλοεξουδετερώνονται, δημιουργείται ουδέτερη ζώνη. Ο τρόπος αυτός **μαγνητίσεως** ενός αρχικά ουδέτερου σώματος καλείται **μαγνήτιση εξ επαγγήζης**.

7.2 Μόνιμοι μαγνήτες, μαγνητικό πεδίο, εφαρμογές.

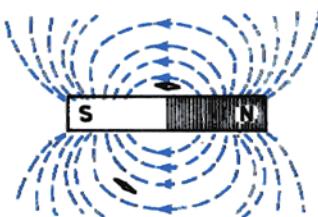
Υπάρχουν σιδηρομαγνητικά υλικά, όπως είναι ο σίδηρος, που μετά τι μαγνήτισή τους (π.χ. μετά την απομάκρυνση του μαγνήτη, στην περίπτωση της μαγνητίσεως εξ επαγγήζης, που περιγράψαμε στην παράγραφο 7.1) χάνουν το μαγνητισμό τους· αυτό συμβαίνει, γιατί όλα σχεδόν τα μόρια τους επιστρέφουν στην κατάσταση αταξίας, που επικρατούσε πριν από τη μαγνήτιση. 'Άλλα σιδηρομαγνητικά υλικά όμως, όπως είναι ο χάλυβας (και μάλιστα ο χάλυβας που έχει υποστεί κατεργασία σκληρύνσεως, δηλαδή ο βαμμένος χάλυβας) διατηρούν το μαγνητισμό τους· γιατί μετά τη μαγνήτισή τους όλα σχεδόν τα μόρια τους (οι στοιχειώδεις μαγνήτες) δεν επιστρέφουν στην κατάσταση αταξίας, αλλά παραμένουν προσανατολισμένα. Τούτο οφείλεται στην εσωτερική τριβή.

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

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



Σχ. 7.2α.
Μαγνήτιση χαλύβδινης ράβδου.



Σχ. 7.2β.
Μαγνητικές γραμμές.

Στην περιοχή ενός μαγνήτη εξασκούνται δυνάμεις είτε ελεκτρικές είτε απωθητικές (π.χ. τεμάχια από σιδηρομαγνητικά υλικά έλκονται από ένα μαγνήτη, όταν βρεθούν κοντά του). Κάθε χώρος, μέσα στον οποίο εξασκούνται δυνάμεις μεταξύ των σωμάτων που βρίσκονται μέσα στο χώρο αυτό, χωρίς τα σώματα να έρχονται σε οποιαδήποτε επαφή μεταξύ τους, λέμε ότι αποτελεί **δυναμικό πεδίο**. Στην περίπτωση των μαγνητών, στην περιοχή των οποίων εξασκούνται δυνάμεις από απόσταση, έχουμε, ειδικότερα, **μαγνητικό πεδίο**.

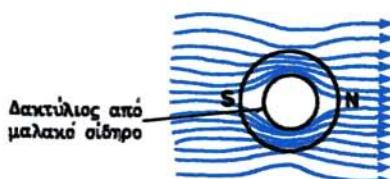
Αν κάτω από μια γιάλινη πλάκα τοποθετήσουμε ένα μαγνήτη σε σχήμα ράβδου και επάνω στην πλάκα ρίξουμε ρινίσματα σιδήρου ή σκόνη νικελίου, αυτά μετατρέπονται σε πολύ μικρούς μαγνήτες και προσανατολίζονται έτσι, ώστε να σχηματίζουν τοξοειδείς γραμμές, οι οποίες κατευθύνονται από τον έναν πόλο προς τον άλλο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

Συμβατικά έχει καθορισθεί και η φορά των γραμμών αυτών, που καλούνται **μαγνητικές γραμμές** και καθορίζουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου. Η φορά αυτή είναι από το βόρειο πόλο προς το νότιο πόλο έξω από το μαγνήτη, και από το νότιο πόλο προς το 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 έχομε **ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο**. Αν οι μαγνητικές γραμμές είναι πυκνές, λέμε ότι έχομε **ισχυρό μαγνητικό πεδίο** (οι εξασκούμενες δυνάμεις είναι μεγάλες), ενώ, εάν είναι αραιές, το μαγνητικό πεδίο είναι **ασθενές**.

Εάν μέσα σε ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο τοποθετήσουμε ένα δακτύλιο από μαλακό σίδηρο, θα παρατηρήσουμε ότι οι μαγνητικές γραμμές κάμπτονται και διέρχονται μέσα από τη μάζα του σιδήρου (σχ. 7.2γ), οπότε στο χώρο που περιβάλλει το δακτύλιο αραιώνουν ή και εκλείπουν τελείως. Η ιδιότητα του μαλακού σιδήρου να συγκεντρώνει μέσα στη μάζα του τις μαγνητικές γραμμές, οφείλεται στο γεγονός ότι ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη **μαγνητική διαπερατότητα** από τον αέρα.

Με τους μόνιμους μαγνήτες ασκούνται σχετικά ισχυρές δυνάμεις, που αξιοποιούνται στην τεχνική για την κατασκευή διαφόρων διατάξεων που συγκρατούν αντικείμενα από σιδηρομαγνητικό υλικό.



Σχ. 7.2γ.
Μαγνητική διαπερατότητα του μαλακού σιδήρου.

Έτσι κατασκευάζονται διατάξεις συγκρατήσεως από μόνιμους μαγνήτες για την έλξη και συγκράτηση μεταλλικών αντικειμένων πάνω στις εργαλειομηχανές κατά τη μηχανική κατεργασία τους, πάνω στις μηχανές συγκολλήσεως, για τη διευκόλυνση της συγκολλήσεως κλπ.

Οι μόνιμοι μαγνήτες βρίσκουν, επίσης, εφαρμογή στην κατασκευή διατάξεων μαγνητικού κλεισίματος θυρών, στη μεταφορά μικρών αντικειμένων, στη συγκράτηση σωματιδίων από σίδηρο τα οποία παρασύρονται μέσα στα διάφορα ρευστά (π.χ. λάδια λιπάνσεως) και τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν κλπ.

7.3 Ερωτήσεις.

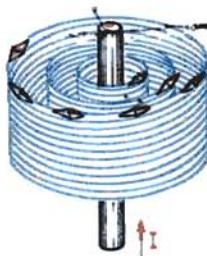
1. Ποια υλικά είναι σιδηρομαγνητικά;
2. Ποιες δυνάμεις αναπτύσσονται μεταξύ των πόλων δύο μαγνητών;
3. Πώς εξηγείται η μαγνήτιση ενός σώματος από μαγνητικό υλικό;
4. Πώς κατασκευάζεται ο μόνιμος μαγνήτης;
5. Ποια η κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών;
6. Με ποιο μέσο καθορίζεται η μορφή του μαγνητικού πεδίου;
7. Πώς μπορούμε να απομαγνητίσουμε ένα μαγνητισμένο σώμα;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

8.1 Μαγνητικό πεδίο αγωγού και πηνίου που διαρρέονται από ρεύμα.

Αν μέσα από έναν ευθύγραμμο αγωγό διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα και περιφέρομε τη μαγνητική βελόνα στην περιφέρεια κύκλου, του οποίου το κέντρο βρίσκεται επάνω στον αγωγό και το επίπεδό του είναι κάθετο σ' αυτόν (σχ. 8.1α), θα παρατηρήσουμε ότι η μαγνητική βελόνα παίρνει τη θέση της εφαπτομένης στην περιφέρεια.



Σχ. 8.1α.
Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου αγωγού.

Εάν αντιστρέψουμε τη φορά του ρεύματος, που διαρρέει τον ευθύγραμμο αγωγό, θα παρατηρήσουμε ότι η μαγνητική βελόνα εξακολουθεί μεν να παίρνει τη θέση της εφαπτομένης στην περιφέρεια, αλλά αντιστρέφεται έτσι, ώστε ο βόρειος πόλος της να έλθει στη θέση που είχε προηγουμένως ο νότιος πόλος.

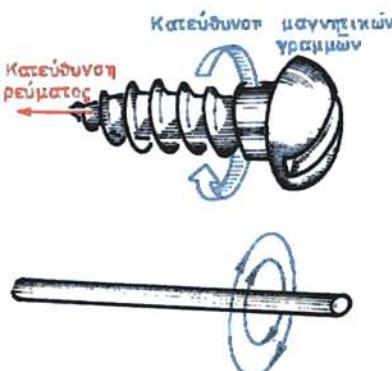
Απ' τις παρατηρήσεις αυτές βγαίνει το συμπέρασμα ότι αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα, παράγει μαγνητικό πεδίο γύρω του. Οι μαγνητικές γραμμές έχουν τη μορφή συγκεντρικών κύκλων με επίπεδα κάθετα προς τον αγωγό και κατεύθυνση που εξαρτάται από τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Η κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών διαπιστώνεται από την κατεύθυνση της μαγνητικής βελόνας, της οποίας ο βόρειος πόλος προσανατολίζεται πάντοτε προς την κατεύθυνση των γραμμών. Η κατεύθυνση του ρεύματος στους αγωγούς παριστάνεται στα σχήματα με μία κουκκίδα (.), εάν το ρεύμα οδεύει προς τον παρατηρητή, ή ένα χι (X), εάν απομακρύνεται από αυτόν.

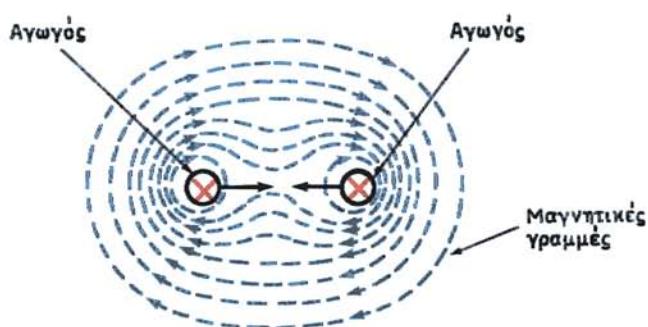
Για να βρεθεί η κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται γύρω από ένα ευθύγραμμο αγωγό, χρησιμοποιείται ο λεγόμενος **κανόνας του κοχλία** ή **κανόνας του εκπωματιστή**. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, αν φαντασθούμε ένα δεξιόστροφο κοχλία, του οποίου ο άξονας είναι παράλληλος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

Αν μέσα σ' ένα ευθύγραμμο αγωγό ρέει εναλλασσόμενο ρεύμα, δημιουργείται πάλι γύρω από τον αγωγό μαγνητικό πεδίο, το οποίο, όμως, μεταβάλλει συνεχώς κατεύθυνση, όπως και το ρεύμα που το προκαλεί. Το πεδίο αυτό καλείται **εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο**.

Αν πάρομε δύο παράλληλους ευθύγραμμους αγωγούς (σχ. 8.1γ) και διοχετεύσουμε σ' αυτούς ηλεκτρικό ρεύμα της ίδιας φοράς, τα μαγνητικά πεδία των δύο αγωγών θα συντεθούν έτσι, ώστε το συνιστάμενο πεδίο να περιβάλλει τους δύο αγωγούς, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.1γ.



Σχ. 8.1β.
Κανόνας του κοχλία.



Σχ. 8.1γ.
Μαγνητικά πεδία παράλληλων ευθύγραμμων αγωγών.

Από τη μορφή του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται όταν πλησιάσουμε τους ετερώνυμους πόλους δύο μαγνητών, καθώς και του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται όταν πλησιάσουμε τους ομώνυμους πόλους δύο μαγνητών, προέκυψε ότι οι μαγνητικές γραμμές τείνουν να **βραχυνθούν**, σαν να ήταν λεπτότατα τεντωμένα ελαστικά μικρά νήματα και ότι απωθούνται μεταξύ τους. Από τις ιδιότητες αυτές των μαγνητικών γραμμών προκύπτει ότι μεταξύ των δύο αγωγών του σχήματος 8.1γ αναπτύσσεται ελεκτρική δύναμη.

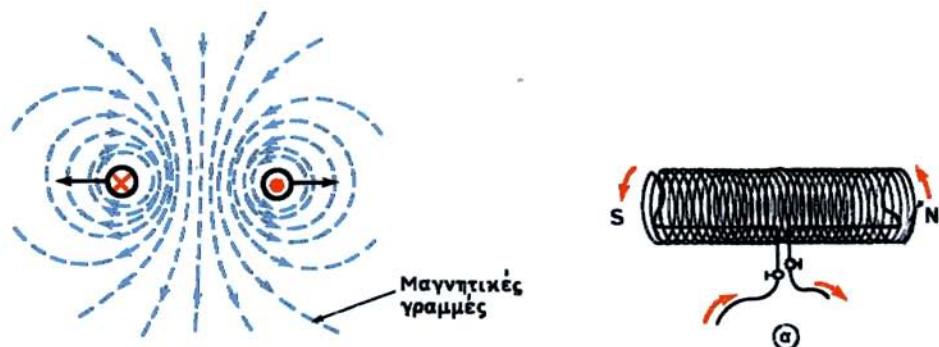
Αν στους δύο παράλληλους ευθύγραμμους αγωγούς διοχετεύσουμε ρεύμα με αντίθετη φορά (σχ. 8.1δ), οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου, που δημιουργείται μεταξύ των δύο αγωγών, θα έχουν τη φορά που φαίνεται στο σχήμα και συνεπώς καθώς απωθούνται μεταξύ τους θα δημιουργήσουν απωστική δύναμη και μεταξύ των αγωγών.

Εάν αντί για δύο παράλληλους ευθύγραμμους αγωγούς έχομε ένα κυκλικό αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα, τότε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τη σχηματιζόμενη σπείρα είναι όμοιο με το μαγνητικό πεδίο των δύο παράλληλων

ευθύγραμμων αγωγών. Αυτό αποδεικνύεται, εάν ο κυκλικός αγωγός διαπεράσει καθέτως ένα φύλλο χαρτιού σε δύο σημεία κατά διάμετρο και πάνω στο χαρτί ρίξουμε ρινίσματα σιδήρου (σχ. 8.1ε).

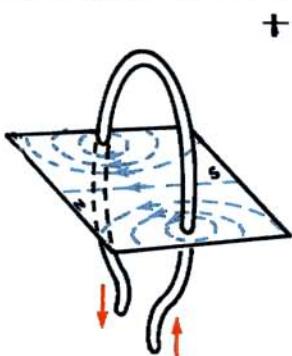
Αν, τέλος, διοχετεύσουμε ρεύμα μέσα σ'ένα πηνίο [σχ. 8.1στ(α)], το οποίο αποτελείται από πολλές κυκλικές σπείρες, που είναι παράλληλες και μονωμένες μεταξύ τους και βρίσκονται σε ίσες μικρές αποστάσεις η μια από την άλλη, θα παρατηρήσουμε ότι τα μαγνητικά πεδία των διαφόρων σπειρών συνθέτονται, για να δώσουν συνολικό μαγνητικό πεδίο, όπως αυτό του σχήματος 8.1στ (β). Οι μαγνητικές γραμμές βαίνουν παράλληλα στο εσωτερικό του πηνίου και σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους (ομοιόμορφο πεδίο), ενώ καμπυλώνονται έξω από το πηνίο, σχηματίζοντας κλειστές καμπύλες, όπως ακριβώς συμβαίνει και στους μαγνήτες. Το πηνίο, λοιπόν, εξομοιώνεται με μαγνήτη. Η θέση εξόδου των μαγνητικών γραμμών από το πηνίο είναι ο βόρειος πόλος και η θέση εισόδου τους μέσα στο πηνίο είναι ο νότιος πόλος.

Για να βρούμε την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών σε ένα πηνίο, εφαρμόζομε τον κανόνα του κοχλία για μια σπείρα, οπότε προσδιορίζομε και την κατεύθυνση του συνολικού μαγνητικού πεδίου, από την οποία καθορίζεται και η θέση του βόρειου και του νότιου πόλου.



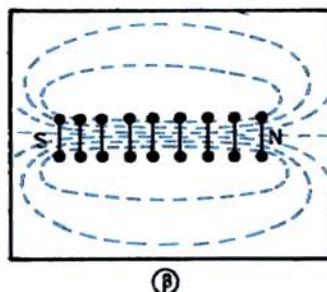
Σχ. 8.15.

Μαγνητικά πεδία παράλληλων ευθύγραμμων αγωγών.



Σχ. 8.1ε.

Μαγνητικό πεδίο κυκλικού αγωγού.



Σχ. 8.1στ.

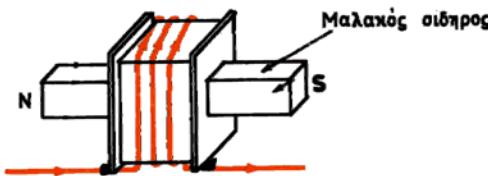
Μαγνητικό πεδίο πηνίου.

8.2 Οι Ηλεκτρομαγνήτες και οι εφαρμογές τους.

Όπως είδαμε στην παράγραφο 7.2, αν μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τοποθετήσουμε ένα κομμάτι από μαλακό σίδηρο, το κομμάτι αυτό εξαιτίας της μεγάλης μαγνητικής του διαπερατότητας, συγκεντρώνει μεγάλο πλήθος από μαγνητικές γραμμές μέσα στη μάζα του.*

Στη θέση, λοιπόν, του κομματιού από μαλακό σίδηρο, το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται είναι πολύ ισχυρότερο από το μαγνητικό πεδίο που υπήρχε πριν από την τοποθέτηση του σιδερένιου κομματιού (πύκνωση των μαγνητικών γραμμών). Είδαμε επίσης στην παράγραφο 8.1, ότι το πηνίο συμπεριφέρεται και ως μαγνήτης και επομένως, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, έλκει τα μαγνητικά υλικά. Η ελκτική δύναμη που ασκεί ένα πηνίο είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος, που ρέει μέσα στις σπείρες του πηνίου και όσο περισσότερες είναι οι σπείρες αυτές. Έτσι η ελκτική δύναμη ενός πηνίου (και επομένως η ένταση του μαγνητικού του πεδίου) είναι ανάλογη πρός το γινόμενο της εντάσεως του ρεύματος επί τον αριθμό των σπειρών. Το γινόμενο αυτό καλείται **αμπερελίγματα**, γιατί οι σπείρες καλούνται και **ελίγματα**.

Εάν συνδυάσουμε τις δύο αυτές παρατηρήσεις και τοποθετήσουμε στο εσωτερικό ενός πηνίου μια σιδερένια ράβδο, θα έχουμε κατασκευάσει **ηλεκτρομαγνήτη** (σχ. 8.2α).



Σχ. 8.2α.
Ηλεκτρομαγνήτης.

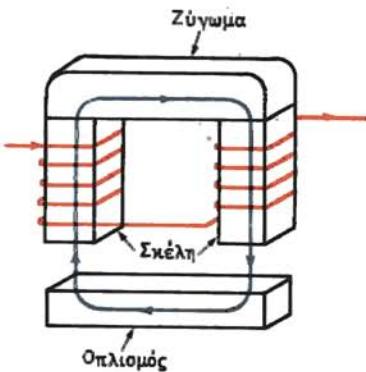
Η σιδερένια ράβδος, η οποία στην περίπτωση των ηλεκτρομαγνητών καλείται **πυρήνας**, ενισχύει το μαγνητικό πεδίο του πηνίου και μετατρέπεται, με τη διέλευση του ρεύματος, σε τέλειο μαγνήτη.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση, που διέρχεται από ορισμένο πηνίο, τόσο περισσότερα μόρια του σιδερένιου πυρήνα προσανατολίζονται και επομένως, τόσο ισχυρότερο γίνεται το μαγνητικό πεδίο. Όταν όμως προσανατολισθούν ολα τα μόρια του πυρήνα, τότε λέμε ότι ο πυρήνας αυτός έχει **κωρεσθεί**/μαγνητικά και δεν ενισχύεται περισσότερο το μαγνητικό πεδίο, αν συνεχίσει να αυξάνεται η ένταση του ρεύματος.

* Ο μαλακός σίδηρος, όπως και κάθε άλλο μαγνητικό υλικό, όταν εισέλθει μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο μαγνητίζεται (παράγρ. 7.1 και σχ. 7.1γ), δηλαδή τα μόριά του προσανατολίζονται προς την κατεύθυνση του πεδίου (στοιχειώδεις μαγνήτες). Έτσι σχηματίζονται μαγνητικές γραμμές στο εσωτερικό, οι οποίες συνδέονται με τις μαγνητικές γραμμές του εξωτερικού πεδίου, που κάμπτονται για να καταλήξουν στο κομμάτι του μαλακού σιδήρου. Τούτο δεν συμβαίνει βέβαια στα μη μαγνητικά υλικά (χαλκός, αλουμίνιο).

Όταν παύσει να διέρχεται ρεύμα μέσα από το πηνίο, ο σιδερένιος πυρήνας απομαγνητίζεται σχεδόν τελείως (πράγμα που δεν θα συνέβαινε, όπως γνωρίζομε, εάν το υλικό του πυρήνα ήταν χάλυβας). [Εκτός από τις μεθόδους απομαγνητίσεως ενός μόνιμα μαγνητισμένου σώματος, που έχουν περιγραφεί στην παράγραφο 7.2, υπάρχει και η ακόλουθη, η οποία χρησιμοποιείται για την απομαγνήτιση εργαλείων, ρολογιών κλπ. Το πρός απομαγνήτιση αντικείμενο τοποθετείται μέσα σε πηνίο, που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και ανασύρεται από αυτό σιγά-σιγά. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται, έως ότου το αντικείμενο απομαγνητισθεί πλήρως].

Οι ηλεκτρομαγνήτες έχουν πολλές εφαρμογές στην τεχνική και κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και μορφές, που αποτελούν, όμως, παραλλαγές της βασικής μορφής, που φαίνεται στο σχήμα 8.2β, δηλαδή αποτελούνται: α) Από δύο **σκέλη** σιδερένια, τα οποία συνδέονται με ένα **ζύγωμα**, ώστε να σχηματίζουν πυρήνα σχήματος Π. β) Από δύο πηνία, που περιβάλλουν τα σκέλη του πυρήνα και συνδέονται έτσι, ώστε με τη διέλευση του ρεύματος να εμφανισθούν δύο αντίθετοι πόλοι στα άκρα των σκελών και γ) από ένα κομμάτι από μαλακό σίδηρο, που καλείται **οπλισμός** του ηλεκτρομαγνήτη και είναι κινητό. Το κομμάτι αυτό έρχεται σε επαφή με τους πόλους του ηλεκτρομαγνήτη λόγω της έλξεως, που δημιουργούν οι πόλοι με τη διέλευση του ρεύματος. Ο υπλισμός, που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια των πόλων, δημιουργεί ένα **κλειστό μαγνητικό κύκλωμα**, ώστε οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου να διέρχονται μόνο μέσα από σιδηρένιες μάζες, οι οποίες, όπως γνωρίζομε, έχουν μεγάλη μαγνητική διαπερατότητα και ενισχύουν το μαγνητικό πεδίο.

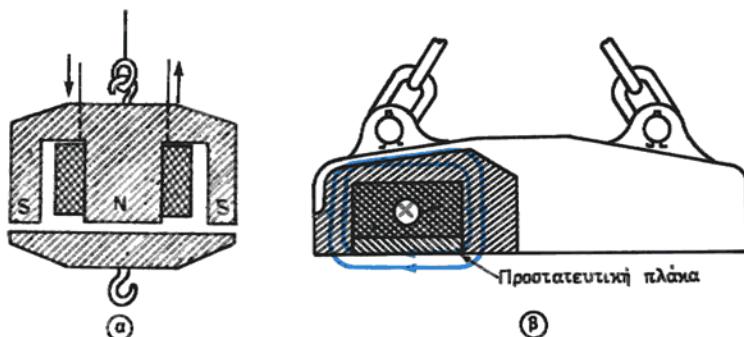


Σχ. 8.2β.
Ηλεκτρομαγνήτης με οπλισμό.

Οι ηλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιούνται όπου και οι μόνιμοι μαγνήτες (παράγρ. 7.2), έχουν όμως δυνατότητες να εξασκήσουν πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις, καθώς και σε διάφορους άλλους τομείς της τεχνικής. Έτσι, με τους ηλεκτρομαγνήτες είναι δυνατή η ανύψωση βαρών πολλών τόνων (αντικείμενα από σιδηρομαγνητικά υλικά). Στο σχήμα 8.2γ φαίνονται δύο ηλεκτρομαγνήτες ανυψώσεως βαρών, οι οποίοι έχουν σχήμα χύτρας. Ο ένας ηλεκτρομαγνήτης [σχ. 8.2γ(α)] έχει το ένα

σκέλος του πυρήνα, το οποίο περιβάλλεται από το πηνίο, στον άξονα, ενώ το άλλο σκέλος έχει σχήμα κοίλου κυλίνδρου και περιβάλλει το πηνίο. Ο άλλος ηλεκτρομαγνήτης [σχ. 8.2γ(β)] έχει ένα περιβλήμα από χυτοσίδηρο, μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένος ο πυρήνας και το πηνίο. Για την προστασία του πηνίου από τα σιδερένια κομμάτια που εκτινάζονται, υπάρχει μια πλάκα από μη μαγνητικό υλικό. Επειδή, όταν παύσει να διέρχεται ρεύμα μέσα από το πηνίο, ο οπλισμός ή το ανυψωνόμενο φορτίο δεν απομαγνητίζονται τελείως αμέσως (**παραμένων μαγνητισμός**), το φορτίο δεν αποσπάται γρήγορα. Για τη γρήγορη απόσπαση του φορτίου από τον ηλεκτρομαγνήτη, στους ηλεκτρομαγνήτες ανυψώσεως βαρών που τροφοδοτούνται πάντοτε με συνεχές ρεύμα, υπάρχει διάταξη αντιστροφής των πόλων.

Οι ηλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιούνται, επίσης, στην κατασκευή συνδέσμων (**ηλεκτρομαγνητικοί σύνδεσμοι**), που χρησιμεύουν στη μετάδοση ροπών στρέψεως, στην κατασκευή ηλεκτρομαγνητικών φρένων για τη γρήγορη πέδηση (φρενάρισμα) κινητήρων, στην κατασκευή διατάξεων για ισχυρή συγκράτηση κομματιών από μαγνητικό υλικό, ώστε να διευκολύνεται η κατεργασία τους στις εργαλειομηχανές κλπ.

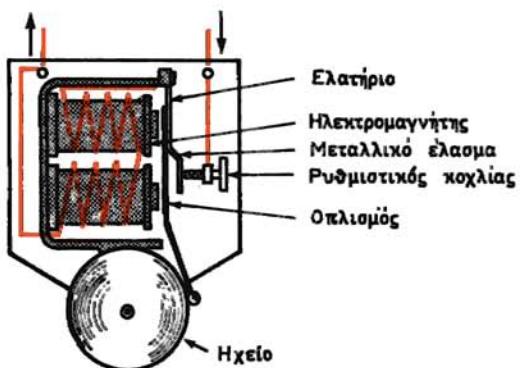


Σχ. 8.2γ.
Ηλεκτρομαγνήτες ανυψώσεως βαρών.

Άλλη εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητών είναι τα ηλεκτρικά κουδούνια. Αποτελούνται από ένα ηλεκτρομαγνήτη (σχ. 8.2δ), του οποίου ο οπλισμός διατηρείται σε ορισμένη απόσταση από τους πόλους του με τη βοήθεια ελατηρίου. Επάνω στον οπλισμό είναι στερεωμένο ένα μικρό μεταλλικό έλασμα. Τούτο βρίσκεται σε επαφή με ένα κοχλία ρυθμίσεως, όταν δεν λειτουργεί το κουδούνι (δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα από τον ηλεκτρομαγνήτη). Όταν διέλθει ρεύμα από το κύκλωμα, τούτο θα περάσει από το ρυθμιστικό κοχλία, από το έλασμα που βρίσκεται σε επαφή με την αιχμή του, από τον οπλισμό και το ελατήριο συγκρατήσεώς του και, τέλος, από τις σπείρες των πηνίων του ηλεκτρομαγνήτη. Ο πυρήνας του ηλεκτρομαγνήτη μαγνητίζεται και έλκει τον οπλισμό του, με αποτέλεσμα να παύει και η επαφή μεταξύ του μικρού έλασματος και της αιχμής του ρυθμιστικού κοχλία, απότελος της ηλεκτρικής κύκλωμας διακόπτεται. Με τη διακοπή του κυκλώματος, δεν κυκλοφορεί

ρεύμα μέσα στον ηλεκτρομαγνήτη, ο οπλισμός του επανέρχεται στην αρχική του θέση με τη δύναμη του ελατηρίου, οπότε και το μικρό έλασμα εφάπτεται πάλι με το ρυθμιστικό κοχλία και κλείνει ξανά το ηλεκτρικό κύκλωμα· έτσι επαναλαμβάνεται όλη η διαδικασία από την αρχή. Με τον τρόπο αυτόν ο οπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη κινείται παλινδρομικά με ταχύτητα που ρυθμίζεται από το ρυθμιστικό κοχλία. Ο κοχλίας αυτός, καθώς μετακινείται, ελαττώνει ή αυξάνει την απόσταση του οπλισμού από τους πόλους και το μήκος της συνολικής διαδρομής του. Επάνω στον οπλισμό είναι στερεωμένο μικρό σφυράκι το οποίο προσκρούει σε μεταλλικό ηχείο (καμπανάκι) κάθε φορά που έλκεται ο οπλισμός.

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



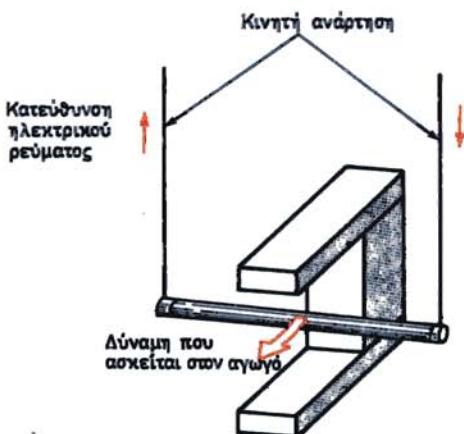
Σχ. 8.25.
Ηλεκτρικό κουδούνι.

8.3 Αγωγός και πηνία που διαρρέονται από ρεύμα μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

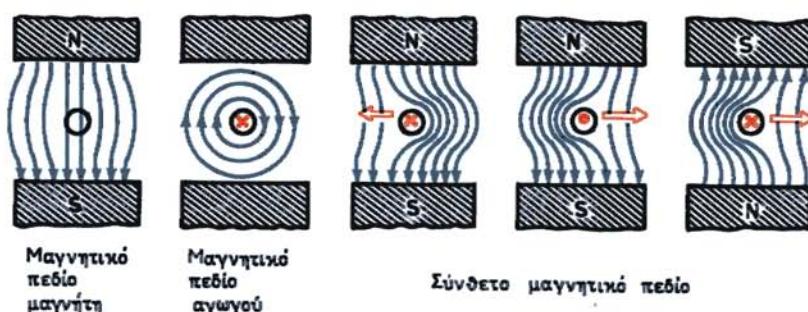
Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, στον ηλεκτρομαγνητισμό μελετούνται τόσο οι επιδράσεις των ρευμάτων στους μαγνήτες όσο και οι επιδράσεις των μαγνητών στα ρεύματα. Έτσι, στην παράγραφο 8.1 π.χ. είδαμε ότι ένας αγωγός, που διαρρέεται από ρεύμα, δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο και επιδρά στη μαγνητική βελόνα. Αν τώρα τοποθετήσουμε έναν αγωγό μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη με τη βοήθεια της διατάξεως του σχήματος 8.3a, θα παρατηρήσουμε ότι, όσο δεν διέρχεται ρεύμα από τον αγωγό, το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη δεν ασκεί καμιά επίδραση στον αγωγό. Μόλις όμως διέλθει ρεύμα, ασκείται ορισμένη δύναμη στον αγωγό, η οποία τον αναγκάζει να αποκλίνει από τη θέση ισορροπίας του (την κατακόρυφη). Η κατεύθυνση της δυνάμεως, και επομένως της αποκλίσεως, εξαρτάται από την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου του μαγνήτη και από την κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος (του μαγνητικού πεδίου του ρεύματος). Η εμφάνιση της δυνάμεως, που προκαλεί την αποκλίση του αγωγού, εξηγείται, εάν θυμηθούμε τις ιδιότητες των μαγνητικών γραμμών (παράγρ. 8.1) και εάν, συνθέτοντας το μαγνητικό πεδίο του αγωγού με το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη, σχηματίσο-

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

Η κατεύθυνση της δυνάμεως, που ασκείται στον αγωγό, μπορεί να βρεθεί πρακτικά με τη βοήθεια του κανόνα του **αριστερού χεριού**. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, εάν τοποθετήσουμε το αριστερό μας χέρι έτσι, ώστε οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη να κατευθύνονται από το βόρειο πόλο κάθετα προς την εσωτερική επιφάνεια της παλάμης μας και τα τέσσερα τεντωμένα, δάκτυλα να κατευθύνονται προς την κατεύθυνση του ρεύματος, το μεγάλο δάκτυλο τεντωμένο θα δείχνει την κατεύθυνση της δυνάμεως, που ασκείται στον αγωγό (σχ. 8.3γ). [Σε ρευματοφόρο αγωγό, που είναι τοποθετημένος μέσα σε μαγνητικό πεδίο ασκείται



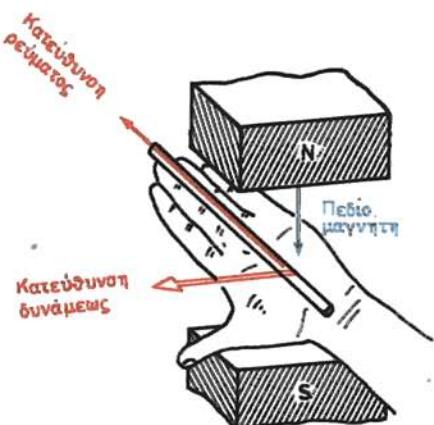
Σχ. 8.3α.
Ηλεκτρικός αγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο.



Σχ. 8.3β.
Αγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

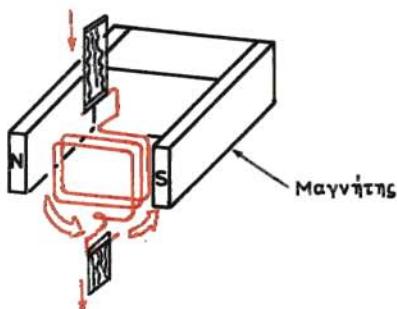
δύναμη, εφόσον ο αγωγός τοποθετηθεί κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές και όχι παράλληλα με αυτές. Η δύναμη αυτή είναι κάθετη τόσο προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη, όσο και προς τον αγωγό, και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα, όσο ισχυρότερο είναι το μαγνητικό

πεδίο και όσο μεγαλύτερο μήκος του αγωγού βρίσκεται μέσα στο πεδίο]. Αν στη θέση του αγωγού τοποθετήσουμε ένα πηνίο μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη, όπως δείχνει το σχήμα 8.3δ, τότε στο πηνίο θα αναπυρχθεί ροπή στρέψεως, η υποία εξηγείται, όπως και προηγουμένως, αν εξετάσουμε το σύνθετο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται. Σε κάθε σπείρα του πηνίου επενεργούν δύο δυνάμεις, μία σε κάθε πλευρά της, όπως εξηγήσαμε προηγουμένως: οι δυνάμεις αυτές είναι **κάθετες** προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη. Οι δύο αυτές δυνάμεις δημιουργούν ζεύγος δυνάμεων, που προκαλεί την περιστροφή της σπείρας. Με κάθε σπείρα του πηνίου περιστρέφεται ταυτόχρονα και ολόκληρο το πηνίο. Η περιστροφή του πηνίου σταματά, όταν τούτο έλθει σε τέτοια θέση, ώστε το μαγνητικό του πεδίο να είναι παράλληλο προς το πεδίο του μαγνήτη.



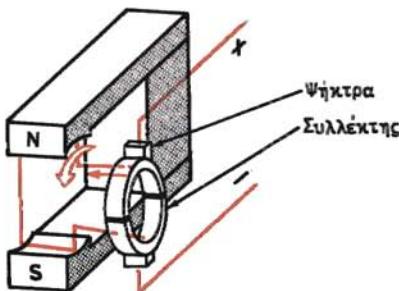
Σχ. 8.3γ.
Κανόνας του αριστερού χεριού.

Η περιστροφή μιας σπείρας και συνεπώς και ενός πηνίου, είναι δυνατόν να μην σταματά, αν συνδέσουμε την αρχή της με ημιδακτύλιο από χαλκό και το τέλος της με άλλο ημιδακτύλιο από χαλκό, ο οποίος είναι ηλεκτρικά μονωμένος από τον πρώτο και σχηματίζει με αυτόν πλήρη δακτύλιο (σχ. 8.3ε). Το πλήρες σύστημα αποτελεί την υπλή μορφή **συλλέκτη** (παράγρ. 12.1). Ο συλλέκτης περιστρέφεται μαζί με τη σπείρα. Το συνεχές ρεύμα, που τροφοδοτεί τη σπείρα, διέρχεται μέσα απ' αυτόν, αφού προηγουμένως διέλθει από δύο σταθερά πρισματικά αγώγιμα τεμάχια (από άνθρακα), που εφάπτονται συνεχώς με το συλλέκτη και καλούνται **ψήκτρες**, (παράγρ. 12.1). Όταν η σπείρα καθώς περιστρέφεται υπερβεί λίγο, εξαιτίας της αδράνειας, τη θέση στην οποία παύει η περιστροφή, με τη βοήθεια του συλλέκτη αντιστρέφεται η φορά του ρεύματος. Έτσι, στην περιοχή κάθε πάλου του μαγνήτη βρίσκεται μια πλευρά της σπείρας με την ίδια φορά ρεύματος, όπότε η περιστροφή συνεχίζεται. Η διάταξη αυτή χρησιμοποιείται στους ηλεκτρικούς **κινητήρες** συνεχούς ρεύματος, όπως θα δούμε στην παράγραφο 12.1, όπου επάνω σε ένα κυλινδρικό πυρήνα από σίδηρο (για την ενίσχυση του πεδίου) στερεώνονται πολλές σπείρες (που κάνουν ισχυρότερη τη ροπή στρέψεως και ομαλότερη την περιστροφή), οι οποίες συνδέονται με το συλλέκτη.



Σχ. 8.3δ.

Πήνιο μέσα σε μαγνητικό πεδίο μαγνήτη.

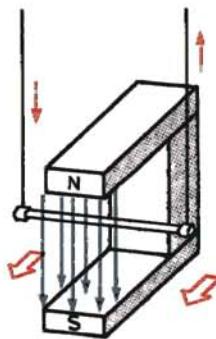


Σχ. 8.3ε.

Συνεχής περιστροφή σπείρας
μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

8.4 Παραγωγή ρεύματος εξ επαγωγής.

Αν τοποθετήσουμε έναν αγωγό μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη, όπως είδαμε και στην παράγραφο 8.3, και μετακινήσουμε τον αγωγό αυτόν έτσι, ώστε να τέμνει τις μαγνητικές γραμμές, θα παρατηρήσουμε ότι κατά τη μετακίνηση δημιουργείται στα άκρα του αγωγού διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση). Η ηλεκτρική αυτή τάση καλείται **τάση εξ επαγωγής** και το φαινόμενο **ηλεκτρομαγνητική επαγωγή** (σχ. 8.4a).

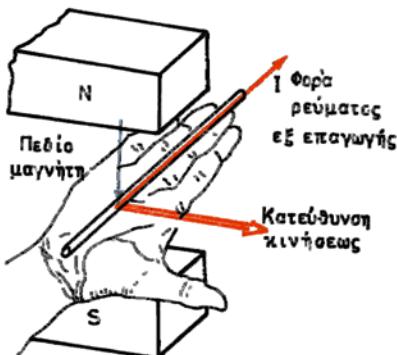


Σχ. 8.4α.

Κίνηση αγωγού μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

Το φαινόμενο αυτό είναι ακριβώς αντίθετο από το φαινόμενο, που εξετάσαμε στην παράγραφο 8.3. Εκεί η διέλευση ρεύματος μέσα από έναν αγωγό, που ήταν τοποθετημένος κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου ενός μαγνήτη, είχε ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση του αγωγού κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές. Εδώ όμως η κίνηση του αγωγού προς την (ίδια κατεύθυνση (που μοιάζει σα να θέλομε να κόψουμε, με τον αγωγό, τις μαγνητικές γραμμές) έχει ως αποτέλεσμα

να εμφανισθεί, κατά τη διάρκεια της κινήσεως, τάση από επαγωγή, δηλαδή, ηλεκτρεγερτική δύναμη Η ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη προκαλεί, όταν κλείσομε 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 τοποθετήσομε το δεξί μας χέρι έτσι, ώστε οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη να κατευθύνονται από το βόρειο πόλο κάθετα προς την εσωτερική επιφάνεια της παλάμης και το μεγάλο δάκτυλο τεντωμένο να κατευθύνεται προς την κατεύθυνση της κινήσεως, τα τέσσερα τεντωμένα δάκτυλα θα δείχνουν τη φορά του ρεύματος εξ επαγωγής (σχ. 8.4β). Βλέπομε, λοιπόν, ότι η κίνηση αγωγών μέσα σε μαγνητικό πεδίο δημιουργεί ηλεκτρεγερτική δύναμη, της οποίας η φορά εξαρτάται από την κατεύθυνση της κινήσεως και από την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου. Η εξ επαγωγής τάση είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη

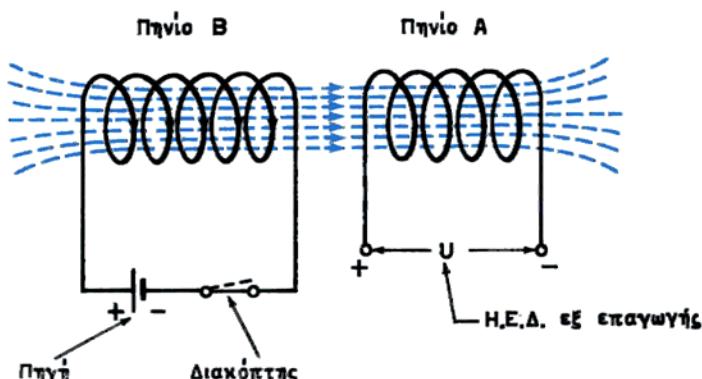


Σχ. 8.4β.
Κανόνας του δεξιού χεριού.

είναι η ταχύτητα του κινούμενου αγωγού, δύο ισχυρότερο είναι το μαγνητικό πεδίο και δύο μεγαλύτερο είναι το μήκος του αγωγού, που βρίσκεται μέσα στο πεδίο. Τάση εξ επαγωγής εμφανίζεται και στην περίπτωση κατά την οποία δεν 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 σπείρες ενός πηνίου, όταν αυτό περιστρέφεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Στην περίπτωση αυτή μεταβάλλεται το πλήθος των μαγνητικών γραμμών, οι οποίες περιβάλλονται από τις σπείρες του πηνίου. Η παραγωγή ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως (Η.Ε.Δ.) εξ επαγωγής χρησιμοποιείται στην κατασκευή **ηλεκτρικών γεννητριών** (Κεφάλ. 12 και 13), όπου επάνω σε έναν κυλινδρικό πυρήνα στερεώνονται πολλές σπείρες, που συνδέονται κατάλληλα, ώστε να προσθέτονται οι Η.Ε.Δ. που αναπτύσσονται.

Το φαινόμενο της παραγωγής ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως εξ επαγωγής δεν παρατηρείται, όπως είναι φυσικό, μόνο μέσα σε μαγνητικά πεδία μαγνητών, αλλά και μέσα σε μαγνητικά πεδία, που προέρχονται από τη ροή ηλεκτρικών ρευμάτων. Έτσι, αν τοποθετήσομε ένα πηνίο Α κοντά σε ένα άλλο πηνίο Β, το οποίο μπορεί να συνδεθεί με πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, κάθε φορά που συνδέεται το πηνίο αυτό Β με 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 δεν περιβάλλουν 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 δυνάμεως 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 το πηνίο Β, που δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο, αποσυνδέεται από την πηγή (οι μαγνητικές γραμμές ελαττώνονται απότομα μέχρι που μηδενίζονται). Ή όταν αυξομειώνεται η ένταση του ρεύματος, που διέρχεται από το πηνίο αυτό (αυξομείωση του πλήθους των μαγνητικών γραμμών).

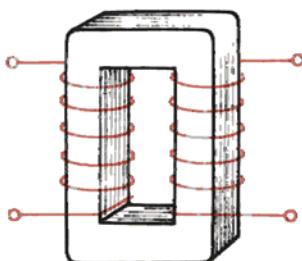


Σχ. 8.4γ.
Παραγωγή ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως εξ επαγωγής.

Όταν τα 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 το 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 το 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 το άθροισμα των τάσεων εξ επαγωγής, οι οποίες αναπτύσσονται σε κάθε σπείρα του.**

Εφαρμογή του φαινόμενου της επαγωγής είναι ο **πολλαπλασιαστής**, που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα για την παραγωγή μεγάλων τάσεων, που χρησιμεύουν για να δημιουργηθούν ηλεκτρικοί σπινθήρες στους σπινθηριστές (μπουζιά). Ο πολλαπλασιαστής αποτελείται από δύο πηνία τυλιγμένα επάνω σε κοινό πυρήνα (σχ. 8.4δ). Το ένα πηνίο συνδέεται και αποσυνδέεται διαδοχικά (με τη βοήθεια ενός διακόπτη) με 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 υψηλή τάση (μερικές χιλιάδες βολτ) στα άκρα του πηνίου, που συνδέονται με τους σπινθηριστές, δημιουργείται ηλεκτρικός σπινθήρας.

Άλλη συσκευή, όμοια με τη συσκευή του σχήματος 8.4δ, χρησιμοποιείται για το μετασχηματισμό τάσεως ορισμένης τιμής σε τάση άλλης τιμής και καλείται **μετασχηματιστής** (Κεφάλ. 14). Στην περίπτωση αυτή, το ένα πηνίο δεν συνδέεται και αποσυνδέεται διαδοχικά από την πηγή, αλλά τροφοδοτείται χωρίς διακοπές από μια πηγή, η οποία, όμως, είναι πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος. Έτσι, το μαγνητικό πεδίο, που δημιουργείται, αυξομειώνεται συνεχώς, με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται συνεχώς στο άλλο πηνίο τάση εξ επαγωγής, που θα αυξομειώνεται και αυτή συνεχώς (εναλλασσόμενη τάση)



Σχ. 8.4δ.
Πηνία με κοινό πυρήνα.

Με τη μεταβολή του πλήθους των μαγνητικών γραμμών ενός πεδίου, τάση εξ επαγωγής δεν δημιουργείται μόνο στις σπείρες, που βρίσκονται μέσα στο πεδίο, αλλά και στους σιδερένιους πυρήνες που βρίσκονται μέσα σ' αυτό. Ο σιδερένιος πυρήνας, ως αγώγιμο σώμα, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από πολλές κλειστές σπείρες, στις οποίες θα κυκλοφορήσουν ρεύματα εξ επαγωγής. Τα ρεύματα αυτά καλούνται **δινορρεύματα**, γιατί κυκλοφορούν μέσα στη μάζα του πυρήνα, χωρίς να ακολουθούν κανένα καθορισμένο δρόμο. Τα δινορρεύματα, επειδή δεν συναντούν μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση στην αγώγιμη μάζα του πυρήνα, είναι σημαντικά και έχουν ως αποτέλεσμα τή θέρμανση του σιδερένιου πυρήνα (παράγρ. 15.1).

8.5 Αυτεπαγωγή.

Τάση εξ επαγωγής σε ένα πηνίο δεν αναπτύσσεται μόνο όταν οι σπείρες του περιβάλλουν τις μεταβαλλόμενες σε πλήθος μαγνητικές γραμμές του πεδίου ενός μαγνήτη ή ενός άλλου πηνίου, αλλά και όταν περιβάλλουν τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, που δημιουργείται από το ίδιο το πηνίο, αν διέλθει διαμέσου του ηλεκτρικό ρεύμα. Για το λόγο αυτό, αν συνδέσουμε πηνίο με πηγή (συνεχούς ρεύματος), τη στιγμή ακριβώς της συνδέσεως που οι μαγνητικές γραμμές αναπτύσσονται με τη διόδο του ρεύματος, δημιουργείται τάση εξ επαγωγής, της οποίας η φορά είναι αντίθετη προς τη φορά της τάσεως της πηγής. Επειδή η τάση αυτή εξ επαγωγής οφείλεται στο μαγνητικό πεδίο του ίδιου του πηνίου, καλείται ειδικότερα τάση **εξ αυτεπαγωγής**. Τη στιγμή της συνδέσεως με την πηγή, η τάση εξ αυτεπαγωγής είναι ίση κατά μέγεθος με την τάση της πηγής, οπότε, επειδή έχει αντίθετη

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, οπότε και η τάση εξ αυτεπαγωγής 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 αυτεπαγωγής 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 η όχι κλπ. Κάθε πηνίο λοιπόν ή, γενικότερα, κάθε κύκλωμα, χαρακτηρίζεται από ένα μέγεθος, που καλείται **αυτεπαγωγή** και μετρείται με μονάδες, που ονομάζονται **ανρύ** (από το όνομα του αμερικανού φυσικού Henry).

'Ενα πηνίο έχει αυτεπαγωγή 1 ανρύ, αν αναπτύσσεται σ' αυτό τάση 1 βολτ, όταν διαρρέεται από ρεύμα που μεταβάλλεται (αυξάνεται ή ελαττώνεται) κατά 1 αμπέρ ανά δευτερόλεπτο.

Ως σύμβολο της μονάδας ανρύ χρησιμοποιείται το κεφαλαίο λατινικό γράμμα Ή. Το φαινόμενο της αυτεπαγωγής 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 αυτεπαγωγής έχει την ίδια φορά με την τάση της πηγής.

8.6 Ερωτήσεις.

- Πώς προσδιορίζεται η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, που σχηματίζεται γύρω από ένα ρευματοφόρο αγωγό;
- Τι δυνάμεις αναπτύσσονται μεταξύ δύο παράλληλων αγωγών, που διαρρέονται από ρεύματα της ίδιας φοράς, και τι δυνάμεις μεταξύ δύο παράλληλων αγωγών που διαρρέονται από ρεύματα αντίθετης φοράς;
- Τι είναι τα αμπερελίγματα;
- Από τι αποτελείται βασικά ο ηλεκτρομαγνήτης και πώς κατασκευάζεται στην πράξη;
- Ποιος ο προορισμός του σιδερένιου πυρήνα στους ηλεκτρομαγνήτες;
- Πώς προσδιορίζεται ο βόρειος και ο νότιος πόλος στο πηνίο;
- Αναφέρετε τις κυριότερες εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών.
- Τι θα συμβεί, εάν αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα τοποθετηθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο;
- Ποιος είναι ο κανόνας του αριστερού χεριού;
- Από τι εξαρτάται η κατεύθυνση της δυνάμεως που ασκείται στους ρευματοφόρους αγωγούς, που βρίσκονται μέσα σε μαγνητικά πεδία;
- Πώς επιτυγχάνεται η συνεχής περιστροφή μιας σπείρας, που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, μέσα σε μαγνητικό πεδίο;
- Πώς είναι δυνατόν να αναπτυχθεί σε αγωγό ηλεκτρική τάση με τη βοήθεια μαγνητικού πεδίου;
- Ποιος είναι ο κανόνας του δεξιού χεριού;
- Από τι εξαρτάται το μέγεθος της τάσεως εξ επαγωγής, που αναπτύσσεται σε ένα πηνίο που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός άλλου πηνίου;
- Αναφέρετε εφαρμογές του φαινομένου της επαγωγής.
- Τι είναι τα δινορρεύματα και πότε δημιουργούνται;
- Ποια η φορά της τάσεως εξ αυτεπαγωγής;
- Πώς ορίζεται η μονάδα ανρύ και πώς συμβολίζεται;

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

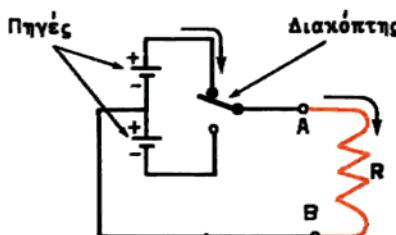
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

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

Εναλλασσόμενο λέγεται το ηλεκτρικό ρεύμα, του οποίου μεταβάλλεται περιοδικώς η φορά και η ένταση.

Αν έχουμε δυο πηγές συνεχούς ρεύματος και τις συνδέσουμε, όπως δείχνει το σχήμα 9.1a, τότε, αν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση που έχει και στο σχήμα, το ρεύμα θα κυκλοφορήσει στην αντίσταση R από το σημείο A προς το σημείο B. Εάν ο διακόπτης μετατεθεί στην άλλη θέση, που συνδέει την άλλη πηγή, το ρεύμα θα κυκλοφορήσει από το σημείο B προς το σημείο A. Εάν ο διακόπτης μετακινείται συνεχώς και καταλαμβάνει διαδοχικά πότε τη μια και πότε την άλλη θέση, θα δημιουργηθεί στην αντίσταση R εναλλασσόμενη ροή ηλεκτρονίων, η οποία αποτελεί το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Τη στιγμή ακριβώς που ο διακόπτης συνδέει το κύκλωμα του σχήματος 9.1a με τη μια πηγή, αρχίζει ή κίνηση των ηλεκτρονίων προς τη μια κατεύθυνση (π.χ. από το σημείο A προς το σημείο B); τη στιγμή που ο διακόπτης αποσυνδέει την πηγή, σταματά η κίνηση αυτή, οπότε λέμε ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα έχει κάνει μια **θετική εναλλαγή ή θετική ημιπερίοδο**.

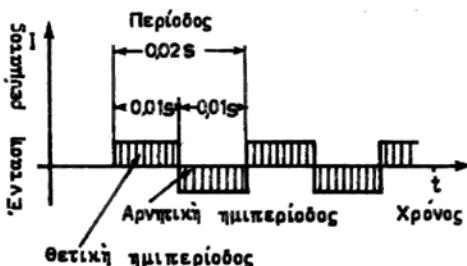


Σχ. 9.1a.
Διάταξη παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος.

Μόλις ο διακόπτης λάβει την άλλη θέση και συνδέσει την αντίσταση με την άλλη πηγή, αρχίζει η κίνηση των ηλεκτρονίων από το σημείο B προς το A. Η κίνηση

αυτή σταματά, όταν ο διακόπτης αποσυνδέει την πηγή αυτή για να καταλάβει πάλι την προηγούμενη θέση. Τότε λέμε ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα έχει κάνει μια **αρνητική εναλλαγή ή αρνητική ημιπερίοδο**.

Δύο διαδοχικές εναλλαγές (μια θετική και μια αρνητική) αποτελούν μια **περίοδο**. Ο χρόνος, που παρέχεται για να πραγματοποιηθεί μια πλήρης περίοδος, καλείται **διάρκεια της περιόδου**, συμβολίζεται με το κεφαλαίο γράμμα T και μετριέται σε δευτερόλεπτα. Αν παραστήσουμε γραφικά τη μεταβολή της εντάσεως του ρεύματος με το χρόνο, θα έχουμε το σχήμα 9.1β. Στο σχήμα αυτό κάθε ημιπερίοδος διαρκεί 0,01 του δευτερολέπτου, οπότε η περίοδος διαρκεί 0,02 του δευτερολέπτου.



Σχ. 9.1β.
Εναλλασσόμενο ρεύμα.

Το πλήθος των περιόδων, που πραγματοποιεί το εναλλασσόμενο ρεύμα κατά τη διάρκεια ενός δευτερολέπτου, καλείται **συχνότητα** του εναλλασσόμενου ρεύματος, συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα f και μετριέται σε μονάδες **χερτς** (από το όνομα του γερμανού φυσικού Hertz) με σύμβολο το Hz.

Η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι 1 Hz, όταν η περίοδος του διαρκεί 1 s.

Ισοδύναμη με την μονάδα Hz είναι και η έκφραση, που χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί του Hz, **περίοδοι ανά δευτερόλεπτο ή κύκλοι ανά δευτερόλεπτο** και έχει ως σύμβολο το c/s ή c.p.s.

Η συχνότητα στην περίπτωση του σχήματος 9.1β βρίσκεται αν διαιρέσουμε το 1 s με τη διάρκεια της περιόδου, που είναι 0,02 s, και είναι (ση προς $1/0,02 = 100/2 = 50$ Hz ή 50 περιόδους ανά δευτερόλεπτο. Είναι, δηλαδή, πάντοτε:

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

Η συχνότητα του βιομηχανικού ρεύματος (**βιομηχανική συχνότητα**), που χρησιμοποιείται για φωτισμό και κίνηση, είναι στην Ευρώπη γενικά (ση προς 50 Hz, ενώ στην Αμερική είναι 60 Hz).

Στους ηλεκτρικούς σιδηροδρομούς χρησιμοποιείται η συχνότητα 16 2/3 Hz, ενώ στην τηλεφωνία χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενα ρεύματα συχνότητας 300 Hz ως 3400 Hz. Τέλος, στη ραδιοφωνία και τηλεόραση χρησιμοποιούνται πολύ μεγαλύτερες συχνότητες, που για να παρασταθούν με αριθμούς συνήθους μεγέθους

καθιερώθηκαν τα παρακάτω πολλαπλάσια της μονάδας Hz:

α) Το **κιλοχέρτς**, ίσο προς 1000 Hz και συμβολίζεται KHz.

β) Το **μεγαχέρτς**, ίσο προς 1000 kHz και συμβολίζεται: MHz.

Ανάλογα με τον τρόπο, που μεταβάλλεται η ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος κατά τη διάρκεια της περιόδου, προκύπτουν οι διάφορες μορφές του, που παριστάνονται γραφικά με διάφορες καμπύλες.

Τα εναλλασσόμενα ρεύματα, που χρησιμοποιούνται στην πράξη, έχουν όλα **ημιτονοειδή μορφή** (κατά μεγάλη προσέγγιση).

Αν μέσα σ' ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο περιστραφεί με σταθερή ταχύτητα αγώγιμη σπείρα, ή τάση εξ επαγωγής, που θα αναπτυχθεί στη σπείρα αυτή, θα είναι εναλλασσόμενη και θα έχει ημιτονοειδή μορφή. Η τάση εξ επαγωγής, δηλαδή, δεν αλλάζει μόνο φορά κατά την περιστροφή, αλλά και μέγεθος, γιατί μεταβάλλεται το πλήθος των μαγνητικών γραμμών, που αποκόπτει η περιστρεφόμενη σπείρα, όπως θα εξηγηθεί στην επόμενη παράγραφο. Η μεταβολή του μεγέθους της τάσεως αυτής με το χρόνο, αν παρασταθεί γραφικά, θα μας δώσει **ημιτονοειδή καμπύλη** (σχ. 9.1γ)

Ημιτονοειδής είναι η καμπύλη που προκύπτει, αν σε ένα σύστημα συντεταγμένων πάρομε ως τετμημένες διάφορες γωνίες και ως τεταγμένες τις τιμές των αντίστοιχων ημιτόνων και ενώσομε τα σχετικά σημεία.

9.2 Μέγιστη τιμή και ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος.

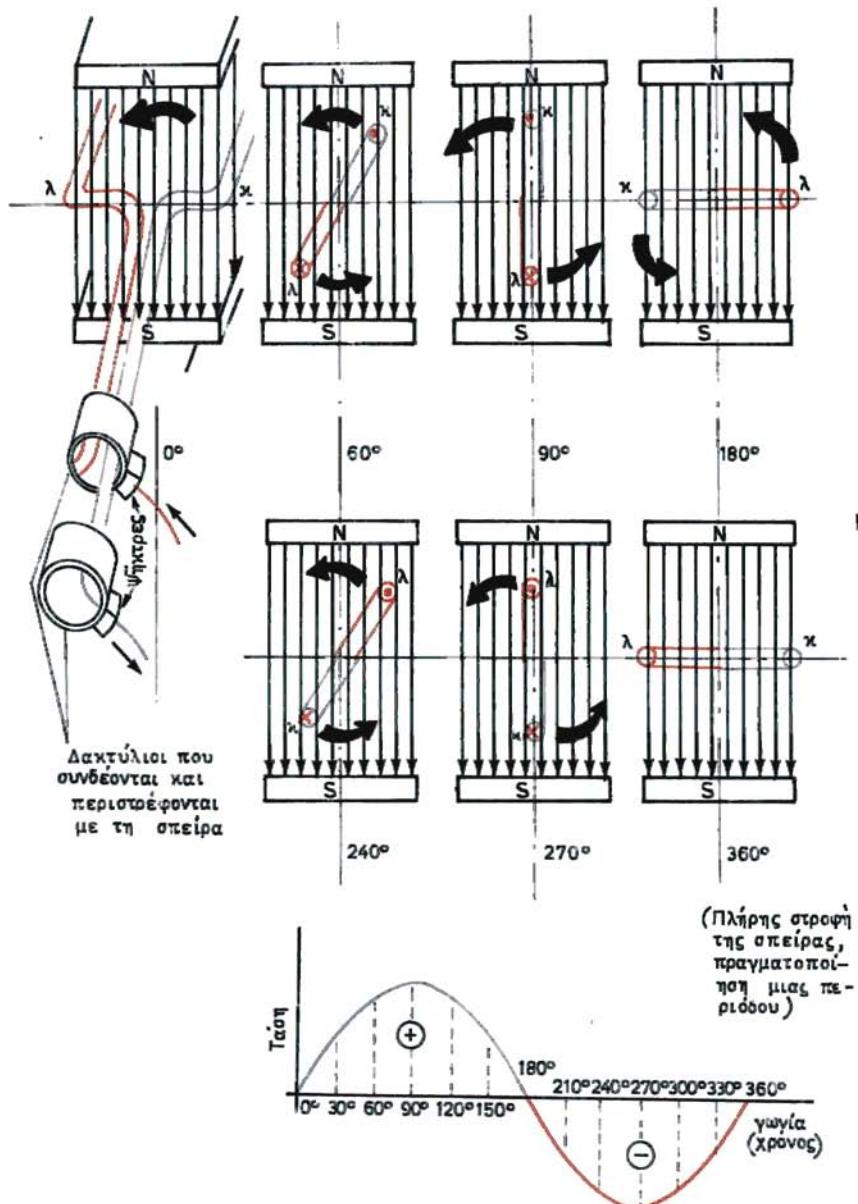
Η ημιτονοειδής τάση, ή το ημιτονοειδές ρεύμα, όπως φαίνεται από το σχήμα 9.1γ, παρουσιάζει, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, μια **μέγιστη θετική τιμή**, μια **μέγιστη αρνητική τιμή** ίση κατά μέγεθος με τη μέγιστη θετική τιμή, και διάφορες άλλες **σπιγμαίες** τιμές. Κάθε σπιγμαία τιμή θα είναι ίση με:

U . ημα

όπου: U είναι η μέγιστη τιμή και a η αντίστοιχη γωνία στροφής.

Πραγματικά, αν η σπείρα του σχήματος 9.1γ περιστραφεί με σταθερή ταχύτητα, όπως δείχνει το σχήμα αυτό, στην αρχή οι αγωγοί της και λ θα κινηθούν με κατεύθυνση παράλληλη προς τις μαγνητικές γραμμές, οπότε η τάση εξ επαγωγής που θα αναπτυχθεί θα είναι μηδενική. Αμέσως μετά όμως η κατεύθυνση κινήσεως θα λάβει πλάγια θέση ως προς τις μαγνητικές γραμμές, με αποτέλεσμα να αρχίσει να αναπτύσσεται ολοένα μεγαλύτερη τάση εξ επαγωγής, μέχρι που η κατεύθυνση κινήσεως των αγωγών να γίνει κάθετη προς τις μαγνητικές γραμμές και η τάση εξ επαγωγής να λάβει τη μέγιστη τιμή της. Κατόπιν η τάση αρχίζει να ελαττώνεται βαθμιαία (η κατεύθυνση της κινήσεως γίνεται πάλι πλάγια ως προς τις μαγνητικές γραμμές), μέχρι που να μηδενισθεί, όταν πάλι η κατεύθυνση κινήσεως των αγωγών γίνει παράλληλη προς τις μαγνητικές γραμμές. Τότε η σπείρα θα έχει περιστραφεί κατά γωνία 180°.

Μετά, καθώς συνεχίζεται η περιστροφή, η τάση εξ επαγωγής, που αναπτύσσεται στη σπείρα, μεταβάλλεται όπως και πριν. Τώρα όμως αλλάζει η φορά της τάσεως αυτής, όπως εύκολα συνάγεται από τη θέση που έχουν οι αγωγοί της σπείρας. Τις ίδιες μεταβολές, βέβαια, θα παρατηρήσουμε και στο ρεύμα που θα κύκλιοφορήσει



Σχ. 9.1γ.
Παραγωγή εναλλασσόμενου ημιτονοειδούς ρεύματος.

μέσα από τους αγωγούς της σπείρας, εάν κλείσει το κύκλωμά της με ηλεκτρική κατανάλωση.

Αφού το εναλλασσόμενο ρεύμα μεταβάλλεται συνεχώς, ανακύπτει πρόβλημα να καθορισθεί μια τιμή, από τις πολλές που λαμβάνει η μεταβαλλόμενη έντασή του, η οποία να ισχύει γενικώς στους υπολογισμούς ως τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος. Λογικό θα ήταν να ληφθεί ως τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος η **μέση τιμή** του κατά τη διάρκεια μιας περιόδου. Τούτο, όμως, αποκλείεται, γιατί η τιμή αυτή είναι μηδενική, όπως εύκολα προκύπτει και από τη γραφική παράσταση του σχήματος 9.1γ' σ' αυτό οφείλεται άλλωστε η αδύναμία να δημιουργηθούν π.χ. ηλεκτροχημικά αποτελέσματα με το εναλλασσόμενο ρεύμα, όπως θα δούμε στην παράγραφο 16.1. Ενώ όμως το εναλλασσόμενο ρεύμα δεν παρουσιάζει ηλεκτροχημικά φαινόμενα, έχει θερμικά αποτελέσματα, όπως και το συνεχές ρεύμα (παράγρ. 15.1). Γι' αυτό εκλέγομε ως τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος την τιμή του συνεχούς ρεύματος, η οποία κατά τη διάρκεια μιας περιόδου θα προκαλούσε ακριβώς τα ίδια θερμικά αποτελέσματα, που προκαλεί το εναλλασσόμενο ρεύμα στον ίδιο χρόνο. Την τιμή αυτή καλούμε **ενδεικνύμενη τιμή** του εναλλασσόμενου ρεύματος. Σύμφωνα με μια άλλη διατύπωση, **ενδεικνύμενη τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η τιμή του ρεύματος αυτού, η οποία, αν μπορούσε να διατηρηθεί σταθερή σε όλη τη διάρκεια της περιόδου, θα μας έδινε τα ίδια θερμικά αποτελέσματα**, που δίνουν οι διάφορες τιμές της εντάσεως, που στην πραγματικότητα συνεχώς μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της περιόδου. Στην περίπτωση του ημιτονοειδούς εναλλασσόμενου ρεύματος, η ενδεικνύμενη τιμή αποδεικνύεται ότι είναι ίση προς τα 0,707 της μέγιστης τιμής. Είναι, δηλαδή:

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

'Όπως στο ρεύμα, έτσι και στην εναλλασσόμενη τάση, εκτός από τη μέγιστη τιμή της διακρίνομε και ενδεικνύμενη τιμή, η οποία έχει και μεγαλύτερη σημασία στην πράξη: γι' αυτήν θα ισχύει η σχέση:

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

Τα όργανα μετρήσεως της εντάσεως του εναλλασσόμενου ρεύματος (**αμπερόμετρα**) είναι βαθμολογημένα έτσι, ώστε να δείχνουν κατευθείαν την ενδεικνύμενη τιμή, η οποία συνήθως θεωρείται στην πράξη ως τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος.

9.3 Ερωτήσεις.

1. Τι καλούμε περίοδο του εναλλασσόμενου ρεύματος;
2. Τι καλούμε συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος;
3. Ποια η μονάδα μετρήσεως της συχνότητας και ποια η βιομηχανική συχνότητα;
4. Πότε το εναλλασσόμενο ρεύμα λέμε ότι έχει ημιτονοειδή μορφή;
5. Ποιες οι χαρακτηριστικές τιμές του εναλλασσόμενου ρεύματος;
6. Ποια τιμή παίρνουμε, συνήθως, ως τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος και ποια η σχέση της τιμής αυτής με τη μέγιστη τιμή;

7. Ποια τιμή της εναλλασσόμενης τάσεως ενδιαφέρει περισσότερο στην πράξη;
 8. Πόση είναι η συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος, του οποίου η ημιπερίοδος διαρκεί 0,03 s;
 9. Μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα μια 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 ασκήσεως συνδέεται με μία κατανάλωση και μετρούμε, με τη βοήθεια αμπερομέτρου, την ένταση που θα κυκλοφορήσει στο κύκλωμα. Η ανάγνωση του οργάνου δίνει τιμή εντάσεως ίση με 30 mA. Σε ποια γωνία του επιπέδου της σπείρας ως προς την κατεύθυνση των μαγνητικών γραμμών αντιστοιχεί η ανάγνωση του οργάνου;
 11. Αν σε μια ορισμένη χρονική στιγμή, που λαβαίνομε ως εφετηρία μετρήσεως των χρόνων (χρόνος $t=0$), η στιγμιαία τιμή εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσεως είναι 0, να ευρεθεί σε πόσο χρόνο μετά από τη στιγμή αυτή θα λάβει η τάση στιγμιαία τιμή ίση προς 8 V, αν η ενδεικνύμενη τιμή της είναι 12 V και η συχνότητά της 50 Hz.
-

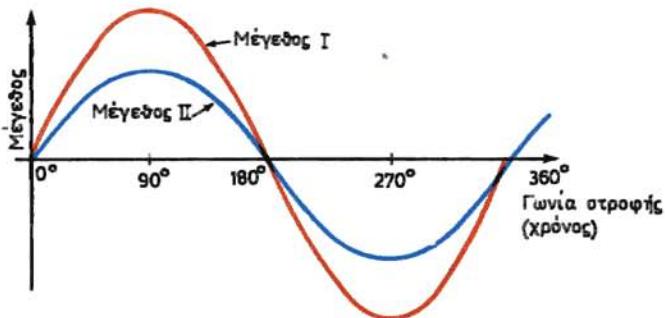
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

10.1 Κύκλωμα με ωμική κατανάλωση.

Αν δύο εναλλασσόμενα μεγέθη (π.χ. δύο εναλλασσόμενες τάσεις ή εντάσεις ή μια εναλλασσόμενη τάση και μια εναλλασσόμενη 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 εναλλασσόμενα 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 ονομάσαμε **φασική απόκλιση** μετριέται με τη γωνία, κατά την οποία διαφέρει το ένα μέγεθος από το άλλο (**γωνία φασικής αποκλίσεως**). Εκτός από τη γωνία φασικής αποκλίσεως όμως πρέπει να γνωρίζομε και ποιο από τα δύο μεγέθη **προπορεύεται** από το άλλο ή ποιο **επιπορεύεται** (καθυστερεί) ως προς το άλλο.

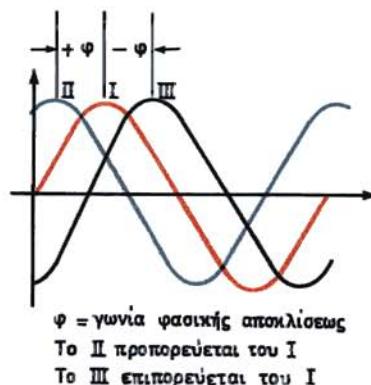


Σχ. 10.1α.
Ηλεκτρικά μεγέθη σε φάση.

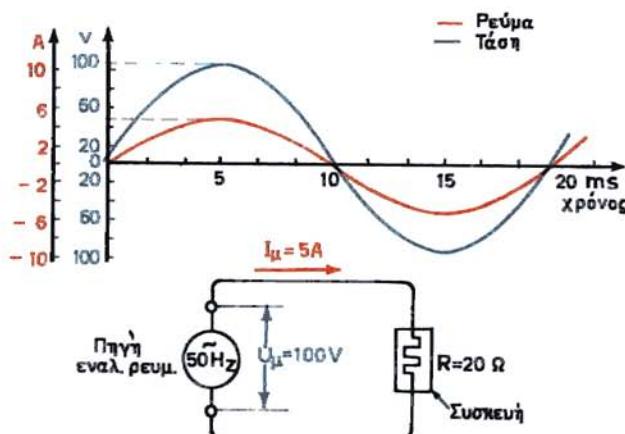
Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος καλείται το κύκλωμα, του οποίου η πηγή είναι εναλλασσόμενου ρεύματος. Αν στο κύκλωμα αυτό η κατανάλωση δεν παρουσιάσει ούτε χωρητικότητα ούτε αυτεπαγωγή, λέμε ότι έχει καθαρή **ωμική αντίσταση**. Και το λέμε αυτό, γιατί το ρεύμα, που θα διέλθει από την κατανάλωση

αυτή, όταν κλείσει το κύκλωμα, είναι αυτό που υπολογίζεται από το νόμο του Ωμένος δηλαδή ίσο προς το ρεύμα που θα κυκλοφορούσε μέσα από την κατανάλωση αυτή, εάν ήταν συνδεμένη 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 αντιστάσεις 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.

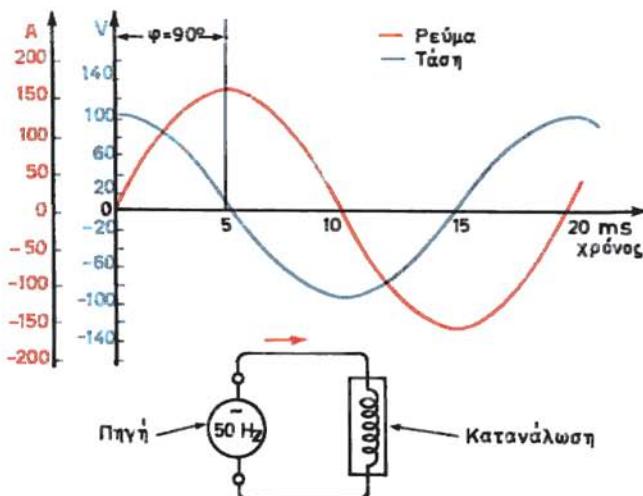


Σχ. 10.1γ.
Κύκλωμα ωμικής αντιστάσεως.

10.2 Κύκλωμα με επαγωγική κατανάλωση.

Σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος με κατανάλωση, που παρουσιάζει αυτεπαγωγή (π.χ. πηνίο) και πολύ μικρή ωμική αντίσταση, ώστε να μπορούμε να την αγνοήσουμε, το ρεύμα που θα κυκλοφορήσει θα έχει πολύ μεγάλη τιμή, σύμφωνα με το νόμο του Ωμ: την πρώτη στιγμή, όμως, μετά το κλείσιμο του κυκλώματος, θα έχει μικρή τιμή (παράγρ. 8.5). Σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, όμως, η ίδια, όπως και προηγούμενα κατανάλωση (επαγωγική κατανάλωση), θα έχει ως αποτέλεσμα την κυκλοφορία μικρότερου από πριν ρεύματος. Τούτο συμβαίνει, γιατί η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου, που παρατηρείται στο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος μόνο στην αρχή, συνεχίζεται στο εναλλασσόμενο ρεύμα όλο το χρονικό διάστημα που διαρκεί η διέλευση του ρεύματος και η τάση εξ αυτεπαγωγής αντιτίθεται συνεχώς στην τάση της πηγής. Έτσι, η επαγωγική κατανάλωση εμφανίζεται στο εναλλασσόμενο ρεύμα, σαν να έχει μια πρόσθετη αντίσταση με κατάλληλο μέγεθος, ώστε, αν χρησιμοποιήσουμε και εδώ τον τύπο του Ωμ, να πάρουμε το ρεύμα που κυκλοφορεί μέσα από την κατανάλωση.

Η αντίσταση που παρουσιάζει ένα πηνίο στη δύοδο του εναλλασσόμενου ρεύματος (επαγωγική αντίσταση), είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ρεύματος, και, βεβαίως, όσο μεγαλύτερη είναι η αυτεπαγωγή του. Έτσι πηνίο με μικρή ωμική αντίσταση αποτελεί φραγμό για τα ρεύματα υψηλής συχνότητας (υψίσυχνα ρεύματα), ενώ για τα χαμηλής συχνότητας ρεύματα παρουσιάζει μικρή αντίσταση.

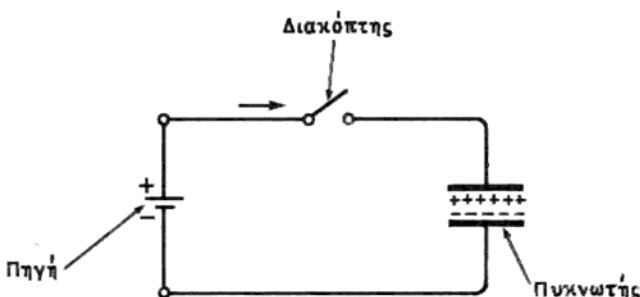


Σχ. 10.2.
Κύκλωμα επαγωγικής αντιστάσεως.

Στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος, που περιλαμβάνουν μόνο επαγωγική αντίσταση (θεωρητική περίπτωση, γιατί στην πραγματικότητα όλες οι καταναλώσεις παρουσιάζουν και κάποια ωμική αντίσταση), η τάση και η ένταση δεν βρίσκονται σε φάση, αλλά παρουσιάζουν φασική απόκλιση 90° και το ρεύμα επιπορεύεται ως προς την τάση (σχ. 10.2).

10.3 Κύκλωμα με χωρητική κατανάλωση.

Αν συνδέσουμε έναν πυκνωτή σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (σχ. 10.3α), τότε στον οπλισμό του, που συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής, θα εμφανισθούν θετικά ηλεκτρικά φορτία και στον άλλο οπλισμό θα εμφανισθούν αρνητικά ηλεκτρικά φορτία. Δηλαδή η ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής εξαναγκάζει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του ενός οπλισμού να μετακινηθούν μέσα από την πηγή προς τον άλλο οπλισμό. Η ροή αυτή των ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα) είναι στιγμαία, δηλαδή διαρκεί τόσο μόνο, όσος χρόνος απαιτείται για να συσσωρευθεί στους οπλισμούς του πυκνωτή φορτίο τόσο, ώστε μεταξύ των οπλισμών του να επικρατήσει τάση (σημειώνεται η επικράτηση της πηγής). Τότε λέμε ότι ο **πυκνωτής έχει φορτισθεί**. Πραγματικά, η ύπαρχη ηλεκτρικής τάσεως μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή αποτελεί αιτία μετακίνησεως των θετικών φορτίων από τον έναν οπλισμό στον άλλο (**εκφόρτιση του πυκνωτή**): η μετακίνηση όμως αυτή δεν μπορεί να γίνει

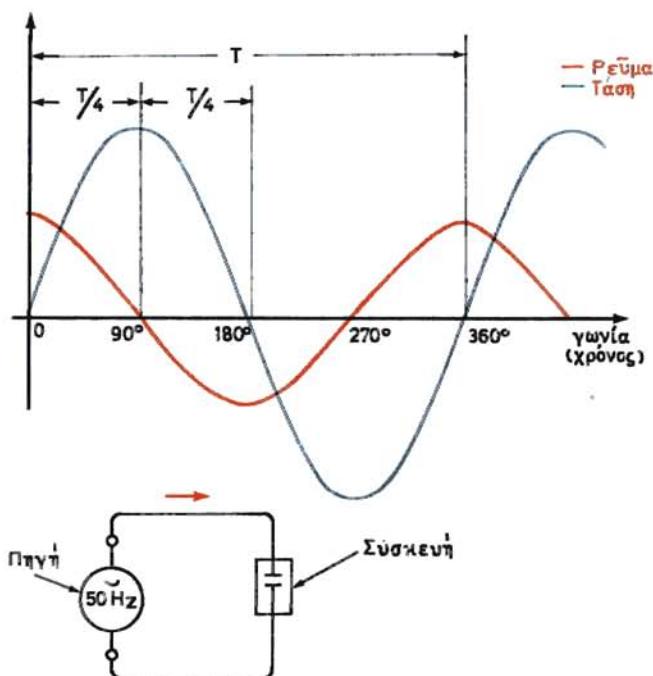


Σχ. 10.3α.
Κύκλωμα με πυκνωτή.

διαμέσου του πυκνωτή, επειδή το κύκλωμα διακόπτεται από το διηλεκτρικό και γι' αυτό τείνει να γίνει διαμέσου της πηγής. Βλέπομε, δηλαδή, ότι η τάση του πυκνωτή αντίτιθεται στην ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής, οπότε, όταν εξισωθεί με αυτήν, η μία τάση εξουδετερώνει την άλλη και το ρεύμα μηδενίζεται. Ο πυκνωτής αποτελεί, επομένως, διακοπή για το συνεχές ρεύμα. Το ρεύμα φορτίσεως του πυκνωτή από την πρώτη στιγμή ελαττώνεται συνεχώς, μέχρι που να μηδενισθεί, όταν τελειώσει η φόρτιση του πυκνωτή. Ο πυκνωτής παραμένει τότε φορτισμένος, έστω και αν αποσυνδεθεί από το κύκλωμα, και έκφορτίζεται όταν συνδέσουμε αγώγιμα τους οπλισμούς του.

Αν, τώρα, συνδέσουμε έναν πυκνωτή σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος (σχ. 10.3β), ο πυκνωτής φορτίζεται όλο και περισσότερο, όσο διαρκεί η αύξηση της τάσεως της πηγής (πρώτο τέταρτο της περιόδου) και εκφορτίζεται, όσο χρόνο διαρκεί η ελάττωση της τάσεως της πηγής (δεύτερο τέταρτο της περιόδου). Το ρεύμα εκφορτίσεως έχει, όπως είναι φυσικό, αντίθετη φορά από το ρεύμα φορτίσεως. Έτσι ο πυκνωτής δεν αποτελεί διακοπή του κυκλώματος για το εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο ρέει κανονικά και είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή και όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ρεύματος. Ο πυκνωτής αποτελεί, επομένως, για το εναλλασσόμενο ρεύμα μια κατανάλωση, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι παρουσιάζει αντίσταση στη δίοδο του ρεύματος: η

αντίσταση αυτή μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε και στην περίπτωση που μας απασχολεί τον τύπο του Ωμ.



Σχ. 10.3β.

Κύκλωμα με χωρητική αντίσταση.

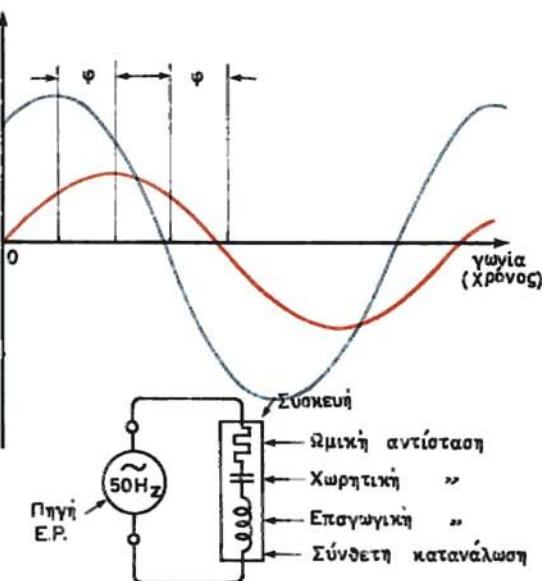
Η χωρητική αντίσταση, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη, όπως είπαμε, όσο μικρότερη είναι η συχνότητα του ρεύματος, αποτελεί φραγμό για τα ρεύματα χαμηλής συχνότητας (το συνεχές ρεύμα, που είναι ρεύμα με μηδενική συχνότητα, διακόπτεται τελείως), ενώ αφήνει τα ρεύματα υψηλής συχνότητας να ρέουν με ευκολία.

Στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος, που περιλαμβάνουν μόνο χωρητική αντίσταση (χωρητική κατανάλωση), η ένταση παρουσιάζει φασική απόκλιση 90° ως προς την τάση, όπως και στην περίπτωση της επαγωγικής αντιστάσεως, αλλά το ρεύμα προπορεύεται από την τάση (σχ. 10.3β).

10.4 Κύκλωμα με σύνθετη κατανάλωση.

Σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι δυνατόν να υπάρχουν ταυτόχρονα περισσότερες από μιας μορφής καταναλώσεις συνδεσμολογημένες με οποιοδήποτε τρόπο (συνδεσμολογία σειράς, παράλληλη, μικτή): μπορεί να υπάρχουν ακόμα συνδεσμολογημένες σύνθετες καταναλώσεις, που παρουσιάζουν εκτός από την ωμική αντίσταση και επαγωγική ή χωρητική αντίσταση. Στο εναλλασσόμενο

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



Σχ. 10.4.
Κύκλωμα με σύνθετη αντίσταση.

10.5 Ερωτήσεις.

- Πότε λέμε ότι μια κατανάλωση έχει μόνο ωμική αντίσταση;
- Από τι εξαρτάται η επαγωγική αντίσταση, που παρουσιάζει στο εναλλασσόμενο ρεύμα ένα πηνίο;
- Τι θα συμβεί αν σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος παρεμβάλλομε έναν πυκνωτή;
- Σε ποια περίπτωση η εναλλασσόμενη τάση βρίσκεται σε φάση με το ρεύμα που προκαλεί; Πότε παρουσιάζεται φασική απόκλιση 90° ;
- Σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με σύνθετη κατανάλωση, πότε το ρεύμα που κυκλοφορεί προπορεύεται από την εφαρμοζόμενη τάση και πότε επιπορεύεται ως προς αυτήν;
- Μέσα από τηλεκτρικό αγωγό, ο 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 επιτύχομε, 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

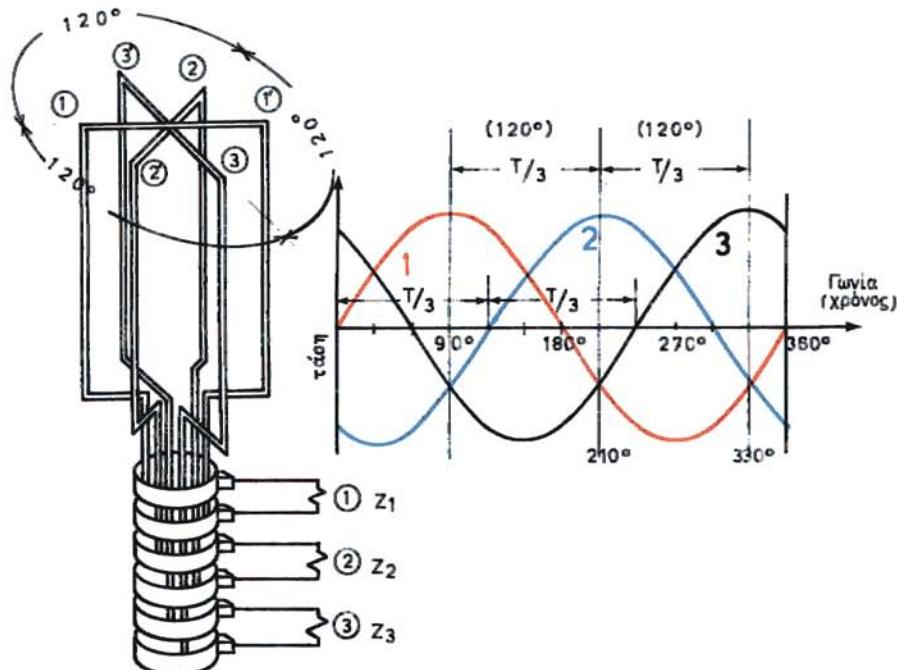
11.1 Μονοφασικά και τριφασικά ρεύματα, μονοφασικές και τριφασικές καταναλώσεις.

Η εναλλασσόμενη τάση και το αντίστοιχο εναλλασσόμενο ρεύμα, που παράγονται με τη διάταξη του σχήματος 9.1γ, όπως και όλα τα εναλλασσόμενα ρεύματα που μελετήσαμε μέχρι τώρα, ονομάζονται **μονοφασικά**. Στην πράξη όμως οι πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος (γεννήτριες) παράγουν ταυτόχρονα τρία μονοφασικά ρεύματα. Τα ρεύματα αυτά καλούνται **τριφασικά** και αποτελούν, όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, σύστημα εναλλασσόμενων ρευμάτων (**τριφασικό σύστημα**), το οποίο παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με το απλό μονοφασικό ρεύμα. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται και άλλα πολυφασικά συστήματα εκτός από το τριφασικό, όπως είναι το **διφασικό**, το **τετραφασικό** και το **εξαφασικό**.

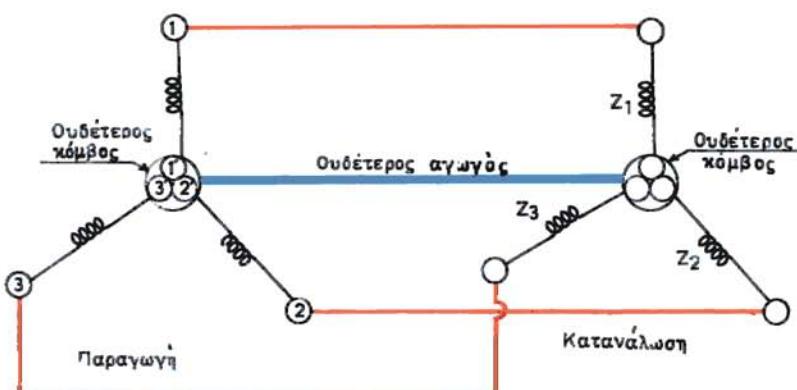
Αν στο μαγνητικό πεδίο του σχήματος 9.1γ περιστρέψουμε με σταθερή ταχύτητα, αντί για μια, τρεις σπείρες, που είναι απόλυτα όμοιες και στερεωμένες (σχ. 11.1α) έτσι, ώστε να σχηματίζουν μεταξύ τους, ανά δύο, γωνίες 120° , θα παραχθούν αντίστοιχα τρεις ίσες ημιτονοειδείς τάσεις εξ επαγωγής. Οι τάσεις αυτές θα λαμβάνουν τη μέγιστη θετική τιμή τους διαδοχικά η μία μετά την άλλη με χρονική διαφορά $1/3$ της περιόδου. Αν συνδέσουμε τα άκρα των τριών σπειρών με τη βοήθεια δακτυλίων και ψηκτρών σε τρεις απόλυτα όμοιες καταναλώσεις Z_1, Z_2, Z_3 (σχ. 11.1α), θα κυκλοφορήσουν τρία ίσα ρεύματα, που θα παρουσιάζουν και αυτά μεταξύ τους ανά δύο φασική απόκλιση 120° . Το σύστημα των τριών αυτών ρευμάτων αποτελεί **συμμετρικό τριφασικό σύστημα**.

'Όπως βλέπουμε, για ένα τριφασικό σύστημα απαιτούνται 6 αγωγοί για να συνδεθεί η τριφασική πηγή με τις τρεις καταναλώσεις. Είναι δυνατόν όμως να μειώσουμε το πλήθος των αγωγών, που απαιτούνται για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή στις καταναλώσεις: για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε τους ακόλουθους δύο τρόπους συνδέσεως, που δεν επιφέρουν καμιά απολύτως μεταβολή στο σύστημα. Έτσι επιτυγχάνουμε οικονομία στο υλικό και απλότητα στην κατασκευή. Οι τρόποι είναι οι εξής:

α) Σε ένα κοινό κόμβο συνδέομε τα άκρα 1', 2', 3' των σπειρών (ή πηνίων). Τον κόμβο αυτόν τον συνδέομε σε ένα δακτύλιο (αντί για τους τρεις), που ήταν απαραίτητοι προηγουμένων. Επίσης σε ένα κοινό κόμβο συνδέομε τα τρία άκρα των καταναλώσεων Z_1, Z_2, Z_3 (σχ. 11.1β).



Σχ. 11.1α.
Παραγωγή τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος.

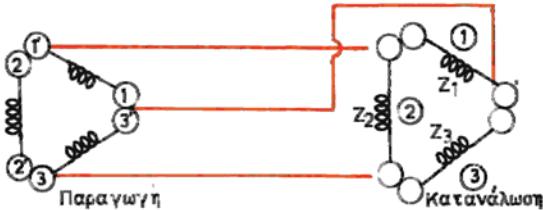


Σχ. 11.1β.
Αστεροειδής σύνδεση.

Έτσι, αν συνδέσουμε τους δύο κοινούς κόμβους με έναν αγωγό, θα απαιτηθούν συνολικά 4 αγωγοί αντί για 6. Η σύνδεση αυτή καλείται **αστεροειδής ή κατ' αστέρα** και ο κοινός κόμβος, όπως και ο κοινός αγωγός, καλούνται **ουδέτερος κόμβος** και **ουδέτερος αγωγός**.

Το ρεύμα, που διέρχεται κάθε στιγμή από τον ουδέτερο αγωγό στην αστεροειδή σύνδεση, είναι ίσο προς το αλγεβρικό άθροισμα των αντίστοιχων στιγμιαίων τιμών των ρευμάτων, τα οποία θα περνούσαν μέσα από τους τρεις αγωγούς, τους οποίους αντικαθιστά ο ουδέτερος αγωγός. Το άθροισμα όμως αυτό των αντίστοιχων στιγμιαίων τιμών είναι, κάθε στιγμή, ίσο προς το μηδέν, όπως προκύπτει από το διάγραμμα του σχήματος 11.1α, αν το τριφασικό σύστημα είναι συμμετρικό· αν, δηλαδή, οι καταναλώσεις παρουσιάζουν όλες την ίδια σύνθετη αντίσταση (παράγρ. 10.4). Αφού, λοιπόν, σε συμμετρικό τριφασικό σύστημα ο ουδέτερος αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα, είναι δυνατόν να παραλειφθεί. Έτσι, όταν το τριφασικό σύστημα είναι συμμετρικό, το πλήθος των αγωγών μπορεί να μειωθεί τελικά σε 3.

β) Συνδέομε το τέλος της μιας σπείρας (η πηνίου) με την αρχή της επόμενης κ.ο.κ. σχηματίζοντας έτσι τρίγωνο με πλευρές τα πηνία (σχ. 11.1γ). Στο τρίγωνο δρουν 3 ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις, οι οποίες όμως λόγω της συμμετρίας τους έχουν κάθε στιγμή ίδιο άθροισμα μηδέν, με αποτέλεσμα να μην κυκλοφορεί ρεύμα μέσα στις πλευρές του τριγώνου πριν από τη σύνδεση των καταναλώσεων. Με όμοιο τρόπο μπορεί να συνδεθούν μεταξύ τους και οι τρεις καταναλώσεις Z_1 , Z_2 , Z_3 , όπως φαίνεται στο σχήμα 11.1γ. Η σύνδεση αυτή καλείται **τριγωνική ή κατά τρίγωνο**.

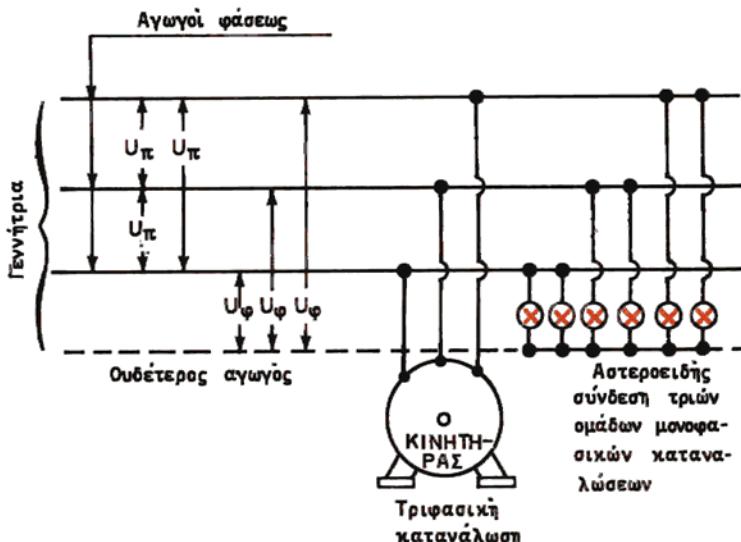


Σχ. 11.1γ.
Τριγωνική σύνδεση.

Οι καταναλώσεις, όπως είδαμε προηγουμένως, συνδέονται κατ' αστέρα ή κατά τρίγωνο και αποτελούν τις λεγόμενες **τριφασικές καταναλώσεις**. Η τριφασική κατανάλωση έχει τρία άκρα (**ακροδέκτες**), τα οποία συνδέονται με τους τρεις αγωγούς, που αναχωρούν από τους ισάριθμους ακροδέκτες της τριφασικής πηγής. Οι τρεις αυτοί αγωγοί, που καλούνται **αγωγοί φάσεως ή φάσεις**, αποτελούν την **τριφασική γραμμή** του ηλεκτρικού δικτύου.

'Ασχετα από το αν τα πηνία (**τυλίγματα**) της τριφασικής πηγής βρίσκονται σε σύνδεση τριγωνική ή αστεροειδή, οι τριφασικές καταναλώσεις μπορεί να συνδεθούν στην τριφασική γραμμή είτε οι **μονοφασικές καταναλώσεις**, από τις οποίες αποτελούνται, έχουν συνδεθεί κατά τρίγωνο είτε κατ' αστέρα. Σε μια τριφασική γραμμή (σχ. 11.1δ) μπορούμε να συνδέσουμε είτε τριφασικές συσκευές ή και μηχανές, είτε μονοφασικές συσκευές και μηχανές. (Μια τριφασική συσκευή ή μηχανή αποτελείται από τρεις ίσες σύνθετης αντιστάσεις, με σύνδεση τριγώνου ή αστέρα, και, επομένως, είναι συμμετρική τριφασική κατανάλωση). Τις μονοφασικές καταναλώσεις προσπαθούμε να τις διατάξουμε κατά ομάδες με ίση σύνθετη αντίσταση σε αστεροειδή ή τριγωνική σύνδεση, ώστε η κάθε ομάδα να απορροφά, κατά το δυνατόν την ίδια ένταση ρεύματος, για να μην καταστρέφεται η συμμετρία του

τριφασικού συστήματος, την οποία επιδιώκουμε για τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει.



Σχ. 11.18.
Τριφασική γραμμή με καταναλώσεις.

11.2 ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος, ισχύς τριφασικού συστήματος.

Όπως είναι γνωστό (παράγρ. 6.2), η ηλεκτρική ισχύς στο συνεχές ρεύμα δίνεται από το γινόμενο της τάσεως επί την ένταση. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα, όμως, το γινόμενο αυτό δεν μας παρέχει την **πραγματική ισχύ**, που καταναλώνει μια συσκευή ή που παράγει μια μηχανή. Το γινόμενο αυτό στο εναλλασσόμενο ρεύμα δίνει μία ενδεικτική ισχύ, που είναι ανάλογη με το μέγεθος των μηχανών ή συσκευών. Η ισχύς αυτή καλείται **φαινόμενη ισχύς** και μετριέται σε μονάδες **βολταμπέρ** ή **κιλοβολταμπέρ** με σύμβολα VA και kVA αντίστοιχα, για να διακρίνεται από την πραγματική ισχύ.

Η πραγματική ισχύς μιας συσκευής ή μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος, που καλείται και **ενεργός ισχύς**, αποδεικνύεται ότι είναι ίση πρός το γινόμενο της ενδεικνύμενης τιμής της τάσεως επί την ενδεικνύμενη τιμή της εντάσεως επί το συνημίτονο της γωνίας φασικής αποκλίσεως μεταξύ της τάσεως και της εντάσεως. Θα είναι, δηλαδή, αν χρησιμοποιήσουμε τα σύμβολα της παραγράφου 6.2:

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

όπου: το **συνφ** καλείται **συντελεστής ισχύος**.

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα διακρίνομε και ενός άλλου είδους ισχύ, την **δεργο ισχύ**, που δίνεται από το γινόμενο:

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

Σε μια τριφασική γραμμή (σχ. 11.1δ) η τάση, που επικρατεί ανάμεσα σε δυο οποιουδήποτε αγωγούς της γραμμής, καλείται **πολική τάση** της γραμμής, ενώ η τάση που επικρατεί μεταξύ οποιουδήποτε αγωγού της γραμμής και του ουδέτερου αγωγού ή του ουδέτερου κόμβου της καλείται **φασική τάση της γραμμής**. Ο ουδέτερος αυτός κόμβος είτε υπάρχει πραγματικά στη γραμμή είτε θα μπορούσε να 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 οποιονδήποτε αγωγό της γραμμής, καλείται **πολική ένταση**.

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

$$N = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \text{συνφ}$$

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 το γινόμενο:

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

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

11.3 Ερωτήσεις.

1. Από τι αποτελείται το συμμετρικό τριφασικό σύστημα ρευμάτων;
2. Πόσοι αγωγοί απαιτούνται για τη σύνδεση τριφασικής πηγής με τριφασική κατανάλωση;
3. Εάν τα τυλίγματα μιας τριφασικής πηγής βρίσκονται σε τριγωνική σύνδεση, είναι δυνατόν να συνδέσουμε στην τριφασική γραμμή, που αναχωρεί από την πηγή αυτή, τρεις μονοφασικές καταναλώσεις, που έχουν συνδεθεί με αστεροειδή σύνδεση;
4. Με ποια προϋπόθεση δεν κυκλοφορεί ρεύμα μέσα από τον ουδέτερο αγωγό ενός τριφασικού συστήματος;
5. Εάν συνδέσουμε μία μονοφασική κατανάλωση μεταξύ ενός αγωγού φάσεως και του ουδέτερου αγωγού, σε τριφασικό σύστημα με ουδέτερο αγωγό (4 αγωγοί), με ποια τάση θα βρεθεί η κατανάλωση, αν η πολική τάση του συστήματος είναι 380 V; Αν συνδέσουμε την ίδια κατανάλωση μεταξύ δύο αγωγών φάσεως, ποια θα είναι η τάση στα άκρα της καταναλώσεως;
6. Εάν σε τριφασική γραμμή χωρίς ουδέτερο αγωγό συνδέσουμε τρεις ίσες μονοφασικές καταναλώσεις, που βρίσκονται σε αστεροειδή σύνδεση, ποια τάση θα επικρατεί στα άκρα

κάθε καταναλώσεως;

7. Πόσος είναι ο συντελεστής ισχύος μιας χωρητικής καταναλώσεως και πόση είναι η πραγματική ισχύς που απορροφά αυτή;
 8. Ποια είναι η ενεργός ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος όταν οι ενδεικνύμενες τιμές τάσεως και εντάσεως είναι αντίστοιχα 220 V και 8 A και η γωνία φασικής αποκλίσεως μεταξύ της τάσεως και της εντάσεως είναι $\phi = 65^\circ$; Ποια είναι η δεργος ισχύς και ποια η φαινόμενη ισχύς;
 9. Η ενεργός ισχύς που καταναλώνεται σε μια συσκευή εσωτερικής αμικής αντιστάσεως 14,3 Ω είναι 360 W. Αν οι ενδεικνύμενες τιμές τάσεως και εντάσεως είναι αντίστοιχα 110 V και 5 A, πόση είναι η γωνία φασικής αποκλίσεως μεταξύ τάσεως και εντάσεως; Αν η συσκευή αυτή συνδεόταν με πηγή συνεχούς ρεύματος της ίδιας τάσεως πόση θα ήταν η απορροφούμενη ισχύς;
 10. Αμπερόμετρο τοποθετημένο σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος δίνει ένδειξη 6 A ενώ βολτόμετρο συνδεμένο στην πηγή δείχνει 200 V. Αν μετρηθεί ισχύς 800 W πόσο θα είναι το συνφ;
 11. Αν η πολική τάση τριφασικού συστήματος είναι $U_p = 380$ V και τριφασική κατανάλωση απορροφά ένταση 9 A, πόση είναι η τριφασική ισχύς για συντελεστή ισχύος συνφ = 0,85; Πόση είναι η φασική τάση της γραμμής;
 12. Έχομε τρεις ίδιες μονοφασικές ηλεκτρικές θερμάστρες Θ₁, Θ₂ και Θ₃ τάσεως κανονικής λειτουργίας 220 V. Αν διαθέτουμε τριφασικό σύστημα με τρεις αγωγούς, πολικής τάσεως 380 V, α) πώς πρέπει να συνδέσουμε σ' αυτό τις τρεις θερμάστρες; β) Αν διακόψιμε τη λειτουργία της θερμάστρας Θ₃ με πόση τάση θα λειτουργούν οι θερμάστρες Θ₁ και Θ₂; γ) Αν διακόψιμε και τη λειτουργία της θερμάστρας Θ₂ με πόση τάση θα λειτουργεί η θερμάστρα Θ₁; δ) Στην περίπτωση (β) ποια θα είναι η σχέση της απορροφούμενης ισχύος από κάθε θερμάστρα προς την κανονική της ισχύ; ε) Να απαντηθούν τα ερωτήματα (α) ως (δ) αν διαθέτεται τριφασικό σύστημα τριών αγωγών, πολικής τάσεως 220 V. στ) Να απαντηθούν τα ερωτήματα (α) ως (δ) αν διαθέτεται τριφασικό σύστημα τεσσάρων αγωγών, πολικής τάσεως 380 V.
-

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

12.1 Κατασκευή.

Οι ηλεκτρικές μηχανές, με τις οποίες επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια και αντιστρόφως, αποτελούνται από δύο βασικά μέρη:

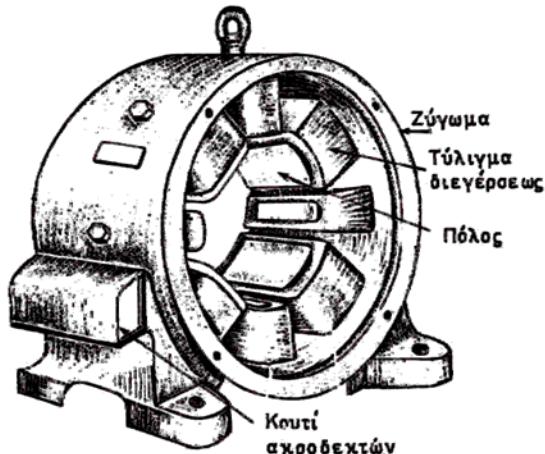
Το μέρος που αποτελείται από ακίνητα στοιχεία και καλείται **στάτης** και το μέρος που αποτελείται από κινητά (περιστρεφόμενα) στοιχεία και καλείται **δραμέας**.

Ο **στάτης** των ηλεκτρικών μηχανών συνεχούς ρεύματος αποτελείται:

α) Από στεφάνη από χάλυβα, η οποία καλείται **ζύγωμα**.

β) Από τους **μαγνητικούς πόλους** (2 για τις πολύ μικρές μηχανές, περισσότεροι για τις μεγαλύτερες), οι οποίοι αποτελούνται από τον **πυρήνα** και το **πέδιλο** και στηρίζονται επάνω στο ζύγωμα.

γ) Από το πηνίο που περιβάλλει τον πυρήνα και καλείται **τύλιγμα διεγέρσεως** (σχ. 12.1α).



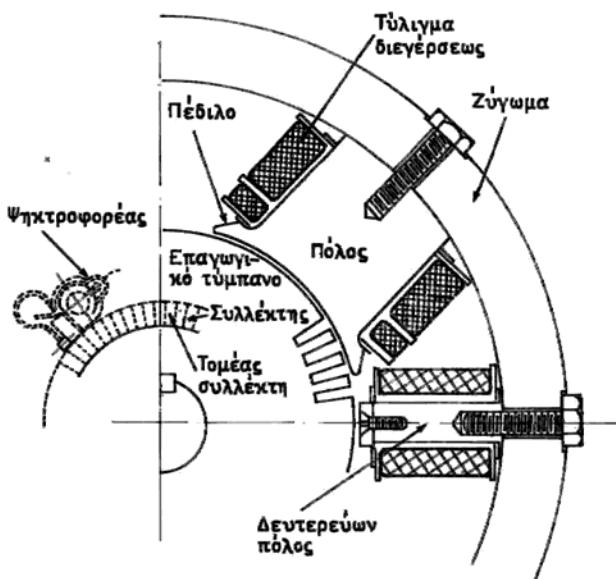
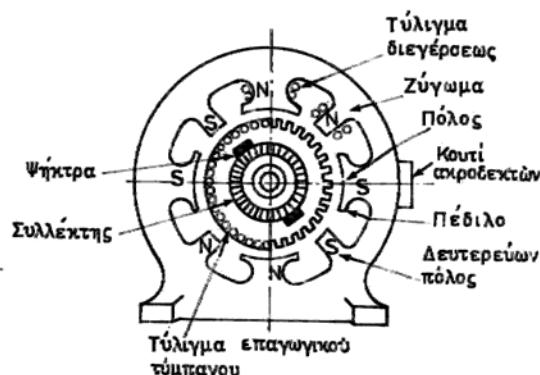
Σχ. 12.1α.
Ηλεκτρική μηχανή.

Οι μαγνητικοί πόλοι αποτελουνται από μια δέσμη ειδικων ελασμάτων, που είναι μονωμένα μεταξύ τους.

Ο δρομέας των μηχανων συνεχούς ρεύματος αποτελείται:

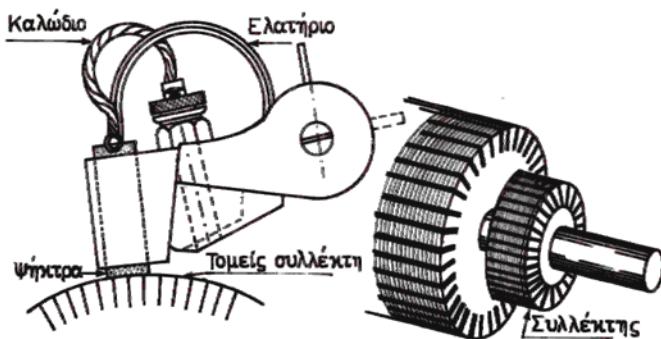
α) Από ένα **τύμπανο** από ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους.

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



Σχ. 12.1β.
Επαγωγικό τύμπανο και συλλέκτης

Επάνω στο στάτη είναι στερεωμένο ένα εξάρτημα, που καλείται **ψηκτροφορέας** και φέρει μικρά πρισματικά τεμάχια από γραφίτη. Τα τεμάχια αυτά καλούνται **ψήκτρες** (καρβουνάκια) και εφάπτονται στους τομείς του συλλέκτη με πίεση, η οποία μπορεί να ρυθμίζεται (σχ. 12.1γ).



Σχ. 12.1γ.
Ψηκτροφορέας.

12.2 Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος.

1. Συνδεσμολογίες.

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

Κατά την περιστροφή του τυμπάνου των γεννητριών συνεχούς ρεύματος, που καλείται και **επαγώγιμο**, δημιουργείται στους αγωγούς του τυλίγματός του ηλεκτρεγερτική δύναμη, γιατί οι αγωγοί κινούνται μέσα στο μαγνητικό πεδίο των πόλων (παράγρ. 8.4). Με την περιστροφή του επαγωγικού τυμπάνου παράγεται, συνεπώς, εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη στα άκρα των αγωγών του τυλίγματος αυτού: το ρεύμα όμως, το οποίο λαμβάνομε με τη βοήθεια του συλλέκτη και των ψηκτρών, οι οποίες γλιστρούν επάνω στους τομείς παραμένοντας πάντοτε σε επαφή με αυτούς, είναι συνεχές, δηλαδή έχει την ίδια πάντοτε φορά.

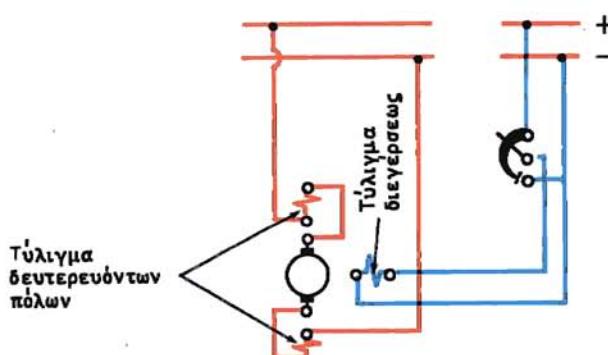
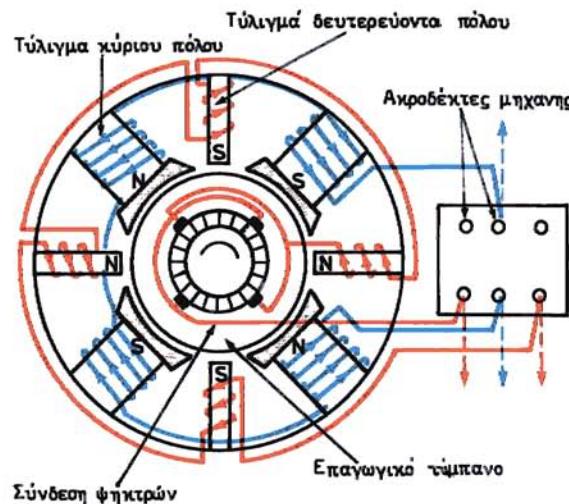
Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που συνδέεται το τύλιγμα διεγέρσεως τους:

α) Γεννήτριες με ξένη διέγερση. Σ' αυτές το τύλιγμα διεγέρσεως τροφοδοτείται από ξένη πηγή (σχ. 12.2α).

β) Γεννήτριες με παράλληλη διέγερση. Σ' αυτές το τύλιγμα διεγέρσεως είναι συνδεμένο παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου (σχ. 12.1β).

γ) Γεννήτριες με διέγερση σειράς. Σ' αυτές το τύλιγμα διεγέρσεως είναι συνδεμένο σε σειρά με το τύλιγμα του τυμπάνου (σχ. 12.2γ).

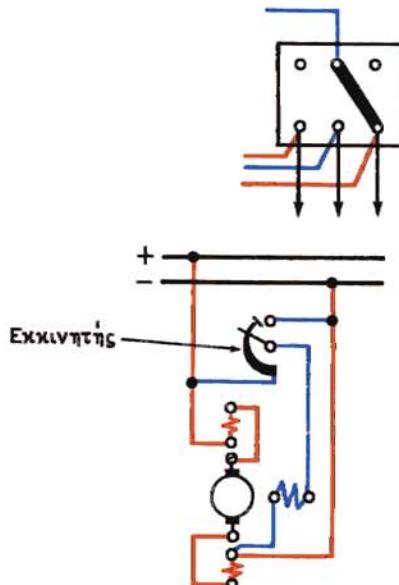
δ) Γεννήτριες σύνθετης διεγέρσεως. Οι γεννήτριες αυτές έχουν δύο τυλίγματα διεγέρσεως, ένα με σύνδεση παράλληλη προς το τύμπανο και ένα σε σειρά προς αυτό (σχ. 12.2δ).



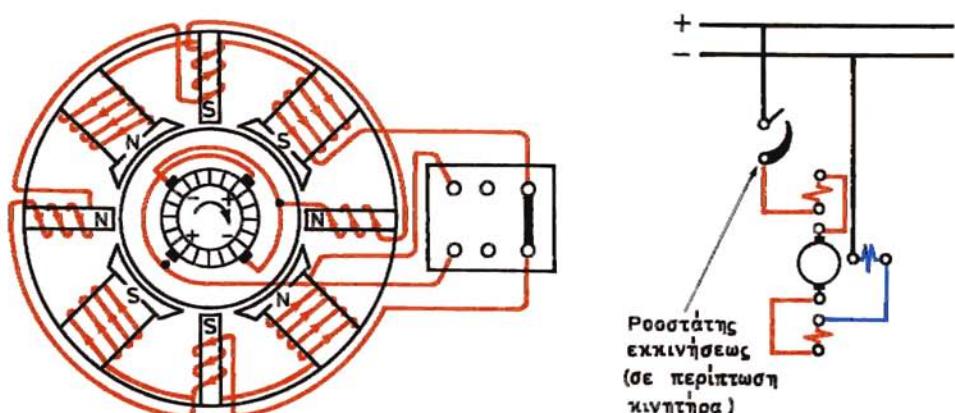
Σχ. 12.2α.
Γεννήτρια ξένης διεγέρσεως.

2. Δευτερεύοντες πόλοι.

Κατά τη λειτουργία των γεννητριών συνεχούς ρεύματος με φορτίο, προκαλούνται σπινθηρισμοί στις ψήκτρες για να αποφύγομε τους σπινθηρισμούς αυτούς, στις μέσες και μεγάλες μηχανές, τοποθετούνται μεταξύ των κυρίων μαγνητικών πόλων μικρότεροι πόλοι, που καλούνται **δευτερεύοντες μαγνητικοί πόλοι ή βοηθητικοί πόλοι** (σχ. 12.1β).



Σχ. 12.2β.
Γεννήτρια παράλληλης διεγέρσεως.

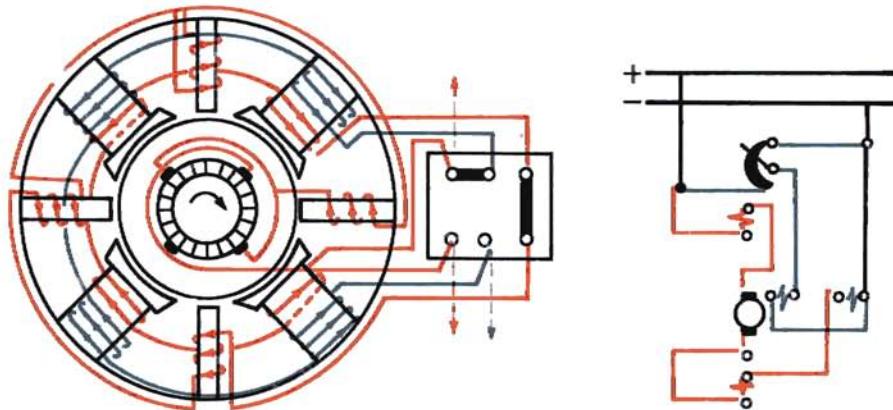


Σχ. 12.2γ.
Γεννήτρια με διέγερση σειράς.

12.3 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

1. Αρχή λειτουργίας.

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



Σχ. 12.25.
Γεννήτρια σύνθετης διεγέρσεως.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν σχεδόν καμάτι κατασκευαστική διαφορά από τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, είναι μηχανές, στις οποίες το ρεύμα διεγέρσεως του τυλίγματος διεγέρσεως και το ρεύμα του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου παρέχονται από το δίκτυο ηλεκτροδοτήσεως. Χρησιμοποιούνται και μηχανές με ισχύ μέχρι 20 kW χωρίς τύλιγμα διεγέρσεως, με μαγνητικούς πόλους που αποτελούνται από μόνιμους μαγνήτες. Οι μαγνητικοί πόλοι (είτε αποτελούνται από μόνιμους μαγνήτες είτε από ηλεκτρομαγνήτες) δημιουργούν μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο βρίσκονται οι αγωγοί του τυλίγματος του τυμπάνου, οι οποίοι διαρρέονται από ρεύμα. Στο επαγωγικό τύμπανο δημιουργείται ροπή στρέψεως, η οποία αναγκάζει το τύμπανο να περιστραφεί (παράγρ. 8.3).

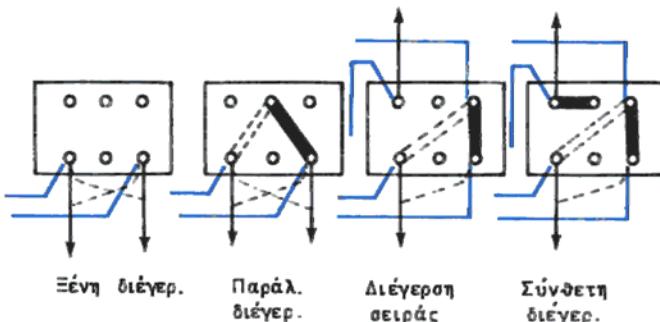
2. Περιγραφή κυρίων μερών.

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος αποτελούνται από τα ίδια κύρια μέρη, από τα οποία αποτελούνται και οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Στους κινητήρες, όμως, τα μέρη κατασκευάζονται έτσι, ώστε να παρεμποδίζεται η εισαγωγή μέσα στο ζύγωμα σκόνης και νερού, γιατί ο κινητήρας πρέπει να μπορεί να λειτουργεί και με δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος. Για το σκοπό αυτό ο ανεμιστήρας, ο οποίος βρίσκεται πάνω στον άξονα του κινητήρα στην αντίθετη πλευρά του επαγώγιμου από εκείνη στην οποία βρίσκεται ο συλλέκτης, χρησιμεύει για την ψύξη του κινητήρα. Ο ανεμιστήρας τοποθετείται έξω από τα καλύμματα που προστατεύουν τον κινητήρα, μέσα σε ειδικό περίβλημα ενώ, παράλληλα, το ζύγωμα έχει ραβδώσεις για να ενισχύεται η ψύξη του κινητήρα.

3. Αναστροφή φοράς περιστροφής, ταχύτητα, απόδοση, εκκίνηση.

Στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, οι οποίοι έχουν το τύλιγμα διεγέρσεως τους συνδεσμολογημένο με τους ίδιους τρόπους, που είναι συνδεσμολογημένο το τύλιγμα διεγέρσεως των γεννητριών, είναι δυνατόν να αντιστρέψουμε τη φορά περιστροφής τους κατά δύο τρόπους:

α) Με το να αντιστρέψουμε τη διεύθυνση του πεδίου των πόλων αντιστρέφοντας το ρεύμα διεγέρσεως και β) με το να αντιστρέψουμε τη διεύθυνση του πεδίου του τυμπάνου, αντιστρέφοντας το ρεύμα, που ρέει μέσα στο τύλιγμα του τυμπάνου. Για να αντιστραφεί το ρεύμα θα πρέπει να αφαιρέσουμε το κάλυμμα ενός κουτιού, το οποίο υπάρχει επάνω στο σώμα της μηχανής και λέγεται **κουτί ακροδεκτών** και να εναλλάξουμε τη θέση των δύο αγωγών, που έρχονται από το δίκτυο τροφοδοτήσεως και συνδέονται στους ακραίους ακροδέκτες του κινητήρα (σχ. 12.3α). Εάν μέσα στο κουτί ακροδεκτών υπάρχει **γεφύρωση** (λαμάκι), που καταλήγει στον ακραίο ακροδέκτη, πρέπει και αυτή να ακολουθήσει στη μετάθεση τον αντίστοιχο αγωγό του δικτύου. Στην περίπτωση των κινητήρων διεγέρσεως σειράς και σύνθετης διεγέρσεως αλλάζομε θέση μόνο στον ένα από τους τροφοδοτικούς αγωγούς.



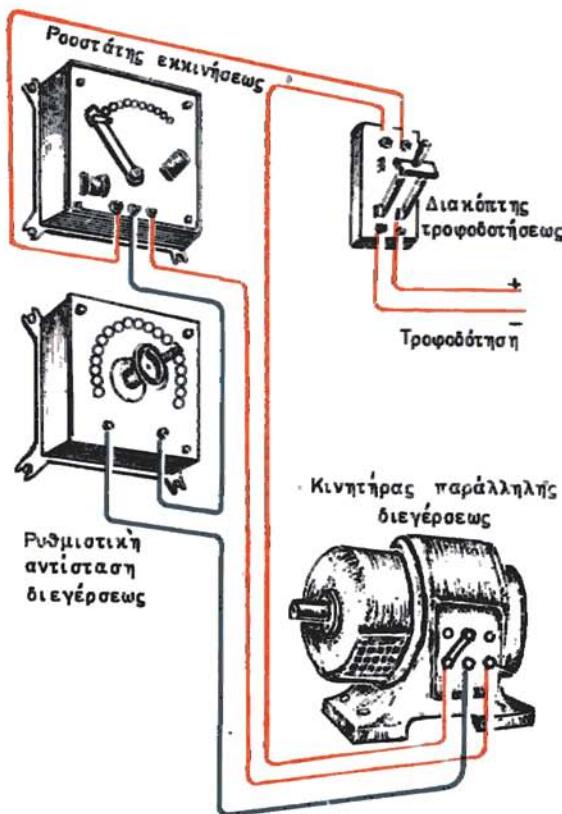
Σχ. 12.3α.
Συνδέσεις στο κουτί ακροδεκτών.

Ο **αριθμός στροφών (ταχύτητα)** των κινητήρων συνεχούς ρεύματος είναι τόσο μεγαλύτερος, όσο μικρότερη είναι η ένταση του ρεύματος διεγέρσεως και όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση, που κυκλοφορεί στο τύλιγμα του τυμπάνου. Έτσι, εάν αυξηθεί η τάση, η οποία εφαρμόζεται στο τύμπανο (αύξηση του ρεύματος), αυξάνεται η ταχύτητα του κινητήρα, ενώ εάν ελαττωθεί η τάση στο τύλιγμα διεγέρσεως (ελάττωση του ρεύματος διεγέρσεως), αυξάνεται πάλι η ταχύτητα του κινητήρα. Χαρακτηριστικό των κινητήρων συνεχούς ρεύματος αποτελεί η δυνατότητα που έχουμε να ρυθμίζουμε συνεχώς τον αριθμό στροφών σε μεγάλα περιθώρια.

Η απόδοση των κινητήρων συνεχούς ρεύματος εκφράζεται με το λόγο της ισχύος που αποδίδεται από τον κινητήρα, προς την ισχύ που προσδίδεται σ' αυτόν. Ο λόγος αυτός καλείται **βαθμός αποδόσεως** και είναι τόσο μεγαλύτερος όσο μικρότερες είναι οι διάφορες απώλειες του κινητήρα. Οι απώλειες αυτές προέρχονται κυρίως από τη ροή του ρεύματος στα διάφορα τυλίγματα και τις ρυθμιστικές αντιστάσεις (θερμικές απώλειες, παράγρ. 6.3 και 15.1).

Πριν εκκινήσει ο κινητήρας συνεχούς ρεύματος, το ρεύμα στο τύλιγμα του επαγγειακού τυμπάνου προσδιορίζεται μόνο από την επιβαλλόμενη τάση στους ακροδέκτες του κινητήρα και από τη μικρή αντίσταση του τυλίγματος του τυμπάνου. Μετά την εκκίνηση, το ρεύμα στο τύλιγμα του τυμπάνου ελαττώνεται, γιατί στο τύλιγμα αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη αντίθετη προς την τάση, που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα. Για το λόγο αυτόν, η δύναμη αυτή καλείται **αντιηλεκτρεγερτική δύναμη** (Α.Η.Γ.Δ.). Η Α.Η.Γ.Δ. αναπτύσσεται, γιατί το τύλιγμα κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο των πόλων. Έτσι, αν επιβληθεί στο

τύμπανο η πλήρης τάση λειτουργίας, θα ρεύσει μέσα από το τύλιγμα ρεύμα μεγάλης εντάσεως. Για να αποφευχθεί αυτό, οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος εκκινούν με ελαττωμένη τάση, η οποία μετά την εκκίνηση αυξάνεται σιγά-σιγά. Αυτό δεν συμβαίνει με τους μικρούς κινητήρες, οι οποίοι εκκινούν κανονικά. Η εκκίνηση με τον τρόπο αυτόν των μεγάλων κινητήρων επιτυγχάνεται με μεταβλητή αντίσταση, που συνδέεται σε σειρά με το τύμπανο (παράγ. 5.1) και η οποία λέγεται **ροοστάτης εκκινήσεως** (σχ. 12.3β). Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος μπορούν να αναπτύξουν μεγάλη ροπή εκκινήσεως.



Σχ. 12.3β.
Ροοστάτης εκκινήσεως.

12.4 Ερωτήσεις.

- Σε τι χρησιμεύει ο συλλέκτης στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος;
- Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες συνδεσμολογίας των γεννητριών συνεχούς ρεύματος;
- Ποιος είναι ο προορισμός των δευτερευόντων πόλων;
- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των κινητήρων συνεχούς ρεύματος;
- Πώς επιτυγχάνεται η αντιστροφή της φοράς περιστροφής ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος;
- Πώς γίνεται η ρύθμιση των στροφών (της ταχύτητας) ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος;
- Τι θα συμβεί, εάν συνδέσουμε έναν κινητήρα στην πλήρη τάση του δικτύου;
- Ποιες είναι οι συνδεσμολογίες του τυλίγματος διεγέρσεως στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

13.1 Γενικά.

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

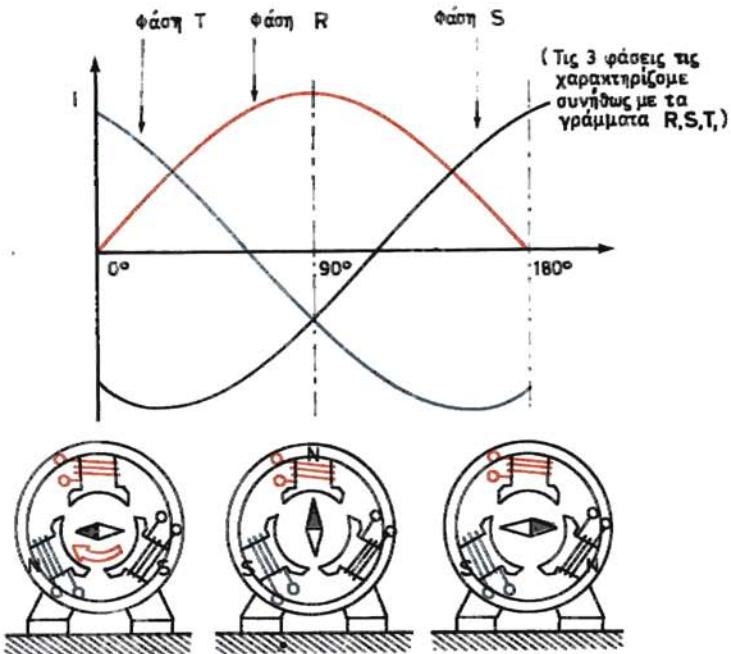
Όταν το τύλιγμα του επαγγελματικού τυμπάνου είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε να μένουν ελεύθερα μόνο δύο άκρα, τότε λέμε ότι το τύλιγμα είναι **μονοφασικό** και η ηλεκτρική μηχανή είναι **μονοφασική**. Όταν το τύλιγμα του επαγγελματικού τυμπάνου αποτελείται από δύο, τρία, η περισσότερα μονοφασικά τυλίγματα,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

Στη διάταξη του σχήματος 13.1 τροφοδοτούμε τα τυλίγματα των τριών πόλων, οι οποίοι σχηματίζουν μεταξύ τους ανά δύο γωνίες 120° , με τριφασικό ρεύμα. Η κατεύθυνση του συνιστάμενου μαγνητικού πεδίου, η οποία προκύπτει από τη σύνθεση των τριών μαγνητικών πεδίων των πόλων, προσδιορίζεται κάθε στιγμή από τις σχέσεις μεταξύ των στιγμαίων τιμών των τριών εναλλασσόμενων ρευμάτων, από τα οποία αποτελείται το τριφασικό ρεύμα. Η κατεύθυνση αυτή, που μπορεί να προσδιορισθεί με τη βοήθεια της μαγνητικής βελόνας, εκτελεί κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, μια πλήρη περιστροφή. Το μαγνητικό αυτό πεδίο καλείται **στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο**. Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο παράγεται στην περίπτωση, κατά την οποία ένας μαγνήτης περιστρέφεται έτσι, ώστε οι πόλοι του να διαγράφουν περιφέρεια κύκλου.

Στις τριφασικές ή και μονοφασικές ηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποιούνται τα στρεφόμενα μαγνητικά πεδία. Αν στις μηχανές αυτές ο δρομέας περιστρέφεται με ταχύτητα ιση προς την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη, λέμε ότι οι ηλεκτρικές μηχανές είναι **σύγχρονες μηχανές**, ενώ, αν η ταχύτητα του δρομέα διαφέρει από την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη, οι ηλεκτρικές μηχανές καλούνται **ασύγχρονες μηχανές**.

13.2 Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος, που καλούνται και **εναλλακτήρες**, κατασκευάζονται σήμερα σχεδόν πάντοτε ως **σύγχρονες μηχανές**.



Σχ. 13.1.

Αρχή λειτουργίας μηχανών τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος.

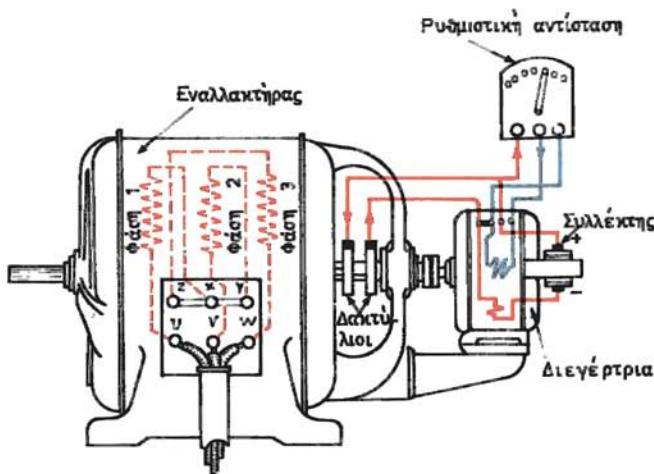
Οι εναλλακτήρες είναι πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος και κινούνται είτε από πετρελαιομηχανές, όταν πρόκειται για μικρούς εναλλακτήρες, είτε από άτμοστρόβιλους ή υδροστρόβιλους, όταν οι εναλλακτήρες είναι μεγάλοι και χρησιμοποιούνται στους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

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 ορατούς πόλους με πυρήνα και τύλιγμα που **προεξέχουν**. Ο δρομέας τότε είναι ένα κυλινδρικό τύμπανο επάνω στο οποίο, μέσα σε εγκοπές, είναι τοποθετημένο το τύλιγμα διεγέρσεως (**λείσι πόλοι**).

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

Είναι δυνατόν το ρεύμα διεγέρσεως να παρέχεται από δίκτυο, ή από τον ίδιο τον εναλλακτήρα, αφού προηγουμένως μετατραπεί σε συνεχές με τη βοήθεια ανορθωτών (παραγ. 14.3), οπότε δεν απαιτείται η ύπαρξη διεγέρτριας.

Ο στάτης των τριφασικών εναλλακτήρων φέρει τρία μονοφασικά τυλίγματα: στα τυλίγματα αυτά το μαγνητικό πεδίο του δρομέα που στρέφεται (στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο), δημιουργεί τριφασικό σύστημα ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων. Τα άκρα του τριφασικού τυλίγματος του στάτη, που μένουν ελεύθερα, συνδέονται με τους ακροδέκτες της μηχανής. Με αυτούς συνδέεται το φορτίο που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε (σχ. 13.2). Αν οι μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στο στάτη και το επαγωγικό τύμπανο στο δρομέα, τα ελεύθερα άκρα του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου συνδέονται με ισάριθμους δακτύλιους και από εκεί με τη βοήθεια ψηκτρών το ρεύμα που παράγεται στους ακροδέκτες της μηχανής.



Σχ. 13.2.
Γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος.

13.3 Τριφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.

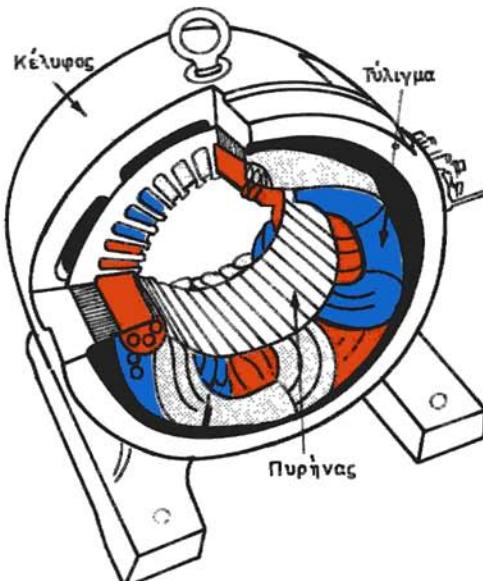
1. Αρχή λειτουργίας τριφασικών κινητήρων.

Οι πιο διαδεδομένοι σήμερα ηλεκτρικοί κινητήρες είναι οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, που κατασκευάζονται είτε ως τριφασικοί είτε ως μονοφασικοί κινητήρες.

Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος κατασκευάζονται, συνήθως, ως ασύγχρονες μηχανές. Σύγχρονοι κινητήρες κατασκευάζονται μόνο για ειδικές χρήσεις, όπως είναι π.χ. η διόρθωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκαταστάσεως (λειτουργία εν κενώ) ή η κίνηση φορτίου με μεγάλη σταθερότητα στροφών (ηλεκτρικά αρολόγια, ηλεκτρόφωνα ανώτερης ποιότητας). Για βιομηχανικές χρήσεις κατασκευάζονται ως επί το πλείστον **τριφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες** εναλλασσόμενου ρεύματος.

Διακρίνομε δύο ομάδες ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων: τους **κινητήρες επαγωγής** και τους **κινητήρες με συλλέκτη**. Κυριότερη ομάδα, την οποία και εξετάζουμε εδώ, είναι η ομάδα των κινητήρων επαγωγής, οι οποίοι παρουσιάζουν τις περισσότερες χρήσεις.

Οι τριφασικοί κινητήρες επαγωγής έχουν στάτη όμοιο με το στάτη των σύγχρονων μηχανών (σχ. 13.3a) και δρομέα, ο οποίος φέρει αγωγούς βραχυκυκλωμένους μεταξύ τους στα άκρα. **Βραχυκύκλωση** καλείται η αγώγιμη σύνδεση δύο σημείων κυκλώματος διαφορετικού δυναμικού με μια πολύ μικρή (αμελητέα) ηλεκτρική αντίσταση.



Σχ. 13.3a.
Τριφασικός κινητήρας επαγωγής.

Όταν ο δρομέας του κινητήρα είναι ακίνητος και συνδέσουμε το τύλιγμα του στάτη με τριφασικό δίκτυο, το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, που θα δημιουργηθεί από το στάτη, θα προκαλέσει την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως εξ επαγωγής στους αγωγούς του δρομέα, που βρίσκονται ακίνητοι μέσα στο πεδίο του (παράγρ. 8.4). Αφού όμως τα άκρα των αγωγών του δρομέα είναι βραχυκυκλωμένα, η ηλεκτρεγερτική δύναμη που θα αναπτυχθεί μέσα στους αγωγούς αυτούς θα έχει ως αποτέλεσμα τη ροή ρεύματος μέσα απ' αυτούς. Έτσι, οι αγωγοί του δρομέα διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα και βρίσκονται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, οπότε στους αγωγούς αυτούς θα ασκηθούν δυνάμεις, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ροπή στρέψεως, η οποία και θέτει σε περιστροφή το δρομέα (παράγρ. 8.3). Μετά την εκκίνηση του κινητήρα, ο δρομέας τείνει να φθάσει την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου, χωρίς όμως να τη φθάνει ποτέ, γιατί αν ο δρομέας κατόρθωνε να περιστρέφεται με την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου, οι αγωγοί του δρομέα θα ήταν ακίνητοι ως προς το μαγνητικό πεδίο και, επομένως, δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί Η.Ε.Δ. μέσα σ' αυτούς, άρα ούτε και ροπή στρέψεως. Η ταχύτητα του δρομέα λοιπόν, είναι μικρότερη από την ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου (ασύγχρονες μηχανές), η δε διαφορά των δύο ταχυτήτων εκφράζεται εκατοστιαία με ένα μέγεθος που καλείται **διολίσθηση**.

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

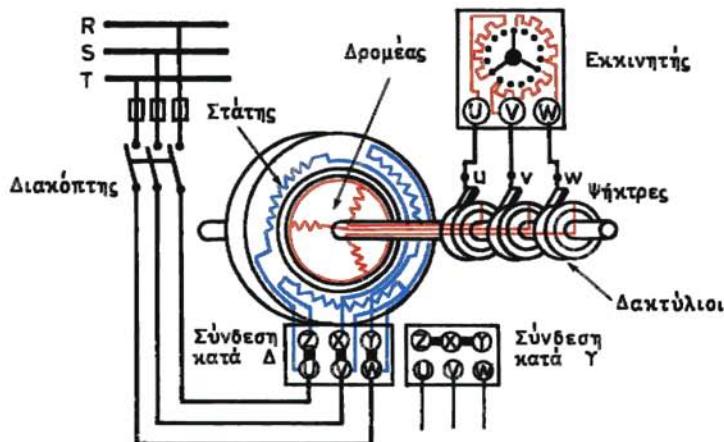
2. Κινητήρες με δακτύλιους — Κατασκευή.

Οι κινητήρες με δακτύλιους έχουν σχεδόν πάντοτε στερεωμένο επάνω στο δρομέα τους τριφασικό τύλιγμα, που βρίσκεται, συνήθως, σε αστεροειδή σύνδεση στο εσωτερικό του τυλίγματος.

Τα τρία άκρα, που μένουν ελεύθερα, συνδέονται σε τρεις ορειχάλκινους δακτύλιους στερεωμένους επάνω στον άξονα του δρομέα.

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

Διαμέσου των ψηκτρών οι τρεις φάσεις του δρομέα συνδέονται με τρεις ρυθμιστικές αντιστάσεις σειράς, οι οποίες είναι συνδεμένες κατ' αστέρα (τριφασική ρυθμιστική αντίσταση, η οποία καλείται **εκκινητής**), όπως δείχνει το σχήμα 13.3β. Έτσι οι αγωγοί του τυλίγματος είναι βραχυκυκλωμένοι στα άκρα, μέσω του στροφάλου του εκκινητή, ο οποίος είναι κοινός και για τις τρεις αντιστάσεις.



Σχ. 13.3β.
Κινητήρας με δακτύλιους.

Αποδεικνύεται ότι το ρεύμα εκκινήσεως ενός ασύγχρονου κινητήρα είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα του δρομέα του. Έτσι, με τη βοήθεια του εκκινητή, μπορούμε να επιτύχουμε μικρή ένταση εκκίνησεως. Οι κινητήρες με δακτύλιους αναπτύσσουν μεγάλη ροπή κατά την εκκίνηση και παρέχουν τη δυνατότητα ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής τους.

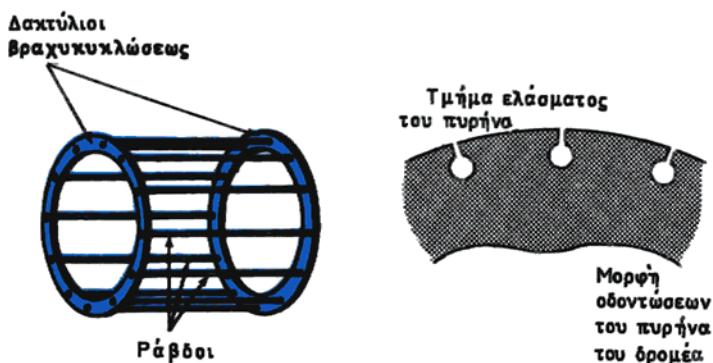
Μετά την εκκίνηση, αφαιρούνται βαθμιαία οι ρυθμιστικές αντιστάσεις του εκκινητή.

Σε πολλούς κινητήρες με δακτύλιους υπάρχει ειδικός μηχανισμός **ανυψώσεως των ψηκτρών**. Αυτός με τη βοήθεια ενός χειροστροφάλου, μετά την αφίρεση των αντιστάσεων του εκκινητή (όταν δηλαδή ο κινητήρας στρέφεται πλέον με τον

κανονικό αριθμό στροφών), απομακρύνει τις ψηκτρες από τους δακτύλιους και ταυτόχρονα τους βραχυκυκλώνει. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται η φθορά των ψηκτρων και η ανάπτυξη θερμότητας από τις τριβές (θερμικές απώλειες).

3. Κινητήρες με βραχύκυκλωμένο δρομέα — Κατασκευή.

Οι κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα είναι οι πιο διαδεδομένοι τριφασικοί κινητήρες, γιατί είναι και οι απλούστεροι τόσο ως προς την κατασκευή όσο και ως προς τη λειτουργία τους και επομένως οι φθηνότεροι. Ο δρομέας των κινητήρων αυτών αποτελείται, όπως είναι γνωστό, από ένα κυλινδρικό τύμπανο, το οποίο είναι κατασκευασμένο από πολλά λεπτά ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους· φέρει μέσα σε εγκοπές, που διαμορφώνονται στην κυλινδρική του επιφάνεια, ράβδους με κυκλική ή περίπου κυκλική μορφή από χαλκό ή αλουμίνιο. Οι εγκοπές αυτές σχηματίζουν τις λεγόμενες **οδοντώσεις** του πυρήνα του δρομέα. Μια οδόντωση αποτελείται από ένα αυλάκι (**λούκι**) και από το παραπλεύρως του **δόντη**. Οι ράβδοι αυτές βραχυκυκλώνονται και στα δύο άκρα με τη βοήθεια **δακτυλίων βραχυκυκλώσεως**. Οι ράβδοι και οι δακτύλιοι βραχυκυκλώσεως σχηματίζουν ένα είδος κλωβου (κλουβί), που επί πλέον, συγκρατεί και τα ελάσματα του πυρήνα και καλείται **τύλιγμα κλωβού** (σχ. 13.3γ).



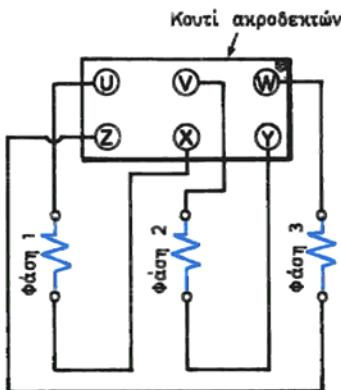
Σχ. 13.3γ.
Κλωβός κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Οι κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα έχουν ρεύμα εκκινήσεως με μεγάλη ένταση και μικρή ροπή εκκινήσεως, γιατί σ' αυτούς δεν υπάρχουν οι ρυθμιστικές αντιστάσεις σειράς, που συνδέονται με το τύλιγμα του δρομέα, όπως συμβαίνει στους κινητήρες με δακτύλιους. Παρ' όλα αυτά η απλότητα της κατασκευής και της χρήσεως, η φθηνή τιμή, οι μικρές απαιτήσεις για συντήρηση και η λειτουργία χωρίς τη δημιουργία ραδιοφωνικών παρασίτων, αποτελούν τους λόγους, που επέβαλαν τους κινητήρες αυτούς, όπου δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις από τη φύση του φορτίου.

4. Ζεύξη τριφασικών κινητήρων.

Τα ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων του τριφασικού τυλίγματος του στάτη ενός τριφασικού κινητήρα συνδέονται με τους 6 ακροδέκτες, που βρίσκονται στο κουτί των ακροδεκτών του κινητήρα (σχ. 13.3δ). Αν τοποθετήσουμε γεφυρώσεις

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



Σχ. 13.35.

Σύνδεση τυλίγματος τριφασικού κινητήρα με τους ακροδέκτες του στο κουτί ακροδεκτών.

τυλίγματα κατ' αστέρα ή κατά τρίγωνο. Στην περίπτωση της αστεροειδούς συνδέσεως του τριφασικού τυλίγματος του στάτη, που επιτυγχάνεται, αν τοποθετήσουμε τα λαμάκια όπως δείχνει το σχήμα 13.3ε, κάθε φάση του τυλίγματος θα βρεθεί να έχει μετά τη σύνδεση (ζεύξη) με το τριφασικό δίκτυο, τη φασική τάση του δικτύου (παράγρ. 11.1). Στην περίπτωση της τριγωνικής συνδέσεως (σχ. 13.3στ), κάθε φάση του τυλίγματος μετά τη σύνδεση με το δίκτυο θα βρεθεί να έχει την πολική τάση του δικτύου (παράγρ. 11.1).

Ο τρόπος συνδέσεως του τυλίγματος κατ' αστέρα ή κατά τρίγωνο προσδιορίζεται από : α) την τάση, με την οποία έχουν υπολογισθεί να εργάζονται οι φάσεις του τυλίγματος ενός τριφασικού κινητήρα από τον κατασκευαστή του, και β) τις τάσεις, που διαθέτονται από το τριφασικό δίκτυο τροφοδοτήσεως [παράγρ. 13.5 (1)].

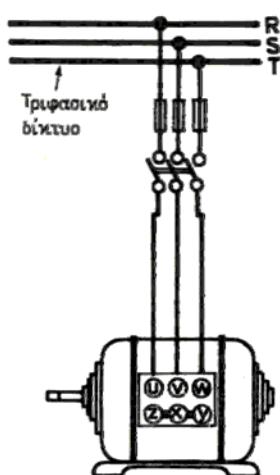
Κατά τη στιγμή της ζεύξεως ενός τριφασικού κινητήρα με το δίκτυο τροφοδοτήσεως, ο κινητήρας παίρνει από το δίκτυο ένταση ρεύματος, που μπορεί να φθάσει σε τιμή 8 φορές μεγαλύτερη από την ένταση κανονικής λειτουργίας ή και περισσότερο.

Η μεγάλη αυτή ένταση εκκινήσεως είναι επικίνδυνη για τα τυλίγματα του κινητήρα, τα οποία υπερθερμαίνονται και υπάρχει κίνδυνος να καούν. Εξάλλου, οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, όπως είναι στην Ελλάδα η Δ.Ε.Η., δεν επιτρέπουν την απορρόφηση μεγάλων εντάσεων για εκκινήσεις από το δίκτυο, για να μην δημιουργούνται σ' αυτό απότομες μεταβολές της τάσεως. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κατά την εκκίνηση διάφορες διατάξεις, που ελαττώνουν το ρεύμα που απορροφούν οι κινητήρες.

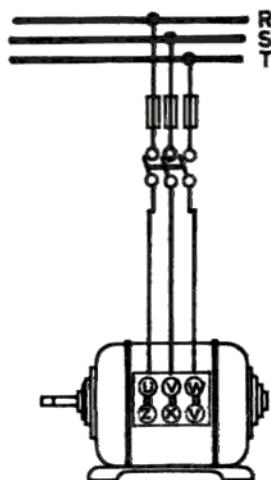
'Ετσι, αν εξαιρέσουμε τους πολύ μικρούς κινητήρες, των οποίων η ζεύξη πραγματοποιείται απ' ευθείας στο δίκτυο με τη βοήθεια ενός απλού μαχαιρωτού διακόπτη, οι μεγαλύτεροι κινητήρες συνδέονται με το δίκτυο με ειδικές διατάξεις

που ελαττώνουν το ρεύμα εκκινήσεως, εφόσον πρόκειται για κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα.

Οι κινητήρες με δακτύλιους συνδέονται απ' ευθείας με το δίκτυο, οπότε η ελάττωση του ρεύματος εκκινήσεως επιτυγχάνεται, όπως έχει αναφερθεί, με τις ρυθμιστικές αντιστάσεις του εκκινητή. Οι αντιστάσεις αυτές συνδέονται σε σειρά με το τύλιγμα του δρομέα, αυξάνουν την αντίσταση του τυλίγματός του και ελαττώνουν το ρεύμα του δρομέα και επομένως και το ρεύμα εκκινήσεως.



Σχ. 13.3ε.
Σύνδεση κατ' αστέρα.



Σχ. 13.3στ.
Σύνδεση κατά τρίγωνο

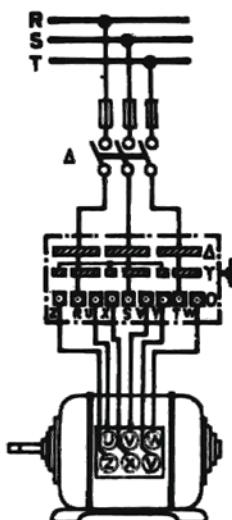
Στους κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα, οι διατάξεις ελαττώσεως του ρεύματος που απορροφούν κατά την εκκίνησή τους οι κινητήρες, εκπληρώνουν τον προορισμό τους ελαττώνοντας την τάση που εφαρμόζεται στον κινητήρα. Έτσι, κατά την εκκίνηση, ο κινητήρας απορροφά μικρή σχετικά ένταση ρεύματος, αφού λειτουργεί με τάση μικρότερη από την τάση κανονικής λειτουργίας του· μετά την εκκίνηση όμως και όταν αποκτήσει περίπου την κανονική του ταχύτητα περιστροφής, εφαρμόζεται στον κινητήρα η τάση κανονικής λειτουργίας του. Η ροπή εκκινήσεως και η ισχύς του κινητήρα είναι ανάλογα προς το τετράγωνο της τάσεως που εφαρμόζεται στον κινητήρα. Επομένως η μειωμένη τάση εκκινήσεως έχει ως συνέπεια την εκκίνηση του κινητήρα με μειωμένη ισχύ και ροπή. Οι κυριότερες διατάξεις εκκινήσεως κινητήρων με βραχυκυκλωμένο δρομέα είναι οι ακόλουθες:

a) Διακόπτης αστέρα-τριγώνου.

Ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιείται για την εκκίνηση κινητήρων, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι για να λειτουργούν με σύνδεση τριγώνου στην πολική τάση του δικτύου (π.χ. 380 V). Στην περίπτωση χρησιμοποιήσεως διακόπτη αστέρα-τριγώνου, μέσα στο κουτί ακροδεκτών του κινητήρα δεν υπάρχουν λαμάκια, αλλά από τους 6 ακροδέκτες αναχωρούν 6 αγωγοί, οι οποίοι καταλήγουν σ' αυτόν το διακόπτη.

Ο διακόπτης αυτός έχει τρεις θέσεις. Στην πρώτη είναι ανοικτός, στη δεύτερη συνδεσμολογεί τον κινητήρα κατ' αστέρα και στην τρίτη τον συνδεσμολογεί κατά

τρίγωνο. Έτσι πραγματοποιείται αυτό που θα είχε πραγματοποιηθεί με τις γεφυρώσεις. Στη δεύτερη και τρίτη θέση, δηλαδή, ο διακόπτης αστέρα-τριγώνου, που διαθέτει σειρά από επαφές προς τις οποίες συνδέονται οι 6 αγωγοί του κινητήρα και οι τρεις αγωγοί που έρχονται από το δίκτυο, βραχυκυκλώνει ορισμένες κάθε φορά από τις επαφές αυτές (σχ. 13.3ζ) και επιτυγχάνει την αλλαγή της συνδεσμολογίας. Για την εκκίνηση, λοιπόν τοποθετεύμε, με τη βοήθεια ενός στροφάλου, το διακόπτη στη θέση που είναι σημειωμένη με Υ· όταν οι στροφές του κινητήρα αυξηθούν, ώστου να φθάσουν στον κανονικό αριθμό στροφών (πράγμα που γίνεται αντιληπτό από το γεγονός ότι οι στροφές του κινητήρα παύουν τότε να αυξάνουν), στρέφομε το στρόφαλο στη θέση που σημειώνεται με Δ. (Οι χειρισμοί αυτοί μπορούν να γίνουν και αυτόματα με ειδικό μηχανισμό).



Σχ. 13.3ζ.
Διακόπτης αστέρα-τριγώνου.

Στη θέση Υ του διακόπτη αποδεικνύεται εύκολα ότι η ένταση, που απορροφάται από το δίκτυο είναι το $\frac{1}{3}$ της εντάσεως που θα ήταν δυνατόν να απορροφηθεί, αν ο κινητήρας κατά την εκκίνηση συνδεόταν κατά τρίγωνο.

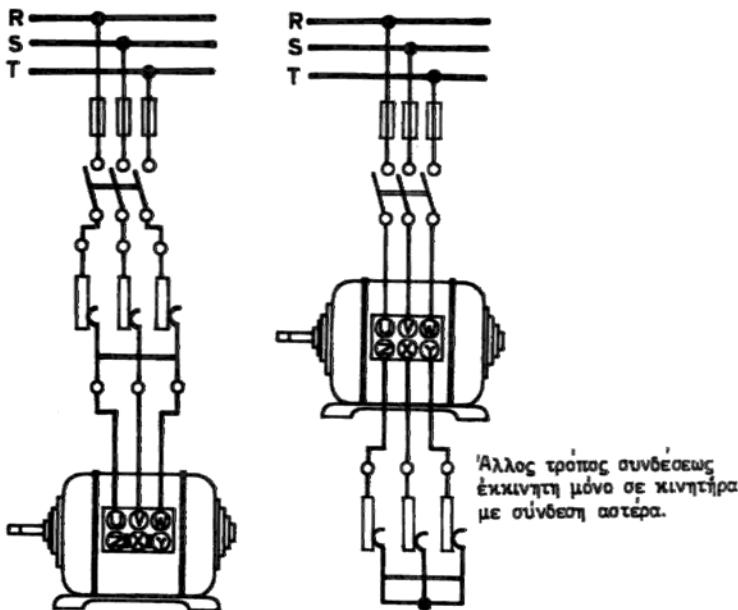
Όπως είπαμε προηγουμένως, αν ένας κινητήρας λειτουργεί κανονικά με τάση 380 V, μπόρει να εκκινήσει με διακόπτη αστέρα-τριγώνου σε τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V. Αυτό γίνεται, γιατί κατά την εκκίνηση με τη βοήθεια του διακόπτη, η τάση που θα εφαρμόζεται σε κάθε φάση του τυλίγματος, θα είναι 220 V.

Αν όμως ο κινητήρας λειτουργεί κανονικά με τάση 220 V, με σύνδεση τριγώνου και διαθέτομε πάλι τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V, για την εκκίνηση δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διακόπτη αστέρα-τριγώνου. Και αυτό, γιατί όταν ο κινητήρας συνδέεται με αστεροειδή σύνδεση, η τάση θα είναι ίση με την κανονική τάση λειτουργίας του.

Στην περίπτωση αυτή, όπως και σε περιπτώσεις κατά τις οποίες θέλομε να έχουμε ομαλή εκκίνηση του κινητήρα, χρησιμοποιούμε εκκινητές με αντιστάσεις.

β) Εκκινητής με αντιστάσεις.

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



γ) Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή.

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

Στους κινητήρες με δακτύλιους, όπως έχομε περιγράψει, η εκκίνηση πραγματοποιείται με τους ακόλουθους χειρισμούς:

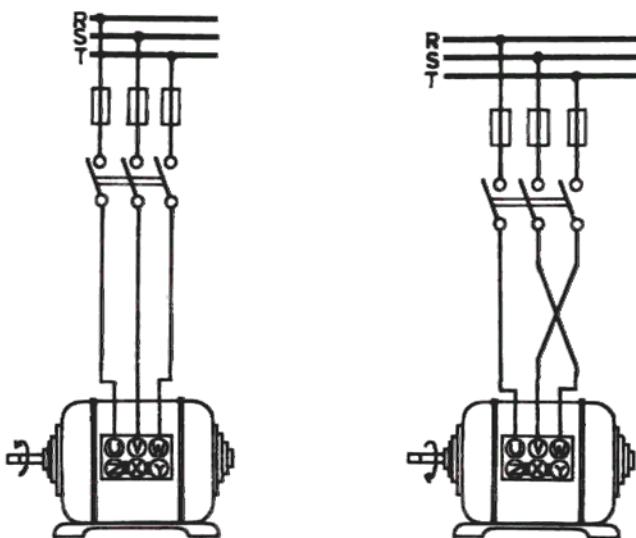
α) Βεβαιωνόμαστε ότι το σύστημα για την ανύψωση των ψηκτρών, αν υπάρχει, βρίσκεται στη θέση επαφής των ψηκτρών με τους δακτύλιους και ότι ο στρόφαλος του εκκινητή βρίσκεται στην αρχική θέση (ολόκληρες οι αντιστάσεις του εκκινητή βρίσκονται σε σειρά με το τύλιγμα του δρομέα): κατόπιν κλείνομε το διακόπτη της γραμμής, που έρχεται από το δίκτυο τροφοδοτήσεως του κινητήρα.

β) Μετά το κλείσιμο του διακόπτη, ο κινητήρας αρχίζει να στρέφεται πολύ αργά, οπότε αν αφαιρέσουμε σιγά-σιγά τις αντιστάσεις σειράς του εκκινητή με αργή περιστροφή του στροφάλου, φθάνουμε στην τελική θέση του εκκινητή. Στη θέση

αυτή έχουν αφαιρεθεί όλες οι αντιστάσεις 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 ανυψώσεως ψηκτρών, μετά την τοποθέτηση του στροφάλου του εκκινητή στην τελική του θέση, ανυψώνομε τις ψηκτρες, οπότε, ταυτόχρονα, βραχυκυκλώνονται οι δακτύλιοι και από το μηχανισμό του συστήματος ανυψώσεως τών ψηκτρών.

Για να αντιστρέψουμε τη φορά περιστροφής ενός τριφασικού κινητήρα, αρκεί να αντιστρέψουμε τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου που στρέφεται. Αυτό το επιτυγχάνομε εύκολα, αν αντιμεταθέσουμε δύο από τους τρεις τροφοδοτικούς αγωγούς, οποιοι δήποτε και αν είναι αυτοί, στα σημεία συνδέσεώς τους με τους ακροδέκτες του κινητήρα (σχ. 13.30).



Σχ. 13.30.

Τρόπος αντιστροφής της φοράς περιστροφής τριφασικού, κινητήρα.

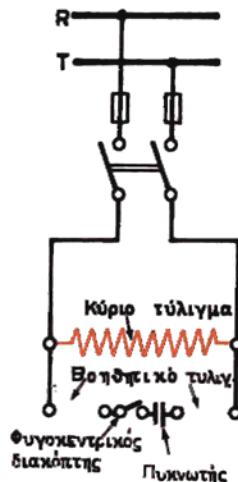
13.4 Μονοφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι μονοφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται στις διάφορες συσκευές οικιακής και ανάλογης χρήσεως με κινητήρα καθώς και στα μικρά μηχανουργικά εργαλεία και συσκευές. Οι κινητήρες αυτοί συνδέονται στις μονοφασικές γραμμές φωτισμού (μεταξύ φάσεως και ουδετέρου). Οι μονοφασικοί κινητήρες κατασκευάζονται είτε ως ασύγχρονοι κινητήρες επαγωγής είτε ως ασύγχρονοι κινητήρες με συλλέκτη.

Στους ασύγχρονους κινητήρες επαγωγής ανήκουν οι **μονοφασικοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα**. Για την εκκίνηση των κινητήρων αυτών απαιτείται η

ύπαρξη ενός στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. 'Όπως γνωρίζομε, 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 στό 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 ορισμένη απόσταση από αυτό επάνω στο στάτη (σχηματισμός γωνίας στο χώρο).

Επίσης το βοηθητικό τύλιγμα παρουσιάζει είτε μεγάλη ωμική αντίσταση είτε χωρητικότητα (έχει συνδεμένους 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 αποκλίσεως) και αντίστοιχης γωνίας στο χώρο, δημιουργείται, για την εκκίνηση, στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Μετά την εκκίνηση, όταν ο κινητήρας αποκτήσει περίπου τον 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 αγωγούς του δρομέα (σχ. 13.4a). Γ'αυτό το λόγο, όταν ένας τριφασικός κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα περιστρέφεται και διακοπεί η τροφοδότηση της μιας φάσεως, οπότε οι δύο άλλες φάσεις βρίσκονται συνδεμένες σε σειρά, όπως σε μονοφασικό τύλιγμα, ο κινητήρας αυτός εξακολουθεί να περιστρέφεται.



Σχ. 13.4a.

Αρχή λειτουργίας μονοφασικού κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα.

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

a) *Κινητήρες σειράς.*

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

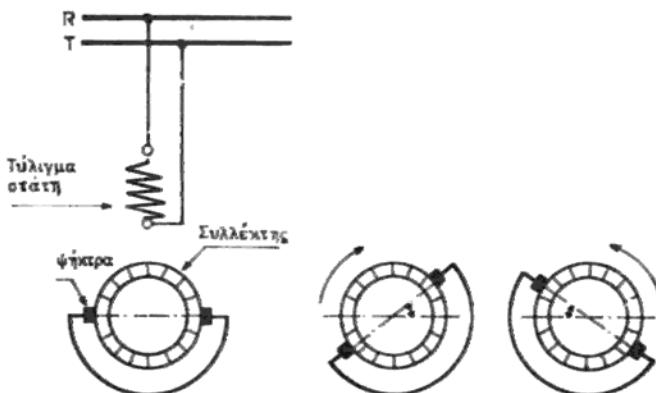
μαγνητικούς πόλους, αλλά μονοφασικό τύλιγμα μέσα σε αυλάκια, όπως οι μονοφασικοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα. Οι κινητήρες σειράς λειτουργούν με βάση την αρχή, κατά την οποία, όταν σε κινητήρα συνεχούς ρεύματος αντιστρέψουμε τη φορά του ρεύματος στο επαγωγικό τύμπανο και στο τύλιγμα διεγέρσεως, η φορά περιστροφής του κινητήρα δεν αλλάζει (παράγρ. 12.3). Έτσι, ων σε κινητήρα, που έχει το τύλιγμα διεγέρσεως σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, διαβιβάσουμε εναλλασσόμενο μονοφασικό ρεύμα, η αλλαγή της φοράς του ρεύματος ανά ημιπερίοδο δεν θα μεταβάλλει τη φορά περιστροφής.

β) Κινητήρες γιουνιβέρσαλ.

Είναι μικροί μονοφασικοί κινητήρες σειράς, κατάλληλοι όμως να λειτουργούν και στο εναλλασσόμενο και στο συνεχές ρεύμα.

γ) Κινητήρες αντιδράσεως.

Σ' αυτούς, το τύλιγμα του δρομέα δεν συνδέεται με το δίκτυο, αλλά οι ψήκτρες, που εφάπτονται στο συλλέκτη είναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους, όπως φαίνεται



Σχ. 13.4β.

Αρχή λειτουργίας μονοφασικού κινητήρα αντιδράσεως.

στο σχήμα 13.4β. Αν ο άξονας των ψηκτρών σχηματίζει με τον άξονα του μαγνητικού πεδίου γωνία 90° ή συμπίπτει με αυτόν, δεν δημιουργείται ροπή στρέψεως στο δρομέα και ο κινητήρας δεν περιστρέφεται, ενώ για τις ενδιάμεσες γωνίες ο κινητήρας περιστρέφεται με διάφορες ταχύτητες. Στους κινητήρες αντιδράσεως είναι δυνατόν να αλλάζουμε τη θέση του άξονα των ψηκτρών και να μεταβάλλουμε έτσι την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα από το μηδέν ώς τη μέγιστη τιμή. Τούτο κατορθώνεται με ειδικό μηχανισμό, περιστρέφοντας ένα στρόφαλο. Με τον ίδιο μηχανισμό αντιστρέφεται και η φορά περιστροφής του κινητήρα.

13.5 Γενικά στοιχεία κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος.

1) Γενικά κατασκευαστικά στοιχεία, προστασία.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες κατασκευάζονται σε διάφορες μορφές: έτσι μπορούν

να εγκατασταθούν είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα, για να εξασφαλίζεται η προσαρμογή τους στις απαιτήσεις του μηχανήματος, που πρόκειται να κινήσουν. Η εξωτερική μορφή των κινητήρων (αλλά και όλων των ηλεκτρικών μηχανών γενικώς) χαρακτηρίζεται διεθνώς με σύμβολο, που απαρτίζεται από ένα γράμμα του λατινικού αλφαριθμητού και έναν αριθμό. Το γράμμα αντιστοιχεί σε μια γενική μορφή εδράσεως της μηχανής, ενώ ο αριθμός χαρακτηρίζει τις διάφορες ειδικές μορφές εδράσεως. Έτσι: Τα σύμβολα A1 ως A6 χαρακτηρίζουν μηχανές **οριζόντιας διατάξεως χωρίς έδρανα**, διαφόρων μορφών.

Τα σύμβολα B3 ως B14 χαρακτηρίζουν μηχανές **οριζόντιας διατάξεως με έδρανα**, διαφόρων μορφών.

Τα σύμβολα C1 ως C4 αναφέρονται σε μηχανές **οριζόντιας διατάξεως με εξωτερικά έδρανα εππλέον από τα κανονικά**.

Τα σύμβολα V1 ως V19 σε μηχανές **κατακόρυφης διατάξεως με έδρανα**.

Τα περιβλήματα των ηλεκτρικών κινητήρων είναι κατασκευασμένα κατά διάφορους τρόπους, για να προστατεύουν τον κινητήρα και το περιβάλλον του, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περίπτωση. Τα κυριότερα είδη προστασίας, είναι:

α) Η προστασία προσώπων από την επαφή τους με τα τμήματα του κινητήρα που βρίσκονται σε τάση ή τα κινούμενα μέρη, που περικλείνονται μέσα σε περίβλημα και η προστασία του κινητήρα από την εισχώρηση ξένων στερεών σωμάτων.

β) Η προστασία του κινητήρα από την επιβλαβή εισχώρηση νερού.

Κάθε ένα από τα είδη προστασίας επιτυγχάνεται σε διάφορους βαθμούς ανάλογα με την κατασκευή του περιβλήματος. Ο βαθμός προστασίας συμβολίζεται διεθνώς με τα γράμματα «IP», τα οποία ακολουθούνται από δύο αριθμούς. Απ' αυτούς ο πρώτος (από 0 έως 6) καθορίζει το βαθμό του πρώτου είδους προστασίας και ο δεύτερος (από 0 έως 8) καθορίζει το βαθμό του δεύτερου είδους προστασίας, π.χ. IP21, IP54. Εκτός από τα δύο είδη προστασίας, που αναφέραμε, υπάρχουν και άλλα, τα οποία εφαρμόζονται, όταν οι κινητήρες προορίζονται για να λειτουργήσουν μέσα σε εκρηκτικές ατμόσφαιρες, διαβρωτικούς ατμούς κλπ.

Αν ανάμεσα στα γράμματα IP και τους δύο αριθμούς υπάρχει το γράμμα W, ο κινητήρας είναι ειδικότερα προστατευμένος από τις καιρικές επιδράσεις.

Τέλος οι κινητήρες, ανάλογα με το είδος της εργασίας για την οποία προορίζονται, κατασκευάζονται ως: κινητήρες **συνεχούς λειτουργίας**, με χαρακτηριστικό σύμβολο S1, κινητήρες **βραχυχρόνιας ή περιοδικά διακοπόμενης λειτουργίας** με χαρακτηριστικά σύμβολα S2 και S3 αντίστοιχα, τα οποία ακολουθούνται από το χρόνο λειτουργίας ή από τη σχετική διάρκεια ζεύξεως (%) της χρονικής περιόδου).

Τόσο οι κινητήρες με λειτουργία που διακόπτεται περιοδικά, όσο και οι κινητήρες συνεχούς λειτουργίας παρουσιάζουν διάφορες παραλλαγές, ανάλογα με τον τρόπο φορτίσεως, ηλεκτρικής πεδήσεως και εκκινήσεως, που συμβολίζονται με τα σύμβολα S4, S5, S6, κλπ.

'Όλες οι ηλεκτρικές μηχανές, επομένως και οι ηλεκτρικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, φέρουν επάνω στο περιβλήμα τους **ενδεικτική πινακίδα** (σχ. 13.5). Στην πινακίδα αυτή αναγράφονται τα **ονομαστικά χαρακτηριστικά** του κινητήρα, δηλαδή τα χαρακτηριστικά τα οποία έχουν καθορισθεί από τον κατασκευαστή για την κανονική λειτουργία του κινητήρα. Από τα χαρακτηριστικά αυτά, πρέπει να

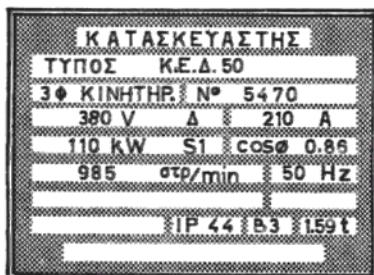
γνωρίζομε τουλάχιστον τα εξης:

- α) Την εμπορική επωνυμία του κατασκευαστή.
- β) Τον 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) Το είδος του ρεύματος, π.χ. M.P. ή 1Φ (μονοφασικό ρεύμα), T.P. ή 3Φ (τριφασικό ρεύμα).

δ) Τον αύξοντα αριθμό σειράς κατασκευής.

ε) Την ονομαστική τάση του κινητήρα σε βολτ. 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/Y, π.χ. 380/660 V Δ/Y. 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 αστεροειδή σύνδεση.



Σχ. 13.5.
Ενδεικτική πινακίδα κινητήρα.

στ) Το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα σε αμπέρ.

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

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

θ) Το συντελεστή ισχύος, συνφ ή cosφ.

ι) Τον ονομαστικό αριθμό στροφών σε στρ/min.

ια) Την ονομαστική συχνότητα σε Hz.

ιβ) Το είδος προστασίας με τα σύμβολα IP.

ιγ) Τη μορφή εδρασεως, με τα σύμβολα A, B κλπ.

ιδ) Το κατα προσέγγιση βάρος σε τόννους, για μηχανές με συνολικά βάρος μεγαλύτερο από 1 τόννο.

2. Ζυγοστάθμιση.

Ο δρομέας των ηλεκτρικών κινητήρων απέχει πολύ λίγο από το στάτη τους, ώστε το διάκενο που σχηματίζεται να είναι συχνά μικρότερο από 1mm. Για το λόγο αυτόν ο δρομέας πρέπει να έχει τέλεια έδραση και να μη παρουσιάζονται κάμψεις

της ατράκτου του δρομέα και δονήσεις ή κραδασμοί, που οφείλονται σε ανομοιόμορφη κατανομή της μάζας του δρομέα. Διαφορά στην κατανομή του βάρους του δρομέα μπορεί να προέλθει π.χ. από την άνιση κατανομή του τυλίγματός του. Για το λόγο αυτό, στους δρομείς των ηλεκτρικών κινητήρων γίνεται διόρθωση κάθε διαφοράς στην κατανομή του βάρους τους, ώστε το κέντρο βάρους τους να συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής τους. Η διόρθωση αυτή καλείται **στατική ζυγοστάθμιση** των δρομέων.

Στους δρομείς των ηλεκτρικών κινητήρων, όμως, εκτός από τη στατική ζυγοστάθμιση γίνεται, με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων, και η λεγόμενη **δυναμική ζυγοστάθμιση**. Η δυναμική ζυγοστάθμιση πραγματοποιείται στους δρομείς των ηλεκτρικών κινητήρων, επειδή η μορφή τους είναι επιμήκης. Έτσι, ενώ το συνολικό κέντρο βάρους του δρομέα είναι δυνατόν να συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής, τα μερικά κέντρα βάρους των μερών του τυμπάνου ενδέχεται να μην συμπίπτουν όλα επάνω στον άξονα, οπότε κατά την περιστροφή θα δημιουργηθούν ζεύγη δυνάμεων από τις φυγόκεντρες δυνάμεις που αναπτύσσονται, τα οποία προκαλούν πάλι δονήσεις.

3. Ανάγκες ισχύος στις διάφορες εφαρμογές των κινητήρων εκλογή κινητήρα.

Στις διάφορες χρήσεις των ηλεκτρικών κινητήρων απαιτούνται κινητήρες διαφόρων ειδών και μεγεθών, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τις απαιτήσεις ισχύος των μηχανών, οι οποίες κινούνται από τους ηλεκτροκινητήρες. Στον Πίνακα 13.5.1, περιλαμβάνονται διάφορες εφαρμογές των ηλεκτροκινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος και παρέχονται για κάθε μία: Η περιοχή των ισχύων που συνήθως απαιτούνται, ο τύπος του ηλεκτροκινητήρα, το είδος της λειτουργίας του καθώς και το είδος της προστασίας του. Ο πίνακας αυτός μας πληροφορεί για το είδος του κινητήρα που υπάρχει στα διάφορα μηχανήματα, σε ορισμένες δε περιπτώσεις χρησιμεύει στην εκλογή του κατάλληλου κινητήρα, για τη χρήση για την οποία προορίζεται από πλευράς γενικών χαρακτηριστικών. Ο ακριβής καθορισμός όλων των στοιχείων ενός κινητήρα σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση δεν πρόκειται να μας απασχολήσει, γιατί είναι έργο των ηλεκτρολόγων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.5.1. Εφαρμογές και εκλογή ηλεκτροκινητήρων.

Οι ηλεκτροκινητήρες ταξινομήθηκαν, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά ταχύτητάς τους, ως εξής:

1. Κινητήρες σταθερής ταχύτητας (Σ.Τ.), δηλαδή κινητήρες στους οποίους η ταχύτητα είναι πρακτικά σταθερή, ανεξάρτητα από το φορτίο που επιβάλλεται. Στους κινητήρες αυτούς παρατηρείται μικρή μόνο μεταβολή της ταχύτητας από τη λειτουργία εν κενώ στη λειτουργία με φορτίο (εκτός από τους σύγχρονους κινητήρες). Παραδείγματα κινητήρων αυτού του είδους είναι οι κινητήρες επαγωγής με μικρή διολίσθηση και οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος με παράλληλη διέγερση.

2. Κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας (Μ.Τ.), δηλαδή κινητήρες στους οποίους η ταχύτητα μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο (ελαττώνται με την αύξηση του φορτίου). Κινητήρες αυτού του είδους είναι π.χ. οι κινητήρες επαγωγής βραχυκυκλωμένου δρομέα μεγάλης διολισθήσεως και οι κινητήρες συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με διέγερση σειράς

3. Κινητήρες ρυθμιζόμενης ταχύτητας (P.T.), δηλαδή κινητήρες εφοδιασμένοι με διάταξη ρυθμίσεως της ταχύτητας με ρυθμιστικές αντιστάσεις. Π.χ. κινητήρας επαγωγής με δακτύλιους και ρυθμιστικές αντιστάσεις στο δρομέα είναι τύπου: P.M.T., γιατί οι διάφορες ταχύτητες, που αναπτύσσει ο κινητήρας αυτός με τη βοήθεια τής ρυθμιστικής αντιστάσεως, μεταβάλλονται στη συνέχεια με τη μεταβολή του φορτίου.

Κατά την εκλογή 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 μηχάνημα απευθείας σύζευξη, μειωτήρας στροφών κλπ.).

Είδος κινούμενου μηχανήματος	Απαιτούμενη ισχύς σε ίππους	Τύπος κινητήρα Είδος λειτουργίας Προστασία	
A. 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. Φραιζά	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 (πρέσσα)			Σ.Τ. S1/IP00
B. 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. Φραιζά		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 οστών	0,25	έως 0,75	Σ.Τ. S1/IP44
2. Μύλος κρέατος (αλεστική μηχανή)	1	έως 6	»
3. Μηχανή αναμίξεως κρέατος	0,25	έως 1	»
4. Κοπτική μηχανή κρέατος.....	0,75	έως 1	»

Είδος κινούμενου μηχανήματος	Απαιτούμενη ισχύς σε ίππους	Τύπος κινητήρα Είδος λειτουργίας Προστασία
E. Μηχανές αρτοποιείου		
1. Ζυμωτική μηχανή	1 έως 6	»
2. Διαχωριστική μηχανή ζύμης για ψωμάκια	1	»
ΣΤ. Αγροτικές μηχανές		
1. Αλωνιστικές μηχανές (περίπου 350 kg/h με διάταξη καθαρισμού)	2,5 έως 4	»
2. Ευρείες αλωνιστικές μηχανές (περίπου 500 kg/h με διπλό καθαρισμό)	6 έως 8	»
3. Ευρείες αλωνιστικές μηχανές (περίπου 1000 έως 4000 kg/h με αυτόματη τροφοδότηση, πιεστήριο αχύρου και κάθαρισμό)	24 έως 48	»
4. Μηχανές καθαρισμού σταριού.....	0,5 έως 3	»
5. Ηλεκτρικό άροτρο.....	40 έως 90	M.T. S2/IP44 90 min
6. Καλλιεργητικές μηχανές.....	15 έως 20	M.T. S2/IP44 90 min
7. Μεγάλες αλωνιστικές μηχανές.....	50 έως 90	Σ.Τ. S1/IP44
8. Ανυψωτικές μηχανές χόρτου και σανού (περίπου 3000 kg/ημέρ.).....	1 έως 2	Σ.Τ. S2/IP24 60 min
9. Αντλίες λιπάσματος	1,3 έως 2	Σ.Τ. S1/IP44
10. Πιεστήρια χονδρού χόρτου.....	6 έως 12	Σ.Τ. S1/IP24
11. Πιεστήρια λειου χόρτου με διάταξη δεσμίματος	3 έως 5	»
12. Μηχανές κοπής χόρτου, κοσκινίσματος και ανυψώσεως.....		Σ.Τ. S1/IP44
13. Μεταφορική ταινία, αναδευτήρες	3 έως 6	Σ.Τ. S1/IP10
14. Μηχανές κοπής τεύτλων.....		»
15. Μηχανές συνθλίψεως βρώμης.....	2 έως 3	Σ.Τ. S1/IP23
16. Μηχανές συνθλίψεως πατάτας.....		»
17. Ξηραντήρια.....	20 έως 30	Σ.Τ. S1/IP20
18. Μύλος λεπτής αλέσεως.....	6 έως 14	Σ.Τ. S1/IP44
19. Μύλος χονδρής αλέσεως	2 έως 6	»
Z. Μηχανές σιδηρουργείου		
1. Δράπανο, τέρνος, λειαντικός τροχός, φυστήρας, συνολικά	2 έως 3	Σ.Τ. S1/IP11
2. Αερόσφιρα	1 έως 8	Σ.Τ. S1/IP10
3. Σφύρα πτώσεως	2 έως 6	»
H. Μηχανές πλινθουργείου		
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		Απαιτούμενή ισχύς σε ίππους		Τύπος κινητήρα Είδος λειτουργίας Προστασία
I. Αλεστικές μηχανές (μύλοι)	4	έως 30		»
IA. Δομικές μηχανές				
1. Μηχανή ασβεστοκονιάματος		5		»
2. Μηχανή σκυροκονιάματος	3	έως 6		»
3. Θραυστήρες λίθων με διάταξη κοσκινίσματος (2 έως 4,5m ³ /h)	20	έως 34		»
IB. Υφαντουργικές μηχανές				
1. Αργαλειά	0,33	έως 1	P.Σ.T.S1/IP44	
2. Κλωστικές μηχανές	0,5	έως 3		»
IC. Αντλίες				
1. Εμβολοφόρες (60 έως 150 στρ/min)	2	έως 30	S.T.	S1/IP23
2. Φυγοκεντρικές (1000 έως 3000 στρ/min)	1	έως 15		»
ID. Εξαεριστήρες				»
IE. Ανυψωτικές μηχανές				
1. Γερανογέφυρες	3	έως 30	M.T.	S3/IP10 25% ή 15%
2. Αναβατήρες φορτίων με ή χωρίς οδηγό, με αντίβαρο	2	έως 10	S.T.	S2/IP00 60 min
3. Ανελκυστήρες προσώπων	2	έως 8		»
IS. Σιδηρόδρομοι				
1. Περιστρεφόμενα δάπεδα	6	έως 10	M.T.	S2/IP44 60 min
2. Μεταφορικές εξέδρες	16	έως 22		»
3. Βαρούλκα		έως 3	S.T.	S2/IP44 30 min
4. Γερανοί άνθρακα	3	έως 4	M.T.	S3/IP44 40%
5. Συμπιεστές	15	έως 100	S.T.	S1/IP01
6. Θραυστήρες άνθρακα	10	έως 20	S.T.	S1/IP44
7. Λειαντική μηχανή βάκτρων εμβόλων		10	S.T.	S1/IP11
8. Ψαλίδι συρμάτων		5		»
9. Μηχανή καθαρισμού σωληνώσεων λεβήτων		10		»
II. Ηλεκτρικοί αιδηρόδρομοι				
1. Σιδηρόδρομοι ορυχείων, αστικοί, υπεραστικοί, διασυνδετικοί κρατών	10	έως 200	M.T.	S2/IP44 60 min
2. Σιδηρόδρομοι μακρινής αποστάσεως	1000	έως 3000	M.T.	S2/IP00 60 min

4. Επιθεώρηση, συντήρηση, βλάβες κινητήρων.

Στους ηλεκτροκινητήρες τα σημεία, τα οποία υπόκεινται σε ιδιαίτερη φθορά, είναι τα έδρανα, οι ψήκτρες, ο συλλέκτης και οι δακτύλιοι. Η ελαττωματική λειτουργία ενός εδράνου λόγω βλάβης, φέρνει εύκολα το δρομέα σε επαφή με το στάτη, οπότε ο δρομέας καθώς προστρίβεται επάνω στο στάτη χαράζεται. Συνέπεια αυτού είναι η ταχεία καταστροφή ολόκληρου του κινητήρα. Η φθορά των εδράνων, εξάλλου, επιτείνεται από σύνδεσμους και τροχαλίες μεταδοσεως κινήσεως, τα οποία είναι ζυγοσταθμισμένα ή ευθυγραμμισμένα κακά, καθώς επίσης και από υπερβολικό τέντωμα (τάνυση) των ιμάντων, που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της κινήσεως. Από όσα είπαμε, βγαίνει το συμπέρασμα ότι επιβάλλεται η τακτική λίπανση των εδράνων των κινητήρων, ενώ θα πρέπει να αντικαθίσταται έγκαιρα ένα ελαττωματικό έδρανο και να αποφεύγεται η κακά νοούμενη οικονομία, που οδηγεί τελικά στη μείωση της διάρκειας ζωής του κινητήρα.

Από τα λοιπά τμήματα του ηλεκτροκινητήρα υποφέρουν ιδιαίτερα οι ψήκτρες, οι οποίες πρέπει να έχουν όλες τον (ιδιο τύπο, ώστε να αποφεύγεται η ανομοιόμορφη φθορά, οι δε δακτύλιοι ή ο συλλέκτης δεν πρέπει να έχουν χαραγές. Αν τυχόν υπάρχουν χαραγές και αυλακώσεις, πρέπει να απαλείφονται με κατάλληλη λείανση των δακτυλίων ή του συλλέκτη.

Από τα παραπάνω οδηγούμαστε και στον τρόπο, με τον οποίο πρέπει να γίνεται η επιθεώρηση των ηλεκτροκινητήρων, ώστε έγκαιρα να διαπιστώνονται οι ανωμαλίες που μόλις αρχίζουν και, επομένως, να προλαμβάνονται μελλοντικές βλάβες. Κατά την επιθεώρηση, πρέπει να πραγματοποιείται επίσης: α) Η λίπανση των ηλεκτροκινητήρων, σε όσα σημεία και κατά τον τρόπο που υποδεικνύει ο κατασκευαστής τους στις σχετικές οδηγίες. β) Ο καθαρισμός τους από τη σκόνη και τις λοιπές ακαθαρσίες, που συσσωρεύονται επάνω και μέσα στη μηχανή από το περιβάλλον. Οι ακαθαρσίες αυτές εκτός από τις άλλες ανωμαλίες, που ενδέχεται να προκαλέσουν στον κινητήρα, φράζουν τις διόδους κυκλοφορίας του αέρα ψύξεως του, με αποτέλεσμα η μηχανή να υπερθερμαίνεται.

Η συντήρηση και αποκατάσταση των βλαβών είναι, βεβαίως, έργο ειδικού ηλεκτρολόγου, αλλά για να γνωρίζομε πότε ο ηλεκτροκινητήρας έχει ανάγκη συντηρήσεως συντάχτηκε ο Πίνακας 13.5.2, ο οποίος παρέχει στοιχεία για την αναγνώριση των συμπτωμάτων, που παρουσιάζονται σε ένα κινητήρα, όταν έχει συμβεί κάποια βλάβη ή όταν έχουν επέλθει φθορές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.5.2.

Συνήθεις βλάβες ηλεκτροκινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος.

ΣΥΜΠΤΩΜΑ

ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ

1.
1. Διακοπή στους αγωγούς τροφοδοτήσεως ή στον εκκινητή, τήξη ασφάλειας ή άνοιγμα (πτώση) αυτόματου διακόπτη.
2. Διακοπή στο κύκλωμα του δρομέα. Π.χ. διακοπή στο τύλιγμα του δρομέα ή στις αντιστάσεις ή επαφές του εκκινητή ή κακή επαφή των ψηκτρών.
2. Ο κινητήρας εκκινει με δυσκολία, η ταχύτητά του ελαττώνεται σημαντικά με τη φόρτιση.
3. Η φόρτιση είναι πολύ μεγάλη.
4. Ελαττωματικές επαφές στο διακόπτη αστέρα - τριγώνου.
5. Ελαττωματικά έδρανα.
6. Βλάβη στο μηχανισμό των ψηκτρών, ανωμαλίες στους δακτύλιους.
7. Βραχυκυκλωμένες σπείρες στο τύλιγμα του στάτη.

ΣΥΜΠΤΩΜΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ
	<p>6. Κινητήρας προβλεπόμενος για σύνδεση τριγώνου στη διατιθέμενη τάση, έχει συνδεσμολογηθεί, κατά λάθος, σε αστεροειδή σύνδεση.</p> <p>7. Τάση τροφοδοτήσεως πολύ χαμηλή.</p> <p>8. Χαλαρές ράβδοι κλωβού.</p> <p>9. Ελαττωματικός πυκνωτής (μονοφασικοί κινητήρες).</p>
<p>3. Κατά την εκκίνηση, οι ασφάλειες τήκονται (καίονται) ή ο αυτόματος διακόπτης ανοίγει (πέφτει).</p>	<p>1. Βραχυκυκλωμένοι αγωγοί μεταξύ αυτόματου διακόπτη και στάτη.</p> <p>2. Βραχυκυκλωμένοι αγωγοί μεταξύ δρομέα και εκκινητή ή βραχυκύκλωμα μεταξύ δύο ψηκτροφορέων.</p> <p>3. Δύο φάσεις του στάτη είναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους ή προς τον πυρήνα.</p> <p>4. Βραχυκυκλωμένοι δακτύλιοι ή σπείρες του τυλίγματος του δρομέα.</p> <p>5. Βραχυκυκλωμένος πυκνωτής (μονοφασικοί κινητήρες).</p> <p>6. Ελαττωματικός φυγοκεντρικός διακόπτης (μονοφασικοί κινητήρες).</p>
<p>4. Ο κινητήρας υπερθερμαίνεται ή ο αυτόματος διακόπτης ανοίγει (πέφτει).</p>	<p>1. Η φόρτιση είναι πολύ μεγάλη.</p> <p>2. Ο κινητήρας λειτουργεί μόνο με 2 φάσεις.</p> <p>3. Η τάση του δικτύου τροφοδοτήσεως είναι πολύ υψηλή.</p> <p>4. Η τάση τροφοδοτήσεως είναι πολύ χαμηλή.</p> <p>5. Βραχυκύκλωμα μεταξύ φάσεων στο τύλιγμα του στάτη ή μεταξύ φάσεων και πυρήνα.</p> <p>6. Βραχυκυκλωμένες σπείρες στο τύλιγμα του στάτη.</p> <p>7. Πολύ μεγάλη τριβή μεταξύ ψηκτρών και δακτυλίων.</p> <p>8. Κακή επαφή στο κύκλωμα του δρομέα.</p> <p>9. Ο δρομέας προσκρούει στο στάτη.</p>
<p>5. Το αμπερόμετρο στη γραμμή τροφοδοτήσεως αμφιταλαντεύεται υπό σταθερό φορτίο.</p>	<p>Κακή επαφή στο κύκλωμα του δρομέα.</p>
<p>6. Ο κινητήρας υπερθερμαίνεται κατά τη λειτουργία εν κενώ.</p>	<p>Κινητήρας κατασκευασμένος για αστεροειδή σύνδεση, στη διατιθέμενη τάση, συνδεσμολογημένος, κατά λάθος, σε σύνδεση τριγώνου.</p>
<p>7. Σπινθηρισμοί στις ψήκτρες.</p>	<p>1. Η επιφάνεια επαφής των ψηκτρών δεν είναι λεία ή οι ψήκτρες δεν εξασκούν την απαιτούμενη πίεση στους δακτύλιους.</p> <p>2. Ανώμαλοι ή ακάθαρτοι δακτύλιοι.</p> <p>3. Μη κυκλικοί δακτύλιοι.</p>

ΣΥΜΠΤΩΜΑ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ
8. Ο κινητήρας λειτουργεί με θόρυβο.	1. Ελαττωματικά έδρανα. 2. Ο μηχανικός σύνδεσμος της μηχανής δεν είναι ευθυγραμμισμένος. 3. Κακή ζυγοστάθμιση του δίσκου του συνδέσμου. 4. Διακοπή της μιας φάσεως (π.χ. τήξη ασφάλειας). Τούτο είναι δυνατόν να έχει συμβεί όταν ο κινητήρας, κατά τη λειτουργία του, αρχίσει ξαφνικά να κάνει υπερβολικό θόρυβο.
9. Από τον κινητήρα εξέρχεται, κατά τη λειτουργία, καπνός.	1. Βραχυκύλωμα στο τύλιγμα. 2. Βλάβη στο φυγοκεντρικό διακόπτη, ο οποίος δεν ανοίγει το κύκλωμα του βοηθητικού τύλιγματος (μονοφασικοί κινητήρες). 3. Ελαττωματικά έδρανα. 4. Υπερφόρτιση.
10. Ο κινητήρας βουίζει αλλά δεν εκκινεί.	1. Ελαττωματικός πυκνωτής (μονοφασικοί κινητήρες). 2. Διακοπή στο βοηθητικό τύλιγμα (μονοφασικοί κινητήρες). 3. Η φόρτιση είναι πολύ μεγάλη.

Όταν στις πιθανές αιτίες μιας βλάβης περιλαμβάνονται:

- διακοπές στους αγωγούς τροφοδοτήσεως,
- τήξεις ασφαλειών,
- άνοιγμα του αυτόματου διακόπτη,
- κακές επαφές στους διακόπτες και εκκινητές,
- λανθασμένες ή κακές συνδέσεις στους ακροδέκτες,
- κακή ευθυγράμμιση του συνδέσμου,
- υπερβολικό φορτίο,

είναι δυνατόν να επιέμβομε για την πιθανή αποκατάσταση της βλάβης. Στις περιπτώσεις αυτές, πριν από κάθε άλλη ενέργεια, απομονώνεται ο κινητήρας από το δίκτυο τροφοδοτήσεως, με τη βοήθεια του διακόπτη που υπάρχει στη γραμμή τροφοδοτήσεως, και πραγματοποιείται ο ελεγχός. Κατά τον ελέγχο μπορεί να απαιτηθεί:

- α) Η αντικατάσταση μιας καμένης ασφάλειας.
- β) Η αλλαγή ή βελτίωση των συνδέσεων στους ακροδέκτες.
- γ) Η ελάττωση του φορτίου.
- δ) Η τοποθέτηση μεγαλύτερου κινητήρα κλπ.

13.6 Ερωτήσεις.

1. Πώς πραγματοποιείται ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο;
2. Ποιες εφαρμογές βρίσκουν τα στρεφόμενα μαγνητικά πεδία;
3. Πότε μία ηλεκτρική μηχανή καλείται σύγχρονη και πότε ασύγχρονη;
4. Πώς είναι κυτασκευασμένος ο δρομέας των εναλλακτήρων;
5. Πώς δημιουργείται το τριφασικό σύστημα Η.Ε.Δ. στους τριφασικούς εναλλακτήρες;
6. Τι είδους ηλεκτρικές μηχανές είναι οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος;
7. Πόσα είδη ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων έχουμε και ποια;

8. Ποια η αρχή λειτουργίας των τριφασικών κινητήρων επαγωγής;
 9. Πόσα είδη τριφασικών κινητήρων επαγωγής έχουμε και ποια; Ποια τα βασικά χαρακτηριστικά των κινητήρων κάθε είδους;
 10. Εάν διατίθεται τριφασικό δίκτυο 220/380 V και πραγματοποιήσουμε στο κιβώτιο ακροδεκτών του κινητήρα σύνδεση του τυλίγματος του στάτη κατά τρίγωνο, μετά τη ζεύξη του κινητήρα με το δίκτυο, με ποια τάση θα βρεθεί κάθε φάση του τυλίγματός του;
 11. Πως επιτυγχάνεται η ελάττωση του ρεύματος εκκινήσεως: α) Στους κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα; β) Στους κινητήρες με δακτύλιους;
 12. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διακόπητη αστέρα - τριγώνου για την εκκίνηση κινητήρα με κανονική τάση λειτουργίας 220 V σε σύνθεση τριγώνου, εάν διαθέτεται τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V; Να δικαιολογήσετε την απάντηση.
 13. Πως κατορθώνεται η αντιστροφή της φοράς περιστροφής ενός τριφασικού κινητήρα;
 14. Ποια είδη μονοφασικών κινητήρων έχουμε;
 15. Πως συμβολίζονται διάφορες εξωτερικές μορφές των ηλεκτρικών κινητήρων;
 16. Ποια είναι τα βασικά είδη προστασίας, που παρέχουν τα περιβλήματα των κινητήρων και ποιο το σχετικό σύμβολο;
 17. Ποια χαρακτηριστικά καλούνται ονομαστικά χαρακτηριστικά ενός κινητήρα και πώς μπορούμε να τα πληροφορηθούμε;
 18. Πόσα είδη ζυγοσταθμίσεως διακρίνομε;
 19. Ποια είναι τα κυριότερα σημεία ενός κινητήρα, που πρέπει να επιθεωρουνται και ποιες είναι οι βασικές εργασίες, που πρέπει να εκτελούνται κατά την επιθεώρηση;
 20. Πότε είναι δυνατόν να επέμβομε για την πιθανή αποκατάσταση μιας βλάβης ηλεκτρικού κινητήρα;
-

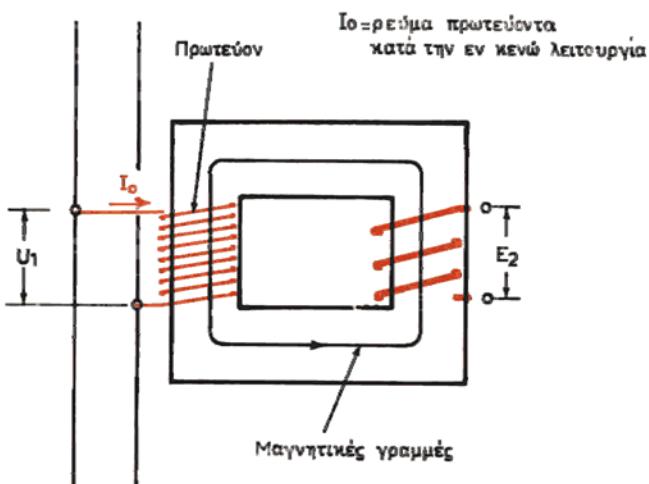
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ, ΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ, ΑΝΟΡΘΩΤΕΣ

14.1 Μετασχηματιστές.

1. Μονοφασικοί μετασχηματιστές.

Όπως είδαμε στην παράγραφο 8.4, αν δύο ανεξάρτητα πηνία περιβάλλουν έναν κοινό σιδερένιο πυρήνα και μέσα από το ένα από τα πηνία αυτά διέλθει εναλλασσόμενο ρεύμα, θα δημιουργηθεί εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου αυτού καθώς διέρχονται μέσα από τον κοινό πυρήνα, θα περιβάλλουν τόσο τις σπείρες του πηνίου, που διαρρέεται από το ηλεκτρικό ρεύμα, όσο και τις σπείρες του γειτονικού πηνίου. Έτσι, στο τύλιγμα του πηνίου, που συνδέεται με την πηγή του εναλλασσόμενου ρεύματος και καλείται **πρωτεύον** (σχ. 14.1a), αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ αυτεπαγωγής. Αυτή

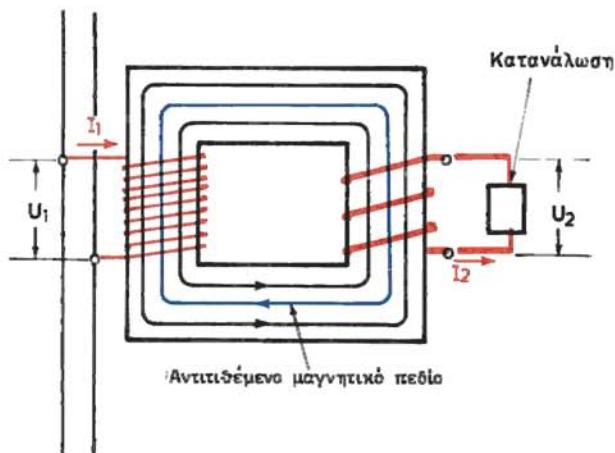


Σχ. 14.1a.

Αρχή λειτουργίας μετασχηματιστή χωρίς φορτίο.

αντισταθμίζει σχεδόν την τάση, που εφαρμόζεται στα άκρα του πρωτεύοντος τυλίγματος, και έτσι επέρχεται ηλεκτρική ισορροπία. Στο τύλιγμα του άλλου πηνίου εξάλλου, που καλείται **δευτερεύον**, αναπτύσσεται εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής.

Εάν τώρα, στα άκρα του δευτερεύοντος τυλίγματος (δηλαδή του τυλίγματος που δεν συνδέεται με την πηγή) συνδέσομε μια κατανάλωση (σχ. 14.1β), τότε, με την επενέργεια της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως 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 αντιτίθεται στο μαγνητικό πεδίο του ρεύματος του πρωτεύοντος. Οποιαδήποτε όμως ελάττωση του αρχικού μαγνητικού πεδίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως 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 αγώγιμη σύνδεση μεταξύ των τυλιγμάτων.



Σχ. 14.1β.
Αρχή λειτουργίας μετασχηματιστή με φορτίο.

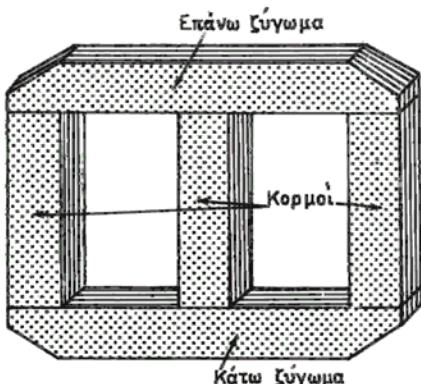
Ο πυρήνας ενός μετασχηματιστή αποτελείται από πολλά λεπτά ελάσματα, όπως και οι πυρήνες των πόλων και τα επαγωγικά τύμπανα των ηλεκτρικών γεννητριών και κινητήρων. Τα κατακόρυφα μέρη του πυρήνα ενός μετασχηματιστή ονομάζονται **κορμοί**, ενώ τα οριζόντια ονομάζονται **ζυγώματα** (σχ. 14.1γ). Κάθε κορμός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

Έστω τώρα ότι το τύλιγμα με το μικρό αριθμό σπειρών συνδέεται με μια 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

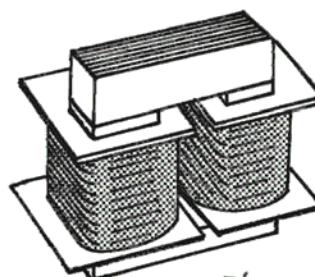
δευτερεύοντος σε σχέση με τον αριθμό των σπειρών του πρωτεύοντος. Δηλαδή, εάν καλέσομε την Η.Ε.Δ. του δευτερεύοντος E_2 , θα είναι:

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

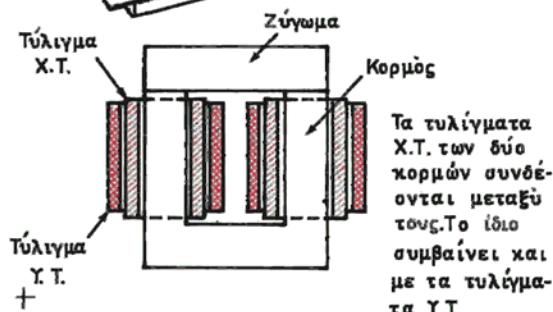
όπου: T_1 και T_2 είναι αντίστοιχα οι αριθμοί των σπειρών (ελιγμάτων) του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος (ως αριθμός σπειρών νοείται το άθροισμα των σπειρών ενός τυλίγματος, που υπάρχουν και στον ένα κορμό και στον άλλο και συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά).



Σχ. 14.1γ.
Πυρήνας μετασχηματιστή.



Σχ. 14.1δ.
Μονοφασικοί μετασχηματιστές.



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

Αν στο δευτερεύον τύλιγμα συνδέσομε μια κατανάλωση, θα κυκλοφορήσει μέσα από αυτό ρεύμα I_2 , οπότε από το πρωτεύον τύλιγμα θα κυκλοφορήσει ρεύμα I_1 , το οποίο είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το ρεύμα που κυκλοφορούσε προηγου-

μένως. Το ρεύμα που κυκλοφορεί στο πρωτεύον τύλιγμα, όταν το δευτερεύον τύλιγμα είναι ανοικτό (λειτουργία του μετασχηματιστή εν κενώ), είναι το 1/10 ως 1/20 του ρεύματος I_1 , που κυκλοφορεί στο πρωτεύον, όταν ο μετασχηματιστής εργάζεται με το κανονικό του φορτίο στο δευτερεύον. Το πηλίκον των δύο παραπάνω ρευμάτων θα είναι περίπου ίσο προς το αντίστροφο της σχέσεως μετασχηματισμού, δηλαδή:

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

Αυτό αποδεικνύεται εύκολα, αν εξισώσουμε την ηλεκτρική ισχύ εισόδου (πρωτεύοντος) και εξόδου (δευτερεύοντος) του μετασχηματιστή.

Με το μετασχηματιστή λοιπόν είναι δυνατόν να μεταβάλλουμε (να μετασχηματίσουμε) την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Μπορούμε δηλαδή να ανυψώσουμε ή να υποβιβάσουμε την τάση, πράγμα που, όπως θα δούμε παρακάτω (Μέρος 7ο και 8ο), έχει κυρίως εφαρμογή στη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας και στις ηλεκτρικές μετρήσεις.

Στην πλευρά της χαμηλής τάσεως του μετασχηματιστή, όπως προκύπτει από τη σχέση των ρευμάτων που διατυπώθηκε παραπάνω, το ρεύμα έχει μεγάλη ένταση. Γι' αυτό στο τύλιγμα των λίγων σπειρών χρησιμοποιούμε χοντρό σύρμα, το οποίο παρουσιάζει μικρή αντίσταση. Αντίθετα, στην πλευρά της υψηλής τάσεως (τύλιγμα με μεγάλο αριθμό σπειρών) χρησιμοποιούμε λεπτό σύρμα, γιατί η ένταση του ρεύματος που κυκλοφορεί σ' αυτήν είναι μικρή.

Οι μετασχηματιστές που έχουν, όπως είδαμε παραπάνω, ένα τύλιγμα χαμηλής τάσεως και ένα τύλιγμα υψηλής τάσεως είναι **μονοφασικοί μετασχηματιστές**.

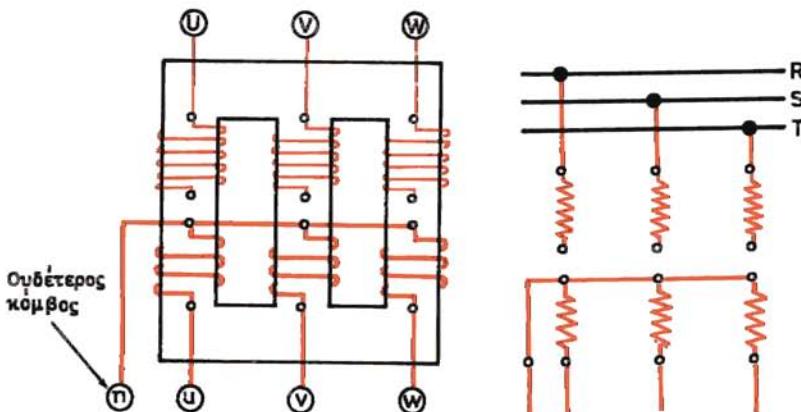
2. Τριφασικοί μετασχηματιστές.

Οι **τριφασικοί μετασχηματιστές** αποτελούνται από τρεις μονοφασικούς μετασχηματιστές, ένα για κάθε φάση, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους είτε με σύνδεση αστέρα είτε με σύνδεση τριγώνου (σχ. 14.1ε). Η σύνδεση των τριών μονοφασικών μετασχηματιστών πραγματοποιείται και στα πρωτεύοντα τυλίγματα και στα δευτερεύοντα. Οι σχέσεις τάσεων και εντάσεων, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ισχύουν και στην περίπτωση των τριφασικών μετασχηματιστών και αναφέρονται σε κάθε φάση χωριστά. Ως σχέση μετασχηματισμού όμως λαμβάνεται ο λόγος των πολικών τάσεων των δικτύων, με τα οποία συνδέονται τα δύο τριφασικά τυλίγματα (πρωτεύον και δευτερεύον) του μετασχηματιστή.

3. Ψύξη μετασχηματιστών.

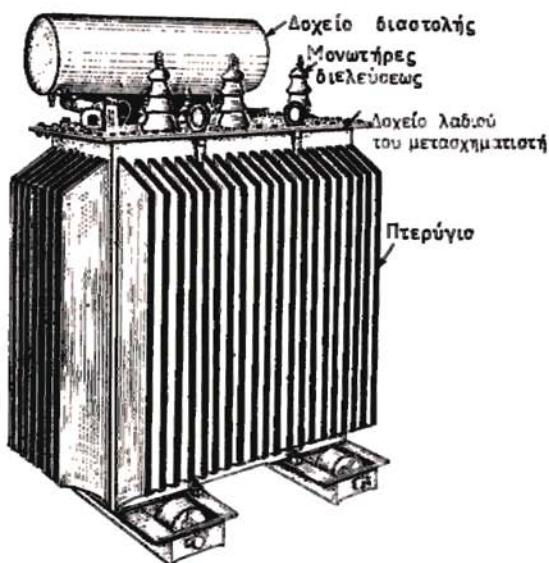
Κατά τη λειτουργία των μετασχηματιστών, οπως συμβαίνει και με τις ηλεκτρικές γεννήτριες και τους ηλεκτροκινητήρες, αναπτύσσεται θερμότητα (παράγρ. 6.3, 12.3 και 15.1), που οφείλεται στη ροή του ρεύματος μέσα στις ηλεκτρικές αντιστάσεις. Η θερμότητα αυτή (θερμικές απώλειες) πρέπει να απομακρύνεται από το μετασχηματιστή, για να αποφεύγεται αύξηση της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων παραπάνω από ένα ορισμένο όριο. Η υπέρβαση του ορίου αυτού έχει ως συνέπεια τα τυλίγματα να διατρέχουν κίνδυνο καταστροφής.

Η απαγωγή της θερμότητας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός **αισιοδόμου ψύξεως** του μετασχηματιστή. Στο σύστημα αυτό, το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι ο



Σχ. 14.1ε.

Τριφασικός μετασχηματιστής σε συνδεσμολογία αστέρα-αστέρα.



Σχ. 14.1στ.

Εξωτερική όψη τριφασικού μετασχηματιστή

ατμοσφαιρικός αέρας (*Έγροι μετασχηματιστές*), ή ειδικό μονωτικό ορυκτέλαιο (*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 ανεμιστήρα.

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 ορυκτέλαιο και τη μεταφέρει τελικά στον ατμοσφαιρικό αέρα με τη

βοήθεια πτερυγίων, που έχει εξωτερικά το δοχείο του μετασχηματιστή.

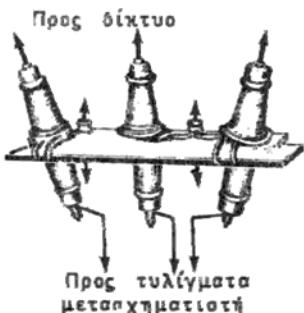
Σε ορισμένους μετασχηματιστές το δοχείο δεν έχει πτερύγια αλλά σωλήνες σε ένα άλλο είδος, με ιδιαίτερες απαιτήσεις ψύξεως, το λάδι διοχετεύεται με αντλίες σε ειδικά ψυγεία, όπου του αφαιρείται η θερμότητα, που παραλαμβάνει.

Στους περισσότερους μετασχηματιστές λαδιού υπάρχει στο επάνω μέρος του δοχείου τους ένα σχετικά μικρό κυλινδρικό δοχείο· το δοχείο αυτό συγκοινωνεί με το δοχείο λαδιού, με τη βοήθεια σωλήνα, και με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Το δοχείο αυτό, που μέχρι τη μέση περιέχει λάδι, είναι **δοχείο διαστολής**.

Όπως είναι γνωστό, το δοχείο διαστολής επιτρέπει την ελεύθερη διαστολή του υγρού μιας εγκαταστάσεως, και στην περίπτωσή μας του λαδιού του μετασχηματιστή, όταν αυξάνει η θερμοκρασία του.

Το λάδι, εκτός από την ψύξη, συμβάλλει και στη μόνωση των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή.

Ο μετασχηματιστής είναι συνήθως στερεωμένος στο επάνω κάλυμμα του δοχείου λαδιού. Από το κάλυμμα αυτό εξέρχονται και οι λεγόμενοι **μονωτήρες**



Σχ. 14.1ζ.

Μονωτήρες διελεύσεως.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ

Τύπος MB 200 A/A 48500 Ε.Κ. 1972

Ον. Ισχύς ΚVA150 ΣυχνότηταHz 50

I 19.200

Ον. τάση VII 20.000 400 Συνδεσμολ. Yz S

III 20.800

Ον. ρεύμα A 433 216.5

Είδος ψύξεως

Ολικό βάρος 1.0 Βάρος ελαύση 0.3

Σχ. 14.1η.

Ενδεικτική πινακίδα μετασχηματιστή.

διελεύσεως (σχ. 14.1ζ). Αυτοί αποτελούνται από επιμήκη αγώγιμα στελέχη, που περιβάλλονται σ' όλο τους το μηκος από μονωτικό υλικό (π.χ. από πορσελάνινο κέλυφος γεμάτο με λάδι). Στα κάτω άκρα των στελεχών των μονωτήρων αυτών υπάρχουν ακροδέκτες, με τους οποίους συνδέονται τα ελεύθερα άκρα των τυλιγμάτων των μετασχηματιστών. Στα επάνω άκρα τους υπάρχουν επίσης ακροδέκτες, με τους οποίους συνδέονται οι μετασχηματιστές με το δίκτυο που τους τροφοδοτεί και με το δίκτυο διαφορετικής τάσεως, που οι ίδιοι τροφοδοτούν.

4. Γενικά στοιχεία μετασχηματιστών.

Οι μετασχηματιστές, όπως είδαμε παραπάνω, δεν περιλαμβάνουν περιστρεφόμενα ή κινούμενα μέρη, όπως οι ηλεκτροκινητήρες ή οι ηλεκτρικές γεννήτριες, γι' αυτό και καλούνται **στατοί**. Η έλλειψη κινούμενων μερών παρέχει στους μετασχηματιστές πολλά πλεονεκτήματα, όπως: απλότητα στην κατασκευή και στη χρησιμοποίηση και μικρή μόνο παρακολούθηση και συντήρηση.

'Όπως κάθε μηχάνημα, έτσι και οι μετασχηματιστές φέρουν ενδεικτική πινακίδα (σχ. 14.1η), στην οποία αναγράφονται τα ονομαστικά τους χαρακτηριστικά, όπως:

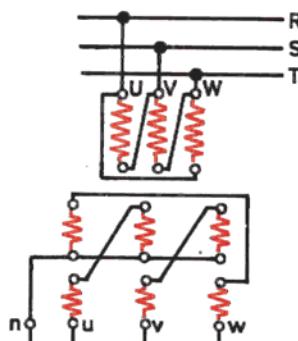
- α) Ο τύπος του μετασχηματιστή (χαρακτηριστικά μοντέλου, παράγρ. 13.5).
 β) Ο αριθμός σειράς κατασκευής.
 γ) Το έτος κατασκευής.
 δ) Ο αριθμός φάσεων.
 ε) Η ονομαστική ισχύς, τάση (πρωτεύοντος και δευτερεύοντος), ένταση (πρωτεύοντος και δευτερεύοντος), συχνότητα. [Ως ονομαστική ισχύς ενός μετασχηματιστή δίνεται η φαινόμενη ισχύς του (παράγρ. 11.2), η οποία για τους τριφασικούς μετασχηματιστές είναι ίση προς:

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

όπου: E και I η ονομαστική τάση και η ονομαστική ένταση αντίστοιχα.

[Ως ονομαστική τάση τυλίγματος νοείται η εφαρμοζόμενη ή αναπτυσσόμενη τάση κατά την εν κενώ λειτουργία ανάμεσα στα άκρα του μετασχηματιστή, που συνδέονται στη γραμμή του δικτύου (πολική τάση προκειμένου πέρι τριφασικών μετασχηματιστών). Σε μικρούς μετασχηματιστές δίνεται, πολλές φορές, ως ονομαστική αναπτυσσόμενη τάση η τάση του τυλίγματος (δευτερεύοντος), όταν έχει φορτίο και όχι εν κενώ το φορτίο αυτό αντιστοιχεί στην ονομαστική ένταση με συνφ = 1. Η τάση αυτή, που αναπτύσσεται στο δευτερεύοντον τύλιγμα με φορτίο, διαφέρει από την τάση που αναπτύσσεται εν κενώ, κατά την πτώση τάσεως που συμβαίνει στα τυλίγματα του μετασχηματιστή].

στ) Η συνδεσμολογία πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος για τους



Σχ. 14.16.
Συνδεσμολογία ζιγκ-ζαγκ.

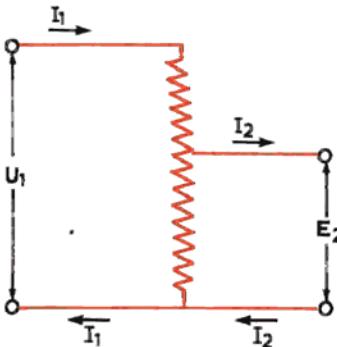
τριφασικούς μετασχηματιστές. Το είδος της συνδεσμολογίας συμβολίζεται με τα γράμματα D και d , Y και y και z τα οποία σημαίνουν αντίστοιχα συνδεσμολογία τριγώνου, αστέρα και ζιγκ-ζαγκ. Κατά τη συνδεσμολογία **τεθλασμένου αστέρα** ή **ζιγκ-ζαγκ**, η οποία εφαρμόζεται στα τυλίγματα χαμηλής τάσεως, το τύλιγμα χαμηλής τάσεως κάθε κορμού αποτελείται από δύο μέρη και κάθε μέρος συνδέεται σε σειρά με ένα από τα μέρη του τυλίγματος χαμηλής τάσεως ενός άλλου κορμού (σχ. 14.16). Η συνδεσμολογία αυτή χρησιμοποιείται, όταν στην πλευρά χαμηλής τάσεως το φορτίο παρουσιάζει μεγάλη ασυμμετρία. Τα κεφαλαία γράμματα αναφέρονται στο τύλιγμα υψηλής τάσεως και τα μικρά στο τύλιγμα χαμηλής τάσεως.

- ζ) Το είδος της ψύξεως, με τη βοήθεια συμβόλων.
 η) Το οιλικό βάρος και το βάρος του μονωτικού λαδιού.

θ) Το 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 τύλιγμα σε κάθε φάση, που αποτελεί το τύλιγμα υψηλής τάσεως, και μέρος του τυλίγματος αυτού αποτελεί το τύλιγμα χαμηλής τάσεως (σχ. 14.1i). Στο κοινό



Σχ. 14.1i.
Αρχή λειτουργίας αυτομετασχηματιστή.

τμήμα του τυλίγματος κυκλοφορεί ρεύμα, που προέρχεται από τη σύνθεση των ρευμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Έτσι, η μεταφορά ισχύος από το πρωτεύον στο δευτερεύον κύκλωμα γίνεται και με τη μαγνητική σύνδεση (παράγρ. 14.1) και απευθείας με την αγώγιμη σύνδεση των κυκλωμάτων αυτών.

Στους αυτομετασχηματιστές έχουμε σημαντική οικονομία αγώγιμου υλικού (αγωγών), σιδερένιων μαζών (πυρήνα) και απωλειών· η οικονομία αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι η σχέση μετασχηματισμού. Έτσι, οι αυτομετασχηματιστές χρησιμοποιούνται για μικρές σχέσεις μετασχηματισμού και σε εφαρμογές, στις οποίες δεν παίζει σοβαρό ρόλο η έλλειψη χωριστών κυκλωμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.

Οι αυτομετασχηματιστές έχουν μεγάλη ομοιότητα με τους καταμεριστές τάσεως (παράγρ. 5.4), παρουσιάζουν όμως το πλεονέκτημα να έχουν μικρότερες απώλειες και τάση εξόδου, που επηρεάζεται λιγότερο από το φορτίο.

Στους αυτομετασχηματιστές, όπως και στους μετασχηματιστές, ό λόγος των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι (σας προς το λόγο των αριθμών των ελιγμάτων τους.

Στους μετασχηματιστές ή αυτομετασχηματιστές ρυθμίσεως, με μια κατάλληλη διάταξη μπορούμε να μεταβάλλουμε τη σχέση μετασχηματισμού και, επομένως, να επιτυγχάνουμε μεταβολή της τάσεως εξόδου.

14.2 Στρεφόμενοι μετατροπείς.

Σε όλες σχεδόν τις βιομηχανικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται σήμερα το εναλλασσόμενο ρεύμα. Γι' αυτό, στις περιπτώσεις όπου απαιτείται η

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 τους 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 μετατροπέων.

1. Ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας.

Το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας αποτελείται από ένα κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος και μια 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 το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας θα έχει βαθμό αποδόσεως $0,8 \times 0,75 = 0,6$.

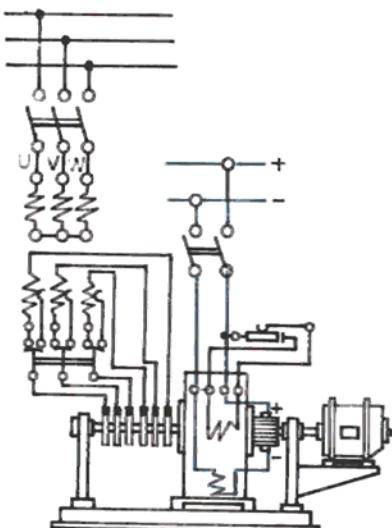
2. Σύγχρονος μετατροπέας.

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 μια πλευρά του τυμπάνου δακτύλιους (συνήθως 6) και από την άλλη πλευρά ένα συλλέκτη. Ο στρεφόμενος μετατροπέας συνδέεται με το τριφασικό δίκτυο, το οποίο τροφοδοτεί με εναλλασσόμενο ρεύμα το τύλιγμα του τυμπάνου· η σύνδεση γίνεται με ψήκτρες, που εφάπτονται στους δακτύλιους. Το συνεχές ρεύμα λαμβάνεται από το συλλέκτη πάλι με ψήκτρες (σχ. 14.2a). Η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές επιτυγχάνεται με το συλλέκτη. Είναι δυνατόν όμως να συμβεί και το αντίθετο· δηλαδή να τροφοδοτηθεί ο μετατροπέας με συνεχές ρεύμα από το συλλέκτη και να πάρομε εναλλασσόμενο ρεύμα από τους δακτύλιους με τη βοήθεια ψηκτρών. Έτσι, η τάση του συνεχούς ρεύματος εξαρτάται από την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος και αντίστροφα. Το τριφασικό ρεύμα, με το οποίο τροφοδοτείται (ή το οποίο παρέχει) ο μετατροπέας, έχει πολική τάση ίση προς τα 0,61 περίπου της τάσεως του συνεχούς ρεύματος, το οποίο παρέχει (ή με το οποίο τροφοδοτείται). Για γνωστή τάση λοιπόν συνεχούς ρεύματος προκύπτει τάση (μικρότερη) εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία παρέχεται από το τριφασικό δίκτυο με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή, όπως δείχνει το σχήμα 14.2a.

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

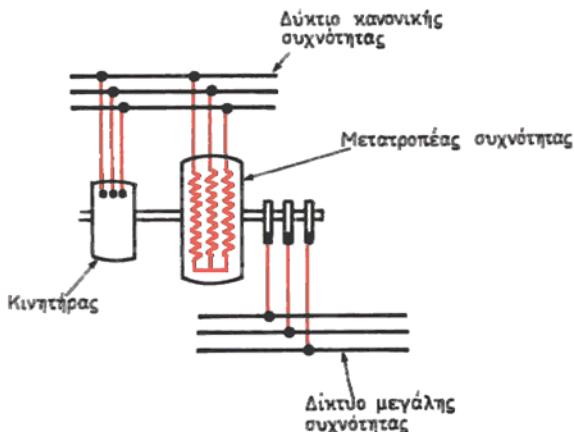
Η τάση στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος είναι δυνατόν να ρυθμίζεται μεταβάλλοντας την τάση στην πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο στρεφόμενος μετατροπέας είναι σύγχρονη μηχανή, γι' αυτό καλείται **σύγχρονος μετατρο-**

πέας. Για να λειτουργήσει ένας σύγχρονος μετατροπέας, τίθεται πρώτα σε κίνηση με ένα από τους γνωστούς τρόπους (π.χ. με βοηθητικό μικρό ασύγχρονο κινητήρα), και στη συνέχεια αποκτά τον κανονικό αριθμό στροφών του, με τη βοήθεια κατάλληλης διατάξεως.



Σχ. 14.2α.

Σύγχρονος μετατροπέας.



Σχ. 14.2β.

Μετατροπέας συχνότητας.

3. Μετατροπείς συχνότητας.

Οι **μετατροπείς συχνότητας** αποτελούνται από ένα τριφασικό κινητήρα με βραχικυκλωμένο δρομέα και από μια μηχανή επαγωγής με δακτύλιους, που έχουν συζευχθεί μεταξύ τους με μηχανικό σύνδεσμο (σχ. 14.2β).

Αν ο κινητήρας βραχικυκλωμένου δρομέα στρέψει το δρομέα της μηχανής με δακτύλιους κατά φορά αντίθετη προς τη φορά περιστροφής του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, το οποίο δημιουργείται από το τύλιγμα του στάτη της μηχανής με δακτύλιους, τότε το τύλιγμα του δρομέα της θα τέμνει τις μαγνητικές γραμμές με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του στρεφόμενου πεδίου. Έτσι η τάση, που επικρατεί στους δακτύλιους, έχει μεγαλύτερη συχνότητα από τη συχνότητα του δικτύου, με το οποίο συνδέονται οι στάτες των δύο μηχανών του μετατροπέα.

Με τους μετατροπείς συχνότητας, που περιγράφονται εδώ, αλλά και με τους μετατροπείς άλλου τύπου, είναι δυνατόν να αυξηθεί ή και να ελαττωθεί η συχνότητα του δικτύου. Συχνότητες μεγαλύτερες από 50 Hz, π.χ. 100 ως 500 Hz, χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση κινητήρων επαγωγής, για να επιτευχθούν μεγάλες ταχύτητες περιστροφής. Έτσι, στην κατεργασία του ξύλου π.χ., όπου απαιτούνται μηχανές με αριθμό στροφών μέχρι 18.000 ανά λεπτό, χρησιμοποιούνται κινητήρες που τροφοδοτούνται με ρεύμα συχνότητας μεγαλύτερης από τα 50 Hz.

14.3 Ανορθωτές.

Οι **ανορθωτές** είναι συσκευές, που μετατρέπουν, όπως και οι στρεφόμενοι

μετατροπείς, το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές. Οι ανορθωτές, επειδή δεν έχουν κινούμενα μέρη, καλούνται **στατοί μετατροπείς** και τείνουν να αντικαταστήσουν τους στρεφόμενους μετατροπείς, ιδίως στην παραγωγή συνεχούς ρεύματος με υψηλότερη τάση.

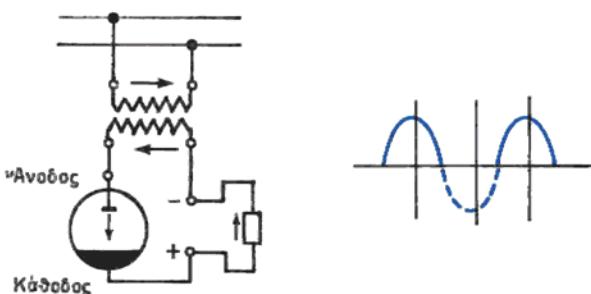
Διακρίνομε τριών ειδών ανορθωτές:

- Τους ανορθωτές υδραργύρου.
- Τους ξηρούς ανορθωτές (ανορθωτές με ημιαγωγούς).
- Τους ανορθωτές με πυρακτωμένη κάθοδο.

1. Ανορθωτές υδραργύρου.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για την τροφοδότηση με συνεχές ρεύμα μεγάλων εγκαταστάσεων, όπως είναι π.χ. οι τηλεκτρικοί τροχιόδρομοι.

Αποτελούνται από γιάλινο ή χαλύβδινο δοχείο που είναι κενό από αέρα τή γεμάτο με ευγενές αέριο (ήλιο, αργό), το οποίο καλείται **λυχνία** (σχ. 14.3α). Μέσα στη λυχνία υπάρχουν δύο αγώγιμα σώματα, που καλούνται **ηλεκτρόδια** (Κεφάλ. 16) και καταλήγουν στο εξωτερικό της λυχνίας διαπερνώντας την αεροστεγώς. Το ηλεκτρόδιο που βρίσκεται στο επάνω μέρος της λυχνίας, καλείται **άνοδος** και είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ή γραφίτη. Το ηλεκτρόδιο που βρίσκεται στο κάτω μέρος της λυχνίας, καλείται **κάθοδος** και αποτελείται από ποσότητα υδραργύρου, η οποία συνδέεται με έναν αγωγό με το εξωτερικό της λυχνίας. Η άνοδος συνδέεται



Σχ. 14.3α.
Ανορθωτής υδραργύρου

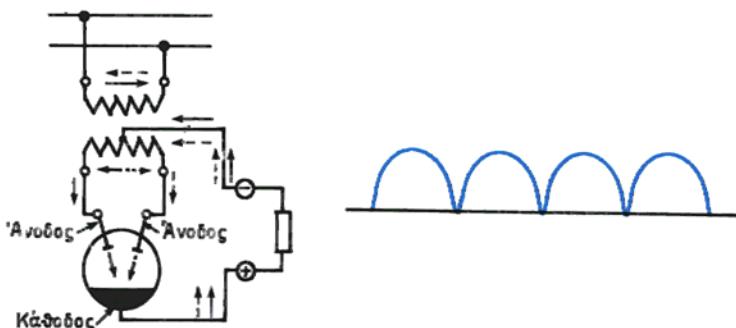
με το ένα άκρο του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή (μονοφασικού), ενώ το πρωτεύον του μετασχηματιστή συνδέεται με το δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος που τροφοδοτεί τον ανορθωτή. Το άλλο άκρο του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της πλευράς συνεχούς ρεύματος του ανορθωτή. Η κάθοδος εξάλλου συνδέεται με το θετικό πόλο της πλευράς συνεχούς ρεύματος. Από τους δύο αυτούς πόλους τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα το φορτίο (σχ. 14.3α).

Αν ένα σημείο της επιφάνειας του υδραργύρου πυρακτωθεί κατά ένα τρόπο, τότε από το σημείο αυτό αρχίζουν να αναπηδούν αρνητικά ηλεκτρισμένα σωματίδια (**ιόντα**), που αποκαθιστούν με τον τρόπο αυτό συνεχή εκπομπή ηλεκτρονίων, τα οποία οδεύουν προς την άνοδο. Η ροή αυτή των ηλεκτρονίων αποτελεί ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο ρέει κατά τη συμβατική φορά, δηλαδή από το θετικό πόλο προς τον αρνητικό πόλο, μέσα από μια κατανάλωση, την οποία, όπως αναφέραμε, συνδέομε μεταξύ των πόλων του ανορθωτή.

Το 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 ανορθωτή· έτσι λέμε ότι ο ανορθωτής αποτελεί **βαλβίδα** για το ηλεκτρικό ρεύμα.

Η καμπύλη της εναλλασσόμενης τάσεως, που παρέχει ο μετασχηματιστής, φαίνεται στο σχήμα 14.3α. Η τάση, που παρέχει ο ανορθωτής, θα αποτελείται από το μισό πλήθος των ημιπεριόδων της τάσεως του μετασχηματιστή, όπως δείχνει το σχήμα. Στην κατανάλωση, λοιπόν, έχουμε διακοπτόμενο ρεύμα μιας μόνο κατευθύνσεως, που καλείται **ανορθωμένο**.

Αν αντί για μια άνοδο χρησιμοποιήσομε δύο και πραγματοποιήσομε τη συνδεσμολογία του σχήματος 14.3β, θα χρησιμοποιηθούν στην **ανόρθωση** και οι δύο ημιπεριόδοι του εναλλασσόμενου ρεύματος. Με τον τρόπο αυτόν, είτε τη μια κατεύθυνση έχει η τάση στο δευτερεύον του μετασχηματιστή είτε την άλλη, θα



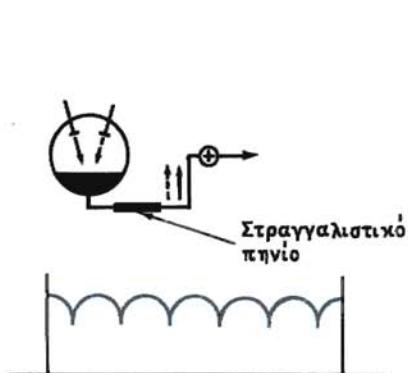
Σχ. 14.3β.
Ανορθωτής υδραργύρου 2 ανόδων.

υπάρχει πάντοτε ροή ρεύματος διαδοχικά μέσα από τις δύο ανόδους. Η μορφή του ανορθωμένου ρεύματος που παράγεται και που φαίνεται στο σχήμα 14.3β, μπορεί να εξομαλυνθεί ακόμα, ώστε να πλησιάζει περισσότερο τη μορφή του ρεύματος, το οποίο παράγεται από τις πηγές συνεχούς ρεύματος με τη βοήθεια ενός πηνίου μεγάλης αυτεπαγωγής (**στραγγαλιστικό πηνίο**), που συνδέεται σε σειρά με την κάθοδο (σχ. 14.3γ).

Εκτός από τον ανορθωτή, τον οποίο περιγράψαμε και ο οποίος είναι **μονοφασικός ανορθωτής**, υπάρχουν και οι **τριφασικοί ανορθωτές**. Σ' αυτούς η λυχνία έχει τρεις ανόδους, οι οποίες συνδέονται στο δευτερεύον ενός τριφασικού μετασχηματιστή (σχ. 14.3δ). Ο τριφασικός ανορθωτής παρέχει μορφή ρεύματος, που πλησιάζει ακόμα περισσότερο προς το συνεχές ρεύμα.

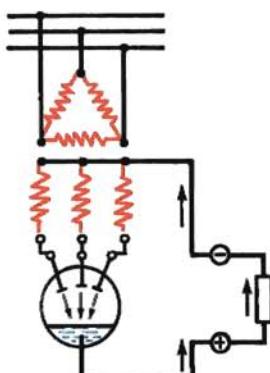
Για να λειτουργήσει ο ανορθωτής, πρέπει να πραγματοποιηθεί η έναυσή του, δηλαδή η πυράκτωση ενός σημείου της επιφάνειας του υδραργύρου (**κηλίδα**). Η κηλίδα έχει θερμοκρασία 3000°C και δημιουργεί ατμούς υδραργύρου, οι οποίοι καθώς έρχονται σε επαφή με τα ψυχρά τοιχώματα της λυχνίας ψύχονται και επιστρέφουν πάλι, με τη μορφή σταγόνων υδραργύρου, στην κάθοδο. Η έναυση επιτυγχάνεται με ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο (**άνοδος αφής**). Το ηλεκτρόδιο αυτό βυθίζε-

ται στιγμιαία μέσα στον υδράργυρο και κλείνει το κύκλωμα στη συνέχεια βγαίνει απότομα από τον υδράργυρο, οπότε με το ηλεκτρικό τόξο, που προκαλείται κατά τη διακοπή, δημιουργείται η πυρακτωμένη κηλίδα.



Σχ. 14.3γ.

Εξομάλυνση ανορθωμένου ρεύματος.



Σχ. 14.3δ.

Τριφασικός ανορθωτής υδραργύρου.

2. Ξηροί ανορθωτές (ανορθωτές με ημιαγωγούς).

Οι ξηροί ανορθωτές χρησιμοποιούνται στη φόρτιση συσσωρευτών, σε τηλεγραφικές και τηλεφωνικές εγκαταστάσεις κλπ.

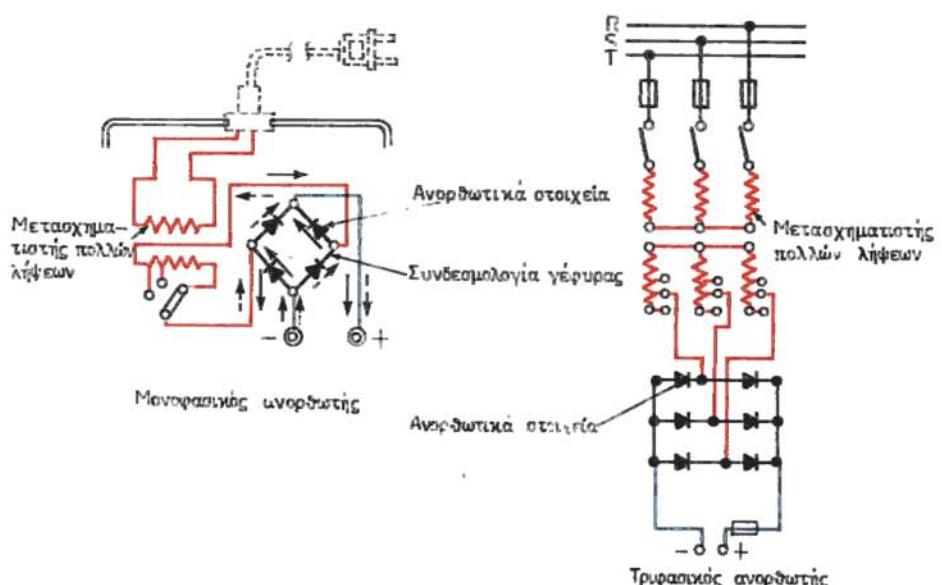
Όπως είδαμε στην παράγραφο 2.3, εκτός από τους αγωγούς και τα μονωτικά σώματα, υπάρχουν και τα ημιαγωγά σώματα. Τα σώματα αυτά έχουν την ιδιότητα να μεταβάλλουν την ηλεκτρική τους αντίσταση ανάλογα με τη φορά που έχει το ρεύμα που διέρχεται απ' αυτούς. Έτσι, ενώ κατά τη μια φορά το ρεύμα συναντά πολύ μεγάλη αντίσταση κατά τη διέλευσή του μέσα από τους ημιαγωγούς, κατά την αντίθετη φορά συναντά πολύ μικρή αντίσταση.

Στους ξηρούς ανορθωτές γίνεται εκμετάλλευση της παραπάνω ιδιότητας των ημιαγωγών. Εδώ θα περιγράψουμε δύο συνηθισμένα είδη ξηρών ανορθωτών τους **ανορθωτές σεληνίου** και τους **ανορθωτές υποξειδίου του χαλκού**. Και τα δύο είδη ανορθωτών αποτελούνται από **ανορθωτικά στοιχεία** συνδεσμολογημένα σε σειρά ή παράλληλα, ανάλογα με την τάση και την ένταση που επιθυμούμε να πάρομε από τον ανορθωτή. Σε περιπτώσεις ανορθωτών, μέσα από τους οποίους διέρχονται μεγάλες εντάσεις ρεύματος, παρεμβάλλονται μεταξύ των στοιχείων μεγάλοι μεταλλικοί δίσκοι, οι οποίοι έχουν σκοπό να απάγουν την παραγόμενη μέσα στα στοιχεία θερμότητα (παράγρ. 15.1).

Στο σχήμα 14.3ε φαίνεται η πιο ευνοϊκή συνδεσμολογία των ανορθωτικών στοιχείων ενός μονοφασικού και ενός τριφασικού ανορθωτή που έχουν συνδεθεί σε σειρά ή παράλληλα. Η συνδεσμολογία αυτή καλείται **συνδεσμολογία γέφυρας**.

Στους ανορθωτές σεληνίου, τα ανορθωτικά στοιχεία αποτελούνται από μια πλάκα από σίδηρο ή αλουμινίο, που καλύπτεται από στρώμα σεληνίου. Επάνω στην πλάκα αυτή, προτού να καλυφθεί με το σελήνιο, αποθέτεται λεπτό στρώμα από κράμα αλουμινίου-βισμούθιου. Το στρώμα αυτό προκαλεί καλύτερη επαφή της πλάκας με το στρώμα σεληνίου, το οποίο αποθέτεται επάνω στο στρώμα αλουμινί-

ου-βισμουθίου. Επάνω στο στρώμα του σεληνίου (ημιαγωγού) εφάπτεται ένα μεταλλικό στρώμα, το υποίο δεν καλύπτει τελείως το στρώμα του σεληνίου, ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο βραχυκυκλώματος μεταξύ της σιδερένιας ή αλουμινένιας πλάκας και του τελικού αυτού μεταλλικού στρώματος. Ανάμεσα στο τελικό



Σχ. 14.3ε.
Ανορθωτές σε συνδεσμολογία γέφυρας.

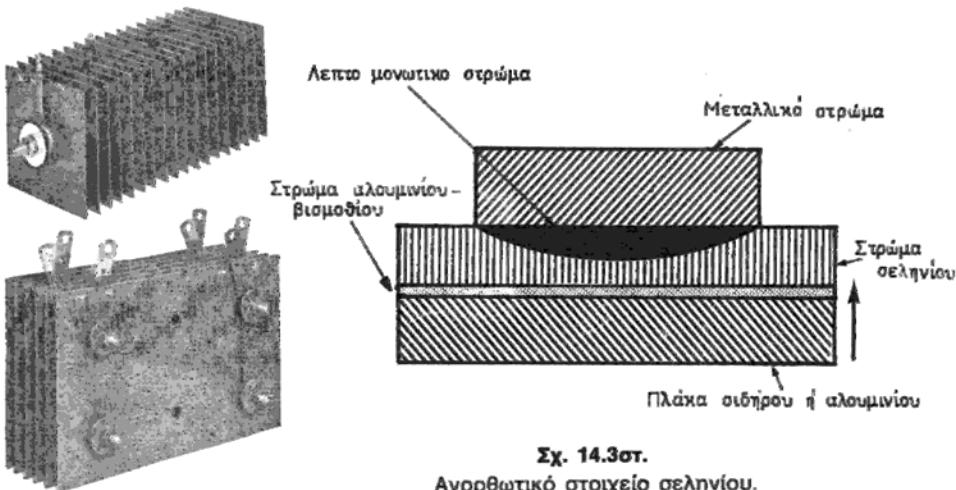
μεταλλικό στρώμα και στο σελήνιο δημιουργείται ένα πολύ λεπτό μονωτικό στρώμα (μικρότερο από 0.01 mm). Το ανορθωτικό στοιχείο σεληνίου επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος, όταν αυτό κατευθύνεται από το σελήνιο προς το τελικό μεταλλικό στρώμα (σχ. 14.3στ.).

Στους ανορθωτές από υποξειδίο του χαλκού (σχ. 14.3ζ), τα ανορθωτικά στοιχεία αποτελούνται από μια χάλκινη πλάκα, επάνω στην οποία έχει αποτεθεί στρώμα υποξειδίου του χαλκού. Επάνω στο στρώμα του υποξειδίου του χαλκού (ημιαγωγού) τοποθετείται με συμπίεση πλάκα συνήθως από κράμα μολύβδου. Μεταξύ της πλάκας του χαλκού και του ημιαγωγού στρώματος υποξειδίου του χαλκού δημιουργείται πολύ λεπτό μονωτικό στρώμα. Το ανορθωτικό στοιχείο υποξειδίου του χαλκού επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος, όταν αυτό κατευθύνεται από το υποξειδίο του χαλκού προς τη χάλκινη πλάκα. Οι ανορθωτές υποξειδίου του χαλκού είναι κατάλληλοι για την τροφοδότηση οργάνων μετρήσεως.

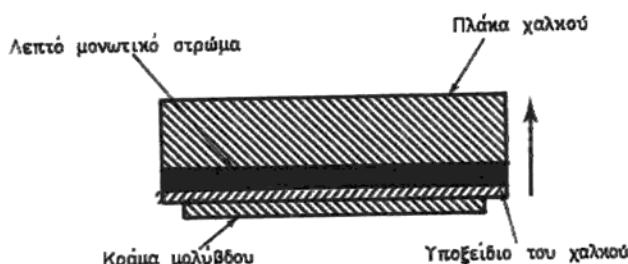
3. Ανορθωτές με πυρακτωμένη κάθοδο.

Αποτελούνται από ένα αερόκενο κυλινδρικό σωλήνα με σφραγισμένα άκρα, μέσα στον οποίο είναι τοποθετημένα δύο ιηλεκτρόδια, η **άνοδος** και η **κάθοδος**. Ο σωλήνας αυτός καλείται και **δίοδος**. Οι ανορθωτές αυτοί λειτουργούν με πυράκτωση της καθόδου τους, η οποία τότε εκπέμπει ηλεκτρόνια. Χρησιμεύουν για την

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



Σχ. 14.3στ.
Ανορθωτικό στοιχείο σεληνίου.



Σχ. 14.3ζ.
Ανορθωτικό στοιχείο υποξειδίου του χαλκού.

14.4 Ερωτήσεις.

- Ποιο τύλιγμα καλείται πρωτεύον και ποιο δευτερεύον στους μετασχηματιστές;
- Ποια είναι η διαφορά μεταξύ τάσεως εν κενώ και τάσεως με φορτίο στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή;
- Τι καλείται σχέση μετασχηματισμού του μετασχηματιστή;
- Τι επιτυγχάνομε με τους μετασχηματιστές;
- Σε τι χρησιμεύει το λάδι στο μετασχηματιστή λαδιού;
- Ποια είναι η σχέση μετασχηματισμού στους τριφασικούς μετασχηματιστές;
- Πώς συμβολίζεται η συνδεσμολογία των τριφασικών μετασχηματιστών;
- Τι είναι οι αυτομετασχηματιστές και τι οι μετασχηματιστές ρυθμίσεως;
- Σε τι χρησιμεύουν οι στρεφόμενοι μετατροπείς;
- Ποια είναι η διαφορά μεταξύ στρεφόμενων μετατροπέων και ανορθωτών;
- Πόσα είδη ανορθωτών έχομε;
- Πότε διέρχεται ρεύμα διαμέσου ενός ανορθωτή υδραργύρου;
- Ποιος ανορθωτής υδραργύρου δίνει συνεχές ρεύμα με μορφή που πλησιάζει περισσότερο προς τη μορφή του ρεύματος που παράγουν οι πηγές συνεχούς ρεύματος;
- Που χρησιμοποιούνται οι ανορθωτές υδραργύρους και που οι έμποιοι ανορθωτές;
- Τι είδους σώματα χρησιμοποιούνται στους έμποιους ανορθωτές 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 τους αγωγούς παράγεται θερμότητα. Η θερμότητα αυτή προέρχεται από τις συγκρούσεις των κινούμενων ηλεκτρονίων επάνω στα άτομα του αγωγού, οπότε μετατρέπεται η κινητική ενέργεια τους σε θερμική. 'Οσο 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. 'Έτσι, οι συγκρούσεις των ηλεκτρονίων απορροφούν μέρος της ενέργειας, που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, και το μετατρέπουν σε θερμότητα.

Για δεδομένη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος διέρχεται και ορισμένος 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 τα ηλεκτρόνια αυτά και επομένως τόσο μεγαλύτερη θερμότητα αναπτύσσεται (μεγάλη πυκνότητα ρεύματος, παράγρ. 3.5). Σ' αυτό οφείλεται το φαινόμενο με το νήμα ενός λαμπτήρα φωτισμού, το οποίο, ενώ θερμαίνεται, μέχρι που πυρακτώνεται, οι αγωγοί που καταλήγουν στο λαμπτήρα αυτόν, για να τον τροφοδοτήσουν με ρεύμα, θερμαίνονται ανεπαίσθητα, παρά το γεγονός ότι διέρχεται απ' αυτούς η ίδια ένταση ρεύματος· (στη σύγκριση αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη η διαφορά της ηλεκτρικής αντιστάσεως, η οποία οφείλεται στα διαφορετικά υλικά, από τα οποία είναι κατασκευασμένα το νήμα και οι αγωγοί).

Ο Άγγλος ερευνητής Τζέιμς Τζουλ (James Joule) μελέτησε τα θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού και απόδειξε, ότι η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται σε ένα αγώγιμο σύρμα που διαρρέεται από ρεύμα, είναι **ανάλογη προς την αντίσταση του αγωγού, προς το τετράγωνο της εντάσεως του ρεύματος αυτου και προς το χρόνο**, κατά τον οποίο διέρχεται το ρεύμα. Το φαινόμενο της παραγωγής θερμότητας κατά τη διόδο του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα αγώγιμο σώμα, πηρε το όνομα του ερευνητή του και καλείται **φαινόμενο Τζουλ**.

Ο νόμος που διέπει το φαινόμενο αυτό διατυπώνεται μαθηματικά ως εξής:

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

όπου: W είναι η αναπτυσσόμενη θερμική ενέργεια· I η ένταση του ρεύματος· t η διάρκεια της διόδου του ρεύματος· R η ηλεκτρική αντίσταση του σύρματος, η οποία εξαρτάται, όπως είναι γνωστό, από το πλήθος των συγκρούσεων των ηλεκτρονίων.

Μπορούμε λοιπόν να παρατηρήσουμε ότι η θερμότητα που αναπτύσσεται σε ένα αγωγό είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, ο χρόνος κατά τον οποίο διέρχεται το ρεύμα και η αντίσταση που παρουσιάζει ο αγωγός.

Αν η ηλεκτρική αντίσταση R εκφρασθεί σε Ω , η ένταση του ρεύματος I σε A και ο χρόνος t σε s , τότε η θερμική ενέργεια W θα εκφράζεται σε $W \cdot s$.

Η μονάδα ενέργειας $W \cdot s$ ονομάζεται και **τζουλ**. συμβολίζεται με το κεφαλαίο γράμμα J από το όνομα του Joule.

Η αντίστοιχη θερμική ισχύς εκφραζόμενη σε βαττ θα δίνεται από το γινόμενο: $R \cdot I^2$.

Για να βρεθεί η ποσότητα της θερμότητας που αναπτύσσεται σε kcal κατά το φαινόμενο τζουλ, πρέπει να πολλαπλασιάζουμε την ενέργεια σε Wh ή kWh επί τον αριθμό, που εκφράζει την ισοδυναμία ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και ισούται προς 860 kcal/kWh.

Ο αριθμός αυτός μας δίνει το πλήθος των θερμίδων, που μπορούμε να πάρομε καταναλώνοντας 1 kWh και καλείται **ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας**.

Το μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο μετατρέπεται με το φαινόμενο τζουλ σε θερμότητα, δεν μπορεί τις περισσότερες φορές να χρησιμοποιηθεί και γι' αυτό θεωρείται ως **απώλεια ενέργειας**. Η θερμότητα αυτή θερμαίνει τους ηλεκτρικούς αγωγούς, οι οποίοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, αποκτούν επικίνδυνα ψηλή θερμοκρασία (κίνδυνος καταστροφής ή και αναφλέξεως των μονωτικών περιβλημάτων των αγωγών κλπ.). Για να αποφύγομε τους κίνδυνους αυτούς εφαρμόζομε την ψύξη των ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών, η οποία φυσικά συνεπάγεται πρόσθετες δαπάνες ενέργειας (ενέργεια για την κίνηση ανεμιστήρων κλπ.).

Σε όλες περιπτώσεις όμως γίνεται επωφελής αξιοποίηση του φαινομένου τζουλ. Η θερμότητα που παράγεται με τον ηλεκτρισμό έχει πολλά πλεονεκτήματα. Μπορούμε με ακρίβεια και ευχέρεια να τη ρυθμίσουμε και να την ελέγχουμε, δεν συνοδεύεται από φλόγα και καυσαέρια, είναι χημικώς ουδέτερη και μπορεί να αναπτυχθεί ακόμα και στο εσωτερικό του (διού του σώματος που θέλουμε να θερμάνουμε, το οποίο, εάν έχει θερμική μόνωση, μπορεί να φθάσει σε πολύ ψηλή θερμοκρασία).

Τα πλεονεκτήματα αυτά της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα δικαιολογούν τις πολυπληθείς και σημαντικές εφαρμογές της, που μελετά ειδικός κλάδος της τεχνικής, η **ηλεκτροθερμία**. Οι εφαρμογές αυτές, οι οποίες συναντιούνται τόσο στη βιομηχανία όσο και στις οικιακές χρήσεις (ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτροσυγκολλήσεις, διάφορες θερμικές συσκευές, ηλεκτρική θέρμανση, ηλεκτρικά μαγειρεία, φωτισμός με λαμπτήρες πυρακτώσεως κλπ.) εξετάζονται στις επόμενες παραγράφους.

15.2 Ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία, ηλεκτρικά μαγειρείσ, ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες κλπ. Ηλεκτρική θέρμανση χώρων.

1. Ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία.

Τα πλεονεκτήματα της θερμότητας, που προέρχεται από το φαινόμενο Τζουλ (παράγρ. 15.1) και η καθαριότητα που γενικά χαρακτηρίζει τις εφαρμογές του ηλεκτρισμού, συνέβαλαν, ώστε οι άλλες πηγές θερμότητας να εκτοπισθούν σχεδόν από τις περισσότερες βιομηχανικές, βιοτεχνικές και γεωργικές χρήσεις και από όλες τις οικιακές χρήσεις.

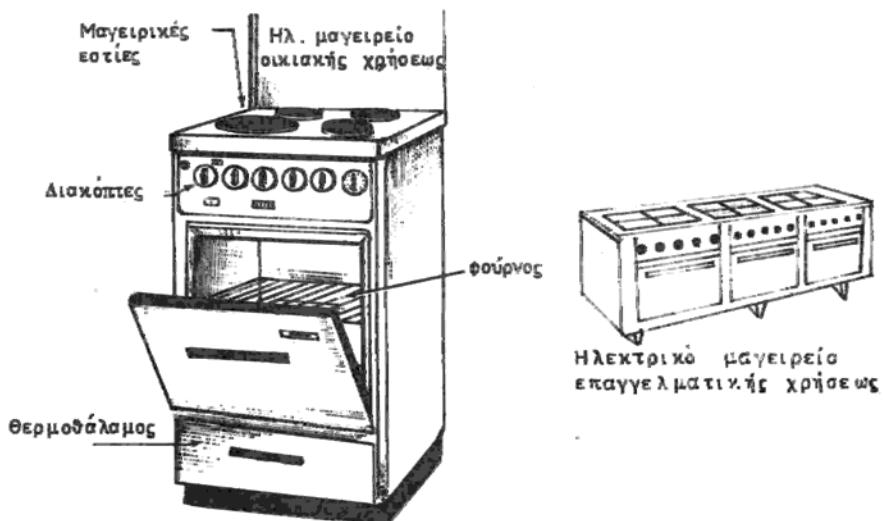
Η θερμότητα στις οικιακές και στις βιομηχανικές εφαρμογές της ηλεκτρικής θερμάνσεως παράγεται συνήθως μέσα σε ηλεκτρικές αντιστάσεις, που έχουν μορφή σύρματος ή ταινίας από κατάλληλο μέταλλο. Οι αντιστάσεις αυτές μονώνται μέσα σε ορυκτά μονωτικά υλικά και καλούνται **θερμαντικά στοιχεία**.

Επειδή τα υλικά, που χρησιμεύουν για την ηλεκτρική μόνωση, είναι συγχρόνως και θερμομονωτικά υλικά, επιδιώκεται η μόνωση αυτή στα θερμαντικά στοιχεία να έχει το μικρότερο δυνατό πάχος. Συνέπεια αυτού είναι οι θερμικές συσκευές να μην έχουν πολύ πλούσια ηλεκτρική μόνωση, με αποτέλεσμα να παρατηρείται συχνά διαρροή μικρής ποσότητας ρεύματος διαμέσου της μονώσεως: η διαρροή γίνεται από αγωγό σε αγωγό ή από τους αγωγούς προς το μεταλλικό περίβλημα. Το ρεύμα αυτό, που καλείται **ρεύμα διαφυγής**, επιτρέπεται να φθάσει μέχρι μια ορισμένη τιμή, η οποία π.χ. για ένα ηλεκτρικό μαγειρείο ισχύος 10 kW, είναι 10 mA, ένω στις μη θερμικές συσκευές με την ίδια ισχύ, το ρεύμα διαφυγής πρέπει να είναι γενικά μικρότερο.

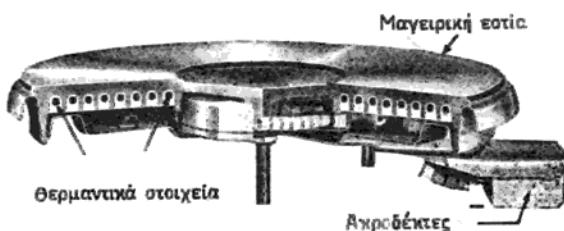
2. Ηλεκτρικά μαγειρεία.

Τα **ηλεκτρικά μαγειρεία** είναι συσκευές που χρησιμεύουν στο μαγείρεμα των τροφών. Συνήθως αποτελούνται από δύο ως τέσσερις **μαγειρικές εστίες**, ένα **κλίβανο** (φούρνο) και ένα **θερμοθάλαμο** (σχ. 15.2α). Οι μαγειρικές εστίες είναι συνήθως κυκλικές **πλάκες** μικρού πάχους από ειδικό χυτοσίδηρο στο εσωτερικό τους διαμορφώνονται ομόκεντρα αυλάκια. Μέσα στα αυλάκια αυτά τοποθετούνται με συμπίεση τα **θερμαντικά στοιχεία** (σχ. 15.2β). Αυτά αποτελούνται από θερμαντικές αντιστάσεις από χρωμιονικελίνη και έχουν τη μορφή σπειροειδών συρμάτων, που είναι συμπιεσμένα μέσα σε μονωτική μάζα οξειδίου του μαγνησίου. Οι μαγειρικές πλάκες μεταδίδουν τη θερμότητα, που παράγεται στα θερμαντικά στοιχεία, με αγωγμότητα στα θερμαντικά σκεύη, που τοποθετούνται επάνω σ' αυτές. Εκτός από τις μαγειρικές πλάκες, κατασκευάζονται και **μαγειρικές εστίες**, που αποτελούνται από πλατυσμένα **σωληνωτά θερμαντικά στοιχεία**, τα οποία έχουν καμφθεί σπειροειδώς (σπειράλ). Οι εστίες αυτές μεταδίδουν τη θερμότητα τόσο με αγωγμότητα όσο και με ακτινοβολία. Τα σωληνωτά θερμαντικά στοιχεία αποτελούνται από σωλήνες από χάλυβα ή χαλκό. Μέσα τους είναι τοποθετημένη η θερμαντική αντίσταση, βυθισμένη στο κέντρο πιεσμένης μονωτικής μάζας (μαγνησία).

Ο φούρνος φέρει στο εσωτερικό των τοιχωμάτων του θερμαντικά στοιχεία, που μπορεί να είναι και γυμνά σύρματα στερεωμένα επάνω σε μονωτικές χάνδρες. Στην οροφή του και εξωτερικά φέρει ορατό **θερμαντικό στοιχείο που ακτινοβολεί (γυριλλ)**. Το στοιχείο αυτό είναι του σωληνωτού τύπου και θερμαίνεται με ακτινοβολία (σχ. 15.2γ).



Σχ. 15.2α.
Ηλεκτρικά μαγειρεία.



Σχ. 15.2β.
Μαγειρική εστία.



Σχ. 15.2γ
Ανεξάρτητη μαγειρική συσκευή.

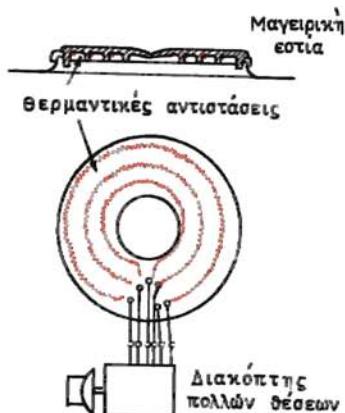


Σχ. 15.2δ.
Θερμαντικό στοιχείο που ακτινοβολεί (γκριλ): τοποθετείται μέσα σε φούρνο ηλεκτρικού μαγειρείου ή μέσα σε ψητιέρα.

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

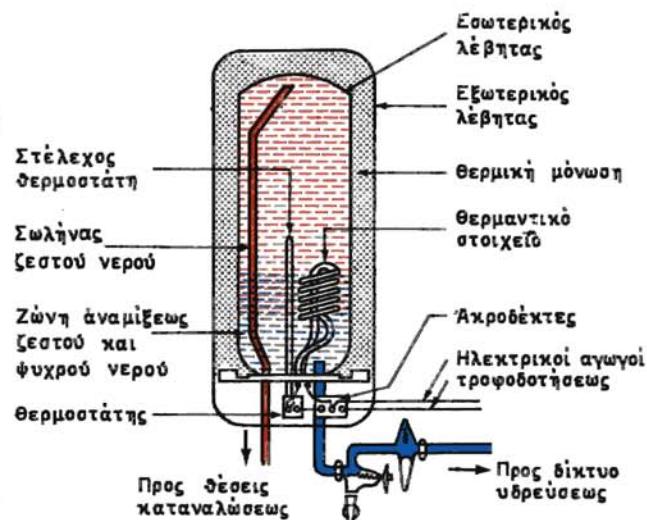
οι επιτραπέζιες μαγειρικές πλάκες (μάτια), οι ψηστιέρες κλπ. (σχ. 15.2δ).

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



Σχ. 15.2ε.

Διακόπτης θερμαντικών στοιχείων.



Σχ. 15.2στ.

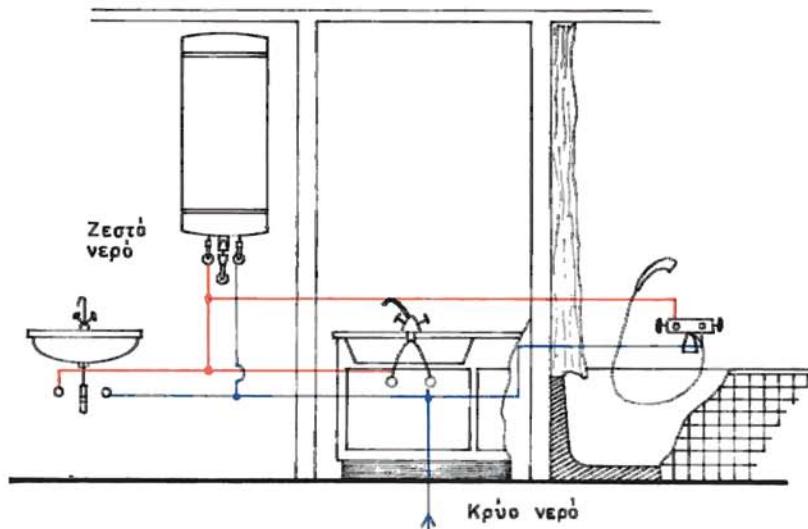
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας.

3. Ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες.

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

Αποτελούνται από ένα κυλινδρικό λέβητα από επιψευδαργυρωμένο χαλυβδέλασμα που μπορεί να έχει χωρητικότητα από 5 ως 120 l / t. Στο εσωτερικό του λέβητα βρίσκονται το νερό, που πρέπει να θερμανθεί, το θερμαντικό στοιχείο (σωληνωτού τύπου) και το στέλεχος του θερμοστάτη. [Θερμοστάτης είναι ένα εξάρτημα, που αποτελείται από ένα μεταλλικό στέλεχος, το οποίο βρίσκεται μέσα στο θερμαινόμενο νερό, και από ένα διμεταλλικό στοιχείο, το οποίο βρίσκεται έξω από το λέβητα και παίρνει τη θερμοκρασία του νερού με τη βοήθεια του στελέχους. Το διμεταλλικό στοιχείο σε ορισμένη θερμοκρασία που εμείς έχομε επιλέξει, παραμορφώνεται και ανοίγει, άμεσα ή έμμεσα, το ηλεκτρικό κύκλωμα τροφοδοτήσεως. 'Όταν η θερμοκρασία του νερού κατέβει ξανά κάτω από τη θερμοκρασία που ορίσαμε, το διμεταλλικό στοιχείο παίρνει το αρχικό του σχήμα, οπότε κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα]. 'Έτοι η θερμοκρασία του θερμαινόμενου νερού δεν ανεβαίνει περισσότερο από ένα προκαθορισμένο όριο, π.χ. 80° C. Ο λέβητας που περιέχει το νερό του θερμοσίφωνα περιβάλλεται από έναν άλλο μεγαλύτερο λέβητα και μεταξύ των δύο λεβήτων παρεμβάλλεται θερμική μόνωση (π.χ. υαλοβάμβακας, φελλός), όπως δείχνει το σχήμα 15.2στ., με την οποία το νερό που έχει θερμανθεί διατηρείται ζεστό για πολλές ώρες. 'Όταν η θερμοκρασία του νερού παύσει να ανεβαίνει, με την

επενέργεια του θερμοστάτη, το νερό ψύχεται σιγά σιγά (λόγω θερμικής μονώσεως). Όταν δε η θερμοκρασία κατέβει όρισμένους βαθμούς κάτω από το ανώτατο όριο, ο θερμοστάτης κλείνει πάλι το ηλεκτρικό κύκλωμα, που τροφοδοτεί τις θερμοσίφωνα και η θερμοκρασία ανεβαίνει ξανά. Έτσι, ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας διατηρεί σε σταθερή θερμοκρασία το ζεστό νερό, που περιέχει, το οποίο διοχετεύεται στις διάφορες θέσεις για να καταναλωθεί (σχ. 15.2ζ).



Σχ. 15.2ζ.

Σύνδεση θερμοσίφωνα με τις διάφορες θέσεις χρήσιμοποιήσεως.

4. Λοιπές ηλεκτρικές θερμικές συσκευές.

Εκτός από τις θερμικές συσκευές, που εξετάσθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, υπάρχει ολόκληρη σειρά από ηλεκτρικές θερμικές συσκευές, όπως είναι (σχ. 15.2η): **Το σιδερό σιδερώματος**, όπου τα θερμαντικά στοιχεία βρίσκονται ενσωματωμένα στο μεταλλικό πέλμα σιδερώματος.

Ο βραστήρας νερου, για τη θέρμανση μικρων ποσοτήτων νερου.

Ο θερμοεμβαπτιστήρας, για τη θέρμανση νερού, που περιέχεται μέσα σε δοχειο.

Η φρυγανιέρα, ο κλινοθερμαντήρας, τα ηλεκτρικώς **θερμανόμενα κλινοσκεπάσματα, τάπτες κλπ.**

Οι συσκευές για τη φροντίδα των μαλλιών.

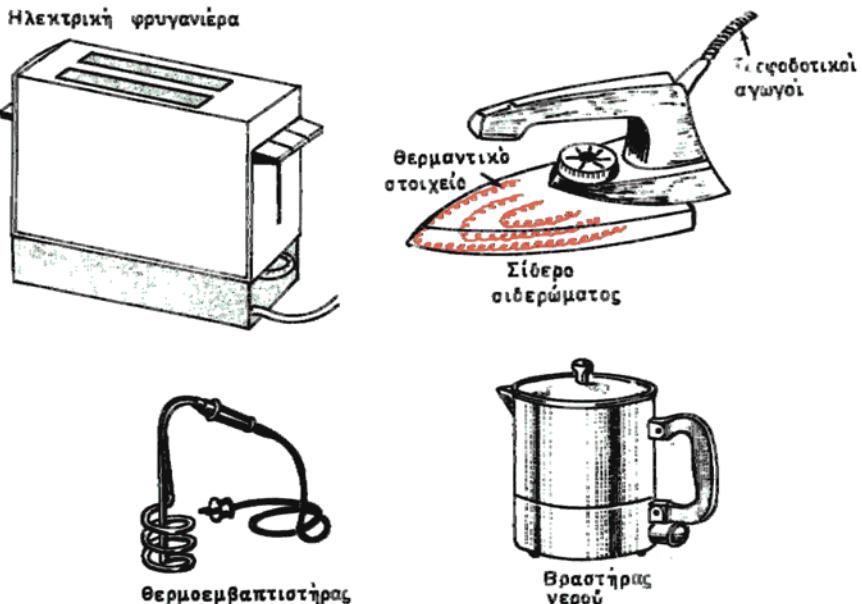
Οι συσκευές για τις αγροτικές χρήσεις (**εκκολαπτήρια, θερμοκήπια, ξηραντήρια φρούτων, λαχανικων και χόρτου κλπ.**).

Οι συσκευές για τις διάφορες βιομηχανικές και εμπορικές χρήσεις (**κλίβανοι αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, θερμαντήρες κόλλας έυλουργείων ή εργαστηρίων χαρτιου, διάφορες συσκευές βιοτεχνιών δέρματος, κλίβανοι κεραμικής, ηλεκτρικά κολλητήρια, στεγνωτηρες χεριών, ιατρικές θερμικές συσκευές κ.ά.**).

5. Ηλεκτρική θέρμανση χώρων.

Για τη θέρμανση των χώρων, η θερμότητα μεταδίδεται από τις πηγές της στο

προς θέρμανση περιβάλλον είτε με μεταφορά με τον αέρα του χώρου, είτε με ακτινοβολία.



Σχ. 15.2η.
Ηλεκτρικές θερμικές συσκευές.

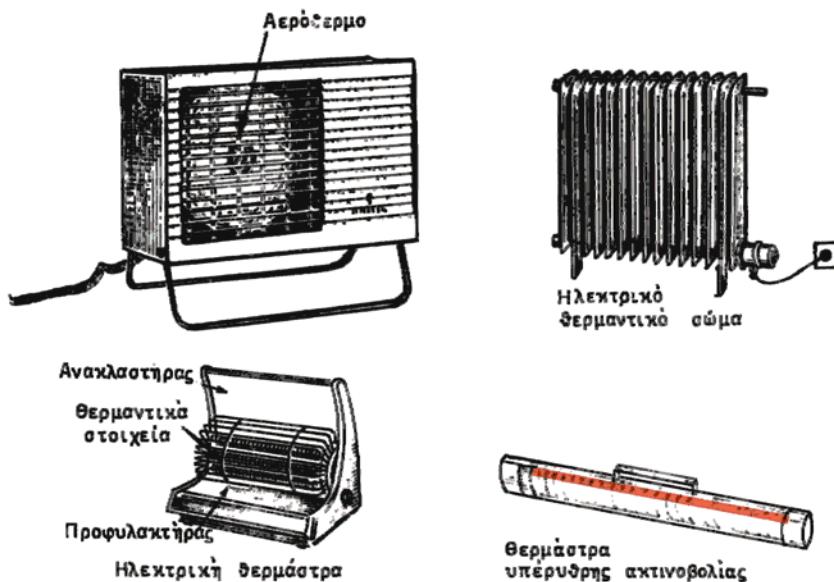
Οι θερμικές ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις για τη θέρμανση των χώρων βασίζονται και στους δύο αυτούς τρόπους μεταδόσεως της θερμότητας. Μια από αυτές είναι το **αερόθερμο** (σχ. 15.2θ), το οποίο περιλαμβάνει θερμαντικά στοιχεία και έναν ανεμιστήρα. Ο ανεμιστήρας απορροφά αέρα από το περιβάλλον, τον διοχετεύει στα θερμαντικά στοιχεία, όπου θερμαίνεται και τον εξαποστέλλει πάλι στον προς θέρμανση χώρο. Άλλες συσκευές είναι: Τα **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 ανακλαστήρες.

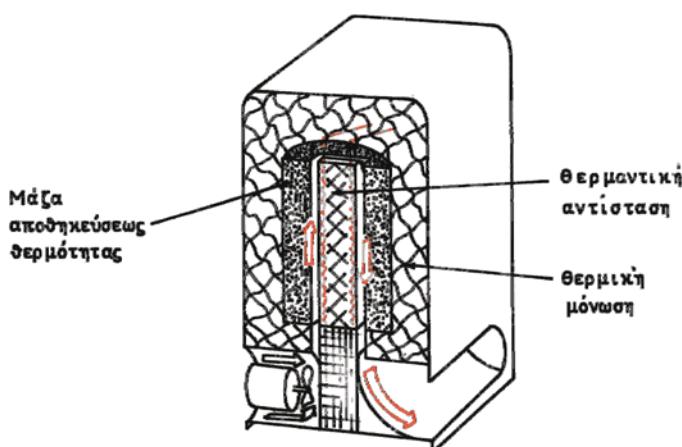
Ηλεκτρική θέρμανση με καθαρή ακτινοβολία γίνεται με τις συσκευές παραγωγής **υπέρυθρης ακτινοβολίας**. Αυτές μπορεί να είναι:

- Μεταλλικές πλάκες, που έχουν εσωτερικά θερμαντικά στοιχεία.
- Σωλήνες από μέταλλο ή χαλαζία (κβάρτζ), που περιέχουν θερμαντικά στοιχεία και είναι τοποθετημένοι μέσα σε ανακλαστήρες, και κυρίως γ) ειδικές λυχνίες με γιάλινο κώδωνα, όπως οι λαμπτήρες φωτισμού που έχουν όμια νήμα βολφραμίου, το οποίο πυρακτώνεται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος, και φέρουν ενσωματωμένο ανακλαστήρα. Η υπέρυθρη ακτινοβολία απορροφάται άλλοτε περισσότερο και άλλοτε λιγότερο από τα αδιαφανή 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 αποθηκεύσεως**. Οι θερμάστρες αυτές (σχ. 15.21) έχουν σωληνωτά θερμαντικά στοιχεία ή θερμαντικά στοιχεία με αντίσταση από αγώγιμο στρώμα και



Σχ. 15.20.
Θερμίαντικές συσκευές.



Σχ. 15.21.
Θερμάστρα αποθηκεύσεως.

αποθηκεύουν την παραγόμενη απ' αυτά θερμότητα σε ειδική ορυκτή 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 ανεμιστήρα. Η συσσώρευση της θερμότητας στις θερμάστρες αποθηκεύσεως γίνεται κατά τις νυκτερινές κυρίως ώρες, γιατί τότε τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια φθηνού τιμολογίου. Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις (στην Ελλάδα η Δ.Ε.Η.) για να αυξήσουν την κατανάλωση κατά τη νύκτα, οπότε τα φορτία είναι γενικώς χαμηλά, προσφέρουν ειδικά πολύ φθηνότερα από τα ημερήσια τιμολόγια νυκτερινής καταναλώσεως. Οι θερμάστρες αποθηκεύσεως επομένων είναι ο μόνος τρόπος ηλεκτρικής θερμάνσεως που μπορεί να συναγωνισθεί οικονομικά τα άλλα είδη θερμάνσεως (με πετρέλαιο, άνθρακα κλπ.).

15.3 Ηλεκτρικοί βιομηχανικοί κλίβανοι (φούρνοι).

1. Φούρνοι με αντιστάσεις.

Στη βιομηχανία οι ηλεκτρικοί φούρνοι χρησιμοποιούνται πάρα πολύ τόσο στις ηλεκτροχημικές (Κεφάλ. 16) και ηλεκτρομεταλλουργικές εργασίες, όσο και στην παραγωγή θερμότητας για διάφορους σκοπούς, όπως τήξη (λειώσιμο), αλλαγή μορφής και μεταβολή των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων (θερμικές και χημικές κατεργασίες) στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων.

Οι ηλεκτρικοί **φούρνοι με αντιστάσεις** παράγουν την απαιτούμενη θερμότητα είτε μέσα σε θερμαντικά στοιχεία (έμμεση θέρμανση) είτε μέσα στο ίδιο το οώμα, που πρόκειται να θερμανθεί (άμεση θέρμανση). Αυτό επιτυγχάνεται με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέπα από το σώμα, του οποίου η ηλεκτρική αντίσταση προκαλεί την εμφάνιση του φαινομένου Τζουλ.

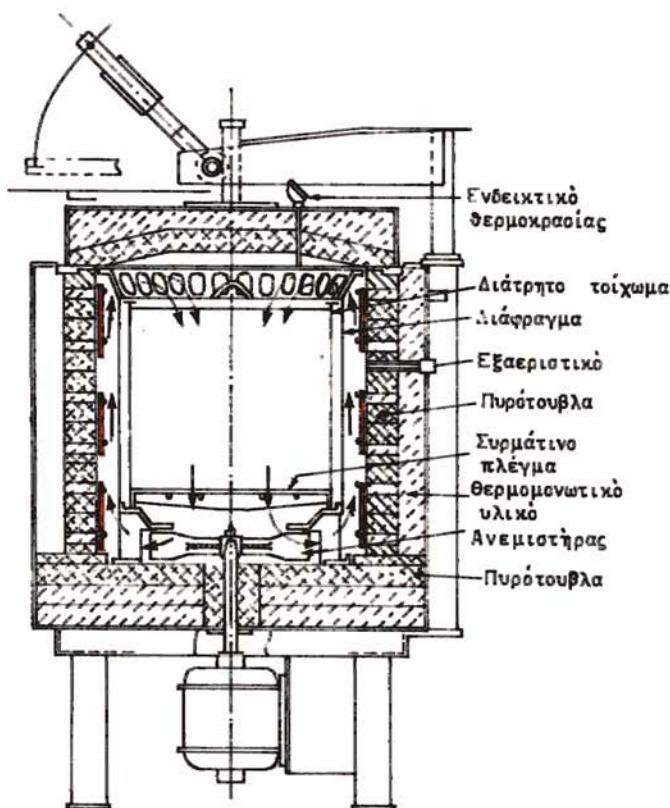
Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις των θερμαντικών στοιχείων είναι: α) Από σύρμα ή ταινία από κράμα χρωμιονικελίνης (νικέλιο - σίδηρος - χρώμιο ή νικέλιο - χρώμιο 80%-20%) ή από κράμα σιδήρου-χρωμίου-αλουμινίου για τις ψηλότερες θερμοκρασίες. β) Από ράβδους, σωλήνες ή χοάνες από μη μεταλλικό υλικό (άνθρακα, γραφίτη, καρβίδιο του πυριτίου) για τις πολύ ψηλές θερμοκρασίες (πάνω από τους 1300° C).

Οι φούρνοι εμμέσου θερμάνσεως με αντιστάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για τις θερμικές κατεργασίες και σπανιότερα για την τήξη των σωμάτων.

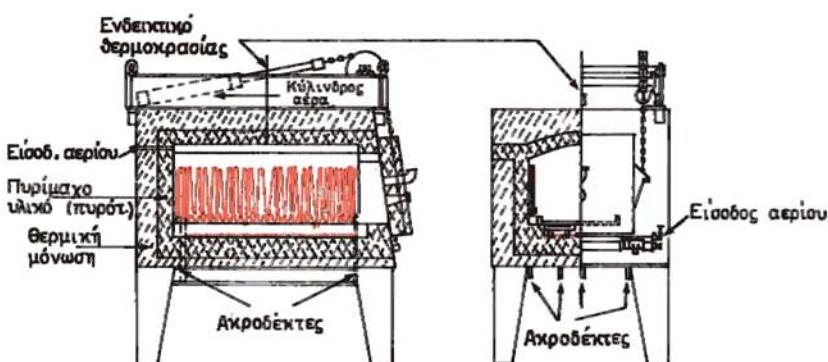
Φούρνοι αμέσου θερμάνσεως χρησιμοποιούνται σπανιότερα, παρ'όλο ότι δεν έχουν θερμικές απώλειες, γιατί απαιτούν μεγάλη και δαπανηρή ηλεκτρική εγκατάσταση (μετασχηματιστής κλπ.), για την παροχή μεγάλων εντάσεων ρεύματος με χαμηλές τάσεις και γιατί επιτυγχάνουν ομοιόμορφη θέρμανση μόνο σε αντικείμενα με απλή μορφή. Οι φούρνοι αυτοί χρησιμοποιούνται για την τήξη του γιαλιού, τις θερμικές κατεργασίες των μετάλλων μέσα σε λουτρό αλάτων (φούρνοι λουτρού αλάτων με ηλεκτρόδια), στη γραφιτοποίηση κλπ.

Η θέρμανση μέσα στους φούρνους με αντίσταση γίνεται ανάλογα με την περίπτωση, είτε χωρίς αέρα (μέσα σε κενό) είτε μέσα σε ειδική ατμόσφαιρα (υδρογόνου, μίγματος υδρογόνου-αζώτου κλπ.).

Οι μορφές των φούρνων με αντίσταση ποικίλλουν. Καθορίζονται ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τη θερμική κατεργασία και ανάλογα με τα προς κατεργασία αντικείμενα, τόσο ως προς το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους όσο και ως προς τη μορφή και το μέγεθος (σχ. 15.3α και 15.3β).

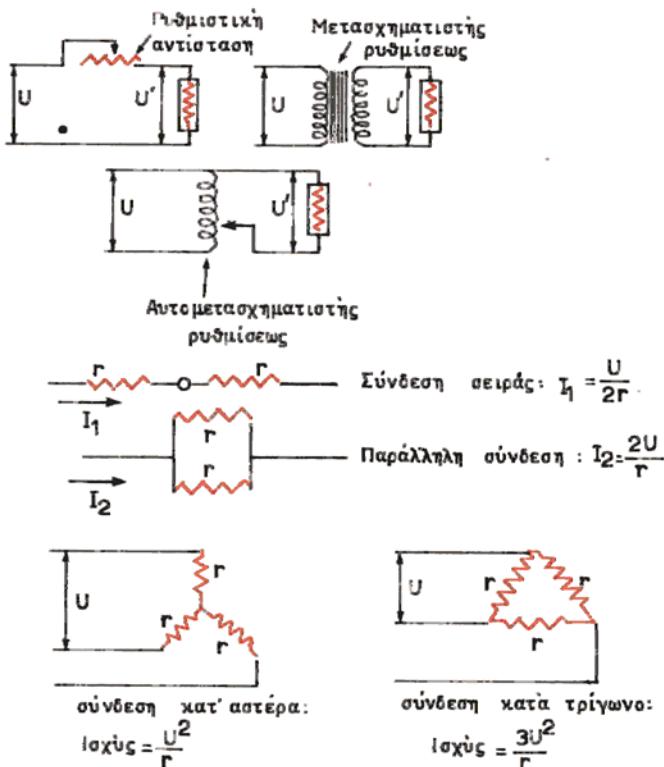


Σχ. 15.3α.
Φούρνος με αντίσταση.



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 μια 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 μια ρυθμιστική αντίσταση, ένα μετασχηματιστή ή αυτομετασχηματιστή ρυθμίσεως κλπ.

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

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 Τζουλ όσο και το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής (παράγρ. 8.4). Στο είδος

αυτό των φούρνων, η ηλεκτρική τάση, που προκαλεί το ρεύμα θερμάνσεως που διέρχεται από την ηλεκτρική αντίσταση, παράγεται με επαγωγή. Τελικά δηλαδή, η θέρμανση με επαγωγή ανάγεται πάλι στη θέρμανση με αντίσταση.

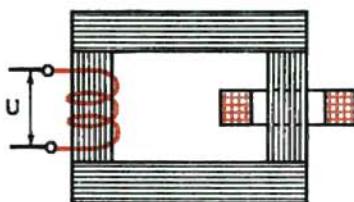
Μπορούμε να παρομοιάσουμε ένα φούρνο με επαγωγή με ένα μετασχηματιστή (παράγρ. 14.1), στον οποίο η ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής (στο δευτερεύον) είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο ισχυρότερο είναι το μαγνητικό πεδίο και όσο ταχύτερη είναι η μεταβολή των μαγνητικών γραμμών του πεδίου (παράγρ. 8.4). Το μαγνητικό πεδίο ισχυροποιείται, όπως γνωρίζομε, αν οι σπείρες που το παράγουν δεν βρίσκονται στον αέρα, αλλά περιβάλλονται από σιδερένιο πυρήνα, και η μεταβολή των μαγνητικών γραμμών του πεδίου γίνεται ταχύτερη, αν η συχνότητα (παράγρ. 9.1) του εναλλασσόμενου ρεύματος, που ρέει μέσα στο πρωτεύον, αυξηθεί.

Με την επενέργεια λοιπόν της Η.Ε.Δ. εξ επαγωγής, ρέει ρεύμα, διαμέσου του δευτερεύοντος, το οποίο στην περίπτωση αυτή είναι βραχυκυκλωμένο· η ροή αυτή του ρεύματος έχει ως συνέπεια να δημιουργείται θερμότητα μέσα στην ηλεκτρική αντίσταση του δευτερεύοντος, σύμφωνα με το νόμο του Τζουλ.

Οι φούρνοι με επαγωγή ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες:

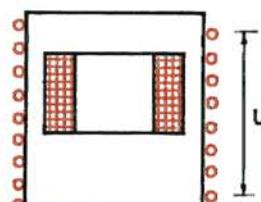
Τους φούρνους χαμηλής συχνότητας. Αυτοί περιλαμβάνουν:

α) Ένα κλειστό μαγνητικό κύκλωμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 15.3δ, παρόμοιο με το κύκλωμα των μετασχηματιστών (από σιδερένια ελάσματα).



Σχ. 15.3δ.

Αρχή λειτουργίας φούρνου χαμηλής συχνότητας.



Σχ. 15.3ε.

Αρχή λειτουργίας φούρνου υψηλής συχνότητας.

β) Ένα πρωτεύον τύλιγμα, που συνδέεται με την πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής (βιομηχανικής) συχνότητας 50 Hz.

γ) Το δευτερεύον τύλιγμα, του οποτελείται από το προς θέρμανση υλικό με τη μορφή βραχυκυκλωμένης σπείρας.

Τους φούρνους υψηλής συχνότητας. Αυτοί δεν φέρουν συνήθως μαγνητικό κύκλωμα (σχ. 15.3ε). Το προς θέρμανση υλικό αποτελεί το δευτερεύον τύλιγμα και τοποθετείται στο εσωτερικό του πρωτεύοντος τυλίγματος, που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας (500 ως 10.000 Hz).

Η θέρμανση με επαγωγή στους φούρνους αυτούς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τη θέρμανση με αντιστάσεις. Τα πλεονεκτήματα αυτά οφείλονται βασικά στο ότι η θερμότητα παράγεται από ευθείας μέσα στη μάζα των προς θέρμανση αντικειμένων. Στους φούρνους με αντίσταση, η θερμότητα μεταδίδεται, όπως γνωρίζομε, από τα θερμαντικά στοιχεία με ακτινοβολία, μεταφορά ή και αγωγιμότητα· αυτό όμως, περιορίζει την ισχύ και τη θερμοκρασία τους γιατί για την αύξηση της ισχύος των φούρνων και της θερμοκρασίας των προς επεξεργασία

αντικειμένων απαιτείται υπερβολική θερμοκρασία των θερμαντικών στοιχείων, η οποία δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί. Στους φούρνους με επαγωγή, αντίθετα, είναι δυνατόν να προσδίδεται πολύ μεγάλη ισχύς και η θερμοκρασία των προς θέρμανση αντικειμένων μπορεί να ανέβει σε πολύ μεγάλα όρια. Μόνος περιορισμός είναι η αντοχή των πυρίμαχων υλικών, από τα οποία είναι κατασκευασμένος ο φούρνος. Οι φούρνοι με αντίσταση άμεσης θερμάνσεως, παρουσιάζουν βέβαια τα ίδια πλεονεκτήματα με τους φούρνους με επαγωγή, αλλά εφαρμόζονται σε λίγες μόνο περιπτώσεις, στις οποίες δεν περιλαμβάνεται η τήξη των υλικών.

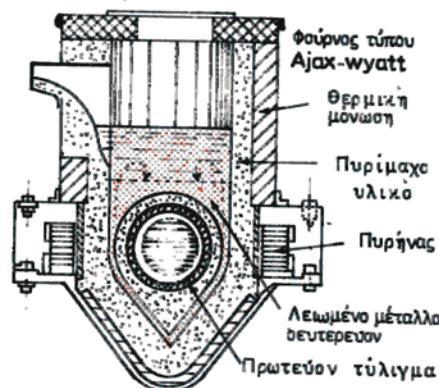
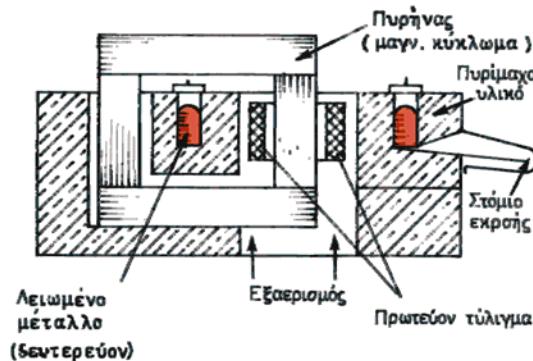
Άλλα πλεονεκτήματα των φούρνων με επαγωγή σε σύγκριση με τους φούρνους με αντίσταση είναι: Μικρότερη φθορά των πυρίμαχων επενδύσεων, γιατί αυτές υφίστανται μικρότερες θερμοκρασίες. Δυνατότητα καλύτερης θερμικής μονάδεως, λόγω κυρίως μικρότερου όγκου. Μικρή θερμική αδράνεια, γιατί οι φούρνοι με επαγωγή έχουν από κατασκευή τους μικρότερες μάζες.

Άλλο είδος θερμάνσεως, που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμότητας επίσης μέσα στη μάζα του προς θέρμανση αντικειμένου, είναι η **διηλεκτρική θέρμανση**. Κατά τη θέρμανση αυτή χρησιμοποιούνται πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος πολύ υψηλής συχνότητας (1.000.000 ως 100.000.000 Hz). Έτσι όμως θερμαίνονται τα μονωτικά σώματα, όπως είναι το γιαλί, το ελαστικό, ο εβονίτης κλπ., με μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στο προς κατεργασία αντικείμενο όχι πια με **επαγωγική σύνδεση** αλλά με **χωρητική σύνδεση**. Το προς θέρμανση αντικείμενο, δηλαδή, τοποθετείται μεταξύ δύο οπλισμών, που σχηματίζουν ένα είδος πυκνωτή και τροφοδοτούνται από μια πηγή πολύ υψηλής συχνότητας. Η θέρμανση του αντικειμένου, που βρίσκεται ανάμεσα στους οπλισμούς, προκαλείται από τις **διηλεκτρικές απώλειες**, οι οποίες εμφανίζονται μέσα σ' αυτό, γιατί το αντικείμενο αυτό αποτελεί το διηλεκτρικό ενός πυκνωτή: οι οπλισμοί του πυκνωτή αυτού συνδέονται με μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος πολύ υψηλής συχνότητας (παράγρ. 10.3). Στην αρχή αυτή βασίζεται και η **διαθερμία**, που χρησιμοποιείται στην ιατρική.

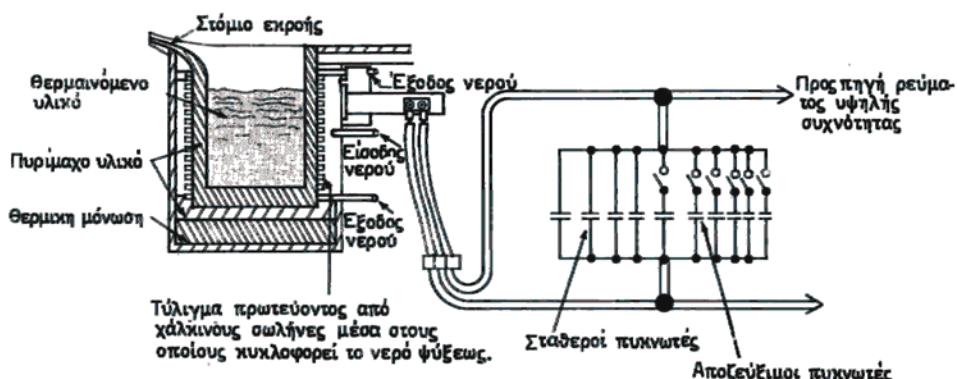
(Για λόγους, που δεν θα αναπτυχθούν εδώ, οι πυκνωτές, όταν συνδέονται στο εναλλασσόμενο ρεύμα, δεν αποτελούν μια εντελώς καθαρή χωρητικότητα, αλλά είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνουν παράλληλα προς τη χωρητικότητα και μια ωμική αντίσταση. Το ρεύμα, που ρέει στην ωμική αντίσταση προκαλεί, όπως γνωρίζομε, θερμικές απώλειες, που καλούνται **διηλεκτρικές απώλειες** και είναι τόσο μεγαλύτερες, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα ρεύματος).

Οι φούρνοι με επαγωγή χρησιμοποιούνται είτε για θερμικές κατεργασίες είτε για την τήξη σιδήρου, χάλυβα, χαλκού, ορειχάλκου, νικελίου, αλουμινίου, ψευδαργύρου και των κραμάτων τους.

Οι φούρνοι με επαγωγή χαμηλής συχνότητας έχουν τις μορφές του σχήματος 15.3στ, ενώ οι φούρνοι υψηλής συχνότητας κατασκευάζονται, όπως δείχνει το σχήμα 15.3ζ. Αυτοί, για την τροφοδότησή τους απαιτούν ορισμένη διάταξη για την παραγωγή ρεύματος υψηλής συχνότητας (π.χ. μετατροπέα συχνότητας, παράγρ. 14.2) και ομάδα πυκνωτών για τη βελτίωση (ανύψωση) του συντελεστή ισχύος συνφ, ο οποίος στις εγκαταστάσεις φούρνων υψηλής συχνότητας με επαγωγή είναι πολύ χαμηλός (της τάξεως του 0,1).



Σχ. 15.3στ.
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 συνένωση τους, την προθέρμανση πλαστικών υλικών πριν από την οριστική τους μορφοποίηση, για την ελεγχόμενη ξήρανση χαρτιού, υφασμάτων κλπ., για τη θείωση (βουλκανιζάρισμα) του ελαστικού, για την ανόπτηση 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 δε θέρμανση των τροφών πραγματοποιείται εντελώς ομοιόμορφα, χωρίς να προκαλείται έντονο επιφανειακό ψήσιμο, γιατί η διηλεκτρική θέρμανση, όπως άλλωστε και η θέρμανση με επαγγή, δημιουργείται μέσα στη μάζα του θερμαινόμενου υλικού, σε αντίθεση προς τα άλλα είδη θερμάνσεως.

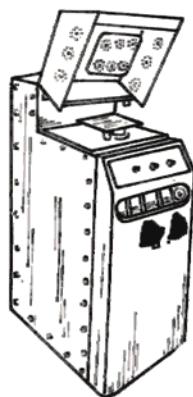
3. Φούρνοι με τόξο.

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 ορισμένη 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 (η κάθοδος) πυρακτώνεται (παράγρ. 14.3), εφόσον τα ηλεκτρόδια συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος, ενώ όταν αυτά συνδέονται με πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, πυρακτώνονται και τα δύο ηλεκτρόδια.

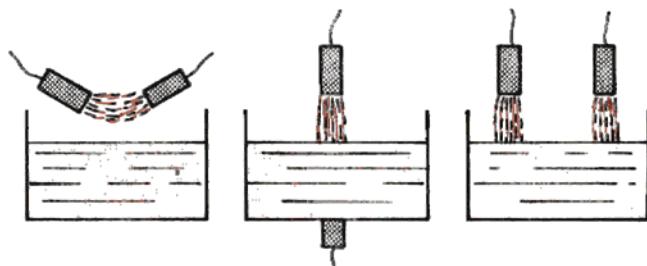
Στο ηλεκτρικό τόξο έχουμε ροή ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα), γι' αυτό εφαρμόζεται και εδώ ο νόμος του Τζουλ. Επειδή όμως η ηλεκτρική αντίσταση του τόξου ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η ένταση του ρεύματος, η θερμαντική ισχύς αυξάνεται ανάλογα με την ένταση του ρεύματος και όχι με το τετράγωνο αυτής (παράγρ.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

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

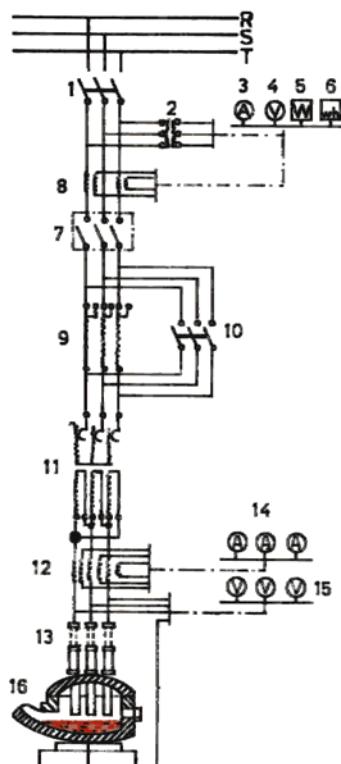
Οι φούρνοι με τόξο χρησιμεύουν για την τήξη του σιδήρου και του χάλιβα ως και για την αναγωγή των μετάλλων. Συνδέονται με το δίκτυο υψηλής τάσεως με τη βοήθεια μετασχηματιστή με πολλές λήψεις, γιατί έτσι δημιουργούνται πολλές τάσεις στο δευτερεύον (χρησιμοποίηση υψηλών τάσεων με μεγάλη ισχύ κατά την τήξη και χαμηλότερων τάσεων με μικρότερη ισχύ μετά την υγροποίηση). Η απορροφούμενη ένταση στους φούρνους με τόξο, η οποία ανέρχεται σε 1000 ως 40.000 A, παρουσιάζει αστάθεια κυρίως κατά τη διάρκεια της τήξεως. Η αστάθεια αυτή αντιμετωπίζεται με την παρεμβολή συνήθως ενός στραγγαλιστικού πνήμου (σχ. 15.3ι). Με τη ρύθμιση της αποστάσεως μεταξύ ηλεκτρόδιων 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 ηλεκτρόδιων. 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.
Αρχή λειτουργίας φούρνου με τόξο.



Σχ. 15.3ι.
Εγκατάσταση φούρνου με τόξο.

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

15.4 Ηλεκτροσυγκόλλησεις.

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, οπότε πραγματοποιείται η συγκόλληση· φυσικά εφαρμόζεται πολλές φορές και ορισμένη πίεση σ' αυτά.

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

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

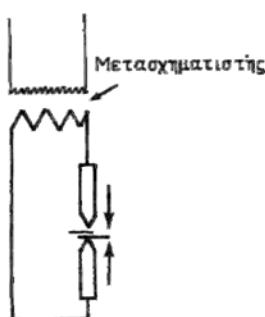
β) Την **ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο**, κατά την οποία τα σημεία συγκολλήσεως θερμαίνονται μέχρι τήξεως με τη βοήθεια ηλεκτρικού τόξου.

1. Ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση.

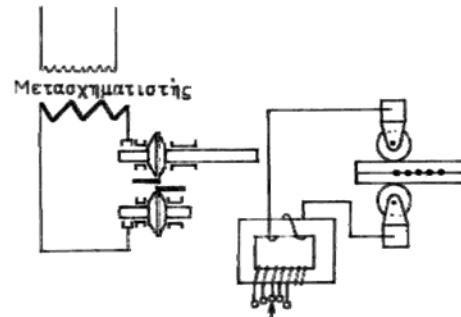
Στην ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση μεταλλικών κομματιών η απαιτούμενη θερμότητα παράγεται σε βραχύτατο χρονικό διάστημα καθώς ηλεκτρικό ρεύμα μεγάλων εντάσεων (μέχρι 100.000 A και με τάσεις μέχρι 15 V) περνά από το ένα κομμάτι στο άλλο μέσα από τη μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση, που παρουσιάζει η



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 στό σημείο όπου εφάπτονται τα προς συγκόλληση κομμάτια (φαινόμενο Τζουλ). Στην 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, που ψύχονται με νερό. Τα ηλεκτρόδια πιέζουν και από τις δύο πλευρές τις προς συγκόλληση λωρίδες μεταλλικών ελασμάτων, οι οποίες τοποθετούνται η μία επάνω στην άλλη, σε σημεία που απέχουν ίσα μεταξύ τους (όπως γίνεται και η ήλωση).

Όταν η συγκόλληση των ελασμάτων πρέπει να γίνει στεγανή, έφαρμόζεται η ραφιδευτική συγκόλληση. Στην περίπτωση αυτή, τα ηλεκτρόδια είναι τροχοί, μεταξύ των οποίων διέρχεται η προς συγκόλληση γραμμή. Τα ελάσματα που διέρχονται μεταξύ των τροχών πιέζονται δυνατά απ' αυτούς.

Με κατάλληλες και μηχανικά κινούμενες συσκευές είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν και διακεκομμένες συγκολλήσεις με ενδιάμεσες διακοπές του ρεύματος.

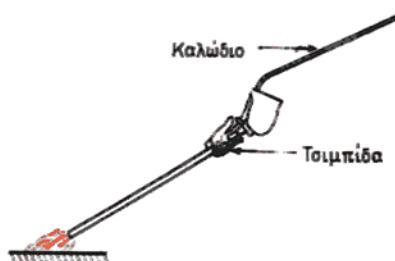
2. Ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο.

Με την ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο πραγματοποιούνται συγκολλήσεις **αυτογενείς** και **ετερογενείς**. Κατά τις **αυτογενείς** τα προς συγκόλληση μεταλλικά κομμάτια τήκονται με τη βοήθεια ηλεκτρικού τόξου στα σημεία της συγκολλήσεως. Μαζί με τα προς συγκόλληση κομμάτια τήκεται και μια βοηθητική ράβδος από το ίδιο μέταλλο, η οποία ακουμπά επάνω στα συγκολλούμενα κομμάτια. Με τον τρόπο αυτό γεμίζει η κοιλότητα που σχηματίζεται μεταξύ των επιφανειών, οι οποίες για τη συγκόλληση έχουν κοπεί λοξά (λοξοτομηθεί). Κατά τις **ετερογενείς** ηλεκτροσυγκολλήσεις με τόξο μεταξύ των προς συγκόλληση ομογενών ή μη μεταλλικών κομματιών, τα οποία διατηρούνται σε στερεή κατάσταση, χύνεται ένα ευτηκτότερο κράμα σε ρευστή κατάσταση. Το κράμα αυτό προσκολλάται στις επιφάνειες των κομματιών που πρόκειται να συγκολληθούν και εισδύει στο διάκενο που υπάρχει μεταξύ τους. Ένας τρόπος ηλεκτροσυγκολλήσεως με τόξο είναι αυτός που φαίνεται στο σχήμα 15.4δ. Το ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ ενός ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση κομματιών· το ηλεκτρόδιο είναι από το ίδιο μέταλλο μέ τα προς συγκόλληση τεμάχια. Το απαιτούμενο για τη συγκόλληση βοηθητικό μέταλλο προέρχεται από την τήξη των ηλεκτροδίων. Το μεταλλικό ηλεκτρόδιο μπορεί να έχει επένδυση από **τακερά** (σκωριωτικές ή συλλιπαντικές ουσίες) για να αποφεύγεται η οξείδωση και να απομακρύνονται τα οξείδια που μπορεί να σχηματίζονται. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις το ηλεκτρόδιο είναι γυμνό και η συλλιπαντική ουσία ρίχνεται με τη μορφή σκόνης στο σημείο όπου σχηματίζεται το τόξο. Έτσι στην περίπτωση αυτή, το τόξο δημιουργείται κάτω από το σχηματιζόμενο στρώμα σκόνης, χωρίς να φαίνεται.

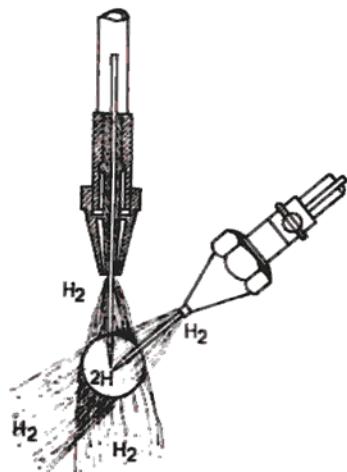
Άλλο σύστημα ηλεκτροσυγκολλήσεως με τόξο είναι η **τοξοατομηλεκτρική συγκόλληση**. Κατ' αυτήν, το ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων που έχουν τοποθετηθεί λοξά πάνω από τη θέση που πρόκειται να συγκολληθεί· τα προς συγκόλληση κομμάτια δεν διαρρέονται από ρεύμα, ενώ μια βοηθητική ράβδος παρέχει το αναγκαίο για τη συγκόλληση μέταλλο.

Τα ηλεκτρόδια στην περίπτωση αυτή, που χρησιμεύουν μόνο για το σχηματισμό του τόξου και αποτελούνται από βολφράμιο, είναι προσαρμοσμένα σε ακροφύσια, με τα οποία διοχετεύεται στο τόξο υδρογόνο (σχ. 15.4ε). Το υδρογόνο αυτό βρίσκεται, βέβαια, σε μοριακή κατάσταση, H_2 , αλλά στη θερμοκρασία του τόξου διασπάται σε ατομική, $H_2 = H + H$, με ταυτόχρονη απορρόφηση μεγάλου ποσού θερμότητας. Το μέταλλο που πρόκειται να συγκολληθεί βρίσκεται σε μικρότερη

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



Σχ. 15.4δ.
Ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο.



Σχ. 15.4ε.
Τοξοατομηλεκτρική συγκόλληση.

Κατά μία νεώτερη μέθοδο συγκολλήσεως, αντί για υδρογόνο χρησιμοποιείται ήλιο ή αργό, δηλαδή αδρανή 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). Η μέθοδος αυτή καλείται και συγκόλληση MIG, από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Metal-Inert-Gas (μέταλλο-αδρανές-αέριο). Παρόμοιο μέθοδος είναι και εκείνη, κατά την οποία χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο από βολφράμιο μόνο για το σχηματισμό του τόξου. Κατ' αυτήν, το αναγκαίο για τη συγκόλληση μέταλλο παρέχεται από βοηθητική ράβδο (σχ. 15.4ζ). Η τελευταία αυτή μέθοδος καλείται συγκόλληση TIG, από τις λέξεις Tungsten-Inert-Gas (Βολφράμιο-αδρανές-αέριο).

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

3. Άλλες μέθοδοι ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Εκτός από την ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση και με τόξο, αναπτύχθηκαν κατά τα τελευταία χρόνια και άλλα είδη ηλεκτροσυγκολλήσεως, όπως είναι η συγκόλληση σωλήνων με υψηλή συχνότητα, η συγκόλληση με υπερήχους, η συγκόλληση με εκτόξευση σπινθήρα και η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίωνή με ακτίνες λέηζερ.

Στην περίπτωση της συγκολλήσεως σωλήνων με υψηλή συχνότητα, οι σωλήνες

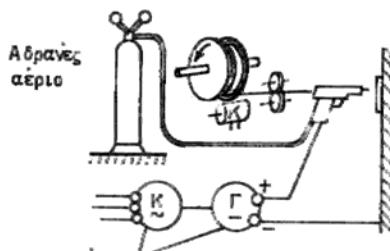
καθώς σχηματίζονται συγκόλλούνται, όπως δείχνει το σχήμα 15.4η, κατά τη γενέτειρα. Η συγκόλληση πραγματοποιείται, όταν οι ακμές του ελάσματος έλθουν σε επαφή, γιατί το ρεύμα υψηλής συχνότητας, που συγκεντρώνεται στη γωνία που σχηματίζουν οι ακμές καθώς κλείνουν, τις έχει θερμάνει επαρκώς.

Το ρεύμα υψηλής συχνότητας κυκλοφορεί στο σχηματιζόμενο σωλήνα είτε παρεχόμενο σ' αυτό με αγώγιμη σύνδεση, με επαφές που ολισθαίνουν κατά μήκος των ακμών, είτε παραγόμενο στον ίδιο το σωλήνα με επαγωγή.

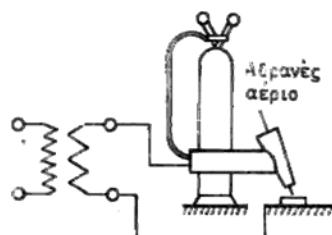
Με τους υπερήχους πραγματοποιούνται συγκόλλησεις λεπτών μεταλλικών φύλλων και λεπτών ελασμάτων ή συρμάτων ή θερμοπλαστικών υλικών. Στην περίπτωση αυτή, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική (κραδασμοί) και στη συνέχεια σε θερμική.

Στη συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων μετατρέπεται η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων σε θερμότητα μέσα σε κενό. Για τη συγκόλληση ηλεκτρονικών μικροεξαρτημάτων χρησιμοποιούνται με επιτυχία οι ακτίνες λέηζερ, με τις οποίες επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη σημειακή συγκέντρωση ενέργειας.

Ακτίνες λέηζερ καλούνται λεπτότατες δέσμες μονοχρωματικού φωτός, που έχουν πολύ μεγάλη ένταση.



Σχ. 15.4στ.
Συγκόλληση MIG.



Σχ. 15.4ζ.
Συγκόλληση TIG.

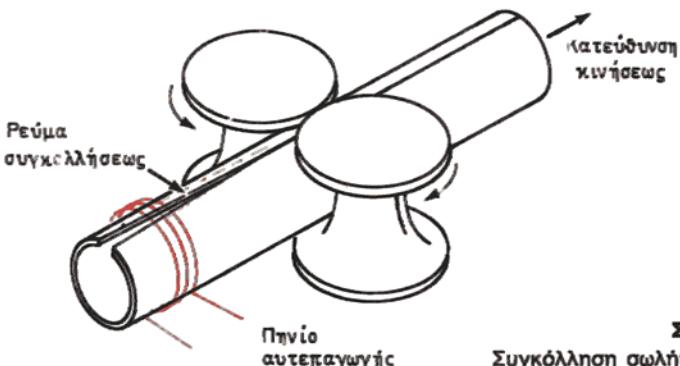
Τέλος, στη συγκόλληση με εκτόξευση σπινθήρα, ένα ηλεκτρόδιο πλησιάζει και απομακρύνεται από το μέταλλο, επάνω στο οποίο θέλουμε να κολλήσουμε ένα άλλο μεταλλικό στρώμα (π.χ. καρβίδιο του βολφραμίου). Κάθε φορά που το ηλεκτρόδιο πλησιάζει στο μέταλλο βάσεως, γίνεται εκφόρτιση πυκνωτή κατά την οποία παράγεται ηλεκτρικός σπινθήρας: με το σπινθήρα αυτόν ένα σωματίδιο από το ηλεκτρόδιο τήκεται κάτω από πολύ μεγάλη θερμοκρασία και προσκολλάται στο μέταλλο βάσεως, με το οποίο αποτελεί ένα σώμα.

4. Εξοπλισμός ηλεκτροσυγκόλλησεων.

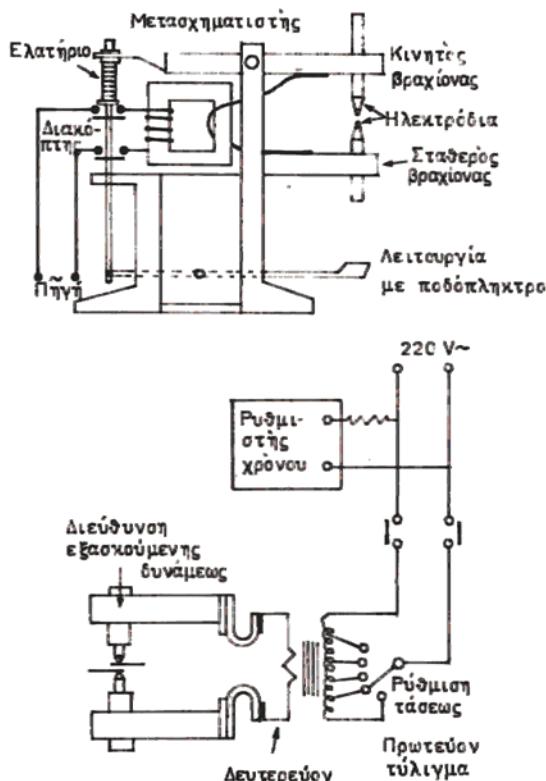
Η ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση πραγματοποιείται σε ειδικές μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησεως, στις οποίες μπορούμε να ρυθμίσουμε την ένταση του ρεύματος συγκόλλησεως, τη διάρκεια συγκόλλησεως και την πίεση που εξασκείται από τα ηλεκτρόδια, ανάλογα με το είδος και το πάχος των προς συγκόλληση κομματιών (σχ. 15.4θ).

Στην ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο και ανάλογα με το είδος του ρεύματος που χρησιμοποιείται απαιτούνται:

α) Ζεύγη κινητήρα - γεννήτριας (παραγρ. 14.2), είτε ανορθωτές (παράγρ. 14.3), σε συνδυασμό με μετασχηματιστές, για τη μετατροπή του ρεύματος του δικτύου, εφόσον η συγκόλληση πραγματοποιείται με συνεχές ρεύμα.

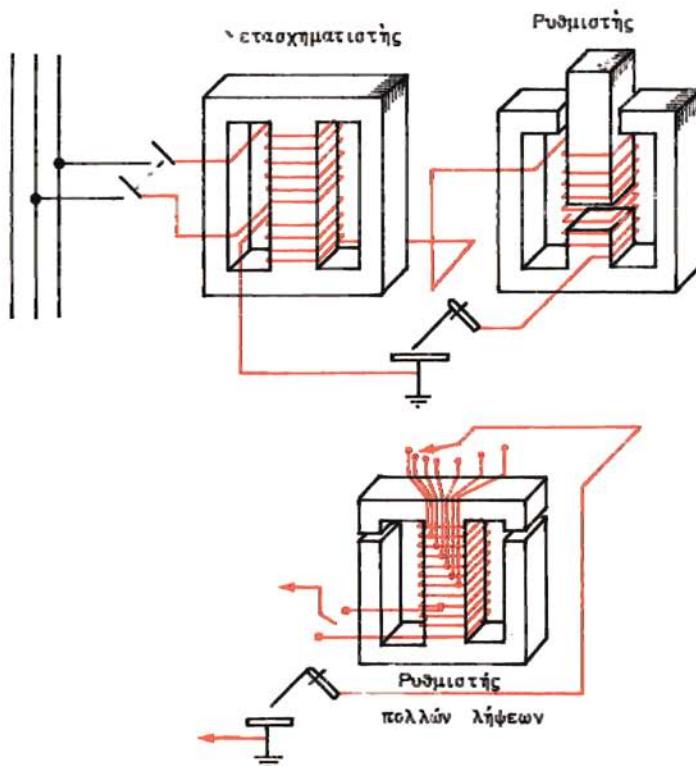


Σχ. 15.4η.
Συγκόλληση σωλήνων με υψηλή συχνότητα.



Σχ. 15.4θ.
Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση.

β) Μονοφασικοί μετασχηματιστές, για των υποβιβασμό της τάσεως του δικτύου σε 70 V το πολύ (συνήθως 30 ως 40 V) για λόγους ασφάλειας (παράγρ. 17.4), εφόσον η συγκόλληση πραγματοποιείται με εναλλασσόμενο ρεύμα. Στην τελευταία αυτή περίπτωση συνδέονται στο κύκλωμα και πικνωτές για τη βελτίωση (ανύψωση) του συντελεστή ισχύος συνφ. Το ρεύμα συγκολλήσεως, που συνήθως ποικίλλει, ανάλογα με τη μέθοδο συγκολλήσεως που χρησιμοποιείται, από 15 A ως 1500 A, μπορεί να ρυθμίζεται είτε συνεχώς με μεταβολή της μαγνητικής ροής, είτε κατά βήματα με αλλαγή των λήψεων σε μετασχηματιστή με πολλές λήψεις (σχ. 15.4i).



Σχ. 15.4i.

Ρύθμιση του ρεύματος στις ηλεκτροσυγκολλήσεις με τόξο.

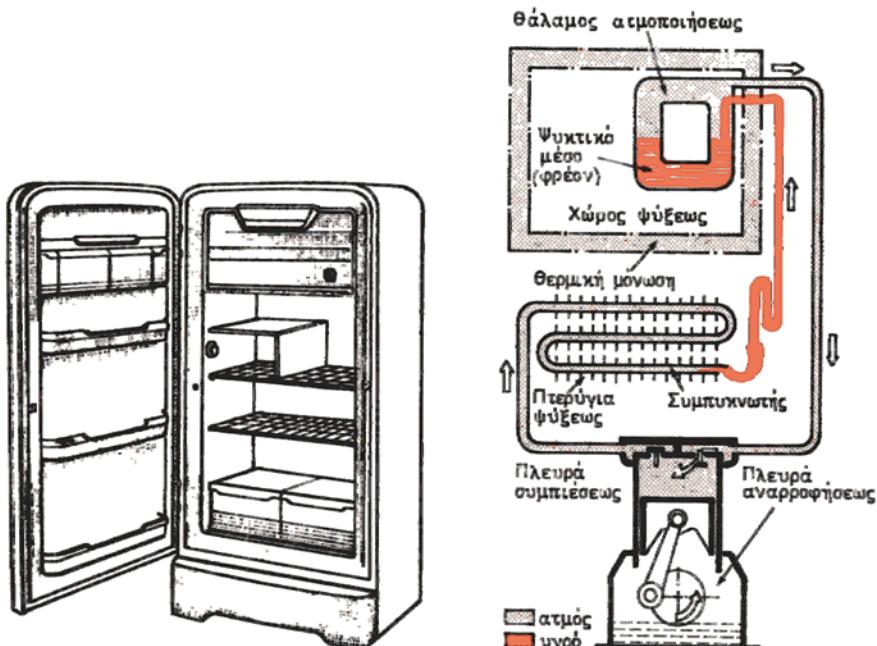
15.5 Ηλεκτρική ψύξη.

Με τη βοήθεια του ηλεκτρισμού, εκτός από τη θερμότητα είναι δυνατόν να παραχθεί και ψύξη. Η **ηλεκτρική ψύξη** εφαρμόζεται στα ηλεκτρικά ψυγεία, τους ψυκτικούς θαλάμους κλπ. Με τα ηλεκτρικά ψυγεία διατηρούνται τα τρόφιμα σε χαμηλή θερμοκρασία (2°C ως 12°C περίπου): σε ειδικό χώρο των ψυγείων αυτών η θερμοκρασία μπορεί να κατέβει μέχρι -18°C ή και σε ακόμα χαμηλότερα επίπεδα. Στο χώρο αυτόν, που καλείται χώρος ή διαμέρισμα **καταψύξεως**, διατηρούνται για μεγάλο διάστημα τα τρόφιμα που είναι ήδη κατεψυγμένα χωρίς καμιά αλλοίωση.

Στους ψυκτικούς θαλάμους δημιουργείται ψύξη διαφόρων βαθμών για διάφορους βιομηχανικούς ή πειραματικούς σκοπούς, όπως είναι η κατάψυξη των τροφίμων, η δημιουργία κλιματιστικών συνθηκών για τη διεξαγωγή δοκιμών κλπ.

Για να δημιουργηθεί ψύξη απαιτείται να αφαιρεθεί θερμότητα από τον προς ψύξη χώρο και από τα σώματα που βρίσκονται μέσα σ' αυτόν. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται κατάλληλο ψυκτικό ρευστό, όπως είναι η αμμωνία (NH_3), το διοξείδιο του θείου (SO_2) ή οι φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (π.χ. CF_2Cl_2) με τα εμπορικά ονόματα Φρέον ή Φριγκέν, τα οποία όταν βρεθούν στην κατάλληλη πίεση, εξατμίζονται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η απαιτούμενη για την ατμοποίηση θερμότητα αφαιρείται από τα προς ψύξη σώματα. Εάν το ρευστό που έχει ατμοποιηθεί (**ψυκτικό μέσο**) συμπιεστεί, θα υγροποιηθεί πάλι, και θα αποδώσει τη θερμότητα που είχε αφαιρεθεί κατά την ατμοποίηση. Η απόδοση της θερμότητας γίνεται φυσικά προς τα έξω. Έτσι, με την ατμοποίηση και την υγροποίηση επιτυγχάνεται η μεταφορά θερμότητας από τα αντικείμενα, που βρίσκονται μέσα στο ψυγείο και περιβάλλονται από θερμική μόνωση, στον εξωτερικό χώρο, που περιβάλλει το ψυγείο.

Υπάρχουν δύο ειδών ψυγεία: τα **ψυγεία συμπιέσεως** και τα **ψυγεία αναρροφήσεως**.



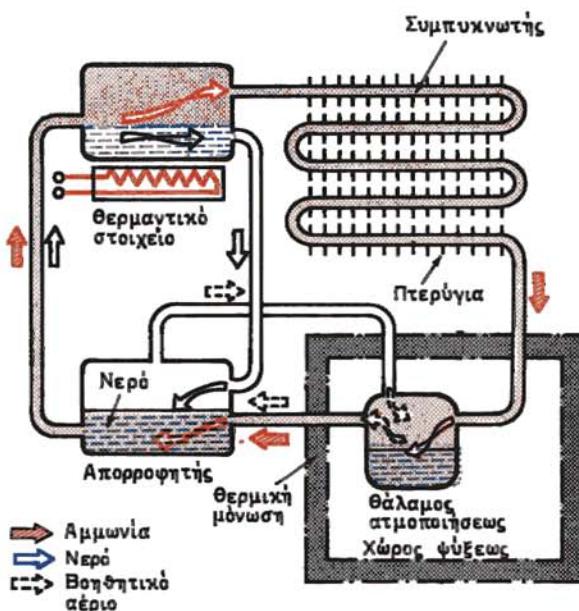
Σχ. 15.5α.
Ψυγείο συμπιέσεως.

Στα **ψυγεία συμπιέσεως** η συμπίεση πραγματοποιείται από συμπιεστή, που κινείται με ηλεκτροκινητήρα (σχ. 15.5α). Ο συμπιεστής αναρροφά το ψυκτικό μέσο από το θάλαμο ατμοποιήσεως, όπως δείχνει το σχήμα 15.5α, και το συμπιέζει σε ένα οφιοειδή σωλήνα (σερπαντίνα) μέχρι το σχήμα 15.5α, και το συμπιέζει σε ένα οφιοειδή σωλήνα (σερπαντίνα) μέχρι το θάλαμο καταψύξεως. Με την αναρρόφηση ελαττώνεται η πίεση στο θάλαμο ατμοποιήσεως, το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται και

αφαιρεί θερμότητα από τα προς ψύξη σώματα. Ταυτόχρονα ο συμπιεστής συμπιέζει τον ατμό του ψυκτικού μέσου, που μετατρέπεται πάλι σε υγρό (συμπύκνωση), και αποδίδει στο περιβάλλον τη θερμότητα που έχει αφαιρεθεί από το χώρο ψύξεως με τη βοήθεια πτερυγίων. Τέλος, το υγρό πλέον ψυκτικό μέσο οδηγείται με ένα τριχοειδή σωλήνα προς το θάλαμο ατμοποιήσεως. Ο τριχοειδής σωλήνας παρεμποδίζει την εξίσωση πιέσεων συμπυκνωτή και θαλάμου ατμοποιήσεως.

Η θερμοκρασία του ψυγείου διατηρείται σταθερή στην τιμή που έχει επιλεγεί με τη βοήθεια ενός θερμοστάτη, ο οποίος ανοίγει και κλείνει κατάλληλα το κύκλωμα τροφοδοτήσεως του ηλεκτροκινητήρα και επιδρά έτσι στη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα του ψυγείου.

Στα ψυγεία απορροφήσεως, ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται κυρίως αμμωνία. Η αμμωνία διαλύεται (απορροφάται) μέσα σε νερό στον **απορροφητή** (σχ. 15.5β) και από εκεί το διάλυμα εισέρχεται σε θάλαμο, ο οποίος θερμαίνεται με ηλεκτρικό θερμαντικό στοιχείο. Εκεί η αμμωνία αποβάλλεται σε αέρια κατάσταση από το διάλυμα και εισέρχεται στο συμπυκνωτή, ενώ το νερό επιστρέφει στον απορροφητή.



Σχ. 15.5β.
Ψυγείο απορροφήσεως.

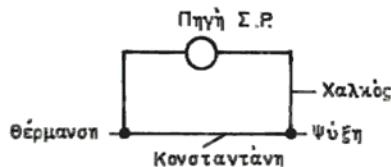
Στο συμπυκνωτή η αμμωνία συμπυκνώνεται, ενώ αποβάλλει θερμότητα προς το περιβάλλον και επιστρέφει σε υγρή κατάσταση στο θάλαμο ατμοποιήσεως μέσα στο ψυγείο· εκεί αφαιρεί θερμότητα από τα προς ψύξη σώματα και ατμοποιείται βοηθούμενη καί από ένα βοηθητικό αέριο (π.χ. υδρογόνο), που κυκλοφορεί, όπως δείχνει το σχήμα 15.5β. Ο ατμός της αμμωνίας οδηγείται κατόπιν στον απορροφητή με τη βοήθεια του κενού που σχηματίζεται κατά τη διάλυση (απορρόφηση) του ατμού αυτού μέσα στο νερό.

Τα ψυγεία απορροφήσεως έχουν μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από τα ψυγεία συμπιέσεως και γι' αυτό δεν χρησιμοποιούνται, παρόλο ότι είναι αθόρυβα, αφού δεν περιλαμβάνουν κινούμενα μέρη.

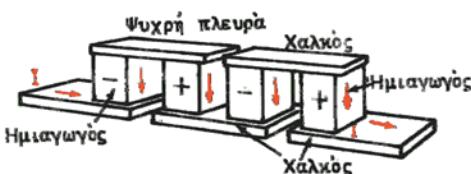
Κατά τη δημιουργία ψύξεως με τη βοήθεια ψυκτικού μέσου, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται έμμεσα. Τελευταία όμως γίνονται προσπάθειες για άμεση χρησιμοποίηση του ηλεκτρισμού στην ψύξη. 'Όπως είναι γνωστό, άν δύο αγωγοί από διαφορετικά μέταλλα (π.χ. χαλκός και κονσταντάνη) συνδεθούν, όπως δείχνει το σχήμα 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 μια πηγή συνεχούς ρεύματος, που καλείται **θερμοστοιχείο ή θερμοηλεκτρικό ζεύγος**. Αν, αντίθετα, αντί να θερμάνουμε το ένα άκρο της συνδέσεως, προκαλέσομε κυκλοφορία συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια του θερμοστοιχείου, τότε αναπτύσσεται διαφορά θερμοκρασίας στα δύο άκρα της συνδέσεως (σχ. 15.5δ).



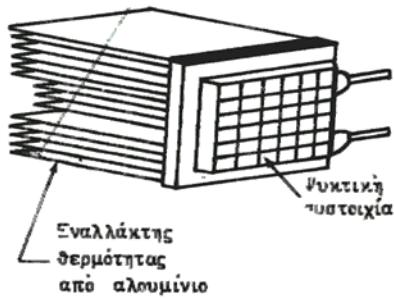
Σχ. 15.5γ.
Θερμοστοιχεία.



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 ημιαγωγών, π.χ. βισμούθιου και τελλουρίου, κατασκευάζονται τα ονομαζόμενα **στοιχεία Πελτιέ**, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις ψύξεως και κλιματισμού. Τα στοιχεία αυτά συνδέονται σε σειρά και σχηματίζουν **ψυκτική συστοιχία**, από τη μια 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

οποίο βρίσκεται η πλευρά αυτή. Εάν αντιστρέψουμε τη φορά του ρεύματος, η ψυχρή πλευρά γίνεται θερμή και αποδίδει θερμότητα. Με τον τρόπο αυτόν η συστοιχία Πελτιέ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί τόσο για την ψύξη όσο και για τη θέρμανση, δηλαδή είναι κατάλληλη για εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Τα στοιχεία Πελτιέ τοποθετούνται μέσα σε εποξειδική ρητίνη και συνδέομενα σχηματίζουν τη συστοιχία (σχ. 15.5ο). Στις συστοιχίες αυτές η θερμοκρασία, είτε κατά την ψύξη είτε κατά τη θέρμανση, ρυθμίζεται εύκολα με τη ρύθμιση του ρεύματος λειτουργίας.

15.6 Ηλεκτρομηχανικές και ηλεκτρονικές εφαρμογές.

1. Ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές.

Εκτός από τις θερμικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού, που εξετάσαμε στις προηγούμενες παραγράφους, έχουμε και τις μηχανικές εφαρμογές του, κατά τις οποίες ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται για την πρόκληση κινήσεως. Ηλεκτρομηχανικές είναι π.χ. οι εφαρμογές στις οποίες περιλαμβάνεται πάντοτε ένας η περισσότεροι ηλεκτροκινητήρες.

Ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές συναντούμε σε μεγάλη κλίμακα τόσο στη βιομηχανία όσο και στις εμπορικές και οικιακές χρήσεις.

Στη βιομηχανία όλες σχεδόν οι χρησιμοποιούμενες μηχανές και συσκευές περιλαμβάνουν ηλεκτροκίνηση (Πίνακας 13.5.1). Στις οικιακές και εμπορικές χρήσεις εξάλλου έχουμε σειρά ολόκληρη από ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές, η οποία αυξανόμενη διαρκώς με τη συνεχή εμφάνιση νέων συσκευών συντελεί στην ταχεία, άκοπη και τέλεια διεξαγωγή των εργασιών. Περιοριζόμαστε στην απαρίθμηση των κυριότερων από αυτές (σχ. 15.6): Τα **ηλεκτρικά πλυντήρια**, με τα οποία πραγματοποιείται η πλύση των ρούχων και των μαγειρικών σκευών· ο **αναρροφητής σκόνης** (ηλεκτρική σκούπα), για τον καθαρισμό δαπέδων και άλλων επιφανειών· ο ηλεκτρικός **στιλβωτής δαπέδων** (παρκετέζα), για την επίστρωση του κεριού, τη στίλβωση και τη συντήρηση των ξύλινων δαπέδων· το **ηλεκτρικό στεγνωτήριο**, για το στέγνωμα των υγρών ρούχων· το **ηλεκτρικό σιδερωτήριο**, στο οποίο ένα τύμπανο, που κινείται από ηλεκτροκινητήρα, πιέζει το αντικείμενο που πρόκειται να σιδερώσει (π.χ. ένδυμα) επάνω σε ένα άλλο θερμαινόμενο τύμπανο ή σε μια θερμαινόμενη πλάκα· ο **ηλεκτρικός αναμικτήρας**, για την ανάμιξη φρούτων ή τροφών· ο **ανεμιστήρας** και ο **εξαεριστήρας** για τη δημιουργία ρευμάτων αέρα κ.α.

Πολλές από τις συσκευές με κινητήρα είναι μικτές, γιατί εκτός από τον ηλεκτροκινητήρα περιλαμβάνουν και θερμαντικά στοιχεία για την παραγωγή θερμότητας, οπότε ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται σ' αυτές τόσο για την κίνηση όσο και για τη θέρμανση. Στο σχήμα 15.6 φαίνονται ορισμένες από τις συσκευές με κινητήρα οικιακής χρήσεως.

Τέλος στις ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές περιλαμβάνεται και η **ηλεκτρική έλξη** (ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι ή τροχιόδρομοι, ηλεκτρικά αυτοκίνητα ή οχήματα γεννικών).

2. Ηλεκτρονικές εφαρμογές.

Ηλεκτρονική είναι η επιστήμη, η οποία αναφέρεται στη διόδο του ηλεκτρισμού μέσα από τα αέρια, το κενό ή τους ημιαγωγούς.

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

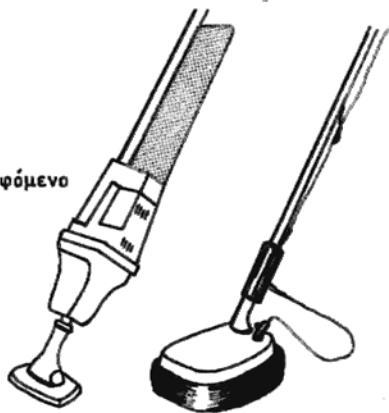
Ηλεκτρικός αναμικτήρας
(μίξερ)



Περιστρεφόμενο
τύμπανο



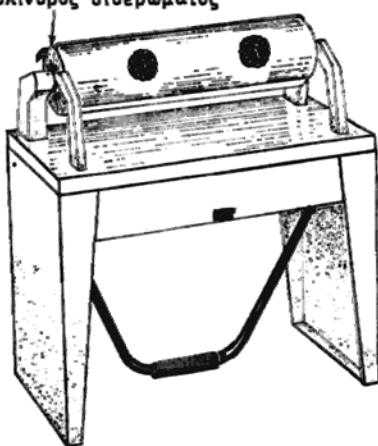
Ηλ. πλυντήριο



Ηλ. σκούπα

Ηλ. παρκετέζα

Κύλινδρος σιδερώματος



Ποδοκίνητο οικιακό σιδερωτήριο



Ανεμιστήρας

Σχ. 15.6.
Ηλεκτρικές συσκευές με κινητήρα.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές περιλαμβάνουν **ηλεκτρονικές λυχνίες**, δηλαδή αφραγισμένους γιάλινους σωλήνες, που έχουν στο εσωτερικό τους ηλεκτρόδια (παράγρ. 14.3), στοιχεία με αλλεπάλληλα στρώματα ημιαγωγών (π.χ. τρανζίστορς)

καθώς και άλλα ηλεκτρικά στοιχεία (πυκνωτές, ωμικές και επαγωγικές αντιστάσεις κλπ), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και αποτελούν. έτοι τα **ηλεκτρονικά κυκλώματα**.

Στα ηλεκτρονικά κυκλώματα γίνεται χειρισμός ασθενών ρευμάτων (π.χ. **ενίσχυση**) για την επίτευξη διαφόρων αποτελεσμάτων (ακουστικών, οπτικών, ρυθμίσεως με επέμβαση σε κυκλώματα ισχυρών ρευμάτων κλπ).

Στη βιομηχανία ο έλεγχος και η ρύθμιση των διαφόρων μηχανών κατορθώνεται με μεγάλη ακρίβεια και ευελιξία χάρη στις ηλεκτρονικές διατάξεις. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα εφαρμόζονται επίσης στα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων και στην κατασκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών.

15.7 Καταναλώσεις των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών.

Οι διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, ανάλογα με τον προορισμό τους, απορροφούν διαφορετική σε κάθε περίπτωση ισχύ και συνεπώς καταναλώνουν ανάλογη ηλεκτρική ενέργεια, που εξαρτάται, όπως γνωρίζομε, από τη διάρκεια λειτουργίας της συσκευής.

Στον Πίνακα 15.7.1 δίνεται η συνήθης ισχύς και διάφορα άλλα στοιχεία ορισμένων βασικών ηλεκτρικών συσκευών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.7.1.

Είδος εφαρμογής	Απορροφούμενη ισχύς (σε kW ή kVA)	Παρατηρήσεις
Θερμοσίφωνας 5 ώς 10 lt	0,50 ώς 2	Πλύσιμο πιατικών, καθαρισμός σώματος*
» 15 lt	2 ώς 4	Καταιόνηση (ντους), πλύσιμο πιατικών
» 50 ώς 60 lt	0,60 ώς 6	Λουτρό σε μικρό λουτήρα
» 80 ώς 100 lt	1 ώς 6	Λουτρό σε κανονικό λουτήρα, τροφοδότηση πολλών λήψεων (λουτρό και μαγειρείο)
Μαγειρική εστία	0,80 ώς 1,50	
Θερμοεμβαπτιστήρας	0,70 ώς 1	
Βραστήρας νερού 2 lt	0,80 ώς 1	
Μαγειρείο	5 ώς 9,80	
Σίδερο σιδερώματος	0,50 ώς 1	

* Για θερμοκρασία του νερού που παίρνομε 37°C και θερμοκρασία του κρύου νερού 12°C περίπου. Με τις προϋποθέσεις αυτές, απαιτείται θερμό νερό 85°C σε ποσότητα 80 lt για λουτρό σε κανονικό λουτήρα 60 lt για λουτρό σε μικρό λουτήρα, 15 lt για καταιόνηση, 3 ώς 7 lt για λούσιμο (μακριά μαλλιά), 2 ώς 4 lt για λούσιμο (κοντά μαλλιά) και 1 ώς 2 lt για πλύσιμο χεριών. 1 kWh εξάλλου, 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 ως 3	
Πλυντήριο	2 ως 4,70	Με ηλεκτρική θέρμανση
Στεγνωτήριο	2 ως 3	Με θερμό αέρα
Αναμικτήρες (μίξερ)	0,15 ως 0,50	
Στεγνωτήρες χεριών	0,15 ως 2	
Στεγνωτήρες μαλλιών	0,35 ως 0,80	
Ψυγείο απορροφήσεως	0,10 ως 0,16	Χωρητικότητα: 40 ως 80 lt
Ψυγείο συμπιέσεως	0,09 ως 0,20	Χωρητικότητα: 100 ως 200 lt
Συσκευή κλιματισμού	1,30 ως 2,60	
Αναρροφητής σκόνης	0,20 ως 0,60	
Στιλβωτής δαπέδων	0,25 ως 0,60	
Ανεμιστήρας	0,02 ως 0,06	
Θερμαντικά σώματα	1,50 ως 3	
Θερμάστρες	0,75 ως 1,50	
Αερόθερμα	1,50 ως 3	
Συσκευές θερμάνσεως με ακτινοβολία	1 ως 2	
Θερμάστρες αποθηκεύσεως	1 ως 8	
Φούρνοι με τόξο για τήξη χάλυβα και χυτοσιδήρου	700 ως 45000	Για φορτίο 1 ως 150 t. Τάσεις πρωτεύοντα 6 ως 110 kV
Φούρνοι με επαγγωγή για τήξη χάλυβα (μέσης συχνότητας)	10 ως 4000	Συχνότητες: 0,5 ως 10 kHz Φορτίο: 1 ως 10000 kg
Φούρνοι με επαγγωγή για τήξη χάλυβα (βιομηχανικής συχνότητας)	100 ως 5000	Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 0,5 ως 30 t
Φούρνοι με επαγγωγή για χαλκό και κράματα χαλκού (βιομηχανικής συχνότητας)	70 ως 1800	Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 0,25 ως 15 t
Φούρνοι με επαγγωγή για αλουμίνιο (βιομηχανικής συχνότητας)	250 ως 900	Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 1 ως 10 t
Φούρνοι με επαγγωγή για ψευδάργυρο (βιομηχανικής συχνότητας)	250 ως 1000	Συχνότητα: 50 Hz Φορτίο: 12 ως 100 t
Φούρνοι με αντίσταση	ως 1500	

15.8 Ερωτήσεις.

1. Από τι 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 Τζουλ αξιοποιείται επωφελώς ή συνεπάγεται απώλειες ενέργειας;
4. Ποια τα 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 τι αποτελείται ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας;
8. Τι περιλαμβάνει το ηλεκτρικό μαγειρείο;
9. Αναφέρετε μερικές ηλεκτρικές θερμικές συσκευές για οικιακές, αγροτικές, βιοτεχνικές και εμπορικές χρήσεις.
10. Ποιες συσκευές χρησιμοποιούνται για την ηλεκτρική θέρμανση των χώρων, ποιες απ' αυτές είναι συναγωνίσμες οικονομικά με τα μη ηλεκτρικά είδη θερμάνσεως και πώς λειτουργούν;
11. Πόσα είδη ηλεκτρικών βιομηχανικών φούρνων έχουμε;
12. Πώς επιτυγχάνεται η ρύθμιση της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στους φούρνους με αντίσταση;
13. Πόσα είδη φούρνων με επαγγηλή έχουμε και από τι αποτελείται κάθε ειδος;
14. Ποια τα πλεονεκτήματα των φούρνων με επαγγηλή;
15. Τι περιλαμβάνει μια εγκατάσταση φούρνου υψηλής συχνότητας με επαγγηλή;
16. Ποια είδη ηλεκτρικής θερμάνσεως έχουν κοινό χαρακτηριστικό με τη θέρμανση με επαγγηλή και ποιο είναι το χαρακτηριστικό αυτό;
17. Που χρησιμοποιείται η διηλεκτρική θέρμανση;
18. Από τι αποτελείται η εγκατάσταση φούρνου με τόξο;
19. Ποια είδη ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση διακρίνομε;
20. Κατά πόσους τρόπους είναι δυνατόν να συγκολλήσουμε δύο μεταλλικά τεμάχια με το ηλεκτρικό τόξο;
21. Ποια είδη συγκολλούνται με υψηλή συχνότητα και πώς επιτυγχάνεται αυτό;
22. Με ποιο είδος ηλεκτροσυγκολλήσεως είναι δυνατή η συγκόλληση θερμοπλαστικών υλικών;
23. Που εφαρμόζεται η συγκόλληση με εκτόξευση σπινθήρα;
24. Ποιες ρυθμίσεις υπάρχουν στις μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση;
25. Ποιος ο απαιτούμενος εξοπλισμός στις ηλεκτροσυγκολλήσεις με τόξο;
26. Ποιο το πλεονέκτημα και ποιο το μειονέκτημα των ψυγείων απορροφήσεως;
27. Πώς χρησιμοποιείται ο ηλεκτρισμός αμέσως για την παραγωγή ψύξεως;
28. Πώς επιτυγχάνεται σε ψυγείο συμπιέσεως η διατήρηση της θερμοκρασίας σε σταθερή τιμή;
29. Ποιο είδος ψύξεως θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στις εγκαταστάσεις κλιματισμού;
30. Αναφέρετε ενδεικτικά οριαμένες ηλεκτρομηχανικές εφαρμογές.
31. Σε ποιους τομείς βρίσκουν εφαρμογή οι ηλεκτρονικές συσκευές και τι περιλαμβάνουν κυρίως;
32. Έχει υπολογιστεί ότι ένας χώρος χρειάζεται για να θερμανθεί 5.429 kcal/h . Για το σκοπό αυτό έχουμε διαθέσιμες ηλεκτρικές θερμάστρες που έχουν η κάθε μία αντίσταση 23Ω . Πόσες τέτοιες θερμάστρες θα συνδέσουμε στο δίκτυο των 220 V ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

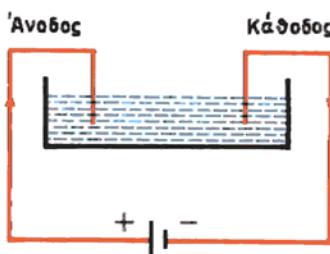
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ

16.1 Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού.

Αγώγιμα σώματα δεν είναι μόνο ορισμένα από τα στερεά σώματα, όπως είδαμε μέχρι τώρα, αλλά και αρκετά από τα υγρά. Όταν, λοιπόν, ένα μέρος ηλεκτρικού κυκλώματος αποτελείται από αγώγιμο υγρό, το ρεύμα κυκλοφορεί κανονικά και διαμέσου του υγρού αυτού. Η διέλευση όμως του ρεύματος από έναν υγρό αγωγό συνοδεύεται συνήθως από χημικά φαινόμενα, τα οποία μελετά η **Ηλεκτροχημεία**. Τα χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρισμού αξιοποιούνται κατά διάφορους τρόπους, όπως περιγράφεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

16.2 Ηλεκτρολύτες, ηλεκτρόλυση.

Αν από το θετικό και τον αρνητικό πόλο μιας πηγής συνεχούς ρεύματος ξεκινήσουν δύο αγωγοί (σύρματα), όπως φαίνεται στο σχήμα 16.2a, και τα ελεύθερα



Σχ. 16.2a.
Διοχέτευση ρεύματος σε υγρό.

άκρα τους βυθισθούν σε ένα δοχείο, που περιέχει υγρό, θα παρατηρηθεί ένα από τα ακόλουθα δύο φαινόμενα:

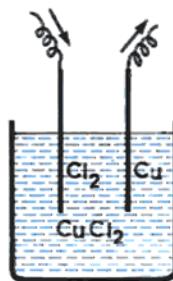
α) Το υγρό διακόπτει το ηλεκτρικό κύκλωμα, συμπεριφερόμενο ως μονωτικό υλικό. Τούτο συμβαίνει στην περίπτωση κατά την οποία το υγρό είναι καθαρό νερό, πετρέλαιο, βενζίνη ή άλλα καθαρά υγρά.

β) Το ηλεκτρικό κύκλωμα κλείνει διαμέσου του υγρού και το ρεύμα κυκλοφορεί κανονικά, πράγμα που συμβαίνει, όταν το υγρό είναι υδράργυρος, λειωμένο

μέταλλο, αραιό οξύ, τήγμα ή διάλυμα μεταλλικού άλατος κλπ. Στην περίπτωση αυτή, το υγρό είναι καλός αγώγας του ηλεκτρισμού. Αν το αγώγιμο υγρό είναι απλό σωμα (υδράργυρος, λειωμένο μέταλλο), το ρεύμα διέρχεται μέσα απ' αυτό, χωρίς να προκαλεί σ' αυτό χημική αλλοίωση. Αν, όμως, το αγώγιμο υγρό είναι λειωμένο άλας οξύ, βάση ή άλας διαλυμένο σε νερό ή σε ορισμένα διαλυτικά, όπως είναι το οινόπνευμα, ή υγροποιημένη αμμωνία κ.ά., τότε η διέλευση του ρεύματος έχει ως αποτέλεσμα τη χημική αποσύνθεση αυτου.

Τα υγρά, που αποσυντίθενται με τη διέλευση του ρεύματος, καλούνται **αγωγοί δεύτερου είδους** (για να διακρίνονται από τα λοιπά αγώγιμα σώματα, υγρά ή στερεά, που καλούνται και **αγωγοί πρώτου είδους**) ή **ηλεκτρολύτες** και το φαινόμενο της αποσυνθέσεως καλείται **ηλεκτρόλυση**. Τα δύο αγώγιμα συρμάτα, που βυθίζονται μέσα στο υγρό καλούνται **ηλεκτρόδια**. Το ένα από τα ηλεκτρόδια, που χρησιμεύει για την **είσοδο του ρεύματος** μέσα στο υγρό και συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής, καλείται ειδικότερα **άνοδος**. Το άλλο ηλεκτρόδιο, που χρησιμεύει για την **εξόδο του ρεύματος**, καλείται **κάθοδος**.

Με τη διέλευση του ρεύματος, τα μόρια του ηλεκτρολύτη διαχωρίζονται (ηλεκτρόλυση) σε κινούμενα, ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια, που καλούνται **ιόντα**. Έτσι, αν σε μια διάλυση χλωριούχου χαλκού ($CuCl_2$) βυθίσουμε δύο ραβδόμορφα ηλεκτρόδια από άνθρακα, τα οποία συνδέονται με τους πόλους μιας πηγής συνεχούς ρεύματος (σχ. 16.2β), θα παρατηρήσουμε ότι, ενώ στην άνοδο εκλύεται αέριο χλώριο, στην κάθοδο αποτίθεται χαλκός· έτσι, αφού περάσει λίγος χρόνος, η κάθοδος θα καλυφθεί από στρώμα χαλκού. Επίσης, αν βυθίσουμε δύο ηλεκτρόδια σε



Σχ. 16.2β.
Ηλεκτρόλυση.

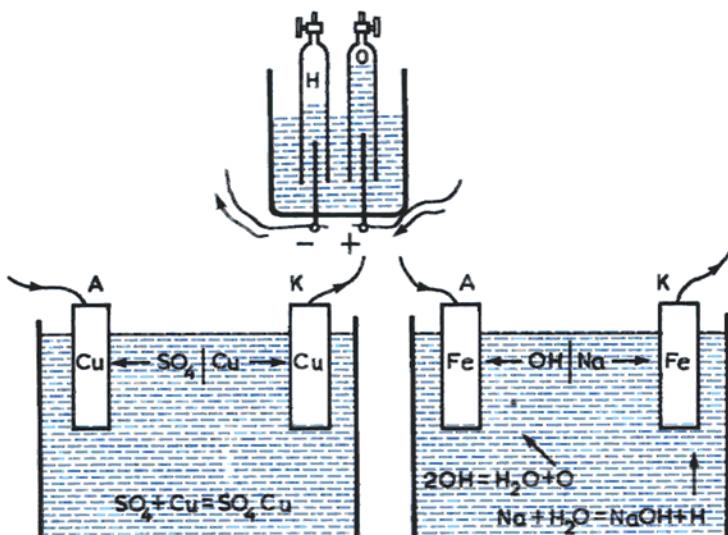
υδατική διάλυση υδροχλωρικού οξέος (HCl), με τη δίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος προκαλείται ηλεκτρόλυση, κατά την οποία ιόντα υδρογόνου (H) και χλωρίου (Cl), οδεύουν προς την κάθοδο και την άνοδο αντιστοίχως. Κατά την ηλεκτρόλυση, λοιπόν, η οποία πραγματοποιείται **μόνο με συνεχές ρεύμα**, σε κάθε περίπτωση συμβαίνουν τα εξής:

α) Τα προϊόντα της αποσυνθέσεως **αναφαίνονται μόνο επάνω στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων** και ουδέποτε στη μάζα του ηλεκτρολύτη.

β) Το **μέταλλο** του ηλεκτρολύτη ή το **υδρογόνο** αποτελούν τα **θετικά φορτισμένα ιόντα**, τα οποία για το λόγο αυτόν έλκονται από την κάθοδο και καλούνται **κατιόντα**, ενώ η ρίζα του οξέος, δηλαδή το **οξυγόνο** ή το **μεταλλοειδές**, αποτελούν τα αρνητικώς φορτισμένα ιόντα, που έλκονται από την άνοδο και καλούνται

ανιόντα. (Το μέταλλο ή το υδρογόνο κινείται προς την κατεύθυνση του ρεύματος, ενώ το οξυγόνο κινείται αντίθετα προς την κατεύθυνση του ρεύματος).

Το θετικά φορτισμένο ίόν υδρογόνου, όταν φθάνει στην κάθοδο, όπου υπάρχει περίσσεια ηλεκτρονίων, λαμβάνει το ηλεκτρόνιο που του λείπει, γίνεται ουδέτερο άτομο υδρογόνου και ανέρχεται με αέρια μορφή. Τα μεταλλικά ίόντα ουδετεροποιούνται επίσης στην κάθοδο, η οποία και καλύπτεται από στρώμα του μετάλλου αυτού. Σε πολλές περιπτώσεις τα προϊόντα της ηλεκτρολύσεως δεν είναι αυτά, που θα περίμενε κανείς, σύμφωνα προς δύσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτό οφείλεται στις δευτερεύουσες χημικές αντιδράσεις, οι οποίες γίνονται μεταξύ των προϊόντων της ηλεκτρολυτικής αποσυνθέσεως και του υλικού των ηλεκτροδίων, του διαλυτικού υγρού ή του ηλεκτρολύτη ή ακόμα μεταξύ των ίδιων των προϊόντων της ηλεκτρολύσεως. Έτσι, αν τα δύο ηλεκτρόδια είναι από σύρμα λευκοχρύσου και ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από λίγο θειικό οξύ (H_2SO_4) διαλυμένο σε νερό, κατά την ηλεκτρόλυση το H_2SO_4 χωρίζεται σε H_2 και SO_4 και το μεν H_2 συγκεντρώνεται στην κάθοδο, ενώ το SO_4 φέρεται προς την άνοδο. Το SO_4 όμως αποσυντίθεται σε SO_3 , που ενώνεται με το νερό για να σχηματίσει πάλι H_2SO_4 , και σε O , που εκλύεται στην άνοδο. Με τον τρόπο αυτόν αποσυντίθεται τελικά το νερό στα συστατικά του, που μπορούν να σιλλεγούν με αέρια μορφή στα ηλεκτρόδια, όπως δείχνει το σχήμα 16.2γ, όπου φαίνονται και άλλα παραδείγματα από δευτερεύουσες αντιδράσεις.



Σχ. 16.2γ.
Ηλεκτρόλυση νερού.

Αποσύνθεση του νερού επιτυγχάνεται και σε άλλες περιπτώσεις δευτερευουσών αντιδράσεων, όπως π.χ. όταν γίνει ηλεκτρόλυση νερού, μέσα στο οποίο έχει προστεθεί $NaOH$. Το $NaOH$ ηλεκτρολύζεται, αλλά αναγεννιέται με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχεται η εντύπωση ότι γίνεται αποσύνθεση του νερού σε οξυγόνο και υδρογόνο.

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

16.3 Εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως.

Οι εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως είναι σημαντικότατες και απασχολούν ολόκληρες βιομηχανίες, -οι οποίες σε δρισμένες 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 (ηλεκτροθερμία) των διαφόρων χημικών ενώσεων (π.χ. τήξη αλάτων για ηλεκτρόλυση, χημικές αντιδράσεις με θέρμανση κλπ.). Έτσι, εκτός από τα δοχεία ηλεκτρολύσεως, στην Ηλεκτρομεταλλουργία και Ηλεκτροχημεία 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. Ηλεκτροχημικές οξειδώσεις.

Οι ηλεκτροχημικές οξειδώσεις επιτυγχάνονται με τη βοήθεια του οξυγόνου, που εκλύεται στην άνοδο με κατάλληλη ηλεκτρόλυση (ανοδικές οξειδώσεις). Το προς οξειδώση 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 οξειδώση.

3. Ηλεκτροχημικές αναγωγές.

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

4. Ηλεκτρολυτική εξαγωγή των μετάλλων.

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

5. Ηλεκτρολυτική κάθαρση των μετάλλων.

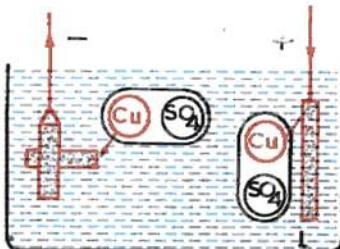
Για την κάθαρση των μετάλλων χρησιμοποιείται ως άνοδος το προς κάθαρση μέταλλο και ως ηλεκτρολύτης διάλυση άλατος από το ίδιο μέταλλο. Κάθε φορά που ηλεκτρολύεται διάλυση μεταλλικού άλατος με άνοδο από το ίδιο μέταλλο (σχ. 16.2γ), το μέταλλο του ηλεκτρολύτη αποτίθεται στην κάθοδο, ενώ η ρίζα προσβάλλει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

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

6. Γαλβανοτεχνική.

Η γαλβανοτεχνική περιλαμβάνει τη γαλβανοστεγία και τη γαλβανοπλαστική.

Με τη γαλβανοστεγία πραγματοποιούνται διάφορες επιμεταλλώσεις, κατά τις οποιες, αντικείμενα από οξειδούμενα μέταλλα επικαλύπτονται με στρώμα από ανοξείδωτο 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 επιμεταλλώσεις γίνονται με τηλεκτρόλυση, στην οποία χρησιμοποιείται διαλυτή άνοδος από το ανοξείδωτο μέταλλο (σχ. 16.3a).



Σχ. 16.3a.
Επιμετάλλωση.

Με τη γαλβανοπλαστική αναπαράγονται διάφορα αντικείμενα, π.χ. μετάλλινα νομίσματα, αγαλμάτια κλπ. ως εξής:

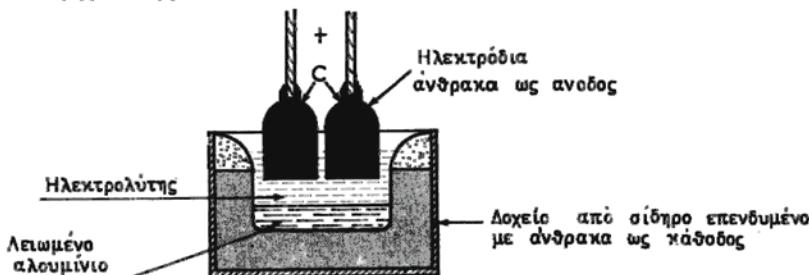
Κατασκευάζεται κοιλή μήτρα του αντικειμένου που πρόκειται να γίνει παραγώγη από εύπλαστο υλικό (κερί, γύψος, γουταπέρκα κλπ.), η οποία καλύπτεται από λεπτό στρώμα γραφίτη για να γίνει αγώγιμη. Η μήτρα αυτή βυθίζεται ως κάθοδος μέσα σε ηλεκτρολυτικό λουτρό, που περιέχει διάλυση άλατος του μετάλλου (συνήθως χαλκού), με το οποίο είναι επιθυμητή η 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 αποσπαται από τη μήτρα και εμφανίζει το αναπαραγόμενο αντικείμενο. Με 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, η οποία αποτελεί τη βάση για την κατασκευή των τελικών μητρών συμπιέσεως, από τις οποίες παράγονται οι δίσκοι.

7. Ανοδίωση (Ελοξάλ).

Η ανοδίωση αποτελεί μέθοδο ανοδικής 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 οξύ (H_2SO_4), ηλεκτρολύεται, όπως γνωρίζομε, και στην άνοδο εκλύεται οξυγόνο. Το οξυγόνο αυτό ενώνεται με το αλουμίνιο και σχηματίζει πολύ σκληρό στρώμα οξειδίου, το οποίο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού· είναι ανθεκτικό στις χημικές επιδράσεις και μπορεί να χρωματιστεί. Έτσι τα αντικείμενα από αλουμίνιο προστατεύονται αποτελεσματικά από τη διάβρωση.

8. Ηλεκτρόλυση λειωμένων αλάτων.

Για να αποφεύγονται κατά την ηλεκτρόλυση οι δευτερεύουσες αντιδράσεις, που προκαλούνται με την παρουσία νερού, πραγματοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις ηλεκτρόλυση λειωμένων αλάτων για να εξαχθεί το μαγνήσιο, το αλουμίνιο, το ασβέστιο, το νάτριο, το καίσιο κ.ά. Έτσι, στην περίπτωση του αλουμινίου, που αποτελεί τη σημαντικότερη εφαρμογή της μεθόδου αυτής, γίνεται ηλεκτρόλυση της **αλουμίνιας** (Al_2O_3), που διαλύεται προηγούμενα σε λουτρό από λειωμένο κρυστάλλιθο (σχ. 16.3β).

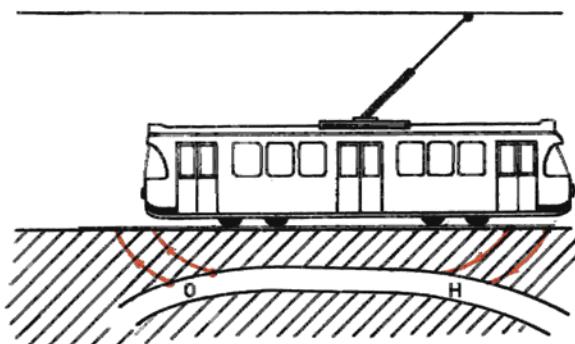


Σχ. 16.3β.

Ηλεκτρόλυση τετηγμένων (λειωμένων) αλάτων.

9. Ηλεκτρολυτικές διαβρώσεις.

Εκτός από τις εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως, οι οποίες είναι, όπως είδαμε, χρησιμότατες, το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως έχει και ορισμένες επιζήμιες και επομένως ανεπιθύμητες συνέπειες. Πράγματι, στο έδαφος κυκλοφορούν φυσικά ηλεκτρικά ρεύματα μικρής εντάσεως, και με άγνωστη προέλευση, καθώς και παράσιτα συνεχή ρεύματα, που προέρχονται από ηλεκτροχημικές τάσεις (παράγρ. 16.4) ή από διαφυγές των δικτύων έλεως (π.χ. ηλεκτρικών τροχιοδρόμων). Γενικά,



Σχ. 16.3γ.

Ηλεκτρολυτική διάβρωση.

ηλεκτρικό ρεύμα κυκλοφορεί διαμέσου της γης, όταν τα ηλεκτρικά δίκτυα χρησιμοποιούν τη γη ως αγωγό επιστροφής του ρεύματος ή έχουν σημεία επαφής με αυτήν.

Αν, λοιπόν, κοντά στη σιδηροτροχιά ενός δικτύου ηλεκτρικής έλεως, που χρησιμεύει και ως αγωγός επιστροφής, βρίσκεται μια υπόγεια μεταλλική κατασκευή (π.χ. μεταλλική σωλήνωση), τότε από τη σιδηροτροχιά διακλαδίζεται ένα παράσιτο ρεύμα προς τη μεταλλική κατασκευή (σχ. 16.3γ). Το ρεύμα αυτό διέρχεται από το

έδαφος και από τμήμα της κατασκευής και ηλεκτρολύει το νερό, που περιέχεται μέσα στο έδαφος. Το 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 Ηλεκτρικά 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 το θετικό φορτίο τους σ' αυτό. Έτσι, το υγρό φορτίζεται θετικά, ενώ το μέταλλο, αφού χάνει θετικό φορτίο, φορτίζεται αρνητικά. Τα θετικά ιόντα, μέσα στο υγρό, απωθούνται μεταξύ τους και μάλιστα τόσο περισσότερο, όσο πολυπληθέστερα είναι. Με τον τρόπο αυτόν, η τάση του μετάλλου να εκτοξεύει τα ιόντα του στο υγρό, η οποία είναι σταθερή και καλείται **πίεση ιονισμού**, αντισταθμίζεται σιγά-σιγά από τις αυξανόμενες δυνάμεις απώσεως, που εξασκούνται μεταξύ των ιόντων.

Έτσι, όταν οι απωστικές δυνάμεις, που αποτελούν τη λεγόμενη **πίεση ιόντων**, εξισωθούν με την πίεση ιονισμού, η εκτόξευση ιόντων του μετάλλου μέσα στο υγρό θά σταματήσει.

Μέσα στο ίδιο υγρό η πίεση ιονισμού είναι διαφορετική στα διάφορα μέταλλα. Αν, λοιπόν, μέσα σε ηλεκτρολύτη τοποθετηθούν δύο ηλεκτρόδια από διαφορετικά μέταλλα, π.χ. από χαλκό, Cu, και ψευδάργυρο, Zn, η διαφορά δυναμικού μεταξύ Zn και υγρού θα είναι μεγαλύτερη από τη διαφορά δυναμικού μεταξύ Cu και υγρού, γιατί ο Zn εκπέμπει προς το υγρό περισσότερα θετικά ιόντα από τον Cu. Έτσι, μεταξύ Cu και Zn αναπτύσσεται εξωτερικά διαφορά δυναμικού και ο Zn βρίσκεται σε χαμηλότερο δυναμικό. Αν συνδέσουμε εξωτερικά τα δύο ηλεκτρόδια με ένα σύρμα, τότε με την επενέργεια της διαφοράς δυναμικού, που επικρατεί, θα κυκλοφορήσει ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο θα τείνει να εξισώσει τα δυναμικά των δύο ηλεκτροδίων επαναφέροντάς τα στην αρχική τους κατάσταση. Επειδή όμως με την κυκλοφορία του ρεύματος τα θετικά ιόντα απομακρύνονται, ο Zn, με τη μεγαλύτερη πίεση ιονισμού. Θα εκτοξεύσει νέα θετικά ιόντα προς το υγρό, και το ηλεκτρικό ρεύμα θα συνεχίσει να κυκλοφορεί μέχρι να διαλυθεί εντελώς ο Zn.

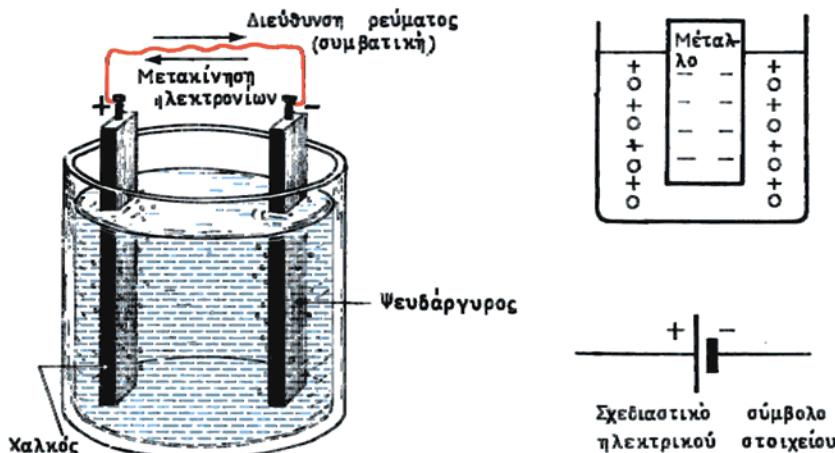
Το σύστημα αυτό, που αποτελείται από δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια (σχ. 16.4a) βυθισμένα σε ηλεκτρολύτη, καλείται **ηλεκτρικό στοιχείο ή ηλεκτροχημικό ζευγός**. Το ηλεκτρικό στοιχείο, που, όπως είδαμε, διατηρεί συνεχώς τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων χάρη στη χημική δράση μεταξύ μετάλλου και ηλεκτρολύτη, αποτελεί **πηγή** συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Τα δύο ηλεκτρόδια αποτελούν τους **πόλους** της πηγής: **αρνητικός πόλος** είναι το ηλεκτρόδιο με τη μεγαλύτερη πίεση ιονισμού, π.χ. Zn, και **θετικός πόλος** το άλλο ηλεκτρόδιο, π.χ. Cu. Η διαφορά δυναμικού αποτελεί την **ηλεκτρεγερτική δύναμη** της πηγης.

Τα ηλεκτρικά στοιχεία παράγουν, σύμφωνα με τα παραπάνω, ηλεκτρική ενέργεια με κατανάλωση χημικής ενέργειας, όπως στις ηλεκτρικές γεννήτριες παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, όταν καταναλώνεται μηχανική ενέργεια.

2. Πόλωση των ηλεκτροδίων.

Αν σε δόχειο, που περιέχει αραιό θειικό οξύ, H_2SO_4 , βυθίσουμε δύο ηλεκτρόδια

από λευκόχρυσο, Pt, και διαβιβάσουμε μέσα σ' αυτά συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα από εξωτερική πηγή, τότε θα εμφανιστεί (παράγρ. 16.2) στην άνοδο οξυγόνο και στην κάθοδο υδρογόνο. Τα δύο αυτά αέρια δημιουργούν ένα είδος μανδύα γύρω από κάθε ηλεκτρόδιο λευκοχρύσου και κάνουν έτσι τα ηλεκτρόδια διαφορετικά. Το φαινόμενο αυτό καλείται **πόλωση των ηλεκτροδίων**. Τα δύο διαφορετικά ηλεκτρόδια



Σχ. 16.4a.
Ηλεκτρικό στοιχείο.

δημιουργούν ηδη ηλεκτρεγερτική δύναμη αντίθετη από την τάση της εξωτερικής πηγής (**αντιηλεκτρεγερτική δύναμη**). (Για να είναι δυνατή η ηλεκτρόλυση, πρέπει η τάση της εξωτερικής πηγής να είναι μεγαλύτερη από την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη πολώσεως). Η ηλεκτρεγερτική δύναμη πολώσεως μπορεί να προκαλέσει την κυκλοφορία ρεύματος, που θα μετατοπίσει αντιστρόφως το οξυγόνο και το υδρογόνο (**αποπολωτικό ρεύμα**), με αποτέλεσμα να καταστρέψει τα αποτελέσματα της πολώσεως.

Το φαινόμενο της πολώσεως παρατηρείται και στα ηλεκτρικά στοιχεία. Πραγματικά, με τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, στον ένα πόλο, του Cu, αποτίθεται υδρογόνο, το οποίο εισχωρεί εν μέρει στο μέταλλο και τροποποιεί τη φύση του ηλεκτροδίου. Έτσι, τα δύο ηλεκτρόδια δεν γίνονται βεβαίως όμοια, αλλά αποτελούν τώρα ένα στοιχείο με πολύ μικρότερη ηλεκτρεγερτική δύναμη.

3. Ηλεκτρεγερτική δύναμη και διαφορά δυναμικού (τάση) στους πόλους στοιχείου.

Το ρεύμα, που κυκλοφορεί σε ένα ηλεκτρικό στοιχείο, διέρχεται από την ηλεκτρική αντίσταση R του σύρματος, που συνδέει τους δύο πόλους της πηγής εξωτερικά, και από την ηλεκτρική αντίσταση r του ηλεκτρολύτη (εσωτερική αντίσταση). Σύμφωνα με το νόμο του $\Omega\mu$, αν εφαρμοσθεί στο κλειστό κύκλωμα, που σχηματίζεται από τις αντιστάσεις R και r , θα έχομε:

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

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

ένταση του ρεύματος, που κυκλοφορεί στο στοιχείο.

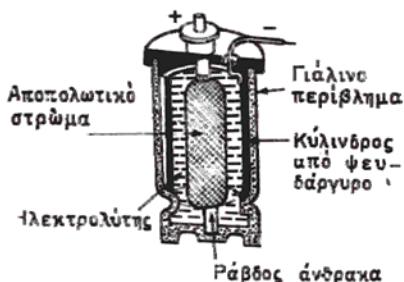
Επειδή η ηλεκτρική τάση U του στοιχείου στους πόλους του, κατά το νόμο του Ωμ, είναι ίση προς $R \cdot I$, θα είναι:

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

Όταν, επομένως, το στοιχείο παρέχει ρεύμα, η τάση U είναι μικρότερη από την ηλεκτρεγερτική δύναμη E : όταν όμως το κύκλωμα είναι ανοικτό, το $I = 0$ και η $E = U$. Η τάση εν κενώ λοιπόν είναι ίση προς την Η.Ε.Δ. της πηγής.

4. Στοιχεία φευδαργύρου-άνθρακα.

Το περισσότερο διαδομένο ηλεκτρικό στοιχείο είναι το στοιχείο φευδαργύρου-άνθρακα. Το στοιχείο αυτό κατασκευάζεται είτε με τη μορφή **υγρού στοιχείου**, είτε με τη μορφή **ξηρού στοιχείου**. Το **υγρό στοιχείο** (σχ. 16.4β) αποτελείται από έναν



Σχ. 16.4β.
Υγρό στοιχείο.

κύλινδρο από ψευδάργυρο, ο οποίος αποτελεί τον αρνητικό πόλο. Στο κέντρο του πόλου αυτού είναι τοποθετημένη μια ράβδος από άνθρακα, που περιβάλλεται με ένα στρώμα από μίγμα διοξειδίου του μαγγανίου (MnO_2), αιθάλης και γραφίτη και αποτελεί το θετικό πόλο. Μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων υπάρχει ηλεκτρολύτης από διάλυμα χλωριούχου αμμανίου, NH_4Cl , ή άλλης ενώσεως, μέσα σε χημικά καθαρό νερό. Το διοξείδιο του μαγγανίου χρησιμεύει ως **αποπολωτής** για τη δέσμευση του υδρογόνου, που παρουσιάζεται στο θετικό πόλο (το υδρογόνο συντίθεται με το οξυγόνο του MnO_2 για να σχηματίσει νερό).

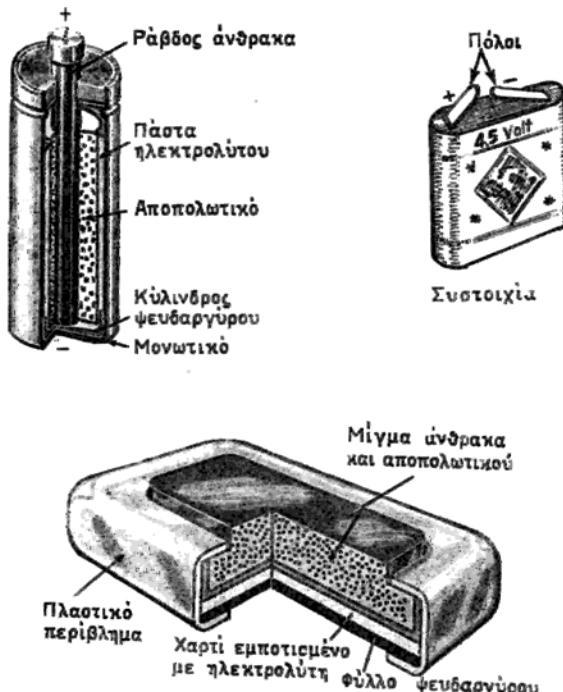
Το **ξηρό στοιχείο** (σχ. 16.4γ) περιέχει μεταξύ του φευδαργύρου και του θετικού πόλου μια αδρανή μάζα (π.χ. ρινίσματα ξύλου, ζύμη, χαρτί κλπ.), που έχει εμποτιστεί με χλωριούχο αμμάνιο. Το ξηρό στοιχείο είναι αεροστεγώς κλεισμένο, ώστε να αποφεύγεται η προς τα έξω διαρροή του ηλεκτρολύτη.

Τα ξηρά στοιχεία κατασκευάζονται με κυλινδρική μορφή (σχ. 16.4γ).

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη ενός καινούργιου στοιχείου από φευδαργυρο-άνθρακα είναι περίπου 1,5 V.

Για την κατασκευή πηγών μεγαλύτερων τάσεων χρησιμοποιούνται πολλά στοιχεία, τα οποία συνδέονται σε σειρά. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ξηρά στοιχεία, που τοποθετούνται το ένα κοντά στο άλλο, συμπιέζονται και περιβάλλονται από κάλυμμα, ώστε να αποτελέσουν μια **συστοιχία** (μπαταρία), της οποίας η τάση είναι πολλαπλάσιο του 1,5 V (σχ. 16.4γ).

Τα στοιχεία από ψευδάργυρο-άνθρακα δεν διατηρούνται για πολύ χρόνο, έστω και αν δεν χρησιμοποιούνται, γιατί ο ψευδάργυρος καταστρέφεται με αργό ρυθμό και όταν ακόμα δεν κυκλοφορεί ρεύμα (*αυτοεκφόρτιση*). Τα στοιχεία ψευδαργύρου-άνθρακα κατασκευάζονται και σε διάφορες άλλες παραλλαγές για την καλύτερη εξυπηρέτηση του σκοπού για τον οποίο προορίζονται. Ξηρά στοιχεία κατασκευάζονται επίσης και με ηλεκτρόδια από άλλα υλικά.



Σχ. 16.4γ.
Ξηρά στοιχεία.

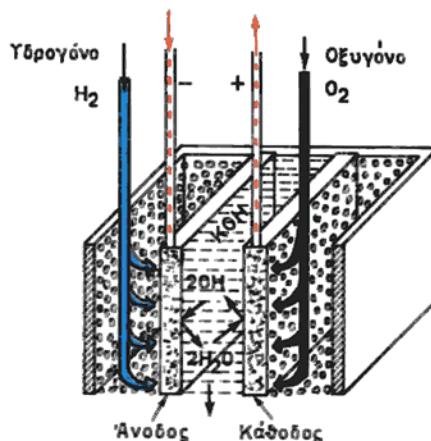
Τα ηλεκτρικά στοιχεία, και κυρίως τα ξηρά στοιχεία, χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση φανών τσέπης, φορητών ραδιοφώνων, ηλεκτρικών παιχνιδιών, ηλεκτρικών ρολογιών, φωτογραφικών και κινηματογραφικών μηχανών, αναπτήρων, οργάνων μετρήσεως κλπ. Χρησιμοποιούνται επίσης στις τηλεπικοινωνίες.

5. Στοιχεία καυσίμου.

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

Το καύσιμο ενώνεται μέσα στο στοιχείο με οξυγόνο, το οποίο εισάγεται επίσης απ' έξω. Στο στοιχείο καυσίμου υδρογόνου-οξυγόνου ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, KOH. Κάθε φορά, που το καύσιμο (υδρογόνο) οξειδώνεται, μεταφέρονται ηλεκτρόνια από τα άτομά του προς τα άτομα του μέσου

οξειδώσεως (οξυγόνου) Τα ηλεκτρόνια αυτά αναγκάζονται να οδεύσουν προς το μέσον οξειδώσεως από το εξωτερικό κύκλωμα (ροή ηλεκτρικού ρεύματος).



Σχ. 16.4δ.
Στοιχείο καυσίμου.

Το ηλεκτρόδιο, που βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου, αποτελείται από πορώδες νικέλιο, ενώ το ηλεκτρόδιο προς την πλευρά του οξυγόνου αποτελείται από πορώδη άνθρακα (χωρίς να αποκλείονται και άλλα υλικά για τα ηλεκτρόδια, όπως είναι ο άργυρος, ο λευκόχρυσος κλπ). Στους πόρους κάθε ηλεκτροδίου εισχωρεί από τη μια πλευρά το αέριο και από την άλλη ο ηλεκτρολύτης, που, όταν έλθουν σε επαφή, δημιουργούν διαφορές δυναμικού (τάσεις) διαφορετικές σε κάθε ηλεκτρόδιο. Μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων δημιουργείται διαφορά τάσεως (περίπου 1,2 V εν κενώ).

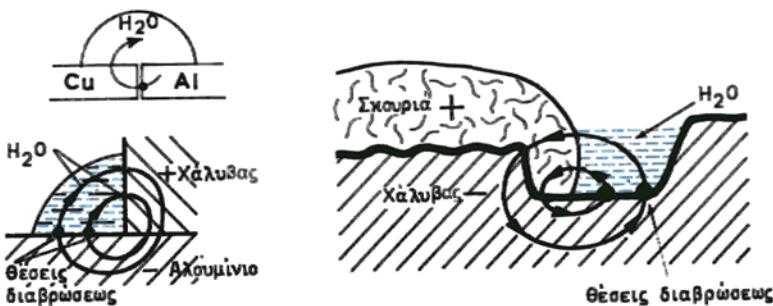
Τα στοιχεία καυσίμου με οξυγόνο και υδρογόνο λειτουργούν σε θερμοκρασία 20°C ως 100°C (στοιχεία χαμηλής θερμοκρασίας). Σε ψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αντί για αέρια υγρά (π.χ. οινόπνευμα) και, τέλος, σε πολύ ψηλές θερμοκρασίες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν φθηνότερα καύσιμα, τα οποία όμως οξειδώνονται δύσκολα.

Τα στοιχεία καυσίμου έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, σε σύγκριση με τα λοιπά ηλεκτρικά στοιχεία, γιατί το καύσιμο τροφοδοτείται απ' έξω κάθε φορά, που θα ζητηθεί ηλεκτρική ενέργεια. Έχουν επίσης μικρότερο όγκο και μικρότερο βάρος, ανά μονάδα ισχύος, W, από τα λοιπά στοιχεία, ο βαθμός αποδόσεώς τους είναι υψηλός, η συντήρησή τους μικρή και η ευαισθησία τους στις υπερφορτίσεις είναι επίσης μικρή.

6. Διαβρώσεις.

Το κοινό νερό, όταν περιλαμβάνει έστω και μικρή ποσότητα από άλατα ή οξύ, είναι δυνατόν με δύο διαφορετικά μέταλλα να αποτελέσει ηλεκτρικό στοιχείο. Έτσι, αν βρεθούν σε επαφή δύο διαφορετικά μέταλλα, π.χ. χαλκός και αλουμίνιο, μέσα σε υγρή ατμόσφαιρα, θα δημιουργηθεί ηλεκτρικό στοιχείο, του οποίου το κύκλωμα κλείνει με την ίδια την υγρασία. Το ηλεκτρικό ρεύμα, που θα κυκλοφορήσει, θα έχει ως αποτέλεσμα να εκλυθεί οξυγόνο επάνω στο ένα μέταλλο, το οποίο

βαθμιαίως θα διαβρωθεί στο σημείο της επαφής με το άλλο μέταλλο (σχ. 16.4ε). Με τον τρόπο αυτόν εξηγείται ο σχηματισμός της σκουριάς στο σίδηρο, ο οποίος δεν είναι εντελώς καθαρός, αλλά έχει διάφορες προσμίξεις άλλων μετάλλων.



Σχ. 16.4ε.
Διαβρώσεις.

16.5 Συσσωρευτές.

Στην παράγραφο 16.4(2) είδαμε ότι εξαιτίας του φαινομένου της πολώσεως τα δύο όμοια ηλεκτρόδια από λευκόχρυσο είχαν μετατραπεί σε ανόμοια, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ηλεκτρικό στοιχείο. Το ρεύμα που κυκλοφορεί όταν συνδέσουμε εξωτερικά τους δύο πόλους του στοιχείου αυτού (*αποπολωτικό ρεύμα*), επαναφέρει τα ηλεκτρόδια στην αρχική τους κατάσταση. Το αποπολωτικό αυτό ρεύμα διαρκεί λίγο, γιατί οι αλλαγές που επέρχονται στα ηλεκτρόδια με την πόλωση είναι επιφανειακές. Αν, λοιπόν, οι αλλαγές αυτές ήταν βαθύτερες και μεγαλύτερες, θα προέκυπτε ισχυρό ηλεκτρικό στοιχείο, το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει την κυκλοφορία ρεύματος μεγάλης διάρκειας. Αυτό ακριβώς επιτυγχάνεται στους **ηλεκτρικούς συσσωρευτές**.

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές, όπως και τα ηλεκτρικά στοιχεία, αποτελούν πηγές ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος, οι οποίες, όμως, αντίθετα με τα ηλεκτρικά στοιχεία, δημιουργούνται με τη διοχέτευση ηλεκτρικής ενέργειας απ' έξω. Η ενέργεια αυτή, όταν τελειώσει ο σχηματισμός της πηγής, μπορεί να αποδοθεί πάλι προς τα έξω. Στους συσσωρευτές, δηλαδή, γίνεται *αποθήκευση* της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία *συσσωρεύεται* μέσα σ' αυτούς, για να ληφθεί πάλι, όταν και όπου υπάρχει ανάγκη. Οι συσσωρευτές έχουν το πλεονέκτημα, σε σύγκριση με άλλες πηγές συνεχούς ρεύματος, να μπορούν να ξανασχηματίζονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικής ενέργειας με τη μόρφη συνεχούς ρεύματος, όταν αποδώσουν ολόκληρη την ηλεκτρική ενέργεια, που είχαν συσσωρεύσει προηγουμένων.

1. Συσσωρευτές μολύβδου.

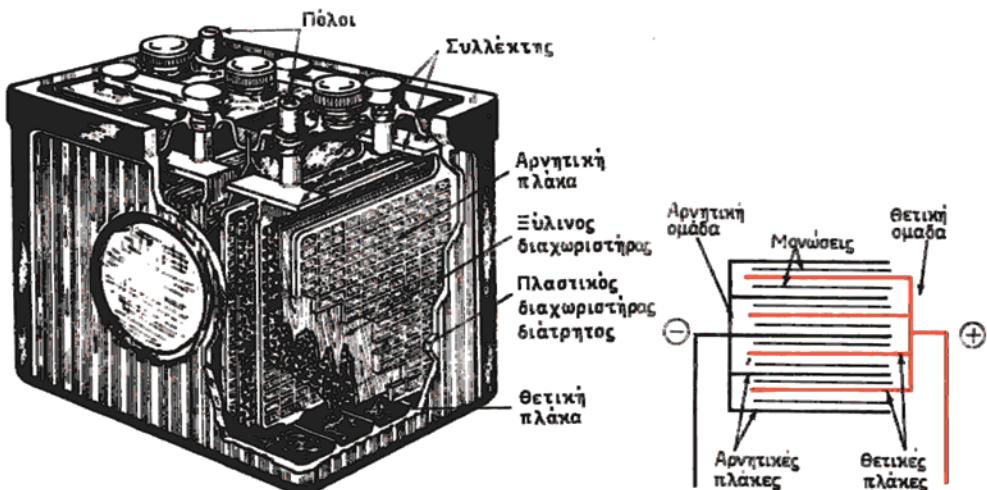
Οι **συσσωρευτές μολύβδου** αποτελούνται από ένα ή περισσότερα στοιχεία, κάθε ένα από τα οποία έχει τάση 2 V. Αν συνδέσουμε ηλεκτρικά πολλά στοιχεία συσσωρευτή (Κεφάλ. 5), σχηματίζομε μια **συστοιχία συσσωρευτή** (μπαταρία). Το στοιχείο του συσσωρευτή αποτελείται βασικά:

α) Από μια σειρά θετικών και μια σειρά αρνητικών πλακών, που είναι κατασκευασμένες από σκληρό κράμα μολύβδου και αντιμονίου και έχουν μορφή πλέγματος. Στα διάκενα του πλέγματος αυτού τοποθετείται λασπώδες υλικό.

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

γ) Από τον ηλεκτρολύτη, που περιβάλλει τις πλάκες.

Οι θετικές πλάκες ενός στοιχείου συνδέονται μεταξύ τους με μολύβδινο έλασμα, επάνω στο οποίο υπάρχει κυλινδρικός ακροδέκτης: το έλασμα αυτό καλείται **γέφυρα συλλέκτης** (χτένι) και η σύνδεση είναι τέτοια, ώστε να αποτελούν μιαν ομάδα πλακών (σχ. 16.5α). Με τον ίδιο τρόπο συνδέονται και οι αρνητικές πλάκες και αποτελούν την αρνητική ομάδα πλακών. Οι δύο ομάδες πλακών εισέρχονται η μια μέσα στην άλλη έτσι, ώστε κάθε θετική πλάκα να περιβάλλεται από δύο αρνητικές πλάκες και κάθε αρνητική από δύο θετικές, εκτός από τις ακραίες, που είναι πάντοτε αρνητικές. Βλέπομε δηλαδή ότι η ομάδα των αρνητικών πλακών έχει μια πλάκα περισσότερη, από όσες έχει η ομάδα των θετικών πλακών.



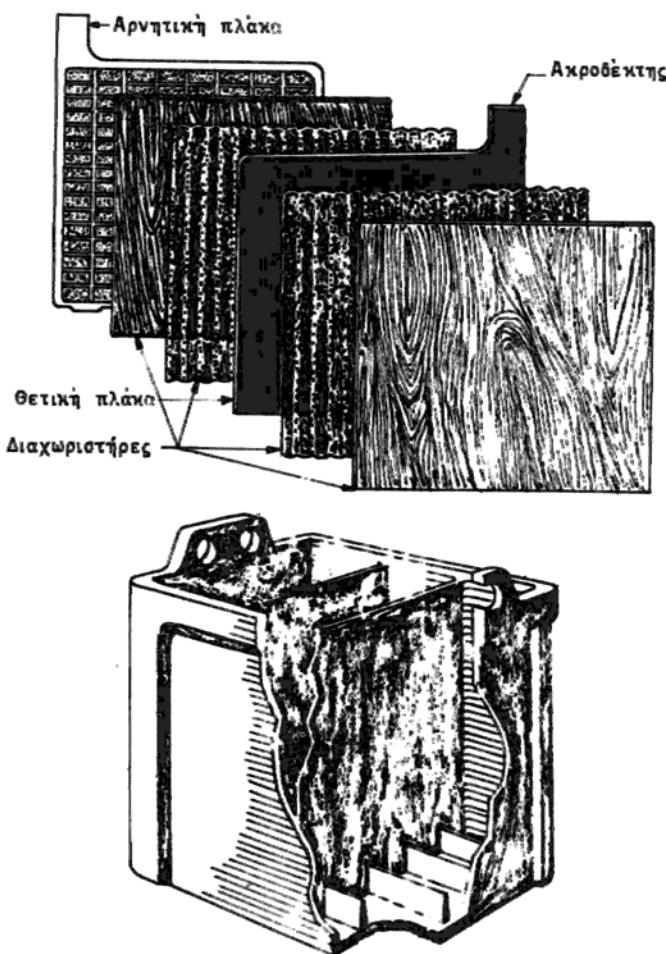
Σχ. 16.5α.
Συσσωρευτής μολύβδου.

Οι πλάκες, θετικές και αρνητικές, χωρίζονται μεταξύ τους με μονωτικά διαφράγματα, τους **διαχωριστήρες** (οι διαχωριστήρες αυτοί είναι από ξύλο ή από διάτρητο φύλλο σκληρού ελαστικού ή πλαστικού ή από φύλλο από πλέγμα υαλονήματος ή από συνδυασμό αυτών). Οι διαχωριστήρες είναι απαραίτητοι για να μην μπορούν να έλθουν σε επαφή οι θετικές με τις αρνητικές πλάκες και να προκληθούν έτσι εσωτερικά βραχυκυκλώματα.

Οι διαχωριστήρες πρέπει να είναι ανθεκτικοί στην επίδραση του ηλεκτρολύτη και πορώδεις για να διακινούνται τα ιόντα.

Κάθε στοιχείο τοποθετείται σε ιδιαίτερο διαμέρισμα του κιβωτίου του συσσωρευτή, που σχηματίζεται από εσωτερικά χωρίσματα και αποτελεί το δοχείο του στοιχείου. Το κιβώτιο του συσσωρευτή είναι κατασκευασμένο από σκληρό ελαστικό ή από πλαστικό ή είναι γιάλινο (σχ. 16.5β). Τα δοχεία των στοιχείων γεμίζουν με τον

ηλεκτρολύτη, που είναι υδατικό διάλυμα θεικού οξέος με πυκνότητα 1,20 ως 1,28 g/cm³. Το κιβώτιο του συσσωρευτή κλείνει στο επάνω μέρος με κάλυμμα από το ίδιο υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το κιβώτιο και στον αρμό που σχηματίζεται τοποθετείται στεγανοποιητικό υλικό (πίσσα). Το κάλυμμα και στο τμήμα που αντιστοιχεί κάθε στοιχείο, φέρει δύο τρύπες για τη διέλευση των κυλινδρικών ακροδεκτών και μια τρύπα με βιδωτό πώμα ειδικής κατασκευής για τον εξαερισμό και τη συμπλήρωση με ηλεκτρολύτη. Για κάθε δύο στοιχεία υπάρχει μια γέφυρα για τη σύνδεση των στοιχείων σε σειρά (για την άθροιση των τάσεων των στοιχείων), όπως δείχνει το σχήμα 16.5a.



Σχ. 16.5β.
Πλάκες και κιβώτιο συσσωρευτή μολύβδου.

Το λασπώδες υλικό (ενεργή μάζα) που τοποθετείται, όπως αναφέραμε, στις αρνητικές και θετικές πλάκες, αποτελείται από οξείδια του μολύβδου. Μετά από ηλεκτροχημική επεξεργασία (φορμάρισμα) η ενεργή μάζα των θετικών πλακών

μετατρέπεται σε υπεροξείδιο του μολύβδου, **καστανου** χρώματος, ενώ η μάζα των αρνητικών πλακών μετατρέπεται σε σπογγώδη καθαρό μόλυβδο **καφέ** χρώματος.

Αν συνδέσουμε τους δύο ακροδέκτες ενός συσσωρευτή με εξωτερική κατανάλωση, θα κυκλοφορήσει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, που θα εξαρτάται από την αντίσταση της καταναλώσεως και την τάση του συσσωρευτή. Όταν ο συσσωρευτής τροφοδοτεί εξωτερική κατανάλωση, λέμε ότι **εκφορτίζεται**. Κατά την εκφόρτιση γίνονται οι χημικές αντιδράσεις που αναγράφονται στο σχήμα 16.5γ (εκφόρτιση) και οι πλάκες αλλοιώνονται και μετατρέπονται σε θειικό μόλυβδο, PbSO4.

Όταν λοιπόν τα στοιχεία μιας συστοιχίας συσσωρευτή εκφορτισθουν τελείως, τα ηλεκτρόδια γίνονται όμοια, δηλαδή θειικός μόλυβδος, και η τάση μηδενίζεται.

Εάν συνδέσουμε εκφορτισμένο συσσωρευτή με εξωτερική πηγή συνεχους ρεύματος, ώστε να κυκλοφορήσει σ' αυτόν ηλεκτρικό ρεύμα με φορά αντίθετη από τη φορά του ρεύματος εκφορτίσεως, θα γίνουν οι αντιδράσεις του σχήματος 16.5γ (φόρτιση) και θα μεταβληθούν πάλι οι πλάκες, παίρνοντας την αρχική τους μορφή. Η τροφοδότηση των συσσωρευτών από ξένη πηγή καλείται **φόρτιση**.

Κατά την εκφόρτιση, ο ηλεκτρολύτης αραιώνεται, ενώ κατά τη φόρτιση πυκνώνεται και πάλι.

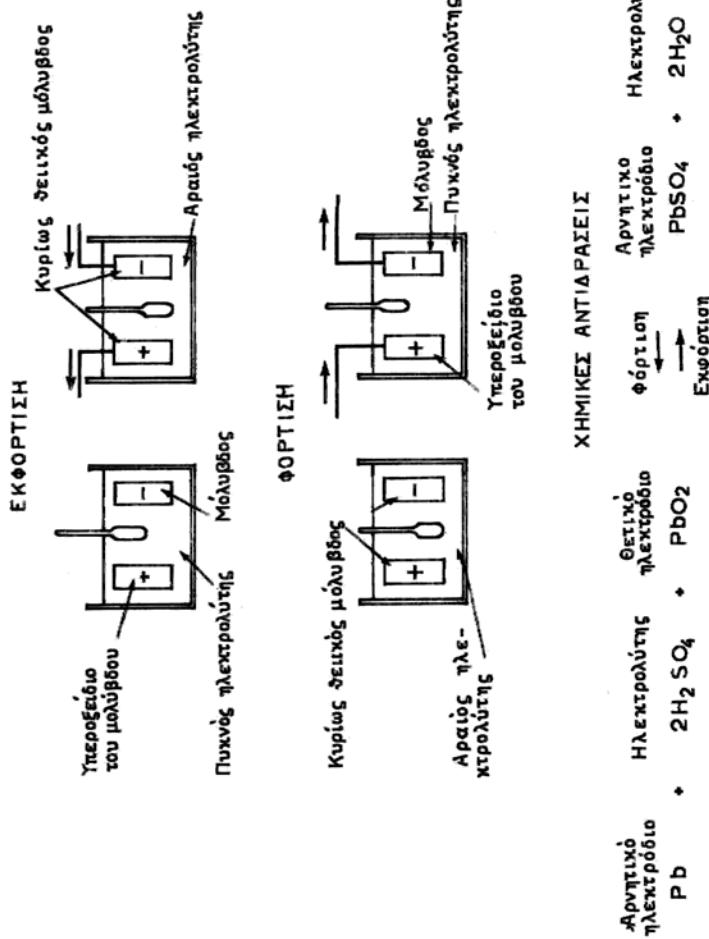
Χωρητικότητα ενός καλά φορτισμένου συσσωρευτή καλείται η ποσότητα του ηλεκτρισμού, που μπορεί να δώσει ο συσσωρευτής αυτός, όταν εκφορτιστεί με ορισμένη ένταση ρεύματος. Η χωρητικότητα των συσσωρευτών εκφράζεται σε **αμπερώρια**, με σύμβολο Ah. Αν π.χ. ένας συσσωρευτής μπορεί να μας δώσει κατά την εκφόρτιση 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 το **βάρος** και η **επιφάνεια** κάθε πλάκας. Η χωρητικότητα λοιπόν εξαρτάται από τις διαστάσεις και το 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 τον τρόπο εκφορτίσεώς τους. Αν δηλαδή η ένταση του ρεύματος με την οποία γίνεται η εκφόρτιση είναι υψηλή, η χημική ενέργεια που περικλείουν οι πλάκες δεν χρησιμοποιείται πλήρως. Για το λόγο αυτό αν έχουμε συσσωρευτή με χωρητικότητα 120 Ah και τον εκφορτίσουμε με ένταση 6 A, η εκφόρτιση θα διαρκέσει 20 h. Αν όμως η εκφόρτιση γίνεται με ένταση 12 A, η διάρκεια της εκφορτίσεως δεν θα είναι 10 h, που αντιστοιχούν πάλι σε 120 A, αλλά μόνο 8 h, που αντιστοιχούν σε $12 \times 8 = 96$ Ah. Βλέπομε λοιπόν ότι η χωρητικότητα ελαττώνεται, όταν η διάρκεια της εκφορτίσεως ελαττώνεται. Γ' αυτό οι κατασκευαστές των συσσωρευτών δίνουν τρεις τιμές χωρητικότητας, που αντιστοιχούν σε τρεις χρόνους εκφορτίσεων: 3 ωρών, 10 ωρών και 20 ωρών.

Πολλές φορές για το χαρακτηρισμό των συσσωρευτών, εκτός από τη χωρητικότητα δίνεται και το 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.

Οι συσσωρευτές, και όταν ακόμη δεν παρέχουν ρεύμα, όταν δηλαδή το εξωτερικό τους κύκλωμα είναι ανοικτό, εκφορτίζονται με αργό ρυθμό και χάνουν μέχρι 1% της χωρητικότητάς τους κάθε μέρα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε κατασκευαστικούς λόγους και καλείται **αυτοεκφόρτιση**· αυτοεκφόρτιση είναι τόσο



Σχ. 16.5γ.

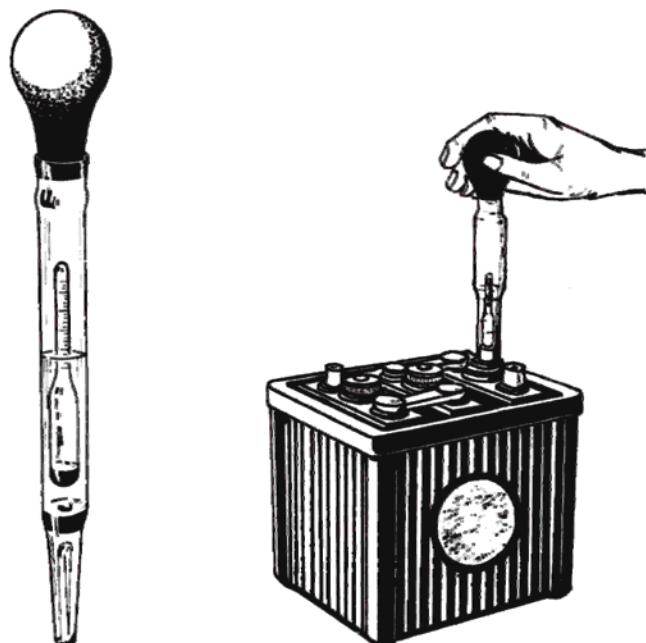
Χημικές αντιδράσεις εκφορτίσεως.

εντονότερη, όσο ψηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο βρίσκεται ο συσσωρευτής και όσο λιγότερο καθαρός είναι ο ηλεκτρολύτης. Επειδή παρατηρείται το φαινόμενο αυτό, οι συσσωρευτές δεν πρέπει να μένουν αχρησιμοποίητοι, συνήθως περισσότερο από 20 μέρες, γιατί, αν ο συσσωρευτής εκφορτιστεί περισσότερο από ένα ορισμένο όριο, καταστρέφεται.

Αν θέλουμε να αποθηκεύσουμε συσσωρευτή για μεγάλο χρονικό διάστημα, λαμβάνομε κατάλληλα μέτρα προστασίας για να μην καταστραφεί. Έτσι, φορτίζομε τον αποθηκευμένο συσσωρευτή περιοδικά με μικρή ένταση (π.χ. κάθε μήνα μέχρι 10 h με ένταση 1 ως 3 A), αν η αποθήκευση γίνει για χρονικό διάστημα 2 ή 3 μηνών.

Αν προβλέπουμε αποθήκευση 3 ως 6 μήνες, τότε αποθηκεύομε το συσσωρευτή φορτισμένο, αλλά χωρίς ηλεκτρολύτη. Τέλος, αν προβλέπεται αποθήκευση πάνω από 6 μήνες, τον αποθηκεύουμε φορτισμένο και χωρίς ηλεκτρολύτη, αφού προηγουμένως φροντίσουμε για την καλή ξήρανση των πλακών του, τις οποίες πλύνομε με αποσταγμένο νερό.

Όπως είδαμε προηγουμένως, όσο περισσότερο φορτισμένος είναι ο συσσωρευτής, τόσο πικνότερος είναι ο ηλεκτρολύτης του. Έχομε τη δυνατότητα επομένως να προσδιορίζουμε την κατάσταση φορτίσεως ενός συσσωρευτή μετρών-



Σχ. 16.5δ.
Μέτρηση πικνότητας ηλεκτρολύτη συσσωρευτή

τας την πικνότητα του ηλεκτρολύτη του. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε όπως γνωρίζομε από τη Φυσική, το **πικνόμετρο**, με το οποίο είναι δυνατή η αναρρόφηση υγρού από το δοχείο κάθε στοιχείου, όπως δείχνει το σχήμα 16.5δ, και η μέτρηση της πικνότητάς του, που δίνεται είτε σε g/cm^3 είτε σε βαθμούς **Μπωμέ**-

τρο). Η αντιστοιχία 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 κενω σε V
12	1,08		
13	1,09		
14	1,10		
15	1,11		
16	1,12		
17	1,13		
18	1,14		
19	1,15		
20	1,16	25%	2,00
21	1,17		
22	1,18		
23	1,19		
24	1,20	50%	2,04
25	1,21		
26	1,22		
27	1,23	75%	2,08
28	1,24		
29	1,25		
30	1,26		2,10
31	1,27		2,15
32	1,28		

Κατά την εκφόρτιση ενός συσσωρευτή, η τάση του παραμένει περίπου σταθερή για αρκετό διάστημα, μέχρι η χωρητικότητά του να αρχίσει να εξαντλείται οημαντικά, οπότε 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. Το 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 τίς πλάκες.

Εκτός από τη θεικωση, η άνοδος της θερμοκρασίας του συσσωρευτή από υπερφορτίσεις, η χαλάρωση του ενεργού υλικού των πλακων λόγω παραμονής του συσσωρευτή σε πολύ ψυχρό περιβάλλον, ιδίως όταν είναι εκφορτισμένος, και η μακροχρόνια χρήση του συσσωρευτή έχουν ως αποτέλεσμα διάφορες καταστροφές των μερών, από τα οποία αποτελείται (σκελετός των πλακων, μονωτικά διαφράγματα κλπ.)· κυρίως όμως το ενεργό υλικό κατακαθίζει στον πυθμένα του κιβωτίου, όπου σιγά-σιγά δημιουργείται αγώγιμο στρώμα, που, όταν αποκτήσει αρκετό πάχος, φτάνει στο κάτω μέρος των πλακών, τις οποίες βραχυκυκλώνει. 'Όταν ο συσσωρευτής βραχυκυκλώθει εσωτερικά, δεν μπορεί να επαναφορτιστεί.

Η διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή εκφράζεται από το πληθος των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων και εκφορτίσεων, που μπορεί να υποστει, χωρίς να χάσει περισσότερο από το 20% της ονομαστικής του χωρητικότητας. 'Ένας καλός συσσωρευτής χάνει 20% της ονομαστικής του χωρητικότητας μετά από 200 ως 250 φορτίσεις και εκφορτίσεις.

Για να φορτίσουμε ένα συσσωρευτή, ακολουθούμε τις οδηγίες του κατασκευαστή του συσσωρευτή που έχομε. Γενικά, τον γεμίζομε, αν είναι κενός, με ηλεκτρολύτη πυκνότητας 1,24 και τον αφήνομε αρκετό χρόνο για να ποτιστουν καλά οι πλάκες του (π.χ. 12 ή 24 h, στην περίπτωση πρώτης φορτίσεως ενός καινούργιου συσσωρευτή, 2 h στην περίπτωση φορτίσεως αποθηκευμένου συσσωρευτή, που είναι κενός με πλάκες που έχουν ξεραθεί). 'Υστερα, αφου γεμίσομε το συσσωρευτή με ηλεκτρολύτη, μέχρι που η στάθμη του να ξεπεράσει λίγο το επάνω μέρος των πλακών, τον συνδέομε με πηγή συνεχούς ρεύματος. Το ρεύμα φορτίσεως ρυθμίζεται έτσι, ώστε να είναι συνήθως ίσο προς το 1/20 ή το 1/10 των αμπερωρίων. 'Οσο χρόνο διατηρούμε **σταθερό το ρεύμα** φορτίσεως, η τάση τροφοδοτήσεως του φορτιζόμενου συσσωρευτή αυξάνει. 'Όταν η τάση αυτή φτάσει τα 2,4 V περίπου, τότε εκλύονται αφθονα αέρια. Η ένταση του ρεύματος φορτίσεως από το σημείο αυτό θα πρέπει να ελαττωθεί (2 ως 5 A) και η φόρτιση να συνεχιστει, μέχρι η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη να παύσει να ανεβαίνει. Αν η φόρτιση του συσσωρευτή συμπληρωθει, αλλά παρ' όλα αυτά συνεχίσομε να τον τροφοδοτούμε, τότε, επειδή ο συσσωρευτής δεν θα μπορεί να αποθηκεύσει άλλη ενέργεια, η ενέργεια που του παρέχομε θα καταναλώνεται απλως για την παραγωγή θερμότητας και αερίων.

Η φόρτιση του συσσωρευτή μπορεί να γίνεται και ταχύτερα, με τη λεγόμενη **ταχεία φόρτιση**. Στην αρχή αυτης της φορτίσεως, το ρεύμα είναι 7 ως 10 φορές μεγαλύτερο από το κανονικό και κατόπιν μειώνεται προοδευτικά, όσο αυξάνει η τάση του συσσωρευτή. 'Ετσι δεν εκλύονται πολλά αέρια κατά τη φόρτιση. Επειδή τα αέρια αυτά είναι οξυγόνο και υδρογόνο, απαιτείται καλός αερισμός του θαλάμου φορτίσεως για την αποφυγή του κινδύνου εκρήξεως.

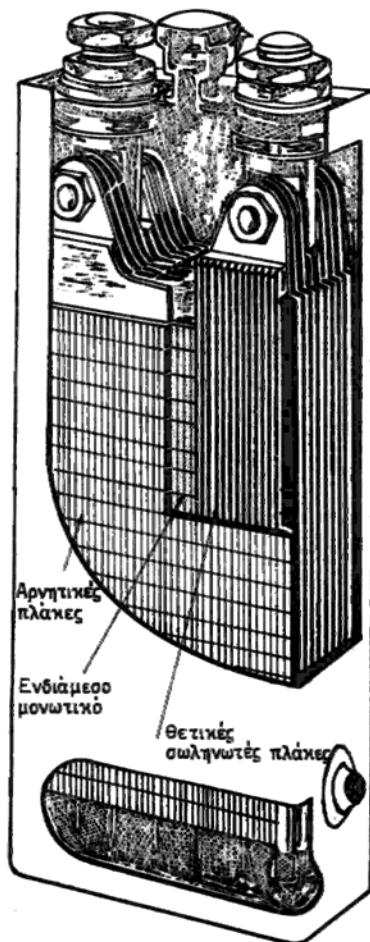
Επειδή κατά τη φόρτιση δημιουργείται άνοδος της θερμοκρασίας, το νερό του διαλύματος του ηλεκτρολύτη, εκτός από τις απώλειες, που οφείλονται στο σχηματισμό των αερίων, υφίσταται απώλειες και εξαιτίας της εξατμίσεως. Πρέπει λοιπόν κατά διαστήματα να προσθέτεται στο συσσωρευτή αποσταγμένο νερό.

2. Λοιποί τύποι συσσωρευτών.

Εκτός από τους συσσωρευτές μολύβδου, χρησιμοποιούνται και οι **συσσωρευτές χάλυβα ή αλκαλικοί συσσωρευτές** και οι **συσσωρευτές αργύρου-ψευδαργύρου**.

Οι **αλκαλικοί συσσωρευτές** έχουν συνθετικές πλάκες, που αποτελούνται από

σωλήνες 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**, με πυκνότητα $1,2 \text{ g/cm}^3$, που δεν μετέχει σχεδόν



Σχ. 16.5ε.
Αλκαλικός συσσωρευτής.

καθόλου στις χημικές αντιδράσεις της φορτίσεως και εκφορτίσεως χρησιμεύει μόνο ως αγώγιμο μέσο ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Έτσι η κατάσταση φορτίσεως των συσσωρευτών αυτών δεν μπορεί να διαπιστωθεί από την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη, η οποία δεν μεταβάλλεται σχεδόν καθόλου.

Οι αλκαλικοί συσσωρευτές σε σύγκριση με τους συσσωρευτές μολύβδου έχουν:

- a) Μέση τάση εν κενώ (Η.Ε.Δ.) μόνο $1,2 \text{ V}$.

- β) Εσωτερική 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) Ελάττωση 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 εσωτερική αντίσταση), η 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 αντοχή, απαιτούν μικρότερη επίβλεψη και συντήρηση και μπορούν να μείνουν αφόρτιστοι επί μηνες, χωρίς καμιά ζημιά, ενώ η εκφόρτισή τους μπορεί να παραταθεί οσοδήποτε. 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 απώλεια τάσεως.

Οι συσσωρευτές αργύρου-ψευδαργύρου έχουν θετική ενέργη 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 μοτοσικλετών**, τους **συσσωρευτές έλξεως**, για την κίνηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τους **συσσωρευτές για το βασιθητικό φωτισμό** και φωτισμό **ασφάλειας** θεάτρων, νοσοκομείων κλπ. Στους συσσωρευτές αυτούς, οι συστοιχίες τους τοποθετούνται έτσι, ώστε να φορτίζονται όταν δεν λειτουργούν και να αναλαμβάνουν αυτόμata, με ειδικό μεταγωγέα, την τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια, όταν σημειώθει διακοπή της παροχής του δικτύου της πόλεως. Επίσης συσσωρευτές χρησιμοποιούνται στην **τηλεφωνία** ή στη **σηματοδότηση** (σε απομακρυσμένους σηματοδότες χρησιμοποιούνται συσσωρευτές μικρής συντήρησεως, 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 Ερωτήσεις.

1. Τα υγρά είναι καλοί ή κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού; Αναφέρετε παραδείγματα.
2. Σε ποια από τα υγρά γίνεται ηλεκτρόλυση με τη διέλευση του ρεύματος;
3. Σε τι συνίσταται το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως;

4. Κατά την ηλεκτρόλυση πώς οδεύει το ίον **υδρογόνου** ή **μετάλλου** σε σχέση προς την κατεύθυνση του ρεύματος και πώς το **οξυγόνο**;
5. Που οφείλεται η αποσύνθεση του νερού κατά την ηλεκτρόλυση;
6. Ποιες είναι οι εφαρμογές της ηλεκτρολύσεως;
7. Τι κατορθώνομε με τη γαλβανοστεγία και πώς;
8. Σε τι αποβλέπει η εφαρμογή της ανοδιώσεως του αλουμινίου;
9. Πώς εξηγούνται οι ηλεκτρολυτικές διαβρώσεις;
10. Τι καλείται ηλεκτρικό στοιχείο και που χρησιμοποιείται αυτό;
11. Ποια η διαφορά Η.Ε.Δ. και τάσεως στους πόλους ενός στοιχείου;
12. Ποιες είναι οι μορφές με τις οποίες κατασκευάζονται τα ηλεκτρικά στοιχεία; Πόση είναι η Η.Ε.Δ. ενός στοιχείου ψευδαργύρου-άνθρακα;
13. Που χρησιμοποιούνται τα έχρα στοιχεία;
14. Τι είναι τα στοιχεία καυσίμου; Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζουν σε σύγκριση με τα λοιπά στοιχεία;
15. Ποια η βασική διαφορά μεταξύ ηλεκτρικών στοιχείων και συσσωρευτών;
16. Από τι αποτελούνται οι συσσωρευτές μολύβδου;
17. Σε ποιο φαινόμενο βασίζεται η λειτουργία των συσσωρευτών;
18. Πώς μπορούμε να διακρίνουμε τις θετικές από τις αρνητικές πλάκες ενός φορτισμένου συσσωρευτή μολύβδου;
19. Με ποιο τρόπο μπορούμε να αναγνωρίζουμε το βαθμό φορτίσεως ενός συσσωρευτή μολύβδου;
20. Πόσες ωρες μπορει να λειτουργήσει ένας συσσωρευτής μολύβδου 100 Ah με 10ωρη εκφόρτιση με σταθερή ένταση 10 A; Με σταθερή ένταση 20 A;
21. Από τι κινδυνεύει ένας συσσωρευτής μολύβδου, αν τον αφήσουμε να εκφορτιστει τελείως. Υπάρχουν συσσωρευτές χωρίς αυτόν τον κίνδυνο;
22. Μεταξύ δύο συσσωρευτών του ίδιου τύπου και της ίδιας χωρητικότητας, από τους οποίους ο ένας έχει ειδική χωρητικότητα 9 Ah/kg και ο άλλος 11 Ah/kg, ποιος είναι ο καλύτερος;
23. Αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε συσσωρευτές, οι οποίοι θα παραμένουν επί μεγάλα χρονικά διαστήματα αχρησιμοποίητοι, ποιου είδους συσσωρευτές θα διαλέξουμε για να έχουμε την ελάχιστη δυνατή συντήρηση;
24. Αν ως κριτήριο εκλογής των συσσωρευτών έχουμε το βάρος, σε ποιο είδος συσσωρευτών θα καταφύγουμε;

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

17.1 Σταθμοί παραγωγής.

Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο οι επιχειρήσεις κοινής αφελείας όσο και οι βιομηχανίες, που τυχόν διαθέτουν δική τους παραγωγή, χρησιμοποιούν σύγχρονες γεννήτριες (παράγρ. 13.2). Οι γεννήτριες αυτές (εναλλακτηρες) κινούνται είτε από υδροδυναμικές είτε από θερμικές κινητήριες μηχανές.

Οι μηχανές, ο λοιπός εξοπλισμός για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και το κτήριο, μέσα στο οποίο είναι εγκαταστημένα αυτά, αποτελούν το **σταθμό παραγωγής**. Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής διακρίνομε:

α) **Ατμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Α.Η.Σ.Π.), στους οποίους σήμερα ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται **ατμοστρόβιλοι**.

β) **Ντηζελοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Δ.Η.Σ.Π.), στους οποίους ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται πετρελαιομηχανές **Ντηζελ**.

γ) **Υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Υ.Η.Σ.Π.), στους οποίους χρησιμοποιούνται **υδροστρόβιλοι**.

δ) **Πυρηνοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής**, στους οποίους χρησιμοποιούνται **πυρηνικοί αντιδραστήρες**.

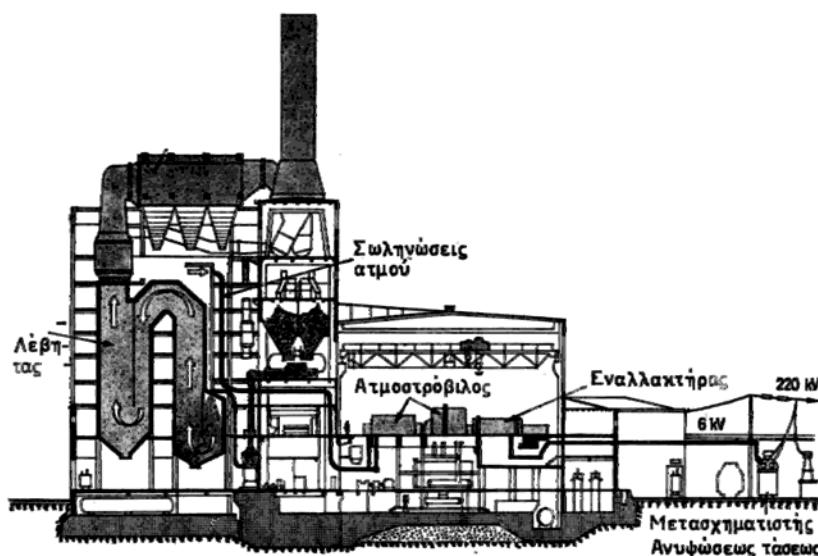
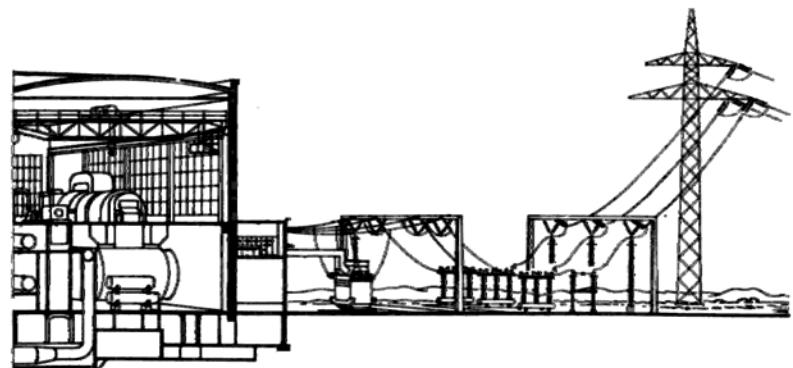
ε) **Αεριοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής**, στους οποίους χρησιμοποιούνται **αεριοστρόβιλοι**.

Στους **θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής** (Θ.Η.Σ.Π.) η αποθήκευμένη στα καύσιμα χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται όμεις καύση των καυσίμων και θέρμανση, από την εκλυόμενη θερμότητα, νερου μέσα σε ειδικούς λέβητες όπου το νερό ατμοποιείται. Από το λέβητα του σταθμού βγαίνει τελικά υπέρθερμος ατμός υψηλής πιέσεως, ο οποίος κινεί τον ατμοστρόβιλο· αυτός με τη σειρά του κινεί τον εναλλακτήρα (σχ. 17.1α).

Στους **Ντηζελοηλεκτρικούς σταθμούς** το καύσιμο (πετρέλαιο) κινεί ένα ντηζελοκινητήρα, ο οποίος κινεί στη συνέχεια τον εναλλακτήρα.

Στους πυρηνοηλεκτρικούς σταθμούς παράγεται ατμός με την εκλυόμενη στον πυρηνικό αντιδραστήρα θερμότητα.



Σχ. 17.1α.
Ατμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής (ΑΗΣΠ).

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ο υδροστρόβιλος, που κινεί τον εναλλακτήρα, κινείται με νερό που πέφτει από μεγάλο ύψος (**υδατόπτωση**) ή ρέει γενικά προς κάποια κατεύθυνση (σχ. 17.1β).

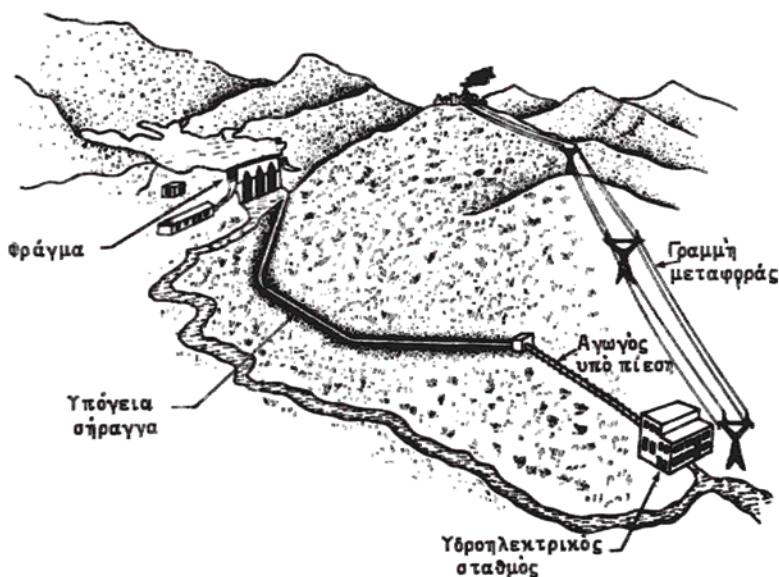
Τα καύσιμα ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής είναι **στερεά, υγρά, και σε ορισμένες περιπτώσεις αέρια**.

α) Στερεά καύσιμα.

Στερεά καύσιμα είναι οι **γαιάνθρακες (ορυκτοί δινθρακες)**, 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 **θερμογόνος 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 οπτάνθρακες ή κωκ, που προέρχονται από απόσταξη λιθανθράκων κλπ.). Από τα

είδη αυτά, στην Ελλάδα για τους σταθμούς παραγωγής χρησιμοποιούμε ένα μόνο, τους **λιγνίτες**. Οι λιγνίτες έχουν μικρή θερμογόνη δύναμη (2500 ως 6000 kcal/kg), όμως χρησιμοποιούνται, γιατί στην Ελλάδα υπάρχουν μεγάλα κοιτάσματα λιγνιτών, όπως είναι του Αλιβερίου, της Πτολεμαΐδας, της Μεγαλοπόλεως κ.ά. Οι λιγνίτες εξορύσσονται σε ειδικά ορυχεία, από στρώματα που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος



Σχ. 17.1β.
Υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής (ΥΗΣΠ).

μέσα στη γη, με τη βοήθεια υπόγειων στοών. Ορισμένα κοιτάσματα όμως βρίσκονται σχεδόν στην επιφάνεια του εδάφους (επιφανειακά κοιτάσματα) και επομένως η εξόρυξη δεν απαιτεί την κατασκευή πολυδάπανων υπόγειων στοών, υπότε και το κόστος του λιγνίτη είναι πολύ μικρό. Κοιτάσματα επιφανειακά στην Ελλάδα έχομε στην Πτολεμαΐδα, τη Μεγαλόπολη κλπ. (σχ. 17.1γ).

Οι λιγνίτες, μετά την εξόρυξη, άλλοτε σπάζονται και τα τεμάχια που δημιουργούνται καθαρίζονται και αφήνονται να στεγνώσουν στο ύπαιθρο, για να φύγει ένα μέρος από την υγρασία τους, άλλοτε πάλι μετατρέπονται σε σκόνη (κονιοποιούνται), ξηραίνονται και μετατρέπονται σε πλίνθους (**μπρικέττες**), για να αυξηθεί η θερμογόνη δύναμη του καυσίμου.

Ανάλογα με το είδος του γαιάνθρακα που χρησιμοποιούμε και το μέσο μέγεθος των κομματιών του, χρησιμοποιούνται και διάφοροι τύποι σχάρας στους λέβητες των σταθμών παραγωγής. Αυτό γίνεται για να αξιοποιείται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο η καύση του καυσίμου.

β) Υγρά καύσιμα.

Υγρά καύσιμα, που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς παραγωγής, είναι το **βαρύ πετρέλαιο** (μαζούτ) και το **πετρέλαιο Ντίζελ**.

VI Αέρια καύσιμα.

Τα καύσιμα αυτά είναι φυσικά ή τεχνητά αέρια με μεγάλη θερμογόνο δύναμη. Στους ελληνικούς σταθμούς παραγωγής δεν χρησιμοποιούνται αέρια καύσιμα, γιατί δεν υπάρχουν σε επαρκείς ποσότητες στην Ελλάδα.

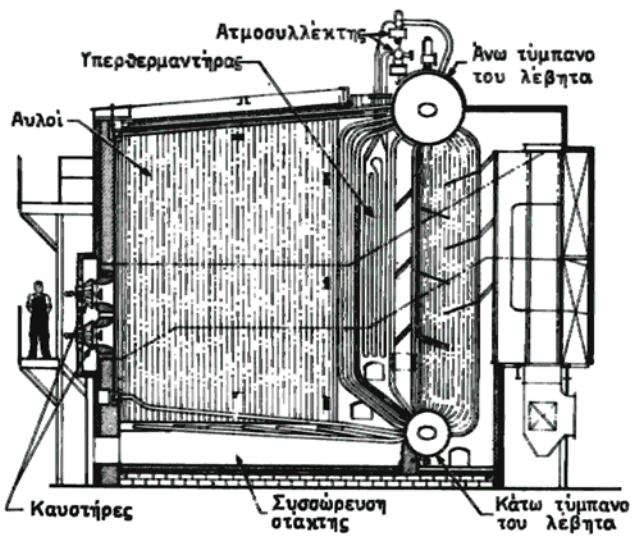
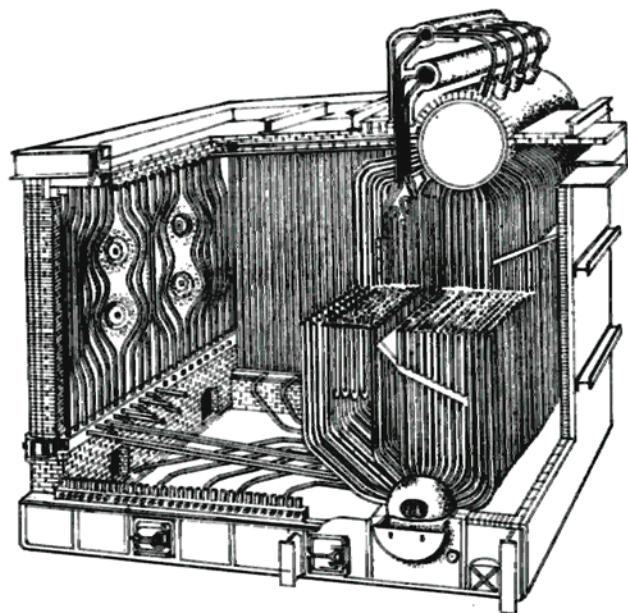


Σχ. 17.1γ.
Επιφανειακή εξόρυξη λιγνίτη.

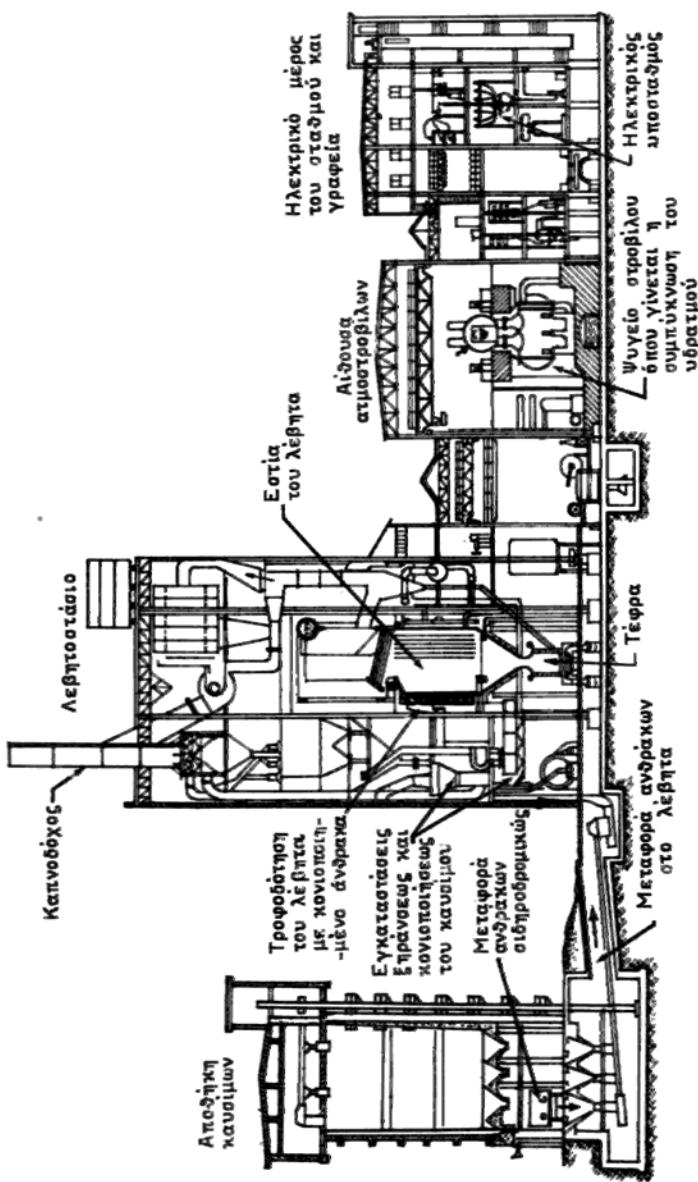
Στην περίπτωση των ατμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής, τα καύσιμα διοχετεύονται στο λεγόμενο **θάλαμο καύσεως** του λέβητα όπου καίονται με κατάλληλη προσαγωγή αέρα· έτσι θερμαίνονται το νερό, το οποίο κυκλοφορεί μέσα σε μια σειρά αυλών, που είναι στερεωμένοι στις εσωτερικές παρειές του θαλάμου καύσεως (σχ. 17.1δ). Το νερό, καθώς θερμαίνεται, μετατρέπεται σε ατμό με υψηλή θερμοκρασία και πίεση, ο οποίος οδηγείται με σωληνώσεις στην είσοδο του ατμοστροβίλου (σήμερα χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες ακόμα και 600°C και πιέσεις 200 ατμοσφαιρών). Ο ατμός εκτονώνεται μέσα στον ατμοστρόβιλο και περιστρέφει με μεγάλη ταχύτητα (300 στρ./min) το στροφείο του. Ο δίξονας του ατμοστροβίλου είναι συζευγμένος με τον δίξονα της ηλεκτρογεννήτριας (εναλλακτήρα) και με τον τρόπο αυτόν η περιστροφή μεταδίδεται στο δρομέα της γεννήτριας, η οποία παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Ο ατμός μετά την εκτόνωσή του μέσα στο στρόβιλο, οδηγείται με πολύ χαμηλή πίεση (μικρότερη από την ατμοσφαιρική) σε εναλλάκτη θερμότητας, που καλείται **ψυγείο ή συμπυκνωτής**. Εκεί ψύχεται με τη βοήθεια ψυχρού νερού, που κυκλοφορεί σε κατάλληλες σωληνώσεις. Ο ατμός καθώς ψύχεται, συμπυκνώνεται και επιστρέφει με μορφή νερου στο λέβητα, για να ακολουθήσει πάλι τον ίδιο θερμικό κύκλο (σχ. 17.1ε).

Το νερό ψύξεως, που κυκλοφορεί στο ψυγείο, το παίρνομε από γειτονικούς ποταμούς ή λίμνες ή και από τη θάλασσα. Στους σταθμούς παραγωγής του Κερατσινίου και του Αλιβερίου σαν νερό ψύξεως χρησιμοποιείται το θαλασσινό, παρά το γεγονός ότι παρουσιάζει μειονεκτήματα σε σύγκριση με το νερό των ποταμών και λιμνών, γιατί περιέχει άλατα που φράσσουν τις σωληνώσεις.



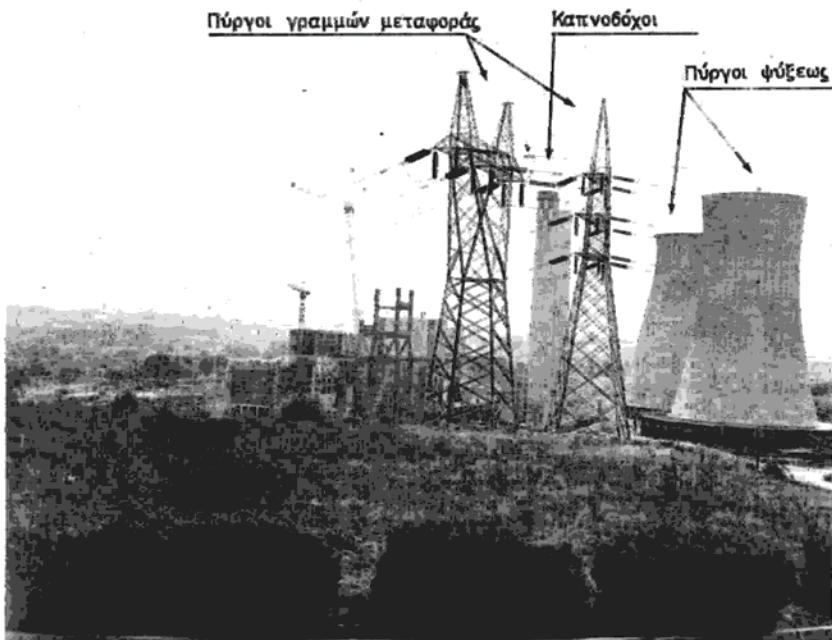
Σχ. 17.18.
Λέβητας ΑΗΣΠ.



Σχ. 17.1ε.
Τομή ΑΗΣΠ.

Όταν κοντά στο σταθμό δεν υπάρχει ποταμός, λίμνη ή έστω και θάλασσα, καταφεύγομε σε κλειστό σύστημα κυκλοφορίας του νερού ψύξεως. Εκεί το νερό, μετά την εκτέλεση του προορισμού του, οδηγείται σε ένα υπαίθριο **υδατόπυργο**, όπου καταιονίζεται από ορισμένο ύψος και ψύχεται από τον αέρα, που κυκλοφορεί από τον πύργο με φυσικό ελκυσμό (σχ. 17.1στ). Από τον πύργο ψύξεως το νερό επιστρέφει ψυχρό πλέον στο ψυγείο του σταθμού.

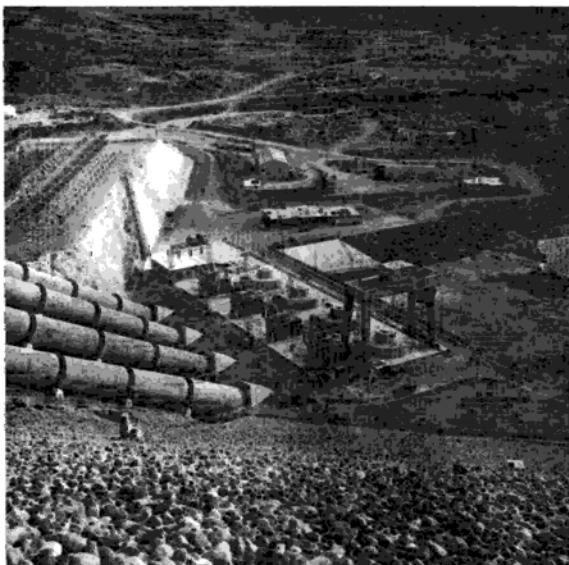
Για να κατασκευαστεί υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής απαιτείται, όπως είδαμε, η ύπαρξη ποταμού για να μετατραπεί η κινητική ενέργεια των νερών που κυλούν σε ηλεκτρική ενέργεια. Επειδή όμως η παροχή του νερού των ποταμών δεν είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια του έτους (μεγάλη παροχή το χειμώνα, μικρή παροχή το καλοκαίρι), κατασκευάζεται μια μεγάλη υδατοδεξαμενή. Η υδατοδεξα-



Σχ. 17.1στ.
Μια άποψη από τον ΘΗΣΠ Μεγαλοπόλεως.

μενή αυτή, επειδή είναι πολύ μεγάλη, καλείται **τεχνητή λίμνη**. Σ' αυτήν αποθηκεύεται το νερό όταν παρέχεται άφθονο από τη φύση (ιδίως κατά το χειμώνα). Η τεχνητή λίμνη κατασκευάζεται σε μεγάλο υψόμετρο, ώστε το νερό της, καθώς πέφτει από μεγάλο ύψος, να αποκτά μεγάλη κινητική ενέργεια. Το νερό από την τεχνητή λίμνη διοχετεύεται σε υπόγεια σήραγγα (τούνελ), που έχει μικρή κλίση και μεγάλο μήκος (π.χ. 10 km). Στο τέρμα της σήραγγας υπάρχει σωλήνας με μεγάλη διάμετρο (2 ως 5 m περίπου) και με πολύ μεγάλη κλίση (σχ. 17. 1ζ), όπου το νερό αποκτά μεγάλη πίεση (**αγωγός υπό πίεση**). Ο αγωγός υπό πίεση είναι τοποθετημένος επάνω στην επιφάνεια του εδάφους και οδηγεί τέλος το νερό, που έχει αποκτήσει πλέον μεγάλη

ταχύτητα, στο εργοστάσιο, όπου υπάρχει ο υδροστρόβιλος. Το νερό διέρχεται από τον υδροστρόβιλο, τον περιστρέφει και τελικά χύνεται προς τα έξω. Στο τέλος της σήραγγας, πριν από τον αγωγό υπό πίεση, υπάρχει ένας πύργος εξισορροπήσεως. Στον πύργο αυτόν εισέρχεται το νερό που πέφτει και αποφεύγεται έτσι η δημιουργία μεγάλων και απότομων πιέσεων στον αγωγό υπό πίεση, όταν ανοίγουν ή κλείνουν οι είσοδοι (βάννες) του νερού στο εργοστάσιο (σχ. 17.1η).



Σχ. 17.1ζ.

ΥΗΣΠ Καστρακίου. Αριστερά διακρίνονται οι αγωγοί υπό πίεση.

17.2 Μεταφορά ρεύματος με υψηλή τάση. Υποσταθμοί.

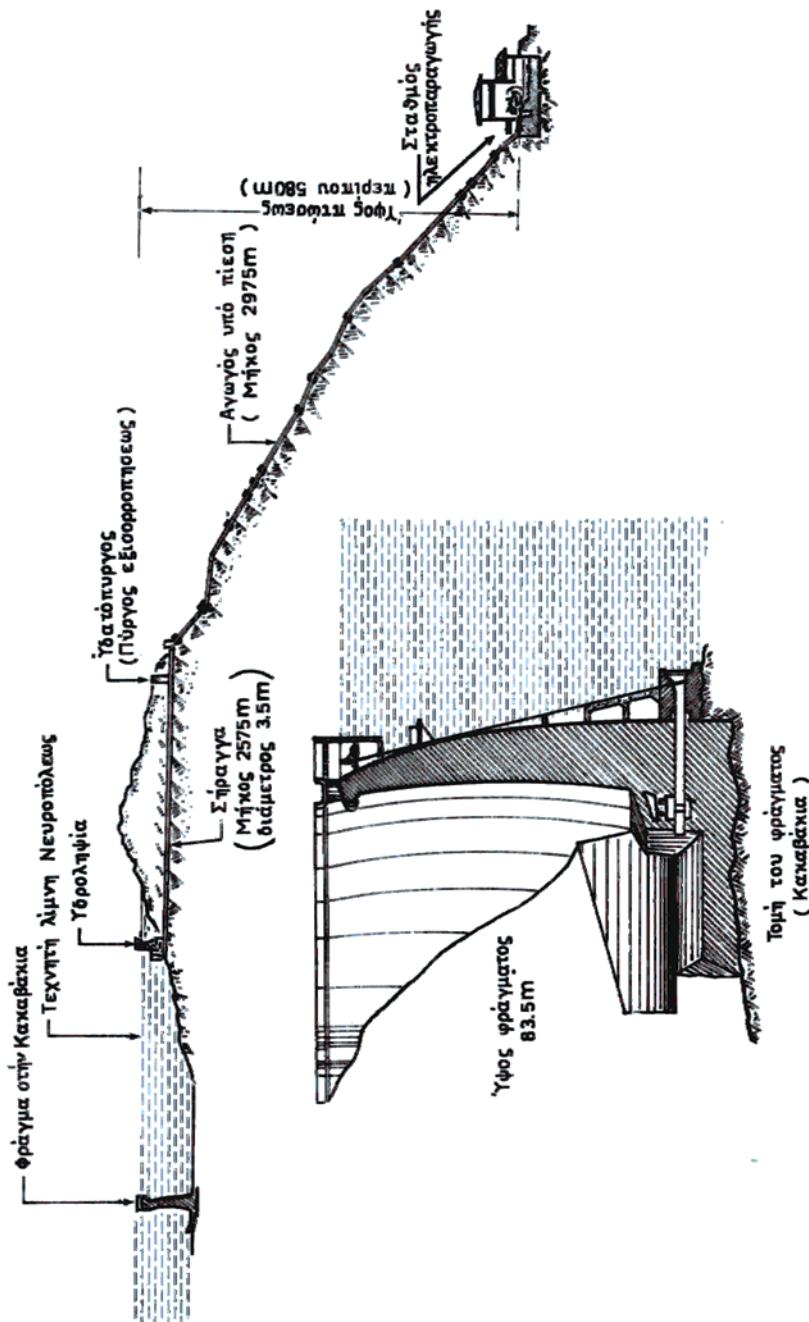
Όπως γνωρίζομε (παράγρ. 6.2), η ηλεκτρική ισχύς δίνεται από το γινόμενο της ηλεκτρικής τάσεως επί την ένταση του ρεύματος. Δηλαδή αν καλέσομε την ισχύ N , η ισχύς αυτή θα είναι ίση προς:

$$N = U \cdot I$$

όπου: U είναι η τάση και I είναι ένταση του ρεύματος.

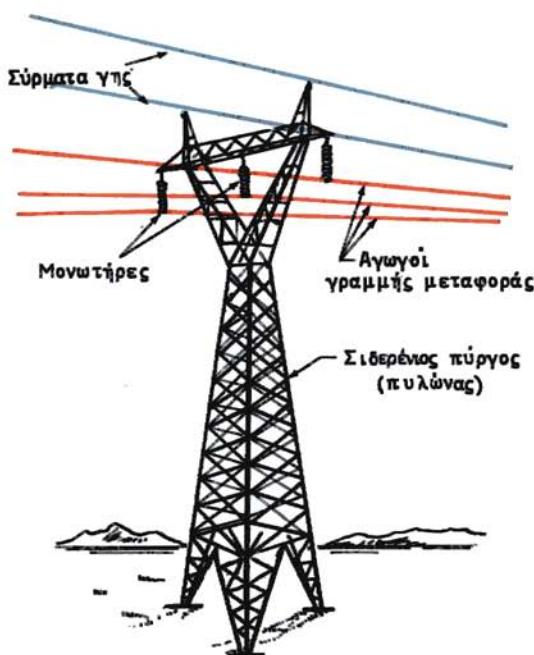
Αν από το σταθμό παραγωγής παράγεται ισχύς N , για να μεταφερθεί η ισχύς αυτή στις θέσεις των καταναλώσεων, χρησιμοποιούνται **ηλεκτρικές γραμμές** (σχ. 17.2α), που αποτελούνται από ηλεκτρικούς αγωγούς (σύρματα). Κατά μήκος των ηλεκτρικών γραμμών, η ροή του ρεύματος προκαλεί απώλειες οι απώλειες αυτές οφείλονται στο φαινόμενο Τζουλ (παράγρ. 15.1) και είναι ίσες προς:

$$R \cdot I^2$$



Σχ. 17.1η.
ΥΗΣΠ Ταυρωπού (Μέγδοβας).

όπου: R είναι η ηλεκτρική αντίσταση, την οποία παρουσιάζουν οι αγωγοί της γραμμής (σχ. 17.2a)



Σχ. 17.2a.
Εναέρια ηλεκτρική γραμμή.

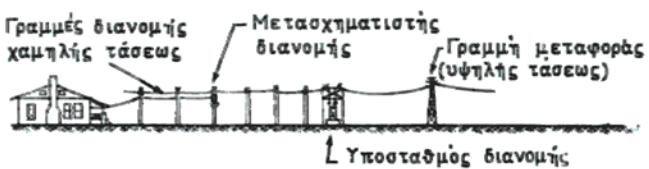
Για την ελάττωση των απωλειών αυτών θα πρέπει είτε να χρησιμοποιηθούν αγωγοί με μεγάλη διατομή, επομένως με μικρή αντίσταση R (παράγρ. 4.3), είτε να ελαττωθεί η ένταση του ρεύματος I . Επειδή όμως η ελάττωση της αντιστάσεως προϋποθέτει την εγκατάσταση αγωγών με μεγάλο πάχος, η πρώτη λύση δικαιολογείται οικονομικά μόνο μέχρι ένα ορισμένο σημείο, γιατί όσο αυξάνει η διατομή, αυξάνει και το κόστος των αγωγών και η εγκατάστασή τους γίνεται πολύ δαπανηρή. Καταφεύγομε λοιπόν στην ελάττωση του ρεύματος, πράγμα που μας αναγκάζει για να διατηρηθεί η ηλεκτρική ισχύς σταθερή, να αυξήσουμε την τάση με την οποία μεταφέρεται η ισχύς αυτή. Η αύξηση της τάσεως επιτυγχάνεται στο εναλλασσόμενο ρεύμα, όπως γνωρίζουμε (παράγρ. 14.1), με τη βοήθεια μετασχηματιστών.

Με την αύξηση της τάσεως λοιπόν η ένταση διατηρείται σε τέτοιες τιμές, που μας επιτρέπουν να μεταφέρουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε πολύ μεγάλες αποστάσεις χωρίς μεγάλες απώλειες ισχύος $R \cdot I^2$ αλλά και χωρίς μεγάλες πτώσεις τάσεως (παράγρ. 5.2).

Στο σταθμό παραγωγής η τάση, που παράγεται στους ακροδέκτες του εναλλακτήρα, είναι 10 ως 20 kV.

Αμέσως μετά τον εναλλακτήρα, το ρεύμα οδηγείται στο μετασχηματιστή που βρίσκεται πολύ κοντά, όπου πραγματοποιείται ανύψωση της τάσεως σε τιμή που κυμαίνεται, ανάλογα με την περίπτωση, μεταξύ 60 και 380 kV ή σε ακόμη μεγαλύτερη τιμή (ως 750 kV).

Μετά την ανύψωση της τάσεως, το ρεύμα αναχωρεί από το σταθμό παραγωγής και με τις ηλεκτρικές γραμμές, που καλούνται ειδικότερα **γραμμές μεταφοράς**, μεταφέρεται στα διάφορα **κέντρα καταναλώσεως**, που βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις. Εκεί, σε ειδικές εγκαταστάσεις (σχ. 17.2β) που ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται από μετασχηματιστές και καλούνται **υποσταθμοί διανομής**, η τάση του ρεύματος υποβιβάζεται (π.χ. από 150 kV σε 20 kV). Αυτό γίνεται, γιατί βρισκόμαστε πια πολύ κοντά στους καταναλωτές και οι αποστάσεις, τις οποίες πρόκειται να



Σχ. 17.2β.
Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

διανύσει το ρεύμα, δεν είναι πολύ μεγάλες. Έτοιμο το ρεύμα με μικρότερη τάση (**μέση τάση**), από 3 ως 30 kV, διανέμεται με τις **γραμμές διανομής** μέσης τάσεως σε διάφορες θέσεις κοντά στους καταναλωτές. Εκεί με τη βοήθεια **μετασχηματιστών διανομής** η τάση υποβιβάζεται στην τιμή των 220/380 V, που αποτελεί τη συνηθέστερη τιμή της λεγόμενης **χαμηλής τάσεως** (σχ. 17.2β). Με τη χαμηλή τέλος τάση των 220/380 V διανέμεται το ρεύμα με τις **γραμμές διανομής χαμηλής τάσεως** στους διάφορους καταναλωτές για οικιακή, αγροτική, εμπορική και βιοτεχνική χρήση (σχ. 17.2β). Στους μεγάλους καταναλωτές, όπως είναι οι βιομηχανίες και ορισμένες μεγάλες πολυκατοικίες και συγκροτήματα γραφείων και καταστημάτων, η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται με μέση τάση και μετατρέπεται μέσα στο χώρο των καταναλωτών σε χαμηλή τάση για να τροφοδοτήσει τις διάφορες μηχανές και συσκευές καταναλώσεως.

Σε ορισμένες πολύ μεγάλες βιομηχανίες, η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται κατευθείαν με υψηλή τάση και υποβιβάζεται μέσα σ' αυτές σε χαμηλότερες τάσεις.

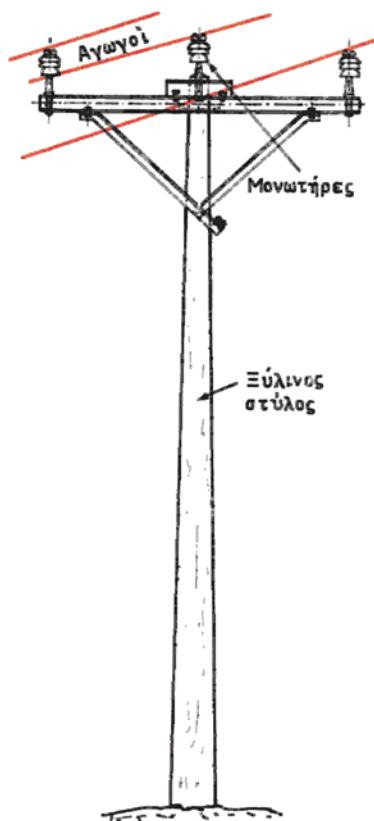
Οι ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς (υψηλής τάσεως) κατασκευάζονται κατά κανόνα εναέριες, ενώ οι γραμμές διανομής (μέσης και χαμηλής τάσεως) κατασκευάζονται άλλοτε εναέριες και άλλοτε **υπόγειες**, οπότε χρησιμοποιούνται ειδικοί μονωμένοι αγωγοί, που ονομάζονται **υπόγεια καλώδια**. Εκτός από τις εναέριες και υπόγειες ηλεκτρικές γραμμές, σε ορισμένες περιπτώσεις, κατασκευάζονται και υποβρύχιες γραμμές.

Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών στηρίζονται σε μεταλλικούς, ξύλινους ή από οπλισμένο σκυρόδεμα φορείς (σχ. 17.3α, 17.3β), που καλούνται **στύλοι** (ειδικότερα στην υψηλή τάση οι στύλοι είναι χαλύβδινες δικτυωτές κατασκευές που καλούνται **πυλώνες**).

17.3 Διανομή

1. Εναέρια δίκτυα.

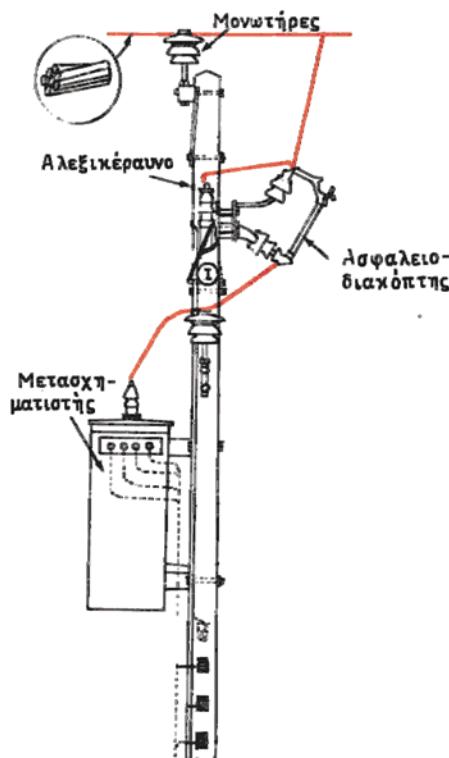
Τα **εναέρια δίκτυα** διανομής αποτελούνται από εναέριες ηλεκτρικές γραμμές διανομής, που συνδέονται μεταξύ τους σε διάφορα σημεία με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργούνται διάφοροι σχηματισμοί. Μια εναέρια γραμμή αποτελείται βασικά από τους ηλεκτρικούς αγωγούς (ένας για κάθε φάση και ενδεχομένως ένας ουδέτερος), που στερεώνονται σε μια σειρά από στύλους επάνω σε ειδικά εξαρτήματα από μονωτικό υλικό (συνήθως πορσελάνη), που καλούνται **μονωτήρες** (σχ. 17.3α). Περιλαμβάνει επίσης και ορισμένες 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.

Εναέρια ηλεκτρική γραμμή διανομής.

Πολύκλωνος εναέριος αγωγός



Σχ. 17.3β.

Εναέρια ηλεκτρική γραμμή διανομής.

κλπ. (σχ. 17.3β). Οι αγωγοί της εναέριας γραμμής είναι γυμνά σύθματα από χαλκό, από αλουμίνιο ή από αλουμίνιο και χάλυβα. Αν ο αγωγός αποτελείται από ένα μόνο σύρμα, τον ονομάζομε **μονόκλωνο**, αν αποτελείται από πολλά (με συστροφή), τον ονομάζομε **πολύκλωνο** (σχ. 17.3β).

2. Υπόγεια δίκτυα.

Τα **υπόγεια δίκτυα** διανομής αποτελούνται από υπόγειες ηλεκτρικές γραμμές, που συνδέονται μεταξύ τους σε διάφορα σημεία. Οι αγωγοί των υπόγειων γραμμών είναι πολύκλωνοι και περιβάλλονται από κατάλληλη μόνωση, γύρω από την οποία υπάρχει ειδικό περίβλημα για τη μηχανική προστασία. Οι μονωμένοι αυτοί πολύκλωνοι αγωγοί καλούνται **μονοπολικά υπόγεια καλώδια**. Είναι δυνατόν περισσότεροι από ένας πολύκλωνοι μονωμένοι αγωγοί να είναι πλεγμένοι μεταξύ τους και γύρω από όλους αυτούς να υπάρχει άλλη μόνωση, ενώ επάνω από την ομαδική αυτή μόνωση τοποθετείται το προστατευτικό περίβλημα. Στην περίπτωση αυτή το υπόγειο καλώδιο καλείται **πολυπολικό** (π.χ. **Τριπολικό**, αν η γραμμή είναι τριφασική χωρίς ουδέτερο κλπ.).

Τα υπόγεια δίκτυα, παρά το γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής από τα εναέρια δίκτυα, εγκαθίστανται στις μεγάλες πόλεις για πολλούς λόγους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι η μεγαλύτερη ασφάλεια, την οποία παρέχουν από την ηλεκτροπλήξια (παράγρ. 20.1) και τις ζημιές, η απαίτηση μικρότερου χώρου για την εγκατάστασή τους και το γεγονός ότι, είναι αθέατα και έπομένως από αισθητική άποψη είναι προτιμότερα.

3. Ιδιωτικοί υποσταθμοί.

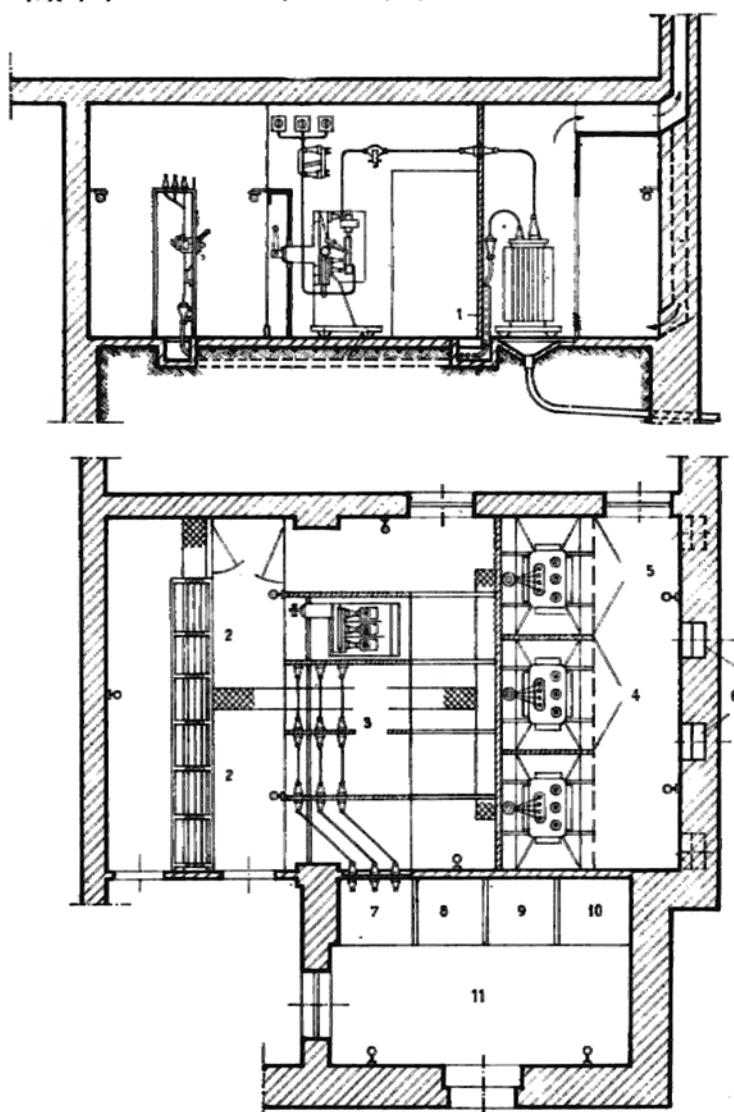
Για τη μετατροπή της μέσης τάσεως (π.χ. 20 kV ή 15 kV) σε χαμηλή (220/380 V) χρησιμοποιούνται, όπως γνωρίζομε, μετασχηματιστές, που μαζύ με τα εξαρτήματα, τις συσκευές και τα όργανα που τους συνοδεύουν, αποτελούν τους **υποσταθμούς του δικτύου διανομής χαμηλής τάσεως**. Οι υποσταθμοί αυτοί ή εγκαθίστανται εναέρια επάνω σε στύλους ή μέσα σε κλειστό χώρο (ειδικά κτήρια, μεταλλικά περίπτερα, ιδιαίτερος χώρος μέσα σε οικοδομές) ή ακόμα υπαίθρια, αλλά επάνω στο έδαφος και μέσα σε περίφραγμα.

Οι υποσταθμοί κλειστού χώρου κατασκευάζονται πολλές φορές (ιδίως στο κέντρο των πόλεων) σε ειδικούς υπόγειους χώρους, που εξασφαλίζουν, κατά το δυνατόν, στεγανότητα και αερισμό των εγκαταστάσεων.

Εκτός όμως από τους υποσταθμούς του δικτύου που εγκαθιστά η Επιχείρηση που διανέμει και πωλεί την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές, έχουμε και τους λεγόμενους **ιδιωτικούς υποσταθμούς**. Αυτοί κατασκευάζονται από τους μεγάλους καταναλωτές (π.χ. βιομηχανίες) για τη μετατροπή, όπως είδαμε παραπάνω, της μέσης τάσεως σε χαμηλή.

Οι καταναλωτές, που καταναλώνουν μεγάλη ηλεκτρική ισχύ, έχουν συμφέροντα να τροφοδοτούνται με ρεύμα μέσης ή ακόμα και υψηλής τάσεως, γιατί πωλείται από την ηλεκτρική επιχείρηση φθηνότερο από το ρεύμα χαμηλής τάσεως. Έτσι, παραλαμβάνουν την ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο μέσης τάσεως της ηλεκτρικής επιχειρήσεως, υποβιβάζουν την τάση της σε δικούς τους υποσταθμούς και την διανέμουν με δικό τους δίκτυο χαμηλής τάσεως στις διάφορες θέσεις καταναλώσεων. Οι ιδιωτικοί υποσταθμοί (σχ. 17.3γ) περιλαμβάνουν πάντοτε ένα τμήμα, με ιδιαίτερη ασφαλισμένη είσοδο, όπου φτάνουν τα καλώδια μέσης τάσεως της ηλεκτρικής Επιχειρήσεως και όπου γίνεται η **μέτρηση** της ηλεκτρικής ενέργειας, που παρέχεται, με ειδικά όργανα (παράγρ. 18.2). Το τμήμα αυτό ανήκει στην ηλεκτρική Επιχείρηση. Όλα τα άλλα τμήματα του υποσταθμού, που περιλαμβάνουν τον ή τους μετασχηματιστές, τα όργανα διακοπής, προστασίας και μετρήσεως

κλπ, ανήκουν στον καταναλωτή, ο οποίος και φροντίζει για τη συντήρηση και γενικά για επίβλεψη της λειτουργίας του υποσταθμού. Ο υποσταθμός, όπως βλέπομε στο σχήμα 17.3γ, χωρίζεται στο εσωτερικό του με μεταλλικά πλέγματα σε διαμερίσματα,



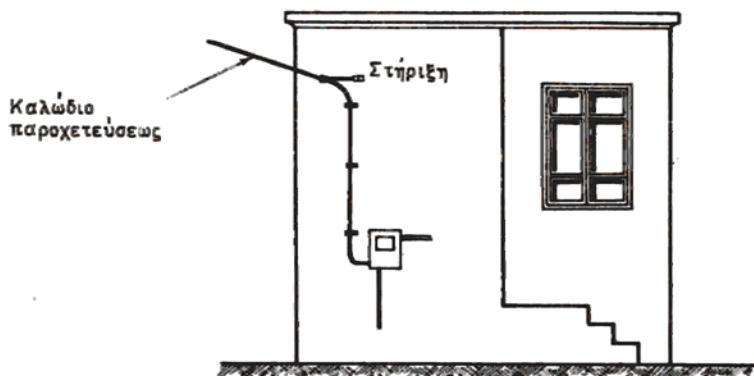
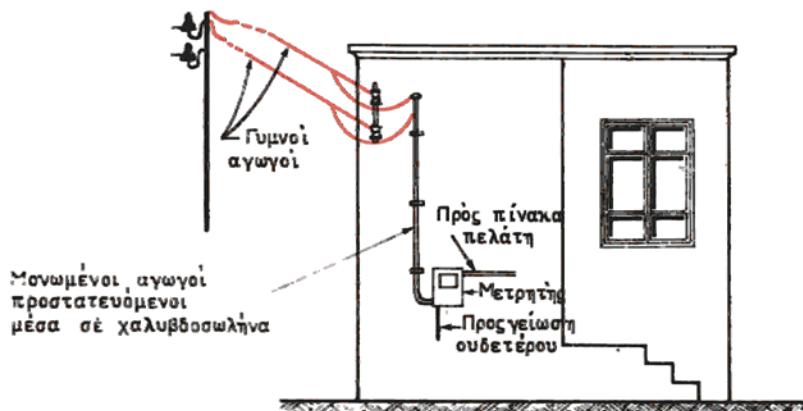
Σχ. 17.3γ. Ιδιωτικός υποσταθμός.

1. Προστατευτικός σωλήν. 2. Πίνακες χαμηλής τάσεως. 3. Ζυγοί υψηλής τάσεως. 4. Χώρος μετασχηματιστών. 5. Έξοδος αέρος. 6. Είσοδος αέρος. 7. Κυψέλη οργάνων. 8. Αυτόματος διακόπτης. 9, 10. Υπόγεια καλώδια. 11. Θάλαμος υψηλής τάσεως της Επιχειρήσεως ηλεκτρισμού.

που καλούνται **κυψέλες**. Αυτές χρησιμεύουν για να διαχωρίζεται ο εξοπλισμός χαμηλής τάσεως από τον εξοπλισμό υψηλής τάσεως, και ο μετασχηματιστής από τα άλλα τμήματα του υποσταθμού.

4. Καλώδιο παροχετεύσεως, μέτρηση ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στους διάφορους καταναλωτές με τη βοήθεια καλωδίων, που διακλαδίζονται από το εναέριο ή υπόγειο δίκτυο χαμηλής τάσεως (ή άλλων τάσεων, εφόσον διαθέτεται ιδιωτικός υποσταθμός) της ηλεκτρικής Επιχειρήσεως (σχ. 17.3δ). Τα καλώδια αυτά καλούνται **καλώδια παροχετεύσεως** και οδεύουν εναέρια ή υπόγεια, ανάλογα με το αν διακλαδίζονται από εναέριο ή υπόγειο δίκτυο, προς τα κτήρια των καταναλωτών που πρόκειται να τροφοδοτήσουν. Στο κτήριο του καταναλωτή, το καλώδιο παροχετεύσεως στερεώνεται σε σημείο κοντά στην είσοδο και ακολούθως εισέρχεται σε ένα κιβώτιο που είναι στερεωμένο στον τοίχο. Το κιβώτιο αυτό περιλαμβάνει ασφάλειες [παράγρ. 17.3 (5)], που αντιστοιχούν μια σε κάθε φάση, και ένα όργανο μετρήσεως της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που καλείται **μετρητής ή γνώμονας** (παράγρ. 18.2). Το καλώδιο παροχετεύσεως, μέσα στο κιβώτιο αυτό, συνδέεται με τους ακροδέκτες των ασφαλειών· οι ασφάλειες



Σχ. 17.3δ.
Ηλεκτρικές παροχετεύσεις.

συνδέονται με το μετρητή της ενέργειας, από τον οποίο αναχωρεί άλλο καλώδιο και πηγαίνει στο εσωτερικό του κτηρίου. Στο μετρητή γίνεται η μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας, που καταναλώνει ο καταναλωτής, για να είναι δυνατή η χρέωσή του από

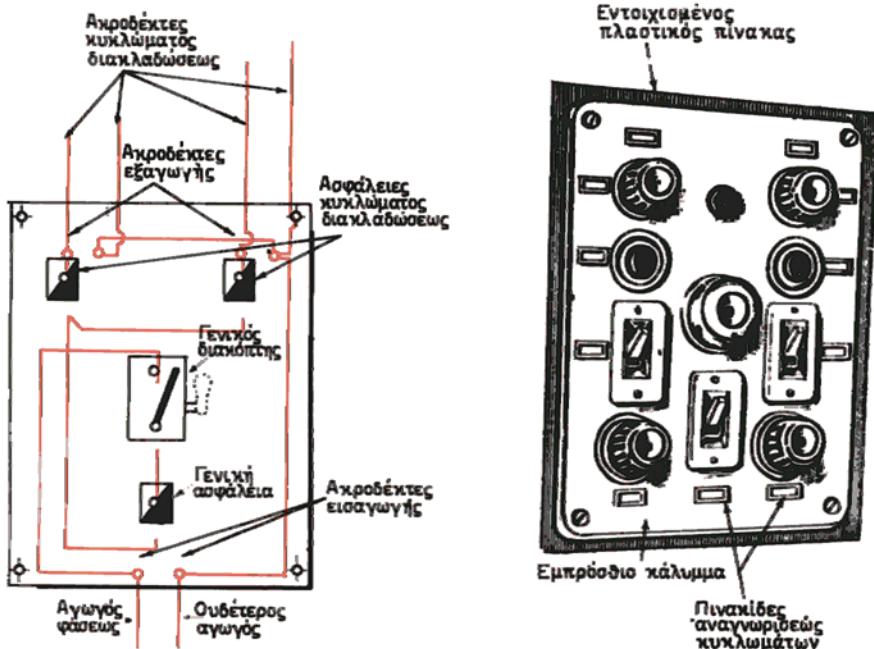
την ηλεκτρική Επιχείρηση, που πωλεί την ενέργεια αυτή. Το κιβώτιο του μετρητή σφραγίζεται από την ηλεκτρική Επιχείρηση, για να μην υπάρχει δυνατότητα να επέμβει κανείς και να λάβει ρεύμα από σημείο που βρίσκεται πριν από το μετρητή της ενέργειας.

Στο σχήμα 17.3δ φαίνονται δύο περιπτώσεις **παροχετεύσεων** χαμηλής τάσεως.

5. Πίνακες διανομής, διακόπτες, αυτόματοι διακόπτες, ασφάλειες.

a) Πίνακες διανομής.

Το καλώδιο που έρχεται από το μετρητή καταλήγει στο εσωτερικό του κτηρίου σε ένα πίνακα. Τον πίνακα αυτόν τον κατασκεύαζαν παλαιότερα από μάρμαρο και τον στερέωναν στον τοίχο. Σήμερα κατασκευάζεται εντοιχισμένος, ώστε η εξωτερική επιφάνειά του να αποτελεί συνέχεια της επιφάνειας του τοίχου και είναι, συνήθως, μεταλλικός ή από άκαυστο πλαστικό υλικό. Ο πίνακας αυτός καλείται **πίνακας διανομής** και έχει εγκαταστημένα τα **όργανα προστασίας** και ελέγχου της εσωτερικής **ηλεκτρικής εγκαταστάσεως** του καταναλωτή. Τα καλώδια που έρχονται



Σχ. 17.3ε.
Πίνακας διανομής.

από το μετρητή της ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούνται από τρεις **αγωγούς φάσεων**, από έναν **ουδέτερο αγωγό** και ενδεχομένως από έναν **αγωγό προστασίας** (παράγρ. 17.5), αν η παροχή είναι τριφασική. Αν η παροχή είναι μονοφασική, αποτελούνται από έναν αγωγό φάσεως, από έναν ουδέτερο και ενδεχομένως από έναν αγωγό προστασίας.

Ο αγωγός ή οι αγωγοί φάσεων συνδέονται με τους ακροδέκτες ενός διακόπτη (**γενικός διακόπτης**), όπως φαίνεται στο σχήμα 17.3ε. Ο διακόπτης αυτός διακόπτει,

όταν θέλομε, ολόκληρη την ηλεκτρική εγκατάσταση του καταναλωτή. Ο γενικός διακόπτης συνδέεται με μία ή τρεις ασφάλειες (γενικές ασφάλειες), ανάλογα με την περίπτωση.

Από το γενικό πίνακα και μάλιστα μετά τη γενική ή τις γενικές ασφάλειες, αναχωρούν διάφοροι αγωγοί. Αυτοί τροφοδοτούν είτε άλλους μερικότερους πίνακες, που καλούνται υποπίνακες, είτε κατευθείαν τα τοπικά κυκλώματα διακλαδώσεως της εσωτερικής εγκαταστάσεως.

Τα κυκλώματα για οικιακούς καταναλωτές είναι σχεδόν πάντοτε μονοφασικά και τροφοδοτούν τις συσκευές φωτισμού, τους ρευματοδότες οικιακής χρήσεως και τις μεγάλες οικιακές συσκευές (ηλεκτρικό μαγειρείο, ηλεκτρικός θερμοσίφωνας κλπ.). Τα κυκλώματα διακλαδώσεως των βιομηχανικών και βιοτεχνικών εσωτερικών εγκαταστάσεων είναι τριφασικά και τροφοδοτούν τριφασικές μηχανές και συσκευές.

Μετά το γενικό πίνακα είναι δυνατόν να υπάρχουν υποπίνακες, στους οποίους συγκεντρώνονται τα διάφορα κυκλώματα κατά κατηγορίες, δηλαδή τα φωτιστικά κυκλώματα (πίνακες φωτισμού) και τα βιομηχανικά κυκλώματα (πίνακες κινήσεως). Οι πίνακες κινήσεως είναι πάντοτε τριφασικοί, ενώ οι πίνακες φωτισμού, παρόλο ότι τροφοδοτούν μονοφασικά κυκλώματα, μπορεί να είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί (αν τα κυκλώματα διακλαδώσεως είναι πολλά).

Επάνω στους πίνακες είναι εγκαταστημένα τα παρακάτω όργανα:

α) Διάφορες διατάξεις **ακροδέκτων** (μπόρνες), επάνω στις οποίες γίνονται οι συνδέσεις των διαφόρων αγωγών (π.χ. αγωγοί μετρητή-πίνακα, αγωγοί κυκλωμάτων διακλαδώσεως κλπ.).

β) **Διακόπτες** με τους οποίους συνδέονται και αποσυνδέονται τα διάφορα κυκλώματα της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκαταστάσεως με την τροφοδότηση.

γ) **Ασφάλειες ή μικροαυτόματοι**, που χρησιμεύουν για την προστασία, όπως θα δούμε, των κυκλωμάτων, που αναχωρούν από τον πίνακα.

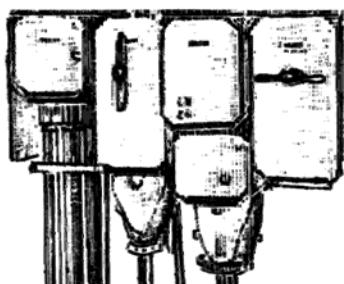
δ) Πολλές φορές ορισμένοι **ειδικοί διακόπτες** (π.χ. διακόπτες εκκινήσεως κινητήρων) και όργανα μετρήσεως (όργανα μετρήσεως τάσεως, εντάσεως κλπ.).

ε) Ενδεχομένως **ενδεικτικές λυχνίες**, δηλαδή μικροί λαμπτήρες, που συνδέονται παράλληλα σε κάθε κύκλωμα, που αναχωρεί από τον πίνακα μετά από τους διακόπτες και τις ασφάλειες. Οι λυχνίες αυτές φωτιζούν, όταν το κύκλωμα συνδέεται με την τροφοδότηση και δείχνουν έτσι πότε ένα κύκλωμα βρίσκεται σε τάση (είναι συνδεμένο με την τροφοδότηση) και πότε όχι.

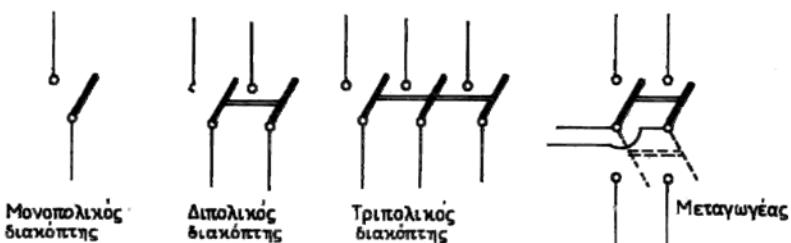
Η συνδεσμολογία των διαφόρων οργάνων που αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται στο πίσω μέρος του πίνακα με τη βοήθεια αγωγών. Έτσι οι ακροδέκτες, στους οποίους καταλήγουν τα καλώδια, που έρχονται από το μετρητή, συνδέονται με το γενικό διακόπτη. Ο γενικός διακόπτης συνδέεται με τη γενική ή τις γενικές ασφάλειες (όταν η τροφοδότηση είναι τριφασική). Οι γενικές ασφάλειες συνδέονται με τους μερικούς διακόπτες, που μπορεί να υπάρχουν στα κυκλώματα διακλαδώσεως, ή απευθείας με τις μερικές ασφάλειες, που τοποθετούνται πάντοτε σε κάθε κύκλωμα διακλαδώσεως. Τέλος, οι μερικές ασφάλειες συνδέονται με ακροδέκτες, από τους οποίους αναχωρούν οι αγωγοί των κυκλωμάτων διακλαδώσεως. Σε όλες αυτές τις συνδέσεις, όπως είπαμε και προηγουμένως, μετέχουν μόνο οι αγωγοί φάσεων, γιατί ο ουδέτερος αγωγός (συνήθως) και ο αγωγός προστασίας (πάντοτε), αν υπάρχει, δεν επιτρέπεται να διακόπτονται. Για να γίνει αυτό συνδέονται μόνο

στους ακροδέκτες εισαγωγής και εξαγωγής από τον πίνακα (σχ. 17.3ε).

Εκτός από τους πίνακες που γνωρίσαμε μέχρι τώρα υπάρχει και άλλο είδος πινάκων. Σ' αυτούς τα διάφορα όργανα δεν στηρίζονται πάνω σε κοινή βάση, αλλά αποτελούνται από ανεξάρτητα όργανα τοποθετημένα μέσα σε κιβώτια από χυτοσίδηρο. Τα κιβώτια αυτά στερεώνονται στον τοίχο, το ένα κοντά στο άλλο, και συνδέονται μεταξύ τους με αγωγούς, που είναι τοποθετημένοι μέσα σε χαλυβδοσωλήνες (σχ. 17.3στ). Οι πίνακες του είδους αυτού χρησιμοποιούνται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και καλούνται **χυτοσιδηρένιοι στεγανοί πίνακες (χυτοσιδηρένια διανομή)**.



Σχ. 17.3στ.
Χυτοσιδηρή διανομή.



Σχ. 17.3ζ.
Σύμβολα διακοπτών.

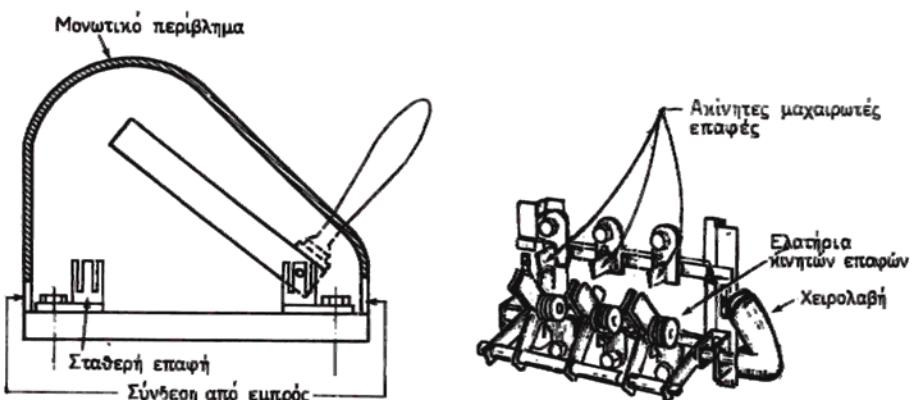
β) Διακόπτες.

Όπως είδαμε, οι διακόπτες είναι όργανα που χρησιμεύουν για τη σύνδεση με την τροφοδότηση και αποσύνδεση απ' αυτήν των κυκλωμάτων, που αναχωρούν από τους πίνακες. Οι διακόπτες συμβολίζονται, όπως δείχνει το σχήμα 17.3ζ. Αν συνδέουν και αποσυνδέουν δύο αγωγούς, καλούνται **μονοπολικοί διακόπτες**. Αν όμως συνδέουν και αποσυνδέουν ταυτόχρονα περισσότερα από ένα ζεύγη αγωγών, καλούνται **πολυπολικοί** (διπολικοί, τριπολικοί κλπ.). Επίσης υπάρχουν διακόπτες που μπορούν να συνδέουν έναν αγωγό με δύο άλλους ανεξάρτητους αγωγούς, πότε με τον ένα και πότε με τον άλλο, και καλούνται **διακόπτες δύο κατευθύνσεων (μεταγωγείς)**.

Οι συνηθέστεροι διακόπτες πίνακα είναι οι λεγόμενοι **μαχαιρωτοί διακόπτες** (σχ. 17.3η). Οι διακόπτες αυτοί αποτελούνται από μια κινητή λεπίδα, η οποία

μετακινείται με τη βοήθεια ενός μοχλού και εισέρχεται σε μια σχισμή, που σχηματίζουν δύο ελατηριωτά ελάσματα. Έτσι επιτυγχάνεται η σύνδεση (*αποκατάσταση*) του κυκλώματος. Σε ορισμένους μαχαιρωτούς διακόπτες η λεπίδα είναι ακίνητη και κινούνται τα ελατηριωτά ελάσματα.

Η λεπίδα και η σχισμή, που σχηματίζουν τα ελατηριωτά ελάσματα καλούνται **επαφές** (κινητή και σταθερή επαφή), γιατί με την επαφή τους πραγματοποιείται η αγώγιμη σύνδεση (αποκατάσταση της συνέχειας) του κυκλώματος. Τα μεταλλικά μέρη ενός διακόπτη (επαφές κλπ.), κλείνονται μέσα σε μονωτικό περίβλημα για λόγους ασφαλείας και ο μοχλός χειρισμού, που βρίσκεται έξω από το περίβλημα αυτό, είναι από μονωτικό υλικό. Ο διακόπτης αυτός καλείται **διακόπτης τύπου Βάλτερ**.



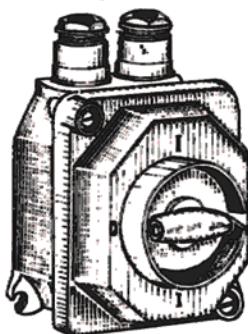
Σχ. 17.3η.
Τριπολικός μαχαιρωτός διακόπτης.

Άλλος τύπος μαχαιρωτού διακόπτη είναι ο λεγόμενος **ασφαλειοδιακόπτης**. Αυτός βρίσκεται μένα σε στεγανό κιβώτιο και έχει ασφαλείες που συνδέονται σε σειρά με τις επαφές του. Έτσι ο διακόπτης αυτός αποτελεί συνδυασμό δύο οργάνων, δηλαδή ενός διακόπτη και μιας ασφαλείας.

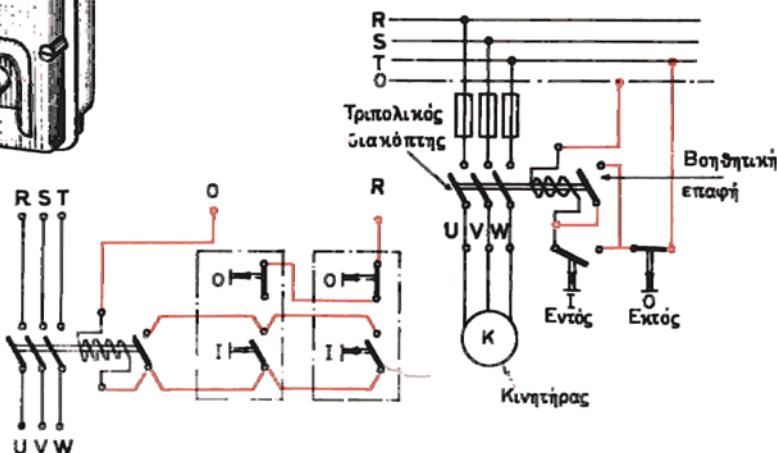
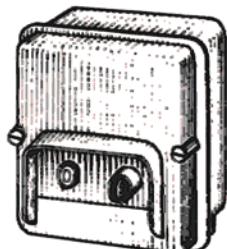
Άλλος τύπος διακόπτη πίνακα είναι ο **περιστροφικός διακόπτης**. Αυτός ανοίγει και κλείνει όχι πια με ανατρεπόμενο μοχλό (χειρολαβή) όπως γίνεται στους μαχαιρωτούς διακόπτες, αλλά με περιστρεφόμενη λαβή (σχ. 17.3θ). Ο συνηθέστερος περιστροφικός διακόπτης είναι ο διακόπτης **τύπου Πάκκο** (Pacco).

Εκτός από τους δύο αυτούς τύπους διακοπτών (μαχαιρωτός και περιστροφικός), των οποίων ο χειρισμός γίνεται με το χέρι, υπάρχουν και διακόπτες, των οποίων ο χειρισμός πραγματοποιείται με την πίεση δύο κουμπιών που αντιστοιχούν ένα για το άνοιγμα και ένα για το κλείσιμο των επαφών του διακόπτη. Οι διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως στις εγκαταστάσεις κινήσεως και ο χειρισμός τους μπορεί να γίνει και **από απόσταση**. Οι διακόπτες με κουμπιά λειτουργούν με τη βοήθεια συστήματος ηλεκτρομαγνήτη (ηλεκτρονόμου). Το πηνίο του ηλεκτρονόμου, όταν διαρρέεται από ρεύμα, έλκει τον οπλισμό του· ο οπλισμός καθώς μετατοπίζεται κλείνει τις επαφές του διακόπτη και τη **βοηθητική επαφή** με την οποία ο διακόπτης παραμένει στην κλειστή θέση (σχ. 17.3ι). Όταν ο διακόπτης με

κουμπιά είναι ανοικτός, οι επαφές του βρίσκονται στις θέσεις που δείχνει το σχήμα 17.3ι (θέσεις ηρεμίας). Αν πιέσουμε το κουμπί I (Εντός), διέρχεται ρεύμα από το πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη του οποίου ο οπλισμός έλκεται και κλείνει όπως είπαμε, τόσο τις κύριες επαφές του διακόπτη όσο και τη βοηθητική επαφή. Όταν αφήσουμε



Σχ. 17.3θ.
Διακόπτης τύπου Πάκκο.



Σχ. 17.3ι.
Διακόπτης με κουμπιά.

το κουμπί I το κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη δεν ανοίγει, χάρη στη βοηθητική επαφή που είναι κλειστή. Έτσι ο διακόπτης παραμένει κλειστός. Αν τώρα πιέσουμε το κουμπί Ο (Εκτός), το κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη ανοίγει και ο οπλισμός του, που τώρα είναι ελεύθερος, επιστρέφει στη θέση ηρεμίας του σχήματος 17.3ι: αυτό πραγματοποιείται με την επενέργεια μιας επανατακτικής δυνάμεως, όπως είναι η δύναμη ενδός ελατηρίου ή η βαρύτητα.

Το βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτρονόμων είναι η δυνατότητα που έχουν να επιτυγχάνουν τον έλεγχο των μεγάλης ισχύος κυρίων κυκλωμάτων με μικρή ισχύ

στο κύκλωμα ελέγχου (κύκλωμα ηλεκτρομαγνήτη). Αυτό γίνεται, γιατί το κύκλωμα του ελέγχου κλείνει από ορισμένη διάταξη, η οποία μεταβιβάζει την εντολή κλεισμάτος του διακόπτη*. Οι διακόπτες με ηλεκτρονόμο μπορούν επίσης να έχουν μίαν ή και περισσότερες διατάξεις μεταβιβάσεως της εντολής (στην περίπτωση μας αυτή είναι τα κουμπιά πιέσεως) σε οποιαδήποτε απόσταση από τη μηχανή που θέλουμε να διακόψουμε (σχ. 17.3i).

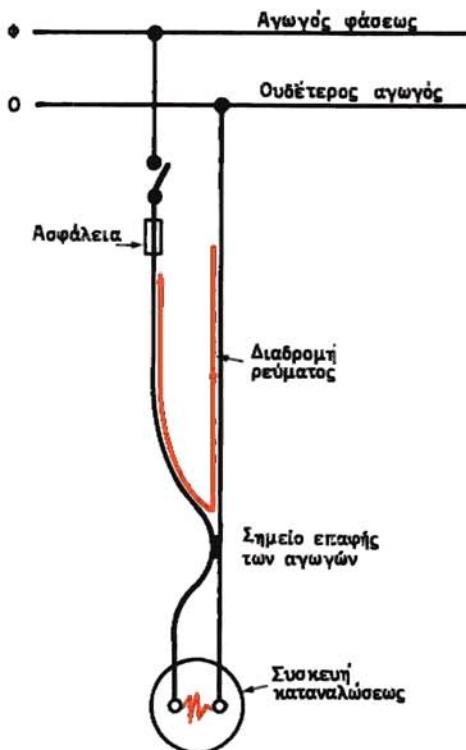
Τέλος στους πίνακες είναι δυνατόν να εγκατασταθούν και ειδικοί διακόπτες, όπως είγαι οι διακόπτες εκκινήσεως των κινητήρων, τους οποίους περιγράψαμε στο Πέμπτο Μέρος.

γ) Αυτόματοι διακόπτες.

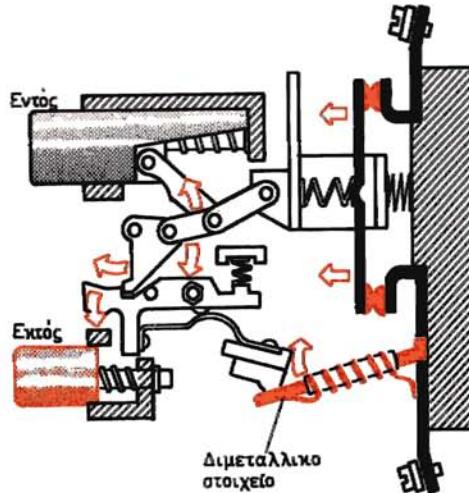
Εκτός από τους διακόπτες με κουμπιά, που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, υπάρχουν και διακόπτες των οποίων ο χειρισμός μπορεί να γίνει με κουμπιά αλλά και αυτόματα, στην περίπτωση που θα συμβεί κάποια ανωμαλία στο κύκλωμα που ελέγχουν. Αν το κύκλωμα τροφοδοτεί κατανάλωση και συμβεί, από καταστροφή π.χ. της μονώσεως των αγωγών, να έλθουν σε επαφή οι αγωγοί του κυκλώματος, το ρεύμα θα κυκλοφορήσει μόνο μέσα από την αντίσταση των τροφοδοτικών αγωγών (σχ. 17.3ia), η οποία, όπως γνωρίζομε (παράγρ. 5.2), είναι πολύ μικρή (**βραχυκύλωμα**). Έτσι η ένταση του ρεύματος θα είναι πολύ μεγάλη και υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να καταστραφούν οι αγωγοί και οι συσκευές, που είναι συνδεμένες πριν από τη θέση του βραχυκυκλώματος, ή να δημιουργηθούν πυρκαϊές κλπ. Για να αποφύγουμε λοιπόν τους κινδύνους αυτούς, στην αρχή κάθε κυκλώματος τοποθετείται ένα όργανο προστασίας. Το όργανο αυτό διακόπτει αμέσως την τροφοδότηση, όταν το ρεύμα που κυκλοφορεί γίνει μεγαλύτερο από το κανονικό ρεύμα του κυκλώματος. Ένα όργανο αυτού του είδους είναι και ο αυτόματος διακόπτης. Ο χειρισμός των αυτόματων διακοπών μπορεί να γίνει με κουμπιά, όπως και στην περίπτωση των διακοπών με κουμπιά, αλλά το άνοιγμα γίνεται και αυτόματα με τη δύοδο απ' αυτούς ρεύματος μεγαλύτερου από το κανονικό.

Στα κυκλώματα είναι δυνατόν να παρατηρηθούν μικρές σχετικά αυξήσεις της εντάσεως του ρεύματος πάνω από την κανονική, οι οποίες καλούνται **υπερφορτίσεις** και υφείλονται σε διάφορες αιτίες. Είναι δυνατόν επίσης να παρατηρηθούν μεγάλες αυξήσεις του ρεύματος, σε περίπτωση βραχυκυκλωμάτων. Στην πρώτη περίπτωση το μεγαλύτερο από το κανονικό αυτό ρεύμα, με τη διέλευσή του από τον αυτόματο διακόπτη, θερμαίνει δύο μεταλλικά ελάσματα με διαφορετικό συντελεστή διαστολής. Τα ελάσματα αυτά είναι συγκολλημένα μεταξύ τους και κάμπτονται, όταν θερμανθούν, επειδή υφίστανται διαφορετική επιμήκυνση (διαστολή) τα ένα σε σχέση με το άλλο. Με την κάμψη της διμεταλλικής αυτής διατάξεως, που καλείται **θερμικό στοιχείο** του αυτόματου διακόπτη, ανοίγουν δύο επαφές του (σχ. 17.3iβ) και το κύκλωμα διακόπτεται. Το θερμικό στοιχείο χρησιμεύει για το άνοιγμα του διακόπτη σε περίπτωση υπερφορτίσεως. Στη δεύτερη περίπτωση, του βραχυκυκλώματος, όπου το ρεύμα είναι μεγαλύτερο από το κανονικό, ο αυτόματος διακόπτης

* Στην περίπτωση αυτή η εντολή κλεισμάτος του διακόπτη δίνεται από το χειριστή και μεταβιβάζεται από το κουμπί πιέσεως. Σε άλλες περιπτώσεις η εντολή κλεισμάτος του διακόπτη δίνεται αυτόματα, από τη μεταβολή ενός φυσικού μεγέθους (π.χ. της εντάσεως ρεύματος), όταν η μεταβολή αυτή υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή, και μεταβιβάζεται π.χ. από το ίδιο το φυσικό μέγεθος.



Σχ. 17.3ια.
Βραχυκύλωμα.



Σχ. 17.3ιβ.
Αυτόματος διακόπτης.

ανοίγει το κύκλωμα σχεδόν ακαριαία με τη βοηθεία **μαγνητικού στοιχείου**, που λειτουργεί πολύ ταχύτερα από το θερμικό. Το ρεύμα του κυκλώματος διέρχεται από το πηνίο ενός ηλεκτρομαγνήτη, που βρίσκεται μέσα στο διακόπτη. Όταν λοιπόν συμβεί βραχυκύλωμα, η ένταση του ρεύματος θα γίνει πολύ μεγάλη. Ο ηλεκτρομαγνήτης τότε έλκει έναν οπλισμό και με τον τρόπο αυτόν ανοίγουν δύο επαφές, που έχουν ως αποτέλεσμα το άνοιγμα του κυκλώματος. Όταν ο αυτόματος διακόπτης ανοίξει ένα κύκλωμα αυτό παραμένει, συνήθως, ανοικτό και μετά την αποκατάσταση της βλάβης, η οποία προκάλεσε την αύξηση της εντάσεως, χάρη σε ένα μηχανισμό μανδαλώσεως του διακόπτη στην ανοικτή θέση. Έτσι, για να κλείσει πάλι το κύκλωμα, απαιτείται η πίεση ενός κουμπιού που επαναφέρει το διακόπτη (**επανόπλιση**) σε κατάσταση λειτουργίας.

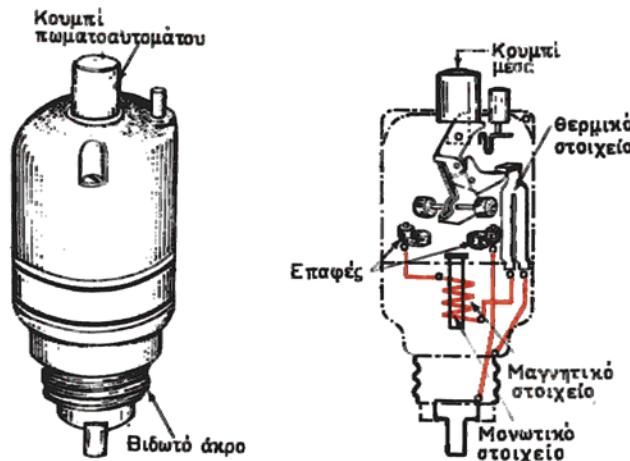
Οι αυτόματοι διακόπτες διαιρούνται στους **αυτόματους ελαίου**, στους οποίους οι επαφές διακόπτονται μέσα σε μονωτικό λάδι, και στους **αυτόματους αέρα**, στους οποίους οι επαφές ανοίγουν στον αέρα.

Ένα είδος **μικροαυτόματου διακόπτη** αέρα είναι ο λεγόμενος **πωματοαυτόματος** (σχ. 17.3ιγ). Ο διακόπτης αυτός έχει κοντά στη βάση του σπείρωμα με το οποίο βιδώνεται επάνω στον πίνακα μέσα σε ειδική υποδοχή και στην κορυφή του έχει δύο κουμπιά χειρισμού. Από αυτά το ένα εκτινάσσεται προς τα έξω, όταν λειτουργήσει ο διακόπτης και διακόψει το κύκλωμα. Για να επανοπλισθεί ο διακόπτης πρέπει να

πιεσθεί το κουμπί που έχει εκτιναχθεί.

Υπάρχουν και άλλα είδη αυτόματων διακοπτών, που ανοίγουν αυτόματα το κύκλωμα, όταν παρουσιασθεί κάποια ανωμαλία, όπως π.χ. είναι:

— Οι **αυτόματοι ελλείψεως τάσεως**, οι οποίοι ανοίγουν αυτόματα το κύκλωμα, όταν η τάση του ρεύματος κατέβει κάτω από ορισμένη τιμή. Αυτοί χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα κινητήρων, οι οποίοι, όπως γνωρίζομε, είναι δυνατόν να καταστραφούν, όταν η τάση μειωθεί πολύ.



Σχ. 17.3ιγ.
Παματοαυτόματος.

— Οι **διακόπτες με κουμπά** [παράγρ. 17.3 (5.β)], προστατεύουν το κύκλωμα από έλλειψη τάσεως, γιατί, όταν η τάση μειωθεί πολύ, πραγματοποιείται αυτόματα διακόπτη του κυκλώματος.

— Οι **αυτόματοι υπερτάσεως**, που διακόπτουν το κύκλωμα όταν η τάση φθάσει σε τιμή μεγαλύτερη από την κανονική.

Εκτός από τους αυτόματους διακόπτες προστασίας έχομε και αυτόματους διακόπτες ρυθμίσεως, οι οποίοι ανοίγουν το κύκλωμα αυτόματα κάτω από ορισμένες συνθήκες, τις οποίες καθορίζομε από πριν. Διακόπτες του είδους αυτού είναι π.χ. οι **χρονοδιακόπτες**, οι οποίοι περιλαμβάνουν ωρολογιακό μηχανισμό και ανοίγουν ή κλείνουν το κύκλωμα σε ορισμένη χρονική στιγμή, αφού ρυθμισθούν κατάλληλα.

δ) Ασφάλειες.

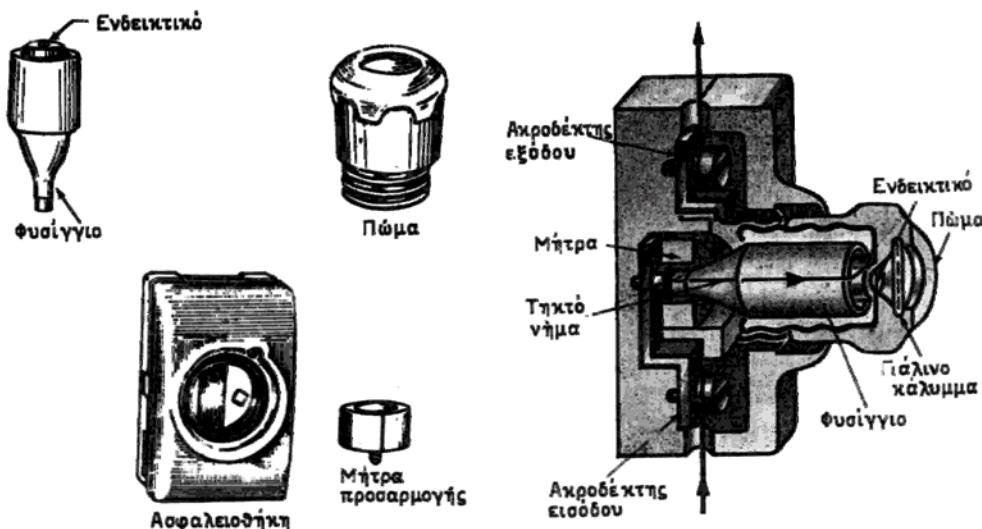
Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο 17.3(γ), στην αρχή κάθε κυκλώματος τοποθετείται ένα όργανο προστασίας. Όργανα προστασίας, εκτός από τους αυτόματους διακόπτες, είναι και οι **ασφάλειες τηκτών**.

Οι ασφάλειες τοποθετούνται στους πίνακες διανομής και στην αρχή κάθε κυκλώματος και μάλιστα **σε σειρά** προς τον ή τους αγωγούς φάσεων έτσι, ώστε να διέρχεται μέσα απ' αυτούς ολόκληρο το ρεύμα του κυκλώματος. Στην περίπτωση βραχυκυκλώματος, από το οποίο κυρίως οι ασφάλειες προστατεύουν τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, το μεγάλο ρεύμα προκαλεί την τήξη λεπτού, εύτηκτου συρματιδίου,

που καλείται **τηκτό** και βρίσκεται μέσα στην ασφάλεια· με τον τρόπο αυτό διακόπτεται η 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 εσωτερικό του το τηκτό νήμα της ασφάλειας. Στο ένα άκρο του νήματος υπάρχει **ενδεικτικό** (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 (με διαφορετικές ονομαστικές εντάσεις), επάνω στη βάση



Σχ. 17.3ιδ.
Ασφάλεια.

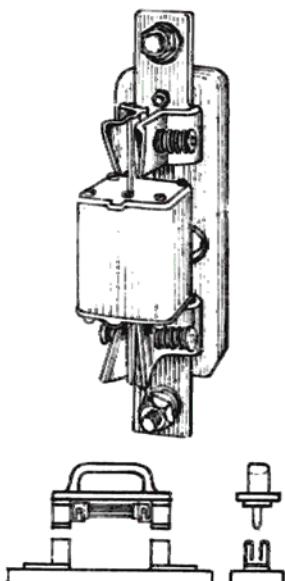
στερεώνεται για κάθε μέγεθος μια **μήτρα προσαρμογής**. Στις βάσεις των ασφαλειών βιδώνονται και οι **πωματοαυτόματοι διακόπτες** [παράγρ. 17.3 (5,γ)].

— Οι **μαχαιρωτές ασφάλειες** (σχ. 17.3ιε), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις μεγάλων εντάσεων ρεύματος. Αποτελούνται από ένα κεντρικό σώμα, στο εσωτερικό του οποίου είναι τοποθετημένο το **τηκτό**, και από δύο λεπίδες, που χρησιμεύουν για τη στερέωσή της σε μια βάση κατάλληλα διαμορφωμένη κατά τον τρόπο που κλείνουν οι επαφές των μαχαιρωτών διακοπτών. Για το χειρισμό των ασφαλειών αυτών, όταν η εγκατάσταση βρίσκεται σε λειτουργία και για την

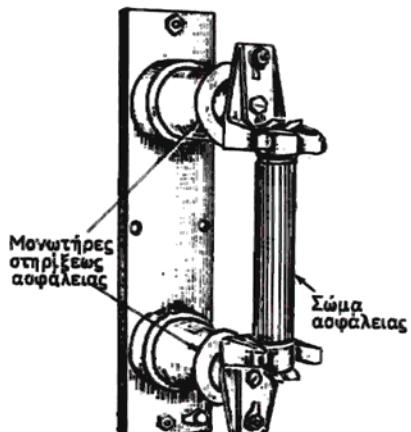
προστασία του χειριστή, χρησιμοποιούμε μονωτικές λαβίδες ή τη μονωτική λαβή (σχ. 17.3ιε), που καμία φορά είναι ενσωματωμένη στην ασφάλεια.

— Οι **κυλινδρικές ασφάλειες** (σχ. 17.3ιστ), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις υψηλής τάσεως και αποτελούνται από μονωτικό κύλινδρο, στο εσωτερικό του οποίου τοποθετείται το τηκτό.

Οι ασφάλειες εκλέγονται έτσι, ώστε η ονομαστική τους ένταση να αντιστοιχεί στην ένταση που μπορεί να διέρχεται συνεχώς από τους αγωγούς του κυκλώματος, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος υπερθερμάνσεως· η ένταση αυτή εξαρτάται από τη διατομή των αγωγών.



Σχ. 17.3ιε.
Μαχαιρωτή ασφάλεια.



Σχ. 17.3ιστ.
Κυλινδρική ασφάλεια.

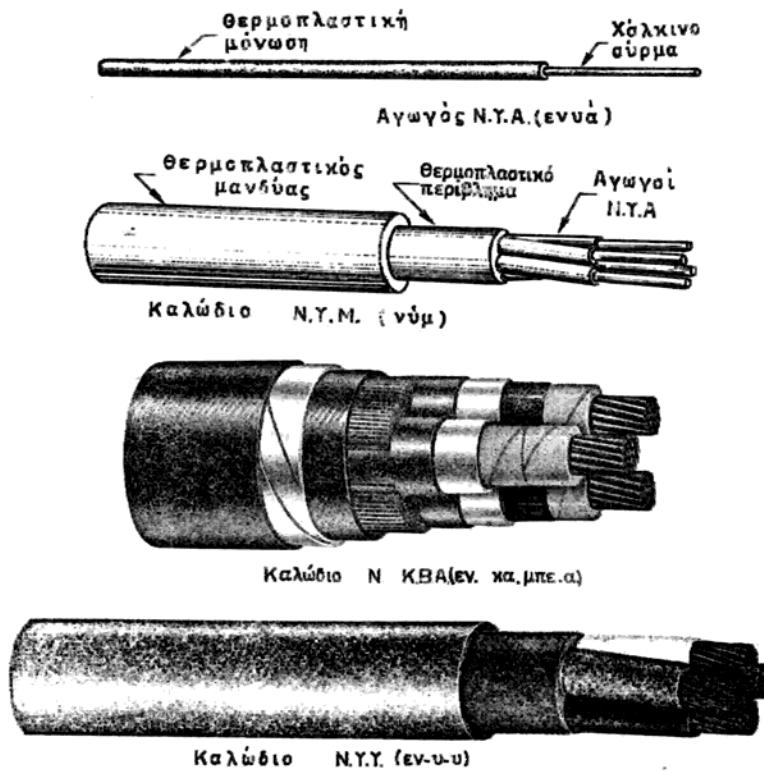
6. Εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση. Υλικά εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Από τον πίνακα διανομής αναχωρούν οι ηλεκτρικοί αγωγοί των διαφόρων κυκλωμάτων διακλαδώσεως· οι αγωγοί αυτοί είτε έχουν τη μορφή μονωμένων συρμάτων μέσα σε **ηλεκτρικούς σωλήνες** είτε τη μορφή καλωδίων, που εγκαθίστανται **χωνευτά** ή **ορατά** κατά μήκος των τοίχων και οροφών ή ακόμα, κάτω από το δάπεδο. Οι αγωγοί αυτοί καταλήγουν σε διάφορα σημεία ρευματοληψίας, από όπου τροφοδοτούνται οι διάφορες ηλεκτρικές καταναλώσεις (ηλεκτρικές συσκευές ή μηχανές). Ο πίνακας διανομής και οι ηλεκτρικοί αγωγοί, μαζύ με τα διάφορα εξαρτήματα, που απαιτούνται για τη λειτουργία της εγκαταστάσεως, αποτελούν τη λεγόμενη **εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση**.

Τα βασικά υλικά της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκαταστάσεως είναι:

1) Οι **ηλεκτρικοί αγωγοί** των κυκλωμάτων διακλαδώσεως (σχ. 17.3ιζ). Είναι συνήθως μονωμένα σύρματα ή καλώδια που αποτελούνται από περισσότερα από

ένα μονωμένα σύρματα, γύρω από τα οποία υπάρχει κοινό μονωτικό περίβλημα. Το περίβλημα περιβάλλεται και αυτό από ένα ή περισσότερα προστατευτικά περιβλήματα, για την προστασία του καλωδίου από διάφορες καταπονήσεις και επιδράσεις (π.χ. μηχανικές καταπονήσεις, επίδραση υγρασίας κλπ.).



Σχ. 17.3ιζ.
Ηλεκτρικά καλώδια και αγωγοί.

2) Οι **ηλεκτρικοί σωλήνες** (σχ. 17.3ιη), οι οποίοι χρησιμεύουν για να προστατεύουν τους μονωμένους αγωγούς της εσωτερικής εγκαταστάσεως από μηχανικές ζημιές (π.χ. τυχαίος τραυματισμός της μονώσεως των μονωμένων αγωγών από αιχμηρό αντικείμενο).

Οι σωλήνες των ηλεκτρικών γραμμών των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

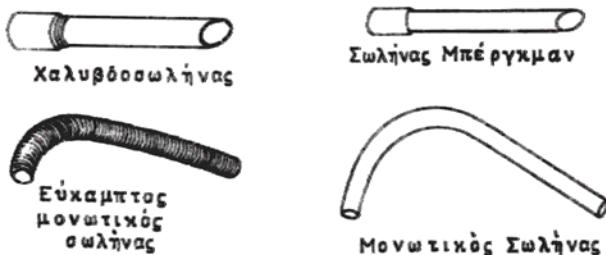
α) Τους **μονωτικούς σωλήνες**.

β) Τους **μη μονωτικούς σωλήνες**.

Οι μονωτικοί σωλήνες είναι σωλήνες από μονωτικό υλικό ή έχουν στο εσωτερικό τους μονωτική επένδυση για να εξασφαλίζεται ότι δεν θα τεθούν σε τάση στην περίπτωση που οι μέσα σ' αυτούς τοποθετούμενοι αγωγοί έχουν υποστεί κατά την τοποθέτηση κάποια καταστροφή της μονώσεώς τους. Τέτοιοι σωλήνες είναι π.χ. οι **οπλισμένοι μονωτικοί σωλήνες** (σωλήνες Μπέργκμαν) που έχουν ως μονωτικό υλικό εμποτισμένο με μονωτική ουσία χαρτί, που περιβάλλεται εξωτερικά από λεπτή επιμολυβδωμένη λαμαρίνα. Στους μονωτικούς σωλήνες ανήκουν επίσης οι **σωλήνες**

με χαλύβδινο οπλισμό (χαλυβδοσωλήνες) που πάνω από το μονωτικό τους υλικό (εμποτισμένο χαρτί) έχουν συνεχή εσωτερικό χαλύβδινο μανδύα, οι **σωλήνες χωρίς μεταλλικό οπλισμό**, που είναι από θερμοπλαστικό υλικό και άλλοι.

Οι μη μονωτικοί σωλήνες είναι μεταλλικοί σωλήνες χωρίς εσωτερική μονωτική επένδυση.



Σχ. 17.3η.
Ηλεκτρικοί σωλήνες.

Οι συνηθέστεροι ηλεκτρικοί σωλήνες είναι οι σωλήνες Μπέργκμαν και χρησιμοποιούνται, όπως και άλλοι οι σωλήνες άλλωστε, για να προστατεύονται κυρίως οι κοινοί αγωγοί εσωτερικών εγκαταστάσεων. Ως κοινοί αγωγοί χρησιμοποιούνται σήμερα οι αγωγοί NYA (σχ. 17.3ιζ) με θερμοπλαστική μόνωση: αυτοί αντικατάστησαν τους αγωγούς NGA με μόνωση από λάστιχο, που χρησιμοποιούσαν παλαιότερα. Οι σωλήνες Μπέργκμαν χρησιμοποιούνται συνήθως στις χωνευτές εγκαταστάσεις των ξηρών χώρων (χωρίς υγρασία) και τοποθετούνται κάτω από το επίχρισμα των τοίχων. Οι χαλυβδοσωλήνες και οι μεταλλικοί σωλήνες τοποθετούνται σε υγρούς χώρους, γιατί εξασφαλίζουν στεγανότητα.

Οι μονωτικοί σωλήνες χωρίς μεταλλικό οπλισμό χρησιμοποιούνται κυρίως στις διαβάσεις (περάσματα) μέσα από χωρίσματα (τοίχους). Οι σωλήνες αυτοί κατασκευάζονται συνήθως από σκληρό λάστιχο, αλλά τελευταία κατασκευάζονται και από πλαστικό υλικό και χρησιμοποιούνται συχνά αντί για τους σωλήνες Μπέργκμαν.

Ένα είδος μονωτικών σωλήνων είναι και οι ευκαμπτοί μονωτικοί σωλήνες. Αυτοί κάμπτονται με το χέρι, χωρίς να απαιτούνται ειδικά εργαλεία και εξαρτήματα για να σχηματισθούν καμπύλες, γωνίες κλπ. Οι σωλήνες αυτοί, επειδή έχουν μεγαλύτερο κόστος, χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις (διαδρομές με πολλές καμπύλες, όπου υπάρχουν απαιτήσεις για ευκαμψία και μηχανική προστασία κλπ.).

Οι ηλεκτρικοί σωλήνες κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη που χαρακτηρίζονται από την εσωτερική τους διάμετρο. Το πλήθος των αγωγών NYA, που επιτρέπεται να τοποθετήσουμε κατά μέγιστο όριο μέσα σε ένα σωλήνα, εξαρτάται από τη διάμετρό του.

Για την εγκατάσταση των σωλήνων απαιτούνται ειδικά εξαρτήματα (σχ. 17.3ιθ), τα κυριότερα από τα οποία είναι:

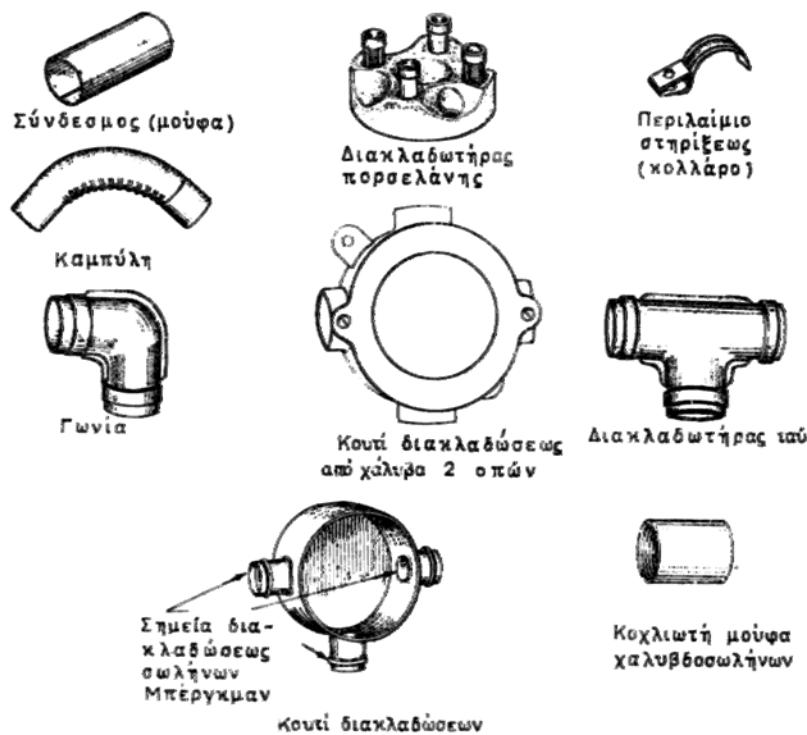
— Οι **σύνδεσμοι (μουφες)**, που χρησιμεύουν για την ένωση δύο κομματιών ενός σωλήνα.

— Οι **καμπύλες και οι γωνίες**, που χρησιμεύουν για την ένωση δύο κομματιών ενός σωλήνα, που εγκαθίστανται υπό γωνία.

— Οι διακλαδωτήρες ταυ, που χρησιμεύουν για την πραγματοποίηση διακλαδώσεων.

— Τα περιλαίμια στηρίξεως (κολλάρα), για τη στερέωση των σωλήνων Μπέργκμαν στους τοίχους σε ορατές εγκαταστάσεις.

— Τα κουτιά διακλαδώσεως ή ενώσεως (μπουάτ), που χρησιμεύουν για την πραγματοποίηση διακλαδώσεως μιας γραμμής προς δύο ή και περισσότερες κατευθύνσεις ή για την ένωση δύο κομματιών αγωγών. Τα κουτιά διακλαδώσεως ή ενώσεως είναι είτε σιδερένια, με επικαλύψη από μόλυβδο και εσωτερική μονωτική επένδυση, είτε πλαστικά. Στο εσωτερικό των κουτιών διακλαδώσεως τοποθετούνται διακλαδωτήρες από πορσελάνη ή βακελίτη, με τη βοήθεια των οποίων γίνονται οι διάφορες συνδέσεις των αγωγών. Οι συνδέσεις αυτές είναι δυνατόν να επιθεωρούνται οποτεδήποτε αν αφαιρεθεί το κάλυμμα του κουτιού, που είναι είτε βιδωτό είτε



Σχ. 17.3ιθ.
Εξαρτήματα σωλήνων.

εφαρμοστό. Τα κουτιά διακλαδώσεως κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, ανάλογα με τη διάμετρο των σωλήνων που συνδέονται σ' αυτά, ενώ οι διακλαδωτήρες έχουν μέγεθος ανάλογο με τη διατομή των αγωγών τους οποίους συνδέονται. Τα κουτιά διακλαδώσεως, εκτός από τις θέσεις στις οποίες γίνονται οι διακλαδώσεις των ηλεκτρικών γραμμών ή τις θέσεις στις οποίες προβλέπεται να γίνουν μελλοντικά διακλαδώσεις, τοποθετούνται και για να δείχνουν τη διαδρομή που ακολουθούν

οι αθέατες, χωνευτές, ηλεκτρικές σωληνώσεις. Για το σκοπό αυτόν τοποθετούνται κουτιά διακλαδώσεως σε ευθείες διαδρομές χωνευτών σωλήνων με μεγάλο μήκος (κάθε 6 μέτρα), όταν η γραμμή πηγαίνει από ένα δωμάτιο σε άλλο και όταν η γραμμή παρουσιάζει πολλές καμπύλες (συνήθως όπου οι καμπύλες είναι περισσότερες από μία).

3) Οι **διακόπτες τοίχου**. Στερεώνονται στους τοίχους και χρησιμεύουν τις περισσότερες φορές για τον έλεγχο του φωτισμού των διαφόρων χώρων. Οι διακόπτες αυτοί εγκαθίστανται είτε χωνευτοί είτε εξωτερικοί επάνω στους τοίχους (σχ. 17.3κ).



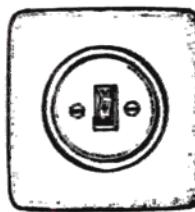
Εξωτερικός διακόπτης



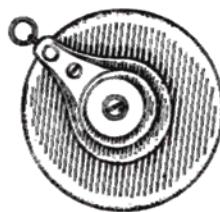
Χωνευτός διακόπτης

Σχ. 17.3κ.
Διακόπτες τοίχου.

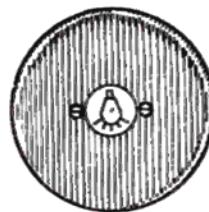
Διακόπτης "τάμπλειρ"



Διακόπτης με πλήκτρο

διακόπτης
με μοχλισκό
πλέσεωςδιακόπτης με λουμπί
πλέσεως πουμπή

τραβηγκτός διακόπτης

διακόπτης
με λουμπί
πλέσεωςΣχ. 17.3κα.
Διάφοροι διακόπτες τοίχου.

Οι διακόπτες τοίχου είναι συνήθως **περιστροφικοί** (σχ. 17.3κ), με **ανατρεπόμενο μοχλισκό** (διακόπτες **τάμπλειρ**) ή με **πλήκτρο**. Υπάρχουν επίσης διακόπτες με **λουμπί πλέσεως** (διακόπτες κλιμακοστασίων) ή **τραβηγκτοί** (σχ. 17.3κα).

Υπάρχουν τα εξής είδη διακοπών τοίχου ανάλογα με τον έλεγχο των φωτιστικών συσκευών που θέλουμε να επιτύχομε:

α) Απλοί διακόπτες, με τους οποίους ανοίγομε και κλείνομε ένα κύκλωμα φωτισμού με ένα ή περισσότερα φωτιστικά σημεία.

β) Διακόπτες διαδοχής (κομμιτατέρ), με τους οποίους μπορούμε να ελέγχομε δύο φωτιστικά σημεία ή δύο ομάδες φωτιστικών σημείων·ανάβομε πρώτα τη μια ομάδα μόνο, ύστερα (με δεύτερη περιστροφή του διακόπτη) τις δύο ομάδες μαζύ και τέλος (με τρίτη περιστροφή) τη δεύτερη ομάδα μόνο.

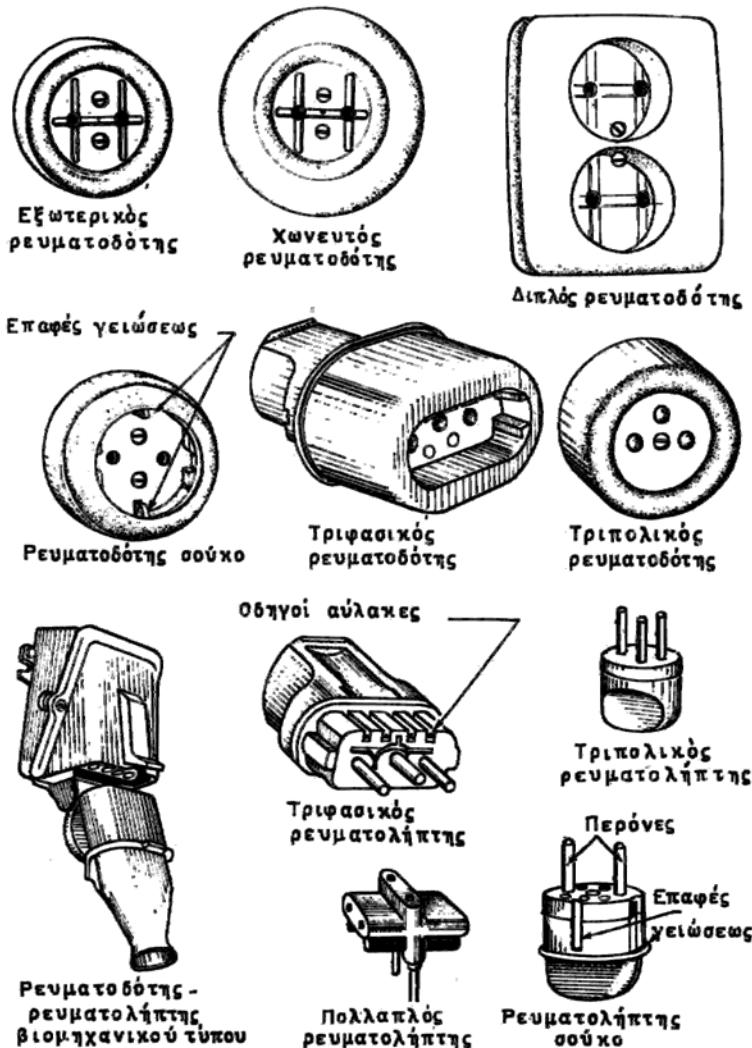
γ) Διακόπτες εναλλαγής (αλλέ - ρετούρ), με τους οποίους ελέγχομε (ανάβομε και σβήνομε) το ίδιο φωτιστικό σημείο ή ομάδα φωτιστικών σημείων από διάφορες θέσεις ενός μεγάλου χώρου (π.χ. διαδρόμου, κλιμακοστασίου κλπ.). Οι διακόπτες εναλλαγής τοποθετούνται επομένως σε δύο τουλάχιστον θέσεις. Στις περιπτώσεις που θέλουμε να ελέγχομε ένα φωτιστικό σημείο από περισσότερες από δύο θέσεις, τοποθετούμε και άλλους διακόπτες, που καλούνται **ενδιάμεσοι εναλλαγής**, στις διάφορες αυτές θέσεις μεταξύ των δύο ακραίων θέσεων. Όλοι αυτοί οι διακόπτες, όπως είδαμε και στην παράγραφο 17.3 (5.α) διακόπτουν **μόνο** τον αγωγό φάσεως.

4) Οι **ρευματοδότες (πρίζες)** και οι **ρευματολήπτες (φίς)**. Οι ρευματοδότες, όπως και οι διακόπτες τοίχου, εγκαθίστανται στον τοίχο και χρησιμεύουν για να τροφοδοτούνται οι φορητές ηλεκτρικές συσκευές. Για την τροφοδότηση μιας φορητής μονοφασικής ηλεκτρικής συσκευής απαιτείται ένας ρευματολήπτης, στο άκρο του εύκαμπτου καλωδίου μέσα από το οποίο τροφοδοτείται η συσκευή· ο ρευματολήπτης φέρει δύο ή τρία **βύσματα** (περόνες), που εισάγονται στις αντίστοιχες **υποδοχές** του ρευματοδότη (σχ. 17.3κβ). Το ένα από τα βύσματα του ρευματολήπτη χρησιμεύει για τη σύνδεση του αγωγού προστασίας. Υπάρχουν όμως και ρευματοδότες-ρευματολήπτες, όπου η σύνδεση του αγωγού προστασίας γίνεται με τη βοήθεια ειδικών επαφών (σχ. 17.3κβ), οι οποίοι καλούνται **ρευματοδότες ή ρευματολήπτες σούκο**. Για την τροφοδότηση τριφασικών καταναλώσεων (π.χ. ηλεκτροκινητήρων) χρησιμοποιούνται τριφασικοί ρευματοδότες και ρευματολήπτες (σχ. 17.3κβ).

5) Οι **λυχνιολαβές (ντουί)**, που χρησιμεύουν για τη στερέωση των λαμπτηρών φωτισμού και την τροφοδότησή τους με τροφοδοτικούς αγωγούς (**σειρίδες**), από τη σταθερή ηλεκτρική εγκατάσταση, όπως δείχνει το σχήμα 17.3κγ.

Υπάρχουν διαφόρων ειδών λυχνιολαβές, ανάλογα με το είδος του λαμπτήρα (λαμπτήρες πυρακτώσεως, λαμπτήρες φθορισμού κλπ.) και με την κατασκευή του (βιδωτοί λαμπτήρες, λαμπτήρες μπαγιονέτ). Επίσης υπάρχουν και συνδυασμοί λυχνιολαβών με ρευματοδότη ή με διακόπτη (σχ. 17.3κδ).

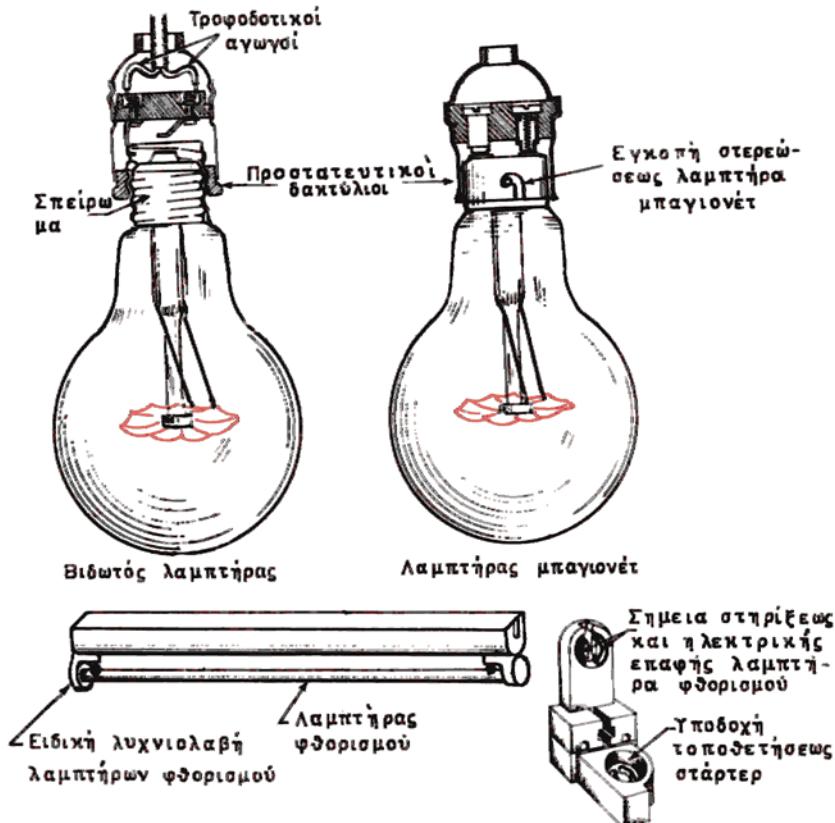
Από τα διάφορα σημεία ρευματοληψίας, στα οποία καταλήγουν οι ηλεκτρικές γραμμές σε μια εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση, τροφοδοτούνται, όπως είδαμε, οι διάφορες ηλεκτρικές καταναλώσεις (συσκευές και μηχανές). Η προστασία τόσο των ηλεκτρικών αγωγών όσο και των συσκευών και μηχανών επιτυγχάνεται με τα όργανα προστασίας του πίνακα διανομής (ασφάλειες, αυτόματοι διακόπτες). Ο έλεγχός τους (σύνδεση και αποσύνδεση των διαφόρων καταναλώσεων με την ηλεκτρική τροφοδότηση) πραγματοποιείται με τους διακόπτες του πίνακα διανομής, τους διακόπτες τοίχου ή ακόμα τους διακόπτες που είναι εγκαταστημένοι επάνω στις συσκευές ή μηχανές. Ειδικώς στις εγκαταστάσεις κινήσεως υπάρχουν κατά κανόνα για τον έλεγχο και την προστασία των κινητήρων (εκτός από τα όργανα



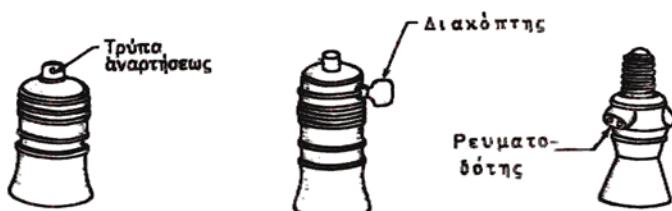
Σχ. 17.3κβ.
Ρευματοδότες και ρευματολήπτες.

προστασίας και ελέγχου που υπάρχουν στον πίνακα διανομής για κάθε κύκλωμα που αναχωρεί από αυτόν), τα εξής όργανα:

- 'Ένας μαχαιρωτός διακόπτης.
- 'Ένας αυτόματος διακόπτης με θερμικό και μαγνητικό στοιχείο, για την προστασία του κινητήρα από υπερεντάσεις και μικρά βραχυκυκλώματα (από τα μεγάλα βραχυκυκλώματα μας προστατεύουν οι ασφάλειες τηκτων) και μαγνητικό στοιχείο ελλείψεως τάσεως.
- 'Ένας εκκινητής (π.χ. διακόπτης αστέρα-τριγώνου).



Σχ. 17.3κγ.
Λυχνιολαβές.



Σχ. 17.3κδ.
Λυχνιολαβές με διακόπτη ή ρευματοδότη.

7. Πηγές φωτισμού.

Η ηλεκτρική ενέργεια εκτός από τις άλλες πολυπληθείς εφαρμογές της χρησιμεύει και για την παραγωγή φωτός.

Το ηλεκτρικό φως παράγεται κατά δύο τρόπους: α) Με διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από λεπτό μεταλλικό σύρμα, το οποίο θερμαίνεται εξαιτίας του φαινομένου Τζουλ, ερυθροπυρώνεται και ακτινοβολεί. β) Με ηλεκτρική εκκένωση

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 ουσιών που φθορίζουν.

— Ο πρώτος τρόπος χρησιμοποιείται στους λεγόμενους **λαμπτήρες πυρακτώσεως**, οι οποίοι αποτελούνται από ένα σφραγισμένο γιάλινο κώδωνα κενό από αέρα ή γεμάτο αέριο (αργό ή άζωτο). Μέσα στον κώδωνα αυτόν υπάρχει λεπτό σύρμα από βολφράμιο στερεωμένο έτσι, όπως δείχνει το σχήμα 7.3 κγ το σύρμα θερμαίνεται με τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος και παράγει φωτεινή ακτινοβολία. Στους λαμπτήρες πυρακτώσεως χρησιμοποιείται σύρμα από βολφράμιο, γιατί το υλικό αυτό έχει σημείο τήξεως 3400°C και επομένως αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες, που είναι απαραίτητες για την παραγωγή της φωτεινής ακτινοβολίας.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων πυρακτώσεως και η παραγωγή φωτός εξαρτώνται πολύ από την τάση λειτουργίας τους, σε σχέση με την ονομαστική τους τάση.

Έτσι, τάση λειτουργίας μεγαλύτερη από την ονομαστική κατά 5% μόνο, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτεινής αποδόσεως των λαμπτήρων πυρακτώσεως κατά 20% και την ελάττωση κατά 50% περίπου της διάρκειας ζωής τους, η οποία με κανονικές συνθήκες κατά μέσο όρο φθάνει τις 1000 ώρες. Η ελάττωση της τάσεως λειτουργίας έχει τα αντίθετα αποτελέσματα.

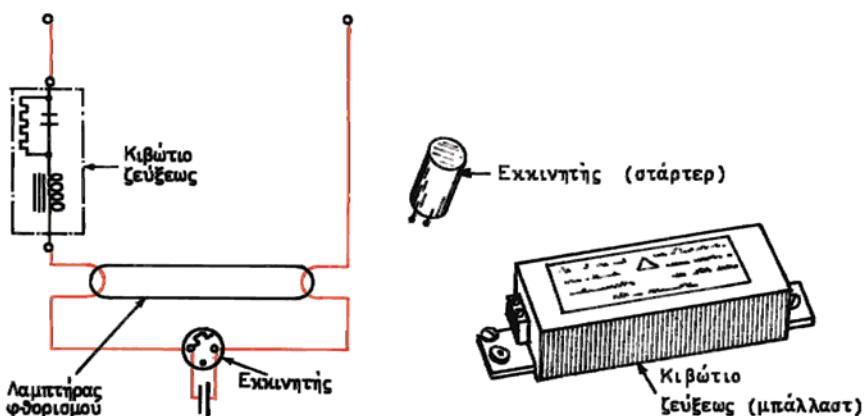
Στους λαμπτήρες πυρακτώσεως το σύρμα βολφραμίου εξαχνώνεται σιγά-σιγά και τα άτομα του βολφραμίου εξέρχονται από το πυρακτωμένο νήμα και κατευθύνονται προς τα εσωτερικά τοιχώματα του γιάλινου κώδωνα του λαμπτήρα. Η επικάθηση ενός λεπτού στρώματος από το υλικό του νήματος στο γιάλινο δοχείο ελαττώνει με την πάροδο του χρόνου το συντελεστή διαφάνειάς του (μαύρισμα), με αποτέλεσμα να μειώνεται η φωτεινή απόδοση των λαμπτήρων.

Το μαύρισμα του γιάλινου κώδωνα είναι μικρότερο στους λαμπτήρες πυρακτώσεως που έχουν αέριο, το αέριο εμποδίζει κάπως την εξάχνωση του νήματος, σε σύγκριση με τους λαμπτήρες κενού, αποφεύγεται δε τελείως αν στο αέριο προστεθεί ποσότητα αλογόνων (π.χ. ιαδίου ή βρωμίου). Στο τελευταίο αυτό είδος λαμπτήρων, οι παραγόμενοι ατμοί βολφραμίου ενώνονται με το ιώδιο και σχηματίζουν ιαδιούχο βολφράμιο σε αέρια μορφή· αυτό, εξαιτίας του θερμικού ανοδικού ρεύματος που σχηματίζεται, οδεύει προς το πυρακτωμένο νήμα και εκεί, με την υψηλή θερμοκρασία που επικρατεί κοντά στο νήμα, διασπάται πάλι σε ιώδιο και βολφράμιο, το οποίο επιστρέφει επάνω στο νήμα. Επειδή οι λαμπτήρες πυρακτώσεως με αλογόνα λειτουργούν με υψηλή θερμοκρασία, ως υλικό κατασκευής του κώδωνα χρησιμοποιείται η χαλαζιακή ύαλος. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως με αλογόνα έχουν μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση από τους κοινούς λαμπτήρες, διπλάσια περίπου μέση διάρκεια ζωής και μικρότερες διαστάσεις. Η χρησιμοποίηση γιαλιού από χαλαζία για την κατασκευή του κώδωνα των λαμπτήρων αλογόνων επιτρέπει τη μείωση των διαστάσεων των λαμπτήρων αυτών· επιτρέπει επίσης την πλήρωσή του με αέριο μεγαλύτερης πιέσεως, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ικανότητα φορτίσεως του νήματος και επομένως η φωτεινή απόδοση. Οι λαμπτήρες αλογόνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε προβολείς αυτοκινήτων, σε κινηματογραφικούς προβολείς ή προβολείς διαφανειών, σε προβολείς εγκαταστάσεων κινηματογραφήσεως, σε προβολείς αθλητικών γηπέδων κλπ.

— Ο δεύτερος τρόπος για να παραχθεί φως χρησιμοποιείται στους λαμπτήρες εκκενώσεων. Αυτοί είναι σφραγισμένοι γιάλινοι κώδωνες ή σωλήνες μέσα στους οποίους υπάρχουν αέρια ή μεταλλικοί ατμοί με χαμηλή ή υψηλή πίεση και δύο ηλεκτρόδια. Μεταξύ των ηλεκτροδίων προκαλείται συνεχής ηλεκτρική εκκένωση, η οποία είτε ακτινοβολεί στη φωτεινή περιοχή του φάσματος, όπως γνωρίζουμε από τη Φυσική, είτε αποδίδει το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας της με τη μορφή υπεριαδών ακτίνων. Οι ακτίνες αυτές επιδρούν στην επικάλυψη των εσωτερικών παρειών των σωλήνων των λαμπτήρων, η οποία αποτελείται από φθοριζουσες ουσίες, με αποτέλεσμα να εμπέμπονται από την επικάλυψη αυτή φωτεινές ακτίνες.

Λαμπτήρες εκκενώσεων είναι οι σωλήνες **νέσον**, που χρησιμοποιούνται κυρίως στις φωτεινές επιγραφές των διαφημίσεων, οι λαμπτήρες με **ατμούς νατρίου**, οι λαμπτήρες με **ατμούς υδραργύρου** χαμηλής και υψηλής πίεσεως και τέλος οι γνωστότεροι **λαμπτήρες φθορισμού**.

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι γιάλινοι σωλήνες, μέσα στους οποίους πραγματοποιείται ηλεκτρική εκκένωση διαμέσου των ατμών υδραργύρου και οι οποίοι έχουν εσωτερική επικάλυψη από φθοριζουσες ουσίες. Για τη έναρξη και την συνέχιση της λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού απαιτείται ειδικός διακόπτης μικρών διαστάσεων, που καλείται **εκκινητής** (στάρτερ), και ένα κιβώτιο με πηνία αυτεπαγγήγες και πυκνωτές, που καλείται **κιβώτιο ζεύξεως** (μπάλλαστ). Τα εξαρτήματα αυτά εγκαθίστανται κοντά στους λαμπτήρες φθορισμού (σχ. 17.3κγ και 17.3κε) και είναι απαραίτητα για να γίνει η εκκένωση όταν θέτομε το λαμπτήρα υπό τάση με το κλείσιμο του κυκλώματος.



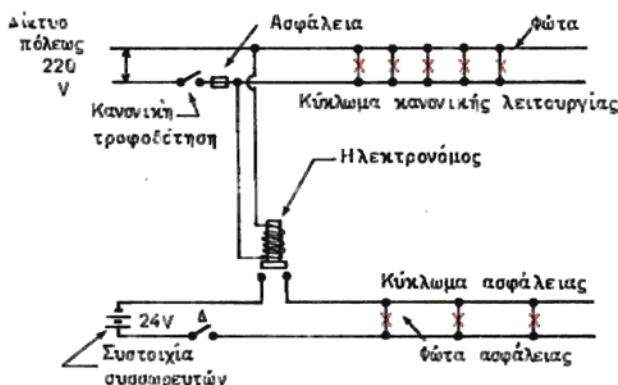
Σχ. 17.3κε.
Εξαρτήματα λαμπτήρων φθορισμού.

Η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φθορισμού είναι τόσο μικρότερη όσο συχνότερα τους ανάβομε και τους σβήνομε. Αυτό συμβαίνει γιατί με κάθε άναμμα αποσπάται από το νημα των ηλεκτροδίων τους κάποια ποσότητα ενεργής ουσίας (μεταλλικά οξείδια), η οποία επικάθεται στα γιάλινα τοιχώματα του λαμπτήρα, κυρίως κοντά στα άκρα του σωλήνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μαυρίζει ο γιάλινος σωλήνας και επομένως να μειώνεται η φωτεινή του απόδοση και να

δημιουργούνται ενοχλητικές διακυμάνσεις του φωτός, όταν τα ηλεκτρόδια χάσουν τα μεταλλικά οξείδια, με τα οποία καλύπτονται.

Οι λαμπτήρες φθορισμού πλεονεκτούν αν συγκριθούν με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, γιατί έχουν μικρή **λαμπρότητα** και μπορούν να χρησιμοποιηθουν χωρίς φωτιστικό σώμα· δεν προκαλούν **θάμβωση** στα μάτια, δίνουν φως ημέρας σε κλειστούς χώρους και έχουν μεγαλύτερη φωτεινή απόδοση (απόδίδουν 3 ως 6 φορές περισσότερο φως απορροφώντας την (διά ισχύ)· αναπτύσσουν επίσης μικρές θερμοκρασίες (μπορουν επομένως 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. Το είδος του λαμπτήρα που πρέπει να χρησιμοποιείται για κάθε χώρο πρέπει να εκλέγεται πάντοτε ανάλογα με το είδος του χώρου. (Οι λαμπτήρες φθορισμού κατασκευάζονται για διάφορα χρώματα φωτός και δεν απόδίδουν όλοι τα χρώματα των αντικειμένων και των προσώπων που φωτίζουν με πιστότητα· σε ορισμένους εξάλλου χώρους κατοικιών πρέπει να εγκαθίστανται λαμπτήρες πυρακτώσεως).

Εκτός από τις συνηθισμένες εγκαταστάσεις φωτισμου, υπάρχουν και ορισμένες ειδικές εγκαταστάσεις, όπως είναι η εγκατάσταση **φωτισμού ασφάλειας**, που πρέπει να υπάρχει σε χώρους συγκεντρώσεως πολλών ανθρώπων (κινηματογράφοι, θέατρα, εργοστάσια, νοσοκομεία κλπ.). Εγκατάσταση αυτού του είδους φαίνεται σχηματικά στο σχήμα 17.3κτ· Η εγκατάσταση αυτή τροφοδοτείται με ρεύμα από ανεξάρτητη πηγή. Αν, για οποιοδήποτε λόγο σταματήσει η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της πόλεως, τα φωτα της κανονικής εγκαταστάσεως φωτισμου σβήνουν, αλλά ο οπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη, που συνδέεται στην αρχή του κυκλώματος κανονικου φωτισμού, πέφτει και κλείνει το κύκλωμα φωτισμου ασφάλειας, με αποτέλεσμα να μην διακοπεί ο φωτισμός του χώρου.



Σχ. 17.3κτ.
Φωτισμός ασφάλειας.

17.4. Ερώτησεις.

- Πόσων ειδών σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουμε;
- Πώς επιτυγχάνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε έναν Α.Η.Σ.Π.;

3. Γιατί η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις πραγματοποιείται με υψηλή τάση;
 4. Με ποια τάση παρέχεται το ρεύμα στους καταναλωτές (υψηλή ή χαμηλή);
 5. Πως είναι κατασκευασμένοι οι αγωγοί της εναέριας ηλεκτρικής γραμμής και πως είναι κατασκευασμένα τα υπόγεια καλώδια;
 6. Ποιοι είναι οι βασικοί λόγοι εγκαταστάσεως υπόγειων δικτύων και που εγκαθίστανται τα δίκτυα αυτά;
 7. Σε ποιες περιπτώσεις κατασκευάζονται ιδιωτικοί υποσταθμοί και γιατί;
 8. Πως παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ηλεκτρικής επιχειρήσεως στους καταναλωτές;
 9. Τι καλείται πίνακας διανομής και πως είναι κατασκευασμένος; Ποια οργάνα φέρει ένας πίνακας διανομής και πως συνδέονται μεταξύ τους τα όργανα αυτά;
 10. Ποια είδη διακοπών πίνακα διακρίνομε;
 11. Τι είναι οι αυτόματοι διακόπτες και σε τι χρησιμεύουν;
 12. Ποιοι διακόπτες χρησιμοποιούνται συνήθως στις εγκαταστάσεις κινήσεως και ποια η αρχή λειτουργίας τους;
 13. Που τοποθετούνται οι ασφάλειες τηκτών και πως είναι κατασκευασμένες; Ποιος ο προορισμός τους;
 14. Πως είναι κατασκευασμένοι οι ηλεκτρικοί αγωγοί των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων;
 15. Σε τι χρησιμεύουν οι ηλεκτρικοί σωληνες;
 16. Τι όργανα εγκαθίστανται για την προστασία και έλεγχο των κινητήρων;
 17. Που εγκαθίστανται κιβώτια διακλαδώσεως ή ενώσεως και γιατί;
 18. Ποια είδη διακοπών τοίχου έχομε από άποψη λειτουργίας και τρόπου ελέγχου των κυκλωμάτων;
 19. Πόσες επαφές μπορεί να έχει ο μονοφασικός ρευματοδότης-ρευματολήπτης και πόσες ο τριφασικός;
 20. Ποιοι είναι οι δύο τρόποι παραγωγής φωτός; Ποια είδη λαμπτήρων χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φωτός με καθένα από τους δύο τρόπους;
 21. Ποια εξαρτήματα απαιτούνται για τη λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού; Ποια τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων αυτών σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως;
 22. Που χρησιμοποιείται ο φωτισμός ασφάλειας και πως λειτουργει;
-

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ
ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

18.1 Ηλεκτρικές μετρήσεις. Είδη και κατηγορίες ηλεκτρικών οργάνων.

Τα διάφορα ηλεκτρικά μεγέθη, όπως είναι η ηλεκτρική τάση, η ένταση, η αντίσταση κλπ. μετρούνται με τη βοήθεια ειδικών οργάνων, που καλούνται **όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων**. Με τα όργανα αυτά βρίσκομε την αριθμητική τιμή ενός ηλεκτρικού μεγέθους εκφρασμένη στις μονάδες με τις οποίες μετρούμε το μέγεθος αυτό. Έτσι βρίσκομε π.χ. πόση είναι η τάση σε βολτ που επικρατεί μεταξύ δύο σημείων, πόση είναι η αντίσταση σε Ωμ που παρουσιάζει ένα σύρμα κ.ο.κ.

Με τα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων είναι δυνατόν να μετρήσουμε και μη ηλεκτρικά μεγέθη, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η στάθμη υγρών κλπ. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατάλληλη αναγωγή τους σε μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών.

Τα όργανα των ηλεκτρικών μετρήσεων είναι διαφόρων ειδών, ανάλογα με το ηλεκτρικό μέγεθος που μετρούν. Έτσι, για τη μέτρηση της τάσεως χρησιμοποιούνται **βολτόμετρα**, της εντάσεως **αμπερόμετρα**, της αντιστάσεως **ωμόμετρα**, της ισχύος **βαττόμετρα**, της συχνότητας **συχνόμετρα**, του συντελεστή ισχύος **συνημιτόμετρα** και της ηλεκτρικής ενέργειας **μετρητές (γνώμονες)**.

Τα όργανα των ηλεκτρικών μετρήσεων διαιρούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τη σκοπιά από την οποία εξετάζονται. Έτσι, ως προς την ακρίβεια της παρεχόμενης μετρήσεως, διαιρούνται σε **όργανα βιομηχανικής ακρίβειας και σε όργανα εργαστηριακής ακρίβειας**.

Όπως σε κάθε μέτρηση, έτσι και στις ηλεκτρικές προκύπτουν αναπόφευκτα **σφάλματα**. Αυτά μπορεί να προέρχονται από ατέλεια εκτελέσεως της μετρήσεως ή από ατέλεια των οργάνων που χρησιμοποιούμε η ακόμη, από άλλες αιτίες, όπως είναι οι επιδράσεις του περιβάλλοντος κλπ.

Τα σφάλματα των μετρήσεων διακρίνονται σε **απόλυτα και σε σχετικά**. **Απόλυτο σφάλμα** είναι η διαφορά της τιμής του μεγέθους, που βρίσκομε με τη μέτρηση, από την πραγματική τιμή του. **Σχετικό σφάλμα** είναι το πηλίκον του απόλυτου σφάλμα-

τος δια της πραγματικής τιμής. Η απόκλιση της τιμής μετρήσεως από την πραγματική τιμή, αν αναχθεί στην πραγματική τιμή δηλαδή το σχετικό σφάλμα, δίνεται ως εκατοστιαίο ποσοστό (%) και εκφράζει την **ακρίβεια της μετρήσεως**.

Η **ακρίβεια ενός οργάνου** εξάλλου καθορίζεται από το μέγιστο σφάλμα, που οφείλεται μόνο στο όργανο, και δίνεται συνήθως ως εκατοστιαίο ποσοστό της **τελικής τιμής της κλίμακας μετρήσεως του οργάνου** (παράγρ. 18.14).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εάν το είναι η πραγματική τιμή ενός μεγέθους και τ' η ένδειξη του οργάνου κατά τη μέτρηση του μεγέθους αυτού, το απόλυτο σφάλμα θα είναι $\tau' - \tau = \Delta$, ενώ το σχετικό σφάλμα θα είναι:

$$\delta = \frac{\tau' - \tau}{\tau} = \frac{\Delta}{\tau}$$

ή επί τοις εκατό,

$$\delta\% = \frac{\Delta}{\tau} \cdot 100\%$$

Το σχετικό σφάλμα ισούται περίπου και προς: $\frac{\Delta}{\tau'}$

Η ακρίβεια ενός οργάνου είναι, όπως είπαμε, ίση προς το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να κάνει κατά τη μέτρηση το όργανο και δίνεται ως ποσοστό επί τοις εκατό της τελικής τιμής της κλίμακας μετρήσεως. Αν επομένως ένα όργανο μετρήσεως π.χ. τάσεως (βολτόμετρο) μπορεί να μετρήσει τάσεις μέχρι 300 V με ακρίβεια $\pm 0,5\%$ και σε μια συγκεκριμένη μέτρηση μετρήσει 150 V, τότε το μέγιστο απόλυτο σφάλμα του οργάνου θα είναι:

$$\Delta = \frac{\pm 0,5 \times 300}{100} = \pm 1,5 \text{ V}$$

συνεπώς η τάση που μετρήθηκε θα έχει πραγματική τιμή τ , που θα βρίσκεται μεταξύ των τιμών 148,5 V και 151,5 V, αν βέβαια ληφθεί υπόψη μόνο το σφάλμα του οργάνου. Το μέγιστο σχετικό σφάλμα του οργάνου είναι:

$$\delta\% = \frac{\pm 1,5 \text{ V} \times 100}{150} \% = \pm 1\%$$

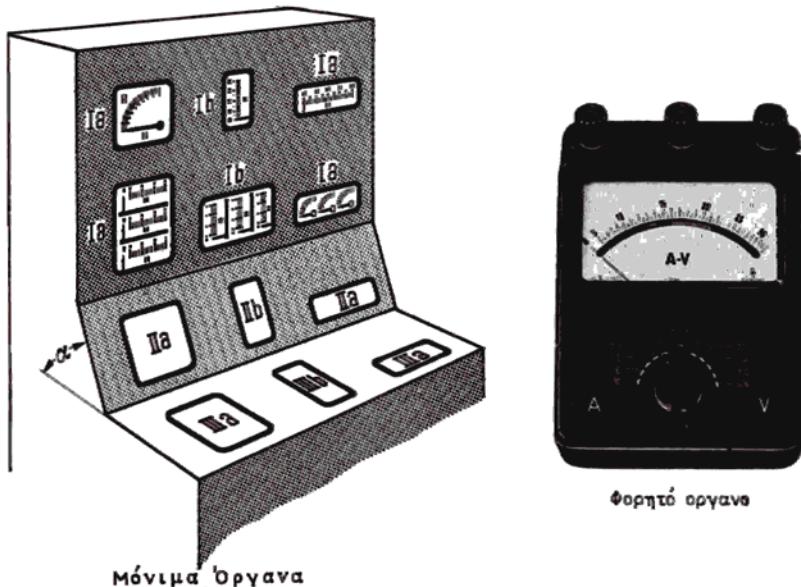
για τη μέτρηση που αναφέραμε.

Τα όργανα βιομηχανικής ακρίβειας, που χρησιμοποιούμε κυρίως για μετρήσεις επί τόπου των εγκαταστάσεων, έχουν ακρίβεια από 5% ως 1% και χωρίζονται σε διάφορες **κλάσεις ακρίβειας** (π.χ. κλάση 1,5 που σημαίνει ακρίβεια $\pm 1,5\%$, κλάση 2,5 που σημαίνει ακρίβεια $\pm 2,5\%$ κ.ο.κ.). Τα όργανα εργαστηριακής ακρίβειας, που χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά μόνο στα εργαστήρια, έχουν μεγάλη ακρίβεια, που κυμαίνεται από 0,5% ως 0,1% και χωρίζονται επίσης σε αντίστοιχες κλάσεις ακρίβειας, π.χ. 0,2 (ακρίβεια $\pm 0,2\%$).

Ως προς τον **τρόπο εγκαταστάσεως**, τα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων διακρίνονται σε **όργανα πίνακα ή μόνιμα όργανα** και σε **φορητά όργανα**. Τα μόνιμα όργανα εγκαθίστανται μόνιμα επάνω σε πίνακες ή τραπέζια μετρήσεων· τα **φορητά όργανα**

μπορούν να μεταφέρονται από θέση σε θέση για μετρήσεις επί τόπου στις διάφορες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (σχ. 18.1α):

Ως προς τον **τρόπο**, κατά τον οποίο παρέχεται το αποτέλεσμα της μετρήσεως, τα ηλεκτρικά όργανα χωρίζονται επίσης σε διάφορες κατηγορίες. Μια από αυτές είναι τα **ενδεικτικά όργανα**, στα οποία το αποτέλεσμα της μετρήσεως δίνεται από ένα **δείκτη (όργανα με δείκτη)**. Ο δείκτης αυτός κινείται μπροστά σε μια **κλίμακα**, που έχει αριθμημένες υποδιαιρέσεις, και σταματά στην υποδιαιρέση της κλίμακας που αντιστοιχεί στον αριθμό των μονάδων του μετρούμενου μεγέθους.



Σχ. 18.1α.
Μόνιμα και φορητά όργανα μετρήσεως.

Άλλες κατηγορίες οργάνων είναι οι εξής:

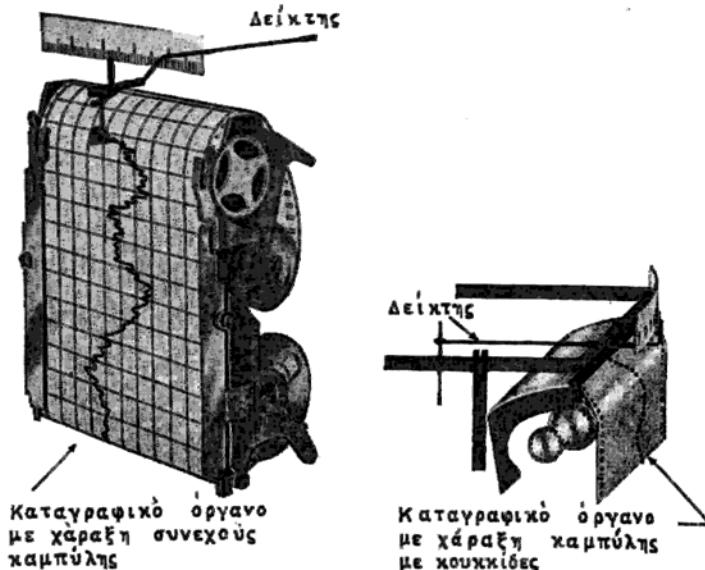
α) Τα **καταγραφικά όργανα**, που φέρουν και αυτά δείκτη, στο ελεύθερο άκρο του οποίου όμως στερεώνεται μια γραφίδα. Η γραφίδα σημειώνει επάνω σε χαρτί με υποδιαιρέσεις, το οποίο κινείται με σταθερή ταχύτητα κάτω από τη γραφίδα, μια συνεχή γραμμή ή μια κουκκίδα σε κανονικά χρονικά διαστήματα· η γραμμή ή η κουκκίδα βρίσκεται κάθε φορά σε διαφορετική θέση ανάλογα με τη θέση που έχει εκείνη τη στιγμή ο κινητός δείκτης. Έτσι χαράσσεται στο χαρτί μια καμπύλη, η οποία παριστάνει τη μεταβολή του μεγέθους που μετρούμε σε συνάρτηση με το χρόνο (σχ. 18.1β).

β) Οι **καθοδικοί παλμογράφοι**. Είναι ηλεκτρονικά όργανα, που πραγματοποιούν επίσης μετρήσεις με χάραξη της καμπύλης μεταβολής ηλεκτρικών μεγεθών που μεταβάλλονται γρήγορα. Στα όργανα αυτά η καμπύλη εμφανίζεται σε ειδική οθόνη.

γ) Τα όργανα **ψηφιακής ενδείξεως**. Σ' αυτά το αποτέλεσμα της μετρήσεως δίνεται κατευθείαν με αριθμούς, που σχηματίζονται με μια σειρά από ψηφία είτε από έναν απαριθμητικό μηχανισμό είτε από ένα ηλεκτρονικό σύστημα. Στην

τελευταία περίπτωση οι αριθμοί είναι φωτεινοί γιατί σχηματίζονται με λυχνίες.

δ) Τα **όργανα με γέφυρα**. Σ' αυτά το αποτέλεσμα της μετρήσεως δείχνεται συνήθως από έναν ακίνητο δείκτη, μπροστά από τον οποίο περιστρέφομε εμείς κυκλική κλίμακα βαθμολογημένη κατάλληλα. Η περιστροφή συνεχίζεται μέχρι που να μηδενισθεί η ένδειξη ενός ενδεικτικού οργάνου, το οποίο είναι συνήθως ενσωματωμένο στο όργανο μετρήσεως.



Σχ. 18.1β.
Καταγραφικά όργανα.

18.2 Θέσεις οργάνων και κλίμακες μετρήσεων.

Τα ηλεκτρικά όργανα κατά τη χρήση τους πρέπει να τοποθετούνται στην κανονική θέση, που προβλέπει γι' αυτά ο κατασκευαστής τους. Η θέση αυτή μπορεί να είναι **οριζόντια, κατακόρυφη ή πλάγια** (με ορισμένη γωνία).



Σχ. 18.2α.
Κλίμακα μετρήσεως.

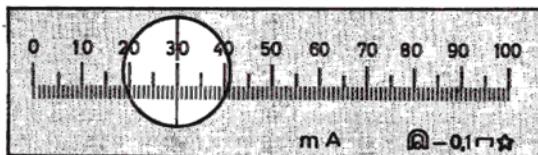
Η κλίμακα μετρήσεως των οργάνων φέρει, όπως είπαμε, υποδιαιρέσεις (σχ. 18.2a). Πολλές φορές, όταν η ακρίβεια του οργάνου αναφέρεται σε ένα τμήμα μόνο από όλη την κλίμακα, έχει δύο τελείες, στην αρχή και στο τέλος του τμήματος αυτού της κλίμακας.

Επάνω από την κλίμακα αυτή των μετρήσεων κινείται ο δείκτης του οργάνου, που είναι κατασκευασμένος από κράμα αλουμινίου, για να είναι ελαφρός. Υπάρχουν όμως και όργανα στα οποία ο δείκτης αποτελείται από ένα φωτεινό είδωλο. Τα όργανα αυτά καλούνται **όργανα με φωτεινή κηλίδα**. Ο μηχανισμός του οργάνου αυτού κινεί ένα μικρό κάτοπτρο, το οποίο με τη βοήθεια ενός λαμπτήρα αποστέλλει λεπτή φωτεινή δέσμη επάνω στην κλίμακα του οργάνου. Τότε στην κλίμακα προβάλλεται φωτεινή κηλίδα με μια χαραγή στο κέντρο (σχ. 18.2β). Ο φωτεινός αυτός δείκτης (η φωτεινή κηλίδα) κινείται κατά μήκος της κλίμακας και σταματά στην υποδιαίρεση που αντιστοιχεί στο αποτέλεσμα της μετρήσεως (σχ. 18.2β).

Στα ηλεκτρικά όργανα μετρήσεως, εκτός από την κλάση ακρίβειάς τους (παράγρ. 18.1) έχουν σημασία και δύο ακόμη χαρακτηριστικά: η **ευαισθησία** του οργάνου και η **ίδια κατανάλωσή του**.

Ευαισθησία ενός οργάνου καλείται το πηλίκον της μετακινήσεως του δείκτη σε mm δια της μεταβολής του μετρούμενου μεγέθους: π.χ. 8 mm/A, που σημαίνει ότι για κάθε αύξηση της μετρούμενης εντάσεως του ρεύματος κατά 1 A, ο δείκτης μετακινείται κατά 8 mm. Ευαισθητό όργανο χαρακτηρίζεται εκείνο, στο οποίο πραγματοποιείται μεγάλη μετακίνηση του δείκτη για μικρή μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους.

Η **ίδια κατανάλωση** εκφράζεται συνήθως σε mW ή mVA. Στα βολτόμετρα είναι το γινόμενο της μετρούμενης **τάσεως** επί την **ένταση** που απορροφά το όργανο. Στα αμπερόμετρα είναι το γινόμενο της μετρούμενης εντάσεως επί την πτώση τάσεως που προκαλεί η ένταση αυτή όταν διέρχεται από το όργανο. Είναι φανερό ότι όσο



Σχ. 18.2β.
Κλίμακα μετρήσεως με φωτεινή κηλίδα.

μικρότερη είναι η **ίδια κατανάλωση**, στα βολτόμετρα μεν έχουμε μικρή απορρόφηση ρεύματος (δηλαδή το όργανο έχει μεγάλη αντίσταση σε Ω), ενώ στα αμπερόμετρα έχουμε μικρή πτώση τάσεως (δηλαδή το όργανο έχει μικρή αντίσταση σε Ω). Με την παρεμβολή του οργάνου στο κύκλωμα για την εκτέλεση της μετρήσεως, μεταβάλλεται λίγο το προς μέτρηση μέγεθος, γιατί στην ηλεκτρική αντίσταση του κυκλώματος προστίθεται και η αντίσταση του ίδιου του οργάνου. Επομένως ένα όργανο με μικρή **ίδια κατανάλωση** επηρεάζει πολύ λίγο το μετρούμενο μέγεθος.

Κατά κανόνα τα όργανα με μικρή **ίδια κατανάλωση** έχουν και μεγάλη ευαισθησία.

18.3 Εσωτερικός μηχανισμός ηλεκτρικών οργάνων.

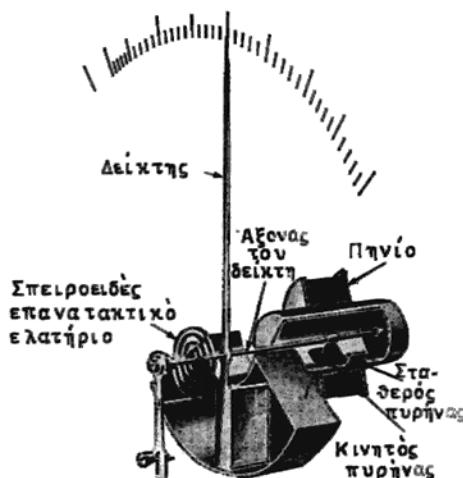
Ανάλογα με τον εσωτερικό μηχανισμό που χρησιμοποιείται στα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων διακρίνομε τις ακόλουθες κατηγορίες οργάνων (η μέτρηση

των διαφόρων ηλεκτρικών μεγεθών πραγματοποιείται πάντοτε με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο διέρχεται από το όργανο):

α) Όργανα με κινητό σίδηρο.

Τα όργανα αυτά περιλαμβάνουν ένα πηνίο, στου οποίου το εσωτερικό υπάρχουν ως πυρηνες ένα σταθερό κομμάτι από μαλακό σίδηρο και ένα κινητό κομμάτι από μαλακό σίδηρο στερεωμένο στον άξονα του δείκτη. Όταν συνδέομε το όργανο σε ηλεκτρικό κύκλωμα για την εκτέλεση μετρήσεως, από το πηνίο διέρχεται ρεύμα το οποίο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Το πεδίο αυτό μαγνητίζει τους δύο πυρηνες προς την ίδια κατεύθυνση, με αποτέλεσμα τα δύο σιδερένια κομμάτια να απωθούνται. Έτσι ο κινητός πυρήνας περιστρέφεται μαζί με τον άξονα του δείκτη, έως ότου αντισταθμίσει την αντιτιθέμενη ροπή ενός σπειροειδούς ελατηρίου (σχ. 18.3a) που καλείται **επανατακτικό ελατήριο**. Με αυτόν τον τρόπο η στρεπτική ροπή που αναπτύσσεται μεταξύ των πυρήνων είναι ανάλογη προς την ένταση του διερχόμενου από το πηνίο ρεύματος και αποτελεί μέτρο της εντάσεως αυτής, η οποία δείχνεται με την ανάλογη απόκλιση του δείκτη.

Στα όργανα με κινητό σίδηρο η μαγνήτιση των δύο πυρήνων έχει πάντοτε την ίδια κατεύθυνση, οποιαδήποτε και αν είναι η φορά του ρεύματος μέσα στο πηνίο. Επομένως, τα όργανα αυτά είναι κατάλληλα για μετρήσεις και σε συνεχές και σε εναλλασσόμενο ρεύμα.



Σχ. 18.3a.
Όργανο με κινητό σίδηρο.

Έχουν επίσης σχετικά υψηλή ίδια κατανάλωση και επομένως δεν είναι κατάλληλα για τη μέτρηση μικρών τιμών, όπως π.χ. μικρών εντάσεων ή τάσεων. Επίσης, δεν παρουσιάζουν ευαισθησία σε υπερφορτίσεις μικρής διάρκειας και χρησιμοποιούνται κυρίως ως όργανα πίνακα και ως συνήθη φορητά όργανα για μετρήσεις σειράς.

β) Όργανα με κινητό πηνίο.

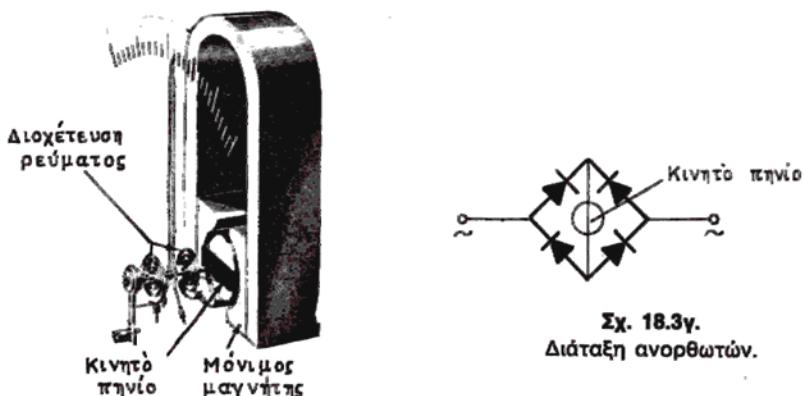
Στα όργανα αυτά ο δείκτης στερεώνεται στον άξονα ενός πηνίου, το οποίο

μπορεί να περιστρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μόνιμου μαγνήτη. Το ρεύμα του κυκλώματος στο οποίο συνδέεται το όργανο, διέρχεται από δύο χάλκινα σπειροειδή ελατήρια (σχ. 18.3β) και από το κινητό πηνίο, το οποίο περιστρέφεται τότε, μέχρι που ν' αντισταθμίσει τη ροπή που εξασκούν τα ελατήρια.

Αν αλλάξει η διεύθυνση του ρεύματος, το πηνίο στρέφεται κατ' αντίστροφη φορά. Τα όργανα αυτά λοιπόν είναι κατάλληλα μόνο για μετρήσεις σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

Τα όργανα με κινητό πηνίο είναι πολύ ευαισθητά και έχουν μικρή (ΐδια κατανάλωση, χρησιμοποιούνται δε ως όργανα ακρίβειας.

Επειδή τα όργανα με κινητό πηνίο έχουν τη μεγαλύτερη από όλα τα άλλα όργανα ευαισθησία (σ' αυτά ανήκουν και τα όργανα με την ιδιαίτερα μεγάλη ευαισθησία που καλούνται *γαλβανόμετρα*), είναι επιθυμητό να μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε και για μετρήσεις στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρεμβολή διατάξεως ανορθωτών (σχ. 18.3γ). Ο: ανορθωτικές διατάξεις χρησιμοποιούνται συνήθως σε όργανα με κινητό πηνίο **πολλών περιοχών μετρήσεως**.



Σχ. 18.3β.
Όργανο με κινητό πηνίο.

γ) Θερμικά όργανα.

Τα θερμικά όργανα παρουσιάζουν τρεις παραλλαγές:

Στη μία από αυτές, διέρχεται το ρεύμα του κυκλώματος από ένα σύρμα από ιριδιούχο λευκόχρυσο που όταν θερμαίνεται διαστέλλεται. Τότε με μια κατάλληλη διάταξη (σχ. 18.3δ) άλλων συρμάτων, το σύρμα αυτό στρέφει τελικά το δείκτη του οργάνου.

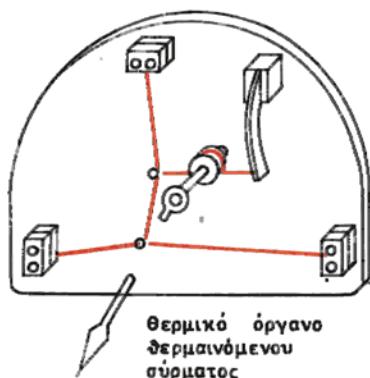
Τα όργανα αυτά έχουν σχεδόν αντικατασταθεί σήμερα από άλλα όργανα, στα οποία η θερμότητα του θερμαινόμενου σύρματος μεταδίδεται σε ένα **θερμοηλεκτρικό ζεύγος** συγκολλημένο επάνω στο σύρμα (σχ. 18.3ε). Το θερμοηλεκτρικό αυτό ζεύγος καθώς θερμαίνεται παράγει, όπως γνωρίζομε από τη Φυσική, ηλεκτρική τάση, την οποία μετρούμε χρησιμοποιώντας όργανο με κινητό πηνίο.

Τρίτο είδος θερμικών οργάνων είναι τα όργανα με **διμεταλλικό στοιχείο**. Τα όργανα αυτά αποτελούνται από ένα σπειροειδές ελατήριο κατασκευασμένο από

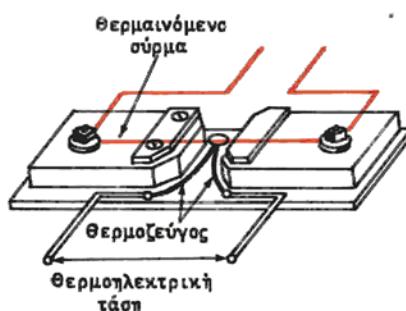
δύο μεταλλικές ταινίες με διαφορετικό συντελεστή διαστολής, συγκολλημένες μεταξύ τους. Όταν από το ελατήριό του διέλθει ρεύμα, αυτό παραμορφώνεται και στρέφει το δείκτη του οργάνου [σχ. 18.3στ(α)].

Τα θερμικά όργανα λειτουργούν και σε συνεχές και σε εναλλασσόμενο ρεύμα, γιατί το θερμικό αποτέλεσμα του ηλεκτρισμού όπως γνωρίζομε ήδη είναι ανεξάρτητο από το είδος του ρεύματος.

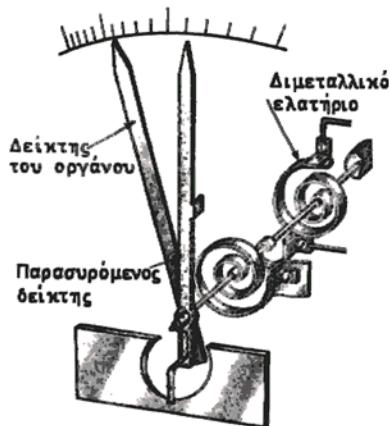
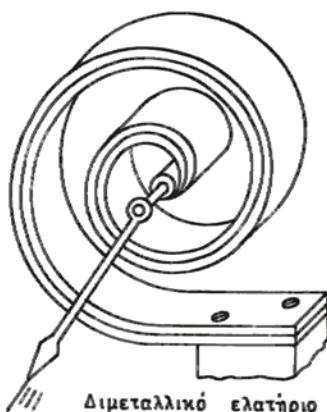
Τα θερμικά όργανα μετρούν την ενδεικνύμενη τιμή της εντάσεως του ρεύματος ανεξάρτητα από τη συχνότητά του, γιαυτό χρησιμοποιούνται και σε κυκλώματα υψηλής συχνότητας.



Σχ. 18.3δ.
Θερμικό όργανο.



Σχ. 18.3ε.
Θερμικό όργανο.



Σχ. 18.3στ.
Θερμικό όργανο με διμεταλλικό στοιχείο.

Τα όργανα με διμεταλλικό στοιχείο χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προσδιορισμό των μέγιστων τιμών εντάσεων ρεύματος (αμπερόμετρα μεγίστου). Για το σκοπό αυτό, εκτός από τον κυρίως δείκτη υπάρχει και ένας δεύτερος δείκτης, που δεν συνδέεται με το μηχανισμό του οργάνου [σχ. 18.3στ(β)]. Ο δεύτερος αυτός

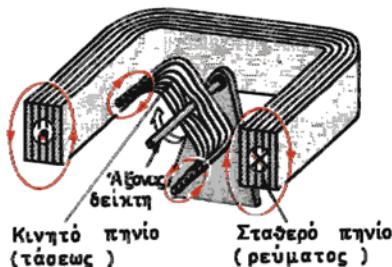
δείκτης παρασύρεται από τον κυρίως δείκτη και παραμένει κάθε φορά στη μεγαλύτερη τιμή που έχει φθάσει ο κυρίως δείκτης. Τον παρασυρόμενο δείκτη επαναφέρει στο μηδέν της κλίμακας αυτός που εκτελεί τη μέτρηση, με τη βοήθεια ενός εξωτερικού κοχλία χειρισμού στερεωμένου επάνω στο κάλυμμα του οργάνου.

Τα όργανα με διμεταλλικό στοιχείο, επειδή παρουσιάζουν αδράνεια δεν μετρούν στιγμιαίες υπερεντάσεις, αλλά υπερεντάσεις μεγαλύτερης διάρκειας. Τα όργανα αυτά είναι φθηνά και πολύ ανθεκτικά, με βιομηχανική ακρίβεια 1,5 ως 2,5%.

δ) Ηλεκτροδυναμικά όργανα.

Τα ηλεκτροδυναμικά όργανα έχουν δύο πηνία, ένα σταθερό και ένα κινητό (σχ. 18.3ζ). Το κινητό πηνίο βρίσκεται μέσα στο σταθερό πηνίο και αποτελεί συνήθως το λεγόμενο *πηνίο τάσεως*, ενώ το σταθερό πηνίο αποτελεί το *πηνίο εντάσεως*. Αν περάσει ρεύμα συγχρόνως και από τα δύο πηνία, στο κινητό πηνίο ασκείται ροπή στρέψεως, με την οποία κινείται ο δείκτης του οργάνου. Αν αντιστραφεί η φορά του ρεύματος και στα δύο πηνία ταυτόχρονα, η ροπή στρέψεως δεν αλλάζει φορά. Τα ηλεκτροδυναμικά όργανα επομένως είναι κατάλληλα και για συνεχές και για εναλλασσόμενο ρεύμα.

Τα ηλεκτροδυναμικά όργανα χρησιμεύουν για τη μέτρηση της ισχύος. Για το σκοπό αυτό το πηνίο τάσεως συνδέεται μεταξύ δύο σημείων του κυκλώματος, στα οποία επικρατεί η τάση λειτουργίας του. Το πηνίο εντάσεως συνδέεται έτσι ώστε να διέρχεται απ' αυτό η ένταση του κυκλώματος (παράγρ. 19.1). Έτσι η στρεπτική ροπή που ασκείται στο κινητό πηνίο θα είναι ανάλογη με το γινόμενο της τάσεως επί την ένταση, δηλαδή ανάλογη με την ηλεκτρική ισχύ.



.Σχ. 18.3ζ.
Ηλεκτροδυναμικό όργανο.

ε) Όργανα με διασταυρωμένα πηνία.

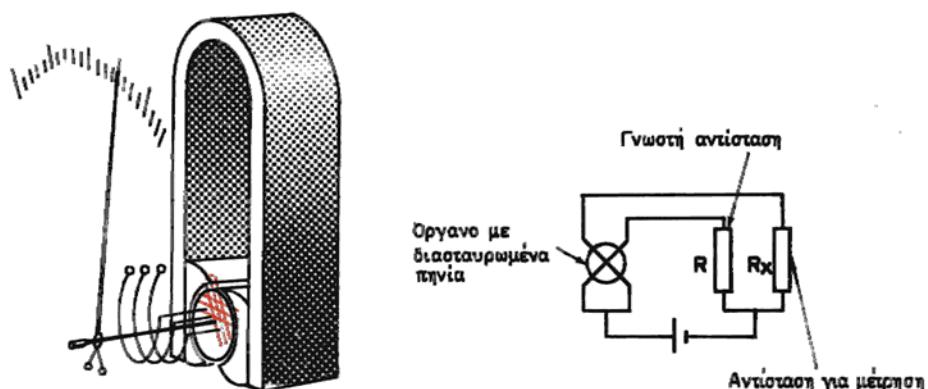
Τα όργανα με διασταυρωμένα πηνία είναι κατασκευασμένα όπως τα όργανα με κινητό πηνίο. Μεταξύ των πόλων του μόνιμου μαγνήτη είναι τοποθετημένα δύο κινητά πηνία στερεωμένα το ένα πάνω στο άλλο σταυροειδώς. Σε σειρά με κάθε πηνίο συνδέεται μία αντίσταση (σχ. 18.3η) έτσι, ώστε να δημιουργούνται δύο κλάδοι, που συνδέονται παράλληλα με μία πηγή ρεύματος.

Από την πηγή το ρεύμα διοχετεύεται στα δύο πηνία, τα οποία καθώς στρέφονται με την αναπτυσσόμενη ροπή στρέψεως, στρέφουν το δείκτη του οργάνου, που είναι στερεωμένος στα δύο διασταυρωμένα πηνία.

Στα όργανα με διασταυρωμένα πηνία δεν ασκείται καμιά επανατακτική ροπή από ελατήρια: έτσι ο δείκτης, όταν το όργανο δεν λειτουργεί, παραμένει σε

οποιαδήποτε θέση επάνω στην κλίμακα.

Τα όργανα με διασταυρωμένα 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 θέλομε 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. Επειδή 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 ενσωματωμένη 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 εξωτερικής χειρολαβής.



Σχ. 18.3η.
Όργανο με διασταυρωμένα πηνία.

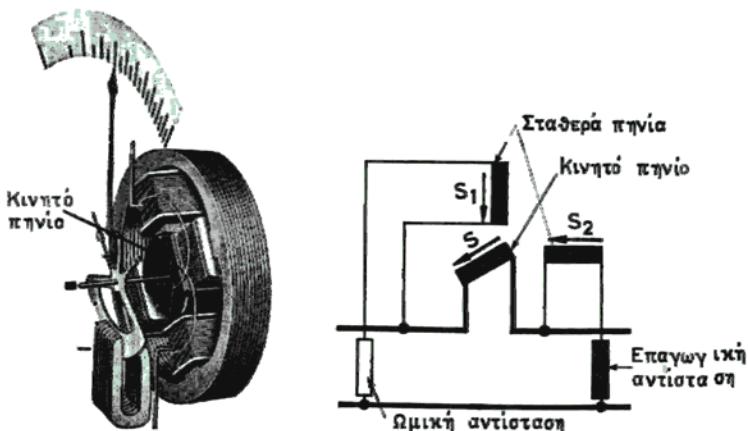
Τα ωμόμετρα, όταν χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση αντιστάσεων που έχουν μεγάλες τιμές (π.χ. αντιστάσεων μονώσεων), καλούνται **μεγκάμετρα** και έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις περιοχές των μεγάλων τιμών ($M\Omega$). Υπάρχουν επίσης ωμόμετρα ειδικά για τη μέτρηση αντιστάσεων γειώσεως, που καλούνται **μέγκερ** (από το ξενόγλωσσο Megger).

Τα όργανα με διασταυρωμένα πηνία χρησιμεύουν επίσης για τη μέτρηση θερμοκρασών. Η θερμοκρασία που πρόκειται να μετρηθεί μεταβάλλει, όπως γνωρίζουμε, την ηλεκτρική αντίσταση ενός αγωγού. Αν επομένως με ένα όργανο με διασταυρωμένα πηνία μετρούμε την αντίσταση ενός κατάλληλου αγωγού, προσδιορίζομε έμμεσα και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του αγωγού αυτού. Τα όργανα αυτά τότε είναι βαθμολογημένα σε $^{\circ}\text{C}$.

στ) Συνημιτόμετρα.

Τα **συνημιτόμετρα** είναι όργανα με τα οποία μετρούμε το συντελεστή ισχύος σε ένα κύκλωμα. Είναι διαφόρων ειδών (ηλεκτροδυναμικά, με κινητό σίδηρο κλπ.) και κατάλληλα για μονοφασικά ή τριφασικά κυκλώματα. Εδώ θα 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 ορθή γωνία στο χώρο. Στο ένα από τα σταθερά αυτά πηνία συνδέεται μια ωμική αντίσταση και στο άλλο μια επαγγειακή αντίσταση. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται στο χώρο, εκτός από την ορθή γωνία και μια ηλεκτρική ορθή γωνία, ανάμεσα στους δύοντας των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τα σταθερά πηνία. Μεταξύ των σταθερών πηνίων κινείται ένα κινητό πηνίο, το οποίο συνδέεται στην ένταση του κυκλώματος. Επάνω σ' αυτό είναι στερεωμένος ο δείκτης του οργάνου. Η θέση την οποία λαμβάνει το κινητό πηνίο εξαρτάται από τη φασική γωνία μεταξύ τάσεως και εντάσεως.



Σχ. 18.3θ.
Συνημιτόμετρο.

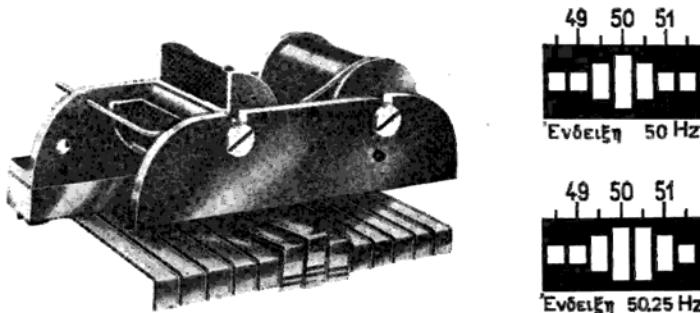
Στα όργανα μετρήσεως του συντελεστή ισχύος δεν υπάρχει επανατακτικό ελατήριο και επομένως ο δείκτης, όταν δεν διέρχεται ρεύμα από το όργανο, παραμένει σε οποιαδήποτε τυχαία θέση επάνω στην κλίμακα.

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 μια 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 θέλομε 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 μια και από την άλλη πλευρά του ελάσματος αυτού θα πάλλονται με

μικρότερα εύρη ταλαντώσεων. Το σχήμα 18.3ι δείχνει πώς μετρείται η συχνότητα στα όργανα αυτά με τη βοήθεια των παλλομένων ελασμάτων και της κλίμακας του υργάνου, που βρίσκεται κοντά και κατά μηκος της σειρας των ελασμάτων. Η κλίμακα αυτή είναι βαθμολογημένη σε Hz.



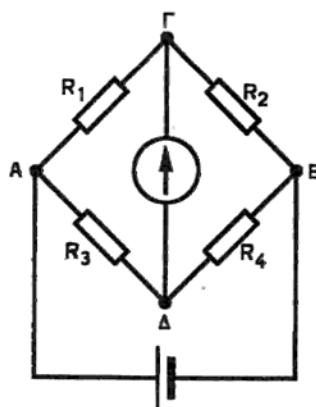
Σχ. 18.3ι.
Όργανο με παλλόμενα ελάσματα.

η) Ηλεκτροστατικά όργανα.

Τα ηλεκτροστατικά όργανα έχουν μηχανισμό βασιζόμενο στις δυνάμεις που αναπτύσσονται με την ηλεκτριση των σωμάτων (παράγρ. 2.2). Τα όργανα αυτά έχουν πολύ μικρή ίδια κατανάλωση και χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μέτρηση υψηλών τάσεων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.

θ) Όργανα με γέφυρα.

Τα **όργανα με γέφυρα** αποτελούνται από δύο καταμεριστές τάσεως, που συνδέονται παράλληλα, όπως δείχνει το σχήμα 18.3ια και τροφοδοτούνται από μία



Σχ. 18.3ια.
Όργανο με γέφυρα.

πηγή (π.χ. Εηρή συστοιχία). Αν ο καταμεριστής R_3, R_4 διαιρεί την τάση της πηγής στα ίδια τμήματα που τη διαιρεί και ο καταμεριστής R_1, R_2 , τότε τα σημεία Γ και Δ θα

βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό. Έτσι μεταξύ των σημείων Γ και Δ δεν θα επικρατεί καμιά ηλεκτρική τάση, όπως διαπιστώνεται με το αμπερόμετρο (συνήθως γαλβανόμετρο) που υπάρχει πάντοτε στα όργανα με γέφυρα. Το αμπερόμετρο αυτό δείχνει δηλαδή ότι δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα από τα σημεία Γ και Δ. Όταν το αμπερόμετρο δείχνει ότι το ρεύμα είναι μηδενικό, λέμε ότι η γέφυρα των τεσσάρων αντιστάσεων ισορροπεί και γνωρίζομε ότι ο λόγος των τιμών των αντιστάσεων R_3 και R_4 είναι ίσος προς το λόγο των αντιστάσεων R_1 και R_2 . Αν επομένως μια από τις τέσσερις αντιστάσεις είναι άγνωστη (πρέπει να προσδιορισθεί), προσδιορίζεται εύκολα από τις σχέσεις ισότητας των δύο λόγων.

Τα όργανα με γέφυρα έχουν εξωτερικά ένα στρεπτό κουμπί με το οποίο μπορούμε να μεταβάλλομε τη σχέση των αντιστάσεων R_3 και R_4 , ώστε να επιτυγχάνεται τελικά ο μηδενισμός του γαλβανομέτρου (ισορροπία). Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται το μέγεθος της άγνωστης αντιστάσεως R_2 , που δίνεται συνήθως κατευθείαν σε ωμ από ένα δείκτη. Μπροστά στο δείκτη αυτόν περιστρέφεται συγχρόνως με το κουμπί χειρισμού μια κυκλική κλίμακα (σχ. 18.3ιβ).

Τα όργανα με γέφυρα τα χρησιμοποιούμε για την ακριβή μέτρηση των ηλεκτρικών αντιστάσεων.



Σχ. 18.3ιβ.
Όργανο με γέφυρα.

18.4 Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας (γνώμονες).

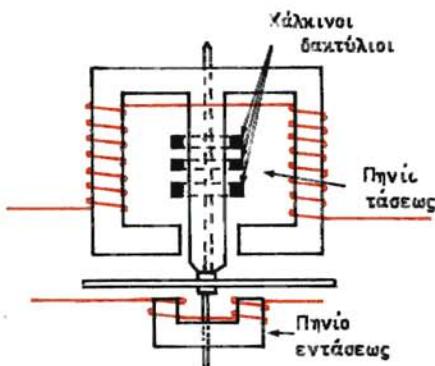
Όπως αναφέραμε και στην παράγραφο 17.3, η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από την ηλεκτρική επιχείρηση στους διάφορους καταναλωτές μετρείται

στο σημείο της παροχετεύσεως. Με βάση τη μέτρηση αυτή χρεώνεται ο καταναλωτής.

Για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ειδικά ηλεκτρικά όργανα, οι **μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας ή γνώμονες**. Αυτοί μας δίνουν την ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνεται από το κύκλωμα στο οποίο έχουν συνδεθεί, σε κιλοβαττώρες (kWh).

Τα όργανα αυτά είναι διαφόρων ειδών. Άλλα είναι κατάλληλα για μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, άλλα για κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος και άλλα για κυκλώματα και των δύο ειδών.

Το συνηθέστερο είδος μετρητή είναι ο **επαγγειακός μετρητής**, που χρησιμεύει μόνο για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας μονοφασικών ή τριφασικών κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο επαγγειακός μετρητής λειτουργεί όπως ο ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα. Ο μηχανισμός του μετρητή αυτού (σχ. 18.4a) περιλαμβάνει δύο ηλεκτρομαγνήτες. Ο ένας ηλεκτρομαγνήτης έχει δύο σκέλη στα οποία είναι τυλιγμένα δύο πηνία που συνδέονται σε σειρά. Από τα πηνία αυτά διέρχεται το ρεύμα του κυκλώματος του οποίου θα μετρήσουμε την



Σχ. 18.4a.

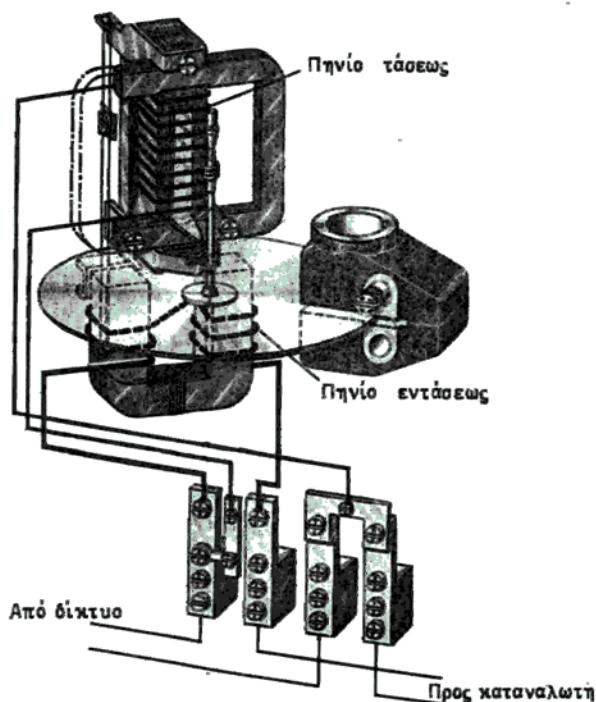
Αρχή λειτουργίας μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.

ενέργεια [παράγρ. 18.3(δ) **πηνίο εντάσεως**]. Ο άλλος ηλεκτρομαγνήτης έχει τρία σκέλη: στα δύο απ' αυτά είναι τυλιγμένα δύο πηνία συνδεμένα σε σειρά. Τα άκρα των πηνίων αυτών συνδέονται μεταξύ δύο σημείων του κυκλώματος, στα οποία επικρατεί η τάση του (πηνίο τάσεως). Έτσι ο **παράλληλος** μαγνήτης, ο μαγνήτης δηλαδή που περιβάλλεται από τα πηνίο τάσεως, δημιουργεί μαγνητικό πεδίο ανάλογο με την τάση του κυκλώματος. Το πηνίο τάσεως, όπως είναι γνωστό, διαρρέεται από ένταση ανάλογη με την τάση του κυκλώματος, ενώ ο μαγνήτης **σειρας** δημιουργεί μαγνητικό πεδίο ανάλογο με την ένταση του κυκλώματος.

Ο παράλληλος μαγνήτης είναι έτοι κατασκευασμένος, ώστε οι μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού του πεδίου να διέρχονται από το κεντρικό σκέλος.

Μεταξύ των δύο ηλεκτρομαγνητών είναι τοποθετημένος ένας λεπτός δίσκος από αλουμίνιο έτσι, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται. Ο δίσκος αυτός αποκόπτει τις μαγνητικές γραμμές των πεδίων και των δύο ηλεκτρομαγνητών. Επάνω στο δίσκο εξασκείται ροπή στρέψεως που προέρχεται από την αλληλεπίδρεση τών

μαγνητικών πεδίων των δύο ηλεκτρομαγνητών και των δινορρευμάτων (παράγρ. 8.4), τα οποία επάγονται από τους ηλεκτρομαγνήτες αυτούς επάνω στο δίσκο. Έτσι



Σχ. 18.4β.
Μετονητής ηλεκτρικής ενέργειας.

ο δίσκος περιστρέφεται και μάλιστα τόσο ταχύτερα όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς που διέρχεται από το κύκλωμα του οποίου μετρούμε την ενέργεια. Ο μετρητής περιλαμβάνει έναν **απαριθμητικό μηχανισμό** του οποίου έργο είναι η καταμέτρηση του συνολικού αριθμού στροφών του δίσκου. Ο αριθμός αυτός των στροφών αντιστοιχεί στην ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε συνολικά (ο αριθμός στροφών είναι ανάλογος προς την ισχύ και το χρόνο κατά τον οποίο διατηρήθηκε η απορρόφηση ισχύος από το κύκλωμα). Επειδή ορισμένος αριθμός στροφών του δίσκου αντιστοιχεί, σε ένα συγκεκριμένο μετρητή, σε μια κιλοβαττώρα (**συνομαστικός αριθμός στροφών**), ο απαριθμητικός μηχανισμός μας παρέχει συνήθως κατευθίαν τον αριθμόν των κιλοβαττώρων και όχι το συνολικό αριθμό στροφών του δίσκου.

Στο κεντρικό σκέλος του παράλληλου ηλεκτρομαγνήτη υπάρχει και ένα πηνίο που αποτελείται από χάλκινους δακτύλιους. Με τη βοήθεια αυτού του πηνίου το συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρομαγνήτη αυτού, παρουσιάζει φασική απόκλιση 90° ως προς την τάση του κυκλώματος. Αυτό είναι απαραίτητο για τη δημιουργία τού στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, που περιστρέφει το δίσκο, όπως στο μονοφασικό κινητήρα επανωγής.

Εκτός από την παραπάνω διαμόρφωση του μηχανισμού των επαγγελματικών 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.

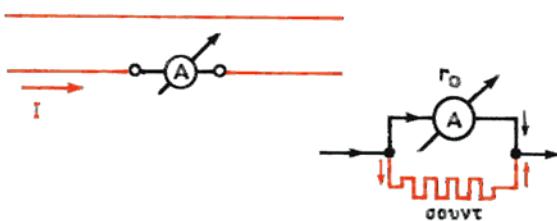
1. Σε τι χρησιμοποιούνται τα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων;
 2. Ποια είναι τα βασικά όργανα των ηλεκτρικών μετρήσεων;
 3. Ποιες είναι οι κατηγορίες των ηλεκτρικών οργάνων από άποψη ακρίβειας;
 4. Τι σημαίνει κλάση ακρίβειας 1,5;
 5. Ποιες οι κατηγορίες των ηλεκτρικών οργάνων ως προς τον τρόπο που δίνεται το αποτέλεσμα της μετρήσεως;
 6. Τι είναι τα όργανα με φωτεινή κηλίδα;
 7. Τι καλούμε ευαισθησία ηλεκτρικού οργάνου και τι ίδια κατανάλωση;
 8. Από απόψεως εσωτερικού μηχανισμού των ηλεκτρικών οργάνων μετρήσεως, ποιες είναι οι διάφορες κατηγορίες τους;
 9. Με ποια όργανα μετρούμε τις ηλεκτρικές αντιστάσεις;
 10. Σε τι χρησιμεύουν τα όργανα με παλλόμενα ελάσματα;
 11. Σε ποιες κατηγορίες οργάνων μπορεί ο δείκτης τους να παραμένει σε οποιαδήποτε θέση στην κλίμακα χωρίς να επιστρέφει στο μηδέν της;
 12. Ποιας κατηγορίας όργανα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος;
 13. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας;
 14. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε επαγγελματικό μετρητή για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας ενός κυκλώματος συνεχούς ρεύματος;
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

19.1 Συνδεσμολογίες ηλεκτρικών μετρήσεων.

Όπως είδαμε στην παράγραφο 18.3, οι μετρήσεις των διαφόρων ηλεκτρικών μεγεθών πραγματοποιούνται πάντοτε με τη βοήθεια του ρεύματος που διέρχεται από το όργανο. Έτσι αν θέλομε να μετρήσουμε το ίδιο το ρεύμα ενός κυκλώματος, πρέπει να διακόψιμε τον ένα από τους αγωγούς του κυκλώματος και να παρεμβάλλομε σε σειρά ένα αμπερόμετρο (σχ. 19.1α), που να ανήκει σε μιαν από τις γνωστές κατηγορίες από αποψη εσωτερικού μηχανισμού. Τα αμπερόμετρα έχουν κλίμακα βαθμολογημένη σε αμπέρ, A, και μικρή **εσωτερική αντίσταση** (παράγρ. 18.2).

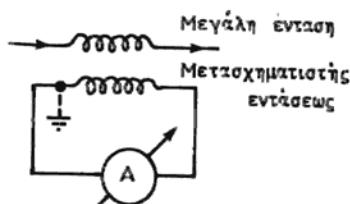


Σχ. 19.1α.
Σύνδεση αμπερόμετρου.

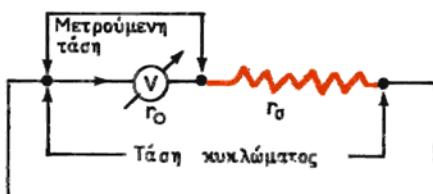
Για να επεκτείνομε την περιοχή μετρήσεως ενός αμπερομέτρου τοποθετούμε **παράλληλα** προς αυτό μία γνωστή αντίσταση (σχ. 19.1α). Τότε από το όργανο, όπως γνωρίζομε, θα διέλθει ένα μέρος μόνο από την ένταση του κυκλώματος, γιατί αυτή θα διακλαδωθεί προς το αμπερόμετρο και την παράλληλη αντίσταση. Με τον τρόπο αυτόν και με διάφορες αντιστάσεις κατά διακλάδωση που καλούνται διεθνώς **σουντ** (Shunt), μπορούμε να μετρούμε εντάσεις ρεύματος οσοδήποτε μεγάλες με ένα αμπερόμετρο, από το οποίο η μέγιστη ένταση που επιτρέπεται να διέλθει είναι μικρή (π.χ. 5 A).

Τα σουντ, που χρησιμοποιούνται για την επέκταση της περιοχής μετρήσεως των αμπερομέτρων, είτε συνδέονται κάθε φορά εξωτερικά στους ακροδέκτες του οργάνου, είτε είναι ενσωματωμένα στο όργανο, μέσα στο περίβλημά του· στη δεύτερη περίπτωση τα σουντ μπορεί να είναι περισσότερα από ένα και να συνδέονται και να αποσυνδέονται με τη βοήθεια διακοπών που βρίσκονται πάνω στο όργανο έτσι, ώστε να έχουμε πολλές περιοχές μετρήσεως.

Μεγάλες εντάσεις ρεύματος μπορούμε να μετρούμε και με άλλο τρόπο, με τον ορό όμως ότι πρόκειται για εναλλασσόμενο ρεύμα. Στα αμπερόμετρα, από τα οποία γενικά δεν επιτρέπεται να περάσουν εντάσεις ρεύματος μεγαλύτερες από 5 A, χρησιμοποιούμε ειδικούς **μετασχηματιστές μετρήσεως**. Στην περίπτωσή μας αυτοί ονομάζονται **μετασχηματιστές εντάσεως** και υποβιβάζουν την προς μέτρηση ένταση. Ορισμένα αμπερόμετρα, τα αμπερόμετρα με κινητό σίδηρο, δέχονται για μέτρηση και μεγάλες εντάσεις ρεύματος (100 A ή και μεγαλύτερες). Οι μετασχηματιστής εντάσεως χρησιμοποιούνται επίσης για τη μέτρηση της εντάσεως σε κυκλώματα υψηλής τάσεως, όπου τα αμπερόμετρα δεν επιτρέπεται να συνδέονται κατευθείαν στο κύκλωμα.



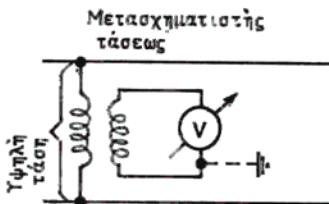
Σχ. 19.1β.
Μέτρηση μεγάλης εντάσεως.



Σχ. 19.1γ.
Σύνδεση βολτόμετρου.

Αν θέλομε να μετρήσουμε την τάση μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος, δεν απαιτείται η διακοπή του κυκλώματος, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της αμπερόμετρήσεως, αλλά η σύνδεση ενός βολτόμετρου (σχ. 19.1γ) **παράλληλα** προς την κατανάλωση του κυκλώματος. Το βολτόμετρο είναι όργανο που ανήκει σε μιαν από τις γνωστές κατηγορίες, ως προς τον εσωτερικό μηχανισμό, και έχει κλίμακα βαθμολογημένη σε βολτ, V, και μεγάλη εσωτερική αντίσταση (παράγρ. 18.2). Η αντίσταση αυτή επιτυγχάνεται με τη σύνδεση σε σειρά προς την αντίσταση τοι

μηχανισμού του μιας μεγάλης αντιστάσεως. Έτσι, όταν το βολτόμετρο συνδεθεί μεταξύ των σημείων στα οποία 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 η τάση αυτή θα μετρηθεί με τη βοήθεια της βαθμολογημένης κατευθείαν σε βολτ κλίμακας του οργάνου. Για να επεκτείνουμε την περιοχή μετρήσεως ενός βολτομέτρου, συνδέομε, όπως και στην περίπτωση των αμπερομέτρων, μια γνωστή αντίσταση το 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 μετρήθει. 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 οποία δεν επιτρέπεται να επιβληθεί υψηλή τάση.



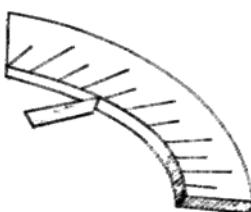
Σχ. 19.1δ.
Μέτρηση υψηλής τάσεως

Οι ακροδέκτες των αμπερομέτρων και βολτομέτρων χρησιμεύουν για να συνδέονται τα όργανα αυτά, όπως είδαμε, στα κυκλώματα πάνω στα οποία θέλουμε να κάνουμε μετρήσεις. Εκτός όμως από τα δύο αυτά είδη οργάνων και όλα τα άλλα είδη συνδέονται με τη βοήθεια κατάλληλων ακροδεκτών είτε παράλληλα είτε σε σειρά στο κύκλωμα που γίνεται η μέτρηση ή ακόμα, συνδέονται ταυτόχρονα παράλληλα και σε σειρά (βαττόμετρα, συνημιτόμετρα κλπ.). Στους ακροδέκτες επίσης συνδέεται και η γνωστή ηλεκτρική αντίσταση, που θέλουμε να προσδιορίσουμε στα ωμόμετρα και στα όργανα με γέφυρα. Εκτός από τους ακροδέκτες, 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 αναφέραμε, αν δεν θέλουμε να τα αποσυνδέσουμε τελείως από τους ακροδέκτες.

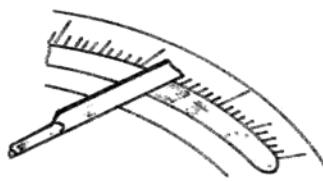
19.2 Τρόπος αναγνώσεως οργάνων.

Κατά την ανάγνωση των ηλεκτρικών οργάνων μετρήσεως προκαλείται συνήθως ένα σφάλμα αναγνώσεως. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν βλέπομε το δείκτη του οργάνου εντελώς κατακόρυφα αλλά πλάγια, όπότε 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 παραλλάξεως**. Για να αποφεύγονται τα σφάλματα

παραλλάξεως κατασκευάζονται συχνά όργανα με το δείκτη στο ίδιο επίπεδο με την κλίμακα (σχ. 19.2α). Άλλοτε πάλι, στα όργανα ακριβείας, υπάρχει κάτω από το δείκτη και κατά μήκος της κλίμακας μια λωρίδα κατοπτρική (σχ. 19.2β). Έτσι επιτυγχάνονται αναγνώσεις απαλλαγμένες από παραλλάξεις, γιατί βλέπομε το δείκτη έτσι, ώστε να συμπίπτει με το είδωλό του πάνω στο κάτοπτρο.



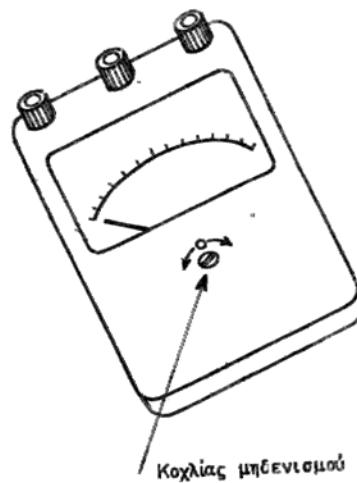
Σχ. 19.2α.



Σχ. 19.2β.

Αποφυγή σφάλματος αναγνώσεως (παραλλάξεως).

Πριν από τη λειτουργία ενός οργάνου επιβάλλεται να ελέγχομε κατά πόσο ο δείκτης του βρίσκεται **ακριβώς** στο μηδέν της κλίμακας. Αν δεν συμβαίνει αυτό, προβαίνομε στο λεγόμενο **μηδενισμό** του οργάνου. Αυτό σημαίνει ότι με τη βοήθεια ενός ειδικού εξωτερικού ρυθμιστικού κοχλία, φέρομε το δείκτη ακριβώς στο μηδέν της κλίμακας (σχ. 19.2γ). Ο ρυθμιστικός κοχλίας μηδενισμού υπάρχει σε όλα τα όργανα με δείκτη. Απουσίαζε από τα όργανα εκείνα στα οποία, όπως είδαμε, ο δείκτης παραμένει σε οποιαδήποτε θέση της κλίμακας, όταν δεν λειτουργούν.



Σχ. 19.2γ.

Ρυθμιστικός κοχλίας μηδενισμού οργάνου με δείκτη.

Όπως είδαμε στην παράγραφο 18.1 και στο παράδειγμα του βολτομέτρου, το μέγιστο σχετικό σφάλμα του οργάνου, που αναφέρεται στη μετρούμενη τιμή, για τιμές που βρίσκονται στο μέσον της κλίμακας του οργάνου (δηλαδή τιμές γύρω στα

150 V για κλίμακα που εκτείνεται μέχρι 300 V), είναι διπλάσιο από το εκατοστιαίο σφάλμα της κλάσεως ακριβείας του οργάνου. 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 οργάνου (π.χ. στο 1/5 της κλίμακας το μέγιστο σχετικό σφάλμα θα είναι πενταπλάσιο από το σφάλμα της κλάσεως ακριβείας του οργάνου). 'Υστερα απ' αυτά που είπαμε, είναι φανερό ότι για να έχομε ακριβεία στις μετρήσεις, πρέπει κατά το δυνατόν να εκλέγεται η **περιοχή μετρήσεως** του οργάνου έτσι, ώστε η τιμή του μεγέθους που μετρουμενε να βρίσκεται στο **τελευταίο τρίτο της κλίμακας**. Η αλλαγή της περιοχής μετρήσεως ενός οργάνου επιτυγχάνεται συνήθως με την προσθήκη αντιστάσεων σουντή αντιστάσεων σειράς. Η προσθήκη αυτή πραγματοποιείται όπως είπαμε και με τη στροφή ενός μεταγωγέα στα όργανα που διαθέτουν περισσότερες από μια περιοχές μετρήσεως.

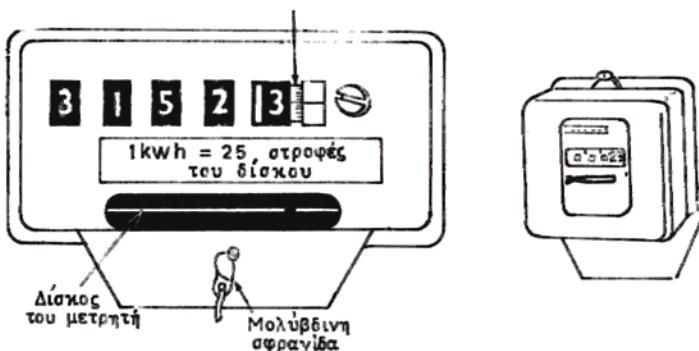
Αν δεν είναι δυνατή η αλλαγή της περιοχής μετρήσεως σύμφωνα με τα παραπάνω, χρησιμοποιούμε, αν είναι δυνατόν, άλλο όργανο μετρήσεως.

Για το χειρισμό, γενικώς, ενός οργάνου μετρήσεως πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή του οργάνου. Οι οδηγίες αυτές συνοδεύουν πάντοτε κάθε όργανο μετρήσεως ή αναγράφονται με συντομία επάνω στο όργανο (π.χ. στο εσωτερικό του καλύμματος του οργάνου ή επάνω στη βάση του οργάνου). 'Ετοι και ακριβεία μετρήσεως επιτυγχάνομε και το όργανο προφυλάσσομε από τυχόν βλάβη.

Κοντά στην κλίμακα κάθε οργάνου υπάρχει πάντοτε μια σειρά από σύμβολα και ορισμένα άλλα στοιχεία του οργάνου για να είναι δυνατή η αναγνώρισή του. 'Ετοι αναγράφονται:

- Το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή του οργάνου.
- Ο αριθμός σειράς κατασκευής του οργάνου.
- Το σύμβολο της μονάδας μετρήσεως του μετρούμενου μεγέθουμ, π.χ. mA.
- Μια σειρά συμβόλων τα οποία αναγράφει ο Πίνακας 19.2.1.

Ο τελευταίος αριθμός με τις υποδιαιρέσεις δίνει την αριθμό μετά την υποδιατολή (δεκατα)



Σχ. 19.2δ.
Μετρητής με σταθερά 0.04 kWh/στρ.

Η ανάγνωση των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας για την ευρεση της κατανάλωσεως κάθε μήνα (ή διμήνου) γίνεται ως εξής: Από τον αριθμό (ένδειξη), που

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.2.1.

Τα πιο συνηθισμένα σύμβολα που αναγράφονται στην κλίμακα των ηλεκτρικών οργάνων.

Εσωτερικός μηχανισμός των οργάνων		Ειδος ρεύματος	
Περιγραφή	Σύμβολο	Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με κινητό σίδηρο		Συνεχές ρεύμα Εναλλασσόμενο ρεύμα	
Όργανο με κινητό πηνίο (με μόνιμο μαγνήτη)		Εναλλασσόμενο και Συνεχές ρεύμα Θέση οργάνου	
Όργανο με κινητό πηνίο και ανορθωτή		Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με διασταυρωμένα πηνία		Κατακόρυφη θέση	
Θερμικό όργανο με κινητό πηνίο (με θερμοηλεκτρικό ζεύγος)		Οριζόντια θέση Πλάγια θέση (π.χ. υπό γωνία 60°)	
Θερμικό όργανο με διμεταλλικό στοιχείο		Τάση δοκιμής της μονώσεως του οργάνου (αντοχή τάσεως)	
Ηλεκτροδυναμικό όργανο		Περιγραφή	Σύμβολο
Όργανο με παλλόμενα ελάσματα		Τάση δοκιμής 500 V Τάση δοκιμής μεγαλύτερη από 500 V (π.χ. 2 kV) Καμία τάση δοκιμής	
Ηλεκτροστατικό όργανο		Λοιπά σύμβολα	
Όργανο επαγωγής		Περιγραφή	Σύμβολο
		Ονομαστική συχνότητα (π.χ. 50 Hz)* Κλάση ακριβείας (π.χ. 1,5) Σχέση μετασχηματισμού μετασχηματιστή μετρήσεως (π.χ. 50/5A) Σύμβολο κοχλία μηδενισμού	 ~ 50 1,5 50/5A

* Αν δίπλα στο σύμβολο του ρεύματος δεν υπάρχει αριθμός, τότε η ονομαστική συχνότητα είναι 45 ως 65 Hz.

εμφανίζεται 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 απαριθμητικού μηχανισμού των μετρητών είναι συνεχής, δεν μηδενίζεται δηλαδή κάθε φορά που λαμβάνομε 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 βρουμε την ενέργεια σε kWh πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τον αριθμό στροφών του μήνα επί τη λεγόμενη **σταθερά του μετρητή**, που εκφράζει τον αριθμό των κιλοβαττωρων ανά στροφή του δίσκου (π.χ. 0,04 kWh/στροφή).

19.3. Ερωτήσεις.

1. Πως συνδέεται ένα βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσεως;
 2. Πως συνδέεται ένα αμπερόμετρο για τη διεξαγωγή αμπερομετρήσεως;
 3. Πως μπορούμε να επεκτείνουμε την περιοχή μετρήσεως ενός αμπερομέτρου και πώς ενός βολτομέτρου;
 4. Με ποιον τρόπο μπορούμε να μετρήσουμε μεγάλες εντάσεις συνεχούς ρεύματος και με ποιον μεγάλες εντάσεις εναλλασσόμενου ρεύματος;
 5. Πως συνδέομε ένα βαττόμετρο και πώς ένα μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας;
 6. Σε ποιο τμήμα της κλίμακας ενός οργάνου έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεως;
 7. Τι πρέπει να κάνουμε για να χειριστούμε ένα ηλεκτρικό όργανο μετρήσεως χωρίς κίνδυνο βλάβης του;
 8. Ποια 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. Πως 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 το ηλεκτρικό ρεύμα. Το ηλεκτρικό ατύχημα.

Όπως ειδαμε μέχρι τώρα, η ηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο ευχρηστή μορφή ενέργειας και γιαυτό έχει τεράστια διάδοση και αποτελεί έναν από τους κυριότερους αν όχι τον κυριότερο βοηθό του ανθρώπου. Όπως πολλά πράγματα ομως που συντελουν στην πρόσδο, τον πολιτισμό και την άνεση του ανθρώπου, έτσι και ο ηλεκτρισμός δημιουργεί ορισμένους κίνδυνους, που οφείλονται όμως μόνο στην κακή χρήση του. Τα **ηλεκτρικά ατυχήματα**, όπως λέγονται, είναι σπάνια· αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στα μέτρα που λαμβάνονται για την αποφυγή τους· οφείλεται ομως και στο γεγονός ότι όλοι οι άνθρωποι στην εποχή μας γνωρίζουν σε γενικές γραμμές πώς πρέπει να χρησιμοποιούν τον ηλεκτρισμό και ποια σημεια **πρέπει** να προσέχουν, για να μην υπάρχει και ο παραμικρός κίνδυνος. Για να κατανοηθουν καλύτερα οι λίγες, αλλωστε, **οδηγίες** που **πρέπει** να εφαρμόζομε για την ασφαλή χρήση του ηλεκτρισμου, αλλά και τα μέτρα προστασίας που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, θα ασχοληθουμε σύντομα με τα αποτελέσματα που έχει ο ηλεκτρισμός στο ανθρώπινο σώμα.

Το ανθρώπινο σώμα, όπως άλλωστε και το σώμα των ζώων, είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμου. Επομένως, όταν βρεθει μεταξύ δύο σημείων στα οποια επικρατεί διαφορά δυναμικου (ηλεκτρική τάση) διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η διέλευση του ηλεκτρισμου από το ανθρώπινο σώμα καλείται **ηλεκτροπληξία**.

Το ανθρώπινο σώμα μπορεί να βρεθει μεταξύ δύο σημείων, στα οποια επικρατεί ηλεκτρική τάση όταν:

α) Δύο διαφορετικά μέρη του σώματός του έρθουν σε επαφή με δύο σημεια ηλεκτρικης εγκαταστάσεως που έχουν διαφορετικό δυναμικό (π.χ. αν με το ένα χέρι εγγίζει έναν αγωγό φάσεως και με το άλλο έναν αγωγό άλλης φάσεως).

β) Όταν ένα μέρος του σώματος έρθει σε επαφή με ενα σημειο ηλεκτρικης εγκαταστάσεως που παρουσιάζει ηλεκτρική τάση ως προς τη γη και, ταυτόχρονα, ένα άλλο μέρος του σώματος βρίσκεται σε επαφή με τη γη. Π.χ. οταν πατουμε πάνω σε ένα μη μονωτικό δάπεδο και εγγίζομε ένα σημειο της εγκαταστάσεως, όπως είναι ο αγωγός φάσεως μιας ηλεκτρικης γραμμής, που παρουσιάζει ηλεκτρική τάση ως

προς τη γη. Ο ουδέτερος κόμβος των τριφασικών συστημάτων (παράγρ. 11.2) είναι πάντοτε συνδεμένος με τη γη, όπως θα δούμε, και επομένως οι αγωγοί φάσεως παρουσιάζουν διαφορά δυναμικου ως προς τη γη ίση προς τη φασική τάση του δικτύου. 'Ετσι στην προηγούμενη περίπτωση το ανθρώπινο σώμα θα βρεθει σε τάση 220 V.

Οι συνέπειες της διόδου του ρεύματος από το ανθρώπινο σώμα είναι:

— **Προσβολή της καρδιας** και συγκεκριμένα **ινιδική συστολή ή μαρμαρυγή** των καρδιακών κοιλιών.

— **Εγκαύματα**, εξωτερικά και εσωτερικά (λόγω του θερμικου αποτελέσματος του ηλεκτρισμου).

— **Προσβολή του αναπνευστικού κέντρου** με επακόλουθο την αναστολή της αναπνοης, δηλαδή την **ασφυξία**.

'Όλες αυτές οι συνέπειες μπορεί να έχουν διάφορο βαθμό σοβαρότητας που εξαρταται από τις συνθηκες της ηλεκτροπληξίας, δηλαδή ποικίλουν ανάλογα με:

α) Το **ειδος** του ρεύματος (το συνεχές ρευμα είναι λιγότερο επικίνδυνο από το εναλλασσόμενο).

β) Την **τάση** του ρεύματος, γιατί στις υψηλές τάσεις είναι δυνατόν να προκληθει ηλεκτροπληξία και χωρίς επαφή· αν πλησιάσουμε π.χ. σε ένα σημειο τους αγωγούς υψηλης τάσεως, τότε γίνεται διάσπαση του αέρα και το κύκλωμα κλείνει με το ηλεκτρικό τόξο που ξεσπα μεταξύ του σημείου της ηλεκτρικης εγκαταστάσεως υψηλης τάσεως και του σώματος. Εξάλλου, η υψηλή τάση έχει την ιδιότητα να απωθει το ανθρώπινο σώμα, που κατά τη στιγμή της ηλεκτροπληξίας εκτινάζεται, ενω η χαμηλή τάση συσπα τα νευρα και ο ηλεκτρόπληκτος δεν μπορει να αποκολληθει από το στοιχειο που βρίσκεται σε τάση· στην περίπτωση αυτή αυξάνεται ο χρόνος επαφης.

γ) Της **εντάσεως** του ρεύματος. Ανάλογα με την αντίσταση που παρουσιάζει το ανθρώπινο σώμα, η ένταση του ρεύματος είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη. Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι μεταβλητή και είναι τόσο μικρότερη όσο:

- μεγαλύτερη είναι η τάση,
- τελειότερη είναι η επαφή,
- μεγαλύτερος είναι ο χρόνος επαφής, και
- υγρότερο είναι το δέρμα.

Η αντίσταση του σώματος κυμαίνεται από 1000Ω , όταν αυτό είναι υγρό, ως μερικές χιλιάδες Ωμ, όταν είναι ξηρό. Εφαρμόζοντας το νόμο του Ωμ προσδιορίζομε την ενταση του ρεύματος που αρχίζει να είναι επικίνδυνη όταν υπερβει τα 25 mA .

δ) Της **ισχύος**. Η πηγή παραγωγής του ρεύματος πρέπει να είναι ισχυρή για να έχει το ρευμα κάποια επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό.

ε) Της **συχνότητας** του ρεύματος στο εναλλασσόμενο ρεύμα. 'Οσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ρεύματος, τόσο λιγότερο επικίνδυνο είναι αυτό.

Ο κίνδυνος από το ηλεκτρικό ρεύμα εξαρτάται επίσης από την κατάσταση του οργανισμου του ανθρώπου κατά τη στιγμή της επαφης και από τη διαδρομή που ακολουθει το ρεύμα καθώς διέρχεται μέσα από το ανθρώπινο σώμα. 'Ετσι, τα αποτελέσματα της ηλεκτροπληξίας είναι σοβαρότερα, αν το ρεύμα περάσει από την καρδιά (π.χ. από το ένα χέρι στο άλλο, από το αριστερό χέρι προς τα πόδια). Γενικά,

ως όριο μεταξύ επικίνδυνων και ακίνδυνων τάσεων θεωρούμε συνήθως τα 50 V.

Στην περίπτωση της προσβολής της καρδιάς (συνήθως από επαφή με τάσεις από 100 V ως 1000 V), εφόσον προκληθεί μόνιμη συστολή, δεν υπάρχει πρακτικά εφαρμόσιμη θεραπεία, γιατί οι μέθοδοι θεραπείας που γνωρίζομε μέχρι σήμερα απαιτούν την άμεση επέμβαση ειδικού γιατρού για την εφαρμογή τους. Έτσι επέρχεται σχεδόν πάντοτε ο θάνατος.

Στην περίπτωση των **εξωτερικών εγκαυμάτων** απαιτείται η συνηθισμένη θεραπεία τους, ανάλογα με το βαθμό και την έκτασή τους.

Τα **εσωτερικά εγκαύματα** (συνήθως προκαλούνται από ηλεκτροπληξία ρευμάτων υψηλής τάσεως) προκαλούνται από την αυξημένη θερμοκρασία, την οποία δημιουργεί το ηλεκτρικό ρευμα κατά τη διέλευσή του από το ούμα. Η θερμοκρασία αυτή προξενεί τη διάλυση των μυων από τους οποίους αποβάλλεται δξινη μυοσφαρίνη. Αυτή εισέρχεται στα ουρα και το κυκλοφορικό σύστημα και προκαλεί με την πάροδο του χρόνου δηλητηρίαση των νεφρων, με συνέπεια το θάνατο. Η δηλητηρίαση αυτή ειναι δυνατόν να προληφθει σε ορισμένες περιπτώσεις από το γιατρό, που πρέπει όμως να κληθει αμέσως.

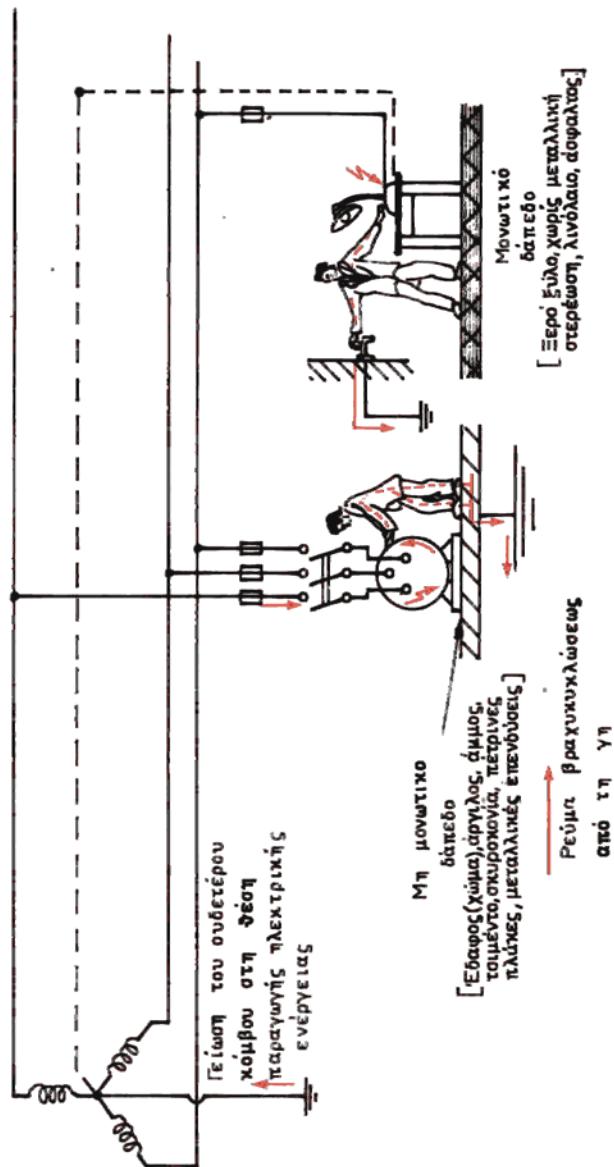
Όταν προσβάλλεται το αναπνευστικό σύστημα επέρχεται **ἀπνοια**, η οποία αποτελεί και τη συνηθέστερη περίπτωση ηλεκτροπληξίας. Στην περίπτωση αυτή και αν ακόμα ο ηλεκτρόπληκτος μοιάζει με νεκρό, πράγμα που συμβαίνει πολλές φορές, πρέπει **χωρίς καμιά καθυστέρηση** να εφαρμοσθεί η **τεχνητή αναπνοή**. Αυτό οφείλομε να το κάνομε και αν ακόμα μας πληροφορήσουν ότι η ηλεκτροπληξία συνέβη πριν από αρκετό χρόνο, γιατί δεν μπορούμε να γνωρίζομε πότε ακριβώς σταμάτησε η αναπνοή. Η τεχνητή αναπνοή λοιπόν πρέπει να αρχίζει το ταχύτερο δυνατόν, γιατί κάθε δευτερόλεπτο που περνά από τη στιγμή που θα σταματήσει η αναπνοή ελαττώνει τις πιθανότητες διασώσεως.

Για τον τρόπο εφαρμογής της τεχνητής αναπνοής αναφέρονται τα σχετικά στην παράγραφο 21.1.

20.2 Μέτρα προστασίας από τους κίνδυνους του ηλεκτρισμού.

Ο ουδέτερος κόμβος των τριφασικών συστημάτων στους σταθμούς παραγωγής και στα ηλεκτρικά δίκτυα, για λόγους που δεν θα αναφερθούν εδώ, συνδέεται αγώγιμα με τη γη. Η σύνδεση αυτή καλείται **γείωση**. Με τη γείωση οι αγωγοί φάσεως παρουσιάζουν, όπως έχει ήδη αναφερθεί στα προηγούμενα, διαφορά δυναμικου ως προς τη γη που είναι ίση προς τη φασική τάση του δικτύου. Έτσι, αν ένας άνθρωπος έρθει σε επαφή με έναν αγωγό φάσεως και πατά ταυτόχρονα στο έδαφος, θα βρεθει κάτω από τη φασική τάση του δικτύου (π.χ. 220 V) και θα υποστεί ηλεκτροπληξία. Για να αποφύγομε λοιπόν τον κίνδυνο αυτόν της ηλεκτροπληξίας, χρησιμοποιουμε παντού **ηλεκτρικές μονώσεις**. Περιβάλλομε δηλαδή όλα τα στοιχεία των ηλεκτρικων εγκαταστάσεων των μηχανών και συσκευών που έχουν **τάση** με μονωτικά υλικά, ώστε να αποκλείεται η επαφή του ανθρώπου με αυτά. Σε μιαν ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή π.χ. τα σε τάση τμήματα (π.χ. ηλεκτρικές αντιστάσεις) απομονώνονται από τα τυχόν υπάρχοντα εξωτερικά μεταλλικά μέρη της συσκευής με την παρεμβολή μονωτικων υλικων. Μπορούμε επομένως να πιάσουμε τη συσκευή άφοβα, γιατί δεν κινδυνεύομε να υποστούμε ηλεκτροπληξία. Τα εξωτερικά μεταλλικά τμήματα μιας

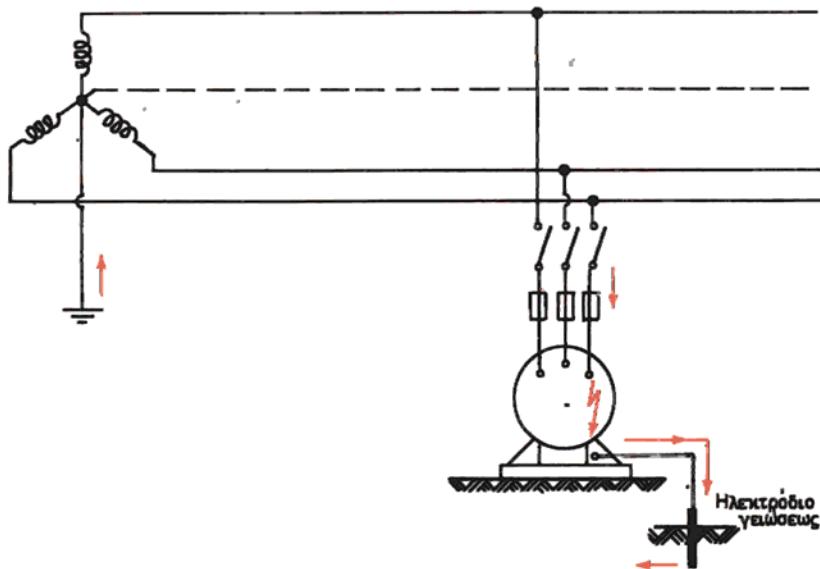
συσκευής όμως, τα οποια, οπως είδαμε, κανονικά δεν βρίσκονται σε τάση, είναι δυνατόν να βρεθούν σε τάση αν τυχόν καταστραφεί η μόνωσή τους (σχ. 20.2α). Στην



Σχ. 20.2α.
Ηλεκτροπληξία από σφάλμα μονώσεως.

περίπτωση αυτή, αν εγγίσουμε τη συσκευή, θα υποστούμε ηλεκτροπληξία. Για λόγους ασφάλειας λοιπόν γειώνονται όλα τα μεταλλικά μέρη μιας συσκευής ή του ηλεκτρικού εξοπλισμού γενικότερα, τα οποία δεν βρίσκονται κανονικά σε τάση, αλλά μπορεί να βρεθούν, όταν έρθουν σε επαφή με τα σε τάση στοιχεία εξαιτίας κάποιας τυχαίας ανωμαλίας. Με τον τρόπο αυτόν, όταν τα σε τάση στοιχεία μιας συσκευής έλθουν σε επαφή με τα μη ρευματοφόρα μεταλλικά της μέρη, λόγω βλάβης, θα κλείσει το σχηματιζόμενο ηλεκτρικό κύκλωμα διαμέσου της γης (σχ. 20.2β) και θα κυκλοφορήσει ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό, επειδή συναντά πολύ μικρή ηλεκτρική αντίσταση κατά τη διέλευσή του, θα έχει πολύ μεγάλη ένταση (βραχυκύκλωμα) και θα λειώσει ταχύτατα το τηκτό της ασφάλειας που είναι εγκαταστημένη στην αρχή του κύκλωματος (ή θα ανοίξει τον αυτόματο διακόπτη). Επομένως θα διακοπεί αιμέσως το κύκλωμα και θα απομονωθεί η συσκευή με τη βλάβη, χωρίς να αποτελεί πια κίνδυνο για τα πρόσωπα που τη χρησιμοποιούν.

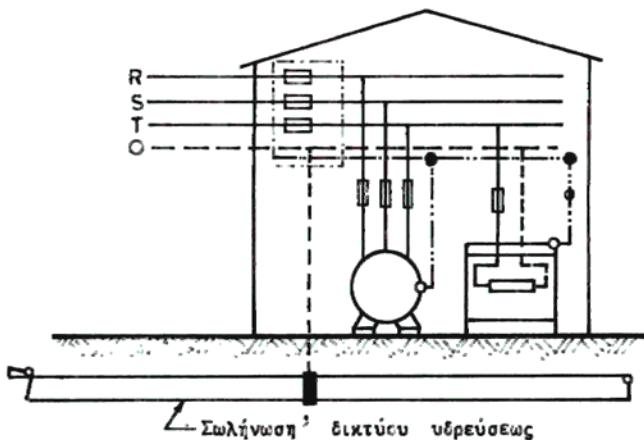
Η γείωση αυτή καλείται **γείωση προστασίας**, για να διακρίνεται από τη γείωση του ουδέτερου κόμβου των τριφασικών συστημάτων, η οποία γίνεται για λειτουργικούς λόγους του ηλεκτρικού συστήματος και καλείται **γείωση λειτουργίας**.



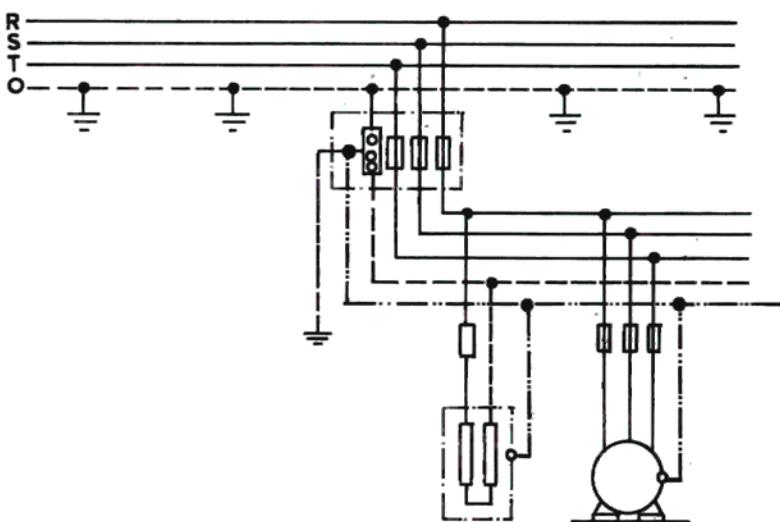
Σχ. 20.2β.
Βλάβη μονώσεως γειωμένης συσκευής.

Η γείωση προστασίας είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί είτε με τη λεγόμενη **άμεση γείωση** είτε με την **ουδετέρωση**. Κατά την άμεση γείωση συνδέομε συνήθως με ένα αντικείμενο εγκαταστημένο υπογείως τον ιδιαίτερο αγωγό προστασίας· ο αγωγός αυτός εγκαθίσταται όπως γνωρίζουμε μαζύ με τους αγωγούς φάσεως και τον ουδέτερο αγωγό και συνδέεται με όλες τις ρευματοληψίες μιας εγκαταστάσεως. Ο ιδιαίτερος αγωγός προστασίας, δηλαδή, στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως, συνδέεται με ένα χάλκινο άγωγό, ο οποίος συνδέεται επίσης με το καλά γειωμένο μεταλλικό αντικείμενο, που αναφέρθηκε παραπάνω.

Το γειωμένο αντικείμενο με το οποίο συνδέεται ο ιδιαίτερος αγωγός προστασίας καλείται **ηλεκτρόδιο γειώσεως**. Ως καλύτερο και οικονομικότερο ηλεκτρόδιο γειώσεως μπορεί να θεωρηθεί το δίκτυο υδρεύσεως, αν υπάρχει, γιατί έχει μεγάλη έκταση μέσα στη γη και παρουσιάζει μικρή ηλεκτρική αντίσταση διαβάσεως του ρεύματος προς τη γη (σχ. 20.2γ). Αν δεν διατίθεται δίκτυο υδρεύσεως, ως ηλεκτρόδιο γειώσεως χρησιμοποιείται συνήθως μια ή περισσότερες μεταλλικές



Σχ. 20.2γ.
Γείωση προστασίας.



Σχ. 20.2δ
Ουδετέρωση.

ράβδοι ή σωλήνες. Αυτές τοποθετούνται σε ορισμένο βάθος μέσα στο έδαφος και συνδέονται τόσο μεταξύ τους όσο και με τον αγωγό προστασίας με χάλκινο σύρμα.

Κατά την ουδετέρωση (σχ. 20.2δ) ο ιδιαίτερος αγωγός προστασίας συνδέεται είτε στον πίνακα διανομής είτε στο κιβώτιο του μετρητή με τον ουδέτερο αγωγό. Τότε όμως ο ουδέτερος αγωγός εκτός από τη γείωσή του στον ουδέτερο κόμβο (γείωση λειτουργίας) γειώνεται κατά διαστήματα σε όλο το μήκος του στο δίκτυο διανομής (πολλαπλά γειωμένος ουδέτερος αγωγός) καθώς και στην είσοδο της παροχής στην εγκατάσταση του καταναλωτή.

Οι μονώσεις των αγωγών φάσεως του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας έχουν διάφορα χρώματα για να αναγνωρίζονται. Σημαντικό είναι να γνωρίζομε ότι ο ουδέτερος αγωγός είναι πάντοτε ανοικτός κυανός, ενώ ο αγωγός προστασίας φέρει αλληλοδιαδόχως λωρίδες **κίτρινου** και **πράσινου** χρώματος.

Η αντίσταση της γειώσεως πρέπει να έχει αρκετά μικρή τιμή, ώστε το ρεύμα, που θα κυκλοφορήσει σε περίπτωση ανωμαλίας, να είναι αρκετό για να λειώσει το τηκτό της ασφάλειας ή να ανοίξει τον αυτόματο διακόπτη το πολύ μέσα σε 5 sec. Αυτό πρέπει να γίνει όταν η τάση που αναπτύσσεται μεταξύ του εξωτερικού περιβλήματος της συσκευής και της γης (**τάση εξ επαφής**) υπερβεί τα 50 V, που θεωρείται όριο μεταξύ ακίνδυνων και επικίνδυνων τάσεων.

Στους χώρους λοιπόν που απαιτείται η εφαρμογή γειώσεως προστασίας, σε όλες τις ρευματοληψίες (ρευματοδότες ή απολήξεις αγωγών των διαφόρων κυκλωμάτων της σταθερής ηλεκτρικής εγκαταστάσεως) υπάρχει, εκτός από τους αγωγούς φάσεως ή και τον ουδέτερο αγωγό, και ένας αγωγός προστασίας. Τα καλώδια επίσης που συνδέουν τις ηλεκτρικές συσκευές ή τις μηχανές με τη σταθερή εγκατάσταση, είτε μόνιμα είτε με ρευματοληπτες, έχουν και αυτά αγωγό προστασίας. Το ένα άκρο αυτου του αγωγού συνδέεται με τα εξωτερικά, προστιά μεταλλικά μέρη (περιβλήμα) και το άλλο συνδέεται είτε απευθείας με τον αγωγό προστασίας της σταθερής εγκαταστάσεως, είτε με την ειδική επαφή γειώσεως του ρευματολήπτη (βύσμα ή έλασμα γειώσεως ρευματοληπτών σούκο).

Όπως είπαμε στην παράγραφο 20.1, εκτός από τα μέτρα προστασίας, που λαμβάνονται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για να αποφεύγονται οι κίνδυνοι του ηλεκτρισμού, πρέπει να ακολουθουνται και ορισμένες οδηγίες, που παραθέτονται στην παράγραφο 21.2. Οι οδηγίες αυτές αναφέρονται τόσο στα ηλεκτρικά ατυχήματα που μπορει να συμβουν στη βιομηχανία όσο και, γενικότερα, στα ηλεκτρικά ατυχήματα της καθημερινής μας ζωής.

20.3 Ερωτήσεις.

- Πότε προκαλείται ηλεκτροπληξία; Ποιες οι συνέπειες της ηλεκτροπληξίας;
- Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η σοβαρότητα ενός ηλεκτρικού ατυχήματος;
- Ποια είναι τα μέτρα που λαμβάνονται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για την προστασία από τους κινδύνους του ηλεκτρισμού; Πως επιτυγχάνεται η προστασία αυτή;
- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά χρώματα του ουδέτερου αγωγού και του αγωγού προστασίας;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ, ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

21.1 Τεχνητή αναπνοή.

Για να εφαρμόσουμε την τεχνητή αναπνοή πρέπει πρώτα να αποσπάσουμε αμέσως τον ηλεκτρόπληκτο από τους αγωγούς ή τη συσκευή που προκάλεσε την ηλεκτροπλήξια. όταν το θύμα παραμένει προσκολλημένο σ' αυτά χωρίς να μπορεί να απομακρυνθεί. Αυτό όμως πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή για να μην υποστούμε κι εμείς ηλεκτροπληξία κατά την επαφή μας με το θύμα, που βρίσκεται σε τάση. Για να γίνει αυτό πρέπει **απαραιτήτως** ή να διακόψουμε την παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος ή να μονωθούμε δυο φορές. **Πρέπει, δηλαδή, να πατήσουμε επάνω σε μονωτικό υλικό,** όπως είναι π.χ. το λάστιχο, το ξερό ξύλο ή το ξερό χαρτί και όχι κατευθείαν επάνω στο δάπεδο, που θα είναι π.χ. μπετόν, μωσαϊκό, πλακάκια, βρεγμένο ξύλο κλπ. Κατόπιν να **εγγίσουμε το θύμα πάλι με κάποιο μονωτικό υλικό,** όπως π.χ. με μια ξύλινη ράβδο, ένα ξύλινο κάθισμα, με λαστιχένια γάντια ή ακόμα άφθονο ύφασμα ή χαρτί, με το οποίο τυλίγομε τα χέρια μας και σύρομε το θύμα κατά προτίμηση από τα ρουχά του.

Αφου αποσπάσουμε τον ηλεκτρόπληκτο, αρχίζουμε χωρίς άλλη καθυστέρηση την τεχνητή αναπνοή, την οποία συνεχίζουμε χωρίς διακοπή μέχρι που το θύμα να συνέλθει ή να διαπιστωθεί **ασφαλώς** από γιατρό ο θάνατός του. (Υπάρχει γνωστή περίπτωση διασώσεως με εφαρμογή τεχνητής αναπνοης επί 8 ωρες). **Κάθε μεταφορά του θύματος απαγορεύεται.**

Η τεχνητή αναπνοή, που εφαρμόζεται όχι μόνο στην περίπτωση της ηλεκτροπληξίας, αλλά και στην περίπτωση πνιγμού η ασφυξίας οποιασδήποτε άλλης μορφής, συνίσταται στην εφαρμογή ορισμένων κινήσεων επάνω στο θύμα. Με τις κινήσεις αυτές προκαλείται αναρρόφηση και εκδίωξη αέρα από τους πνεύμονές του. 'Όταν κάποιος αναλάβει την εκτέλεση της τεχνητής αναπνοης δεν πρέπει να ασχοληθεί με τίποτε άλλο, ώστε να κερδίσει χρόνο. Τη χαλάρωση των ρούχων του θύματος και την ειδοποίηση γιατρου ή του Σταθμου Α' Βοηθειών πρέπει να τα αναλάβει κάποιος τρίτος.

Η τεχνητή αναπνοή εκτελείται σήμερα κατά δύο κυρίως μεθόδους. Για την εφαρμογή τους απαιτείται βέβαια προηγούμενη εξάσκηση.

Η πρώτη μέθοδος είναι η του Δανου γιατρου H. Nielsen. Κατ' αυτήν τοποθετείται το θύμα σε θέση πρηνή (με το πρόσωπο προς το έδαφος, μπρούμυτα) αν είναι δυνατόν με ελαφρή κλίση έτσι, ώστε να διευκολύνεται η αποστράγγιση των υγρων

του αναπνευστικου συστήματος. Το κεφάλι του πρέπει να εκτείνεται προς τα πισω, γιατί αν κάμπτεται προς τα μπρος, επέρχεται έμφραξη του αναπνευστικου συστήματος. Κάμπτομε τους αγκωνες του θύματος (σχ. 21.1α) και τοποθετούμε τα χέρια του το ένα πάνω στο άλλο. Το κεφάλι τοποθετείται πάνω στα χέρια και το στρέφομε λίγο προς τη μια πλευρά. Αυτός που θα κάνει την τεχνητή αναπνοή θα πρέπει πρώτα να γονατίσει μπροστά στο κεφάλι του θύματος (σχ. 21.1β). Αμέσως μετά ελέγχει το στόμα του θύματος μήπως περιέχει ξένα αντικείμενα και του σύρει τη γλώσσα προς τα έξω. Κατόπιν τοποθετεί τα χέρια του πάνω στη ράχη του θύματος, κάτω από τη γραμμή της μασχάλης με τα δάκτυλα ανοικτά και προς τα έξω και κάτω και τους αντίχειρες σχεδόν ενωμένους.



Σχ. 21.1α.



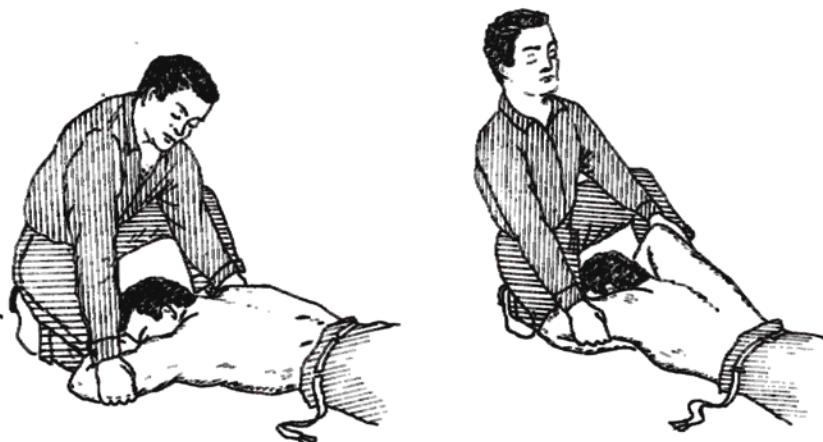
Σχ. 21.1β.



Σχ. 21.1γ.

Από τη θέση αυτή σκύβει μπροστά με τεντωμένους τους αγκωνες έτσι, ώστε τα χέρια του να έρθουν κατακόρυφα. Μετά αφήνει το βάρος του σώματός του να πέσει αργά, σταθερά και ομοιόμορφα στα χέρια του και με αυτά στην πλάτη του θύματος, χωρίς πρόσθετη πίεση (σχ. 21.1γ). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η τεχνητή εκπνοή.

Στη συνέχεια ελαττώνει την πίεση, χωρίς απότομη κίνηση, κινούμενος αργά προς τα πίσω, ενώ ταυτόχρονα απομακρύνει τα χέρια του από τη ράχη, ώστε να διευκολυνθεί η διεύρυνση του θώρακα. Αυτή είναι η φάση της τεχνητής **εισπνοης**. Για να διευκολυνθεί ακόμα περισσότερο, αυτός που την εκτελεί πιάνει τους βραχίονες του θύματος κοντά στους αγκώνες και τους έλκει καθώς κινείται αργά προς τα πίσω, χωρίς πρόσθετη μυική δύναμη. Τέλος, με τους αγκώνες τεντωμένους πάντα, σηκώνει τους βραχίονες του θύματος μέχρι που να αισθανθεί πίεση, οπότε τους χαμηλώνει πάλι ήρεμα και τους τοποθετεί στην αρχική θέση (σχ. 21.1δ). Ο κύκλος αυτός εκπνοής - εισπνοης επαναλαμβάνεται 12 περίπου φορές το λεπτό, με ρυθμό ομοιόμορφο και σταθερό. Επειδή η τεχνητή αναπνοή πρέπει να συνεχισθεί για πολύ χρόνο, είναι ανάγκη, κατά το δυνατόν, να γίνεται εναλλαγή των προσώπων που την εκτελούν χωρίς όμως να χάνεται ο ρυθμός.



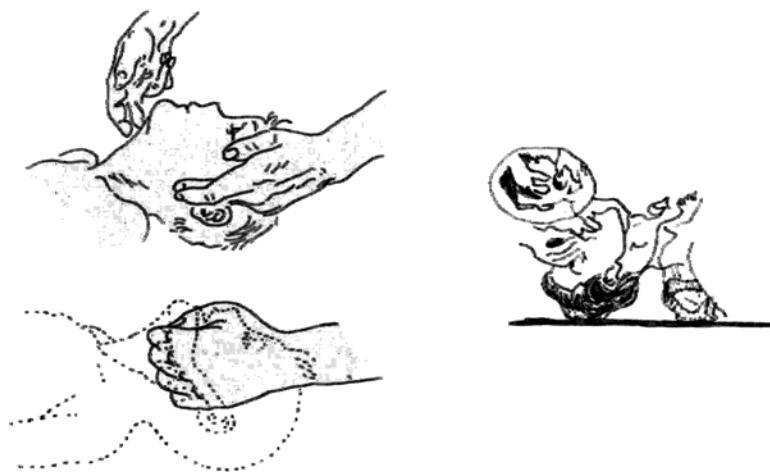
Σχ. 21.1ε.

Η δεύτερη μέθοδος είναι η μέθοδος **εμφυσήσεως αέρα από στόμα σε στόμα** (*το φιλί της ζωης*). Η μέθοδος αυτή συνισταται κυρίως για βρέφη και μικρά παιδιά ή για ενήλικες, στους οποίους δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της προηγούμενης μεθόδου (π.χ. όταν υπάρχουν κατάγματα πλευρών κλπ.). Πριν εφαρμοσθεί η μέθοδος αυτή καθαρίζεται πρώτα το στόμα του θύματος από οποιοδήποτε ξένο αντικείμενο (χρησιμοποιείται το μεσαίο δάκτυλο του δεξιού χεριού) (σχ. 21.1ε) και ύστερα έλκεται η γλώσσα, με το ίδιο δάκτυλο, προς τα κάτω και έξω. Μετά, αυτός που εκτελεί την τεχνητή αναπνοή τοποθετεί το θύμα πάνω στο χέρι του, όπως δείχνει το σχήμα 21.1ε, αν το θύμα δεν είναι ενήλικο, και με το άλλο χέρι του πιέζει σχετικά ισχυρά τη ράχη. Έτσι επιδιώκεται η έξοδος κάθε ξένου σώματος από τις αεροφόρες οδούς. Στη συνέχεια τοποθετείται το θύμα ανάσκελα (ύπτιο) και με τα μεσαία δάκτυλα και των δύο χεριών σηκώνεται τη σιαγόνα του ωθώντας την προς τα έξω και τη συγκρατεί στη θέση αυτή με το ένα του μόνο χέρι. Το ίδιο μπορεί να επιτευχθεί αν τεθεί ο αντίχειρας στα δόντια του θύματος (σχ. 21.1στ) και συρθεί η κάτω σιαγόνα του προς τα πάνω και πίσω. Όπως ειπαμε, κρατεί με το ένα του χέρι το στόμα του θύματος στην ημίκλειστη θέση, τοποθετώντας το κεφάλι του σε

υπερέκταση (τοποθετώντας ενδεχομένως το μαξιλάρι κάτω από τους ώμους του). Μετά τοποθετεί το στόμα του επάνω στο στόμα του θύματος και φράζοντας τα ρουθούνια του θύματος με το άλλο χέρι ή με το μάγουλό του, φυσά μέσα στο στόμα, μέχρι που να παρατηρήσει το στέρνο του θύματος να φουσκώνει. Συγχρόνως, αν το χέρι του είναι ελεύθερο, το τοποθετεί πάνω στην κοιλιά του θύματος, ανάμεσα στον



Σχ. 21.1ε.



Σχ. 21.1στ.

ομφαλό και τα πλευρά και πιέζει συνεχώς και ελαφρά για να παρέμποδίσει την είσοδο αέρα μέσα στο στομάχι (σχ. 21.1ζ). Όταν φουσκώσουν οι πνεύμονες με τον αέρα, αυτός που εκτελεί την αναπνοή παίρνει βαθιά εισπνοή, απομακρύνοντας το στόμα του για να γίνει η εκπνοή στο θύμα. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται με ρυθμό 20 φορές περίπου το λεπτό για παιδιά και 12 φορές για ενήλικες. Μετά από κάθε 20 κύκλους, διακόπτεται η εφαρμογή της τεχνητής αναπνοής όσο διάστημα

χρειάζεται για μια βαθιά αναπνευστική κίνηση και πάλι συνεχίζεται. Αν υπάρξει αντίσταση κατά το φύσημα και το στέρνο του θύματος δεν σηκώνεται, ελέγχεται η θέση του κεφαλιού του και ερευναται, μήπως υπάρχουν ξένα σώματα στις αεροφόρες οδούς.

Όταν το θύμα συνέλθει, πρέπει να διατηρηθεί θερμό με κουβέρτες, να του χορηγήθουν τονωτικά ποτά (ποτέ όμως οινοπνευματώδη) και να συνεχιστεί η παρακολούθησή του μέχρι να έλθει ο γιατρός.



Σχ. 21.1ζ.

21.2 Οδηγίες για την ασφαλή χρήση του ηλεκτρισμού.

1. Η βασικότερη προϋπόθεση για την ασφαλή λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι η τακτική συντήρησή τους από τον αρμόδιο αδειούχο εγκαταστάτη ηλεκτρολόγο. Ο ίδιος πρέπει να εκτελεί υπεύθυνα κάθε απαραίτητη μετατροπή ή επέκταση. Οι πρόχειρες και αυθαίρετες επεκτάσεις είναι συνήθως και επικίνδυνες, ιδιαίτερα όταν πραγματοποιούνται από ανεύθυνα πρόσωπα.



2. Τα καμένα φυσίγγια των ασφαλειών πρέπει να αντικαθίστανται με καινούργια, επάνω στα οποία αναγράφεται η ονομαστική ένταση σε αμπέρ. Η επιδιόρθωση των φυσιγγίων με συρματάκια και χρυσόχαρτα **απαγορεύεται**, γιατί είναι επικίνδυνη. Η συχνή καταστροφή των φυσιγγίων των ασφαλειών μας προειδοποιεί ότι «κάτι συμβαίνει» και πρέπει να καλέσουμε τον ηλεκτρολόγο για να βρει και να επισκευάσει τη βλάβη, που πρέπει να υπάρχει ή για να δώσει τις κατάλληλες συμβοιλές ως προς τον τρόπο λειτουργίας της εγκαταστάσεως.

3. Οι σπασμένοι διακόπτες, ρευματολήπτες, ρευματοδότες και άλλα εξαρτήματα όπως επίσης και τα φθαρμένα καλώδια, πρέπει να αντικαθίστανται **αμέσως** με καινούργια.



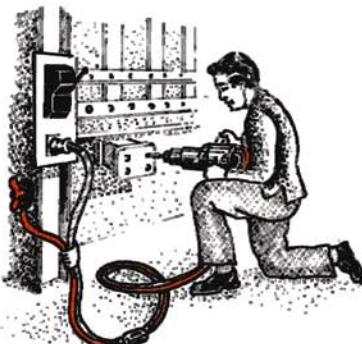
4. Τα καλύμματα των κουτιών διακλαδώσεως και των σε τάση τμημάτων των ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών πρέπει να είναι πάντοτε τοποθετημένα στις θέσεις τους. Τα καμένα ή σπασμένα καλύμματα πρέπει να αντικαθίστανται όπωσδήποτε, προτού δοθεί ρευμα. Τα μηχανήματα και οι συσκευές που έχουν βλάβες πρέπει να επισκευάζονται αμέσως.

5. Οι πρόχειρες ηλεκτρικές συσκευές είναι πάντοτε επικίνδυνες και γιαυτό το λόγο δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ποτέ. Πρέπει να αγοράζομε μόνο συσκευές εγκεκριμένες, που να αναγράφουν τον υπεύθυνο κατασκευαστή τους, γιατί σε διαφορετική περίπτωση η τυχόν οικονομία που θα επιτύχομε θα είναι ασύμφορη.



6. Προτού να αρχίσουμε οποιονδήποτε καθαρισμό ή μετακίνηση ηλεκτρικών συσκευών ή μηχανημάτων, πρέπει να φροντίζομε απαραίτητα να αφαιρούμε το καλώδιο που τα τροφοδοτεί από το ρευματοδότη ή να διακόπτουμε την τροφοδότηση από τον πίνακα διανομής. Φυσικά ο καθαρισμός δεν θα γίνεται με νερό, σαπουνάδα και τα παρόμοια, γιατί η υγρασία που θα μείνει μπορεί να προκαλέσει επικίνδυνα βραχυκυκλώματα.

7. Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση και κάθε συσκευή πρέπει να γειώνεται ή να ουδετερώνεται, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται σε χώρους με μη μονωτικό δάπεδο (μωσαϊκό, χωμα κ.τ.τ.), υγρούς κλπ. Τα μικρά φορητά ηλεκτρικά εργαλεία και συσκευές, όπως είναι τα δράπανα, πριόνια, θερμάστρες κλπ., επιβάλλεται επίσης να γειώνονται. Για το σκοπό αυτόν πρέπει να τροφοδοτουνται με τριπολικά καλώδια και τριπολικούς ρευματοδότες-ρευματοληπτες (με 3 βύσματα ή σουκο). Αν τυχόν χρησιμοποιούνται καλώδια επεκτάσεως, πρέπει να είναι τριπολικά και να εξασφαλίζουν καλή σύνδεση των αγωγών τροφοδοτήσεως και γειώσεως.



8. Δεν πρέπει να εγγίζομε διακόπτες, ρευματοδότες και ηλεκτρικές μηχανές ή συσκευές με βρεγμένα ή πολύ ιδρωμένα χέρια, γιατί είναι επικίνδυνο. Η χρήση συνηθισμένων ηλεκτρικών θερμαστρών, ραδιοφώνων, αποηραντήρων μαλλιών κ.ά. στο λουτρό, στο πλυντήριο και σε άλλους παρόμοιους υγρούς χώρους απαγορεύεται.

9. Για να αλλάξομε ένα καμένο λαμπτήρα, πρέπει να εξασφαλίσουμε προηγουμένως τη διακοπή του κυκλώματος, που τον τροφοδοτεί από τον πίνακα διανομής.



10. Πρέπει να αφαιρούμε τα τροφοδοτικά καλώδια των συσκευών από το ρευματοδότη και να διακόπτουμε την παροχή του ρεύματος στα μηχανήματα, όταν δεν τα χρησιμοποιούμε. Δεν πρέπει να πιάνουμε το ρευματολήπτη από το καλώδιο, όταν τον αφαιρούμε από το ρευματοδότη, γιατί σιγά-σιγά το καλώδιο θα φθαρεί και γίνεται έτσι επικίνδυνο.

11. 'Όταν πρόκειται για μικρά φορητά μηχανήματα ή συσκευές, όπως οι σβουρες, τα δράπανα κλπ., ή σε υπερβολικά υγρούς χώρους πρέπει να γίνεται χρήση πολύ χαμηλής τάσεως (42 V).



12. Όταν αισθανθούμε διαφροή σε οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή ή τμήμα της εγκαταστάσεως πρέπει να καλέσουμε αμέσως τον ηλεκτρολόγο.

13. Πριν από κάθε χρήση, πρέπει να ελέγξουμε με προσοχή τήν καλή λειτουργία και μόνωση κάθε ηλεκτρικής συσκευής ή μηχανήματος που χρησιμοποιούνται σπάνια.



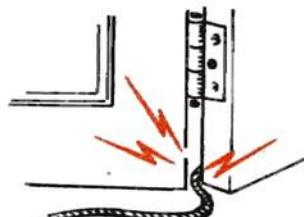
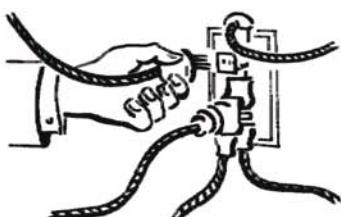
14. Οι φορητοί ηλεκτρικοί λαμπτήρες (μπαλαντέζες) πρέπει να έχουν μονωτική λαβή, το λαμπτήρα μέσα σε κατάλληλη προστατευτική υποδοχή και ειδικό προστατευτικό κάλυμμα. Μπαλαντέζες που κατασκευάζονται πρόχειρα με ένα ντουί και λίγο σύρμα είναι επικίνδυνες.

15. Όταν εργαζόμαστε σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να χρησιμοποιούμε εργαλεία γερά και κατάλληλα (με μονωμένες λαβές και ειδική αντιολισθηρή κατασκευή).



16. Όταν γίνεται εργασία συντηρήσεώς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει οι συσκευές και τα κυκλώματα στα οποια γίνεται η εργασία αυτή να θέτονται εκτός τάσεως, με το άνοιγμα των αντίστοιχων διακοπών και την αφαίρεση των ασφαλειών από τον πίνακα διανομής. Πρέπει επίσης να αναρτώνται σχετικές προειδοποιητικές πινακίδες.

17. Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να έχει αρκετά φωτιστικά σημεία και ρευματοδότες, όπου χρειάζεται. Έτοι αποφεύγεται η τροφοδότηση πολλών ηλεκτρικών συσκευών από τον ίδιο ρευματοδότη, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των αγωγών που καταλήγουν στο 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 απλό πλησίασμα μιας εναέριας ηλεκτρικής γραμμής π.χ. με ένα σιδηροσωλήνα ή ψηλό όχημα (γερανός, εκσκαφέας, γεωτρύπανο 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 πλησιάζομε, έστω κι αν γνωρίζομε ότι έχει διακοπεί το ρεύμα, γιατί αυτό είναι δυνατόν να επανέλθει απροειδοποίητα κάθε στιγμή. Η τεχνητή βροχή, ο ψεκασμός δένδρων, το πέταγμα χαρταετων και τα παρόμοια, κοντά σε εναέριες ηλεκτρικές γραμμές είναι επικίνδυνα.

21.3 Ερωτήσεις.

- Πώς μπορούμε να επιδιορθώσουμε το φυσίγγιο μιας ασφάλειας, όταν και;
 - Τι είναι η τεχνητή αναπνοή και πώς εφαρμόζεται;
 - Πώς εξηγουνται οι οδηγίες αριθ. 8 και 20; Γιατί και το απλό πλησίασμα στους αγωγούς μιας ηλεκτρικής γραμμής είναι επικίνδυνο (οδηγία αριθ. 19):
-

COPYRIGHT ΙΑΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

