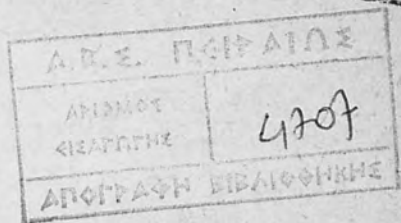


ΣΧΟΛΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΑΔΕ: ΑΔΙΘ 139/ΕΣΕ  
Χρονολογία Π. 118!

ΓΙΑΝΝΗ Γ. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ



# ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ

ΣΤΗΝ ΑΝΩΤ. ΣΧΟΛΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΑΘΗΝΑ

Σκοπός αὐτοῦ τοῦ βιβλίου εἶναι νά γνωρίσῃ  
στούς σπουδασίας τῆς Ἀν. Σχολῆς Βιομηχανικῶν Σπου-  
δῶν τίς βασικές ἀρχές, πού καθορίζουν τήν παραγωγή  
καί χρησιμοποίηση ἐκείνης τῆς μορφῆς τῆς Ἐνέργειας  
πού ὄλοι μας σήμερα ὀνομάζουμε " Ἡλεκτρική Ἐνέρ-  
γεια".

Ἡ ἠλεκτρική ἐνέργεια εἶναι ἡ πιό καλόβολη  
καί πιστή βοηθός τοῦ ἀνθρώπου. " Καλόβολη", γιατί  
παράγεται μέ θαυμαστή, πραγματικά, εὐκολία ἀπό τίς  
ἄλλες μορφές τῆς Ἐνέργειας καί μᾶς δίνει, μέ τήν  
ἴδια ἀπίσης εὐκολία, τήν ζέστη, τό φῶς, τή μηχανι-  
κή καί τή χημική ἐνέργεια. " Πιστή", γιατί στίς  
διαδοχικές αὐτές μεταμορφώσεις δέν κρατεῖ σχεδόν τί-  
ποτε γιά τόν ἑαυτό της καί μᾶς ξαναδίνει σχεδόν ὀ-  
λόκληρη τήν ἰσχύ πού τῆς ἐμπιστευθήκαμε. Καί σ' αὐ-  
τές, ἀκριβῶς τίς δύο ιδιότητες βρίσκεται καί ἡ αἰ-  
τία, γιατί ἡ χρησιμοποίηση τῆς Ἡλεκτρικῆς Ἐνέρ-  
γειας καρδίζει ὄλο καί περισσότερο ἕδαφος σ' ὀλόκλη-  
ρη τήν ὕφήλιο.

Στό βιβλίο αὐτό, ὄλα τά θέματα ἐξετάζονται  
μέ μεγάλη συντομία καί στίς ἀδρές τους μονάχα γραμ-  
μές, γιατί καί οἱ ὥρες πού διαθέτει ἡ Σχολή γιά τό  
μάθημα τῆς Ἡλεκτροτεχνίας εἶναι λίγες καί ὁ φόρτος  
τῶν ἄλλων μαθημάτων ἀρκετά μεγάλος, ὥστε οἱ σπου-  
δαστές νά μὴ διαθέτουν πολύν καιρό γιά τή μελέτη  
θεμάτων πού δέν θεωροῦνται καί τόσο βασικά.

Ἐλπίζουμε, ὡστόσο, πώς τά ὅσα γράφονται  
σ' αὐτή τήν " Ἡλεκτροτεχνία" θά συντελέσουν, παρά  
τή μεγάλη συντομία τους, στήν εὐκολή κατανοήσῃ τῆς



λειτουργίας τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανημάτων πού συναντοῦ-  
με σήμερα στίς διάφορες βιομηχανικές ἐγκαταστάσεις.

Νοέμβριος 1949.

Γ.Γ.Γ.

Η ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΙΣ ΑΔΡΕΣ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΕΣ  
ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΚΟΥΛΟΜ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΡΕΥΜΑ

✓ Πρωτόνια, Νετρόνια, Ηλεκτρόνια.

Καθένας πού ανοίγει για πρώτη φορά μια Ηλεκτρο-  
ταχνία θέλει νά μάθει πρώτα πρώτα τί είναι ο "ήλεκτρισμός".  
Επισυμία πολύ λογική. Τόν ήλεκτρισμό σήμερα τόν αντι-  
κρύζουμε σά κάθε μας βήμα. Από τή στιγμή πού θά σηκω-  
θούμε από τό κρεβάτι, ως τήν ώρα πού θά πάσουμε για  
ύπνο σκοντάφουμε στίς εφαρμογές του. Τό ήλεκτρικό συ-  
μπλητήρι θά μάς ευπνήσει τό πρωί. Η τελευταία δουλειά  
πού θά κάνουμε τό βράδυ είναι νά κλείσουμε τό διακό-  
πητή τής λάμπας μας. Είναι σωστό λοιπόν νά μὴν ξάρουμε  
τί είναι αὐτή ἡ γαμάτη μυστήριο δύναμη;

Η Ἐπιστήμη δυστυχῶς δέν μπόρεσα ὡς τώρα νά φω-  
τίσει τό μεγάλο αὐτό αἰνίγμα καί ἴσως νά μὴ βραϊ ποτέ  
τή λύση του. Δημιουργεῖ μονάχα ὑποθέσεις καί σ' αὐτές  
στηρίζει τίς θεωρίες της. Νέες ανακαλύψεις τήν ἀναγκά-  
ζουν ν' ἀναθεωρήσει τά παλιά. Κάνει ἄλλες υποθέσεις,  
ὡσότου πέσουν καί αὐτές, γιά νά δώσουν τόπο σέ νεότα-  
ρας, πού θ' ἀνταποκρίνονται καλύτερα στά νέα πράματα.  
Αὐτό, ἄλλωστε, εἶναι καί τό κύριο χαρακτηριστικό της:  
Δέν ἀποφαίνεται αὐτά δογματικά,  
ἀλλά προσαρμόζεται ελαστικά  
στίς πραγματικότητες.

Γιά τόν ήλεκτρισμό παραδαχόμενα σήμερα τήν  
✓ Ηλεκτρονική θεωρία. Η θεωρία αὐτή εἶ-  
ναι πραγματικά ωραία καί ἐξηγεῖ ἀριστά ικανοποιητι-  
κά ὅλα τά ήλεκτρικά φαινόμενα. Αἰεῖσαι λοιπόν νά τῆς  
ἀφιερῶσουμε μερικές σελίδες, γιά νά δοῦμε τί λέει,  
ἔστω καί στίς ἀδρές της γραμμές.

Ὅπως μάθαμε ἀπό τό Γυμνάσιο ἀκόμη, πρῶτος ὁ  
φιλόσοφος Δημόκριτος, ἀπό τή νεώταρη γαστή των φυσικῶν  
κῶν τῆς Ἰωνίας, ἔδωσα τήν πρώτη εἰσαγωγική ἀννοια  
τῆς ὕλης, πού εἶχε μακρότατη ζωὴ καί ἡ ἀπίδρασή της  
φτάνει ὡς τίς μέρες μας. Η ὕλη κατὰ τό Δημόκριτο δέν  
κάνει συνέχεια ἀδιάκοπη, παρά εἶναι φτιαγμένη ἀπό μι-

κρά κομματάκια, πού δέν μπορούν πιά νά κοποῦν ἢ νά χω-  
ρισθοῦν πιό πέρα. Γι' αὐτό τά κομματάκια αὐτά τά ὀνό-  
μασα ἄτομα. Δίπλα στά ἄτομα εἶναι ὁ ἄδειος χώρος,  
τό κενό. Πραγματική υπόσταση ἔχουν τά άτομα καί  
ὁ χώρος, " ἔσθῃ δὲ ἄτομα καί κενόν "

Τά ἄτομα λοιπόν εἶναι τά μικροσκοπικά, ἀχώριστα  
ἀχάλαστα καί αἰώνια ἀρχικά στοιχεῖα.

Τά ἄτομα ἐνωμένα μεταξύ τους σέ ομάδες σχηματί-  
ζουν τά μόρια τῶν ἀπλῶν ἢ συνθέτων σωμάτων. Ἀπλά σώ-  
ματα εἶναι, ὅπως ξέρουμε, ἐκεῖνα πού τά μόριά τους  
ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμοία ἄτομα. Τό ὀξευγόνο π.χ. εἶναι σῶ-  
μα ἀπλό, γιατί ἐνα μόριό του ἀποτελεῖται ἀπό δύο ἄτο-  
μα ὀξευγόνο. Σύνθετα πάλι εἶναι ἐκεῖνα πού τά μόριά τους  
εἶναι καμωμένα ἀπό διάφορα ἄτομα. Τό γερό εἶναι σύνθε-  
το, γιατί κάθε μόριό του ἀπαρτίζεται ἀπό δύο ἄτομα ὕ-  
δρογόνο καί ἐνα ἄτομο ὀξευγόνο.

Σύμφωνα ὅμως μέ τήν ἠλεκτρονική θεωρία, τό ἄτο-  
μο δέν εἶναι κάτι πού δέν μπορεῖ πιά νά υποδιαιεθεῖ  
παραπέρα, δέν εἶναι κάτι τό ἀπλό, ὅπως τό φανταζόμα-  
σταν πρίν. Τό ἄτομο, σύμφωνα μ' αὐτήν τήν θεωρία, εἶναι  
ὀλόκληρο σύστημα πού μπορεῖ νά παραβληθεῖ, οὔτε λίγο  
οὔτε πολύ, μέ τά ἠλιακά συστήματα τοῦ Συμπαντος.

Κάθε ἄτομο, μᾶς λέγουν οἱ σοφοί τοῦ αἰῶνα μας,  
ἀποτελεῖται:

Ἄπό π ρ ω τ ὄ ν ι α, ν ε τ ρ ὄ ν ι α καί  
ἠ λ ε κ τ ρ ὄ ν ι α.

Τά πρωτόνια μᾶζί μέ τά νετρόνια σχηματίζουν τόν  
πυρήνα τοῦ ατόμου.

Τά ἠλεκτρόνια ἀποτελοῦν τοὺς δορυφόρους αὐτοῦ  
τοῦ πυρήνα καί γυροῦν, τό καθένα σέ ξεχωριστή τροχιά,  
γύρω τριγύρω ἀπ' αὐτόν, ὅπως ἀκριβῶς καί οἱ πλανῆτες  
γύρω ἀπὸ τόν ἥλιο, περιστρεφόμενα ταυτόχρονα καί περὶ  
τόν ἄξονά τους.

Τά πρωτόνια εἶναι φορτία θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Τά νετρόνια εἶναι οὐδέτερα. Κι ἀφοῦ αὐτά εἶναι  
οὐδέτερα, τά θετικά πρωτόνια κάνουν καί ὀλόκληρο τόν  
πυρήνα θετικό.

Τά ἠλεκτρόνια εἶναι φορτία ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.  
(Τί εἶναι θετικός καί τί ἀρνητικός ἠλεκτρισμός θά κα-  
θοριστέῖ ἀργότερα).

Γιὰ ν' ἀντιληφθοῦμε πόσο μικρά εἶναι τά συστατι-

τικά τῷ ἀτόμου, ἄς δοῦμε μαρικούς ἀριθμούς πού χαρακτηρίζουν τὰ μεγέθη τους.

Καί πρῶτα πρῶτα ἄς μιλήσουμε γιά τό ἤλεκτρόνιο. Τό ἤλεκτρονιο ἔχει μᾶζα ἴση μέ  $9,1 \times 10^{-28}$  (γιά μεγαλύτερη ἀκρίβεια  $9,1066+0,0032 \times 10^{-28}$ ) γραμμάρια, δηλαδή:

$$\frac{9,1}{10.000.000.000.000.000.000.000.000.000} \text{ γραμμάρια}$$

Αὐτός ὁ ἀριθμός σημαίνει, πώς ἂν βάλουμε στόν ἓνα δίσκο μιᾶς ζυγαρίας ἓνα γραμμάριο, γιά νά πετύχουμε πάλι τήν ἰσορροπία της θά πρέπει νά ρίξουμε στόν ἄλλο της δίσκο  $10988 \times 10^{23}$  ἤλεκτρόνια.

"Αν μπορούσαμε νά μετρήσουμε αὐτά τὰ  $10988 \times 10^{23}$  ἤλεκτρόνια καί συμφωνούσαμε νά μετροῦμε κάθε δευτερόλεπτο  $1.000.000$  ἤλεκτρόνια, γιά νά ταλαίωσει τό μέτρημά τους, θά ἔπρεπε νά παράσουν τριάντα ἕξ δισεκατομμύρια ἑξακόσια ἑξήκοντα ἑκατομμύρια ( $36,626 \times 10^9$ ) χιλιοτηρίδες. Καί νά γιατί: Ἐνας χρόνος μέ 365 μέρες ἔχει  $365 \times 24 = 8760$  ὥρες. Καί ἐπειδή ἡ ὥρα ἔχει 3600 δευτερόλεπτα, ὁ χρόνος ἔχει  $8760 \times 3600 = 31.536.000$ , ἄς πούμε  $30.000.000$ . Κι ἄφου σέ κάθε δευτερόλεπτο θά μετροῦμε  $10^6$  ἤλεκτρόνια, σέ κάθε χρόνο θά περνοῦν ἀπό τὰ χέρια μας  $30.000.000 \times 1.000.000 = 3 \times 10^{13}$  ἤλεκτρόνια. Γιά τό μέτρημα λοιπόν τῶν  $10988 \times 10^{23}$  ἤλεκτρονίων θά πρέπει νά διαθέσουμε:

$$\frac{10988 \times 10^{23}}{3 \times 10^{13}} = 36;626 \times 10^{12} \text{ χρόνια}$$

ἢ  $36,626 \times 10^9$  χιλιοτηρίδες.

Τό ἤλεκτρόνιο ἔχει ἀκτίνα  $1,87 \times 10^{-13}$  τοῦ ἑκατοστομέτρου ἢ διάμετρο  $2 \times 1,87 \times 10^{-13} = 3,74 \times 10^{-13}$ , ἄς πούμε  $4 \times 10^{-13}$  τοῦ ἑκατοστομέτρου. Γιά νά σχηματίσουμε λοιπόν μέ ἤλεκτρόνια μιᾶ γραμμή μέ μήκος ἓνα ἑκατοστόμετρο, θά πρέπει νά βάλουμε στή σειρά  $250 \times 10^{10}$  ἤλεκτρόνια, δηλαδή σέ κάθε χιλιοστόμετρο  $250 \times 10^9$  ἤλεκτρόνια. Καί γιά νά γεμίσουμε μ'αὐτά ἓνα κυβικό χιλιοστόμετρο θά χρειαζόμασταν  $15625 \times 10^{30}$ . Ἄν θέλαμε νά μετρήσουμε κι' αὐτά τὰ ἤλεκτρόνια, μετρώντας πάλι ἓνα ἑκατομμύριο στό  $1$ , θά παροῦσαν 52 τετράκις ἑκατομμύρια χιλιοτηρίδες ( $52 \times 10^{15}$ ).

Και τώρα ἄς γνωρίσουμε τὸ πρωτόνιο.

Ἡ μᾶζα του εἶναι  $1,67 \times 10^{-24}$  τοῦ γραμμαρίου (γιὰ τὴν ἀκρίβεια  $1,67248 + 0,00031 \times 10^{-24}$ ). Ἐπομένως, γιὰ νὰ ἔχουμε μὲ πρωτόνια ἕνα γραμμάριο θὰ πρέπει νὰ πάροουμε  $5,988 \times 10^{23}$  πρωτόνια. Κι ἐπειδὴ γιὰ νὰ πετύχουμε τὸ ἴδιο γραμμάριο μὲ ἠλεκτρόνια πρέπει νὰ ἔχουμε  $10988 \times 10^{23}$  ἀπ' αὐτά, συνάγεται πῶς τὸ πρωτόνιο εἶναι 1840 περίπου φορές βαρύτερο ἀπὸ τὸ ἠλεκτρόνιο, γιὰτί  $10988 : 5,988 = 1840$  περίπου.

Ἡ διάμετρός του ὅμως εἶναι  $2 \times 10^{-10}$  περίπου ἀνατόστόμετρα. Ἄρα εἶναι 1870 περίπου φορές μικρότερο ἀπὸ τὸ ἠλεκτρόνιο.

Τὸ νετρόνιο ἔχει τὸ ἴδιο βάρος μὲ τὸ πρωτόνιο καὶ εἶναι καμωμένο, ὅπως μᾶς λέν, ἀπὸ ἕνα πρωτόνιο καὶ ἕνα ἠλεκτρόνιο, σφιχτοδεμένα. Τὸ νετρόνιο παρουσιάζεται καὶ μέσα ἀκόμη στὸν πυρήνα τοῦ ἀτόμου ἠλεκτρικὰ οὐδέτερο, γιὰτί τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ ἠλεκτρονίου του ἐξουδετερώνονται μεταξύ τους. Γι' αὐτὸ, ἂν θέλαμε γὰ τὸ μεταφράσουμε πιστά, θὰ ἔπρεπε νὰ τὸ ποῦμα " ο ὕ δ ε τ ε ρ ὄ ν ι α "

Τὸ νετρόνιο, ἀφοῦ εἶναι ἠλεκτρικὰ οὐδέτερο, δὲ μᾶς ἀνδιαφέρει στὴν Ἠλεκτρολογία.

Γενικὰ, τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι ταχτοποιημένα γύρω τριγύρω ἀπὸ τοὺς πυρήνας σὲ στιβάδας. Οἱ στιβάδες αὐτὲς εἶναι ἑπτὰ (ὑπάρχουν καὶ μερικὲς δευτερεύουσες) καὶ συμβολίζονται μὲ τὰ γράμματα K, L, M, N, O, P, Q. Ἡ καθὲς στιβάδα ἔχει ἐξαριστὴ διάμετρο. Ἡ πλησιέστη πρὸς τὸν πυρήνα εἶναι ἡ στιβάδα K. Αὐτὴ μπορεῖ νὰ ἔχει, τὸ πολὺ, ὡς δύο ἠλεκτρόνια, τὸ καθένα σὲ ἐξαριστὴ, ἀλλὰ μὲ ἴδια διάμετρο, τροχιά. Τῆ στιβάδα K τὴν περιβάλλει ἡ στιβάδα L. Ἡ στιβάδα αὐτὴ μπορεῖ νὰ ἔχει ὡς 8 ἠλεκτρόνια, τὸ καθένα ἐπίσης σὲ ἐξαριστὴ τροχιά, πού ἡ διάμετρός της εἶναι ἴση μὲ τὴ διάμετρο τῆς στιβάδας. Ἐπειτα ἔρχεται ἡ στιβάδα M. Σ' αμυτὴν ο ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων μπορεῖ νὰ φτάσει τὰ 18. Ἐτσι ἀκολουθοῦν καὶ οἱ ὑπόλοιπες στιβάδες μὲ τὰ ἠλεκτρόνια ποῦ τοὺς ἀνέκουν.

Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς

καὶ τὸ ἀτομικὸ βάρος τῶν στοιχείων.

" Ἄν ἀνοίξουμε μιά Χημεία, θὰ δοῦμε πῶς τὰ 92



στοιχαΐα, που γνωρίζουμε ως τώρα, έχουν το καθένα τους δύο κύρια χαρακτηριστικά:

Τόν ατομικό αριθμό και τό ατομικό βάρος.

Ο αριθμός των πρωτονίων, που έχει κάθε άτομο παριστάνει τόν ατομικό αριθμό του στοιχείου όπου ανήκει τό άτομο.

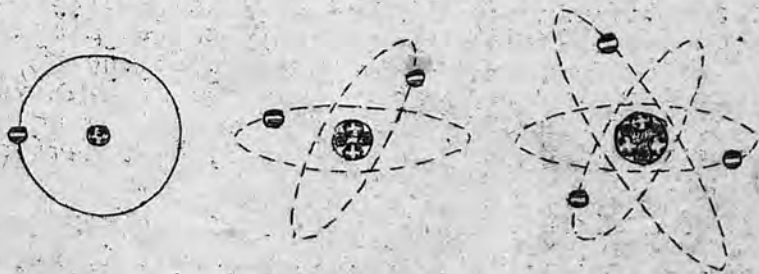
Τό άθροισμα των πρωτονίων και των νετρονίων, που βρίσκονται σε κάθε άτομο, δίνει τό ατομικό βάρος του στοιχείου.

Ο αριθμός των ηλεκτρονίων σε κάθε άτομο είναι ο ίδιος ακριβώς με τόν αριθμό των πρωτονίων που έχει στον πυρήνα του. Επομένως και ο αριθμός των ηλεκτρονίων κάθε άτόμου παριστάνει πάλι τόν ατομικό αριθμό του στοιχείου του.

Στό σχήμα I παριστάνονται τά τρία πρώτα στοιχεία της Χημείας. Η παράσταση είναι ταλαίως συμβολική και, φυσικά, δίχως κλίμακα. Οι πυρήνες σχαδιάστηκαν για σαφήνεια μεγαλύτεροι από τά ηλεκτρόνια, ενώ στην πραγματικότητα είναι πολύ μικρότεροι.

Στά σχήματα αυτά, τά θετικά πρωτόνια σημειώνονται με τό (+) και τά αρνητικά ηλεκτρόνια, με τό (-). Τό (+) και τό (-) έχουν καταντήσεσι πιά διεθνικά σύμβολα.

Τό πρώτο από τά εικονιζόμενα είναι τό άτομο του υδρογόνου (H). Ο πυρήνας του έχει, όπως προαναφέραμε, ένα μονάχα πρωτόνιο και, για δορυφόρο του,



Σχ. I



ένα ηλεκτρόνιο στη στιβάδα Κ. Το άτομο του υδρογόνου, του αρχηγού της οικογένειας των στοιχείων, δεν έχει στον πυρήνα του νετρόνια. Το ατομικό του βάρος είναι 1,01.

Το δεύτερο είναι το άτομο του αερίου ηλίου (He) Έχει ατομικό αριθμό 2. Άρα 2 πρωτόνια, 2 ηλεκτρόνια. Το ατομικό του βάρος είναι 4. Επομένως 2 πρωτόνια και 2 νετρόνια. Τα ηλεκτρόνια του περιστρέφονται, το καθένα σε ξεχωριστή τροχιά με ίδια διάμετρο, στη στιβάδα Κ.

Το τρίτο είναι το άτομο του λιθίου (Li). Ατομικός αριθμός 3. Ατομικό βάρος 7. Άρα 3 πρωτόνια, 3 ηλεκτρόνια, 4 νετρόνια. Το τρίτο ηλεκτρόνιο τριγυρνά σε τροχιά με μεγαλύτερη διάμετρο στη στιβάδα L.

Το άτομο του χαλκού είναι περισσότερο πολύπλοκο από τα άτομα των στοιχείων που προαναφέραμε. Ο πυρήνας του έχει 29 πρωτόνια (ατομικός αριθμός 29) και 35 νετρόνια (ατομικό βάρος 64) και γύρω απ' αυτόν, σε ξεχωριστές τροχίες το καθένα, τριγυρίζουν 29 ηλεκτρόνια.

Το ούράνιο, το τελευταίο των 92 στοιχείων, έχει ατομικό αριθμό 92 και ατομικό βάρος 238,14. Στον πυρήνα του λοιπόν έχει 92 πρωτόνια και 146 νετρόνια και γύρω απ' αυτόν τριγυρνούν 92 ηλεκτρόνια.

Σε ποιιά όμως απόσταση από τον πυρήνα τριγυρίζουν τα ηλεκτρόνια; Ανάλογα με τα μεγέθη που έχουν αυτός και τα ηλεκτρόνια, τεράστια. Αυτή η απόσταση φυσικά δεν είναι ίδια για όλα τα ηλεκτρόνια, γιατί το καθένα απ' αυτά ανήκει και σε ξεχωριστή στιβάδα. Έτσι, άλλα είναι κοντύτερα στον πυρήνα και άλλα μακρύτερα απ' αυτόν. Ωστόσο, αν παραστήσουμε τον πυρήνα μ' ένα πορτοκάλι και τον βάλουμε στο κέντρο ακριβώς της Γης μας, τότε τα ηλεκτρόνια, για να τηρηθούν οι αναλογίες πράξει, κατά μέσον όρο, να έχουν τις τροχίες τους στην επιφάνειά της. Η Γη μας όμως, ξέρουμε, έχει ακτίνα 6370 χιλιόμετρα.

Προσ τεράστια, λοιπόν, είναι τα κενά που βρίσκονται μέσα σ' ένα άτομο! Και ανάλογα, φυσικά, είναι και τα κενά από άτομο σε άτομο και από μόριο σε μόριο. Τέτοιες αναλογίες μονάχα σ' άπειρα βάθη του Σύμπαντος βρίσκονται.

3. Ελευθερα ηλεκτρόνια

Μερικά από τὰ ηλεκτρόνια πού διαγράφουν τίς πιο μακρινές τροχιές γύρω από τόν πυρήνα τών ατόμων τους, κατορθώνουν πολλές φορές, έχοντας βοηθό και τή φυγόκεντρη δύναμη πού γεννιέται από τήν πολύ γρήγορη περιστροφική τους κίνηση, νά νικήσουν τήν έλξη του πυρήνα. Ξεφεύγουν λοιπόν απ' αυτόν, κινούνται λίγο στο κενό πού χωρίζει τὰ άτομα και αν βρεθούν κοντά σε κανένα άλλο άτομο, πού έχασε μέ τόν ίδιο τρόπο κάποιο ηλεκτρόνιο του, αρχίζουν και γυρνούν γύρω από τόν πυρήνα αυτού του ατόμου. Ύστερα από λίγο ξεφεύγουν και απ' αυτό, πλησιάζουν άλλο άτομο και έτσι εξακολουθούν τήν περιπλάνησή τους από άτομο σε άτομο, σαν νά μή λογαριάζουν τίποτα.

Δέν είναι ανάγκη όμως τό ίδιο ηλεκτρόνιο νά τριγυρίσει όλα τὰ άτομα. Ένα ηλεκτρόνιο μπορεί, ύστερα από ένα μικρό σπρίπατο, νά συγκρατηθεί στη νέα του τροχιά γέρα από τόν πυρήνα του ατόμου όπου προσκολληθηκε. Αλλα ηλεκτρόνια, από άλλα άτομα ή και από τό ίδιο άτομο, θά ξεκινήσουν για παρόμοιες περιπέτειες.

Αυτά τὰ ηλεκτρόνια πού ξεφεύγοντας τήν έλξη τών πυρήνων αρχίζουν, σαν αλήτες, τήν περιπλάνησή τους από άτομο σε άτομο, μέ 100 χιλιομέτρα περίπου στο δευτερόλεπτο, λέγονται ε λ ε υ θ ε ρ α ή λ ε κ τ ρ ό ν ι α.

4. Σώματα άγωγά, μονωτικά και ήμιαγωγά.

Αυτό πού είπαμε παραπάνω δέ γίνεται στα άτομα όλων τών σωμάτων.

Υπάρχουν σώματα πού τὰ άτομά τους κρατούν σφιχτά κοντά στον πυρήνα τὰ ηλεκτρόνια και δέν τ' αφήνουν εύκολα νά ριχτούν σε περιπέτειες.

- "Αλλα, πάλι, πού επιτρέπουν μικρή έλευθερία στα ηλεκτρόνια τους. Τέλος υπάρχουν και άλλα πού δίνουν στα ηλεκτρόνια τους μεγαλύτερη ακόμη έλευθερία.

Στήν τάξη τών τελευταίων ανήκουν τὰ μέταλλα. και δύο από τὰ πιο έλεύθερα είναι ο χαλκός και τό αλουμίνιο πού μάς χρησιμεύουν στην κατασκευή τών ηλεκτροφόρων σωμάτων.

Γιατί ένα πρᾶμα είναι βέβαιο: Μονάχα τὰ σώματα πού ἔχουν περισσότερα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια είναι καί οἱ καλοὶ ἄγωγοί τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Αὐτά τὰ σώματα τὰ ὀνομάζουμε ἄγωγά σώματα ἢ ἀπλούστερα, ἄγωγοὺς.

Στὸ χαλκό, τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια είναι περίπου ὅσα καί τὰ ἄτομά του. Δηλαδή, ἀπὸ τὰ 29 ἠλεκτρόνια πού ἔχει κάθε ἄτομό του, 8 στή στιβάδα K, 8 στήν L 18 στήν M, καί 1 στή στιβάδα N, τὸ ένα, τῆς τελευταίας στιβάδας, μπορεῖ νὰ ἐλευθερωθεῖ. Στὰ μέταλλα, γαλνικά, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθερῶν ἠλεκτρονίων κυμαίνεται ἀπὸ 10 πεντακισκατομμύρια ὡς 100 ἑξακισκατομμύρια (10<sup>23</sup>) κατὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο.

Τ' ἀντίθετα τῶν ἀγωγῶν σωμάτων είναι τὰ μονωτικά. Σ' αὐτά τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια είναι τόσο λίγα, πού οὔτε νὰ τ' ἀναφέρουμε ἀξίζει τὸν κόπο.

Ανάμεσα τώρα στὰ ἀγωγά καί τὰ μονωτικὰ βρίσκονται καί τ' ἄλλα σώματα πού τὰ ἄτομά τους, ὅπως προαναφέραμε, ἐπιτρέπουν λίγη ἐλευθερία στὰ ἠλεκτρόνια. Αὐτά είναι τὰ ἡμιαγωγά σώματα.

Γιὰ τὶς ἀφαρμογές τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅπως χρειαζόμαστε τὰ ἀγωγά σώματα, γιὰ νὰ διοχετεύουμε τὸν ἠλεκτρισμὸ ἀπ' ὅπου θέλουμε, καί τὰ μονωτικά, γιὰ νὰ ἐμποδίζουμε τὸ πέρασμά του, εἶτσι ἔχουμε ἀνάγκη καί ἀπὸ τὰ ἡμιαγωγά.

### ↓ Ἴόν. Δυναμικό.

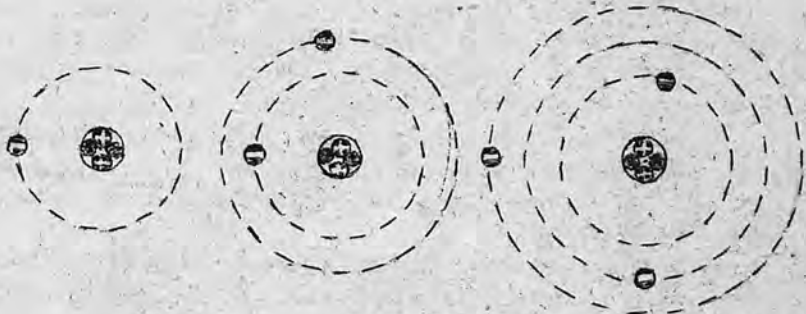
Στὰ προηγούμενα ἀναφέραμε πῶς τὰ πρωτόνια εἶναι φορτία θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὰ ἠλεκτρόνια, φορτία ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Εἶδαμε ἐπίσης πῶς τὸ ἄτομο κάθε στοιχείου τῆς χημείας ἔχει ὀρισμένα πρωτόνια καί ἰσᾶριθμὰ ἀκριβῶς ἠλεκτρόνια.

Κάθε ἠλεκτρόνιο ἔχει ἠλεκτρικὸ φορτίο ἴσο ἀκριβῶς μὲ τὸ φορτίο κάθε πρωτονίου, μὰ ἐπειδὴ τὸ φορτίο του είναι ἀρνητικό, ἐξουδετερώνει τὸ θετικὸ φορτίο τοῦ πρωτονίου καί εἶτσι τὸ ἄτομο παρουσιάζεται στὸν ἔξω κόσμον τελείως ἡσυχό, δηλαδή ἡλεκτρικῶς οὐδέτερο.

Ἄν κατορθώσουμε ὅμως ν' ἀποσπάσουμε ἀπὸ ἕνα ἄτομο ἢ νὰ δώσουμε σ' αὐτὸ ἠλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομο χάνει τὴν ουδέτερη του κατάσταση καί μᾶς παρουσιάζει

ζεται ηλεκτρισμένο θετικά ή αρνητικά. Το άτομο ηλεκτρίζεται θετικά αν του αφαιρέσουμε ηλεκτρόνια, ενώ αν του προσθέσουμε ηλεκτρόνια παρουσιάζεται φορτισμένο αρνητικά. Σ' αυτή την περίπτωση το άτομο λέγεται ιόν. "Αρα" "Ιόν" σημαίνει άτομο που έχασε την ουδέτερή του κατάσταση. Το ιόν μπορούμε να το ονομάσουμε θετικό ή αρνητικό, όταν πήραμε από το άτομο ηλεκτρόνια, ή αρνητικό, όταν δώσαμε στο άτομο ηλεκτρόνια. Η προσθαφαίρεση λοιπόν ηλεκτρονίων, που γίνεται σ' ένα άτομο, δεν αλλάζει τη φύση του, μεταβάλλει μονάχα την



Σχ. 2

ηλεκτρική του κατάσταση. Το ηλεκτρίζει. Το ιονίζει. Το άτομο του χαλκού, όταν χάσει ή κερδίσει ένα ηλεκτρόνιο, δεν μεταβάλλεται σε άλλο χημικό στοιχείο. Το άτομο του χαλκού απλώς ιονίζεται. Στο σχ. 2 δίνουμε για παράδειγμα το άτομο του ήλιου (He) σε ουδέτερη κατάσταση (στή μάζη) και ύστερα το ίδιο άτομο φορτισμένο θετικά (αριστερά) ή αρνητικά (δεξιά).

Γιατί όμως το άτομο βρίσκεται αρνητικά ή θετικά ηλεκτρισμένο όταν γίνει σ' αυτό μια προσθαφαίρεση ηλεκτρονίων; Για τόν εξής απλούστατο λόγο:

Όταν αφαιρέσουμε από ένα άτομο και ένα μονάχα ηλεκτρόνιο, ελαττώνουμε το όλο αρνητικό φορτίο του ατόμου κατά ένα ηλεκτρόνιο. Το θετικό φορτίο όμως των πρωτονίων μένει αμετάβλητο, γιατί δεν μπορούμε να βγάλουμε και πρωτόνια από τόν πυρήνα. Αν βγάσαμε και πρωτόνια απ' αυτόν θα λιγόστευε ο όλος αριθμός των πρωτονίων του, θα μίκραινε άρα τόν ατομικό του βάρος και η ελκτική του δύναμη και έτσι θα συγκρατούσε λι-



γότερα ηλεκτρόνια γύρω του. Τότε όμως φτάνουμε στη διάσπαση του ατόμου (φυσική ή τεχνητή) και από το άτομο ενός στοιχείου βγαίνει άτομο άλλου στοιχείου.

Με το χάσιμο λοιπόν ηλεκτρονίων το θετικό φορτίο του πυρήνα παρουσιάζεται, μπροστά στο αρνητικό, υπέρτατο και το άτομο θεωρείται ηλεκτρισμένο θετικά. Θα είναι μάλιστα τόσο περισσότερο θετικά ηλεκτρισμένο, όσο μεγαλύτερη θα είναι η υπεροχή του θετικού φορτίου των πρωτονίων σχετικά με το αρνητικό φορτίο των ηλεκτρονίων, με άλλα λόγια, όσο περισσότερα ηλεκτρόνια βγάλουμε από το άτομο.

Τό αντίθετο συμβαίνει όταν προσθέτουμε ηλεκτρόνια. Τότε το αρνητικό φορτίο του ατόμου γίνεται μεγαλύτερο από το θετικό και έτσι το άτομο παρουσιάζεται στον έξω κόσμο ηλεκτρισμένο αρνητικά.

Όταν ένα άτομο βρεθεί σε μία τέτοια κατάσταση, λέμε πως αποχτήσε ορισμένο ηλεκτρικό δυναμικό. Από τα άτομα όμως απαρτίζεται η ύλη, επομένως και κάθε υλικό σώμα.

Ένα σώμα λοιπόν ηλεκτρίζεται θετικά, όταν του αφαιρούμε ηλεκτρόνια και αρνητικά, όταν του προσθέτουμε ηλεκτρόνια.

Στην πρώτη περίπτωση το σώμα αποχτᾷ θετικό δυναμικό και στη δεύτερη, αρνητικό.

Και ή Γη μας, όμως αποτελεί σώμα. Μήπως, λοιπόν, θα μπορούσαμε να την ηλεκτρίσουμε κι αυτήν; Όσο μπορούμε να αυξομειώσουμε τη στάθμη της θάλασσας αν ρίξουμε σ' αυτήν ή πάρουμε απ' αυτήν όσο νερό θέλουμε, άλλο τόσο μπορούμε να αυξομειώσουμε και την ηλεκτρική στάθμη της γης όταν της προσθέσουμε ή αφαιρέσουμε απ' αυτήν ηλεκτρόνια. Η γη αποτελεί ένα πελώριο αγωγό σώμα και δέν μπορούμε, με τα πενιχρά μέσα που διαθέτουμε, να την ηλεκτρίσουμε.

Γι' αυτό, όπως κατά την εκτίμηση της θερμομαντικής στάθμης των σωμάτων παίρνουμε γι' αφετηρία τους 0° C (Κελσίου), που είναι η θερμοκρασία του τηκομένου πάγου, και κατά την εκτίμηση του ύψους των βουνών, την επιφάνεια της θάλασσας, έτσι και στα ηλεκτρικά φαινόμενα για την εκτίμηση, της ηλεκτρικής στάθμης, δηλαδή του δυναμικού, των διαφόρων σωμάτων παίρνουμε γι' αφετηρία το δυναμικό της γης, που το θεωρούμε ίσο με μηδέν.

Γιὰ τόν ίδιο επίσης λόγο, αν θέλουμε να ηλεκτρί-

σουμε ένα σῶμα πρῶτα πρῶτα νά τό ἀπομονώσουμε ἀπό τή γῆ.

"Αν ένα ἀρνητικά ἠλεκτρισμένο σῶμα ἔνωθεῖ μέ τή γῆ, διώχνει πρὸς αὐτήν ὅλα τὰ περίσσια ἠλεκτρόνια του καί τό σῶμα, χάνοντας ἔτσι τό φορτίο του, γίνεται οὐδέτερο, ἀποχτᾷ δηλαδή δυναμικό μηδέν.

Κατά τόν ἴδιο τρόπο; ἂν ένα θετικά ἠλεκτρισμένο σῶμα προσγειωθεῖ, ελκεῖ ἀπό τή γῆ τὰ ἠλεκτρόνια πού τοῦ λείπουν καί τό σῶμα γίνεται τελικά οὐδέτερο.

. Τάση. Ἐλξεις καί ἀπώσεις.

Τό κάθε ἄτομο ἀγαπᾷ ἔξαιρετικά τήν κατάσταση πού τοῦ καθόρισε ἡ Φύση. Με τὰ πρωτόνια καί τὰ ἠλεκτρόνια πού τοῦ χάρισα αὐτή μένει εὐχαριστημένο καί δέ θέλει νά χάσει τίποτα. Ὅπως ὁμως δέ θέλει νά χόσει, ἔτσι δέ θέλει καί νά πάρει. "Αν μ' ἕναν ὅποιο-δήποτε τρόπο τοῦ προστεθοῦν ἠλεκτρόνια, θέλει νά τά διώξει. Τά θεωρεῖ ξένα. "Αν πάλι τοῦ ἀφαιρεθοῦν, τά ζητάει πίσω, ὅπως καί ἡ μάνα τὰ χαμένα παιδιά της. "Αν δάν τοῦ τά ἐπιστρέφουν, θά τά γυρεύει εἰς αἰῶνα τόν καιντα.

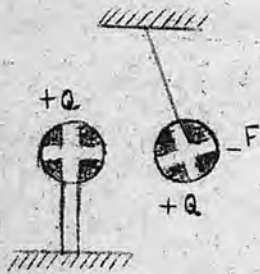
"Αν τώρα δύο ἄτομα βρεθοῦν ἠλεκτρισμένα τό ένα θετικά καί τ' ἄλλο ἀρνητικά, ἢ γενικά, μέ μιᾶ διαφορά στά ἠλεκτρόνια τους, γεννιέται ἀμέσως μεταξύ τους μιᾶ τάση, τό ένα νά ξεφορτωθεῖ τά ξένα καί τό ἄλλο νά πάρει τὰ ἠλεκτρόνια πού τοῦ λείπουν, γιὰ νά ξαναγίνουν οὐδέτερα, ἢ γιὰ νά βρεθοῦν στήν ἴδια ἠλεκτρική κατάσταση.

Αὐτό πού γίνεται ὁμως μέ τὰ ἄτομα συμβαίνει καί μέ τὰ σῶματα, γιατί κι αὐτά εἶναι συγκροτημένα ἀπό ἄτομα. Ἐπομένως ἡ τάση δημιουργεῖται πάντοτε ἀνάμεσα σέ δύο σῶματα πού ἔχουν διαφορετικό δυναμικό. Δέν μπορεῖ, δηλαδή, νά βρεθεῖ ένα μοναχικό σῶμα πού νά ἔχει τάση. Ἐνα σῶμα γιὰ νά ἔχει τάση, θά πει πῶς πῆρε ἢ ἔχασε ἠλεκτρόνια. Αὐτά ὁμως τά πῆρε ἀπό κάπου ἢ τά ἔδωσε σέ ἄλλο σῶμα. Μέ τό τελευταῖο, λοιπόν, ἔστω καί ἂν αὐτό εἶναι ἡ γῆ, θά βρῖσκεται σέ τάση. Καί οἱ σχέσεις μεταξύ δύο ἀνθρώπων βρῖσκονται σέ τάση, οταν ὁ ένας φάγει τό δίκηνο τοῦ ἄλλου. Κανένας ὁμως ἰσορροπημένος ἄνθρωπος δέ βρῖσκεται μέ τόν ἑαυτό του σέ τάση σχέσεων.

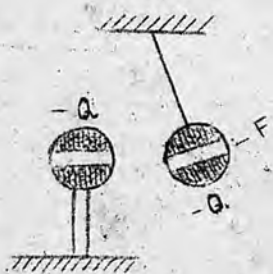
Ὅσο περισσότερο ἀπό τὰ καθορισμένα ἀπό τή φύση



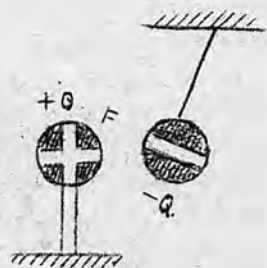
ηλεκτρόνια πάρει ένα σώμα και όσο περισσότερα χάσει ένα άλλο, τόσο τά φορτία τους είναι διαφορετικά, άρα τόσο και η τάση ανάμεσά τους γίνεται μεγαλύτερη. Σ' αυτή την περίπτωση τ'ά δύο σώματα είναι φορτισμένα ετερόνυμα, δηλαδή, τό ένα άρνητικά και τό άλλο, θετικά και, από τήν έπιθυμία πού έχουν νά ξαναβρούν τήν ούδέτερή τους κατάσταση, ελκονται μεταξύ τους.



Σχ. 3



Σχ. 4



Σχ. 5

"Αν πάλι τύχει δύο σώματα νά έχουν πάρει τό ο αριθμό από ξένα ηλεκτρόνια, νά είναι δηλαδή κατά τόν ίδιο βαθμό άρνητικά ήλεκτρισμένα ή νά έχασαν άκριβώς τά ίδια ηλεκτρόνια, νά είναι δηλαδή και τ'ά δύο τό ίδιο θετικά ήλεκτρισμένα, τ'ά δύο σώματα είναι ομώνυμα φορτισμένα και η τάση, πού γεννιέται μεταξύ τους, προσπαθεί ν' άπωθήσει τό ένα από τ' άλλο.

Γι' αυτό, από τόν καιρό πού παρατήρησαν τά φαινόμενα αυτά, είπαν πώς: "Τ'ά έτερόνυμα ελκονται, ένώ τ'ά ομώνυμα άπωθονται".

Τ'ά σχήματα 3, 4 και 5 δείχνουν παραστατικά τά πράματα.

Στά Σχ. 3 και 4, δύο ίσα ομώνυμα φορτία άπωθούνται. Στό 5, δύο ίσα ετερόνυμα ελκονται.

### 7.- Νόμος του Κουλόμ.

Ηλεκτροστατική μονάδα τής ποσότητας. Κουλόμ.

Μέ τό νόμο Κουλόμ<sup>I</sup> μπορούμε νά βρούμε και

I) Κάρολος Αύγουστίνος Κουλόμ (COULOMB), Γάλλος άξιωματικός του Μηχανικού. Φυσικός (1736-1806).

τῆ δύναμη πού ἔλκει ἢ ἀπωθεῖ δύο ἠλεκτρισμένα σώματα. Ἡ δύναμη αὐτή εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο περισσότερο ἠλεκτρισμένα εἶναι τὰ δύο σώματα καί ὅσο ἡ ἀπόσταση πού τὰ χωρίζει εἶναι μικρότερη. Αὐτόν τόν νόμο τόν ἐκφράζουμε μὲ τόν ἀκόλουθο ἀπλό μαθηματικό τύπο:

$$F = + \frac{QXQ'}{A^2} \text{ dyn}$$

Σ' αὐτόν, τὸ F παριστάνει τῆ δύναμη (σέ δύναεις) πού ἔλκει ἢ ἀπωθεῖ τὰ δύο ἠλεκτρισμένα σώματα, τὸ Q καί τὸ Q' τὰ ἠλεκτρικά τους φορτία, δηλαδή τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ (σέ ἠλεκτροστατικές μονάδες μὲ τὰ ἀντίστοιχα σημεῖα τους + ἢ -), πού βρίσκονται σ' αὐτά, καί τὸ A, τὴν ἀπόσταση (σέ ἐνατοστόμετρα) πού τὰ χωρίζει.

Απὸ τῆ λύση τοῦ τύπου θά προκύψει μιὰ δύναμη, θετική (+) ἢ ἀρνητική(-).

Τὸ σημεῖο (+) σημαίνει πὺς τὰ δύο φορτία εἶναι ὁμώνυμα, δηλαδή καί τὰ δύο θετικά ἢ ἀρνητικά, γιατί, ὅπως ξέρουμε ἀπὸ τὴν "ἀλγεβρα

$$+ X + = + \text{ καί } - X - = +$$

Στὴν περίπτωση αὐτὴν, ἡ δύναμη F ἀπωθεῖ τὰ δύο σώματα, ἀφοῦ καί τὰ δύο εἶναι ἢ θετικά ἢ ἀρνητικά.

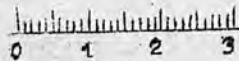
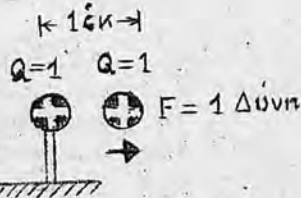
Τέλος, τὸ σημεῖο (-) σημαίνει, πὺς τὰ δύο φορτία εἶναι ἀτερόνυμα, δηλαδή τὸ ἓνα θετικό καί τὸ ἄλλο ἀρνητικό, γιατί  $+ X - = -$ . Τώρα ἡ δύναμη F ἔλκει τὰ δύο σώματα.

Ἐδῶ θά μπορούσαμε νά ρωτήσουμε: Ἀφοῦ ὁ πυρήνας κάθε ἀτόμου εἶναι φορτισμένος θετικά καί τὰ ἠλεκτρόνια πού περιστρέφονται γύρω του, ἀρνητικά, δημιουργεῖται κι ἐκεῖ ἐξάπαντος μιὰ ἐλξη, γιατί ὅμως τὰ ἀρνητικά ἠλεκτρόνια δέν πέφτουν ἐπάνω στό θετικό πυρήνα; Ποιὰ εἶναι ἡ αἰτία πού τὰ κρατᾷ σέ ἀπόσταση ἀπ' αὐτόν; Αἰτία εἶναι ἡ φυγόκεντρη δύναμη πού δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν ταχύτητι περιστροφικῆ κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων. Για τὸν ἴδιο, φυσικά, λόγο δέν πέφτει καί ἡ Γῆ μας, καθώς καί οἱ ἄλλοι πλανῆτες, ἐπάνω στόν ἥλιο, ἀφοῦ ξέρουμε πὺς καί τὰ οὐράνια σώματα ἔλκονται μεταξύ τους.

Γιατί ὅμως, καί τὰ πρῶτόνια, σέ θετικά πού εἶναι, νά μὴν ἀπωθοῦνται μεταξύ τους; Ἐδῶ μᾶς δικαιολογοῦν οἱ σοφοὶ τὴν ὑπαρξὴ τῶν νετρονίων. Αὐτά, πού

είναι τὸ καθένα ἀπὸ ἕνα πρωτόνιο καὶ ἕνα ἠλεκτρόνιο σφιχτοδεμένα σὲ βαθμὸ πού καὶ μέσα ἀκόμη στὸν πυρήνα νὰ παρουσιάζονται οὐδέτερα, συγκρατοῦν τὰ πρωτόνια στὴ θέση τους, τὸ ἕνα κοντὰ στὸ ἄλλο, καὶ δὲν τ' ἀφί-  
νουν ν' ἀπωθηθοῦν, ὅπως θὰ ἦταν τὸ σωστό, σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ Κουλόμ.

Καὶ τώρα μπορούμε νὰ ποῦμε, πῶς, βέβαια, μεταξύ τοῦ πυρήνα κάθε ἀτόμου καὶ τῶν ἠλεκτρονίων του εἶναι ὁ ἀδαισιος χώρος, ὁ χώρος ὅμως αὐτός εἶναι, ὅπως βλέπουμε παδίῳ μεγάλων (σχετικὰ μὲ τὰ μεγέθη πού εξετάζουμε) δυνάμεων πού ἐκδηλώνονται μεταξύ τῶν θετικῶν πρωτονίων τοῦ πυρήνα καὶ τῶν ἀρνητικῶν ἠλεκτρονίων.



Σχ.6

Γενικί, ὁ χώρος γύρω τριγύρω ἀπὸ κάθε ἠλεκτρι-  
σμένο σῶμα, μέσα στὸν ὁποῖο τὸ σῶμα αὐτό μπορεί νὰ ἐπιδράσει μὲ ἐλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπάνω σ' ἄλλα σῶματα, λέ-  
γεται ἡ ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ὸ π ε δ ῖ ο. Θεωρητικὰ, τὸ ἠλεκτρικὸ πεδίο ἐκπλώνεται στὸ ἄπειρο πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ δυνάμη του μικραίνει ὅσο μακραίνουμε ἀπ' αὐτό, παραδαχόμεστα, στὴν πράξη, πῶς τὸ ἠλεκτρικὸ πεδίο ἑνὸς ἠλεκτρισομένου σώματος ἐκπλώνεται σὲ μικρὴ ἀπὸ τὸ σῶμα ἀπόσταση.

Μὲ τὸ νόμο τοῦ Κουλόμ μπορούμε νὰ ὀρίσουμε καὶ τὴ μονάδα τῆς ἠλεκτρικῆς ποσότητας ἢ, ὅπως τὴ λέμε τὴν ἠ λ ε κ τ ρ ο σ τ α τ ι κ ῆ μ ο ν ᾶ δ α τ ῆς ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ῆς π ο σ ὀ τ η τ α ς. Ἀρκεῖ ν' ἀντικαταστήσουμε στὸ σχετικὸ τύπο τὰ  $Q_1, Q_2$  καὶ τὸ  $A$  μὲ τὸ  $I$ , ὁπότε ἔχουμε:

$$F = \frac{I \times I}{I^2} = I \text{ δύνη}$$

H.E.M.

Ἡλεκτροστατικὴ μονάδα, λοιπόν, τῆς ἠλεκτρικῆς ποσότητας θεωροῦμε ἐκεῖνη τὴν ἠλεκτρικὴ ποσότητα πού, βάζοντάς την ἀντίκρου σὲ μιὰ ἄλλη ἴση ἠλεκτρικὴ ποσό-  
τητα καὶ σὲ ἀπόσταση ἀπ' αὐτὴν ἕνα εκατοστόμετρο, στὸν ἀέρα (ἀκαίβεστερα στὸ κενό), ἔλκει ἢ ἀπωθεῖ αὐτὴν τὴ δαυτέρη ποσότητα μὲ δυνάμη μιᾶς δύνης. (Σχ.6)

Τὴν μονάδα αὐτὴν τὴν ὀνόμασαν τελευταῖα "φραγκλέν" (Franklin) γιὰ νὰ τιμῆσουν τὸν Ἀμερικανὸ Φυσικὸ Βενιαμίν Φραγκλίνο.

Τὸ φραγκλέν εἶναι, γιὰ τίςπραχτικὰς ἄφαρμογὰς, πάρα πολὺ μικρὸ. Γι' αὐτὸ χρησιμοποιοῦμε στὴν καθημερινῇ χρῆσιν ἓνα πολλαπλάσιό της: τὸ κ ο υ λ ὸ μ.

Τὸ κοιλὸμ, πού τὸ ὀνόμασαν ἔτσι γιὰ νὰ τιμῆσουν τὸν Κουλόμ, εἶναι τρία δισεκατομμύρια φορές (3Χ10<sup>9</sup>) μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ φραγκλέν. K H E M

### 8. Τὸ φορτίο τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ πρωτονίου καὶ κάθε στοιχείου

Τώρα μπορούμε νὰ καθορίσουμε καὶ τί ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἀντιπροσωπεύει τὸ ἠλεκτρόνιο. Αὐτὸ εἶναι ἴσο μὲ:  $-1,591 \times 10^{-19}$  τοῦ κουλόμ καὶ παριστάνει τὸ ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ὸ κ β ἄ ν τ ο υ μ ( quantum ), δηλαδή τὸ ἐλάχιστο ποσὸ ἠλεκτρισμοῦ πού γνωρίζεται ὡς σήμερα ἢ Ἐπιστήμη.

Τὸ φραγκλέν εἶναι ἴση μὲ  $2096 \times 10^6$  ἠλεκτρονία. Κι' ἂν θέλουμα νὰ σχηματίσουμε ἓνα κουλόμ, πρέπει νὰ στρατολογήσουμε 6,3 περίπου παντακισεκατομμύρια ( $6,288 \times 10^{18}$ ), ὡς πούμε,  $10^{19}$  ἠλεκτρονία.

καὶ ἐπειδὴ, ὅπως εἶδαμα στὰ προηγούμενα, κάθε ἠλεκτρόνιο ἀξουδατερῶναι μὲ τὸ φορτίο του τὸ θετικὸ φορτίο κάθε πρωτονίου, βγάζουμε τὸ συμπέρασμα πὺς καὶ κάθε πρωτόνιο εἶναι ἴσο μὲ  $+1,591 \times 10^{-19}$  κουλόμ.

Καταλαβαίνουμε τώρα εὐκόλα πὺς ἡ ἔκφραση: "αὐτὸ τὸ σῶμα ἔχει θετικὸ φορτίο ἑνὸς κουλόμ", σημαίνει πὺς ἀπὸ τὸ σῶμα αὐτὸ ἀφαιρηθήκαν δέκα περίπου παντακισεκατομμύρια ( $10^{19}$ ) ἠλεκτρονία. "Ἄν σ' ἔνα σῶμα προσταθεῖν εἴκοσι παντακισεκατομμύρια ἠλεκτρονία, τὸ σῶμα, ὕστερ ἀπὸ τὴν πρόσθεση αὐτῇ, θά ἔχει ἀρνητικὸ φορτίο δύο κουλόμ.

### 9. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς.

"Ἄν πάρουμε μιά κεχριμπαρένια πίπα καὶ τὴν τρίψουμε ἐπάνω σὲ μάλλινὸ ὕφασμα, θά δοῦμα πὺς, ὅταν πλησιάσουμε τὴν πίπα σὲ μικρὰ κομματάκια χαρτιοῦ, τὰ χαρτιά κολλοῦν ἐπάνω της. Γιὰ πρώτη φορά ὁ Θαλῆς<sup>1</sup> ἀπὸ τῆ

<sup>1)</sup> Ὁ Μιλήσιος Θαλῆς (643-548 π.Χ.) ἦταν ἓνας ἀπὸ αἱ ἑπτὰ σοφοὺς τῆς Ἀρχαίας Ἑλλάδας.



Μιλητο παρετήρησα αυτό τό φαινόμενο καί γιά νά τό ἐξηγήσει ὑπόθεσα πώς οφείλεται σέ μιá δύναμη, πού ὀνόμασα " ἤ λ ε κ τ ρ ι σ μ ό ", ἀπό τό " ἤλεκτρο", ὅπως λέγεται τό κερυμπάρι I

Τό ἴδιο πείραμα ξαναέκαμα; τόν ΙΣΤ' πιά αἰῶνα, καί ὁ "Αγγλος Γκίλμπερτ (Gilbert), πού ἐξακρίβωσα μάλιστα πώς ὄχι μονάχα τό ἤλεκτρο, μά καί ἄλλα σώματα μποροῦν νά ηλεκτριστοῦν μέ τόν ἴδιο τρόπο.

Κι' ἀλήθεια. "Αν τρίψουμε ἕνα γυάλινο ραβδάκι ἐπάνω σέ μάλλινο ἢ μεταξωτό ὕφασμα καί τό πλησιάσουμε ὑστερα σε μικρά χαρτάκια, θά δοῦμε πώς κι' αὐτό, ὅπως καί τό ἤλεκτρο, ηλεκτρίζεται καί ἀποχτᾷ τή δύναμη νά τραβᾷ ἑλαφρά μικροπραματάκια.

"Ας δοῦμε τώρα τί κατορθώνουμε μέ τό τρίψιμο. Αφαιροῦμε ἀπλούστατα, χωρίς φυσικά νά τό καταλαβαίνουμε, ἑλεύθερα ἤλεκτρόνια ἀπό τό ἤλεκτρο ἢ ἀπό τό γυαλί καί τά μεταφέρουμε στό πανί. "Ἔτσι τό ἤλεκτρο ἢ τό γυαλί ἀποχτᾷ θετικό φορτίο στό σημεῖο πού τρίψτηκε, ἐνῶ τό πανί, ἀφού πλουτίζει σέ ἤλεκτρόνια, ἀρνητικό.

"Αν προτιμήσουμε ὅμως ἕνα κομμάτι ρετσίνι ἀντί γυαλί, τά πράματα ἀλλάζουν. Μολις τρίψουμε τό ρετσίνι ἐπάνω στό μάλλινο ὕφασμα, τό ρετσίνι ηλεκτρίζεται, αὐτήν τή φορά ὅμως τήν παθαίνει τό ὕφασμα. Ἀντί νά κλέβει, ὅπως πρίν, τώρα χάνει ἤλεκτρόνια. Τοῦ τά κλέβει τό ρετσίνι. Αὐτό λοιπόν γίνεται ἀρνητικό καί τό ὕφασμα θετικό.

Στά 1734 ὁ Ντυφαϊῦ (Du Fay), πού γνώριζε ὅλ' αὐτά ἀπό πειράματα ἄλλων παρασμένων σοφῶν, ἔκρινε καλό νά ξεκαθαρίσει τά πράματα καλύτερα καί εἶπε, πώς γιά νά γίνεται μέ τό ρετσίνι τό ἀντίθετο ἀπ' ὅ,τι γίνεται μέ τό γυαλί, θά πει πώς ὑπάρχουν δύο εἶδη ἤλεκτρισμοῦ. Καί ὄχι μονάχα αὐτό, ἀλλά καί βάρτισε, φυσικά τελεῖως ἀυθαίρετα, αὐτά τά δύο εἶδη. "Θ ε τ ι κ ὀ" ὀνόμασε τόν ἤλεκτρισμό πού γαννιέται ἐπάνω στό ἤλεκτρο ἢ στό γυαλί, ὅταν τί τρίψουμε μέ μάλλινο ὕφασμα, καί "ἀρνητικὸ", αὐτόν πού παρουσιάζεται στό ρετσίνι.

Κατά τήν ἤλεκτρονική θεωρία, τό ἤλεκτρο φτωχαίνει σέ ἤλεκτρόνια ὅταν τριφτεῖ σέ μάλλινο ὕφασμα. Τό φορτίο τῶν πρωτονίων, ἐπομένως ὑπερτερεῖ στό ἤλεκτρο καί ἐπειδή ἀπό πολλά χρόνια πρίν ὀνόμασαν τόν ἤλεκτρισμό τοῦ ἤλεκτρο θετικό, παραδεχόμεσε τώρα ὅτι καί τά πρωτόνια εἶναι θετικά ηλεκτρικά φορτία. Τό ἴδιο καί

για τα ηλεκτρόνια. Όταν τρίβουμε το ρατσίνι, αυτό πλουτίζει σε ηλεκτρόνια. Αυτών λοιπόν το φορτίο υπερέχει. Κι' επειδή ονόμασαν από πριν και τον ηλεκτρισμό, που παρουσιάζεται στο ρατσίνι, αρνητικό, θεωρούμε σήμερα και τα ηλεκτρόνια σαν άνηθητικά ηλεκτρικά φορτία. Όπως αντιλαμβανόμαστε, οι λέξεις "θετικό" και "αρνητικό" δάν έχουν καμμίαν ειδική σημασία και μάλλον δείχνουν πώς τα δύο φορτία, που ονομάζονται έτσι, είναι διαμετρικά αντίθετα στις ιδιότητές τους.

Ηλεκτρίση μέ τριβή, μ' επίδραση και μ' επαφή.

Όταν ηλεκτρίζουμε ένα σώμα τρίβοντάς το κάπου, λέμε πως το ηλεκτρίζουμε μέ τριβή.

Υπάρχει όμως και άλλος τρόπος να ηλεκτρίσουμε ένα σώμα. Αρκεί να πλησιάσουμε σ' αυτό ένα άλλο ηλεκτρισμένο, δίχως τα δύο σώματα να έλθουν σ' επαφή. Τότε λέμε πως ηλεκτρίζουμε το πρώτο σώμα μέ την επίδραση του άλλου.

Στα πειράματα που αναφέραμε, όταν πλησιάζουμε την ηλεκτρισμένη άκρη του γυαλιού προς το χαρτάκι, ηλεκτρίζουμε το χαρτάκι μέ την επίδραση του γυαλιού. Και νά γιατί: Το γυαλί διψάει για τα ηλεκτρόνια που του πήραμε τρίβοντάς το επάνω στο πανί και όταν βρεθεί κοντά στο χαρτί τραβάει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του χαρτιού προς το μέρος του, δίχως φυσικά να μπορεί και νά τ' αποσπάσει απ' αυτό, γιατί μπαίνει στη μέση ο αέρας. Αν όμως η απόσταση που χωρίζει το χαρτί από το γυαλί μικρύνει, τότε το τράβηγμα γίνεται τόσο δυνατό (νόμος του Κουλόμ), που το χαρτί αλόκληρο πατιέται και κολλά στήν άκρη του γυαλιού.

Τέλος μπορούμε γά ηλεκτρίσουμε ένα σώμα, αν άκουμπήσουμε επάνω του ένα άλλο ηλεκτρισμένο, δηλαδή μ' επαφή.

Το ηλεκτρικό στοιχείο.

Στις πρακτικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού έχουμε άλλους, πιο καλούς και πιο απλούς τρόπους, για ν' αλλοιώνουμε την ουδέτερη κατάσταση των σωμάτων και έτσι νά τα ηλεκτρίσουμε.

Ας γνωρίσουμε έναν απ' αυτούς: που ο καθένας μας μπορεί νά τον πετύχει.

Πέρνουμε ένα κομμάτι χαλκό και ένα κομμάτι ψευδάργυρο και τα βάζουμε σ' ένα δοχείο που έχει νερό

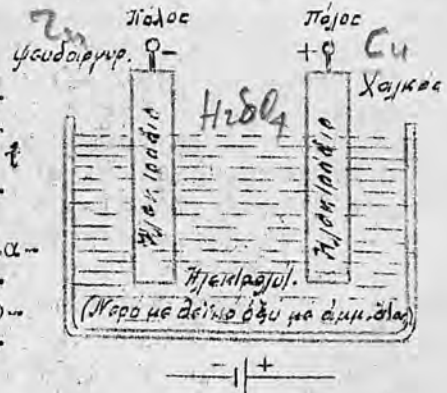


μέθεικό οξύ. "Όλο αυτό τό κατασκευάσμα τό άποκαλοϋ-  
μα" ή λ α κ τ ρ ι κ ό σ τ ο ι χ α ι ο " (Σχ.7)

Τό χαλκό καί τόν ψευδάργυρο τούς όνομάζουμε  
"ή λ α κ τ ρ ο δ ι α" τίς έξωτερικές άκρες τους "π ό-  
λ ο υ ς" τοϋ στοιχείου καί τή διάλυση τοϋ νερού μέ τό  
αλάτι ή μέ τόθεικό οξύ, "ή λ α κ τ ρ ο λ υ τ η".

Δίγη ώρα ύστερα από τό βάσιμο τών ήλεκτροδί-  
ων μέσα στόν ήλεκτρολύτη μπορούμε νά διαπιστώσουμε μ  
ένα είδικό όργανο (βολτόμετρο), πώς μεταξύ τοϋ χαλκοϋ  
καί τοϋ ψευδαργϋρου γανήθηκα μία τάση. Δηλαδή μία ά-  
νισοροπία στά έλεύθερα ήλεκτρόνια τών ήλεκτροδίων  
έφερε τά ήλεκτρόδια αυτά σέ όρισμένο δυναμικό, διαφο-  
ρετικό για τό καθένα. Καί αυτό άκριβώς δημιουργεί τήν  
τάση πού υπάρχει ανάμεσά τους. Τά βιβλία μάς λένε πώς  
τά άτομα τοϋ χαλκοϋ έχασαν  
ήλεκτρόνια, ενώ τά άτομα  
τοϋ ψευδαργϋρου κέρδισαν.

Επομένως, στό χαλκό υπερτε-  
ρεί τό θετικό φορτίο τών πρω-  
τονίων καί στόν ψευδάργυρο, τ  
τό άρνητικό φορτίο τών ήλεκ-  
τρονίων. Τά δύο ήλεκτρόδια  
βρίσκονται, τό καθένα, σέ δια-  
φορετικό δυναμικό. "Αρα ανά-  
μεσα στό δύο ήλεκτρόδια υπάρ-  
χει μία δ ι α φ ο ρ ά δ υ-  
να μ ι κ ο ϋ.



Σχ.7

Ποίός είναι όμως ό  
αίτιος αυτής τής άνομοιομορ-  
φης κατανομής τών ήλεκτρονί-  
ων, επομένως καί τής διαφοράς δυναμικοϋ, πού δημιουρ-  
γείται από αυτή τήν άνιση κατανομή, μεταξύ τών δύο  
ήλεκτροδίων; Ο ήλεκτρολύτης, μάς απαντούν πάλι τά βι-  
βλία. Αυτός προσβάλλει τό χαλκό, τοϋ κλέβει έλεύθερα  
ήλεκτρόνια καί μεταφέρει τά κλεμμένα στόν ψευδάργυρο.  
Έτσι πλουτίζει ό ψευδάργυρος. Επομένως τά ήλεκτρόνια  
πού χάνει ό χαλκός μεταφέρονται στόν ψευδάργυρο.

Στό κεφάλαιο για τά ήλεκτρικά στοιχεία θά έξε-  
τάσουμε λίγο βαθύτερα τί άκριβώς συμβαίνει μέσα στό  
στοιχείο. Εδώ διαπιστώνουμε μονάχα τό αποτέλεσμα.

Τό στοιχείο, πού γνωρίσαμε παραπάνω, τό σχεδι-  
άζουμε στό διάφορα σχέδια, για νά οίκονομήσουμε χώ-  
ρο, μέ μία μεγάλη καί μία μικρή γραμμή, όπως φαίνεται

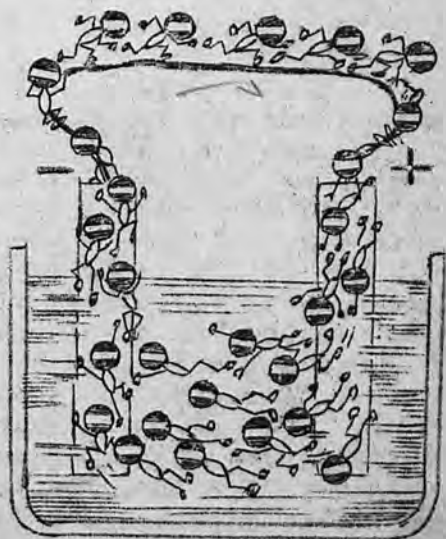
κάτω στο Σχ. 7. Δίπλα στη μεγάλη γραμμή βάζουμε το  
σημαίο (+) και δίπλα στη μικρή, το σημαίο (-). Έτσι  
τό (+) παριστάνει το θετικό πόλο και τό (-), τόν αρνη-  
τικό.

✓ Τό ηλεκτρικό ρεύμα

Όπως είπαμε και πριν, όταν δύο σώματα πάθουν  
αυτήν την προσθαφώση των ελευθέρων ηλεκτρονίων, που  
έπαθε τώρα ο χαλκός και ο ψευδάργυρος, θέλουν καλά  
και σύνει να ξαναβρουν τη γαλήνη τους, δηλαδή την ου-  
δέτερή τους κατάσταση. Όσο δέν πετυχαίνουν τό ποθού-  
μενο, βρίσκονται μεταξύ του σέ τρέση. Ο χαλκός θέλει  
να πάρει πίσω τά ηλεκτρόνια που έχασε. Ο ψευδάργυρος,  
πάλι, θέλει να ξεφορτωθεί αυτά που του φόρτωσε στην  
πλάτη του ο ηλεκτρολύτης.

Ας διευκολύνουμε όμως τά ηλεκτρόδια να ίκανο-  
ποιήσουν τόν πόθο τους. Τό πράμα είναι απλό. Αρκεί  
να έχουμε λίγη καλή θέληση, παίρνοντας λοιπόν ένα σύρ-  
μα και ενώνουμε τούς δύο πόλους του στοιχείου (Σχ. 8)  
Δέν πρέπει να ξεχνούμε πώς και τό σύρμα, αφού είναι  
από μέταλλο, έχει κι αυτό πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια.  
Νά, λοιπόν, τί γίνεται τότε;

Ο διφασμένος για ηλεκτρόνια χαλκός, μόλις νοιώ-  
σει δίπλα του την άκρη του σύρματος, για να συμπληρώ-  
σει την έλλειψη που έχει,  
ρουφά από τά άτομά της  
τά ελεύθερά τους ηλεκτρό-  
νια, ηλεκτρίζει δηλαδή  
την άκρη μ' έπαφή. Τά άτο-  
μα της άκρης του σύρματος  
επειδή φτώχυναν σέ ηλεκ-  
τρόνια, ύστερα από την  
άρπαγή που τούς έκαμε ο  
χαλκός, κλέβουν ελεύθερα  
ηλεκτρόνια από τά γειτο-  
νικά τους άτομα. Αυτά,  
από τά παρακάτω και έτσι  
όλα μέ τη σειρά τους άλ-  
ληλοκλέβονται (ηλεκτρί-  
ζεται δηλαδή μ' έπαφή όλο  
τό σύρμα), ώσπου φτά-  
σουν στον ψευδάργυρο, απ'  
όπου πιά ρουφάν τά ηλεκ-



Σχ. 8

τρόνια πού θέλει, φυσικά, κι' αυτός νά εξαφορτωθεῖ.

Μέ τήν κυκλοφορία τῶν ἠλεκτρονίων, πού προ-  
ναφέραμε, τά ἠλεκτρόδια θά ξαναβροῦν τήν ἰσορροπία  
τους, ἀρκεῖ μόνο νά τά βγάλουμε ἀπό τόν ἠλεκτρολύτη.  
"Αν δέν τό κάνουμε αὐτό, δέν εξαφανίζουμε τόν αἴτιο  
τῆς κλεψιάς. Ὁ ἠλεκτρολύτης θά διατηρηθῇ τῇ διαφορᾷ  
δυναμικοῦ ἀνάμεσα στούς πόλους. Θά εξακολουθεῖ δηλα-  
δή νά κλέβει ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια ἀπό τό χαλκό καί νά  
φέρνει στόν ψευδάργυρο. Αὐτός θά τό διώχνει μέσα ἀπό  
τό σύρμα πρὸς τό χαλκό, γιά νά ξανακάμουν πάλι τόν  
ἴδιο κύκλο, ὅπως ἀκριβῶς φαίνεται παραστασιακά στό  
σχ. 8.

Αὐτή ἡ δουλειά θά γίνεται ὡσότου καταστραφεῖ  
ὁ ψευδάργυρος ἢ ἀλλάξει, μέ τή χρήση, ἡ σύνθεση τοῦ  
ἠλεκτρολύτη. "Αν ἀνανεώσουμε τόν ἠλεκτρολύτη καί ἀν-  
τικαταστήσουμε καί τόν ψευδάργυρο, θά ἔχουμε πάλι τά  
ἴδια φαινόμενα.

Γιά τήν καλύτερη κατανόηση αὐτῶν πού λάμα,  
ἄς πάρουμε κι' ἓνα παράδειγμα ἀπό τή υδραυλική.

Τά δοχεῖα Α καί Β ἔχουν νερό (σχ. 9α). Ἡ περ-  
πτωση αὐτή ἀντιστοιχεῖ μέ τήν περίπτωση τοῦ ψευδαργύ-  
ρου καί τοῦ χαλκοῦ, πρὶν τούς βάλουμε στήν ἠλεκτρολύ-  
τη. Μεταξύ τῶν δύο μετάλλων δέν ὑπάρχει διαφορᾷ ду-  
ναμικοῦ. Καί στά δοχεῖα δέν ὑπάρχει διαφορᾷ στάθμης  
στό νερό τους.

Βάζουμε τώρα ἓνα σωλήνα καί μιάν ἀντλία ὅπως  
φαίνεται στό σχ. 9 β, τραβοῦμε τό νερό ἀπό τό δοχεῖο  
B καί τό πάμε στό δοχεῖο Α. Ἡ περίπτωση αὐτή ἀντι-  
στοιχεῖ μέ τήν περίπτωση τοῦ ψευδαργύρου καί τοῦ χαλ-  
κοῦ, ὅταν τούς βυθίσουμε στόν ἠλεκτρολύτη. Ὅπως ὁ  
ἠλεκτρολύτης μεταφέρει τά ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ χαλ-  
κοῦ στόν ψευδάργυρο, ἔτσι καί ἡ ἀντλία μεταφέρει τό  
νερό ἀπό τό δοχεῖο B στό δοχεῖο Α.

Μέ τήν μεταφορά τῶν ἠλεκτρονίων ἀπό τό χαλκό  
στόν ψευδάργυρο δημιουργεῖται μεταξύ τῶν δύο μετάλλων  
μιά διαφορᾷ ἠλεκτρικῆς στάθμης. Καί μέ τή μεταφορά  
τοῦ νεροῦ ἀπό τό δοχεῖο B στό δοχεῖο Α δημιουργεῖται  
ἐπίσης μιά διαφορᾷ υδάτινης στάθμης.

Τά ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, πού μαζεύτηκαν στόν  
ψευδάργυρο, θέλουν νά ξαναγυρίσουν στό χαλκό γιά ν' ἀ-  
ποκατασταθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσορροπία. Καί τ' ὁ νερό, πού  
μαζεύτηκε στό δοχεῖο Α θέλει νά ἐπιστρέφει στό δοχεῖο

Β γιά νά εξαφανιστεῖ ἡ διαφορά τῆς στάθμης.

Ὅπως, συνδέοντες τόν ψευδάργυρο καί τό χαλκό μ' ἓνα σύρμα, διευκολύνουμε τά ἠλεκτρόνια νά ἔρθουν στό χαλκό, ὡς διευκολύνουμε τώρα καί τό νερό νά περάσει ἀπό τό δοχεῖο Α στο δοχεῖο Β (Σχ.ΙΟ).

Συνδέουμε λοιπόν τά δοχεῖο αὐτά μ' ἓνα σωλήνα πού ἔχει μάλιστα καί μιά στροφιγγά Σ, καί ἀνοίγουμε τή στροφιγγά.

Τότε ἕνα ὑδάτινο ρεῦμα θά ξεκινήσει ἀπό τό δοχεῖο Α γιά τό δοχεῖο Β καί ἡ ἰσοροπία μεταξύ τῶν δύο δοχείων θ' ἀποκατασταθεῖ, ἄν ἡ

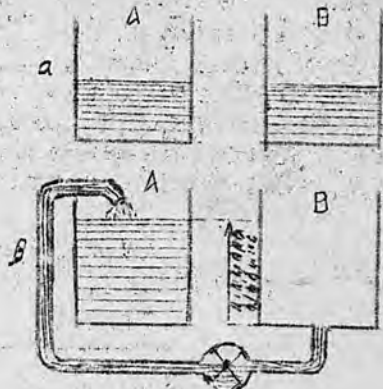
ἀντλία σταματήσει. Ἄν ὅμως αὐτή ἐξακολουθεῖ νά δουλεύει, ἕνα ὑδάτινο ρεῦμα θά κυκλοφορεῖ ἀκατάπαυστα ἀπό τό δοχεῖο Α, μέσα ἀπό τό σωλήνα, πρὸς τό δοχεῖο Β καί ἀπ' ἐκεῖ πάλι πρὸς τό δοχεῖο Α, γιάτι ἡ ἀντλία θά απορροφᾷ συνεχῶς νερό ἀπό τό δοχεῖο Β καί

θά τό φέρνει στό δοχεῖο Α. Θά ἐξακολουθεῖ λοιπόν τό ὑδάτινο ρεῦμα, γιάτι θά ἐξακολουθεῖ νά ὑπάρχει καί ἡ διαφορά τῆς ὑδάτινης στάθμης πού τό δημιουργεῖ.

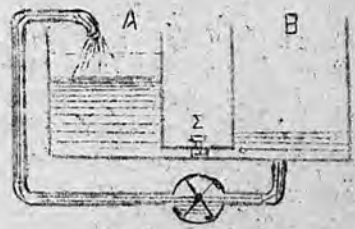
Ὁ δρόμος πού κάνουν τά ἠλεκτρόνια, πηγαινόντας ἀπό τόν ψευδάργυρο μέσα ἀπό τό σύρμα πρὸς τό χαλκό καί ἀπ' αὐτόν μέσα ἀπό τόν ἠλεκτρολύτη πρὸς τόν ψευδάργυρο, ὀνομάζεται ἡ λ ε κ τ ρ ι κ ὸ κ ὑ κ λ ω μ α ἢ πῖ ὀ ἄ π λ α, κ ὑ κ λ ω μ α.

Καί ἡ μετακίνησι αὐτή τῶν ἐλαυθέρων ἠλεκτρονίων μέσα ἀπό τό σύρμα ἀποτελεῖ αὐτό πού λέμε ὄλοι: Ἡ λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ρ ε ῦ μ α.

Τό ἠλεκτρικό, λοιπόν, ρεῦμα μέσα στους σταθεροὺς ἀγωγούς δέν εἶναι τίποτα ἄλλο παρά μετακίνησι ἐλαυθέρων ἠλεκτρονίων, γιάτι αὐτά σάν ἐλαφρότατα



Σχ.9



Σχ.ΙΟ



πού είναι (9, I X IO-24 γραμμάρια) είναι και τα πιο ευκίνητα. Τα θετικά υπόλοιπα των ατόμων είναι πολύ βαρεια για να πάνε προς τα αρνητικά ελεύθερα ηλεκτρόνια. Στα σώματα, όμως, σε ύγρη ή αέρινη κατάσταση, επειδη τα άτομα τους δεν είναι τόσο σφιχτοδεμένα όπως στα στερεά σώματα, το ρεύμα δημιουργείται από την μετακίνηση όχι πιά ελευθερων ηλεκτρονίων, άλλ' ολόκληρων ιόντων, όπως θα δούμε στα σχετικά κεφάλαια.

ΗΛΕΚΤΡΟΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ  
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ  
ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

✱ Ηλεκτραγερτική δύναμη.

Απ' όσα είδαμε πιο πάνω καταλαβαίνουμε άμείως πώς το ηλεκτρικό στοιχείο δέ μας γεννά ηλεκτρόνια. Δημιουργεί απλώς μια αντισορροπία στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του χαλκού και του ψευδαργύρου, γιατί ο ηλεκτρολύτης προσβάλλει τα δύο αυτά ηλεκτρόδια και τα κάνει τό ενα θετικό (τό χαλκό) και τό άλλο αρνητικό (τόν ψευδάρ(γυρο)). Τό στοιχείο παρουσιάζει, λέμε, μια η λ ε κ - τ ρ ο γ ε ρ τ ι κ ή δ ύ ν α μ η (ή.ε.δ.), που φέρνει σ' ορισμένο δυναμικό τό κάθε ηλεκτρόδιο. Δημιουργείται λοιπόν ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια μια τάση νά ξεναβρουν τήν ισορροπία τους. Και αποτέλεσμα αυτής άκρίβως τής τάσης είναι τό ηλεκτρικό ρεύμα μέσα στό κύκλωμα που σχηματίζουμε, όταν συνδέουμε τούς πόλους του στοιχείου με έναν άγωγό.

Λοιπόν:

✱ Γιά να γεννηθεί ηλεκτρικό ρεύμα σ' έναν άγωγό που συνδέει δύο σημεία, πρέπει μεταξύ αυτών των σημείων να υπάρχει μια τάση. ✓

Η τάση μόνη της, δίχως δηλαδή τό αποτέλεσμα, τό ρεύμα, μπορεί να υπάρχει.

Στό ηλεκτρικό στοιχείο σχ. 7 υπάρχει τάση, δέν υπάρχει όμως ρεύμα, γιατί δέν ενώσαμε άκόμη τούς πόλους του στοιχείου με σύρμα. Τό κύκλωμά μας είναι, όπως λέμε, άνοιχτό.

Ηλεκτρικό ρεύμα όμως μόνο, δίχως τάση, δηλαδή χωρίς τήν αίτία που τό δημιουργεί, δέν μπορεί να νοηθεί.

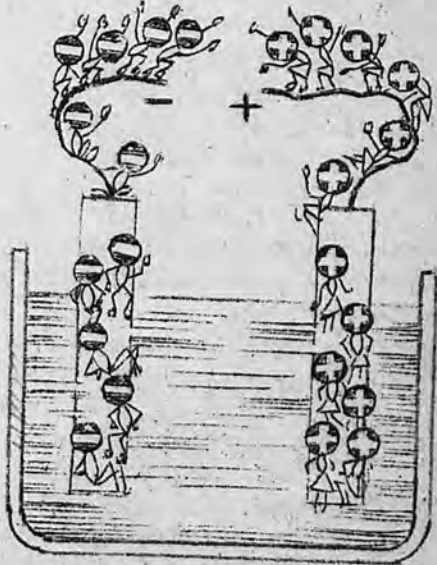
Στό Σχ. 8 φαίνεται ὅτι κυκλοφορεῖ ρεῦμα μέσα στό κλειστό πιά κύκλωμα, γιατί ὑπάρχει τάση στους πόλους τοῦ στοιχείου.

Ἄν κόψουμε κάπου τό σύρμα πού ἀνώνει τοὺς δύο πόλους (σχ. II) ἂν ἀνοίξουμε δηλαδή τό κύκλωμα, κόβεται ὁ δόρομος τῶν ηλεκτρονίων, τό ρεῦμα απομένως παύει. Ἡ τάση ὅμως στους πόλους, ἀρα καί στά ἄκρα τῶν συρμάτων πού συνδέονται μ' αὐτούς, εξακολουθεῖ νά ὑπάρχει, ὡς φαίνεται παραστατικά στό Σχ. II. Τά πρωτόνια υπερτεροῦν στό χαλκό καί στό σύρμα τό βυθισμένο μ' αὐτόν, ἐνῶ στόν ψευδάργυρο καί στό σύρμα του ὑπερέχουν τά ηλεκτρόνια.

καί στό παράδειγμα τοῦ Σχ. IO, ἂν κλείσουμε τήν στρόφιγγα Σ, τό ὑδάτινο ρεῖμα παύει, ἡ διαφορά ὅμως τῆς ὑδάτινης στάθμης μεταξύ τῶν δύο δοχείων εξακολουθεῖ νά ὑπάρχει.

Γιά τίς πηγές πού μᾶς δίνουν ρεῦμα, ἄς μάθουμε λοιπόν, μιὰ γιά πάντα, τ' ἀκόλουθα:

Ὅπως τό ηλεκτρικό στοιχείο, ἔτσι καί κάθε πηγή ηλεκτρισμοῦ, ἀδιάφορο σέ ποιά ἀρχή βασίζεται ἡ λειτουργία της, δέ μᾶς γεννᾷ ηλεκτρόνια. Δημιουργεῖ μονάχα στους πόλους της, χάρη στήν ηλεκτρογενετική της δύναμη, μιὰ ἀνισορροπία στήν ηλεκτρονιά τους, φέρνει δηλαδή κάθε πόλο της σέ ὀρισμένο δυναμικό, διαφορετικό ἀπό τό δυναμικό τοῦ ἄλλου πόλου. Καί αὐτή ἀκριβῶς ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἶναι ἡ αἰτία πού γεννᾷ τό ηλεκτρικό ρεῦμα.



Σχ. II

✓ Τ' ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

✓ Τί μπορούμε ὅμως νά πετύχουμε μέ τό ηλεκτρικό ρεῦμα;

Γιά ν' ἀπαντήσουμε στό ἐρώτημα, πρέπει νά δοῦμε τί ἀποτελέσματα προκαλεῖ τό ρεῦμα, ὅταν κυκλοφορεῖ



μέσα σ' ένα κύκλωμα. Αυτό είναι τ' ακόλουθα:

1. Θερμαντική: Το ρεύμα ζεσταίνει κάθε άγωγό που διαρρέει.

2. Φωτιστική: "Αν ζεστάνει τόν άγωγό περισσότερο μπορεί νά τόν πυραχτώσει σέ βαθμό πού νά μάς φωτίζει.

3. Χημική: Το ρεύμα αποσυνθέτει κάθε ηλεκτρολύτη στά συστατικά του.

4. Μαγνητική: "Αν πλησιάσουμε σ' έναν άγωγό με ρεύμα μία μαγνητική βελόνα, τό ρεύμα παράζει τήν ησυχία τής βελόνας.

5. Πιεζοηλεκτρική: Κατάλληλη ηλεκτρική τάση μπορεί νά βάλει σέ μηχανική καλμική κίνηση ορισμένα κρύσταλλα.

6. Φυσιολογική: Το ρεύμα, διαρρέοντας τό ανθρώπινο σώμα καθώς και κάθε άλλο ζωντανό οργανισμό, εκτός από τή ζέστη, προκαλεί και φυσιολογικά φαινόμενα πού πολλές φορές μπορούν νά φέρουν και τό θάνατο.

Η ηλεκτρική λοιπόν ενέργεια μπορεί ν' μετατραπεί σ' ενέργεια άλλης μορφής και συγχεκριμένα: σέ θερμαντική, φωτιστική, χημική, μαγνητική, μηχανική και φυσιολογική.

Η ηλεκτρική θερμάστρα, ή ηλεκτρική κουζίνα, τό ηλεκτρικό σίδερο, ή ηλεκτρική φρυγανιέρα, ό ηλεκτρικός βραστήρας και τά παρόμοια μετατρέπουν τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ θερμαντική.

Επίσης, όλα σχεδόν τά θεραπευτικά ηλεκτρικά μηχανήματα, πού χρησιμοποιούν σήμερα οι γιατροί, έχουν σκοπό νά προκαλέσουν ζέστη στά μέρη τού ανθρώπινου σώματος πού πάσχουν. Μέ τή ζέστη κυκλοφορεί γρηγορότερα τό αίμα, άρα και ή έναλλαγή τής ύλης γίνεται ταχύτερη.

Η ηλεκτρική λάμπα και τό ηλεκτρικό τόξο τών προβολέων μετατρέπουν τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ φωτιστική.

Στήν ηλεκτρολύση, στή γαλβανωταχνία και στό συσσωρευτή, όταν τόν φορτίζουμε, έχουμε μετατροπή τής ηλεκτρικής ενέργειας σέ χημική.

Στους διάφορους ηλεκτροκινητήρες, από τόν πιό μικρό τής ηλεκτρικής εμβιστικής μηχανής και τού ηλεκ-

τριου ρολογιού, ως τους μεγαλύτερους που δίνουν κίνηση σε υλικά εργαστάσια, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μαγνητική. Αί αυτή πιά, με τίς ιδιότητες που παρουσιάζει και που θα εξετάσουμε στο σχετικό κεφάλαιο, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.

Με όρισμένα κρύσταλλα (χαλαζίας, τουρμαλίνη κλπ) μετατρέπουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Τέτοια κρύσταλλα χρησιμεύουν σήμερα πολύ σε ραδιοηλεκτρονικούς ή ραδιοφωνικούς πομπούς καθώς και σε μετρητά όργανα.

Τά φυσιολογικά αποτελέσματα του ρεύματος φαίνονται καθαρά στις ηλεκτροθεραπείας και στις ηλεκτροπληξίας.

Με λίγα λόγια λοιπόν: Με τό ηλεκτρικό ρεύμα μπορούμε να ζεσταθούμε, να μαγειρέψουμε, να σιδαρώσουμε, να φωτιστούμε, να αποσυνθέσουμε διάφορα σώματα, να κινηθούμε, να βάλουμε σε παλμική κίνηση όρισμένα κρύσταλλα, να θεραπευτούμε και τέλος, αν θελούμε, να... σκοτωθούμε.

Όπως όμως η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε θερμαντική, φωτιστική, χημική, μαγνητική μηχανική και φυσιολογική; Έτσι και όλες αυτές οι μορφές της ενέργειας μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στά θερμοηλεκτρικά στοιχεία μετατρέπουμε τη θερμαντική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Στά φωτοηλεκτρικά στοιχεία μετατρέπουμε τό φως σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Στό γνωστότατο ηλεκτρικό στοιχείο, που μεταχειριζόμαστε και σήμερα ακόμη για τό κουδούνια των σπιτιών μας, και στις στήλες των φαναριών της τσέπης μετατρέπουμε τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Τό ίδιο γίνεται, όπως θα δούμε, και στο συσσωρευτή όταν τον εξφορτίζουμε.

Με την κίνηση του μαγνήτη γαννάμε πάλι ηλεκτρική ενέργεια.

Με μηχανική ενέργεια επάνω σε όρισμένα κρύσταλλα γαννάμε απίσης ηλεκτρική ενέργεια.

Τέλος η κίνηση των μυών του σώματος μας και κυρίως της καρδιάς μας γαννά ηλεκτρική ενέργεια.

Σήμερα έχουμε και ηλεκτρικές πηγές, που η άρχη της λειτουργίας τους βασίζεται στη μετατροπή ή της θερμαντικής ή της φωτιστικής ή της χημικής ή της μα-

γνητική ή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Κατά την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε μία απ' όλες τις άλλες μορφές που αναφέραμε, δεν έχουμε ποτέ μετατροπή της ενέργειας αυτής, σε ενέργεια μιας μονάχα μορφής. Στα μηχανήματα π.χ. που μας δίνουν ζέση, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας και σε μαγνητική ενέργεια. Στα μηχανήματα πάλι που μετατρέπουν τη μαγνητική ενέργεια σε ηλεκτρική, ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται και σε θερμαντική ενέργεια. Γι' αυτόν τό λόγο θεωρούμε ωφέλιμη μόνον την ενέργεια που εκμεταλλευόμαστε. Όλες τις άλλες μορφές τις θεωρούμε απώλειες και προσπαθούμε, όσο γίνεται, να τις περιορίσουμε. X

Τι ονομάζουμε "ηλεκτισμό".

"Ας κάνουμε όμως τώρα και ένα ερώτημα: "Όταν μετατρέπουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής, χάνουμε καθόλου ηλεκτρόνια; Καταστράφηται κανένα απ' αυτά; Τίποτα. Απολύτως τίποτα. Ούτε ένα ηλεκτρόνιο. Τα ηλεκτρόνια μας διαθέτουν μονάχα τή δύναμή τους για να μας κάνουν ένα έργο. Τό έργο δέν γίνεται και με τους εργάτες που χτίζουν ένα σπίτι; Δέν νομίζουμε όμως να υπάρχει κανένας που να υποστηρίζει πώς οι εργάτες, χτίζοντας τό σπίτι, χάνονται κι αυτοί μέσα στους τοίχους του; Οί εργάτες μας διαθέτουν μονάχα τή δύναμή τους επί ορισμένο χρονικό διάστημα για να κτιστεί τό σπίτι.

"Όταν πληρώνουμε λοιπόν κάθε μήνα τό λογαριασμό μας στην "Ηλεκτρική Εταιρεία, δέν την πληρώνουμε για τά ηλεκτρόνια που έχασα, γιατί αυτά δέν χάνονται. Αυτά είναι άθάνατα. Πληρώνουμε μονάχα τή δύναμη που μας διαθέσαν για να κάνουν ορισμένη δουλειά, να ανάψουν π.χ. τις λάμπες μας ή να βάλουν σε λειτουργία τά διάφορα άλλα ηλεκτρικά μηχανήματα που μεταχειριζόμαστε στο σπίτι ή στο εργοστάσιο.

Κι αυτήν ακριβώς τή δύναμη των ηλεκτρονίων την ονομάζουμε όλοι: "Ηλεκτισμό".

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος  
Τό άμπέρ, τό μιλλιαμπέρ και τό μικραμπέρ

"Ας υποθέσουμε πώς έξω από τό δρόμο παρνά ένα στρατιωτικό τμήμα σε φάλαγγα "κατ' άνδρα". Τό βλέπουμε

από τό παράθυρο καί μέ τό ρολόϊ στο χέρι μετρούμε  
 τούς στρατιώτες πού περνούν από μπροστά μας. Βρίσκου-  
 με λοιπόν πώς σ' ένα λεπτό περνούν 60 άνδρες. Υστα-  
 ρα από λίγο περνά άλλο τμήμα. Κι' αυτό μέ τόν ίδιον σχη-  
 ματισμό, δηλαδή, σέ φάλαγγα "κατ' άνδρα". Μετρούμε πά-  
 λι καί βρίσκουμε πώς αύτήν τή φορά περνούν στο ίδιο  
 χρονικό διάστημα 120 στρατιώτες. Στην περίπτωση αύτήν,  
 αν ονομάσουμε "ένταση πορείας του τμήματος" τόν αριθ-  
 μό των στρατιωτών που περνούν μπροστά από ένα ορισμέ-  
 νο σημείο, από τό παράθυρο π.χ., σ' ένα δευτερόλεπτο,  
 βρίσκουμε πώς η πορεία του τελευταίου τμήματος έχει  
 μεγαλύτερη ένταση, καί μάλιστα διπλάσια, γιατί τώρα  
 προφταίνουν καί περνούν δύο στρατιώτες στο κάθε δευ-  
 τερόλεπτο, ενώ τήν πρώτη φορά περνούσε μονάχα ένας.

Σύμφωνα όμως μέ τόν ορισμό που δίνουμε για τήν  
 ένταση τής πορείας, μπορεί νά παρουσιαστεί καί τό ακό-  
 λουθο, φαινομενικά, παράδοξο:

Η ένταση τής πορείας ενός τμήματος, που οί  
 στρατιώτες του σέ φάλαγγα κατ' άνδρα τρέχουν, μπορεί  
 νά είναι μικρότερη από τήν ένταση τής πορείας ενός άλ-  
 λου τμήματος, που οί στρατιώτες του σέ ματωπική παρά-  
 ταξη, ο ένας δίπλα στον άλλο, πορεύονται κανονικά. Αν  
 τήν πρώτη φορά η φάλαγγα κατ' άνδρα είχε ένταση πορείας  
 τέτοια, ώστε νά περνούν, τρέχοντας, μπρός από ο-  
 ρισμένο σημείο καί σ' ένα δευτερόλεπτο, 60 άνδρες, τή  
 δεύτερη φορά 120 άνδρες σέ παράταξη, περνώντας από τό  
 ίδιο σημείο σ' ένα πάλι δευτερόλεπτο, έχουν, αν καί πο-  
 ρεύονται άργά, διπλάσια ένταση πορείας. Εμείς είπαμε  
 τι "ένταση πορείας" είναι ο αριθμός των στρατιωτών  
 που περνούν σέ 1" μπρός από ένα σημείο. Αδιαφορούμε  
 επομένως για τό σχηματισμό τους, αν περνούν δηλαδή σέ  
 "φάλαγγα κατ' άνδρα" ή σέ "παράταξη", καθώς καί για  
 τήν ταχύτητα που έχουν.

Πάμε τώρα στά ηλεκτρόνια. "Αν μετρούμε τά η-  
 λεκτρόνια που περνούν από τήν τομή ενός άγωγού σ' ένα  
 δευτερόλεπτο, θά έχουμε, σύμφωνα μέ τά όσα είπαμε για  
 τούς κρίκους καί τούς στρατιώτες, τήν ένταση που έχει  
 η κίνησή τους. Τό ηλεκτρικό όμως ρεύμα είδαμε πώς εί-  
 ναι ηλεκτρόνια που κινούνται. Άρα ο αριθμός των η-  
 λεκτρονίων, που περνούν από τήν κάθετη τομή ενός άγω-  
 γού σ' ένα δευτερόλεπτο, μάς δίνει τήν ένταση που έχει  
 τό ηλεκτρικό ρεύμα μέσα στον άγωγό.

Εδώ όμως δέν έχουμε νά κάνουμε μέ τούς 60



ή 120 στρατιῶτες. Ἐδῶ ἔχουμε ἑκατομμύρια διεσκατομμυ-  
ρίων ἠλεκτρόνια. Θά τά μετροῦμε λοιπόν ενα, ενα; ἄλ-  
λοίμονό μας, ἄν γινόταν αὐτό, τό πρᾶμα, ὡστόσο, εἶναι  
εἰς ἀπλό ἀπ' ὅ, τι τό φανταζόμαστε :

Στό στρατό πολλοί στρατιῶτες μαζί σχηματί-  
ζουν στρατιωτικές μονάδες, ἕνα λόχο, ἕνα τάγμα, μία  
ταξιαρχία κτλ. Καί γιά τά ἠλεκτρόνια εἶδαμε; πῶς 6 πα-  
ρίπου πεντακισκατομμύρια (6 X 10<sup>16</sup>) ἀπ' αὐτά ἀπαρτί-  
ζουν τήν μονάδα τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, πού εἶ-  
ναι, ὅπως εἶπαμε, τό κουλόμ. Θά μεταχειριστοῦμα ἀπο-  
μένως τό κουλόμ.

Ονομάζουμε λοιπόν ἔνταση τοῦ ἠλεκ-  
τρικοῦ ῥεοῦματος τόν ἀριθμό  
τῶν κουλόμ, πού περνοῦν μέσα ἀπό  
τήν κἀθ' ἑαυτῆς τομῆ ἑνός ἀγωγοῦ  
σέ ἕνα δευτερόλεπτο.

Καί ὅταν ἀπό τήν τομῆ τοῦ ἀγωγοῦ περναῖ ἕνα  
κουλόμ στό δευτερόλεπτο, λάμα πῶς ἡ ἔνταση πού ἔχει τό  
ἠλεκτρικό αὐτό ρεῦμα εἶναι ἴση μέ ἕνα " ἄμπέρ".

"Ἄν σ' ἕνα δευτερόλεπτο περνοῦν 2 κουλόμ, ἡ ἔγ-  
ταση εἶναι 2 ἄμπέρ. "Ἄν περνοῦν 3 κουλόμ, ἡ ἔνταση εἶ-  
ναι 3 ἄμπέρ κ.ο.κ.

Τῶ ἄμπέρ ἔχουμε καί ὑποδιαιρέσεις : Τό μιλλ-  
λιαμπέρ, δηλαδή τό χιλιοστό τοῦ ἄμπέρ καί τό μι-  
κροαμπέρ, πού σημαίνει ἑκατομμυριοστό τοῦ ἄμπέρ.

Τήν ἔνταση τή σημειώνουμε μέ τό γράμμα I, τά  
ἄμπέρ μέ τό A, τό μιλλιαμπέρ μέ τό mA, τέλος, τά  
μικροαμπέρ μέ τό mA. "Ἐτσι ἔχουμε :

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA} = 1.000.000 \text{ } \mu\text{A}$$

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

$$1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000} \text{ mA} = \frac{1}{1.000.000} \text{ A}$$

Τά ὅσα εἶπαμε παραπάνω γιά τήν ἔνταση, μπο-  
ροῦμα νά τά ἀφράσουμε καί μέ τόν ἀκόλουθο ἀπλό μαθη-  
ματικό τύπο :

$$\text{"Ἐνταση"} = \frac{\text{ποσότητα}}{\text{χρόνος}} \quad \text{ἄμπέρ} = \frac{\text{κουλόμ}}{\text{δευτερόλεπτα}}$$

$$\text{ἢ μέ τά διεθνικά πιά σύμβολα :} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Στόν τύπο τό  $t$  παριστάνει τό χρόνο.

Αὐτός ὁ μαθηματικός τύπος μάς δείχνει πώς, ἂν ξέρουμε τὰ κουλόμ  $Q$  πού πέρασαν σε ὀρισμένο χρονικό διάστημα  $t$  μέσα ἀπό τὴν τομὴ ἑνός ἀγωγού, μπορούμε ἂν διαιρέσουμε αὐτὰ τὰ κουλόμ  $Q$  μὲ τὰ δευτερόλεπτα πού ἀντιπροσωπεύουν τό χρονικό διάστημα  $t$ , νά βροῦμε τὴν ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος σέ ἀμπέρ.

Ὁ ἴδιος ὅμως τύπος μπορεῖ νά πάρει καί τίς ἀκόλουθες δύο μορφές:  $t = \frac{Q}{I}$   $Q = I X t$

Μετὸν τύπο  $t = \frac{Q}{I}$  μπορούμε, ὅταν ξέρουμε τὰ κουλόμ καί

τὰ ἀμπέρ, νά βροῦμε πόσο χρονικό διάστημα βᾶσταξε ἢ θά βᾶσταξει ἡ ροή αὐτῶν τῶν κουλόμ. Σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση διαίρουμε τὰ κουλόμ μὲ τὰ ἀμπέρ καί βρίσκουμε τὰ δευτερόλεπτα.

Μετὸν τύπο πάλι:  $Q = I X t$  μπορούμε νά βροῦμε πόσα κουλόμ πέρασαν ἀπὸ ἕνα ἀγωγό, φτάνει νά ξέρουμε τὰ ἀμπέρ καί τὰ δευτερόλεπτα. Τότε πολλαπλασιάζουμε τὰ ἀμπέρ μὲ τὰ δευτερόλεπτα καί βρίσκουμε τὰ κουλόμ.

17. Τὸ ἀμπεράριο, πολλαπλάσιο τοῦ κουλόμ.

"Ἄν στόν τύπο  $Q = I X t$  βάλουμε  $I = 1$  ἀμπέρ καί  $t = 3600$  δευτερόλεπτα, θά ἔχουμε:

$$Q = I X 3600 = 3600 \text{ κουλόμ}$$

Ἄλλὰ 3600 δευτερόλεπτα μάς κάνουν μιὰ ὥρα. Μπορούμε λοιπόν; ἂν ἐκφράσουμε σ' αὐτό τὸν τύπο τὸ  $t$  σέ ὥρες καί ὄχι σέ δευτερόλεπτα, νά δημιουργήσουμε ἕνα πολλαπλάσιο τοῦ κουλόμ. Ἐτσι ἔχουμε τὸ ἀμπεράριο (Ah), πού ἴσούται μὲ 3600 κουλόμ.

Τὸ ἀμπεράριο λοιπόν εἶναι κι' αὐτὸ μιὰ μονάδα τῆς ποσότητας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καί ἴσούται μὲ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ πού μάς δίνει ἕνα ρεῦμα; ὅταν περνᾷ μὲ ἔνταση ἑνός ἀμπέρ ἀπὸ ἕνα ἀγωγό ἢ ἀπὸ ἕνα μηχανήμα σέ χρονικό διάστημα μιᾶς ὥρας.

Ἡ μορφή τοῦ τύπου πού μάς δίνει τὰ ἀμπεράρια εἶναι πάλι ἡ ἴδια μὲ τὴν προηγούμενη, μὲ μόνη τὴν διαφορά πώς τώρα τὸ  $Q$  σημαίνει ἀμπεράρια καί τὸ  $t$ , ὥρες.

(I) Γιά νά τιμηθοῦν τὸν Ἄνδρᾶ Μαρία Ἀμπέρ (Ampère) διάσημο Γάλλο φυσικό (1775-1836).

Δηλαδή :

$$Q \text{ (Άμπερώρια)} = I \text{ (Άμπέρ)} \times t \text{ (Ώρες)}.$$

Γιατί πρέπει να ξέρουμε την ένταση του ρεύματος.

Είναι απαραίτητο όμως να ξέρουμε με τί ένταση κυκλοφορεί ένα ρεύμα μέσα σ' ένα κύκλωμα ;

Και βέβαια. Γιατί η ένταση του ρεύματος είναι ένα από τα τρία σπουδαιότερα χαρακτηριστικά σε κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα. (Τα υπόλοιπα δύο είναι η αντίσταση και η τάση που θα δούμε παρακάτω).

Πιο πάνω αναφέραμε πού χρησιμοποιούμε το ηλεκτρικό ρεύμα και είδαμε πώς το μεταχειριζόμαστε για το φωτισμό, τη θέρμανση, την κίνηση, την ηλεκτρούληση και τα λοιπά.

Γιά να λειτουργήσουν, λοιπόν, κανονικά τα διάφορα ηλεκτρικά μηχανήματα πρέπει το ρεύμα που τα τροφοδοτεί να έχει ορισμένη ένταση.

Παρακάτω δίνουμε τις περίπου εντάσεις στα διάφορα μηχανήματα.

Στο ηλεκτρικό καμίνι που λιώνει μέταλλα, το ρεύμα μπορεί να έχει ένταση ως 100.000 άμπέρ. Στα μηχανήματα που μας βγάζουν αλουμίνιο 10.000 Α. Για τις μεγάλες ηλεκτροσυγκολλήσεις χρειάζομαστε ρεύμα 1000 Α

Στο τράμ : 150 Α. Για το ξαμίνημα του αυτοκινήτου χρειάζονται 75-100 Α. Η θερμάστρα για να μας ζεσταίνει τραβά 4 Α. Το σίδερο : 2 Α. Το φυγείο : 0,5 Α. Μια λάμπα των 50 βάττ : 0,25 Α. Η λάμπα του φαναριού της τσέπης : 0,2 Α ή 200 m Α (μιλλιαμπέρ). Η λάμπα του ραδιοφώνου : 0,5 mΑ. Τα ακουστικά στα μικρά ραδιοφωνα : 1 μ Α (μικροαμπέρ).

Αφ' αυτά τα λίγα παραδείγματα καταλαβαίνουμε πώς κάθε ηλεκτρικό μηχανήμα, για να λειτουργήσει με την κανονική του απόδοση, πρέπει να τροφοδοτείται με ρεύμα που να έχει ορισμένη ένταση, να διαρρέεται δηλαδή από ορισμένα άμπέρ. "Αν του χορηγήσουμε λιγότερα θα δουλέψει με μικρή απόδοση ή και καθόλου." Αν πάλι περάσουν από μέσα του περισσότερα άμπέρ από τα κανονικά

(I) Τις περισσότερες φορές αντί να πούμε, όπως είναι και το όρθο: "αυτό το μηχανήμα διαρρέεται από ρεύμα με ένταση τόσων άμπέρ", λέμε: "αυτό το μηχανήμα χρειάζεται τόσα άμπέρ" ή "τραβά τόσα άμπέρ".

νικά τάτα, όπως και παρακάτω θά δοῦμε, μπορεί νά καεῖ.  
Γιά νά μετροῦμε τήν ένταση τοῦ ραῦματος χρηση-  
μοποιοῦμε ὄργανα πού λέγονται ἀμπερόμετρα,  
μικροαμπερόμετρα, ἀνάλογα μέ τήν ένταση πού θέλουμε νά  
μετρήσουμε.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ  
ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

✓ Ηλεκτρική αντίσταση. Η ειδική αντίσταση. Το ὄμ, το μικρόμ, το κιλώμ, το μεγαμ.

Από τό πρώτο ἀκόμη κεφάλαιο μάθαμε πώς ἄλλα από τά σώματα ἔχουν πολλά ελεύθερα ἤλεκτρόνια, ἄλλα λιγότερα καί, τέλος, ἄλλα πολύ πιά λιγα. Διαίρεσαμε μάλιστα τά σώματα σέ τρεῖς κατηγορίες: στά ἀγωγιάστά ἡμιαγωγιά καί στά μονωτικά.

Στά ἀγωγιά ἀνήκουν ὅλα τά μέταλλα, π.χ. ὁ χαλκός, τό ἀλουμίνιο, ὁ τσίγκος, ὁ μπρούντζος, τό δίδερο τό μολύβι, τό ἀσημι, τό χρυσάφι κλπ. καθώς καί τό κάρβουνο. Τά ἀγωγιά σώματα λέγονται καί "ἀγωγοί πρώτης κατηγορίας".

Όλα τά ἀγωγιά σώματα εἶναι καί καλοί ἀγωγοί τῆς ζήτησης.

Στά ἡμιαγωγιά μπορούμε νά κατατάξουμε τά ὄξέα, τά ἀλκάλια, τό νερό μέ μεταλλικά ἄλατα, πού ἡ αντίστασῆτου μάλιστα μικραίνει ὅσο μεγαλώνει τό ποσοστό τῶν αλάτων, τά υγρά υφάσματα, τά υγρά ξύλα καί τά παρόμοια. Τά ἡμιαγωγιά λέγονται καί "ἀγωγοί δευτέρης κατηγορίας".

Στά μονωτικά ἀνήκουν ὁ ξηρός ἀέρας, ἡ μέλα, τά ξηρά ξύλα, τό μετάξι, τό γυαλί, τό ρετσίλι, ἡ γούταπερκα, τό καουτσούκι, ὁ ἔβονίτης, ἡ πορσελάνη, τό μαρμαρο, ἡ παραφίνη, ἡ βασιλίνη, τό μονωτικό λάδι, τό οἶνόπνευμα, τό ἀποσταγμένο νερό, τά κεραμεικά ἑλικά καί ἄλλα.

Τό βρόχινο νερό εἶναι ἐπίσης καλός ἀγωγός. Γι' αὐτό καί κάθε μονωτικό, ὅταν βραχεῖ, χάνει ἀπό τή μονωτική του ἱκανότητα.

Τέλος, ἡ γῆ μπορεί νά θεωρηθεῖ σάν παμμέγιστο ἀγωγό σῶμα, ὅπως εἶπαμε καί στά προηγούμενα.



Όλα τὰ σώματα, γενικά, παρουσιάζουν μιὰ αντί-  
σταση στό πέρασμα του ρεύματος, αλλά μικρή και ἄλλα  
μεγάλη. Δέν υπάρχει δηλαδή σῶμα πού νά ἐμποδίσει ἀπό-  
λυτα ἢ νά ἐπιτρέψει τελείως ἐλεύθερα τό πέρασμα του  
ρεύματος. Τό τέλειο μονωτικό είναι ἀνύπαρχτο, ὅπως ἀ-  
νύπαρχτος είναι καί ὁ τέλειος ἀγωγός.

Ἡ ἀντίσταση πού παρουσιάζουν τὰ διάφορα σώ-  
ματα ἐξαρτᾶται ἀπό τ' ἀκόλουθα :

1. Ἀπό τή φύση του σώματος.
2. Ἀπό τό μήκος του.
3. Ἀπό τή διατομή του.
4. Ἀπό τή θερμοκρασία του.

Ἄν συνδέσουμε δύο σημεῖα πού ἔχουν τάση, τή  
μιὰ φορά μέ χάλκινο σύρμα καί τήν ἄλλη μένα ξερό ξύ-  
λο, θά δοῦμε πῶς τήν πρώτη φορά τὰ δύο σημεῖα θά βροῦν,  
μέ τή βοήθεια τῶν ἠλεκτρονίων του χάλκινου σύρματος,



Σχ. 12

ἀμέσως τήν ἠλεκτρική τους ἰσορροπία, ἄν  
δέν θά υπάρχει στή μέση ἄλλη αἰτία, π.χ.  
μιὰ ἠλεκτρική πηγή, πού νά τὰ κρατᾶ διαρ-  
κῶς σέ ἠλεκτρική ἀνισορροπία, ὅπως γίνε-  
ται στό ἠλεκτρικό στοιχεῖο. Τή δεύτερη ὁ-  
μως φορά μέ τό ξύλο γιά σύνδεσμο ἀνάμεσά  
τους, εἶναι ἀμφίβολο ἄν καί μέ τό πέρασμα  
ὀλοκληρῶν χρόνων θά μωρθεσούν νά ξεναβροῦν  
τήν ἡσυχία τους. Αὐτή τή φορά, τὰ ἐλεύθερα  
ἠλεκτρόνια του ξύλου εἶναι τόσο λίγα πού  
ὅσο καλή θέληση νά ἔχουν δέν μπορούν νά φέ-  
ρουν καί τό παραμικρό ἀκόμη ἀποτελεσμα.

Ἄν πάρουμε ἐπίσης δύο σύρματα, τό ένα  
ἀπό χάλκο καί τό ἄλλο ἀπό σίδηρο, μέ τὰ  
ἴδια ὅμως ἀκριβῶς μέ-  
γέθη π.χ. μέ μήκος ἄν  
μέτρο καί διατομή ἄνα  
τετραγωνικό χιλιοστό,  
θά δοῦμε πῶς καί τὰ  
δύο αὐτά σύρματα δια-  
φέρουν στήν ἀντίσταση  
πού παρουσιάζουν. θά  
διαπιστώσουμε μάλιστα  
πῶς ὁ σιδερένιος ἀγω-  
γός παρουσιάζει μεγα-  
λύτερη ἀντίσταση ἀπό τό χάλκινο ἀγωγό.

Χάλκινο σύρμα π.χ. 0.5  
Μήκος: 60 μ. Διατομή 1 τετρ.  
χιλιοστό



Πυλίσωση 4 ἀμ.  
περίπου

Σχ. 13

Γιατί; Γιατί τό σίδηρο έχει λιγότερα ελεύθερα ηλεκτρόνια από τό χαλκό. Διαφέρουν λοιπόν τά δύο σύρματα; έπειδή έχουν διάφορα στά ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Νά όμως κ' ένα άλλο παράδειγμα, πίο χειροπιαστό: Μία στήλη από υδράργυρο (Σχ.12) μέ ύψος 106,3 εκατοστόμετρα και διατομή I τετραγωνικό χιλιοστό, (βάρους της στήλης 14,4521 γραμμάρια) παρουσιάζει αντίσταση ίση περίπου μέ τήν αντίσταση πού παρουσιάζει ένα χαλκίνο σύρμα μέ τήν ίδια διατομή, δηλαδή I τετραγωνικό χιλιοστό, αλλά μέ μήκος 60 μέτρα (Σχ.13).

Κι' εδώ ή φύση τών δυο σωμάτων είναι διαφορετική και έτσι ο υδράργυρος, χάρη σ' αυτήν, καταφέρει μόνο μέ 106,3 εκατοστόμετρα μήκος, δηλαδή I μέτρο και κάτι, νά μάς παρουσιάσει αντίσταση τόση, πού γιό νά τήν πετύχουμε μέ τό χαλκό θα πρέπει νά διαθέσουμε άπ' αυτόν 60 δούκληρα μέτρα.

Η αντίσταση λοιπόν ενός σώματος είναι ανάλογη μέ ένα συντελεστή ρ, πού λέγεται ε ί δ ι κ ή ή αντιστάση και εξαρτάται από τή φύση του σώματος. Ο συντελεστής ρ δίνεται από πίνακα.

Είναι ολοφάνερο όμως, πώς ή αντίσταση πού συναντά πέρασμα κατά τό πέρασμά του από ένα σώμα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μακρύτερος είναι και ο δρόμος του κάνει μέσα από τό σώμα και τόσο μικρότερη όσο βραχύτερος είναι, ο δρόμος αυτός. Και τά μόρια τοι νερού συναντούν σ' ένα μακρή σωλήνα αντίσταση μεγαλύτερη άπ' αυτήν πού συναντούν σ' έναν κοντό σωλήνα.

Η αντίσταση, λίγα, είναι ανάλογη μέ τό μήκος του σώματος.

Καταλαβαίνουμε επίσης εύκολα πώς ή αντίσταση είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι ή διατομή του σώματος και τόσο μικρότερη, όσο μεγαλύτερη είναι ή διατομή αυτή. Και ο στενός σωλήνας παρουσιάζει στή ροή του νερού μεγαλύτερη αντίσταση από τήν αντίσταση πού παρουσιάζει ένας σωλήνας μέ μεγαλύτερη διατομή.

Η αντίσταση ερα, είναι αντιστρόφως ανάλογη μέ τή διατομή S του σώματος.

Γιά τήν επίδραση τής θερμοκρασίας θα μιλήσουμε σέ ξεχωριστή παράγραφο.

"Ας συνοφίσουμε ὅμως ὅλα τὰ παραπάνω σ' ἓνα γενικό κανόνα:

Ἡ ἀντίσταση, πού παρουσιάζει κἀθε σῶμα στό πέρασμα τοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογο ἢ μέτρησις τῆς εἰδικῆς ἀντίστασης αὐτοῦ τοῦ σῶματος, ἀνάλογο ἢ μέτρο μῆκος τοῦ, καί ἀντιστρόφως ἀνάλογο ἢ μέτρησις τῆς διατομῆς του S.

Γιὰ νά μετροῦμε τήν ἀντίσταση στά διάφορα σῶματα ὀρίσαν μιά συγκριτική μονάδα, πού ὀνόμασαν "ὦμ" γιὰ νά τιμήσουν τόν "Ωμ. (Ohm)"

Τί ἀντίσταση ὅμως ἀντιπροσωπεύει ἓνα ὦμ; Ἀκριβῶς τήν ἀντίσταση πού παρουσιάζει ἡ στήλη ἀπό ὑδράργυρο, πού ἀναφέραμε πιο πάνω.

Πῆραν δηλαδή μιά τέτοια στήλη ἀπό ὑδράργυρο μέ ὕψος 106,3 εκατοστόμετρα καί διατομή ἀνά τετραγωνικό χιλιοστό καί εἶπαν: "Τήν ἀντίσταση πού παρουσιάζει αὕτη ἡ στήλη τήν ὀνομάζουμε 1 ὦμ".

Ἐπειδή ὅμως καί ἡ θερμοκρασία πού ἔχει κἀθε σῶμα, ἐπιδρά στήν ἀντίστασή του, καθόρισαν ἀκριβῶς τήν ἀντίσταση 1 ὦμ, εἶναι ἡ ἀντίσταση πού παρουσιάζει ἡ στήλη ἀπό ὑδράργυρο, πού ἀναφέραμε, σέ θερμοκρασία ὅμως 0 βαθμῶν Κελσίου.

Τήν ἀντίσταση τήν γράφουμε συνηματικά μέ τό γράμμα R καί τό ὦμ μέ τό Ω, (δέν τό γράφουμε μέ O, ἀρχικό τοῦ ὀνόματος Ohm, γιὰ νά μή τό μπερδεύουμε μέ τὰ μηδενικά).

Τοῦ ὦμ ἔχουμε ὑποπολλαπλάσιο: τό "μικροὸ ὦμ" πού γράφεται συνηματικά μέ τό μω καί εἶναι ἴσο μ' ἓνα εκατομμυριοστό τοῦ ὦμ.

Ἐχουμε ὅμως καί πολλαπλάσια, τό κίλοὸ ὦμ πού δηλώνεται μέ τό κω καί ἰσοδυναμεῖ μέ χίλια ὦμ καί τό "μεγαλοὸ ὦμ", πού γράφεται μέ τό Μω καί ἀντιστοιχεῖ μ' ἓνα εκατομμύριο ὦμ.

Δοκίμῶν :

$$1 \Omega = 1.000.000 \mu\Omega = \frac{1}{1000} \text{ k}\Omega = \frac{1}{1.000.000} \text{ M}\Omega$$

$$1 \mu\Omega = \frac{1}{1.000.000} \Omega$$

$$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega = \frac{1}{1000} \text{ M}\Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1.000.000 \Omega = 1000 \text{ k}\Omega.$$

Για την μέτρηση των αντίστασεων έχουμε ειδικά όργανα, που τα λέμε "ώμμετρα" και "μεγώμετρα". Με τα ωμόμετρα μετρούμε ώμ. Με τα μεγώμετρα, μεγώμ. Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούμε και τις λεγόμενες γέφυρες "Γουίτστον".

Πρέπει να ξέρουμε, επίσης, πώς τον όρο "αντίσταση" τον μεταχειριζόμαστε όχι μόνον για να δηλώνουμε την ιδιότητα που έχουν τα σώματα να παρουσιάζουν ευκολία ή δυσκολία στο πέρασμα του ρεύματος, αλλά και για μερικά όργανα που κατασκευάζουμε επίτηδες από σώματα με μεγάλη κάπως ειδική αντίσταση, με την πρόθεση να προβάλλουμε θαληματικά πιά, ορισμένα άμφοδια στο ηλεκτρικό ρεύμα. Δυστυχώς μόνον για δύο από αυτά έχουμε: όπως θά δούμε στα σχετικά κεφάλαια, τους όρους "ροοστάτης" και "ποτανσιόμετρα", σύμφωνα με τη δουλειά που κάνουν, για τα περισσότερα όμως μεταχειριζόμαστε το γενικό όρο "αντίσταση".

Ο μαθηματικός τύπος, που μς δίνει την αντίσταση ενός σώματος στη θερμοκρασία των 0° Κελσίου και που οφείλεται στον Ωμ, είναι ο ακόλουθος:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

"Αν εκφράσουμε σε αυτό τον τύπο το l σε μέτρα και το S σε τετραγωνικά χιλιοστόμετρα, τότε η αντίσταση R δίνεται σε ώμ.

Από τον τύπο  $R = \rho \frac{l}{S}$  βγαίνει άμεσα και η σημασία του συντελεστή ρ. "Αν l = 1 μέτρο S = 1 τετραγωνικό χιλιοστόμετρο, τότε θά έχουμε  $\rho = R$ , δηλαδή ο συντελεστής ρ είναι η αντίσταση, εκφραζόμενη σε ώμ, ενός αγωγού από το εξεταζόμενο υλικό με μήκος 1 μέτρο και διατομή 1 τετραγωνικό χιλιοστόμετρο. Τό συντελεστή ρ, τον ονομάζουμε, όπως είπαμε, ειδική αντίσταση του εξεταζόμενου υλι-



και στους 0<sup>ο</sup> Κελσίου.

Ο παραπάνω τύπος  $R = \rho \frac{l}{S}$  παίρνει και τις ακό-

λουθες μορφές:

$l = \frac{R \times S}{\rho}$  Έδω ζητούμε το μήκος l.

$S = \rho \frac{l}{R}$  Εξ τον τύπο αυτόν βρίσκουμε την άγνωστη διατομή S.

$\rho = \frac{R \times S}{l}$  Εξ αυτόν βρίσκουμε το συντελεστή ρ.

"Ας δοϋμε τώρα πώς βρίσκουμε τη διατομή των σωμάτων:

"Αν ένα σώμα είναι κυλινδρικό, όπως π.χ. το σύρμα, για να βρούμε τη διατομή του, αρκεί να ξέρουμε τη διάμετρό του, δηλαδή το πάχος του. Από τη Γεωμετρία ξέρουμε πως για να βρούμε την επιφάνεια ενός κύκλου (τέτοιο σχήμα παρουσιάζει η κάθετη τομή ενός κυλινδρικού σύρματος) αρκεί να υψώσουμε στο τετράγωνο το μισό της διαμέτρου του και τον αριθμό που θα πάρουμε να τον πολλαπλασιάσουμε με τον αριθμό π, που είναι ο γνωστός αριθμός 3,14.

"Έχουμε λοιπόν : διατομή  $S = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \times \frac{d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \times d^2$

Τό S παριστάνει τετραγωνικά χιλιοστόμετρα, αν μετρήσουμε τη διάμετρο σε χιλιοστόμετρα.

Τό π είναι τό 3,14. "Αν αυτό τώρα διαιρεθεί με τό 4, έχουμε : 0,785 περίπου.

Στις πρακτικές λοιπόν εφαρμογές βρίσκουμε άμέσως τη διατομή ενός σύρματος, αν μετρήσουμε τη διάμετρό του (τό πάχος του δίχως τη μόνωση) και, αφού την υψώσουμε στο τετράγωνο, την πολλαπλασιάσουμε με τό 0,785. Δηλαδή:

$S = 0,785 \times d^2$

"Αν τό σώμα είναι ορθογώνιο, πολλαπλασιάζουμε τό πάχος με τό πλάτος του και βρίσκουμε τη διατομή του.

Πύνακας.  
 που μας δίνει την ειδική αντίσταση  $\rho$  και το συντελεστή  $\beta$  της θερμοκρασίας.

Φύση αγωγών	Ειδική αντί- σταση σε $^{\circ}\text{C}$	Συντελεστής θερμοκρασίας $\beta$
Αργυρος	0,015	0,004
Χαλκός	0,016	0,0043
Αλουμίνιο	0,027	0,0037
Μπρούνζος	0,055	0,0025
Ψευδάργυρος	0,058	0,004
Σίδηρο	0,0964	0,006
Νικαλ	0,123	0,006
Μολυβδος	0,20	0,0041
Μαγνησόρ	0,40	0,003
Νικελίνη	0,40	0,00019
Υδράργυρος	0,94	0,0009
Κωνσταντάν	0,50	+ 0,00003
Ρεοτάν	0,72	-
Μανγκανίν	0,42	+ 0,00001
Χρωμονικαλίνη	I	-
Καρβουνο	0,40	- 0,0004
Κράμα από χρώμιο-άλου- μίνιο-σίδηρο.	I, I - I,7	
Διάλυση 15% θειϊκού όξέος με νερό	0,0169 X $10^6$	- 0,025
Η ίδια διάλυση σε ανα- λογία 10%	0,011 X $10^6$	- 0,025
Διάλυση 15% θειϊκού χαλκού με νερό	0,2389 X $10^6$	- 0,025
Σιλίτ	I000	

Η αγωγιμότητα. Το ζήτημα και το μέ.

Μερικές φορές, αντί τόν όρο "αντίσταση";  
 χρησιμοποιούμε τόν αντίστροφό του, τόν όρο: "αγω-  
 γιμότητα", τήν εύκολία δηλαδή πού πα-  
 ρουσιάζει μεγάλη αντίσταση, έχει μικρή αγωγιμότητα.  
 Και αντίστροφα: τó σωμα πού παρουσιάζει μεγάλη αγω-  
 γιμότητα, έχει μικρή αντίσταση. Η αγωγιμότητα λοι-  
 πόν είναι τó αντίστροφο της αντίστασης και συμβολίζε-  
 ται μέ τó γράμμα G.

"Αν τό R παριστάνει τήν αντίσταση, τό  $G = I/R$ , τό αντίστροφο του R, παριστάνει τήν αγωγιμότητα.

Ἡ εἰδική αγωγιμότητα ἑνός ὑλικοῦ, πού ἔχει εἰδική αντίσταση ρ, εἶναι ἴση μέ  $G = I/\rho$ .

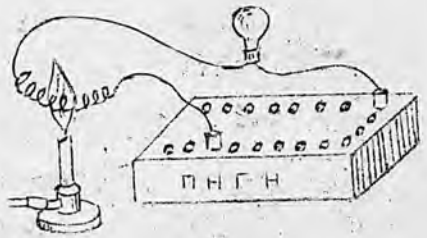
Μέ τὰ ὦμ μέτροῦμε τήν αντίσταση. Γιά τή μέτρησιν τῆς αγωγιμότητας χρησιμοποιοῦμε μιᾶ μονάδα πού οἱ Γερμανοί τήν λέγουν "Ζ. ἦ μ ε ν ς" καί οἱ Γάλλοι "Μ ὦ" (Mho), πού εἶναι ἀκριβῶς τό αντίστροφο του ὦμ. (Τό ὦμ μέ ἀναγραμματισμό = μῶ).

Καί τό μῶ καί τό ζήμενς δέν ἀναγνωρίστηκαν ἀκόμη ἐπίσημα.

Ἡ ἐπίδραση τῆς θερμοκρασίας στήν αντίσταση τῶν σωμάτων.

Ἐίπαμε παραπάνω πῶς καί ἡ θερμοκρασία ἑνός αγωγοῦ ἐπίδρα στήν αντίστασή του. Καί πράγματι: "Ἄς δοῦμε ὅμως τό Σχ. I4

Σ' αὐτό βλέπουμε μιᾶ πηγή πού μᾶς δίνει ρεῦμα, μιᾶ ἠλεκτρική λάμπα καί τούς τρεῖς φθοροτικούς αγωγούς. Οἱ αγωγοί εἶναι σιδερένιοι. Ἄς παραδεχτοῦμε πῶς τό ρεῦμα πού δίνει ἡ πηγή εἶναι ἱκανό νά πυραχτώσῃ τό νῆμα τῆς λάμπας. Μέ μιᾶ φλόγα ζεσταίνουμε τό σύρμα πού ἄνῶνει τή λάμπα μέ τήν πηγή. Καί γιά νά ζεσταθῇ με τή φλόγα ὅσο μπορεί περισσότερο σύρμα, τυλίγουμε ἕνα τμήμα ἀπ' αὐτό σέ σπαῖρας.



Σχ. I4

Σέ λίγο, τό σύρμα ζεσταίνεται, ἡ αντίστασή του αὐξάνει, καί ἀπειδή τό ρεῦμα μικραίνει (τό γιατί θά τό μάθουμε παρακάτω) δέν μπορεί νά ζεσταθῇ τό νῆμα τῆς λάμπας σέ βαθμό πού νά τό πυραχτώσῃ καλά.

"Ἐτσι ἡ λάμπα, ἂν καί περνᾷ ἀπό μέσα της ρεῦμα, φωτίζει λιγότερο.

"Ἄν ἀπομακρύνουμε τή φλόγα, τό σύρμα κρυώνει, μικραίνει ἡ αντίστασή του, τό ρεῦμα παίρνει τήν κανονική του τιμή καί ἡ λάμπα φωτίζει.

"Ἄς παραδεχτοῦμε τώρα πῶς ἕνας αγωγός παρουσιάζει, σέ θερμοκρασία 0° C (Κελσίου) αντίσταση I<sub>0</sub> ὦμ.

(Το μικρό μηδέν, κάτω δεξιά στο I, σημαίνει πώς ο άγωγός βρίσκεται σε θερμοκρασία 0° C. Σ' όλα τὰ παρακάτω η θερμοκρασία εκφράζεται σε βαθμούς Κελσίου).

"Αν αύξηθει η θερμοκρασία του κατά I°, η αντίστασή του θα μεγαλώσει κατά μία ορισμένη τιμή β, πού λέγεται "συντελεστής της θερμοκρασίου". Αυτός ο συντελεστής δίνεται από τον προηγούμενο πίνακα και παριστάνει τό κατά πόσο μεγαλώνει μια αντίσταση I<sub>0</sub> ωμ, όταν η θερμοκρασία της μεγαλώνει κατά I°. Η αντίσταση λοιπόν του άγωγού γίνεται τώρα ίση με:  $R_1 = I_0 + \beta$ .

"Αν ο άγωγός δέν παρουσιάζει στη θερμοκρασία 0° αντίσταση I<sub>0</sub> ωμ, όπως παραδαχτήκαμε πριν, αλλά R<sub>0</sub> ωμ, και μεγαλώσει η θερμοκρασία του κατά I°, τότε η αντίστασή του R<sub>0</sub> θα γίνει:  $R_1 = R_0 + R_0 \beta$ .

"Αν πάλι η θερμοκρασία του αύξηθει, όχι μονάχα κατά I° αλλά κατά θ°, τότε η αντίσταση του άγωγού θα αύξηθει κατά R<sub>0</sub> βθ. Θα έχουμε λοιπόν για τελική αντίσταση του άγωγού στους θ βαθμούς:

$$R_\theta = R_0 + R_0 \beta \theta = R_0 (1 + \beta \theta).$$

Επειδή όμως  $R_0 = \rho_0 \times \frac{l}{S}$  έχουμε και  $R_\theta = \rho_0 \times \frac{l}{S} (1 + \beta \theta) = \rho_\theta \times \frac{l}{S}$  όπου τό  $\rho_\theta = \rho_0 (1 + \beta \theta)$  δηλώνει την ειδική αντίσταση του μεταζομένου υλικού στους θ°.

Και από τον τύπο  $R_\theta = R_0 (1 + \beta \theta)$  παίρνουμε:

$$R_0 = \frac{R_\theta}{1 + \beta \theta}$$

$$\theta = \frac{R_\theta - R_0}{R_0 \beta}$$

$$\beta = \frac{R_\theta - R_0}{R_0 \theta}$$

Με τίς μορφές αυτές του τύπου βρίσκουμε η την αντίσταση που παρουσιάζει ο άγωγός στους 0° ή τη θερμοκρασία πού έχει ο άγωγός ή τέλος, τό συντελεστή της θερμοκρασίας της ύλης του άγωγού.

Ο,τι όμως γίνεται στους άγωγούς, δέ συμβαίνει



στά μονωτικά, στ υγρά και στο κάρβουνο. Αυτών η αντίσταση μικραίνει, όταν η θερμοκρασία τους αυξάνει γιατί ο συντελεστής θερμοκρασίας γι αυτά είναι αρνητικός. Το καουτσούκ π.χ. που χρησιμοποιούμε για μόνωση, στα καλώδια, παρουσιάζει στους  $0^{\circ}$  ειδική αντίσταση 32000 μαγώμ, στους  $24^{\circ}$  όμως πέφτει στα 7500 μαγώμ.

Και το γυαλί χάνει αντίσταση όταν ζεσταθεί.

Αν θελήσουμε να μετρήσουμε και την αντίσταση που παρουσιάζει το μεταλλικό νήμα μιας λάμπας, δεν πρέπει να παραξενευτούμε αν μας παρουσιάσει μικρότερη αντίσταση σε ψυχρή κατάσταση και μεγαλύτερη σε ζεστή. Όταν όμως το νήμα είναι από κάρβουνο, τότε γίνεται, το αντίθετο, δηλαδή το νήμα παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση σε ψυχρή κατάσταση και μικρή όταν ζεσταθεί, γιατί το κάρβουνο έχει, όπως φαίνεται και από τον προηγούμενο πίνακα, αρνητικό συντελεστή θερμοκρασίας.

Για να εξηγήσουν τη μεταβολή που παθαίνει η αντίσταση των διαφόρων αγωγών σωμάτων όταν αλλάζει η θερμοκρασία τους, παραδίδονται τα ακόλουθα:

Τά άτομα σε κάθε αγωγό σώμα με ορισμένη θερμοκρασία βρίσκονται σε μία παλμική κίνηση, που η ένταση της εξαρτάται από τη θερμοκρασία που έχει το σώμα. Όταν μεγαλώσουμε την θερμοκρασία του, και η κίνηση των ατόμων του αυξάνει. Το αντίθετο γίνεται όταν η θερμοκρασία του μικραίνει. Η κίνηση των ατόμων παύει τελείως, όταν το σώμα βρεθεί στο " απόλυτο μηδέν", δηλαδή στη θερμοκρασία των  $-273$  βαθμών Κελσίου.

Τά ηλεκτρόνια λοιπόν, κατά την μετακίνησή τους μέσα στο σώμα συγκρούονται με τά άτομα που παλνούν και έτσι συναχτούν ενα εμπόδιο. Όσο η θερμοκρασία του σώματος είναι μεγαλύτερη, τόσο και οι συγκρούσεις αυτές είναι περισσότερες και η αντίσταση, άρα, που συναντούν τά ηλεκτρόνια, γίνεται μεγαλύτερη. Το ίδιο μήπως δε γίνεται και σε μας τους πεζούς όταν, θέλοντας να περάσουμε από το ενα πεζοδρόμιο στο άλλο, συναντούμε στο δρόμο αυτοκίνητα που τρέχουν; Όσο όμως η ταχύτητα των αυτοκινήτων αυτών μικραίνει, τόσο και πιο ελεύθερα μπορούμε να προχωρήσουμε.

Αυτή η αστάθεια που παρουσιάζεται στην αντίσταση των αγωγών όταν η θερμοκρασία τ υ αλλάζει, έχει και την καλή της πλευρά. Χάρη σ αυτήν μπορούμε και μετρώμε τη θερμοκρασία σε διαφόρους χώρους.

Αυτό γίνεται με τὰ λεγόμενα "θερμομέτρα με  
 αντιστάση". Βάζουμε δηλαδή στους χώρους που  
 θέλουμε ένα από τὰ ειδικά αὐτὰ θερμομέτρα καὶ τὸ συν-  
 δέσουμε μὲν ἕνα ὄργανο πού μετρά τὸ ρεύμα καὶ πού εἶναι  
 βαθμονομημένο σε βαθμούς Κελσίου. Μία πηγή τροφῆδοτεῖ-  
 τὸ κύκλωμα. Ὄταν ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου, πού μᾶς ἐν-  
 διαφέρει, ἀξομελῶθεῖ, ἀξομελῶνεται ἀνάλογα καὶ ἡ  
 θερμοκρασία τοῦ ηλεκτρικοῦ θερμομέτρου, πού εἶναι κα-  
 μωμένο ἀπὸ λεπτότατο καὶ εὐπαθέστατο στῆς μεταβολές  
 τῆς θερμοκρασίας σύρμα πλατίνης, ἀλλάζει ἄρα καὶ ἡ ἀν-  
 τίστασή του καὶ μαζί μ' αὐτὴν καὶ τὸ ρεύμα πού διαρρέ-  
 ει αὐτὸ τὸ κύκλωμα. Τὶς ἀξομελῶσεις αὐτές πού παρου-  
 σιάζει τὸ ρεύμα τίς παρακολουθοῦμε στὸ μετρητικὸ ὄρ-  
 γανο. Μὲ τὰτοια θερμομέτρα κατορθώνουμε καὶ μετροῦμε  
 ἀνατα διαφορὰς θερμοκρασίας 1/100.000 τοῦ βαθμοῦ Κελ-  
 σίου. Ἡ περιοχή πού μετροῦν μὲ τὰ θερμομέτρα αὐτὰ  
 ἀρχίζει ἀπὸ τοὺς  $-100^{\circ}$  καὶ τελειώνει στοὺς  $+500^{\circ}$ .

Ἐπίσης χάρη σ' αὐτὸ τὸ φαινόμενο, μποροῦν καὶ  
 μετροῦν μὲ ἀκρίβεια τὴν θερμοκρασία πού ἔχουν τὰ τυ-  
 λίγματα στῆς διαφορὰς μηχανές πού μᾶς δίνουν ρεύμα καὶ  
 πού, διαφορετικά, θά ἦταν πολὺ δύσκολος ὁ σωστός κα-  
 θορισμὸς τῆς. Σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση μετροῦν τὴν ἀντί-  
 σταση, πού παρουσιάζει ὁ ἀγωγὸς τοῦ τυλίγματος τῆς μη-  
 χανῆς, πρὶν ἀρχίσει ἡ μηχανὴ νὰ δουλεύει, ὅταν δηλα-  
 δὴ βρῆσκαται σὲ ψυχρὴ κατάσταση. Ἐπειτα βάζουν τὴ  
 μηχανὴ νὰ μᾶς δώσει ρεύμα καὶ ἀφοῦ νὰ παρασούν μερικές  
 ὥρες ξαναμετροῦν πάλι τὴν ἀντίσταση πού παρουσιάζει  
 τὸ τυλίγμα σὲ θερμὴ ἢ πῶς κατάσταση, γιατί τὸ ρεύμα, ὅ-  
 πως καὶ παρακάτω θά δούμε, ζεσταίνει τὸν ἀγωγό. Αὐ-  
 τὴν τὴν φορά ἡ ἀντίσταση εἶναι πῶς μαγὰλη ἀπὸ τὴν ἀρ-  
 χικὴ. Ἔτσι ἀπὸ τὴν διαφορὰ πού παρουσιάζουν οἱ μετρή-  
 σεις αὐτές, ἐκτιμοῦν καὶ τὴν θερμοκρασία τοῦ τυλίγμα-  
 τος.

### Ἰγρές ἀντιστάσεις

Στὰ ἡμιαγωγὰ σώματα εἶδαμε ὅτι ἀνήκουν καὶ  
 οἱ διαλύσεις τῶν μεταλλικῶν ἀλάτων, τὰ ὅσα καὶ τὰ  
 ἀλλόλια. Μποροῦμε λοιπὸν νὰ χρησιμοποιοῦμε καὶ αὐ-  
 τὰ τὰ ὑλικά γιὰ νὰ κατασκευάσουμε, ὄχι πῶς στερεές  
 μεταλλικὲς ἀντιστάσεις, ἀλλὰ "ὑγρὲς ἀντι-  
 στᾶσεις".

Τὶς ὑγρὲς ἀντιστάσεις τίς χρησιμοποιοῦμε γιὰ  
 διαφορὰς ἐφαρμογές καὶ ἡ κατασκευὴ τους εἶναι ἀπλή.

Παίρνουμε δύο μεταλλικές πλάκες και τις βυθίζουμε μέσα στο υγρό που διαλέξαμε, π.χ. σε διάλυση μαγειρικού αλατος ή θειϊκού οξέος μέσα σε νερό. Συνδέουμε τις πλάκες με τους πόλους της ηλεκτρικής πηγής και έτσι το ρεύμα, για να πάει από τη θετική πλάκα στην αρνητική αναγκάζεται να περάσει από τη διάλυση.

Η τιμή κάθε ύγρης αντίστασης εξαρτάται :

1. Από την επιφάνεια που παρουσιάζουν οι πλάκες.
2. Από την απόσταση που έχουν μεταξύ τους.
3. Από την φύση του υγρού και το βαθμό της πυκνότητάς του.
4. Από τη θερμοκρασία του υγρού.

Τίς ύγρες αντιστάσεις τις χρησιμοποιούμε σε εφαρμογές, στις οποίες η σταθερότητα της τιμής που θα παρουσιάσει η αντίσταση δε χρειάζεται να είναι και μεγάλη.

### 23. Αντίσταση της μόνωσης των άγωγών.

Οι άγωγοί, που μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα από τις πηγές του στα διάφορα ηλεκτρικά μηχανήματα, πρέπει να είναι καλά μονωμένοι και μεταξύ τους και με τα διάφορα αντικείμενα που είναι κοντά τους.

Με μία καλή μόνωση στέλνουμε το ρεύμα μονάχα εκεί, που θέλουμε μεις. Την αντίσταση, που παρουσιάζει η μόνωση στο περσισμα του ρεύματος, την αποκαλούμε "αντίσταση της μόνωσης" και τη μετρούμε σε megohm.

### 24. Τι βλέπουμε σε κάθε κύκλωμα.

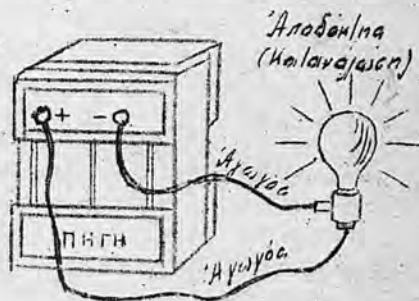
Σε κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα βλέπουμε τρία κυρίως πράγματα (Σχ. 15) :

1. Την πηγή, οποιαδήποτε μορφή κι 'αν έχει, που μας δημιουργεί στους πόλους της την ανάγκεια για τη γέννηση του ρεύματος τάση.

2. Το μηχανήμα ή τα μηχανήματα που χρησιμοποιούν το ρεύμα της πηγής.

Αυτά τα μηχανήματα τα ονομάζουμε γενικά "αποδέχτες", γιατί δέχονται το ρεύμα της πηγής. Σύμφωνα με το σκοπό που επιδιώκουμε, ξεχωρίζουμε τους

αποδέχτης σέ ἀποδέχτης πού μετατρέπουν τήν ἤλεκτρική ἐνέργεια σέ θερμαντική (κουζίνα, θερμάστρα, σίδερο) ἢ σέ φωτιστική (διάφορες λάμπες) ἢ σέ μαγνητική (κί-  
 απ' αὐτή σέ μηχανική, διάφορα κινητήρες) ἢ σέ χημική (ἠλεκτρόλυση, γαλβανοπλαστική) ἢ σέ καθαρῶς μηχανική (κρυστάλλα χαλαζία καί παρόμοια). Κάθε ἀποδέκτης μπο-  
 ροῦμα νά τόν ὀνομάσουμε καί "κατανάλωση",  
 γιατί μέσα σ' αὐτόν κυρίως-  
 ως "κατανάλισκεται", ξο-  
 δεύεται, ἡ ἤλεκτρική ἐ-  
 νέργεια.



Σχ. 15

3. Τοὺς τροφοδοτικούς ἀγω-  
 γοὺς ἀπὸ τοὺς ὁποίους περ-  
 νᾷ τὸ ρεῦμα, πού προκα-  
 λᾷ ἡ πηγή, γιὰ νά πηγαί-  
 νει στους ἀποδέχτες. Καί  
 στους ἀγωγούς αὐτοὺς, ἐπει-  
 δὴ ζεσταίνονται ἀπὸ τὸ πέ-  
 ρασμα τοῦ ρεύματος, ἔστω  
 καί ἀνεπαίσθητα, ξοδαύεται

τελαίως ἀνώφελα, ἕνα ποσο-  
 στό ἀπὸ τήν ἤλεκτρική ἐνέργεια πού στέλνει ἡ πηγή σέ  
 κάθε ἀποδέκτη. Τὸ ποσοστὸ ὅμως αὐτὸ φροντίζουμε νά  
 εἶναι εὐλαχιστὸ μπροστά στήν ἤλεκτρική ἐνέργεια πού  
 παίρνει ὁ ἀποδέκτης καί γι' αὐτὸ μπορούμε νά τὸ θεω-  
 ρήσουμε ἀμελητέο.

Στὸ Σχ. 15 διακρίνουμε μιὰ πηγή μὲ τὸ θετικό  
 καί τὸν ἀρνητικό της πόλο, μιὰ λάμπα πού παριστάνει  
 τὸν ἀποδέκτη, τέλος, τοὺς δύο ἀγωγούς πού συνδέουν  
 τὴ λάμπα μὲ τὴν πηγή.

Ἔτσι τὸ σχῆμα αὐτὸ βλέπουμε ἕνα τέλειο κλει-  
 στό κύκλωμα.

### 25. Ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς πηγῆς καί τοῦ ἀποδέκτη. Ἐξωτερικὴ ἀντίσταση . Ὀλικὴ ἀντίσταση

Τὰ ὅσα εἶπαμε ἐπὶ προηγούμενα γιὰ τὴν ἤλεκτρι-  
 κὴ ἀντίσταση πού παρουσιάζουν τὰ διάφορα σώματα,  
 δέν ἀναφέρονται μονάχα στους δύο τροφοδοτικούς ἀγω-  
 γοὺς, ἀλλὰ καί στήν πηγή καί στους ἀποδέχτες.

Κάθε πηγή, ἀφοῦ τὸ ρεῦμα περνᾷ καί ἀπὸ μέσα της,  
 παρουσιάζει μιὰ ἀντίσταση πού λέγεται ἔσωτερικὴ  
 ἢ ἀντίσταση τῆς πηγῆς.



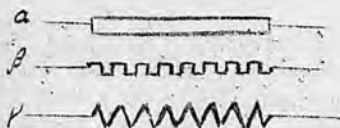
Καί οί άγωγοί, πού διοχετεύουν τό ρεύμα από τήν πηγή στους αποδέχτες έχουν κι αυτοί, όπως είπαμε στα προηγούμενα, μία αντίσταση. Αυτή λέγεται "άν ( γ ω γ ω ν".

Καί κάθε αποδέκτης παρουσιάζει επίσης μία αντίσταση, πού λέγεται "έσωτερική ή αντίσταση τοῦ ἀποδέκτη".

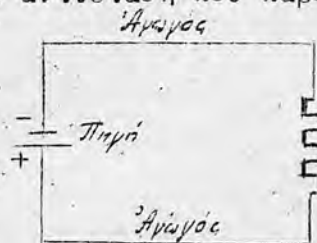
Η έσωτερική αντίσταση τοῦ αποδέκτη μαζί μέ τήν αντίσταση τῶν τροφοδοτικῶν άγωγῶν, αποτελοῦν τήν "έξωτερική ή αντίσταση" τοῦ κυκλώματος.

Η έξωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς μέ τήν έξωτερική αντίσταση, αποτελοῦν τήν "ολική ή αντίσταση" κάθε κυκλώματος.

Η αντίσταση ὅμως πού ἔχουν οί τροφοδοτικοί άγωγοί στίς συνειθισμένες ἐγκαταστάσεις εἶναι σχεδόν πάντοτε μικρή μπροστά στήν αντίσταση πού παρουσιάζουν οί αποδέχτες.



Σχ. I6



Σχ. I7

Γιά κύρια λοιπόν, έξωτερική αντίσταση φ' ἔνα μικρό κύκλωμα μπορούμε νά παίρνομε μονάχα τήν αντίσταση τοῦ ἀποδέκτη. Γι' αυτό τούς ἀποδέχτες σ' ὅλα τά παρακάτω θά τούς θεωροῦμε γιά ἀντιστάσεις, ὡς πράγματι εἶναι, καί ἔτσι θά τούς ὀνομάζομε. Καί ἀντί νά σχεδιάζομε καθένα ἀπ' αὐτούς ὡς εἶναι στήν πραγματικότητα, (λάμπα, θερμάστρα, σίδερο, κινητήρα κλπ.) πρῶτα πού εἶναι καί δύσκολο καί ἄσκοπο, θά τόν σχεδιάζομε μέ μία ἀπό τίς συνθηματικές παραστάσεις τοῦ Σχ. I6 (α, β, γ).

Μ' αὐτές σημειώνομε σ' ὅλα τά ηλεκτρολογικά διαγράμματα τίς διάφορες ἀντιστάσεις.

Τό Σχ. I6 θά παρουσιασταῖ λοιπόν σ' ἔνα ηλεκτρολογικό διάγραμμα ὡς φαίνεται στό Σχ. I7.

Όπως βλέπουμε, μέ τή συνθηματική παράσταση πού παραδεχτήκαμε γιά νά δηλώνουμε τήν αντίσταση, παριστάνουμε μόνο τή λάμπα, δηλαδή τήν κατανάλωση. Τούς άγωγούς τούς σχεδιάζουμε μέ δύο ίδιες γραμμές, γιατί η αντίστασή τους είναι μικρή, καί θεωρείται, είπαμε αμελητέα. καί η εσωτερική αντίσταση τής πηγής σπάνια σημειώνεται στά σχήματα.

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

26. Πως συνδέουμε τίσ αντίστάσεις

Τίσ αντίστάσεις (δηλ. τούς άποδέχτες), μπορούμε νά τίσ συνδέσουμε, ανάλογα μέ τούς σκοπούς πού επιδιώκουμε, κατά τρεις βασικούς τρόπους, πού πρέπει νά τούς ξέρουμε καλά, γιά νά μπορούμε έπειτα νά καταλάβουμε πίο άκοπα καί πώς μοιράζονται τό ρεύμα σέ κάθε άποδέχτη.

Οί τρόποι αυτοί είναι οί ακόλουθοι:

1. Μπορούμε νά συνδέσουμε τίσ αντίστάσεις στή σειρά, τή μία κατόπι από τήν άλλη.

2. Μπορούμε νά τίσ συνδέσουμε παράλληλα.

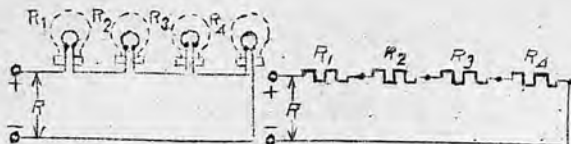
3. Μπορούμε, τέλος, νά κίνουμε συνδυασμό τών δύο αυτών τρόπων καί παίρνοντας ομάδες από αντίστασεις ενωμέναξ στή σειρά νά τίσ συνδέσουμε παράλληλα. Αυτή η σύνδεση λέγεται μικτή.

Στά Σχ. 18, 19, καί 20 πού θα δούμε παρακάτω, βάλουμε γιά τήν εύκολία του σχεδίου λάμπες. Ο κάθε, όμως, μελετητής του βιβλίου αυτού μπορεί μέ τή φαντασία του νά τίσ αντικαταστήσει μέ οποιους άποδέχτες θέλει. "As εξετάσουμε τώρα ξεχωριστά τόν καθένα από τούς τρεις αυτούς βασικούς τρόπους.

27. Σύνδεση στή σειρά.

Σ' αυτή τήν περίπτωση, αν έχουμε 4 αντίστασεις (Σχ. 18), πού τίσ ονομάζουμε "μερικές αντίστασεις", η ομάδα πού θα σχηματίσουμε συνδέοντας τίσ 4 αυτές μερικές αντίστασεις, τήν μία κατόπι από τήν άλλη, θα έχη ολική αντίσταση ίση μέ τό άθροισμα τών μερικών αντίστασιών. Δηλαδή, αν ονομάσουμε  $R_1, R_2, R_3, R_4$  τίσ μερικές αντίστασεις, η ολική αντίσταση θα είναι:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$



Σχ.18

"Αν οι μερικές αντιστάσεις  $R_1, R_2, \dots$  έχουν η καθεμιά τήν ἴδια τιμή, τότε ἡ ὀλική αντίσταση βρίσκεται ἀν πολλαπλασιάσουμε τὸν ἀριθμὸ τῶν μερικῶν ἀντιστάσεων πού θά συνδέσουμε, μέ τὴν τιμὴ πού ἔχει ἡ μιὰ μονάχα ἀπ' αὐτὲς τὶς ἀντιστάσεις." Ἀν δηλαδὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀντιστάσεων πού θά συνδέσουμε εἶναι  $n$  καὶ ἡ τιμὴ κάθε ἀντίστασης  $R_1$ , τότε ἡ ὀλική ἀντίσταση  $R_1$  θά εἶναι:

$$R = \frac{V}{I}$$

28. Παράλληλη σύνδεση.

Τώρα ἡ ὀλική ἀντίσταση μικραίνει θ καὶ ἡ τιμὴ της γίνεται μικρότερη κι' ἀπὸ τὴν τιμὴ πού ἔχει ἡ πιὸ μικρὴ μερικὴ ἀντίσταση.

Τὸ ἴδιο πρᾶμα μπορούμε νά τό ἐκφράσουμε καὶ μέ τὴν ἀγωγιμότητα, τὸ ἀντίστροφο τῆς ἀντίστασης. Τότε λαμβάνουμε: Ἡ ὀλική ἀγωγιμότητα μεγαλώνει καὶ γίνεται ἴση μέ τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν ἀγωγιμοτήτων.

Στὴν περίπτωση μιᾶς τέτοιας συνδεσμολογίας, ἡ ὀλική ἀντίσταση μικραίνει, γιατί συνδέοντας τὶς ἀντιστάσεις παράλληλα, μπορούμε νά παραδεχτοῦμε πῶς κάνομε μιὰ ἀντίσταση, πού ἡ διατομὴ της εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν διατομῶν τῶν μερικῶν ἀντιστάσεων πού συνδέομε. Παρρίζουμε, ὅμως, ὅτι ὅσο ἡ διατομὴ μεγαλώνει τόσο ἡ ἀντίσταση μικραίνει.

Παίρνοντας γιὰ παράδειγμα 2 ἀντιστάσεις  $R_1, R_2$  θά ἔχομε:

$$\frac{I}{R} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \text{ καὶ } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

"Αν ἔχομε 3 ἀντιστάσεις  $R_1, R_2$  παίρνομε:

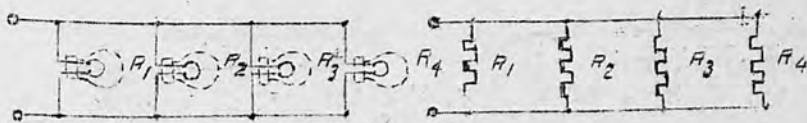
$$\frac{I}{R} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3} = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1 R_2 R_3}$$

και  $R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$

"Η αν πάρουμε 4 αντίστασεις  $R_1, R_2, R_3,$   
(Σχ-19) θα έχουμε:

$$\frac{I}{R} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3} + \frac{I}{R_4} = \frac{R_2 R_3 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 R_3 R_4}$$

και  $R = \frac{R_1 R_2 R_3 R_4}{R_1 R_2 R_3 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_2 R_3 R_4}$



Σχ.19

"Αν θέλουμε να συνδέσουμε παράλληλα  $n$  αντιστάσεις της ίδιας τιμής  $R_1$ , τότε βρίσκουμε την ολική τους αντίσταση αν διαιρέσουμε την τιμή της μιας αντίστασης  $R_1$  με τον αριθμό  $n$  των αντιστάσεων.

Δηλαδή:  $R = \frac{R_1}{n}$

"Αν έχουμε ένα άγωγο με αντίσταση  $R$  και τον κόψουμε σε  $n$  κομμάτια, τότε το κάθε κομμάτι θα παρουσιάζει αντίσταση:  $\left(\frac{R}{n}\right)$

"Αν τώρα συνδέσουμε αυτά τα  $n$  κομμάτια παράλληλα, η ολική αντίσταση που θα παρουσιάζουν βγαίνει από τον τύπο:

$$\frac{I}{R_{\delta\lambda}} = n \times \frac{I}{R} = \frac{n^2}{R}$$

και είναι:  $R_{\delta\lambda} = \frac{R}{n^2}$

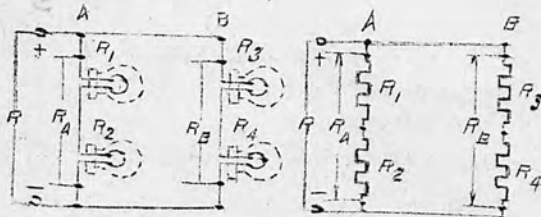


## Μίχτη σύνδεση.

"Ας πάρουμε για παράδειγμα 4 λάμπες  $R_1, R_2, R_3, R_4$ . Κάνουμε πρώτα δύο ομάδες, τήν Α και τήν Β, με δύο λάμπες στή σειρά τήν καθεμιά, και ύστερα συνδέουμε παράλληλα (Σχ.20).

Η ολική αντίσταση  $R$  θα είναι:

$$\begin{aligned} \frac{I}{R} &= \frac{I}{R_A} + \frac{I}{R_B} = \\ &= \frac{I}{R_1 + R_2} + \frac{I}{R_3 + R_4} = \end{aligned}$$



Σχ.20

$$= \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \quad \text{καί } R = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

Στή μίχτη σύνδεση, αν συνδέσουμε  $n$  αντιστάσεις, πού η τιμή τής καθεμιάς είναι ίση μέ  $R_1$ , σέ  $\alpha$  ομάδες μέ  $\beta$  αντιστάσεις στή σειρά σέ κάθε ομάδα ( $n = \alpha\beta$ ), θα έχουμε για ολική αντίσταση:

$$R = \frac{R_1 \times \beta}{\alpha}$$

Ν Ο Μ Ο Σ ΤΟΥ Ω Μ

Νόμος του Ωμ.

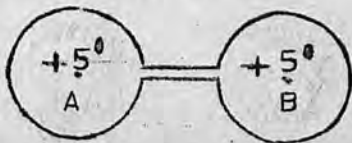
Τρίτο χαρακτηριστικό σέ κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα, ύστερα από την ένταση και την αντίσταση που εξετάσαμε στα προηγούμενα, είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη κάθε πηγής. Η η.ε. δύναμη συμβολίζεται με τό γράμμα  $\mathcal{E}$ .

Η η.ε. δύναμη κάθε πηγής είναι ορισμένη. Στα σχετικά κεφάλαια θα δούμε από ποιά στοιχεία εξαρτάται στο κάθε είδος πηγής και πώς τή βρίσκουμε.

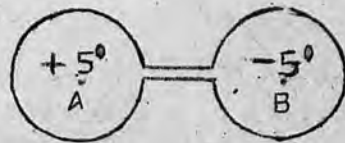
Από τά προηγούμενα ξέρουμε πιά, πώς η η.ε. δύναμη προκαλεί στους πόλους κάθε πηγής μιά ανομοιομορφη κατανομή των ηλεκτρονίων, φέρνει τόν καθένα από αυτούς σ' ένα ορισμένο δυναμικό, διαφορετικό από τό δυναμικό τού άλλου, και δημιουργεί ανάμασά τους μιά διαφορά δυναμικού, πού γεννά σ' αυτούς τήν επιθυμία ν' αποκτήσουν και πάλι τήν ηλεκτρική τους ισορροπία.

Είδαμε μάλιστα, πώς όσο μεγαλύτερη είναι η η.ε. δύναμη μιάς πηγής, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιθυμία πού δημιουργείται μεταξύ των πόλων της, όσας νά πάρει τά ηλεκτρόνια πού τού λείπουν και ό άλλος νά εξοφρωθεί τά ξένα. Και είναι φυσικό, η ένταση, πού θά έχει τό ηλεκτρικό ρεύμα όταν κλείσουμε τό κύκλωμα τής πηγής, νά είναι ανάλογη με τήν η.ε. δύναμη  $\mathcal{E}$  πού προαναφεραμε.

Είδαμε, επίσης, πώς κάθε πηγή, κάθε άγωγός και κάθε αποδέκτης παρουσιάζει και ορισμένη αντίσταση στο πάρασμα τού ρεύματος. Θα είμαστε λοιπόν άκριβεστεροι αν πούμε, πώς η ένταση  $I$  τού ρεύματος, εξαρτάται βέβαια από τήν η.ε. δύναμη  $\mathcal{E}$  τής πηγής, εξαρτάται όμως και από τήν ολική αντίσταση  $R_{ολ}$  πού παρουσιάζει τό κύκλωμα.



Σχ. 21



Σχ. 22

Με τά Σχ. 21 και 22 πού προηγουῦνται, αντιλαμβάνομαστε εύκολότερα κῶπως τί πράγματα.

Στό σχ. 21 τά σώματα Α και Β ἔχουν και τά δύο θερμοκρασία + 5 βαθμούς. Ἄν ενώσουμε τά δύο σώματα μ' ενα οποιοδήποτε υλικό, δέν μεταφέρεται ζέστη από τό ενα στοῦ ἄλλο, γιατί δέν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας στάθμης μεταξύ τους.

Στό Σχ. 22 ὅμως, τό Α ἔχει θερμοκρασία + 5 βαθμούς και τό Β, -5°. Υπάρχει λοιπόν μιᾶ διαφορά θερμοκρασίας στάθμης ἴση μέ:

$$(+ 5^{\circ}) - (-5^{\circ}) = 5^{\circ} + 5^{\circ} = 10^{\circ}$$

Ἡ διαφορά αὐτή θά δημιουργήσει ενα θερμοκρασιακό ρεύμα από τό ενα σώμα πρὸς τό ἄλλο, ἄν ενώσουμε πάλι τά δύο σώματα. Ἡ ένταση και αὐτοῦ τοῦ θερμοκρασιακοῦ ρεύματος θά εἶναι ἀνάλογη με τή διαφορά τῆς θερμοκρασίας και ἀντίστροφα ἀνάλογη με τήν αντίσταση, πού παρουσιάζει στή μετάδοση τῆς ζέστης τό υλικό πού ενώνει τά δύο σώματα (ἄν εἶναι δηλαδή καλός ἢ κακός ἀγωγός τῆς ζέστης).

Τή σχέση πού συνδέει τήν ένταση I, τήν ἡ.ε. δύναμη E και τήν αντίσταση R στα ἠλεκτρικά κυκλώματα, μᾶς τή δίνει ενας νόμος πού διατυπώθηκε από τόν "Ωμ και ἔχει πάρει τό ὄνομα του.

Ὁ Νόμος τοῦ "Ωμ λέει:

Ἡ ένταση I τοῦ ρεύματος, πού διαρρέει ενα κυκλώμα, εἶναι ἀνάλογη με τήν ἡ.ε. δύναμη E τῆς πηγῆς πού τροφοδοτεῖ τό κυκλώμα και ἀντίστροφα ἀνάλογη με τήν ὀλική αντίσταση R<sub>ολ</sub> τοῦ κυκλώματος.

$$\text{"Ένταση ρεύματος} = \frac{\text{Ἡλεκτρακινητική δύναμη τῆς πηγῆς}}{\text{Ὀλική αντίσταση τοῦ κυκλώματος}}$$

Και μέ τά διεθνῆ σύμβολα:

$$I = \frac{E}{R_{ολ}} \text{ Ἄρα } E = R_{ολ} \times I \text{ και } R_{ολ} = \frac{E}{I}$$

Ἡ ὀλική ὅμως αντίσταση R<sub>ολ</sub> ἐνός κυκλώματος εἶναι, ὅπως εἶδαμε στα προηγουμένα (§ 30), τό ἄθροισμα

σμα τῆς ἐσωτερικῆς ἀντίστασης  $R_{\alpha\sigma}$  τῆς πηγῆς, τῆς ἀντίστασης  $R_{\alpha\gamma}$  τῶν τροφοδοτικῶν ἀγωγῶν καὶ τῆς ἀντίστασης  $R_{\alpha\pi}$  τοῦ ἀποδέκτη. Θὰ ἔχουμε λοιπόν:

$$I = \frac{E}{R_{\alpha\sigma} + R_{\alpha\gamma} + R_{\alpha\pi}}$$

Ἀπὸ τὸν τύπον αὐτὸν παίρνουμε;

$$E = I(R_{\alpha\sigma} + R_{\alpha\gamma} + R_{\alpha\pi}) = IR_{\alpha\sigma} + IR_{\alpha\gamma} + IR_{\alpha\pi} = U_{\alpha\gamma} + U_{\alpha\pi} + U_{\alpha\sigma}$$

Ὁ τελευταῖος τύπος μᾶς δείχνει, πὺς ἡ ἠλεκτρικὴ δύναμη τῆς πηγῆς χρησιμεύει γιὰ ν' ἀναγκάσει τὸ ρεῦμα νὰ περάσει ἀπὸ ὅλα τὰ τμήματα τοῦ κυκλώματος.

Ἄν δὲν ἔχουμε ὁλόκληρο τὸ κύκλωμα, ἀλλὰ μόνον ἓνα τμήμα τοῦ μὲ ἀντίστασιν  $R_{\alpha}$ , πού στὰ ὅριά του ἐφαρμόζεται μιὰ τάση  $U$ , ὁ νόμος τοῦ Ὠμ διατυπώνεται ἔτσι:

Ἡ ἐντάση  $I$  τοῦ ρεῦματος ποὺ διαρρέει ἓνα τμήμα τοῦ κυκλώματος (εἴτε τὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς, εἴτε τοὺς τροφοδοτικούς ἀγωγούς, εἴτε τὸν ἀποδέκτη) μὲ ἀντίστασιν  $R_{\alpha}$ , εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ , ποὺ ἐφαρμόζεται στὰ ὅρια αὐτοῦ τοῦ τμήματος καὶ ἀντίστροφα ἀνάλογη μὲ τὴν ἀντίστασιν τοῦ  $R_{\alpha}$ .

$$\text{Ἐντάση ρεύματος} = \frac{\text{Διαφορὰ δυναμικοῦ στὰ ὅρια τοῦ τμήματος}}{\text{Ἀντίσταση τοῦ τμήματος}}$$

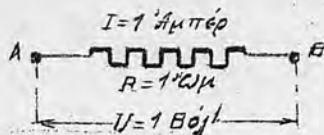
$$\eta \quad I = \frac{U}{R_{\alpha}}$$

Καὶ ἀπ' αὐτὸ τὸν τύπο παίρνουμε:  $U = R_{\alpha} \times I$  καὶ  $R_{\alpha} = \frac{U}{I}$

Στὴν καθημερινή χρήση, τὰ σύμβολα  $R_{\alpha\sigma}$  καὶ  $R_{\alpha}$  τὰ γράφουμε συνθησοτάτα δίχως τοὺς δείχτες, τοὺς δηλαδὴ μὲνα σκέτο  $R$ . Ἄς μὴ ξεχνοῦμε, λοιπόν, πὺς ὅταν ἔχουμε νὰ κάνουμε μὲ  $\eta, \epsilon$  δύναμη  $E$ , τὸ  $R$  περισταίνει πάντοτε τὴν ὅλην ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος. Ὅταν ὁμοίως μᾶς δίνεται ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ , τὸ  $R$  περιστα-



ναί μονάχα τήν αντίσταση του τμήματος πού στί ὄριά του ἐφαρμόζεται αὐτή ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U$ . Για νά μετροῦμε τήν ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  καί τή διαφορά δυναμικοῦ  $U$  καθόρισαν μιá μονάδα πού λέγεται "βόλτ"  $I(V)$ .



Σχ.23

Τὸ ἀντιπροσωπεύει ὅμως τὸ  $I$  βόλτ;

Τὸ  $I$  βόλτ ἀντιπροσωπεύει τήν ἤν δύναμη  $E$  πού δημιουργεῖ, μέσα σ' ἓνα κύκλωμα μέ ολική ἀντίσταση  $R = I \text{ ὰμ}$ , ἓνα ρεῦμα μέ ἔνταση  $I = I$  ἄμπέρ.

"Η :

Τὸ  $I$  βόλτ ἀντιπροσωπεύει τήν διαφορά δυναμικοῦ  $U$ , πού δημιουργεῖ μέσα σ' ἓναν ἀποδέχτη μέ ἀντίσταση  $R = I \text{ ὰμ}$ , ἓνα ρεῦμα μέ ἔνταση  $I = I$  ἄμπέρ (Σχ.23)

Τοῦ βόλτ ἔχουμε ὑποκολλαπλάσια :

Τὸ μιλιλίβόλτ (mV), πού εἶναι ἴσο μέ τὸ χιλιοστό τοῦ βόλτ καί τὸ μικροβόλτ (μV), πού ἰσοῦται μέ τὸ ἑκατομμυριοστό τοῦ βόλτ.

"Ἐχουμε ὅμως καί γιá πολλαπλάσιο τὸ κιλολόβόλτ (kV), πού ἰσοῦται μέ χίλια βόλτ.

"Ἐχουμε λοιπόν :

$$1V = 1000 \text{ mV} = 1.000.000 \text{ } \mu\text{V}$$

$$1\text{mV} = \frac{I}{1000} \text{ V} = 1000 \text{ } \mu\text{V}$$

$$1\text{ } \mu\text{V} = \frac{I}{1.000.000} \text{ V} = \frac{I}{1000} \text{ mV}$$

$$1\text{kV} = 1000 \text{ V}$$

Καί ὅπως, γιá νά μετροῦμε τήν ἔνταση, ἔχουμε ἄμπερόμετρα καί τήν ἀντίσταση, ὠμόμετρα καί μεγῶμετρα, ἔτσι καί γιá τή μέτρηση τῆς ηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεις  $E$  ἢ τῆς διαφοράς δυναμικοῦ ἔχουμε βόλτ ὄμετρα, μιλιλίβόλτ ὄμετρα, μικρο-

(I) Για νά τιμῆσουν τόν Ἀλέξανδρο Βόλτα (VOLTA) διάσημο Ἰταλὸ φυσικό (1745-1827).

β ο λ τ ό μ ε τ ρ α κ α ί κ ι λ ο β ο λ τ ό μ ε τ ρ α .

Τά ὄργανα αὐτά δέν μετροῦν τό δυναμικό πού ἔχει κάθε πόλος μιᾶς πηγῆς ἢ κάθε ὄριο ενός τμήματος τοῦ κύκλωματος ξεχωριστά, ἀλλά μᾶς δίνουν ἀπ εὐθείας τή διαφορά δυναμικοῦ πού ὑπάρχει στους πόλους τῆς πηγῆς ἢ στά ὄρια τοῦ ἐξεταζομένου τμήματος. Ἄν π.χ. ὁ ἕνας πόλος τῆς πηγῆς ἔχει δυναμικό  $U_A$  καί ὁ ἄλλος  $U_B$  τά ὄργανα αὐτά δά δείχνουν ξεχωριστά τό  $U_A$  ἢ τό  $U_B$  ἀλλά τή διαφορά  $U_A - U_B = U$ .

Ραῦμα συναχές, ραῦμα μεταβλητό  
καί ραῦμα ἐναλλασσόμενο.

Ἄπό τόν τύπο, πού παριστάνει τό νόμο τοῦ "Ωμ, βλέπουμε ἀμέσως πώς, ὅταν αὐξάνει ἡ ἡ.ε.δύναμη  $E$ , αὐξάνει καί ἡ ἔνταση  $I$  τοῦ ραῦματος. Σήμερα ἔχουμε πηγές πού παρουσιάζουν ἠλεκτρεγερτική δύναμη σταθερή (τό κοινόν στοιχείον, τό θερμοηλεκτρικό ἢ τό φωτοηλεκτρικό στοιχείον, ὁ συσσωρευτής, ἡ δυναμομηχανή), καί ἄλλες, πού ἡ ἠλεκτρεγερτική τους δύναμη ἀλλάζει τιμῆ καί διεύθυνση πολλές φορές στό ὀ αὐτερολαπτο (εὐμυλλακτῆρας).

Ἄν συνδέσουμε ὁ ἕνα κύκλωμα μέ σταθερή ἀντίσταση, μιᾶ πηγῆ μέ σταθερή ἡ.ε.δύναμη, τότε καί ἡ ἔνταση τοῦ ραῦματος θά εἶναι, σταθερή. Τό ραῦμα θά κατευθύνεται λοιπόν συναχῶς ἀπό τό θετικό πόλο τῆς πηγῆς πρὸς τόν ἀρνητικό καί δέν θ' ἀλλάζει τήν ἔνταση καί τήν διεύθυνσή του. Ἐνα τέτοιο ραῦμα ὀνομάζεται **σ υ ν α χ ἔ ς ρ α ῦ μ α**.

Ἄν ἀντιθέτως συνδέσουμε τό κύκλωμα μέ τή σταθερή ἀντίσταση μιᾶ πηγῆ μέ μεταβλητή ἡ.ε.δύναμη τότε καί ἡ ἔνταση διαρκῶς θ' ἀλλάζει. Ἐνα τέτοιο ραῦμα μέ μεταβλητή τήν ἔντασή του λέγεται **μ ε τ α β λ η τ ό ρ α ῦ μ α**.

Ἄν τέλος, ἔχουμε μιᾶ πηγῆ, πού ἡ ἠλεκτρεγερτική της δύναμη ἀλλάζει συναχῶς διεύθυνση καί τιμή, καί τροφοδοτοῦμε μ' αὐτήν μιᾶ σταθερή ἀντίσταση, τότε καί τό ραῦμα θ' ἀλλάζει ἀνάλογα καί τήν ἔνταση καί τή διεύθυνσή του. Ἐνα τέτοιο ραῦμα λέγεται **ἐ ν α λ λ α σ σ ό μ ε ν ο**.

✓ Αντιηλεκτρεγερτική δύναμη  
Γενίκευση του νόμου του "Ωμ.

Ο νόμος του "Ωμ, όπως τον γνωρίσαμε, εφαρμόζεται τέλεια σε κυκλώματα με αποδέχτες, που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμαντική ή φωτιστική (ήλεκτρική θερμάστρα, ηλεκτρική κουζίνα, σίδηρο, λάμπες).

Υπάρχουν όμως και άλλοι αποδέχτες, που μετατρέπουν, όπως είδαμε, την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική ή μαγνητική (συσσωρευτές, συσκευές για ηλεκτρόλυση, ηλεκτροκινητήρες). Αυτοί παρουσιάζουν, όταν διαρρέονται από ρεύμα, μία δικιά τους ηλεκτρεγερτική δύναμη που ερχεται να αντισταθεί στην ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής που τους τροφοδοτεί. Η η.ε. δύναμη των αποδεχτών αυτών ονομάζεται σε αυτή την περίπτωση **αντιηλεκτρεγερτική δύναμη** (α.η.ε.δ.). Στα σχετικά κεφάλαια θα δούμε εκτενέστερα από τι εξαρτάται αυτή η α.η.ε. δύναμη και ποιά τιμή έχει.

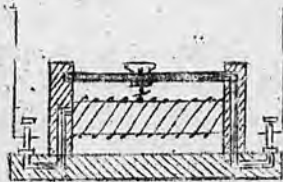
Ο τύπος, που μας δίνει το νόμο του "Ωμ, παίρνει τότε τή γενική του μορφή :

$$I = \frac{E - E'}{R}$$

Σ' αυτόν, τό E είναι ή η.ε. δύναμη τής πηγής που τροφοδοτεί τό κύκλωμα, τό E', ή αντιηλεκτρεγερτική δύναμη του αποδέχτη, που τροφοδοτείται από τήν πηγή, και ή R, ή ολική αντίσταση του κυκλώματος.

OX **Ροοστάτης**

Στίς πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιούμε πολλές φορές, για τήν αύξομείωση του ρεύματος μέσα σε ένα κύκλωμα, μία μεταβλητή αντίσταση (Σχ.24) που αποτελείται από ειδικό σύρμα (μαγνησόρ κωνσταντάν, μαγκανίν, χρωμονικελίνη και τά παρόμοια). Από τή μεταβλητή αυτήν αντίσταση παίρνουμε με μία κινητή λήψη, που τή λέμε **δρομέα**, άλλοτε μικρότερο και άλλοτε μεγαλύτερο μήκος και έτσι αυξομειώνουμε τήν ένταση του ρεύματος.

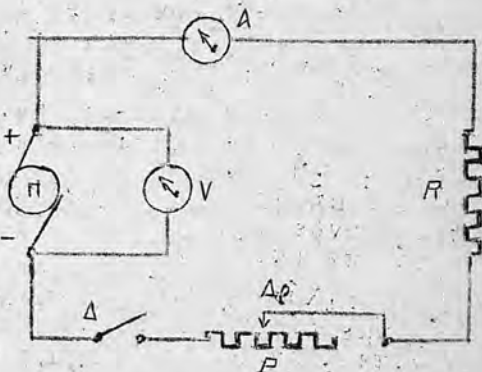


Σχ. 24

Τὴ μεταβλητὴ αὐτὴν ἀντίσπῃ τὴν ὀνομάζουμε καὶ ροοστάτη, ἐκιδῆ, μὲ τὴ μεταβολὴ πού κάνουμε στὴν τιμὴ της, ρυθμίζουμε τὴ ροὴ τοῦ ρεύματος μέσα στοῦ κύκλωμα.

Τὸ Σχ.25 μᾶς παριστάνει ἕνα τέλειο κύκλωμα.

Ἡ πηγὴ Π δημιουργεῖ τὸ ρεῦμα. Τὸ βολτόμετρο V μετρά τὴν τάση της. Ὁ ἀποδᾶχτης διαρρέεται ἀπὸ τὸ ρεῦμα καὶ λειτουργεῖ. Τὸ ἄμπερομετρο ἄμπερα τὴν ἔνταση αὐτοῦ τοῦ ρεύματος. Μὲ τὸ δρομέα Δρ τοῦ ρροστάτη P ρυθμίζουμε τὴν ἔνταση. Μὲ τὸ διακόπτη Δ ἀνοίγοκλείνομε τὸ κύκλωμα.



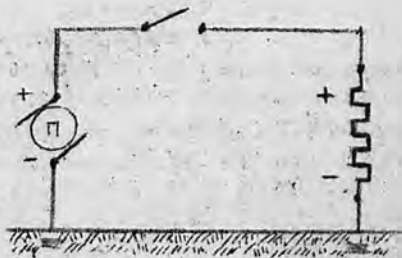
Σχ.25

Στὸ σχῆμα, ὁ διακόπτης εἶναι ἀνοικτός, ἄρα καὶ τὸ κύκλωμα. Ἐπαμένως δὲν κυκλοφορεῖ ρεῦμα μέσα σ' αὐτό καὶ ὁ ἀποδᾶχτης δὲν ἀργάζεται.

Κύκλωμα πού συμπληρώνεται μὲ τὴ γῆ.

Διὰ προηγούμενα ἀναφέραμε πὼς καὶ ἡ Γῆ εἶναι ἕνα παμμέγιστο ἀγωγὸ σῶμα. Μήπως μπορούμε, ἄραγε, νὰ χρησιμοποιήσουμε κι αὐτὴν γιὰ ἀγωγὸ;

Ἠράγματι, σὰ ὀρισμένες περιπτώσεις, π.χ. στά τράμ, στοὺς ἠλεκτρικούς σιδηροδρόμους καὶ, συνηθέστατα, στὲς τηλεφωνικὲς γραμμὲς τῆς ἐκέτρας ταίρας, ἀντικαθιστοῦμε, γιὰ νὰ ἐξοικονομήσουμε καλῶδιο, τὸν ἕνα ἀγωγὸ τοῦ κύκλωματος μὲ τὴ γῆ. Τὸ Σχ.26 δείχνει ἕνα τέτοιο κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα συμπληρώνεται ἔδω μὲ τὴ γῆ. Τὸ



Σχ.26

ρεῦμα κυκλοφορεῖ ὅταν ὁ διακόπτης εἶναι κλειστός, πρὶν νὰ ἀπὸ τὸ μηχανήμα καὶ ὕστερα, μέσα ἀπὸ τὴ γῆ, ἐπιστρέφει εἰς τὴν πηγὴν.

Μποροῦμε τώρα εὐκόλῃ νὰ καταλάβουμε τί κερδίζουμε χρησιμοποιοῦντας μιὰ τέτοια συνδεσμολογία.

"Ἄν ὁ ἀποδέχτης βρισκῆται μακριὰ ἀπὸ τὴν πηγὴν 10 χιλιομέτρα, μὲ τέτοια συνδεσμολογία χρειαζόμεσθα μόνον 10 χιλιομέτρα καλώδιο. Ἐνῶ ἂν τὸ κύκλωμα δὲν εἴη κλεινὸν μετὰ τὴν γῆ, θὰ μᾶς ἦταν ἀπαραίτητο εἰς καλώδιο μὲ ὅλικο μήκος  $10 + 10 = 20$  χιλιομέτρα. Δυστυχῶς μιὰ τέτοια συνδεσμολογία δὲν μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῆι σὺν ὅσας τῖς περιπτώσεσι.

Μιλῶντας γιὰ κυκλώματα, κρίνουμε σκόπιμον νὰ ἀναφέρουμε πῶς οἱ ἀγωγοὶ, πού συνδέουν τῖς πηγὰς μετὰ τοὺς ἀποδέχτας, ἔχουν ἐπὶ τὸν τόξον τους τῖς περισσότερας φορὰς μιὰ ἐπένδυση ἀπὸ μονωτικὴ οὐσία, κυρίως ἀπὸ καουτσούκ, γιὰ τὴν ὅτι καθέννας ἀντιλαμβάνεται, εὐκόλῃ, ὕστερα ἀπὸ τὰ ὅσα εἶπαμε, πῶς ἂν οἱ ἀγωγοὶ εἶναι γυμνοὶ καὶ ἀκουμπήσουν κάπου, διοχετεύουν τὸ ρεῦμα καὶ πρὸς τὸ μέρος ὅπου θ' ἀκουμπήσουν. Ἔτσι, μὲ τὴν μόνωση τῶν ἤλεκτροφόρων συρμάτων, καὶ τὰ μηχανήματα δουλεύουν κανονικῶς, γιὰ τὴν ὅτι δὲν ἔχουμε ἀπώρειες, καὶ οἱ καταστροφὰς (π.χ. ἀπὸ φωτιὰ) ἀποφεύγονται.

### Χ Ε Ρ Γ Ο - Ι Σ Χ Η

#### Μηχανικὸ ἔργο. Χιλιογραμμόμετρο.

"Ὅλοι γνωρίζουμε πῶς γιὰ νὰ κάνουμε κάτι, νὰ μετακινήσουμε π.χ. εἰς ἄλλο μέρος ἄνα μέρος σὲ ἄλλο, πρέπει νὰ καταβάλουμε μιὰ δυνάμη ἐπὶ ὀρισμένον χρονικὸ διάστημα, νὰ ἐξοδύμε ἄρα μιὰν ὀρισμένη ἐνέργεια. Τὴν ἐνέργειαν αὐτὴν τὴν δίνει τὸ σῶμα μᾶς.

Τὸ ἔργο πού παράγεται σὲ κάθε παρόμοια δουλειὰ εἶναι φυσικῶς ἀνάλογο μὲ τὴν ἐνέργειαν πού ἐξοδύουμε. Ἄν π.χ., γιὰ νὰ ὑψώσουμε 5 χιλιογράμματα σὲ εἰς ἓνα μέτρο χρειαζόμεσθα ἄλφα ἐνέργειαν, γιὰ νὰ ὑψώσουμε τὸ ἴδιον βῆρος σὲ δύο μέτρα, ἐξοδύουμε διπλάσια ἐνέργεια. Καὶ εἶναι φυσικὸ νὰ ἐξοδύουμε καὶ τριπλάσια ἐνέργεια, ἂν



μᾶς πουν πῶς πρέπει νά ὑψώσουμε 5 κιλά σέ τρία μέτρα ἢ 15 κιλά σέ 1 μέτρο.

Γιά τή μέτρηση τοῦ ἔργου πού παράγει κάθε ἄμ-  
φυχη ἢ ἄφυχη μηχανή, ἡ Μηχανική μᾶς καθορίζει μιᾶ μο-  
νάδα : τ ὀ χ ι λ ι ο γ ρ α μ μ ὀ μ ε τ ρ ο .

Τό χιλιόγραμμόμετρο ἀντιπροσωπεύει ἀκριβῶς τό  
ἔργο πού κάνουμε ὅταν μεταφέρουμε σέ ἀπόσταση ἑνός  
μέτρου κᾶτι πού ζυγίζει ἑνά χιλιόγραμμα.

Ἐποιοῦμα λοιπόν νά καθορίσουμε γενικά :

Ἔργο (χιλιόγραμμόμετρα) = Π.σύτητα (χιλιόγραμ-  
μα) X Απόσταση (μέτρα).

Ἄν π.χ. θέλουμε νά ἀκτιμήσουμε τό ἔργο πού  
μᾶς δίνει μιᾶ πτώση νεροῦ σέ ὀρισμένῳ χρονικῷ διάστη-  
μα, μετροῦμε τήν ποσότητα τοῦ νεροῦ πού πέφτει στό  
χρονικῷ αὐτό διάστημα καί τήν πολλαπλασιάζουμε μέ τό  
ὑψος.

Στό ἴδιο ἀποτέλεσμα καταλήγουμε ἂν πολλαπλα-  
σιάσουμε τήν ἔνταση, πού παρουσιάζει ἡ πτώση, μέ  
τό χρόνο καί τό ὑψος, γιατί ἔχουμε, πῶς ἡ ποσότητα  
βρίσκεται εὐκόλα ἂν πολλαπλασιάσουμε τήν ἔνταση, δη-  
λαδή τίς λίτρες τοῦ νεροῦ πού πέφτουν στό ἑνα δευτερό-  
λεπτο, μέ τό χρόνο πού διαρκεῖ ἡ πτώση. Τότε θᾶ ἔ-  
χουμε :

$$\text{Ἔργο} = \text{Ἐνταση} \times \text{Λόγος} \times \text{Ἵψος}$$

Μᾶς λένε π.χ. πῶς ἀπό 100 μέτρα πέφτουν 100  
λίτρες νερό στό δευτερόλεπτο καί μᾶς ζητοῦν νά βροῦμε  
τό ἔργο πού παράγει ἡ πτώση αὐτή σέ 30 λεπτά τῆς ὥ-  
ρας (30 X 60 δευτερόλεπτα).

Ἡ ἀπάντηση εὐκόλη :

$$\text{Ἔργο} = 100 \times 30 \times 60 \times 100 = 18.000.000 \text{ χιλιό-}$$

Γραμμόμετρα.

### Μηχανική Ἴσχύς. Ἴππος

Ἡ Ἴσχύς ἂν ἀντιπροσωπεύει τό  
ἔργο πού παράγει μιᾶ μηχανή  
σέ τήν μονάδα τοῦ χρόνου, δηλα-  
δὴ σ' ἑνα δευτερόλεπτο.

Ἄν μιᾶ μηχανή Μυφώνει σ' ἑνα δευτερόλεπτο ἑνα

χιλιόγραμμα σή Ι μέτρο (έργο ενός χιλιογραμμομέτρου)· και μία άλλη ύψωναι, στο ίδιο υψος και στον ίδιο χρόνο, 2 χιλιόγραμμα (έργο δύο χιλιογραμμομέτρων), η δεύτερη μηχανή έχει ισχύ δύο φορές μεγαλύτερη από την ισχύ που έχει η πρώτη, γιατί η δεύτερη μίς παρέχει στο δαυτερόλεπτο διπλάσιο έργο.

Γιά νά μετρούμε την ισχύ, καθόρισαν γιά συγκριτική μονάδα τον ά τ μ ό ι π π ο ή ι π π ο ή και, πίο απλά, α λ ο γ ο .

Ένας ί π π ο ς ί σ ο δ υ ν α μ α ῖ μ ε τ η ν ί σ χ η ῖ π ο υ κ α τ α β á λ λ α ε μ ι á μ η χ α ν ή γ ι á ν á μ á ς á π ρ ó ώ σ α ι 75 χ ι λ ι ο γ ρ α μ μ ó μ ε τ ρ α σ ' ε ν α δ α υ τ ε ρ ó λ ε π τ ο .

Σύμφωνα λοιπόν μέ τί όσα άναφέραμε, καθορίζουμε ότι η ισχύ βρίσκαται, άν διαιρέσουμε τό έργο μέ τί δαυτερόλεπτα που παράσαν γιά νά τελεωώσαι τό έργο, δηλαδή :

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

ή , μέ τά παραδαχτά σύμβολα, :  $P = \frac{W}{t}$

Ώριαϊός ίππος.

Όπως από τό έργο καθορίσαμε την ισχύ, έτσι και από την ισχύ μπορούμε νά ξαναπάμε στο έργο, άν πολλαπλασιάσουμε την ισχύ μέ τό χρόνο.

Δηλαδή :  $P = \frac{W}{t}$  και  $W = P \times t$

Μπορούμε επίσης νά δημιουργήσουμε από τή μονάδα της ισχύς " ί π π ο ς " και ένα πολλαπλάσιο της μονάδος του έργου, αρκεί νά εκφράσουμε τό t του πτοηγούμνου τύπου σέ ώρας. "Έτσι έχουμε τό ώ ρ ι α ῖ ο ἰ π π ο , που μίς παριστάνει τό έργο που παρέχει μία μηχανή μέ ισχύ ενός ίππου, όταν εργάζεται μία ώρα (3600").  
Και έπειδή :

$1 \text{ ίππος} = 75 \text{ χιλιογραμμομέτρα στο } 1''$   
 $1 \text{ ώριαϊός ίππος} = 75 \text{ χιλ/τρα} \times 3600 = 270.000 \text{ χιλιογραμ-}$

μόμετρα. Ένας ωριαίος, λοιπόν, ίππος ίσοῦται μὲ 270.000 χιλιόγραμματρα.

Ηλεκτρικὸ ἔργο. Ζούλ.

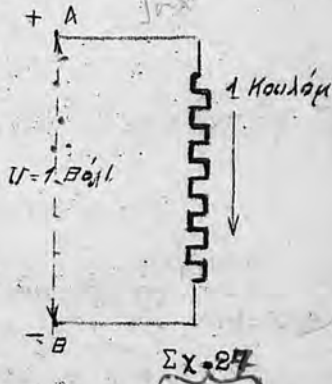
Καθὼς στὴ μεταφορὰ ὕψους μιᾶς ἠλεκτρικῆς ποσότη-  
τας ἀπὸ εἰνα ἠλεκτρισμένο σῶμα εἰς ἄλλο, παράγεται εἰνα  
ἠλεκτρικὸ ἔργο W. Τὸ ἔργο αὐτὸ εἶναι ἀνάλογο μὲ τὴ  
μεταφερομένη ἠλεκτρικὴ ποσότητα Q καὶ μὲ τὴ διαφορὰ  
δυναμικοῦ U ποῦ ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτρισμένων  
σωμάτων.

Ἔχομε λοιπόν :

$$W \text{ (ἠλεκτρικὸ ἔργο)} = Q \text{ (ποσότητα)} \times U \text{ (δια-  
φορὰ δυναμικοῦ)}.$$

Ἔτσι, ἠλεκτρικὸ ἔργο μιᾶς πηγῆς μπορούμε νὰ  
ονομάσουμε τὴν προσπάθεια ποῦ καταβάλλει ἡ πηγὴ γιὰ  
νὰ μετακινήσῃ, μὲ ὀρισμένη διαφορὰ δυναμικοῦ, ὀρισμέ-  
νη ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ.

Γιὰ νὰ μετροῦμε τὸ  
ἠλεκτρικὸ ἔργο καθόρισαν  
τὴ μονάδα τ ζ ἄ ο υ λ ἢ  
ζ ο ὐ λ (Joule) (I)



Τὸ I ζ ο ὐ λ  
ἄ ν τ ι π ρ ο σ ω π ε ὺ -  
ε ἰ τ ὸ ἄ ρ γ ο ποῦ  
π α ρ ἄ γ α τ α ἰ, ὁ -  
τ ἄ ν σ ἄ μ ἰ ἄ ἄ ν -  
τ ἰ σ τ ἄ σ, μ ἄ δ ἰ ἄ -  
φ ο ρ ἄ δ υ ἄ μ ἰ -  
κ ο ὐ σ τ ἄ ὀ ρ ἰ ἄ  
τ η ς I β ὀ λ τ, (Σχ. 27) μ α τ α κ ἰ ν ἄ ἰ τ α ἰ,  
π ο σ ὄ τ η τ ἄ ἠ λ ε κ τ ρ ἰ σ μ ο ὦ ἰ σ ἡ μ ἄ  
I κ ο ὐ λ ὀ μ.

$$W = Q \times U = I \times I = I \text{ ζούλ.}$$

Ἄν σὲ μιᾶ ἀντίσταση, μὲ διαφορὰ δυναμικοῦ

(I) Γιὰ νὰ τιμῆσουν τὸν Τζαίημς Πρόεκοττ Τζάουλ ἢ  
Ζούλ (Joule), Ἄγγλο φυσικὸ (1818-1889) καὶ θα-  
μελιωτὴ τῆς μηχανικῆς θεωρίας τῆς θερμότητος.

στά όρια της 100 βόλτ, κυκλοφορήσουν 1500 κουλόμ,  
τό έργο πού παράγεται είναι:

$$W = 1500 \times 100 = 150.000 \text{ ζούλ.}$$

"Ίστερα άπ'αυτά συνάγουμε ότι και ή διαφορά δυναμικού  $U$ , πού επικρατεί μεταξύ δύο σημείων  $A$  και  $B$ , μπορεί νά έκτιμηθεϊ από τό έργο  $W$  πού παράγεται όταν μία ήλεκτρική ποσότητα  $Q$  μεταφέρεται από τό  $A$  προς τό  $B$  ή και αντίστροφα. Έχουμε δηλαδή :

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

Και όταν μέ τήν μεταφορά ενός κουλόμ από τό σημείο  $A$  προς τό  $B$  ή και αντίστροφα, παράγεται έργο ενός ζούλ, τότε ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων  $A$  και  $B$  είναι ίση μέ 1 βόλτ.

Από τά προηγούμενα γνωρίζουμε πώς τό  $Q = I \times t$  Μπορούμα, άρα, ν' αντικαταστήσουμε στον τύπο πού μάς δίνει τό έργο τό  $Q$  μέ τό αντίστοιχο του  $I \times t$ , όπότε έχουμε:

$$W \text{ (ζούλ)} = I \text{ (άμπέρ)} \times t \text{ (δευτερε)} \times U \text{ (βόλτ)}.$$

"Αν λοιπόν ένα κύκλωμα, μέ τάση 100 βόλτ, διαρρέεται από τό ρεύμα 25 άμπέρ επί 100 δευτερόλεπτα, τό έργο, πού μάς παρέχει ή πηγή για νά κυκλοφορήσει τό ρεύμα αυτό, είναι:

$$W = 25 \times 100 \times 100 = 250.000 \text{ ζούλ.}$$

Ηλεκτρική ισχύ. Βάττ.

"Η λ α κ τ ρ ι κ ή Ι σ χ ύ ή", όνομάζουμε τό ηλεκτρικό έργο πού παράγεται στο  $t$ . "Αν τον τύπο  $W = U \times I \times t$ , πού μάς δίνει τό έργο, τον διαιρέσουμε μέ τό χρόνο έχουμε άμέσως τήν ισχύ. Δηλαδή :

$$P \text{ (ισχύ)} = \frac{W}{t} = \frac{U \times I \times t}{t} = U \times I$$

Η ισχύ, άρα, βρίσκεται από τον τύπο  $P = U \times I$

$$\text{Η } I, \text{ όμως, είναι ίση μέ : } \frac{U}{R} \text{ . "Αρα και } P = U \times I = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \text{ .}$$

Επίσης, επειδή  $U = RI$ , έχουμε και  $P = UI = RI^2$ .

Γιὰ νά βρούμε λοιπόν τήν ισχύ σ' ἓνα κύκλωμα, ἀρκεῖ νά πολλαπλασιάσουμε τήν τάση  $U$  μέ τήν ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος ἢ νά διαιρέσουμε τό τετράγωνο τῆς τάσης  $U$  μέ τήν ἀντίσταση  $R$  τοῦ κυκλώματος, ἢ τέλος, νά πολλαπλασιάσουμε τήν ἀντίσταση  $R$  μέ τό  $I^2$ .

Γιὰ νά μετροῦμε τήν ισχύ ἔχουμε τή μονάδα β.ά.τ.τ. ( $W$ ), πού ἰσοῦται μέ ἀνά ζούλ στό δευτερόλεπτο.

$I$  βάττ =  $I$  ζούλ στό  $I$  δευτερόλεπτο =  $I$  ἀμπέρ.  $X I$  βόλτ.

Τό βάττ ἔχουμε πολλαπλάσια : Τό ἑκατοβ.ά.τ.τ. ( $I$ ) ( $hW$ ), πού ἰσοῦται μέ 100 βάττ καί τό χιλιόβ.ά.τ.τ. ( $kW$ ), πού ἰσοῦται μέ 1000 βάττ.

Ἔχουμε ἐπίσης καί ὑποπολλαπλάσια : Τό μιλ.β.ά.τ.τ. ( $mW$ ) (χιλιοστό τοῦ βάττ) καί τό μικροβ.ά.τ.τ. ( $\mu W$ ) (ἐκατομμυριοστό τοῦ βάττ).

Ἄν γνωρίζουμε τά ζούλ καί τή διάρκεια σέ δευτερόλεπτα ἐνός ηλεκτρικοῦ ἔργου, βρίσκουμε ἀμέσως τήν ισχύ  $P$  τῆς ηλεκτρικῆς μηχανῆς πού μᾶς ἔδωσε τό ἔργο, ἀρκεῖ νά διαιρέσουμε, ὅπως παραπάνω εἶδαμε, τά ζούλ μέ τό χρόνο :

$$\text{βάττ} = \frac{\text{ζούλ}}{\text{δευτερόλεπτα}}$$

Ἄν μιὰ μηχανή μᾶς δώσει ἔργο 3.600.000 ζούλ σέ μιὰ ὥρα (3600'') ἡ ισχύ τῆς  $P$  εἶναι :

$$P = \frac{3.600.000}{3600} = 1000 \text{ βάττ.}$$

Τήν ισχύ τή μετροῦμε καί μέ ὄργανα πού λέγονται β.α.τ.τ.όμετρα.

Κάθε ηλεκτρική πηγή εἶναι καμωμένη ἀπό τό ἐρστάσιο γιὰ νά μᾶς δώσει ὀρισμένη ισχύ. Στήν πράξη συναντοῦμε πηγές, μέ μικρή ισχύ (μερικῶν β.α.τ.τ.) ἄλλες ὁμως μέ τεράστια ισχύ (ὀλοκληρῶν κ.β.α.τ.τ.).

(I) Πολλοί λένε καί "ἐκτοβάττ". Ὁ ὅρος αὐτός μπορεῖ νά συγχισταῖ μέ τό  $\frac{I}{6}$  τοῦ β.α.τ.τ. καί γι' αὐτό τόν ἀποφεύγουμε.



Καί κάθε αποδέκτης, για να λειτουργήσει κανονικά, πρέπει να δουλέψει κι αυτός με ορισμένη ισχύ. Από το εργοστάσιο υπολογίζουν και λένε: Η λάμπα αυτή, που προορίζεται για δίκτυο φωτισμού με τάση π.χ. 220 βόλτ, για να μάς δώσει φωτιστική ένταση τόση, πρέπει να διαφέρει από τόσα κοιλώματα στο δευτερόλεπτο, δηλαδή η ένταση του ρεύματος, που θα την τροφοδοτεί, πρέπει να είναι τόσων άμπερ. Τότε, γνωρίζοντας την τάση και την ένταση, εύκολα υπολογίζουν και την αντίσταση που πρέπει να έχει το νήμα της, ώστε, όταν συνδεθεί στην τάση των 220 βόλτ, να διαρρέεται από τα άμπερ που λογαρίασαν. Η λάμπα, λοιπόν, για να λειτουργήσει κανονικά, να αποδώσει δηλαδή την κανονική φωτιστική έντασή της, πρέπει, δουλεύοντας με ορισμένη τάση και ένταση, να απορροφήσει ορισμένη ισχύ. Αυτή η ισχύ βρίσκεται άμεσα από τους προηγούμενους τύπους.

Ό,τι γίνεται με τη λάμπα που προαναφέραμε, γίνεται και με κάθε αποδέκτη, π.χ. φουγανιέρα, ψυγείο, σκούπα, ανεμιστήρα, κουζίνα, σίδερο κινητήρα κλπ.

Και όπως πάλι κάθε πηγή είναι γραμμένα τα βάττ ή τα κιλοβάττ, δηλαδή η ισχύ που δίνει, έτσι και σε κάθε αποδέκτη επάνω είναι γραμμένη η ισχύ που πρέπει να πάρει ο αποδέκτης για να λειτουργήσει κανονικά.

Η ισχύ της πηγής και των αποδεκτών πρέπει να μάς είναι γνωστή για να καθορίζουμε ανάλογα με αυτήν και τους αποδέκτες που θα τροφοδοτήσει η πηγή. Αν πάλι με μία πηγή, με ισχύ π.χ. 100 βάττ, θελήσουμε να τροφοδοτήσουμε 10 λάμπες, που για την κανονική τους λειτουργία θέλουν η κάθε μία 50 βάττ, που θα βρει η πηγή την ισχύ των 500 βάττ για να ικανοποιήσει την όλική απαίτηση που μάς παρουσιάζουν οι λάμπες; Η κηγή είναι καμωμένη για να μάς χορηγεί μονάχα 100 βάττ. Μπορεί να τροφοδοτήσει, επομένως, κανονικά ή δύο λάμπες των 50 W ή 4 λάμπες των 25 W ή, τέλος, μία λάμπα των 100 W.

Βαττώριο, εκατοβαττώριο, κιβαττώριο

Όπως από τη μονάδα της μηχανικής ισχύς "Ίππος" δημιουργήσαμε, για πολλαπλασιο της μονάδας του μηχανικού έργου, τον "ωριαίον ίππο" έτσι και από το "βάττ" μπορούμε να δημιουργήσουμε πολλαπλάσια της μονάδας

τοῦ ηλεκτρικοῦ ἔργου, δηλαδή **ζούλ** "Ἐχομε λοιπόν:

1. Τό **ὠριαῖο βάττ ἢ βαττώ-  
ροῖο (Wh) (Watt-heure)**, πού ἰσοῦται μέ τό ἔργο  
πού μᾶς παρέχει μιὰ πηγὴ μέ ἰσχύ ἑνός βάττ ἢ μᾶς ἀπορ-  
ροφᾷ ἑνὰς ἀποδέχτης μέ ἰση ἰσχύ, ὅταν ἐργάζεται μιὰ  
ὥρᾱ (3600").

Τό 1 βαττώριο =  $P \times t = 1 \times 3600'' = 3600$  φῦλ.

2. Τό **ὠριαῖο ἑκατοβάττ ἢ ἑκα-  
τοβαττώριο (kWh) (kilo-Watt-heure)**, πού ἰσοῦ-  
ται μέ τό ἔργο πού μᾶς παρέχει μιὰ πηγὴ μέ ἰσχύ 100  
βάττ ἢ ἀπορροφᾷ ἑνὰς ἀποδέχτης 100 βάττ στό χρονικό  
διάστημα τῆς μιᾶς ὥρας.

1 Τό 1 ἑκατοβαττώριο = 360.000 φῦλ

3. Τό **ὠριαῖο κίλοβάττ ἢ κί-  
λοβαττώριο (kWh) (kilo-Watt-heure)**, πού  
ἰσοῦται μέ τό ἔργο πού μᾶς χορηγᾷ μιὰ πηγὴ 1000 βάττ  
ἢ ἀπορροφᾷ ἑνὰς ἀποδέχτης μέ ἰση ἰσχύ, στο ἴδιο хро-  
νικό διάστημα τῆς μιᾶς ὥρας"

Τό 1 κίλοβαττώριο = 3.600.000 ζούλ.

"Ἐπιτα ἀπό τῆ δημιουργία αὐτῶν τῶν πολλαπλα-  
σιῶν τῆς μονάδας τοῦ ἔργου, τό "ζούλ" δὲν ἀναφέρεται  
πιά στήν πράξη. Ὅλοι σήμερα μιλοῦν γιὰ βαττώρια, ἑ-  
κατοβαττώρια καί κίλοβαττώρια.

Πολλές φορές ὁ πολὺς κόσμος, ὁ μὴ εἰδικὸς φυ-  
σικά, λέει ἀγτί "κίλοβαττώρια", μονάχα "κίλοβάττ".  
Ακούμα π.χ. νὰ λέμα: Τόν μῆνα αὐτὸν κάψαμε γιὰ φωτι-  
σμο 20 κίλοβάττ, ἀντί νὰ πούν "20 κίλοβαττώρια".  
Ἀὐτό εἶναι ἰλιγγίος, γιὰ τὴν ἄλλο  
πρῶτα τὸ κίλοβάττ πού σήμαί-  
νει ὅπως εἶδαμα, μονάχα ἰσχύ,  
καί ἄλλο τὸ κίλοβαττώριο πού δη-  
λώνει ἔργο, δηλαδή ἰσχύ καί χρό-  
νο.

Οἱ λάμπες, πού ἀπορροφῶν γιὰ τῆ λειτουργία  
τοῦς ὀρισμένη ἰσχύ, ὅπως καί κάθε ἀποδέχτης, ἐξοδαῖουν  
ἰφου δουλεύουν ὀρισμένης ὥρας, ὀρισμένο ἔργο. Τὸ ἔρ-  
γο αὐτό τὸ παρέχουν τὰ ηλεκτρόνια πού στέλναι στά μη-  
χανήματά μας τὸ ἐργαστάσιο τῆς ἡλεκτροπαραγωγῆς. Καί  
γι αὐτό ἀκριβῶς πληρώνουμα στήν Ἑταιρεία πού ἐπιμε-  
ταλλεῖται τὸ ἐργαστάσιο.

Μετατροπή του μηχανικού έργου και της μηχανικής ισχύος σε ηλεκτρικό έργο και ηλεκτρική ισχύ.

Γιὰ νά μετατρέψουμε τό μηχανικό έργο και τή μηχανική ισχύ σέ ηλεκτρικό έργο και ηλεκτρική ισχύ και αντίστροφα, πρέπει νά γνωρίζουμε τ' ακόλουθα:

Σύμφωνα μέ τή φυσική, τό γραμμάριο-βάρος ισούται μέ 981 δύνες και τό χιλιόγραμμο-βάρος, μέ 981.000 δύνες.

Όταν ένα χιλιόγραμμο-βάρος μετακινείται σέ απόσταση ενός μέτρου (100 εκατοστόμετρα) παράγεται ένα έργο:

$$1 \text{ χιλιογραμμόμετρο} = 981.000 \times 100 = 98.100.000 = 9,81 \times 10^7 \text{ έργια.}$$

(Τό έργο είναι τό έργο τό παραγόμενο από μιά δύνη, πού μεταφέρει τό σημείο τής εφαρμογής της ένα εκατοστόμετρο μακριά πρός τή διεύθυνσή της).

Και έπειδή κατά τήν φυσική:

$$10^7 \text{ έργια} = 1 \text{ ζούλ.}$$

συνάγεται ότι :

$$1 \text{ χιλιογραμμόμετρο} = 981 \text{ ζούλ.}$$

Τά ζούλ, όμως, σέ ένα δευτερόλεπτο μπορούν ν' αποκληθούν, όπως είπαμα, και "βάττ". Έχουμε λοιπόν :

$$1 \text{ χιλιογραμμόμετρο} / 1'' = 9,81 \text{ ζούλ} / 1'' = 9,81 \text{ βάττ} \\ \text{και } 1 \text{ βάττ} = \frac{1}{9,81} = 0,102 \text{ χιλιογραμμόμετρα} / 1''$$

Ο ίππος ίσοδυναμεί μέ 75 χιλιογραμμόμετρα στί 1''. Άρα 1 ίππος = 75 χιλιογραμμόμετρα στί 1'' = 9,81 × 75 = 736 βάττ ή 0,736 κίλοβάττ και

$$1 \text{ κίλοβάττ} = \frac{1}{0,736} = \frac{1000}{736} = 1,36 \text{ ίπποι.}$$

Τό 1 βαττώριο = 1 βάττ × 3600'' = 0,102 χιλ/τρα × 3600'' = 367,2 χιλιογραμμόμετρα.

Τέλος, 1 κίλοβαττώριο = 367,200 χιλιογραμμόμετρα.

Απόδοση

Κατά τήν μετατροπή τῆς ἐνέργειας μιᾶς μορφῆς σ' ἐνέργεια ἄλλης μορφῆς, εἶδαμε, ἀπό τὰ προηγούμενα ἀκόμη, πῶς δέν μπορούμε νά ἔχουμε μετατροπή τῆς ἐνέργειας σ' ἐνέργεια μιᾶς καί μόνης ἀποκλειστικά μορφῆς. Ὅλες τῖς ἄλλες μορφές τῆς ἐνέργειας, πού συμπαρουσιάζονται μέ τήν ἐνέργεια πού κυρίως μᾶς ἐνδιαφέρει, τῖς θεωροῦμε ἀπώλειες.

Ἀπόδοση λοιπόν μιᾶς μηχανῆς, πού μετατρέπει τή μιᾶ μορφή τῆς ἐνέργειας σ' ἄλλη, ὀνομάζουμε τό λόγο τοῦ ἔργου πού μᾶς δίνει ἡ μηχανή, πρὸς τό ἔργο πού ἐξοδεύει ἡ ἴδια γιά νά λειτουργήσει.

$$\text{Ἀπόδοση} = \frac{\text{Ἔργο πού μᾶς δίνει ἡ μηχανή}}{\text{Ἔργο πού ἐξοδεύει ἡ μηχανή}} =$$

$$= \frac{W \text{ ὠφέλιμο}}{W \text{ ὠφέλιμο} + W \text{ χανόμενο}} \quad \text{ἢ ἀκόμη}$$

$$\text{Ἀπόδοση} = \frac{P \text{ ὠφέλιμη}}{P \text{ ὠφέλιμη} + P \text{ χανόμενη}} = \frac{I \text{ σὴ πού μᾶς δίνει ἡ μηχανή}}{I \text{ σὴ πού ἀπορροφᾷ}}$$

$$= \frac{P \text{ ὠφέλιμη}}{P \text{ ὠφέλιμη} + P \text{ χανόμενη}}$$

Ὁ λόγος αὐτός εἶναι πάντοτε μικρότερος ἀπό τή μονάδα καί ἀκφράζεται ἐπί τοῖς αἰατοῖς

Δεμα π.χ. πῶς ἡ ἀπόδοση τῆς ἄλφα μηχανῆς εἶναι 80% ἢ 90%.

καί εἶναι εὐνόητο, πῶς, ὅσο ὁ λόγος αὐτός εἶναι μεγαλύτερος, ὅσο δηλαδή πλησιάζουμε τή μονάδα, τόσο καί ἡ ἀπόδοση τῆς μηχανῆς εἶναι καλύτερη.

Τήν ἀπόδοση τήν συμβολίζουμε μέ τό γράμμα "η".

30x

ΖΕΣΤΗ ΚΑΙ ΦΩΣ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΕΣΤΗ ΚΑΙ ΤΟ ΦΩΣ

Φαινόμενα Ζούλ.

Στά προηγούμενα είδαμε, πώς, όταν ένα ρεύμα διαρρέει ένα αγωγό, τού ρεύμα ζεσταίνει τόν αγωγό. Τό φαινόμενο αυτό είναι γνωστό μέ τό όνομα "φαινό-  
μενα Ζούλ".

Στά θερμοαντικα αποτελέσματα τού ρεύματος, στη-  
ρίζεται σήμερα ολοκληρη ή Τεχνική τού φωτισμού, κα-  
θώς και όλες οι μέθοδοι πού χρησιμοποιούμε για νά ζε-  
σταίνουμε ή νά λυώνουμε διάφορα σώματα ή νά κολλούμε  
διάφορα μέταλλα.

Η Έπιστήμη, για νά εξηγήσει τήν παραγωγή,  
τῆς ζέστης από τήν κυκλοφορία τού ηλεκτρικού ρεύματος  
μέσα στα κυκλώματα, παραδέχεται ότι τά ηλεκτρόνια,  
κατά τήν μετακίνησή τους μέσα στους αγωγούς πού απο-  
τελούν τά κυκλώματα, συγκρούονται μέ τά άτομα και πώς  
ή ζέστη πού παράγεται είναι τό αποτέλεσμα αυτών των  
συγκρούσεων. Η υπόθεση αυτή συμφωνεί απόλυτα και μέ  
τό γενικό φυσικό νόμο, πού μάς λέει, πώς, όπου υπάρ-  
χει σύγκρουση και τριβή, και παράγεται και ζέστη.

Αν τροφοδοτήσουμε μέ ρεύμα ένα απλό κύκλωμα  
από αγωγούς μέ διαφορετική διάμετρο ενωμένους στη σειρά,  
θ' διαπιστώσουμε πώς οι αγωγοί πού έχουν τό μικρό-  
τερο πάχος ζεσταίνονται περισσότερο από τους άλλους,  
κι αυτό, γιατί τά ηλεκτρόνια κυκλοφορούν στους λεπτό-  
τερους αγωγούς τού κυκλώματος μέ μεγαλύτερη ταχύτητα,  
άρα και τριβή σ' αυτούς είναι μεγαλύτερη.

Νόμος τού Ζούλ.

Τό ποσό τῆς ζέστης, πού παράγεται σ' ένα ά-  
γωγό όταν διαρρέεται από ρεύμα, δίνεται από τό νόμο  
τού Ζούλ. Κατά τόν νόμο αυτόν:

Όταν ένα ρεύμα διαρρέει  
έναν αγωγό, ή θερμοαντικη του έ-  
σχής είναι άλογη, μέ τήν άν-  
τίσταση τού αγωγού και μέ  
τό τετράγωνον τῆς έντάσεως τού



Ρεύματος.

Καί πράγματι: "Ας πάρουμε έναν άγωγό με αντίσταση R και άς εφαρμόσουμε στα άκρα του μια διαφορά δυναμικού U. Η αντανάση I του ρεύματος δίνεται από τό νόμο του Ωμ και είναι  $I = \frac{U}{R}$ . Η Ισχύή του ρεύματος θά είναι; σύμφωνα μέ τά όσα μάθαμε :

$$P = U \times I$$

Αφού στό κύκλωμα δέν υπάρχει αποδέχτης, πού νά μετατρέπει τήν ηλεκτρική ενέργεια σ' ενέργεια άλλης μορφής, παρά μόνο σέ θερμαντική, θά πει πώς αποθηκεύουμε στόν άγωγό μέ μορφή ζέστης:

$$U \times I \text{ ζούλ / δευτερόλεπτο.}$$

Σύμφωνα όμως μέ τό νόμο του Ωμ:

$$U = R I$$

"Αρα:  $P = U \times I = R \times I \times I = R I^2$  (βάττ).

"Αν τό ρεύμα κυκλοφορήσει στόν άγωγό t δευτερόλεπτα, η ενέργεια πού θα μάς δοθεί σέ ζέστη θά είναι :

$$P \times t = R \times I^2 \times t \text{ (ζούλ)}$$

Ο νόμος αυτός είναι γενικός και εφαρμόζεται και στό ρεύμα πού κυκλοφορεί μέσα στις ηλεκτρικές πηγές και στό ρεύμα πού διαρρέει τούς αποδέχτες.

Όταν έχουμε μηχανήματα, πού μετατρέπουν τήν ηλεκτρική ενέργεια όχι σέ θερμαντική, αλλά σέ ενέργεια άλλης μορφής, τό ποσό της ενέργειας, πού χάνουμε σέ άνώφελη ζέστη, τό άποκαλούμε συνήθως ά π ώ λ α ι ε ς Ζ ο ύ λ.

Η θερμίδα.

Γιά τόν ύπολογισμό του θερμ αντικου έργου χρησιμοποιούμε τή θερμίδα (Calorie = cal), πού πολλοί ονομάζουν και μικρή θερμίδα.

Αυτή αντιπροσωπεύει τό ποσό της ζέστης πού χρειάζεται, για νά υψωθεί η θερμ οκρασία ενός γραμμαρίου νερού κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Πολλαπλάσιο της θερμίδας είναι η κ ι λ ο -  
θ ε ρ μ ί δ α ( kilocalorie = kcal).

Η κίλοθερμίδα αντιπροσωπεύει τό ποσό ζέστης  
πού χρειάζεται για νά ύψωθεί ή θερμοκρασία μιās λίτρας  
(1000 γραμμ.) νερού κατά ένα βαθμό Κελσίου.

"Έχουμε επομένως : 1 θερμίδα =  $\frac{1}{1000}$  τής κίλοθερμίδας

καί 1 κίλοθερμίδα = 1000 θερμίδες.

Από τά πειράματα τής μετατροπής τής θερμαντικής ενέργειας σε ηλεκτρική, βγήκε τό συμπέρασμα πώς 1 θερμίδα = 4,18 ζούλ.

1 ζούλ, επομένως, είναι ίσο μέ  $\frac{1}{4,18}$  = 0,24 τής θερμίδ.

"Αρα καί 1 κίλοβαττώριο (3.600.000 ζούλ) =  
= 3.600.000 X 0,24 = 864.000 θερμίδες ή 864 κίλοθερμίδες.

Απ'αυτά πού λέμα βλέπουμε, πώς μιιά θερμίδα μάς παρέχει, όταν μετατρέπεται αποκλειστικά καί μόνο σε ηλεκτρικό έργο (δίχως απώλειες), 4,18 ζούλ καί αντίστροφα, ή ενέργεια ενός ζούλ, όταν μετατρέπεται μονάχα σε ζέση, μάς δίνει 0,24 τής θερμίδας. Άρα 1 ζούλ μπορ νά ύψωση κατά 1 βαθμό τή θερμοκρασία 0,24 γραμμ. νερού.

Η ποσότητα λοιπόν ζέστης Q σε θερμίδες, πού παράγεται μέσα σ'εναν άγωγο μέ αντίσταση R, από τό πέρασμα ενός ηλεκτρικού ρεύματος I μέσα σε ορισμένο χρόνο t, είναι :

$$Q \text{ (θερμίδες)} = R \times I^2 \times t \times 0,24$$

$$\text{ή } Q \text{ (θερμ.)} = \frac{U}{I} \times I^2 \times t \times 0,24 = U \times I \times t \times 0,24$$

Η θέρμανση τών άγωγών  
καί ή πυκνότητα του ρεύματος.

Η θέρμανση μέ τό ηλεκτρικό ρεύμα δέν είναι καί πάντοτε ώφέλιμη, αλλά δημιουργεί πολλές φορές μιιά απώλεια στην ενέργεια πού εκμεταλλευόμαστε. Οι άγωγοί π.χ. πού φέρουν τό ρεύμα στους αποδότες ζεσταίνονται καί ξοδεύουν, τελείως άνώφελα, ένα μέρος από τήν ηλεκτρική ενέργεια πού μεταφέρουν.

"Αν το πούσο της ζέστης, που ακτινοβολείται, είναι πολύ μικρότερα απ' α υτό που παίρνει ο άγωγός, τότε ο άγωγός ζεσταίνεται όσο πάει και περισσότερο και τέλος, μπορεί να λυθεί. Γι' αυτόν τον λόγο, το ρεύμα, που επιτρέπεται να περάσει από τους άγωγούς, πρέπει να είναι ορισμένο. Ονομάζουμε π υ κ ν ω τ η τ α τ ο υ ρ ε υ μ α τ ο ς το άνωτερο όριο των άμπερ που επιτρέπεται να περσούν από κάθε τετραγωνικό χιλιοστόμετρο της διατομής των άγωγών. "Αν I είναι σε άμπερ η ένταση του ρεύματος, και S, η διατομή ενός άγωγού σε τετραγωνικά χιλιοστόμετρα, η πυκνότητα Π του ρεύματος δίνεται από τον τύπο :

$$I = \Pi \cdot S$$

"Αν εξαιρέσουμε τά μηχανήματα που η λειτουργία τους στηρίζεται στο ζέσιμα τους από τό ρεύμα (λάμπες θερμάστρες, κουζίνες και τά παρόμοια), πολλά άλλα εξαρτήματα ηλεκτρικών μηχανών αποτελούνται από συνδυασμούς σιδερένιων πυρήνων και πηνίων από σφιχτά τυλιγμένο σύρμα με μόνωση. Στέ πηνία γεννιέται ζέστη όταν διαρρέονται από ρεύμα και πρέπει η ζέστη να τραβηχτεί απ' αυτά τό γρηγορότερο για να αποτρέψουμε την υπερθέρμανσή τους, άρα και τό κάψιμο και των μόνώσεων και των συρμάτων ακόμη. Για τά μικρά μηχανήματα η ακτινοβολία είναι άριστή για την απαγωγή της ζέστης. Για τά μεγάλα όμως, μόνη η ακτινοβολία είναι άνευνη να τά κρατήσει ψυχρά και τότε πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ταχνητή ψύξη. Μερικές φορές δημιουργούμε ένα ρεύμα από άέρα που παρνά πάνω από τά μηχανήματα και τά ψυχει, όταν όμως κι αυτό δεν είναι άριστό, τότε χρησιμοποιούμε την ψύξη με κρύο νερό ή άλλο κατάλληλο ψυχρό υγρό.

#### Ασφάλειας

"Έπαιτα από τά έσα αναφέρουμε παραπάνω, βγαίνει τό συμπέρασμα πως κάθε ηλεκτρική άγνατάσταση μπορεί να διαρρέεται χωρίς κίνδυνο από ρεύμα, αρκεί η ένταση του ρεύματος αυτού να μην ξεπεράσει ορισμένη τιμή.

"Αν όμως συμβεί κάτι στην άγνατάσταση, π.χ. ένα βραχυκύκλωμα, που θα προκαλέσει μία αύξηση στο ρεύμα μεγαλύτερη από την ορισμένη του τιμή, υπάρχει φόβος να καούν τα ηλεκτρικά της μηχανήματα, ακόμη να πιάσει φωτιά και τό μέρος όπου βρίσκεται η άγνατά-

σταση.

Ασφάλεια

Γιὰ ν' ἀποφύγου-  
με ἕνα τέτοιο κακό,  
χρησιμοποιοῦμα, σέ ὁ-  
λες τίς ἐγκαταστάσεις,  
τίς λεγόμενες τῆ -  
κ ὀ μ ε ν ε ς ἄ σ φ ἄ -

(η)

Πηνή

Κατανάλωση

Σχ.28

λ ε ι ε ς. Αὐτές εἶναι ἀπό εὐτηκτό μέταλλο καί συν-  
δέονται στή σελιρά μέσα στό κύκλωμα (Σχ.28).

Μέ τό κανονικό ρεῦμα ἡ ἀσφάλεια ζεσταίνεται  
ἤδη ἀρκετά καί λιώνει, ὅταν τό ρεῦμα ξεπεράσει τήν ὀ-  
ρισμένη του τιμή. Ἔτσι κόβει τό κύκλωμα καί σώζει  
τήν ἐγκατάσταση ἀπό τήν καταστροφή.

Οἱ ἀσφάλειες γίνονται, ἀνάλογα μέ τήν ἔνταση,  
τοῦ ρεύματος, εἴτε ἀπό ἕνα ἀπλό συρματάκι, εἴτε ἀπό  
μιὰ μεταλλίνη λάμα, εἴτε ἀπό πολλά συρματάκια. Τό κα-  
θαρό μολύβι ἢ οἱ θύσεις του μέ κασσίτερο ἢ ἀντιμόνιο  
χρησιμοποιεῖται σέ ἀσφάλειες γιὰ ρεύματα πού ἔχουν  
μικρή ἔνταση. Γιὰ τίς μεγάλες, ὅμως, ἐντάσεις χρησι-  
μοποιοῦν μέταλλα ἢ κράματα, πού λυώνουν δυσκολώτε-  
ρα, π.χ. τό ἀλουμίνιο καί τό ἀσημί. Τά μέταλλα αὐτά  
μποροῦν νά βαστάξουν σέ μεγάλη πυκνότης ρεύματος.  
Ἐχουν ἐπομένως διατομή μικρότερη ἀπό τή διατομή πού  
ἔχουν ἢ ἀπό ἄλλο μέταλλο ἀσφάλειες γιὰ ὀρισμένη ἔν-  
ταση καί λυώνουν μέσα σέ μικρότερο χρόνο, ὅταν θά πε-  
ράσει ἀπό μέσα τους ὑπερβολικό ρεῦμα, γιατί καί ἡ πο-  
σότητα τοῦ μετάλλου πού ἔχουν εἶναι μικρότερη.

Ὅταν ημπούνται οἱ ἀσφάλειες παράγεται μεγάλη  
ζέστη καί ὑπάρχει φόβος νά πάρουν φωτιά καί τά διά-  
φορα ξύλινα ἀντικείμενα πού θά βρεθοῦν δίπλα τους.  
Γι' αὐτό συνειθίζουν καί βάζουν τίς περισσότερες ἀπ'  
αὐτές μέσα σέ προφυλαχτικά καλύμματα, εἴτε ἀπό πορσε-  
λάνη εἴτε καί ἀπό γυαλί.

Οἱ ἀσφάλειες πού χρησιμοποιοῦμα στίς ἠλεκτρικές  
ἐγκαταστάσεις τῶν σπιτιῶν εἶναι συνήθως τῶν 5-25  
ἀμπέρ.

Ἐκτός ἀπό τίς τηκόμενες ἀσφάλειες, ἔχουμε καί  
τίς αὐτόματες, πού πολύ καλά μποροῦν νά  
χαρακτηρισθοῦν καί σάν ἀκαυστές, γιατί πραγματικά  
δέν καίονται. Ἡ λειτουργία τους στηρίζεται στίς ἀρ-  
χές τοῦ ἠλεκτρομαγνητισμοῦ. Θά τίς δοῦμε ἐπομένως

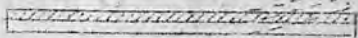
λεπτομερέστερα στο σχετικό κεφάλαιο.

### Ηλεκτρικό σίδηρο, ηλεκτρικά φυγαῖα καί ἄλλα μηχανήματα

Στά σπίτια μας οἱ εφαρμογές τῆς μετατροπῆς τῆς ηλεκτρικῆς ἐργασίας σέ θερμαντική εἶναι πολλές. Καί πρῶτα πρῶτα τὸ ηλεκτρικό σίδηρο. Αὐτό ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ πέλαμα του, τὴν ἀντίστασή του καί τὸ ἐπάνω του μέρος, πού ἔχει τὴ χειρολαβή. Ὅταν συνδέσουμε τὸ σίδηρο στοῦ δίκτυο τοῦ ρεύματος, ἡ ἀντίστασή του διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα καί ζεσταίνεται. Ἡ ζέστη ὁμως ἀκτινοβολεῖται πρὸς τὸ πέλαμα καί ἐποὶ ζεσταίνεται κι' αὐτό. Τὸ ἴδιο θά πάθαινε καί τὸ ἐπάνω μέρος, ἂν δέν φροντίζαμε νά τὸ κατασκευάσουμε ἀπὸ δυσθερμαγωγὸ μέταλλο κι' ἂν δέν βάζαμε μεταξὺ αὐτοῦ καί τῆς ἀντίστασης ἕνα φύλλο ἀμίαντο.

Ἡ ἀντίσταση καί τὸ πέλαμα θά ζεσταίνονταν ὅλο καί περισσότερο, ἂν δέν τραβούσαμε ἀπὸ τὸ πέλαμα, σιδερώνοντας, τὴ ζέστη πού μ' ἐξέρχεται σ' αὐτό. Ὅταν δέν σιδερώνουμε, βάζουμε τὸ σίδηρο νά σταθεῖ ὄρθιο ἢ ἐπάνω σὲ σκάρα, ὥστε νά ἀκτινοβολεῖ τὴ ζέστη του στοῦ γύρω χώρου, γιὰτί ἄλλιῶς μπορεῖ νά κάψει ὅ,τι βρίσκεται ἀπὸ κάτω του.

Τὰ ἐργοστάσια κάνουν σήμερα καί σίδηρα πού ἔχουν μέσα τους ἐναν αὐτόματο ρυθμιστή. Ἐνα ἀπλό μηχανηματάκι κόβει τὸ κύκλωμα ὅταν ἡ θερμοκρασία στοῦ σίδηρο φτάσει σ' ἐπικίνδυνο βαθμὸ καί τὸ ἀποκαθιστῶν, τὸ ἀνάγει πάλι ὅταν ἀρχίζοντας τὸ σιδέρωμα, πέφτει ἡ θερμοκρασία του. Ἐποὶ ἀποφεύγουμε τίς καταστροφές καί ἐξοικονομοῦμε, ὅπως καταλαβαίνουμε, καί ρεῦμα.



Σχ. 29

Ὁ αὐτόματος ρυθμιστὴς εἶναι καμωμένος ἀπὸ δύο μέταλλα μὲ διαφορετικὸ συντελεστή θερμοκρασιακῆς διαστολῆς. Τὰ δύο μέταλλα εἶναι κολλημένα μεταξὺ τους σέ ὅλο τὸ μήκος του. Ἄς υποθέσουμε πῶς τὸ ἕνα μέταλλο ἔχει μεγαλύτερο συντελεστή ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ὅταν ζεσταθεῖ ὁλόκληρο τὸ σύστημα, ὁ ρυθμιστὴς παίρνει καὶ κάμψη ὅπως μᾶς δείχνει τὸ Σχ. 29.

Στὴ δικιά μας περίπτωση, ὁ ρυθμιστὴς ἔχει σχῆμα



μικτού τόξου (Σχ.30).

Στό ένα του άκρο είναι κολλημένος ο ένας άγωγός πού φέρνει τό ρεύμα. Στό άλλο έχει μιά επαφή, πού άκουμπά σέ μιά άλλη επαφή, Στήν τελευταία καταλήγει ο άλλος άγωγός. Έτσι τό κύκλωμα κλείνεται μέ τίς επαφές. Με τό πάρασμα του ρεύματος ο ρυθμιστής παρασεσταίνεται καί τό έλασμα του, πού είναι φτιαγμένο όπως είδαμε από δύο μέταλλα μέ διαφορετικό συντελεστή διαστολής, διαστελλεται καί έτσι οι δύο επαφές του αποχωρίζονται. Κοβεται άρα τό κύκλωμα καί τό ρεύμα παύει. Τότε σιγά σιγά κρυώνει καί ο ρυθμιστής καί τό σίδερο. Οι επαφές ξανακουμπούν ή μιά στην άλλη καί τό ρεύμα κυκλοφορεί.



Σχ.30

Εφαρμογή του ίδιου ρυθμιστή βρίσκουμε

καί στά ηλεκτρικά φυγεία. Εκεί γίνεται τό αντίθετο. Ο ρυθμιστής

αποκλείεται τό κύκλωμα όταν ανεβαίνει ή θερμοκρασία μέσα στό φυγείο, γιά ν' αρχίσουν τά φυχτικά μηχανήματα νά λειτουργούν. Όταν πάλι ή θερμοκρασία πάσει σ' ορισμένους βαθμούς, ο ρυθμιστής συστέλλεται καί κόβει τό κύκλωμα.

Εδώ μπορούμε νά πούμε δύο λόγια καί γιά τά φυγεία. Αυτά είναι δύο ειδών: Τά φυγεία, πού λειτουργούν μέ συμπύεση καί τά άλλα, πού λειτουργούν μέ απόρροφηση. Επειδή όμως τό ηλεκτρικό ρεύμα μάς γεννά σχεδόν πάντοτε ζέστη, καταφεύγουμε στη κημέλια γιά νά παύσουμε τό κρύο πού θέλουμε.

Καί τά δύο είδη τών φυγείων, γιά νά μάς δημιουργήσουν κρύο, εξατμίζουν γρήγορα ένα υγροποιημένο αέριο. Ξέρουμε, πώς αν βράξουμε τό χέρι μας μέ νερό καί τό κινήσουμε λίγο στόν αέρα γιά νά σταγνώσει, αισθανόμαστε τό χέρι μας νά κρυώνει. Αισθανόμαστε τό ίδιο πράμα καλύτερα, αν βράξουμε τό χέρι μας, όχι μέ νερό, αλλά μέ οινόπνευμα πού εξατμίζεται γρηγορότερα. Γιατί κρυώνει όμως τό χέρι μας; Απλούστατα. Τό οινόπνευμα γιά νά εξατμιστεί, πρέπει νά ζεσταθεί, έστω καί λίγο. Τήν ανάγκαια λοιπόν ζέστη γιά την εξαέρψή

του απορροφᾷ ἀπὸ τὸ χέρι, γι' αὐτό- καὶ τοῦτο κρυώνει.

Στὰ ἠλεκτρικὰ φυγεῖα, δὲν χρησιμοποιοῦν γιὰ φυχτικό μέσο τὸ νερό ἢ τὸ οἰνόπνευμα, ἀλλ' ἀμμωνία, διοξειδίου τοῦ θείου καὶ ἄλλες οὐσίες πού ἐξατμίζονται εὐκολότερα. Βλέπουμε λοιπὸν σ' αὐτὰ ἀδιάφορα ἂν λειτουργοῦν μὲ συμπύεση ἢ μὲ ἀπορρόφηση-πρῶτα πρῶτα τὸν ἐξαερωτήρα. Αὐτός εἶναι ἕνας σωλήνας πού περιβάλλει μὲ πολλές σπείρας τὸ χώρο ὅπου βάζουμε τὰ φαγητά ἢ τὰ ἄλλα εἶδη πού θέλουμε νὰ κρυώσουν. Ἡ ἀμμωνία ἂν παραδεχτοῦμε πὺς αὐτὴ χρησιμεύει γιὰ φυχτικό μέσο, περνώντας ἀπὸ τὸν ἐξαερωτήρα, ἀπορροφᾷ ἕνα μέρος ἀπὸ τὴ ζέστη πού ἔχουν τὰ φαγώσιμα, τὰ βρισκόμενα μέσα στὸ φυγεῖο καὶ ἐξατμίζεται. Τὰ φαγώσιμα, χάνοντας ζέστη, κρυώνουν.

Τώρα μένει νὰ ξαναοδηγήσουμε τὴν ἀμμωνία, σὲ ὑγρὴ πιά κατάσταση, πάλι σπὸν ἐξαερωτήρα, γιὰ νὰ ξαναεξατμισθεῖ ἐκεῖ ἀπορροφώντας καὶ ἄλλη ζέστη ἀπὸ τὰ τρόφιμα τοῦ φυγείου. Πὺς γίνεται ὁμως αὐτὴ ἡ δουλειά; Αὐτὸ πιά ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ τί ψυγεῖο ἔχουμε.

Ἄς πάρουμε πρῶτα ἕνα φυγεῖο πού λειτουργεῖ μὲ συμπύεση. Σ' αὐτὸ βλέπουμε, ἐκτός ἀπὸ τὸν ἐξαερωτήρα, τὸ συμπιεσθῆ καὶ τὸ συμπυκνωθῆ. Ὁ συμπιεστής εἶναι μιὰ μικρὴ ἀντλία, πού λειτουργεῖ μὲ ἠλεκτροκίνητηρα καὶ ἀπορροφᾷ ἀπὸ τὸν ἐξαερωτήρα τοὺς ἀτμούς τῆς ἀμμωνίας. Τοὺς ἀτμούς τοὺς συμπιέζει μὲ δυνατὴ πίεση μέσα στὸ συμπυκνωθῆ. Ὁ συμπυκνωθῆς εἶναι κι' αὐτός ἕνας σωλήνας, πού κρυώνει ἢ μὲ ἰδιαίτερο ἀνεμιστρακι ἢ μὲ τὸ φυσικὸ ρεῦμα τοῦ ἁέρα. Στὸ συμπυκνωθῆ μέσα ἡ ἀμμωνία δίνει τὴ ζέστη πού πήρε ἀπὸ τὰ τρόφιμα καὶ ἐκεῖ υγροποιεῖται. Ἀπὸ ἐκεῖ ξαναοδηγεῖται σὲ ὑγρὴ πάλι κατάσταση, σπὸν ἐξαερωτήρα γιὰ νὰ ξανακάνει τὴν ἴδια δουλειά. Μιὰ βαλβίδα, πού βρίσκεται ἀνάμεσα στὸ συμπυκνωθῆ καὶ σπὸν ἐξαερωτήρα, στέλνει σπὸν ἐξαερωτήρα τὴν ὅση μονάχα ἀμμωνία, ὅση χρειάζεται γιὰ τὴν ἐξατμηση.

Στὸ φυγεῖο πού περιγράφουμε, δὲν χάνουμε τὸ φυχτικό μέσο, γιὰτὶ τὸ σύστημα τῶν σωλήνων ὅπου κυκλοφορεῖ εἶναι τελείως κλειστό καὶ στεγανό. Ὁ ἠλεκτροκίνητηρας πάλι τοῦ συμπιεσθῆ λειτουργεῖ μονάχα ὅσο χρειάζεται γιὰ νὰ πέσει ἡ θερμοκρασία τοῦ φυγείου σ' ὀρισμένο βαθμό. Τότε, ἕνας αὐτόματος ρυθμιστής, σάν αὐτὸν πού εἶδαμε παραπάνω μιλώντας γιὰ τὸ ἠλεκτρικὸ σίδηρο, κόβει τὸ κύκλωμα καὶ ὁ ἠλεκτροκίνητηρας παύει

νά λειτουργεί. Όταν αύξηθῆ ἡ θερμοκρασία μέσα στό φυγαῖο, ὁ ρυθμιστής συνδέει τό κύκλωμα καί ὁ ἠλεκτροκινητήρας ἀρχίζει πάλι τή δουλειά του.

Στά φυγαῖα μέ ἀπορρόφηση δέν ἔχουμε συμπιεστή, ἀλλά ἕνα αλας, π.χ. χλωριούχο ἀσβέστιο, πού ἀπορροφᾷ καί συγκρατεῖ τούς ἀτμούς τῆς ἀμμωνίας, ὅπως τό κοινό ἀλάτι συγκρατεῖ τούς ἀτμούς τοῦ νεροῦ. Γιά νά βγάλουμε τώρα τήν ἀμμωνία ἀπό τό χλωριούχο ἀσβέστιο, πού τήν ἀπορρόφησε, καταφεύγουμε στό ἠλεκτροικό ρεύμα. Μιά ἀντίσταση, πού βρεῖσκαται σ' ἀπαφή μέ τό ἀσβέστιο, ζεσταίνεται μέ τό ρεύμα. Ἡ ἀντίσταση ἐρπαιώνει τό ἀσβέστιο καί ἔτσι, ἡ ἀμμωνία ἐξατμίζεται. Οἱ ἀτμοί τῆς πηγαίνουν πάλι στό συμπυκνωτή καί ἀπ' ἐκεῖ, σέ ὑψηλή πιεστικότητα, πτόν ἐξαιρετήρας, γιά νά ξαναγίνει ὁ ἴδιος κύκλος ἐργασίας.

Στό σύστημα αὐτό, ἕνα μηχανήμα σά ρολοῖ συνδέει τήν ἀντίσταση, στό κύκλωμα, τρεῖς φορές τό εἰκοσιτετράωρο, μιὰ μιση-ώρα τήν κάθε φορά. Αὐτά τὰ τρεῖα χρονικά διαστήματα, τῆς θέρμανσης, δίνουν μιὰ μνηλαία κατανάλωση ἀπό 120-κιλοβατῶρια καρίπου, γιά ἕνα φυγαῖο μέ φάσμα χωρο 90 λιτρῶν, ὅσοι δηλαδή, εἶναι καί ὁ χωρος στά φυγαῖα, γιά σπιτική χρήση. Σ' ἄλλα φυγαῖα ἡ θέρμανση γίνεται ἐξακολουθητικά, ὅσο τό εἰκοσιτετράωρο μέ μικρή ἰσχί.

Ἡ κατανάλωση τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας στά φυγαῖα μέ συμπύωση φτάνει στό τέταρτο ἢ τό τρίτο τῆς κατανάλωσης, πού ἔχουν τά φυγαῖα μέ ἀπορρόφηση.

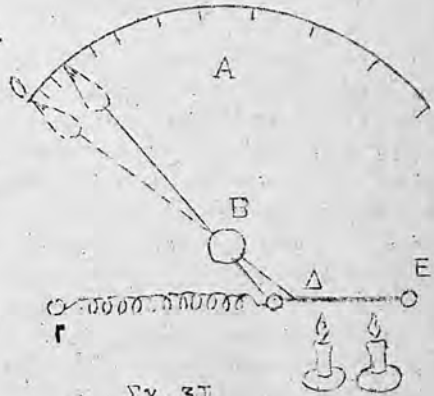
" Ἄλλην ἐφαρμογή τῆς μετατροπῆς τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας σέ θερμαντική ἐνέργεια ἔχουμε στήν ἠλεκτρική κουζίνα. Καί ἡ κουζίνα λειτουργεῖ ὅπως τό ἠλεκτρικό σίδερο, μέ μόνη τή διαφορά, πῶς, ἐνῶ, στό σίδερο ἡ ζέση ἀκτινοβολεῖται πρὸς τὰ κάτω, σὲ εστίαις (τά μάτια) τῆς κουζίνας τήν ἀκτινοβολοῦν πρὸς τὰ πάνω. Ἐπειὼ σ' αὐτές βάζουμε τίς χύτρες καί μαγειρεύουμε.

Στήν ἴδια ἀρχή στηρίζεται καί ἡ λειτουργία τῆς ἠλεκτρικῆς θερμ. ἀστρας, τῆς φρυγανιέρης, τοῦ βραστήρα τοῦ θερμαντικοῦ μαξιλαριοῦ καί ὁλῶν τῶν ἄλλων μηχανημάτων, πού κατασκευάζουν σήμερα τὰ ἐργοστάσια, γιά νά κάνουν τήν ζωή μας πιό ἄνατη.

Θερμικά Όργανα.

Όταν ένα σώμα ζεσταίνεται, μ' έναν οποιοδήποτε τρόπο, διαστέλλεται. Γνωρίζοντας αυτή την αρχή μπορούμε νά κατασκευάσουμε και ένα όργανο για νά μετρήσουμε την έκταση του ήλιου τριγού ρεύματος. "ΑΣ ΔΟΥΜΕ ΟΜΩΣ ΤΟ ΣΧ.31.

Ο άγωγός ΔΕ ζεσταίνεται με κεριά και επειδή διαστέλλεται αυξάνει το μήκος του. Ενώ το άκρο του Β είναι κολλημένο κάπου, το άλλο του άκρο Δ συνδέεται με το ελατήριο ΓΔ και έχει επάνω του κολλημένη και την μπάλα κρη ενός δείκτη. Ο δείκτης έχει τον άξονα της περιστροφής του στο Β.



ΣΧ.31

Όταν αυξηθεί το μήκος του άγωγού ΔΕ, το ελατήριο ΓΔ τραβά τον άγωγό και μετατοπίζεται προς τ' αριστερά την κρη του Δ. Η κίνηση αυτή μεταβιβάζεται στο δείκτη. Έτσι, το άλλο του άκρο διαγράφει ένα τόξο προς τα δεξιά. Αν βγάλουμε τα κεριά, ο άγωγός ΔΕ κρυώνει και συστέλλεται, το σημείο του Δ εναρμόνιζει στη θέση του και ο δείκτης γυρνά πίσω στο μηδέν της κλίμακας.

ΑΣ ΠΑΡΕ ΤΑΡΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΣΧ. 32 ΠΟΥ ΜΑΣ ΔΕΙΧΝΑΙ ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΤΑ Θ Ε Ρ Μ Ι Κ Α Λ Ο Γ Ο Μ Ε Ν Α Μ Α Τ Η Ρ Η Τ Ι Κ Α Ο Ρ Γ Α Ν Α.

ΣΤΟ ΣΧ. 32 ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΈΝΑ ΑΓΩΓΟ ΔΕ ΑΠΟ ΜΕΤΑΛΛΟ ΣΥΝΗΘΩΣ ΙΣΟΔΙΟΥΧΟΣ ΛΑΥΧΟΧΡΟΣΟΣ) ΜΕ ΜΑΓΑΛΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΕΣΤΟΛΗΣ. ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΕΚΙΝΕΙ ΕΝΑ ΝΗΜΑΤΑΝΙ ΠΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΠΑΡΑΣΕΙ ΑΠΟ ΕΝΑ ΚΑΡΟΥΛΑΝΙ, ΚΑΤΑΛΗΓΕΙ Σ' ΕΝΑ ΕΛΑΤΗΡΙΟ. ΣΤΟ ΚΑΡΟΥΛΑΝΙ ΕΙΝΑΙ ΕΝΩΜΕΝΟΣ ΚΑΙ ΕΝΑΣ ΔΕΙΧΤΗΣ. ΟΤΑΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΓΩΓΟ ΔΕ ΠΑΡΧΕΙ ΡΕΥΜΑ (ΣΧ. 33β), Ο ΑΓΩΓΟΣ ΖΕΣΤΑΙΝΕΤΑΙ, ΚΑΙ ΟΠΩΣ ΕΙΝΑΙ ΕΠΟΜΕΝΟ ΔΙΑΣΤΕΛΛΕΤΑΙ, ΤΟ ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΤΟΝ ΤΡΑΒΑ ΤΟΤΕ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ ΚΑΙ Ο ΔΕΙΧΤΗΣ ΔΙΑΓΡΑΦΕΙ ΜΕ ΤΟ ΑΛΛΟ ΤΟΥ ΑΚΡΟ ΕΝΑ ΤΟΞΟ. ΟΤΑΝ ΤΟ ΡΕΥΜΑ ΚΟΠΕΙ, Ο ΑΓΩΓΟΣ ΔΕ ΚΡΥΩΝΕΙ ΚΑΙ Ο ΔΕΙΧΤΗΣ ΓΥΡΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ.

Τά ὄργανα αὐτά λειτουργοῦν ὅπως καί ἂν τά συνδέσουμε στό κύκλωμα. Δηλαδή, εἴτε συνδέσουμε τό θετικό πόλο τῆς πηγῆς στό Δ καί τόν ἀρνητικό στό Ε, εἴτε στόν ἀρνητικό στό Δ καί τό θετικό στό Ε, τό ἴδιο κάνει. Τό θερμαντικό ἀποτέλεσμα εἶναι τό ἴδιο καί στίς δύο περιπτώσεις.

Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο  
Θερμοηλεκτρικό στοιχεῖο

"Αν πάρουμε δύο διαφορετικά μέταλλα π.χ. χαλκό καί ψευδάργυρο (Σχ.33) καί τά κολλήσουμε ἀπό τή μιὰ τους ἄκρη καί ἔπειτα θερμάνουμε ἤ μέ φωτιά ἤ μέ ἠλεκτρικό ρεύμα, τό μέρος πού εἶναι κολλημένα, τά δύο μέταλλα παρουσιάζουν μιὰ ἠλεκτρογενετική δύναμη ἀπό ἐπαφή, πού μᾶς γεννᾷ ἠλεκτρικό ρεύμα, ὅταν συνδέσουμε τά ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ χαλκοῦ καί τοῦ ψευδαργύρου μ' ἕναν ἄγωγό. Τὴν ὑπαρξη τοῦ ρεύματος τῆς ἐξακριβώνουμε μέ κατάλληλο ὄργανο. Τό ρεύμα αὐτό εἶναι τόσο μεγαλύτερο ὅσο μεγαλύτερη εἶναι καί ἡ διαφορὰ στή θερμοκρασία πού ὑπάρχει μεταξύ τοῦ σημείου, ὅπου εἶναι κολλημένα τά δύο μέταλλα, καί τῶν δύο ἐλεύθερων ἄκρων τους.

Ἡ ἠλεκτρογενετική δύναμη, πού παράγεται μ' αὐτό τόν τρόπο, λέγεται **θερμοηλεκτρικὴ δύναμη**; τό ρεύμα, **θερμοηλεκτρικὸ ρεύμα**, καί ὁλόκληρη ἡ συσκευή, πού προαναφέραμε, **θερμοηλεκτρικὸ στοιχεῖο**. Ἡ ἡ.θ. δύναμη τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου παρουσιάζει ἕνα μεγάλο πλεονέκτημα, ταυτόχρονα ὅμως καί ἕνα σοβαρὸ μειονέκτημα. Το πλεονέκτημα εἶναι, πῶς ἡ ἡ.θ. δύναμη, πού γεννᾶμε μετατρέποντας ἄμεσα τὴ ζέστη σὲ ἠλεκτρισμό, εἶναι, ἡ σθεαρότερη ἀπὸ ὅλες τίς ἄλλες πού πετυχαίνουμε χρησιμοποιώντας ἄλλους τρόπους. Τό μειονέκτημα εἶναι, ὅτι ἡ ἡ.θ. δύναμη τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου εἶναι μολὺ μικρῆ. Μόλις φθάνει μερικὰ μιλλιβόλτ.

Δέν εἶναι ὅμως μονάχα ὁ χαλκὸς καί ὁ ψευδάργυρος πού, ὅταν ζεσταθοῦν στήν ἔνωσή τους, παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα αὐτήν. Καί τά ζευγάρια χαλκός-σίδηρο, βισμούθιο-σίδηρο, σίδηρο-κράμα ἀπὸ ἀντιμόνιο καί ψευδάργυρο, κωνσταντάν-σίδηρο, πλατίνα κράμα ἀπὸ πλατίνα καί ρόδιο, παρουσιάζουν ὅμοια ἀποτελέσματα. Ἐχει παρατηρηθεῖ ἐπίσης, πῶς ὅσο πιὸ μικρὰ καί λεπτὰ εἶναι



τάμεταλλικά στα-  
λέχη που αποτε-  
λουν τό θερμοηλεκ-  
τρικό στοιχείο, τό-  
σο και περισσότερο  
εύαισθητο είναι  
αυτό.

Η φύση τῶν  
δύο μετάλλων ἐπι-  
δρα επίσης στὴν  
εὐαισθησία του.

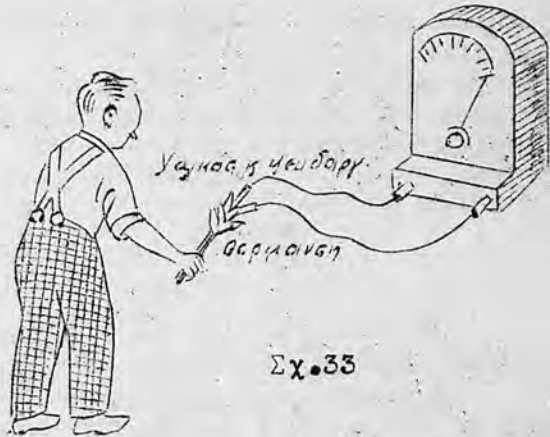
Οἱ τεχνικοί  
κατασκευάζουν σή-  
μερα ἀπὸ θερμοηλεκ-  
τρικά στοιχεία θερ-  
μόμετρα τόσο εὐαί-  
σθητα, πού μποροῦν  
νὰ παρακολουθοῦν

μέ αυτά τὴ μεταβολή τῆς θερμοκρασίας σὲ πολύ μικρὰ  
ἐντομα, καθὼς καὶ σὲ ζωντανὰ κύτταρα. Μὲ τὴν ἴδια εὐ-  
κολία κάνουν καὶ πυρομέτρα, πού μᾶς χρησιμεύ-  
ουν γιὰ νὰ μετροῦμε τὴ θερμοκρασία τῶν μετάλλων πού  
λυώνουν μέσα σὲ φούρνους.

Στὰ πυρόμετρα, τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο εἶ-  
ναι καμωμένο ἀπὸ κωνσταντάν καὶ ἀπὸ σίδηρο, ὅταν  
μετροῦμε χαμηλές θερμοκρασίες, καὶ ἀπὸ πλατίνα καὶ κρᾶ-  
μα ἀπὸ πλατίνα καὶ ρόδιο, ὑψηλότερές θερμοκρασίες.  
Τά τελευταῖα αὐτά μέταλλα λυώνουν σὲ πολύ μεγάλες θερ-  
μοκρασίες. Ἡ πλατίνα σὲ 1750 βαθμούς Κελσίου καὶ τό  
ρόδιο σὲ 1970. Μὲ τέτοια πυρόμετρα μπορούμε καὶ μετροῦ-  
με θερμοκρασίες ἀπὸ 20 ὡς 1200 βαθμούς Κελσίου.

Μὲ τὴ σύνδεση πολλῶν θερμοηλεκτρικῶν στοιχείων  
κατασκευάζομα σήμερ καὶ συστοιχίες πού τροφοδοτοῦν μέ  
ρεῦμα τὰ ραδιόφωνα. Στὴν Ἀγγλία, ὅπου τό γκάζι εἶ-  
ναι σὲ μεγάλη χρήση, γιὰτί καὶ τό κάρβουνο εἶναι ἀφθο-  
νο, μπορεί νὰ δαί κανεῖς ραδιόφωνα, πού, γιὰ νὰ λει-  
τουργήσουν, δέν συνδέονται στὸ ἠλεκτρικό δίκτυο, ἀλλά  
στὸ δίκτυο τοῦ φωταερίου. Μ' ἓνα σπέρτο, ἀνάβουν μέσα  
στὴ συστοιχία τό γκάζι, αὐτό τὴ ζεσταίνει με τὴ φλόγα  
του καὶ σὲ λίγο ἡ συστοιχία δίνει τό ρεῦμα πού χρειά-  
ζεται γιὰ τὴ λειτουργία τοῦ ραδιοφώνου.

Τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο χρησιμοποιεῖται  
εὐρύτητα καὶ στὰ μετρητικά ὄργανα με στραπτό πηνίο.



Σχ.33

Τό πηνίο αὐτῶν τῶν ὀργάνων λειτουργεῖ μέ τό ρεύμα ἑνός θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου. Τό στοιχεῖο ὑφάνεται στήν ἀνάλογη θερμοκρασία ἀπό ἕνα σύρμα, πού ζεσταίνεται ἀπό τό ρεύμα πού θέλουμα νά μετρήσουμε. Τό σύρμα καί τό στοιχεῖο γίνονται στά ὄργανα αὐτά ὅσο μπορεῖ μικρότερα καί αὐτό, γιᾶ νά πετυχαίνεται μεγαλύτερη ἀκρίβεια καί μικρότερη ἀπόσβεση.

### Ἡ ἠλεκτρική λάμπα.

Καρί, Δουῦμεν, Δεκαλουῦμεν καί Δούε.

Δέ φανταζόμεστε νά ὑπάρχει πιά στήν Ἑλλάδα μας ἄνθρωπος πού νά μὴν ἔχει δεῖ ἠλεκτρική λάμπα.

Ἡ ἠλεκτρική λάμπα μετατρέπει τήν ἠλεκτρική ἐνέργεια σέ θερμοαντική καί φωτιστική. Μας χρειάζεται ὡμως ἡ θερμοαντική ἐνέργεια σ' αὐτή τήν περίπτωση: Καθόλου. Τό ποσοστό τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας, πού μετατρέπεται σέ θερμοαντική ἐνέργεια, θεωρεῖται τελειῶς χαμένο καί φτάνει πολλές φορές τά 99%. Τό 1% λοιπόν ἀπό τήν ἠλεκτρική ἐνέργεια μετατρέπεται σ' αὐτή τήν περίπτωση σέ φως.

Τό δυστύχημα εἶναι, πῶς στή σημερινή φωτοτεχνική παράγουμε φῶς φέρνοντας, τίς περισσότερες φορές, σέ μεγάλη θερμοκρασία τό νῆμα μιᾶς λάμπας. Ἡ φωτεινὴ ἔνταση κάθε λάμπας ἐξαρτᾶται ἀποκλειστικά ἀπό τή ζέστη πού γαννιέται στό νῆμα. Ἡ ζέστη εἶναι ἀνάλογη μέ τό

$R \times I^2$ , ὅπου  $R$ , ἡ ἀντίσταση τοῦ νήματος καί  $I$ , ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος πού διαρρεῖ τό νῆμα. Ἡ ἔνταση πάλι ἐξαρτᾶται, ὅπως ξέρομα, ἀπό τήν τάση  $U$  τῆς λάμπας.

Κάθε ἠλεκτρική λάμπα ἔχει μέσα της ἕνα λεπτότατο νῆμα πού λευκοπυρῶνεται, ὅταν συνδέουμε τή λάμπα σέ δίκτυο μέ ἀνάλογη τάση. Ἐπειδὴ ὡμως τό νῆμα ἀποχτᾶ ἐγὰλῃ θερμοκρασία (1600° - 2080° Κελσίου) θά καιόταν εὐκόλα, ἀν δέν φροντίζαμα ν' ἀδειάζουμε τή λάμπα ἀπό τόν ἀτμοσφαιρικό ἀέρα. Γι' αὐτό, οἱ λάμπες, ἀν δέν εἶναι γεμάτες μέ ἀδρανῆ ἀέρια, ὅπως παρακάτω θά δοῦμα, εἶναι ἀδεις ἀπό ἀέρα.

Ἄν ἡ τάση πού τροφοδοτεῖ τή λάμπα, εἶναι μικρότερη ἀπό τήν τάση λειτουργίας τῆς λάμπας, ἡ λάμπα βρῖσκαται σέ ὑπόταση καί φωτίζει λίγο ἢ καθόλου. Ἄν πάλι ἡ τάση τῆς τροφοδοτικῆς πηγῆς εἶναι μεγαλύτερη ἀπό τήν κανονική, ἡ λάμπα βρῖσκαται σέ ὑπερτάση, θά φωτίσει υπερβολικά καί σέ λίγο θά καεῖ. Τό νῆμα τῆς δηλαδή λυώνεται ἀπό τήν ὑπερβολική ζέστη.

Επίσημη.

Σε κάθε λάμπα επάνω είναι γραμμένη ή τάση με την οποία πρέπει να δουλέψει. Εντός από τον αριθμό που μάς δείχνει την τάση, υπάρχουν σε κάθε λάμπα κι ένας άλλος, που μάς δείχνει, σε βάττ, την ισχύ που απορροφά για τη λειτουργία της. Βλέπουμε π.χ. τους αριθμούς 220 V 40 W. Αυτόι σημαίνουν, πώς η λάμπα πρέπει να μπει σε τάση 220 βόλτ και ότι απορροφά για τη λειτουργία της 40 βάττ. Είναι ευνόητο πώς όσο περισσότερα βάττ τραβά μια λάμπα, τόσο και περισσότερο φως μάς δίνει.

Λάμπες "Εδισον. Λάμπες μονοβατικές και μισοβατικές. Λάμπες με αέρια.

Τίς λάμπες, που χρησιμοποιούμε σήμερα, τίς ξεχωρίζουμε, ανάλογα με το νήμα και την κατανάλωση που έχουν, σε τρεις τύπους: Στίς λάμπες με νήμα από κάρβουνο, που λέγονται και λάμπες Εδισον (Edison), στίς μονοβατικές λάμπες και στίς μισοβατικές. Οί δύο τελευταίοι τύποι έχουν νήματα από μέταλλο.

Οί λάμπες "Εδισον έχουν ειδικό νήμα από κάρβουνο και ξεθεύουν κάτι περισσότερο από 3 βάττ για κάθε καρί.

Τό νήμα από κάρβουνο λιώνει στους 3490 περίπου βαθμούς Κελσίου και θά ήταν ίσως τό ιδανικότερο νήμα για λάμπες φωτισμού (άφου ξέρουμε πώς, όσο σε ψηλότερη θερμοκρασία βρίσκεται ένα νήμα, τόσο και δυνατότερα φως παράγει), αν δεν παρουσίαζε τό μεγάλο μειονέκτημα ν' αρχίζει να καταστρέφεται μόλις φτάσει τούς 1865 βαθμούς Κελσίου μέσα στην άδεια από αέρα λάμπα. Σ' αυτήν την θερμοκρασία τό νήμα αρχίζει και ελευθερώνει τά μόριά του, βομβαρδίζει με αυτά τό γυάλινο τοίχωμα της λάμπας και σιγά σιγά τό μαυρίζει. Αρκεί τότε ένα απότομο κούνημα της λάμπας, για να σπάσει τό νήμα, να χαλάσει δηλαδή η λάμπα. Και τό κεννημένο φως, που δίνουν αυτές οι λάμπες, οφείλεται ακριβώς σ' αυτούς τούς 1865 βαθμούς, που δέ φτάνουν να λευκοπυρώσουν τό νήμα.

Στίς μονοβατικές λάμπες, που λέγονται έτσι, γιατί ξεθεύουν για κάθε καρί 1-1,2 βάττ, τό νήμα είναι από μέταλλο, π.χ. από βολφράμιο. Τό μέταλλο αυτό λιώνει στους 3390 βαθμούς. Μεσα στίς λάμπες αναβάζουμε

τή θερμοκρασία του στους 2000 ως 2500 βαθμούς. Γι' αυτό οι λάμπες με βολφράμιο δίνουν λευκότερο, δηλαδή πυκνότερο φως, από τις λάμπες με νήμα από κάρβουνο.

Τά τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και μισοβαττικές λάμπες, που καίνα 0,5-0,7 W για κάθε καρί, και που το κύριο τους χαρακτηριστικό είναι ότι έχουν μέσα αέρια (Αζώτο, Αργό, Κρυπτό). Τά αέρια αυτά χρησιμοποιούνται για να μεγαλώσει η ζωή της λάμπας και προπαντός η φωτιστική της απόδοση.

Τέλος οι λάμπες χωρίζονται ανάλογα με τον κάλυκα που έχουν, σε δύο κατηγορίες. Στις βιδωτές λάμπες και στις λάμπες μπαγιονάτ.

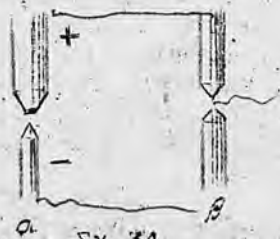
Οι πρώτες βιδώνουν στα υποστηρίγματα τους (ντούϊ). Οι άλλες πάλι έχουν δύο μικρούς πύργους. Μ' αυτούς συγκρατούνται στα υποστηρίγματα τους.

### Το βολταϊκό τόξο.

"Άλλη φωτιστική πηγή και με μεγάλη μάλιστα φωτιστική ένταση είναι το τόξο, που λέγεται και βολταϊκό τόξο. Αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στους προβολείς. Η αρχή της λειτουργίας του είναι πολύ απλή.

Φέρουμε πώς το κάρβουνο είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Παίρνουμε λοιπόν δύο ραβδιά από κάρβουνο, που τά λημε ή λ β κ τ ρ ό δ ι α, και τά ενώνουμε με τους πόλους μιας ηλεκτρικής πηγής με τάση το λιγότερο 30 βολτ. Φέρνουμε ύστερα τις κορυφές τους για μία στιγμή σ' επαφή και έπειτα τις απομακρύνουμε μερικά χιλιοστά. Αμέσως γαννιέται ανάμεσα στις δύο κορυφές ένα φωτεινό τόξο. Μία φωτεινή γέφυρα τις ενώνει.

Αμα φέρουμε σ' επαφή τά δύο κάρβουνα, κλείσουμε δηλαδή τό κύκλωμα, αρχίζει να κυκλοφορεί τό ρεύμα. Τά κάρβουνα και τά τροφοδοτικά σύρματα είναι εξαίρετοι αγωγοί. Αντίσταση υπάρχει μονάχα στό σημείο όπου άκουμπουν τά κάρβουνα. Στο σημείο αυτό τά ηλεκτρόνια έχουν και τή μεγαλύτερη τους ταχύτητα. Γι' αυτόν τό λόγο γαννιέται αναί και ή μεγάλη



Σχ. 34



ταρη ζέστη. Καί τά δύο κάρβουνα αρχίζουν σ' αινετο ακριβώς τό σημείο νά κοκκινίζουν καί τέλος νά λευκο- πυρώνονται. "Αν τώρα τ' αποχωρήσουμε λίγο, βγαίνουν από τό λευκοπυρωμένο άρνητικό πόλο (Σχ. 34) ηλεκτρόνια πού ο θετικός πόλος τά τραβά άμέσως άπάνω του. Η έλ- ξε των ηλεκτρονίων είναι εύκολη, γιατί τό στρώμα του άερα, πού χωρίζει τά κάρβουνα, γίνεται, από τή μεγάλη ζέστη, άγώγιμο. Ιονίζεται, όπως λέμα. Αυτό ακριβώς παριστάνει καί τήν κύρια αντίσταση σ' ολοκληρη τό κύ- κλωμα. Έδώ λοιπόν γαννιάται καί μία ύπερβολική ζέστη, πού παίρνει τήν πιο μεγάλη της τιμή στό σημείο όπου τά ηλεκτρόνια βομβαρδίζουν τό θετικό κάρβουνο. Η θερ- μοκρασία φτάνει άνωί τούς 3000 - 4500 βαθμούς C και τό φως, πού παράγεται στό ίδιο σημείο, είναι πολύ δυνατό. Τό θετικό λοιπόν κάρβουνο είναι ή κύρια πη- γή του φωτός. Τά 85% του φωτός, πού μας δίνει τό τό- ξο, βγαίνουν άπ' αυτό, τά 10%, από τό άρνητικό κάρβου- νο καί μονάχα τά 5%, από τό πυραχτωμένο στρώμα του άερα πού θνώνει τά δύο κάρβουνα.

Τό θετικό κάρβουνο, έπειδη ύποφέρει περισσό- τερο από τή μεγάλη ζέστη, καταστρέφεται γρηγορότερα, καί έτσι ή κορυφή του φαγώνεται καί παίρνει βαθουλω- τό σχήμα, όπως ο κρατήρας ενός ήφαιστείου. Γι' αυτό άλλωστε λέγεται καί "κρατήρας". Γι' αυτόν ίδιο λόγο, τό θετικό κάρβουνο είναι πάντοτε πιο χοντρό από τό άρνητικό. Η αναλογία στό πάχος είναι 9 προς 5. Τά δύο κάρβουνα έχουν τό ίδιο πάχος, όταν τό τόξο, τρο- φοδοτείται μέ εναλλασσόμενο ρεύμα.

Με τή φθορά πού παθαίνει τό θετικό κάρβουνο, αυξάνει καί ή απόσταση πού τό χωρίζει από τό άρνητι- κό, καί τότε τό τόξο μπορεί νά σβύσει. Ειδικός όμως μηχανισμός ματακίνει τά κάρβουνα καί κρατά τήν από- στασή τους πάντοτε σταθερή. Γι' α νά σβύσουμε τώρα τό τόξο, απομακρύνουμε τά δύο κάρβουνα.

Τό βολταϊκό τό τόξο δέ χρησιμεύει μονάχα για φωτισμό. Τή μεγάλη ζέστη πού γαννά τή μεταχειριζόμε- στα καί στά ηλεκτροικά καμίνια, όταν θέλουμε νά λυώ- σουμε μέταλλο. Με τόξο επίσης κολλούμε καί μέταλλα. Σ' αυτή τήν περίπτωση τά ηλεκτρόδια είναι από μέταλλο.

Πηλατώνοντας τό κεφάλαιο αυτό, πρέπει νά πού- με πώς έχουμε κι ένα άλλο τόξο, πού δυστυχώς μονάχα βλάβη φερνάει. Έννοούμε τό τόξο πού σχηματίζεται πολ-

(I) Η μεγαλύτερη θερμοκρασία πού πέτυχε ως τώρα ο



λές φορές στους διακόπτες ενός κυκλώματος.

Όταν θελήσουμε νά κόψουμε ένα κύκλωμα, πού διαρρέεται από ρεύμα, στό σημείο τής διακοπής σχηματίζεται πάντοτε ένας σπινθήρας πού αποτελεί ένα μικρό ηλεκτρικό τόξο. Αν η ένταση του ρεύματος, πού περνάει από τό κύκλωμα, είναι μεγάλη, τό ηλεκτρικό αυτό τόξο παράγει, σημαντική ζέση, πού καταστρέφει σιγά σιγά τίς μεταλλικές επαφές του διακόπτη. Με κατάλληλες όμως διατάξεις κατορθώνουμε καί εκμηδανίζουμε τό τόξο αυτό καί έτσι αποφεύγουμε τίς καταστρεπτικές του συνέπειες.

### Φωτεινοί σωλήνες.

Τά τελευταία χρόνια έχουν μεγάλη διάδοση καί οι φωτεινοί σωλήνες πού χρησιμεύουν κυρίως για διαφωμίσεις καί φωτεινές επιγραφές.

Οι σωλήνες αυτού του είδους είναι γυάλινοι καί έχουν μέσα τους αραιωμένο αέριο. Στα δύο ηλεκτροδία καθε σωλήνα βρίσκονται ενωμένοι οι πόλοι μιας ηλεκτρικής μηχανής.

Οι σωλήνες μπορούν νά είναι ίσοι, μπορούν όμως νά έχουν καί οποιοδήποτε σχήμα θέλουμε, π.χ. σχήμα γραμμάτων (Σχ.35)

Ανάλογα μέ τό αέριο πού περιέχουν οι σωλήνες, ξεχωρίζονται σε σωλήνες μέ κοινά αέρια (σωλήνες Μούρ) καί σε σωλήνες μέ σπάνια αέρια (κυρίως Νέο).

Οι σωλήνες Μούρ είναι κατάλληλοι μόνο για πολύ μεγάλα γράμματα. Στους σωλήνες αυτούς τά γυάλινα τοιχώματα καί τά ηλεκτροδία του γραφίτη απορροφούν τό αέριο. Γι' αυτό πρέπει ν' αντικαθιστούμε τό αέριο μέ ιδιαίτερη αυτόματη τροφοδοτική εγκατάσταση (βαλβίδα Μούρ).

Στους σωλήνες αυτούς τό αέριο είναι άζωτο (χρώμα: κίτρινο χρυσό) ή διοξειδίο του άνθρακα (χρώμα: άσπρο μέ λίγο μπλέ).

Στους σωλήνες μέ σπάνια αέρια δέ χρειαζόμαστε ιδιαίτερες τροφοδοτικές συσκευές, γιατί τά αέρια



Σχ.35

αυτά δὲν ἀπορροφῶνται τόσο ἀπὸ τὰ γυάλινα τοιχώματα καὶ τὰ ἠλεκτρόδια.

Τὰ ἄεριο, πού εἶχαν οἱ σωλήνες αὐτοῖ στήν ἀρχή, ἦταν "Νέο", γι' αὐτό καὶ ἡ ὀνομασία τους: "σωλήνας Νέο". Τώρα ὅμως μεταχειρίζονται καὶ ἄλλα ἄερια, π.χ. Ἡλιο, Ἀργό, Κρυπτό, Ξένο καὶ Υδράργυρο μέ ἴχνη Νέου, γιατί ο υδράργυρος ἐξατμίζεται σὲ φηλᾶς μονάχα θερμοκρασίες. Στους τελευταίους σωλήνες πρῶτα δουλεύουν τὰ ἴχνη τοῦ Νέου καὶ ὕστερα, ἀφοῦ σταθεῖ ὁ υδράργυρος καὶ ἀρχίσει νά ἐξατμίζεται, δουλεύει κι' αὐτός.

Τὸ Νέο μᾶς δίνει χρῶμα κόκκινο, τὸ Νέο καὶ Ἀργό, μὲ προσθήκη υδραργύρου, χρωμα μίλα, τὰ ἴδια ἄερια μέ υδράργυρο, μέσα σὲ κίτρινο γυάλινο σωλήνα, χρῶμα πράσινο. Τὸ Ξένο, πού εἶναι κι' ἀπὸ τ' ἀκριβότερα ἄερια, μᾶς παρέχει χρῶμα γαλάζιο. Τὸ Ἡλιο, εἶνα χρῶμα ἀπαλό ρόδινο. Τὸ ἴδιο ἄεριο, σὲ κίτρινο γυάλινο σωλήνα, χρῶμα κίτρινο.

Πολλές φορές βλέπουμε τὸ ἴδιο σωλήνα νά μᾶς παρουσιάζεται πρῶτα κόκκινος, ἔπειτα μπλέ καὶ τέλος, μανθεξεδένιος. Στήν περίπτωση αὐτῆ ὁ σωλήνας χωρίζεται μέσα, καὶ σ' ὅσο το μήκος του, μ' εἶνα γυάλινο χωρίσμα σὲ δύο μέρη. Εἶναι λοιπόν σά νά ἔχουμε δύο ἔσχωριστούς σωλήνες. Στόν εἶνα ἀπ' αὐτούς ὑπάρχει Νέο καὶ στόν ἄλλο υδράργυρος. Πρῶτα κλείνει μ' εἶνα χρονοδιακόπτη τὸ ἠλεκτρικό κύκλωμα τοῦ σωλήνα πού ἔχει τὸ Νέο. Ἐτοῖ παίρνουμε φῶς κόκκινο καὶ νομίζουμε πῶς ὅλος ὁ σωλήνας φωτίζεται; γιατί τὸ ἐσωτερικό χωρίσμα τοῦ εἶναι γυάλινο. Ἐπειτα ἀνω ἀνοίγει τὸ κύκλωμα τοῦ Νέου, κλείνει τὸ κύκλωμα τοῦ υδραργύρου. Αὐτῆ τῆ φορά ἔχουμε φῶς μπλε. Τέλος, κλείνει μαζύ μέ τὸ κύκλωμα τοῦ υδραργύρου καὶ τὸ κύκλωμα τοῦ Νέου. Ὁ συνδυασμός τώρα τοῦ κόκκινου μέ τὸ μπλε μᾶς δίνει φῶς μανθεξεδένιο.

Πῶς λειτουργοῦν ὅμως οἱ λάμπες αὐτές καὶ πῶς κυκλοφορεῖ μέσα τους τὸ ρεῦμα, ἀφοῦ δὲν ἔχουν νῆμα;

"Ἄς παραδαχτοῦμε πῶς ἡ λάμπα ἔχει μέσα της Νέο. Ἡ τάση πού δίνει στή λάμπα ἡ τροφοδοτική πηγὴ εἶναι πολὺ ὑψηλῆ. Φτάνει καὶ ξεπερνᾷ τὰ 1000 βολτ. Μὲ μιά τέτοια τάση εσφαύγουν ἀπὸ τὸν ἀρνητικό πόλο ἠλεκτρόνια καὶ πηγαινούν πρὸς τὸ θετικό. Στὸ δ' ὄραμα τους ὅμως συναντοῦν τὰ μόρια τοῦ Νέου καὶ συγκρούονται μ' αὐτά.

Στή σημεῖα ἀκριβῶς, ἐπιγίνεται ἡ σύγκρουση, παράγεται κόνκινο φῶς. Μετῆ σύγκρουση, ὅμως, κάθε μόριο παθαίνει καί διάσπαση. Χάνει ἤλεκτρόνια, ἄρα καί τήν οὐδέτερή του κατάσταση. Γίνεται λοιπόν θετικό ἰόν καί σάν τέτοιο πηγαίνει πρὸς τόν ἀρνητικό πόλο, γιά νά συμπληρώσει τῆ ἤλεκτρόνια πού τοῦ λείπουν. Τά ἤλεκτρόνια ὅμως πού ἔχασε, πηγαίνουν πρὸ τό θετικό πόλο. Στό δρόμο τους συναντοῦν ἄλλα μόρια. Νέες συγκρούσεις, νέα φῶς, νέα ἰόντα, νέα ἐλεύθερα ἤλεκτρόνια. Σέ κάθε μιά ἀπ' αὐτές τίς συγκρούσεις, ὅμως, κάθε ἤλεκτρόνιο χάνει λίγο τήν ταχύτητά του. Πρέπει λοιπόν νά τρέξει πάλι εἰς διάστημα ὡσότου τήν ξαναποχτήσει, γιά νά μπορέσῃ νά διασπᾶσῃ καί ἄλλο μόριο ἀπό τό αἴριο. Γι' αὐτό, τῶ φωτεινά μέρη τοῦ σωλήνα χωρίζονται πάντοτε ἀπό σκοτεινές γραμμές. Τό μειονεκτήμα αὐτό εξαφανίζεται, ὅταν τροφοδοτοῦμε τίς λάμπες, ὄχι μέ συνεχές ρεῦμα, ὅπως εἶδαμε ὡς τώρα, ἀλλά μέ ἀναλλασσόμενο.

Τό ρεῦμα λοιπόν μέσα στοῦς σωλήνες εἶναι ροή θετικῶν ἰόντων πρὸς τόν ἀρνητικό πόλο καί ἤλεκτρονίων πρὸς τό θετικό.

Στήν κατηγορία τῶν φωτεινῶν σωλήνων υπάγονται ἐπίσης καί ὀρισμένοι σωλήνες πού δέν ἔχουν μέσα αἴριο, ἀλλά νήμα ἀπό βολφράμιο πού πυραχτῶνεται μέ τό ρεῦμα τῆς τροφοδοτικῆς πηγῆς.

### Τό φωτοηλεκτρικό στοιχεῖο.

Τό μηχάνημα, πού μᾶς μετατρέπει τό φῶς καταθεῖαν σέ ἤλεκτρικό ρεῦμα, εἶναι τό φωτοηλεκτρικό στοιχεῖο ἢ φωτοκύτταρο. Ἡ ἀρχή τῆς λειτουργίας του εἶναι ἀπλή, οἱ ὑπερασίες ὅπως πού προσφέραι σήμερα στήν ἀστροφωτομετρία, στή φωτομετρία, στήν τηλεόραση, στόν κινηματογράφο καί σέ ἄλλα διάφορα πεδία τῆς τεχνικῆς εἶναι ἀπέραντες.

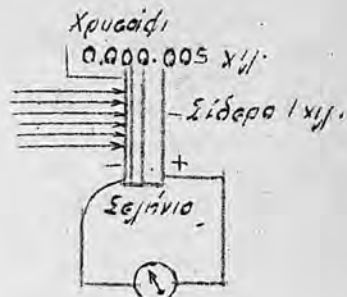
"Ας παρακολουθήσωμε τό Σχ. 36

Πρῶτα πρῶτα ἔχομε μιᾶ σιδερένια πλάκα μέ πάχος ἕνα χιλιοστό. Σ' αὐτήν ἐπάνω βρίσκεται εἰς στρώμα 0,03 περίπου χιλιοστά, σεληνιο. Τελος, ἐπάνω στό σεληνιο ἕνα λεπτότατο στρώμα (0,000005 χιλ.) χρυσάφι ἢ πλατίνα. Αὐτό εἶναι ὁλόκληρο τό φωτοηλεκτρικό στοιχεῖο.

Ἡ σιδερένια πλάκα δέν παρουσιάζει τίποτε τό

έξαιρετικό. Είναι από σί-  
δαρο και γι' αυτό έχει αρκε-  
τά ελεύθερα ηλεκτρόνια.  
Στό σίδαρο τ' ελεύθερα ηλεκ-  
τρόνια είναι περίπου όσα  
και τ' άτομα του.

Δέν συμβαίνει όμως  
υό ίδιο και μέ τό σελήνιο.  
Αυτό έχει πολύ λίγα. Σχεδόν  
I ελεύθερο ηλεκτρόνιο στά  
1000 του άτομα. Γι' αυτό τό  
κατατάσσουμε στά ημιαγωγά-  
σώματα. Τό χρυσό στρώμα εί-  
ναι, είπαμε, πολύ λεπτό.  
Τόσο λεπτό, πού θά μπορούσα-  
με μέ ένα γραμμάριο χρυσάφι νά κάνουμε ένα ισόπαχο στρώμα  
μέ συνολική επιφάνεια δέκα τετραγωνικά μέτρα.



Σχ.36

"Αν τώρα πέσει φώς επάνω στό χρυσάφι, οί φω-  
τεινές ακτίνες τό παρνούν και προσβάλλουν τό σελήνιο.  
Τά στοιχειώδη φορτία του φωτός τά λεγόμενα "φωτό-  
νια", πού έρχονται μέ 300.000 χιλιόμετρα στό δευτε-  
ρόλεπτο, συγκρούονται μέ τ' ελεύθερα ηλεκτρόνια του  
σεληνίου και τ' αναγκάζουν νά κινηθούν ταχύτερα. Έτσι  
μεγαλώνει ο δρόμος πού κάνουν τά ηλεκτρόνια ανάμεσα  
στά άτομα του σεληνίου και έξαφνα ανα απ' αυτά έρχε-  
ται στό χρυσάφι. Τό πρώτο ακολουθούν άλλα, κι αυτά  
πάλι άλλα. Όσο περισσότερο φώς πέφτει επάνω στό χρυ-  
σό στρώμα, τόσο και περισσότερα ελεύθερα ηλεκτρό-  
νια έρχονται από τό σελήνιο προς αυτό. Χιλιάδες, ε-  
κατομμύρια, δισεκατομμύρια.

Γιατί όμως τά ηλεκτρόνια αυτά έρχονται προς  
τό χρυσάφι και δέν πηγαινουν προς τό σίδαρο; Γιατί  
τά φωτόνια φτάνουν επάνω μονάχα ως τήν επιφάνεια του  
στρώματος του σεληνίου, και δέν είναι και τόσο δυνα-  
τά, ώστε νά δώσουν στά ελεύθερα ηλεκτρόνια του μεγα-  
λύτερες ταχύτητες, για νά μπορέσουν νά περάσουν τό τε-  
ράστιο για τά μαγέθη τους πάχος του σεληνίου και νά  
φτάσουν στη σιδερένια πλάκα. Από τό σελήνιο λοιπόν  
φεύγουν τά ηλεκτρόνια προς τό χρυσάφι και αυτό τά στέλ-  
νει μέσα από τόν άγωγό στό μετρητικό όργανο και απ'  
έκει στη σιδερένια πλάκα πού τά ζητά, γιατί αυτή, στό  
μεταξύ, αναπληρώνει, μέ τά ελεύθερά της ηλεκτρόνια

τά ηλεκτρόνια πού χάνει τό σελήνιο. "Έτσι δημιουργείται μιá ροή μηλεκτρονίων, άρα ένα ηλεκτρικό ρεύμα από τό σελήνιο, μέσα από τό χρυσάφι και τούς άγωγούς, πρós τή σιδερένια πλάκα. Τό όργανο πού συνδέεται στό κύκλωμα μετρά τό ρεύμα αυτό.

Αυτό είναι τό φωτοκύτταρο και αυτός ό τρόπος τής λειτουργίας του. Γεννιέται όμως τό έρώτημα: "Αφοϋ μπορούμε νά μεταβάλουμε τό φώς απ' ευθείας σά ρεύμα, γιατί δέν κάνουμε και έργοστάσια πού θά μäs παράγουν ρεύμα μέ τέτοια μέθοδο; Η άπάντηση είναι σύντομη:

1) Γιατί ή ηλεκτρική ενέργεια, πού κερδίζουμε μ' αυτό τόν τρόπο, είναι πολύ μικρή. Για νά πάρουμε ισχή ενός κιλοβάττ, πρέπει νά γεμίσουμε μέ φωτοκύτταρα καμιά εκατοστή τετραγωνικά μέτρα.

2) Γιατί τά έξοδα, πού θά κάνουμε για ένα τέτοιο έργοστάσιο, είναι υπέρογκα.

3) Γιατί ό ήλιος φαίνεται μονάχα τή μέρα.

4) Γιατί σ' αυτήν τήν μέθοδο τά 99% τής ήλιακής ενέργειας πάνε χαμένα. Η απόδοσή της άρα είναι πολύ μικρή.

Έκτός από τό φωτοκύτταρο πού περιγράψαμε υπάρχει κι ένα άλλο, πού λειτουργεί, όμως, με ηλεκτρική στήλη. Τό φωτοκύτταρο αυτό είναι μιá γυάλινη λάμπα, άδεια από άέρα, πού μέσα της βρίσκονται δύο ηλεκτρόδια, μακριά τό ένα από τό άλλο. Τό ένα ηλεκτρόδιο πού ονομάζεται "κάθοδος", είναι επιχρισμένο μέ κάλιο ή καλιονάτριο, μιá ουσία ευαίσθητη στό φώς.

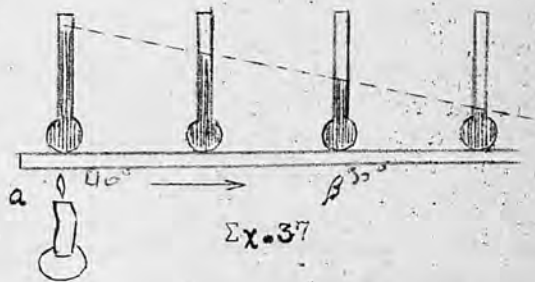
Η κάθοδος ενώνεται εξωτερικά μέ τόν αρνητικό πόλο τής ηλεκτρικής στήλης. Τό άλλο ηλεκτρόδιο ή "άνοδος", συνδέεται με τό θετικό πόλο τής ίδιας στήλης. Έπειδή τά δύο ηλεκτρόδια μέσα στη λάμπα βρίσκονται μακριά τό ένα από τό άλλο, τό κύκλωμα είναι άνοιχτό και ή στήλη δέν δίνει ρεύμα. "Αν, όμως, πέσει στην κάθοδο φώς, τά φωτόνια προσβάλλοντας τό κάλιο ελευθερώνουν απ' αυτό ηλεκτρόνια. Αντίκρου στην κάθοδο βρίσκεται ή θετική άνοδος πού τραβά τά ηλεκτρόνια, γυφώνονται, άρα, τό χάσμα μεταξύ καθόδου και άνοδου κι έτσι ένα ρεύμα κυκλοφορεί στό κλειστό πιά κύκλωμα. Όσο περισσότερο φώς πέφτει στην κάθοδο, τόσο περισσότερα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και, όπως είναι φυσικό, ή ένταση τού ρεύματος αυξάνει.



Η ΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

Η πτώση τῆς τάσης.

"Ας παραδεχτοῦμε, τώρα, πῶς τὸ ἀπρόσιτο σημεῖο β ενός σιδερένιου ραβδίου (Σχ.37) θέλουμε νὰ ἔχουμε γιὰ κάποιο σκοπὸ μιὰ θερμοκρασία 30°. Γιὰ μᾶς τὸ μόνο προσιτὸ σημεῖο τοῦ ραβδίου εἶναι ἡ ἄκρη του α. Αφουτὸ σημεῖο β, πού μᾶς ἐνδιαφέρει, εἶναι ἀπρόσιτο καὶ δὲν μπορούμε νὰ τὸ ζεστάνουμε βάζοντας ἀπὸ κάτω του μιὰ φλόγα, γνωρίζοντας πῶς ἡ ζέστη μεταδίδεται σ' ὅλο τὸ σίδερο, στὰν ζεστάνουμε κάποιο ἄλλο σημεῖο του, ἀναγκαζόμαστε νὰ θερμάνουμε τὸ ραβδί στὴν ἄκρη α, πού εἶναι ἡ μόνη προσιτῆ. Ὅπως, ὅμως εἶναι φυσικὸ, ἡ θερμοκρασία τοῦ ραβδίου κάψαι ὕσὸ ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὴν θερμαινόμενη ἄκρη α. Γιὰ νὰ ἔχουμε, λοιπὸν, στὸ σημεῖο β θερμοκρασία 30° πρέπει ἀπαραιτήτως ἡ θερμοκρασία τῆς ἄκρης α νὰ εἶναι μεγαλύτερη.

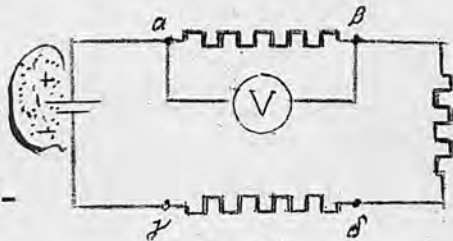


"Ας παραδεχτοῦμε, ὅτι ἡ ἀντίσταση πού παρουσιάζει τὸ σιδερένιο ραβδί στὴ διάδοση τῆς θερμότητας εἶναι τέτοια, ὥστε γιὰ νὰ ἔχουμε 30° στὸ σημεῖο β πρέπει ἡ ἄκρη α τοῦ ραβδίου νὰ ὑψωθεῖ στοὺς 40°. Μπορούμε νὰ πούμεε τότε, ὅτι παρουσιάζεται μιὰ πτώση τῆς θερμοκρασίας ἀπὸ τὴν ἄκρη α ὡς τὸ σημεῖο β, ἴση μὲ  $40 - 30 = 10$ . Γιὰ νὰ πειστούμε, ἀρκεῖ νὰ πιάσουμε μὲ τὸ ἓνα χεῖρ τὴν ἄκρη α καὶ μὲ τ' ἄλλο, ἂν μπορούμε, τὸ σημεῖο β ἢ νὰ βάλουμε θερμομέτρα σ' αὐτὰ τὰ δύο σημεία. Ἀμέσως θ' ἀντιληφθούμε τὴ διαφορά τῆς θερμοκρασίας.

Γιὰ νὰ ἔχουμε λοιπὸν τὴν θερμοκρασία πού θέλουμε στὸ ἀπρόσιτο σημεῖο β, πρέπει νὰ ξέρουμε καὶ τὴν πτώση τῆς θερμοκρασίας ἀπὸ τὴν προσιτῆ ἄκρη α ὡς τὸ σημεῖο β, γιὰ νὰ ζεστάνουμε ἀνάλογα καὶ τὴν ἄκρη α.

Αυτό που γίνεται με την πτώση της θερμοαντικτικής στάθμης στο σιδαρένιο ραβδί, γίνεται και σ' όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα με την πτώση της ηλεκτρικής στάθμης, δηλαδή με την πτώση της τάσης.

Στο ηλεκτρικό κύκλωμα του Σχ.38 το ηλεκτρικό στοιχείο αντικαθιστά τη θερμοαντική πηγή, οι τροφοδοτικοί άγωγοί με την κατανάλωση, το σιδαρένιο ραβδί, και το ηλεκτρικό μετρικό όργανο V τα χέρια μας. Δ' ένα τέτοιο κλειστό κύκλωμα κυκλοφορεί, φυσικά, το ρεύμα που δημιουργείται από το ηλεκτρικό στοιχείο. Κάθε τμήμα του κυκλώματος παρουσιάζει μία αντίσταση, έστω και μικρή και δημιουργεί, με το πέρασμα του ρεύματος από μέσα του, μία πτώση της τάσης. Με το βολτόμετρο, που βλέπουμε στο Σχ.96, μετρούμε την πτώση της τάσης στην αντίσταση αβ.



Σχ.38

Οι πτώσεις της τάσης δημιουργούνται σ' όλα τα τμήματα ενός κυκλώματος που διαρρέεται από το ρεύμα, αφού όλα τα τμήματα παρουσιάζουν αντίσταση έστω και ελάχιστη.

Ύστερα από όσα είπαμε, ως παραδειχτούμε πως μία αντίσταση R διαρρέεται από ρεύμα I. Ονομάζουμε πτώση της τάσης ή πτώση του δυναμικού; τη διαφορά δυναμικού  $U = RI$ , που δημιουργείται στα όρια της αντίστασης R από το πέρασμα του ρεύματος I. Αν το ρεύμα μηδενιστεί, μηδενίζεται και η πτώση της τάσης.

Η αντίσταση R μπορεί να παριστάνει την εσωτερική αντίσταση μιας πηγής, την αντίσταση των τροφοδοτικών άγωγών ή την αντίσταση των αποδεχτών. Σ την πράξη, την πτώση της τάσης στον αποδέκτη, που μας ενδιαφέρει, συνειθίζουμε να τη λέμε, απλά, "τάση". Ενώ, δηλαδή, μιλούμε για "πτώση της τάσης" στην τροφοδοτική γραμμή, όταν έχουμε αποδέκτη δε λέμε "η πτώση της τάσης στον αποδέκτη", αλλά απλά, η "τάση" στον αποδέκτη. Ας δούμε όμως το Σχ. 39.

Μιά πηγή Π, με ηλεκτρεγερτική δύναμη Ε και εσωτερική αντίσταση  $r_{\epsilon\sigma}$  τροφοδοτεί με ρεύμα τόν αποδέκτη ΒΓ.

Ἡ αντίσταση τῆς τροφοδοτικοῦ ἀγωγοῦ ΑΒ εἶναι  $r_2$ , τοῦ ΓΔ, καί τοῦ ἀποδέκτη R.

Ἡ ἔνταση I τοῦ ρεύματος, πού μᾶς δείχνει τὸ ἀμπερόμετρο, βρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπο τοῦ Ὄμ καί εἶναι:

$$I = \frac{E}{R \text{ (ὀλική)}}$$

Ἐδῶ, ἡ R (ὀλική) εἶναι τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος. Ἐχομε δηλαδή:

$$R_{\delta\lambda} = r_{\epsilon\sigma} + r_1 + R + r_2$$

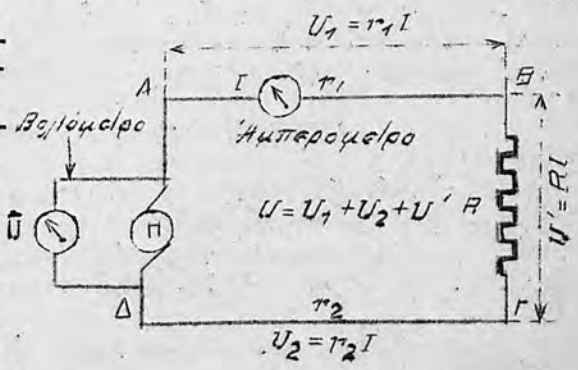
Ἀντικαθιστοῦμε τὴν τιμὴ τῆς  $R_{\delta\lambda}$  στὸν παραπάνω τύπο καί ἔχομε:

$$I = \frac{E}{r_{\epsilon\sigma} + r_1 + R + r_2}$$

καί:  $E = r_{\epsilon\sigma} I + r_1 I + RI + r_2 I$

Τὸ ρεῦμα I δημιουργεῖ σ' ὅλα τὰ τμήματα τοῦ κυκλώματος μιὰ πτώση τῆς τάσης, πού εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν τιμὴ του καί τὴν τιμὴ τῆς ἀντίστασης πού διαρρέει. Στὸ κύκλωμα πού σχεδιάσαμε, ἔχομε λοιπὸν τὶς ἀκόλουθες πτώσεις τῆς τάσης:

1.- Πτώση τῆς τάσης στὴν εσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς πηγῆς. Αὐτὴ εἶναι ἴση μὲ:  $r_{\epsilon\sigma} I = U_{\epsilon\sigma}$ .



Σχ. 39

2.- Πτώση τῆς τάσης στὸν τροφοδοτικὸ ἀγωγὸ ΑΒ. Ἡ τιμὴ τῆς εἶναι:

$$r_1 X I = U_1.$$

3.- Πτώση τῆς τάσης στὸν ἀποδέχτη ΒΓ, ἴση πρὸς:  $R X I = U_1'$

4.- Πτώση τῆς τάσης στὸν τροφοδοτικό ἀγωγό ΓΔ, ἴση μὲ:  $r_2 X I = U_2.$

Οἱ πτώσεις τῆς τάσης  $U_1$  καὶ  $U_2$  πού παρουσιάζονται στὸν τροφοδοτικὴ γραμμῆ, λέγονται καὶ ἀπώ-  
λεια τῆς γραμμῆς.

Ἡ ἡ.ε. δύναμη τῆς πηγῆς ἀντισταθμίζει ἀκριβῶς ὅλες αὐτὰς τίς πτώσεις τῆς τάσης, ὅπως καὶ ἀπὸ τὸν προηγούμενο τύπο φαίνεται:

$$E = U_{\text{εσ}} + U_1 + U + U_2$$

Τὸ βολτόμετρο, πού εἶναι ἐνωμένον στοὺς πόλους τῆς πηγῆς, μετρά τὴν πτώση τῆς τάσης σ' ὁλόκληρο τὸ ἐξωτερικὸ κυκλῶμα, πού ἀποτελεῖται σ' αὐτὴ τὴν περί-  
πτωση ἀπὸ τίς ἀντιστάσεις  $r_1, R, r_2$ . Θὰ μᾶς δείχῃναι λοιπὸν τιμὴ ἴση μὲ:

$$U = r_1 I + R I + r_2 I = U_1 + U' + U_2$$

Αὐτὴ εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ , πού μετροῦ-  
με στοὺς πόλους τῆς πηγῆς, ἢ στὰ ὅρια ὁλοκλήρου τοῦ  
ἐξωτερικοῦ κυκλῶματος.

Ἡ ἴδια διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$  εἶναι ἴση μὲ τὴν  
ἡ.ε. δύναμη  $E$  τῆς πηγῆς, ἀφοῦ ἀφαίρεσουμε ὅμως ἀπὸ τὴν  
τελευταία τὴν πτώση τῆς τάσης  $r_{\text{εσ}} I$  στὴν ἐσωτερικὴ  
ἀντίσταση  $r_{\text{εσ}}$  τῆς πηγῆς.

$$U = E - r_{\text{εσ}} X I = E - U_{\text{εσ}}$$

Ἀπὸ τὸν τύπον αὐτὸν συνάγουμε ὅτι, ὅταν ἡ ἡ.ε.  
δύναμη  $E$  μιᾶς πηγῆς εἶναι σταθερὴ, ἡ διαφορὰ δυναμι-  
κοῦ  $U$  στοὺς πόλους τῆς δὲν ἔχει σταθερὴ τιμὴ ὅταν  
ἀλλάξῃ τὸ φορτίο ( $I$ ), ἀλλὰ κέφτει ὅσο τὸ φορτίο αὐ-  
ξάνει.

Γιὰ ὀρισμένον φορτίο  $I$  ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  
εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ ἐσωτερι-  
κὴ ἀντίσταση τῆς πηγῆς. Καὶ ἐπειδὴ γιὰ τὴν ὠφέλιμη  
ισχὴ μιᾶς πηγῆς μᾶς ἀδιαφέρει κυρίως, ὄχι ἡ ἡλεκτρα-  
γεργτικὴ τῆς δύναμη  $E$ , ἀλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$   
στοὺς πόλους τῆς, καταλαβαίνουμε εὐκόλα ὅτι μᾶς συμ-

φέραι ή έσωτερική αντίσταση τής πηγής νά είναι όσο  
μποραϊ πιο μικρή.

"Α, στον τύπο  $U = E - r_{\alpha\sigma} I$  αντικαταστήσουμε  
τό  $I$  μέ τήν τιμή του  $I = \frac{E}{r_{\alpha\sigma} + R_{\beta\epsilon}}$ , εχουμε :

$$U = E - r_{\alpha\sigma} \times \frac{E}{r_{\alpha\sigma} + R_{\beta\epsilon}} = E \left( 1 - \frac{r_{\alpha\sigma}}{r_{\alpha\sigma} + R_{\beta\epsilon}} \right)$$

"Όταν διακόμεμε τό κύκλωμα (έσωτερική αντίστα-  
ση άπειρη) και πάθει τό ρεϋμα, μέ τό βολτόμετρο, τό  
ενωμένο στους πόλους τής πηγής, μετροϋμα τήν ήλεκτρα-  
γερτική τής δύναμη  $E$ , γιατί τώρα δεν κυκλοφοραϊ τό ρεϋ-  
μα πού δημιουργαϊ τις πτώσεις τής τάσης.

"Η τάση  $U'$  στον άόδαχτη ΒΓ, είναι μικρότερη από  
τή διαφορά δυναμικοϋ  $U$ , πού μας διναι τό βολτόμετρο  
στους πόλους τής πηγής, και εχει τιμή :  $U' = U - r_1 I - r_2 I$   
Είναι δηλαδή ίση μέ τή διαφορά δυναμικοϋ  $U$  στους πό-  
λους τής πηγής, αφού όμως αφαιρέσουμε από αυτήν τις  
πτώσεις τής τάσης στους συνδετικους άγωγους ΑΒ και ΓΔ  
Λεμε, πώς και στους άγωγους αυτούς π ε φ τ ε ι η  
τ ά σ η .

Γιατί πρέπει νά γνωρίζουμε τήν πτώση τής τάσης

Είναι άπαραίτητο νά ξέρουμε πάντοτε τήν πτώση  
τής τάσης σ' όλα τά μέρη του κύκλωματος. Και νά γιατί :

"Από τά προηγούμενα κεφάλαια γνωρίζουμε πώς κάε  
θε μηχανήμα λειτουργαϊ μέ όρισμένη τάση και μās άπορ-  
ροφά, για νά δουλέψει κανονικά, όρισμένη ίσχη. "Αν ή  
τάση, πού θά βάλουμε στο μηχανήμα, είναι μεγαλύτερη  
από τήν κανονική τής τιμή, τό μηχανήμα θά βρϊσκαται  
σε ύ π έ ρ τ α σ η και μποραϊ νά καταστραφεί. "Αν,  
αντιθέτως, είναι μικρότερη, τό μηχανήμα θά βρεθεϊ σε  
ύ π ό τ α σ η και θά λειτουργήσει μελιονετικα ή και  
καθόλου.

"Ας πάρουμε για παράδειγμα μια λάμπα 500 βάττ,  
πού πρέπει νά λειτουργήσει μέ τάση 100 βόлт, για νά  
μās δώσει τήν κανονική φωτιστική τής άνταση. Η πηγή  
πού θά τροφοδοτήσεϊ τή λάμπα, βρϊσκαται 500 μέτρα μα-  
κριά από τή λάμπα και εχει ή.ε. δύναμη  $E = 120$  βόлт  
και έσωτερική αντίσταση  $r_{\alpha\sigma} = 0,5 \Omega$ . Πρσων ώμ αντίστα-



ση πρέπει να παρουσιάζουν οι δύο χάλκινοι τροφοδοτικοί άγωγοί, που θα συνδέσουν τη λάμπα με την πηγή, για να βραθεῖ ἡ λάμπα στην κανονική για τή λειτουργία της τάση των 100 βόλτ;

"Ας βρούμε πρώτα τήν ένταση I, που πρέπει να ἔχει τό ρεῦμα τῆς λάμπας, για να μάς δίνει ἡ λάμπα τά 500 W.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{500}{100} = 5 \text{ ἄμπέρ.}$$

Ἡ αντίσταση  $R_{\lambda}$  τῆς λάμπας εἶναι:

$$R_{\lambda} = \frac{U}{I} = \frac{100}{5} = 20 \text{ ὰμ.}$$

Για να βρούμε τήν αντίσταση τῆς γραμμῆς  $R_{\gamma\rho}$ , θα ἑφαρμόσουμε τό νόμο τοῦ ὰμ. Δηλαδή:

$$I = \frac{E}{r_{\delta\sigma} + R_{\gamma\rho} + R_{\lambda}}$$

Ὅπου:  $E$  = ἡ ἑ.σ. δύναμη τῆς πηγῆς (120 βόλτ).  
 $r_{\delta\sigma}$  = ἡ ἑσωτερική της αντίσταση (0,5 ὰμ)  
 $R_{\gamma\rho}$  = ἡ ζητούμενη αντίσταση τῆς γραμμῆς.  
 $R_{\lambda}$  = ἡ ἀντ ἰσταση τῆς λάμπας (20 ὰμ).

Ἀπό τόν τύπο παίρνουμε:

$$R_{\gamma\rho} = \frac{E}{I} - R_{\lambda} - r_{\delta\sigma} = \frac{120}{5} - 20 - 0,5 = 24 - 20,5 = 3,5 \Omega.$$

Ἡ πτώση τῆς τάσης  $U_{\delta\sigma}$  στήν ἑσωτερική ἀντίσταση τῆς πηγῆς εἶναι:

$$U_{\delta\sigma} = r_{\delta\sigma} \times I = 0,5 \times 5 = 2,5 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U$  στους πόλους τῆς πηγῆς εἶναι ἄρα:

$$U = E - r_{\delta\sigma} \times I = 120 - 2,5 = 117,5 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ πτώση τῆς τάσης  $U_{\gamma\rho}$  κατά μήκος τῆς γραμμῆς εἶναι:

$$U_{\gamma\rho} = R_{\gamma\rho} \times I = 3,5 \times 5 = 17,5 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ τάση  $U_{\lambda}$  στή λάμπα εἶναι:

$$U_{\lambda} = R_{\lambda} \times I = 20 \times 5 = 100 \text{ βόλτ.}$$

Καί ἡ ἰσχύς πού παίρνει ἀπό τήν πηγῆ, εἶναι :

$$P = U_{\lambda} \times I = 100 \times 5 = 500 \text{ βάττ.}$$

Ἡ λάμπα ἀπομένως λειτουργεῖ κανονικά καί μᾶς δίνει τήν κανονική φωτιστική τῆς ἔνταση.

Ἐβροντας τώρα, ὅτι ἡ τροφοδοτική χάλκινη γραμμὴ πρέπει νά παρουσιάσει ἀντίσταση  $3,5 \Omega$ , καί, ὅτι πρέπει νά ἔχει ὀλικό μήκος  $500 + 500 = 1000$  μέτρα, εὐκόλα ὑπολογίζουμε καί τή διατομή  $S$  πού πρέπει νά ἔχουν οἱ ἄγωγοί τῆς.

"Αν ὅμως πάρουμε γιά τήν κατασκευή τῆς γραμμῆς ὁποιοδήποτε σύρμα, χωρίς νά τό ὑπολογίσουμε, ἡ γραμμὴ μπορεῖ νά παρουσιάσει μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀντίσταση καί τότε ἡ λάμπα μας θά βρῖσκεται σέ ὑπόταση ἢ ὑπερταση.

"Ας παραδραχτοῦμε πῶς τό σύρμα πού διαλέξαμε εἶναι τέτοιο, ὥστε ὅλη ἡ γραμμὴ νά παρουσιάσει ἀντίσταση  $99,5 \Omega$  καί ἄς δοῦμε τ' ἀποτελέσματα :

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, σύμφωνα μέ τό νόμο τοῦ Ὠμ, εἶναι :

$$I = \frac{120}{0,5 + 99,5 + 20} = I \text{ ἄμπέρ}$$

Ἡ πτώση  $U_{\xi\sigma}$  στό ἑσωτερικό τῆς πηγῆς εἶναι :

$$U_{\xi\sigma} = 0,5 \times I = 0,5 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U$  στους πόλους τῆς πηγῆς εἶναι ἄρα :

$$U = E - U_{\xi\sigma} = 120 - 0,5 = 119,5 \text{ βόλτ}$$

Ἡ πτώση  $U_{\gamma\rho}$  κατά μήκος τῆς γραμμῆς θά εἶναι :

$$U_{\gamma\rho} = 99,5 \times I = 99,5 \text{ βόλτ}$$

Ἡ τάση  $U_{\lambda}$  στή λάμπα εἶναι :

$$U_{\lambda} = 20 \times I = 20 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ λάμπα μας ἄρα βρῖσκεται σέ ὑπόταση. Ἀντί τῶν 100 βόλτ ἔχει στά ὅρια τῆς μονάχα 20 βόλτ καί μᾶς ἀπαρροφᾷ ἰσχύϊ μόνο :

$$P = U_{\lambda} \times I = 20 \times I = 20 \text{ βάττ, ἀντί 500}$$

Τέλος ἄς παραδέχτοῦμε πὺς ἡ γραμμὴ παρουσιάζει ἀντίσταση μόνον  $0,5 \Omega$ .

Ἡ ἔνταση  $I$  εἶναι:

$$I = \frac{120}{0,5 + 0,5 + 20} = 5,71 \text{ ἀμπέρ}$$

Ἡ πτώση  $U_{\delta\sigma}$  φτὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς εἶναι:

$$U_{\delta\sigma} = 0,5 \times 5,71 = 2,85 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U$  στοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἶναι:

$$U = 120 - 2,85 = 117,15 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ πτώση  $U_{\gamma\rho}$  κατὰ μῆκος τῆς γραμμῆς εἶναι:

$$U_{\gamma\rho} = 0,5 \times 5,71 = 2,85 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ τάση  $U_{\lambda}$  στὴ λάμπα εἶναι λοιπόν:

$$U_{\lambda} = 20 \times 5,71 = 114,20, \text{ ἀντὶ τῶν κανονικῶν } 100 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ λάμπα μᾶς βρίσκεται σὲ ὑπέρταση. Ἡ ἰσχὴ πού ἀποροφᾷ εἶναι:

$$P = U_{\lambda} \times I = 114,20 \times 5,71 = 652 \text{ βάττ.}$$

Ἡ λάμπα φωτίζει λαμπρά, μὰ εἶναι ἐντελῶς βέβαιον πὺς δὲ θὰ βαστάξει, ἀλλὰ θὰ καεῖ πρὶν κάψει τίς ὥρες γιὰ τίς ὁποῖας ὑπολογίστηναι, γιὰτί καὶ ἐλάχιστη αὐξηση τῆς τάσης στὶς λάμπες μικραίνει πολὺ τὴ ζωὴ τους.

Ἄν ἡ ὑπέρταση εἶναι μεγάλη, ἡ λάμπα καίεται ἀμέσως.

Ἄς συνοψίσουμε ὅμως σὲ πίνακα τὰ παραπάνω ἀποτελέσματα:

	$E$ V	$I$ A	$U_{\delta\sigma}$ V	$U$ V	$R_{\gamma\rho}$ $\Omega$	$U_{\gamma\rho}$ V	$U_{\lambda}$ V	$P$ W
1η Παρίπτωση	120	5	2,5	117,5	3,5	17,5	100	500
2η "	120	1	0,5	119,5	99,5	99,5	20	20
3η "	120	5,71	2,85	117,15	0,5	2,85	114,2	652

Ἀπὸ τὸν συγκριτικὸ αὐτὸν πίνακα, βλέπουμε πὺς, ὅσο ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος αὐξάνει (ἐξωτερικὴ ἀντί-

σταση μικρή), τόσο η διαφορά δυναμικού  $U$  στους πόλους της πηγής γίνεται μικρότερη και, αντίστροφα, όσο μικραίνει η ένταση (εξωτερική αντίσταση μεγάλη), τόσο η διαφορά δυναμικού  $U$  μεγαλώνει και πλησιάζει την η.ε. δύναμη της πηγής, που φυσικά δεν μπορεί και ποτέ να τη φτάση.

Από τὰ παραδείγματα που φέραμε, γίνεται φανερό πώς η πτώση της τάσης δημιουργείται σ' ολόκληρο τὸ κυκλώμα, όταν αὐτὸ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, καὶ ὅτι ἐξαρτᾶται α) ἀπὸ τὴν ἀντίσταση καθά τεμάχιο του κυκλώματος καὶ β) ἀπὸ τὴν ένταση τοῦ ρεύματος. Ὅσο μεγαλύτερα εἶναι αὐτὰ τὰ δύο μεγέθη, τόσο μεγαλύτερη εἶναι καὶ η πτώση της τάσης.

"Ας μὴ νομίσουμε, ὅμως, πώς ἡ πτώση της τάσης δὲ μᾶς εἶναι καὶ χρήσιμη. Πολλὰς φορές, μὰ πάμπολλας, τὴ δημιουργοῦμε μόνοι μας γιὰ νὰ πετύχουμε ὀρισμένους σκοπούς. Ἐνα πρόχειρο παράδειγμα:

Πολλὰ ραδιόφωνα π.χ. εἶναι κατασκευασμένα γιὰ νὰ λειτουργοῦν μὲ τάση 110 βόλτ. Ἄν τύχει καὶ χρησιμοποιοῦνται ἔνα ἀπ' αὐτὰ σὲ πόλη που τὸ δίκτυο τοῦ ἠλεκτροφωτισμοῦ της εἶναι 220 βόλτ, τὸ ραδιόφωνο, ἔπειθ' ἡ θά βρεθεῖ σὲ ὑπέρταση, καὶ ὑπερβολικὴ μάλιστα, θά καεῖ. Τί κάνουμε λοιπόν; Συνδέουμε στὴ σειρά μὲ τοὺς τροφοδοτικούς του ἀγωγούς μιά ἀκριβῶς ὑπολογισμένη πρόσθετη ἀντίσταση. Ὄταν θά συνδέσουμε τὸ ραδιόφωνο στὸ δίκτυο, τὸ ρεῦμα, γιὰ νὰ πάει στὸ ραδιόφωνο, πρνὰ καὶ ἀπὸ τὴν πρόσθετη ἀντίσταση. Σ' αὐτὴν γίνεται μιά πτώση ἀπὸ 110 βόλτ, καὶ ἔτσι τὸ ραδιόφωνο δουλεύει μὲ τὰ κανονικὰ του 110 βόλτ, καίτοι τὸ ρεῦμα της πόλης (ἔχει τάση 220 βόλτ.

Στὴ συγκεκριμένη αὐτὴ περίπτωση ἔχουμε καὶ μιά πρόσθετη ἀπώλεια σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, γιὰτὶ ἡ ἀντίσταση που βάζουμε γιὰ νὰ μᾶς κατεβάσει τὰ 220 βόλτ στὰ 110, ζεσταίνεται ἀπὸ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος καὶ παράγει ἔνα ἀνώφελο γιὰ μᾶς θερμαντικὸ ἔργο. Παραβλέπουμε ὁμως τὴν ἀπώλεια αὐτὴ, ἀφοῦ ἐνδιαφερόμαστε κυρίως γιὰ τὴ μείωση της τάσης.

131. Θέλουμε νὰ μεταφέρουμε μιά ἰσχύ 100 ἵππων σὲ 5 χιλιόμετρα. Παραδεχόμεθα ἀπώλεια στὴ γραμμὴ 20%. Πῶς πρέπει νὰ εἶναι ἡ διατομὴ καὶ τὸ βάρος τοῦ χάλκινου ἀγωγοῦ της γραμμῆς, που θά χρησιμοποιήσουμε γιὰ τὴ μεταφορὰ τοῦ ρεύματος, μὲ τάση α) 500 βόλτ β) 1000 βόλτ καὶ γ) 2000 βόλτ; (εἶδ. βάρος 8,9).

Απάντηση :

Διατομή : α) 264,7 χιλιοστ.<sup>2</sup> β)  $\frac{264,7}{4} = 66,2$  χιλιοστ.<sup>2</sup>  
 γ)  $\frac{66,2}{4} = 16,5$  χιλιοστ.<sup>2</sup>

Βάρη : α) 23,558 χιλ/μα, β) 5.889,5 χιλ/μα, γ) 1.472,4 χιλ/μα

132. Η μηχανική ισχύ, που δίνουμε στον άξονα μιᾶς ηλεκτρικής γεννήτριας είναι 18 ἵπποι. Η ηλεκτρογεννητική της δύναμη E είναι 240 βόλτ. Η γεννήτρια τροφοδοτεί με 50 ἀμπέρ έναν κινητήρα, που ἡ ἀπόδοση του είναι 90%. Η ηλεκτρική ἀπόδοση τῆς γεννήτριας είναι 92%. Η γραμμή παρουσιάζει ἀντίσταση 0,4 ὰμ. Ζητοῦμε:

- α) Τῆ διαφορά δυναμικοῦ στους πόλους τῆς γεννήτριας καὶ στά ὅρια τοῦ κινητήρα.
- β) Τῆ διατομή τῆς γραμμῆς, ἂν ἡ ἀπόσταση πού χωρίζει τίς δύο μηχανᾶς είναι 250 μέτρα ( $\rho = 0,018$ ).
- γ) Τῆ ἰσχύ ἀπορροφᾶ ὁ κινητήρας καὶ τί βιομηχανική ἀπόδοση παρουσιάζει ἡ ἐγκατάσταση:

Απάντηση :

- α)  $U_{\gamma\alpha\nu} = 220,8 \text{ V}$   
 $U_{\kappa\iota\nu} = 200,8 \text{ V}$
- β)  $S = 22,5 \text{ χιλ.}$
- γ)  $P_{\kappa\iota\nu} = 10,04 \text{ kW}$   
 $\eta = 68,2\%$

✓ ⊗ ΔΙΑΚΛΑΔΙΖΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ  
ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΚΙΡΧΩΦ  
 Νόμοι τοῦ Κιρχώφ.

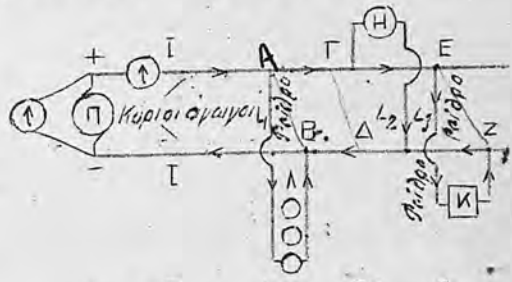
Στήν πράξη σπάνια θά δεῖ κανεῖς μιᾶ πηγὴ νά τροφοδοτεῖ μονάχα έναν ἀποδέκτη ἢ πολλοὺς ἀποδέχτες ἀνωμᾶ μένους στή σειρά. Σέ μιᾶ τέτοια περίπτωση εὐκόλα βρισκουμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος. Ἀρκεῖ νά διαιρέσουμε τὴν ἡ. ε. δύναμη τῆς πηγῆς μὲ τὴν ολικὴ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος.



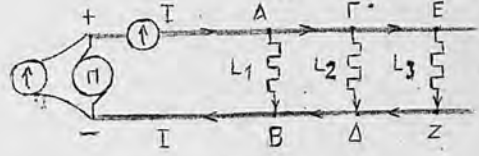
-101-  
67

Σ' όλες όμως σχεδόν τῆς ἐφαρμογῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ, ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ στέλνει τὸ ρεῦμα πρῶτα σὰ δύο κύριους ἀγωγούς :

(Σχ.40), ἀπ' ὅπου διακλαδίζεται ἔπειτα σὲ διάφορα ἄλλα παρακλάδια, πού ὀνομάζονται ρ α ῖ, θ ρ α. Αὐτὰ ὅλα εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους παράλληλα.



Στὸ ἄνω μέρος τοῦ Σχ.40 βλέπουμε ὅτι τὸ ρεῦμα  $I$  τῆς πηγῆς  $\Pi$ , διακλαδίζεται σὰ ρεῖθρα  $AB$ ,  $\Gamma\Delta$ ,  $EZ$ . Τὸ ρεῖθρο  $AB$  τροφοδοτεῖ π.χ.



Σχ.40

τραῖς λάμπες  $\Delta$ , τὸ ρεῖθρο  $\Gamma\Delta$ , ἕνα ἠλεκτροκινητήρα  $H$ , καὶ τὸ  $EZ$ , μιὰ ἠλεκτρικὴ κουζίνα  $K$ .

Τὸ βολτόμετρο, πού εἶναι ἐνωμένο στους πόλους τῆς πηγῆς  $\Pi$ , μᾶς δείχνει τὴν διαφορά δυναμικοῦ. Τὸ ἀμπερόμετρο μᾶς δείχνει τὴν ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος.

Τὸ σχ.105, στὸ κάτω μέρος, μᾶς δείχνει πῶς θὰ παρουσιάσουμε σὰ ἕνα ἠλεκτρολογικὸ σχῆμα τὰ ὅσα βλέπουμε στὸ ἄνω μέρος τοῦ ἴδιου σχήματος.

"Ἄς δοῦμε τώρα ποιούς νόμους ἀκολουθεῖ ὁ χωρισμὸς τοῦ ρεύματος σὰ διάφορα ρεῖθρα.

Καὶ πρῶτα πρῶτα καταλαβαίνουμε εὐκόλα, πῶς ὅσο ρεῦμα βγαίνει ἀπὸ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς  $\Pi$ , τόσο ἐπιστρέφει σ' αὐτὴν ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πόλο. Αὐτὸ τὸ ρεῦμα ὅμως  $I$  ἔχει ὀρισμένους δρόμους ν' ἀκολουθήσει στὴν πορεία του, π.χ. τὸν  $AB$ , τὸν  $\Gamma\Delta$  καὶ τὸν  $EZ$ . Θὰ χωριστεῖ λοιπὸν σὰ τρία μέρη  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  σὰ τρία μέρη καὶ ρεύματα, ὅπως λέμε.

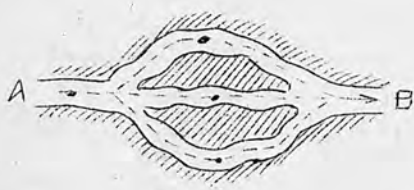
Τὰ τρία αὐτὰ μερικὰ ρεύματα εἶναι ἴσα, καὶ τὰ τρία μαζί μὲ τὸ ὁλικὸ ρεῦμα  $I$ . Ἔχουμε λοιπὸν:

(I) Γουσταῖος Ροβέρτος Κίρχωφ (KIRCHHOFF) (1824-1887)  
Γερμανὸς φυσικὸς.

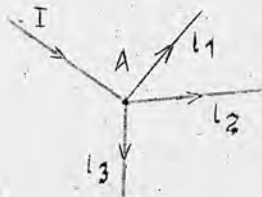
Πρῶτος νόμος τοῦ Κίρχωφ ἡ  
 νόμος τῶν ρευμάτων: Τό ὅλι-  
 κό ραῦμα  $I$ , ποῦ διαρρέει τοῦς  
 δύο κύριους ἀγωγούς τοῦ κύ-  
 θροισμα εἶναι ἴσο μέ τό ἄ-  
 $I_1, I_2, I_3$ . Δηλαδή:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Τό ἴδιο γίνεται καί μέ τό ὑδάτινο ραῦμα ἑνός  
 ποταμοῦ (σχ.41), ὅταν αὐτό χωρίζεται στό ἴδιο σημεῖο  
 $A_2$  σε



Σχ.41



Σχ.42

τρία ρεῖθρα, γιά νά ἐνθῆῃ πάλι στό σημεῖο  $B$ , ἀπ' ὅπου  
 πιά ἐξακολουθεῖ τό δρόμο του.

Στό σημεῖο  $B$  μαζεύεται τό νερό ἀπό τά τρία  
 ρεῖθρα καί ἡ ποσότητά του γίνεται πάλι ὅση ἦταν καί  
 στό σημεῖο  $A$ .

Τά παραπάνω μπορούμε νά τά ἐκφράσουμε καί  
 ἄτσι: Τό ἄθροισμα τῶν ρευμάτων πού μπαίνουν σ' ἕνα  
 σημεῖο  $A$ , εἶναι ἴσο μέ τό ἄθροισμα αὐτῶν πού βγαί-  
 νουν ἀπό τό ἴδιο σημεῖον (Σχ. 42).

Δηλαδή πάλι:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

Στίς πιό θεωρητικές Ἠλεκτρολογίας θά δοῦμε  
 τόν ἴδιο νόμο διατυπωμένο καί μέ τόν ἀκόλουθο τρόπο,  
 ἂν τά ραῦματα, πού ἔρχονται πρὸς τό σημεῖο  $A$ , συμβο-  
 λιστοῦν μέ θετικό σημεῖο καί αὐτά πού φαύγουν ἀπό  
 τό  $A$ , μέ ἀρνητικό:

Τό ἀλγεβρικό ἄθροισμα

των ρευμάτων, που συγκαντρώνονται σε κάποιο σημείο Α, είναι ίσο με το μηδέν.

Καί φυσικά, αφού :  $I_1 + I_2 + I_3 = I$   
τότε και  $I_1 + I_2 + I_3 - I = 0$

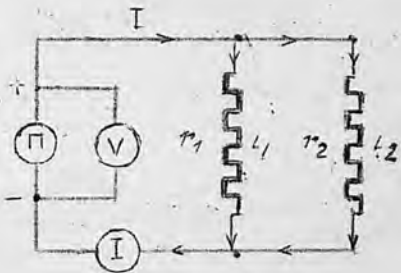
ή, γενικά,  $\Sigma I = 0$ , όπου τό Σ σημαίνει τό άθροισμα.

Πόσο όμως ρεύμα θά περάσει από κάθε ρεύθρο; Αυτό πιά εξαρτάται από τήν αντίσταση που παρουσιάζει τό κάθε ρεύθρο. "Αν αυτή είναι μικρή, από τό ρεύθρο θά περάσει πολύ ρεύμα." Αν είναι μεγάλη, λίγο.

Η ένταση του ρεύματος που περνά από κάθε ρεύθρο είναι, λέμε, αντίστροφα ανάλογη μέ τήν αντίσταση που έχει τό ρεύθρο. "Ας δούμε όμως τό απλό σχήμα 43".

Η πηγή Π τροφοδοτείται τά δύο ρεύθρα  $r_1, r_2$ .

Από τό ρεύθρο  $r_1$ , περνά ρεύμα  $I_1$  και από τό ρεύθρο  $r_2$ , ρεύμα  $I_2$ . Η ένταση του κύριου ρεύματος είναι  $I$ , όπως μάς δείχνει και τό αμπερόμετρο που συνδέεται στον εναν από τούς δύο κύριους άγωγούς.



Σχ. 43

Ζητούμε τώρα νά βρούμε τί τιμές έχουν τά μερικά ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$ .

Σύμφωνα μέ τό νόμο που προαναφέραμε, έχουμε :

$$I = I_1 + I_2$$

Στούς πόλους τής πηγής συνδέεται ένα βολτόμετρο V, που μάς δείχνει τή διαφορά δυναμικού U. Αφήνοντας τήν πτώση τής τάσης στους δύο κύριους άγωγούς, μπορούμε νά παραδαχτούμε, πώς, και στά σημεία όπου χωρίζουν τά δύο ρεύθρα, υπάρχει η ίδια διαφορά δυναμικού U. Αυτή θά είναι :

$$U = r_1 I_1 = r_2 I_2$$

Απ' αυτόν τον τύπο παίρνουμε :

$$V_1 = \frac{U}{r_1} \quad V_2 = \frac{U}{r_2}$$

"Αν δέν ξέρουμε τήν  $U$ , αλλά μόνο τή  $r_1$  και τις  $r_1$  και  $r_2$  τότε ακολουθοῦμε τόν παρακάτω τρόπο:

Τίς δύο ἀντιστάσεις τῶν ραίυρων  $r_1, r_2$  μπορούμε νά τίς ἀντικαταστήσουμε μέ τήν ὀλική ἀντίσταση  $R$  πού μπορεί νά τίς ἀναπληρώσει. Ἡ τιμή τῆς  $R$  καθορίζεται, ἀφοῦ οἱ  $r_1$  και  $r_2$  εἶναι ἐνωμένως παράλληλα, ἀπό τόν τύπο:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \quad \text{και} \quad R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2}$$

Τότε ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U = RI = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2} \times I$

"Ἐχουμε ὅμως και  $U = r_1 \cdot i_1 = r_2 \cdot i_2$

"Αντικαθιστοῦμε τήν  $U$  στόν προηγούμενο τύπο μ' αὐτές τίς τιμές και παίρνουμε:

$$r_1 i_1 = I \times \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad \text{και} \quad r_2 i_2 = I \times \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

"Αρα:  $V_1 = I \times \frac{r_1 r_2}{r_1 (r_1 + r_2)} = I \times \frac{r_2}{r_1 + r_2} = \left( \frac{I}{r_1 + r_2} \right) \times r_2$

και  $V_2 = I \times \frac{r_1 r_2}{r_2 (r_1 + r_2)} = I \times \frac{r_1}{r_1 + r_2} = \left( \frac{I}{r_1 + r_2} \right) \times r_1$

Στό ἴδιο ἀποτέλεσμα καταλήγουμε ἀν ακολουθήσουμε και ἄλλο δρόμο, ξεκινώντας ἀπό τόν τύπο:

$$U = r_1 i_1 = r_2 i_2$$

$$\text{και} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

"Από τά μαθηματικά ὁμως γνωρίζουμε πώς ἡ ἰσότητα δύο κλάσμάτων δέν ἀλλάζει ὅταν, ἀφίνοντας σέ κάθε κλάσμα ἴδιο τόν ἀριθμητή του προσθέσουμε τόν ἀριθμητή στόν παρονομαστή του κλάσματος. Ἐχουμε λοιπόν:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{r_2}{r_1 + r_2}$$

καί επειδή  $I_1 + I_2 = I$ ,

$$I_1 = \frac{r_2}{r_1 + r_2} I \quad \text{ή} \quad I_1 = I \times \frac{r_2}{r_1 + r_2} = \left( \frac{I}{r_1 + r_2} \right) \times r_2$$

Με την ίδια σκέψη παίρνουμε καί :  $I_2 = \left( \frac{I}{r_1 + r_2} \right) \times r_1$

Η ένταση λοιπόν του ρεύματος σε ένα ρεύθρο βρίσκεται, αν διαιρέσουμε την ολική ένταση  $I$  με το άθροισμα των αντίστασεων των δύο ρεϊθρων καί επαι-  
τα πολλαπλασιάσουμε τό πηλίκο μέ τήν αντίσταση του άλλου ρεϊθρου.

Από τίς εξισώσεις  $U = RI = r_1 I_1 = r_2 I_2$  έχουμε :

$$I = \frac{U}{R} \quad I_1 = \frac{U}{r_1} \quad I_2 = \frac{U}{r_2}$$

καί επειδή :  $I = I_1 + I_2$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} = U \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Δηλαδή :  $\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$

"Αρα, η ολική αγωγιμότητα πολλών ρεϊθρων είν-  
αι ίση μέ τό άθροισμα των αγωγιμοτήτων αυτών των  
ρεϊθρων.

"Ας δοϋμε τώρα κάτι άλλο :

Ένα κύκλωμα είναι ανωμένος, όπως φαίνεται  
στό Σχ. 44 οι πηγές  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , που παρουσιάζουν ή.ε.  
δυνάμεις  $E_1, E_2, E_3$  καί τροφοδοτούν τίς αντίστασεις

$R_1, R_2, R_3$  / Οι πηγές έχουν καί εσωτερικές αντίστα-  
σεις  $r_1, r_2$  καί  $r_3$ , που δασυμβολίζονται στό σχήμα.

Η ένταση του ρεύματος είναι  $I$ . Σύμφωνα μέ τά γνω-  
στά, στις αντίστασεις  $r_1, r_2, r_3, R_1, R_2, R_3$ , δη-  
μιουργούνται από τό πέραςμα του ρεύματος  $I$  πτώσεις της  
της τάσης, που είναι ίσες μέ :  $Ir_1, Ir_2, Ir_3, IR_1, IR_2, IR_3$

"Ολας αυτές τίς πτώσεις της τάσης τίς  
- ονομάζουμε "παθητικές" ή "τάσεις" για  
νά τίς εξαχωρίζουμε από τίς ή.ε. δυνάμεις των πηγών



$\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , που λέγονται και "ένεργητικές τάσεις"

Με τον όρο "όμως" "ένεργητική ή τάση" δέν δηλώνουμε μονάχα τήν ή.ε. δύναμη κάθε πηγής, αλλά

και οποιαδήποτε διαφορά δυναμικού  $U = IR$ , που δημιουργείται σε μιά αντίσταση  $R$  από τό πέρασμα ενός ρεύματος  $I$ , όταν στα όρια αυτής τής αντίστασης συνδέονται άλλες, αντίστασεις.

Οι ενεργητικές τάσεις, σ' ένα κλειστό κύκλωμα ισοφαρίζουν πάντοτε όλες τις παθητικές τάσεις του κυκλώματος / Λοιπόν :

Δευτεροσ νόμος του Κίρχωφ ή νόμος τών τάσεων : Σε κάθε κλειστό κύκλωμα, τό άθροισμα τών ενεργητικων τάσεων ίσοϋται με τό άθροισμα τών παθητικων τάσεων. Δηλαδή :

$$E_1 + E_2 + E_3 = Ir_1 + Ir_2 + Ir_3 + IR_1 + IR_2 + IR_3 = I (r_1 + r_2 + r_3 + R_1 + R_2 + R_3) = IR$$

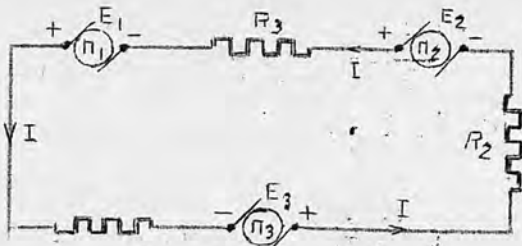
όπου  $R = r_1 + r_2 + r_3 + R_1 + R_2 + R_3$  (ξ 32)

ή, γενικά,  $\Sigma E = \Sigma IR$

Και, πιο συνοπτικά : Τό άλγεβρικό "άθροισμα τών ενεργητικων και παθητικων τάσεων μεσα σ' ένα κλειστό κύκλωμα είναι πάντα τοτα ίσο μηδέν.

$$E_1 + E_2 + E_3 - Ir_1 - Ir_2 - Ir_3 - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0$$

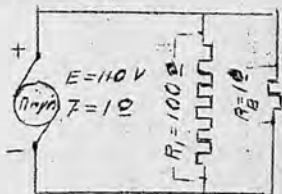
Όπως βλέπουμε, οι δύο νόμοι του Κίρχωφ είναι επέκταση του νόμου του "Ωμ".



Σχ. 44

Βραχυκύκλωμα.

Παράλληλα πρὸς τὰ μηχανήματα πού τροφοδοτούμε τυχαίνας πολλές φορές νά συνδεθεῖ ἀπὸ ἀπροσεξία ἢ ἄλλη αἰτία ένας ἄγωγός, πού ἡ ἀντίστασή του νά εἶναι τιποτένια, ἀν τῆ συγκρίνουμε μὲ τὴν ἀντίσταση τῶν μηχανημάτων. Ὁ ἄγωγός αὗτος ἀποτελεῖ, ἐπειδὴ εἶχει μικρὴ ἀντίσταση, ἕνα βραχυκύκλωμα, ἢ, μὲ μιὰ λέξη: ἕνα βραχυκύκλωμα.



Σχ. 45

Ἐς παραδειχτοῦμε (Σχ. 45) πῶς ἔχουμε ἕναν ἀποδέκτη μὲ ἀντίσταση  $R_1 = 100\Omega$  πού τροφοδοτεῖται ἀπὸ μιὰ πηγὴ μὲ ἡ.ε. δύναμη  $E = 110$  βόλτ καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση  $r = 1 \omega\mu$ . Ὁ ἀποδέκτης μας παίρνει ρεῦμα:

$$I = \frac{110}{1 + 100} = \frac{110}{101} = 1,08 \text{ ἄμπέρ καὶ λειτουργ-}$$

γαῖ κανονικά.

Ἡ τάση πού ἐφαρμόζεται στὰ ὄριά του εἶναι:

$$U = E - r \times I = 110 - 1 \times 1,08 = 108,92 \text{ βόλτ.}$$

Γιὰ μιὰ στιγμή, συνδέεται, ἄθελά μας, παράλληλα πρὸς τὸν ἀποδέκτη, ένας ἄγωγός μὲ ἀντίσταση, π.χ.  $R_B = 1\Omega$ .

Ποιὰ θά εἶναι τ' ἀποτελέσματα τοῦ βραχυκυκλώματος αὐτοῦ; Ἐς δοῦμε: Ἡ ἐνταση  $I$  θά πάρει τιμὴ:

$$I = \frac{E}{\frac{R_B \times R_1}{R_B + R_1} + r} = \frac{110}{\frac{1 \times 100}{1 + 100} + 1} = \frac{110}{1,99} = 55,27 \text{ ἄμπέρ}$$

Ἐάν δὲν καιόταν ἀπ' αὐτό τό ρεῦμα ἡ ἀσφάλεια πού ἔχουμε συνδέσει τυχόν στό κύκλωμα, ἀν δὲν ἀχρησταυόταν καὶ ἡ πηγὴ, ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $u$  στὸν ἀποδέκτη θά ἔπλεφτε στά:

$$U = E - rI = 110 - 55,27 = 54,73 \text{ βόλτ, ἀντὶ τῶν κανονικῶν } 108,92 \text{ V. (Ἐνα ἀπὸ τὰ κύρια γνωρίσματα}$$

ένος βραχυκυκλώματος σέ μία τροφοδοτική γραμμή εἶναι καί ἡ μεγάλη υπόταση στους ἀποδέχτες). Ἡ ἔνταση τοῦ ραυματος, πού θά περνοῦσα ἀπό τόν ἀποδέχτη, θά γινόταν:

$$I_A = \frac{54,73}{100} = 0,54 \text{ A, ἀντί τῶν κανονικῶν } 1,08 \text{ ἀμπερ.}$$

$$\text{τό } I_B = \frac{54,73}{1} = 54,73 \text{ A}$$

$$\text{καί } I = I_A + I_B = 0,54 + 54,73 = 55,27 \text{ A}$$

Τό περισσότερο λοιπόν ρεῦμα θά περνοῦσα ἀπό τό βραχυκύκλωμα, τό ἀποδέχτης μας θά βρισκόταν σέ μεγάλη υπόταση, θά ἦταν βραχυκυκλωμένος ὅπως λέμε, καί θά λειτουργοῦσα. (Παράβαλα μέ  $\xi$  70 Γ).

Στό παράδειγμά μας ὑποθέσαμε πῶς τό ρεῖθρο πού ἔκανε τό βραχυκύκλωμα, εἶχε ἀντίσταση 1 ὤμ. Στήν πραγματικότητα ὅμως ἔχουμε νά κάνουμε μέ πιό μικρότερη ἀκόμη τιμῆς. Μπορούμε λοιπόν νά φαντασθούμε τί βλαβερὰ ἀποτελέσματα μπορεῖ νά φέρει ἓνα βραχυκύκλωμα. Ἀπό τό προηγούμενο παράδειγμα βγαίνει τό συμπέρασμα, ὅτι τ' ἀποτελέσματα αὐτά δεν εἶναι τόσο βλαβερὰ στίς πηγές, πού ἡ ἐσωτερική τους ἀντίσταση εἶναι μεγάλη. Στίς πηγές ὅμως μέ ἐσωτερική ἀντίσταση μικρή, τό βραχυκύκλωμα φέρνει μεγάλη καταστροφή. Γι' αὐτό, στά κυκλώματα πού τροφοδοτοῦνται ἀπό τέτοιες πηγές, πρέπει νά βάζουμε πάντοτε ἀσφάλεις.

Πῶς ὅμως δημιουργοῦνται τά βραχυκύκλωματα: Δε χρειάζεται καί μεγάλη προσπάθεια γι' αὐτά. Ἀρκεῖ νά εἰσέλθουν τυχαῖα, μ' ἓνα ἀπλό σφρατάκι, τά σφια π.χ. ἓνος ραυματοδότη (πρίζας) ἢ ἓνος ἀποδέχτη. Ἀμέσως θά καί ἡ ἀσφάλεια πού ἔχουμε βάζει στήν ἐγκατάσταση τοῦ σπιτιοῦ μας. Συνηθέστερα, τά βραχυκύκλωστα παρουσιάζονται στους τροφοδοτικούς ἀγωγούς, πού μέ τόν καιρό μπορεῖ ἀπό ἀτμοσφαιρικές ἢ μηχανικές ἐπιδράσεις νά χαλάσει ἢ μόνωσή τους, ὁπότε καί κάνουν ἐκκίνηση. Μία τέτοια ἀνωση ἀποτελεῖ γιά ὀλοκληρῆ τήν ἐγκατάσταση, πού τροφοδοτοῦν οἱ ἀγωγοί αὐτοί, βραχυκύκλωμα. Τά βραχυκύκλωματα παρουσιάζονται ἐπίσης καί μέσα στά μηχανήματα ἀπό τήν ἴδια αἰτία.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν ή σύνδεση των αποδεχτών στη σειρά και ή σύνδεση τους παράλληλα

Α) Σύνδεση των αποδεχτών στη σειρά.

Πλεονέκτημα :

Η ένταση του ρεύματος σ'ολόκληρο τό κύκλωμα είναι ή ίδια, και γι' αυτό είναι σχετικώς περιορισμένη. Η απώλεια, άρα, που οφείλεται στο φαινόμενο Ζούλ είναι μικρή.

Μειονεκτήματα:

1) "Αν ένας από τους ενωμένους στη σειρά αποδέχτες καταστραφεί, τό κύκλωμά κόβεται και όλοι οι υπόλοιποι αποδέχτες παύουν νά λειτουργούν.

2) Ολόκληρη ή εξωτερική αντίσταση του κυκλώματος απαρτίζεται από τους ενωμένους στη σειρά αποδέχτες και γι' αυτό ή πηγή, που τροφοδοτεί τό κύκλωμα, πρέπει νά παρουσιάζει μεγάλη ή.ε.δύναμη; γι'ά νά μπορεί νά υπερνικήσει και όλες τίς παθητικές τάσεις που παρουσιάζονται στο κύκλωμα.

Αύξηση όμως της ή.ε.δύναμης σημαίνει και τροφοδοτικούς άγωγούς με καλή μόνωση, άρα και αύξηση της δαπάνης για την εγκατάσταση. Αύτη τή δαπάνη δέν πρέπει νά τήν αποφεύγουμε, γιατί, διαφορετικά, ή εγκατάσταση βρίσκεται πάντοτε σε κίνδυνο

Β) Σύνδεση των αποδεχτών παράλληλα.

Πλεονέκτημα:

"Όλοι οι αποδέχτες δουλεύουν ανεξάρτητα." Αν ό ένας καταστραφεί, οι άλλοι εξακολουθούν νά λειτουργούν.

Μειονέκτημα:

Η ένταση του ρεύματος στους κύριους άγωγούς, έπειδή είναι ίση με τό άθροισμα των εντάσεων των μερικών ρευμάτων, είναι μεγάλη. Η απώλεια Ζούλ είναι, άρα, επίσης μεγάλη. Μπορούμε νά τήν περιορίσουμε όταν χρησιμοποιήσουμε, γι'ά τους κύριους άγωγούς, σύρμα

χοντρό. Τέτοιο σύρμα, όμως, έχει μεγάλο βάρος και η σχετική δαπάνη θα είναι μεγάλη.

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ - ΓΑΛΒΑΝΟΤΕΧΝΙΚΗ

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΙΥ

Ίόντα. Ανιόντα και κατιόντα. Ηλεκτρόλυση.

Μιλώντας για την ηλεκτρική αντίσταση είδαμε ότι το αποσταγμένο νερό είναι μονωτικό. "Αν θελήσουμε δηλαδή, να στείλουμε ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από αποσταγμένο νερό, θα δούμε πώς η προσπάθειά μας είναι μάταιη γιατί, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που έχει ένα τέτοιο νερό είναι ελάχιστα, και γι' αυτό η αντίσταση, που προβάλλει στο πέρασμα του ρεύματος, είναι πολύ μεγάλη.

Τά πράγματα όμως αλλάζουν, αν ρίξουμε μέσα στο αποσταγμένο νερό π.χ. λίγο μαγειρικό αλάς (χλωριούχο νάτριο) ( $\text{NaCl}$ ). Τότε ένα ρεύμα αρχίζει και παρνά από τη διάλυση. Το ρεύμα, όμως, όπως γνωρίζουμε πια, είναι ροή ελεύθερων ηλεκτρονίων. Τι συμβαίνει λοιπόν στην περίπτωση αυτήν; Μήπως, ρίχνοντας μέσα στο νερό αλάτι, ρίχνουμε μέσα σ' αυτό και ελεύθερα ηλεκτρόνια;

"Ας δούμε πώς εξηγεί αυτό το φαινόμενο η ηλεκτρονική θεωρία. Τώρα, όμως, πρέπει να επαντείνουμε ακόμη λίγο όσα είπαμε για τη θεωρία αυτήν στην αρχή του βιβλίου.

Όπως μάθαμε ήδη, τα ηλεκτρόνια είναι ταχτοποίημένα γύρω από τους πυρήνες των ατόμων σε επτά κύριες στιβάδες, που λέγονται και "φλοιοί". Οι στιβάδες με διαφορετική διάμετρο ή καθεμιά, συμβολίζονται με τα γράμματα K, L, M, N, O, P; Q.

Τα ηλεκτρόνια, που βρίσκονται σε κάθε στιβάδα αρχίζουν από ένα και μπορούν να φθάσουν σε ορισμένο αριθμό που εξαρτάται από το στοιχείο όπου ανήκουν.

Η ηλεκτρονική σύνοψη της εξέλιξης της στιβάδας κάθε στοιχείου χαρακτηρίζεται τιςχημικές και φυσικές ιδιότητες του στοιχείου.

Κάθε στιβάδα μπορεί να έχει έως ορισμένο ά-



ριθμό ηλεκτρονίων. Φαίνεται πώς ο αριθμός αυτός βρίσκεται από τον τύπο  $2v^2$ , όπου το  $v$  για τη στιβάδα  $K=1$ , για την  $L=2$ , για την  $M=3$ , για την  $N=4$  κ.ο.κ. "Ετσι η στιβάδα  $K$  δεν μπορεί να έχει περισσότερα από  $2v^2 = 2 \times 1^2 = 2$  ηλεκτρόνια. Η  $L$ ,  $2v^2 = 2 \times 2^2 = 8$  ηλεκτρόνια. Η  $M$ ,  $2 \times 3^2 = 18$  ηλεκτρόνια. Η  $N$ ,  $2 \times 4^2 = 32$  ηλεκτρόνια. Η στιβάδα  $O$ ,  $2 \times 5^2 = 50$  ηλεκτρόνια. Η  $P$ ,  $2 \times 6^2 = 72$  ηλεκτρόνια. Η  $Q$ ,  $2 \times 7^2 = 98$  ηλεκτρόνια. Αυτό, όμως, δε σημαίνει ότι κάθε στιβάδα πρέπει να πάρει πρώτα όλα τα ηλεκτρόνια που δικαιούται, για να αρχίσουν νέα στιβάδα. Κάθε νέα στιβάδα αρχίζει να δημιουργείται μόλις η προηγούμενη της στιβάδα πάρει ορισμένα ηλεκτρόνια. Ο αριθμός αυτών των ηλεκτρονίων εξαρτάται από τη στιβάδα.

"Αν εξαιρέσουμε ε τα δύο πρώτα στοιχεία, Υδρογόνο και Ήλιο, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που έχει πάντοτε κάθε εξώτατη στιβάδα, φτάνει τα 8. Όταν συμπληρωθεί αυτός ο αριθμός, αρχίζει νέα στιβάδα με μεγαλύτερη διάμετρο. Η προηγούμενη στιβάδα εξακολουθεί να παίρνει και άλλα ηλεκτρόνια ώσπου συμπληρωθεί ο αριθμός που μας δίνει ο τύπος  $2v^2$ , δεν είναι όμως πια η εξώτατη στιβάδα. Τώρα περιλαμβάνεται από τη νέα στιβάδα, που δημιουργήθηκε μόλις η ίδια πήρε τα 8 ηλεκτρόνια.

Τό περίεργο είναι πώς όλα τα στοιχεία, που έχουν την εξώτατη στιβάδα γεμάτη με 8 ηλεκτρόνια, αποτελούν τα λεγόμενα "σπάνια αέρια". "Ετσι έχουμε το σπάνιο αέριο Νεο. (ατομικός αριθμός  $Z=10$ ) με 8 ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα του  $M$ . Τό σπάνιο αέριο Κρυπτό ( $Z=36$ ) με 8 ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα  $N$ . Τό σπάνιο αέριο Ξένο ( $Z=54$ ) με 8 επίσης ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα  $O$ . Τελος, τό σπάνιο αέριο Ραδόνιο, που λέγεται και Νιτόν ή και Εμμανασιόν ( $Z=86$ ), με 8 ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα  $P$ .

Τα σπάνια αέρια ακολουθούνται άμεσα από στοιχεία με καινούργια στιβάδα που αρχίζει με 1 ηλεκτρόνια. Και έτσι και τό Ήλιο έχει συμπληρωμένη, εστω και με 2 μονάχα ηλεκτρόνια, την εξώτατη του στιβάδα και ακολουθείται έπειτα από τό Λίθιο που παρουσιάζεται με νέα στιβάδα, πρώτα κι αυτό να είναι σπάνιο αέριο όπως και πράγματι είναι.

Τά εξώτατα ηλεκτρόνια στά άέρια πού άν κέρρα-  
μα συγκρατούνται πολύ στενά γύρω από τόν πυρήνα. Απο-  
ταλούν, όπως λέμε, κλειστή διάταξη.

Αυτά τά σπάνια άέρια, "Ηλιο, Νέο, Αργό, Κρυ-  
πτό, Ξένο καί Ραδόνιο, παρουσιάζουν χημική αδράνεια.  
Είναι στοιχεία χωρίς χημική συγγένεια. Γι' αυτό, δέν  
συνωνονται με άλλα χημικά στοιχεία, αλλά ούτε καί με  
τά ίδια άτομά τους για νά σχηματίσουν μόρια καί, γανι-  
κά, έχουν μεγάλη ευστάθεια.

Επομένως τά σπάνια άέρια μπορούν νά θεωρη-  
θούν σά σύνορα πού χωρίζουν τή φυσική σειρά τών στοι-  
χείων σε έφτά τμήματα ή, όπως λέμε, σε έφτά "περίοδος"  
Ετσι τό περιοδικό σύστημα, πού θεμελιώθηκε από τό 1869  
άπό τόν Μεντελεγιεφ καί Μαίγιορ, δικαιώνεται καί με τήν  
"Ηλεκτρονική θεωρία.

Η πρώτη περίοδος έχει 2 μονάχα στοιχεία, τό  
Υδρογόνο καί τό Ηλιο. Η δεύτερη περίοδος, πού αρχί-  
ζει από τό Λίθιο καί τελειώνει στο Νέο, έχει 8 στοι-  
χεία. Η τρίτη, επίσης με 8 στοιχεία, αρχίζει από τό  
Νάτριο καί καταλήγει στο Αργό. Η τέταρτη αρχίζει με  
τό Κάλιο καί τελειώνει στο Κρυπτό. Η περίοδος αυτή  
έχει 18 στοιχεία. Η πέμπτη περίοδος, πάλι με 18 στοι-  
χεία, αρχίζει από τό Ρουβίδιο καί καταλήγει στο Ξένο.  
Η έκτη έχει 32 στοιχεία καί αρχίζει από τό Καίσιο για  
νά τελειώσει στο Ραδόνιο. Τέλος, η έβδομη περίοδος  
έχει 6 μονάχα στοιχεία. Αρχίζει με τό άγνωστο άόμοιο  
στοίχειο 87 καί καταλήγει στο γνωστό Ουράνιο. Η περίο-  
δος αυτή δε θεωρείται συμπληρωμένη, γιατί περιλαβ βά-  
νει τ' ακτινεργά στοιχεία.

Τά σπάνια άέρια ακολουθούν εύθύς άμέσως στοι-  
χεία με I ηλεκτρόνιο σε νέα εξώτατη στιβάδα. Αυτά τά  
στοιχεία είναι τό Λίθιο ( $Z=3$ ), τό Νάτριο ( $Z=11$ ), τό  
Κάλιο ( $Z=19$ ), τό Ρουβίδιο ( $Z=37$ ), τό Καίσιο ( $Z=55$ )  
καί τό άγνωστο στοιχείο 87. Αυτά όμως τά στοιχεία  
είναι, κατά τή χημεία, τά "αλκάλια". Αρα όλα τά  
άλλάλια έχουν στην εξώτατη στιβάδα I ηλεκτρόνιο, ενώ  
η άμεσως προηγούμενη στιβάδα είναι συμπληρωμένη με  
8 ηλεκτρόνια. Τά αλκάλια, λοιπόν, άν παρουσιάζουν τίσ  
ίδιας χημικές ιδιότητες, τίσ παρουσιάζουν γιατί έχουν  
καί τήν ίδια ηλεκτρονική σύνθεση στην εξώτατη στιβά-  
δα.

"Επειτα βλέπουμε στοιχεία πού έχουν 2 ηλεκτρό-  
νια στην εξώτατη στιβάδα, με τήν προηγούμενη στιβάδα

συμπληρωμένη με 8 ηλεκτρόνια. Αυτά τα στοιχεία είναι ει "αλκαλικές γαίες".

Προχωρώντας έτσι φτάνουμε σε στοιχεία που έχουν 7 ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα, με την άμεσως προηγούμενη στιβάδα συμπληρωμένη με 2 ή με 8 ή 18 ηλεκτρόνια. Αυτά είναι τα "αλατογόνα", ή και "αλογόνα" Φθόριο, Χλώριο, Βρώμιο, Ιώδιο και το άγνωστο ακόμη στοιχείο 85.

Στην αρχή του βιβλίου είδαμε, ότι τα διάφορα άτομα επιθυμούν να έχουν συμπληρωμένες στιβάδες. Όλα τα στοιχεία, λοιπόν, δείχνουν, πράγματι, διάθεση να έχουν συμπληρωμένες στιβάδες, επιθυμούν δηλαδή να πάρουν την ηλεκτρονική σύσταση των εξώτατων στιβάδων που παρουσιάζουν τα γειτονικά τους σπάνια αέρια, για να αποκτήσουν έτσι και την ευστάθεια αυτών των αερίων.

Σύμφωνα με αυτά που λέμε, τ'αλκάλια εύκολα διώχνουν το μοναδικό ηλεκτρόνιο της εξώτατης στιβάδας, για να παρουσιάσουν όμοια, τουλάχιστο στη διάταξη των ηλεκτρονίων τους, με τα προηγούμενά τους σπάνια αέρια. Το Λίθιο προσπαθεί να διώξει το I ηλεκτρόνιο της στιβάδας L, για να μοιάσει με το σπάνιο αέριο Ηλιο, που έχει στην εξώτατη στιβάδα του 2 ηλεκτρόνια. Το Νάτριο επιθυμεί να διώξει το I ηλεκτρόνιο της στιβάδας M, για να μοιάσει με το σπάνιο αέριο Νέο, που έχει 8 ηλεκτρόνια στη στιβάδα L.

Όσο όμως τα ηλεκτρόνια της εξώτατης στιβάδας αυξάνουν, τόσο και πιο δύσκολα διώχνονται από το στοιχείο. Το στοιχείο με πολλά ηλεκτρόνια στη μη συμπληρωμένη όμως ακόμη εξώτατη στιβάδα του, προσπαθεί αντί να δώσει, να πάρει ηλεκτρόνια για να συμπληρώσει τη στιβάδα και να μοιάσει με το επόμενον σπάνιο αέριο. Έτσι όλα τα αλατογόνα προσπαθούν να πάρουν I ηλεκτρόνιο, για να συμπληρώσουν την εξώτατη στιβάδα και να πάρουν την ηλεκτρονική σύνθεση, που έχει η εξώτατη στιβάδα των άμεσως απομενων σπάνιων αερίων. Το Χλώριο π.χ. τείνει να προσθέσει στα επτά του ηλεκτρόνια της εξώτατης στιβάδας του άλλο ένα; για να μοιάσει με το σπάνιο αέριο Αργό.

Και η "ατομικότητα" όμως ή το "σθένος" των στοιχείων, δηλαδή η ικανότητα που παρουσιάζει κάθε στοιχείο να ενωθεί και να κορεσθεί με όρισμένα άτομα υδρογόνου ή με, ισοδύναμα με αυτά, άτομα άλλου στοι-

χαίου, π.χ. οξυγόνου, εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων της εξώτατης στιβάδας. Έτσι, το υδρογόνο και τα αλκάλια, που έχουν ένα μοναδικό ηλεκτρόνιο στην εξώτατη στιβάδα είναι μονοθενικά με μεταλλικές ιδιότητες. Τα στοιχεία που έχουν 2 ηλεκτρόνια στην εξώτατη στιβάδα, είναι διθενικά με μεταλλικές ιδιότητες κ.ο.κ. Τα αλατογόνα που έχουν 7 ηλεκτρόνια είναι επταθενικά (όπως στην περίπτωση του  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ), τις περισσότερες όμως φορές, μονοθενικά, γιατί προτιμούν να πάρουν 1 ηλεκτρόνιο παρά να δώσουν 7 ηλεκτρόνια. Τέτοια στοιχεία έχουν, λάμπα, διπλό σθένος, γιατί παρουσιάζονται με ένα σθένος ηλεκτροθετικά (τό χλώριο όταν δώσει τα 7 ηλεκτρόνια γίνεται θετικό ιόν), και με το άλλο σθένος, ηλεκτροαρνητικά (τό χλώριο όταν πάρει ένα ηλεκτρόνιο γίνεται αρνητικό ιόν). Τα στοιχεία άρτια αριθμηθέν ενώνονται με άλλα στοιχεία, έχουν σθένος μηδέν.

Όταν τώρα ένα άτομο Νατρίου βρεθεί κοντά σ' ένα άτομο χλωρίου, δίνει το μοναδικό του ηλεκτρόνιο και το στέλνει στο χλώριο, που επιθυμεί άλλωστε και το χλώριο να το πάρει. Ποτε το άτομο του νατρίου, άπει δὴ χάσει, ένα ηλεκτρόνιο; δὲν είναι πιά άτομο Νατρίου, ἀλλὰ θετικό ιόν Νατρίου. Ἡ διάθεση τοῦ Νατρίου νὰ ἐλευθερώσῃ ἕνα ηλεκτρόνιο καὶ νὰ γίνῃται θετικό ιόν, κατὰτάσσει τὸ Νάτριο στὴν κατηγορία τῶν ηλεκτροθετικῶν στοιχείων.

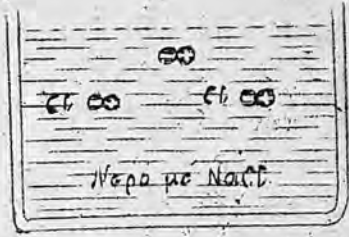
Ἀλλὰ καὶ τὸ χλώριο, παίρνοντας τὸ ηλεκτρόνιο τοῦ τοῦ χάσει τὸ Νάτριο, πλουτίζει κατὰ ἕνα ηλεκτρόνιο καὶ γίνῃται, ὅπως εἴπαμε προηγουμένως, ἀρνητικό ιόν. Γι' αὐτὸ, τὸ χλώριο κατὰτάσσεται στὰ ηλεκτροαρνητικά στοιχεία.

Ὁ νόμος τοῦ Κουλόμ μᾶς λέει, ὅμως, ὅτι τὰ ἑταρῶνυμα εὐκονταί. Ματαξύ λοιπόν τοῦ θετικῆς Νατρίου καὶ τοῦ ἀρνητικῆς χλωρίου δημιουργεῖται ἐλξη, τὰ δύο στοιχεία ἐνώνονται καὶ ἀποτελοῦν τὸ κρυσταλλικὸ χλωριούχο νάτριο, δηλαδή τὸ τόσο γνωστὸ μᾶς μαγειρικό αλάτι.

Ἦν γίνεται ὅμως, ὅταν ρίξουμε τὸ χλωριούχο νάτριο μέσα στὸ νερό; Ἡ κατάσταση μένει ἡ ἴδια, μὴ μόνη τῇ διαφορᾷ ὅτι ἡ παρουσία τοῦ νεροῦ, ποὺ διαλύει μέσα στὸ χλωριούχο νάτριο, κάνει καὶ τὴν ἐλξη μεταξύ τῶν ἰόντων τοῦ ὀξυγόνα περίπου φορές ἀσθενέ-



στερη, απ' όση είναι ήταν το κρυσταλλικό χλωριούχο νάτριο βρίσκται στον άέρα. Το χλωριούχο, λοιπόν νάτριο διασπάται στα ίόντα του θετικό Νάτριο και άρνητικό Χλώριο, πού συγκρατούνται πάλι μόνον από τή αναμέτρησή τ' άλλο, άλλ' αυτήν τή φορά με λιγότερη δύναμη (Σχ. 46)



Σχ. 46

Τό φαινόμενον αυτό λέγεται "ή γλώσσα τής Χημείας Αφαιρισμός", "αφαίρεισή", "διάσπαση" ή και "διάσπαση" και μελετήθηκε πρώτα από τον Σουηδό φυσικό Χημικό Σβάντα Αύγουστο Αρρήνιους (Arrhenius) (1859-1927).

Η κατάσταση πού παρουσιάζει τό χλωριούχο νάτριο μέσα στο νερό, αλλάζει άμέσως αν βάλουμε μέσα στη διάλυση δύο μεταλλικές πλάκας και ανώσουμε τη μία με τό θετικό πόλο μιάς ηλεκτρικής πηγής και τήν άλλη με τον άρνητικό (Σχ. 47).

Οι πλάκας πού χρησιμεύουν για τήν προσαγωγή και απαγωγή του ρεύματος, λέγονται, σ' αυτή τή περιπτώση, ή λ η κ τ ρ ό δ ι α και ή διάλυση ή λ η κ τ ρ ο λ υ τ η ς. Από τά δύο ηλεκτρόδια, τό ανωμένο με τό θετικό πόλο τής πηγής λέγεται θ ε τ ι κ ό ηλεκτρόδιο και ή ά ν ο δ ο ς. Τό άλλο τό ανωμένο με τον άρνητικό πόλο τής πηγής, ά ρ ν η τ ι κ ό ηλεκτρόδιο ή και ή ά θ ο δ ο ς. Τε γίνεται τότε είναι εύκολο νά τό φανταστούμε :

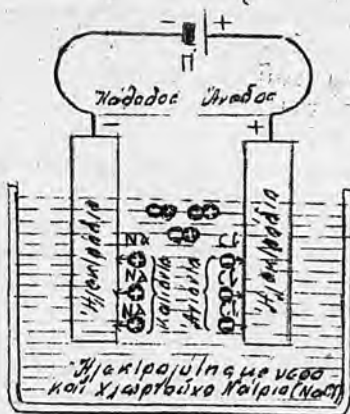
Τά ίόντα βρίσκονται μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο των δύο ηλεκτροδίων. Απ' αυτά τό θετικό ηλεκτρόδιο δι-φύγει για ηλεκτρόνια, ενώ τό άρνητικό θέλει νά διώξει τά περίσσεια πού έχει. "Ας δούμε τώρα πώς θα κινηθούν ένα θετικό ίόν Νατρίου και ένα άρνητικό ίόν Χλωρίου και ποιά αποτελέσματα θα έχουν.

Τό θετικό ίόν του Νατρίου πορεύεται (γι' αυτό και τό όνομα ίόν, ουδέτερο τής μεροχής του άρχαίου είμι=πορεύομαι) πρós τήν κάθοδο, γι' αυτό λέγεται και κ α τ ι ό ν. Όταν φτάσει σ' αυτήν τήν παίρνει τό ηλεκτρόνιο πού του λείπει, γίνεται άτομο Νατρίου και σάν τό-τοιο επιδρά άμέσως, όπως μās λέγει ή Χημεία, στο



ναρό και δημιουργεί καυστικό νάτριο και υδρογόνο σύμφωνα με την εξίσωση :  
 $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHO} + \text{H}$ . Το υδρογόνο ελευθερώνεται από την κάθοδο στον αέρα.

Εδώ βλέπουμε πώς, όσο το νάτριο είναι ιόν, επειδή έχει την ηλεκτρονική σύσταση της εξώτατης στιβάδας του σπάνιου αερίου Νέου, αδραναί όπως αυτό το αέριο και δεν επιδρά στο ναρό παρά μονάχα όταν ξαναγίνει άτομο Νατρίου παίρνοντας το ηλεκτρόνιο που του λείπει από την κάθοδο.



Σχ. 47

Τό αρνητικό ιόν χλωρίου ελευθερείται από τη θετική άνοδο, γι αυτό λέγεται και ανιόν και όταν φτάσει σ αυτήν της δίνει τό παραπάνισιο ηλεκτρόνιο που έχει και ξαναγίνεται άτομο χλωρίου. Όταν πολλά ιόντα χλωρίου φτάσουν στην άνοδο, αφού γίνουν άτομα χλωρίου μαζεύονται σ' αυτήν και σχηματίζουν ένα πρασινωπό αέριο.

Βλέπουμε λοιπόν, ότι η άνοδος πήρα ένα ηλεκτρόνιο από τό αρνητικό ιόν του χλωρίου. Από την άλλη πλευρά, η κάθοδος έδωσε ένα ηλεκτρόνιο στο θετικό ιόν του Νατρίου. Και, επειδή μέσα στον ηλεκτρολύτη τά ιόντα του νατρίου είναι όσα και τά ιόντα του χλωρίου συνάγεται, ότι, όσα ηλεκτρόνια πάρει από τ αντίστοιχα αρνητικά ιόντα τ ου χλωρίου η άνοδος, τά ίδια ακριβώς δίνει η κάθοδος στα θετικά ιόντα του Νατρίου. Αλλά, η ανταλλαγή των ηλεκτρονίων στί ηλεκτρόδια σημαίνει και ροήν ελεύθερων ηλεκτρονίων μέσα από τούς άγωγους κι από την πηγή που δίνει την τάση στα ηλεκτρόδια. Έχουμε, άρα, ένα ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα. Το ρεύμα αυτό μέσα στους άγωγούς είναι ροή, πραγματικά; ελεύθερων ηλεκτρονίων, μέσα όμως στον ηλεκτρολύτη, μεταφορά ιόντων. Γι αυτό, τό ρεύμα μέσα στους άγωγούς μπορεί νά ονομαστεί "ρεύμα άγωγιμότητας" ενώ τό ρεύμα μέσα στον ηλεκτρολύτη, "ρεύμα μεταφοράς".

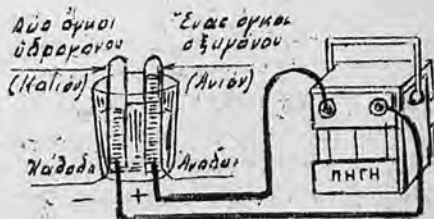
Ἡ μεταφορά μᾶσα στὸν ἠλεκτρολύτη τῶν ἰόντων, πού ἔχουν μᾶζα πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ μᾶζα τῶν ἠλεκτρονίων, δὲν εἶναι τόσο εὐκόλη, ὅση εἶναι ἡ ροὴ τῶν ελαύθερων ἠλεκτρονίων στοὺς ἀγωγούς. Γι' αὐτὸ ἄλλωστε τὰ ὑγρά δὲν εἶναι καὶ τόσο καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ κατὰσσονται στὰ ἠμιαγωγὰ σώματα.

Τί γίνεται ὅμως ὅταν ὅλα τὰ ἀνιόντα καὶ κατιόντα φτάσουν στὸν προορισμὸ τους; Τότε φυσικὰ, τελειώνει τὸ φαινόμενο καὶ τὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα μηδανίζεται. Ὅταν ρίξουμε κί' ἄλλο ἀλάτι στὸ νερὸ, τὸ ρεῦμα ξαναφαίνεται, γιατί πάλι τὰ ἀνιόντα καὶ κατιόντα ξαναρχίζουν τὴ δουλειά τους.

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ λέγεται ἠλεκτρολύση. Ἡ ἠλεκτρολύση καὶ ἡ συσκευὴ ὅπου γίνεται, ἠλεκτρολύτης καὶ ἡ συσκευή ὅπου γίνεται, ἠλεκτρολύση. Κρίνουμε περὶ τὸ νὰ προσθέσουμε, ὅτι, ὅταν γίνεται ἠλεκτρολύση, εμεῖς δὲ βλέπουμε τὰ ἰόντα νὰ κινούνται μᾶσα στὸν ἠλεκτρολύτη, γιατί αὐτὰ εἶναι ἄόρατα, ἀλλὰ καταλαβαίνουμε τὸ φαινόμενο γιατί βλέπουμε στὴν κάθοδο φουαλλίδας ἀπὸ ὑδρογόνο καὶ στὴν ἄνοδο τὸ πρασινωπὸ ἀέριο χλωρίο. Γενικὰ, τ' ἀποτελέσματα πού ἔχουμε ἀπὸ μιὰ ἠλεκτρολύση φαίνονται μονάχα στὰ δύο ἠλεκτροδία, στὴν ἄνοδο καὶ στὴν κάθοδο.

Ἡ ἠλεκτρολύση τοῦ νεροῦ.

Ὁ ἠλεκτρολύτης, πού ἀναφέραμε στὰ προηγούμενα ἦταν νερὸ καὶ χλωριούχο νάτριο. Μποροῦμε ὁμως νὰ τὸν κάνουμε καϊαλιώς. Νά ρίξουμε π.χ. μᾶσα στὸ νερὸ λίγο θειϊκό ὄξύ ( $H_2SO_4$ ). Τὸ φαινόμενο θά ξαναπαρουσιασταῖ. Αὐτὴν τὴ φορά κατιόν εἶναι τὸ ὑδρογόνον καὶ ἀνιόν ἡ ρίζα  $SO_4$ .



Σχ. 48

Μὲ μιὰ τέτοια διάλυση μπορούμε νὰ διασπάσουμε καὶ τὸ νερὸ στὰ συστατικά του, δηλαδὴ σὲ ὑδρογόνο καὶ σὲ ὑδρογόνο. Ἐς παρακολούθησάμε ὁμως τὸ

Σχ. 48. Μᾶσα σ' ἓνα δοχεῖο, πού ἔχει νερὸ ( $H_2O$ ) μὲ λίγο θειϊκό ὄξύ ( $H_2SO_4$ ), βάζουμε τὴν ἄνοδο καὶ τὴν κάθοδο

δο, και τις συνδέουμε αντίστοιχα με το θετικό και τον αρνητικό πόλο της πηγής που θα μας δώσει το ρεύμα. Έπάνω από τα δύο ηλεκτρόδια αναποδογυρίζουμε δύο γυάλινους σωλήνες γεμάτους με ηλεκτρολύτη.

"Επειτα από λίγο βλέπουμε, πώς τα επάνω μέρη των σωλήνων αερίζουν από τον ηλεκτρολύτη. Στην πραγματικότητα μαζεύεται μέσα στο σωλήνα, που βρίσκεται αναποδογυρισμένος επάνω από την άνοδο, οξυγόνο. Αυτό με την πίεσή του, διώχνει τον ηλεκτρολύτη προς τα κάτω. Το ίδιο γίνεται και στο σωλήνα της καθόδου, με τη διαφορά μονάχα πώς το αέριο, που μαζεύεται σ' αυτόν, είναι υδρογόνο. Βλέπουμε μάλιστα πώς ο όγκος του υδρογόνου είναι διπλάσιος από τον όγκο του οξυγόνου. Και πολύ σωστά. Γιατί, για να κάνουμε νερό, πρέπει να πάρουμε υδρογόνο και οξυγόνο σε αναλογία 2 προς 1.

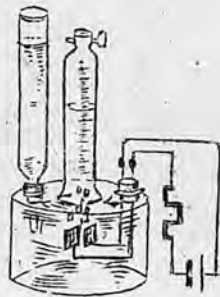
Ποσότητα ηλεκτρισμού  
Ίση με 1 αμπερώριο ελευθερώνει στην κάθοδο 0,42 κυβικά υποδεικάμετρα υδρογόνο (βάρος 0,0374 γραμμάρια) και στην άνοδο 0,21 κυβικά υποδεικάμετρα οξυγόνο (βάρος 0,299 γραμμάρια).

"Αν αναμίξουμε το υδρογόνο με το οξυγόνο, δημιουργείται ένα αέριο, που λέγεται  
"ε κ ρ η χ τ ι κ ό α έ ρ ι ο"

(Κ ρ ο τ ο ῦ ν α έ ρ ι ο). Όπως και από το όνομα του φαίνεται, το αέριο αυτό κάνει έκρηξη όταν έρθει σ' επαφή με φωτιά.

Τό Σχ. 49 δείχνει μια ηλεκτρολυτική συσκευή, που με τη βοήθειά της μπορούμε και παράγουμε τέτοιο αέριο. Όπως βλέπουμε, και τα δύο ηλεκτρόδια ελευθερώνουν μέσα στον ίδιο σωλήνα το οξυγόνο και το υδρογόνο, όπου και ανακατεύονται. Είναι εύνητο πώς, όσο περισσότερο είναι το αέριο, τόσο δυνατότερη είναι και η έκρηξη που κάνει.

Τό έκρηχτικό αέριο μπορεί να σχηματιστεί και επάνω από ύγρες αντιστάσεις. Γι' αυτό, όταν χρησιμοποιούμε τέτοιες αντιστάσεις, δεν πρέπει να πλησιάζουμε κοντά τους ούτε μ' αναμμένα τσιγάρο.



Σχ. 49

Δευτερεύουσες αντιδράσεις

Στό πείραμα τῆς ἠλεκτρόλυσης τοῦ νεροῦ φαίνεται πῶς κάτι δὲ συμφωνεῖ μὲ τὰ ὅσα εἶπαμε ἀνωτέρω. Καί πράγματι: Μιλώντας γιὰ τὴ διάσπαση τοῦ ἠλεκτρολύτη, πού κάναμε ἀπὸ νερὸ ( $H_2O$ ) καὶ θειϊκὸ ὄξύ ( $H_2SO_4$ ), εἶπαμε πῶς τὸ ὑδρογόνον  $H_2$  ἀποτελεῖ τὸ κατιόν καὶ καταβαίνει στὴν κάθοδο. Μ' αὐτὸ συμφωνεῖ καὶ τὸ πείραμα. Εἶπαμε ἐπίσης πῶς ἡ ρίζα  $SO_4$  ἀναβαίνει πρὸς τὴν ἀνοδο. Τὸ πείραμα ὅμως μᾶς δείχνει πῶς σ' αὐτὴν μαζεύεται μονάχα ὄξυγόνο. Πῶς ἐξηγεῖται ἡ ἀσυμφωνία αὐτῆ; Ποῖός ἐστι φάρμακα; Ἡ θεωρία ἢ τὸ πείραμα; Καὶ ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα βρίσκονται ἐν τάξει. Καὶ νὰ γιὰτι :

Ἡ ρίζα  $SO_4$  πηγαίνοντας πρὸς τὴν ἀνοδο διασπᾶται σὲ  $O$  καὶ σὲ  $SO_3$ . Τὸ ὄξυγόνο παρουσιάζεται πραγματικῶς ἐλευθέρου στὴν ἀνοδο. Τὸ  $SO_3$  παίρνει ἀπὸ τὸ νερὸ τοῦ ἠλεκτρολύτη ἀπὸ  $H_2O$  καὶ γίνεται πάλι  $H_2SO_4$  δηλαδὴ θειϊκὸ ὄξύ. Στὴν πραγματικότητά λοιπὸν ἠλεκτρολύεται τὸ διαλυμένον μέσα στὸ νερὸ θειϊκὸ ὄξύ. Ἔτσι ἔχουμε γι' ἀποτέλεσμα, σ' αὐτὴ τὴν ἠλεκτρόλυση, τὸ μᾶζμα ὑδρογόνου στὸ ἀρνητικὸ ἠλεκτροδίο καὶ ὄξυγόνου στὸ θετικόν. Αὐτὸ τὸ πρᾶγμα ἔκανε στὴν ἀρχὴ τοὺς εἰδηκοὺς νὰ νομίσουν, πῶς τὸ νερὸ εἶναι ἠλεκτρολύτης καὶ διασπᾶται μὲ τὸ πέρασμα τοῦ ρεύματος σὲ ὄξυγόνο καὶ ὑδρογόνον.

Ὅταν ἔχουμε μιὰ ἀντίδραση σὰν αὐτὴν πού προαναφέραμε, λάμε πῶς ἔχουμε μιὰ δ ε υ τ ρ ε υ ο υ - δ α ἀ ν τ ῖ δ ρ α σ η.

Παρόμοιες δευτερεύουσες ἀντιδράσεις παρουσιάζονται πολλὰς φορές. Ἄν θελήσουμε π.χ. νὰ ἠλεκτρολύσουμε ἄλλας ἀπὸ μέταλλο τῶν ἀλκαλίων (κάλιο, νάτριο κλπ.) λυμένον μέσα στὸ νερὸ, τὸ μέταλλο δὲν μπορεῖ νὰ παρουσιαστῆ ἐλευθέρου στὴν κάθοδο, ὅσο ὑπάρχει τὸ νερὸ. Ἀντὶ γι' αὐτὸ παρουσιάζεται στὴν κάθοδο τὸ ὑδρογόνον, πού ἐλευθερῶνεται ἀπὸ τὸ νερὸ, γιὰτί στὸ νερὸ ἐπιδρᾷ τὸ μέταλλο. Καὶ στὴν ἠλεκτρόλυση τοῦ μαγνησίου ἀλάτος (χλωριούχου νατρίου  $NaCl$ ) πού προαναφέραμε, δὲν παρουσιάζεται τελικῶς στὴν κάθοδο τὸ μέταλλο νάτριο ( $Na$ ), ἀλλ' ὑδρογόνον ( $H$ ) γιὰτί τὸ θετικὸ ἰόν τοῦ Νατρίου, ἀφοῦ γίνῃ, παίρνοντας ἀπὸ τὴν κάθοδο τὸ ἠλεκτρονίον πού τοῦ λείπει, ἄτομο Νατρίου, ἐπιδρᾷ στὸ

νερό ( $H_2O$ ) του ηλεκτρολύτη, παίρνει απ' αυτό ένα μέρος οξυγόνο (O) και ένα μέρος υδρογόνου (H), γίνεται, για να είμαστε ακριβέστεροι, καυστικό νάτριο ( $NaOH$ ), και το υπόλοιπο μέρος του υδρογόνου (H) παρουσιάζεται στην κάθοδο, όπου και ελευθερώνεται.

### Συμπέρασμα.

Τό συμπέρασμα όλων αυτών που είπαμε είναι τό εξής: Ηλεκτρολύτες ονομάζονται τά υγρά πού, αποταλούμενα από ενώσεις ιόντων, μπορούν να μās δώσουν αντίοντα και κατιόντα εστω και λίγα, όταν βρεθούν μέσα σ' ένα ηλεκτρικό πεδίο. Τέτοια είναι τά αραιά όξεία, τά μεταλλικά αλατα και οί βάσεις.

Όταν γίνεται ηλεκτρόλυση, τά ιόντα παρουσιάζονται μόνο στά ηλεκτρόδια και ποτέ μέσα στον ηλεκτρολύτη.

Τό μέταλλο του ηλεκτρολύτη ή τό υδρογόνο είνε πάντοτε κατιόν και παρουσιάζεται στην κάθοδο. Τό υπόλοιπο σωματικί του (όξυγόνο, μεταλλοειδές ή ρίζα όξείος), είναι αντίον και έρχεται πρός την άνοδο.

Στά κατιόντα λοιπόν ανήκουν τά ιόντα των μετάλλων και του υδρογόνου, και στά αντίοντα, τά ιόντα των μη μετάλλων.

Από την ηλεκτρόλυση βγαίνει και ένα άλλο συμπέρασμα: Ότι, πραγματικά, τό ρεύμα έχει κατεύθυνση. Γιατί πάντοτε τό υδρογόνο ή τό μέταλλο παρουσιάζεται στην κάθοδο. Και αν ακόμη αναστρέψουμε τους πόλους της πηγής, πού χορηγεί τό ρεύμα για την ηλεκτρόλυση, πάλι τό υδρογόνο ή τό μέταλλο θα φανούν στο ηλεκτρόδιο πού συνδέθηκε με τον αρνητικό πόλο της πηγής, δηλαδή στην κάθοδο.

### Σέ τί χρησιμεύει ή ηλεκτρόλυση.

Ποιό είναι όμως τό πρακτικό αποτέλεσμα όλων αυτών πού μάθαμε ως τώρα;

Τό πρακτικό αποτέλεσμα τό βλέπουμε στην Ηλεκτροχημεία. Η επιστήμη αυτή, ιδιαίτερος μεγάλος κλάδος της χημείας, πραγματεύεται ειδικά τή μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική και αντίστροφα, δηλαδή τή δημιουργία χημικών αντιδράσεων με τό ηλεκτρικό ρεύμα ή την παραγωγή ηλεκτρικού έργοθ από την ενέργεια



τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων.

Στέλνοντας ρεῦμα μὲ κατάλληλο τρόπο μέσα ἀπὸ ἠλεκτρολύτες, μπορούμε σήμερα νὰ ἐπιμεταλλώσουμε μὲ λεπὰ ἢ χοντρά μεταλλικά στρώματα ἕνα σωρὸ πράγματα ἢ καὶ νὰ κατασκευάσουμε διάφορα ἀντικείμενα. Ἡ τέχνη αὐτὴ λέγεται Γαλβανοσταχυνεῖα  $\Psi$  καὶ διαρρεῖται στὴ Γαλβανοσταχυνεῖα καὶ στὴ Γαλβανοπλαστική. Στὴ Γαλβανοσταχυνεῖα ἐπιμεταλλώνουμε ἀπλῶς διάφορα ἀντικείμενα, ἐνῶ στὴ Γαλβανοπλαστικὴ ἐπιμεταλλώνουμε ἀπλῶς διάφορα ἀντικείμενα, ἐνῶ στὴ Γαλβανοπλαστικὴ κατασκευάζουμε ὁλόκληρα τὰ ἀντικείμενα. Μετὴν ἠλεκτροχημεία μπορούμε ἐπίσης νὰ χωρίσουμε τὰ μέταλλα ἀπὸ τὶς ενώσεις τους ἢ νὰ κάνουμε μὲ δευτερεύουσες ἀντιδράσεις ἄλλες ενώσεις.

ἠλεκτρόλυση μὲ διαλυτὴ ἄνοδο.

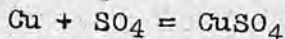
Ὅταν ὁλόκληρος ὁ ἠλεκτρολύτης ἀποσυντεθεῖ στὰ συστατικὰ του, ἡ ἠλεκτρόλυση τελειώνει. Τί γίνεται τότε; Ἀπλούστατα: Φροντίζουμε καὶ διαλύουμε πάντοτε στὸν ἠλεκτρολύτη τὸσο μέταλλο, ὅσο πάει στὴν κάθοδο. Τὸ πρᾶμα φαίνεται ἴσως δύσκολο, μὰ εἶναι ἀπλό. Φτάνει νὰ κάνουμε τὴν ἄνοδο ἀπὸ μέταλλο, πού τ' ἄλας του βρίσκεται μέσα στὸν ἠλεκτρολύτη.

Ἡ ἠλεκτρολύτης τότε παίρνει ἀπὸ τὴν ἄνοδο ὅσο μέταλλο χάνει κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσή του. Ὅσο μέταλλο λοιπὸν πάει πρὸς τὴν κάθοδο, τό ἴδιο ἀκριβῶς βγαίνει ἀπὸ τὴν ἄνοδο, πού διαλύεται ἔτσι σιγά σιγά μέσα στὸν ἠλεκτρολύτη.

Ἡ μέθοδος αὕτη λέγεται "ἠλεκτροόλυση μὲ διαλυτὴ ἄνοδο". Ἄς υποθέσουμε π.χ., πὺς θέλουμε νὰ ἠλεκτρολύσουμε ἠλεκτρολύτη καμωμένο ἀπὸ θεικὸ χαλκὸ ( $\text{CuSO}_4$ ) καὶ νερὸ ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Τὰ ἠλεκτρόδια εἶναι ἀπὸ χαλκὸ ( $\text{Cu}$ ). Ἡ διάσπαση τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ  $\text{CuSO}_4$  μᾶς δίνει γιὰ κατιὸν χαλκὸ  $\text{Cu}$  καὶ γιὰ ἀνιόν, τὴ ρίζα  $\text{SO}_4$ . Ὁ χαλκός, σὰ μέταλλο πού εἶναι, πηγαίνει καὶ κολλᾷ στὴν κάθοδο (ἀρνητικὸ ἠλεκτρόδιο), ἡ ρίζα ὅμως  $\text{SO}_4$  προσβάλλει τὴν ἄνοδο (θε-

(I) Γιὰ νὰ τιμῆσουν τὸν Ἰταλὸ φυσιοδίφη καὶ γιαιτρό Δουδοβίκο Γαλβάνι (GALVANI) πού, ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω, πρῶτος παρατήρησε τὰ φαινόμενα τῆς παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ χημικὲς ἀπιδράσεις (1737-1798).

τικό ηλεκτρόδιο) και απ' αυτήν την χημική δράση παρά-  
γεται πάλι θειϊκός χαλκός, δηλαδή:



Με την ηλεκτρόλυση λοιπόν του θειϊκού χαλκού με χάλκινα ηλεκτρόδια, αφαιρούμε χαλκό από το θειϊκό ηλεκτρόδιο και τον μεταφέρουμε, με τη βοήθεια του ηλεκτρολύτη, στο αρνητικό ηλεκτρόδιο. Το βάρος του χαλκού που χάνει η άνοδος, είναι ίσο ακριβώς προς το βάρος του χαλκού που παίρνει η κάθοδος. Έτσι εξηγείται και η ηλεκτρόλυση με άσημενα ηλεκτρόδια του ηλεκτρολύτη από νιτρικό άργυρο, καθώς και άλλων αλάτων.

Από τα παραδείγματα αυτά βγαίνει το συμπέρασμα, ότι στα ηλεκτρόδια δε μαζεύουμε πάντοτε τα προϊόντα, που προέρχονται από την άμεση διάσπαση του ηλεκτρολύτη, αλλά, συνήθιστα, τα προϊόντα που οφείλονται σε δευτερεύουσες αντιδράσεις.

Μερικές από τις εφαρμογές της Γαλβανοσταγίας,  
της Γαλβανοπλαστικής και της Ηλεκτροχημείας.

Ας δούμε τώρα μερικές από τις χίλιες δύο δουλειές που μας κάνει η ηλεκτρόλυση και πρώτα πρώτα στη Γαλβανοσταγία.

Ό,τι είπαμε παραπάνω για τη διάλυση μέσα στο νερό του μαγειρικού αλάτος, συμβαίνει, όπως είδαμε, και με κάθε άλλη διάλυση μεταλλικού αλάτος. Πάντοτε το θετικό ηλεκτρισμένο μέταλλο πηγαίνει προς την κάθοδο (αρνητικό πόλο) και πάντοτε το αρνητικό υπόλοιπο του ηλεκτρολύτη τραβά για την άνοδο (θετικό πόλο).

Όταν όμως το μέταλλο πηγαίνει προς την κάθοδο και κολλά επάνω της, τί άλλο θέλουμε; Βάζουμε την κάθοδο στο κατάλληλο "γαλβανικό", όπως λέμε, λουτρό και τότε μπορεί η κάθοδος να επιχρυσωθεί, να επαργυρωθεί, να επιχαλκωθεί, να επινικαλωθεί, να επιλευκωχρυσωθεί και γενικά, να επιμεταλλωθεί, αρκεί να κάνουμε με τον ηλεκτρολύτη από το αντίστοιχο μεταλλικό άλας.

Για την επιχρύωση π.χ. πρέπει να βάλουμε στη διάλυση του γαλβανικού λουτρού και χλωριούχο χρυσό, ούδέτερο.

Για την επαργύρωση, καθαρό νιτρικό άργυρο.

Για την επιχαλκωση, όξινο χαλκό.

Γιά τήν ἐπινικέλωση, διπλό θειϊκό ἄλας νικελίου καί ἄμμωνίας.

Γιά τήν ἐπιλευκοχρῦσωση, χλωριούχο λευκόχρυσο, οὐδέτερο.

Πράξει ἐπίσης νά ξέρουμε, πῶς ἡ ἐπιμετάλλωση γίνεται πάντοτε μέ καθαρό μέταλλο καί ποτέ μέ μίγμα. Δέν μπορούμε δηλαδή νά ἐποξειχαλκώσουμε ἕνα ἀντικείμενο, γιατί ὁ ὀρειχαλκός εἶναι μίγμα χαλκοῦ καί ψευδαργύρου.

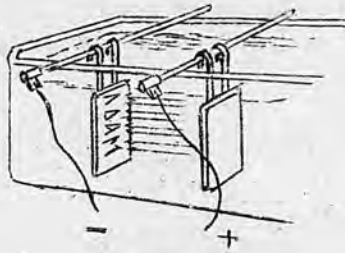
Στά σχετικὰ καταστήματα βρίσκουμε ἕνα σωρό ἀντικείμενα πού εἶναι ἐπιμεταλλωμένα. Στά κοσμηματοπωλεῖα μάλιστα μπορούμε ν' ἀγοράσουμε χαλλιτεχνικώτατα καί πάμφθονα κοσμήματα ἐπιχρυσωμένα, ἀπαργυρωμένα καί ὅ,τι ἄλλο θέλουμε, πού εἰς δύσκολα τά ἐξαχρῶζουμε ἀπό τά γνήσια. Κι' αὐτό γιατί ἡ ἐπιχρῦσωση ἢ ἡ ἀπαργύρωση εἶναι καμωμένη μέ πραγματικό χρυσάφι ἢ ἀσημί. Σ' αὐτά τά κοσμήματα τό στρώμα τοῦ μετάλλου, πού ἔχουμε στήν ἐπιφάνειά τους, εἶναι τόσο λεπτό, ἄρα καί ἡ ποσότητά του τόσο μικρή, ὥστε δέν κοστίζουν στόν κατασκευαστή τους καί μεγάλα πράματα. Γιά γὰ πάροουμε μέτ' ἰδέα, ἄς μάθουμε, πῶς τό χρυσάφι, πού ἔχει μέτ' ἰδέα, ἀρκαῖ γιά νά ἐπιχρυσωθεί ὀλόκληρος ἄφιππος ἀνδριάντας καί σέ φυσικό μάλιστα μέγεθος.

Ἡ ἐπιμετάλλωση, ὡστόσο, δέ μᾶς χρησιμεύει μόνον γιά νά παρουσιάσουμε ωραιότερα τά διάφορα αντικείμενα, ἀλλά πολλές φορές καί γιά νά προστατεύουμε ἀπό τίς ἀτμοσφαιρικές ἐπιδράσεις καί ἰδιαίτερα ἀπό τή σκουριά. Γιά τόν ἴδιο σκοπό διάφορα ἀργαστήρια ἐπιμεταλλώνουν τά προϊόντα τους μέ εἰδικά μέταλλα.

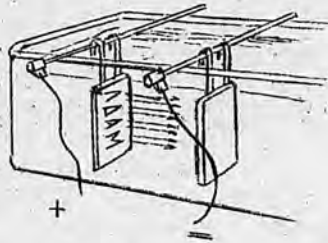
Πολλές φορές, στίς πόρτες σπιτιῶν ἢ καταστημάτων, βλέπουμε ὠραίες μεταλλίνες πινακίδες, πού ἔχουν ἐπιγραφές ἀνάγλυφες, καί μέ διαφορετικό μάλιστα μέταλλο, ἢ ἐπιγραφές χαραγμένες βαθειά καί ἀπορούμε μέ τή μαστοριά τοῦ ταχνίτη πού τίς ἔκανε. Πόσοι ὅμως ἀπό μᾶς πού τίς θαυμάζουμε ξέρουμε, πῶς γιά τίς περισσότερες ἀπ' αὐτές δούλεψε πάλι τό ἤλεκτρικό ρεύμα; Γιατί, πάλι στήν ἤλεκτρολύση χρῶστούμε αὐτά τά κομφοτεχνήματα.

Θέλουμε π.χ. νά κάνουμε μέτ' ἰδέα ἕνα ἀνάγλυφο ἀσημένιο ἐπιγραφή. Παίρνουμε τή χάλκινη πλάκα καί τήν ἀλειφουμε μέ ἕνα μονωτικό βερνίκι. Σημειώνουμε τά γράμματα ἐπάνω στό βερνίκι καί ὑστερα ἀφαιρούμε τό βερνίκι πού βρίσκεται μέσα στα γράμματα.

Έτσι από ολοκληρωτή βερνικωμένη χαλκίνη πλάκα, μονάχα τὰ γράμματα μένουν άβερνικωτα. Βουτάμε τήν πλάκα στο κατάλληλο λουτρό (Σχ.50) και συνδέουμε μαζί της τόν άρνητικό πόλο τής ηλεκτρικής πηγής, τήν κάνουμε δηλ. κάθοδο. Ο ηλεκτρολύτης είναι κάμωμένος για νά μας δώσει στην κάθοδο άσημι. Το άλλο ηλεκτρόδιο, πού μπορεί νά είναι και αυτό άσημένιο, συνδέεται με τό θετικό πόλο τής πηγής και έτσι άποταλάει τήν άνοδο. Όταν θα κλείσουμε τό κύκλωμα, τό ρεύμα αρχίζει τή δουλειά του και μεταφέρει τὰ ιόντα του άσημιού στη χαλκίνη πλάκα. Επειδή όμως αυτή έχει ελευθερα από τό βερνίκιο μονάχα τὰ γράμματα, μονάχα αυτά επαργυρώνονται. Σιγά σιγά κάθεται επάνω σ' αυτά ένα παχύ στρώμα άσημι. Υστερα από λίγο βγάζουμε τή μεταλλίνη πλάκα από τό λουτρό, τήν καθαρίζουμε από τό υπόλοιπο μονωτικό βερνίκι, και η χαλκίνη πλάκα με τήν ανάγλυφη άσημένια επιγραφή είναι έτοιμη.



Σχ.50



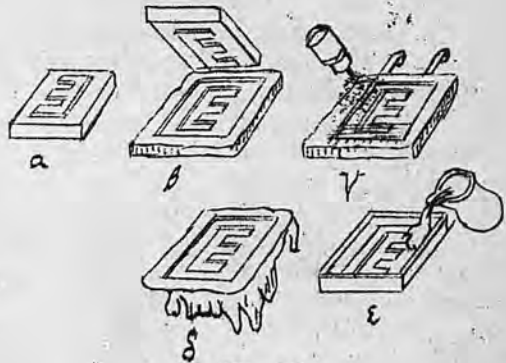
Σχ.51

Οι βαθιά σκαμμένες επιγραφές γίνονται πάλι με τόν ίδιο τρόπο, με τή διαφορά μόνο, πώς μέσα στο μπάνιο συνδέουμε τή χαλκίνη και, γενικά, τή μεταλλίνη πλάκα με τό θετικό πόλο, για νά χρησιμεύσει, όχι πιά όπως πριν σαν κάθοδος, μά σαν άνοδος (Σχ.51). Από τὰ άβερνικωτα γράμματα τής φούγαι πιά ποσότητα μετάλλου πού, με τή βοήθεια του ηλεκτρολύτη, μεταφέρεται στην κάθοδο και έτσι η επιγραφή είναι σε λίγο πάλι έτοιμη.

Θέλουμε λοιπόν ανάγλυφα γράμματα; Συνδέουμε τήν πλάκα με τόν άρνητικό πόλο. Επιθυμούμε επιγραφή με βαθειάγράμματα; Συνδέουμε τήν πλάκα με τό θετικό πόλο.

Με τή Γαλβανοπλαστική μπορούμε νά κάνουμε

καί μητρες γιά νά  
 ἀνατυπώνουμε διά-  
 φορα ἀντικείμενα,  
 π.χ. ματάλλια, καλ-  
 λιτεχνήματα, μικρά  
 ἀγαλματα, τυπογρα-  
 φικά στοιχεῖα καί  
 ἄλλα.



Σχ.52

Τό Σχ. 52  
 μᾶς δείχνει πῶς ἀπό  
 ἓνα τυπογραφικό στοι-  
 χεῖο κατασκευάζουμε  
 ἄλλα. Παίρνουμε τό  
 στοιχεῖο (Σχ.52α)  
 καί τό πρέζουμε ἐπά-

νω σέ μιά κέρινη πλάκα (Σχ.52β). Τό στοιχεῖο ἀποτυ-  
 πώνεται ἐπάνω σ' αὐτήν. "Αν κραμάσουμε γιά ἀρήνητικό  
 πόλο μέσα στό λουτρό σιέτη τήν κέρινη πλάκα, πού θά  
 χρησιμέψει γιά μήτρα, μέ σκοπό νά τήν ἀπιχαλιώσουμε  
 τό ἀποτέλεσμα θά εἶναι μηδενικό, γιατί τό κέρι εἶναι  
 μονωτικό. Πρέπει λοιπόν νά τήν καλύψουμε πρῶτα μέ ἓνα  
 λεπτό στρώμα ἀπό σιόνη γραφίτη (Σχ. 52). Ο γραφίτης  
 εἶναι ἀπό κάρβουνο, ἄρα εἶναι καλός ἀγωγός. "Αν πῶ-  
 ρα βάλουμε τήν πλάκα στό λουτρό, τό μέταλλο, πού  
 ἤλεκτρολύεται, κάθετα ἐπάνω στό γραφίτη καί σχημα-  
 τίζει ἓνα λεπτό στρώμα, καί ἂν ἔχουμε λιγὴ ὑπομονή  
 παίρνουμε ὕστερα ἀπό λίγο ἓνα ἄρμετά χοντρό γαί στα-  
 ρεό χαλκίνο στοιχεῖο ἴδιο καί ἀπαράλλαχτο ὡς τό  
 πρῶτο. Αφαιροῦμε, λυώνοντάς το, τό κέρι (Σχ. 52)  
 καί χύνουμε ἐπειτα μέσα στίς κοιλότητες τοῦ στοιχεῖ-  
 ου ἓνα μίγμα ἀπό μολύβι καί κασσίτερο (Σχ.52). "Ἔτσι  
 τό δεύτερο στοιχεῖο εἶναι εἰσιμο.

Μέ τόν ἴδιο, ἀλλά πῶς πολύπλοκο τρόπο, γίνον-  
 ται καί οἱ πλάκες, πού παίζουμε στά γραμμόφωνα. Κι  
 αὐτές γίνονται ἀπό μητρες πού κατασκευάζονται μέ ἡ-  
 ληκτρολύση.

Γιά τό ἀποτύπωμα τῶν ἤχων ἑνός μουσικοῦ κομ-  
 ματιοῦ ἐπάνω στήν πλάκα, χρησιμοποιοῦμε πρῶτα μιά  
 πλάκα ἀπό μαλακό κέρι ἢ ἄλλο παρόμοιο ὑλικό. Ἡ βελό-  
 να, πού χαράσσει ἐπάνω στήν πλάκα τίς γραμμές, βυθί-  
 ζεται, στό σύστημα ἀγγραφῆς hill and dale (λόφος καί  
 κοιλάδα), περισσότερο ἢ λιγότερο μέσα στό κέρι, ἀνά-



λογα μέ τήν ένταση πού ἔχουν οἱ ἦχοι, κάνοντας ταυ-  
τόχρονα καί παλμούς ανάλογους μέ τή συχνότητα κάθε  
ἤχου. "Ἐτσι ἐπάνω στήν πλάκα, πού οἱ τεχνικοί τήν ἀ-  
ποκαλοῦν "παππού", σχηματίζονται αὐλάκια, πού τό βά-  
θος τους εἶναι ἀνομοιόμορφο. Ἡ κέρληνη ὁμως πλάκα  
εἶναι μαλακή καί δέν μπορεί νά χρησιμεύει γιά τήν  
κατασκευή μῆτρας. Τήν παίρνουμε λοιπόν, καί ἀφοῦ τήν  
σκεπάσουμε μέ ενα λεπτότατο στρώμα γραφίτη, τή βάζου-  
με μέσα στό γαλβανικό λουτρό. Ἐκεῖ πρώτα ἐπαργυρώνε-  
ται, ἑλαφρά. "Ἐπειτα τήν βυθίζουμε σέ δεύτερο λουτρό,  
ὅπου ἐπιχαλιώνεται γαρά. Ὅσοταρα ἀπό τό λουτρό, ἀφαι-  
ρούμε τό κερτί λυώνοντάς το. "Ἐτσι πεθαίνει ὁ παππούς  
καί μένει σκέτη ἡ μεταλλίνη πλάκα, πού παίρνει τό ὄ-  
νομα "πατέρας". Αὐτή ὁμως, ὅπως κατάλαβαίνουμε, εἶναι  
ἀρνητική, γιὰτί, ἀντί γι αὐλάκια, ἔχει ἀνάγλυφες γραμ-  
μοῦλες. Μ' αὐτήν φυσικά, θά μπορούσαμε, χρησιμοποιών-  
τάς τήν σά μῆτρα νά τυπώσουμε ἄλλες πλάκες, ἀν δέν  
ἦταν φόβος νά καταστραφεῖ γρήγοτα. Γι' αὐτό, μέ τή  
βοήθειά της, παίρνουμε ἄλλο γαλβανικό μεταλλικό  
ἀποτύπωμα, αὐτό πού λέμε "μητέρα". Τέτοιες μητέρες  
μποροῦμε νά κάνουμε μέ ἤλεκτρόλυση ὅσες θέλουμε. Δέν  
μποροῦμε ὁμως νά τίς χρησιμοποιήσουμε γιά τήν ἀνα-  
τύπωση ἄλλων πλακῶν, γιὰτί εἶναι θετικές, ἔχουν δη-  
λαδή, ἀντί γι ἀνάγλυφες γραμμές, αὐλάκια. Μ' αὐτές ὁ-  
μως μποροῦμε νά βγάλουμε, πάλι μέ τό γαλβανικό λου-  
τρό, ἄλλες σιληροτερες μεταλλικές πλάκες, πού θάναί  
βέβαια ἀρνητικές. Αὐτές λέγονται "παιδιά". Γι' αὐτήν  
ἀνατύπωση λοιπόν τῶν πλακῶν πού παίζουν τά γραμμό-  
φωνα, χρησιμοποιοῦμα αὐτά τά "παιδιά". Ὅταν τά παι-  
διά καταστραποῦν, βγάζουμε ἄλλα.

Τά πράματα, φυσικά, δέν εἶναι τόσο ἀπλά, ὅπως  
τά διαβάζουμε ἐδῶ. Κάθε τέχνη ἔχει καί τίς δυσκολίες  
της καί τά μυστικά της. "Ἄς μὴν ἐσχνούμε, ὁμως, πῶς  
καί σέ μιά γενική ἤλεκτροτεχνία δέν μποροῦμε νά ποῦ-  
με καί περισσότερα.

Νά τώρα καί ἄλλη ἐφαρμογή τῆς ἤλεκτρόλυσης  
στήν ἤλεκτροχημεία. Ἡ βιομηχανία χρειάζεται γιά  
πολλούς σκοπούς χαλκό τελείως καθαρό.

Ὁ χαλκός ὁμως πού βγαίνει ἀπό τά μεταλλεῖα  
δέν εἶναι τέτοιος. "Ἐχει, πολλές φορές, ὄχι μονάχα  
ἔχρηστες ἀκαθαρσίες, ἀλλά καί πολύτιμα μέταλλα, π.χ.  
χρυσάφι καί ἀσημι. Πῶς ὁμως ἐσχωρίζουν τά μέταλλα

αὐτά ἀπό χαλκοῦ; Ἡ δουλειά εἶναι τελείως ἀπλή. Κρα-  
 μνοῦν τὶς χοντρές χάλκινες πλάκες, πού θέλουν νά  
 καθαρίσουν, μέσα σέ γαλβανικό λουτρό καί τὶς συνδέ-  
 ουν μέ τὸ θετικό πόλο τῆς πηγῆς, πού θά μᾶς δώσῃ  
 τό ρεύμα. Μέ τόν ἀρνητικό πόλο συνδέουν μιά λεπτή  
 κορδέλλα ἀπό καθαρό χαλκό, γιά νά παραστήσῃ τήν κά-  
 θοδο καί ὕστερα κλείνουν τό κύκλωμα. Οἱ χάλκινες  
 πλάκες, πού ἀποτελοῦν τήν ἄνοδο, διαλύονται σιγά  
 σιγά μέ ὅλες τὶς ξένες οὐσίες πού εἶναι ἀνακαταμέ-  
 νες μαζί τους. Στὴν κάθοδο ὁμῶς μαζαῦνται μονάχα  
 καθαρός χαλκός. Ὅλες οἱ ἄλλες ξένες οὐσίες πέφτουν,  
 σά λάσπη, στὸν πυθμένα τοῦ λουτροῦ. Καί τό χρυσά-  
 φι καί τό ἀσημι. Καί ἄς μὴ νομίσουμε πῶς τό ποσο-  
 στό τοῦ χρυσαφιοῦ καί τοῦ ἀσημιοῦ, πού ἐλευθερώνε-  
 ται μ' αὐτό τὸν τρόπο, εἶναι ἀσήμαντο. Ἐνὰ μονάχα  
 ἄγγος τῆς ἀμερικῆς, πού κάνει τέτοιο καθαρι-  
 σμα χαλκοῦ, βγάζει ἀπ' αὐτὴν τὴ λάσπη κάθε μῆνα 1000  
 χιλιόγραμμα ἀσημι καί 50 χιλιόγραμμα χρυσαφι.

Τὸν καθαρό χαλκό, πού πετυχαίνουμε μ' αὐτό  
 τὸν τρόπο, τὸν ὀνομάζουμε " ἤ λ ε κ τ ρ ο λ υ τ ι-  
 κ ὸ χ α λ κ ὸ ".

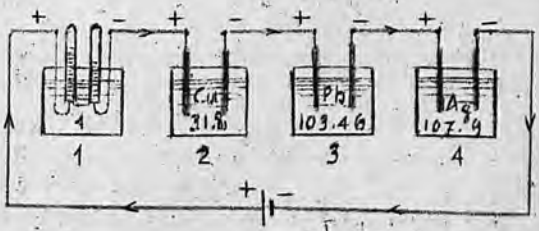
Μέ τὴν ἤλεκτρολύση, τέλος παράγουμε καί δια-  
 φερα ἄρια, π.χ. ὀξυγόνο, ὑδρογόνο, χλωρίο καί ἄλλα.

× Νόμοι τοῦ Φάρανταιν<sup>I</sup>) γιά τὴν ἤλεκτρολύση.

Π ρ ῶ τ ο ς Ν ὅ μ ο ς :

" Ἄς πᾶρουμε τέσσερας ἤλεκτρολυτικές συσκευές.

Ἀπ' αὐτές, ἢ  
 μιά θά μᾶς  
 χρησιμέψῃ γιά  
 νά ἤλεκτρολύ-  
 σουμε νερό,  
 ἡ δ ε ῦ τ ε ρ ῆ χ α λ-  
 κ ὸ, ἡ τ ρ ῖ τ ῆ  
 μ ο λ ῦ β ι, καί ἡ  
 τ ε τ α ρ τ ῆ ἀ σ ῆ μ ι  
 (Σχ.53).



Σχ.53

" Ἄς σταί-  
 λουμε ἀπό μέσα τους τὸ ἀπαιτούμενο γιά αὐτὴν τὴν  
 δουλειά ρεύμα. Κάθε συσκευή ἔχει, φυσικά, καί τὸν  
 ἀντίστοιχο ἤλεκτρολύτη.

(I) Μιχαὴλ Φάρανταιν. (Faraday) Διάσημον Ἄγγλος  
 Φυσικὸς (1791-1867). Ἀσχολήθηκε μετ' ἡχημεία, τὴ  
 Φυσικὴ καὶ τὸν Ἠλεκτροισμὸ.

Όταν θελήσουμε νά δοῦμε τό ἀποτέλεσμα, θά διαπιστώσουμε πώς οἱ ποσότητες τοῦ ὑδρογόνου, τοῦ ψαλίου, τοῦ μολυβίου καί τοῦ ἀσημιοῦ, πού παρουσιάζονται στά ἀρνητικά ἤλεκτροδία τῶν συσκευῶν, εἶναι ἀνάλογα μέ τήν ποσότητα τοῦ ρεύματος, πού περνᾷ μέσα ἀπό τίς συσκευές. Δηλαδή, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ποσότητα τοῦ ἤλεκτρισμοῦ, τόσο καί μεγαλύτερες ποσότητες ὑδρογόνου ἢ μετάλλων ἐλευθερώνονται.

Ὁ πρῶτος νόμος λοιπόν μᾶς καθορίζει, ὅτι ἡ ποσότητα (τό βᾶρος) τοῦ ὑδρογόνου ἢ τῶν μεταλλῶν, πού παράγεται ἐκ τῆς κᾶθοδος, εἶναι ἀνάλογη μέ τήν ποσότητα τοῦ ρεύματος, πού περνᾷ μέσα ἀπό τόν ἀντίστοιχο ἤλεκτροδίου.

Τήν ποσότητα ὅμως  $Q$  τοῦ ρεύματος τῆ βρισκόμεθα εὐκόλα ἀν πολλαπλασιάσουμε τήν ἄνταση  $I$  τοῦ ρεύματος μέ τό χρόνο, πού βάσταξε τό πέρασμά του, δηλαδή:

$$Q = I X t$$

Ὁ τύπος λοιπόν αὐτός μπορεῖ νά ἐκφραστῆ μέ τόν ἀκόλουθο ἀπλό μαθηματικό τύπο :

$$B = a X Q = a X I X t$$

Σ' αὐτόν, τό  $B$  παριστάνει τό βᾶρος τοῦ ὑδρογόνου ἢ τῶν μεταλλῶν σέ χιλιοστά τοῦ γραμμαρίου ἢ σέ γραμμάρια, καί τό  $Q$  τήν ποσότητα τοῦ ἤλεκτρισμοῦ σέ κουλόμ ἢ ἀμπερῶρια. Ἄν ἀγνοοῦμε τήν ποσότητα  $Q$  καί ξέρουμε μονάχα τήν ἄνταση  $I$  καί τό χρόνο  $t$ , τό  $I$  ἐκφράζεται σέ ἀμπερ καί τό  $t$  σέ δευτερόλεπτα. Τό  $a$  παριστάνει ἀνα συνταλαστική πού λέγεται "ἤλεκτροχημικό ἴσοδόν" .

Τό ἤλεκτροχημικό ἴσοδύναμο, πού δίνεται ἀπό εἶνακα, ἀντιπροσωπεύει τό βᾶρος τοῦ ὑδρογόνου ἢ τοῦ μετάλλου, πού παρουσιάζεται σέ ἀρνητικό ἤλεκτροδίο, ὅταν περάσει μέσα ἀπό τόν ἤλεκτρολύτη  $I$  κουλόμ, ἢ πού εἶναι τό ἴδιο, ἄν ρεῦμα μέ ἄνταση  $I$  ἀμπερ περάσει ἀπό τόν ἤλεκτρολύτη σέ  $I$  δευτερόλεπτο.

Ἐπειδή στήν πράξη ἀντό τοῦ κουλόμ χρησιμοποιοῦμε τό ἀμπερῶριο, πού εἶναι ἴσο μέ 3600 κουλόμ, ο παρακάτω πίνακας μᾶς δίνει τό ἤλεκτροχημικό ἴσοδύναμο

καί σε άμπεράκια. Αυτό τώρα υπολογίζεται σε γραμμάρια, ενώ το ηλεκτροχημικό ισοδύναμο κατά κουλόμ δίνεται σε χιλιοστά του γραμμαρίου.

Από τά προηγούμενα μπορούμε νά βγάλουμε άκόμενη έναν όρισμό για τή μονάδα "άμπερ".

"Α μ π έ ρ" ονομάζεται ή ένταση, πού έχει ένα σταθερό ρεύμα, όταν, διαρρέοντας ενάν ηλεκτρολύτη από νιτρικό άργυρο, ελευθερώνει διά κάθε δευτερόλεπτο, I, I18 χιλιοστά του γραμμαρίου άσημι.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ

πού μās δίνει τό άτομικό βάρος, τό σθένος, τό χημικό ισοδύναμο καί τό ηλεκτροχημικό ισοδύναμο μερικών στοιχείων.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Ατομ. βάρος	Σθένος	Χημικό ισοδύν.	Ηλεκτροχημ. ισοδύναμο	
				Σε χιλιοστ. του γραμμ. κατά κουλ.	Σε γραμμάρ. κατά άμπερ.
Υδρογόνο	-1,00		-1,00	0,0104	0,0374
Αλουμίνιο	27,00	3	9,00	0,0935	0,3370
Άργυρος	107,90	1	107,90	1,1180	4,0218
Κάλιο	39,12	1	39,12	0,4050	1,4590
Δευκόχρυσος	194,80	4	48,70	0,5040	1,8140
Μαγνήσιο	24,36	2	12,18	0,1260	0,4540
Μολυβδος	207,22	2	103,50	1,0718	3,8582
Νάτριο	23,05	1	23,05	0,2387	0,8593
Νίκελ	58,70	2	29,35	0,3040	1,0944
Σίδηρος	56,00	2	28,00	0,2908	1,0445
Χαλκός	63,50	2	31,75	0,3290	1,1860
Χρυσός	198,00	3	66,00	0,6810	2,4525
Υδράργυρος	200,03	2	100,01	1,0370	3,7332
Ψευδάργυρος	65,40	2	32,70	0,3385	1,2186
Ηλεκτροαρνητικά (άνιόντα)					
Βρώμιο	79,93	1	79,93	0,8290	2,9840
Χλώριο	35,46	1	35,46	0,3670	1,3220
Ιώδιο	126,86	1	126,86	1,3140	4,7300
Οξυγόνο	16,00	2	8,00	0,0829	0,2980
Άζωτο	14,04	3	4,68	0,0484	0,1745

Ο γαλιός παρουσιάζεται πολλές φορές καί σε μονοσθενικός.

Δεύτερος Νόμος :

Ο δεύτερος νόμος για την ηλεκτρόλυση μάς λέει τά ακόλουθα:

Όταν τό ίδιο ρεῦμα τερναῖ δλιαδοχικὰ ἀπό διάφορους ἠλεκτρολύτας (Σχ. 53) τά βάρη του ὕδρογόνου ἢ τῶν μεταλλῶν, πού παρῶσιάζονται στήν κάθοδο, εἶναι ἀνάλογα μέ τά χημικά τους ἰσοδύναμα.

Τό χημικό ἰσοδύναμο κάθε στοιχείου βρίσκεται ἄν διαιρέσουμε τό ἀτομικό του βάρος μέ τό σθένος του. Στόν προηγούμενο πίνακα δίνεται τό ἀτομικό βάρος, τό σθένος καί τό χημικό ἰσοδύναμο μερικῶν στοιχείων.

Ἔτσι, στό πείραμα τοῦ προηγούμενου σχήματος 53 ἄν στήν πρώτη συσκευή, ἠλεκτρολύοντας τό νερό, ἐλευθερώσουμε I γραμμάρια ὕδρογόνο, στή δεύτερη θά πάρουμε 31,8 γραμμάρια χαλκό, στή τρίτην 103,46 γραμμ. μολύβι καί στή τέταρτη, 107,9 γραμμ. ἀσημι. Αὐτοί οἱ ἀριθμοί εἶναι τά χημικά ἰσοδύναμα τῶν στοιχείων πού ἀναφέρουμε.

Τό πείραμα δείχνει, πώς, γιά νά ἐλευθερωθεῖ μιὰ ποσότητα μετάλλου ἴση μέ τό χημικό ἰσοδύναμό του, πρέπει νά παράσει μέσα ἀπό τή σχετική συσκευή μιὰ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴση μέ 96.500 κουλόμ (ἰκριβέστερα 96.510,8 κουλόμ). Τήν ποσότητα τοῦ μετάλλου, πού ἐλευθερώνεται, τήν ἐκφράζουμε σέ γραμμάρια.

Ἐπειτα ἀπ' αὐτά, καταλαβαίνουμε πώς I κουλόμ ἐλευθερώνει:  $\frac{I}{96.500}$  τοῦ χημικοῦ ἰσοδύναμου κάθε στοιχείου, καί I ἄμπερῶριο, πού εἶναι ἴσο μέ 3.600 κουλόμ, ἐλευθερώνει:  $\frac{3.600}{96.500} = 0,0374$  ἀπό τό ίδιο ἰσοδύναμο.

Ἄς πάρουμε γιά παράδειγμα τό ὕδρογόνο, τό χαλκό, τό μολύβι καί τό ἀσημι.

Τό χημικό ἰσοδύναμο τοῦ H εἶναι I. Ἐνα ἄμπερῶριο ἀπομένως ἐλευθερώνει:  $I \times 0,0374 = 0,0374$  γραμμάρια ὕδρογόνο (0,42 κυβικά ὑποδεκάμετρα).

Τό χημικό ἰσοδύναμο τοῦ Cu εἶναι 31,8. Τό ἕνα ἄμπερῶριο, ἄρα, ἐλευθερώνει χαλκό:  $31,8 \times 0,0374 =$



=1,18 γραμμάρια.

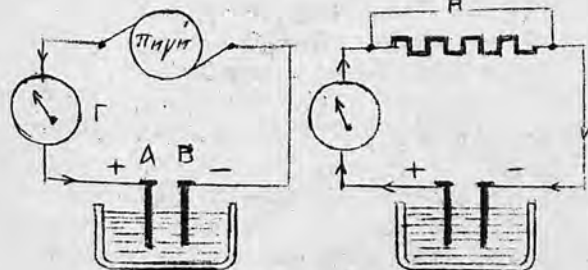
Τό χημικό ισοδύναμο τοῦ Pb εἶναι 103,46  
 Ἄρα τό ένα ἀμπερῶριο ἐλευθερώνει:  $103,46 \times 0,0374 =$   
 =3,86 γραμμάρια μολύβι.

Τέλος, τό χημικό ισοδύναμο τοῦ Ag εἶναι  
 107,9. Ἐνα ἀμπερῶριο λοιπόν ἐλευθερώνει:  $107,9 \times$   
 $0,0374 = 4$  γραμμάρια ἀσήμι.

Ὅπως βλέπουμε, τ' ἀποτελέσματα αὐτά συμφωνοῦν  
 καί μέ τόν προηγούμενο πίνακα.

Ἡ κόλωση.

Ἄς παραδεχτοῦμε πῶς ἔχουμε μιᾶ ἠλεκτρολυτική  
 συσκευή AB, πού ὁ ἠλεκτρολύτης της εἶναι νερό καί  
 θεϊκός ψευδάργυρος. Τά δύο ἠλεκτρόδια εἶναι ἀπό πλα-  
 τινά. Ἡ πηγή μᾶς δίνει τό ρεῦμα γιά τήν ἠλεκτρόλυση.  
 Τό γαλβανόμετρο Γ μᾶς μετρά τό ρεῦμα αὐτό (Σχ. 54).



Σχ.54

Ἀφοῦ περάσει τό  
 ρεῦμα ἀρκετή ὥρα  
 ἀφαιρούμε τήν  
 πηγή καί τήν ἀν-  
 τικαθιστοῦμε μέ  
 μιᾶ ἀντίσταση Β  
 (54β). Τό ἀμπερό-  
 μετρο Γ μᾶς δεί-  
 χνει πῶς πάλι  
 στό κύκλωμα κυ-  
 κλοφορεῖ ἓνα ρεῦμα.

Τό ρεῦμα ὅμως αὐ-  
 τήν τή φορά ἔχει

ἀντίθετη διεύθυνση. Ἐνῶ δηλαδή, ὅταν κίψουμε τήν  
 ἠλεκτρόλυση, τό ρεῦμα πηγαινε ἀπό τό θετικό πόλο τῆς  
 πηγῆς στό ἠλεκτρόδιο Α καί ἀπό τό ἠλεκτρόδιο Β,  
 γυρνοῦσα στόν ἀρνητικό πόλο, τώρα ξεκινᾷ ἀπό  
 τό ἠλεκτρόδιο Α, περνᾷ τήν ἀντίσταση Β καί καταλήγει  
 στό ἠλεκτρόδιο Β. Τό ρεῦμα αὐτό διαρκεῖ λίγο.

Βλέπουμε, λοιπόν, πῶς ἡ ἠλεκτρολυτική συσκευή  
 ἔγινε τώρα πηγή ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καί, γιά νά τήν  
 ξεχωρίζουμε ἀπό τήν πηγή Π πού μᾶς ἔδωσε τό ρεῦμα γιά  
 τήν ἠλεκτρόλυση, τήν ὀνομάζουμε " δ ε υ τ ε ρ ε ὺ -  
 ο υ σ α π η γ ῆ ". Τήν πρώτη, μπορούμε νά τή λάβω  
 " π ρ ω τ ε ὺ ο υ σ α ".

λέμα: " π ρ ω τ ε υ ο υ σ α ". Τό ρεῦμα, πού μᾶς παρέχει ἡ δευτερεύουσα πηγή, τό ὀνομάζουμε " δ ε υ τ ε ρ ε υ ο ν ρ ε υ ῖ μ α ", γιά νά τό ξεχωρίζουμε ἀπό τό πρῶτο ρεῦμα πού τό ἀποκαλοῦμε " π ρ ω τ ε υ ο υ ", καί λέμα πῶς ὀφείλονται σ' ἐνα φαινόμενο, πού ὀνομάζεται " πόλωση" (γένεση πόλων). Ἡ πόλωση παρουσιάζεται ὄχι μονάχα μέ τά ἤλεκτρόδια καί τόν ἤλεκτρολύτη πού προαναφερά- μα, ἀλλά καί μέ ὁποιαδήποτε ἄλλα. Πατυχαίνει ὅμως καλ- λά, ὅταν τά ἤλεκτρόδια εἶναι ἀπό μόλυβδο καί ὁ ἤλεκ- τρολύτης, ἀποσταχμένο νερό μέ θειικό ὄξύ. Τότε καί τό δευτερεύον ρεῦμα διαρκεῖ περισσότερο.

Σ' αὐτό ἀκριβῶς τό φαινόμενο εἰρηρίζεται καί ἡ λειτουργία τοῦ συσσωρευτῆ ἀπό μόλυβδο, ὅπως θά δοῦμε στό μαθαζόμενο κεφάλαιο.

Τό δευτερεύον ρεῦμα γεννιέται ἀπό τήν ἄλλοίω- ση πού παθαίνουν τά ἤλεκτρόδια, ἐπειδή τά προσβάλλει ὁ ἤλεκτρολύτης. Κι' ἀλήθεια: " Ἄν μετά τό πάρασμα τοῦ ρεύματος, πού μᾶς δημιούργησε ἡ πρωτεύουσα πηγή Π, μεταφέρουμε τά ἤλεκτρόδια σέ ἄλλη συσκευή ἀπ' οπου δέν πάρασε ρεῦμα, βλέπουμε πῶς καί μέ τή νέα συσκευή μπο- ρεῖ νά δημιουργηθεῖ δευτερεύον ρεῦμα. Ἀπ' αὐτήν τήν διαπίστωση συμπεραίνουμε, πῶς ἡ αἰτία πού δημιουργεῖ αὐτό τό ρεῦμα, βρίσκεται στά ἤλεκτρόδια. Αὐτά ὀνομά- ζονται τότε π ο λ ω μ ε ῖ α.

" Ἄς ἐξετάσουμε ὅμως λίγο βαθύτερα τό φαινό- μενο αὐτό.

Κατά τήν ἤλεκτρόλυση, πού γίνεται στή συσκευή μέ τά πλατινένια ἤλεκτρόδια καί τόν διαλυμένο στό νε- ρό θειικό ψευδάργυρο, τό ἀρνητικό ἤλεκτρόδιο σκεπά- ζεται ἀπό ψευδάργυρο, γιάτί αὐτός, σά μέταλλο πού εἶ- ναι, πηγαίνει πρὸς τήν κάθοδο. Τό θετικό καί ἤλεκτρο- διο σκεπάζεται μέ ὄξυγόνο. Το ὄξυγόνο ἀπορροφᾶται λί- γο ἀπό τήν πλατίνα. Τό τελευταίον ἤλεκτρόδιο περιτρι- γυρίζεται καί ἀπό τό θειικό ὄξύ πού σχηματίζεται κατά τήν ἤλεκτρόλυση.

Ἀπό τήν ἤλεκτρόλυση λοιπόν γεννιέται μί- ἄσυμμετρία στά ἤλεκτρόδια. Ὁ ἤλεκτρολύτης, πού περι-βάλλει τό ἀρνητικό ἤλεκτρόδιο, δέν ἔρχεται πιά σ' ἐπα- φῆ μέ τήν πλατίνα, ἀλλά μέ τόν ψευδάργυρο πού σκεπάσε τό ἤλεκτρόδιο αὐτό. Τό ἀρνητικό λοιπόν ἤλεκτρόδιο δέν εἶναι ὅμοιο μέ τό θετικό, ὅπως ἦταν πρῖν περάσει τό πρωτεῦον ρεῦμα. Ὅταν ὅμως παρουσιασθεῖ μί- ἄ τέτοια

κατίσταση, έχουμε, όπως θα δούμε και στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο, ένα ηλεκτρικό στοιχείο, γιατί, για να κάνουμε ένα ηλεκτρικό στοιχείο, αρκούν δύο ηλεκτρόδια από διαφορετικό μέταλλο, βουτηγμένα μέσα στον ανάλογο ηλεκτρολύτη.

Από όλα αυτά, που αναφέρουμε, βγάζουμε το συμπέρασμα, πως κάθε ηλεκτρολυτική συσκευή γαννά μια αντίθετη ηλεκτρεγερτική δύναμη που μας δημιουργεί δευτερεύον ρεύμα. Την ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη πρέπει να την ονομάσουμε "αντιηλεκτρεγερτική δύναμη" της συσκευής γιατί, πράγματι, αφού προκαλεί ρεύμα αντίθετο προς το πρωτεύον ρεύμα, αναντιώνεται στην ηλεκτρεγερτική δύναμη της πρωτεύουσας πηγής, που μας χορηγεί το πρωτεύον ρεύμα.

Για να γίνει λοιπόν ηλεκτρόλυση σε μια συσκευή πρέπει η ή.ε. δύναμη της πρωτεύουσας πηγής να είναι μεγαλύτερη από την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη της συσκευής, γιατί, άλλως, το πρωτεύον ρεύμα εξουδετερώνεται ολότελα από το δευτεύον ρεύμα και η ηλεκτρόλυση δε γίνεται.

Ο νόμος του Ωμ παίρνει σ' αυτή την περίπτωση τη γενική του μορφή, δηλαδή:

$$I = \frac{E - E'}{R}$$

όπου I, η ένταση του ρεύματος, E, η ή.ε. δύναμη της πρωτεύουσας πηγής, E', η ή.ε. δύναμη της ηλεκτρολυτικής συσκευής, και R, η ολική αντίσταση του κυκλώματος.

Δεν παρουσιάζεται κόλωση σε ηλεκτρόδια, που είναι βουτηγμένα σε ηλεκτρολύτη καμωμένο με άλας από το ίδιο μέταλλο, όπως π.χ. στην περίπτωση χάλκινων ηλεκτροδίων βυθισμένων μέσα σε ηλεκτρολύτη από θειϊκό χαλκό. Σ' αυτή την περίπτωση, το άρνητικό ηλεκτρόδιο σκεπάζεται πάλι με γαλίο. Στο θειϊκό ηλεκτρόδιο σκεπάζεται η ρίζα (SO<sub>4</sub>) και απλώς λιώνει το ηλεκτρόδιο χωρίς να το άλλοιώνει τη χημική σύνθεση. Παραμένει λοιπόν, στην ουσία, το ίδιο.

Από τον προηγούμενο τύπο παίρνουμε:

$$E = RI + E' \quad \text{και} \quad E' = E - RI$$

"Αν πολλαπλασιάσουμε την εξίσωση  $E = RI + E'$  με το I, και το t, έχουμε:

$$EIt = RI^2t + E' It$$

Εδῶ βλέπουμε, ὅτι, ἀπὸ ὀλόκληρη τὴν ἐνέργεια πού χορηγεῖ ἡ πηγὴ, ἂν αὐτὴν τμήμα, τὸ  $RI^2t$ , ξοδεύεται ζασταίνον-τας ἀνώφελα τὴν ἀντίσταση  $R$  τοῦ κυκλώματος καὶ τὸ ἑπό-λοιπο, τὸ  $E' It$ , δαπανᾶται πρὸς τὴν χημικὴς δράσεις πού γίνονται μέσα στὴ συσκευή.

### Καταστροφές ἀπὸ ἠλεκτρόλυση.

ἠλεκτρολύσεις δημιουργοῦνται πολλές φορές καὶ σὰ διάφορα ἀντικείμενα ἀπὸ ρεύματα, πού ξεφαινοῦν ἀπὸ κυκλώματα μὲ κακὴς μονώσεις ἢ ἀπὸ ρεύματα πού δημιουργοῦνται μέσα στὸ ἔδαφος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ τὰ ἀποκαλοῦμε **π ε ρ ι π λ α ν ὴ μ ε ν α ρ ε ῦ μ α τ α**, γιατί κυκλοφοροῦν ἔξω ἀπὸ τὸν κανονικὸν τοῦς δρόμο.

Τὰ περιπλανώμενα ρεύματα ἀκολουθοῦν δρόμους πού παρουσιάζουν μικρότερη ἀντίσταση, ὅπως εἶναι π.χ. αἶμα-τῆλλονι σωληνες τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ γαζιοῦ, οἱ μεταλλ-λῖνοι ὀπισμοί τῶν κτιρίων καὶ τὰ παρόμοια κητασιναύ-σματα. "Αν οἱ ἀγωγοί αὐτοί βρεθοῦν χαλασμένοι κάποθ, ἔστω καὶ λίγο, τὰ περιπλανώμενα ρεύματα περνοῦν ἀπὸ τὸ σημειὸν αὐτό, πού συνηθέστατα ἔχει δίπλα του ὑγρά χῶματα (καλὸς ἀγωγός) καὶ ἠλεκτρολύουν τὸ μέταλλο ἐκεῖ ἀκριβῶς ἀπ' ὅπου βγαίνουν, γιατί αὐτὸ περιστάνει στὴν περίπτωσι αὐτὴ τὴν ἄνοδο, πού, ὅπως εἶδαμε στὰ προηγούμενα, διαλύεται.

Τὰ φαινόμενα αὐτὰ παρουσιάζονται σ' ὅλας τὴς ἠλεκτρικὴς ἐγκαταστάσεις, ὅπου μπορεῖ γὰ ὑπάρχουν ἀπὸ ὑγρασία κακὴς μονώσεις. Ὁ κίνδυνος ἀπ' αὐτὰ εἶναι πολ-λές φορές πολὺ σοβαρός, γι' αὐτὸ καὶ παίρνομε εἰδικὰ προφυλακτικὰ μέτρα στὴν τοποθέτησι τῶν ἀγωγῶν.

Στοὺς ἠλεκτρικοὺς ὅμως σιδηροδρόμους ἢ τροχιο-δρόμους ὅπου χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ἐπιστροφή τοῦ ρεύματος ἡ γῆ καὶ οἱ σιδερένιες γραμμές, τὰ πράματα παρουσιάζονται ἀρκετὰ ἐπικίνδυνα, γιατί, ἡ διαφορά δυ-ναμικοῦ ἀνάμεσα στὰ διάφορα σημεία τῆς διαδρομῆς, ἢ παρουσία κοντὰ στὴς γραμμές σωληνώσεων νεροῦ καὶ γα-ζιοῦ ἢ τηλεφωνικῶν καὶ τηλεγραφικῶν δικτύων, τὸ γαμ-το αλατα ἔδαφος καὶ ἄλλες διαφορὰς αἰτίας, διευκολύ-νουν τὴν καθημερινὴ ἠλεκτρόλυσι.

Γιὰ ν' ἀποφύγουμε τὸ κακό, φροντίζομε, ὡστα

ή διαφορά δυναμικοῦ κατά χιλιόμετρο γραμμῆς, νά μήν ξεπερνᾷ τό I βόλτ. ΟΙ βλάβες περιορίζονται, δίχως ὁμως καί νά εξαφανιστοῦν, γιατί, καί μιᾷ διαφορᾷ δυναμικοῦ ἀπό 0,2 τοῦ βόλτ κατά χιλιόμετρο, εἶναι ἱκανή νά προσβάλει τίς σιδερένιες ἢ μολυβδένιες σωληνώσεις.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τί παρατήρησα ὁ Γαλβάνι στοὺς βατράχους καί τί παραδέχτηκε ὁ Βόλτα.

Μικρά καί ἀσήμαντα πράματα ἔγιναν πολλές φορές σ' αὐτό τόν κόσμο αἰτία γιά μεγάλες ἀνακαλύψεις. Ἔτσι καί τῇ μετατροπῇ τῆς χημικῆς ἐνέργειας σέ ἤλεκτρική ἐνέργεια, τῇ χρωστάμε στά ποδαράκια τῶν βατράχων. Ἀπίσταυτο, μά ἀληθινό. Ἡ ἱστορία χρονολογεῖται στά 1789. Τότε ὁ Ἰταλός γιατρός Λουδοβίκος Γαλβάνι (Galvani) (1737-1798) παρατήρησε, γιά πρώτη φορά, πῶς οἱ σπινθῆρες, πού δημιουργοῦσα μιᾷ ἤλεκτροστατική μῆχανή, ἐπιβροῦσαν ἐπί ποδαράκια τῶν βατράχων πού εἶχε μέσα σ' ἐνα μετάλλينو πιάτο, κάνοντας πειράματα γι' ἄλλους σκοποῦς. Ὑστερᾷ διαπίστωση πῶς τά ποδαράκια τινάζονταν καί χωρίς νά δουλεύει ἡ ἤλεκτροστατική μῆχανή, ὅταν, κρεμασμένα μ' ἐνα χάλκινο ἄγκιστρο σ' ἐνα σιδερένιο κιγκλίδωμα, ἐρχόνταν σ' ἐπαφή μέ τό κιγκλίδωμα. Ὁ Γαλβάνι νόμισε, πῶς αἰτία γιά τά τινάγματα πού παθαῖναν τά βατράχινα ποδαράκια, ἦταν ὁ "ζωϊκός", ὅπως τόν ὀνόμασε, ἤλεκτρισμός. Ὁ Βόλτα ὁμως πολέμησε ἀμπτή τήν ἰδέα καί εἶπε, πῶς αὐτό τό φαινόμενο πρέπει ν' ἀποδοθεῖ στόν ἤλεκτρισμό "ἐπαφῆς" πού παράγεται ἀπό τήν ἐπαφή δύο διαφορετικῶν μετάλλων. Σήμερα ξέρουμε ὅλοι, πῶς ἡ αἰτία βρισκόταν πράγματι στά δύο μέταλλα (χάλκινο ἄγκιστρο καί σιδερένιο κιγκλίδωμα), ἀλλά ὄχι μονάχα σ' αὐτά, μά καί στό αἷμα πού εἶχαν τά ποδαράκια.

"Ἔτσι ἀρχίζει ἐνα νέο κεφάλαιο στήν Ἱστορία τοῦ ἤλεκτρισμοῦ. Βρέθηκε ἀμέσως ἕνας ἄλλος καί πρακτικός τρόπος νά παράγουμε ἤλεκτρικό ρεῦμα, πού καί ὡς τώρα ἀκόμη χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα σέ χίλιες δύο ἐφαρμογές.

Γ ἰ ἄ ν ἄ ἔ χ ο υ μ ε ς , λ ο ἰ π ὅ ν , ρ ε ῦ -

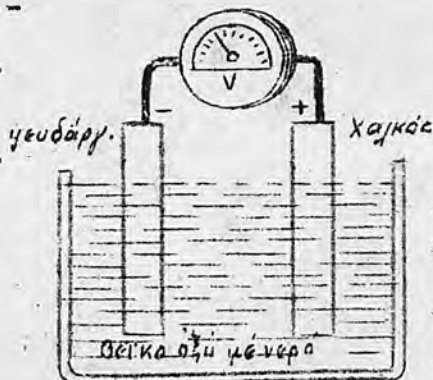


μα μ'αὐτὴν τὴν μέθοδο, πρέπει νὰ βάλουμε μέσα σ'ἕναν ἤλεκτρολύτη δυὸ διαφορετικὰ μέταλλα ἢ, ὅπως λέν καὶ τα βιβλία, μέσα σ'ἕναν ἄγωγο δαύτερης κατηγορίας, δὺο διαφορετικοὺς ἄγωγούς πρώτης κατηγορίας.

Στοὺς ἄγωγούς τῆς πρώτης κατηγορίας ἀνήκει καὶ τὸ κάρβουνο. Μπορεῖ ἐπομένως νὰ χρησιμοποιηθεῖ κι' αὐτό. "Ἄς δοῦμε ὅμως λεπτομερέστερα τὰ πράματα.

Ὁ ψευδάργυρος καὶ ὁ χαλκὸς μέσα σὲ διάλυση ἀπὸ θειϊκὸ ὄξύ.

Σύμφωνα μὲ τὰ προηγούμενα, ἂν πάρουμε δυὸ κομμάτια ἀπὸ διαφορετικὸ μέταλλο καὶ τὰ βυθίσουμε μέσα σ'ἕναν ἤλεκτρολύτη, ἔχουμε ἀμέσως μιὰ πηγὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πῶς, ὅμως, ἐξηγεῖται αὐτὸ τὸ φαινόμενο μὲ τὴν ἠλεκτρονικὴ θεωρίαν; "Ἄς προσπαθήσουμε νὰ δώσουμε παρακάτω μιὰ ὀλοτελα χοντρικὴ ἐξηγήση. Ὅσοι θέλουν μπορούν νὰ βροῦν λεπτομερέστερη ἀνάλυση αὐτοῦ τοῦ φαινομένου στὰ εἰδικὰ συγγράμματα.

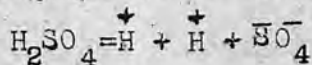


"Ἄς παραδραχτοῦμε λοιπόν, πῶς βυθίζουμε μέσα σὲ ἤλεκτρολύτη ἀπὸ νερὸ καὶ θειϊκὸ ὄξύ μιὰ πλάκα ἀπὸ ψευδάργυρο καὶ πλάκα ἀπὸ χαλκὸ, δίχως, φυσικὰ, ν'ἀκουμποῦν μεταξύ τους, κι' ἄς δοῦμε τί γίνεται μέσα στό "ἤλεκτρολύτικὸ στοιχεῖο" (Σχ.55) πού κατασκευάσαμε. Γνωρίζουμε ὅτι τὰ μόρια ὀξειμένων χημικῶν ενώσεων διασπῶνται σὲ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα, ὅταν αἱ ενώσεις αὐτὲς διαλύονται μέσα σὲ νερὸ. Μιὰ ἀπ'αὐτὲς τὶς ενώσεις εἶναι καὶ τὸ θειϊκὸ ὄξύ ( $H_2SO_4$ ). Ἐνα μόριο ἀπὸ θειϊκὸ ὄξύ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὑδρογόνου (H), ἕνα ἄτομο θειο (S) καὶ τέσσερα ἄτομα ὀξυγόνου (O). Σύμφωνα

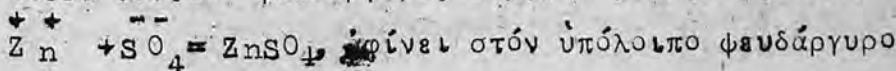
να μέ την Ηλεκτρονική θεωρία τό υδρογόνο ἔχει ἕνα ηλεκτρόνιο στή στιβάδα K; τό θείο, 6 ηλεκτρόνια στή στιβάδα M καί τό οξυγόνο, 6 ηλεκτρόνια στή στιβάδα (βλέπε καί πίνακα δεξιάς 246). Τά τέσσαρα άτομα τοῦ οξυγόνου, θέλοντας νά πάρουν τήν ηλεκτρονική σύσταση τῆς ἐξωτερικῆς στιβάδας τοῦ σπάνιου αερίου Νέου, παίρνουσι ἀνά δύο τά ὀκτώ ηλεκτρόνια πού τοῦς λείπουν, ἀπό τό ἕνα άτομο τοῦ θείου ἕξ, καί ἀπό τά δύο άτομα τοῦ υδρογόνου ἀπό ἕνα. Δημιουργοῦνται τότε μεταξύ τῶν ἀρνητικῶν ἰόντων τοῦ οξυγόνου καί τῶν θετικῶν ἰόντων τοῦ θείου καί υδρογόνου ἑλξεις (Δυνάμεις Coulomb. Ἐταροπολικός δεσμός) καί ἔτσι σχηματίζεται τό μόριο  $H_2SO_4$ . Δέν πρέπει νά ξεχνοῦμε, πώς τό θείο χάνει ἕξ ὁλόκληρα ηλεκτρόνια, εἶναι λοιπόν πῶς δυνατό ἐνωμένο μέ τά ἀρνητικά ἰόντα τοῦ οξυγόνου καί δέν ἀποχωρίζεται εὐκολα ἀπ' αὐτά, ὅπως γίνεται μέ τό υδρογόνο πού χάνει ἕνα μονάχα ηλεκτρόνιο.

Όταν τό οξύ ἀνακατωθεῖ μέ τό νερό, ὁ σύνδεσμος τῶν ἰόντων πολλῶν μορίων γίνεται πολύ πῶς χαλαρός ἀπ' ὅσο ἦταν πρὶν βάλουμε τό οξύ στό νερό. Δεῖμα, ὅτι πολλά ἀπ' τά μόριά του διασπῶνται κατὰ τόν ἀκόλουθο τρόπο: Τά δύο άτομα τοῦ υδρογόνου εἶναι θετικά ἰόντα ( $H^+$ ). Τά ηλεκτρόνια πού ἔχασαν βρίσκονται στό υπόλοιπο συγκρότημα. Κ' ἐπειδή αὐτό ἔχει δύο ηλεκτρόνια παραπάνω ἀπ' ὅσα πρέπει νά ἔχει, ἀποτελεῖ ἀρνητικό φορτίο. Ἐτσι ἡ ρίζα  $SO_4$  εἶναι ἀρνητική.

Αὐτό μπορούμε νά τό διατυπώσουμε μέ τό χημικό τύπο:



Ὁ ηλεκτρολύτης λοιπόν τοῦ στοιχείου αὐτοῦ δέν εἶναι μιᾶ συνειθισμένη διάλυση, ἀλλά μιᾶ διάλυση μέ ἀπειράριθμα ἰόντα πού μπορούν νά μετακινήθωσι ελεύθερα. Ὄταν βυθίσουμε στόν ηλεκτρολύτη μιᾶ πλάκα ἀπό ψευδάργυρο προκαλοῦνται ηλεκτροχημικές ἀντιδράσεις πού ὄχι κάνουν τό ψευδάργυρο νά ἀποχτήσει δυναμικό διάφορο ἀπό τό δυναμικό τοῦ ηλεκτρολύτη. Ὁ ψευδάργυρος ἀποχτεῖ ἀρνητικό δυναμικό σχετικά μέ τόν ηλεκτρολύτη, γιατί κάθε άτομο του, ὅταν φθάναται μέ τή ρίζα  $SO_4$  γιά νά σχηματίσει θετικό ψευδάργυρο, σύμφωνα μέ τήν ἐξίσωση



2 ηλεκτρόνια. Αλλά και μία πλάκα από χαλκό, βυθίζο-  
 μένη μέσα στον ίδιο ηλεκτρολύτη, αποχτά δυναμικό δια-  
 φορατικό από το δυναμικό του ηλεκτρολύτη και η δια-  
 φορά δυναμικού μεταξύ χαλκού και ηλεκτρολύτη δέν εί-  
 ναι η ίδια με τή διαφορά δυναμικού μεταξύ ψευδαρ-  
 γύρου και ηλεκτρολύτη. Και ο χαλκός αποχτά στην πρῆ-  
 πραγματικότητα ἀρνητικό δυναμικό σχετικῶς με τόν ηλεκ-  
 τρολύτη, ἀλλά σ' αὐτῇ τήν περίπτωση τό ἀρνητικό δυνα-  
 μικό του χαλκού εἶναι μικρότερο ἀπό τό ἀρνητικό δυνα-  
 μικό του ψευδαργύρου, γιατί κάθε ἄτομο χαλκοῦ, προσ-  
 βαλλόμενο ἀπό τόν ηλεκτρολύτη καί ἀφίνοντας τήν χάλ-  
 κινή πλάκα γιά νά ενωθεῖ με τόν ηλεκτρολύτη, ἐγκατα-  
 λαίπει σ' αὐτήν ενα μονάχα ηλεκτρόνιο, ἐνώ κάθε ἄτομο  
 ψευδαργύρου, κάνοντας τήν ἴδια δουλειά, ἐγκαταλαίπει  
 δύο ηλεκτρόνια στήν πλάκα του ψευδαργύρου. Δημιουρ-  
 γεῖται λοιπόν μεταξύ χαλκοῦ καί ψευδαργύρου μία δια-  
 φορά δυναμικοῦ, καί μάλιστα ὁ χαλκός βρίσκειται με δύ-  
 ναμικό κατά I, I βόλτ ὑψηλότερο ἀπό τόν ψευδάργυρο, εἶ-  
 ναι δηλαδή, σχετικῶς με τόν ψευδάργυρο, θετικός.

"Αν συνδέσουμε, τώρα, μ' εναν ἄγωγό τόν ψευδάρ-  
 γυρο με τό χαλκό, θά ἔχουμε, γι' ἀποτέλεσμα τῆς δια-  
 φορᾶς δυναμικοῦ πού ὑπάρχει μεταξύ αὐτῶν τῶν δύο ηλεκ-  
 τροδίων, μία ροήν ηλεκτρονίων ἀπό τόν ψευδάργυρο πρὸς  
 τόν χαλκό. Τά ηλεκτρόνια κατακλύζουν τό χαλκό καί ἔτσι  
 αὐτός ἔλκει ἐπάνω του τά θετικά ἰόντα του ὑδρογόνου.

Κάθε θετικό ἰόν ὑδρογόνου φθάνοντας στο χαλ-  
 κό παίρνει ἀπ' αὐτόν τό ηλεκτρόνιο πού του λαίπει,  
 γίνεται οὐδέτερο κι' ἀφοῦ ἐνωθεῖ μ' ενα ἄλλο ἄτομο ὑδρο-  
 γόνου (Δυνάμεις ἀνταλλαγῆς. Ομοιοπολικός δεσμός) σχη-  
 ματίζει ενα μόριο ὑδρογόνου καί ἡ εσφεύγει στόν ἀέρα  
 ἢ παραμένει κοντά στο χαλκό καί δημιουργεῖ "πόλωση",  
 ὅπως θά δοῦμε παρακάτω.

Ὁ ψευδάργυρος, πάλι, ἀπό τή βίαιη ἀπομάκρυν-  
 ση τῶν ηλεκτρονίων του βρίσκειται γιά μία στιγμή φτώ-  
 χος σέ ηλεκτρόνια, φορτισμένος ἄρα θετικά. Ἐλκει λοι-  
 πόν ἐπάνω του τήν ἀρνητική, ρίζα  $SO_4$  καί δίνει σ' αὐτήν  
 θετικά ἰόντα ἀπό τόν ἴδιο εαυτό του. Τότε τά περισ-  
 σία ηλεκτρόνια του ψευδαργύρου διατρέχουν τό ἐξωτερι-  
 κό κύκλωμα γιά νά πηγαίνουν πρὸς τό χαλκό, πού ἄλλω-  
 στε τ' ἀποζητᾷ κι' αὐτός γιά ν' ἀνταποκριθεῖ στίς ἀπαι-  
 τήσεις τῶν ἰόντων ὑδρογόνου πού τόν προσβάλλουν.  
 Μ' αὐτό τόν τρόπο, ὅσα ηλεκτρόνια διαθέτει ὁ χαλκός

γιά τήν ἀντιμετώπιση τῶν θετικῶν ἰόντων τοῦ ὑδρογόνου τόσα ἤλεκτρόδια τοῦ ἔρχονται ἀπό τόν ψευδάργυρο. Ὁ ψευδάργυρος στέλνει τὰ ἤλεκτρόδιά του, μέσα ἀπό τόν ἀγωγό, στό χαλκό κι' ἔτσι δημιουργεῖται τό ρεῦμα.

Ὅπως βλέπουμε, ὅταν λειτουργεῖ τό στοιχεῖο, ἰόντα ψευδαργύρου ἀφίουν τόν ψευδάργυρο γιά νά ἐνωθοῦν μέ τή ρίζα  $SO_4$  τοῦ ἤλεκτρολύτη. Ἡ πλάκα λοιπόν τοῦ ψευδαργύρου λιώνει μέσα στόν ἤλεκτρολύτη, ἐνῶ αὐτός μαζαίνει, στή θέση τοῦ θεϊκοῦ ὀξέος, θεϊκό ψευδάργυρο. Ἡ ἐξάντληση αὐτή πού παθαίνει ὁ ψευδάργυρος μᾶς δίνει τό δικαίωμα νά πούμε, ὅτι ἡ ἰσχύς δύναμη τοῦ στοιχείου ὀφείλεται στή χημική δράση πού γίνεται μεταξὺ τοῦ ψευδαργύρου καί τοῦ ἤλεκτρολύτη καί, γενικά, ὅτι στό ἤλεκτρικό στοιχεῖο μετατρέπουμε τή χημική ἐνέργεια σέ ἤλεκτρική.

Διαπιστώνουμε ἐπίσης ἀπό τὰ προηγούμενα, ὅτι, κατ' ἰσχύς τή λειτουργία τοῦ στοιχείου, μεταφέρονται μέσα στόν ἤλεκτρολύτη θετικά ἰόντα ὑδρογόνου μέ φορά ἀπό τόν ψευδάργυρο πρὸς τό χαλκό καί ἀρνητικά ἰόντα  $SO_4$  μέ φορά ἀπό τό χαλκό πρὸς τόν ψευδάργυρο. Αὐτή ἡ μεταφορά τῶν ἰόντων ἀποτελεῖ τό ρεῦμα μέσα στόν ἤλεκτρολύτη. Συνάγουμε, λοιπόν, ὅτι τό ἤλεκτρικό ρεῦμα, πού δημιουργεῖται ὅταν λειτουργεῖ τό στοιχεῖο, ἀποτελεῖται κι' ἐδῶ ἀπό ρεῦμα ἀγωγιμότητας πού διαρρέει τό ἔξωταρικό τμήμα τοῦ κυκλώματος, δηλαδή τοὺς ἀγωγούς, καί ἀπό ρεῦμα μεταφοράς πού διαρρέει τό ἑσωταρικό τμήμα τοῦ κυκλώματος, δηλαδή τόν ἤλεκτρολύτη.

Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῶν ἤλεκτροδίων μέσα στόν ἤλεκτρολύτη, τόσο μεγαλύτερος εἶναι καί ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰόντων πού μεταφέρονται μέσα σ' αὐτόν κατὰ δευτερόλεπτο. Ἐπομένως ἡ μεταφορά αὐτῶν τῶν ἰόντων μπορεῖ νά εἶναι στά μεγάλα στοιχεῖα πολύ πιὸ μεγάλη ἀπ' ὅση εἶναι στά μικρά. Αὐτό σημαίνει, ὅτι ἓνα στοιχεῖο μέ μεγάλα ἤλεκτρόδια μπορεῖ νά μᾶς δώσῃ ρεῦμα περισσότερο ἀπ' τό ρεῦμα πού δίνει ἓνα στοιχεῖο μέ μικρά ἤλεκτρόδια.

Πρέπει νά γνωρίζουμε, ἐπίσης, ὅτι δέ χρησιμοποιοῦμε μονάχα χαλκό, ψευδάργυρο καί ἤλεκτρολύτη ἀπὸ νερό καί θεϊκό ὀξύ στήν κατασκευή τῶν στοιχείων. Στήν πράξη μάλιστα χρησιμοποιοῦμε πολύ σπάνια τό θεϊκό ὀξύ γι' αὐτόν τόν σκοπό. Πρακτικῶς δίνουμε μιά σειρά ἀπὸ διάφορα σώματα πού μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν κέλιστα



γιά τήν κατασκευή τῶν ἤλεκτροδίων ἑνός στοιχείου. Στή σειρά αὐτή τὰ διάφορα σώματα εἶναι βαλμένα κατὰ τρόπο, ὥστε, ἂν δύο ἀπ' αὐτά βυθισθοῦν σ' ἕναν ἤλεκτρολύτη, τό σῶμα πού προηγαῖται στή σειρά ἀποχτᾶ καί τό ὑψηλότερο δυναμικό. "Ἔτσι, ἂν πάρουμε ἄνθρακα καί χαλκό, ὁ ἄνθρακας θά εἶναι τό θετικό ἤλεκτρόδιο." Ἀν προτιμήσουμε χαλκό καί ψευδάργυρο, ὁ χαλκός θ' ἀποταλάσει, ὅπως καί προηγουμένως εἶδαμε, τό θετικό ἤλεκτρόδιο, ὅσο πιά μακριά βρίσκονται τὰ σώματά αὐτά, τό ἕνα ἀπό τό ἄλλο, στή σειρά πού δίνουμε, τόση καί μεγαλύτερη εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ, ἡ δημιουργουμένη μεταξύ τους, ὅταν τ' ἀβύλωμα μέσα στόν κατάλληλο ἤλεκτρολύτη. Ἡ σειρά εἶναι ἡ ἀκόλουθη :

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1. Ἄνθρακας    | 6. Σίδηρος     |
| 2. Λευκόχρυσος | 7. Κασσίτερος  |
| 3. Ἄργυρος     | 8. Μολυβδος    |
| 4. Ὑδράργυρος  | 9. Ψευδάργυρος |
| 5. Χαλκός      | 10. Μαγγάνιο.  |

"Ἄν πάρουμε λοιπόν ἄνθρακα καί ψευδάργυρο θά ἔχουμε διαφορά δυναμικοῦ μεγαλύτερη ἀπ' αὐτήν πού θά ἔχουμε ἂν προτιμήσουμε χαλκό καί ψευδάργυρο.

Παρακάτω θά γνωρίζουμε ἤλεκτρικά στοιχεῖα μέ διάφορα ἤλεκτρόδια καί ἤλεκτρολύτες.

### Ἡ πόλωση τοῦ στοιχείου.

Σύμφωνα μέ τ' ὅσα εἶπαμε στήν ἤλεκτρολύση, τό ὑδρογόνο ἢ τό μέταλλο παρουσιάζεται πάντοτε στήν κάθοδο. Ἐδῶ στό στοιχεῖο, ὅπως ἀναφέραμε παραπάνω, τό ρεύμα κατευθύνεται, στό ἐσωτερικό του, σύμφωνα μέ τήν κλασική διεύθυνση ἀπό τόν ψευδάργυρο πρὸς τό χαλκό. Ὁ χαλκός λοιπόν παριστάνει σ' αὐτή τήν περίπτωση τήν κἀθοδο. Τά ἄτομα τοῦ ψευδαργύρου, πού διαλύεται στόν ἤλεκτρολύτη τοῦ θετικοῦ ὀξέος, γίνονται θετικῶς ψευδάργυρος, καί τό ὑδρογόνο ἀκολουθεῖ τή διεύθυνση τοῦ ρεύματος. Ἐνα μέρος ἀπ' αὐτό ἀνεβαίνει στήν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καί ἀπ' ἐκεῖ ξεφεύγει στόν ἀέρα, ἐνώ τό ὑπόλοιπο σκεπάζει σιγά σιγά τό χαλκό. Τότε σχηματίζεται στό ἐσωτερικό τοῦ στοιχείου ἕνα δεύτερο στοιχεῖο, πού ἔχει γιά ἤλεκτρόδια τό στῶμα τοῦ ὑδρογόνου, πού σκε-



πάσει τό χαλκό, καί τόν φευδάργυρο καί γιά ηλεκτρολύτη, τό θειϊκό δεύ. Το στοιχείο όμως αυτό παρουσιάζει ηλεκτροαγερτική δύναμη αντίθετη απ' εκείνην πού παρουσίαζε πριν ο φευδάργυρος μέ τό χαλκό.

Η αντίηλεκτροαγερτική αυτή δύναμη ελαττώνει τήν κύρια ή.ε. δύναμη του στοιχείου καί σε λίγο χρονικό διάστημα τή μικραίνει τόσο, πού τό στοιχείο σχεδόν νεκρώνεται. Δεμα τότε, πώς τό στοιχείο είναι π ο λ ω μ ε ν ο, γιατί η πόλωση. όπως καταλαβαίνουμε, μικραίνει τήν ηλεκτροαγερτική του δύναμη.

Γιά νά εξαλείψουμε τήν πόλωση, ανακατεύουμε τήν διάλυση ή σκουπίζουμε τίς φυσαλίδες του υδρογόνου πού μαζεύονται γύρω στό χαλκό. Ο τρόπος όμως αυτός δέν είναι πρακτικός καί γι' αυτό φροντίζουμε μέ άλλη μέθοδο, πιο καλή, νά εξουδετερώσουμε τό ανεπιθύμητο αυτό φαινόμενο. Συνήθως βάζουμε, γύρω από τό θετικό ηλεκτρόδιο, μιá χημική ουσία πού ανώνεται εύκολα μέ τό υδρογόνο. Η ουσία, πού χρησιμοποιούμε γι' αυτόν τόν σκοπό, λέγεται ά ν τ ι π ο λ ω τ ι κ ό. Τό αντιπολωτικό είναι διαφορετικό στά διάφορα στοιχεία.

### Χαρακτηριστικά των στοιχείων.

Αυτά είναι τά ακόλουθα:

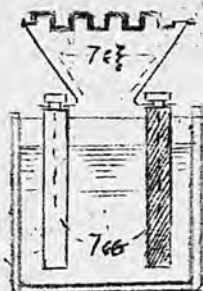
Ι. Η ή λ ε κ τ ρ ο α γ ε ρ τ ι κ ή δ ύ ν α μ η.

Γιά νά υπολογίσουμε ακριβώς τήν ή.ε. δύναμη ενός στοιχείου, πρέπει νά γνωρίζουμε τούς νόμους τής Ηλεκτροχημείας, γιατί αυτοί μας λένε πώς η ηλεκτρική ενέργεια, πού πετυχαίνουμε μέ ένα στοιχείο είναι ίση μέ τό έργο πού μας παρέχουν, οι χημικές συγγένειες των υλικών του. Γιά μās είναι αρκετό νά εξέρουμε μονάχα από τί εξαρτάται η ηλεκτροαγερτική δύναμη.

Η ή.ε. δύναμη κάθε στοιχείου δέν εξαρτάται από τό μέγεθος ή τό σχήμα πού έχουν τά ηλεκτρόδια του, αλλά μονάχα από τίς χημικές αντιδράσεις πού γίνονται μέσα του, μέ άλλα λόγια, από τή φύση των ηλεκτροδίων καί του ηλεκτρολύτη.

Όποιασδήποτε καί αν είναι αι διασπάσεις του στοιχείου καί οι μάζες των ενεργών υλικών πού περιέχει, η ή.ε. δύναμη του θα εξαρτηθεί μονάχα από τή

φύση αυτών των ἑλικῶν. Ἐν πάρουσιν π.χ. δύο στοιχεῖα με ἴδια ἠλεκτροδία καὶ ἴδιο ἠλεκτρολύτη, τὸ ἓνα ὅμως μικρὸν καὶ τὸ ἄλλο μεγάλο, θὰ δοῦμε πῶς ἡ ἠλεκτρογενετική τους δύναμη ἔχει τὴν ἴδια τιμὴν. Τὸ μεγαλύτερον, ὅμως, ἐπειδὴ ἔχει μεγαλύτερη ἐπιφάνεια ἀπὸ ἐνέργεια ὑλικῆ, καθὼς καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση μικρότερη, παρουσιάζει μεγαλύτερη χωρητικότητα. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι μπορεῖ νὰ μᾶς δώσει περισσότερα ἀμπερῶρια.



Σχ. 56

## 2. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση.

Ὅταν στοὺς πόλους ἑνὸς στοιχείου συνδέσουμε μιά ἀντίσταση (Ρ<sub>εξ</sub>), ἓνα ρεῦμα διαρρέει τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα ὅμως αὐτὸ δὲ διαρρέει, ὅπως ξέρουμε, μονάχα τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίσταση, ἀλλὰ καὶ τὰ ἠλεκτροδία καὶ τὸν ἠλεκτρολύτη. Τὸ ρεῦμα, λοιπόν, δὲ βρῖσκει μονάχα στὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἀντίσταση, ἀλλὰ καὶ μέσα στὸ στοιχεῖο.

Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ μὲν, πού ἀπαρτίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίσταση τῶν ἠλεκτροδίων καὶ τὴν ἀντίσταση τῆς στήλης τοῦ ἠλεκτρολύτη (Σχ. 56), λέγεται ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τοῦ στοιχείου καὶ μετρεῖται πάλι σὲ ὤμ. Στὰ στοιχεῖα, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση κυμαίνεται ἀπὸ 0,01-10 ὤμ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εἰδικὴν ἀντίσταση καὶ τὶς διαστάσεις τῶν ἠλεκτροδίων, ἀπὸ τὴν μεταξὺ τους ἀπόσταση, καθὼς καὶ ἀπὸ τὴ φύσιν τοῦ ἠλεκτρολύτη. Ὅσο μεγαλύτερα σ' ἓνα στοιχεῖο εἶναι τὰ ἠλεκτροδία του καὶ ὅσο μικρότερη ἡ ἀπόσταση πού τὰ χωρίζει, τόσο μικρότερη εἶναι καὶ ἡ ἐσωτερικὴ τὸν ἀντίσταση.

Δὲν πρέπει ποτὲ νὰ παραβλέπουμε τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίσταση τῶν στοιχείων, ὅταν μάλιστα χρησιμοποιοῦμε πολλὰ σ' ἓνα κύκλωμα.

## 3. Ἡ χωρητικὸτητα τοῦ στοιχείου.

Ἡ χωρητικὸτητα, δηλαδή ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ πού μπορεῖ νὰ μᾶς δώσει σὲ ἀμπερῶρια ἓνα στοιχεῖο ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύσιν τῶν ἠλεκτροδίων καὶ τοῦ ἠλεκτρολύτη καὶ ἀπὸ τὶς διαστάσεις τους.

Ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν ὑλικῶν τοῦ στοιχείου θὰ ἐξαρ-

τηθεί η ηλεκτρεγερτική του δύναμη. Από τις διαστάσεις τους, η εσωτερική του αντίσταση, που με την η.σ. δύναμη και την εξωτερική αντίσταση θα μᾶς καθορίσουν την ένταση, δηλαδή, τον ένα συντελεστή που θα μᾶς δώσει τὰ ἀμπερώρια. Ο άλλος συντελεστής είναι, όπως ξέρουμε ο χρόνος  $t (Q = I \times t)$ .

#### 4. Κανονική παροχή.

Αυτή είναι η μεγαλύτερη ένταση με την οποία μπορεί να δουλεύει ένα στοιχείο χωρίς τον κίνδυνο να πολωθεί γρήγορα. Η ένταση αυτή εξαρτάται από τη χωρητικότητα του στοιχείου.

#### 5. Η ισχύ του ὕ στοιχείου.

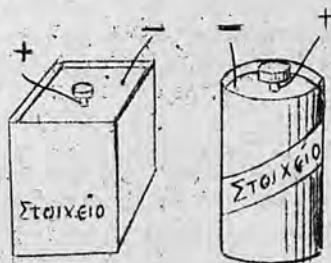
Ὀλική ἰσχύ :  $P_{ολ} = EI$  (όπου  $E = \eta.σ.δύναμη$  του ὕ στοιχείου).

Ὠφέλιμη ἰσχύ :  $P_{ωφ} = U \times I$  (όπου  $U = \text{διαφορά δυναμικοῦ}$ ).

#### Στοιχεῖα ξηρά.

Ἐπειδὴ ἡ μεταφορά τῶν ἰόντων στοιχείων Λεβαντσε σὲ εἶναι δύσκολη, κατασκευάζουν καὶ στοιχεῖα, πού ὁ ηλεκτρολύτης τους (νιτρικοί καὶ νερό) απορροφᾶται ἀπὸ πριονίδια, βαμβάκι, ζελατίνη ἢ ἀλλή παρόμοια ὕλη, πού βάζουν μέσα στοῦ δοχείου τῶν στοιχείων.

Τὰ ξηρά στοιχεῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα δοχεῖο ἀπὸ φευδάργυρο, πού παριστάνει τὸ ἀρνητικό ηλεκτρόδιο. Τὸ δοχεῖο αὐτὸ σκεπάζεται ἀπ' ἐξω μὲ πιεσμένο καὶ παραφινωμένο χαρτί. Μέσα στοῦ δοχεῖο βάζουν τὸν ἀκίνητοποιημένο ηλεκτρολύτη καὶ τὸ θετικό ηλεκτρόδιο μὲ τὸ ἀντιπολωτικό του. Τὸ ἔπάνω μέρος τοῦ στοιχείου σκεπάζεται ἔπαυτα μὲ ἕνα στρώμα ἀπὸ πίσσα.



Σχ. 57

Ἐκεῖ βρίσκονται καὶ οἱ πόλοι τῶν ηλεκτροδίων τοῦ στοιχείου (Σχ. 57) Σ' αὐτοὺς συνδέουμε τὴν ἐξωτερική ἀντίσταση.

Τὰ ξηρά στοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται ἀρκετὸ χρόνο δίχως νὰ πάθουν μεγάλη πόλωση. Ὄταν, μάλιστα λειτουργοῦν κατὰ διαλείμματα, ἀναλαμβάνουν ἀπ' αὐτὴν.

Γι' αυτό είναι κατάλληλα για να τροφοδοτούν κουδούνια, τηλεφωνα και άλλα παρόμοια μηχανήματα, που δέ λει-  
τουργοῦν συνεχῶς.

Ἡ ἡ.ε. δύναμη τῶν ξηρῶν στοιχείων είναι 1,5 βόλτ και ἡ ἐσωτερικὴ τους ἀντίσταση, 0,5 ὦμ, ἀνά-  
λογα μὲ τὸ μέγεθος.

Ὅταν τὸ στοιχεῖο πολωθεῖ, δέν μπορεῖ πιά νά  
εξαχρησιμοποιεθεῖ. Τὸ μόνο συστατικὸ του, πού ἀπομέ-  
νει ἄθικτο, εἶναι τὸ θετικὸ του ἠλεκτρόδιο, τὸ κάρ-  
βουνο.

### Στοιχεῖα ἀδρανῆ.

Αὐτὰ ἔχουν μέσα σκόνη ἀπὸ ἀμμωνιακὸ ἄλας, ἀνα-  
κατεμένη μὲ σκόνη ζελατίνας. Κατὰ τὰ ἄλλα δέν διαφέ-  
ρουν ἀπὸ τὰ ξηρὰ στοιχεῖα. Ἐνῶ ὅμως τί ξηρὰ στοιχεῖα  
μποροῦν νά μπουῦν ἁμέσως σὲ λειτουργία, τὰ ἀδρανῆ στοι-  
χεῖα πρέπει νά τὰ γεμίσουμε μὲ νερό, ἀπὸ μιὰ τρύπα πού  
ἔχουν στὸ ἐπάνω τους μέρος, γιὰ νά διαλυθεῖ τὸ ἄλας  
καί ν' ἀρχίσει ὁ ἠλεκτρολύτης τὴν ἀντίδρασή του. Με  
τὸ νερό φουσκώνει καί ἡ ζελατίνη καί σχηματίζεται, μὲ  
τὸ ἄλας μαζί, ἕναν πολτό πού δέ χύνεται. Τὸ νερό, πού  
δέ θ' ἀπορροφηθεῖ ὑστὲρα ἀπὸ 1-2 ὥρες, χύνεται καί  
ἡ τρύπα φράζεται μ' ἕνα φελλάκι. Διπλα σ' αὐτὴ τὴν τρύ-  
πα βρίσκεται καί μιὰ ἄλλη μικρότερη γιὰ νά ξεφουύγουν  
τὰ ἀέρια πού γεννιῶνται μέσα στὸ δοχεῖο.

Τὰ ἀδρανῆ στοιχεῖα ἔχουν ἡ.ε.δύναμη 1,5 βόλτ  
καί ἐσωτερικὴ ἀντίσταση 0,5 ὦμ, καί παρουσιάζουν  
τὸ πλεονέκτημα νά μποροῦν ν' ἀποθηκευθοῦν πολὺν καιρὸ.

### Ἀπόδοση ἐνὸς στοιχείου.

Ἄς υποθέσουμε ὅτι  $U$  εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  
στοὺς πόλους ἐνὸς στοιχείου μὲ ἡ.ε.δύναμη  $E$ , ὅταν τὸ  
στοιχεῖο παρέχει, σὲ ἐξωτερικὸ κύκλωμα  $R_{\text{ἐξ}}$ , ἕνα ρεῦμα  $I$ .

Ἡ ὀλικὴ ἰσχύ τοῦ στοιχείου εἶναι  $P_{\text{ὀλ}} = E \times I$ .

Ἡ ὠφέλιμη ὅμως ἰσχύ του εἶναι  $P_{\text{ὠφ}} = U \times I$ .

Ἡ ἀπόδοσή του λοιπὸν εἶναι:

$$\eta = \frac{U \times I}{E \times I} = \frac{U}{E}$$

Με  $E=2$  βόλτ καί  $U=1,5$ , ἡ ἀπόδοσή του εἶναι:

$$\eta = \frac{1,5}{2} = 0,75, \text{ δηλαδή } 75\%.$$

"Αν  $r_{\text{εσω}}$  είναι η εσωτερική του αντίσταση, η ισχύ που χάνουμε σε ζέση (φαινόμενο Ζούλ) στο εσωτερικό του είναι :  $r_{\text{εσω}} X I^2$ . Θα έχουμε άρα :

$$E I = U I + r_{\text{εσω}} I^2$$

Δηλαδή : Όλική ισχύ = ωφέλιμη ισχύ + χαμένη ισχύ.

Απ' αυτόν τόν τύπο παίρνουμε :

$$E = U + r_{\text{εσω}} I$$

$$\text{καί } U = E - r_{\text{εσω}} I$$

"Έχουμε λοιπόν :

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{E - r_{\text{εσω}} I}{E} = 1 - \frac{r_{\text{εσω}} I}{E}$$

Βλέπουμε, άρα, πώς η απόδοση του στοιχείου είναι τόσο πιο καλύτερη, όσο μικρότερη είναι η ένταση  $I$  του ρεύματος, που παίρνουμε από αυτό. Έπομένως αν θέλουμε, από τήν οικονομική πιά πλευρά, να χρησιμοποιήσουμε μέ τόν καταλληλότερο τρόπο ένα στοιχείο, πρέπει να παίρνουμε απ' αυτό ρεύμα μέ πολύ μικρή ένταση. "Αν θελήσουμε όμως να μάς δώσει τήν πιά μεγάλη του ισχύ στήν έξωτερική αντίσταση  $R_{\text{εξ}}$ , η απόδοσή του θα είναι κακή. Θα καταστρέψουμε δηλαδή, γιτί τήν ίδια ενέργεια, περισσότερο ψευδάργυρο από όσο θα ξοδεύαμε αν παίρναμε τό ρεύμα μέ μικρή ένταση.

Εύκολα μπορεί ν' αποδειχτεί πώς φτάνουμε τή μέγιστη ισχύ σε μιά έξωτερική αντίσταση, όταν :

$$U = \frac{E}{2} \quad \text{Τότε θα έχουμε γιιά απόδοση : } \eta = \frac{U}{E} = \frac{E}{2E} =$$

$$= \frac{1}{2} = 50\%$$

"Αν τό στοιχείο παρέχει ρεύμα σε έξωτερική αντίσταση  $R$ , θα έχουμε :

$$U = \frac{E}{2} = R I$$

Ξέρουμε επίσης πώς :  $E = U + r_{\text{εσω}} I = \frac{E}{2} + r_{\text{εσω}} I$  ή  $\frac{E}{2} = r_{\text{εσω}} I$

"Αρα καί :  $R I = r_{\text{εσω}} I$  ή  $R = r_{\text{εσω}}$

"Όταν λοιπόν θέλουμε να πάρουμε από ένα στοιχείο τή μεγαλύτερή του ισχύ, πρέπει η έξωτερική αν-



σταση, πού θά συνδέσουμε στους πόλους του, νά είναι ίση μέ τήν έσωτερική του αντίσταση.

Σέ μιá τέτοια περίπτωση ή διαφορά δυναμικοῦ  $U$  στους πόλους του είναι ίση μέ τή μισή ήλεκτραγεννητική του δύναμη ( $U = \frac{E}{2}$ ), καί ή απόδοση του, 50%, όπως είπαμε πρίν καί όπως θά δοῦμε καί παρακάτω.

Στην πράξη, τά στοιχεῖα δέν δουλεύουν πάντα μέ τήν προηγούμενη προϋπόθεση, προσπαθοῦμε ὅμως νά τήν πλησιάσουμε, γιατί στίς περισσότερες περιπτώσεις δέ μᾶς ενδιαφέρει τόσο ή καταστροφή του ψευδαργύρου, όσο τό νά ἔχουμε σέ μιάν ὀρισμένη έξωτερική αντίσταση τή μεγαλύτερη ίσχή.

Ἡ κατανάλωση τοῦ ψευδαργύρου.

Ἡ ή.ε. δύναμη σέ κάθε στοιχεῖο ἐξαρτᾶται, όπως είδαμε, ἀπό τίς χημικές ἀντιδράσεις πού δημιουργοῦνται μέσα του. Καί ή ποσότητα τοῦ ρεύματος, ἄρα καί ή ηλεκτρική ἐνέργεια πού μᾶς δίνει, είναι τόσο μεγαλύτερες, όσο περισσότερα είναι καί τά ὑλικά πού χρησιμοποιοῦνται σ' αὐτές τίς ἀντιδράσεις.

Ἀπό τόν πίνακα τῆς σελίδας 262 βλέπουμε, πῶς χρειάζομαστε 1,218 γραμμάρια ψευδάργυρο γιά νά πάροῦμε ενα ἄμπερῶριο.

Ἄν  $U$  εἶναι ή μέση διαφορά δυναμικοῦ τοῦ στοιχείου ὅταν δουλεῖαι, ξοδεύοντας 1,218 X 1000=1218 γραμμάρια ψευδαργύρου παίρνουμε σύνολικῶς  $U \times Q_{Ah} \times 1000 = U \times I_{Ah} \times 1000 = U$  κιλοβαττῶρια (τάση X ἄμπερῶρια X 1000 = τάση X ἄνταση X ὥρες X 1000 = κιλοβαττῶρια). Γιά κάθε λοιπόν κιλοβαττῶριο ξοδεύουμε :

$$\frac{1218}{U} \text{ γραμμάρια ψευδάργυρο.}$$

Στήν πράξη, ή κατανάλωση εἶναι μεγαλύτερη, γιατί ὁ ψευδάργυρος μπορεῖ νά πάθει τοπιική δράση καί νά ξοδαυτεῖ ενα μέρος του δουλεύοντας σ' ἀνοιχτό κύκλωμα. Μ' ὅλες μᾶς τίς προσπάθειες δέν μπορούμε δυστυχῶς ν' ἀποφύγουμε ὀλοκληρωτικῶς αὐτήν τήν δαπάνη. Ὑπολογίζουμε λοιπόν, πῶς, γιά κάθε κιλοβαττῶριο, ξοδεύουμε :

$$\frac{1500}{U} \text{ γραμμάρια ψευδάργυρο.}$$

"Αν π.χ. ένα στοιχείο μᾶς παρουσιάζει μέση διαφορά δυναμικού 1,5 βόλτ, ἡ κατανάλωση τοῦ φαιδραγύρου θά εἶναι γιά κάθε κίλοβαττώριο:

$$\frac{1500}{1,5} = 1000 \text{ γραμμάρια ἢ 1 χιλ./μο.}$$

"Αν στήν κατανάλωση αὐτήν προσθέσουμε καί τήν κατανάλωση τοῦ ἠλεκτρολύτη καί τοῦ ἀντιπολωτικοῦ, βγαζοῦμε τό συμπέρασμα, πῶς ἡ ἠλεκτρική ἐνέργεια, πού μᾶς δίνουν τά στοιχεῖα, εἶναι ἀκριβόταρη ἀπό τήν ἐνέργεια πού μᾶς δίνουν οἱ πηγές, πού μετατρέπουν τή μηχανική ἐνέργεια.

Ἡ σύνδεση τῶν στοιχείων

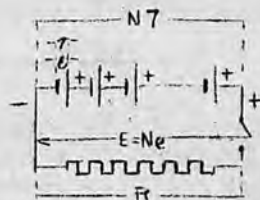
Ὅπως εἶδαμε ὡς τώρα, ἡ ἡ.ε./δύναμη τῶν διαφορῶν στοιχείων κυμαίνεται, ἀνάλογα μέ τό στοιχεῖο, ἀπό 1 -2 βόλτ. Ἡ ἔνταση, πάλι, τοῦ ρεύματος, πού μποροῦν νά μᾶς δημιουργήσουν, περιορίζεται ἀπό τήν ἐσωτερική τους ἀντίσταση.

Ἐνα στοιχεῖο, λοιπόν, δέν εἶναι ἀρκετό νά ὀσᾶς δώσει, στίς περισσότερες ἐφαρμογές, καί τήν τάση καί τήν ἔνταση πού μᾶς χρειάζονται γιά νά πετύχουμε τό σκοπό μας. Παρουσιάζεται, ἄρα, ἡ ἀνάγκη νά χρησιμοποιήσουμε πολλά στοιχεῖα, πού συνδέουμε μεταξύ τους μέ τρεῖς διαφορετικούς τρόπους, γιά νά σχηματίσουμε ὅπως λέμα, μιά σ τ ἡ λ η ἢ μ ι α σ υ σ τ ο ι χ ι α, ἢ στήν κοινή γλώσσα, μιά μ π α τ τ α ρ α ῖ α.

α) Σύνδεση τῶν στοιχείων σ τ ἡ σ ε λ ρ ᾶ (Σχ. 58).

Σ' αὐτήν, συνδέουμε τό θετικό πόλο τοῦ κάθε στοιχείου μέ τόν ἀρνητικό τοῦ ἄλλου. Ὅπως καταλαβαίνουμε, καί ὁλόκληρη ἡ στήλη πού θά σχηματιστεῖ, θά ἔχει ἓνα θετικό κι ἓναν ἀρνητικό πόλο, ὅπου πιά συνδέουμε καί τό μηχανήμα πού θέλοῦμε νά τροφοδοτήσουμε.

"Ας παραδεχτοῦμε πῶς ἡ ἡ.ε. δύναμη κάθε στοιχείου εἶναι  $e$ , ἡ ἐσωτερική του ἀντίσταση,  $r$ , καί ὅτι, γιά νά σχηματίσουμε τή στήλη, χρησιμοποιήσαμε  $N$  στοιχεῖα.



Σχ.58

Όταν συνδέσουμε στους δύο πόλους της στήλης ένα μηχάνημα με αντίσταση  $R$ ; το ρεύμα διαρρέει όλα τα στοιχεία που αποτελούν τη στήλη. Σ' αυτή την περίπτωση, η ή.ε. δύναμη κάθε στοιχείου αθροίζεται με την ή.ε. δύναμη του άλλου στοιχείου. Το ίδιο γίνεται και με τις εσωτερικές τους αντιστάσεις. Και επειδή συνδέουμε πάντοτε στοιχεία του ίδιου τύπου, μπορούμε να βγάλουμε τον ακόλουθο κανόνα:

Όταν συνδέουμε  $N$  όμοια στοιχεία στη σειρά, ή στη λη πού σχηματίζουμε ίσοδύναμα  $\bar{E}$  με ένα στοιχείο, πού ή ηλεκτρωστική του δύναμη και ή εσωτερική του αντίσταση είναι  $N$  φορές μεγαλύτερη από την ή.ε. δύναμη και την εσωτερική αντίσταση του κάθε στοιχείου της στή-

$$E = Ne \quad \text{καί} \quad R_{\bar{e}} = Nr$$

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τό κύκλωμα, είναι, σύμφωνα με τό νόμο του "Ωμ :

$$I = \frac{E}{R_{ολ}} = \frac{E}{R_{\bar{e}} + R_{\bar{e}}} = \frac{Ne}{Nr + R_{\bar{e}}}$$

"Ας πούμε, π.χ. ότι πήραμε 10 στοιχεία με  $e = 1,5$  V και  $r = 0,8$  Ω και σχηματίσαμε μία στήλη.

Η ένταση του ρεύματος που περνάει από τό κύκλωμα, αν συνδέσουμε στους πόλους της στήλης μία αντίσταση  $R = 30$  Ω, είναι:

$$I = \frac{Ne}{Nr + R} = \frac{10 \times 1,5}{10 \times 0,8 + 30} = \frac{15}{38} = 0,39 \text{ άμπέρ}$$

"Αν πάρουμε μονάχα ένα στοιχείο, θά έχουμε:

$$I = \frac{1,5}{0,8 + 30} = 0,048 \text{ άμπέρ.}$$

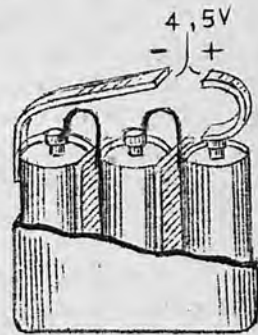
"Αν ή εσωτερική αντίσταση είναι  $0,1$  Ω, ή ένταση του ρεύματος, με τά 10 στοιχεία, είναι:

$$I = \frac{15}{8 + 0,1} = \frac{15}{8,1} = 1,85 \text{ άμπέρ.}$$

έναν μέ τό ένα στοιχείο θά ἔχουμε :

$$I = \frac{I,5}{0,8 + 0,1} = \frac{I,5}{0,9} = I,66 \text{ ἄμπερ}$$

πέρ (λίγο διαφορετική ἀπό τήν ένταση μέ τά 10 στοιχεία).



Τά ἀριθμητικά αὐτά παραδείγματα δείχνουν, πώς μάς συμφέρει, ὅταν ἔχουμε μεγάλῃ ἔσωτερική ἄντίσταση, νά συνδέσουμε τά στοιχεία ὀτή σειρά.

Σχ.59

Όταν, λοιπόν, ἔχουμε ν' ἀντιμετωπίσουμε μεγάλη ἔσωτερική ἄντίσταση, προτιμοῦμε τή σύνδεση τῶν στοιχείων στή σειρά, γιά νά ἔχουμε ἔτσι καί μεγάλη ἤ.σ. δύναμη.

Στίς στήλες, πού χρησιμοποιοῦμε γιά τά φαναράκια τῆς τσέπης, ἔχουμε ἀκριβῶς σύνδεση στοιχείων στή σειρά.

Τρία ξηρά στοιχεία μέ  $e = 1,5$  βόλτ καί  $r = 1,7\Omega$  εἶναι ἐνωμένα στή σειρά (Σχ.59). Ἔτσι σχηματίζεται μία στήλη μέ  $E = 4,5 \text{ V}$  καί ἔσωτερική ἄντίσταση  $5,1\Omega$ .

Τά λαμπάκια, στά φαναράκια, ἔχουν ἄντίσταση  $17,5 \Omega$  περίπου καί δουλεύουν μέ  $3,5$  βόλτ. Τόση παρτίδα εἶναι καί ἡ διαφορά δυναμικοῦ πού παρουσιάζει ἡ στήλη τῶν  $4,5$  βόλτ, ὅταν τά τροφοδοτεῖ. Ἄς κάνουμε τό λογαριασμό :

$$I = \frac{Ne}{R + Nr} = \frac{3 \times 1,5}{17,5 + 3 \times 1,7} = \frac{4,5}{22,6} = 0,2 \text{ ἄμπερ}$$

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ στοῦς πόλους τῆς στήλης εἶναι :

$$U = Ne - Nr \times I = 4,5 - 5,1 \times 0,2 = 4,5 - 1,02 = 3,48 \text{ βόλτ.}$$

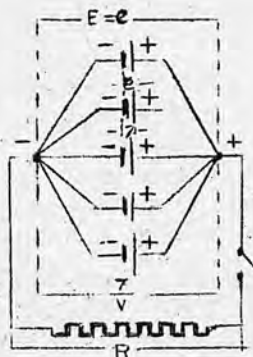
β) Παράλληλη σύνδεση τῶν στοιχείων (Σχ.60).

Τώρα συνδέουμε ὅλους τοῦς θετικούς πόλους μαζί καί σχηματίζουμε ἕναν κοινό θετικό πόλο. Ἡ σύνδεση πάλι ὁλων τῶν ἀρνητικῶν πόλων μαζί θά μᾶς δώσει τόν κοινό ἀρνητικό πόλο.

"Έτσι δημιουργούμε μία στήλη πού τά ηλεκτρόδια της έχουν επιφάνεια ίση μέ τό άθροισμα πού παρουσιάζουν οι επιφάνειες τών ηλεκτροδίων όλων τών στοιχείων. τής στήλης.

Η ή.ε. δύναμη  $E$  όλου κληρης τής στήλης είναι ίση μέ τήν ή.ε. δύναμη  $e$ , πού έχει τό ένα μονάχα στοιχείο.

Η εσωτερική της όμως αντίσταση γίνεται, αν συνδέσουμε στή στήλη  $N$  όμοια στοιχεία,  $N$  φορές μικρότερη από τήν εσωτερική αντίσταση κάθε στοιχείου, γιατί καί η επιφάνεια τών ηλεκτροδίων τής στήλης είναι  $N$  φορές μεγαλύτερη από τήν επιφάνεια τών ηλεκτροδίων του ενός στοιχείου.



Σχ.60

"Έχουμε λοιπόν τόν ακόλουθο κανόνα :

Όταν συνδέουμε παράλληλα  $N$  όμοια στοιχεία, ή συστοιχία πού σχηματίζουμε ίσοδυναμεί μέ ένα στοιχείο, πού ή ηλεκτραγωγιμική του δύναμη είναι ίση μέ τήν ή.ε. δύναμη του ενός από τά στοιχεία τής συστοιχίας, ή εσωτερική του όμως αντίσταση  $N$  φορές μικρότερη από τήν εσωτερική αντίσταση του κάθε στοιχείου.

"Έχουμε λοιπόν :

$$E = e \quad \text{καί} \quad R_{\text{εσω}} = \frac{r}{N}$$

"Αν πάρουμε 10 στοιχεία πάλι τών 1,5 βόλτ καί 0,8 Ω, ενωμένα παράλληλα, ή ή.ε. δύναμη τής συστοιχίας θά είναι :  $E = e = 1,5$  βόλτ καί ή εσωτερική της αντίσταση :

$$R_{\text{εσω}} = \frac{r}{N} = \frac{0,8}{10} = 0,08 \text{ } \Omega$$

Η ένταση του ρεύματος, μέ εξωτερική αντίσταση  $R_{\text{εξ}} = 30 \text{ } \Omega$ , είναι :



$$I = \frac{E}{R_{\delta\lambda}} = \frac{e}{R_{\delta\lambda} + \frac{r}{N}} = \frac{1,5}{30 + \frac{0,8}{10}} = \frac{1,5}{30,08} =$$

= 0,05 άμπέρ.

"Αν η έξωτερική αντίσταση είναι 0,1 Ω, έχουμε:

$$I = \frac{1,5}{0,1 + \frac{0,8}{10}} = \frac{1,5}{0,18} = 8,33 \text{ άμπέρ}$$

Η παράλληλη λοιπόν σύνδεση των στοιχείων μας συμφέρει, όταν η έξωτερική αντίσταση της πηγής είναι μικρή, γιατί και η έσωτερική αντίσταση της πηγής είναι μικρή.

γ) Μιχτή σύνδεση (Σχ.61 και 62).

Από τα παραπάνω φαίνεται ολοκάθαρα, πώς, όταν θέλουμε να έχουμε ή ε.δύναμη μεγάλη, γιά να υπερνικήσουμε μεγάλη έξωτερική αντίσταση, πρέπει να χρησιμοποιούμε τη σύνδεση στήσσειρά. Όταν πάλι θέλουμε μεγάλη ένταση ρεύματος, σε μικρή έξωτερική αντίσταση, πρέπει να προτιμούμε την παράλληλη σύνδεση.

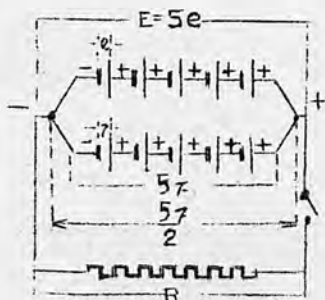
Στην πράξη, όμως, οι συνθηέςταρες περιπτώσεις άπαιτούν και μεγάλη ή ε.δύναμη και μεγάλη ένταση ρεύματος. Γι' αυτή την αίτία έπινοήθηκε η μιχτύ σύνδεση. Σ' αυτήν σχηματίζουμε ομάδες μέ τά στοιχεία ενωμένα στή σσειρά και έπειτα συνδέουμε αυτές τίς ομάδες μεταξύ τους παράλληλα.

Έίναι βυνόητο, πώς σ'αύτην τη σύνδεση, η ή.ε. δύναμη της συστοιχίας που σχηματίζουμε, είναι ίση μέ τό άθροίσμα των ή.ε. δυνάμεων των στοιχείων, που ενωμένα στή σσειρά σχηματίσαν κάθε ομάδα, και η έσωτερική της αντίσταση, ίση μέ τήν έσωτερική της αντίσταση κάθε ομάδας, άφοϋ τή σσειρά έσουμε όμως και μέτόν άριθμό των δμάδων.

"Αν έχουμε ν στοιχειά σε κάθε ομάδα ενωμένα στή σσειρά, και μ ομάδες ενωμένες παράλληλα, ο όλικός άριθμός Ν των στοιχείων θά είναι Ν = μν.

Ἡ ἡ.ε. δύναμη τῆς στήλης θά εἶναι:  $E = ve$   
καί ἡ ἰσωτερική της ἀντίσταση:  $R_{\beta 0} = \frac{vr}{\mu}$

"Ὅς φέρουμε ἀριθμητικά παραδείγματα στίς συνδέσεις πού παρουσιάζουν τά Σχ. 61 καί 62. Παραδ-  
δαχόμενα πώς τά 10 στοιχεία πού χρησιμοποιοῦμε εἶναι  
τά ἴδια μέ τά προηγούμενα, ἔχουν δηλαδή ἡ.ε. δύναμη 1,5  
βόλτ καί ἰσωτερική ἀντίσταση 0,8 Ω. Συνδέουμε τά 10 στοι-  
χεῖα πρῶτα σέ 2 ομάδες μέ 5  
στοιχεῖα στή σειρά σέ κάθε ο-  
μάδα ( $N = \mu \times v = 2 \times 5 = 10$ ).  
Ἐπειτα συνδέουμε τίς δύο ομά-  
δας μεταξύ τους παράλληλα (Σχ.61)



Σχ.61

Ποιά εἶναι ἡ ἔνταση  
τοῦ ρεύματος, ἂν συνδέσουμε  
στούς πόλους τῆς συστοιχίας  
να μηχανήμα μέ ἀντίσταση  
30 ὦμ :

Ἡ ἡ.ε. δύναμη τῆς συστοιχίας ἰσοῦται μέ  
τήν ἡ.ε. δύναμη τῆς μιᾶς ομάδας, δηλαδή μέ :  $ve = 5e$

Ἡ ἰσωτερική της ἀντίσταση, εἶναι ἴση, μέ τήν  
ἀντίσταση πού παρουσιάζουν οἱ δύο ομάδες ἀνωμένες  
παράλληλα. Καί ἐπειδή κάθε ομάδα παρουσιάζει ἀντίστα-  
ση :  $vr = 5r$ , οἱ δύο ομάδες παρουσιάζουν ὀλική ἀν-  
τίσταση :

$$\frac{vr}{\mu} = \frac{5r}{2}$$

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E}{R_{\beta 0}} = \frac{5 \times 1,5}{30 + \frac{5 \times 0,8}{2}} = \frac{7,5}{30 + 2} = \frac{7,5}{32} = 0,234 \text{ ἄμπέρ.}$$

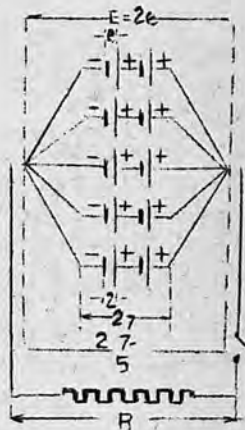
"Ὅς ἐξετάσουμε τώρα τή διάταξη τοῦ Σχ.62  
Σ' αὐτήν ἔχουμε 5 ομάδες μέ 2 στοιχεῖα στή σειρά  
( $N = \mu \times v = 5 \times 2 = 10$ ). Ἡ ἡ.ε. δύναμη τῆς συστοι-  
χίας εἶναι ἴση μέ τήν ἡ.ε. δύναμη τῆς μιᾶς ομάδας,  
δηλαδή ἴση μέ :  $ve = 2e$ .

Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίσταση καθ' ἑξῆς ομάδας εἶναι  $2r$ .

"Ἄρα ἡ ἀντίσταση τῶν ἐνωμένων παράλληλα πέντε ομάδων, δηλαδή ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίσταση ὁλόκληρης τῆς συστοιχίας, εἶναι :  $\frac{2r}{5}$

"Ἄν ἡ ἑξωτερικὴ ἀντίσταση εἶναι  $0,1 \Omega$ , ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος θὰ εἶναι :

$$I = \frac{2 \times 1,5}{0,1 + \frac{2 \times 0,8}{5}} = \frac{3}{0,1 + \frac{1,6}{5}} = \frac{3}{0,42} = 7,14 \text{ A.}$$



Σχ.62

Ποιά σύνδεση μᾶς συμφέρει.

Καί ἀπό τὰ δύο αὐτὰ παραδείγματα βγάζουμε τὸ συμπέρασμα, πῶς στὴν περίπτωση μεγάλων ἑξωτερικῶν ἀντιστάσεων ἢ ἀντιηλεκτρογενετικῶν δυνάμεων, πετυχαίνουμε τὴ μεγαλύτερη ἔνταση συνδέοντας σὲ κάθε ομάδα πολλά στοιχεῖα στή σειρά, γιὰ νὰ ἔχουμε ὅσο μπορούμε μεγαλύτερη ἢ.ε. δύναμη.

Ἡ σύνδεση αὐτὴ μοιάζει περισσότερο μὲ τὴ σύνδεση τῶν στοιχείων στή σειρά.

"Ὅταν ἔχουμε ὅμως μικρὰς ἑξωτερικῆς ἀντιστάσεως, πετυχαίνουμε τὴν μεγαλύτερη ἔνταση, σχηματίζοντας πολλές ομάδες μὲ λίγα στοιχεῖα σὲ κάθε ομάδα.

Ἡ σύνδεση αὐτὴ μοιάζει περισσότερο μὲ τὴν παράλληλη σύνδεση τῶν στοιχείων.

Ὡστόσο, γιὰ νὰ βροῦμε τὴν πιὸ κατάλληλη σύνδεση, πρέπει νὰ ἐξέρουμε καί τὴν κανονικὴ παροχὴ τῶν στοιχείων, δηλαδή τὴν μεγαλύτερη ἔνταση ρεύματος ποὺ μπορεῖ νὰ μᾶς δώσει κάθε στοιχεῖο, χωρὶς τὸν κίνδυνο νὰ πολωθεῖ. Οἱ κατασκευαστὲς τῶν στοιχείων δίνουν, εὐτυχῶς, μαζὶ μὲ τὴν ἢ.ε. δύναμη καί τὴν ἑσωτερικὴ ἀντίσταση, καί τὴν κανονικὴ παροχὴ κάθε στοιχείου καὶ ἄται ὁ λογαριασμὸς γίνεται εὐκόλα. "Ἄς πάρουμε ὅμως

ἀκόμη ἓνα ἀριθμητικό παράδειγμα :

"Ὅπως ὑποθέσουμε πῶς θέλουμε νά τροφοδοτήσου-  
μα μὲ στοιχεῖα ἓνα ἠλεκτρικό μηχανήμα, πού ἐργάζεται  
μὲ τάση 50 βόλτ καὶ ἔχει ἐσωτερική ἀντίσταση 5 ὰμ.  
Τὰ στοιχεῖα πού διαθέτουμε ἔχουν τ' ἀκόλουθα χαρακτη-  
ριστικά :

$$e = 1,5 \text{ V}, \quad r = 0,2 \text{ } \Omega, \quad \text{κανονική παροχή} = 3 \text{ ἄμπέρ.}$$

"Ὅπως βροῦμε τώρα, μ' αὐτά τὰ γνωστά, πόσα στοι-  
χεῖα θά χρησιμοποιήσουμε καὶ μὲ τί τρόπο θά τὰ συν-  
δέσουμε, γιὰ νά μπορέσουμε νά τροφοδοτήσουμε κανονικά  
τό μηχανήμά μας.

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος σ' αὐτό τό μηχανήμα  
πρέπει νά εἶναι :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{50}{5} = 10 \text{ ἄμπέρ.}$$

Ἐπειδή ἡ κανονική παροχή κάθε στοιχείου εἶ-  
ναι 3 A, πρέπει νά συνδέσουμε παράλληλα 4 ομάδες γιὰ  
νά πατύσουμε τὰ 10 ἄμπέρ, δίχως τό φόβο νά πολωθούν  
τά στοιχεῖα κάθε ομάδας.

Θά ἔχουμε λοιπόν 4 ομάδες, πού ἡ κάθε μιά  
θά μᾶς δίνει ρεῦμα  $\frac{10}{4} = 2,5$  ἄμπέρ. "Ἄν κάθε ομάδα  
ἀποτελεῖται ἀπό  $n$  στοιχεῖα, ἡ ἠλεκτρογενετική της δύ-  
ναμη θά εἶναι  $ne$ , ἡ ἐσωτερική της ἀντίσταση,  $nr$ ,  
καὶ ἡ διαφορά δυναμικοῦ στοὺς πόλους της, μ' ἓνα ρεῦ-  
μα 2,5 ἄμπέρ.

$$U = ne - 2,5 \times nr = n (- 2,5 \times r)$$

"Ἄν ἀντικαταστήσουμε μὲ τίς τιμές τους τό  $e$   
καὶ τό  $r$ , θά ἔχουμε, γιὰ μιά διαφορά δυναμικοῦ  $U =$   
 $= 50$  βόλτ :

$$n = \frac{U}{e - 2,5 \times r} = \frac{50}{1,5 - 2,5 \times 0,2} = \frac{50}{1,5 - 0,5} = 50 \text{ στοι-}$$

χεῖα σέ κάθε ομάδα. Καὶ ἐπειδή ἔχουμε 4 ομάδες ὁ  
ὀλικός ἀριθμός  $N$  τῶν στοιχείων, πού θά διαθέσουμε γιὰ  
νά σχηματίσουμε τή συστοιχία, θά εἶναι :

$$N = \mu \times n = 4 \times 50 = 200 \text{ στοιχεῖα.}$$

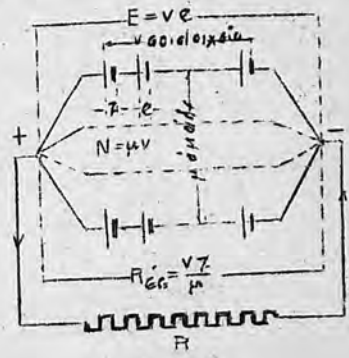
Ἡ ἡ.α. δύναμη τῆς συστοιχίας θά εἶναι :  $E = 50 \times 1,5 = 75$  βόλτ, καί ἡ ἀπόδοσή της :

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{50}{75} = 0,66 \text{ ἢ } 66\%$$

Πῶς πετυχαίνουμε τήν μέγιστη ἰσχύ σ' ἄναν ἀποδέκτη.

Θέλουμε νά τροφοδοτήσουμε μέ στοιχεῖα ἕνα ἀποδέκτη πού παρουσιάζει ὀρισμένη ἀντίσταση  $R$ . Ὁ ὅλιγος ἀριθμός τῶν στοιχείων πού διαθέτουμε εἶναι  $N$ .

Κάθε στοιχεῖο ἔχει ἡ.α. δύναμη  $e$  καί ἑσωτερική ἀντίσταση  $r$ . Πῶς πρέπει νά συνδέσουμε τά  $N$  στοιχεῖα, γιά νά πετύχουμε τήν μέγιστη ἔνταση στόν ἀποδέκτη μας; (Σχ.63). Δέν πρέπει νά ξεχνῶμε, ὅτι, ἀφοῦ ὁ ἀποδέκτης μας ἔχει ὀρισμένη ἀντίσταση  $R$ , ὅταν θά διαρρέεται ἀπό ρεῦμα μέ μέγιστη ἔνταση, θά ἐργάζεται καί μέ τήν μέγιστη του ἰσχύ, γιατί  $P = RI^2$ .



Σχ.63

1. Ἀπό τήν ἐξέταση τοῦ θέματος αὐτοῦ θ' ἀποδειχτεῖ, πῶς, γιά νά πετύχουμε τό κορυφαῖο, πρέπει τά στοιχεῖα νά συνδεθοῦν μέ τέτοιο τρόπο, ὥστε ἡ ἑσωτερική ἀντίσταση τῆς συστοιχίας, πού θά σχηματίσουν, νά εἶναι ἴση μέ τήν ἀντίσταση  $R$  τοῦ ἀποδέκτη.

Ὁ τύπος, πού μᾶς δίνει τήν ἔνταση στήν περίπτωση τῆς συνδεσμολογίας τῶν στοιχείων σέ ὁμάδες μέ  $v$  στοιχεῖα σέ κάθε ὁμάδα ( $N = \mu v$ ), εἶναι :

$$I = \frac{ve}{R + \frac{vr}{\mu}} = \frac{ve}{\frac{R\mu}{\mu} + \frac{vr}{\mu}} = \frac{e}{\frac{R\mu}{v\mu} + \frac{vr}{v\mu}} = \frac{e}{\frac{R}{v} + \frac{r}{\mu}}$$

Ἡ ἔνταση λοιπόν τοῦ ρεῦματος εἶναι ἡ μέγιστη, ὅταν ὁ παρανομαστής  $\frac{R}{v} + \frac{r}{\mu}$  πάρει τήν ἐλάχιστή του τιμή.



Τό γινόμενο τῶν δύο αὐτῶν ἀριθμῶν ἰσοῦται  
 μέ  $\frac{R}{\nu} \times \frac{r}{\mu}$ , καί ἐπειδή  $N = \nu \mu$ , θά ἔχουμε :  $\frac{Rr}{\nu \mu} = \frac{Rr}{N}$

Ἡ τιμή  $\frac{Rr}{N}$  εἶναι σταθερή καί δέν ἀλλάζει, ἂν δέν ἀλλάξει ἕνας ἀπό τούς παράγοντες πού τήν ἀποτελοῦν.

Ἀπό τά Μαθηματικά ὁμως ξέρουμε, πῶς ὅταν δύο ἀριθμοί, πού μεταβάλλονται, ἔχουν γινόμενο σταθερό, τό ἄθροισμά τους ἔχει τήν πιο μικρή τιμή, ὅταν αὐτοί οἱ ἀριθμοί εἶναι ἴσοι. Ἐχουμε π.χ. γιά γινόμενο σταθερό, τόν ἀριθμό 64. Αὐτόν μπορούμε νά τόν πετύχουμε κάνοντας τούς ἀκόλουθους πολλαπλασιασμούς :

- |                 |  |               |
|-----------------|--|---------------|
| 1) 64 X 1 = 64, | τό ἄθροισμα τῶν δύο παραγόντων εἶναι : | 64 + 1 = 65   |
| 2) 32 X 2 = 64, | " " "                                  | " 32 + 2 = 34 |
| 3) 16 X 4 = 64, | " " "                                  | " 16 + 4 = 20 |
| 4) 8 X 8 = 64,  | " " "                                  | " 8 + 8 = 16  |

Στήν τελευταία περίπτωση ἔχουμε τό μικρότερο ἄθροισμα πού, ὅπως βλέπουμε, τό πετυχαίνουμε μέ δύο ἴσους ἀριθμούς.

Καί στήν προηγούμενη περίπτωση, ὁ παρονομαστής  $\frac{R}{\nu} + \frac{r}{\mu}$  θά εἶναι ὁ ἐλάχιστος, ὅταν  $\frac{R}{\nu} = \frac{r}{\mu}$ , ἄρα καί  $R = \frac{\nu r}{\mu}$ .

Ἡ  $R$  ὁμως, εἶναι ἡ ἐξωτερική ἀντίσταση, καί ἡ  $\frac{\nu r}{\mu}$ , ἡ ἑσωτερική ἀντίσταση τῆς συστοιχίας.

Θά ἔχουμε λοιπόν στό κύκλωμα, ἄρα καί στόν ἀποδέκτη  $R$ , τήν μέγιστη ἐνταση, ὅταν ἡ ἑσωτερική ἀντίσταση τῆς συστοιχίας, καί γωνικά τῆς ἐπηγῆς, εἶναι ἴσες τήν ἐξωτερική ἀντίσταση.

Στήν περίπτωση αὐτήν, ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U$  στους πόλους τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μέ τή μισή ἡλεκτρεγερτική δύναμη τῆς συστοιχίας, δηλαδή :  $U = \frac{\nu e}{2}$  (ξ91)

Καί πράγματι:  $U = E - R \delta \sigma I$

Σύμφωνα όμως με τα προηγούμενα:  $E = ve$ ,

ή εσωτερική αντίσταση της συστοιχίας:  $R \delta \sigma = \frac{vr}{\mu}$

$$\text{καί } I = \frac{ve}{R + \frac{vr}{\mu}}$$

Άλλ' επειδή και  $R = \frac{vr}{\mu}$ , μπορούμε να γράφουμε για παρονομαστή, αντί του  $R + \frac{vr}{\mu}$ , τό ἴσο του:  $\frac{vr}{\mu} + \frac{vr}{\mu} = \frac{2vr}{\mu}$

Αντικαθιστούμε τις τιμές στον τύπο  $U = E - R \delta \sigma I$

καί ἔχουμε:

$$U = ve - \frac{vr}{\mu} \frac{ve}{\frac{2vr}{\mu}} = ve - \frac{ve}{2} = \frac{2ve - ve}{2} \quad \text{καί}$$

$$U = \frac{ve}{2}$$

Ἡ ἀπόδοση τῆς συστοιχίας εἶναι τώρα 50%, γιατί:

$$\eta = \frac{U - ve}{E - 2ve} = \frac{I}{2} \quad \text{ἢ } 50\%$$

Όταν θέλουμε να ἔχουμε τὴ μέγιστη ἰσχύ, μπορούμε να βρούμε τις ομάδες  $\mu$  καί τὰ στοιχεῖα  $v$ , πού θά συνδεθοῦν στή σειρά σε κάθε ομάδα, ἀφοῦ ξέρουμε τόν ὀλικό ἀριθμό  $N$  τῶν στοιχείων, τὴν ἔξωτερική ἀντίσταση  $R$ , καί τὴν εσωτερική ἀντίσταση  $r$  κάθε στοιχείου.

Ἔχουμε πρῶτα πρῶτα:  $N = \mu v$  καί  $R = \frac{vr}{\mu}$

Πολλαπλασιάζουμε κατὰ μέλη τις δύο αὐτές ἀξιοῦσεις καί ἔχουμε:

$$NR = \frac{v^2 \mu r}{\mu} = v^2 r$$

$$\text{καί } v = \sqrt{\frac{NR}{r}}$$

Ἄν διαιρέσουμε κατὰ μέλη τις δύο προηγούμενας ἀξιοῦσεις, θά ἔχουμε:

$$\frac{N}{R} = \frac{\mu v}{\frac{vr}{\mu}} = \frac{\mu^2 v}{vr} = \frac{\mu^2}{r}$$

$$\kappa\acute{\alpha}\iota \mu = \sqrt{\frac{rN}{R}}$$

## Ο ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ

### Γενικά.

Ο συσσωρευτής είναι μιά ἀποθήκη, ὅπου ἀποθηκεύουμε τήν ἠλεκτρική ἀνέργεια μέ μορφή χημικῆς ἀνέργειας, γιά νά τήν ξαναπάρουμε πάλι, ὅταν θελήσουμε, μέ τήν ἀρχική της μορφή, μετατρέποντας τή χημική ἀνέργεια σέ ἠλεκτρική. Μέ ἄλλα λόγια, στό συσσωρευτή ἔχουμε συνδυασμό τῆς ἠλεκτρολυτικῆς συσκευῆς καί τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

Ο συσσωρευτής προσφέρει χίλιες δύο ὑπηρεσίες στήν Ἠλεκτροτεχνία, καί δέ βρίσκεται κανένας σήμερα, ἔχοντας καί μικρή ἀκόμη ἰδέα ἀπό Ἠλεκτρισμό, πού νά μὴ τόν γνωρίζει. Ο ἠλεκτροτεχνίτης θά τόν βρεῖ πάντα μπροστά του. Πρέπει λοιπόν νά τόν ἐξετάσουμε κάπως λεπτομερέστερα.

Ο συσσωρευτής εἰσχωρίζεται σέ δύο κύριες κατηγορίας : Στή μιά, ἀνήκει ὁ συσσωρευτής μο-  
λύβδου, πού λέγεται καί συσσωρευτής  
θετικῆς ὀξείας, καί στήν ἄλλη : ὁ ἀλ-  
καλικός συσσωρευτής. Ὑπάρχει καί  
μιά τρίτη κατηγορία : ὁ συσσωρευτής μέ  
ἰώδιον. Ἡ χρησιμοποίησή του, ὅμως, εἶναι ἀκόμη  
πολύ περιορισμένη καί γι' αὐτό δέ θά μας ἀπασχολήσει  
ἔδῳ.

Σέ κάθε στοιχεῖο τοῦ συσσωρευτή, ἀδιάφορο  
σέ ποιά κατηγορία ἀνήκει, διακρίνουμε τά δύο τοῦ ἠλεκ-  
τρόδια, θετικό καί ἀρνητικό, τόν ἠλεκτρολύτη, καί  
τό δοχεῖο πού περιέχει τά ἠλεκτρόδια καί τόν ἠλεκτρο-  
λύτη.

Ἡ χρησιμοποίηση τοῦ συσσωρευτή εἶναι ἀπλή.  
Γιά ν' ἀποθηκεύουμε μέσα του τήν ἠλεκτρική ἀνέργεια  
μέ μορφή χημικῆς ἀνέργειας, γιά νά τόν φορτίσου-  
με ὅπως λέμε, συνδέουμε τό θετικό ἠλεκτρόδιό του  
μέ τό θετικό πόλο μιᾶς πηγῆς πού μᾶς δίνει συνεχές  
ρεῦμα καί τό ἀρνητικό του ἠλεκτρόδιο, μέ τόν ἀρνητικό  
πόλο τῆς ἴδιας πηγῆς. Ἔτσι, στέλνουμε τό ρεῦμα τῆς  
πηγῆς στό συσσωρευτή. Ὑστερα ἀπό ὀρισμένες ὥρας, ἐξ-

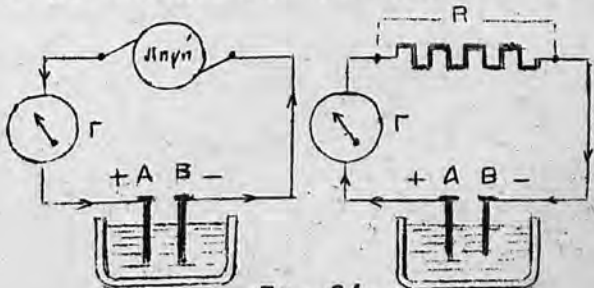
συνδέουμε τό συσσωρευτή από τήν πηγή και μπορούμε νά τόν μεταχειριστοῦμε γιά νά μᾶς τροφοδοτήσῃ ἄλλα ἠλεκτρικά μηχανήματα. Τότε ὁ συσσωρευτής ξ ε φ ο ρ τ ῖ ζ ε τ α ι .

Ἄμα ὁ συσσωρευτής ἀδαιῶσαι, μπορεῖ νά συνδεθεῖ πάλι πρὸς τήν ἠλεκτρική πηγή γιά νά ξαναφορτωθῇ, ἀφοῦ φορτισθεῖ θά εἶναι πάλι ετοιμος νά μᾶς ξαναδώσῃ τήν ἠλεκτρική ἐνέργεια, πού ἀποθήκευσε μέ μορφή χημικῆς ἐνέργειας. Ὡστε λοιπόν ὁ συσσωρευτής εἶναι, νά πούμε, κάτι σά στάμνα. Ἐχομε ἀνάγκη ἀπό νερό; Πάμε και γαμίζουμε τή στάμνα ἀπό τήν πηγή. Ἐοδεύουμε τό νερό και ἀδαιῶσαι ἡ στάμνα; Τήν ξαναπάμε στήν πηγή γιά νεο γέμισμα.

Ἡ παρομοίωση θά ἦταν σ' ὅλα της σωστή, ἂν ἀποθηκαῦσαμε στό συσσωρευτή αὐτοῦσίο ἠλεκτρισμό, ὅπως γίνεται σ' ἕνα ἄλλο μηχανήμα, πού λέγεται "πυκνωτής" και πού θά μᾶς ἀπασχολήσῃ πολύ ἀργότερα. Στό συσσωρευτή δέ ν' ἀποθηκαεύομε πραγματικά ἠλεκτρισμό, ἀλλά, μέ τὸ ρεῦμα πού τοῦ στάλνομε κατὰ τήν φόρτιση, προξενοῦμε χημική ἀλλοίωση στό ἠλεκτρόδιό του. Ὄταν ἔπειτα τόν ξεφορτίζουμε, ὅταν δηλαδή παίρνομε ἀπ' αὐτόν ρεῦμα, τά ἠλεκτρόδια του μᾶς ἐπιστρέφουν μέ μορφή ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας τή χημική ἐνέργεια πού ἀπόχτησαν στή φόρτιση. Ὡστε ὁ συσσωρευτής μετατρέπει τήν ἠλεκτρική ἐνέργεια δέ χημική κατὰ τή φόρτισή του, και τή χημική σέ ἠλεκτρική κατὰ τήν ἐκφόρτισή του. Ἀπό τά παρακάτω θά φανεῖ ὀλοκάθαρα τί ἀκριβῶς γίνεται.

Πῶ βασίζεται ἡ λειτουργία τοῦ συσσωρευτή.

Στά προηγούμενα μιλήσαμε γιά τήν πόλωση εἴδαμε μάλιστα και τίς βλάβες πού προκαλεῖ στα ἠλεκτρικά στοιχεῖα, καθῶς και τά μέτρα πού παίρνομε γιά νά τήν καταπολεμήσομε. Ἐ, λοιπόν, ἂν δέν



Σχ. 64

ήταν η πόλωση, δε θα είχαμε σήμερα και συσσωρευτή. Μιά από τις ωραιότερες νίκες του ανθρώπινου μυαλού. Έδώ, όχι μονάχα δεν φοβάται το βλαβερό αυτό φαινόμενο, αλλά και το δημιουργεί επίτηδες, για να το αντιμετωπιστεί. "Ας πάρουμε όμως το ζήτημα από την αρχή.

Στο Σχ. 64, πού είναι το ίδιο ακριβώς με το Σχ. 54, βλέπουμε πάλι την ηλεκτρολυτική συσκευή, με ηλεκτρολύτη από νερό και θαλικό ψευδάργυρο, και τα δύο της ηλεκτρόδια από πλατίνα.

"Αν συνδέσουμε στα άκρα των ηλεκτροδίων της μιάς αντίσταση R (Σχ. 64), δίχως, να έχουμε συνδέσει προηγουμένως τη συσκευή σε ηλεκτρική πηγή, διαπιστώνουμε με ένα αμπερόμετρο πώς η συσκευή δίνει ρεύμα. Αυτό είναι φυσικό. Θα μπορούσε κανείς να φαντασθεί το αντίθετο, αν τυχόν παρασυρόταν από το ηλεκτρικό στοιχείο. Και το στοιχείο βέβαια έχει δύο ηλεκτρόδια βουτηγμένα μέσα σε ηλεκτρολύτη, αλλά δεν πρέπει να ξεχνούμε τη λεπτομέρεια, πώς, το στοιχείο, τα δύο ηλεκτρόδια είναι από διαφορετικό μέταλλο. "Ας μη ξεχνούμε να είχαμε, πώς, για να κάνουμε αναστοιχείο, πρέπει να πάρουμε δύο διαφορετικούς αγωγούς πρώτης κατηγορίας και να τους βάλουμε μέσα σ' έναν αγωγό δεύτερης κατηγορίας.

Αίτια λοιπόν πού η ηλεκτρολυτική συσκευή του Σχ. 1 δέ μας δίνει ρεύμα, είναι γιατί τα δύο της ηλεκτρόδια είναι, και τα δύο, από πλατίνα. "Αν όμως συνδέσουμε τη συσκευή σε μιά ηλεκτρική πηγή και αφίσουμε το ρεύμα της πηγής να περάσει μέσα από τη συσκευή αρκετή ώρα, τα πράγματα, όπως είδαμε μιλώντας και για την πόλωση, αλλάζουν. Το ρεύμα, πηγάζοντας από το ηλεκτρόδιο Α, μέσα από τον ηλεκτρολύτη, προς το ηλεκτρόδιο Β, μεταφέρει τα ιόντα του ψευδαργύρου και του δευγόνου του ηλεκτρολύτη σε αντίστοιχα ηλεκτρόδια. Ο ψευδάργυρος, σά μέταλλο πού είναι, απολυνθεί τη διεύθυνση του ρεύματος και κολλάει στην κάθοδο, δηλαδή στο ηλεκτρόδιο Β, ενώ το δευγόνο ανεβαίνει προς το ηλεκτρόδιο Α, πού αποτελεί την άνοδο, και απορροφάται λίγο απ' αυτήν. Ο ψευδάργυρος, πού σκεπάζει πιά το ηλεκτρόδιο Β, εμποδίζει τώρα τον ηλεκτρολύτη να βρεθεί σε άμεση επαφή με την πλατίνα του ηλεκτροδίου αυτού. Είναι λοιπόν σαν ν' αντιπαραστήσουμε το πλατινένιο ηλεκτρόδιο με άλλο καμωμένο από



ψευδάργυρο. Τό ηλεκτρόδιο Α, εξακολουθεῖ νά μένει ὅπως ἦταν καί πρίν, δηλ. πλατινένιο. Ἡ συσκευή μας ἔρα ἔχει, ὕστερα ἀπό τό πέρασμα τοῦ ρεύματος ἀπό μέσα της, τό ένα της ηλεκτρόδιο ἀπό πλατίνα καί τό ἄλλο ἀπό ψευδάργυρο. Μεταμορφώθηκε λοιπόν, ὅπως βλέπουμε, σέ ηλεκτρικό στοιχείο. Ἄν τώρα τήν ἐξοξοδώσουμε ἀπό τήν πηγή καί τή συνδέσουμε στήν ἀντίσταση R, θά δοῦμε πῶς ἡ συσκευή δίνει ρεῦμα. Τό ρεῦμα αὐτό τό ὀνομάσαμε "θερθεῖον ρεῦμα", γιά νά τό ἐξοξοδώσουμε ἀπό τό πρωταῖον ρεῦμα τῆς ηλεκτρικῆς πηγῆς, πού μᾶς μεταμόρφωσε τήν ηλεκτρολυτική συσκευή σέ ηλεκτρικό στοιχείο.

Στήν παράγραφο 81 εἶπαμε, πῶς αὐτό τό φαινόμενο ὀφείλεται στήν πόλωση καί ὅτι παρουσιάζεται ὄχι μονάχα μέ τά ηλεκτρόδια καί τόν ηλεκτρολύτη πού προαναφέραμε, ἀλλά καί μέ ὅποιαδήποτε ἄλλα.

Κι ἄληθεια : Μποροῦμε νά χησιμοποιήσουμε γιά ηλεκτρόδια δύο χάλκινα σύρματα καί γιά ηλεκτρολύτη νερό μέ μαγνητικό αλάς ἤ μέ κανένα ὀξύ, π.χ. θεικίκο ὀξύ.

"Ἄν συνδέσουμε μιᾶ τέτοια συσκευή στό κύκλωμα μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς, θά παρατηρήσουμε πῶς γύρω στά δύο χάλκινα ηλεκτρόδια σχηματίζονται φυσαλλίδες, περισσότερο στό ηλεκτρόδιο πού εἶναι ἐνωμένο μέ τό ἀρνητικό πόλο τῆς πηγῆς, καί λιγότερες στό ἐνωμένο μέ τό θετικό πόλο. Οἱ φυσαλλίδες πού μαζεύονται στόν ἀρνητικό πόλο εἶναι ὕδρογόνο, οἱ ἄλλες τοῦ θετικού πόλου, ὀξυγόνο. Ἄν καλοπροσέξουμε μάλιστα, θά δοῦμε πῶς τό ὕδρογόνο πού μαζεύεται στόν ἀρνητικό πόλο, εἶναι διπλάσιο σέ ὄγκο ἀπό τό ὀξυγόνο τοῦ θετικού πόλου. Ἐδῶ γίνεται, ὅπως ξέροῦμε πιά, ηλεκτρόλυση τοῦ νεροῦ (§ 74)

"Ἄν, μετά κάμποση ὥρα, ἐξοξοδώσουμε τή συσκευή ἀπό τήν πηγή καί συνδέσουμε στά ὀριά της μιᾶ ἀντίσταση, θά διαπιστώσουμε πῶς εἶναι ὁ ρεύμα περναῖ ἀπό τήν ἀντίσταση, καί μάλιστα, ὅτι αὐτό τό ρεῦμα ἔχει θεθεῖον ἤ ἀντίθετη ἀπό τό πρωταῖον ρεῦμα. Ἐπομένως καί ἐδῶ ἡ συσκευή μας μεταμορφώθηκε σέ ηλεκτρική πηγή. Αἰτία αὐτῆς τῆς μεταμόρφωσης εἶναι ἡ ἐπιθυμία τῶν συστατικῶν τοῦ νεροῦ, δηλαδή τοῦ ὀξυγόνου καί τοῦ ὕδρογόνου, νά ξαναενωθοῦν, γιά νά σχηματίσουν πάλι νερό. Στήν ηλεκτρολυτική, λοιπόν, συσκευή τοῦ νεροῦ ἀποθηκεύεται ηλεκτρική ἐνέργεια μέ τή διάσπαση τοῦ νεροῦ στά συστατικά του. Μ' ἄλλα λόγια, ἡ ηλεκτρολυτική συσκευή τοῦ νεροῦ εἶναι εἰς ἡλεκτρικός συσσωρευτής στήν πιό ἀπλή

του μορφή. Ένας τέτοιος συσσωρευτής ονομάζεται και  
 σ υ σ σ ω ρ ε υ τ ή ς ἄ ε ρ ί ο υ.

Ὁ συσσωρευτής αυτός παρουσιάζει τὸ μειονέ-  
 κτημα νὰ ἀποθηκεύει λίγη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἐχει ἐ-  
 πομένως, ὅπως λέμε, μ ι κ ρ ῆ χ ω ρ η τ ι κ ὅ τ η -  
 τ α. Ἀπὸ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ποῦ ἀποθηκεύου-  
 με σ' αὐτόν, ὅταν τὸν φορτίζουμε, παίρνομε πύσω μονάχα  
 ενα μέρος της, γιατί μιὰ ποσότητα ἀπὸ ὑδρογόνο και ὀ-  
 ξυγόνο ξεφεύγει στὸν ἄερα και εἶναι φυσικὸ νὰ μὴν μπο-  
 ροῦν πιά νὰ ἐξαναγκαστεῖ νὰ σχηματίσει και πάλι νερό  
 μέσα στὸν ἠλεκτρολύτη, ὅπως τὸ υπόλοιπο ὑδρογόνο και  
 ὀξυγόνο, ποῦ περιβάλλουν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ συσσωρευτῆ.  
 Καί ἡ ἀπόδοση, ἄρα, ἐνὸς τέτοιου συσσωρευτῆ εἶναι ἐπί-  
 σης μικρῆ.

### Ο ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ

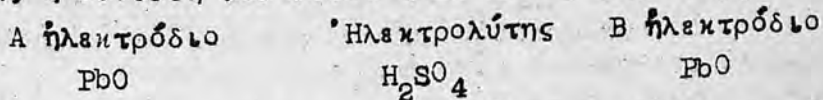
Τί γίνεται μέσα στό συσσωρευτῆ μολύβδου.

Ἡ χωρητικὴ ἰσχύς και ἡ ἀπόδοση τοῦ συσσωρευτῆ  
 μποροῦν ν' αὐξηθοῦν, ἂν κολλήσουμε ἐπάνω στά χάλκινα  
 σύρματα, ποῦ περιστάναν ὡς τώρα τὰ δύο ἠλεκτρόδια,  
 πλάκες ἀπὸ μονοξειδίου τοῦ μολύβδου (PbO) (λιθάργυρος),  
 και ἂν χρησιμοποιήσουμε γιὰ ἠλεκτρολύτη, ὄχι πιά νερό  
 μέ μαγειρικὸ ἄλας, ἀλλὰ θεικικὸ ὀξύ ( $H_2SO_4$ ), ἀραιωμένο  
 μέ ἀποσταγμένο νερό. Ὅπως και στὴν παράγραφο ΒΙ εἴπα-  
 με, τὸ φαίνόμενο τῆς πόλωσης πετυχαίνει πολὺ καλύτερα  
 ὅταν τὰ δύο ἠλεκτρόδια εἶναι ἀπὸ μολύβδο και ὁ ἠλεκτρο-  
 λύτης, ἀραιωμένο θεικικὸ ὀξύ.

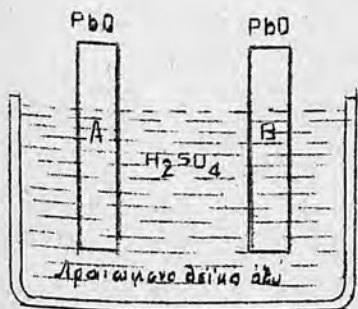
Ἄν συνδέσουμε ενα τέτοιο συγκρότημα μέ μιὰ  
 πηγὴ συναχοῦς ρεύματος και σταίλουμε ἀπὸ μέσα του τὸ  
 ρεῦμα τῆς πηγῆς ἀρκετὲς ὥρες, θὰ δοῦμε πῶς κι' ἐδῶ τὰ  
 ἰόντα τοῦ ἠλεκτρολύτη μεταφέρονται στ' ἀντίστοιχα ἠλεκ-  
 ττρόδια.

Θὰ διαπιστώσουμε ἀκόμη, πῶς ἡ μολύβδινη πλά-  
 κα, ποῦ τὴν συνδέσαμε μέ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς,  
 και ποῦ, ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω, ἀποτελεῖ τὸ θετικὸ  
 ἠλεκτρόδιο τοῦ συσσωρευτῆ, ἀλλάζει τὸ χρῶμα της και  
 γίνεται, ἀπὸ γκριζα ποῦ ἦταν, καστανή. Συμπεραίνουμε  
 λοιπόν, πῶς τὸ ἠλεκτρόδιο αὐτὸ εἶπαθε στὴν ἐπιφάνειά  
 του μεταβολές. Ἡ ἄλλη μολύβδινη πλάκα, ποῦ εἶναι τὸ  
 ἀρνητικὸ ἠλεκτρόδιο, μένει γκριζα, παίρνει ὁμως και  
 αὐτὴ ἄλλη χημικὴ σύνθεση.

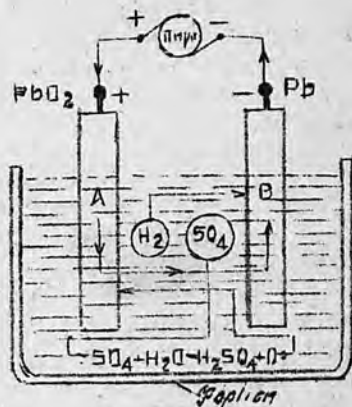
Καί πράγματι : Πρίν ακόμη παράσει ρεύμα από τό συσσωρευτή; η σύνθεσή του είναι η ακόλουθη (Σχ. 65).



Δηλαδή, τό Α ήλεκτροδίο είναι μονοξείδιο του μολύβδου (PbO), ό ήλεκτρολύτης, υδρωμένο θειικό δξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), και τό Β ήλεκτροδίο, επίσης μονοξείδιο του μολύβδου (PbO).



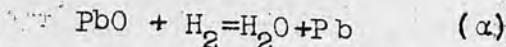
Σχ. 65



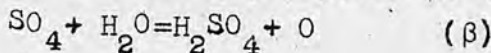
Σχ. 66

Καί τά δύο ήλεκτροδία λοιπόν είναι χημικώς όμοια. Ο συσσωρευτής μας, άρα, δέν αποτελεί ήλεκτρικό στοιχείο.

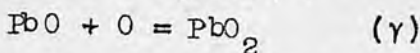
Αν τώρα θέλοντας νά φορτίσουμε τό συσσωρευτή, συνδέσουμε τό Α ήλεκτροδίο του μέ τό θετικό πόλο μιάς πηγής, πού μās δίνει συνεχές ρεύμα, και τό Β ήλεκτροδίο του μέ τόν άρνητικό πόλο της ίδιας πηγής, όπως δ εϊχναί τό Σχ. 66, τό ρεύμα, πηγαινόντας από τό θετικό πόλο της πηγής στο ήλεκτροδίο Α, και άπ' αυτό, μέσα από τόν ήλεκτρολύτη, στο ήλεκτροδίο Β, για νά επιστρέφει στον άρνητικό πόλο της πηγής, μετακινεί τά ιόντα Η<sub>2</sub> και SO<sub>4</sub> του ήλεκτρολύτη. Τό υδρογόνο Η<sub>2</sub>, αποκουθώντας, όπως εϊπαμε, τή διεύθυνση του ρεύματος, πηγαινεί στην κάθοδο, πού σ' αυτή τήν περίπτωση είναι τό ήλεκτροδίο Β, τήν προσβάλλει, παίρνει τό δευγόνο της, για νά σχηματίσει ένα μόριο νερό (H<sub>2</sub>O), και έτσι τό ανάγει, από μονοξείδιο του μολύβδου πού ήταν πρίν, σε σπογγομόλυβδο (Pb), σύμφωνα μέ τήν άξέλιωση:



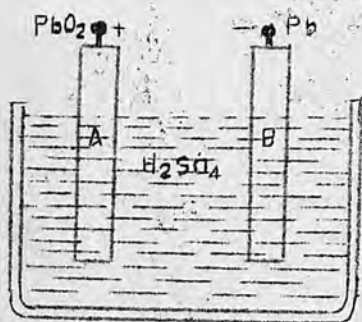
Ἡ ρίζα  $SO_4$  ἐνώνεται μέ ἓνα μόριο νερό καί σχηματίζει πάλι θετικό ὄξύ, σύμφωνα μέ τήν ἐξίσωση:



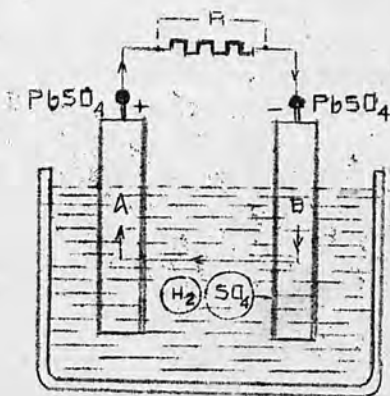
Ἀπό τόν τύπον αὐτόν βλέπουμε, πῶς ἀπό τή δράση πού παριστάνει, ἐλευθερώθηκε ἓνα ἄτομο ὀξυγόνο (O). Τοῦ ἐλεύθερου αὐτοῦ ὀξυγόνο πηγαίνει στό ἤλεκτροδίο A, τό ὀξειδώνει καί τό κάνει διοξειδίο τοῦ μολύβδου, ὅπως δείχνει καί ἡ ἐξίσωση :



Στό τέλος λοιπόν τῆς φόρτισης, τό ἤλεκτροδίο A ἔχει γίνει διοξειδίο τοῦ μολύβδου ( $PbO_2$ ) καί ἔχει χρώμα καστανό, καί τό ἤλεκτροδίο B, σπυγγομόλυβδος ( $Pb$ ), καί εἶναι γκριζό. Ἀλλάξε, ἄρα, ἡ χημική σύνθεση τῶν δύο ἤλεκτροδίων καί ὁ συσσωρευτής μας μεταμορφώθηκε πραγματικά σέ ἤλεκτρικό στοιχείο, ἱκανό νά μᾶς δώσει ρεύμα, μέ θετικό πόλο τό ἤλεκτροδίο A καί ἀρνητικό, τό ἤλεκτροδίο B. Τό Σχ. 67 δείχνει πῶς εἶναι τό στοιχείο αὐτό.



Σχ. 67



Σχ. 68

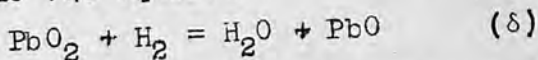
Ὅπως καταλαβαίνουμε ἀπ' ὅλα αὐτά πού εἴπαμε, ἡ ἤλεκτρική ἐνέργεια, πού πήραμε ἀπό τήν πηγή γιά νά

φορτίσουμε τό συσσωρευτή μας; εφοδεύτηκα γιά ν' αλλοιώ-  
σει χημικά τή σύνθεση τών δύο ηλεκτροδίων.

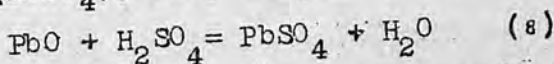
Σωστά λέμε λοιπόν, πώς ἡ ηλεκτρική ἀνέργεια  
ἀποθηκεύεται στό συσσωρευτή μας μέ μορφή χημικῆς ἐνέρ-  
γιας.

"Αν τώρα συνδέσουμε στούς πόλους τών ηλεκτροδί-  
ων Α καί Β αὐτοῦ τοῦ στοιχείου ἐναν ἀποδέκτη μέ ἀντίστα-  
ση R, μέσα στό στοιχείο αὐτό γίνονται τ' ἀκόλουθα  
(Σχ. 68).

Τό ρεῦμα ξεκινάει ἀπό τό θετικό πόλο Α, παρνά-  
ει ἀπό τήν ἀντίσταση R, πηγαίνει στόν ἀρνητικό πόλο Β  
καί ἀπ' αὐτόν, μέσα ἀπό τόν ηλεκτρολύτη, στόν πόλο Α,  
γιά νά συναχίσει τό δρόμο του. Στό πάρασμα του ἀπό τόν  
ηλεκτρολύτη, μετακινεῖ πάλι τά ἰόντα ὑδρογόνο καί SO<sub>4</sub>.  
Τό ὑδρογόνο ἀκολουθώντας τό ρεῦμα, πηγαίνει στό ἡλεκ-  
τρόδιο Α, πού εἶναι ἀπό διοξειδίο τοῦ μολύβδου, τό  
προσβάλλει, τοῦ παίρνει ἐνα ἄτομο ὀξυγόνο γιά νά σχη-  
ματίσει νερό καί ἔτσι τό ἀνάγει σέ μονοξειδίο τοῦ μολύ-  
βδου, σύμφωνα μέ τήν ἐξίσωση :

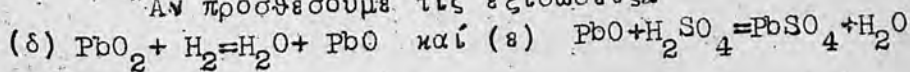


Τό μονοξειδίο, ὅμως τοῦ μολύβδου προσβάλλεται  
ἀπό τό θετικό ὄξύ τοῦ ηλεκτρολύτη καί μεταβάλλεται σέ  
θετικό μόλυβδο (PbSO<sub>4</sub>), ὅπως δείχναί ἡ ἐξίσωση :

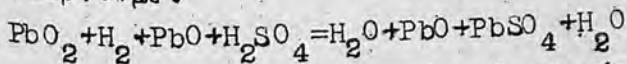


Ἀπ' αὐτήν τήν δράση, βλέπουμε πώς γαννιέται ἀκόμη  
ἐνα μόριο νερό (H<sub>2</sub>O).

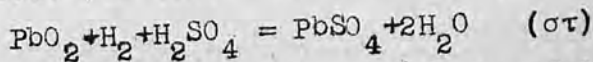
"Αν προσθέσουμε τίς ἐξισώσεις :



παίρνομα :



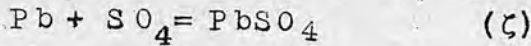
Τό PbO φεύγει καί ἀπό τά δύο μέλη τῆς χημικῆς  
ἐξίσωσης καί μένει γιά τελικό ἄθροισμα ἡ ἐξίσωση :



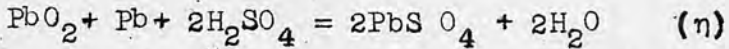
Ἡ ρίζα SO<sub>4</sub> τοῦ ηλεκτρολύτη πηγαίνει στό ἡλεκ-  
τρόδιο Β, γιὰτί αὐτό παριστάνει τώρα τήν ἄνοδο, καί τό



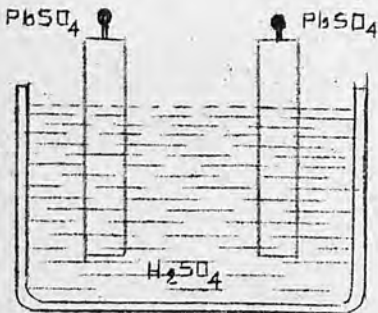
ανάγει σέ θεϊκό μόλυβδο, σύμφωνα μέ τήν εξίσωση:



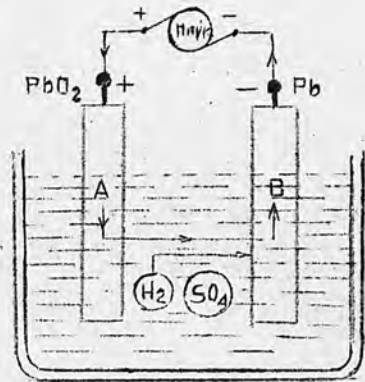
"Αν ἀφορτίσουμε κατά τόν ἴδιο τρόπο τίς εξισώσεις (στ) καί (ζ) θά ἔχουμε :



"Ἐτσι λοιπόν, ὅταν πάρουμα τό ρεῦμα ἀπό τό στοιχείο, ὅταν δηλαδή τό ξεφορτίσουμε, τά δύο του ἠλεκτροδία μετασχηματίζονται σέ θεϊκό μόλυβδο, ὅπως φαίνεται στό Σχ. 69.



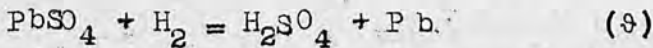
Σχ. 69



Σχ. 70

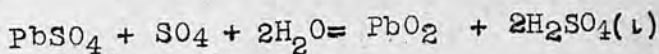
Στά ἠλεκτροδία Α καί Β δέ φαίνονται τά σημεῖα + καί -, γιατί, ἂν ξεφορτίσουμε ὁλότελα τό στοιχείο, οἱ πόλοι του δέ θά ἔχουν τάση.

"Αν φορτίσουμε γιά δεῦτερη φορά τό στοιχείο τοῦ συσσωρευτή, συνδέοντάς πάλι τό ἠλεκτρόδιο Α στό θετικό πόλο τῆς πηγῆς καί τό ἠλεκτρόδιο Β, στόν ἀρνητικό της, ὅπως δείχνει τό Σχ. 70, τό ἰόν  $H_2$  τοῦ ἠλεκτρολύτη πηγαίνει στό ἠλεκτρόδιο Β, ἐνώνεται μέ τή ρίζα  $SO_4$  γιά νά σχηματίσει θεϊκό ὄξύ ( $H_2SO_4$ ) καί ἀνάγει τό ἠλεκτρόδιο Β σέ σπογγομόλυβδο (Pb) σύμφωνα μέ τήν εξίσωση :

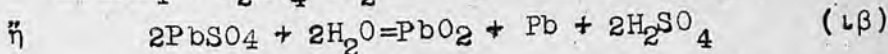
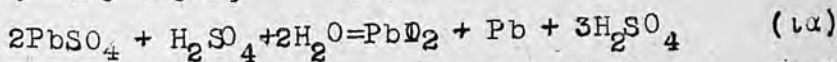


Ἡ ρίζα  $SO_4$  τοῦ ἠλεκτρολύτη πηγαίνει στό ἠλεκτρο-

τροδίο Α, ανώνεται με 2 μέρη ναρό, σχηματίζει 2 μέρη θειϊκό οξύ και έτσι οξειδώνει το ηλεκτροδίο Α και το κα-  
 νει διοξειδίο του μολύβδου, όπως δηλαδή και στην αρχι-  
 κή φόρτιση. Η εξίσωση, πού περισταίνει αυτή τη δρά-  
 ση, είναι:



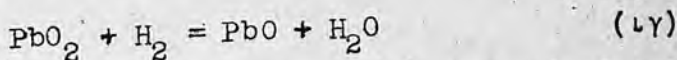
:Αθροίζοντας τās εξισώσεις (θ) και (ι) έχουμε:



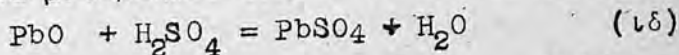
Εδώ βλέπουμε πώς ο ηλεκτρολύτης πλουτίζει σε θειϊκό οξύ, άρα γίνεται πυκνότερος.

"Ετσι ο συσσωρευτής μεταβάλλεται πάλι σε ηλεκ-  
 τρικό στοιχείο, όπως ακριβώς φαίνεται στο Σχ. 67

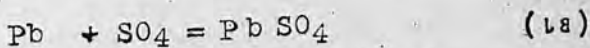
"Αν τόν ξαφορτίσουμε, το υδρογόνο  $H_2$  θά πάει στο  
 θετικό ηλεκτροδίο Α, θά τό μεταβάλλει σε μονοξειδίο  
 του μολύβδου και θά βγάλει και ναρό, πού αραιώνει τόν  
 ηλεκτρολύτη :



Τό μονοξειδίο του μολύβδου θά ανωθει με τό θειϊ-  
 κό οξύ και απ'αυτή τήν ανωση θά βγαί πάλι ναρό και  
 τό ηλεκτροδίο θά μεταβληθεί τελικά σε θειϊκό μόλυβδο:



Η ρίζα  $SO_4$  του ηλεκτρολύτη θά πάει στο άρνητι-  
 κό ηλεκτροδίο Β και θά σχηματίσει μαζί του πάλι θειϊ-  
 κό μόλυβδο :



"Ετσι στο τέλος τής εκφόρτισης, τά πράματα θά  
 μās παρουσιαστούν όπως φαίνονται στο Σχ. 69.

Από τīs παραπάνω εξισώσεις βγαίνει τό συμπέρα-  
 σμα, πώς ο ηλεκτρολύτης γίνεται κατά τή φόρτιση του  
 συσσωρευτή πυκνότερος, γιατί με τή χημική δράση, πού  
 γίνεται μέσα του με τό κέρασμα του ρεύματος, παράγεται  
 και θειϊκό οξύ πού μεγαλώνει τήν πυκνότητά του.

Στήν εκφόρτιση του στοιχείου, ο ηλεκτρολύτης  
 γίνεται αραιότερος, γιατί αυτήν τή φορά παράγεται από



Αρχή τῆς τρίτης ἐκφόρ-  
τισης.

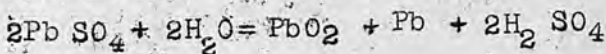
7)

Ο,τι καί στήν πρώτη ἐκφόρ-  
τιση.

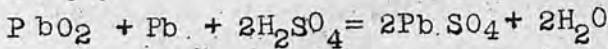
Τέλος " " "

Καί στίς ἄλλας φορτίσεις καί ἐκφορτίσεις παρουσιάζον-  
ται τὰ ἴδια φαινόμενα.

"Αν παραβάλουμε τήν ἐξίσωση (1β) :

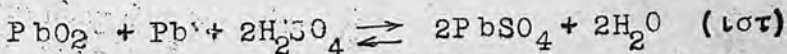


μέ τήν ἐξίσωση (η) :



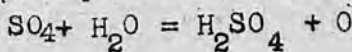
βλέπουμε πώς ἡ ἐξίσωση (1β) εἶναι ἀκριβῶς ἀντίθετη  
ἀπό τήν ἐξίσωση (η).

Αὐτάς λοιπόν οἱ κύριες ἐξισώσεις, ἀπό τίς ὁ-  
ποῖες ἡ (η) μᾶς φανερώνει τί γίνεται στήν ἐκφόρτιση  
καί ἡ (1β) τί γίνεται στή φόρτιση, μπορούν νά παρουσια-  
στούν, γιά νά τίς θυμόμαστε καί πιά εὐκόλα, μέ τήν ἀκό-  
λουθη μορφή :



Τό κάτω βέλος δείχνει τό τί γίνεται στή φόρτιση  
καί τό ἄνω, τό τί γίνεται στήν ἐκφόρτιση. Κιά ἀλή-  
θεια : Ὄταν ἡ φόρτιση ἔχει τελειώσει, τό ἀνα ἠλεκτρο-  
δίο γίνεται διοξειδίο τοῦ μολύβδου (PbO<sub>2</sub>), τό ἄλλο  
σπογγομόλυβδος (Pb) καί ὁ ἠλεκτρολύτης πυκνώνει παίρνον-  
τας δύο μέρη θειϊκοῦ ὀξέος. Ὄταν παλὶ τελειώσει ἡ ἐκ-  
φόρτιση, τὰ δύο ἠλεκτροδία εἶναι ἀπό θειϊκό μόλυβδο  
(PbSO<sub>4</sub>) καί ὁ ἠλεκτρολύτης ἀραιώνει, γιάτὶ παίρνει  
δύο μέρη νερό.

"Αν θαλήσουμε νά ἐξακολουθήσωμε τή φόρτιση  
καί ἀφοῦ ἀκόμη ἀλλοιωθήκα ὁ θειϊκός μόλυβδος καί των  
δύο ἠλεκτροδίων σέ διοξειδίο τοῦ μολύβδου (θειϊκό ἠλεκ-  
τροδίο) καί σέ σπογγομόλυβο (ἀνηθικό ἠλεκτροδίο), ἡ  
ρίζα τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος (SO<sub>4</sub>) ἀνάγεται, στό θειϊκό ἠλεκ-  
τροδίο μέ τό νερό, σχηματίζει θειϊκό ὄξύ καί ἀλευθαρώ-  
ναι καί ἀνα ἄτομο ὀξυγόνο, σύμφωνα μέ τήν ἐξίσωση :



Στό άρνητικό ήλεκτρόδιο παρουσιάζεται ύδρογόνο (H). "Αν εξακολουθήσουμε λοιπόν τή φόρτιση, δέν άποθηκεύουμε πιά στό συσσωρευτή ήλεκτρική ενέργεια, αλλά τήν ξεθαύουμε άσκοπα, γιατί τότε έλευθερώνεται όξυγόνο και ύδρογόνο. Το μίγμα αυτόν των δύο άερίων κάνει, όπως είδαμε και στην παράγραφο 74, τό λαγόμενο έκρηκτικό άέριο (κροτούν άέριο), πού μās δημιουργεί έκρηξη, όταν έρθει σ' άπαφή μέ φωτιά. Εέροντας τόν κίνδυνο αυτόν, φάν πρέπει νά μπαίνουμε ούτε καν μ' άναμμένο τσιγάρο σέ χώρους, πού τούς χρησιμοποιούμε για φόρτιση συσσωρευτών, όταν γίνεται η φόρτιση. Ο κίνδυνος είναι άσήμαντος, όταν έχουμε νά κάνουμε μέ φόρτιση μικρών συσσωρευτών.

### Ήλεκτρεγερτική δύναμη τού συσσωρευτή.

"Αν συνδέσουμε στους πόλους ενός συσσωρευτή ένα βολτόμετρο, όταν δέν περνάει μέσα άπ' αυτόν ρεύμα, όταν δηλαδή ούτε φορτίζονται, ούτε ξεφορτίζονται, τό βολτόμετρο μās μετράει τήν ή.σ. δύναμη τού συσσωρευτή. Ή ήλεκτρεγερτική δύναμη τού συσσωρευτή, πού λέγεται και "τάση ή ρεμίας", είναι 2,04 βόλτ.

"Αν θελήσουμε νά καθορίσουμε τά πράματα άκριβέσταρα, θά δούμε πώς η ή.σ. δύναμη εξαρτάται άπό τήν πυκνότητα τού ηλεκτρολύτη και μάλιστα άπό τήν πυκνότητα της ποσότητός του, πού βρίσκεται σέ άμεση άπαφή μέ τά ενεργά ύλικά τού συσσωρευτή. Ή ή.σ. δύναμη E, σέ βόλτ, μπορεί νά υπολογιστεί μέ τόν έμπειρικό τύπο:

$$E = (0,84 + \epsilon \text{ είδ.β.})$$

Στόν τύπο, τό είδ.β. δηλώνει τό είδικό βάρος τού ηλεκτρολύτη. "Αν ο ηλεκτρολύτης έχει είδικό βάρος 1,2, ο συσσωρευτής παρουσιάζει ή.σ. δύναμη:  $E = 0,84 + 1,2 = 2,04$  βόλτ. Ή ήλεκτρεγερτική, λοιπόν δύναμη τού συσσωρευτή είναι για τίς πυκνότητες τού ηλεκτρολύτη πού χρησιμοποιούμε στην πράξη, λίγο μεγαλύτερη άπό 2 βόλτ.

Ή ή.σ. δύναμη είναι ανεξάρτητη άπό τό μέγεθος και τόν αριθμό των πλακών πού έχει ο συσσωρευτής. Ο συσσωρευτής, είτε μικρός είναι, είτε μεγάλος, παρουσιάζει πάντοτε τήν ίδια ή.σ. δύναμη. Για νά πετύχουμε, λοιπόν, μιά μεγαλύτερη ή.σ. δύναμη, πρέπει νά συνδέσουμε στη σειρά, όπως άκριβώς κάνουμε και για τά ήλεκ-



τρικιά στοιχεία, πολλά στοιχεία συσσωρευτών; και να σχηματίσουμε μία συστοιχία απ' αυτή. Στους πόλους αυτής της συστοιχίας συνδέουμε έπειτα τον άποδέκτη που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε. Μία συστοιχία π.χ. του αυτοκινήτου με τάση 6 βόλτ, πρέπει να έχει τρία στοιχεία συσσωρευτών. "Αν θέλουμε πάλι τάση 12 βόλτ, πρέπει να συνδέσουμε στη σειρά 6 στοιχεία." Αν συδέσουμε 6 στοιχεία συσσωρευτών παράλληλα ή ή.ε. δύναμη ολόκληρης της συστοιχίας είναι όση η ή.ε. δύναμη του ενός στοιχείου δηλ. 2 βόλτ.

Στην σύνδεση όμως αυτήν, η ισχύ ή η χωρητικότητα, που θα μας δώσει η συστοιχία, θα είναι εξη φορές μεγαλύτερη από την ισχύ ή την χωρητικότητα που παρουσιάζει το ένα από τα στοιχεία που τη σχημάτισαν.

Γιὰ τή σύνδεση τῶν στοιχείων συσσωρευτῶν Ισχύ-  
ουν ὁλοτέλα ὅσα εἶπαμε γιὰ τή σύνδεση τῶν ἡλεκτρικῶν  
στοιχείων.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ τάση τοῦ συσσωρευτῆ κατά  
τὴν ἐκφόρτιση ἢ τὴ φόρτισή του.

"Αν συνδέσουμε στους πόλους ενός συσσωρευτή έναν οποιοδήποτε άποδέκτη; αν δηλαδή θαλήσουμε να εσφορτίσουμε το συσσωρευτή, η διαφορά δυναμικου που μεταρούμα στους πόλους του, η " π ο λ ι κ ῆ τ ἄ σ η " του πέφτει στην άρχή πολύ γρήγορα κάτω από την τιμή της ή.ε. δύναμης. Υστερα, το πέσιμο γίνεται άργό και ομαλό, ενώ η εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή αυξάνει στην άρχή άργά και, τέλος, γρήγορα. "Έτσι σε μία κανονική εκφόρτιση, η πολική τάση πέφτει στην άρχή γρήγορα από πᾶ 2 βόλτ, π.χ. στά 1,95-1,92 και απ' εκεί πέφτοντας άργά, φτάνει ύστερα από εκφόρτιση 10 ώρων, στά 1,83 -1,8 βόλτ. Αὐτήν τή στιγμή πρέπει να κόψουμε τήν εκφόρτιση. "Όχι γιατί εξαντλήθηκε τελείως το στοιχείο. Το στοιχείο μπορεί να μας δώσει ακόμη αρκετή ενέργεια. "Αν εξακολουθήσουμε όμως να το εσφορτίζουμε η τάση του θα πάσει στά 1,7 βόλτ και ύστερα άπότομα στο μηδέν.

Πρέπει πάντοτε να προσέχουμε να μη φτάνουμε στο άπότομο αυτό πέσιμο τῆς τάσης, και να γιατί:

Πρῶτο, γιατί ο συσσωρευτής, αν εξακολουθήσει η εκφόρτισή του, θα εκφορτιστεί ὁλοτέλα και θα είναι άνίκανος να μας δώσει ρεύμα.

Δεύτερο, τόσο εξαντλητικές εκφορτίσεις αποσπούν

ένεργη ύλη από τις πλάκας του συσσωρευτή, τις καμπύλων και, γενικά, τις καταστρέφουν.

Τρίτο, μιά συνάχιση της έκφόρτισης είναι άσκοπη για τον αποδέκτη. Αν π.χ. ο αποδέκτης είναι φωτιστική λάμπα, τό ρεύμα, που παίρνει από έναν τόσο ξεφορτισμένο συσσωρευτή; έχει τόσο μικρή ένταση, ώστε δέν μπορεί νά πυραχτωθεί καλά, για νά μάς φωτίσει.

Τό σχ. 7I μάς δείχνει πώς μεταβάλλεται η πολιική τάση του συσσωρευτή σε μιά δεκάωρη έκφόρτιση με σταθερή ένταση ρεύματος. Η πολιική τάση έπεσε στά I,83 βόλτ. Η έκφόρτιση συναχίστηκε ακόμη μισή ώρα, όπότε η τάση έπεσε πιο κάτω από τό I,8 βόλτ.

"Ας πούμε ακόμη, πώς πάντοτε, μόλις αρχίσουμε νά ξεφορτίζουμε τό συσσωρευτή, η πολιική του τάση πέφτει γρήγορα και ύστερα πάλι υψώνεται για ν' ακολουθήσει έπειτα τό βαθμιαίο πέσιμο που προαναφέραμε. Τό φαινόμενο αυτό δέν έχει πραχτική σημασία, γι' αυτό και δέν σημειώνεται στην καμπύλη του σχ. 7I

"Ας δώσουμε τώρα μιά εξήγηση για τήν ιδιότροπη μορφή που παρουσιάζει η καμπύλη της τάσης, όταν ο συσσωρευτής ξεφορτίζεται.

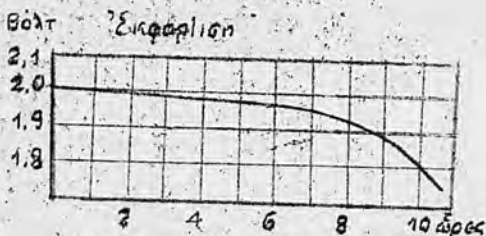
Κατά τό νόμο του Ωμ, η πολιική τάση  $U_{εκφ}$  στους πόλους του συσσωρευτή, όταν αυτός ξεφορτίζεται, είναι:

$$U_{εκφ} = E - rI_{εκφ}$$

δπου  $E$ , η ή.ε. δύναμη του συσσωρευτή,  $r$ , η εσωτερική του αντίσταση, και  $I_{εκφ}$  τό ρεύμα της έκφόρτισης.

Από τόν τύπο βγαίνει αμέσως τό συμπέρασμα, πώς η πολιική τάση  $U_{εκφ}$  πρέπει νά είναι, κατά τήν έκφόρτιση μικρότερη από τήν ή.ε. δύναμη.

Η εσωτερική αντίσταση  $r$  του συσσωρευτή είναι μικρή. Στους μικρούς συσσωρευτές βρίσκονται κάτω από τό 0,01 του Ωμ. Στους μεγάλους, κάτω από τό 0,001 Ω.

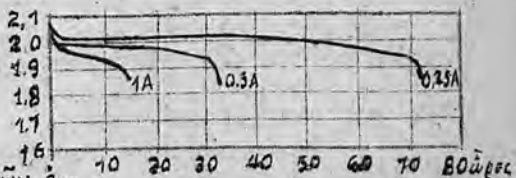


Σχ. 7I

Πραγματικά, όμως, η πολιική τάση είναι μικρότερη από την τιμή, που έπραξα να πάρει, αν υπολογίζαμε μονάχα την πτώση της τάσης στο έσωταρικό του συσσωρευτή. Αιτία είναι η αστάθεια της η.σ. δύναμης Ε. Στην παράγραφο 103 είδαμε, πως η η.σ. δύναμη εξαρτάται από την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη και μάλιστα εκείνου, που έρχεται σε άμεση επαφή με τις ενεργές υλίες των πλακών. Η πυκνότητα, όμως, του ηλεκτρολύτη γίνεται κατά την εκφόρτιση του συσσωρευτή μικρότερη. Μικραίνει άρα η η.σ. δύναμη του συσσωρευτή και μαζί μ' αυτήν, φυσικά, και η πολιική τάση. Έτσι εξηγείται και το βραχυχρόνιο πέσιμο της πολιικής τάσης, που παρουσιάζεται όταν αρχίζει ή τελειώνει και ταλειώνει, όταν ισορροπήσουν χημικά τα επάνω στρώματα του ηλεκτρολύτη μ' εκείνα που έρχονται σε επαφή με τις πλάκες. Με συνεχή εκφόρτιση η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη εξακολουθεί να μικραίνει, ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλεται το διοξειδίο του μολύβδου της θετικής πλάκας και ο σπογγομόλυβδος της αρνητικής, όσο πάει και περισσότερο σε θετικό μολύβδο. Ο θετικός μολύβδος, όμως, έχει μεγαλύτερο όγκο από το διοξειδίο του μολύβδου, και πιο μεγαλύτερο από το σπογγομόλυβδο. Οι πόροι λοιπόν των ενεργών υλικών των πλακών γίνονται όσο πάει και στενότεροι και έτσι ο ηλεκτρολύτης δυσκολεύεται πολύ να φτάσει στα ενεργά υλικά. Η πολιική τάση επομένως πέφτει, σε συνεχή εκφόρτιση, να πέφτει διαρκώς. Το γρήγορο και στο τέλος απότομο πέσιμο της πολιικής τάσης, που διαπιστώνουμε όταν τελειώνει η εκφόρτιση οφείλεται στη μεγάλη δυσκολία που συναντά ο ηλεκτρολύτης για να πετύχει γρήγορα μέσα στα βαθιά στρώματα των ενεργών υλικών. Έτσι τα υλικά αυτά φτωχαίνουν σε όξυ.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε, πως, όταν η εκφόρτιση γίνεται με ισχυρά ρεύματα και τελειώνει επομένως γρήγορα, μονάχα τα έξωτερικά κυρίως στρώματα των ενεργών υλικών μας χορηγούν την ηλεκτρική ενέργεια. Αν αντίθετως, η εκφόρτιση γίνεται με μικρή ένταση, ο ηλεκτρολύτης βρίσκει καιρό να προσβάλλει και τα βαθύτερα ακόμη στρώματα των ενεργών υλικών.

Θέλι



Σχ. 72

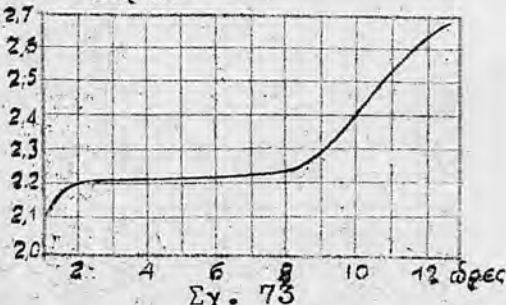
Στήν τελευταία περίπτωση χρησιμοποιούμε αποδοτικότερα τὰ υλικά αυτά. Γι' αυτόν τόν λόγο καί η πολιική τάση, σέ έκφορτίσεις μέ μικρή ένταση ρεύματος, κερδίζεται φηλότερα περισσότερο χρόνο από τήν τάση πού έχουμε σέ έκφορτίσεις μέ ισχυρότερα ρεύματα.

Στό Σχ. 72 βλέπουμε τρεῖς καμπύλες τοῦ ἴδιου συσσωρευτῆ, πού ξεφορτίστηκαν τήν πρώτη φορά μέ 1 ἄμπέρ, τή δεύτερη μέ 0,5 καί τήν τρίτην μέ 0,25 ἄμπέρ.

Ἡ έκφόρτιση κάπηκε καί τίς τρεῖς φορές, ὅταν ἡ πολιική τάση ἔφτασε στά 1,83 βόλτ.

Ἄς δοῦμε τώρα μέ τή βοήθεια τῆς καμπύλης τοῦ Σχ. 73 τί γίνεται κατά τή φόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ.

Βόλτ Φορτίων



Ὅταν συνδέουμε τό συσσωρευτή στους πόλους τῆς πηγῆς, πού θά τόν φορτίσει, ἡ πολιική τάση του ἀναβαίνει ἀμέσως στά 2,15-2,17

βόλτ, γιά νά φτάσει ὕστερα ἀπό δύο ὥρες, στά 2,25 βόλτ. Κατά τό τέλος τῆς φόρτισης, παρουσιάζεται ἕνα ἀπότομο ἀνάβασμα τῆς πολικῆς τάσης. Ἀπό τή στιγμή αὐτή ἀρχίζουν νά παρουσιάζονται φουσαλλίδες ἀπό ὀξυγόνο στό θετικόν πόλο καί ἀπό ὑδρογόνο στόν ἰσθητικόν. Οἱ φουσαλλίδες γίνονται περισσότερες, ὅταν ἡ τάση φτάσει στά 2,5-2,6 βόλτ. Ἀπ' αὐτό καταλαβαίνουμε πώς ἡ μετατροπή τοῦ θετικοῦ μολύβδου σέ διοξειδίου τοῦ μολύβδου καί σάπογγομόλυβδο ἔχει προχωρήσει τόσο, ὥστε ἀπό τήν ἠλεκτρική ἀνέργεια, πού μᾶς δίνει ἡ πηγή γιά τή φόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ, ἕνα μέρος μονάχα χρησιμεύει γιά τή συμπλήρωση αὐτῆς τῆς μετατροπῆς, ἐνώ τό υπόλοιπο ἐξοδαταί ἄσκοπα γιά τή διάσπαση τοῦ νεροῦ τοῦ ἠλεκτρολύτη στά ουστατικά του.

Ὅταν ἡ τάση φτάσει στά 2,6 βόλτ, ἐξακολουθεῖ ἀκόμη νά ἀναβαίνει, τή φορά ὁμως αὐτήν ἀργότερα. Στά 2,7 βόλτ φτάνει τήν ψηλότερή της τιμή. Καί τό φαινόμενο αὐτό ἐξηγεῖται ἀρκετά ἐκανοποιητικά.

Κατά τό νόμο τοῦ "Ωμ, ἡ πολιική τάση  $U_{\phi}$ , ὅταν φορτίζουμε τό συσσωρευτή, εἶναι :



$$U_{\varphi} = E + rI_{\varphi}$$

Τό  $E$  πηριστίναι πάλι τήν  $\eta_{\alpha}$  δύναμη του συσσωρευτή, τό  $r$  τήν έσωτερική του αντίσταση καί  $I_{\varphi}$  τό ρεύμα τής φόρτισης.

Από τόν τύπο βλέπουμε άμέσως, πώς η πολιική τάση, όταν φορτίζουμε τό συσσωρευτή, πρέπει νά είναι μεγαλύτερη από τήν  $\eta_{\alpha}$  δύναμη. Η πολιική τάση όμως αύξάνει περισσότερο άκόμη, άπό όσο καθορίζει ο παραπάνω τύπος. Αυτό τό πράμα γίνεται, γιατί κατά τή φόρτιση σχηματίζεται, άπό τό θετικό μόλυβδο των πλακών, θειικό όξύ. Πυκνώνει άρα ο ήλεκτρολύτης, ή  $\eta_{\alpha}$  δύναμη αύξάνει καί μαζί μ' αυτήν καί η πολιική τάση. Με συναχθή φόρτιση, όλο καί περισσότερος θειικός μόλυβδος μεταβάλλεται σέ διοξειδίο του μολύβδου στό θετικό πόλο καί σέ σπογγομόλυβδο στόν άρνητικό, καί ταυτόχρονα πλουτίζει καί ο ήλεκτρολύτης σέ θειικό όξύ. Σιγά, σιγά αρχίζει νά διασπάται καί τό ναρό του ήλεκτρολύτη στά συστατικά του, δηλαδή σέ όξυγόνο καί σέ ύδρογόνο. Η διάσπαση αυτή δημιουργεί χάσιμο ναρού καί πλουτισμό του ήλεκτρολύτη σέ θειικό όξύ. Άρα έχει για συνέπεια τό γρήγορο άνάβαση τής πολιικής τάσης, όποτε αυτή φτάνει καί τήν ψηλότερή της τιμή.

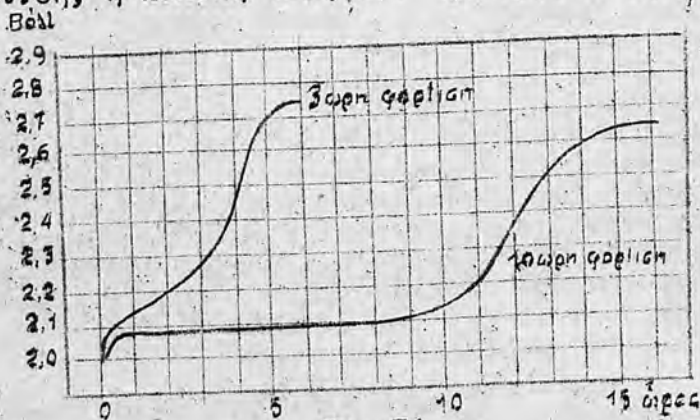
Όπως στήν αρχή τής άκφόρτισης παρουσιάζεται ένα βραχυχρόνιο καί άπότομο πέσιμο τής πολιικής τάσης, έτσι καί στήν αρχή τής φόρτισης παρατηρούμε μιά βραχυχρόνια καί άπότομη αύωση της. Κ' αυτή η άπότομη αύηση όφείλεται στήν πυκνωση του ήλεκτρολύτη, πού έρχεται.. σέ άμεση έπαφή μέ τίς πλάκες, άπό τή δημιουργία θειικού όξέος.

Η άπότομη αύηση τελειώνει, όταν τά άνωτερα στρώματα του ήλεκτρολύτη ίσοροπήσουν μέ τά άλλα πού βρίσκονται σέ έπαφή μέ τίς πλάκες. Η μεταβολή τής πολιικής τάσης κατά τή φόρτιση, άξαρτάται καί άπό τή ένταση πού έχει τό ρεύμα τής φόρτισης. Γιατί, όσο έντατικότερο είναι αυτό, τόσο καί περισσότερο όξύ αποχωρίζεται, για τόν ίδιο χρόνο τής φόρτισης, άπό τά άναρχά ύλικά των πλακών. Για τόν ίδιο έπίσης λόγο αρχίζει νωρίτερα καί η διάσπαση του ναρού, πού περιέχει ο ήλεκτρολύτης, σέ όξυγόνο καί ύδρογόνο. Η καμπύλη, λοιπόν, πού μάς δείχνει τή μεταβολή τής πολιικής τάσης κατά τή φόρτιση μέ μεγάλη ένταση ρεύματος, παίρνει



άμέσως μετά τή σύνδεση του συσσωρευτή στην πηγή που τον φορτίζει, ύψηλές τιμές και εξακολουθεί και έπειτα τήν ίδια πορεία.

Τό σχ.74 μάς δίνει, για παράδειγμα, τήν μεταβολή τής πολιικής τάσης του ίδιου συσσωρευτή κατά τή φόρτισή του, τή μιá φορά μέ ένταση ρεύματος τέτοια, που ο συσσωρευτής νά φορτιστεί σε 3 ώρες, και τήν άλλη μέ ένταση ρεύματος για τή φόρτισή του σε 10 ώρες. "Αν συγκρίνουμε τίς δύο καμπύλες του σχ.74 βλέπουμε πώς, όταν χρησιμοποιούμε μικρά ρεύματα για τη φόρτιση, ή πολιική τάση δέν ξεπερνάει τήν όρική



Σχ. 74

τιμή των 2,63 βόλτ. "Αν χρησιμοποιήσουμε μικρότερα ακόμη ρεύματα, βλέπουμε πάλι, πώς ή πολιική τάση, όσο και άν συνεχίζεται ή φόρτιση, δέν ξεπερνάει μιάν όρι μένη τιμή που είναι, φυσικά, μικρότερη από τήν τιμή που προαναφέραμε.

Και μέ τέτοια μικρά ρεύματα μπορούμε πάλι νά φορτίσουμε τέλεια τό συσσωρευτή, αφού του στέλνουμε τήν απαιτούμενη ποσότητα ρεύματος. "Αμα τελειώσει ή φόρτιση, ή πολιική τάση πέφτει στην αρχή γρήγορα και ύστερα άργά, στην τιμή τής ή.ε. δύναμης, δηλαδή στά 2,04 βόλτ, που αντιστοιχεί στό ειδικό βάρος του ηλεκτρολύτη. Η μέτρηση τής πυκνότητας του ηλεκτρολύτη, άμέσως ύστερα από τήν άποσύνδεση του συσσωρευτή από τήν πηγή που τον φορτίζει, δίνει φεύτικα αποτελέσματα. Πρέπει, λοιπόν, νά περιμένουμε νά ίσορροπήσουν πρώτα τά στρώματα του ηλεκτρολύτη και ύστερα νά κάνουμε τή μέτρηση.

"Αν διακόψουμε τήν εκφόρτιση, ἡ πολική τάση τοῦ συσσωρευτῆ ἀναβαίνει γρήγορα στή τιμὴ τῆς ἡ.σ. δύναμης, δηλαδή στὰ 2,04 βόλτ, ἀκόμη ὅταν ξεφορτίστηκε ὁ συσσωρευτῆς ἀρκετᾶ. Γιὰ νὰ ἐξακριβώσουμε λοιπόν, σέ ποιο σημεῖο βρίσκεται ἡ εκφόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ, πρέπει νὰ μετρήσουμε τήν πολική τάση, ὅταν ὁ συσσωρευτῆς παρέχει ραῦμα σ' ἐξωτερικό κύκλωμα.

Χαρακτηριστικά τοῦ συσσωρευτῆ θαϊϊκοῦ θεᾶος.

α) Ἡ ἡλεκτροεγερτικὴ δύναμη ἐνὸς στοιχείου συσσωρευτῆ εἶναι, ὡς εἶδαμε, ἴση μὲ 2,04 ἢ χονδρικᾶ, 2,1 βόλτ.

β) Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτῆ, αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς διαστάσεις τῶν ἠλεκτροδίων, ἀπὸ τὴν μεταξὺ τους ἀπόσταση, καὶ ἀπὸ τὴν ἀγωγιμότητα τοῦ ἠλεκτρολύτη. Μποροῦμε νὰ τὴ λογαριάσουμε 0,1 Ω κατὰ τετραγωνικὸ ὑποδεκάμετρο τῆς ἐπιφανείας τῶν πλακῶν. "Αν ἡ ἐπιφάνεια τῶν πλακῶν εἶναι 5 τετραγωνικὰ ὑποδεκάμετρα, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτῆ εἶναι 0,1/5 Ω. Κυμαίνεται λοιπόν ἀπὸ τὸ 1/100 τοῦ ὤμ ως τὸ 1/1000, ἀνάλογα μὲ τὶς διαστάσεις τοῦ συσσωρευτῆ.

γ) Ἡ χωρητικὸτητα τοῦ συσσωρευτῆ. Λέγοντας "χωρητικὸτητα" ἐνὸς συσσωρευτῆ ἐννοοῦμε τὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ σὲ ἀμπερῶρια, πού μποροῦμε νὰ πάρουμε ἀπὸ ἕνα συσσωρευτῆ ὅταν τὸν χρησιμοποιοῦμε σύμφωνα μὲ τὶς ὁδηγίαις τοῦ ἐργοστασίου πού τὸν κατασκευάσας. Ἡ χωρητικὸτητα, πού μᾶς δίνει ὁ συσσωρευτῆς θαϊϊκοῦ θεᾶος, ἐξαρτᾶται σὲ μεγάλη ἀναλογία, ἀπὸ τὴν ἔνταση πού ἔχει τὸ ραῦμα τῆς εκφόρτισης. Ὅσο ἡ ἔνταση αὐτὴ εἶναι μεγαλύτερη, τόσο μικρότερη εἶναι καὶ ἡ χωρητικὸτητα.

Ἡ ἔνταση, ὅμως, πού θά ἔχει τὸ ραῦμα κατὰ τὴν εκφόρτιση, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πυκνότητα τοῦ ρεῦματος, δηλαδή ἀπὸ τὰ ἀμπερ κατὰ τετραγωνικὸ ὑποδεκάμετρο τῆς ἐπιφανείας πλακῶν. Ἡ μέγιστη πυκνότητα ρεῦματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ δρῶσα ἐπιφάνεια τῶν πλακῶν, ἀπὸ τὸ πᾶχος τῶν ἀναργῶν ὑλικῶν καὶ ἄλλα. "Αν δὲν ξέρουμε τὴ μέγιστη ἔνταση τοῦ ρεῦματος γιὰ τὴ φόρτιση ἢ τὴν εκφόρτιση καθορίζουμε τὴν ἐπιφάνεια τῶν θαϊϊκῶν πλακῶν. "Αν τὸ μήκος μιᾶς πλακῶς εἶναι α ὑποδεκάμετρα καὶ τὸ πλάτος β,

τότε η επιφάνεια της πλάκας είναι  $E = \alpha \times \beta$ . Έπειδή όμως η πλάκα έχει δύο όψεις θα έχουμε για επιφάνεια  $E = 2\alpha\beta$  τετραγωνικά υποδοκάματα. Αν οι θετικές πλάκας είναι  $\nu$  τότε η ολική επιφάνειά τους είναι  $E_{ολ} = 2\alpha\beta \times \nu$  υποδ. Για κάθε τετραγωνικό υποδοκάματο υπολογίζουμε ρεύμα  $0,6 - I$  άμπερ.

Όσα είπαμε στην παράγραφο 104 για την εκφόρτιση, άξουν εύκολα και τό γιατί η χωρητικότητα μικραίνει, όταν η ένταση του ρεύματος είναι μεγάλη. Το δεύ του ηλεκτρολύτη, σε μία βραχύχρονη εκφόρτιση με μεγάλη ένταση, παίνει λίγο στά βαθύτερα στρώματα των ενεργών υλικών. Έτσι, μονάχα τά εξωτερικά στρώματά τους μετάνουν στίς ηλεκτροχημικές δράσεις. Όσο λοιπόν μεγαλυτέρη είναι η ένταση του ρεύματος της εκφόρτισης, τόσο και λιγότερο εκμεταλλευόμαστε τίς ενεργές ουσίες.

Τό Σχε 72 μās παρουσιάζει τή μεταβολή των πολικών τάσεων ενός συσσωρευτή σε τρείς εκφορτίσεις. Απ'αυτές, η πρώτη έγινε, όπως είδαμε παραπάνω, με ένταση ρεύματος  $I$  άμπερ, η δεύτερη με  $0,5A$  και η τρίτη με  $0,25A$ . Η πρώτη εκφόρτιση βάσταξε  $15$  ώρες, η δεύτερη  $32$ , και η τρίτη  $71$ .

"Αν η χωρητικότητα έμανε κάθε φορά η ίδια, τότε η εκφόρτιση με  $0,5$  άμπερ έπρεπε να τελειώσει σε  $30$  ώρες και όχι σε  $32$ , και η εκφόρτιση με  $0,25 A$  σε  $60$  ώρες και όχι σε  $71$ . Ο συσσωρευτής λοιπόν παρουσιάζει χωρητικότητα  $15$  άμπερώρα, όταν εφορτίστηκε με  $I$  άμπερ,  $16$  άμπερώρα, στην εκφόρτισή του με  $0,5$  άμπερ και  $18$  περίπου άμπερώρα, όταν εφορτίστηκε με  $0,25$  άμπερ. Σε κάθε μία από τίς τρείς αυτές περιπτώσεις η εκφόρτιση του συσσωρευτή έγινε χωρίς διακοπή. Βρίσκουμε λοιπόν τή χωρητικότητα ενός συσσωρευτή, αν πολλαπλασιάσουμε τή ένταση του ρεύματος (σε άμπερ), που χρησιμοποιούμε για τήν εκφόρτιση, με τό χρόνο (σε ώρες) που βάσταξε αυτή :

$A$  (άμπερώρα) =  $I$  (άμπερ της εκφόρτισης)  $\times t$  (ώρες της εκφόρτισης).

Η χωρητικότητα κάθε συσσωρευτή εξαρτάται από μη και από τό πάχος των πλακών. Είναι φανερό, πώς στίς λεπτές πλάκας τό δεύ προσβάλλει όλα τά ενεργά

Ύλικά τους γρηγορότερα, παρά στίς χοντρές. Γι' αυτό ένας συσσωρευτής, πού τα ηλεκτροδιά του έχουν μεγάλο αριθμό λεπτών πλακών, έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από ένα άλλον με λίγες χοντρές πλάκες. Όταν λοιπόν θέλουμε ο συσσωρευτής μας νά έχει όσο μπορεί μικρότερο βάρος και μεγάλη χωρητικότητα, πρέπει νά προτιμήσουμε ο συσσωρευτή με πολλές και λεπτές πλάκες. Ας μη ξεχνάμε, όμως, πώς υπάρχουν και ορισμένα όρια, πού αν τά ξεπεράσουμε κινδυνεύει η σταθερότητα του συσσωρευτή. Μονον όταν ο συσσωρευτής προορίζεται για έκφορτίσεις με μικρά ρεύματα, μπορούμε νά τον προτιμήσουμε με χοντρές πλάκες. Τότε τό όξύ, αφού η έκφόρτιση διαρκεί και ολοκληρωθεί μήνες, έχει ολο τον καιρό νά μπει μέσα στίς χοντρές πλάκες. Για τους λόγους αυτούς υπάρχουν συσσωρευτές, π.χ. για φωτισμό και για ακίνηση μηχανών, πού έχουν πολλές πλάκες, με πάχος η κάθε μία μικρότερο και από 3 χιλιοστόμετρα, και άλλοι για άγκιστάσεις π.χ. ασθενών ρευμάτων, πού έχουν μονάχα δύο πλάκες με πάχος, η καθεμιά, μέχρι 15 χιλιοστόμετρα.

Είναι εύνοητο, πώς η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή εξαρτάται από τή χωρητικότητα τής θετικής πλάκας και από τή χωρητικότητα τής άρνητικής. "Αν όμως η μία πλάκα, έστω η άρνητική, έχει χωρητικότητα μικρότερη από τή χωρητικότητα τής θετικής, τότε και ολόκληρος ο συσσωρευτής παρουσιάζει χωρητικότητα ίση με τή χωρητικότητα τής άρνητικής πλάκας και αντίστροφα.

Από τά παραπάνω φαίνεται πώς κάθε συσσωρευτής έχει χωρητικότητα ανάλογη με τό μέγεθος του. Στους μικρούς συσσωρευτές, η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 10 ως 20 άμπερώρια. Στους πολύ μεγάλους, μπορεί νά φτάσει στά 1.000 ως 5.000 άμπερώρια.

Ειδική χωρητικότητα ονομάζουμε τή χωρητικότητα πού αντιστοιχεί σε κάθε χιλιογράμμο βάρους πλακών. Λεμε π.χ. πώς η ειδική χωρητικότητα αυτού του τύπου του συσσωρευτή είναι 10 άμπερώρια κατά χιλιογράμμο πλακών. "Αν ο πλάκας των ηλεκτροδίων του ζυγίζουν 10 χιλιογράμμο, η χωρητικότητά του είναι :  $10 \times 10 = 100$  άμπερώρια.

Χωρητικότητα με άς συστοιχία. "Αν η συστοιχία έχει ν στοιχεία άνωμένα στή σειρά, τότε η χωρητικότητά της είναι ίση



μέ τή χωρητικότητα τοῦ ἄνδρος στοιχείου. "Αν πάλι τὰ ν στοιχεῖα εἶναι ἐνωμένα παράλληλα, τότε ἡ χωρητικότητά τῆς εἶναι ἴση μέ τό γινόμενο τῆς χωρητικότητος τοῦ ἄνδρος στοιχείου ἐπί τῶν ἀριθμῶν ν τῶν στοιχείων.

Διὰ θ ἑ σ ι μ η ἔ ν ἔ ρ γ ε ι α. Κατά τή φόρτιση, ἡ μέση ἠλεκτρογενετική δύναμη εἶναι 2,2 βόλτ περίπου. Κατά τήν ἐκφόρτιση, 1,9 βόλτ/ Ἡ ἐνέργεια σέ βαττῶρια, πού χορηγοῦμε στό συσσωρευτή κατά τή φόρτισή του, βρίσκεται, ἂν πολλαπλασιάσουμε τὰ ἀμπερώρια τῆς φόρτισης του, μέ τὰ 2,2 βόλτ.

Ἡ ἐνέργεια πού μᾶς δίνει ὁ συσσωρευτής κατά τήν ἐκφόρτισή του βρίσκεται, ἂν πολλαπλασιάσουμε τὰ ἀμπερώρια τῆς ἐκφόρτισής του μέ τό 1,9 βόλτ.

Παράδειγμα : Ἡ ἐνέργεια πού παίρνουμε ἀπό ἕνα στοιχεῖο συσσωρευτή 50 ἀμπερωρίων, εἶναι :  $50 \times 1,9 = 95$  βαττῶρια.

"Αν ἔχουμε μιά συστοιχία ἀπό 10 τέτοια στοιχεῖα, ἐνωμένα στή σειρά, ἡ ἐνέργεια, πού, θά μᾶς δοθεῖ ἀπό τή συστοιχία, θά εἶναι :  $50 \times 1,9 \times 10 = 500 \times 1,9 = 950$  βαττῶρια.

"Αν τὰ 10 στοιχεῖα εἶναι ἐνωμένα παράλληλα, τότε ἡ ἐνέργεια πού θά μᾶς δώσουν, θά εἶναι πάλι :  $500 \times 1,9 = 950$  βαττῶρια.

Από τὰ παραπάνω βλέπουμε, πῶς, εἴτε τὰ στοιχεῖα εἶναι ἐνωμένα στή σειρά, εἴτε εἶναι ἐνωμένα παράλληλα, ἔχουμε πάντοτε τήν ἴδια ἐνέργεια.

Ἀπόδοση σέ χωρητικότητα καί σέ ἐνέργεια.

Ἀπόδοσις σέ χωρητικότητά. Ἐνομούμε τή σχέση τῶν ἀμπερωρίων, πού μᾶς δίνει ὁ συσσωρευτής κατά τήν ἐκφόρτισή του, πρὸς τὰ ἀμπερώρια, πού παίρνει ἀπό τήν πηγὴ κατά τή φόρτισή του. Ἡ σχέση αὕτη εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπὸ τή μονάδα καί κυμαίνεται γύρω στὰ 0,9. Καταλαβαίνουμε ἀμέσως τό "γιατί", ἂν θυμηθοῦμε, ὅτι κατά τό τέλος κάθε φόρτισης ἕνα μέρος τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας πού παίρνει ὁ συσσωρευτής, ξοδεύεται ἀνώφελα στήν ἠλεκτρόλυση τοῦ νεροῦ τοῦ ἠλεκτρολύτη. Δέν πρέπει νά χεχνόουμε ἐπίσης καί τήν αὐτοεκφόρτιση τοῦ συσσωρευτή.



"Αν δηλώσουμε με  $\eta_{\chi}$  τήν απόδοση σε χωρητικότητα, με  $I_{\phi}$  τήν ένταση του ρεύματος κατά τήν φόρτιση, με  $I_{\epsilon\kappa\phi}$  τήν ένταση του ρεύματος κατά τήν εκφόρτιση, με  $I_{\phi}$  τὸ χρόνο σε ώρας, πού βάσταξε ἡ φόρτιση, καί με  $I_{\epsilon\kappa\phi}$  τὸ χρόνο, πάλι σε ώρας, τῆς εκφόρτισης, ἡ απόδοση θά μᾶς δοθεῖ ἀπό τόν τύπο :

$$\eta_{\chi} = \frac{I_{\epsilon\kappa\phi} \times t_{\epsilon\kappa\phi}}{I_{\phi} \times t_{\phi}}$$

"Αν ἡ ένταση του ρεύματος κατά τήν φόρτιση εἶναι ἴδια με τήν ένταση του ρεύματος τῆς εκφόρτισης, τότε  $I_{\phi} = I_{\epsilon\kappa\phi}$  ὁπότε καί :

$$\eta_{\chi} = \frac{t_{\epsilon\kappa\phi}}{t_{\phi}}$$

"Ἡ απόδοση λοιπόν σε χωρητικότητα στήν περίπτωση αὐτήν, ἀφράζει τή σχέση του χρόνου τῆς εκφόρτισης πρὸς τὸ χρόνο τῆς φόρτισης.

"Ἀπόδοση σε ἔνέργεια ὀνομάζουμε τή σχέση τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας σε βαττώρια, πού παίρνουμε κατά τήν εκφόρτιση, πρὸς τήν ἡλεκτρικὴν ἐνέργεια σε βαττώρια, πού χορηγοῦμα στό συσσωρευτὴ κατά τήν φόρτισή του. Ἡ απόδοση σε ἐνέργεια κυμαίνεται γύρω στά 0,75.

"Ὅπως εἶπαμε καί στά προηγούμενα, ἡ πολικὴ τάση κατά τήν εκφόρτιση εἶναι στήν ἀρχὴ 1,9 βόλτ καί στό τέλος τῆς 1,8 βόλτ. Μεγαλύτερη εκφόρτιση καταστράφει ὅπως εἶδαμε, τὸ συσσωρευτὴ. Κατά τήν φόρτιση ἡ πολικὴ τάση ἀρχίζει ἀπό τὰ 2,1 βόλτ, γιὰ νὰ φτάσει στά 2,6 βόλτ, ὁπότε καί ξεσυνδέωμαι τὸ συσσωρευτὴ ἀπὸ τήν πηγὴ πού τὸν φορτίζει.

"Αν παραστήσουμε με τὸ  $\eta_{\epsilon}$  τήν απόδοση του συσσωρευτῆ σε ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, με τὸ  $U_{\epsilon\kappa\phi}$  καί  $I_{\epsilon\kappa\phi}$  τήν πολικὴ τάση καί τήν ένταση του ρεύματος κατά τήν εκφόρτιση, με τὸ  $t_{\epsilon\kappa\phi}$  τὴ διάρκειά σε ώρας τῆς εκφόρτισης, με τὸ  $U_{\phi}$  καί  $I_{\phi}$  τήν πολικὴ τάση καί τήν ένταση του ρεύματος κατά τὴ φόρτιση καί, τέλος, με τὸ  $t_{\phi}$  τὸ πῶσό βάσταξε, σε ώρας, ἡ φόρτιση, ὁ τύπος, πού μᾶς

δίνει τήν απόδοση σέ βαττώρια, παίρνει τήν ακόλουθη μορφή:

$$\eta_s = \frac{U_{\acute{\alpha}\kappa\phi} \times I_{\acute{\alpha}\kappa\phi} \times t_{\acute{\alpha}\kappa\phi}}{U_{\phi} \times I_{\phi} \times t_{\phi}}$$

"Αν ή εκφόρτιση καί φόρτιση γίνονται μέ τήν ίδια ένταση ρεύματος, τότε ό τύπος γίνεται :

$$\eta_s = \frac{U_{\acute{\alpha}\kappa\phi} \times t_{\acute{\alpha}\kappa\phi}}{U_{\phi} \times t_{\phi}}$$

Η απόδοση σέ ενέργεια, βλέπουμε τώρα πώς άξαρτάται από τήν πολική τάση, που άχουμε κατά τήν εκφόρτιση καί τή φόρτιση.

Παραπάνω είδαμε πώς ή απόδοση σέ χωρητικότητα είναι:

$$\eta_{\chi} = \frac{I_{\acute{\alpha}\kappa\phi} \cdot t_{\acute{\alpha}\kappa\phi}}{I_{\phi} \cdot t_{\phi}} \text{ ή, όταν ή εκφόρτιση καί φόρτιση γίνον-}$$

ται μέ τήν ίδια ένταση, όποτε  $I_{\acute{\alpha}\kappa\phi} = I_{\phi}$ ,  $\eta_{\chi} = \frac{t_{\acute{\alpha}\kappa\phi}}{t_{\phi}}$ . Μπο-  
ροϋμε λοιπόν νά βροϋμε τήν απόδοση σέ ενέργεια  $\eta_s$

έν πολλαπλασιάζουμε τήν απόδοση σέ χωρητικότητα  $\eta_{\chi}$  μέ  
τή σχέση  $\frac{U_{\acute{\alpha}\kappa\phi}}{U_{\phi}}$ , δηλαδή  $\eta_s = \eta_{\chi} \frac{U_{\acute{\alpha}\kappa\phi}}{U_{\phi}}$ .

Γιά νά προσδιορίσουμε τήν απόδοση, σέ βαττώρια ή ός συσσωρευτή τόν φορτίζουμε πρώτα καί σημειώνουμε τήν πολική του τάση στό τέλος τής φόρτισης. Έπειτα τόν ξεφορτίζουμε. Κατά τήν εκφόρτιση του πρέπει νά μάς δώση τή χωρητικότητα, που άγγυήθηκε για ύτόν τό εργοστάσιο κατασκευής του. Κατά τή διάρκεια τής εκφόρτισης του αύτης, που μπορούμε νά τή θεωρήσουμε καί σέ δοκιμή τής χωρητικότητάς του, σημειώνουμε, κάθε 10 λεπτά τής ώρας, τήν ένταση τού ρεύματος τής εκφόρτισης καί τήν πολική τάση, καί από τίς τιμές αυτές παίρνουμε τόν μέσο όρο.

Έπειτα ακολουθεί ή δεύτερη φόρτισή του. Καί κατά τήν διάρκεια αύτης τής φόρτισης σημειώνουμε, κάθε 10 λεπτά τής ώρας, τήν ένταση τού ρεύματος τής φόρτισης καί τήν πολική τάση, καί βγάζουμε πάλι από τίς τιμές τους τόν μέσο όρο. Η δεύτερη φόρτιση πρέπει νά συ-

νεχισταῖ ὡσότου μετρήσουμε πολική τάση ἴση μὲ τὴν πολική τάση πού μᾶς ἔδειξε, στό τέλος τῆς, ἡ πρώτη φόρτιση.

Ἡ σχέση τῶν ἀμπερῶν τῆς ἐκφόρτισης καί τῆς φόρτισης μᾶς δίνει τὴν ἀπόδοση τοῦ συσσωρευτοῦ σέ ἀμπερῶρια. Γιὰ νὰ πάρουμε καί τὴν ἀπόδοση σέ βατῶρια, πολλαπλασιάζουμε, ὅπως καί παραπάνω εἶδαμε, τὴν ἀπόδοση σέ ἀμπερῶρια μὲ τὴν σχέση τῶν μέσων ὀρων τῶν πολικῶν τάσεων τῆς ἐκφόρτισης καί τῆς φόρτισης.

Ἄ, διαθέτουμε μετρητὴ βατῶριων, μετράμε μ' αὐτόν τὰ βατῶρια τῆς ἐκφόρτισης καί τῆς φόρτισης καί βρίσκουμε ἀμέσως τὴν ἀπόδοση σ' ἐνέργεια τοῦ συσσωρευτοῦ.

### Ο ΑΛΚΑΛΙΚΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ

Οἱ προσπάθειες γιὰ τὴν ἀντικατάσταση τοῦ συσσωρευτοῦ μολύβδου.

Οἱ ἔρευνες, γιὰ ν' ἀντικατασταθῇ ὁ συσσωρευτὴς μολύβδου μὲ ἄλλον ἑλαφρότερο, ἀπασχόλησαν χρόνια ὀλόκληρα τοὺς σοφοὺς τοῦ περασμένου αἰῶνα. Οἱ ἔρευνες ἀπέβλεπαν σ' ἑνὸς κυρίως σκοποῦς. Πρῶτα, γὰ βραθεῖν ἑναργῆ ὑλικά πῦρ ἑλαφρὰ ἀπὸ τὸ μολύβι, πού εἶναι, ὅπως εἴδαμε, ἑνα ἀπὸ τὰ βαρύτερα μέταλλα, καί ἔπειτα, ἡλεκτρολύτης πού νὰ μὴ μετέχει στίς ἡλεκτροχημικὰ δρασθεὶς κατὰ τὴν φόρτιση καί τὴν ἐκφόρτιση τοῦ συσσωρευτοῦ. Μ' αὐτὸ τὸν τρόπο θὰ εοδευοῦν μικρὰς ποσότητας ἡλεκτρολύτη.

Ὅπως καί σὶ προηγούμενα εἶδαμε, τὸ θεικὸ δεῦ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) στό συσσωρευτὴ μολύβδου διασπᾶται κατὰ τὴν ἐκφόρτιση σὶ συστατικὰ H<sub>2</sub> καί SO<sub>4</sub> καί ἡ ρίζα τοῦ (SO<sub>4</sub>) πηγαίνοντας στό ἀρνητικὸ ἡλεκτροδίο, μεταβάλλει τὸ σπογγομόλυβδὸ τοῦ σ' ἑνὸς θεικὸ μολύβδου (PbSO<sub>4</sub>). Κατὰ τὴν φόρτιση, ἡ ρίζα (SO<sub>4</sub>) πηγαίνει στό θετικὸ ἡλεκτροδίο καί τὸ ἀλλάζει, μὲ τὴ βοήθεια τοῦ νεροῦ, ἑνὸς θεικὸ μολύβδου πού ἦταν πρῶν, σ' ἑνὸς διοξειδίου τοῦ μολύβδου (PbSO<sub>2</sub>). Τὸ θεικὸ δεῦ γίνεται λοιπὸν, κατὰ τὴν ἐκφόρτιση, ἀραιότερο, καί κατὰ τὴν φόρτιση ξαναβρίσκει πάλι τὴν ἀρχικὴν του πυκνότητα. Εἶδαμε ἐπίσης ἀπὸ τοὺς λογαριασμοὺς πού κάναμε, πῶς, γιὰ νὰ πάρουμε ἀπὸ τὸ συσσωρευτὴ I ἀμπερῶριο, πρέπει νὰ εοδευοῦν 3,65 γραμμάρια θεικὸ δεῦ.

Τὰ ἔπειρα πειράματα, πού ἔγιναν πρὸς αὐτὰς τίς δύο κατευθύνσεις κατέληξαν σ' ἑνὸς ἑπισηματικὰ ἀποτελέσματα.

οματα με τις επιτυχίες που είχαν ο Σουηδός Γιοϋνκνερ (Jungner) και ο Αμερικανός Έντισον (Edison).

Ο Γιοϋνκνερ κατασκεύασε στα 1899 ένα συσσωρευτή που τα ενεργά υλικά των ηλεκτροδίων του ήταν καμωμένα από μέταλλο, που δέν επηρέαζε καθόλου τη σύνθεση και την πυκνότητα του καυστικού καλίου ή του καυστικού νατρίου, που μεταχειρίζονταν για ηλεκτρολύτη. Στο προνόμιο ευρεσιτεχνίας που πήρε, αναφέρεται ρητά πως, ο ήλεκτρολύτης, που μεταχειρίζεται στο νέο συσσωρευτή, χρησιμεύει μονάχα για άγωγος μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων και, επειδή δέν καταστρέφεται, χρειάζεται και μικρή σχετικά ποσότητα απ' αυτόν, για να γεμίσει το στοιχείο.

Κατά την εκφόρτιση και τη φόρτιση, το νερό του ηλεκτρολύτη διασπάται μονάχα στα συστατικά του υδρογόνο και οξυγόνο, που τα ξανασηματίζει έπειτα. Κατά την εκφόρτιση και, φόρτιση, λοιπόν, το οξυγόνο πηγαίνει ερχεται από το ένα στο άλλο ηλεκτρόδιο.

Στο προνόμιο ευρεσιτεχνίας του Γιοϋνκνερ δέν αναφέρονται τα ενεργά υλικά των ηλεκτροδίων. Για ήλεκτρολύτη όμως προτείνεται καυστική ποτάσα (καυστικό κάλι) (KOH) ή καυστική σόδα (καυστικό νάτριο) (NaOH). Αργότερα προτάθηκε να χρησιμοποιηθούν, για το θετικό ηλεκτρόδιο, οξυγονόπυκας ανώσεις του νίκελ με άλλα υλικά ήλεκτρολύτη.

Στο 1901 ο Έντισον έκανε ένα αλκαλικό συσσωρευτή, που τα ενεργά του υλικά ήσαν υδροξειδίο του νίκελ για το θετικό, και σίδηρο, για το αρνητικό ήλεκτροδίο. Για ήλεκτρολύτη μεταχειρίστηκε καυστική ποτάσα. Σ' α υτόν τόν συνδυασμό βασίζεται ο σημερινός "άλκαλικός" βγαίνει από τη λέξη αλκαλι. Αυτό πάλι είναι άραβικό. "Κάλι" λέγεται στην άραβική γλώσσα ένα φυτό, που από τη στάχτη του έβγαλαν τις πρώτες αλκαλικές ουσίες. Αλκάλια ονομάζουμε τα υδροξειδία τῶν μετάλλων κάλιο και νάτριο. Τα αλκάλια είναι δραστικότερες γνωστές βάσεις, διαλύονται εύκολα, και η διαβρωτική τους ενέργεια επάνω στο δέρμα είναι μεγάλη. Γι' αυτό λέγονται και καυστικά.

Ο αλκαλικός συσσωρευτής λέγεται και "άτσα-λάβνιρος" συσσωρευτής, γιατί οι σκελετοί των ηλεκτροδίων και το δοχείο του γίνονται από άτσάλανια λαμαρίνα.

Ο άτσαλένιος συσσωρευτής κατασκευάζεται ση-  
 μερα σε δύο βασικούς τύπους. Ο ένας είναι ο συσσω-  
 ρευτής σι ε ρ ο ν ί κ ε λ και ο άλλος, ο συσσω-  
 ρευτής κ α δ μ ι ο ν ί κ ε λ. Στόν τελευταίο χρη-  
 σιμοποιούμε, για έναργό υλικό στο άρνητικό ηλεκτρό-  
 διο, κάρμιο (Cd). Τό έναργό υλικό στο θετικό ήλεκ-  
 τροδίο είναι πάλι υδροξείδιο του νίκελ και ο ήλεκ-  
 τρολύτης, καυστική ποτάσα.

Χημικές δράσεις

Οι χημικές δράσεις, πού γίνονται μέσα σ' ένα  
 στοιχείο σιδερονίκελ κατά τήν εκφόρτιση και τή φόρτι-  
 σή του, είναι αρκετά πολύπλοκες. Στίς γανικές του ο-  
 μως γραμμές είναι οι ακόλουθες :

Όταν τό στοιχείο είνκι φορτισμένο, τό έναρ-  
 γό υλικό για τό θετικό ήλεκτροδίο του είναι υδροξεί-  
 διο του νίκελ (Ni-OH)<sub>2</sub> και για τό άρνητικό, μεταλλι-  
 κό σίδερο (Fe). Κατά τήν εκφόρτιση διασπάται τό νερό  
 τής καυστικής ποτάσας στά συστατικά του, δηλαδή σέ  
 υδρογόνο και σέ οξυγόνο. Τό υδρογόνο πηγαίνει στο θε-  
 τικό ήλεκτροδίο και τό οξυγόνο στο άρνητικό. Γι' αύ-  
 τόν τον λόγο, τό υδροξείδιο του νίκελ πέφτει σάκατώ-  
 τερο βαθμό οξείδωσης και γίνεται Ni (OH)<sub>2</sub> ενώ τό με-  
 ταλλικό σίδερο του άρνητικού ήλεκτροδίου μεταβάλλε-  
 ται σέ Fe (OH)<sub>2</sub>.

Κατά τήν φόρτιση του στοιχείου, τό οξυγόνο  
 του νερού πηγαίνει από τό άρνητικό στο θετικό ήλεκ-  
 τροδίο. Στή φάρτιση λοιπόν, γίνεται τό αντίθετο απ-  
 όντι γίνεται κατά τήν εκφόρτιση, και έτσι τά έναργά  
 υλικά των δύο ήλεκτροδίων ξαναέρχονται στην αρχική  
 τους κατάσταση. Δηλαδή, τό θετικό ήλεκτροδίο μετα-  
 σχηματίζεται πάλι σέ Ni (OH)<sub>2</sub> και τό άρνητικό σέ Fe.

Ο ήλεκτρολύτης μένει αναλλοίωτος, γιατί δέν ανώνε-  
 ται χημικά μέ τά ήλεκτροδία του στοιχείου, όπως γί-  
 νεται στο συσσωρευτή θετικού οξέος.

Στό συσσωρευτή καδμιονίκελ, έχουμε, κατά  
 τήν εκφόρτιση και τή φόρτιση του, τά ίδια φαινόμενα.  
 Σ' αυτόν, τό κάρμιο μετατρέπεται κατά τήν εκφόρτιση  
 σέ υδροξείδιο του καδμίου Cd (OH)<sub>2</sub> και κατά τή φόρτι-  
 ση ξαναγαυοίζει στην πρώτη του κατάσταση, γίνεται  
 δηλαδή πάλι κάρμιο (Cd).



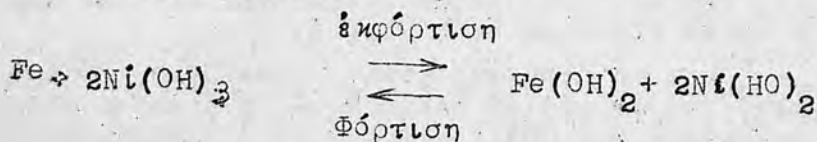
"Ας συνοψίσουμε αυτές τις χημικές δράσεις στους δύο τύπους των αλκαλικών συσσωρευτών :

α) Σ υ σ σ ω ρ ε υ τ ή ς σ ι δ ε ρ ο ν ί κ α λ

Στή φόρτιση :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{τό θετικό ηλεκτρόδιο} : 2\text{Ni(OH)}_3 \\ \text{τό άρνητικό} \quad \quad \quad \text{Fe} \end{array} \right.$

Στήν εκφόρτιση :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{τό θετικό ηλεκτρόδιο} : 2\text{Ni(OH)}_2 \\ \text{τό άρνητικό} \quad \quad \quad \text{Fe(OH)}_2 \end{array} \right.$

Η συνοπτική χημική εξίσωση, πού μās δίνει τις δράσεις αυτές, είναι :

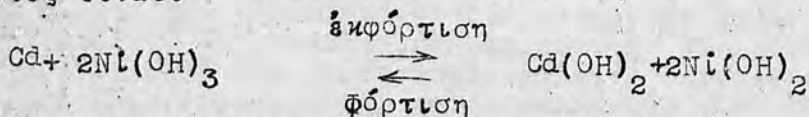


β) Σ υ σ σ ω ρ ε υ τ ή ς κ α δ μ ι ο ν ί κ α λ

Στή φόρτιση :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{τό θετικό ηλεκτρόδιο} : 2\text{Ni(OH)}_3 \\ \text{τό άρνητικό} \quad \quad \quad \text{Cd(OH)}_2 \end{array} \right.$

Στήν εκφόρτιση :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{τό θετικό ηλεκτρόδιο} : 2\text{Ni(OH)}_2 \\ \text{τό άρνητικό} \quad \quad \quad \text{Cd(OH)}_2 \end{array} \right.$

Η συνοπτική χημική εξίσωση για τις δράσεις αυτές είναι :

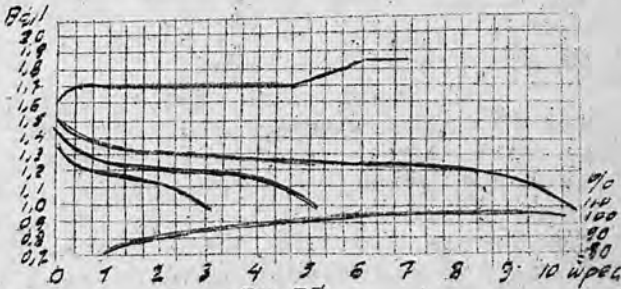


"Όλες αυτές οι δράσεις δέ γίνονται όπως περιβώς τις παραπάνω οι παραπάνω χημικοί τύποι. Απόδειξη, πώς η καυστική ποτάσα του ηλεκτρολύτη γίνεται στο τέλος της εκφόρτισης πυκνότερη. Εοδευεται επομένως, κατά την εκφόρτιση, νερό. Οι διαφορές όμως στην πυκνότητα του ηλεκτρολύτη είναι τόσο μικρές, ώστε δέ μās βοηθούν να διαπιστώσουμε τό βαθμό της φόρτισης ή της εκφόρτισης του συσσωρευτή, όπως στο συσσωρευτή θαλικού όξέος.

Πως αλλάζει η πολική τάση του αλκαλικού συσσωρευτή κατά την εκφόρτιση και τη φόρτισή του.

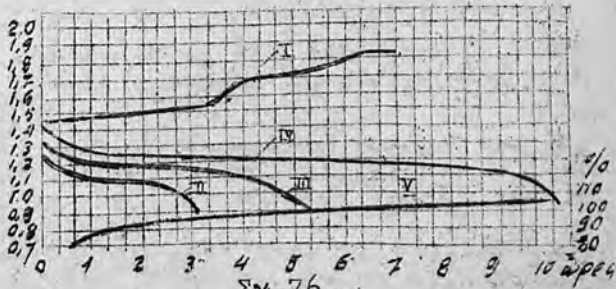
Ο αλκαλικός συσσωρευτής έχει ή.α. δύναμη I, 5 βόλτ περίπου. Όταν ο συσσωρευτής ξεφορτίζεται, η πολική του τάση πέφτει στην αρχή κάπως γρήγορα, ύστερα, σ' ολόκληρη τη διάρκεια της εκφόρτισης, βαθμιαίως και πρὸς τὸ τέλος τῆς εκφόρτισης, πάλι γρήγορα.

Η καμπύλη λοιπὸν τῆς εκφόρτισης τοῦ αλκαλικοῦ συσσωρευτῆ μοιάζει με τὴν καμπύλη τῆς εκφόρτισης τοῦ συσσωρευτῆ θαλινοῦ οξέος. Όπως και σ' ἐκεῖνον, ἔτσι και στὸν αλκαλικὸ συσσωρευτῆ, η πολιική τάση ἀεργάζεται ἀπὸ τὴν ἄνω τάση πού ἔχει τὸ ρεῦμα τῆς εκφόρτισής του. Όσο ἡ ἄνταση αὐτῆ εἶναι μεγαλύτερη, τόσο και ἡ πολική τάση πέφτει γρηγορότερα. Παρόμοιες εἶναι και οἱ συνθήκες τῆς φόρτισης τοῦ αλκαλικοῦ συσσωρευτῆ. Καί σ' αὐτὴν, κατὰ τὴν μεγαλύτερη διάρκειά της, η πολική τάση ἀεξάνει βαθμιαίως, γιὰ νὰ ὑψωθῆ γρήγορα, ὅταν τελειώναι ἡ φόρτιση.



Σχ.75

Τὸ Σχ.75 μᾶς δείχνει πέντε καμπύλες ἑνὸς στοιχείου σιδαρονίκελου, πού τὸ θετικὸ του ἠλεκτρόδιο εἶναι ἀπὸ πλάκες μᾶσσηνας, καὶ τὸ ἀρνητικὸ του, ἀπὸ πλάκες μέθης.



Σχ.76

Η καμπύλη I παραριστάνει πῶς μεταβάλλεται ἡ πολική του τάση, ὅταν φορτίζεται ἑφτά ὥρες με μὲ σταθερὸ ρεῦμα. Η καμπύλη II δείχνει τὴ μεταβολή

της τάσης σε τρίωρη εκφόρτιση, ή καμπύλη III σε παν-  
τάωρη εκφόρτιση, και ή καμπύλη IV, σε δεκάωρη εκφόρ-  
τιση. Η εκφόρτιση έγινε και τις τρεις φορές με σταθα-  
ρό ρεύμα.

Για την καμπύλη V θα μιλήσουμε στην επόμενη  
παράγραφο.

Στό συσσωρευτή καδμιονίκελ, με θετικό ήλεκτρό-  
διο από πλάκες με σωλήνας και με αρνητικό από πλάκες  
με θήκες, οι καμπύλες της φόρτισης και της εκφόρτισης  
έχουν περίπου την ίδια μορφή (Σχ. 76)

Και οι καμπύλες II, III και IV, δείχνουν τη με-  
ταβολή της πόλικής τάσης σε τρίωρη, παντάωρη και δε-  
κάωρη εκφόρτιση με σταθερό ρεύμα. Η καμπύλη I παρι-  
στάνει τη μεταβολή της τάσης σε μιά επτάωρη φόρτιση  
μέ σταθερό επίσης ρεύμα.

"Αν συγκρίνουμε προσεχτικά προσεχτικά τα Σχ. 75  
και 76 διαπιστώνουμε διαφορές στις καμπύλες τους.  
"Ας συγκρίνουμε πρώτα τις καμπύλες I και I. Η καμπύ-  
λη της φόρτισης στο συσσωρευτή σιδερονίκελ αναβαίνει,  
μόλις αρχίσουμε τη φόρτιση, στο I,7 βόλτ, και στο τέ-  
λος φτάνει στο I,83 βόλτ. Η πολική όμως τάση του I,7  
βόλτ, στο συσσωρευτή καδμιονίκελ, παρουσιάζεται υστα-  
ρα από φόρτιση 4 ώρων. Οι διαφορές λοιπόν της πολικής  
τάσης στην αρχή και προς το τέλος της φόρτισης είναι,  
στο συσσωρευτή καδμιονίκελ, όσες περίπου είναι και  
στο συσσωρευτή μολύβδου, ωστόσο όμως είναι μεγαλύτε-  
ρες από τις διαφορές της τάσης στην αρχή και προς το  
τέλος της φόρτισης του συσσωρευτή σιδερονίκελ.  
Από τις καμπύλες II, III, IV των δύο σχημάτων 75 και 76  
συμπεραίνουμε, πώς, οι πολικές τάσεις του συσσωρευτή σι-  
δερονίκελ βρίσκονται ψηλότερα από τις τάσεις του συ-  
σσωρευτή καδμιονίκελ. Οι μέσες τάσεις για τα στοι-  
χαία σιδερονίκελ και καδμιονίκελ, με θετικά ήλεκτρό-  
δια από πλάκες με σωλήνας, είναι:

	Σιδερονίκελ	Καδμιονίκελ
Σε μιά τρίωρη εκφόρτιση, περίπου	I,16 βόλτ	I,11 βόλτ
" " πεντάωρη " "	I,21 "	I,17 "
" " δεκάωρη " "	I,25 "	I,21 "

Σε στοιχεία καδμιονίκελ, με θετικά και αρνητικά ήλεκ-  
τρόδια από πλάκες με θήκες, οι μέσες τάσεις είναι  
μεγαλύτερες από τις μέσες τάσεις στα στοιχεία καδμιο-  
νίκελ, που έχουν θετικά ήλεκτρόδια από πλάκες με σωλή-  
νες και αρνητικά, από πλάκες με θήκες. Όταν θέλουμε

νά βρούμα τον αριθμό των στοιχείων αλκαλικών συσσωρευτών, που θα χρησιμοποιήσουμε για όρισμένο σιμπό, πρέπει να βασιζόμαστε σε μία μέση τάση κατά την εκφόρτιση I,2 βόλτ κατά στοιχείο. Για μία συστοιχία αυτοκινήτου, π.χ. των 12 βόλτ, πρέπει να συνδέσουμε 10 στοιχεία στην σειρά. Και για μία συστοιχία των 80 βόλτ:  $\frac{80}{1,2} = 66$  στοιχεία.

Η χωρητικότητα

Στά Σχ. 75 και 76 βλέπουμε και τις καμπύλες W και οι δύο παριστάνουν τις χωρητικότητες που παρορσιάζει ο συσσωρευτής, όταν τον εφορτίζουμε με διάφορες εντάσεις ρεύματος. Για τη χαράξη κάθε καμπύλης, πάρθηκε η χωρητικότητα που μας δίνει ο συσσωρευτής σε παντάωρη εκφόρτιση. Γι' αυτόν τον λόγο, κάθε καμπύλη, κόβει, στις 5 ώρες, τη γραμμή 100% (βλέπε την άριθμηση κάτω δεξιά). Εμείνουν που διαπιστώνουμε από τις δύο αυτές καμπύλες είναι η μικρή τους ύψωση. Η χωρητικότητα λοιπόν του αλκαλικού συσσωρευτή εξαρτάται πολύ λίγο από την ένταση που έχει το ρεύμα της εκφόρτισης κι όταν ακόμη, αυξάνοντας το ρεύμα της εκφόρτισης, μειράινει η τάση της εκφόρτισης (βλέπε καμπύλες I, III και IV).

Στον αλκαλικό συσσωρευτή, με θετικά ηλεκτρόδια από πλάκες με σωλήνες, έχουμε τις εξής χωρητικότητες, αν τις συγκρίνουμε με τη χωρητικότητα που παρορσιάζει στην παντάωρη εκφόρτισή του:

Στοιχείο σιδηρο- Στοιχείο καδμιονίκαλ  
Vlikaλ.

Σε τρίωρη εκφόρτιση 95	άμπερώρα	97	άμπερώρα
Σε παντάωρη εκφόρτ. 100	"	100	"
Σε δεκάωρη εκφόρτ. 106	"	102,5	"

Στό συσσωρευτή, με θετικά και άρνητικά ηλεκτρόδια από πλάκες με θήκες, τ' αποτελέσματα είναι όμοια. Γι' αυτόν τον λόγο δεν αυξάνει η χωρητικότητα του αλκαλικού συσσωρευτή, όταν οι εκφορτίσεις του γίνονται με διαλείμματα.

Η απόδοση

Από τις καμπύλες των Σχ. 206 και 207 μπορούμε να βγάλουμε και την απόδοση σε χωρητικότητα και σε

ἐνέργεια τῶν ἀλκαλικῶν συσσωρευτῶν. Ἐπειδὴ οἱ ἀντάσεις τοῦ ρεύματος τῆς φόρτισης εἶναι ἴσας μὲ τῆς ἀντάσεις τοῦ ρεύματος σὲ μιὰ παντῶρη ἐκφόρτιση, σήμε ραῖνουμε πῶς καὶ ἡ ἀπόδοση σὲ χωρητικότητα εἶναι :

$$\eta_{\chi} = \frac{t_{\text{εκφ}}}{t_{\phi}}$$

Στόν τύπο, τὸ  $t_{\text{εκφ}}$  παριστάνει τὸ χρόνο τῆς ἐκφόρτισης καὶ τὸ  $t_{\phi}$ , τὸ χρόνο τῆς φόρτισης. Καὶ ἐπειδὴ  $t_{\text{εκφ}} = 5$  ὥρες καὶ  $t_{\phi} = 7$  ὥρες, ἡ ἀπόδοση σὲ χωρητικότητά εἶναι :  $\eta_{\chi} = \frac{5}{7} = 71,5\%$  ἢ  $0,715$ .

Οἱ μέσες τάσεις στό συσσωρευτὴ σιδαρονίκεαλ (Σχ. 75) εἶναι, κατὰ τὴν ἐκφόρτιση,  $U_{\text{εκφ}} = 1,21$  βόλτ καί, κατὰ τὴν φόρτιση,  $U_{\phi} = 1,73$  βόλτ, καὶ στό συσσωρευτὴ καδμιονίκεαλ (Σχ. 76), κατὰ τὴν ἐκφόρτιση,  $U_{\text{εκφ}} = 1,17$  βόλτ καὶ κατὰ τὴν φόρτιση,  $U_{\phi} = 1,62$  βόλτ.

Ἀπὸ τῆς τιμῆς αὐτῆς βγάζουμε τὴν ἀπόδοση σὲ ἐνέργεια.

Ἡ ἀπόδοση σὲ ἐνέργεια στό συσσωρευτὴ σιδαρονίκεαλ εἶναι :

$$\eta_{\epsilon} = \eta_{\chi} \frac{U_{\text{εκφ}}}{U_{\phi}} = 0,715 \frac{1,21}{1,73} = 50\%$$

Καὶ στό συσσωρευτὴ καδμιονίκεαλ :

$$\eta_{\epsilon} = 0,715 \frac{1,17}{1,62} = 51,6\%$$

Ἡ ἀπόδοση λοιπὸν τοῦ ἀλκαλικοῦ συσσωρευτῆ εἶναι πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀπόδοσὴ τοῦ συσσωρευτῆ θειϊκοῦ ὀξέος.

Φόρτιση τῶν συσσωρευτῶν κάθε τύπου.

Ὁ συσσωρευτὴς φορτίζεται μόνον μὲ συναχᾶς ραῦμα. Ἡ τάση τοῦ ρεύματος αὐτοῦ πρέπει νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἢ τουλάχιστον ἴση μὲ τὴν πολικὴ τάση τοῦ συσσωρευτῆ στό τέλος τῆς φόρτισής του. Καὶ ἐπειδὴ ἡ πολικὴ τάση ἐνὸς συσσωρευτῆ θειϊκοῦ ὀξέος, ὅταν τελειῶναι ἡ φόρτιση του, εἶναι 2,75 βόλτ, πρέπει γιὰ νὰ φορτί-



συσμα 40, π.χ. στοιχειᾶ ἀνωμένα στὴ σειρά, νὰ ἔχουμε  
μιά πηγὴ μὲ τάση :  $2,75 \times 40 = 110$  βόλτ.

Ἡ πολιτικὴ τάση τοῦ ἀλκαλικοῦ συσσωρευτῆ εἶναι  
στό τέλος τῆς φόρτισής του, 1,83 βόλτ. Μα τάση πηγῆς  
110 βόλτ. μπουρῶμα λοιπόν, νὰ φορτίσουμε :  $110 / 1,83 = 60$   
στοιχειᾶ ἀνωμένα στὴ σειρά.

Ὅταν θάλομε νὰ φορτίσουμε ἓνα στοιχειῶ συσσω-  
ρευτῆ (ἢ μιᾶ συστοιχία), συνδέουμε τὸ θετικὸ του πόλο  
μὲ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς, πού θά μεταχειριστοῦμε γιὰ  
τὴ φόρτιση, καὶ τὸν ἀρνητικὸ πόλο μὲ τὸν ἀρνητικὸ πόλο  
τῆς ἴδιας πηγῆς. Ὅταν γίνῃ ἡ σύνδεση, τὸ ραῦμα τῆς  
φόρτισης περνᾷ μέσα ἀπὸ τὸ συσσωρευτῆ μὲ διεύθυνση  
ἀντίθετη ἀπὸ τὴν διεύθυνση πού ἔχει τὸ ραῦμα τῆς ἀφόρ-  
τισῆς του, ὅπως δηλαδὴ πρέπει νὰ περνᾷ γιὰ νὰ φορτι-  
στῇ ὁ συσσωρευτῆς.

"Αν δὲν ξέρουμε τοὺς πόλους τῆς ἠλεκτρικῆς πη-  
γῆς, πού θά φορτίσῃ τὸ συσσωρευτῆ, πρέπει, πρὶν συν-  
δέσουμε τὸ συσσωρευτῆ, νὰ βρούμε ποιὸς ἀπὸ τοὺς δύο  
εἶναι ὁ θετικὸς καὶ ποιὸς, ὁ ἀρνητικὸς πόλος.

Γιὰ νὰ βρούμε τοὺς πόλους ὑπάρχουν τὰ ἐξῆς  
μέσα :

1. Καθαρίζουμε καλὰ τὶς ἄκρες τῶν συρμάτων  
πού ἔρχονται ἀπὸ τὴν πηγὴ καὶ τὶς βυθίζουμε μέσα σ'  
ἓνα ποτῆρι νερό. Γιὰ ν' αὐξησουμε τὴν ἀγωγιμότητα τοῦ  
νεροῦ ρίχνουμε μέσα μερικές σταγόνες θαλασσίου, ἢ λίγο  
μαγειρικοῦ ἀλάτι. Ἐπειτὰ ἀπὸ λίγο, βλέπουμε νὰ σχηματί-  
ζονται γύρω ἀπὸ τὸ ἓνα σύρμα φυσαλίδες ἀπὸ ἀέριο. Τὸ  
σύρμα αὐτὸ εἶναι τὸ ἀνωμένο μὲ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς  
πηγῆς, καὶ τὸ ἀέριο, ὅπως ξέρουμε πιά, εἶναι ὑδρογόνο.  
Στὴν δοκιμὴ αὐτῇ, γιὰ ν' ἀποφύγουμε τὸ βραχυκύκλωμα  
τῆς πηγῆς, προσέχουμε νὰ μὴ ἀνωθοῦν τὰ δύο σύρματα.

2. Στὰ καταστήματα συσσωρευτῶν πουλοῦν ἓνα εἰ-  
δικὸ χημικὸ χαρτί, πού λέγεται "χαρτί ἠλιοτροπίου". Ἀ-  
γοράζουμε ἓνα κομμάτι, τὸ ὑγραίνουμε καὶ βάζουμε ἐπ'αὐ-  
τὸ του καὶ σὲ ἀπόδοσις 10-20 χιλιοστῶν, τὴν μίαν ἀπὸ  
τὴν ἄλλη, τὶς ἄκρες τῶν συρμάτων πού συνδέονται μὲ τοὺς  
πόλους τῆς τροφοδοτικῆς πηγῆς, ἀφοῦ πρὶν τὶς καθαρί-  
σουμε καλὰ. Σὲ λίγο τὸ χαρτί κοκινίζει στὸ σημεῖο ὅ-  
που βρισκᾶται ἡ ἄκρη τοῦ σύρματος τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου.  
Καὶ σ' αὐτὴν τὴν δοκιμὴ φροντίζουμε νὰ μὴ ἀνωθοῦν τὰ  
σύρματα.

3. Πολλὰς φορές, ὅπως θά δοῦμε καὶ παρακάτω,  
γιὰ νὰ μικρύνουν τὴν τάση τῆς τροφοδοτικῆς πηγῆς, βά-

ζουν στή σειρά μέσα στο κύκλωμα, και μία πρόσθετη αντίσταση. Αν η αντίσταση αυτή είναι κατωμένη από λάμπες, μπορούμε να βρούμε ποιός από τους πόλους της πηγής είναι θετικός και ποιός ο αρνητικός, με τόν ακούλου τροπό:

"Αν όταν συνδέουμε τή συστοιχία στήν πηγή, οι λάμπες φωτίσουν λιγότερο από τό συνηθισμένο, τότε η πηγή συνδέθηκε με τό συσσωρευτή ὀρθά. "Αν φωτίσουν περισσότερο, κάναμε λάθος στή σύνδεση και πρέπει άμέσως ν' αλλάξουμε τούς πόλους. Τό φαινόμενο αυτό εξηγείται εύκολα. Όταν η σύνδεση είναι σωστή, οι λάμπες λειτουργούν με τάση μικρότερη από τήν τάση τής πηγής, γιατί συνδέοντας τούς ὁμωνύμους πόλους τής συστοιχίας και τής πηγής, εξουδετερώνουμε ένα μέρος από τήν τάση τής τελευταίας. "Αν οι λάμπες φωτίσουν περισσότερο, θα παϊ πώς η σύνδεση έγινε κακή, γιατί τότε, αφού συνδέουμε δύο πηγές στή σειρά, στήν τάση τής πηγής προσθέτουμε και τήν τάση τής συστοιχίας, και έτσι η ὀλική τάση, πού εφαρμόζεται στίς λάμπες, είναι μεγαλύτερη από τήν κανονική.

4. "Αλλά και με βολτόμετρο μπορούμε να βρούμε τούς πόλους τής πηγής. "Αν συνδέσουμε ὀρθά τή συστοιχία στήν πηγή, τό βολτόμετρο πού ἔχουμε στους πόλους τής μᾶς δείχνει αύξηση σχετικά με τήν η.σ. δύναμη τής συστοιχίας. "Αν τήν συνδέσουμε ανάποδα, τό βολτόμετρο μᾶς δείχνει ελάττωση.

5. "Αλλο μέσο να βρούμε τούς πόλους τής πηγής είναι η μαγνητική βελόνα. Γι' αὐτήν ὁμως θα μιλήσουμε στο κεφάλαιο του ηλεκτρομαγνητισμοῦ.

Πᾶς διαπιστώνουμε τό πόσο εσφορτίστηκε ὁ συσσωρευτής.

Πρίν φορτίσουμε μία συστοιχία, καλό είναι να ἔαρουμε πόσο ἔχει εσφορτισθεῖ και πόσα, ἔρα ἀμπεράρια μπορεί ακόμη να μᾶς δώσει.

Γι' αὐτόν τόν σκοπό ἔξασαμε τήν πυκνότητα τοῦ ηλεκτρολύτη και τήν τάση τοῦ συσσωρευτή.

Η πυκνότητα τοῦ ηλεκτρολύτη. Εἶδαμε πώς στο συσσωρευτή θεικοῦ ὀξέος η πυκνότητα τοῦ ηλεκτρολύτη μικραίνει κατά τήν ἐκφόρτιση και ἔρχεται πάλι

στην κανονική της τιμή κατά την φόρτισή του.

Ἡ μείωση τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ἡλεκτρολύτη εἶναι ἀνάλογη καὶ μετὰ τὴν ποσότητα τοῦ ρεύματος ποὺ παίρνουμε ἀπὸ τὸ συσσωρευτὴ. Τὸ πυκνόμετρο, λοιπόν, μπορεῖ νὰ μᾶς βοηθήσῃ γιὰ νὰ διαπιστώσουμε τὸ πόσο ξεφορτίστηκε ὁ συσσωρευτὴς. Πρέπει ὅμως νὰ ξέρουμε ἀπὸ πρὶν τί πυκνότητα παρουσιάζει ὁ ἡλεκτρολύτης στὴν ἀρχὴ καὶ στὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως τοῦ συσσωρευτῆ.

Α. Ἡ πολιτικὴ τάση. Ἡ πολιτικὴ τάση τοῦ συσσωρευτῆ πέφτει, ὅταν ὁ συσσωρευτὴς ξεφορτίζεται. Μποροῦμε λοιπόν καὶ μὲνα βολτόμετρο νὰ δούμε ἂν ὁ συσσωρευτὴς ξεφορτίστηκε ἢ ὄχι. Δὲν πρέπει νὰ ξεχνή-  
μα ὅμως, πὺς ἡ μέτρηση αὐτὴ πρέπει νὰ γίνεται μετὰ τὴν ἰσόχρονη λήψη ρεύματος ἀπὸ τὸ συσσωρευτὴ, γιὰτὶ ἡ ἰσὺ δύναμη εἶναι πάντοτε 2,04 βόλτ, ἀδιάφορο πόσο βαθιὰ ξεφορτίστηκε ὁ συσσωρευτὴς. Ἡ τάση, ὅμως, τῆς ἐκφορτίσεως τοῦ συσσωρευτῆ δὲν ἠεαρτάται μονάχα ἀπὸ τὴ διάφορα τῆς ἐκφορτίσεως, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν ἀνταση ποὺ εἶ ἔχει τὸ ρεῦμα ποὺ τὸν ξεφορτίζει. Γι' αὐτὸ, ἡ ἐκκρίβωση τῆς κατάστασης τοῦ συσσωρευτῆ ἀπὸ τὴν πολιτικὴ του τάση, μᾶς δίνει καλὰ ἀποτελέσματα μόνον ὅταν ὁ συσσωρευτὴς παρέχει, κατὰ τὴν μέτρηση, τὸ ρεῦμα τῆς κανονικῆς ἐκφορτίσεως του.

Φόρτιση τῶν συσσωρευτῶν.

Γιὰ τὴ φόρτιση τῶν συσσωρευτῶν χρειάζεται πάντοτε, ὅπως εἶπαμε, ρεῦμα συνεχῆς. Γιὰ πηγῆς, λοιπόν, μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσουμε:

- 1) Ἐνα δίκτυο συνεχοῦς ρεύματος, 2) μιὰ δυναμομηχανή (πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος), 3) ἕνα δίκτυο ἐναλλασσομένου ρεύματος, ποὺ τὸ ρεῦμα τοῦ μετατρέπεται πρῶτα σὲ συνεχῆς, καὶ 4) τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ μεταχειριζόμενα σήμερα πολὺ σπάνια γιὰ τὴν φόρτιση τῶν συσσωρευτῶν.

Γιὰ τὴ φόρτιση μὲ δυναμομηχανῆς ἢ μὲ δίκτυο ἐναλλασσομένου ρεύματος θὰ μιλήσουμε στὰ σχετικὰ κεφάλαια.

Ἐδῶ θὰ μιλήσουμε μονάχα γιὰ τὴ φόρτιση μὲ συνεχῆς ρεῦμα, ποὺ παίρνουμε ἀπὸ ἀνάλογο δίκτυο.

Φόρτιση με τό συνεχές ρεύμα του δικτύου.

Στή φόρτιση αυτήν διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

1) Όταν έχουμε να φορτίσουμε ένα στοιχείο συσσωρευτή ή μικράς συστοιχίας.

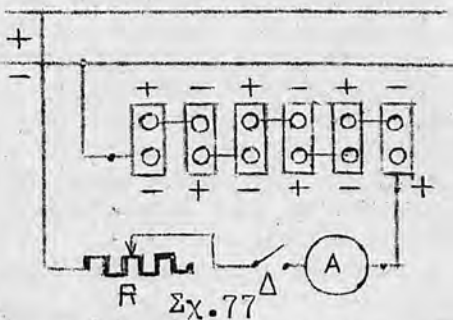
2. Όταν πρόκειται να φορτίσουμε μεγάλες συστοιχίες, που η τάση τους πλησιάζει την τάση του δικτύου.

I. Φόρτιση μικρών συστοιχιών.

Η φόρτιση στοιχείων ή συστοιχιών με λίγα στοιχεία, από δίκτυο συνεχούς ρεύματος, είναι δαπανηρή και μάλιστα τόσο περισσότερο, όσο λιγότερα είναι τα στοιχεία και όσο μεγαλύτερη είναι η τάση του δικτύου, γιατί τό μεγαλύτερο μέρος της τάσης αυτής πρέπει να πέσει στις πρόσθετες αντιστάσεις που βάζουμε στο κύκλωμα.

Η συνδεσμολογία είναι απλή (Σχ.77).

Τά στοιχεία είναι νάνονται στή σειρά, δηλαδή ο θετικός πόλος του ενός με τον αρνητικό πόλο του άλλου. Ο θετικός πόλος του πρώτου στοιχείου συνδέεται με τό θετικό πόλο του δικτύου, και ο αρνητικός πόλος του τελευταίου στοιχείου με τον αρνητικό πόλο του δικτύου. Σέ σειρά με τό κύκλωμα συνδέουμε μία πρόσθετη αντίσταση R (ροοστάτη), ένα διακόπτη Δ και ένα αμπερόμετρο Α.



Στό σχ.77 τά τρία αυτά μηχανήματα είναι ενωμένα στον άγωγό που συνδέει τό θετικό πόλο της συστοιχίας με τον ομώνυμο πόλο του δικτύου. "Αν θέλουμε να βλέπουμε και την τάση της φόρτισης της συστοιχίας, συνδέουμε στους πόλους της ένα βολτόμετρο.

"Όταν συνδέσουμε τό ρεύμα, η τάση της φόρτισης κάθε στοιχείου είναι λίγο παραπάνω από 2 βόλτ. Η τάση της φόρτισης λοιπόν της συστοιχίας, που δείχνει τό Σχ. 77 είναι περίπου 12 βόλτ. "Αν η τάση του δι-



κτύου είναι 110 βόλτ, η πρόσθετη αντίσταση πρέπει να μάς ρίξει; 110-12=98 βόλτ. "Αν τότε ρεύμα της φόρτισης έχει ένταση, π.χ. 3 άμπέρ, τότε η πρόσθετη αντίσταση πρέπει να είναι, σύμφωνα με το νόμο του "Ωμ,:

$$R = \frac{98}{3} = 33 \text{ } \Omega \text{ περίπου. Στο τέλος της φόρτισης, η}$$

τάση κάθε στοιχείου είναι 2,75 βόλτ, και της συστοιχίας με τα 6 στοιχεία, 16,5 βόλτ. Η αντίσταση R

$$\text{πρέπει τώρα να έχει τιμή: } \frac{110-16,5}{3} = \frac{93,5}{3} = 31$$

περίπου Ωμ. "Αν λοιπόν φορτίζουμε τη συστοιχία ως το

τέλος με 3 άμπέρ, πρέπει κατά τη διάρκεια της φόρτισης να μπορούμε να ελαττώνουμε την αντίσταση R. Γι' αυτό

και χρησιμοποιούμε ροοστάτη. "Αν όμως έχουμε μία

σταθερή αντίσταση, τότε η ένταση του ρεύματος πα-

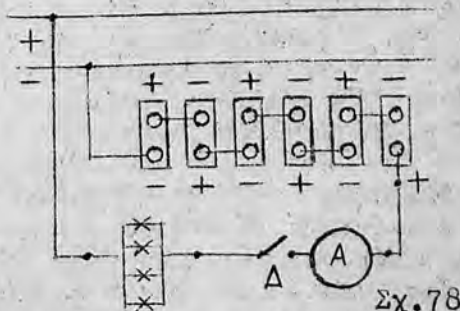
$$\text{φται, προς το τέλος της φόρτισης στά: } \frac{110-16,5}{33} =$$

= 2,83 άμπέρ. Το παράδειγμα αυτό μάς δείχνει; πώς στη φόρτιση λίγων στοιχείων, η ένταση του ρεύματος μένει σχεδόν η ίδια κατά τη διάρκεια της φόρτισης.

Για πρόσθετη αντίσταση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και φωτιστικές λάμπες και μάλιστα τις συνηθισμένες λάμπες με μεταλλικό νήμα ή καλύτερα, λάμπες με νήμα από κάρβουνο. Οι τελευταίες παρουσιάζουν αντίσταση μικρότερη από την αντίσταση που παρουσιάζουν οι λάμπες με μεταλλικό νήμα. Μπορούμε λοιπόν με αυτές να έχουμε και μεγαλύτερα ρεύματα για τη φόρτιση/

Στόχοιμα 78 δείχνει πώς κάνουμε το κύκλωμα, ταν χρησιμοποιούμα, για πρόσθετη αντίσταση, φωτιστικές λάμπες.

Στην περίπτωση αυτήν περιττεύει το άμπερόμετρο, γιατί μπορούμε να βρούμε την ένταση του ρεύματος από τις λάμπες που συνδέουμε στο κύκλωμα. Το ρεύμα, που περνάει από κάθε λάμπα με μεταλλικό νήμα, υπολογίζεται άμέσως από τα βάττ που ξοδεύει. Με τάση δικτύου 110βόλτ,



Σχ.78



μιά λάμπα τῶν 25 βάττ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα:  $\frac{25}{110} = 0,23$  ἀμπέρ καὶ μιά λάμπα τῶν 40 βάττ, ἀπὸ ρεῦμα:  $\frac{40}{110} = 0,36$  ἀμπέρ.

Γιὰ νὰ ἔχουμε λοιπὸν ἕνταση ρεύματος 3 περίπου ἀμπέρ πρέπει νὰ συνδέσουμε παράλληλα 10 λάμπες. Ἀπ' αὐτὰς οἱ 5 θὰ εἶναι τῶν 25 βάττ καὶ οἱ ὑπόλοιπες 5 τῶν 40 βάττ. Ὁ 5 λάμπες τῶν 25 βάττ θὰ διαρρέονται ἀπὸ ρεῦμα  $5 \times 0,23 = 1,15$  ἀμπέρ, καὶ οἱ 5 λάμπες τῶν 40 βάττ, ἀπὸ ρεῦμα:  $5 \times 0,36 = 1,80$ . Ἐὰν ἔχουμε λοιπὸν ὀλική ἕνταση:  $1,15 + 1,80 = 2,95$  ἀμπέρ.

Μια λάμπα τῶν 16 κεριῶν μὲ νῆμα ἀπὸ κάρβουνο, διαρρέεται ἀπὸ 0,5 ἀμπέρ περίπου, ὅταν δουλεύει μὲ τάση δικτύου 110 βόλτ, τῶν 25 κεριῶν, ἀπὸ 0,8 A περίπου, καὶ τῶν 32 κεριῶν ἀπὸ 1 περίπου ἀμπέρ. Ἀρκοῦν, λοιπὸν, 3 λάμπες τῶν 32 κεριῶν, γιὰ νὰ ἔχουμε ρεῦμα κατὰ τὴ φόρτιση 3 ἀμπέρ.

Γιὰ νὰ πετύχουμε οἰκονομικότερη φόρτιση, εἶναι προτιμότερο νὰ μετατρέψουμε τὸ ρεῦμα τοῦ δικτύου σὲ ρεῦμα μὲ μικρότερη τάση. Ἡ μετατροπὴ αὐτὴ πετυχαίνεται μὲ ζυγὸς κινήτρου-γεννήτριας ἢ μὲ περιστρεφόμενον μετασχηματιστή. Γιὰ τὰ μηχανήματα αὐτὰ θὰ μιλήσουμε πολὺ ἀργότερα.

## 2. Φόρτιση συστοιχιῶν, πού ἡ τάση τους πλησιάζει τὴν τάση τοῦ δικτύου.

Γιὰ νὰ μπορέσουμε νὰ φορτίσουμε συστοιχίας μὲ μεγάλη μισχὴ καὶ πολλὰ στοιχεῖα, π.χ. συστοιχίες γιὰ τὴν κίνηση ὀχημάτων ἢ γιὰ ἄλλη χρῆση, μὲ ὅσο γίνεται λιγότερη δαπάνη ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, δηλαδὴ χωρὶς τὴν ἀνάγκη νὰ ἐλαττώνουμε μὲ πρόσθετη ἀντίσταση τὴν τάση τοῦ δικτύου, πρέπει ὁ ἀριθμὸς τῶν συσσωρευτῶν νὰ προσαρμόζεται στὴν τάση τοῦ δικτύου. Ἄν ἡ τάση τοῦ δικτύου εἶναι 110 βόλτ, ἡ συστοιχία πρέπει νὰ σχηματιστεῖ ἀπὸ 40 στοιχεῖα θεϊκοῦ ὀξέος ( $2,75 \times 40 = 110$  βόλτ), ἢ ἀπὸ 60 ἀλκαλικά ( $1,83 \times 60 = 109,80$  βόλτ) ἢ τάση δικτύου 220 βόλτ τὰ στοιχεῖα θεϊκοῦ ὀξέος θ' αὐξηθοῦν σὲ 80 ( $2,75 \times 80 = 220$  βόλτ) καὶ τὰ ἀλκαλικά σὲ 120 ( $1,83 \times 120 = 219,6$  βόλτ).

Γιὰ τὴν φόρτιση τῶν μικρῶν συσσωρευτῶν, πού ἡ τάση τους εἶναι λίγα βόλτ, ἔχουμε συνήθως στὴ διάθεσή μας ἀρκετὸ καιρὸ. Οἱ μεγάλες ὅμως συστοιχίες, πού δουλεύουν ὀλόκληρη τὴν μέρα, πρέπει καθε πρῶτὴ νὰ

είναι έτοιμες. Η φόρτισή τους, άρα, πρέπει να γίνεται τή νύχτα. Όπως είδαμε, όμως, για να συντηρούμε τις πλάκες σε καλή κατάσταση, η ένταση του ρεύματος της φόρτισης δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει, αμα αρχίσει ο ηλεκτρολύτης να βράζει, ένα ορισμένο άνωτερο όριο. Γι' αυτό, τις συστοιχίες αυτές τις φορτίζουμε πρώτα με τή μεγαλύτερη επιτρεπόμενη ένταση. Τήν ένταση αυτ'ήν έλαττώνουμε βαθμιαίως, αμα αρχίσει ο βρασμός.

Υπάρχουν δύο τρόποι για να πατύχουμε μιάν παρόμοια φόρτιση. Στόν πρώτο, που λέγεται "φόρτιση με σταθερή ένταση", φορτίζουμε τις συστοιχίες με σταθερή ένταση ώσόντου αρχίσει ο βρασμός, και ύστερα συνδέουμε μιάν αντίσταση, για να καταβάσουμε τήν ένταση στην τιμή που πρέπει. Στην περίπτωση όμως αυτήν πρέπει να παρακολουθούμε συνεχώς τή φόρτιση, γιατί, όπως είδαμε, η τάση τής συστοιχίας αυξάνει βαθμιαίως με τή φόρτιση, μικραίνει, άρα, και η ένταση. Πρέπει λοιπόν, για να διατηρούμε τήν ένταση στην αρχική της τιμή, να μικαρίνουμε συνεχώς τή ρυθμιστική αντίσταση. Πρέπει επίσης να προσέχουμε ποτέ να αρχίσει ο βρασμός, για να έλαττώσουμε άγκαιρώς τήν ένταση. Για όλα αυτά, προτιμότερος είναι ο ακόλουθος τρόπος:

Σ' αυτόν δεν χρειάζεται να ρυθμίζουμε τήν ένταση του ρεύματος, για να τήν κρατούμε σταθερή. Συνδέουμε όμως στό κύκλωμα αντίστασεις με ορισμένη τιμή και υπολογισμένες έτσι, που να διατηρούν, όταν άκριβώς αρχίσει ο βρασμός, τήν καθορισμένη ένταση ρεύματος. Η ένταση, λοιπόν τ' ουρεύματος τής φόρτισης πέφτει σιγά, σιγά όσο αυξάνει η τάση τής συστοιχίας. Ένας αυτόματος διακόπτης κόβει τό κύκλωμα, όταν η ένταση φτάσει, πέφτοντας, μιάν ορισμένη τιμή. Τόν δεύτερο αυτό τρόπο τής φόρτισης μπορούμε να τον ονομάσουμε "φόρτιση με μεταβλητή ένταση".

ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΥΣΩΡΕΥΤΩΝ

	Συσσωρευτής θελικού όξείος	Αλκαλικός συσσωρευτής
Ηλεκτραγεννητική δύναμη	2,04 V	1,5 V
Τάση στό τέλος τής φόρτ.	2,7-2,8 V	1,75 V - 1,83 V
"    "    " τής άφόρτ.	1,8 V	1 V
Απόδοση σε χωρητικότητα	90%	71,5%
"    " ενέργεια	75%	{ Σιδαρονίκαλ 50% Καδμιονίκαλ 51,6%

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ..ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Μ α γ ν η τ ι σ μ ό ς

Φυσικοί και τεχνητοί μαγνήτες. Νόμος του Κουλόμ για το μαγνητισμό. Μονάδα της μαγνητικής μάζας.

Όταν πλησιάσουμε έναν άγωγο με ρεύμα σε μια μαγνητική βελόνα, η βελόνα αλλάζει την αρχική της θέση και παίρνει ορισμένη κατεύθυνση. "Αν κόψουμε το ρεύμα, η βελόνα ξαναγυρίζει στην πρωτινή της θέση. Από το πείραμα αυτό βλέπουμε πως το ρεύμα επιδρά στη μαγνητική βελόνα και λέμε, πως επηρεάζει τη βελόνα με το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί γύρω του.

Τί είναι όμως αυτό το μαγνητικό πεδίο;

Για να δώσουμε την απάντηση, πρέπει να μάθουμε πρώτα μερικά πράγματα για τον μαγνητισμό.

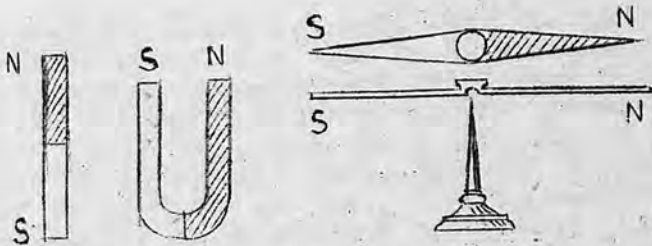
Στη Φύση υπάρχει ένα ορυχτό, το  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  που έχει τη δύναμη να τραβάει το σίδηρο, το άτσάλι, το νίκελ και μερικά άλλα μέταλλα.

Τό ορυχτό αυτό, έπειδή πρωτοβρέθηκε τον παλιό καιρό, κατ' άλλους στην αρχαία έπαρχία της Θασσαλίας Μαγνησία και κατ' άλλους στη Μικρασιατική Μαγνησία, ονομάστηκε μαγνηήτης. Η μαγνητισμός, λοιπόν, ονομάζουμε τη δύναμη, που έχει ο μαγνηήτης να τραβάει ορισμένα μέταλλα.

Και τό άτσάλι, όμως μπορεί ν' αποχτήσει την ίδια ιδιότητα, αν τό τρίψουμε με τόν ορυχτό μαγνήτη. Τόν ορυχτό μαγνήτη τόν ονομάζουμε φυσικό μαγνηήτη, και τό άτσάλι, που μαγνητίζεται με τό φυσικό μαγνήτη, τό λέμε ταχνητό μαγνηήτη. Με τόν τεχνητό μαγνήτη τώρα μπορούμε να μαγνητίσουμε άλλο κομμάτι άτσάλι, για να κάνουμε άλλον τεχνητό μαγνήτη. Έτσι, τούς μαγνήτες τούς εξαχρίζουμε σε φυσικούς και σε τεχνητούς. Στην πράξη μεταχειριζόμαστε αποκλειστικά τεχνητούς μαγνήτες.

Οι τεχνητοί μαγνήτες μπορούν να κατασκευαστούν σε διάφορα σχήματα. Τίς περισσότερες όμως φορές έχουν

σχῆμα κυλινδρικοῦ ἢ πρισματικοῦ ραβδιοῦ, ἀλογίστου πετάλου ἢ βελόνας (Σχ. 79).



Σχ. 79

"Αν βυθίσουμε ἕναν ἴσιο μαγνήτη μέσα σέ ρινίσματα ἀπό σίδηρο (λιμαδοῦρα), θά δούμε πῶς τὰ παρσισσότερα ρινίσματα κολλοῦν στίς ἄκρες του. Αὐτές τίς ἄκρες, ὅπου παρουσιάζονται οἱ μαγνητικές ιδιότητες κάθε μαγνήτη ἰσχυρότερες, τίς ὀνομάζουμε π ὅ λ ο υ ς τοῦ μαγνήτη. Οἱ πόλοι χωρίζονται ἀπό μιὰ νοητή γραμμή, πού βρίσκεται ὀπίσθεν κάθε μαγνήτη καί λέγεται ὁ ὑ δ ἔ τ ε ρ ῆ γ ρ α μ μ ῆ, ἐπειδὴ δὲν παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες.

"Αν κρεμάσουμε ἕναν ἴσιο μαγνήτη ἀπό τὴ μέση ἀπὸ τὴ μέση του μέ μιὰ κλωστή, θά παρατηρήσουμε πῶς ὁ μαγνήτης παίρνει μιὰν ὀριζομένη καταύθυνση. Ο ἕνας πόλος, καί πάντοτε ὁ ἴδιος, γυρνᾷ πρὸς τὸ γεωγραφικὸ βόρειο πόλο τῆς Γῆς, καί ὁ ἄλλος, πρὸς τὸ νοτιογῆινο πόλο. Το ἴδιο γίνεται καί με τὴ μαγνητικὴ βελόνα, πού εἶναι κι αὐτὴ ἕνας μαγνήτης. Γι αὐτόν τόν λόγο ὀνόμασαν, συμβατικά φυσικά, β ὄ ρ ε ι ο π ὅ λ ο (N) τοῦ μαγνήτη, τόν πόλο πού στρέφεται πρὸς τὸ βόρειο πόλο τῆς Γῆς καί τόν ἄλλο, ν ὄ τ ι ο π ὅ λ ο (S). Τὰ συνθηματικά (N) καί (S) ἔγιναν πιά διαθνή. Πράξει λοιπόν νά προσέχουμε γράφοντάς τα, γιὰ νά μὴν κάνουμε λάθος καί μπερδεύουμε τὸ βόρειο (N) μέ τὸ νοτιο (S), πού στά ἑλληνικά ἀρχίζει μέ τὸ γράμμα N.

"Αν πλησιάσουμε στὸν κρεμασμένο μαγνήτη ἕναν ἄλλο μαγνήτη, διαπιστώνουμε πῶς οἱ ὀ μ ῶ ν υ μ οῖ τ ο υ ς π ὅ λ ο ι ἄ π ω θ ὄ ῦ ν τ α ι, ἐνῶ οἱ ἑταρῶνυμοι τους ἐλκονται. Δηλαδή, ὁ βόρειος πόλος τοῦ ἑνὸς μαγνήτη ἐλκεῖ τὸ νοτιο πόλο τοῦ ἄλλου μαγνήτη

καί αντίστροφα. Όταν πάλι πλησιάσουμε τό βόρειο πόλο του ἑνός μαγνήτη στό βόρειο πόλο του ἄλλου; οἱ βόρειοι πόλοι ἀπωθοῦνται. Τό ἴδιο γίνεται καί μέ τούς νότιους πόλους.

Ὅπως καί στήν ἔλξη καί ἄπωση τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων καθόρισαν μέ τό νόμο του Κουλόμ τή δύναμη, πού ἐλκεῖ ἢ ἀπωθεῖ δύο ἡλεκτρισμένα σώματα, ἔτσι καί στήν περίπτωση τοῦ μαγνητισμοῦ βρίσκουν, πάλι μέ τό νόμο του Κουλόμ, πώς ἡ δύναμη  $F$  πού ἐλκεῖ ἢ ἀπωθεῖ δύο μαγνητικά σώματα, εἶναι ἀνάλογη μέ τό γινόμενο τῶν μαγνητικῶν μαζῶν  $m_1$  καί  $m_2$ , πού ἔχουν τά δύο σώματα, καί ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τό τετράγωνο τῆς ἀπόστασης  $A$  πού τά χωρίζει:

$$F = \pm \frac{I}{\mu} \times \frac{m_1 m_2}{A^2}$$

Τό  $\mu$  εἶναι ένας συντελεστής (συντελεστής τῆς μαγνητικῆς διεπερατότητας), πού γιά τόν ἀέρα εἶναι ἴσος μέ  $I$  καί γιά τόν ὁποῖο θά μιλήσουμε ἀργότερα.

Ἀπό τόν τύπον αὐτόν βρίσκουμε καί τήν μονάδα τῆς μαγνητικῆς μάζας: Μονάδα τῆς μαγνητικῆς μάζας ἀποκαλοῦμα ἐκείνη τή μάζα μαγνητισμοῦ, πού, ὅταν τή βάλουμε ἐνα ἑκατοστό μετρομακρῖά ἀπό μιᾶν ἄλλη ἴσην ἀκριβῶς μάζα, ἔλκεῖ ἢ ἀπωθεῖ τή μάζα αὐτήν μέ δύναμη μιᾶς δύνης.

Στά παραπάνω εἶπαμε, πώς ἡ μαγνητική βαλὼνη παίρνει πάντα τήν κατεύθυνση βορρᾶς-νότος. Αὐτό θά πᾶι, πώς κάτι τήν ἀναγκάζει νά πάρει αὐτή τήν κατεύθυνση. Κι ἀλήθεια: Αὐτό τό "κάτι" εἶναι ἡ Γῆ μας, πού εἶναι κι αὐτή, κατά τόν Γκίλμπαρτ, ένας τελῶριος μαγνήτης. Σύμφωνα μέ τίς θεωρίες, ἡ Γῆ χρωστᾶει τό μαγνητισμό της σέ ἡλεκτρικά ρεύματα, πού κυκλοφοροῦν γύρω της καί ὀφείλονται, σέ αἰτία πού βρίσκονται ἔξω ἀπό τόν κλάνημα. Ἐπίσης, ἄλλοι λένε, πώς ὁ ἥλιος ἀκτινοβολεῖ καθοδικές ἀκτίνες ἢ ἡλεκτρομαγνητικά κύματα, πού μποροῦν καί γεννοῦν ἢ τροποποιοῦν τό γήινο μαγνητικό πεδίο. Μπορεῖ, ὅμως, καί ὅλα μαζί τά αἰτιᾶ αὐτά νά βοηθοῦν στήν ὑπαρξη τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ὁ μαγνήτης



Γῆ ἔχει τὸ βόρειο μαγνητικὸ τοῦ πόλου βορειότερα ἀπὸ τὸν Καναδᾶ καὶ τὸ νότιό του πόλο, στὴ Γῆ τῆς Βικτωρίας.

Ὅπως βλέπουμε, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς δὲ βρίσκονται ἀκριβῶς στοὺς γεωγραφικοὺς πόλους. Ἐντὸς ἀπὸ αὐτοῦ, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς δὲν παρουσιάζονται πάντοτε στὸ ἴδιο μέρος, ἀλλὰ μετακινούνται σιγά-σιγά γύρω ἀπὸ τοὺς γεωγραφικοὺς πόλους. Ἡ περίοδος αὐτῆς τῆς μετακίνησης, ὁ χρόνος δηλαδή πού περνᾷ, γιὰ νὰ γυρίσουν οἱ πόλοι στὴν ἀρχικὴ τους θέση, εἶναι κάπου 730 χρόνια.

Ἡ γωνία πού σχηματίζει ἡ καταύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελόνας μὲ τὸ γεωγραφικὸ βόρειο πόλο, λέγεται ἀπόκλιση. Ἡ ἀπόκλιση στὴν Εὐρώπη, τώρα στὰ χρόνια μας, εἶναι δυτικὴ, γιατί ὁ μαγνητικὸς βόρειος πόλος βρίσκεται δυτικότερα ἀπὸ τὸ μεσημβρινὸ τοῦ Γερηνουίτς.

Ἡ μαγνητικὴ βελόνα, καθὼς καὶ κάθε εὐθύγραμμος μαγνήτης, σχηματίζει, ἐντὸς ἀπὸ τὴν ἀπόκλιση, καὶ μιὰ γωνία μὲ τὸ ὀριζόντιο ἐπίπεδο. Ἡ γωνία αὕτῃ ὀνομάζεται ἄγκλιση. Ἡ ἀγκλιση αὐξάνει ὅσο πλησιάζουμε στοὺς μαγνητικούς πόλους, ὅπου παίρνει τὴν τιμὴ τῶν 90°.

**Μαγνήτιση μὲ ἐπίδραση; . Μαγνητικὴ ἀπαγωγή.**

"Ἄν στὸν βναν ἀπὸ τοὺς πόλους ἑνὸς μαγνήτη πλησιάζουμε ἀντιμαίμνα ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο, π.χ. καρφάνια θά δοῦμε πὺς ὅλα τὰ καρφάνια κολλοῦν στὸν πόλο τοῦ μαγνήτη. Μποροῦμε μάλιστα νὰ κάνουμε καὶ μιὰ ἰλυδίδα ὑπ' αὐτά, ἂν φροντίσουμε νὰ κολλῆσαι στὸν πόλο πρῶτα ἓνα καρφί, στὴν ἐλευθέρη; ἀκρῆ αὐτοῦ ἓνα ἄλλο, καὶ ὕστερα ὅλα τ' ἄλλα μὲ τὸν ἴδιο τρόπο.

Τὸ καθ' ἓνα ἀπὸ τὰ καρφάνια, μόλις πλησιάσει τὸ μαγνήτη, γίνεται τέλειος μαγνήτης μὲ βόρειο καὶ νότιο πόλο. Γιὰ νὰ ἔλκεται ὁμως ἀπὸ τὸ μαγνήτη, θά παῖ πὺς τὸ καρφάνι-μαγνήτης παρουσιάζει πρὸς τὸν πόλο τοῦ μαγνήτη, ἀταρῶνυμο πόλο. "Ἄν, δηλαδή, ὁ μαγνήτης ἔχει πρὸς τὸ καρφάνι τὸ βόρειο πόλο του, τὸ καρφάνι θά δαίξει σ' αὐτόν νότιο πόλο. Τὸ καρφάνι-μαγνήτης τραβᾷ, γιὰ τὴν ἴδια αἰτία, τὸ δεύτερο καρφάνι, αὐτό, τὸ τρίτο, ὡσὸτου κολλήσουν ὅλα, τὸ ἓνα μετὰ τὸ ἄλλο. "Ἄν ξακολλήσουμε τὸ πρῶτο καρφάνι ἀπὸ τὸν πό-

λο του μαγνήτη, όλα τ' άλλα πέφτουν και η αλυσίδα χαλάει.

Όταν μαγνητίζουμε διάφορα αντικείμενα μ' αυτό τον τρόπο, λέμε πως τὰ μαγνητίζουμε μὲ ἐπίδραση.

Τὸ φαινόμενο, αὐτὸ ὀνομάζεται μαγνητική ἔπαγωγη.

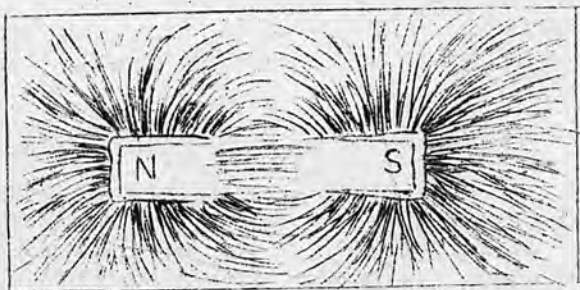
Μαγνητικὸ φάσμα. Δυναμικὲς γραμμὲς

Μαγνητικὸ πεδίο.

"Ας κῶνουμε τώρα τὸ ἄξῃς πείραμα:

Στεπάζουμε εἰς ἓνα μαγνήτη μ' ἓνα κομμάτι χαρτί καὶ ρίχνουμε ἐπάνω στοῦ χαρτί ρινίσματα ἀπὸ σίδηρο. Ἐὰν χτυπήσουμε λίγο μὲ τὸ δάχτυλό μας τὴν ἄκρη τοῦ χαρτιοῦ, τὰ ρινίσματα ἀραδιάζονται σὲ καμπύλες γραμμὲς, ποὺ ξεκινοῦν ἀπὸ ἓναν πόλο τοῦ μαγνήτη καὶ πηγάζουν στὸν ἄλλο. Οἱ γραμμὲς αὐτὲς, ποὺ σχηματίζουν τὰ ρινίσματα, εἶναι πυκνότερες κοντὰ στοὺς δύο πόλους.

Κ' ἐδῶ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου μαγνητίζονται μὲ ἐπίδραση καὶ μεταβάλλονται, τὸ καθένα ξεχωριστὰ, σὲ τέλεια μαγνητάκια. Ἐλκονται λοιπὸν μεταξύ τους μὲ τοὺς ἑτεροῦς πόλους των.



Σχ. 80

Τὸ πρῶτο κολλάει στὸ βόρειο, ἄς ποῦμε, πόλο τοῦ μαγνήτη μὲ τὸ νότιο πόλο του; τὸ δεύτερο, μὲ τὸ νότιο πόλο του, στὸ βόρειο τοῦ πρώτου, καὶ ἔτσι ὅλα μὲ τὴν σειρά τους, ὡσὸτου τὸ τελευταῖο κολλήσει, μὲ τὸ βόρειο πόλο του, στὸ νότιο πόλο τοῦ μαγνήτη.

Ὁλόκληρη αὐτὴ ἡ εἰκόνα, ποὺ μᾶς παρουσιάζουν οἱ γραμμοῦλες τῶν ρινισμάτων, ὀνομάζεται μαγνητικὸ φάσμα. Στὸ Σχ. 80 βλέπουμε τὸ μαγνητικὸ φάσμα ἑνὸς εὐθύγραμμου μαγνήτη, ἐνῶ στὸ Σχ. 81 τὸ μαγνητικὸ φάσμα ἑνὸς μαγνήτη σὲ σχῆμα πετάλου.

Οἱ γραμμὲς, ποὺ σύμφωνα τοὺς ἀραδιάζονται

τά ρινίσματα του  
σιδήρου, λέγονται  
μαγνητικές

~~δυναμικές~~  
δυναμικές

γγραμμές.

Οι δυναμικές

γραμμές δεν πα-

ριορίζονται μο-

νάχα στην επάνω

μεριά του μαγνή-

τη, αλλά ξεχύ-

νονται γύρω τριγύ-

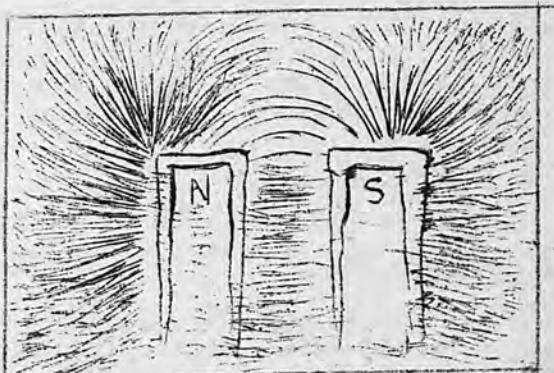
ρω απ' αυτόν, σά

νάναβλύζουν από τον ένα πόλο και νά μαζεύονται πάλι

στον αντίθετο πόλο. Παραδεχόμαστε συμβατικά πώς οι δυ-

ναμικές γραμμές αναβλύζουν από το βόρειο πόλο κάθε

μαγνήτη, για νά μπουν πάλι σ' αυτόν από το νότιο πόλο.



Σχ. 81

Ολος ο χώρος, όπου φανερώνονται τήν ύπαρξή τους με έλλ-

ξεις ή άπώσεις οί μαγνητικές

δυναμεις, ονομάζεται μαγνητι-

κό πεδίο.

Όπως καταλαβαίνουμε, η πηγή που δημιουργεί

τό μαγνητικό πεδίο είναι ο μαγνήτης. Κάθε μαγνήτης

λοιπόν, έχει γύρω του και τό μαγνητικό του πεδίο. Τό

πεδίο μπορεί νά είναι ισχυρό ή άσθενικό, ανάλογα μέ

τή δύναμη του μαγνήτη που τό γεννάει. Τό μαγνητικό

πεδίο είναι κοντά στό μαγνήτη, και ιδιαίτερα κοντά

στους πόλους του, ισχυρό. Όσο όμως απομακρυνόμαστε

απ' αυτόν, τόσο και αδυνατίζει. Έτσι φτάνουμε σέ ση-

μαίτο που η ύπαρξή του δεν μπορεί πιά νά διαπιστωθεί

μέ τά όργανα που μάς δίνει σήμερα η Έπιστήμη.

Ένταση του μαγνητικού πεδίου .Γκάους.

Ένταση Η ένός μαγνητικού

πεδίου ονομάζουμε τον αριθμ

μό των δυναμικών γραμμών που

διαπερνούν κάθετα μέτρα επί-

φάνεια ίση μέ ένα τετραγωνί-

κό εκατοστόμέτρο. Τήν ένταση του μαγνη-

τικού πεδίου τή μετρούμε σέ γκάους. Ένα μαγνη-

τ ρ ι κ ό π α δ ί ο ἔ χ ε ι ἔ ν τ α σ η ἕ ν α γ κ ί ο υ ς, ὅ τ α ν μ ε σ ἄ ἀ π ό μ ι ᾶ κ ᾶ θ ε α τ η π ρ ό ς α ὔ τ ο ἔ π ι φ ᾶ ν ε ι ἄ ἑ ν ό ς τ ε τ ρ α γ ω ν ι κ ο ῦ ἑ κ α τ ο σ τ ο ῦ, π ε ρ ν ᾶ ε ι μ ι ᾶ μ ο ν ᾶ χ α δ υ ν α μ ι κ ῆ ὕ ρ α μ μ ῆ (Σχ. 82).

"Αν ἀπό τήν ἴδια ἐπιφάνεια περνοῦν κάθετα 100 π.χ. δυναμικές γραμμές, ἡ ἔνταση τοῦ πεδίου εἶναι ἴση μέ 100 γκάους.

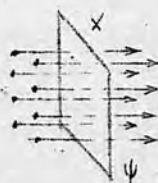
"Αν ἔχουμε ἕνα μαγνήτη πολὺ μεγάλο, μπορούμε νά παραδεχτοῦμε, πῶς οἱ δυναμικές του γραμμές σ' ἕνα μικρό, χῶρο εἶναι παράλληλες καί ὁμοιόμορφα μοιρασμένες. Λεμε τότε, πῶς τό μαγνητικό πεδίο, σ' αὐτόν τό χῶρο, εἶναι ὁ μ ο ι ό μ ο ρ φ ο.

Δυναμική ροή. Μάξουελ.

"Αν οἱ δυναμικές γραμμές ἑνός ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου μέ ἔνταση  $H$  (Σχ. 83) περνοῦν κάθετα ἀπό μίαν ἐπιφάνεια  $S = \chi \cdot \phi$ , λαβε πῶς ἡ ἐπιφάνεια



Σχ. 82



Σχ. 83

αὐτή βρῖσκεται σέ μιᾶ δ υ ν α μ ι κ ῆ ρ ο ῆ  $\Phi$ , πού ἡ τιμή της δίνεται ἀπό τόν τύπο :

$$\Phi = H S \quad (19)$$

Στόν τύπο, τό  $H$  παριστάνει τήν ἔνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σέ γκάους καί τό  $S$ , τήν ἐπιφάνεια σέ τετραγωνικά ἑκατοστά.

Γιά τήν δυναμική ροή  $\Phi$  ὄρισαν μονάδα τό μάξουελ. Τό μάξουελ εἶναι ἡ δ υ ν α μ ι κ ῆ ρ ο ῆ π ο ῦ π ε ρ ν ᾶ ε ι ἀ π ό μ ι ᾶ ν ἔ π ι φ ᾶ ν ε ι ἄ ἑ ν ό ς τ ε τ ρ α γ ω ν ι κ ο ῦ ἑ κ α τ ο σ τ ο ῦ, κ ᾶ θ ε α τ η σ ἄ

ὁμοιομορφοπαδίο, πού ἔχει ἔν-  
ταση  $\mathfrak{E} \nu \alpha \gamma \eta \acute{\alpha} \upsilon \sigma$ .

"Αν ἀπό μιᾶ ἐπιφάνεια π.χ. 100 τετραγωνικῶν ἑ-  
κατοστῶν περνᾶει κάθετα ἕνα παδίο μ. ἔνταση 1000  
γκάους (1000 δυναμικές γραμμές στό κάθε τετρ. ἑκατοστό)  
ἡ δυναμική ροή  $\Phi$ , πού διαρρέει αὐτή τήν ἐπιφάνεια, εἴ-  
ναι:

$$\Phi = HS = 1000 \times 100 = 100.000 \text{ μάζουαλ.}$$

"Αν ἡ ἐπιφάνεια  $S$  δέν εἶναι κάθετη στίς δυνα-  
μικές γραμμές, ἀλλά σχηματίζει μ' αὐτάς μιᾶ γωνία  $\alpha$ ,  
τότε ὁ ἀριθμός τῶν δυναμικῶν γραμμῶν πού τήν διαπερ-  
νοῦν εἶναι μικρότερος, καί ἡ ροή  $\Phi$  πρέπει νά πολλαπλα-  
σιαστεῖ μέ τό ἡμίτονο τῆς γωνίας  $\alpha$ . Θα γίναι, δηλαδή,  
 $\Phi = HS \eta \mu \alpha$ .

"Όλας οἱ δυναμικές γραμμές, πού πηγάζουν ἀπό  
ἕνα μαγνήτη, ἀποτελοῦν μιᾶ δυναμική ροή στό ἑσωτερικό  
του.

Μαγνητεγερτική δύναμη. Μαγνητικό κύκλωμα

"Ἡ αἰτία, πού γεννάει τή δυναμική ροή στό μα-  
γνήτη, λέγεται μαγνητεγερτική ἢ δύνα-  
μη καί εἶναι ὀρισμένη γιά κάθε μαγνήτη. "Άλλοι μα-  
γνήτες ἔχουν μικρή καί ἄλλοι, μεγάλη μαγνητεγερτική  
δύναμη.

"Ἡ δυναμική ροή διατρέχει ἕνα κύκλωμα, πού λέ-  
γεται μαγνητικό κύκλωμα καί σχημα-  
τίζεται ἀπό τό σῶμα τοῦ μαγνήτη καί ἀπό τό χῶρο πού  
τόν περιβάλλει. Ἡ δυναμική ροή μοιάζει μέ τό ἠλεκτρι-  
κό ρεῦμα πού διαρρέει ἕνα ἠλεκτρικό κύκλωμα, με τή δια-  
φορά μόνον πῶς ἐνῶ, γιά νά ἔχουμε ἠλεκτρικό ρεῦμα, χρειά-  
ζεται νά συνδέσουμε τοὺς δύο πόλους τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς  
μ' ἕναν ἄγωγό, τό μαγνητικό κύκλωμα; ἔχει γιά ἄγωγό τό  
χῶρο πού βρίσκαται γύρω στό μαγνήτη.

Δέν μπορούμε λοιπόν νά ἐμποδίσουμε τίς δυναμι-  
κές γραμμές ἐν ὄς μαγνήτη νά βγοῦν στόν τριγύρω χῶρο,  
θά δοῦμε ὅμως ἀμέσως ὅτι μπορούμε νά τίς κἀνοῦμε ν' ἄλ-  
λάξουν ὁδόν καί νά τίς ἀκτρεφούμε ἀπό τό κανονικό τους  
κύκλωμα. Μποροῦμε, ἀλήθεια, νά παρουσιάσουμε σ' αὐτές  
ὁδόν καλύτερο, πιά δὲ διαπερατό, ὅπως λέμα, γιὰτί,  
ὅπως γιά τό ἠλεκτρικό ρεῦμα ἔχουμε τοὺς καλούς καί τοὺς  
κακούς ἄγωγούς, ἔτσι καί γιά τίς δυναμικές μαγνητικές  
Γραμμές διαθέτουμε σῶματα πού παρουσιάζουν μεγαλύτερη



ἡ μικρότερη εὐκολία στό περασμά τους. Ὁ μαλακός σίδητος π.χ. τό ἀτσάλι καί ὁ χυτοσίδηρος εἶναι γιά τίς δυναμικές γραμμές μέταλλα πιά δεκαπερατά, ἀπό τό μαγνήτιο, τό νίκελ καί τό κοβάλτιο. Κι' αὐτά πάλι, πιά δεκαπερατά ἀπό τόν ἀέρα. Ὁ χαλκός εἶναι κακός ἀγωγός τοῦ μαγνητισμοῦ.

Ἔτσι ξεχωρίζουμε τά διάφορα σώματα σέ δύο μεγάλες κατηγορίες ; Σ τ ᾶ μ α γ ν η τ ι κ ᾶ ἢ π α ρ α μ α γ ν η τ ι κ ᾶ καί σ τ ᾶ δ ι α μ α γ ν η τ ι κ ᾶ. Τά μαγνητικά ἢ παραμαγνητικά ἔλκονται ἀπό τό μαγνήτη / Τά διαμαγνητικά μένουν, πραχτικά, ἀνεπηρέαστα ἀπ' αὐτόν. Λέμα "πραχτικά", γιὰτί στήν πραγματικότητα τά διαμαγνητικά σώματα ἐπηρεάζονται, καί μάλιστα ἀπωθοῦνται ἀπό τό μαγνήτη, ἢ ἀπωσή τους ὁμως γίνεται φανερή μόνον ὅταν βρεθοῦν σέ πολύ δυνατά πεδία.

Μαγνητικά σώματα εἶναι τό σίδηρο, τό νικέλιο, τό κοβάλτιο καί τά ἄλατά τους. Τά τρία αὐτά μέταλλα λέγονται καί σ ι δ η ρ ο μ α γ ν η τ ι κ ᾶ. Μαγνητικά ἐπίσης εἶναι τό χρωμιο καί τό μαγγάνιο.

Διαμαγνητικά εἶναι τό βισμούθιο, τό ἀντιμόνιο, ὁ ἄργυρος, ὁ χαλκός, ὁ ψευδάργυρος, ὁ κασσίτερος, ὁ χρυσός καί ἄλλα.

Μοριακοί μαγνήτες καί μαγνητικό φύλλο.

Στούς μαγνήτες δίνουν σχήματα τέτοια, ὥστε ἡ δυναμική τους ροή νά ἐκπλώνεται στό γειτονικό χωρὸ μέ τόν πιά εὐνοϊκό τρόπο. Π.χ. στό μαγνήτη μέ σχῆμα πατάλοθ (Σχ.81), οἱ δυναμικές γραμμές εἶναι πολύ συγκεντρωμένες ἀνάμεσα στούς πόλους. Ἐνεῖ καί τό μαγνητικό πεδίο εἶναι αἰσθητά ὁμοιόμορφο.

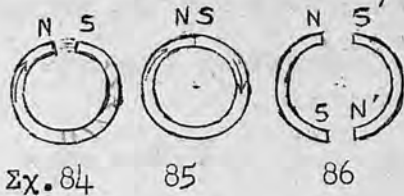
Μ' ὅλα ταῦτα κι' ἐνεῖ παρουσιάζεται μιά διασπορά στις δυναμικές γραμμές, πού ἀποφεύγεται τέλεια, ἀν πλησιάσουμε τοὺς πόλους ὅπως δειχνει τό σχῆμα84.

"Αν φέρουμε τοὺς πόλους σ' ἐπαφή, ἡ δυναμική ροή κλείνεται στό ἐσωτερικό τοῦ μαγνήτη καί οὔτε μιά δυναμική γραμμὴ βγαίνει ἔξω ἀπ' αὐτόν (Σχ.85)

Ἔτσι ἔχουμε ἓνα κλειστό μαγνητικό κύκλωμα, πού οἱ μαγνητικές του ιδιότητες δέν μποροῦν νά φανε-

ρωθουν στο γύρω χώρο, γιατί ο μαγνήτης δεν παρουσιάζει πιά πόλους. Ο μαγνήτης όμως δεν παύει να είναι μαγνήτης.

Απόδειξη: "Αν τόν σπάσουμε στα δύο, θα έχουμε δύο ξεχωριστούς τέλειους μαγνήτες (Σχ.86)



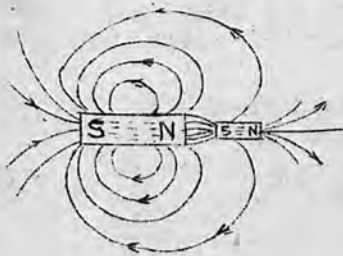
Τό πείραμα μās δείχνει άκόμη, πώς άνέξακολουθήσουμε να σπάνουμε στα δύο κάθε μαγνήτη, πού παίρνουμε από τό σπάσιμο άλλου μαγνήτη, μπορούμε να φτάσουμε σε άπειροελάχιστα κομματάκια, πού τό καθένα τους είναι ένας τέλειος μαγνήτης. Στο φαινόμενο αυτό στήριξαν και τήν υπόθεση (υπόθεση Βεμπέρ), πώς κάθε μαγνήτης είναι καμωμένος από άπειροελάχιστα μαγνητάκια, πού ονομάσαν **μ ο ρ ι α κ ο ύ ς μ α γ ν η τ ε ς**.

"Αν, όπως κόβουμε μιά φέτα από λουκάνικο, κόβουμε ένα πολύ λεπτό φύλλο από μαγνήτη, τό φύλλο αυτό όσο λεπτό κι άν τό φαντασθούμε, είναι πάλι τέλειος μαγνήτης, μέ τό βόρειό του πόλο από τή μιά του όψη και τό νότιο πόλο από τήν άλλη. Ένας τέτοιος μαγνήτης ονομάζεται **μ α γ ν η τ ι κ ό φ ύ λ λ ο**.

Η μαγνητική διαπερατότητα και ο συντελεστής της.

"Ας ξαναγυρίσουμε όμως στή μαγνητική επαγωγή.

Όταν ένα μαγνητικό σώμα (σίδηρο, άτσάλι, χυτοσίδηρο κλπ.) βρεθεί σ' ένα οποιοδήποτε μαγνητικό πεδίο (Σχ.87), τό σώμα αυτό διαρρέεται από ορισμένες δυναμικές γραμμές και γίνεται αληθινός μαγνήτης. Ο βόρειός του πόλος βρίσκεται στήν άκρη, απ' όπου βγαίνουν οι δυναμικές γραμμές και ο νότιός του πόλος, στήν αντίθετη. Τό φαινόμενο αυτό τό αποκαλέσαμε "μαγνήτιση μ' επί-



Σχ.87

δραση."

Όνομάζουμε **μ α γ ν η τ ι κ ή έ π α γ ω γ ή** Β του σώματος, τό πηλίκο πού βρίσκουμε, άν διαιρέ-

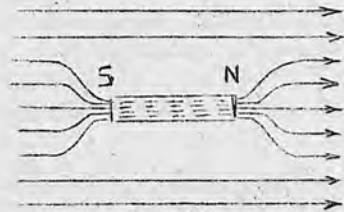
σουμε τή δυναμική ροή Φ πού διαπερνάει τό σῶμα, μέ τήν ἐπιφάνειά του S. Δηλαδή :

$$\text{Μαγνητική ἐπαγωγή} = \frac{\text{Δυναμική ροή}}{\text{Διατομή}}$$

$$\eta \text{ } B = \frac{\Phi}{S} \quad \text{καί } \Phi = B S$$

Παραπάνω εἶδαμε πῶς  $\Phi = H S$ . Θά μπορούσαμε λοιπόν νά συμπεράνουμε πῶς  $B=H$ . Τίς περισσότερες, ὁμως, φορές δέν ἀληθεύει ἡ ἰσότητα αὐτή.

Καί ἀλήθεια: Ἡ εἰσαγωγή ἐνός μαγνητικοῦ σώματος σ' ἓνα ὁμοιόμορφο μαγνητικό πεδίο ἀλλάζει ὁλόταλα τήν κατανομή τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου.



Σχ.88

Ἄς δούμε π.χ. ἓνα ὁμοιόμορφο πεδίο (Σχ.88) πού εἰσάγουμε ἓνα κομμάτι σίδηρο.

Ἡ δέσμη, πού σχηματίζουν οἱ δυναμικές γραμμές, συγκλίνει πρὸς τό σιδερένιο κομμάτι, ὅπως δ εἶχνε τό Σχ.88 γιατί τό σίδηρο παρουσιάζει γιά τίς δυναμικές γραμμές ἀντίσταση πολύ μικρότερη ἀπό τήν ἀντίσταση πού παρουσιάζει ὁ ἀέρας. Ἐτσι, ἡ διατομή S τοῦ σιδερένιου κομματιοῦ διαρρέεται ἀπό περισσότερες δυναμικές γραμμές, ἀπ ὁμῶως καί ἀπό δυναμική ροή πολύ μεγαλύτερη ἀπό αὐτήν πού μπορούσα νά ἔχει μιά διατομή ἀπό ἀέρα, ἴση μέ τή διατομή S τοῦ σιδερένιου κομματιοῦ, στό ἀρχικό πεδίο.

Ἡ ἐπαγωγή λοιπόν B εἶναι μεγαλύτερη ἀπό τήν ἔνταση H τοῦ πεδίου. Τίς δύο αὐτές ποσότητες ἐνώνει μιά ἀριθμητική σχέση, πού λέγεται συντελεστής στής τῆς μαγνητικῆς διαπερατότητας (μ).

Ἔχουμε ἄρα:

$$\mu = \frac{B}{H} \quad \text{καί } B = \mu H.$$

Παραδεχόμεστε, συμβατικά, πῶς ὁ συντελεστής τῆς μαγνητικῆς διαπερατότητας τοῦ ἀέρα εἶναι ἴσος μέ 1. Στά μαγνητικά σώματα, ὅπως στό σίδηρο, στό ἀτσάλι

στό χυτοσίδηρο (μαντέμι), στο νίκελ κτλ. ο συντελεστής της διαπερατότητας είναι πολύ μεγαλύτερος από τη μονάδα, στά διαμαγνητικά όμως, όπως π.χ. στο βισμούθιο, μικρότερος απ' αυτήν, γιατί τα διαμαγνητικά άτομα έχουν τις δυναμικές γραμμές, αντί να τις μαζεύουν.

"Όλα τά σώματα, πού ξέρουμε πώς δά μαγνητίζονται, π.χ. ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, τό αλουμίνιο, τό ξύλο κτλ. έχουν τόν ίδιο συντελεστή διαπερατότητας μέ τόν άέρα, δηλαδή  $\mu=1$ .

Η μαγνητική αντίσταση. Έρσαντ.

Αντίστοιχα μέ τήν ηλεκτρική αντίσταση, ονομάζουμε μαγνητική αντίσταση ενός μαγνητικού σώματος τήν τιμή :

$$R = \frac{l}{\mu} \times \frac{4\pi}{S}$$

(Έρσαντ:  $\frac{1cm}{1cm^2}$ )

όπου  $\mu$  είναι ο συντελεστής της διαπερατότητας του σώματος, (αντίστοιχος μέ τό συντελεστή της αγωγιμότητας)

$l$ , τό μήκος του σώματος καί  $S$  ή διατομή του.

Τή μαγνητική αντίσταση τή μετρούμε σά Έρσαντ.

Ένα Έρσαντ αντιπροσωπεύει τή μαγνητική αντίσταση πού παρουσιάζει στις δυναμικές γραμμές ένα σώμα μέ μήκος  $l$  άκατόστο μέτρο, μέ διατομή  $I$  τετραγωνικό άκατόστο μέτρο καί μέ συντελεστή  $\mu$  διαπερατότητας  $I$ .

Σημ: Τά τελευταία χρόνια αποφάσισαν νά ονομάζον "Έρσαντ", τήν μονάδα της έντασης  $H$  του μαγνητικού πεδίου. Νά λένε δηλαδή "Έρσαντ" αντί "γκάους". Τό γκάους τό άφίσαν για νά δηλώνει τή μονάδα της μαγνητικής επαγωγής. Για τή μονάδα της μαγνητικής αντίστασης δέν καθόρισαν όνομα. Σ αυτό τό βιβλίο ονομάζουμε τις μονάδες μέ τά παλιά τους όνόματα, γιατί τά νέα όνόματα δέν καθιερώθησαν άκόμη επίσημα.

Καμπύλη της μαγνήτισης

"Όπως καί από τόν προηγούμενο πίνακα φαίνεται ή μαγνητική επαγωγή  $B$  αύξάνει όταν μεγαλώνει ή ένταση  $H$

του μαγνητικού πεδίου. "Αν καλοπροσέξουμε όμως θά διαπιστώσουμε, πώς η αύξηση της επαγωγής Β δέν είναι ανάλογη μέ την αύξηση της έντασης Η. "Ας πάρουμε για παράδειγμα τό χυτοσίδηρο.

Γιά νά αύξήσουμε σ' αυτό την επαγωγή Β από τά 1000 στά 2000 γκάους, αύξανουμε την ένταση Η από 1,19 σά 2,56 δηλαδή κατά 1,37 γκάους. "Αν θαλήσουμε από 7000 γκάους νά την κάνουμε 8000, νά την αύξήσουμε δηλαδή πάλι κατά 1000, πρέπει η ένταση νά μαγαλώσει κατά 30,5 γκάους, ν' αύξησει δηλαδή από 34 σά 64,5. Τελος, αν από 10500 θαλήσουμε νά την αύξήσουμε σά 11500, η ένταση Η πρέπει ν' αύξηθῆ κατά 57 γκάους. Βλέπουμε λοιπόν, πώς, ενώ στην αρχή χρειαζόμαστε μιá μεταβολή στην ένταση από 1,37 γκάους μονάχα, για ν' αύξήσουμε την επαγωγή κατά 1000 γκάους, στό τέλος χρειαζόμαστε, για ίσότιμη αύξηση της επαγωγής, μιá μεταβολή από 57 γκάους. "Αρα η επαγωγή Β αυξάνει στην αρχή γοργά, ύστερα όμως άργοπορεί καί φτάνει σ' ένα όριο, όπου πιά κρατάει την τιμή της σχεδόν σταθερή. Λέμε τότε, πώς τό σώμα, πού μαγνητίστηκε μ' αυτόν τόν τρόπο, "κορεσθηκα" μαγνητικά, δηλαδή χόρτασε πιά από μαγνητικές γραμμές καί δέν αφήνει άλλες νά περάσουν από μέσα του. Φτάσαμε στό **μ α γ ν η τ ι σ ὀ κ ὀ ρ ο**.

"Αν λοιπόν βάλουμε σά σταθερά αυξανόμενο μαγνητικό πεδίο ενα κομμάτι σίδηρο, τό σίδηρο άποχτάει επαγωγή, πού η αύξηση της τιμής της μπορεί νά παρουσιαστεί με μιá καμπύλη όμοια μέ μιάν άπ' αυτές πού δείχνει τό σχήμα 89. Μιá τέτοια καμπύλη λέγεται **κ α μ π ύ λ η τ ῆ ς μ α γ ν η τ ι σ ῆ ς**. Τό σχήμα μās παρουσιάζει τίς καμπύλες της μαγνήτισης πού παίρνουμε βάθοντας σά αυξανόμενο πεδίο χυτοσίδηρο ή σιδερένια έλάσματα ήλεκτρομηχανών.

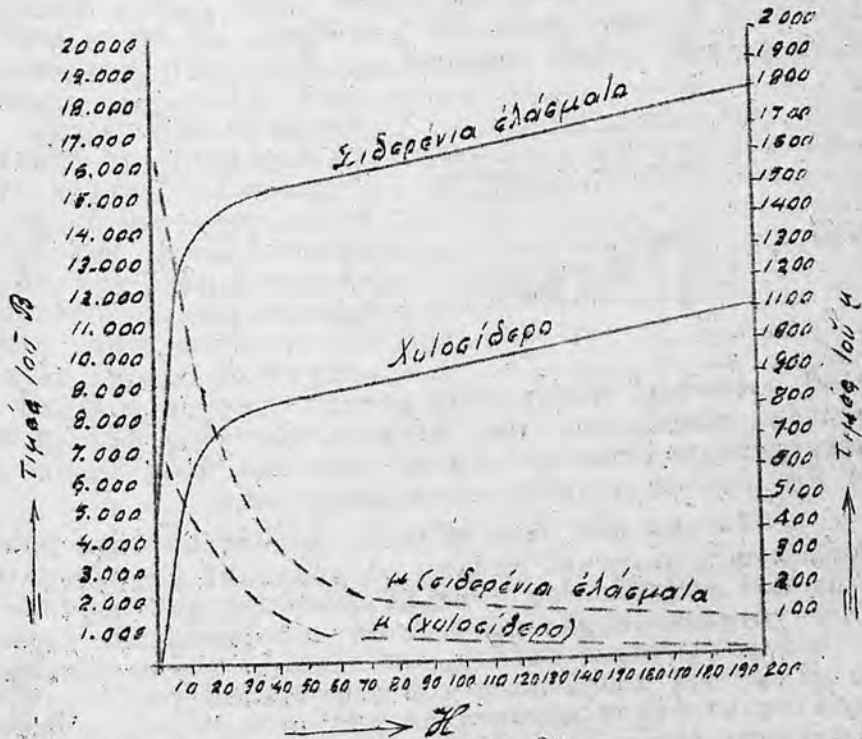
Η μορφή κάθε καμπύλης της μαγνήτισης αλλάζει μέ τή φύση του σιδήρου. Από την πρώτη καμπύλη βλέπουμε πώς η επαγωγή Β στό χυτοσίδηρο ανεβαίνει γοργά ως τά 6000 γκάους, ενώ σι σιδερένια έλάσματα ως τά 15000 γκάους. "Απ' εκεί καί πέρα μπορούμε νά πούμε πώς τά δύο μέταλλα κορεσθησαν πιά από μαγνητισμό, φτάσαν δηλαδή στό μαγνητικό κόρο, γιατί η αύξηση της επαγωγής γίνεται πολύ άργή.

Στό ίδιο σχήμα οι καμπύλες μέ τίς σλιγμένες



γραμμές δείχνουν τή μεταβολή του συντελεστή  $\mu$  της διαπερατότητας. Όπως βλέπουμε, οι καμπύλες αυτές έχουν καταύθυνση αντίθετη από τήν καταύθυνση που έχουν οι καμπύλες της μαγνήτισης. Η διαπερατότητα, πολύ μεγάλη στην αρχή, μικραίνει όσο το χυτοσίδηρο κορέννεται και γίνεται ίση με 1, όταν φτάσουμε στον κόρο.

Η μαγνήτιση του σιδήρου, που πετυχαίνουμε μ' επί-



Σχ. 89

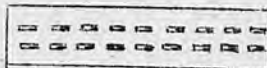
δραση, είναι πρόσκαιρη. Φεύγει μόλις εξαφανιστεί το μαγνητικό πεδίο που τήν προκαλέσει. Μονάχα ένα μικρό της ποσοστό μπορεί ν' απομείνει. Αυτό το ονομάζουμε παραμαγνητισμό, και το μέγεθος του εξαρτάται από τή φύση, τό σχήμα και τίς διαστάσεις του μετάλλου. Έτσι τό μέταλλο γίνεται μόνιμος μαγνήτης. Όσοσ σκληρότερο είναι τό μέταλλο, τόσο καλύτερα κρατάει τό μαγνητισμό του. Τό βαμμένο άτσάλι έχει παράμεινοντα μαγνητισμό μεγαλύτερο άπ' ό,τι έχει

τό συνειθισμένο άτσάλι. Τό μαλακό σίδηρο, πάλι, χάνει σχεδόν όλότελα κάθε σημάδι του μαγνητισμού του.

Έξήγησης τῆς μαγνητικῆς ἑπαγωγῆς.

Τῆ μαγνητικῆ ἑπαγωγῆ στά διάφορα σώματα τῆν ἔξηγοῦν μέ τῆν ὑπόθεση τῶν μοριακῶν μαγνητῶν. Ὅπως κάθε μαγνήτης εἶναι καμωμένος ἀπό μοριακοῦς μαγνήτες (ξ 136), ἔτσι καί κάθε μαγνητικό σῶμα εἶναι καμωμένο ἀπό τούς ἴσλους μοριακοῦς μαγνήτες, μέ τῆ διαφορά μόνο, πῶς, ἐνῶ στούς καθαυτοῦ μαγνήτες, τά μαγνητάκια

Σχ. 90



Σχ. 91



αυτά εἶναι ὅλα ταχτοποιημένα στή σειρά, τό καθένα μέ τό βόρειο του πόλο ἀντικρυ στό νότιο πόλο του ἄλλου (Σχ. 90) ὥστε καί ὁλόκληρος ὁ μαγνήτης νά παρουσιάζει ἕνα βόρειο καί ἕνα νότιο πόλο, στά μαγνητικά σώματα οἱ μο-

ριακοί μαγνήτες κλείνονται μεταξύ τους σέ κυκλικά μαγνητικά κυκλώματα, ὅπως δείχνει τό σχῆμα 91. Ἐτσι ἀλληλοεξουδατερῶνονται μεταξύ τους καί ἡ ἐπίδρασή τους ἔξω ἀπό τό μαγνήτη εἶναι μηδενική.

Ὅταν λοιπόν ἕνα τέτοιο μαγνητικό σῶμα βρεθεῖ μέσα σέ μαγνητικό πεδίο, οἱ μοριακοί μαγνήτες του χαλουν τόν μεταξύ τους κυκλικό σύνδεσμο καί προσπαθοῦν νά ταχτοποιηθοῦν σύμφωνα μέ τίς δυναμικές γραμμές τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, πού ἐπίδρα ἑπάνω τους. Ὅσο ἀξάνουμε τῆν ἔνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τόσο καί περισσότερα μαγνητάκια μπαίνουν σέ τάξη, ὥσπου ταχτοποιηθοῦν ὅλα, ὅποτε πιά καί μεγαλύτερη ἔνταση τοῦ πεδίου εἶναι περιττή, γιατί φτάσαμε στό μαγνητικό κόρο. Τώρα πιά, ἀπό τῆ φύση τοῦ μετάλλου κυρίως ἐξαρτᾶται, ἂν θά κρατηθοῦν περισσότερο ἢ λιγότερο χρόνο στή νέα τους θέση. Ἄλλα μέταλλα τά κρατοῦν γιά πολύν καιρό (βαμμένο άτσάλι), ἄλλα ὅμως γιά πολύ λίγο (σίδηρο).

Στά μέταλλα τῆς πρώτης κατηγορίας ὁ μαγνητισμός τους χάνεται ἂν πυραινωθοῦν. Στά ἄλλα, τῆς τελευταίας κατηγορίας, ὁ μαγνητισμός τους μπορεί νά

χαθεί και μ' ένα χτύπημα άκρόμη.

Απ' όλα αυτά καταλαβαίνουμε, πώς για να μαγνητίσουμε ένα κομμάτι βαμμένον άτσάλι, πρέπει να τό βάλουμε σ' ένα δυνατό μαγνητικό πεδίο, παράλληλα με τις δυναμικές γραμμές του τελευταίου, ώσότου ή έπαγωγή αυτού του άτσαλιού φτάσει στον κόρο. Όταν θέλουμε να μαγνητίσουμε μεγάλα κομμάτια, τα βάζουμε σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο, που παίρνουμε κυρίως από το ηλεκτρικό ρεύμα, όπως και παρακάτω θα δούμε.

Αν όμως έχουμε για μαγνήτιση μικρά πραματάκια, π.χ. μαγνητικές βελόνες, μάς φτάνει τό μαγνητικό πεδίο ενός μικρού μαγνήτη, γιατί κι' οι βελόνες έχουν διατομή μικρή. Η δουλειά αυτή είναι εύκολη. Βάζουμε την άκρη της βελόνας, που θέλουμε να κάνουμε βόρειο πόλο, στο νότιο πόλο ενός μόνιμου μαγνήτη και τή σέρνουμε επάνω του δυό-τρεις φορές κατά τό μήκος του. Υστερα σέρνουμε μέ τόν ίδιο τρόπο επάνω στο βόρειο πόλο του μαγνήτη τήν άλλη άκρη της βελόνας και έτσι ή μαγνητική βελόνα μάς είναι έτοιμη.

Κάθε μαγνήτης εξαφανίζεται σιγά-σιγά μέ τόν καιρό, γιατί οι δυναμικές του γραμμές σκορπίζουν στο γύρω χώρο. Για να διατηρήσουμε τό μαγνητισμό κλείνουμε τό μαγνητικό του κύκλωμα, βάζοντας στους πόλους του ένα κομμάτι από σίδηρο, που ονομάζουμε ό π λ ι σ μ ό. "Έτσι οι δυναμικές γραμμές κυκλοφορούν στο μαγνήτη και στον όπλισμό του.

Συγκρατητική δύναμη του μαγνήτη.

Συγκρατητική ή φέρουσα δύναμη του μαγνήτη λέγεται ή δύναμη, μέ τήν όποία ό μαγνήτης συγκρατεί τόν όπλισμό του.

"Αν πλησιάσουμε τόν όπλισμό (Σχ.92) στους πόλους ενός μαγνήτη σέ σχήμα πατάλου, οι περισσότερες από τις δυναμικές γραμμές του μαγνήτη θα παρπάσουν τό διάκενο για να συνεχίσουν τό δρόμο τους από τόν όπλισμό, που παρουσιάζει στο πέρασμά τους μικρότερη αντίσταση. "Αν ό όπλισμός μπορεί να κινηθεί, θα τόν φέρουν σ' έπαφή μέ τους πόλους, για να εξαφανιστεί και τό παραμικρότερο ανεπιθύμητο για αυτές διάκενο.



Σχ.92

Ἡ δύναμη, πού χρειάζεται γιά ν' ἀποσπάσουμε τόν ὀπλισμό ἀπό τό μαγνήτη, ἢ, πού εἶναι τό ἴδιο, γιά νά κατανικῆσουμε τήν ἐλξη τῶν δυναμικῶν του γραμμῶν, μετράει τή συγκρατική δύναμη τοῦ μαγνήτη.

Τῆ δύναμη αὐτή τήν ἐκτιμοῦν, παίρνοντας πολλές φορές, γιά μονάδα, τό βάρος τοῦ μαγνήτη. Οἱ κλοῖ μαγνήτες σέ σχῆμα πετάλου, μέ μέσο βάρος, μποροῦν νά συγκρατήσουν βάρος μεγαλύτερο κατά 15, ὡς 20 φορές ἀπό τό δικό τους βάρος. Οἱ μεγάλοι, τό εξαπλάσιο ὡς δεκαπλάσιο, καί οἱ μικρότεροι ὡς τό σαρανταπλάσιο. Τελευταίως στήν Ἀμερική, μελετώντας τήν κατασκευή μαγνητοδυναμικῶν μεγαφῶνων, κέτυχαν ἕνα κρᾶμα, πού δίνει ἀτσάλι, καί πού ὅταν μαγνητιστεῖ κράτάει βάρος 150 φορές μεγαλύτερο ἀπό τ' ὀ δικό τους βάρος.

Ὁ τύπος, πού μῖς δίνει σέ δύνες τή συγκρατική δύναμη κάθε πόλου ἑνός μαγνήτη, εἶναι:

$$F \text{ (δύνες)} = \frac{SB^2}{8\pi}$$

καί, σέ γραμμάρια -βάρος,  $F = \frac{SB^2}{8\pi \times 981}$

ὅπου τό S εἶναι ἡ διατομή σέ τετρ. ἐκατοστόμετρα καί B, ἡ ἐπαγωγή τοῦ μαγνήτη σέ γκάους. Τό π εἶναι ὁ ἀριθμός 3,14.

"Αν ὁ μαγνήτης ἔχει σχῆμα πετάλου, ἡ συγκρατική του δύναμη διπλασιάζεται.

"Αρα ὁ προηγούμενος τύπος γίνεται :

$$F \text{ (γρ.βάρ.)} = \frac{2 S B^2}{8\pi \times 981}$$

Ὁ παραπάνω τύπος ἀφαρμόζεται ὀλότερα καί στους ἠλεκτρομαγνήτες.

### ἠ λ ε κ τ ρ ο μ α γ ν η τ ι σ μ ὀ ς Πείραμα τοῦ "Ερστεντ.

Μαγνητικό πεδίο, ἴσιο καί ἀπαράλλαχτο μέ τό πεδίο κάθε μαγνήτη, γεννάει καί τό ἠλεκτρικό ρεῦμα.

Ὅπως γύρω ἀπό ἕνα σωλήνα, πού διαρρέεται ἀπό ζεστό

ναρό, παρουσιάζεται ένα θερμαντικό πεδίο, ἔτσι καί γύρω ἀπὸ κάθε ἄγωγο, διαρρεόμενο ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, γεννιέται ένα μαγνητικὸ πεδίο. Ὁ Έρσταντ ἀπόδειξε μὲ τ' ἀκόλουθο πείραμα τὴν ὑπαρξὴ τοῦ μαγνητικοῦ αὐτοῦ πεδίου. Ἐπάνω σὲ μιὰ μαγνητικὴ βελόνα, καί παράλληλα μ' αὐτήν, ἔβαλε ἕναν εὐθύγραμμο ἄγωγο καί ἔστειλε μὲς ἀπ' αὐτὸν ρεῦμα. Ἡ βελόνα ἀποκλίνει ἀμέσως ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ τῆς καταύθυνση καί σχημάτισε σταυρὸ μὲ τὸν ἄγωγο.

Ἄπ' ὅσα εἶδαμε ὡς τώρα, καταλήβημα πῶς τὸ μόνον πρᾶμα πού μπορεῖ νὰ ἐπηρεάσει ένα μαγνήτη, ὅπως ἡ μαγνητικὴ βελόνα, εἶναι τὸ μαγνητικὸ πεδίο. Στὸ παραπάνω, ὅμως, πείραμα ἡ μαγνητικὴ βελόνα ἀποκλίνει χωρὶς νὰ βρῖσκεται κοντὰ τῆς ἄλλος μαγνήτης. Ἄρα τὸ μαγνητικὸ πεδίο, πού ἀναγκάζει τὴ βελόνα νὰ ἐκτραπῆ ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ τῆς θέση, προέρχεται ἀπὸ τὸ ρεῦμα καί μόνον ἀπ' αὐτό.

Μαθαμα λοιπὸν ένα πρᾶμα ἀκόμη: Μαθαμα πῶς τὸ ρεῦμα γεννάει μαγνητικὸ πεδίο, καί τί μὲ τοῦτου; τί πρακτικὰ ἀποτελέσματα μποροῦν νὰ βγούν ἀπὸ τὴν ὑπαρξὴ αὐτοῦ τοῦ πεδίου;

Τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ ἀπὸ τὸ σημερινὸ οἰκοδόμημα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ βασίζεται στὸ μαγνητικὸ πεδίο πού μᾶς δίνει τὸ ρεῦμα. Ἄς μὴν πάρουμε τὰ μηχανήματα, πού ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τους στηρίζεται στὶς ἔλξεις ἢ ἀπώσεις τῶν μαγνητικῶν πόλων, ἄς ποῦμε μονάχα τὴ βασικότερη ιδιότητα πού παρουσιάζει κάθε μαγνητικὸ πεδίο:

Κάθε μαγνητικὸ πεδίο, ἀπομείνωσ καί τὸ γεννώμενο ἀπὸ τὸ ρεῦμα, εἶναι ἰκανὸ νὰ μᾶς γεννήσει, ὅπως θὰ δοῦμα στὰ ἐπομένα κεφάλαια, ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Οἱ περισσότερες ἀπὸ τίς ἠλεκτρικὰς μηχανὰς, πού τροφοδοτοῦν σήμερα μὲ τὸ πολύτιμὸ τους ρεῦμα ὅλη τὴν Ὑψηλο, παράγουν τὸ ρεῦμα χρησιμοποιώντας αὐτὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο.

Ἀφοῦ λοιπὸν εἶναι τόσο σπουδαῖο τὸ ζήτημα, πρέπει νὰ τὸ ἐξετάσουμε μὲ τὴν πιὸ μεγάλη προσοχὴ καί νὰ ἐμβραθύνουμε καί στὶς παραμικρότερες ἀκόμη λεπτομέρειές τους.



144. Κατεύθυνση τῶν δυναμικῶν γραμμῶν  
Κανόνας τοῦ παρατηρητῆ τοῦ Ἀμπέρ.

Καί πρῶτα-πρῶτα ἄς δοῦμε ποιὰ κατεύθυνση ἔχουν οἱ δυναμικῆς γραμμῆς αὐτοῦ τοῦ πεδίου πού γεννιέται ἀπό τό ηλεκτρικό ρεῦμα.

Ὁ Ἀμπέρ, βασιζόμενος στό πείραμα τοῦ Ἐρσταντ, ἔβγαλε τόν ἀκόλουθο πρακτικό κανόνα, πού λέγεται κανόνας τοῦ παρατηρητῆ τοῦ Ἀμπέρ.

Ἄς ὑποθέσουμε πῶς ἕνας παρατηρητής (Σχ.93) εἶναι ἐκλωμένος μπρούμιτα ἐπάνω σ' ἕναν εὐθύγραμμο ἄγωγο καί βλέπει μιά μαγνητική βελόνα, πού βρίσκεται κάτω ἀπό τόν ἄγωγο καί σέ θέση παράλληλη μ' αὐτόν. Τήν ἄκρη τοῦ ἄγωγου, πού βρίσκεται κατά τά πόδια τοῦ παρατηρητῆ, τή συνδέουμε στό θετικό πόλο μιᾶς πηγῆς. Τήν ἄλλη ἄκρη, αὐτήν πού βρίσκεται κατά τό κεφάλι τή συνδέουμε στόν ἀρνητικό πόλο. Ὄταν τό ρεῦμα περάσει ἀπό τόν ἄγωγο με κατεύθυνση, ὅπως περιμένουμε, ἀπό τά πόδια πρὸς τό κεφάλι τοῦ



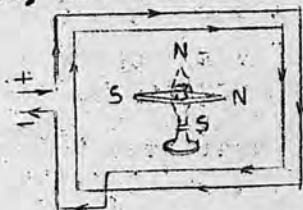
Σχ.93

παρατηρητῆ, ὁ παρατηρητής θά δει τό βόρειο πόλο τῆς βελόνας νά στρέφεται πρὸς τ' ἀριστερά του. Ὁ νότιος πόλος θά βρεθῆι, φυσικά, στα δεξιά του.

Ἄν ἀντί γιά εὐθύγραμμο ἄγωγο, πάρουμε ἕνα πλαίσιο, ὅπως δείχνει τό σχῆμα 94, διαπιστώνουμε εὐκολά, ἐφαρμόζοντας τόν κανόνα τοῦ παρατηρητῆ τοῦ Ἀμπέρ, πῶς καί οἱ τέσσερες πλευρές ἀσκοῦν ὁμοίομορφη ἐπίδραση στή μαγνητική βελόνα. Ἡ ἀπόκλιση τῆς ὅμως σ' αὐτή τήν περίπτωση εἶναι ἰσχυρότερη ἀπό αὐτήν πού παθαίνει, ὅταν ἐπιδρά ἐπάνω τῆς τό καθεῖνός ἑνός ἀπλοῦ ἄγωγου, γιατί, τώρα, ἐπιδρουν σ' αὐτήν καί οἱ τέσσερες πλευρές τοῦ πλαισίου.

Ἄν κάνουμε μάλιστα τό πλαίσιο, ὄχι πιά ἀπό μιά μονάχα, μά ἀπό πολλές σπείρες καί ἔτσι, πού νά διαρρέονται ὅλες στή σειρά ἀπό ρεῦμα μέ ἴδια κατεύθυνση, τότε σχηματίζουμε ἕνα πηνίο, πού μέ τό μαγνητικό του πεδίο στρέφει τήν μαγνητική βελόνα ἀκόμη

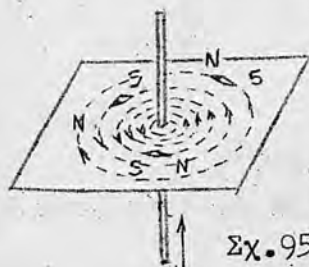
εύκολότερα. Η αιτία είναι εύκολομένη: Τα μαγνητικά πεδία των σπειρών άθροίζονται, και η επίδρασή τους στη μαγνητική βελόνα γίνεται μεγάλη, και τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερες είναι οι σπείρες. Στην αρχή αυτή στηρίζεται και η λειτουργία των γαλβανομέτρων.



Μαγνητικό φάσμα και καταύθυνση των δυναμικών γραμμών. Σχ. 94

Τήν ύπαρξη του μαγνητικού πεδίου γύρω από κάθε άγωγο με ρεύμα μπορούμε να τή διαπιστώσουμε και με το μαγνητικό φάσμα των δυναμικών που γραμμών.

Από το κέντρο ενός χαρτονιού περνούμε ένα άγωγο. Ξπάνω στο χαρτόνι σκορπίζουμε σιδερένια φιλί



Σχ. 95

ρηνίσματα. Όταν σταίμουμε ρεύμα μέσ' από τόν άγωγο, τά ρηνίσματα αραδιάζονται όλα γύρω του σ' όμοκεντρος περιφέραεις (Σχ. 95). Οι περιφέραεις δειχνουν τίς δυναμικές γραμμές του πεδίου και είναι πιο καθαρές και πιο πυκνές κοντά στον άγωγο. Αυτό είναι φυσικό. Όπως και στο σωλήνα με τό ζεστό νερό, ή ζέστη είναι μεγαλύτερη κοντά του και όσο

πάει μικραίνει, όταν μακραίνουμε άπ' αυτόν, έτσι και σε κάθε άγωγο με ρεύμα τό μαγνητικό πεδίο είναι κοντά του ισχυρό και άδυνατίζει όσο άπομακρυνόμαστε άπ' αυτόν.

Αν αντί για ρηνίσματα, βάλουμε μαγνητικές βελονίτσες, στραπτές στον άξονά τους, θα τίς δούμε, με τό πέρασμα του ρεύματος άπό τόν άγωγο, να σχηματίσουν γύρω του τίς ίδιες όμοκεντρος περιφέραεις. Τήν καταύθυνση των δυναμικών γραμμών τή βρίσκουμε άφαιρόζοντας πάλι τόν κανόνα του παρατηρητή του Αμπέρ. Μπορεί όμως να βρεθεί και άπό τούς άκόλουθους μνημοτεχνικούς κανόνες που βγαίνουν άπό τόν προηγούμενον κανόνα:

1) Κανόνας του τερμπου-  
σονιού του Μάξουελ.

"Αν πάρουμε ένα τερμπουσόνι και φανταστούμε πώς τό ρεύμα μπαίνει από τη λαβή του και βγαίνει από την μύτη της βίδας του, οι δυναμικές γραμμές του πεδίου, που σχηματίζεται από τό ρεύμα, έχουν κατεύθυνση γύρω από τόν άγωγό από τ' αριστερά προς τά δεξιά, όπως ακριβώς και η στροφή που κάνει τό χερι μας για νά βυθισαι τό τερμπουσόνι στό φελό ενός μπουκαλιού (Σχ.96)

2) Κανόνας του αντίχειρα  
τοῦ δεξιού χεριού.

"Αν πιάσουμε ένα άγωγό με τό δεξί μας χέρι και με τόν τρόπο, ώστε ο τεντωμένος αντίχειράς μας νά δείχνει τή διεύθυνση που έχει τό ρεύμα μέσα στον άγωγό, τότε η κατεύθυνση που έχουν τά υπόλοιπα τέσσαρα δάκτυλα του χεριού μας, δείχνει τήν κατεύθυνση των



Σχ.96



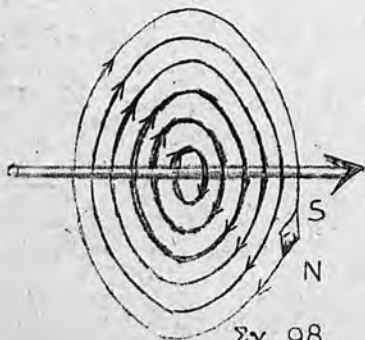
Σχ.97

δυναμικών γραμμών του πεδίου (Σχ.97)

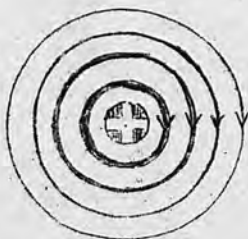
Τά σχήματα 98, 99, και 100 παρουσιάζουν τά πράματα παραστατικότερα.

Στό Σχ. 98 τό ρεύμα κατευθύνεται όπως δείχνει τό βέλος.

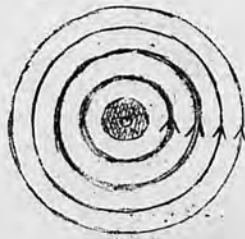
Στό σχ.99 ο σταυρός δηλώνει ότι τό ρεύμα έχει τέτοια κατεύθυνση, ώστε τρυπή τή σελίδα του βιβλίου,



Σχ.98



Σχ.99



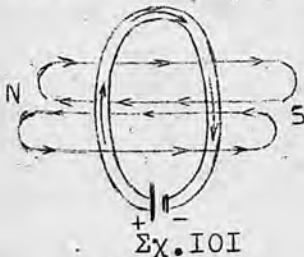
Σχ.100

για να βγαί από την άλλη της μεριά. Στο Σχ. 100 η άσπρη τελεία δείχνει ότι το ρεύμα έρχεται από τη σελίδα προς εμάς. Το πάχος των δυναμικών γραμμών στα σχήματα αυτά δείχνει και την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Αυτό, ισχυρότατο κοντά στον άγωγο, εξασθενίζει όσο η απόστασή του απ' αυτόν μεγαλώνει.

Κυκλικό ρεύμα. Θεωρία του Άμπέρ

για τον ηλεκτρομαγνητισμό.

"Αν σχηματίσουμε μ' έναν άγωγο μία κυκλική σπείρα και στείλουμε σ' αυτήν ρεύμα, έχουμε την περίπτωση του κυκλικού ρεύματος. Το κυκλικό αυτό ρεύμα σχηματίζει μαγνήτη ολόγδο με το μαγνητικό φύλλο. Το κυκλικό ρεύμα παρουσιάζει από την μία όψη του κυκλώματός του το βόρειο κι από την άλλη, το νότιο πόλο.



Το σχήμα 101 παρουσιάζει ένα κυκλικό ρεύμα. Η πηγή τροφοδοτεί τον άγωγο με ρεύμα, που η κατεύθυνσή του δείχνεται με τα βέλη. Για να παρουσιαστεί το σχήμα καθαρό, σχεδιάχτηκαν μονάχα

δύο από τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Έτσι βλέπουμε πώς οι δυναμικές γραμμές μπαίνουν, όπως και στο μαγνητικό φύλλο, από το νότιο πόλο S και βγαίνουν από το βόρειο N.

"Αν βάλουμε πολλά τέτοια κυκλικά ρεύματα τό ένα δίπλα στο άλλο, με τα κέντρα τους στην ίδια γραμμή, και με τρόπο που όλα τα ρεύματα να έχουν την ίδια διεύθυνση, αποχτούμε, ούτε λίγο ούτε πολύ, έναν τέλειο μαγνήτη, με το βόρειό του πόλο στη μεριά απ' όπου βγαίνουν οι δυναμικές γραμμές και το νότιο, εκεί όπου μπαίνουν. Ένα κατασκευασμα από πολλά τέτοια κυκλικά ρεύματα, τό ένα δίπλα στο άλλο και όλα μαζί στην ίδια γραμμή, λέγεται, επειδή μοιάζει σά σωληνας, "σωληνην οβελιδες".

"Όσα με τα κυκλικά ρεύματα μπορούμε να κάνουμε τέλειο μαγνήτη. Μηπως, λοιπόν, και ο γνωστός μας μαγνήτης είναι κυκλικά ρεύματα; "Ναί" μάς απαντάει ο Άμπέρ με τη θεωρία του για τα κυκλικά ρεύματα. Η θεωρία αυτή στεραώνεται σήμερα πιο γαρά με

τήν ηλεκτρονική θεωρία (θεωρία Langevin μηχαντόνιο Bohr).

Κάθε ρεύμα, όπως ξέρουμε πιά, είναι ροή ηλεκτρονίων. Τά ηλεκτρόνια λοιπόν γεννούν τό μαγνητικό πεδίο. Τά ηλεκτρόνια κινούνται κατά τρεῖς τρόπους: Πρῶτα, γύρω ἀπ' τούς πυρήνες τῶν ατόμων τους, ὕστερα, τά ἐλεύθερα ἀπ' αὐτά, σάν ἀλῆτες, ἀπό άτομο σέ ἄτομο, καί τέλος, ὀλατά ἐλεύθερα ηλεκτρόνια, ὑπακούοντας στήν πίεση τῆς ηλεκτρικῆς πηγῆς, ἀπ' τήν μιᾶ ἄκρη τοῦ κυκλώματος ὡς τήν ἄλλη. Ταῖς ἐλεύθερα ηλεκτρόνια δέν διαφέρουν φυσικά ἀπό τά ἄλλα πού γυρνοῦν γύρω στόν πυρήνα. Καί ἀφοῦ τά ἐλεύθερα ηλεκτρόνια, δημιουργοῦν μέ τήν κίνησή τους μαγνητικό πεδίο, γιατί τάχα νά μή γεννοῦν παρόμοια πεδία καί τά ηλεκτρόνια τοῦ πυρήνα; Μήπως δέν σχηματίζει τό καθένα ἀπ' αὐτά, ὅταν γυρναί τούς κύκλους τοῦ γύρω ἀπό τόν πυρήνα, καί ἀπό ἓνα κυκλικό ρεύμα; Ὑπόθεση λοιπόν:

Στούς μαγνήτες, τά ἀπειροελάχιστα κυκλικά ρεύματα, πού προέρχονται ἀπό τά ηλεκτρόνια τοῦ πυρήνα, ἔχουν τά ἐπίπεδά τους παράλληλα καί ἔτσι ἡ ἐνέργειά τους ἀθροίζεται. Ὁ μαγνήτης, λοιπόν δέν εἶναι τίποτε ἄλλο παρά συκροτημαί ἀπό μυριάδες παράλληλα σωληνοειδή, τό ἓνα δίπλα στό ἄλλο.

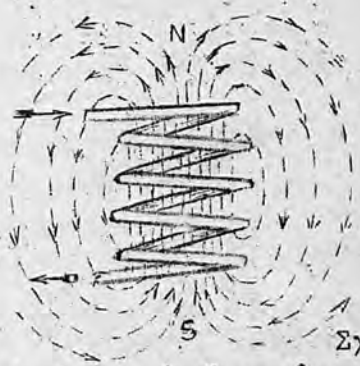
Δτά κυκλικά ρεύματα τῶν ἄλλων σωμάτων ἐπικραταῖ περισσότερη ἢ λιγότερη ἀκαταστασία καί ἔτσι τί μαγνητικά πεδία, πού δημιουργοῦν, ἀλληλοεξουδετερώνονται. Παρουσιάζουν, ἐπίσης, μεγαλύτερη ἢ μικρότερη προδιάθεση νά μποῦν εὐκολά ἢ δύσκολα σέ τάξη, ὅταν ἐπιδράσει ἐπάνω τους ξένο μαγνητικό πεδίο. Στό μαλακό σίδηρο π.χ. ὅσο γρηγοτά μπαίνουν, τά κυκλικά ρεύματα σέ τάξη, γιά νά σχηματίσουν μαγνήτη, τόσο γρηγορά καί ξαναγυρνοῦν στήν ἀταξία. Στό αἷσαλι, ἡ δουλειά αὐτή γίνεται δυσκολότερα, μιᾶ φορά ὅμως καί μποῦν στή σειρά, δύσκολα ἔπειτα, τή χαλοῦν. Ὑπάρχουν πάλι ἄλλα μέταλλα, πού συμμορφώνονται τόσα δύσκολα, ὥστε νά μᾶς ἀναγκάζουν νά παραδωχτ οὔμα πῶς δέ μαγνητίζονται.

Τό βασικό συμπέρασμα ὅλης αὐτῆς τῆς θεωρίας εἶναι, πῶ ὁ μαγνητισμός ἔχει τή φύση τοῦ ηλεκτρικῆ. Ἡ συγχώνευση αὐτῆ τοῦ ηλεκτρισμοῦ μέ τό μαγνητισμό ἀποτελεῖ μεγάλο βῆμα γιά τή γενική ἐνότητα τῶν φυσικῶν φαινομένων.



Πηνίο

Όπως είδαμε, το κατασκευάσμα που παίρνουμε  
 εργαζόμενος πολλά κυκλικά ρεύματα, το ένα δίπλα στο  
 άλλο και λαμαξί στον ίδιο άξονα, ονομάζεται "σπλη-  
 νοειδές". Δεν υπάρχει όμως λόγος να έχουμε πολλά χωρι-  
 στά κυκλικά ρεύματα για να το πατύχουμε. Στο ίδιο μπο-  
 τέλασμα καταλήγουμε αν κά-  
 ρουμε έναν άγωγό και τον  
 τυλίξουμε σε σπείρας, για  
 να κάνουμε ένα πηνίο, ό-  
 πως δείχνει το σχήμα 102.  
 Και το πηνίο μετατρέπεται  
 σε τέλειο μαγνήτη, όταν  
 το τροφοδοτήσουμε με ρεύ-  
 μα. Όπως και στον μαγνήτη, έ-  
 ται και στο πηνίο, οι δυναμι-  
 κές γραμμές βγαίνουν από το  
 βόρειο του πόλο και μπαίνουν  
 μέσα του, από το νότιο.



Σχ. 102

Ποιά τώρα από τις δύο άκρες του πηνίου θα  
 είναι ο βόρειος και ποιά ο νότιος, εξαρτάται από την  
 κατεύθυνση η που θα έχουν ο σπείρας του και το ρεύ-  
 μα. Ο κανόνας του παρατηρήτη του Αμπέρ, και πιο  
 εύκολα, ο κανόνας του αντίχειρα του δεξιού χεριού,  
 μάς διευκολύνει να καθορίσουμε τους πόλους του. Ε-  
 νας μνημοτεχνικός τρόπος, για να βρίσκουμε τους πό-  
 λους ενός κυκλικού ρεύματος ή ενός πηνίου, είναι να  
 δούμε ποιο γράμμα μπορεί να σχηματιστεί με την κα-  
 τεύθυνση που έχει το ρεύμα. "Αν σχηματίζεται το γράμμα  
 S, έχουμε νότιο πόλο." "Αν σχηματίζεται το γράμμα N,  
 έχουμε βόρειο. Το σχήμα 103 δείχνει καλύτερα τα πράματα.

Η διαφορά που υπάρ-  
 χει ανάμεσα στον καθαυτό  
 μαγνήτη και στο πηνίο-μαγνή-  
 τη είναι, πως το τελευταίο  
 γίνεται μαγνήτης μονάχα ό-  
 ταν διαρρέεται από ρεύμα.

"Αν το ρεύμα κοπεί, το πη-  
 νίο χάνει ολότελα το μαγνητι-  
 σμό του. Επίσης στο πηνίο μπορούμε ν' αντιστρέψουμε τους  
 πόλους του, αντιστρέφοντας την διεύθυνση του ρεύμα-  
 τος, ενώ στο μόνιμο μαγνήτη ο πόλοι μένουν αμετάβλητοι.

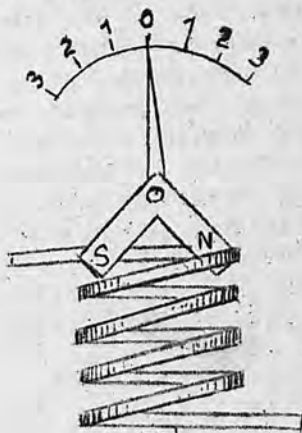


Σχ. 103



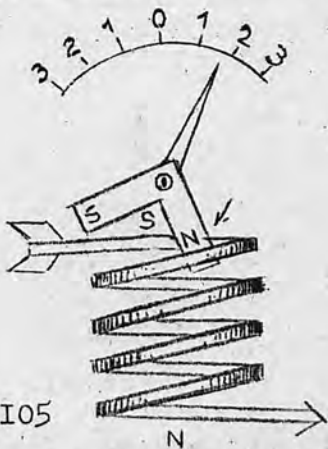
καί άπωθαί τό βόταιο. Ο δείκτης, άκολουθώντας τή στροφή τοῦ μαγνήτη, θά διαγραφάει τόξο άπό τά δεξιά πρós τ' άριστερά; δηλαδή θά κινήθαι σέ κατεύθυνση αντίθετη άπό τήν προηγούμενη.

"Αν μηδενιστεί πάλι τό ρεύμα, ο δείκτης πάει στό μηδέν. Το όργανο πού περιγράψαμε λέγεται : γαλβανόμετρο μέ σ τ ρ α π τ ό μ α γ ν ή τ η.

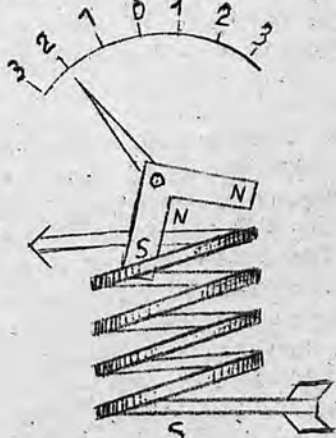


Σχ. 104

"Ας δοῦμε τώρα ένα όργανο μέ πηνίο (Σχ. 107). Ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη βρίσκονται τό πηνίο μέ τό δείκτη κερφωμένο άπάνω του. Το ρεύμα περνώντας τό πηνίο, τό μαγνητίζει, κι αυτό στράφεται, παρσιύροντας καί τό δείκτη, άπό τ' άριστερά πρós



Σχ. 105

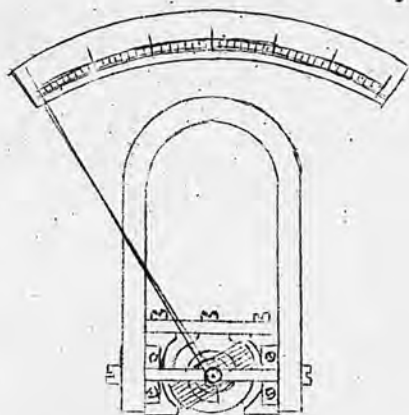


Σχ. 106

τά δεξιά ή αντίστροφα, ανάλογα μέ τή διαύθυνση πού έχει τό ρεύμα στό πηνίο.

Νά τώρα καί ένα άλλο μετρητικό όργανο, πού ή κίνηση τοῦ δείκτη του δέν εξαρτάται άπό τήν διαύθυνση τοῦ ρεύματος μέσα στό πηνίο, αλλά ο δείκτης διαγράφει τό τόξο του πάντα πρós τήν ίδια διαύθυνση (Σχ. 108). Αυτό τό όργανο ονομάζεται όργανο μέ β υ θ ι σ ό μ ε ν ο π υ ρ ή ν α.

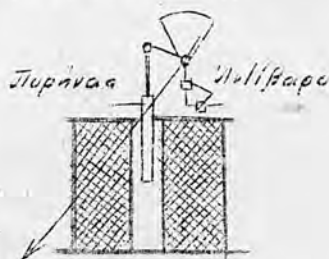
μέσα στο πηνίο βρίσκεται βραχυκλεισμένος ένας σιδερένιος πυρήνας. Αύτος με μηχανική διάταξη μπορεί να δίνει την κίνησή του στο δείκτη του όργανου. Όταν το ρεύμα περνάει από το πηνίο, οι μαγνητικές γραμμές, για να περάσουν από δρόμο που παρουσιάζει σ' αυτές μαγνητική αντίσταση μικρότερη από την αντίσταση του αέρα, ελκούν τον πυρήνα βαθύτερα μέσα στο πηνίο και αυτός παρασύρει το δείκτη.



Σχ. Ι07

Από τα φαινόμενα της μαγνητικής επαγωγής ξέρουμε, πώς ο πυρήνας μαγνητίζεται μ' επίδραση. Αν στο επάνω μέρος του πηνίου παρουσιαστεί βόρειος πόλος, ή πλησιέστερη σ' αυτόν άκρη του πυρήνα γίνεται νότιος πόλος, και έτσι παρουσιάζεται η άμοιβαία έλξη.

Το πηνίο είναι στερεωμένο, ενώ ο πυρήνας ελεύθερος. Αύτος, λοιπόν ελκείται βαθύτερα στο εσωτερικό του πηνίου. Όταν το ρεύμα μηδενιστεί, το πηνίο, καθώς και ο πυρήνας, χάνουν το μαγνητισμό τους. Τότε ανεργεί στον πυρήνα το αντίβαρο και τον αναγκάζει να γυρίσει στην πρωτινή του θέση. Αν



Σχ. Ι08

τώρα περάσει από το πηνίο ρεύμα με διεύθυνση αντίθετη από την πρωτινή, στο επάνω μέρος του πηνίου θα παρουσιαστεί νότιος πόλος, ο πυρήνας θα μαγνητιστεί από επίδραση και θα παρουσιάσει, στο νότιο πόλο του πηνίου, βόρειο πόλο. Πάλι, λοιπόν έλξη και βύθιση του πυρήνα στο εσωτερικό του πηνίου. Αφού λοιπόν ο πυρήνας κάνει πάντα την ίδια κίνηση, αδιάφορο ποιά διεύθυνση έχει το ρεύμα στο πηνίο, είναι επόμενο και ο δείκτης να διαγράφει τόξο πάντα προς την ίδια διεύθυνση.

Ηλεκτρομαγνήτης.

Τό εσωτερικό κάθε πηνίου, πού διαρρέεται από ρεύμα, αντιστοιχεί μέ τό εσωτερικό κάθε μαγνήτη. Εκεί ή δυναμική του ροή είναι ή μεγαλύτερη. "Αν στό εσωτερικό του πηνίου βάλουμε έναν πυρήνα από μέταλλο σίδηρο, ή δυναμική του ροή γίνεται ακόμη πιό μεγάλη, γιατί τό σίδηρο, χάρη στη διαπερατότητά του, συγκεντρώνει μέσα του και τίς ελάχιστες ακόμη δυναμικές γραμμές του πεδίου, πού θά ήθελαν νά ξεφύγουν στό γύρω χώρο. Εύκολα καταλαβαίνουμε πιά, πώς ο σιδαρένιος πυρήνας ενός πηνίου μέ ρεύμα μεταβάλλεται σέ τάλειο μαγνήτη. Όταν τό ρεύμα μηδενιστεί, χάνει και ό πυρήνας τό μαγνητισμό του.

Ένας τέτοιος μαγνήτης, πού γανιέται μέ τήν επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζεται, γιά νά ξεχωρίσει από τούς μόνιμους μαγνήτες, φυσικούς ή τεχνητούς, ή ηλεκτρομαγνήτης. Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένα από τά σπουδαιότερα μηχανήματα της Ηλεκτροτεχνίας και γιά αυτό θά του αφιερώσουμε ιδιαίτερο κεφάλαιο.

Πώς κάνουμε μέ τό ρεύμα τούς μόνιμους μαγνήτες.

Γιά νά κάνουμε μόνιμους μαγνήτες μεταχειριζόμαστε σήμερα κυρίως τό μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρικού ρεύματος. Η δουλειά είναι απλή: Από τό εσωτερικό ενός πηνίου μέ ρεύμα περνούμε άριστα φορές, και πάντα κατά τήν ίδια διεύθυνση, τό μέταλλο πού θά λουμε νά μαγνητίσουμε. Σέ λίγο ό μόνιμος μαγνήτης είναι έτοιμος. Επίσης γιά τήν ίδια δουλειά υπάρχουν και ειδικές μηχανές.

"Ένταση του μαγνητικού πεδίου  
στό έξωτερικό του πηνίου

"Ας δοῦμε τώρα τί ένταση παρουσιάζει τό μαγνητικό πεδίο, στό εσωτερικό ενός πηνίου, πρώτα μέ δίχως πυρήνα, και ύστερα μέ πυρήνα.

α) Πηνίο σκέτο. "Αμπεροστροφές. "Αν ένα πηνίο εύθύγραμμο ή κυκλικό μέ αριθμό σπειρών Ν και μέ μήκος I, διαρρέεται από ρεύμα μέ ένταση I, ή ένταση Η του μαγνητικού πεδίου στό εσωτερικό του δίνεται από τον τύπο:

$$H = \frac{4\pi NI}{l_0}$$



Στόν τύπο, τό Η παριστάνει τήν ένταση τοῦ πε-  
δίου σέ γκάους, τό π, τό 3,14, τό Ν, τόν ἀριθμό τῶν σπ  
σπειρῶν, τό Ι, τήν ένταση τοῦ ρεύματος σέ ἀμπέρ καί  
τό , τό ὀλικό μήκος τοῦ πηνίου σ' ἑκατοστόμετρο. Ὁ  
τύπος ἀπλουστεύεται, ἂν ἀντικαταστήσουμε τό  $\frac{4\pi}{10}$   
μέ τό ἴσο του:

$$\frac{4 \times 3,14}{10} = \frac{12,56}{10} = 1,25$$

Καί γίνεται:  $H = 1,25 \frac{NI}{l}$

Ὅπως βλέπουμε, ἡ ένταση Η εἶναι ἀνάλογη μέ τόν ἀριθμόν  
τῶν σπειρῶν καί μέ τό ρεῦμα πού διαρρέει τό πηνίο, καί  
ἀντίστροφά ἀνάλογη μέ τό μήκος του.

Τό γινόμενο NI τό ὀνομάζουμε ἀ μ π ε ρ ο σ τ ρ ο -  
φ έ ς.

Εἰδικές ἀμπεροστροφές λέ-  
γονται οἱ ἀμπεροστροφές, πού ἀναλογοῦν σέ ἕνα ἑκατοστό-  
μετρο μήκος. Ἐπομένως:

Εἰδικές ἀμπεροστροφές =  $\frac{NI}{l}$

β) Ἡ ἡλεκτρομαγνητική εὐθύγραμ-  
μος καί ἡλεκτρομαγνητική σέσχῆ-  
μα πετάλου χωρίς διάκενο.

Ἡ ἐπαγωγή Β στόν πυρῆνα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη εἶναι:

$$B = H \times \mu$$

Καί ἀντικαθιστώντας τό Η μέ τήν προηγούμενη τι-  
μή του :

$$B = \frac{1,25 NI}{l} \times \mu$$

Ἡ δυναμική ροή Φ, ἂν ἡ ἐπιφάνεια κάθε σπείρας  
τοῦ πηνίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη εἶναι τετραγωνικά ἑκα-  
τοστά, δίνεται ἀπό τόν τύπο :

$$\Phi = B \times A = \frac{1,25 NI}{l} \times \mu$$

Ὁ τύπος αὐτός μπορεῖ νά γραφεῖ καί ἔτσι:

$$\Phi = \frac{1,25 NI \mu}{l}$$

Τόν ὄρο:  $1,25 NI$  τόν ὀνομάζουμε μαγνητα-  
γερτική δύναμη καί τόν γράφουμε μέ τό σύμ-

βολο F .

Ρόνδρο :  $\frac{1}{\mu S}$  τόν ἀποκαλοῦμε μαγνητι-

κή ἀντίσταση καί τόν σημειώνουμε μέ τό σύμβολο

"Ἐτσι παίρνουμε ἕναν τύπο ἀνάλογο μέ τόν τύπο τοῦ "Ωμ :

$$\Phi = \frac{F}{R}$$

Ὁ τύπος τοῦ "Ωμ,  $I = \frac{E}{R}$ , μᾶς λέει, ὅπως

ξέρουμε, πῶς ἡ ἔνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογη μέ τήν ἠλεκτρεγερτική δύναμη E καί ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τήν ἠλεκτρική ἀντίσταση R .

Ὁ παραπάνω τύπος γιά τά ἠλεκτρομαγνητικά κυκλώματα, μᾶς λέει, πῶς ἡ δυναμική ροή Φ εἶναι ἀνάλογη μέ τή μαγνητρεγερτική δύναμη F καί ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τή μαγνητική ἀντίσταση R . Τό Φ, ὅπως ξέρουμε ἐκφράζεται σέ μάξουελ. Ἡ μονάδα μέ τήν ὁποία μετροῦμε τή μαγνητρεγερτική δύναμη εἶναι τό γκίλπερτ. "Αγνητρεγερτική δύναμη ἴση μέ εἶνα γκίλπερτ πετυχαίνουμε ὅταν στείλουμε σέ ἕνα πηνίο, ἀπό μιά σπείρα, ἕνα ρεῦμα ἴσο μέ  $\frac{1}{1,25} = 0,8$  τοῦ ἀμπέρ.

Μιά ἀμπεροστροφή, λοιπόν, εἶναι ἴση μέ 1,25 γκίλπερτ ἴσο μέ 0,8 ἀμπεροστροφές.

Τή μαγνητική ἀντίσταση R, τήν μετροῦμε, ὅπως εἶδαμε καί, πιο πάνω, σέ ἔρστεντ. Θυμούμαστε ἐπίσης πῶς 1 ἔρστεντ εἶναι ἴσο μέ τή μαγνητική ἀντίσταση πού παρουσιάζει, ἕνας χῶρος μέ μήκος 1 εκατοστό, διατομή, ἐπίσης 1 εκατοστό, καί συντελεστή διαπερατότητας τή μονάδα.

Ὅπως ἡ ἠλεκτρική ἀντίσταση R εἶναι ἀνάλογη μέ τό μήκος τοῦ ἀγωγού καί ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τό συντελεστή τῆς εἰδικῆς ἀγωγιμότητος καί μέ τή διατομή τοῦ ἀγωγού, ἔτσι καί ἡ μαγνητική ἀντίσταση εἶναι ἀνάλογη μέ τό μήκος l, τοῦ μαγνητικοῦ κυκλώματος καί ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τό συντελεστή τῆς διαπερατότητας μ καί τή διατομή S.

Ὁ τύπος  $\Phi = \frac{F}{R}$  ὀνομάζεται τύπος τοῦ

Χόπκινσον.

γ) Ἡλεκτρομαγνήτης μέδι-  
 ακενό.

"Αν τὸ μαγνητικὸ κύκλωμα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη παρουσιάζει κάπου ἐκτός ἀπὸ τῆ μαγνητικῆ ἀντίσταση τοῦ πυρήνα του, καὶ εἶνα διὰκενο μέ μαγνητικῆ ἀντίστα-  
 ση  $R' = \frac{l'}{\mu}$  ὁ τύπος τοῦ Χόπκινσον παίρνει τῆ μορφή :

$$\Phi = \frac{F}{R + R'} = \frac{1,25 NI}{\frac{l}{\mu S} + \frac{l'}{S}}$$

Στῆ  $R'$  λαίπει τὸ  $\mu$ , γιατί ἀφοῦ τὸ διὰκενο εἶ-  
 ναι ἀπὸ ἀέρα,  $\mu=1$ . Ὅπως καταλαβαίνουμε, καὶ σὰ  
 μαγνητικὰ κυκλώματα ἐφαρμόζονται, τέλεια ὅσα εἶπαμε  
 γιὰ τὴν πρόσθεση τῶν ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων. Καί στὴν  
 παραπάνω περίπτωσι ἔχουμε πρόσθεση στῆ σειρά δύο μαγνη-  
 τικῶν ἀντιστάσεων. Ἀπ' αὐτές, ἡ μία εἶναι καμωμένη  
 ἀπὸ τὸν πυρήνα, καὶ ἡ ἄλλη, ἀπὸ τὸν ἀέρα.

Οἱ μαγνητικῆς ἀντιστάσεις μποροῦν νὰ συνδεθοῦν  
 καὶ παράλληλα, ὅπως προαναφέραμε ἄλλωστε. Καί τότε  
 ἐφαρμόζονται ὅλα ὅσα εἶπαμε γιὰ τῆ σύνδεσι τῶν ἠλεκ-  
 τρικῶν ἀντιστάσεων παράλληλα.

Καί ἡ δυναμικὴ ροή  $\Phi$  βρίσκειται εὐκολα, ὅταν  
 ἔχουμε μαγνητικὸ κύκλωμα μέ μαγνητικῆς ἀντιστάσεις  
 ενωμέναι παράλληλα, ἐφαρμόζοντας νόμους ὁλότελα ἀνά-  
 λογους μέ τοὺς νόμους τοῦ Κίρχωφ, πού φέρουν τὸ ὄνο-  
 μα: Νόμοι τοῦ Χόπκινσον.

## Ο Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Μ Α Γ Ν Η Τ Η Σ

### Γενικά.

Ἀπὸ τὰ ὅσα μάθαμε ὡς τώρα, ξέρουμε πὺς ἂν  
 βάλουμε μέσα σ' ἓνα πηνίον εἶνα σιδερένιον πυρήνα, τὸ μέ-  
 τאלλο αὐτό, σάν πὺ διαπερατό ἀπὸ τὸν ἀέρα, ἔχει τὴν  
 ἰκω ὄτητα νὰ μαζεῦει τίς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ πη-  
 νίου. Ἔτσι ἡ δυναμικὴ ροή μέσα στοῦ πηνίου γίνεται  
 μεγαλύτερη.

"Ὀνομάζουμε ἠλεκτρομαγνήτη", ὅπως εἶδαμε καί  
 στοῦ προηγούμενου κεφάλαιου, τὸ συγκρότημα πού σχηματίζε-  
 ται ἀπὸ εἶνα σιδερένιον πυρήνα μέ εἶνα πηνίον γύρω του.  
 Τὸ πηνίον ὀνομάζεται διεγερτικὸ πηνίον,  
 γιατί, ὅταν διαρρέεται ἀπό ρεύμα, διεγέρει τὸν πυρήνα

καί τόν μεταβάλλει σέ μαγνήτη. Οἱ πόλοι τοῦ πυρήνα-  
μαγνήτη εἶναι οἱ ἴδιοι μέ τούς πόλους τοῦ μηνίου.  
"Αν ἔχουμε παταλοειδή ἠλεκτρομαγνήτη, στό κά-  
θε σκέλος του ὑπάρχει κι' ἀπό ενα πηνίο. Τά δύο πηνία  
συνδέονται στή σειρά. Σ' αὐτή τήν περίπτωση φροντί-  
ζουμε οἱ σπειρας τοῦ ενός πηνίου νά εἶναι τυλιγμένες  
μέ διεύθυνση ἀντίθετη ἀπό τή διεύθυνση τῶν σπειρῶν  
τοῦ ἄλλου πηνίου, γιά νά σχηματίζεται πρὸς τό ἑπάνω  
μέρος τοῦ ενός πηνίου, ὅταν αὐτό διαρρέεται ἀπό ρεῦμα  
βόρειος πόλος. Οἱ πόλοι  
τῶν πηνίων μπορούν νά προσδιοριστοῦν μέ τή βοήθεια  
τῶν μνημοτεχνικῶν κανόνων τοῦ τερμπούσσονιου, τοῦ παρα-  
τηρητῆ τοῦ Ἀμπέρ ἢ τοῦ ἀντίχειρα τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ.

"Όταν κόβουμε τό ρεῦμα πού διαγεῖραι τόν  
ἠλεκτρομαγνήτη, τό μαγνητικό πεδίο ἔξαφανίζεται καί ὁ  
πυρήνας χάνει ενα μέρος ἀπό τό μαγνητισμό του καί κρα-  
τάει μονάχα τόν παραμένοντα μαγνητισμό. "Αν εἶναι ἀπό  
μαλακό σίδηρο ἀπομαγνητίζεται τελείως.

### Ἐφαρμογές τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη

Ἡ ιδιότητα τοῦ κάθε ἠλεκτρομαγνήτη νά μαγνη-  
τίζεται μέ τήν ἐπίδραση τοῦ ρεύματος πού του στέλλου-  
με, πολλές φορές ἀπό πολύ μακριά, καί ν' ἀπομαγνητι-  
ζεται ἄμα κόβουμε τό ρεῦμα, μάς δίνει τή δυνατότητα  
νά χρησιμοποιήσουμε τόν ἠλεκτρομαγνήτη σ' ενα σωρό  
ἔφαρμογές. Οἱ ἔφαρμογές αὐτές εἶναι τόσο πολλές καί  
τόσο διαφορετικές, πού δέν μπορούν νά περιγραφοῦν  
οὔτε καί ν' ἀπαριθμηθοῦν ὅλες σέ μιά γενική ἠλεκτρο-  
λογία σάν τούτη δώ. Μποροῦμε ὁμῶς νά τίς συνοψίσουμε  
στίς παρακάτω γραμμές

Α. Μεταχειριζόμαστε τήν ἐλκτική δύναμη τοῦ ἠλεκ-  
τρομαγνήτη, γιά νά πετύχουμε, ἀπό μακριά, ὤρισμένα ἀπο-  
τελέσματα.

Στήν κατηγορία αὐτή τῶν μηχανημάτων, ὁ ἠλεκτρο-  
μαγνήτης, πού εἶναι καί τό σπουδαιότερό τους ὄργανο,  
ελκει τόν ὄπλισμό του ἄμα τό ρεῦμα περάσει γιά μιά  
στιγμή ἀπό τό διεγερτικό του πηνίο. "Όταν τό ρεῦμα μη-  
δανιστεῖ, ὁ ὄπλισμός ξαναγυρνάει στήν πρῶτην του θέση  
μέ τή βοήθεια ενός ἀνταγωνιστικοῦ ἐλατηρίου, ἢ μόνης  
τῆς βαρύτητος ἢ τέλος, τῆς ἴδιας του ἐλαστικότητος.  
Σέ μερικούς μικροῦς ἠλεκτρομαγνήτες συμβαίνει πολλές  
φορές, ὅταν κοπῆ τό ρεῦμα, νά μένει στόν πυρήνα τους

λίγος μαγνητισμός πού δέν ἐπιτρέπει στόν ὄπλισμό νά ξαναγυρίσει στήν πρωτινή του θέση. Γιά τό λόγο αὐτόν κόβουμε τή συνέχεια τοῦ μαγνητικοῦ κυκλώματος βάζοντας ενα λεπτό στρώμα χαρτιοῦ στόν ὄπλισμό ἢ στούς πόλους ἢ ἀκόμη βερνικῶνοντάς τους. μέ ενα λεπτό στρώμα βερνικιοῦ.

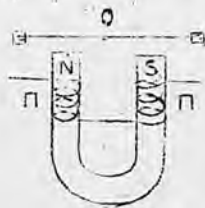
Μ' αὐτή τήν ἀρχή λειτουργοῦν τά ἠλεκτρικά κουδούνια, οἱ πίνακες τῶν κουδουνιῶν, ὁ τηλεγράφος, τό κουδούνι τοῦ τηλεφώνου, ὀρισμένα ἠλεκτρικά ρολόγια, τά μηχανήματα τῶν σημάτων καί τῶν φαλλιδιῶν στούς μεγάλους σιδηροδρομικούς σταθμούς, οἱ διακόπτες γιά τήν ἐκκίνηση ἢ τό σταμάτημα ἠλεκτρικῶν μηχανημάτων καί ἄλλα.

"Αἰ τό ρεῦμα, πού στέλνουμε ἔτσι σέ μεγάλη ἀπόσταση, εἶναι πολύ μικρό γιά νά προκαλέσει τό μηχανικό ἔργο πού θέλουμε, μεταχειρισζόμεσθε ἕναν ἡλεκτρονόμο. Ὁ ἠλεκτρονόμος εἶναι ἕνας ἠλεκτρομαγνήτης, πού ὁ ὄπλισμός του, ὁμῶς παίζει ἑνάντιμα σέ δύο ἐπαφές. Ἀπ' αὐτές, ἡ μία κλείνει ἢ κόβει ενα τοπικό κύκλωμα, πού μᾶς δίνει τό μηχανικό ἔργο πού ἐπιθυμοῦμε.

Θέλουμε π.χ. νά βάλουμε σέ κίνηση ἀπό τό Γραφεῖο μας τά μηχανήματα τοῦ ἐργοστασίου μας. "Αν εἴμαστεν στό ἐργοστάσιον θά κλείναμε, ἀπλουστάτα, τό διακόπτη τοῦ τοπικοῦ κυκλώματος πού δίνει τό ρεῦμα στά μηχανήματα καί ἔτσι αὐτά θά δουλεύουν. Τώρα ὁμῶς θά εἰδοῦμε νά τά κινήσουμε ἀπό τό Γραφεῖο, ὅπου δεσφάτουμε ενα μικρό μονάχα ρεῦμα. Μ' αὐτό ἐπιδρούμε στόν ἠλεκτρομαγνήτη τοῦ ἠλεκτρονόμου πού βρίσκεται στό ἐργοστάσιον. Αὐτός τραβάει τόν ὄπλισμό του, ὁ ὄπλισμός κλείνει τό τοπικό κύκλωμα, κυκλοφορεῖ τό ρεῦμα, καί τά μηχανήματα μπαίνουν μπρός.

Στήν τηλεγραφία καί στήν τηλεφωνία, μεταχειρίζονται πολλές φορές τοὺς λεγόμενους "πολωμένους" ἠλεκτρομαγνήτες, πού παρουσιάζουν εὐαισθησία πολύ πιά μεγαλύτερη ἀπό τοὺς κοινούς ἠλεκτρομαγνήτες.

Αὐτοὶ εἶναι καμωμένοι ἀπό ἕνα μόνιμο πεταλοειδῆ μαγνήτη Ν (σχ.Ι09), πού στά σέλη του φυλίζονται οἱ σπείρες τῶν πηνίων Π. Ὁ μαγνήτης ἔλκει τόν ὄπλισμό Ο. Ἀμα περάσει ενα ρεῦμα ἀπό τά



Σχ.Ι09



πηνία, έχουμε ανάλογα μέ τή διεύθυνσή του, εξασθένιση ή ενίσχυση του μαγνητισμού του μαγνήτη. Ξεασθένιση έχουμε, όταν τό ρεύμα, μέ τήν διεύθυνση πού έχει μέσα στά πηνία, δημιουργεί σ' αὐτά πόλους αντίθετους ἀπό τούς πόλους του μόνιμου μαγνήτη. "Αν ὅμως τό ρεύμα ἀλλάξει διεύθυνση, τότε οἱ πόλοι τῶν πηνίων εἶναι ἴδιοι μέ τούς πόλους τοῦ μαγνήτη καί ἔτσι ἔχουμε ἐνίσχυση τοῦ ὀλικοῦ πεδίου. Εἶναι εὐνόητο πῶς ἀνάλογη μέ τήν αὐξομείωση τοῦ πεδίου εἶναι καί ἡ ελεξη τοῦ οπλισμοῦ.

Τό ἀκουστικό, στίς μικροτηλεφωνικές συσκευές ὅλων τῶν τηλεφώνων, εἶναι πολωμένος ἠλεκτρομαγνήτης. Ρεύματα μέ μεταβλητή ένταση περνοῦν τά πηνία του καί προκαλοῦν μεταβλητές ελεξεις, μίας μεταλλικῆς λαπτῆς μαμβράνης πού ἀποτελεῖ τόν οπλισμό. Ἡ μαμβράνη κάνει μηχανικούς παλμούς, δημιουργεῖ ἄρα ἠχητικά κύματα πού προβάλλουν τ' αὐτιά μας. "Ἐτσι ἀκοῦμε τούς ἤχους".

Στήν τηλεγραφία μεταχειριζόμεστε ἐπίσης καί τούς λαγόμενους π ο λ ω μ ἔ ν ο υ ς ἢ λ ε κ τ ρ ο ν ὀ μ ο υ ς. Σ' αὐτούς πάλι, εἶναι μαγνητισμένος, ὄχι ὁ πυρήνας, ἀλλά ὁ ὀπλισμός. Οἱ ἠλεκτρονόμοι αὐτοί ἔχουν τήν ἰδιότητα νά κλείνουν τό τοπικό κύκλωμα, μόνον ὅταν τό ρεύμα ἔχει ὀρισμένη διεύθυνση.

B.- Χρησιμοποιοῦμε τούς ἠλεκτρομαγνήτες γιά νά δημιουργήσουμε ἰσχυρό πεδίο μέ σκοπό νά ελεξομε διάφορα μαγνητικά σώματα, πού βρίσκονται μέσα στό πεδίο, ἢ νά τούς ἀναγκάσουμε νά μάς δώσουν μέ τήν ἐλκτική τους δύναμη μηχανικό ἔργο μέ ὀρισμένη διάρκεια.

Αὐτοί οἱ ἠλεκτρομαγνήτες εἶναι πραγματικά βιομηχανικά μηχανήματα καί κατασκευάζονται μέ ὅσο γίνεται περισσότερη φροντίδα καί προσοχή, γιά νά μποροῦν ν' ἀντέχουν καί σέ μόνιμο ρεύμα, χωρίς νά ζεσταίνονται ὑπερβολικά.

"Ἐνα ἀπό αὐτά τά μηχανήματα εἶναι ὁ ἢ λ ε κ τ ρ ο μ α γ ν η τ ι κ ὸ ς ἔ π ι λ ο γ ἔ α ς, πού μάς χρησιμεύει γιά νά ξεδιαλέγουμε τά σιδερένια κομμάτια ἢ τά μαγνητικά ὀρεῖδια ἀπό τά ὑλικά πού τά περιέχουν. Μας χρησιμεύει ἐπίσης γιά νά ξεχωρίζουμε τά ρινίσματα του σιδήρου ἀπό τά ρινίσματα του μπρούντζου καί στά χυτήρια, γιά νά βγάξουμε τά ἀπομεινάρια τοῦ χυτοσιδήρου ἀπό τήν ἄμμο.

Τούς μεταχειριζόμεστε ἐπίσης γιά ν' ἀνυψώνουμε καί νά μεταφέρουμε ὀρισμένα σιδερένια ἢ ἀτσάλνια κομμάτια σ' ἀ διάφορα ἐργοστάσια ἢ χυτήρια. Μερικούς

ἀπ' αὐτούς, τέλεια, σταγανούς, γιά νά μή βραχοῦν καί βραχυκυκλωθοῦν, τούς μεταχειριζόμαστε γιά νά τραβοῦμε μέσ ἀπό τή θάλασσα μεταλλικά κομμάτια ολόκληρων τόννων. Οἱ ἠλεκτρομαγνήτες αὐτοί ἀντικαθιστοῦν τούς γερανοῦς· καί χρειάζονται ἰσχύ περιπου 1 κιλοβάττ γιά νά σηκώσουν 5 τόννους.

Μέ τέτοιους ἠλεκτρομαγνήτες ἐξοικονομοῦμε κι' ἀνθρώπους καί σκοινιά καί χρόνο.

"Ἄς σημειώσουμε ἐπίσης τή χρησιμότητά τους στά διάφορα ἐργοστάσια, οπου χρησιμεύουν γιά νά στερεώνουν στόν τόρνο τά μέταλλα που θά τορνάουμε, στά φορτηγά μαγνητικά τρυπάνια καί στούς ἠλεκτρομαγνητικούς συμπλεχτές (ἀμπραγιάς), που μᾶς χρησιμεύουν γιά νά σταματοῦμε ἢ νά δίνουμε κίνηση σε δύο ἄξονες, βαλμένους ὁ ἕνας στήν προέκταση τοῦ ἄλλου. Ἡ μαγνητική ἐλξη χρησιμεύει ἐπίσης καί γιά τό φρενάρισμα ὀχημάτων. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης που μεταχειριζόμαστε γι' αὐτόν τόν σκοπό, εἶναι θωρακισμένος καί στερεωμένος κάτω στό ὄχημα. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἄσκει μίαν ἐλξη, ὅταν θέλουμε φυσικά, σ' ενα μεταλλικό δίσκο, που βρίσκεται στερεωμένος στόν ἄξονα τῶν τροχῶν.

Ὅταν στέλνουμε ρεῦμα στά πηνία τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη, τά πολικά του κομμάτια ἔρχονται σ' ἐπαφή μέ τό δίσκο, κι' ἔτσι παράγεται ἐκεῖ μιά τριβή, που μπορεῖ ν' αὔξεμε ἰσθῆ μεταβάλλοντας μέ ροοστάτη τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος. Ἡ τριβή αὐτή μπορεί μεγαλώνοντας νά σταματήσει τό δίσκο, ἄρα καί τό ὄχημα, ἂν ἔχουμε φυσικά, κόφει στό μεταξύ καί τή δύναμη που τό κινούσε. Τό φρενάρισμα που πετυχαίνουμε μέ τέτοιο τρόπο εἶναι ἐξαιρετικά μαλακό.

Γ.- Τέλος, μεταχειριζόμαστε τούς ἠλεκτρομαγνήτες γιά νά παράγουμε, τελεῖως αὐτόματα, ὀρισμένο μηχανικό ἔργο, ὅταν ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος που διαρρέει τά πηνία τους ἔχει ὀρισμένη τιμή.

Εἶδαμε στά προηγούμενα, πώς ἡ συγκρατική δύναμη ἐνός ἠλεκτρομαγνήτη εἶναι ἀνάλογη μέ τή μαγνητική ἐπαγωγή ὑψωμένη στό τετράγωνο, (B<sup>2</sup>) καί πώς αὐτή πάλι εἶναι ἀνάλογη μέ τή μαγνητεγερτική δύναμη, δηλαδή μέ τίς ἀμπεροστροφες.

Ἡ συγκρατητική λοιπόν δύναμη ἐνός ὀρισμένου ἠλεκτρομαγνήτη ἐξαρτάται ἀποκλειστικά ἀπό τό ρεῦμα που διαρρέει τά πηνία του. Οἱ ἠλεκτρομαγνήτες, μέ

τήν ιδιότητά τους αυτή, χρησιμεύουν σ' ένα σωρό εφαρμογές και αποτελούν τό κυριότερο ὄργανο σε χίλια δυο αυτόματα μηχανήματα, πού λειτουργοῦν με ὀρισμένη ἔνταση ρεύματος. Τέτοια μηχανήματα είναι οἱ γυτόματοι διακόπτες, οἱ ρυθμιστές τοῦ ρεύματος, οἱ δαίχτες τῆς τάσης καί ἄλλα.

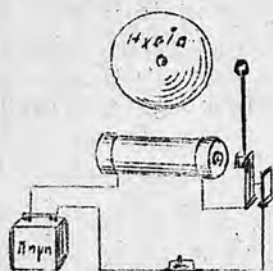
Τό ηλεκτρικό κουδοῦνι καί ὁ βομβητής.

Τά σχήματα ΠΙΟ καί ΠΙΙ μᾶς δ εἶχουν πῶς λειτουργεῖ ένα ηλεκτρικό κουδοῦνι. Στό σχ. ΠΙΟ βλέπουμε τόν ηλεκτρομαγνήτη, τήν πηγὴ καί τό διακόπτη (κουμπί). Ὁ ένας πόλος τῆς πηγῆς ἐνώνεται με τό ένα ὄριο τοῦ διαγωγτικοῦ πηνίου. Ὁ ἄλλος πᾶσι στό διακόπτη, καί ἀπ' ἐκεῖ, ἐν αὐτός, εἶναι κλειστός, σφραγίζει ὡς στήν ἐπαφή ε. Στήν ἐπαφή αὐτὴν ἐκκομπᾶει ένα μεταλλικό ἐλαστικό ἔλασμα, πού ἀποτελεῖ τόν ὄπλισμό καί ἔχει στήν ἐπάνω του μεριά μιὰ σφύρα. Στό σημεῖο, ὅπου στερεώνεται τό κάτω ἄκρο τοῦ ἐλάσματος, ἐνώνεται τό ἄλλο ὄριο τοῦ πηνίου τοῦ ηλεκτρομαγνήτη. Ἡ σφύρα βρίσκεται κοντά σ' ένα μεταλλικό ἥχειο.

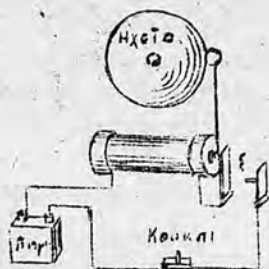
Καταλαβαίνουμε τώρα τί γίνεται ὅταν πατήσουμε τό κουμπί (σχ. ΠΙΟ/ΠΙΙ) τό Ρεύμα περνᾶει ἀπό τό πηνίο, ὁ πυρήνας ἀλμαί τόν ὄπλισμό καί ἡ σφύρα χτυπάει στό ἥχειο.

Με τήν ἔλεξη ὅμως τοῦ ὄπλισμοῦ κόβεται τό κύκλωμα στήν ἐπαφή ε. Ὁ πυρήνας, ἐπειδὴ εἶναι ἀπό μαλακό σίδηρο, χάνει τό μαγνητισμό του, καί ὁ ὄπλισμός με τήν ἐλαστικότητα πού ἔχει, ἐμβαθυρῶναι πίσω στήν ἐπαφή. Ἀλλά ἀφοῦ τό κουμπί ἐξακολουθεῖ νά εἶναι πατημένο, τό ρεύμα ἐνανακυκλοφορεῖ. ὁ πυρήνας ἐνανατραβᾶει τόν ὄπλισμό, πάλι ἡ σφύρα χτυπάει στό ἥχειο, πάλι χαλνᾶει ἡ ἐπαφή καί ἡ δουλειά αὐτὴ ἐπαναλαμβάνεται, ὅσο ἔχουμε πατημένο τό κουμπί. "Ἐτσι λειτουργεῖ τό κουδοῦνι, γιατί, με τούς παλμούς τοῦ ὄπλισμοῦ, ἡ σφύρα δίνει διαδοχικά χτυπήματα στό ἥχειο. Ὅταν ἀφίσουμε τό κουμπί, ὁ ὄπλισμός παύει τούς παλμούς του καί ἡρεμεῖ.

"Ἀν ἀφαιρέσουμε ἀπό τό ηλεκτρικό κουδοῦνι τό ἥχειο καί τῆ σφύρα καί ἀφίσουμε μονάχα τόν ὄπλισμό ἔχουμε ἀμέσως τό βομβητή. Ὁ ὄπλισμός τοῦ ηλεκτρομαγνήτη με τούς παλμούς πού κάνει, ὅταν πατοῦμε τό κουμπί, βομαῖ (βουίζει). Ἀπ' αὐτό πῆρε καί ὁ κόκληρο τό μηχανήμα τό ὄνομα βομβητής. Ὁ



Σχ. ΙΙΟ



Σχ. ΙΙΙ

βομβητής, εκτός από τή δουλειά του ἄγγέλτη, μπορεί νά μᾶς χρησιμέψει καί γιά νά κόβουμε ενα κύκλωμα πολλές φορές στό λεπτό γιά ορισμένους σκοπούς.

#### Αὐτόματοι διακόπτες.

Αὐτοί εἶναι πολλῶν εἰδῶν. Παρακάτω θά περιγράψουμε μερικούς ἀπ' αὐτούς.

#### α) Αὐτόματος διακόπτης ἑλαχίστου.

Σ' αὐτόν ὁ ἠλεκτρομαγνήτης κρατάει τόν ὄπλι-  
σμό του καί δέν τόν ἀφίνει παρά μονάχα ὅταν τό ρεῦμα  
πέσει κάτω ἀπό μιάν ὀρισμένη τιμή. Με τήν ἐλευθέρωση  
τοῦ ὄπλιου, ἀνοίγει τό κύκλωμα.

Οἱ διακόπτες αὐτοί εἶναι ἀπαραίτητοι, ὅταν  
φορτίζουμε συστοιχίες ἀπό συσσωρευτές. Μ' αὐτούς ἀπο-  
φεύγουμε τήν ἐκφόρτιση τῶν συσσωρευτῶν στό κύκλωμα  
τῆς πηγῆς πού τοὺς φορτίζει. Ο κίνδυνος αὐτός μπορεί  
νά παρουσιασταί, ἂν ἡ τάση τῆς τροφοδοτικῆς πηγῆς πέ-  
σει, γιά εἰς ὅποιοδήποτε λόγο, καί γίνοι κατώτερη  
ἀπό τήν τάση τῆς συστοιχίας. Τοὺς μεταχειριζόμεσθα  
ἐπίσης καί στά κυκλώματα πηγῶν πού μπορούν νά συνδεθοῦν  
παράλληλα.

Μερικοί ἀπό τοὺς διακόπτες αὐτούς ἀνοίγουν  
τό κύκλωμα, ὅταν τό ρεῦμα ἀλλάξει διεύθυνση καί ὅχι  
ὅταν μηδενίζεται ἢ πέσει σέ τιμή, κατώτερη ἀπό κεί-  
νη πού χρειάζεται γιά τήν ελεξη τοῦ ὄπλιου.

#### β) Διακόπτης μεγίστου.

Ο διακόπτης μεγίστου είναι μηχανήμα ρυθμιζόμενο από πριν για όρισμένη ένταση ρεύματος και άνοιγμα τό κύκλωμα άμα τό ρεύμα αυτό ξεπεράσει τήν όρισμένη του τιμή. Τον μεταχειρισόμεσθε για να προφυλάξουμε τίς έγκαταστάσεις μας από μεγάλας υπέρφορτίσεις ή βραχυκυκλώματα. Είναι καλύτερος από τήν τηχόμενη ασφάλεια, γιατί άσβαλίζει καλύτερα και δέν καίγεται όπως αυτή. Άρα ή χρησιμοποιήσεί του περιορίζει και τά έξοδα γιά τή συντήρησ η τής έγκατάστασης.

γ) Διακόπτες μεγίστου και έλαχίστου ή διακόπτες μιχτοί.

Αυτοί είναι μηχανήματα που κόβουν τό ρεύμα, όταν ξεπεράσει ένα όριο άώτερο από τήν κανονική του τιμή. Η λειτουργία τους πετυχαίνεται μέ συνδυασμό δύο αυτοάτων διακοπτών, που ο ένας τους είναι διακόπτης μεγίστου και ο άλλος έλαχίστου.

δ) Διακόπτες μέ κ α θ υ σ τ ε ρ η σ η . Οί διακόπτες μεγίστου παρουσιάζουν τό μειονέκτημα να άναργούν πολύ γρήγορα, γιατί λειτουργούν άμέσως, όταν τό ρεύμα ξεπεράσει τό όρισμένο γι αυτούς όριο. Επειδή όμως ένα ρεύμα μεγαλύτερο από τό κανονικό δέ βλάπτει όταν διαρκεί λίγο, κι από τήν άλλη μεριά μας συμφέρει ν' άνοίξει ο αυτόματος σε  $I/2$  I, ή και 2 δευτερόλεπτα, σκέφτηκαν και κατασκευάσαν δύο ειδών διακόπτες, που τούς χρησιμοποιούμε σε ειδικές περιπτώσεις. Ο ένας απ' αυτούς λειτουργεί, όταν ή υπέρένταση διαρκεί όρισμένο χρόνο και ο άλλος άνοίγει τόσο γρηγορώτερα, όσο μεγαλύτερη είναι ή υπέρένταση αυτή. Π.χ. ένας τέτοιος διακόπτης μέ καθυσέρηση, ρυθμισμένος ν' άνοίξει σε 6 δευτερόλεπτα μέ ρεύμα 100 άμπέρ, θά λειτουργήσει σε 3 δευτερόλεπτα, άν τό ρεύμα φτάσει τά 150 άμπέρ και σε 1 δευτερόλεπτο, άν τό ρεύμα γίνει 300 άμπέρ.

ε) Διακόπτης άποκαταστάτ η σ .

Ο διακόπτης αυτός, αντίθετα από τούς διακόπτες μεγίστου ή έλαχίστου, κλείνει ένα κύκλωμα μόνο όταν γίνουν όρισμένα πράγματα. Παράδειγμα: Στη φόρτιση τών συσσωρευτών πρέπει να κλεισει τό κύκλωμα για ν' αρχίσει ή φόρτιση, μόνο όταν ή τάση τής τροφοδοτικής πηγής ξεπεράσει τήν αντιηλεκτράγαρτική δύναμη τών συσσωρευτών.

Η δουλειά αυτή μπορεί να γίνει αυτόματα μέ ένα μηχανήμα που χρησιμεύει ταυτόχρονα και για



διακόπτης ελαχίστου καὶ ὀνομάζεται " διακόπτης ἀποκαταστάτης- διακόπτης ελαχίστου".

Τέτοιους διακόπτες, σὲ ἀπλούστερη ὁμῶς κατασκευή, μεταχειρίζομαστε καὶ σ' ἕνα σωρὸ ἄλλες, ἐφαρμογές, π.χ. γιὰ τὸ αὐτόματο κλείσιμο ἐνὸς ἐφεδρικοῦ κυκλώματος μὲ ρεῦμα, ὅταν διακοπεῖ ἕξαινα τὸ κύριο ρεῦμα, γιὰ τὴ σύνδεση ἢ τὸ βραχυκύκλωμα ἀντιστάσεων σὲ κυκλώματα γιὰ τὴν ὁμαλή ἐκκίνηση κινητῶν (ἀνελευστήρας ἠλεκτρικοὶ σιδηροδρόμοι), γιὰ τὴν τηλεκίνηση ρυθμιστικῶν ὀργάνων καὶ γιὰ ἄλλους διάφορους σκοποῦς.

Γιὰ νὰ τελειώσουμε μὲ τίς ἐφαρμογές τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν, ἅς ποῦμας αὐτὲς εἶναι τόσο ἀπείρας, πού λίγα ἠλεκτρικὰ μηχανήματα ὑπάρχουν δίχως ἠλεκτρομαγνητή. Ἐντός αὐτῶν, ὅλες οἱ μηχανές, πού μεταχειρίζομαστε σήμερα γιὰ νὰ μετατρέψουμε τὴ μηχανικὴ ἐνεργεῖα εἰς ἠλεκτρικὴ ἢ ἀντίστροφα, εἶναι συνδυασμοὶ ἀπὸ ἠλεκτρικὰ ὄργανα μὲ μαγνητικὰ κυκλώματα σχηματισμένα ἀπὸ ἰσχυροῦς ἠλεκτρομαγνητῆς.

ΠΩΣ ΓΕΝΝΟΥΜΕ ΡΕΥΜΑ  
ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ Πεδίου

⊗ Ἐπαγωγικὰ φαινόμενα

Γενικά

Στὸ προηγούμενο κεφάλαιο εἶδαμε, πῶς, ἂν μέσα σ' ἕνα πηνίο μὲ ρεῦμα βάλουμε ἕναν πυρῆνα ἀπὸ σίδηρο ἢ ἀτσάλι, τὸ μέταλλο μαγνητίζεται. Τώρα θὰ δοῦμε, ὅτι μπορούμε νὰ δημιουργήσουμε καὶ ἀντίστροφα φαινόμενα. Ἐπομένως : " Ἄν κινήσουμε ἕνα μαγνητῆ ἢ ἠλεκτρομαγνητῆ καὶ γεννιᾶται μιά πηγὴ μαγνητικοῦ πεδίου, μέσα ἢ κοντὰ σ' ἕνα πηνίο, γεννοῦμε στίς σπειρας τοῦ πηνίου ἠλεκτρικό ρεῦμα.

Τὸ ρεῦμα, πού γεννιέται μὲ τέτοιο τρόπο, λέγεται ρεῦμα ἀπὸ ἐπαγωγῆ ἢ ἐπαγωγικὸ ρεῦμα.

Τὸ ὄργανο, πού δημιουργεῖ τὸ ἀπαιτούμενο γιὰ τὴ γέννηση τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος, μαγνητικὸ πεδίο, λέγεται ἐπαγωγέα.

Τὸ πηνίο ὅπου δημιουργεῖται τὸ ἐπαγωγικὸ ρεῦμα, ὀνομάζεται ἐπαγωγίμιον.

Λεμε λοιπόν, πώς ἔπαγωγέας ἔπα-  
γγι ρεύματα στο ἔπαγγιγμο.

Ὁ πρῶτος πού δημιούργησε ἔπαγωγικό ρεύμα, ἦ-  
ταν ὁ Φάρανταιν (29 Αὐγούστου 1831).

Ὁ Φάρανταιν πίστευε πώς ὅλα τὰ φαινόμενα  
μποροῦν ν' ἀναστραφοῦν. Με τόν ἠλεκτρισμό γαννοῦμε μα-  
γνητισμό, πρέπει λοιπόν καί μέ τό μαγνητισμό νά μπο-  
ροῦμε νά γεννήσουμε ἠλεκτρισμό. Αὐτή ἦταν ἡ σκέψη του

Ἀπ' αὐτήν τήν ἀνακάλυψ τοῦ Φάρανταιν γεννήθη-  
κε ὁλόκληρη ἡ σύγχρονη ἠλεκτρική βιομηχανία.

Ὡς τή στιγμή, πού τὰ φαινόμενα τῆς ἔπαγωγῆς  
μᾶς ἔδωσαν τόν τόσο ἀπλό καί πρακτικό τρόπο νά δημι-  
ουργοῦμε ἔπαγωγικά ρεύματα, οἱ ἐφαρμογές τοῦ ἠλεκτρι-  
σμοῦ περιορίζονταν κυρίως μέσα στά ἐργαστήρια. Τα ἠ-  
λεκτρικά στοιχεῖα χρησιμοποιοῦσαν, φυσικά, ἠλεκτρικό ρεύμα  
ἀλλά ἡ χημική ἐνέργεια, πού ἐξοδεύονταν, ἦταν πολύ  
ἀκριβή, καί τὰ στοιχεῖα μεγάλα καί δυσκολεματαχειρί-  
στα. Ὁ παλιός τρόπος τῆς παραγωγῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ  
μέ τριβή καί μ' ἐπίδραση εἶχε μονάχα θεωρητικά ἐνδιαφέ-  
ρον, γιατί ἡ ἀπόδοσή του ἦταν ἐλασινή. Τό μεγαλύτε-  
ρο μέρος ἀπό τό ἔργο πού ἐξοδεύονταν γιά τήν παρα-  
γωγή ρεύματος μ' αὐτό τόν τρόπο, πῆγαινε χαμένο στή ζέ-  
στη πού προκαλοῦσαν οἱ τριβές. Ἐπίσης ἀπ' αὐτό, ἡ ἠλε-  
κτρική ἐνέργεια παρουσιαζόταν ἐπίσης δυσκολεματαχειρί-  
στη. Μικρή ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἀπό τή μιᾶ μεριά, καί  
πολύ ὑψηλή τάση, ἀπό τήν ἄλλη, Σά μιᾶ κλωστή νερό, πού  
πέφτει ἀπό πολύ μεγάλο ὕψος.

Ἡ ἀνακάλυψη τῶν ἔπαγωγικῶν φαινομένων ἀπό  
τόν Φάρανταιν, ἔδωσε μιᾶ τεράστια ὠθηση στήν ἠλεκτρο-  
τεχνία, πού βρισκόταν ὡς τότε στή νηπιακή τῆς ζωῆ.

Ἡ ὠθηση αὐτή τή γιγάντωσε τόσο, πού ὅλοι μας σήμερᾶ  
τήν καμαρώνουμε μέ θαυμασμό.

Πῶς γεννιέται τό ἔπαγωγικό ρεύμα.

"Ἄς πάρουμε ὅμως τὰ πράματα ἀπό τήν ἀρχή γιά  
νά δοῦμε τί ἀκριβῶς εἶναι αὐτά τὰ ἔπαγωγικά φαινόμε-  
να. Τό ἀδόλουθο βασικό πείραμα θά μᾶς εὐκολύνει νά  
καθορίσουμε τό πῶς γεννιέται ἕνα ἔπαγωγικό ρεύμα (Σχ. II2)  
Παίρνουμε πρῶτα ἕνα πηνίο καί συνδέουμε τίς ἄκρες τοῦ-  
σῦματός μ' ἕνα γαλβανόμετρο, γιά νά μπορούμε νά διαπι-  
στάνουμε ἂν τό πηνίο διαρρέεται ἢ ὄχι ἀπό ρεύμα.  
"Ἐπειτα βυθίζουμε ἀπότομα ἕνα μαγνήτη μέσα στό πη-

νίο, τὸν ἀφίνο-  
 με λίγο εκεί και  
 υστερα τὸν βγά-  
 ζουμε πάλι, ἀπότο-  
 μα. Αυτό είναι  
 ὅλο τὸ πείραμα.  
 Τώρα τ' ἀποτελέ-  
 σματά του.

Αὐτὰ συνο-  
 φίζονται σὲ τρεῖς  
 παρατηρήσεις:

Πρώτη πα-  
 ρατήρηση:

Όταν βυθίζουμε  
 ἀπότομα τὸ μαγνή-  
 τη μέσα στο πηνίο,  
 διαπιστώνουμε, πῶς,  
 ὅσο διαρκεῖ αὐτή  
 ἡ κίνησή του, ὁ

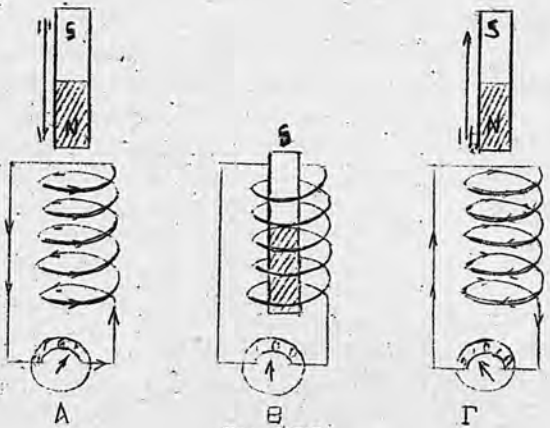
δείκτης τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει πρὸς ὀρισμένη διεύ-  
 θυνση. Αὐτὴ ἡ διαπίστωσή μας ἀναγκάζει νὰ παραδεχτοῦ-  
 με, πῶς τὸ πηνίο διαρρεεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸ ρεῦμα.

(Σχ. II2 A) πού ἔχει ὀρισμένη διεύθυνση.

Δεύτερη παρατήρηση: Όταν σταματήσει  
 ἡ βύθιση τοῦ μαγνήτη, ὁ δείκτης τοῦ γαλβανομέτρου ξα-  
 ναγυρίζει, στο μηδέν, αὐτὸ θά πει, πῶς τώρα δέν υπάρχει  
 ἐπαγωγικὸ ρεῦμα στο πηνίο, ἂν καὶ ὁ μαγνήτης βρίσκε-  
 ται ἀκόμη μέσα του (Σχ. II2 B).

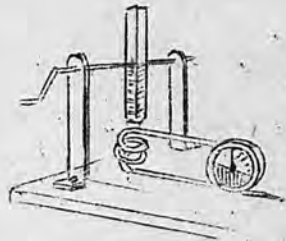
Τρίτη παρατήρηση: Όταν βγάζουμε τὸ  
 μαγνήτη ἀπὸ τὸ πηνίο, βλέπουμε πάλι τὸ δείκτη τοῦ γαλ-  
 βανομέτρου ν' ἀποκλίνει, τὴν φορά ὅμως αὐτὴν σὲ διεύθυν-  
 ση ἀντίθετη ἀπὸ τὴν πρώτην. Συμπεραίνουμε, λοιπόν,  
 πῶς καὶ ὅταν βγάζουμε τὸ μαγνήτη γεννιέται μέσα στο πη-  
 νίο ρεῦμα μὲ τὴ διαφορά μονάχα, πῶς τώρα τὸ ρεῦμα ἔχει  
 διεύθυνση ἀντίθετη ἀπὸ ἐκείνην πού εἶχε, ὅταν βυθίζα-  
 με τὸν μαγνήτη μέσα στο πηνίο (Σχ. II2 Γ).

Μποροῦμε ὅμως νάπε τύχουμε τὰ ἴδια ἰποτελέσμα-  
 τα μὲ ἄλλη διάταξη, πού μας βγάζει ἀπὸ τὸν κόπο, ἄλλοτε  
 νὰ βυθίζουμε καὶ ἄλλοτε νὰ βγάζουμε τὸ μαγνήτη ἀπὸ τὸ  
 πηνίο. Ἄς προσάξουμε τὸ Σχ. II3. Περνοῦμε τὸ μαγνήτη  
 σ' ἄξονα ἄξονα καὶ γυρνώντας τὴ λαβὴ τοῦ ἄξονα, περι-  
 στρέφουμε τὸ μαγνήτη ἐπάνω ἀπὸ τὸ πηνίο. Ὅπως καταλα-



Σχ. II2

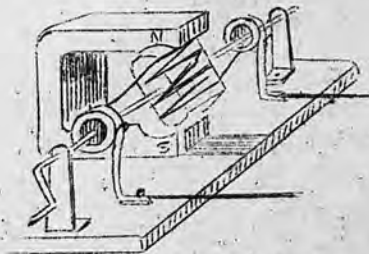
βαίνουμε, ο βόρειος και νό-  
τιος πόλος του μαγνήτη θά  
πλησιάζουν και θ' απομα-  
κρύνονται από τό πηνίο δια-  
δοχικά, και κάθε φορά θά γιν-  
νιέται στό πηνίο ένα ρεύμα,  
πού η διεύθυνση και ή έντα-  
σή του θά παρουσιάζουν εναλ-  
λαγές, ένα εναλλάσ-  
σομόριο, όπως λέγεται  
ρεύμα. Ο στρεπτός επαγωγέας  
(μαγνήτης) μέ τό στατό (ά-  
κίνητο) επαγωγίμο (πηνίο)  
αποτελούν μία τέλεια πηγή  
εναλλασσομένου ρεύματος. Με παρόμοιες πηγές είναι έ-



Σχ. ΙΙ3

φοδιασμένα τά μοντέρνα φαναράκια τής τσέπης, πού δέ  
χρησιμοποιούν στήλας.

Στήν κατασκευή τους οι  
πηγές αυτές δέν διαφέρ-  
ουν βασικά από τά ο-  
σα παραπάνω είπαμε. Η  
μόνη του διαφορά είναι  
πως έχουν αντί για ένα  
πηνίο, πολλά πηνιάκια  
άραδιασμένα σε κύκλο.  
Στό κέντρο του κύκλου  
βρίσκεται ο άξονας του  
μαγνήτη, πού η περιστρο-  
φή του γίνεται μέ τη  
βοήθεια ενός ελατηριωτού μοχλού και όδοντωτών τροχών.



Σχ. ΙΙ4

Τά δύο παραπάνω πειράματα μπορούν να επαναληφθού  
άν αντικαταστήσουμε τό μαγνήτη μέ ένα πηνίο πού διαρ-  
ρέεται από ρεύμα ή και μέ ένα ηλεκτρομαγνήτη. Καταλα-  
βαίνουμε επίσης εύκολα, πως θά έχουμε τά ίδια φαινό-  
μενα, αν κρατούμε ακίνητο τό μαγνήτη και πλησιάζουμε  
σ' αυτόν ή απομακρύνουμε απ' αυτόν τό πηνίο. Στό ίδιο  
αποτέλεσμα καταλήγουμε και αν περιστρέφουμε τό πηνίο  
μέσα σ' έναν πεταλοειδή μαγνήτη. Τό σχ. ΙΙ4 δείχνει για  
τέτοια διάταξη.

Σ' αυτήν βλέπουμε τόν επαγωγέα, δηλαδή έναν  
πεταλοειδή μαγνήτη μέ τούς βόρειο και νότιο πόλους  
του, πού ανάμεσα τους γυρίζει, στερεωμένο στον άξονά  
του, ένα πηνίο, τό επαγωγίμο δηλαδή τής μηχανής. Εδώ τό  
στρεπτό είναι τό επαγωγίμο και τό στατό, ο επαγωγέας. Πρίν  
τά πράματα ήταν αντίθετα, γιατί ο επαγωγέας ήταν τό

στραπτό και τό επαγωγίμο, τό στατό.

Γιά νά εξακριβώσουμε τίς σπεῖρες τοῦ πηνίου καλύτερα, σχεδίασαμε τόν πυρήνα τοῦ σά νάναϊ ἀπό γυαλί. Τό καθένα ἀπό τά ἄκρα τοῦ πηνίου καταλήγει καί σ' ἕνα δαχτυλίδι. Στά δύο δαχτυλίδια ἀκουμπάμε οἱ λεγόμενες φ ἤ χ τ ρ ε ς, πού μπορεῖ νά εἶναι εἴτε ἀπό κάρβουνο, εἴτε ἀπό μέταλλο. Στό σχ. Π14 παρουσιάζονται σά μεταλλικά εἰσόματα. Οἱ φῆχτρες φέρνουν τό ρεῦμα ἀπό τά ἄκρα τοῦ πηνίου, ὅταν, μέ περιστροφή τοῦ μέσα στόν μαγνήτη, γεννιέται τέτοιο ρεῦμα, στό ἐξωτερικό κύκλωμα.

"Αν τό κύκλωμα τοῦ πηνίου εἶναι ἀνοιχτό, ὅπως εἶναι στό σχῆμα, εἶναι φυσικό νά μὴν ὑπάρχει ρεῦμα, αὐτό ὅμως δέ σημαίνει πὼς δέ γεννιέται καί ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη στό πηνίο μέ τὴν κίνηση τοῦ μαγνήτη πρὸς τό πηνίο ἢ τοῦ πηνίου πρὸς τό μαγνήτη. Αὐτὴ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη πού γεννιέται επαγωγικά ἀπὸ τό μαγνητικὸ πεδίο καὶ λέγεται ἡ λ ε κ τ ρ ε γ ε ρ τ ι κ ῆ δ ύ ν α μ η ἀ π ὸ ἑ π α γ ω γ ῆ ἢ ἑ π α γ ω γ ι κ ῆ ἡ ε δ ύ ν α μ η, εἶναι ἡ εἰσία πού γεννιέται τό επαγωγικὸ ρεῦμα, ὅταν τό κύκλωμα τοῦ πηνίου εἶναι κλειστό. Τό μαγνητικὸ λοιπὸν πεδίο, ἔχει τὴν ἰκανότητα, ὅταν εἶναι μεταβλητό, νά μετακινεῖ τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια μέσα στόν ἄγωγό, πότε πρὸς τὴ μία κατεύθυνση καί πότε πρὸς τὴν ἄλλη, ἀνάλογα μέ τὴν κίνηση τοῦ μαγνήτη ἢ τοῦ πηνίου.

Ἀπ' αὐτὰ ὅλα βγάζουμε τό συμπέρασμα, πὼς κάθε πηνίο, ἢ, πλοῦ γενικά, κάθε ἄγωγός πού μετακινεῖται μέσα σὲ μαγνητικὸ πεδίο, γίνονται εδρα μιᾶς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμης, ὅπως καί ὁ ψευδάργυρος μέ τό χαλκὸ, ὅταν βυθιστοῦν στόν ἡλεκτρολύτη.

Τό μυστικὸ γιὰ τὴν γέννηση τῶν επαγωγικῶν ρευμάτων.

Τό μυστικὸ σ' ὅλην αὐτὴν τὴν ὑπόθεση τῶν επαγωγικῶν ρευμάτων εἶναι, ὅτι οἱ σπεῖρες τοῦ πηνίου ἢ ὁ ἀπλὸς ἄγωγός πρέπει νά βρίσκονται σὲ μεταβλητό μαγνητικὸ πεδίο ἢ νά κόβουν τίς δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ πεδίου. Τότε, καί μόνον τότε, γεννιέται ἡ ε. δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγή. Στό πρῶτο πείριμα εἶδαμε, πὼς τό επαγωγικὸ ρεῦμα γεννιέται μόνον ὅταν ὁ μαγνήτης μπαίνει στό πηνίο ἢ ὅταν βγαίνει ἀπ' αὐτό.



Όταν ο μαγνήτης βρίσκεται κίνητος μέσα στο πηνίο, το ρεύμα παύει, και πολύ σωστά, γιναί τότε οι σπειρές του πηνίου βρίσκονται βέβαια στο μαγνητικό πεδίο, δέν κόβουν, όμως, τίς δυναμικές του γραμμές. Οι σπειρές λέμε, βρίσκονται σά σταθερό μαγνητικό πεδίο.

Τό κωμικοτραγικό σ' αυτή τήν ιστορία για τήν ανακάλυψη των επαγωγικών φαινομένων είναι, πως λίγους μήνες πρίν από τόν Φάρανταιν, ένας νεαρός μηχανικός, γεννημένος στή Γενεύη, ο Κολλαντόν, (I) δούλευε όπως και άλλοι τής εποχής του για τό ίδιο ζήτημα, και λίγο έλειψε νά πάρει αυτός τή δόξα, αντί του Φάρανταιν.

Είχα στρωθεί λοιπόν σά πειράματα για νά γεννησει ρεύμα μέ τή βοήθεια του μαγνήτη, κάνοντας κι αυτός τή σκέψη, πως, αφού τό ρεύμα γεννάει μαγνητικό πεδίο, πρέπει και τό τελευταίο νά γεννάει ρεύμα. Έφτασα μάλιστα στο σημείο νά συνδέσει σ' ένα πηνίο ένα ευαίσθητο γαλβανόμετρο και νά βυθίσει, στο πηνίο τό μαγνήτη. Έφτασα, δηλαδή, στο νύν και άει, όπως λέμε. Και μ' όλα ταύτα τήν έπαθε σάν τόν αφελέστερο πρωτόπαρρο. Μή έχοντας άριστό χώρο για τά πειράματά του, φτωχός μηχανικός πρίν γίνει έπιτα διάσημος, και θέλοντας νά βγάλει έξω από τήν επίδραση του μαγνήτη τό δείκτη του γαλβανόμετρου, τοποθέτησ τό τελευταίο, όχι στο ίδιο δωμάτιο μέ τό πηνίο, αλλά στο διπλανό. Έβαζα τότε πρώτα τό μαγνήτη στο πηνίο, και μη έχοντας και βοηθό, ξεκίνουσα έπειτα χωρίς καθόλου νά βιάζομαι, για νά πάει στο διπλανό δωμάτιο και νά δει άν τό γαλβανόμετρο δείχνει ρεύμα. Έφτανα, δηλαδή, κι αυτός σάν εκείνους τους ... άριστους αστυνομικούς πάντοτε πολύ άργά, γιατί, στο μεταξύ, ο δείκτης του όργάνου γυρνούσα στήν αρχική του θέση και ηρεμούσα. Ο Κολλαντόν νόμιζε, ούτε λίγο, ούτε πολύ, πως αφού τό μαγνητικό πεδίο πού παράγεται από τό ρεύμα διαρρηί, όσο και τό ρεύμα, πρέπει και τό επαγωγικό εύμα νά διαρρηί, όσο χρόνο βρίσκεται μέσα στο πηνίο ο μαγνήτης. Αν καταλάβαινε όμως, πως τά επαγωγικά ρεύματα είναι στιγμιαία, γιατί γιεννούνται βέβαια μέ τή βοήθεια του μαγνητικού πεδίου, αλλά και μέ τή μηχανή.

(I) Γιάννης Δανιήλ Κολλαντόν ( Colladon ). Έλβετός μηχανικός. Ασχολήθηκε ιδιαίτερα μέ τόν ηλεκτρισμό (1802-1893).

νική ενέργεια του χεριού μας που κινεί το μαγνήτη μέσα στο πηνίο, δε θα πήγαινε με όλη του την ψυχία, αλλά θα έτρεχε στο διπλανό δωμάτιο για να δει το γαλβανόμετρο και έτσι θα πρόφτανε ίσως να δει τόδε είχτη, πριν ήρμήσει. Έτσι η δόξα του Φαρανταλι θ' άνηκε σ' αυτόν.

Έκεινο λοιπόν που ξέφυγε του Κολλαντόν ήταν, πώς τά επαγωγικά ρεύματα είναι στιγμιαία. Κι αλήθεια: Αν μετακινούμε το μαγνήτη καλινδρομικά μέσα στο πηνίο, συνάχεια από τό πρωί ως τό βράδυ, δημιουργούμε στο κύκλωμα του πηνίου μεγάλης ποσότητας ηλεκτρισμού που ξεθεύονται όλες σ' αυτό με μορφή ζέστης. Έπειδή όμως, ύστερα άπ' αυτό τό πείραμα, που μπορεί να βαστάξει όσο θέλουμε μείς, δε σιαπιστώνουμε καμιά μεταβολή, μαγνητική ή άλλη, στην κατάσταση του μαγνήτη, πράται να παραδεχτούμε πώς η ηλεκτρική ενέργεια, που ξεθεύτηκε με μορφή ζέστης στο κύκλωμα του πηνίου, δέ γεννήθηκε ξεθεύοντας τή μαγνητική ενέργεια του μαγνήτη, άφου, όπως είπαμε, τίποτα δέν άλλαξε σ' αυτόν, άλλα τήν ενέργεια αυτού που κάνει τό πείραμα. Αν άνθρωπος κάνει τό πείραμα, τήν ενέργεια του ανθρώπου. Αν μηχανή κινάει τό μαγνήτη, τήν ενέργεια τής μηχανής.

Από τήν άλλη πάλι μεριά, δέν μπορούμε να παραδεχτούμε πώς φτάνει να ξεδέξουμε μονάχα μηχανική ενέργεια για να βγάλουμε ρεύμα. Αντικαταστείτε τό μαγνήτη μ' ένα κομμάτι άμαγνήτιστο άτσάλι και κινάτε, τό όσο θέλετε μέσα στο πηνίο. Είς αιώνα τόν άπαντα να προσπαθείτε, δε θα μπορούσατε ποτέ να δημιουργήσατε επαγωγικό ρεύμα. Γι' αυτό λέμε, πώς στην περίπτωση αυτήν, γεννούμε επαγωγικά ρεύματα με τή βοήθεια του μαγνητικού πεδίου, ξεθεύοντας, όμως, μηχανική ενέργεια.

Η μετατόπιση λοιπόν, του επαγωγέα σ' ένα κλειστό μεταλλικό κύκλωμα ή και τό αντίστροφο, μάς δίνει ένα εξαιρετικό θαυμάσιο μέσο να μετατρέπουμε τή μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

Σ' αυτή τήν άρχή στηρίζεται σήμερα η λειτουργία όλων των βιομηχανικών ηλεκτρικών μηχανών.

Απομένει τώρα να μάθουμε ποιά τιμή έχει η ηλεκτραγεργτική δύναμη που γεννιέται από επαγωγή, καθώς και τί διεύθυνση έχει τό επαγωγικό ρεύμα, δηλαδή ποιά από τίς δύο άκρες του πηνίου ή του άγωγού θα είναι ο θετικός και ποιά ο άρνητικός πόλος.

Τά στοιχεία αυτά μᾶς τὰ δίνουν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι, πού λέγονται νόμοι τῆς ἐπαγωγῆς.

Πρῶτος νόμος τῆς ἐπαγωγῆς.

Ὁ νόμος αὐτός, πού εἶναι γνωστός καί μέ τό ὄνομα κανόνας τοῦ Φάρανταϊν,

Ἡ μέση ἡλεκτρικὴ δύναμη, σέ βόλτα, πού γεννιέται σέ μία σπείρα, εἶναι, καί θά στυγμῆ, ἀνάλογη μέ τῆ μεταβολή τῆς δυνάμικῆς ροῆς, πού παρνῆ μέσα ἀπό τῆ σπείρα, ἐκφραζομένης σέ μάξουελ, καί ἀντιστροφᾶ ἀνάλογη μέ τό χρόνο, πού βᾶσταξε αὐτή ἡ μεταβολή, ἐκφραζόμενο, σέ δευτερόλεπτα, καί μέτόν ἀριθμὸ 10<sup>8</sup>. Δηλαδή :

$$\text{Μέση ἡ.ε. δύναμη} = \frac{\text{Μεταβολή τῆς ροῆς}}{\text{Χρόνος τῆς μεταβολῆς}} \times 10^8$$

$$\text{ἢ Ε μέση} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{(t_1 - t_2) \times 10^8} \quad (\text{βόλτ})$$

Ὅπου  $\Phi_1$  ἡ ἀρχικὴ ροή καί  $\Phi_2$ , ἡ τελικὴ.

Ἀπό τόν τύπο φαίνεται ἡμέσως, πῶς ὅσο ἡ διαφορά  $\Phi_1 - \Phi_2$  εἶναι μεγαλύτερη, καί ὅσο ὁ χρόνος  $t$  τῆς μεταβολῆς εἶναι μικρότερος, τόσο καί ἡ ἡ.ε. δύναμη εἶναι μεγαλύτερη.

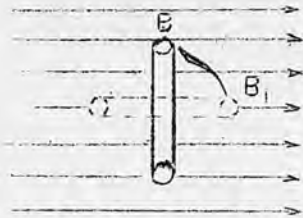
Ἄν σημειώσουμε τὴ διαφορά, πού θά προκύψει, ὅταν ἀφαιρέσουμε τό  $\Phi_2$  ἀπό τό  $\Phi_1$ , μέ τό συνηματικὸ  $\Delta\Phi$ , καί τῆ διαφορά τοῦ χρόνου, πού μεσολάβησε ἀπό τό χρόνο  $t_1$  ὡς τό χρόνο  $t_2$ , γιὰ νά μεταβληθεῖ ἡ ροή ἀπὸ  $\Phi_1$  σέ  $\Phi_2$ , μέ τό συνηματικὸ  $\Delta t$ , ὁ τύπος παίρνει τὴν ἀκόλουθη μορφή :

$$E (\text{μέση}) = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t \times 10^8}$$

Ἄς φέω υμε τώρα μερικὰ παραδείγματα γιὰ νά κα-

ταλάβουμε πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε μία μεταβολή της δυναμικής ροής και ποιά τιμή έχει η μέση επαγωγική ή.ε. δυναμη.

Πρώτο παράδειγμα:  
 Ο επαγωγέας, στα-  
 τός και τό επαγω-  
 γιμοστραπτό. Ψ



Σχ. Π15

Τό σχ. Π15 μās παρου-  
 σιάζει ένα ομοιόμορφο μαγνη-  
 τικό πεδίο με ένταση, ως πούμε  $H=5.000$  γκάους, και  
 μία μονάχα σπείρα στη θέση Β, βαλμένη κάθετα προς τις  
 δυναμικές γραμμές του πεδίου. "Ας υποθέσουμε, πώς η  
 επιφάνεια S της σπείρας αυτής είναι 100 τετραγωνικά  
 εκατοστά. Με μία στροφή, που αρχίζει π.ο.χ. τήν  
 ώρα :  $t_2 = 8^w 15' 10''$  και τελειώνει τήν ώρα :  
 $t_1 = 2^w 15' 10''$  και 1/100 του δευτερολέπτου, που βα-  
 στάει δηλαδή ένα χρονικό διάστημα  $\Delta t = 8^w 15' 10'' - 2^w 15' 10'' = 6^w 15' 10'' = 6.25 \cdot 10^{-2}$  s, φέρνουμε τή σπεί-  
 ρα, όπως δείχνει τό βέλος, στη θέση  $B_1$  και έτσι κά-  
 νουμε τό επίπεδο της παράλληλο με τις δυναμικές γραμ-  
 μές του πεδίου.

Στή θέση Β διαπερνά τή σπείρα μία δυναμική  
 ροή  $\Phi_1$ , που η τιμή της δίνεται από τόν τύπο:

$$\Phi_1 = H S \eta_{μα}$$

Στήν θέση αυτήν, τό επίπεδο της σπείρας σχη-  
 ματίζει με τή διεύθυνση των δυναμικών γραμμών όρθή  
 γωνία, δηλαδή γωνία 90 μοιρών. Τό ημίτονο των 90  
 μοιρών είναι ίσο με 1. "Αρα:

$$\Phi_1 = H S \eta_{μα} = 5.000 \times 100 \times 1 = 500.000 \text{ μάξουαλ.}$$

Στή θέση  $B_1$ , τό επίπεδο της σπείρας είναι κα-  
 τάλληλο με τή διεύθυνση των δυναμικών γραμμών, ή γω-  
 νία λοιπόν, που σχηματίζει μ' αυτές, είναι  $0^\circ$ . Τό  
 ημίτονο της γωνίας αυτής είναι ίσο με τό μηδέν. "Αρα  
 και η ροή  $\Phi_2$ , που θα διαπερνά τώρα τή σπείρα, θα είναι:

$$\Phi_2 = H S \eta_{μα} = 5.000 \times 100 \times 0 = 0$$

Η διαφορά  $\Delta\Phi$  της ροής, δηλαδή ο δυναμικός γραμ-  
 μέσ που κόβονται από τή σπείρα κατά τήν περιστροφή

της, είναι:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = 500.000 - 0 = 500.000$$

Καί η μέση επαγωγική ή.ε.δύναμη :

$$E \text{ (μέση)} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t \times 10^8} = \frac{500.000}{\frac{1}{100} \times 10^8} = 0,5 \text{ βόλτ}$$

"Αν αντί για μία σπείρα, έχουμε ένα πηνίο με 200 σπείρες, οι επαγωγικές ή.ε.δυνάμεις των σπαιρών άθροίζονται όλες μαζί, και η μέση ή.ε.δύναμη, όταν θά δώσουμε στο πηνίο τόν ίδια στροφή, τά είναι :

$$E \text{ (μέση)} = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2)N}{(t_1 - t_2) \times 10^8} = \frac{\Delta\Phi \times N}{\Delta t \times 10^8} = \frac{500.000 \times 200}{\frac{1}{100} \times 10^8} = \frac{10000}{10^8} = 100 \text{ βόλτ.}$$

"Αν η αντίσταση, πού έχει τό κύκλωμα του πηνίου, είναι = 200 Ω, η μέση ένταση του επαγωγικυ ραύματος θά είναι:

$$I \text{ (μέση)} = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2)N}{\Delta t \times R \times 10^8} = \frac{100}{20} = 5 \text{ άμπέρ}$$

Καί η ποσότητα ήλεκτρισμού, πού θά κυκλοφορήσει στό κύκλωμα στό 1/100 του 1'', όσο βαστάει δηλαδή η στροφή, θά είναι:

$$Q = I \times t = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2)N \times t}{t \times R \times 10^8} = \frac{10^8}{2 \times 10^8} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ του}$$

κουλόμ.

Η μέση ισχύ, πού παρουσιάζει τό επαγωγικό αυτό ραύμα, θά είναι:

$$P = E \times I = 100 \times 5 = 500 \text{ βάττ.}$$

Καί η αντίστοιχη ενέργεια, έπειδή τό ραύμα βαστάει μονάχα 1/100 του δευτερολέπτου, θά είναι:

$$W = E \times I \times t = 100 \times 5 \times 1/100 = 5 \text{ ζούλ}$$

$$\text{ή } 0,102 \times 5 = 0,51 \text{ χιλιογραμμόμετρα}$$

Πρέπει λοιπόν νά εοδέψουμε ενέργεια 0,51 χιλιογραμμόμετρα σέ 1/100 του δευτερολέπτου, για νά



γυρίσουμε κατά I τεταρτοκύκλιο τό πηνίο μέσα στο μαγνητικό πεδίο, αν θέλουμε να γεννηθεί τό ρεύμα πού προαναφέραμε. "Αν τό κύκλωμα του πηνίου είναι ανοικτό, δέν κυκλοφορεί ρεύμα. Τότε παράγεται μονάχα μία ήλεκτρογεννητική δύναμη.

Απ' αυτό τό παράδειγμα βγάζουμε τό συμπέρασμα πώς, γιά να μετακινήσουμε ένα κλειστό κύκλωμα μέσα σ' ένα μαγνητικό πεδίο, πρέπει να ξοδέψουμε ορισμένη μηχανική ενέργεια, πού τήν ξαναπείνουμε μέ τή μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στο κύκλωμα.

Τό σχ. II6 μās δείχνει πώς περίπου πραγματοποιούμε μέ τόν απλούστερο τρόπο ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο, πού μέσα του θά κινήθει ένα πηνίο. Τό μαγνητικό πεδίο παράγεται από έναν πεταλοειδή μαγνήτη, πού οί πόλοι του έχουν και πρόσθετα κομμάτια, τά "πολικά", λεγόμενα κομμάτια, σέ σχήμα ημικυκλίων.

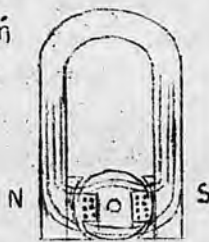


Σχ. II6

Ανάμεσα σ' αυτά στρέφεται τό πηνίο. Γιά να κάνουν όσο γίνεται συντομότερο τό δρόμο των δυναμικών γραμμών μέσα από τόν άέρα και έτσι, αποφεύγοντας τή διασπορά, να δυναμώσουν περισσότερο τό μαγνητικό πεδίο, τυλίγουν τό πηνίο επάνω σέ σιδερένιο πυρήνα. Στίς δύο πλευρές του σιδερένιου πυρήνα, πού όπως καταλαβαίνουμε παριστάνει τόν όπλισμό του μαγνήτη, κάνουν αλάκια κι εκεί μέσα βάζουν τίς σπαίρες του πηνίου.

Τό πηνίο, όταν βρίσκεται στή θέση πού δείχνει τό Σχ. II6 διαρρέεται από ολοκληρη τή δυναμική ροή του μαγνήτη, ενώ, αν τό στρέψουμε κατά ένα τεταρτοκύκλιο, η ροή μέσα του μηδενίζεται (Σχ. II7).

Τό πηνίο γίνεται, κατά τήν περιστροφή του, έδρα μιάς η α δύναμης από έπαγωγή, πού η τιμή της θά είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο ταχύτερη γίνεται



Σχ. II7

ή περιστροφή του πηνίου μέσα στο πεδίο. Το αποτέλεσμα της ηλεκτραγερτικής αυτής δύναμης, τό ρεύμα, τό μαζεύουμε με φηχτρες, όπως ακριβώς είδαμε παραπάνω (Σχ. II4).

"Ας σημειώσουμε τέλος, πώς και στην περίπτωση αυτήν, στατό είναι ο επαγωγέας και στραπτό τό επαγωγίμο.

Δ ε ύ τ α ρ ο π α ρ ά -  
δ α ι γ μ α :

Σ τ α τ ό τ ό π η ν ί ο  
κ α ι σ τ ρ ε π τ ό ς  
ὁ ἑ π α γ ω γ έ α ς .

Με τή θέση του επαγωγέα N, όπως παρουσιάζεται στο Σχ. II8 τό πηνίο Π δέν διαρρέεται από τή ροή του μαγνήτη. "Αν γυρίσουμε όμως τό μαγνήτη κατά 90°,

γιά νά πάρει τή θέση πού σημειώνεται στο σχήμα μέ στιγμένες γραμμές, ὀλόκληρη ἡ ροή του θά περάσει μέσα από τό πηνίο.

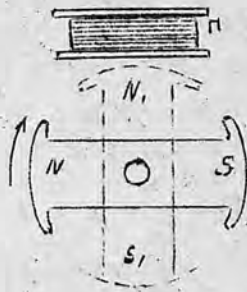
"Ας υποθέσουμε, πώς ἡ διατομή S του πηνίου εἶναι 5 τετραγωνικά ἑκατοστόμετρα, ἡ ἔνταση H, 2000 γκάους, καί ο χρόνος Δt τῆς περιστροφῆς του μαγνήτη I/100 του δευτερολέπτου, Ἡ ροή ἀλλάζει, κατά τήν περιστροφή αὐτήν, ἀπό Φ<sub>1</sub> ὡς Φ<sub>2</sub>, δηλαδή ἀπό 0 ὡς 5 X 2000 = 10.000 μάγουαλ. Ἡ μέση επαγωγική ἡ.ε. δύναμη σέ κάθε σπειρα του πηνίου θά εἶναι:

$$E \text{ (μέση)} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Delta \times 10^8} = \frac{10.000}{\frac{1}{100} \times 10^8} = 0,01 \text{ βόλτ}$$

"Αν τό πηνίο ἔχει 500 σπειρας, ἡ ἡ.ε. δύναμη θά γίνει 500 φορές μεγαλύτερη, δηλαδή :

$$E = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2) N}{\Delta t \times 10^8} = \frac{\Delta \Phi \times N}{\Delta t \times 10^8} = 0,01 \times 500 = 5 \text{ βόλτ}$$

Τά φαινόμενα, λοιπόν, εἶναι τά ἴδια μ' αὐτά πού είδαμε στο πρώτο παράδειγμα. Το επαγωγικό ρεύμα, πού θά ἔχουμε, όταν τό κύκλωμα του πηνίου κλειστεί, θά δοθεῖ πάλι, ὡπως καί πρίν, ἐπὶ τό νόμο



Σχ. II8

του  $\Omega \mu$  :

$$I = \frac{E}{R}$$

Τό ρεύμα αυτό μάς δίνει ένα ηλεκτρικό έργο, που αντιστοιχεί στο μηχανικό έργο που θα ξοδέψουμε, για να περιστρέψουμε το μαγνήτη.

Τίς περισσότερες φορές, αντί για μαγνήτη, μεταχειρίζονται ηλεκτρομαγνήτη, που η ένταση του πεδίου του μπορεί να φτάσει σε πολύ μεγάλες τιμές.

Τρίτο παράδειγμα. Στατός και ο επαγωγέας και το επαγωγίμο, αλλά μεταβλητή η ροή, που προέρχεται από μεταβλητό ρεύμα.

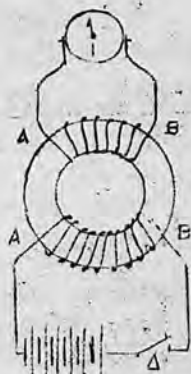
Στό σιδερένιο κυκλικό πυρήνα  $ABB'A'$  (Σχ. II9) υπάρχει, από τη μεριά το πηνίο  $AB$ , που τα όρια του συνδέονται με ένα γαλβανόμετρο, κι από την άλλη, ένα πηνίο  $A'B'$ , που τα όρια του συνδέονται στους πόλους μιας συστοιχίας.

Με τόν διακόπτη  $\Delta$  ανοίγουμε ή κλείνουμε τό κύκλωμα αυτού του πηνίου. Ο πυρήνας μπορεί να είναι και ε'υθύγραμμος και να έχει τομή κυκλική, τετράγωνη ή ορθογώνια. Όπως είναι στο σχήμα, σχηματίζει ένα κλειστό μαγνητικό κύκλωμα. Αν ήταν ε'υθύγραμμος, οι δυναμικές γραμμές του πεδίου θα έκλειναν τό μαγνητικό τους κύκλωμα από τόν άέρα έξω από τό πηνίο.

Τά σύρματα των δύο πηνίων  $AB$  και  $A'B'$  είναι, φυσικά, μονωμένα, Δεν υπάρχει λοιπόν ηλεκτρική σύνδεση των κυκλωμάτων που σχηματίζουν. Καί τά δύο κυκλώματα είναι τελείως ανεξάρτητα.

Όσλις, κλείνοντας τό διακόπτη  $\Delta$ , περάσει ρεύμα από τό πηνίο  $AB$ , ό δείκτης του γαλβανόμετρου  $\Gamma$  αποκλίνει και μάς δείχνει ότι ένα επαγωγικό ρεύμα διαρρέει τό πηνίο  $A'B'$  με όρισμένη διεύθυνση. Τό ρεύμα αυτό διαρκεί μονάχα μία στιγμή. Αμα τό κύριο ρεύμα στό πηνίο  $AB$  πάρει τήν κανονική του τιμή ( $I = E/R$ ) ό δείκτης του γαλβανόμετρου επιστρέφει στό μηδέν. Αυτό σημαίνει πώς τό επαγωγικό ρεύμα στό πηνίο  $A'B'$  μηδενίστηκε. Τέλος, αν ανοίξουμε τό διακόπτη  $\Delta$ , για να διακοπεί τό κύριο ρεύμα στό πηνίο  $AB$ , βλέπουμε τή

στιγμή τῆς διακοπῆς, πῶς ὁ δειχτής τοῦ γαλβανομέτρου Γ ἀποκλί- νει πάλι. "Αρα καί στή διακοπή τοῦ κυκλώματος AB, ἔνα ἐπαγωγικό ρεῦμα γεννιέται στό κύκλωμα AB με διεύθυνση ἀντίθετη ἀπό τήν πρωτινή. Τό ἐπαγωγικό αὐτό ρεῦμα γεννιέται, όταν ἀκριβῶς τό κύριο ρεῦμα τοῦ κυκλώματος AB πέφτει ἀπό τήν κανονική του τιμή στό μηδέν καί παύει, ἀμα τό ρεῦμα στό κύκλωμα AB μηδενισταί.



ΣΧ. II9

"Αν καί τό πείραμα αὐτό φαίνεται πῶς διαφέρει ἀπό τά πειράματα τῶν ἄλλων παρεπιγμάτων, εὐκόλα καταλαβαί- νουμε πῶς τό ἐπαγωγικό ρεῦμα γεννιέται καί σ' αὐτή τήν περίπτωση πάλι ἀπό τή μεταβολή τῆς δυναμικῆς ρο- ῆς πού διαπερνᾷ τό πηνίο AB.

Κι ἀλήθεια : "Οταν κλείνουμε τό κύκλωμα AB, ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος, πού ἦταν πρὶν μηδενική, παίρ- νει σ' ὀρισμένο χρονικό διάστημα, ὅσο μικρό κι ἄν εἶ- ναι αὐτό, τήν κανονισμένη ἀπό τόν τύπο τοῦ  $\Omega \mu (I = E/R)$  τιμή του. "Αρα τό ρεῦμα, στό ἀπειροσλάχιστο αὐτό хро- νικό διάστημα, εἶναι μεταβλητό, καί τό μαγνητικό πε- δίο, λοιπόν, πού γεννιέται ἀπό τό ρεῦμα αὐτό, ἐπειδή εἶναι ἀνάλογο μέ τίς ἀμπεροστροφές τοῦ πηνίου AB, θ' αὐξηθεῖ ἀπό τό μηδέν σέ ὀρισμένη τιμή. "Αρα καί ἐδῶ ἔχουμε, στό χρονικό αὐτό διάστημα, μεταβολή τῆς ροῆς. "Δια μεταβολή ἔχουμε, μέ ἀντίθετη ὁμως ἔννοια ἀπό τήν πρωτινή, όταν ἀνοίγουμε τό κύκλωμα AB. Ἡ ροή ἀπό τήν ὀρισμένη τιμή πού εἶχε πρὶν, πέφτει στό μηδέν, ἐνῶ σ' ὅλο τό ἄλλο χρονικό διάστημα, πού τό ρεῦμα κυ- κλόφορεῖ μέ τήν κανονική του σταθερή τιμή στό κύκλω- μα AB, ἡ ροή εἶναι ἀμετάβλητη, Δέν γεννιέται ἄρα τότε ἐπαγωγικό ρεῦμα στό κύκλωμα AB.

"Ας υποθέσουμε πῶς ἡ διατομή τοῦ πυρῆνα, ἡ ἐ- πιφάνεια δηλαδή ἀπ' ὅπου περνοῦν οἱ δυναμικῆς γραμμῆς, εἶναι 100 τετραγωνικά ἑκατοστά καί πῶς ἡ ἐπαγωγή, πού παράγεται ἀπό τό πηνίο AB, εἶναι 10.000 γκάους. "Ας υποθέσουμε ἀκόμη πῶς τό ρεῦμα αὐξάνει, ἀπό τό μηδέν στήν ὀρισμένη του τιμή I, σέ I / 100 του δευτερολέπτου.

Ἡ ἀπαγωγική ἡ.σ. δύναμη, θά ἔχει μέση τιμή στήν κάθε σπείρα τοῦ πηνίου Α Β :

$$E = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2)}{\Delta t \times 10^8} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t \times 10^8} = \frac{(0 \times 100 - 10.000 \times 100)}{\frac{1}{100} \times 10^8} = \frac{10^8}{10^8}$$

1 βόλτ.

Ἀπό τό παράδειγμα αὐτό βλέπουμε; πώς ἡ πραγματική μονάδα τῆς ἡ.σ. δύναμης, τό βόλτ, ἀντιστοιχεί καί μέ ἡ.σ. δύναμη πού γεννιέται ἀπό τό κόψιμο 100.000.000 ἢ  $10^8$  δυναμικῶν γραμμῶν στό 1").

Ἄν τό ρεῦμα στό κύκλωμα ΑΒ μὴδανιστεῖ, στό ἴδιο χρονικό διάστημα θά γεννηθεῖ στό πηνίο Α Β ἡ.σ. δύναμη τῆς ἴδιας τιμῆς μέ ἀντίθετη, ὁμως, διεύθυνση.

Βλέπουμε ἐπίσης, πώς ἂν τό πηνίο Α Β ἔχει 10, 100, 1000 σπείρες ἢ καί περισσότερες, ἡ ὀλική ἀπαγωγική ἡ.σ. δύναμη, πού γεννιέται σ' ὁλόκληρο τό πηνίο, θά ἔχει τιμή 10, 100, 1000 βόλτ ἢ καί μεγαλύτερη, ἀδιάφορο ποιὰ εἶναι ἡ τάση τῆς συστοιχίας πού τροφοδοτεῖ τό πηνίο ΑΒ. Ἡ συστοιχία αὐτή, σ' ὅλες τίς περιπτώσεις, δίνει μονάχα τό ρεῦμα στό πηνίο ΑΒ, γιά νά γεννηθεῖ τό μαγνητικό πεδίο.

Τό παράδειγμα αὐτό μάς δείχνει ὅτι μπορούμε,

χάρη στά ἀπαγωγικά φαινόμενα, νά χαμηλώσουμε ἢ νά υψώσουμε, κατά τή θέλησή μας, τήν τάση ἑνός μεταβλητοῦ ρεύματος, μέ τή βοήθεια ἑνός ἀπλοῦ μηχανήματος πού ὅλα του τά μέρη εἶναι στα-



Σχ. 120

θερά. Φτάνει νά τροφοδοτήσουμε μέ τό μεταβλητό αὐτό ρεῦμα ἕνα πηνίο, καί ν' ἀφίσομε τό μαγνητικό του πεδίο νά ἐπιδράσει σ' ἕνα δεύτερο πηνίο μέ ἀριθμό σπειρῶν ἀνάλογο μέ τήν τάση πού θέλουμε νά πετύχομε (Σχ. 120).

Ὅπως φαίνεται κι' ἀπό τό Σχ. 120 ἂν στό πρὸς τ' ἀριστερά σκέλος τοῦ πυρῆνα τυλίξουμε 80 σπείρες καί στό πρὸς τὰ δεξιὰ 40 σπείρες, κι' ἂν στή δεξιὰ περι-



έλιξη έφαρμόσουμε τάση ΙΙΟ μεταβλητού (άναλασσομέ-  
νου) ρεύματος τότε στην άριστερή περιέλιξη πού έχου-  
αικιδσαπλάσιες δρεϊρες, από την πρώτη, θα έχουμε τάση  
20 φορές μεγαλύτερη από την τάση των ΙΙΟ βόλτ, δηλαδή  
2200 V .

"Αν άντιθέτως, έφαρμόσουμε στην άριστερή  
περιέλιξη τάση 2200 V, στη δεξιά περιέλιξη θα έχουμε  
τάση ΙΙΟ V. Αντιστρόφως ανάλογα συμπεριφέρεται η άν-  
ταση του ρεύματος κι' έτσι έχουμε και στις δύο περι-  
λίξεις πάντοτε την ίδια ισχύ, άν παραδαχτούμε μηδενι-  
κές τις άπώλειες."

Με αυτή την αρχή λειτουργούν οι λεγόμενοι  
μετασχηματιστές ή μετατροπείς  
πού τους μεταχειριζόμαστε για να μετασχηματίζουμε τό  
έναλασσομένο ρεύμα, πού παράγουν οι μηχανές και να τό  
προσαρμόζουμε καλύτερα στις άπαιτήσεις των έφαρμογών  
του.

Αυτοί οι μετασχηματιστές, άπαιδή έχουν όλα  
τά μέρη τους άκίνητα, λέγονται και "στατοί"  
για να ξεχωρίζουν από τους λεγόμενους "περιστρε-  
φόμενους" σ χ η μ α τ ι σ τ έ ς .

#### Υ Δεύτερος νόμος τής έπαγωγής.

Ο νόμος αυτός μς βοηθάει να υπολογίσουμε  
την έπαγωγική ή.ε. δύναμη πού γεννιέται σ' έναν απλό  
κι εϋθύγραμμο άγωγό. Είναι γνωστός με τ' όνομα "δ εϋ-  
ταρος κανόνας του υ φάρανταλν"  
και λέει :

Η μέση ή.ε. δύναμη πού γεννιέ-  
ται σ' έναν άγωγό, όταν τόν μετα-  
κινούμε σ' ένα μαγνητικό πεδίο,  
είναι ίση με τή δυναμική ροή  
πού κόβει ο άγωγός στό δευτε-  
λόλαπτο.

Μ' άλλα λόγια, η μέση έπαγωγική ή.ε. δύναμη,  
πού γεννιέται στόν άγωγό, είναι άνάλογη με την έντα-  
ση Η του μαγνητικού πεδίου, με τό μήκος l του άγωγού  
και με την ταχύτητα v τής μετακίνησής του μέσα στό  
πεδίο. Δηλαδή :

$$E (\text{μέση}) = H \times l \times v$$

"Αν θέλουμε την ή.ε. δύναμη σε βόλτ, διαιρούμε  
τό άποτέλεσμα με τόν αριθμό 10<sup>8</sup>

"Αν τόν κροιστάναί τήν ταχύτητα τῆς μετακίνησης τοῦ ἀγωγῶ, ἔαρομε πῶς αὐτή ἡ ταχύτητα εἶναι ἴση μέ τήν ἀπόσταση  $A$  πού διανύει ὁ ἀγωγός, κατά τήν μετακίνησή του, στό χρονικό διάστημα, δηλαδή  $v = A/t$ .

"Ἐχομε λοιπόν :

$$E_{\mu} = \frac{H \times l \times v}{10^8} = \frac{H \times l \times A}{t \times 10^8}$$

"Ἐνας ἀγωγός, ὅμως, μέ μήκος  $l$ , πού μετατοπίζεται μέ ταχύτητα  $v = A/t$ , γράφει καί μίαν επιφάνεια  $S$  ἴση μέ  $l \times A$ .

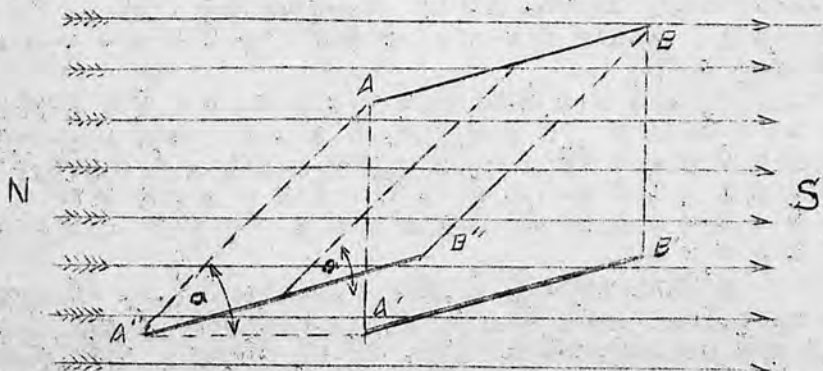
"Ὁ τύπος λοιπόν μπορεῖ νά γραφεῖ καί ἔτσι :

$$E_{\mu} = \frac{H \times l \times v}{10^8} = \frac{H \times l \times A}{t \times 10^8} = \frac{H \times S}{t \times 10^8} = \frac{\Phi}{t \times 10^8}$$

"Ὅπου  $\Phi$  εἶναι ἡ μεταβολή τῆς ροῆς.

Βλέπομε, λοιπόν, πῶς καί αὐτός ὁ τύπος βγαίνει ἀπό τόν τύπο πού ἐκφράζει τόν πρῶτο νόμο.

"Ὁ τύπος ἐφαρμόζεται τέλεια, ἂν ὁ ἀγωγός κινεῖται κάθετα πρὸς τίς δυναμικές γραμμές. "Αν ὅμως ἡ μετακίνησή του γίνεται μέτροπο, ὥστε ἡ διεύθυνση, κατά τήν ὁποία κινεῖται, νά σχηματίζει μέ τίς δυναμικές



ΣΧ. 121

γραμμές γωνία  $\alpha$ , τότε τό παραπάνω ἀποτέλεσμα πρέπει νά πολλαπλασιασθεῖ καί μέ τό ἥμιτονο τῆς γωνίας  $\alpha$  (Σχ. 121). Καί νά γιατί :

Όταν ο άγωγός AB κινείται κάθετα, ύστερα από I δευτερόλεπτο θα βρεθεί στη θέση A'B' και η δυναμική ροή, που θα κόψει σ' αυτό τό δευτερόλεπτο, θα είναι:

$\Phi = H \times l \times v$ . Αυτή παριστάνει και την επαγωγική ή ε δύναμη που θα γεννηθεί στον άγωγό. Για να έχουμε την ή ε δύναμη σε βόλτ, πρέπει να διαιρέσουμε με  $10^8$ .

"Ας υποθέσουμε, τώρα πώς ο άγωγός κινείται με την ύ δια ταχύτητα v, σχηματίζοντας με τις δυναμικές γραμμές, με γωνία α. Για να κόψει πάλι τή ροή Φ, πρέπει να έρθει στη θέση A''B''. Για να πάει όμως σ' αυτήν τήν θέση θα χρειαστεί, επειδή κινείται πλάγια, χρόνο περισσότερο από I δευτερόλεπτο. Από τό τρίγωνο AA''A' που σχηματίζεται στο Σχ. 121 παίρνουμε: AA'' X ημα = AA'. Αλλά τό AA' είπαμε πώς είναι η απόσταση που διανύει ο άγωγός στο I δευτερόλεπτο. Αυτή άρα η απόσταση παριστάνει την ταχύτητα v.

$$\text{θα έχουμε λοιπόν, } AA'' = \frac{AA'}{\eta\mu\alpha} = \frac{v}{\eta\mu\alpha}$$

Και τήν απόσταση όμως AA'' τή βρίσκουμε, αν πολλαπλασιάσουμε τήν ταχύτητα τής μετακίνησης του άγωγού με τό χρόνο t, δηλαδή:

$$AA'' = v \times t$$

$$\text{Τότε έχουμε: } v \times t = \frac{v}{\eta\mu\alpha} \text{ και } t = \frac{v}{v \times \eta\mu\alpha} = \frac{1}{\eta\mu\alpha}$$

$$\text{"Αν στον προηγούμενο τύπο } E = \frac{\Phi}{t \times 10^8},$$

αντικαταστήσουμε τό t με τήν τιμή του  $\frac{1}{\eta\mu\alpha}$ , θα έχουμε για επαγωγική ή ε δύναμη στην περίπτωση αυτήν:

$$E' = \frac{\Phi}{\frac{1}{\eta\mu\alpha} \times 10^8} = \frac{\Phi}{10^8} \times \eta\mu\alpha$$

Δηλαδή η επαγωγική ή ε δύναμη E', που γεννιέται σ' έναν ευθύγραμμο άγωγό, μετακινούμενο πλάγια προς τις δυναμικές γραμμές, είναι μικρότερη από τήν ή ε δύναμη που γεννιέται στον ίδιο άγωγό, όταν αυτός μετακινείται με τήν ίδια ταχύτητα κάθετα προς τις δυναμικές γραμμές.

Όταν λοιπόν ο άγωγός κινείται κάθετα προς τις δυναμικές γραμμές, τότε η γωνία  $\alpha = 90^\circ$ , τότε  $\eta\mu\alpha = 1$  και η η.ε. δύναμη  $E = \frac{\Phi}{10^8}$ .

Αν ένας άγωγός ή μια πηνίο κινείται παράλληλα με τις δυναμικές γραμμές, τότε η γωνία  $\alpha = 0$ , τότε  $\eta\mu\alpha = 0$ , και η επαγωγική η.ε. δύναμη:

$$E = \frac{\Phi}{10^8} \times 0 = 0$$

Τρίτος νόμος της επαγωγής.

Με το νόμο αυτόν, που λέγεται και νόμος του Λέντς, βρίσκουμε τη διεύθυνση που έχει το επαγωγικό ρεύμα. Κατά το νόμο αυτόν, κάθε επαγωγικό ρεύμα αντιστέκεται στην αιτία που γεννάει το επαγωγικό ρεύμα είναι η μεταβολή της μαγνητικής ροής. Το επαγωγικό, λοιπόν, ρεύμα έχει τέτοια διεύθυνση, που προσπαθεί να αντισταθεί στη μεταβολή της ροής, με το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το ίδιο.

Αν μέσα σε μια σπείρα γεννιέται επαγωγικό ρεύμα από αύξηση της ροής στο πηνίο, τότε το ρεύμα αυτό έχει τέτοια διεύθυνση, ώστε το μαγνητικό πεδίο, που γεννάει αντιστέκεται στην αυξανόμενη δυναμική ροή και προσπαθεί να την εξαφανίσει. Αν το ρεύμα γεννήθηκε από μείωση της ροής, τότε το ρεύμα αλλάζει διεύθυνση και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, που προσπαθεί να συγκρατήσει τη χανόμενη δυναμική ροή.

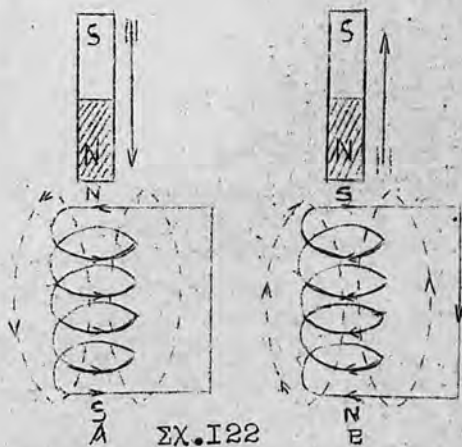
Πολλές φορές μας τυχαίνει στο τράμ ή σ' άλλο κινούμενο όχημα, να κινδυνεύουμε να πέσουμε και να χτυπήσουμε. Ξακινάει το τράμ απότομα: Το σώμα μας γέρνει πρὸς τὰ πίσω. Στέκεται το τράμ απότομα: Το σώμα μας γέρνει πρὸς τὰ μπρός. Ποιά αίτια προκαλεί τις κινήσεις αυτές; Η αδράνεια, μας λένε. Κάθε υλικό σώμα αντιστέκεται σε κάθε μεταβολή που θέλουμε να φέρουμε στην κατάσταση του. Όταν στείκόμαστε στο ακίνητο τράμ, θέλουμε, αν το τράμ ξακινήσει, να κρατήσουμε την κατάσταση της ακινησίας. Τα πόδια μας όμως, μία που πατούν στο τράμ, παρασύρονται απ' αυτό πρὸς τὰ εμπρός. Το υπόλοιπο σώμα μας, θέλοντας να κρατηθεί στην αρχική του θέση, γέρνει πρὸς τὰ πίσω. Βρίσκουμε την ισορροπία μας,

και σιγά-σιγά συναισθάνομε στην κίνηση που μας επέβαλε το τράμ. Τώρα όμως αυτό στέκεται απότομα κι εσύς άμέσως στέκονται και τὰ πόδια μας. Το υπόλοιπο όμως σώμα; θέλοντας νά διατηρήσει την κατάσταση που έχει τώρα, γέρνει προς τὰ εμπρός σά νάθελε νά συναχίσει την κίνησή του. Για τόν ίδιο λόγο πέφτουμε όταν τρέχοντας σκοντάφουμε κάπου, ή όταν, τρέχοντας, μ' ένα ά- μάξι, θαλήσουμε νά πηδήσουμε κάτω. Για τόν ίδιο επίσης λόγο πρέπει νά βάλουμε άρκετή δύναμη για ν' αρχίσουμε νά κυλάμε ένα γαμάτο βαρέλι. Όταν όμως τό βαρέλι εξακινήσει και θαλήσουμε νά τό σταματήσουμε, πρέπει νά βάλουμε νέα πάλι δύναμη για νά τό συγκρατήσουμε στο κύλισμά του.

Και τό ρεύμα, λοιπόν, που γαννιέται άπαγωγικά σ' ένα άγωγό, έχει διεύθυνση τέτοια, σά νάθελε ν' αντι- σταθεί στην αίτια που τό δημιούργησε.

Όταν ή αίτια αυτή πάει νά πάη, τό αῖμα αλ- λάζει τή διεύθυνσή του, σά νάθελε νά συγκρατήσει την αίτια που εξαφανίζεται.

Όταν βυθίζουμε, λοιπόν, ένα μαγνήτη μέσα σ' ένα πηνίο, τό άπαγωγικό ρεύμα που γαννιέται μέσα στο πηνίο έχει διεύθυν- ση τέτοια, ώστε τό μαγνητικό πεδίο, που δημιουργεί, νά είναι αντίθετο από τό πεδίο του μαγνήτη. "Αν π.χ. βυθίζουμε τό βό- ρειο πόλο του μα- γνήτη μέσα στο πηνίο, τό άπαγω- γικό ρεύμα θά έχει διεύθυνση τέτοια ώστε τό μέρος του πηνίου που βρίσκε- ται προς τό βόρειο πόλο του μαγνήτη, νά γίνει βόρειος επίσης πόλος. "Έτσι αυτός ο βόρειος πόλος του πηνίου θέλει ν' άπωθήσει τό βόρειο πόλο του μαγνήτη (Σχ.-122 Α).



ΣΧ.122

$$E = \frac{V}{R}$$

EL

Όταν, ύστερα, βγάξουμε τό μαγνήτη από τό πη- νίο, τό άπαγωγικό ρεύμα αλλάζει διεύθυνση και δημι-



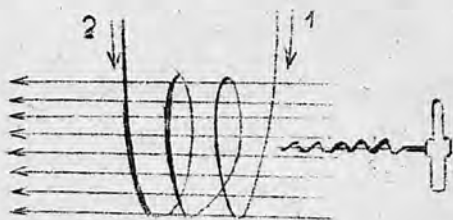
ουργεί στο μέρος του πηνίου, που είναι προς το μαγνήτη, πόλο αντίθετο από τον πόλο του μαγνήτη, σά να θέλει να ελξει το μαγνήτη που απομακρύνεται. "Αν ο μαγνήτης δείχνει στο πηνίο πάλι το βόρειό του πόλο, στο πηνίο θα δημιουργηθεί νότιος πόλος (Σχ. 123 Β)

Μ' όλα αυτά καταλάβαμε καλά αυτή τή ξεχωριστή ιδιότητα που παρουσιάζει το επαγωγικό ρεύμα. Τώρα μπορούμε εύκολα να καθορίσουμε τή διεύθυνση που έχει κάθε επαγωγικό ρεύμα, φτάνει να ξέρουμε τή διεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου του επαγωγέα και πώς μεταβάλλεται η δυναμική ροή μέσα στο πηνίο (επαγωγή).

Οι ακόλουθοι μνημοτεχνικοί κανόνες μ'ς βοηθούν σ' αυτό τον καθορισμό.

α) Κανόνας του τριμπουσονιου του Μάξουελ για τὰ επαγωγικά ρεύματα (Σχ. 123).

"Αν έχουμε ένα πηνίο με μία ή περισσότερες σπειρές και υποθέσουμε πώς βυθίζουμε το τριμπουσόνι σύμφωνα με τή διεύθυνση τής ροής, το επαγωγικό ρεύμα, που γεννιέται και κυκλοφορεί στις σπειρές του πηνίου, έχει διεύθυνση ίδια με τήν έννοια τής πα-



Σχ. 123

ριστροφής του τριμπουσονιου (βέλος 1), αν η ροή μικραίνει. "Αν η ροή μεγαλώνει, το επαγωγικό ρεύμα έχει διεύθυνση αντίθετη (βέλος 2).

β) Κανόνας του Φλέμμινγκ των τριών δαχτύλων του δεξιού χεριού, ή κανόνας των γεννητήρων. Κανόνας τής δεξιάς παλάμης.

Ο παραπάνω κανόνας του Μαξουελ μπορεί να εφαρμοστεί κι' όταν έχουμε, αντί για πηνίο, έναν ευθύγραμμο άγωγό. Στην περίπτωση όμως αυτήν προτιμούμε τον κανόνα του Φλέμμινγκ (Σχ. 124)

Ο κανόνας αυτός εφαρμόζεται όταν θέλουμε να

βροῦμα τῆ διεύθυνση πού ἔχει τὸ ἐπαγωγικὸ ρεῦμα μέσα σέ μιὰ γεννήτρια, σέ μηχανή, δηλαδή, πῶς οἱ ἄγωγοὶ τοῦ ἐπαγωγίμου της περιστρέφονται ἀπὸ ἐξωτερικὴ κινήτρια δύναμη, γιὰ νὰ κόψουν τίς δυναμικὲς γραμμὲς ἐνὸς μαγνητικοῦ πεδίου. Ὁ κανόνας αὐτός λέει :



ΣΧ. 124

Κατευθύνουμε τὰ τρία πρῶτα δάχτυλα τοῦ δεξιῦ χεριοῦ μας σύμφωνα μὲ τίς ἀκμὲς ἐνὸς κύβου, δηλαδή μὲ τρόπο, ὥστε τὸ κάθε δάχτυλο νὰ εἶναι κάθετο στά ὑπόλοιπα δύο. Ἐπειτα καθορίζουμε ὁ δείκτης (ἀρ. 1) νὰ δείχνει τῆ διεύθυνση τῆς ροῆς, καὶ ὁ ἀντίχειρας (ἀρ. 2) τῆ διεύθυνση τῆς κίνησης τοῦ ἀγωγῶ. Τότε τὸ μεσιανὸ δάχτυλο (ἀρ. 3) μᾶς δείχνει τῆ διεύθυνση τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεῦματος μέσα στὸν ἀγωγό. Κι, αὐτὸν κανόνα μπορούμε νὰ τὸν ἐκφράσουμε μὲ τὸν ἀκόλουθο ἀπλούστερο τρόπο :



ΣΧ. 125

Ἀνοίγουμε τὸ δεξιὸ χεῖρ (Σχ. 125) καί, ἀφοῦ τεντώσουμε τὰ δάχτυλα, τὸ βάζουμε στὸ μαγνητικὸ πεδίο μὲ τρόπο, ὥστε οἱ δυναμικὲς γραμμὲς (ἀρ. 1) τοῦ πεδίου αὐτοῦ νὰ μπαίνοσιν ἀπὸ τὴν παλάμη καὶ νὰ βγαίνουν ἀπὸ τὴ ράχη τοῦ χεριοῦ μας. Ἡ Παλάμη, δηλαδή, νὰ βλέπει πρὸς τὸ βόρειο καὶ ἡ ράχη τοῦ χεριοῦ πρὸς τὸ νότιο πόλο τοῦ ἐπαγωγῆα. Ἄν ὁ τεντωμένος κάθετα πρὸς τ' ἄλλα δάχτυλα τοῦ χεριοῦ ἀντίχειράς μας ( ἀρ. 2) δείχνει τὴν διεύθυνση τῆς μετακίνησης τοῦ ἀγωγῶ, τὰ ὑπόλοιπα τεντωμένα δάχτυλα (ἀρ. 3) τοῦ χεριοῦ μας δείχνουν τῆ διεύθυνση πού ἔχει μέσα στὸν ἀγωγό τὸ ἐπαγωγικὸ ρεῦμα.

Ὁ κανόνας αὐτός λέγεται καὶ κανόνας τῆς δεξιᾶς παλάμης. ✓

### Ρεύματα του Φουκά.

Τα επαγωγικά ρεύματα δέν γεννιοῦνται μονάχα στους άγωγούς. Εύκολα καταλαβαίνουμε πώς γεννιοῦνται καί σέ κάθε μεταλλική μάζα (χαλκός, σίδηρο, άτσάλι κ. τ.λ.), πού μέ τήν κίνησή της μέσα σ' ένα μαγνητικό πεδίο, κόβει τίς δυναμικές γραμμές του πεδίου αυτού.

Η επαγωγική ή.ε. δύναμη πού γεννιέται μέσα στή μεταλλική μάζα είναι σχετικá μικρή, μά επειδή, ή μάζα άποτελεί ένα κλειστό κύκλωμα μέ πολύ μικρή αντίσταση τό επαγωγικό ρεύμα μπορεί νά γίνει πολύ μεγάλο.

Τά ρεύματα πού γεννιοῦνται μ' αυτό τόν τρόπο λέγονται δεινορεύματα ή σιταρεύματα ή ρεύματα του Φουκά, από τό Γάλλο Φυσικό πού τά μελέτησε. Τό αποτέλεσμα τους παρουσιάζει μέ μορφή θερμαντική στή μάζα όπου δημιουργείται καί γίνεται αίτια νά ξεθευτεί, άνώφελα σέ ζέστη, ένα μέρος από τή μηχανική ενέργεια πού χρησιμοποιούμε για νά κινήσουμε τή μάζα στό μαγνητικό πεδίο.

### Αυτεπαγωγή.

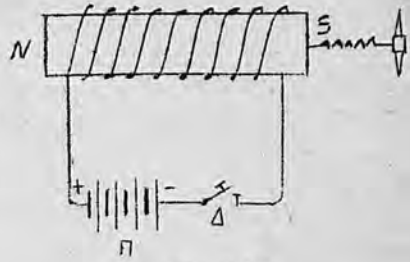
Τό φαινόμενο τής αυτεπαγωγής είναι ειδική περίπτωση των επαγωγικών φαινομ ένων πού είδαμε παραπάνω.

Ξέρουμε πια, πώς τό περάσμα του ηλεκτρικού ρεύματος από έναν άγωγό δημιουργεί γύρω άπ' αυτόν μαγνητικό πεδίο. Όταν τό ρεύμα κόβεται, τό μαγνητικό πεδίο εξαφανίζεται καί ο άγωγός βρίσκειται, τή στιγμή εκείνη, σέ μιá μεταβολή τής δυναμικής ροής, πού δημιουργεί, σύμφωνα μέ τούς νόμους τής επαγωγής, μιάν επαγωγική ή.ε. δύναμη μέσα στόν ίδιο άγωγό.

Αυτοπάγεται λοιπόν ο άγωγός. Γι' αυτό ονομάζουμε καί τό σχετικό φαινόμενο "αυτεπαγωγή" καί τήν ή.ε. δύναμη, πού γεννιέται έτσι, ή ηλεκτρομαγνητική ή αυτεπαγωγική ή ηλεκτρομαγνητική ή αυτεπαγωγική ή.ε. δύναμη (αυτ. ή.ε. δύναμη).

"Ας δοῦμε π.χ. τό πηνίο NS πού διαρρέεται από τό ρεύμα τής πηγής Π (Σχ. 126). Τό ρεύμα αυτό δημιουργεί στό έσωτερικό του πηνίου μιá δυναμική ροή πού διευθύνεται από τό νότιο πρós τό βόρειο πόλο.

Αν κόψουμε απότομα μέ τό διακόπτη Δ τό ρεύμα, ή ροή θά εξαφανιστεί σέ πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Θά δημιουργηθεῖ, λοιπόν, στό έσωτερικό του πηνίου μιά μεταβολή τής ροής καί ή μεταβολή αύτή πρέπει νά γεννήσει ή.ε. δύναμη, πού ή διεύθυνσή τής, σύμφωνα μέ τό νόμο του Λαντζ θά είναι τέτοια, ώστε τό ρεύμα πού θά δημιουργήσεται ν' αντιστέκεται στην αίτία πού τό γέννησε.

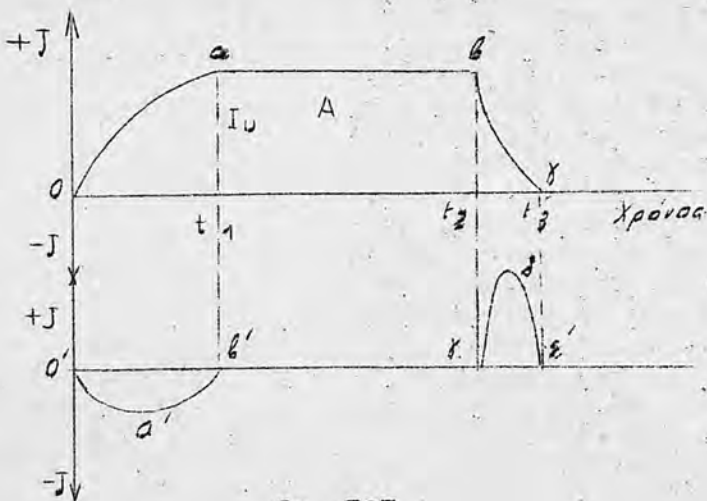


ΣΧ. 126

Καί επειδή σ' αύτή τήν περίπτωση ή αίτία πού γαννάει τό επαγωγικό αυτό ρεύμα είναι ή εξαφάνιση τής ροής, τό ρεύμα πρέπει ν' αντισταθεί στην εξαφάνιση αύτή, δημιουργώντας ροή μέ διεύθυνση ίδια πρὸς τήν διεύθυνση πού είχε ή κύρια αρχική ροή. Πρέπει, λοιπόν, τό επαγωγικό ρεύμα νά έχει διεύθυνση ίδια μέ τή διεύθυνση του κύριου ρεύματος, δηλαδή του ρεύματος τής πηγής. Αυτό εξακριβώνεται εύκολα μέ τόν κανόνα του τριμπουσουλίου.

"Αν τό κόψιμο του ρεύματος γίνει απότομα, ή μεταβολή τής ροής γίνεται ταχύτατη καί ή αυταπαγωγή ή.ε. δύναμη φτάνει σέ τιμή πολύ μεγάλη. Αύτή ή αυταπαγωγική ή.ε. δύναμη φανερώνεται, γενικά, από τόν σπινθήρα πού γεννιέται στό σημείο τής διακοπής Δ του κύριου ρεύματος. Λέμα, πώς γεννιέται ένα σπινθήρα υμα διακόπτης, πού συνεχίζεται για μιά βραχύτατη στιγμή τό κύριο ρεύμα. Ο σπινθήρας ονομάζεται στην περίπτωση αύτήν "σπινθήρας διακοπής".

"Ας αποκαταστήσουμε τώρα τό ρεύμα μέσα στό πηνίο, κλείνοντας τό διακόπτη Δ. Η ροή NS θά ξαναγεννηθεί καί τό πηνίο, πού βρισκόταν πριν σέ μηδενικό πεδίο, θά διαπεραστεί απ' αύτήν. Η μεταβολή τής ροής αύτής από τό μηδέν ως τήν τιμήν πού θά πάρει, θά δημιουργήσει πάλι μίαν επαγωγική ή.ε. δύναμη, πού θά μάς γεννήσει επαγωγικό ρεύμα μέ διεύθυνση τέτοια, ώστε ν' αντιστέκεται στην αίτία πού τό δημιουργεί, δηλαδή στην εμφάνιση τής ροής. Η ηλεκτρογενετική αύτή δύναμη δημιουργεί λοιπόν τό λεγόμενον "αντίρροπο ρεύμα τής αποκατάστασης", αντίθετο πρὸς τό



Σχ. 127

κύριο ρεύμα. Κι' αυτό εξακριβώνεται μέ τόν κανόνα του τερμπουσονιού. 'Απ' αυτά όλα συμπεραίνουμε πώς τό κύριο ρεύμα φτάνει σιγά-σιγά στήν κανονική του τιμή, όπως φαίνεται καί από τήν καμπύλη A του Σχ.127

Η καμπύλη A χωρίζεται σέ τρία τμήματα, στό αα, στό αβ καί στό βγ. Στο πρώτο, πού αντιστοιχεί σέ χρόνο ο  $t_1$ , τό ρεύμα αρχίζει από μηδανική ένταση γιά νά φτάσει σέ λίγο τήν κανονική τιμή  $I_0$ . Σ αυτό τό χρονικό διάστημα τό ρεύμα είναι μεταβλητό καί έχει γι' αποτέλεσμα τή γέννηση μι' ας ή.σ. δύναμης από αυτεπαγωγή καί τή γέννηση του αντίρρεούματος τής αποκατάστασης. Η καμπύλη α' α' β' δείχνει τήν μεταβολή αυτού του αντίρρεούματος. Στο τμήμα αβ τό κύριο ρεύμα, πού διαρκεί από  $t_1$  ως  $t_2$ , έχει τήν κανονική του τιμή καί αφού είναι σταθερό, δέν γαννάει ή.σ. δύναμη από αυτεπαγωγή, άρα ούτε καί αυτεπαγωγικό ρεύμα.

Τέλος, στό τμήμα βγ, πού διαρκεί από  $t_2$  ως  $t_3$  τό κύκλωμα κόβεται καί τό κύριο ρεύμα εξαφανίζεται. Πέφτει δηλαδή από τήν κανονική του τιμή στή μηδανική. Άρα είναι μεταβλητό καί γαννάει πάλι αυτεπαγωγική ή.σ. δύναμη καί επίρρευμα διακοπής. Τό επίρρευμα έχει διεύθυνση ίδια μέ τό εξαφανιζόμενο κύριο ρεύμα, όπως δείχνει ή καμπύλη γ' δ' ε'. Τό ρεύμα



αυτό είναι μεγαλύτερο από το  $\alpha \beta$ , γιατί ο χρόνος διακοπής,  $t_2$  ως  $t_3$ , είναι μικρότερος από το χρόνο της αποκατάστασης  $\theta$  ως  $t_1$ .

Κι' αλήθεια: "Αν  $U$  είναι η διαφορά δυναμικού της πηγής και  $R$ , η αντίσταση του σύρματος του πηνίου, η κανονική τιμή του ρεύματος θα είναι:

$$I = \frac{U}{R}$$

"Όταν κλείνουμε όμως το κύκλωμα, η αυτεπαγωγή γεννάει μιάν αντιηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  και έτσι το ρεύμα έχει, σ' αυτό το βραχύ χρονικό διάστημα, τιμή  $I$  με:

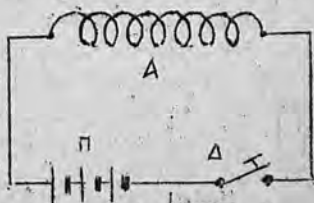
$$I = \frac{U - E}{R}$$

"Η αυτεπαγωγική αντιηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  μικραίνει πολύ γρήγορα και, όταν μηδενιστεί, το ρεύμα φτάνει την κανονική του τιμή. Η ισχύ, που αντιστοιχεί στο γινόμενο  $E \times I$ , χρησιμεύει για την παραγωγή του μαγνητικού πεδίου μέσα στο πηνίο. Μπορούμε να πούμε, πώς αποθηκεύεται στο πεδίο αυτό, για να μας ξαναδοθεί πάλι στη στιγμή που εξαφανίζεται η ροή, όταν κόψουμε το κύριο ρεύμα. Καταλαβαίνουμε λοιπόν τώρα εύκολα, πώς, αν η διακοπή γίνει απότομα, η ισχύ αυτή επιστρέφεται σ' βραχύτατο χρονικό διάστημα και προκαλεί πολλές φορές επικίνδυνα αποτελέσματα.

Ποιά τιμή έχει η αυτεπαγωγική ή.σ. δύναμη

"Όπως αναφέραμε παραπάνω, το φαινόμενο της αυτεπαγωγής γεννιέται από τη μεταβολή της ροής που δημιουργείται στο κύκλωμα. Τη μεταβολή της ροής προκαλεί το μεταβλητό ρεύμα.

Στό σχήμα 128 βλέπουμε την πηγή  $\Pi$ , το πηνίο  $A$  και τον διακόπτη  $\Delta$ . Όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός δεν κυκλοφορεί στο κύκλωμα ρεύμα και η ροή στο πηνίο είναι μηδενική. Αν κλείσουμε όμως το διακόπτη, ένα ρεύμα  $I = \frac{E}{R}$  θα κυκλοφορήσει στο κύκλωμα. Από το χρόνο λοιπόν



Σχ. 128

πού τό ρεύμα ήταν μηδενικό, ως τόν χρόνο  $t_2$ , πού θά πάρει τή μόνιμή του τιμή  $I_\mu = E/R$  δηλαδή στο χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , θά έχουμε μιá μεταβολή του ρεύματος:  $I_\mu - 0 = \Delta I$ . Καί η μεταβολή άρα τής ροής, πού περναί από κάθε σπειρά, θά είναι:  $\Phi - 0 = \Delta \Phi$ . Η  $\Phi$  αντίστοιχεϊ στο  $I_\mu$ . Όταν όμως σ'ένα κύκλωμα έχουμε μεταβολή τής ροής, στο κύκλωμα αυτό γεννιάται μιá επαγωγική ή. ε. δύναμη, πού είναι για κάθε σπειρά, ίση με

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t \times 10^8} \text{ βόλτ, καί, για τις } N \text{ σπειρες του πηνίου;}$$

$$\text{Ίση με } \frac{\Delta \Phi \times N}{\Delta t \times 10^8} .$$

Η σχέση αυτή παριστάνει τήν αυτεπαγωγική ή. ε. δύναμη δηλαδή :

$$E_{\text{αυτ.}} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \times \frac{N}{10^8} \text{ (βόλτ).}$$

πού γεννιάται καί στήν αποκατάσταση καί στή διακοπή κάθε επαγωγικού κυκλώματος. Η τιμή της εξαρτάται από τήν ταχύτητα τής μεταβολής τής ροής.

Όσο ταχύτερη είναι ή μεταβολή αυτή, όσο δηλαδή ο χρόνος της είναι μικρότερος, τόσο καί η αυτεπαγωγική ή.ε. δύναμη είναι μεγαλύτερη καί αντίστροφα. Στην αποκατάσταση, ο χρόνος  $\Delta t$ , πού χρειάζεταιται ώσότου πάρει τό ρεύμα τήν κανονική του τιμή, είναι συνήθως κάπως μεγάλος κι έτσι ή μεταβολή τής δυναμικής ροής δέν είναι εξαιρετικά απότομη. Στή διακοπή, όμως, ή μεταβολή τής ροής γίνεται αποτομότατα καί έχει για συνέπεια νά δημιουργηθεϊ αυτεπαγωγική ή.ε. δύναμη πάρα πολύ μεγάλη, πού μπορεί καί νά βλάψη τις μονώσεις.

Όπως καί παραπάνω είπαμε, ή ή.ε. δύναμη από αυτεπαγωγή έχει, όταν κλείνουμε τό κύκλωμα, διεύθυνση αντίθετη από τή διεύθυνση πού έχει ή ή.ε. δύναμη τής πηγής καί άποδίδει για λίγο χρονικό διάστημα τό ρεύμα νά πάρει τήν κανονική του τιμή, γιατί παράγει τό αντίρρευμα τής αποκατάστασης. Όταν πάλι κόβουμε τό κύκλωμα, έχει διεύθυνση ίδια με τήν ή.ε. δύναμη τής πηγής καί με τό επίρρευμα διακοπής πού γεννάει, προσπαθεϊ νά συνεχίσει, με μορφή ηλεκτρι-

ρικού σπινθήρα (τόξου, τό κύριο ρεύμα πού εξαφανίζεται.

Ο συντελεστής τῆς αὐτεπαγωγῆς.

Ὅπως εἶδαμε παραπάνω ἡ τῆμῆ τῆς αὐτεπαγωγῆς ἢ ε.α. δυνάμεις πού γεννιέται ὁ ἕνα πηνίο με N σπειρές εἶναι :

$$E_{\text{αὐτ.}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \times \frac{N}{10^8} \quad (\text{βόλτ})$$

Ἄν ἡ διατομή τῆς πηνίου εἶναι S τετραγωνικά εκατοστόμετρα, τότε

$$\Phi = H \times S$$

Στά προηγούμενα ὅμως εἶδαμε, πῶς ἡ ἔνταση H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου στό ἐσωτερικό ἀνός πηνίου, με N σπείρες καί μήκος l εἶναι;

$$H = \frac{4\pi}{10} \times \frac{NI}{l}$$

$$\text{Ἄρα καί } \Phi = H \times S = \frac{4\pi}{10} \times \frac{NI \times S}{l} = \frac{4\pi NS}{10l} \times I$$

Βλέπουμε, λοιπόν, πῶς ἡ ροή Φ βρίσκεται, ἂν πολλαπλασιάσουμε τήν ἔνταση I τοῦ ρεύματος με τό σταθερό γινόμενο τῶν ὑπόλοιπων παραγόντων:

$$\frac{4\pi}{10} \times \frac{NS}{l}$$

$$\text{καί } \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{(4\pi NS)}{10l} \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Ἀλλά τό  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  παριστάνει τή μεταβολή τῆς ροῆς στό I δευτερόλεπτο ὅπως καί τό  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  τή μεταβολή τοῦ ρεύματος στό ἴδιο χρονικό διάστημα.

Ἐπομένως καί ἡ

$$E_{\text{αὐτ.}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \times \frac{N}{10^8} = \frac{\Delta I}{\Delta t} \times \frac{4\pi NS}{10l} \times \frac{N}{10^8} = \frac{\Delta I}{\Delta t} \times \frac{4\pi N^2 S}{10^9 \times l}$$

$$\text{ἢ, ἐπειδή } \frac{4\pi}{10} = 1,25$$

$$E_{\text{αὐτ.}} = \frac{\Delta I}{\Delta t} \times \frac{(1,25 N^2 S)}{10^8 \chi_1}$$

Ὁ σταθερὸς αὐτὸς παράγοντας  $\frac{1,25 N^2 S}{10^8 \chi_1}$ , πού ἐξαρτᾶται, ὅπως βλέπουμε, ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν  $N$  τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, ἀπὸ τὴν διατομὴν τοῦ  $S$ , καὶ ἀπὸ τὸ μήκος τοῦ  $l$ , λέγεται συντελεστῆς τῆς αὐτεπαγωγῆς καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα  $L$ .

$$\text{"Αρα } L = \frac{1,25 N^2 S}{10^8 l}$$

Ἀπὸ τὸν τύπον αὐτὸν βλέπουμε, πὺς ὁ συντελεστῆς τῆς αὐτεπαγωγῆς ἢ, ἀπλῶς, ἡ αὐτεπαγωγή εἰς εἰς ναι ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνον τοῦ ἀριθμοῦ  $N$  τῶν σπειρῶν μὲ τὴν διατομὴν  $S$  τοῦ πηνίου καὶ ἀντίστροφα ἀνάλογη μὲ τὸ μήκος  $l$  τοῦ πηνίου.

"Ἐπειτα ἀπ' αὐτὰ καὶ ἡ αὐτεπαγωγικὴ ἢ.ε. δύναμη εἶναι :

$$E_{\text{αὐτ.}} = L \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (\text{βόλτ}) \quad (\text{τὸ } \Delta I \text{ σέ ἀμπέρ})$$

ἢ ἀκριβέστερα :

$$E_{\text{αὐτ.}} = - t \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

δηλαδὴ ἴση μὲ τὸ γινόμενον πού βρῖσκουμε, ἂν πολλαπλασιάσουμε τὸ συντελεστὴν  $L$  τῆς αὐτεπαγωγῆς μὲ τὴν μεταβολὴν πού παθαίνει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὸ  $I$  δαυταρόλεπτο.

Τὸ ἀρνητικὸ σημεῖο (-) φαναρώνει πὺς ἡ αὐτεπαγωγικὴ ἢ.ε. δύναμη εἶναι ἀντίθετη πρὸς τὴν τάση πού ἐφαρμόζεται στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου. "Ἄν τὸ πηνίον ἔχει πυρήνα μὲ συντελεστὴν διαπερατότητος  $\mu$ , τότε :

$$L = \mu \times \frac{1,25 N^2 S}{10^8 l}$$

Ἡ μονάδα τοῦ συντελεστή τῆς αὐταπαγωγῆς

Ἀπό τόν τύπο :

$$E_{\text{αὐτ.}} = - L \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

παίρνουμε :

$$L = - \frac{E_{\text{αὐτ.}}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

"Αν τό  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = I$  καί  $E_{\text{αὐτ.}} = I$ , τότε καί  $L = I$ .

Τήν πρακτική μονάδα τοῦ συντελεστή τῆς αὐταπαγωγῆς τήν ὀνόμασαν ἄνρὺ (H), γιά νά τιμήσουν τόν Ἰωσήφ Ἀνρὺ, καί λέμε, πῶς εἶνα πηνίλο ἔχει αὐταπαγωγή ενός ἄνρὺ, ὅταν, μεταβολή τῆς ἄντασης τοῦ ρεύματος, πού τό διαρρέει, κατά 1 ἄμπέρ στό δευτερόλεπτο, ἡ αὐταπαγωγική ἡ.ε. δύναμη πού γεννιέται στά ὄριά του εἶναι 1 βόλτ.

Τοῦ ἄνρὺ (H) ἔχουμε καί ὑποδιαίρέσεις, τίς ἀκόλουθες :

$$\text{Τό μιλλιανρὺ (mH)} = \frac{I}{1.000} \text{ τοῦ ἄνρὺ} = 10^{-3} H$$

$$\text{Τό μικροανρὺ (μH)} = \frac{I}{1.000.000} \text{ τοῦ ἄνρὺ} = 10^{-6} H$$

$$\text{Τό ἐκαστοστό (cm)} = \frac{I}{1.000.000.000} \text{ τοῦ ἄνρὺ} = 10^{-9} H$$

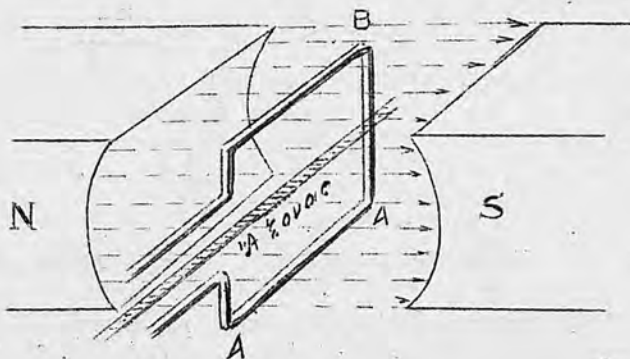
$$\begin{aligned} \text{"Ἀρα 1 ἄνρὺ} &= 1.000 \text{ mH} = 10^3 \text{ mH} \\ &= 1.000.000 \text{ μH} = 10^6 \text{ μH} \\ &= 1.000.000.000 \text{ cm} = 10^9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Πῶς γίνεται ἡ ἡ.ε. δύναμη  
στίς ἠλεκτρικές μηχανές  
Γενικά.

"Ας ξαναγυρίσουμε ἄνω πάλι στά ἀπαγωγικά φαινόμενα καί ἔς δοῦμε πῶς θά βγάλουμε, μέ τή βοήθειά τους, ἠλεκτρικό ρεῦμα.



"Ας πάρουμε για επαγωγίμο ένα πηνίο (σχ.Ι29) με μία μονάχα σπείρα AABB κι'ας παραδεχτούμε πώς πε-



Σχ. Ι29.

ριστρέφεται στον οριζώντιό του άξονα με σταθερή ταχύτητα μέσα σ'ένα ομοιόμορφο και άμετάβλητο μαγνητικό πεδίο ενός επαγωγέα. Τα τμήματα της σπείρας που κόβουν τις δυναμικές γραμμές, τα ενεργά δηλαδή μέρη της, είναι οι άγωγοί AA και BB. Η σπείρα κάνει μίαν ολοκληρή στροφή σε χρόνο T. Τότε, για ένα μονάχα τέταρτο της στροφής, θα διαθέσει χρόνο ίσο με T/4 για μισή στροφή χρόνο T/2, για 3/4 πής στροφής χρόνο 3T/4 κ.ο.κ. Δηλαδή, αν η σπείρα κάνει μίαν ολοκληρή στροφή σε χρόνο T = 1/60 του δευτερολέπτου, τό 1/4 της στροφής θα τό κάνει σε χρόνο

$$\frac{T}{4} = \frac{1}{4 \times 60} = \frac{1}{240}$$

του δευτερολέπτου, τή μισή στροφή σε  $\frac{2T}{4} = \frac{T}{2} = \frac{1}{120}$  του δευτερολέπτου και τά 3/4 της στροφής σε

$$\frac{3T}{4} = \frac{3}{4 \times 60} = \frac{3}{240} = \frac{1}{80} \text{ του δευτερολέπτου.}$$

"Αν ο χρόνος T =  $\frac{1}{100}$  του I'', τότε  $\frac{T}{4} = \frac{1}{400} = \frac{0,5}{200}$  του I'',  $\frac{T}{2} = \frac{1}{200}$  του I'',

$$\frac{3\tau}{4} = \frac{3}{4 \times 100} = \frac{3}{400} = \frac{1,5}{200} \text{ του } I''$$

Γιά νά δείχνουμε σχηματικά τήν καταύθυνση πού ἔχει ἕνα ρεῦμα μέσα σ' ἕναν ἄγωγό, βάζουμε συνήθως δίπλα στόν ἄγωγό ἕνα βέλος, μέ μιὰ τελεία στήν κορυφή κι ἕνα σταυρό στήν οὐρά του. Αὐτή ἡ παράσταση θά μᾶς διευκολύνει πολύ στήν παρακολούθηση τῆς διεύθυνσης πού θά ἔχει τό ἐπαγωγικό ρεῦμα μέσα σ' ἕναν ἄγωγό. Γι' αὐτό θά τήν χρησιμοποιήσουμε, καί μελετιωμένη μάλιστα, ὅπως δείχνει τό Σχ. 130.



Σχ. 130

Ἐπεξήγηση τοῦ σχήματος εἶναι νομίζουμε περιττή. Στόν πρὸς τὰ δεξιὰ καμπυλωμένο ἄγωγό τό ρεῦμα μπαίνει ἀπό τό σταυρό καί βγαίνει ἀπό τήν τελεία.

Ἄς γυρίσουμε τώρα στό ἐπαγωγικό μας μέ τή μοναδική σπείρα καί ἄς δοῦμε πῶς γαννιάται καί τί διεύθυνση ἔχει ἡ ἐπαγωγική ἢ.ε. δύναμη μέσα σ' αὐτό.

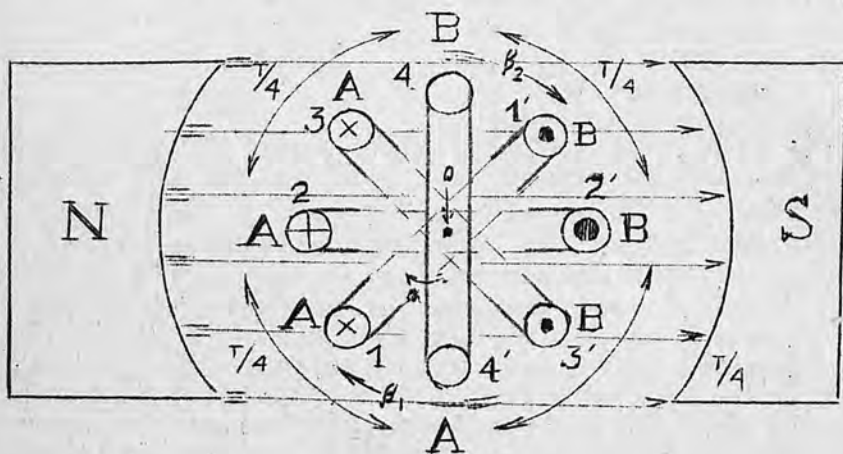
Γιά νά παρακολουθήσουμε καλύτερα τό τί γίνεται μέσα στή σπείρα τροποποιήσαμε τό Σχ. 129. καί παρουσιάζουμε τή σπείρα ὡπως φαίνεται στό Σχ. 131. Ἡ σπείρα AB στήν ἀφετηρία τῆς (ἄρ. 4,4) ἔχει τήν ἐπιφάνειά της κάθετη στίς δυναμικές γραμμές τοῦ πεδίου. Αὐτές ἀναβλύζουν ἀπό τό βόρειο πόλο N τοῦ ἡμῶν γωγέα καί πηγαίνουν στό νότιο S. Ἄρα ἡ ροή Φ πού διαπερνᾷ τή σπείρα εἶναι ἡ μέγιστη. Ὁ ἄξονας τῆς σπείρας προβάλλεται στό σημεῖο O.

Παίρνοντας γιά ἀφετηρία τή θέση τῆς σπείρας ὅπως φαίνεται στό σχήμα, ἀρχίζουμε τήν περιστροφή της σύμφωνα μέ τή διεύθυνση πού δείχνουν τά βέλη β<sub>1</sub> καί β<sub>2</sub>. Ὁ ἄγωγός A τῆς σπείρας ἀρχίζει νά κινεῖται μέσα στό πεδίο καί νά κόβει (I) τίς δυναμικές του γραμμές ἀπό τά κάτω πρὸς τά ἄνω, ἐνῶ ὁ ἄγωγός B, ἀπό τά ἄνω πρὸς τά κάτω. Ἡ σπείρα θά κάνει ὁλοκληρὴ στροφή, οἱ ἄγωγοί της δηλαδή A καί B θά ξαναγυρίσουν στήν ἀρχική τους θέση, σέ χρόνο T, ἄς ποῦμε σέ I δευτερόλ.

(I) Ὅταν λέμε "ὁ ἄγωγός κόβει δυναμικές γραμμές" ἐννοοῦμε "ἡ διεύθυνση τῆς κίνησης τοῦ ἄγωγου κόβει τίς δυναμικές γραμμές."

Σέ χρόνο λοιπόν  $\frac{T}{8} = \frac{I}{8}$  τοῦ  $I''$  ὁ ἄγωγός A θά φτάσει στή θέση I καί ὁ ἄγωγός B στή θέση  $I'$ , σέ  $\frac{T}{4} = \frac{I}{4}$  τοῦ  $I''$  ὁ ἄγωγός A θά ἔρθει στή θέση 2 καί ὁ B στή 2', σέ  $\frac{3T}{8} = \frac{I}{2,66}$  τοῦ  $I''$  ὁ A θά βρεθεῖ στή θέση 3 καί ὁ B στή 3', καί σέ χρόνο  $\frac{T}{2} = \frac{I}{2}$  τοῦ  $I''$  ὁ A θά πάει στή θέση 4 καί ὁ B στή θέση 4'.

Ὁ ἄγωγός A κόβει τίς δυναμικές γραμμές μέ γωνία, πού ἡ τιμή της, ἀρχίζοντας ἀπό τό μηδέν (ὅταν ὁ ἄγωγός A ξεκινᾷ ἀπό τήν ἀρχική του θέση) φτάνει



Σχ. 131

τίς  $45^\circ$ , ὅταν ὁ ἄγωγός A ἔρθει στή θέση I, τίς  $90^\circ$ , ὅταν πάει στή θέση 2, τίς  $135^\circ$ , ὅταν βρεθεῖ στή θέση 3 καί τίς  $180^\circ$ , ὅταν φθάσει στή θέση 4. Βλέπουμε, λοιπόν, πώς ὁ ἄγωγός A κόβει τίς δυναμικές γραμμές μέ γωνία πού ἀλλάζει συνεχῶς καί, επομένως θά γεννηθεῖ σ' αὐτόν ἐπαγωγικά μία ἢ.ε. δύναμη. Εἶδαμε ὁμως, πώς ἡ ἐπαγωγική ἢ.ε. δύναμη πού γεννιέται σ' ἄναν ἄγωγό, μετακινούμενο μέσα σ' ἕνα ὁμοιόμορφο καί ἀμετάβλητο πεδίο, ἐξαρτᾶται, σύμφωνα μέ τό δεύτερο νόμο τῆς ἐπαγωγῆς, ἀπό τό ἡμίτονο τῆς γωνίας  $\alpha$  μέ τήν

ὅποια ἡ διεύθυνση τῆς κίνησής του κόβει τὶς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τὸ ἡμίτονο τῆς γωνίας  $\alpha$  ἔχει τὴν μεγαλύτερην του τιμὴν, εἶναι ἴσο δηλαδὴ μὲ 1, ὅταν ἡ γωνία  $\alpha$  γίνῃ  $90^\circ$  καὶ μηδενίζεται, ὅταν ἡ γωνία αὐτὴ γίνῃ  $0^\circ$  ἢ  $180^\circ$ . Ἄρα ἡ ἡ.σ. δύναμη, πού γεννιέται στὸν ἄγωγό A, μηδενικὴ, ὅταν αὐτὸς ξεκινᾷ ἀπὸ τὴν ἑπιπέδου του, γιὰτί τότε ἡ διεύθυνση τῆς κίνησής του εἶναι παράλληλη μὲ τὶς δυναμικὰς γραμμὰς, φτάνει στὴν μεγαλύτερη τῆς τιμὴν, ὅταν ὁ ἄγωγός A φτάσει ὑστερὰ ἀπὸ χρόνον  $T/4$ , στὴν θέσιν 2, ὅπου κόβει τὶς δυναμικὰς γραμμὰς μὲ γωνίαν  $90^\circ$ , γιὰ ν' ἀρχίσει πάλι νὰ πέφτει, ὡσὸτου μηδενιστεῖ, ὅταν ὁ ἄγωγός A διαγράψῃ γωνίαν  $180^\circ$ , ἔρθῃ δηλαδὴ στὴν θέσιν 4.

Ἄς δοῦμε τώρα τὸν ἄγωγό B τῆς σπείρας.

Ὅ,τι γίνεται μὲ τὸν ἄγωγό A, τὸ ἴδιο γίνεται καὶ μὲ τὸν ἄγωγό B, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν πὺς ὁ ἄγωγός B κόβει μὲ τὴν διεύθυνση τῆς κίνησής του τὶς δυναμικὰς γραμμὰς ἀπὸ τὰ ἑπάνω πρὸς τὰ κάτω. Ἡ ἡ.σ. δύναμη, λοιπὸν, πού θὰ γεννηθεῖ καὶ στὸν ἄγωγό B, ἀρχίζοντας ἀπὸ τὸ μηδέν, θὰ γίνῃ μὲ γίστη, ὅταν αὐτὸς βρεθεῖ στὴν θέσιν 2 καὶ θ' ἀρχίσει πάλι νὰ μικραίνει γιὰ νὰ μηδενιστεῖ, ὅταν ὁ ἄγωγός B βρεθεῖ στὴν θέσιν 4.

Καὶ τὸ ἄρτιμα, ὅμως, πού θὰ γεννηθεῖ ἀπ' αὐτὴν τὴν ἡ.σ. δύναμη μέσα στὴν σπείρα, ἂν αὐτὴ σχηματίζῃ κλειστό κύκλωμα, ἀκολουθεῖ πιστὰ τὶς μεταβολὰς πού παθαίνει ἡ ἡ.σ. δύναμη πού τὸ γεννάει. Θὰ εἶναι ἄρα καὶ αὐτὸ στὴν ἀρχὴ μηδενικὸ, ὑστερὰ μέγιστο, ὅταν ὁ ἄγωγός A βρεθεῖ στὴν θέσιν 2 καὶ ὁ ἄγωγός B στὴν θέσιν 2 (ὅταν δηλαδὴ τὸ ἐπίπεδον τῆς σπείρας βρεθεῖ παράλληλον μὲ τὶς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ ὑστερὰ πάλι μηδενικὸ, ὅταν οἱ δύο ἄγνωστοι διαγράψουν  $180^\circ$ .

Ἄς δοῦμε τώρα ποιά διεύθυνση θὰ ἔχει τὸ ἑπιπέδον αὐτὸ ρεῦμα.

Γιὰ τὴν ἔρευναν αὐτὴν θὰ μᾶς βοηθήσῃ ὁ κανὼνας τῶν τριῶν δαχτύλων τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ ἢ, ἀπλοῦστερα, ὁ κανὼνας τῆς παλάμης τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ. Σύμφωνον μὲ τὸν τελευταῖον κανόνα, ἂν ἀνοίξουμε τὸ δεξιὸν χεῖρ καὶ τὸ βάλομε μέσα στὸ μαγνητικὸ πεδίου ὡς ἐπαγωγὴ μὲ τρόπον, πού οἱ δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου αὐτοῦ νὰ μπαίνουν ἀπὸ τὴν παλάμη καὶ νὰ βγαίνουν ἀπὸ τὴν ῥάχη τοῦ χεριοῦ μας, καὶ ἂν ὁ τεντωμένος κᾶθατα πρὸς τ' ἄλλα δαχτύλα τοῦ χεριοῦ ἀντίχειράς μας, δειχνῇ

τῆ διεύθυνση πού ἔχει κίνηση τοῦ ἄγωγού, τότε ἡ διεύθυνση πού ἔχουν τὰ υπόλοιπα τεντωμένα δάχτυλα δείχνει τὴν διεύθυνση πού ἔχει τὸ ρεῦμα μέσα στὸν κινούμενο ἄγωγό.

"Ἄς ἐφαρμόσουμε τώρα τὸν κανόνα. Ἡ παλάμη τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ μας, γιὰ νὰ μπαίνουν ἀπ' αὐτὴν οἱ δυναμικὲς γραμμές, πρέπει νὰ βλέπει τὸ βόρειο πόλο N τοῦ ἐπαγωγέα. Ὁ ἄγωγός A τῆς σπείρας κινεῖται ἀπὸ τὰ κάτω πρὸς τὰ ἑπάνω. Ἄρα ὁ τεντωμένος ἀντίχειρας τοῦ δεξιοῦ μας χεριοῦ θὰ εἶναι πρὸς τὰ ἑπάνω. Ἡ διεύθυνση τότε τῶν υπολοίπων τεντωμένων δαχτύλων θὰ δείχνει πρὸς τὴν σελίδα. Ἄρα καὶ τὸ ρεῦμα θὰ ἔχει διεύθυνση μέσα στὸν ἄγωγό A σὰ νὰ τρυπάει τὴν σελίδα γιὰ νὰ βγαῖ ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά. Αὐτὸ ἄλλωστε θέλει νὰ δείξει καὶ ὁ σταυρός τοῦ βέλους. Τὸν σταυρὸ τὸν σχεδιάσαμε στὶς διαφορὰς θέσεις τοῦ ἄγωγού μὲ διάφορο μέγεθος. Στὶς θέσεις 1 καὶ 3, ὅπου φτάνει ὁ ἄγωγός, ὕστερα ἀπὸ χρόνο  $1/8$  καὶ  $3/8$  τοῦ  $T$ , οἱ σταυροὶ εἶναι μικρότεροι ἀπὸ τὸ σταυρὸ στὴ θέση 2.

Μ' αὐτὸ θέλουμε νὰ δείξουμε πῶς, ὅταν ὁ ἄγωγός A βρῖσκεται στὴ θέση 2, τὸ ρεῦμα μέσα σ' αὐτὸν ἔχει τὴ μεγαλύτερή του τιμὴ.

Με τὸν ἴδιο κανόνα τῆς παλάμης τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ βρῖσκουμε καὶ τὴ διεύθυνση πού θὰ ἔχει τὸ ρεῦμα στὸν ἄγωγό B. Αὐτὸς κινεῖται ἀπὸ τὰ ἑπάνω πρὸς τὰ κάτω. Ἡ παλάμη τοῦ δεξιοῦ μας χεριοῦ θὰ εἶναι πάλι στραμμένη πρὸς τὸ βόρειο πόλο τοῦ ἐπαγωγέα, ὁ ἀντίχειράς μας ὅμως θὰ δείχνει πρὸς τὰ κάτω. Τότε τὰ υπόλοιπα τεντωμένα δάχτυλά μας θὰ δείχνουν ἀπὸ τὴ σελίδα πρὸς ἑμᾶς. Ἄρα καὶ ἡ διεύθυνση τοῦ ρεύματος θὰ εἶναι ἀντίθετη ἀπὸ τὴ διεύθυνση πού ἔχει τὸ ρεῦμα στὸν ἄγωγό A.

Πρέπει λοιπὸν νὰ φανταστοῦμε, πῶς τὸ ρεῦμα θὰ τρυπάει τὴν σελίδα ἀπὸ τὸ ἄλλο μέρος τῆς γιὰ νὰ βγαίνει πρὸς τὸ δικό μας μέρος. Αὐτὸ θέλουμε νὰ δείξουμε μὲ τίς τελείας, τίς κορυφές δηλαδή των βελῶν πού δείχνουν τὴ διεύθυνση τοῦ ρεύματος. Ἡ παχύτερη τελεία δείχνει καὶ τὸ ἀγτατικότερὸ ρεῦμα.

Ὁ ἄγωγός ὅμως B εἶναι συνέχεια τοῦ ἄγωγού A, ἀφοῦ σχηματίζει μ' αὐτὸν ὁλόκληρη τὴ σπείρα. Ἄρα τὸ ρεῦμα κατὰ τὴν πρώτη μισή στροφή τῆς σπείρας θὰ διευθύνεται ἀπὸ τὸν ἄγωγό A πρὸς τὸν ἄγωγό B, ἀλλά-





ξεκίνησαν, ξαναβρεθούν δηλαδή πάλι στην ουδέτερη γραμμή. Η διευθунση που έχει τώρα το ρεύμα, είναι αντίθετη από τη διευθунση που είχε στην πρώτη μισή στροφή της σπείρας. Τώρα διευθύνεται από τον άγωγό Β προς τον άγωγό Α.

"Ας δούμε, τέλος, τός μεταβολές της ροής Φ. Η ροή Φ μέσα από τη σπείρα είναι μέγιστη, όταν το επίπεδο της σπείρας είναι κάθετο σ' αυτή, όταν δηλαδή η σπείρα βρίσκεται στην ουδέτερη γραμμή. Η θή Φ στη σπείρα είναι μηδενική, όταν το επίπεδο της σπείρας γίνει παράλληλο μ' αυτήν, δηλαδή ύστερα από χρόνο  $T/4$  ή  $3T/4$ . Η ή.ε. δύναμη πάλι, που γεννιέται στη σπείρα, είναι μηδενική, όταν η ροή είναι μέγιστη και μέγιστη, όταν η ροή είναι μηδενική.

Τά συμπεράσματα αυτά μπορούμε νά τ' ανακεφαλαιώσουμε στον παρακάτω πίνακα.

Χρόνος	Θέση της σπείρας (Σχ. 131 και Σχ. 132)	Ροή που διαρρέει τη σπείρα	Επαγωγική ή ε.δύναμη
0	A-B	Μέγιστη	Μηδενική
$\frac{T}{4}$	2-2'	Μηδενική	Μεγιστη
$\frac{T}{2}$	B-A	Μέγιστη άλλ' αντίθετη	Μηδενική
$\frac{3T}{4}$	6-6'	Μηδενική	Μεγιστη άλλ' αντίθετη
T	A-B	Μεγιστη	Μηδενική

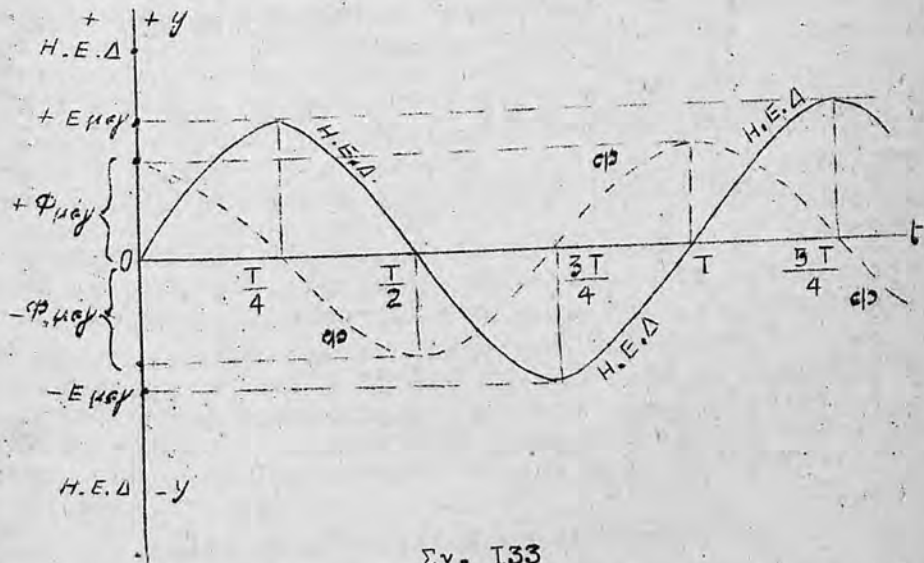
Η επαγόμενη λοιπόν ή.ε. δύναμη μεταβάλλεται συνεχώς. Αρχίζοντας από τό μηδέν φτάνει στη μέγιστη της τιμή και ύστερα, κατά τόν ίδιο ακριβώς τρόπο, αρχίζει νά πέφτει, ώσόντου φτάσει πάλι στό μηδέν. Τή στιγμή αυτήν αλλάζει τή διευθунση της, αυξάνει πάλι ως μιά μέγιστη αρνητική τιμή, ίση μέ τή μέγιστη θετική, για νά ξαναπέσει πάλι στό μηδέν.

Στό σχ. 133 παρουσιάζουμε μέ καμπύλη τίς μεταβολές που παθαίνει ή ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη. Στό σχήμα αυτό, ο άξονας Ot, "ο άξονας τών τεταμημένων", όπως λέγεται δείχνει τό χρόνο t και ο άξονας Oy, "ο άξονας τών τεταγμένων", τήν ηλεκτρεγερτική δύναμη E ή τή ροή Φ.

ιστό ἴδιο σχῆμα ἢ στιγμῆν καμπύλη δείχνει τὴ μεταβολὴ τῆς ροῆς  $\Phi$ .

Στὴν ἀφετηρία θέσις τῆς σπείρας ἢ ροῆ εἶναι μέγιστη θετικὴ, ἀλλὰ ἢ ἢ.ε. δύναμη μηδενίζεται. Σὲ χρόνον περιστροφῆς  $T/4$  ἢ ροῆ  $\Phi$  μηδενίζεται, ἐνῶ ἢ ἢ.ε. δύναμη φτάνει εἰς τὴν μέγιστήν της θετικὴν τιμὴν  $+E$ . Μετὰ χρόνον  $T/2$  ἢ ροῆ  $\Phi$  γίνεται μέγιστη ἀρνητικὴ καὶ ἢ ἢ.ε. δύναμη μηδενίζεται, ἀλλάζει διεύθυνση, καὶ ὕστερα ἀπὸ χρόνον  $3T/4$ , ἐνῶ ἢ ροῆ  $\Phi$  μηδενίζεται, αὐτὴ παίρνει τὴ μέγιστήν της ἀρνητικὴν τιμὴν  $-E$ .

Ὅταν τέλος συμπληρωθῆι, ὕστερα ἀπὸ χρόνον  $T$ , μιᾶ ὁλόκληρη στροφῆ τῆς σπείρας, ἢ ροῆ  $\Phi$  γίνεται μέγιστη θετικὴ καὶ ἢ ἢ.ε. δύναμη ἀλλάζει συναχῶς τὸ πέρασμα τοῦ χρόνου, ἢ ἢ.ε. δύναμη ἀλλάζει συναχῶς καὶ διεύθυνση καὶ τιμὴν. Μιᾶ τέτοια ἢ.ε. δύναμη, ποὺ παρουσιάζει ἀναλλαγὰς, καὶ εἰς τὴν διεύθυνση καὶ εἰς τὴν τιμὴν της, λέγεται ἐναλλασσομένη. Καὶ τὸ ρεῦμα ποὺ θά γαννηθῆι ἀπ' αὐτὴν ὀνομάζεται ἐναλλασσομένο ρεῦμα.



Σχ. 133

ὅμοιον ρεῦμα. Οἱ μηχανεῖς ποὺ παράγουν τῆς τοιοῦτο ρεῦμα λέγονται ἐναλλασσομένη ρεύματος, ἢ, μονολεπτικά, ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ἢ, ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Ἡ ἐναλλασσομένη ἢ.ε. δύναμη ποὺ παράγεται μετὰ τῆς

τρόπο στο πηνίο, χαρακτηρίζεται από τη μέγιστή της τιμή και από τη μορφή που έχει η καμπύλη της. Είναι αυτόνοτο, πώς αν το πηνίο δεν έχει μία μονάχα σπειρα αλλά πολλές, ή επαγόμενη ή.ε. δύναμη είναι ανάλογη και με τον αριθμό  $N$  των σπειρών ( $\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta} N$ ). Η μορφή της καμπύλης πάλι εξαρτάται από το πώς μεταβάλλεται η ροή σε κάθε στιγμή της περιστροφής του πηνίου.

Στήν περίπτωση που εξετάσαμε, και που είδαμε μία μονάχα σπείρα να περιστρέφεται με ομαλή περιστροφική κίνηση μέσα σ' ένα ομοιόμορφο και σταθερό μαγνητικό πεδίο, η καμπύλη που δείχνει την μεταβολή της ή.ε. δύναμης έχει τη μορφή που παρουσιάζει στην τριγωνομετρία ή "ημιτονική" λεγόμενη καμπύλη, δηλ. η καμπύλη που δείχνει την μεταβολή του ημιτόνου. "Επειδή λοιπόν η καμπύλη αυτή μοιάζει με την ημιτονική λέγεται "ήμιτονοειδική καμπύλη". Από αυτήν παίρνει και η ή.ε. δύναμη, που αναφέραμε, το όνομα: ήμιτονοειδική ή.ε. δύναμη και το ρεύμα ήμιτονοειδικό ρεύμα.

Τα εναλλασσόμενα ρεύματα και οι εναλλασσόμενες τάσεις, που παράγονται βιομηχανικά, μπορούν να παρασταθούν γενικά με μιάν ημιτονοειδική καμπύλη.

Υστερα από όλα αυτά, καταλαβαίνουμε ότι παρουσιάζουμε το ίδιο αποτέλεσμα αν η σπείρα κρατηθεί ακίνητη και, αντί γι' αυτήν, περιστραφεί ο επαγωγέας, με τρόπο που οι δυναμικές του γραμμές να διαπερνούν τη σπείρα. Σήμερα μεταχειριζόμαστε και τους δύο, τρόπους.

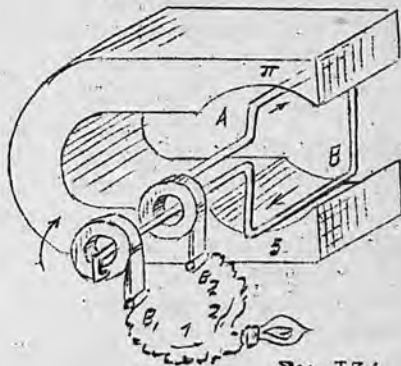
Πώς παράγεται το εναλλασσόμενο ρεύμα.

"Αν ανώσουμε με δύο μεταλλικούς δαχτύλιους (σχ. I34) τις δύο άκρες της σπείρας, της περιστρεφόμενης στο μαγνητικό πεδίο, και τις σταθερές φηκτρες  $B_1 B_2$  με το εξωτερικό κύκλωμα, σχηματίζουμε ένα κλειστό κύκλωμα που διαρρέεται από ρεύμα της ίδιας μορφής με την επαγόμενη στην σπείρα  $AB$  ή.ε. δύναμη. Το ρεύμα αυτό είναι όπως ξέρουμε:

$$I = \mathcal{E} / R$$

Και αφού η  $\mathcal{E}$  είναι εναλλασσόμενη, θα πεϊ πώς και το ρεύμα  $I$  είναι εναλλασσόμενο.

Τό ρεύμα, λοιπόν, πού παράγεται μ' αυτό τόν τρόπο, διαφέρει από τό ρεύμα πού μάς δίνουν τό θερμοηλεκτρικό, τό φωτοηλεκτρικό και τό η-λεκτρικό στοιχείο καθώς και ο συσσωρευτής. Τό ρεύμα πού μάς δίνουν



Σχ. 134

οι τελευταίες αυτές πηγές, έχει πάντα τήν ίδια διεύθυνση και ρέει στό εξωτερικό κύκλωμα από τό θετικό πόλο τής πηγής πρός τόν αρνητικό και ούτε αλλάζει τήν έντασή του. Γι' αυτό τό ονομάσαμε "συναχές ρεύμα". Τό ρεύμα όμως πού γεννιέται επαγωγικά μέσα στή σπείρα του Σχ. 134 αλλάζει τήν έντασή του καθώς και τή διεύθυνσή του (βέλη 1 και 2) κάθε φορά πού η σπείρα πλησιάζει ένα διαφορετικό πόλο του μαγνητικού πεδίου.

Τό εναλλασσόμενο ρεύμα μπορεί νά παραβληθεί με τό υδάτινο ρεύμα πού κυκλοφορεί στή συσκευή του Σχ. 135. Στο επάνω μέρος του σωλήνα τό έμβολο E κάνει παλινδρομικές κινήσεις μέσα σ' έναν κύλινδρο. Τώρα κινείται από τά δεξιά πρός τ' αριστερά. Μ' αυτή τήν κίνηση παρουσιάζεται σι' αριστερά του εμβόλου, μιά υπερπίεση του νερού, ενώ δεξιά του μιά υποπίεση η. Είναι φυσικό λοιπόν τό νερό ν' αρχίσει νά κυκλοφορεί, στό κάτω μέρος του σωλήνος, και νά περνά από τό σωληνίσκο N από τ' αριστερά πρός τά δεξιά. Τό νερό έχει τήν ίδια διεύθυνση ώσότου τό έμβολο φτάσει στό αριστερό άκρο.

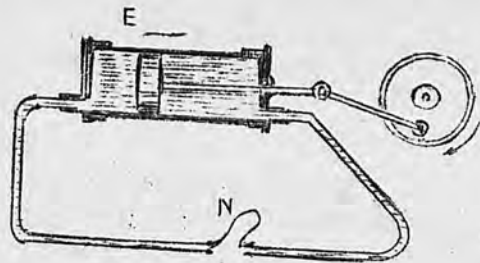
Όταν τό έμβολο αρχίσει νά κινείται από τ' αριστερά πρός τά δεξιά, η υπερπίεση παρουσιάζεται δεξιά και η υποπίεση αριστερά. Τό υδάτινο ρεύμα έχει τώρα διεύθυνση αντίθετη από τήν πρωτηνή, ρέει δηλαδή από τά δεξιά πρός τ' αριστερά. Έτσι, με τήν παλινδρομική κίνηση του εμβόλου, τό υδάτινο ρεύμα αλλάζει διαδοχικά διεύθυνση μέσα στό σωληνίσκο N.

Ονομάζουμε ε ν α λ λ α γ ή τ ο υ ε ν α λ λ α σ σ ό μ ε ν ο υ

$$R = \frac{E}{R} \quad I = \frac{E}{R} \quad R = \frac{E}{I}$$



μανου ρεύματος κάθε μεταβολή της διεύθυνσης του και περιόδο, τό χρόνο  $T$ , που αντίστοιχεί στό μήκος  $O-I$  ή στό μήκος



υπ' του Σχ. Ι33. Με άλλα λόγια, περίοδος του ρεύματος είναι ό χρόνος που χρειάζεται τό ρεύμα για να συμπληρώσει δύο εναλλαγές ή έναν κύκλο.

Σχ. Ι35

Στό παράδειγμα της σπειρας του σχ. Ι31, όπου έχουμε ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο, περίοδος είναι ό χρόνος που κατά τή διάρκειά του ή σπείρα συμπληρώνει ολόκληρη στροφή. Τό μισό του χρόνου αυτού, τό ονομάζουμε ή μιπερίοδο.

Άρα, μιά ήμιπερίοδος =  $T/2$ . Ονομάζουμε συχνότητα του άναλασόμενου ρεύματος τόν αριθμό τών περιόδων ή τών κύκλων στό δευτερόλεπτο. Επομένως, αν  $T$  είναι ή περίοδος τού ρεύματος και  $f$  ή συχνότητά του, έχουμε:

$$f \times T = 1 \text{ δευτερόλεπτο}$$

$$\text{ή } f = \frac{1}{T}$$

$$\text{και } T = \frac{1}{f}$$

Γιά μονάδα τής συχνότητας έχουμε, έμαίς οι Έλληνες, τήν περίοδο ή τόν κύκλο (ιδιαιτέρως στά ύψίσυχνα ρεύματα). Λεγα π.χ.: Αυτό τό ρεύμα έχει συχνότητα 50 περιόδων στό 1. Κι ό Γάλλοι μεταχειρίζονται τήν ίδια λέξη "περίοδος" (periode), καθώς και τή λέξη σίκλ (cycle = κύκλος). Οι Αγγλοαμερικανοί πάλι τή λέξη cycle, που τήν προφέρουν όμως "σάϊκλ". Τέλος, οι Γερμανοί τή λέξη "χέρτζ" (Hertz). Επομένως ή περίοδο πουμε ή κύκλο ή σίκλ ή σάϊκλ ή χέρτζ, τό ίδιο κάνει.

Η συχνότητα τών εναλασσομένων βιομηχανικών ρευμάτων είναι: 16, 25, 42, 50 και 60 περιόδοι στό δευτερόλεπτο. Η συχνότητα τών 50 περιόδων είναι και ή συν-

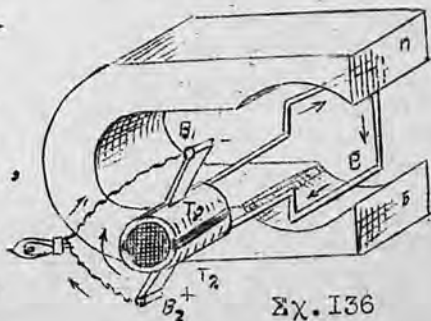
θέστερη στά δίκτυα ηλεκτροφωτισμού τῆς Εὐρώπης. Αυτό θά πρῆ, πῶς σ' ένα δευτερόλεπτο ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀναλλαγῶν εἶναι ἴσος μὲ 100 καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν περιόδων ἴσος μὲ 50. Ἄν μιὰ σπεῖρα περιστρέφεται ἀναμμεσα στους πόλους τοῦ ἐπαγωγέα μὲ 3000 στροφάς, στο λαπτό, τό, τό ρεῦμα θά ἔχει 6000 ἀναλλαγές στο ἴδιο χρονικό διάστημα, δηλαδή 100 ἀναλλαγές στο 1 ἢ 50 περιόδους στο ἴδιο χρονικό διάστημα. Λάβτε, τότε, πῶς τό ρεῦμα εἶναι 50 περιόδων.

"Ἄς μή νομίσουμε ὅμως, πῶς τὰ ἀναλλασσόμενα ρεύματα πού χρησιμοποιοῦμε σήμερα στήν Ἠλεκτροτεχνία ἔχουν γιά συχνότητα μονάχα τις συχνότητες πού προαφάραμα. Τέτοια συχνότητα ἔχουν συνήθως τὰ βιομηχανικά ρεύματα. Ἐκτός ἀπ' αὐτά, ὅμως, παράγουμε σήμερα καὶ ἀναλλασσόμενα ρεύματα πού οἱ συχνότητές τους φτάνουν ὡς 30.000.000 περιόδους καὶ παραπάνω στή ραδιοτεχνική, καὶ στήν ηλεκτροθεραπεία πλοῦ μεγαλύτερες ἀκόμη. Τὰ ἀναλλασσόμενα ρεύματα, χωρίζονται, ἀνάλογα μὲ τή συχνότητά τους, σέ ρεύματα χαμηλῆς συχνότητας (ὡς 10000 περίοδοι) καὶ σέ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας (ἀπό 10000 καὶ ἐπάνω).

Καί στήν περίπτωση αὐτήν γιά νά μή χρησιμοποιοῦμε ὀλόκληρες χιλιάδες ἢ εκατομμύρια, ἐκφραζόμεστε μὲ τὰ πολλαπλάσια : χιλιοπερίοδοι, χιλιόκυκλοι, κίλοχάρτζ, μεγακύκλοι, μεγασάϊνλ, μεγαχάρτζ, πού σημαίνουν, τὰ πρῶτα χιλιάδας, καὶ τὰ δευτερά, εκατομμύρια περίοδοι στο δευτερόλεπτο.

Πῶς παράγεται τό συναχές ρεῦμα

Τό ἀναλλασσόμενο ρεῦμα, εἶναι κατάλληλο γιά ὀρισμένες βιομηχανικές ἐργασίες καὶ ἀνάλληλο γιά ἄλλες. Μποροῦμε, ὅμως, προσθέτοντας μιαν ἀπλή διάταξη στή μηχανή πού τό παράγει, νά τό ἀναγκάσουμε νά κυκλοφορεῖ στο ἑξωτερικό κύκλωμα πρὸς μιὰ μονάχα διεύθυνση καὶ ἔτσι νά πετύχουμε ἕνα ρεῦμα



Σχ. 136

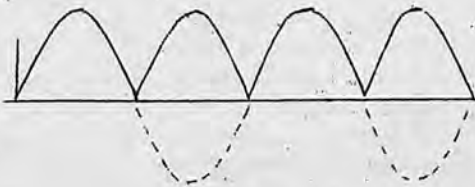
σχεδόν ολόϊδιο με τό συναχές ρεύμα τῶν ηλεκτρικῶν στοιχείων.

"Ας ἐνώσουμε τίς δύο ἄκρες τῆς σπαίρας AB (Σχ. I36) σ' ἕνα μονάχα δαχτύλιο, χωρισμένο σέ δύο μεταλλικά τμήματα  $T_1$  καί  $T_2$ , μονωμένα μεταξύ τους. Ἡ μία ἄκρη τῆς σπαίρας εἶναι κολλημένη στό τμήμα  $T_1$  καί ἡ ἄλλη ν στό  $T_2$ . Τό δαχτύλιο τόν ὀνομάζουμε τώρα συλλέκτη καί τά δύο τμήματα τομέα  $T_1$  καί  $T_2$ . Ἐπάνω στόν τομέα  $T_1$  ἀκουμπάει ἡ φήκτρα  $B_1$  καί στόν τομέα  $T_2$ , ἡ φήκτρα  $B_2$ . Αὐτές βρίσκονται κἄπου στερωμένες, καί ἐνώνονται μέ τό ἐξωτερικό κύκλωμα.

"Όταν ἡ σπαίρα βρεθεῖ στήν οὐδέτερη γραμμή, δηλαδή σέ θέση διαφορτικῆ κατά  $90^\circ$  ἀπό τή θέση πού δείχνει τό Σχ. I36, ὅταν δηλαδή ἡ ἡ.ε. δύναμη στή σπαίρα πάει ν' ἀλλάξει διεύθυνση, ἡ φήκτρα  $B_2$  πού ἀκουμποῦσα ὡς τώρα στόν τομέα  $T_2$  τοῦ συλλέκτη, ἀφίνει τόν τομέα αὐτό γιά νά ἐρθεῖ σ' ἀπαφή μέ τόν τομέα  $T_1$ , ὅπου εἶναι κολλημένη ἡ ἄλλη ἄκρη τῆς σπαίρας καί ἡ φήκτρα  $B_1$  ἐρχεται σ' ἀπαφή μέ τόν τομέα  $T_2$ .

Τό ρεύμα λοιπόν, πού παράγεται στή σπαίρα, ἀναστρέφεται στό ἐξωτερικό κύκλωμα σέ κάθε ἡμιπερίοδο ἀκριβῶς τή στιγμή πού μηδενίζεται ἡ ἡ.ε. δύναμη. Ἔτσι ἀντί νά πάρουμε ἐναλλασσόμενο ρεύμα, παίρνομε ἕνα ἀνορθωμένο, ὅπως τό λέμε, ρεύμα πού ἔχει πάντα τήν ἴδια διεύ-

θυνση στό ἐξωτερικό κύκλωμα καί πού ἡ ἐντάσή του, ὅμως, μεταβάλλεται ἀπό τό μηδέν ὡς τή μέγιστή της τιμή, γιά νά ἐναπέσει πάλι σ' αὐτό. (Σχ. I37).



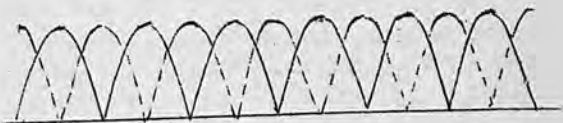
Σχ. I37

"Ας μή ξεχνοῦμε, πῶς τό ρεύμα πού γαννιέται μέσα στή σπαίρα ἐξακολουθεῖ νά εἶναι ἐναλλασσόμενο, μά χάρη στό συλλέκτη, τό ἀναγκάζομε νά κυκλοφορεῖ στό ἐξωτερικό κύκλωμα πρός μιά μονάχα διεύθυνση.

Οἱ ἀρνητικῆς τιμές του, πού σχεδιάστηκαν

στό σχ. 137, με στιγμάνη γραμμή, άνορθώνονται και τó ρεύμα στο έξωτερικό κύκλωμα έχει τή μορφή πού μας δίνει ή καμπύλη του σχήματος.

Τό ρεύμα πού παίρνουμε μ' αυτόν τόν τρόπο είναι, λοιπόν, παλμικό. "Αν όμως άντι για μία σπαίρα χρησιμοποιήσουμε δύο σπαίρες, κάθετες ή μία στην άλλη, πού οι άκρες τους ενώνονται σε τέσσερας μεταλλικές τομαίς μονωμένους μεταξύ τους, ή καμπύλη του ρεύματος, πού κυκλοφορεί στο έξωτερικό κύκλωμα, έχει τή μορφή πού δείχνει τό Σχ. 138.



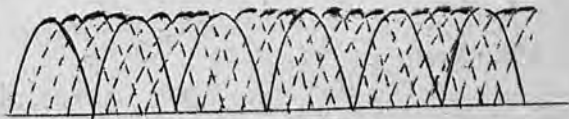
Σχ. 138

Κι' αλήθεια: Κάθε σπαίρα, αν τήν παρούμε ξεχωριστά, παράγει ένα παλμικό ρεύμα πού τό ένα τμήμα του σχεδιάζεται

στό σχήμα με γαμάτη γραμμή και τό άλλο με στιγμάνη. Τό ρεύμα όμως, πού κυκλοφορεί στο έξωτερικό κύκλωμα, θά δοθεί διαδοχικά πότα από τή μία σπαίρα και πότα από τήν άλλη, ανάλογα με τό ζευγάρι των τομαίων του συλλέκτη πού άκουμπάει στις ψήκτρες. Η μορφή αυτού του ρεύματος δείχνεται από τήν παχιά καμπύλη του Σχ. 138. Οι παλμοί τώρα είναι δύο φορές περισσότεροι άπ' αυτούς πού παίρναμε όταν είχαμε μία μονάχα σπαίρα και τό πλάτος τους μικρότερο από τό πλάτος πού είχαμε στην προηγούμενη περίπτωση.

"Αν μεταχειριστούμε τέσσερας σπαίρες και όχτώ τομαίς στο συλλέκτη, διπλασιάζουμε τόν αριθμό των παλμών, και μικραίνουμε ακόμη περισσότερο τό πλάτος τους, όπως δείχνει τό Σχ. 139.

Κι' αν αύξήσουμε ακόμη περισσότερο τόν αριθμό των σπαίρων, έχοντας πάντοτε για κάθε σπαίρα δύο ξεχωριστούς τομαίς στο συλλέκτη, θά παύσουμε ένα ρεύμα πού θά παρουσιάζει μικρές μονάχα διδκυμάνσεις, δηλαδή ένα ρεύμα πρακτικά συνεχές, πού ή ηλεκτρεγερ-



Σχ. 139

τική του δύναμη είναι αίσθητά σταθερή.

Οι μηχανές που παράγουν ένα τέτοιο συνεχές ρεύμα, λέγονται δυνάμομηχανές, γι'νά ξεχωρίζουν από τους εναλλαχτήρες, που μας δίνουν, όπως είδαμε, το εναλλασσόμενο ρεύμα.

### ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Γιατί προτιμούμε το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Στά προηγούμενα είδαμε, πώς το ρεύμα, που γεννιέται επαγωγικά μέσα σε μία σπείρα περιστρεφόμενη ομαλά σε ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο, είναι εναλλασσόμενο και πώς αυτό το ρεύμα μπορούμε ανορθώνοντάς το με τη βοήθεια του συλλέκτη να το μετατρέψουμε σε συνεχές. Για πάρα πολλές όμως εφαρμογές του ηλεκτρισμού, αντί να το μετατρέπουμε σε συνεχές, μας συμφέρει να το χρησιμοποιούμε όπως ακριβώς γεννιέται. Γι' αυτό χρησιμοποιούμε και τους εναλλαχτήρες.

Οι εναλλαχτήρες, αντίθετα προς τις δυναμομηχανές, είναι στην κατασκευή τους πιο απλοί. Πρώτα απ' όλα δεν έχουν λεπτά όργανα, όπως είναι ο συλλέκτης. Έπειτα έχουν, γενικά, το επαγωγικό τους σταθερό. Μια τέτοια διάταξη μας επιτρέπει, όταν μάλιστα έχουμε υψηλές τάσεις που θα θέλαμε ειδικές προφυλάξεις, να πραγματοποιήσουμε εύκολα μία καλή μόνωση στα πηνία του επαγωγίμου, πράμα δύσκολο για πηνία στρεπτά.

Σήμερα μπορούμε και κατασκευάζουμε εναλλαχτήρες με τάση ως 30.000 βόλτ, γιατί το επαγωγίμο είναι σταθερό και ο στρεπτός επαγωγίας διαρρέεται, για τη διέγερσή του, από συνεχές ρεύμα με χαμηλή τάση. Ωστόσο οι κατασκευαστές συμβουλεύουν να μη ξεπερνούμε την τάση των 12.000 βόλτ, αφού αυτή είναι αρκετή για τις βιομηχανικές ανάγκες.

Οι δυναμομηχανές πάλι έχουν, γενικά, τον επαγωγέα σταθερό και το επαγωγίμο στρεπτό. Ο συλλέκτης γυρνάει μαζί με το επαγωγίμο και το ρεύμα μαζεύεται από τις σταθερές πηχτές. Και επειδή η κατασκευή τους παρυσιάζει δυσκολίες, δεν μπορούμε να ξεπεράσουμε την τάση των 4.000 βόλτ.

Τό μεγάλο όμως πλεονέκτημα που παρουσιάζει το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι, ότι μπορούμε να μετα-



τρέφουμε την τάση και την έντασή του με στατικά μηχανήματα απλά και φτηνά, που λέγονται μετασχηματιστές. Ή μετατροπείς. Οι μετασχηματιστές δεν έχουν ανάγκη από συναχή επίβλαφη, ούτε και από μεγάλη συντήρηση. Με τη βοήθειά τους μπορούμε να στείλουμε τό ρεύμα με ύψηλή τάση σε μεγάλες αποστάσεις και να το χρησιμοποιήσουμε όπου θέλουμε χαμηλώνοντας ύστερα την τάση του.

Ύψηλή τάση! Με τον όρα αυτόν κάθε ταχυίτης καταλαβαίνει πώς έχει να κάνει με τάση επάνω από 1.000 βόλτ και τον πιάνει φόβος. Γιατί όμως χρησιμοποούμε αυτές τις τόσο ύψηλές τάσεις;

"Ας φέρουμε ένα αριθμητικό παράδειγμα για να καταλάβουμε γιατί μ'ας συμφέρει να στέλνουμε τό ρεύμα με ύψηλή τάση.

"Ας υποθέσουμε πώς θέλουμε να μεταφέρουμε σε 25 χιλιομέτρα μιá ισχύ 22 kW με τάση 220 βόλτ και άπώλεια Ζούλ (RI<sup>2</sup>) 12%.

Τό ρεύμα στην κατανάλωση είναι:

$$22.000 / 220 = 100 \text{ άμπέρ.}$$

Η ισχύ του ρεύματος στην πηγή, αφού παραδέχτηκαμε άπώλεια 12%, είναι:

$$\frac{22.000 \times 100}{88} = 25.000 \text{ βάττ.}$$

"Αρα άπώλεια στη γραμμή:

$$RI^2 = 3.000 \text{ βάττ.}$$

"Ας λογαριάσουμε τώρα τη διατομή και τό βάρος των δύο άγωγών του κυλώματος, που έχουν όλικό μήκος 2 x 25.000 = 50.000 μέτρα ( ειδικό βάρος χαλκού: 8,8)

Από τό RI<sup>2</sup> = 3.000 παίρνουμε:

$$R = \frac{3.000}{I^2} = \frac{3.000}{100^2} = 0,3 \Omega$$

Η διατομή S θά είναι:

$$S = \frac{\rho \times l}{R} = \frac{0,016 \times 50.000}{0,3} =$$

= 2660 τετρ. χιλιοστά (d= 60 χιλιοστά περίπου)

Τό βάρος τῶν ἄγωγῶν βρίσκειται , ὅπως ξέρουμε (ἐφαρ-  
μογή 48) , ἀπό τόν τύπο :

$$\begin{aligned} \text{Βάρος(γραμμάρια)} &= \text{"Ογκος X εἰδ.βάρος} = \\ &= 1 \text{ (μέτρα) X } 8 \text{ (τετρο.χιλ.) X εἰδ.βάρος} = 50.000 \text{ X} \\ &\text{X } 2660 \text{ X } 8,8 = 1.170.400.000 \text{ γραμμάρια} \\ &\quad \eta \quad 1.170.400 \text{ χιλιόγραμμα} \\ &\quad \eta \quad 1.170,4 \text{ τόννοι , ἄς ποῦμε 1200 τόννοι} \end{aligned}$$

"Αν χρησιμοποιήσουμε ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, θά μπορούσαμε νά διαλέξουμε γιά τή μεταφορά τῶν 22 kW τάση π.χ. 4400 βόλτ, ὅποτε ἡ ἔνταση θά ἦταν 5 αμ-  
πέρ. Ἡ ἰσχύ στήν πηγή θά εἶναι πάλι 25.000 βάττ.  
Ἡ ἀντίσταση τῆς γραμμῆς, γιά τήν ἴδια ἀπώλεια τῶν 12% πού ἀντιστοιχεῖ πάλι σέ 3000 βάττ, θά εἶναι :

$$R = \frac{3000}{5^2} = 120 \Omega$$

δηλαδή 400 φορές μεγαλύτερη ἀπό τήν προηγούμενη.  
Ἡ διατομή τῶν ἄγωγῶν θά εἶναι, ἄρα, 400 φορές μι-  
κρότερη, δηλαδή 6,65 τετραγωνικά χιλιοστά καί τό  
βάρος τους 400 φορές μικρότερο, δηλαδή περίπου 3 τόν-  
νοι.

"Αν ὁ χαλός κοστίζει α δραχμές τόν τόννο,  
θά ξοδεύαμε στήν πρώτη περίπτωση : 1200 X α δραχμές,  
ἐνώ στή δεύτερη περίπτωση μόνο :

$$\frac{1200}{400} \text{ X } \alpha = 3\alpha$$

Ἐπειδή εἶπαμε, ὅτι στήν κατανάλωση ἡ τάση  
θί εἶναι 220 V καί ἐδῶ ἔχουμε 4400 V, καταβάζουμε  
τήν τάση αὐτήν μ' ἓνα μετασχηματιστή στή χαμηλή τάση  
τῶν 220 βόλτ.

Τό παραπάνω παράδειγμα δείχνει τό μεγάλο πλεο-  
νέκτημα πού παρουσιάζει τό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Τό  
πλεονέκτημα αὐτό μεγαλώνει ἀκόμη περισσότερο σήμερα,  
γιατί μπορούμε καί ἀνορθώνουμε μέ εἰδικά ἀνορθωτι-  
κά μηχανήματα τό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα καί τό μετατρέ-  
πουμε σέ συνεχές, γιά νά τό χρησιμοποιήσουμε ἐκεῖ  
ὅπου δέν μπορεί νά μάς βοηθήσει μέ τήν ἀρχική του  
μορφή, π.χ. στήν ἠλεκτρόλυση, στή φόρτιση τῶν συσσω-  
ρευτῶν καθώς καί σ' ἄλλες ἐφαρμογές. Γι' αὐτό, ἡ χρη-  
σιμοποίηση τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος ὅσο πάει καί  
γενικεύεται, ἐνώ οἱ δυναμομηχανές, πού παράγουν συνε-

χές ρεύμα, σιγά-σιγά λιγοστεύουν. Ἡ τάση πού χρῆσι-  
μοποιούμε για νά στέλνουμε τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα  
σέ μεγάλες ἀποστάσεις ξεπερνάει σήμερα τίς 300.000  
βόλτ.

Ὅπως καταλαβαίνουμε, μέ τέτοιες ὑψηλές τά-  
σεις ἀξάνει καί ὁ κίνδυνος τῆς διαρροῆς. Οἱ ἠλεκτρῶ-  
τεχνικοί για νά τήν ἀποφύγουν, χρησιμοποιοῦν μεγάλους  
μονωτήρες; γιατί πρέπει κάθε ἀγωγός, πού θά χρησιμο-  
ποιήσουν, νά εἶναι καλά μονωμένος. Αὐτό ὅμως κοστί-  
ζει πολύ φθηνότερα καί εἶναι ὑπόθεση πολύ πῶς ἀπλού-  
στη ἀπό τήν χρησιμοποίησιν: τῶν χοντρῶν ἀγωγῶν, πού  
εἴμαστε ἀναγκασμένοι νά παραδεχτοῦμε ἀνθελήσουμε νά  
σταίλουμε τήν ἐνέργεια μέ χαμηλή τάση. Καί ὅ,τι ἰσχύει  
για τά μεγάλα ὑπεραστικά δίκτυα, ἰσχύει καί για τά  
δίκτυα τῶν σπιτιῶν μας. Ἡ μόνωση τῶν ἀγωγῶν για 220  
βόλτ π.χ. δέν κοστίζει στήν πράξιν πολύ περισσότερο  
ἀπό μιᾶ μόνωση για 80 βόλτ. Ἄν ὅμως διαλέξουμε για  
τάση τήν τάση τῶν 220 βόλτ, μπορούμε νά σταίλουμε  
τήν ἴδια ἠλεκτρική ἐνέργεια μέ πολύ φιλότερα σύρματα,  
δηλαδή μέ λιγότερα ἔξοδα. Γι' αὐτό καί ἡ σύγχρονη ἠ-  
λεκτροτεχνική προτιμᾷ τήν τάση τῶν 220 βόλτ.

Στίς μηχανές τῶν ἠλεκτρικῶν ἐργοστασίων πα-  
ράγουμε ἐναλλασσόμενες τάσεις 500, 1.000 ἢ 5.000 βόλτ,  
για νά τίς μετατρέψουμε ὕστερα μέ τούς μετασχηματι-  
στές, πού λέγονται "ὑψωτές" τῆς τάσης, σέ 6.600,  
22.000, 110.000, 220.000 βόλτ; ἢ καί σ' ὅποια ἄλλη  
τάση θέλουμε. Ὅταν παρουσιασθεῖ κάπου μιᾶ ομάδα ἀπό  
καταναλωτές συνδέουμε ἐνά μετασχηματιστή, χαμηλωτή  
τῆς τάσης, πού καταβάζει τά 22.000 π.χ. βόλτ, σχεδόν  
δίχως ἀπώλεια, στά 220 βόλτ. Ὁ μ ο ν α δ ι κ ὁ ς,  
λ ο ι π ὅ ν, σ κ ο π ὁ ς τ ῶ ν ὑ ψ η λ ῶ ν τ ᾶ-  
σ ε ω ν σ τ ῆ β ι ο μ η χ α ν ῖ α, ε ἴ ν α ι  
ν ᾶ κ α τ α σ τ ῆ σ ο υ ν ἄ π λ ῆ κ α ἰ φ τ ῆ-  
ν ἢ τ ῆ δ ι α ν ο μ ῆ τ ῆ ς ἠ λ ε κ τ ρ ῖ-  
κ ῆ ς ἐ ν ἔ ρ γ ε ι α ς.

Τί ἀποτελέσματα προκαλεῖ τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα.

Ὅς τώρα εἶδαμε πῶς τό συνεχές ρεύμα προκαλεῖ  
διάφορα φαινόμενα ὅταν διαρρέει τούς ἀγωγούς, ἄνω-  
π.χ. εἶναι τό ζέσταμα τῶν ἀγωγῶν, ἡ χημική ἀποσύνθε-  
ση τῶν σωμάτων, τά φαινόμενα τῆς μαγνητισμοῦ, τῆς ἐπα-  
γωγῆς, αὐτεπαγωγῆς κλπ. Καί τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα

προκαλεί, με κάθε στιγμιαία τιμή του, ανάλογα φαινόμενα, αλλά η περιοδική διαδοχή των στιγμιαίων του τιμών που είναι άλλοτε θετικές και άλλοτε αρνητικές, άλλοι-ώνει το τελικό αποτέλεσμα.

"Ας δούμε όμως τα διάφορα αποτελέσματά του:

1) Τό ζέσταμα των αγωγών. Τό φαινόμενο αυτό παράγεται κατά τόν ίδιο τρόπο όπως και στο συνεχές ρεύμα, γιατί τό ζέσταμα των αγωγών δέν εξαρτάται καθόλου από τή διεύθυνση πού έχει τό ρεύμα.

Τό φαινόμενο Ζούλ είναι, όπως ξέρουμε,  $RI^2$ . Η ένταση  $I$ , είτε θετική είναι είτε αρνητική, μιά που είναι υψωμένη στο τετράγωνο, τό ίδιο κάνει ( $-I \times -I = I^2$  και  $+I \times +I = I^2$ ).

Μιά από τίς βιομηχανικές εφαρμογές του φαινομένου Ζούλ είναι και ο φωτισμός. Είναι αλήθεια, πώς τό εναλλασσόμενο ρεύμα μηδενίζεται σε κάθε εναλλαγή μά ή μεταβολή στη λάμψη της λάμπας δέ γίνεται αντιληπτή αν η συχνότητα του ρεύματος ξεπερνάει τίς 20 περιόδους στο δευτερόλεπτο κι αυτό, γιατί τό σύρμα παρουσιάζει θερμοαντική αδράνεια και δέν προφταίνει νά κρυώσει. Για τίς λάμπες με ηλεκτρικό τόξο πρέπει η συχνότητα νά είναι τουλάχιστο 40 περίοδοι στο 1".

2) Η επίδραση στη μαγνητική βελόνα. Ξπαδής τό μαγνητικό πεδίο του εναλλασσόμενου ρεύματος αλλάζει γρήγορα διεύθυνση, ή μαγνητική βελόνα δέν προφταίνει ν' αποκλίνει. Μανει λοιπόν ήρεμη. Αν καλοπροξέξουμε, όμως, θά δούμε πώς πάλλεται ελαφρά και πώς ο αριθμός των παλμών της αντίστοιχεί με τίς εναλλαγές του ρεύματος. Αυτό φυσικά διαπιστώνεται μονάχα στις πολύ χαμηλές συχνότητες.

3) Η μαγνητική σιδήρου. Ο σιδερένιος πυρήνας ενός πηνίου, πού διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα, μαγνητίζεται και γίνεται τέλειος ηλεκτρομαγνήτης, ικανός νά τραβήξει και όπλισμό από μαλακό σίδηρο.

Όσο, μέσα στον πυρήνα και στον όπλισμό γεννιούνται τά παράσιτα ρεύματα του Φουκώ, πού ζεσταίνουν άνώφελα τά κομμάτια αυτά του ηλεκτρομαγνήτη. Στο σχετικό κεφάλαιο είδαμε, πώς για νά περιορίσουμε, όσο γίνεται, τήν απώλεια πού δημιουργούν τά ρεύματα του Φουκώ, κατασκευάζουμε τούς πυρήνες από λαμπά ελάσματα ή σιδερένιοι σύρματα μονωμένα μεταξύ τους και βάλ-

μ ένα όλα παράλληλα με την διεύθυνση τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Στόν πυρήνα καί στόν ὄπισμό παρουσιάζονται ἐπίσης ἀπώλειες ἀπό ὑστέρηση. Όταν τό ἠλεκτρικό κύκλωμα τοῦ ηλεκτρομαγνήτη διαρρέεται ἀπό ρεῦμα, τά κομματάκια αὐτά βγάδουν ἕνα χαρακτηριστικό ἦχο, ἕνα ἦχο σά βούισμα, πού φαίλεται στους παλμούς τῶν ελασμάτων πού μαγνητίζονται κί ἰσομαγνητίζονται. Τό ὕψος τοῦ ἦχου ἐξαρτάται ἀπό τή συχνότητα τοῦ ρεύματος.

Γιά νά μειώσουν τίς ἀπώλειες ἀπό τήν ὑστέρηση καί ἀπό τά ρεύματα τοῦ φουκῶ κίνου τούς ηλεκτρομαγνήτες, πού δουλεύουν μέ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, νά λειτουργοῦν μέ μικρότερη ἐπαγωγή. Γι' αὐτό καί εἶναι ἀσθενέστεροί, σέ ἴσο βάρος, ἀπό τούς ηλεκτρομαγνήτες πού δουλεύουν μέ συνεχές ρεῦμα.

4) Ἡ χημική ἀποσύνθεση τῶν σωμάτων.

Όταν ἕνα συνεχές ρεῦμα περνάει ἀπό ἕνα ηλεκτρολυτικό βολτάμετρο ἀποσυνθέτει τό νερό στά συστατικά του. Με τήν ηλεκτρόλυση τότε τοῦ νεροῦ μαζεύουμε 2 ὄγκους ὑδρογόνο στήν κάθοδο (ἀρνητικός πόλος) καί 1 ὄγκο ὀξυγόνο στήν ἀνοδο (θετικός πόλος). Με τό πέρασμα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος παρουσιάζεται στά δύο ηλεκτρόδια ἴσος ὄγκος ἀπό ἀνακαταμμένο ὀξυγόνο καί ὑδρογόνο.

Γίνεται, λοιπόν, ἡ χημική ἀποσύνθεση τῶν σωμάτων, ἀλλά, ὅπως ἄλλωστε καί τό περίμειναμα, δέν μποροῦν νά χωριστοῦν τά σώματα στά στοιχεῖα τους, μή πού τό ρεῦμα κυκλοφορεῖ διαδοχικά καί πρὸς τίς δύο διευθύνσεις. Τό ἐναλλασσόμενο, λοιπόν, ρεῦμα εἶναι ἀκατάλληλο γιά τίς ηλεκτρολυτικές ἐφαρμογές. Γι' αὐτό καί σπάνια παρουσιάζεται ηλεκτρόλυση στους ὑπόγειους ἀγωγούς τοῦ νεροῦ ἢ τῶν τηλεφωνικῶν γραμμῶν, ὅταν κοντά τους περνάει ἀγωγός μέ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, πράγμα πού εἶναι συνηθέστατο μέ τό συνεχές ρεῦμα.

5) Οἱ ἐπαγωγικές ἐπιδράσεις

Ἡ αὐτεπαγωγή τῶν ἀγωγῶν, ἀμελητέα ὅταν διαρρέονται ἀπό συνεχές ρεῦμα, γίνεται σημαντική μέ τό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Τά φαινόμενα τῆς ἐπαγωγῆς στίς μεταλλικές μάζες, πού βρίσκονται κοντά στους ἀγωγούς δημιουργοῦν σ' αὐτές ἀπώλειες ἀπό ρεύματα τοῦ φουκῶ καί πρέπει νά τά ἐξουδετερώνομα.



Τά ὑπόγεια ἠλεκτρικά δίκτυα π.χ. καί τά ἠλεκτροφόρα σύρματα μέσα στά σπίτια προστατεύονται, γενικά, ἀπό ενα μεταλλικό ὄπλιση. "Ἄν τό ραῦμα, πού διαρρέει τούς ἀγωγούς, εἶναι συναχές, τό μαγνητικό του πεδίο δέν ἐπηρεάζει τό μεταλλικό ὄπλιση. "Ἄν εἶναι ὅμως ἀναλλασσόμενο, γεννιούνται μέ ἀπαγωγή μέσα σ' αὐτόν ραῦματα τοῦ Φουκώ, πού πολλές φορές δυσκολεύουν τήν ὀμαλή λειτουργία τῶν ἐγκαταστάσεων.

Γιά ν' ἀποφύγουμε αὐτές τίς ἐνοχλήσεις βάζουμε μέσα στόν ἴδιο ὄπλιση καί τούς δύο ἀγωγούς τοῦ κυκλώματος κι' ἔτσι τά μαγνητικά πεδία, πού δημιουργοῦν, ἀλληλοεξουδετερώνονται.

Όταν ἔχουμε ἐναέρια δίκτυα, τά φαινόμενα τῆς ἀπαγωγῆς προκαλοῦν διαταραχές στίς τηλεφωνικές ἢ τηλεγραφικές γραμμές, ἄν αὐτές βρίσκονται κοντά καί παράλληλα μέ τούς ἀγωγούς τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος :

Ἄλλ' ἐκτός ἀπό τά παραπάνω ἔχουμε καί μιάν ἄλλη ἐπίδραση τῆς αὐτεπαγωγῆς στούς ἀγωγούς. Σ' ὅλους τούς ἀγωγούς, πού διαρρέονται ἀπό ἐναλλασσόμενο ρεύμα παρουσιάζεται τό λεγόμενο φαινόμηνον Κεβλβιν, πού λέγεται καί ἐπιδερμικό φαινόμηνον. Τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα δέ μοιράζεται ὁμοιόμορφα σ' ὅλη τή διατομή τοῦ ἀγωγοῦ, ἀλλά προτιμᾷ περισσότερο τό ἐξωτερικό μέρος τοῦ ὅπου καί ἀποχτᾷ τήν μεγαλύτερή του πυκνότητα. "Ἔτσι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ αὐξάνει.

Με γέθη τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ἡ τιμή τῆς ἠ.ε. δύναμης, ἄρα, καί τῆς ἐντασης ἑνός ἐναλλασσόμενου ρεύματος ἀλλάζει, ὅπως εἶδαμε, περιοδικά. Ἀρχίζει ἀπό τό μηδέν γίνεται μέγιστη θετική, ξαναπέφτει στό μηδέν, ὑστερα ἀλλάζοντας διεύθυνση, ξαναγίνεται μέγιστη ἀρνητική καί πάλι πέφτει στό μηδέν γιά νά ξαναρχίσει τά ἴδια.

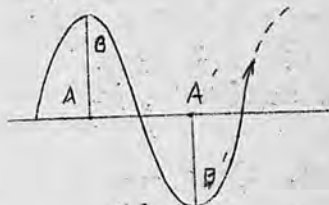
Γιά τήν ἐκτίμηση μιᾶς τέτοιας ἠ.ε. / δύναμης ἢ ἑνός τέτοιου ρεύματος ἔχουμε τέσσαρα χαρακτηριστικά μαγέθη :

- α) Τή μέγιστη ἠ.ε.δ.  $E_0$  ἢ τή μέγιστη ἔνταση  $I_0$
- β) Τή στιγμιαία ἠ.ε.δ.  $l$  ἢ τή στιγμιαία ἔνταση  $i$
- γ) Τή μέση ἠ.ε.δ.  $E_{δρ}$  ἢ τή μέση ἔνταση  $I$

δ) Τή δρῶσα ἡ.ε.δ.  $E_{δρ}$  ἢ τή δρῶσα ἔνταση  $I_{δρ}$ .

Ἀπ' ὅλα αὐτά τά μεγέθη, ἐκείνα πού μᾶ ἐνδιαφέρουν κυρίως στήν πράξη εἶναι ἡ μέγιστη ἡ.ε.δ. ἢ ἡ μέγιστη ἔνταση καί ἡ δρῶσα ἡ.ε.δ. ἢ ἡ δρῶσα ἔνταση. Ἀναφέρουμε ὁμως καί τά ἄλλα δύο, γιατί καλό εἶναι νά τά ξέρουμε.

α) Μέγιστη ἡ.ε.δ. δύναμη  $E_0$  ἢ μέγιστη ἔνταση  $I_0$  ὀνομάζουμε τή μέγιστη τιμή τῆς ἡε.δ. δύναμης ἢ τή μέγιστη τιμή τῆς ἔντασης, πού μπορεῖ νά παρουσιάσει ενα ἑναλλασσόμενο ρεύμα. Στήν καμπύλη τοῦ Σχ. 140 ἡ ΑΒ δείχνει τή μέγιστη ἡ.ε.δ. δύναμη ἢ τή μέγιστη ἔνταση καί ἡ ΑΒ τήν ἴδια τιμή, μέ μόνη τή διαφορά πώς αὐτή εἶναι ἀρνητική.



Σχ. 140

β) Στιγμιαία ἡ.ε.δ. δύναμη  $e$  καί στιγμιαία ἔνταση  $i$  ὀνομάζουμε τήν τιμή πού ἔχει ἡ ἡ.ε.δ. δύναμη καί ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος σέ μιάν ὀρισμένη χρονική στιγμή  $t$ .

Ὅπως καί στά προηγούμενα εἴδαμε, ἡ ἐναλλασσόμενη ἡ.ε.δ. δύναμη, πού γεννιέται σέ μιὰ σφαῖρα, ὁμαλά περιστρεφόμενη μέ  $N$  στροφές στό  $I$  μέσα σέ σταθερό πεδίο, μπορεῖ νά παρασταθεῖ γραφικά μέ μιάν ἡμιτονοειδήν καμπύλην.

Ἡ στιγμιαία, λοιπόν, ἡ.ε.δ. δύναμη  $e$  δίνεται ἀπό τήν ἐξίσωση.

$$e = E_0 \chi \eta \omega t$$

Ἡ  $E_0$  εἶναι ἡ μέγιστη ἡ.ε.δ. δύναμη, ὀρισμένη γιά κάθε ἐναλλακτῆρα,  $t$ , ἡ χρονική στιγμή πού θέλουμε νά ἐξακριβώσουμε τή στιγμιαία τιμή καί  $\omega$ , ἡ γωνιακή ταχύτητα τοῦ ρεύματος. Ἡ γωνιακή ταχύτητα εἶναι ἴση μέ τό  $2 \chi \pi \chi f$  ὅπου  $\pi=3,14$  καί  $f$  ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος σέ περιόδους κατὰ  $\frac{1}{f}$ .

Γνωρίζουμε ἀπίσης ὅτι  $f = \frac{1}{T}$  καί  $T = \frac{1}{f}$  ὅπου  $T$  ἡ περίοδος τοῦ ρεύματος.

Ἡ παραπάνω ἐξίσωση  $e = E_0 \eta \omega t$  εἶναι καί ἡ

γενική εξίσωση της ήμιτονοειδικής εναλλασσόμενης τάσης.

Καί η στιγμιαία ένταση  $i$  δίνεται από παρόμοια εξίσωση. Έχουμε δηλαδή :

$$i = I_0 \eta \mu \omega t$$

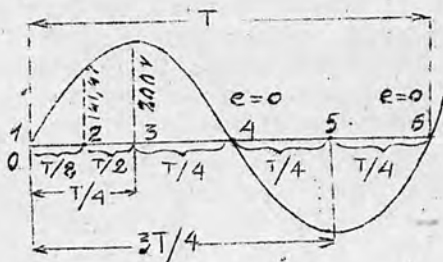
όπου  $I_0$  είναι η μέγιστη ένταση.

"Ας πάρουμε τώρα και ένα άρρυθμικό παράδειγμα, παρακολουθώντας και την καμπύλη του Σχ. I41

Η μέγιστη ή.ε. δύναμη ενός εναλλασσόμενου ρεύματος είναι  $E_0 = 200$  βόλτ.

Ποιά είναι η στιγμιαία τιμή  $e$ , όταν :

- 1)  $t = 0$ , 2)  $t = \frac{T}{8}$ ,
- 3)  $t = \frac{T}{4}$ , 4)  $t = \frac{T}{2}$ ,
- 5)  $t = \frac{3T}{4}$ , 6)  $t = T$ .



Σχ. I41

1)  $t = 0$ :  $e = E_0 \eta \mu \omega t =$

$$= E_0 \eta \mu \frac{2\pi}{T} \times 0 = 0$$

2)  $t = \frac{T}{8}$  :  $e = E_0 \eta \mu \omega t = E_0 \eta \mu \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{8} = 200 \eta \mu \frac{\pi}{4} =$

$$= 200 \eta \mu 45^\circ = 200 \times 0,707 = 141,4 \text{ V}$$

3)  $t = \frac{T}{4}$  :  $e = E_0 \eta \mu \omega t = 200 \eta \mu \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{4} = 200 \eta \mu \frac{\pi}{2} =$   
 $= 200 \eta \mu 90^\circ.$

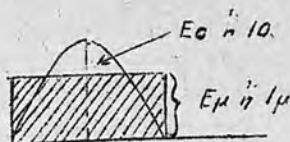
Τό ήμίτονο, όμως, των  $90^\circ = 1$ . "Αρα και :

$$e = 200 \times 1 = 200 \text{ V (μέγιστη θετική).}$$

γ) Μέση ή.ε. δύναμη  $E$  και μέση ένταση  $I$ .  
 ονομάζουμε τον μέσο όρο των στιγμιαίων ή.ε. δυνάμεων ή των στιγμιαίων εντάσεων στη διάρκεια μιας ή μ ε π α ω ρ ι ό δ ο υ Σχ. I42)

Ἡ μέση ἡ.ε. δύναμη  $F_{\mu}$  συνδέεται με τή μέγιστη ἡ.ε. δύναμη  $F_0$  με τή σχέση :

$$F_{\mu} = \frac{2}{\pi} F_0 = 0,637 F_0$$



Σχ. I42

Καί ἡ μέση ἔνταση δίνεται ἀπό ὅμοιο τύπο :

$$I_{\mu} = \frac{2}{\pi} I_0 = 0,637 I_0$$

δ) Δρῶσα ἔνταση  $I_{\delta\rho}$  καί δρῶσα ἡ.ε. δύναμη  $F_{\delta\rho}$

Δρῶσα ἔνταση  $I_{\delta\rho}$  ἑνός ἀναλλασσόμενου ρεύματος ὀνομάζουμε τήν ἔνταση, πού ἔπρεπε νά ἔχει ἕνα συνεχές ρεῦμα γιά νά μᾶς δώσει, τό ἴδιο κύκλωμα καί στό ἴδιο χρονικό διάστημα, τό ἴδιο ποσό θερμότητος πού μᾶς δίνει τό ἔξαταζόμενο ἀναλλασσόμενο ρεῦμα.

Ἡ δρῶσα ἔνταση  $I_{\delta\rho}$ , πού λέγεται καί πριαγματικῆ ἔνταση, γιατί αὐτήν χεῖνουν καί τά μετρητικά ὄργανα, εἶναι μικρότερη ἀπό τή μέγιστη ἔνταση  $I_0$  καί συνδέεται μαζί της με τή σχέση :

$$I_{\delta\rho} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{I_0}{1,41} = 0,707 I_0$$

$$\text{Ἄρα καί } I_0 = I_{\delta\rho} \sqrt{2} = 1,41 I_{\delta\rho}$$

Καί ἡ δρῶσα ἡ.ε. δύναμη  $F_{\delta\rho}$  συνδέεται με τή μέγιστη ἡ.ε. δύναμη με ἀνάλογη σχέση, δηλαδή :

$$F_{\delta\rho} = \frac{F_0}{\sqrt{2}} = 0,707 F_0$$

$$\text{καί } F_0 = F_{\delta\rho} \sqrt{2} = 1,41 F_{\delta\rho}$$

Με τόν ἴδιο τρόπο, καθορίζουμε τήν τιμή καί τῆς δρῶσας διαφοράς δυναμικοῦ  $U_{\delta\rho}$ .

Με τόν ὅρο " δρῶσα διαφορά δυναμικοῦ " ἑνός ἀναλλασσόμενου ρεύματος ἔννοοῦμε τήν τάση πού πρέπει

νά έχει ένα συναχές ρεύμα, για να μάς δώσει σε μίαν ορισμένη ώμική αντίσταση, στον ίδιο χρόνο, θερμαντικά αποτελέσματα ίδια με αυτά που παράγει το εξαταζόμενο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Καί εδῶ ἔχουμε :

$$U_{\rho} = \frac{U_0}{2} = 0,707 U_0$$

$$\text{καί } U_0 = U_{\rho} \cdot 2 = 1,41 U_{\rho}$$

Μία λάμπα, λοιπόν, καμωμένη για συναχή τάση π.χ. 100 βόλτ, δίνει τήν ίδια φωτεινή ένταση, όταν συνδεθεί σε δρωσα εναλλασσόμενη τάση  $U_{\rho} = 100$  βόλτ, οἱ στιγμιαῖες ὅμως τιμές τῆς τελευταίας αὐτῆς τάσης μεταβάλλονται, σε κάθε ἡμπερίοδο ἀπό 0 ὡς μιά μέγιστη τιμή πού εἶναι ἴση μέ  $1,41 U_{\rho}$ , δηλαδή μέ 141 βόλτ.

Πολλοί ἀντί τοῦ ὄρου " δρωσα", χρησιμοποιοῦν τόν ὄρο " ἐνεργός". Λένα π.χ. ἐνεργός ένταση, ἐνεργός ἡ.ε.δ., ἐνεργός διαφορά δυναμικοῦ.

Δύο εναλλασσόμενα μεγέθη σε φάση  
ἢ σε φασική διαφορά.

Μία ἡμιτονοειδική ποσότητα, π.χ. ένα εναλλασσόμενο ρεύμα μέ ημιτονοειδική μορφή ἢ μιά παρόμοια εναλλασσόμενη ἡ.ε. δύναμη, καθορίζεται, ὡπως εἶδαμε ἀπό τίς ἐξισώσεις :

$$i = I \eta \omega t \quad e = E \eta \omega t$$

Ἡ φασική γωνία  $\phi$  τ παριστάνει μιά γωνία σχετικῶς μέ τόν ἄξονα πού πήραμε ἀφετηρία για τή μέτρηση τῶν γωνιῶν. Στά προηγούμενα, δίνοντας δι ἀφορες τιμές στό χρόνο  $t$ , εἶδαμε καί τήν τιμή πού παίρνει ἡ γωνία  $\theta t$ .

Δύο ἡμιτονοειδικές ποσότητες, π.χ. ένα εναλλασσόμενο ρεύμα καί μιά εναλλασσόμενη τάση, βρίσκονται σε φάση όταν περνοῦν ταυτόχρονα ἀπό τά μηδέν τῆς αὔξησης ἢ τῆς ἐλάττωσής τους, ἀπομένως κι ἀπ'τίς μέγιστες καί τίς ἐλάχιστες τιμές τους.



Οι ίδιες ποσότητες βρίσκονται σε φασική διαφορά, ή, όπως λέμε μεταχρονισμό εναντίας ή μιά σχετικά με την άλλη, όταν δέν έχουν τήν ίδια φασική γωνία  $\omega t$ , όταν δέν παρνούν, δηλαδή, ταυτόχρονα από τις ίδιες στιγμιαίες τιμές.

Από τις δύο ποσότητες, ἐκείνη πού παρνώ πρώτη από μιάν ορισμένη τιμή, π.χ. τή μέγιστη θετική, λέμε πώς βρίσκεται σε φασική σχετικά με τή δεύτερη προπορεία, ενώ η δεύτερη, σε φασική καθυστέρηση ή βραδυπορεία, σχετικά με τήν πρώτη.

Στις ἐφαρμογές του ἐναλλασσόμενου ρεύματος, μπορεῖ νά παρουσιασται βραδυπορεία του ρεύματος σχετικά με τήν τάση, όταν τό κύκλωμα παρουσιάζει ἀνταγωγή ή, προπορεία του ρεύματος σχετικά με τήν τάση ὡς τό κύκλωμα παρουσιάζει χωρητικότητα (βλέπε παρακάτω).

Ίσχύ του ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

1) Ἡ τάση  $U$  καί ἡ ἔνταση  $I$  βρίσκονται σε φάση:

Σ'αυτή τήν περίπτωση πολλαπλασιάζουμε τά βόλτ με τά ἀμπέρ καί ἔχουμε ἀμέσως τήν ἰσχύ σε βάττ. Δηλαδή:

$$P = U_{\delta\rho} \times I_{\delta\rho}$$

"Αν δέν ξέρουμε τήν τάση  $U$  καί ξέρουμε μονάχα τήν ἔνταση  $I$  καί τήν ὠμική ἀντίσταση  $R$  του κυκλώματος θά ἔχουμε, ἐπειδή  $U_{\delta\rho} = RI_{\delta\rho}$ :

$$P = U_{\delta\rho} \times I_{\delta\rho} = RI_{\delta\rho} \times I_{\delta\rho} = R \times I_{\delta\rho}^2$$

2) Ἡ τάση  $U$  καί ἡ ἔνταση  $I$  βρίσκονται σε φασική διαφορά:

"Όταν ξέρουμε τήν  $I$  καί  $R$  βρίσκουμε ἀμέσως τήν ἰσχύ  $P_{\pi}$  από τόν τύπο:

$$P_{\pi} = R \times I^2$$

"Αν ὅμως ἀγνοοῦμε τήν ἀντίσταση  $R$  καί γνωρίζουμε μονάχα τήν ἔνταση  $I$ , τήν τάση  $U$  καί τή φασική γωνία  $\Phi$ , ἔχουμε:

$$P_{\pi} = U \times I \times \cos\Phi.$$

Τό συνφ λέγεται, στην περίπτωση αυτή, "συν-  
ταλαστικής τῆς ἰσχύος".

Τό γινόμενο  $U X I = P$  τῶν τιμῶν  $U$  καί  $I$ ,  
πού διαβάζουμε στό βολτόμετρο καί στό ἀμπερόμετρο,  
λέγεται φαινομενική ἰσχύς, καί με-  
τριάται σέ βολτᾶμπέρ ( $VA$ ), ἐνῶ τό γινόμενο  
 $U X I X$  συνφ =  $P_p$ , πού διαβάζουμε ἀπ'εὐθείας στό  
βαττόμετρο, ὀνομάζεται πραγματική ἰσχύς  
καί μετριάται σέ βάττ.

"Όταν, λοιπόν, θέλουμε νά βροῦμε τήν πραγματι-  
κή ἰσχύ  $P_p$  ενός ἐναλλασσόμενου ρεύματος, πρέπει νά  
διαβάσουμε στό βολτόμετρο καί στό ἀμπερόμετρο τά  
βόλτ καί τά ἀμπέρ, καί τό γινόμενό τους νά τό πολ-  
πλασιάσουμε μέ τό συντελεστή τῆς ἰσχύος (συνφ).  
"Αν τό κύκλωμα ἔχει βαττόμετρο, διαβάζουμε σ'αυτό ἄ-  
μέσως τήν πραγματική ἰσχύς".

Τό συντελεστή τῆς ἰσχύος μπορούμε νά τόν βροῦ-  
με :  
"Από τή φαινομενική καί τήν πραγματική ἰσχύς ἐφαρ-  
μόζουμε δηλαδή τόν τύπο :

$$\text{συνφ} = \frac{\text{πραγματική ἰσχύς}}{\text{φαινομενική ἰσχύς}}$$

## Ἡ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Ἡ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

### Ἡ χωρητικότητα.

Ἀπό τίς ἀρχές ἀκόμη αὐτοῦ τοῦ βιβλίου μάθαμε,  
πώς κάθε ἀγωγό σῶμα, πού συνδέεται π.χ. μέναν πόλο  
μίας ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ἀποχτᾶ τό δυναμικό τοῦ πόλου.  
Γιά ν' ἀποχτήσῃ ὅμως τό σῶμα τό δυναμικό αὐτό, θά  
πεί πώς ἠλεκτρίστηκε ἢ, μέ ἄλλα λόγια, πώς φορτίστη-  
κε μέ μιάν ὀρισμένη ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ,  $Q$ . Κι ἔ-  
πειδή τήν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ τή μετροῦμε σέ κου-  
λόμ, μπορούμε νά πούμε πώς τό σῶμα φορτίστηκε μέ ὀ-  
ρισμένα κουλόμ. Κάθε ἀγωγό σῶμα, λοιπόν, ἔχει καί  
ὀρισμένη χωρητικότητα ὅπου ἀποθηκεύει  
τά κουλόμ πού παίρνει.

Όταν τό φορτίο  $Q$  πού παίρνει, ένας άγωγός διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ. καί η τάση  $U$  τού άγωγού αύξάνει ανάλογα. Υπάρχει λοιπόν μιá σταθερή σχέση πού συνδέει τό φορτίο  $Q$  μέ τήν τάση  $U$ .

Έχουμε δηλαδή :

$$Q = U \cdot X C$$

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

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

Αυτή τήν αξία  $C$ , πού αντιπροσωπεύει τή σταθερή σχέση μεταξύ τού φορτίου  $Q$ , πού παίρνει ένας άγωγός, καί τής τάσης  $U$ , πού άποχτά, τήν όνομάζουμε "χωρητικότητά" τού άγωγού.

Η χωρητικότητα μιās σφαίρας.

Από πειράματα καί τή σχετική θεωρία γνωρίζουμε, πώς, αν έχουμε διάφορες ποσότητες ήλεκτρισμού  $q_1, q_2, q_3$  κλπ. σέ άπόσταση  $r_1, r_2, r_3$  κλπ. άπό ένα σημείο  $A$ , ή τάση  $U$ , πού δημιουργείται στό σημείο  $A$ , είναι:

$$U = \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \dots$$

Τόν παραπάνω τύπο τόν γράφουμε συνθηματικά:

$$U = \Sigma \frac{q}{r}$$

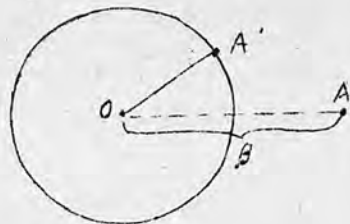
Γιά μιá μεταλλική σφαίρα αποδείχεται ότι :

1) Όλος ό ήλεκτρισμός  $Q$ , πού τή φορτίζει, κατανέμεται στήν έξωτερική της επιφάνεια.

2) Η τάση  $U$  πού δημιουργεί αυτή ή ήλεκτρική ποσότητα  $Q$  σ' ένα έξωτερικό σημείο  $A$  (Σχ. 143) ή σ' ένα σημείο  $A$  επάνω στήν επιφάνεια της σφαίρας, είναι ίδια, ώσάν ολοκληρη ή ποσότητα ήλεκτρισμού της σφαίρας νά ήταν συγκεντρωμένη στό κέντρο της σφαίρας. Δηλαδή:

$$U_A = \frac{Q}{\beta} \quad \text{καί} \quad U_A = \frac{Q}{r}$$

Λέμε "ώσαν ολόκληρη ή ποσότητα ήλεκτρισμού τής σφαίρας" ή γιατί όπως και παραπάνω είπαμε, ή ποσότητα αυτή κατανα-  
 μεταί πραγματικά σ' ολόκληρη τήν εξωτερική επιφάνεια τής σφαίρας.



Σχ. Ι43

Τό δυναμικό λοιπόν, πού άποχτά μιά σφαίρα, τέλεια άπομόνωμένη από τά γύρω της, όταν φορτιστεί, είναι :

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

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\frac{C}{r}} = \frac{Qr}{C}$$

Κάι επειδή :  $C = \frac{Q}{U}$  συνάγεται ότι και  $C = \frac{Q}{\frac{Q}{Cr}} = Cr$

Η χωρητικότητα, λοιπόν, μιᾶς μεταλλικῆς σφαίρας, τέλεια άπομόνωμένης, είναι ἴση μέ τήν ακτίνα τής σφαίρας.

Η φύση τοῦ μετάλλου τής σφαίρας δέν επιδρά καθόλου στή χωρητικότητά της.

Η μονάδα τής χωρητικότητας.

Η μικρότερη μονάδα πού μεταχειριζόμαστε για να μετροῦμε τή χωρητικότητα είναι τό εκατοστό (cm.). Τό εκατοστό αντιπροσωπεύει τή χωρητικότητα πού έχει μιά μεταλλική σφαίρα μέ ακτίνα I εκατοστόμετρο.

Γιά τίς τεχνικές εφαρμογές, τό εκατοστό εἶναι πολύ μικρό. Δημιούργησαν λοιπόν μίαν ἄλλην μονάδα, τό Φαράντ (F) πού σημειώνεται μέ τό σύμβολο F. Ένα φάραντ εἶναι ἴσο μέ 900.000.000.000 (9X10<sup>11</sup>) εκατοστά. Άρα και τό I εκατοστό εἶναι ἴσο μέ  $\frac{1}{9 \text{ X } 10^{11}}$  τοῦ Φαράντ.

Χωρητικότητα I φάραντ έχει ἕνα σῶμα όταν, φορτίφοντάς το μέ I κουλόμπ, άποχτά τάση I βόλτ.

Τό φεράντ ὅμως πάλι εἶναι πάρα πολύ μεγάλο. Ἀφοῦ εἶπαμε πρὶν πὺς ἡ χωρητικότητα μιᾶς μεταλλικῆς σφαίρας εἶναι ἴση μέ τήν ἀκτίνα της γιά νά πετύχουμε ἀπό: μιᾶ τέτοια σφαῖρα χωρητικότητας I φεράντ, πρέπει ἡ ἀκτίνα της γιά εἶναι, ἀφοῦ τό I φεράντ εἶναι ἴσο μέ  $9 \times 10^{11}$  εἰκαστά, ἴση μέ  $9 \times 10^{11}$  εἰκαστόσόμετρα ἢ  $9 \times 10^9$  μέτρα ἢ  $9 \times 10^6$  χιλιόμετρα.

Ἡ διάμετρος της λοιπόν πρᾶσι νά εἶναι, οὔτε λίγο οὔτε πολύ,  $2 \times 9 \times 10^6 = 18$  εἰκαστομμύρια χιλιόμετρα. Τό πόσο μεγάλη θά εἶναι αὐτή ἡ σφαῖρα, κατάλαβαίνουμε, ἂν θυμηθοῦμε πὺς ἡ Γῆ μας ἔχει διάμετρο μονάχα 12.740 χιλιόμετρα. Δημιούργησαν λοιπόν τ' ἀκόλουθα ὑποπλάσια ἀπό τό φεράντ :

Τό μιλλιφεράντ (mF) =  $10^{-3}$  τοῦ φεράντ.

Τό μικροφεράντ (μF) =  $10^{-6}$  τοῦ φεράντ.

Τό νανοφεράντ (nF) ἢ μιλλιμικροφεράντ (μμF) =

=  $10^{-9}$  F

Τό πικοφεράντ (pF) ἢ μικρομικροφεράντ (μμμF) =

=  $10^{-12}$  F

Ἐκτός ἀπ' αὐτά, ὅμως μεταχειρίζονται πολλές φορές, ἰδιαίτερα μάλιστα στή Ραδιοφωνία, καί τό εἰκαστό (cm) πού γνωρίσαμε παραπάνω.

Λοιπόν :

$$1 \text{ F} = 10^3 \text{ mF} = 10^6 \text{ } \mu\text{F} = 10^9 \text{ nF} = 9 \times 10^{11} \text{ cm} = 10^{12} \text{ pF}$$

Με τό παραδειγμα τῆς σφαίρας, πού φέραμε παραπάνω, ἀπορεῖ κανεῖς βλέποντας πὺς ἡ χωρητικότητά της εἶναι τόσο μικρή. Ἡ ἐξήγηση ὅμως εἶναι εὐκολή.

Ἡ σφαῖρα φορτίζεται ἢ θετικά ἢ ἀρνητικά. Τά ὁμῶνυμα λοιπόν ἠλεκτρικά της φορτία διαχρονονται μεταξύ τους καί τελικά, βρίσκονται ὅλα μοιρασμένα στήν ἐξωτερική της ἐπιφάνεια. Ὅλος λοιπόν ὁ ἔσωτερικός της χώρος μένει ἀφόρτιστος.

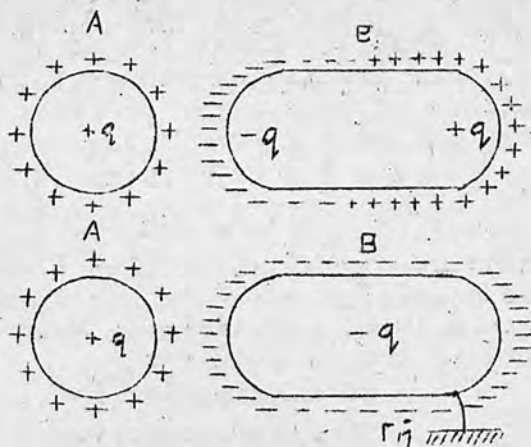
Ὁ πυκνωτής.

Τῆ χωρητικότητά πού παρουσιάζει ἕνα φορτισμένο σῶμα A μόνο του, μπορούμε νά τήν αὐξήσουμε, καί πολύ μάλιστα, μέ ἕνα ἀπλό τέχνασμα. Ἄν πλησιάσουμε κοντά σ' αὐτό ἕνα ἀφόρτιστο σῶμα B (Σχ. 144), θά δοῦμε πὺς καί τό νέο σῶμα φορτίζεται ἀπό ἐπίδραση. Ἄν τό ἠλεκτρικό σῶμα A εἶναι φορτισμένο θετικά, τό σῶμα B παρουσιάζει τήν ἀντίκρου στό σῶμα A πλευρά



του φορτισμένη αρ-  
νητικά και την άν-  
τίθετη, φορτισμέ-  
νη θετικά. Το θε-  
τικό φορτίο του  
σώματος Α ελκει  
πρός τό μέρος του  
τό αρνητικό φορτίο  
του σώματος Β, ε-  
νώ απωθεί τό θετι-  
κό φορτίο, σύμφω-  
να άλλωστε και μέ  
τό νόμο του Κουλόμ.

Η τάση επά-  
νω στό σώμα, όταν  
είναι όλοένα μό-  
νο του, είναι όπως  
είδαμε :



Σχ. Ι44

$$U_0 = \Sigma \frac{q}{r}$$

Θά έχουμε επίσης και :  $C_0 = \frac{q}{U_0}$

Αν τώρα στό σώμα αυτό πλησιάσουμε τό σώμα Β, ή αρνητική ποσότητα ήλεκτρισμού του Β, πού βρί-  
σκεται αντίρρο του, δημιουργεί στό Α μία τάση :

$$U_1 = - \Sigma \frac{q}{r'}$$

Αλλά και ή θετική ποσότητα του Β, πού βρίσκε-  
ται στην άλλη άκρη, δημιουργεί κι αυτή στό Α μία  
τάση :

$$U_2 = + \Sigma \frac{q}{r''}$$

Αρα ή όλική τάση του σώματος Α γίνεται :

$$U = U_0 + U_1 + U_2 = \frac{\Sigma q}{r} - \frac{\Sigma q}{r'} + \frac{\Sigma q}{r''}$$

Η αρνητική όμως ποσότητα του σώματος Β, πού  
βρίσκεται πιο κοντά στό σώμα Α από τή θετική ποσότητα

του ίδιου σώματος, δημιουργεί μιά τίσση επάνω στο σώμα Α, μεγαλύτερη από τη δημιουργούμενη στο σώμα Α από τη θετική ποσότητα του Β. Άρα, από την αρχική τάση U του πρώτου σώματος, αφαιρούμε περισσότερο από όσο προσθέτουμε.

Έχουμε λοιπόν :

$$U < U_0$$

(“ Αν  $U = 100V, U_1 = -20$  V και  $U_2 = +3V$ , τότε:  $U = 100 - 20 + 3V = 83V$ ).

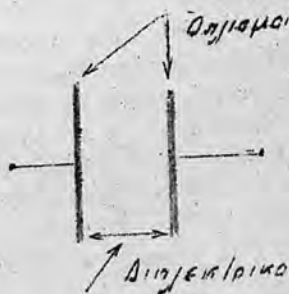
Καί επειδή  $C = Q/U$ , αφού η ποσότητα ηλεκτρισμού στο σώμα Α δεν άλλαξε, έχουμε:

$$C > C_0$$

Δηλαδή, η χωρητικότητα του σώματος αυξάνει.

“ Αν τώρα συνδέσουμε το σώμα Β με έναν άγωγο με τη γη, το θετικό του φορτίο, διωχμένο από το όμοιωμα φορτισμένο σώμα Α, διαρρέει προς τη γη και έτσι το σώμα Β μένει, κι αν ακόμη κόψουμε το σύνδεσμό του με τη γη, φορτισμένο με αποκλειστικά αρνητικό φορτίο.

Σ' αυτή την περίπτωση ; η τάση του σώματος Α γίνεται ακόμη μικρότερη, γιατί αφαιρούμε μονάχα την τάση  $U_1$  χωρίς να προσθέτουμε την τάση  $U_2$  την οφειλομένη στο θετικό φορτίο που τώρα δεν υπάρχει πιά, αφού διοχλατήθηκε στη γη. Η χωρητικότητα δηλαδή γίνεται τώρα ακόμη μεγαλύτερη απ' όση ήταν, όταν το σώμα Β δεν ήταν προσγειωμένο.



ΣΧ. 145

Μ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αποθηκεύουμε με την ίδια τάση ποσότητες ηλεκτρισμού πολύ μεγαλύτερες από καίνας που θα μπορούσαμε να αποθηκεύουμε στο σώμα Α, αν ήταν μονάχα του. Αυτό σημαίνει πως η χωρητικότητα του σώματος Α αυξάνει.

Η απλούστερη μορφή ενός τέτοιου συστήματος δίνεται από δύο επίπεδες ή δύο όμοκεντρες κυλινδρικές ή σφαιρικές μεταλλικές πλάκες, χωρισμένες με ταξύ

τους μονωτικό, π.χ. αέρα. Μία τέτοια διάταξη, που παρουσιάζει, παρά τις μικρές διαστάσεις της, μεγάλη χωρητικότητα, ονομάζεται **πυκνωτής**. (Σχ. Ι45)

Οι πλάκες του πυκνωτή λέγονται **οπλισμοί** και το μονωτικό, που τις χωρίζει, **διηλεκτρικό**.

Η χωρητικότητα ενός τέτοιου πυκνωτή είναι :

$$C_{cm} = \frac{S}{4\pi e}$$

Ο τύπος αυτός δίνει τη χωρητικότητα ενός σφαιρικού πυκνωτή εφαρμόζεται όμως και στους πυκνωτές με επίπεδους οπλισμούς, γιατί μπορούμε να θεωρήσουμε πως και οι επίπεδοι οπλισμοί αποτελούν μέρος από δύο σφαίρες, που οι ακτίνες τους μεγάλωσαν τόσο, ώστε τα άξισταζόμενα τμήματα της επιφανείας της σφαίρας να είναι σχεδόν επίπεδα. Τε S τότε δηλώνει την επιφάνεια, που παρουσιάζει ο ένας οπλισμός αντίκει στον άλλο, την **εμβαργία επιφάνεια**, όπως λέμε. Το e, πάλι, δηλώνει το πάχος του διηλεκτρικού, που χωρίζει τους δύο οπλισμούς (Σχ. Ι45).

Αυτά όλα εφαρμόζονται όταν το διηλεκτρικό είναι αέρας. "Αν όμως το διηλεκτρικό είναι άλλο μονωτικό, τότε στον παραπάνω τύπο μπαίνει κι ένας άλλος συντελεστής, **διηλεκτρικό**, σταθερά λεγόμενος, που εξαρτάται από τη φύση του διηλεκτρικού και γράφεται συνθηματικά με το γράμμα K. Το K δίνεται από πίνακες.

Ο τύπος λοιπόν παίρνει τη μορφή :

$$C_{cm} = \frac{KS}{4\pi e}$$

"Αν θέλουμε να πάρουμε τη χωρητικότητα σε φάραντ, τότε, ο τύπος πρέπει να διαιρεθεί με το  $9 \times 10^{11}$ , γιατί  $C_{cm} = \frac{I}{9 \times 10^{11}} F$ .

Θα έχουμε λοιπόν :

$$C_F = \frac{KS}{4\pi e \times 9 \times 10^{11}}$$

Από τούς τύπους αυτούς φαίνεται καθαρά, πώς η χωρητικότητα του πυκνωτή εξαρτάται από την ενεργό επιφάνεια  $S$  των όπλισμών του, από τό πάχος  $\epsilon$  και από από τή φύση του διηλεκτρικού (διηλεκτρική σταθερά  $K$ ) Το μέταλλο των όπλισμών δέν επιδρά στή χωρητικότητα του πυκνωτή.

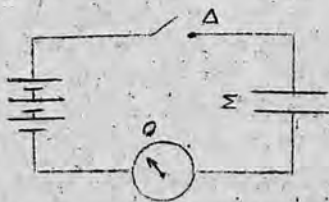
Φόρτιση του πυκνωτή.

Όταν συνδέουμε έναν πυκνωτή στους πόλους μιᾶς πηγῆς, πού δίνει συναχές ρεύμα, ο πυκνωτής φορτίζεται. Ο χρόνος  $t_{\phi}$ , πού χρειάζεται για να φορτιστεί ο πυκνωτής, εξαρτάται από τή χωρητικότητά του και από τήν αντίσταση  $R$  του κυκλώματος, όπως και ο χρόνος του γεμίματος ενός δοχείου εξαρτάται από τήν χωρητικότητά του και από τήν αντίσταση (πάχος-μήκος) των τροφοδοτιῶν του σωλήνων.

Αν ἡ ὅλική αντίσταση του κυκλώματος τῆς φόρτισης, μέ τήν αντίσταση τῆς πηγῆς μαζί, εἶναι  $R_{\phi}$  και ἡ χωρητικότητα του πυκνωτή  $C$ , ὁ χρόνος τῆς φόρτισῆς του  $t_{\phi}$  εἶναι ἴσος περίπου μέ τό γινόμενον  $CR_{\phi}$  και λέγεται χρονική σταθερά του κυκλώματος τῆς φόρτισης. Για να φορτιστεί λοιπόν ένας πυκνωτής χρειάζεται ὀρισμένος χρόνος  $t_{\phi} = CR_{\phi}$  περίπου.

Ἐς δοῦμα ὁμως τό κύκλωμα του Σχ. 146 τό Π. δείχνει μιᾶ συστοιχία συσσωρευτῶν, τό Δ, τό διακόπτη του κυκλώματος, τό Σ, τόν πυκνωτή και τό Ο, ενα μεταρρητικό ὄργανο. Όταν κλείσουμε τό διακόπτη Δ, ὁ δειχτής του ὄργανου ἀποκλίνει ἀπότομα δείχνοντας τό πᾶρασμα του ρεύματος πού φορτίζει τόν πυκνωτή και ὑστερα ξαναγυρνᾷ στό μηδέν. Ο πυκνωτής φορτίστηκε και τό ρεύμα πάει.

Ἐς δοῦμα τώρα πού ἀποθηκεύεται αὐτή ἡ ποσότητα του ἤλεκτρισμοῦ. Ἀπό τό ἀκόλουθο πείραμα βγαίνει τό συμπέρασμα πώς ὁ ἤλεκτρισμός ἀποθηκεύεται στό διηλεκτρικό του πυκνωτή.



Σχ. 146

Ανάμεσα σε δύο όπλισμούς από μεταλλικές πλάκες βάζουμε για διηλεκτρικό μία γυάλινη πλάκα και σχηματίζουμε έναν πυκνωτή. Συνδέουμε τους όπλισμούς με τους πόλους μιας πηγής που δίνει συνεχές ρεύμα και φορτίζουμε τον πυκνωτή. Υστερα απομακρύνουμε τους όπλισμούς από το γυαλί και τους ξεφορτίζουμε, απομπώντας το ένα πάνω στον άλλο ή φέρνοντάς τους σε επαφή με τη γη. Αφού οι όπλισμοί ξαναβρούν την ουδέτερή τους κατάσταση, τους βάζουμε πάλι στη γυάλινη πλάκα για να ξανασηματιστεί ο πυκνωτής. Τότε βλέπουμε πως οι όπλισμοί, παρόλη την εκφόρτίσή τους, είναι και πάλι ηλεκτρισμένοι.

Το πείραμα αυτό δείχνει πως τά ηλεκτρικά φορτία στους πυκνωτές δεν βρίσκονται στους όπλισμούς, μα κυρίως στις όψεις του διηλεκτρικού που τους χωρίζει. Οι όπλισμοί κρατούν λίγο μονάχα φορτίο και χρησιμεύουν κυρίως για να μεταφέρουν το φορτίο προς το διηλεκτρικό, όταν φορτίζουμε τον πυκνωτή και να το μαζεύουν απ' αυτό, όταν τον ξεφορτίζουμε.

Τό ρεύμα της αγωγιμότητας και τό ρεύμα της μετατόπισης.

Πως όμως παρ'αυτό ρεύμα, πού δείχνει τό όργανο, αφού ο πυκνωτής κόβει με τό διηλεκτρικό του κύκλωμα; Η ηλεκτρονική θεωρία μάς εξηγεί τό τί γίνεται στό διηλεκτρικό του πυκνωτή, όταν τον φορτίζουμε.

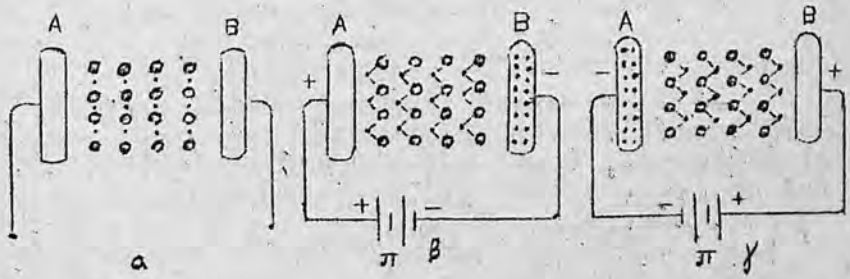
Στήν παράγραφο 5 είδαμε κατά τί διαφέρουν οι άγωγοί από τά μονωτικά. Οι άγωγοί έχουν πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια που μπορούν εύκολα να αποσπαστούν από τ' άτομά τους, όταν στά άκρα των άγωγών εφαρμοστεί μία τάση. Η τάση αυτή αναγκάζει τά ηλεκτρόνια να κινούνται προσδευτικά στό εξωτερικό κύκλωμα από τον άρνητικό προς τό θετικό πόλο της πηγής που δημιουργεί την τάση. Είπαμε, επίσης πως η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων αποτελεί τό ηλεκτρικό ρεύμα. Τό ηλεκτρικό ρεύμα, που περνά μέσα από τους άγωγούς, λέγεται και  $\rho \epsilon \upsilon \mu \alpha \ \alpha \ \gamma \omega \gamma \iota \mu \acute{o} \tau \eta \tau \alpha \varsigma$ .

Στά μονωτικά, όμως, ή όπως τά λέμε "διηλεκτρικά", τά ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι δυσκολετακίνητα. Αν λοιπόν εφαρμούουμε στους όπλισμούς ενός πυκνωτή, δηλαδή στα άκρα του διηλεκτρικού του, μία τάση παρυσιάζεται μία κίνηση ηλεκτρονίων, δηλαδή ρεύμα, στους



άγωγούς που συνδέουν τους πόλους της πηγής, με τους όπλισμούς του πυκνωτή, ώσπου οι τελευταίοι αποκτήσουν την τάση της πηγής, στο διηλεκτρικό όμως του πυκνωτή γίνεται μιά μικρή μονάχα μετατόπιση των ηλεκτρονίων του. Τα άτομα συγκρατούν γαρά τά ηλεκτρόνια και τά επιτρέπουν ν' αποκλίνουν λίγο μονάχα από την κανονική τους θέση προς τή μία πλευρά. Όταν λοιπόν αφαιρούμε σ' ενα διηλεκτρικό μιά τάση, τά ηλεκτρόνια του αλώς μετατοπίζονται προς μίαν ορισμένη διεύθυνση. Όταν η πηγή εξσυνδεθεί, τά ηλεκτρόνια εξακολουθούν νά μένουν στή θέση, όπου υποχρεώθησαν νά μετατοπιστούν. Τα ηλεκτρόνια ξαναγυρνούν στην αρχική τους θέση, μόνον όταν ο πυκνωτής ξεφορτιστεί. Τό μετρητικό λοιπόν όργανο δείχνει μονάχα τό ρεύμα άγωγιμότητας, που διαρρέει τους άγωγούς του κυκλώματος του πυκνωτή, όταν αυτός φορτίζεται και ξεφορτίζεται.

Τό Σχ. 147 α δείχνει παραστατικά πώς είναι τά άτομα και τά ηλεκτρόνια στό διηλεκτρικό ενός πυκνωτή;



Σχ. 147

όταν είναι άφορτιστος. Τα άτομα δείχνονται σά μπαλίτσες και τά ηλεκτρόνια, σάν τελείες. Τό Σχ. 147 β δείχνει πώς μετατοπίζονται τά ηλεκτρόνια προς τ' αριστερά, όταν στον όπλισμό Α του πυκνωτή συνδέεται ο θετικός πόλος της πηγής Π και στον όπλισμό Β, ο άρνητικός. Ο όπλισμός Α, φτωχός σά ηλεκτρόνια, ελκει προς τό μέρος του τά ηλεκτρόνια του διηλεκτρικού, δίχως όμως νά μπορεί και νά τ' αποσπάσει από τ' άτομά τους. Τήν ελξη αυτή των ηλεκτρονίων από τό θετικό όπλισμό υποβοηθεί άλλωστε και ο πλούσιος σά ηλεκτρόνια άρνητικός όπλισμός Β, που διώχνει τά ηλεκτρόνια προς τό θετικό όπλισμό. Τό

Σχ. Ι47 γ δείχνει τό αντίθετο. Τώρα ὁ ὀπλισμός Α εἶναι ἀρνητικός καί ὁ Β, θετικός. Τά ἠλεκτρόνια λοιπόν μετατοπίζονται πρὸς τὰ δεξιὰ.

Ἡ ἐνέργεια, πού ἔχουν τὰ μετατοπιζόμενα ἠλεκτρόνια, γεννᾶται ὅταν αὐτὰ ξαναγυρίζουν στήν ἀρχική τους θέση, ἠλεκτρεγερτική δύναμη στό κύκλωμα.

Ἡ ἠλεκτρεγερτική αὐτή δύναμη εἶναι ἰκανή νά προκαλέσει μιὰ ροή ἠλεκτρονίων, δηλαδή ενα ρεῦμα ἀγωγιμότητας στους ἀγωγούς πού σχηματίζουν τό κύκλωμα, ὡπως καί ἡ ἡ.σ. δύναμη μιᾶς ἄλλης ὁποιασδήποτε πηγῆς.

Γι' αὐτόν τόν λόγο, τή μετατόπιση τῶν ἠλεκτρονίων μέσα στό διηλεκτρικό τήν ὀνομάζουμε **ρ ε ῦ μ α τ ῆ ς** **μ ε τ α τ ὀ π ι σ η ς**. Νά μή ξεχνοῦμε λοιπόν, πῶς τό ρεῦμα τῆς μετατόπισης γεννιέται ἀπό τή μετατόπιση τῶν ἠλεκτρονίων μέσα στά διηλεκτρικά, ἐνῶ τό ρεῦμα τῆς ἀγωγιμότητας, ἀπό τή μετατόπιση τῶν ἠλεκτρονίων μέσα στους ἀγωγούς.

Ἄν ἡ τάση πού ἐφαρμόζεται στους ὀπλισμούς Α καί Β (Σχ. Ι47 β καί γ) ξεπεράσει ὀρισμένη τιμή, τά ἄτομα τοῦ διηλεκτρικοῦ δέν μποροῦν νά συγκρατήσουν πιά τὰ ἠλεκτρόνια, κι' αὐτὰ τοὺς ξεφεύγουν καί πηγαίνουν μέ μορφή σπινθήρα πρὸς τόν διψασμένο γιά τῆς ἠλεκτρόνια θετικό πόλο. Τό διηλεκτρικό, ἐκεῖνη τή στιγμή δέν εἶναι μονωτικό καί ὁ πυκνωτής ἀχρηστεύεται γιατί δέν μπορεῖ νά νοηθεῖ πυκνωτής πού οἱ δύο του ὀπλισμοί ἐκκένωνται, ἔστω καί γιά μιὰ μονάχα στιγμή, μέσα ἀπό τό διηλεκτρικό. Κι' ἂν μέν τό διηλεκτρικό εἶναι ἀέρας, πάει καλά. Γίνεται ἡ **δ ι α ρ ρ η χ τ ι κ ῆ** **ἐ κ κ ἔ ν ω σ η**, ὅπως λέμε, καί ὁ πυκνωτής ἠσυχάζει, ἀφοῦ γιά μιὰ στιγμή ἔφερε ἀνωμαλία στό κύκλωμα. Ἄν ὅμως τό διηλεκτρικό εἶναι ἀπό χαρτί, ἀπό γυαλί, ἀπό μίκα ἢ ἀπό κανένα ἄλλο στερεό μονωτικό; Τότε πιά ὁ πυκνωτής εἶναι γιά πέταμα. Μιά πού τό διηλεκτρικό του τρύπησε ἀπό τό σπινθήρα τῆς διάρρηχτικῆς ἐκκένωσης, δέ μᾶς κάνει γιά τή δουλειά πού τον θέλαμε. Δουλεῦει πιά σάν μιὰ ἀπλή ὀμική ἀντίσταση.

Ἡλεκτροστατική ἀντοχή. Τάση ἐργασίας, τάση δοκιμῆς.

Ἡ **ἠ λ ε κ τ ρ ο σ τ α τ ι κ ῆ** **ἀ ν τ ο χ ῆ** ὀνομάζουμε ἀκριβῶς τήν τάση πού μπορεῖ νά τρυπήσει μιὰ πλάκα διηλεκτρικοῦ μέ πάχος Ι ἐκαστοστόμετρο. Ἡ ἠλεκτροστατική ἀντοχή μετρίετα σε χιλιάδες βόλτ(κι-

λοβόλτ) κ α τ ά ε κ α χ τ ο σ τ ό μ ε τ ρ ο π ά -  
χ ο υ ς τ ο υ διηλεκτρικού. Τό γυαλί π.χ. έχει ηλεκτρο-  
στατική άντοχή 200 κιλobόλτ, ή μίνα 150 kV και τό  
παραφινωμένο χαρτί 40 kV .

Η ηλεκτροστατική άντοχή ενός πυκνωτή δέν  
είναι πάντοτε σταθερή

Έξαρτάται κυρίως από τή φύση τού διηλεκτρικού  
άπό τή φυσική του κατάσταση, από τίς διασάσεις του,  
άπό τή φύση, τής τάσης πού εφαρμόζεται στον πυκνωτή  
(συνεχής ή εναλλασσόμενη τάση), άπό τή διάρμεια τής  
εφαρμογής αúτης τής τάσης κτλ.

Η σημερινή τεχνική κατόρθωσε νά κατασκευάσει  
διηλεκτρικά, κυρίως από κεραμεικό ύλικό, πού παρουσιάζουν,  
έκτός άπό τή σταθερότητα, και εξαιρετική ηλεκτροστατική  
άντοχή. Αúτη κυμαίνεται, ανάλογα μέ τή  
φύση τού κεραμεικού ύλικού, άπό 150 - 1.000 kV. Η  
ηλεκτρική αντίσταση αúτων των ύλικών κυμαίνεται άπό  
τά 10<sup>13</sup> - 10<sup>18</sup> ώμ κατά κυβικό εκατοστόμετρο.

Καθε πυκνωτής έχει γραμμένη επάνω του, εκτός  
άπό τή χωρητικότητά του, και τήν τάση του πού πρέπει  
νά εφαρμοστεί σ' αúτον για νά δουλέψει κανονικά, δηλαδή  
τήν τάση έργασίας. Πολλές φορές έχει  
γραμμένες δύο τιμές. Η μία δείχνει τήν τάση τής  
εργασίας και η άλλη τήν τάση τής δοκι-  
μής. Η τάση τής δοκιμής είναι συνήθως τριπλάσια  
άπό τήν τάση έργασίας, κι αúτό, για νά εξασφαλίζεται  
ή όμαλή λειτουργία τού πυκνωτή.

### Έκφόρτιση τού πυκνωτή.

"Αν φορτίσουμε έναν πυκνωτή κι ύστερα εξσυνδέ-  
σουμε τήν πηγή πού τόν φόρτισε, ό συμπυκνωτής όπως εί-  
δαμε, μένει φορτισμένος. "Αν ακουμπήσουμε τότε στους  
όπλισμούς του έναν άγωγό, μπορούμε νά δημιουργήσουμε  
έναν ηλεκτρικό σπινθήρα. Ο χρόνος  $t_2$  τής εκφόρτισης

είναι ανάλογος μέ τή χρονική σταθερά  $CR_g$  τού κυκλώ-  
ματος τής εκφόρτισης. Στη χρονική σταθερά  $CR_g$ , τό

$R_g$  είναι ή αντίσταση πού παρουσιάζει τό κύκλωμα τής  
εκφόρτισης. Ο χρόνος  $t_g$  είναι ίσος περίπου πρός

$$R_g C .$$

Πρέπει νά ξέρουμε, όμως, πώς ό πυκνωτής  
και μετά τήν πρώτη του εκφόρτιση κρατά λίγο άπό τό

ἀρχικό του φορτίου. Λεμε, πώς ο πυκνωτής παρουσιάζει διηλεκτρική ύστέρηση. Για να εξφορτίσουμε λοιπόν τάλεια ένα φορτισμένο πυκνωτή, πρέπει να επαναλάβουμε τις εκφορτίσεις του αρκετές φορές.

Ανεξάρτητα όμως, απ' αυτή την κανονική του εκφόρτιση, ο πυκνωτής μπορεί να εξφορτιστεί και μέσα από το διηλεκτρικό του κατά δύο διαφορετικούς τρόπους:

Ο πρώτος είναι η διαρρηχτική του εκφόρτιση που είδαμε παραπάνω, τόνιζοντας μάλιστα και τά βλαβερά της αποτελέσματα.

Ο δεύτερος τρόπος είναι η εκφόρτισή του από την αγωγιμότητα του διηλεκτρικού. Ένα διηλεκτρικό εξαιρώντας τον αέρα, δεν μπορεί να είναι ποτέ τέλει μονωτικό, όσο μεγάλη κι αν είναι η αντίστασή του. Η αντίστασή του αυτή, που φτάνει πολλές φορές στα εκατομμύρια μεγώμ κατά κυβικό εκατοστόμετρο, αλλάζει με τη θερμοκρασία, με το βαθμό και με την διάρκεια της φόρτισης. Δεν πρέπει να ξεχνούμε ύστερα και την υγρασία που μαζεύεται στο διηλεκτρικό και δημιουργεί ένα ρεϊθρο ανάμεσα στους όπλισμούς.

Ένα τέτοιο ρεϊθρο καταβάζει σε μεγάλη αναλογία τη μονωση του διηλεκτρικού. Όλα αυτά σημαίνουν απώλειες του ηλεκτρικού φορτίου, σά να εξφορτίζεται ο πυκνωτής σε μιαν εξωτερική αντίσταση.

Επειδή λοιπόν η αντίσταση του διηλεκτρικού δεν είναι άπειρη, ένας πυκνωτής παρουσιάζει τη λεγόμενη εσωτερική κατανάλωση και αν μείνει φορτισμένος, χάνει σιγά-σιγά τό φορτίο του. Οι απώλειες αυτές στον πυκνωτή είναι τόσο μεγαλύτερες, όσο περισσότερο κακή είναι η ποιότητα του διηλεκτρικού του.

Απ' όσα είπαμε παραπάνω καταλαβαίνουμε πια, πώς ο πυκνωτής κατά τη φόρτισή του παίρνει ηλεκτρική ενέργεια, ενώ κατά την εκφόρτισή του δίνει ενέργεια. Κατά τη φόρτισή του, λοιπόν, είναι αποδέχτης ενώ κατά την εκφόρτισή του, πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Καταλαβαίνουμε επίσης, πολύ καλά και τη διαφορά που χωρίζει τον πυκνωτή από τό συσσωρευτή. Στον πυκνωτή, η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται αυτούσια. Στο συσσωρευτή, η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται με χημική μορφή. Ο πυκνωτής φορτίζεται και εξφορτίζεται σχεδόν άστραπιαία. Ο συσσωρευτής φορτίζεται και εξφορτίζεται αργά. Τέλος, και τό κυριώτερο, η ποσότη-



τα ηλεκτρισμού που αποθηκεύει ένας πυκνωτής είναι, συγκρινόμενη με αυτήν που αποθηκεύουμε στο συσσωρευτή, πολύ μικρή. Η ηλεκτρική ποσότητα, που αποθηκεύει μέσα του ένας πυκνωτής ίσος σε μέγεθος με ένα κουτί τσιγάρων, μόλις φτάνει να τροφοδοτήσει για 5 μονάχα δευτερόλεπτα ένα φανάκι της τσέπης.

Σύνδεση τῶν πυκνωτῶν.

Όπως και τὰ ηλεκτρικά στοιχεῖα ἢ τοὺς συσσωρευτές, ἔτσι καὶ τοὺς πυκνωτές μπορούμε νὰ τοὺς συνδέσουμε ἢ στήσερά, ἢ παράλληλα, ἢ ἄν θέλουμε, καὶ μιχτά.

α) Σύνδεση στήσερά τῶν πυκνωτῶν.

Ἄς παραδαχτοῦμε πῶς ἔχουμε τρεῖς πυκνωτές, πού οἱ χωρητικότητες τους εἶναι  $C_1, C_2, C_3$ . Γιά νὰ τοὺς συνδέσουμε στήσερά, συνδέουμε τόν ὀπλισμό β τοῦ πρώτου με τόν ὀπλισμό α τοῦ δευτέρου καὶ τόν ὀπλισμό β τοῦ δευτέρου με τόν ὀπλισμό α τοῦ τρίτου, ὅπως δείχνει τό Σχ. 148.

Γιά νὰ φορτίσουμε τώρα τό σύστημα αὐτό τῶν πυκνωτῶν, συνδέουμε τόν ὀπλισμό α τοῦ πρώτου πυκνωτή με τόν ἕνα πόλο μιᾶς πηγῆς με τάση  $U$ , καὶ τόν ὀπλισμό β τοῦ τρίτου πυκνωτή με τόν ἄλλο πόλο τῆς ἴδιας πηγῆς.



Σχ. 148

Ἐπαίδῃ καί, οἱ τρεῖς πυκνωτές εἶναι ἐνωμένοι στήσερά, ἡ ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος, πού τοὺς φορτίζει, εἶναι σ' ὅλους ἡ ἴδια. Ἄρα καὶ ἡ ποσότητα  $Q$  ηλεκτρισμοῦ, πού αποθηκεύουν, εἶναι κι' αὐτή ἡ ἴδια. Ἄν παραστήσουμε με  $U_1, U_2$ , καὶ  $U_3$  τίς διαφορές δυναμικοῦ, πού δημιουργοῦνται στοὺς ὀπλισμούς αὐτῶν τῶν πυκνωτῶν  $C_1, C_2$ , καὶ  $C_3$  θά ἔχουμε :

$$Q = C_1 U_1 = C_2 U_2 = C_3 U_3$$

Αὐτή ὁμως ἡ ποσότητα  $Q$  εἶναι ἴση με τὴν ποσότητα, πού δίνει ἡ πηγὴ με τὴν τάση  $U$ , σ' ἕναν



πυκνωτή μέ τέτοια χωρητικότητα πού νά μπορεῖ ν' ἀντι-  
καταστήσει τή χωρητικότητα καί τῶν τριῶν πυκνωτῶν.

"Αν ὀνομάσουμε αὐτήν τήν χωρητικότητα  $C$ , θά ἔχουμε :

$$Q = CU$$

Ἀπό τοὺς δύο αὐτοὺς τύπους παίρνουμε :

$$U = \frac{Q}{C} \quad U_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{Q}{C_2} \quad \text{καί} \quad U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

Καί ἐπειδή ἡ ὀλική τάση  $U$  εἶναι ἴση μέ τό ἄ-  
θροισμα τῶν μερικῶν τάσεων  $U_1, U_2, U_3$ , ἔχουμε :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad \text{ἢ} \quad \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\text{"Αρα : } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad \text{καί} \quad C = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3}$$

Βγάζουμε λοιπόν τόν ἀκόλουθο κανόνα :

Τό ἀντίστροφο, τῆς ὀλικῆς χωρητικότητας ἑνός  
συστήματος πυκνωτῶν ἐνωμένων στή σειρά, εἶναι ἴσο μέ  
τό ἄθροισμα πού μᾶς δίνουν τ' ἀντίστροφα τῶν χωρητικο-  
τήτων τῶν πυκνωτῶν πού συνδέσαμε. Ἡ ὀλική, ἐπομένως  
χωρητικότητα θά εἶναι μικρότερη καί ἀπό τή μικρότερη  
μερική χωρητικότητα.

"Όταν, λοιπόν, θέλουμε νά μικρύνουμε τή χωρη-  
τικότητα ἑνός σταθεροῦ πυκνωτῆ, συνδέουμε σέ σειρά μ'  
αὐτόν ἄλλους πυκνωτές. "Αν συνδέσουμε στή σειρά ν'  
ἴσους πυκνωτές, τότε :  $C = \frac{C_1}{n}$

Στήν περίπτωση αὐτήν, ἡ ἠλεκτροστατική ἀντοχή  
τοῦ συστήματος αὐξάνει ἀνάλογα μέ τοὺς πυκνωτές πού  
συνδέουμε. "Αν π.χ. συνδέσουμε στή σειρά 8 ὁμοίους πυ-  
κνωτές, πού ὁ καθένας τους ἔχει ἠλεκτροστατική ἀντο-  
χή 1.000 βόλτ, ἡ ἠλεκτροστατική ἀντοχή τοῦ συστήμα-  
τος θά εἶναι : 8.000 βόλτ ἢ 8KV.

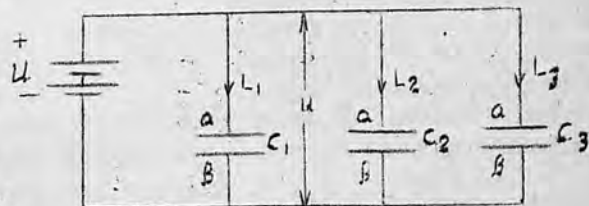
Τό παράδειγμα αὐτό μᾶς δίνει νά καταλάβουμε,  
ὅτι μπορούμε νά μεταχειριστοῦμε τοὺς πυκνωτές ὄχι μό-  
νάχα γιά ν' ἀποθηκεύουμε ἠλεκτρισμό, μά καί γιά νά μα-  
τατρέπουμε τήν τάση πού ἔχει ἕνα συναχῆς ρεῦμα. Μας  
χρηιάζεται π.χ. γιά ὀρισμένο σκοπό μιᾶ τάση 10.000 βόλτ  
καί ἔχουμε μονάχα συναχῆ τάση 100 βόλτ. Παίρνουμε τότε  
100 π.χ. πυκνωτές μέ ἠλεκτροστατική ἀντοχή, ὁ καθένας

100 βόλτ, φορτίζουμε τόν καθένα ξεχωριστά μέ τήν πηγή τών 100 βόλτ κι ύστερα τούς συνδέουμε όλους μαζί στή σειρά. Η τάση, πού θά μᾶς δίνει τότε στά ό- ριά πυ, όλόκληρο αυτό τό σύστημα τών 100 πυκνωτῶν, θά εἶναι ἴση μέ  $100 \times 100 = 10,000$  βόλτ.

β) Σύνδεση τῶν πυκνωτῶν παράλληλα.

"Ας πάρουμε πάλι τούς τρεῖς προηγούμενους πυκνωτές  $C_1, C_2$  καί  $C_3$ . Γιά νά τούς συνδέσουμε παράλληλα, συνδέουμε όλους τούς όπλισμούς α μαζί κι όλους τούς όπλισμούς β πάλι μαζί (Σχ. 149).

Γιά νά φορτίσουμε τό σύστημα, συνδέουμε τόν ἕνα πόλο τῆς πηγῆς μέ τούς όπλισμούς α καί τόν ἄλλο πόλο, μέ τούς όπλισμούς β. Τώρα τό όλικό ρεύμα  $I$  θά μοιραστεῖ σέ τρία ρεῖθρα  $i_1, i_2, i_3$ . "Αρα



Σχ. 149

καί τό ηλεκτρικό φορτίο, πού θά πά- ρει κάθε πυκνω- τῆς, θά εἶναι δια- φορετικό.

Τά φορτία αυτά θά εἶναι :  $Q_1, Q_2$ , καί  $Q_3$ .

Η τάση ὅμως, πού δημιουργεῖται σέ κάθε πυκνωτή, εἶναι ἴδια μέ τήν τάση τῆς πηγῆς. Θα ἔχου- με λοιπόν :

$$Q = CU \text{ καί } Q_1 = C_1 U, Q_2 = C_2 U, Q_3 = C_3 U.$$

$$\text{"Αρα } U = \frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_3}{C_3}$$

Καί ἀφοῦ ἡ ὀλική ποσότητα  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ , καί ἡ ὀλική χωρητικότητα  $C$  θά εἶναι :  $C = C_1 + C_2 + C_3$

"Αρα ἡ ὀλική χωρητικότητα τοῦ συστήματος εἶναι ἴση μέ τό ἄθροισμα τῶν μερικῶν χωρητικοτήτων.

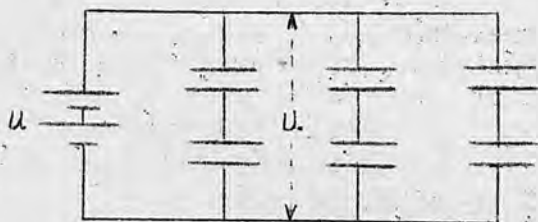
"Όταν ἔχουμε  $n$  ἴσας χωρητικότητες, τότε :

$$C = n C$$

Αμα λοιπόν θέλουμε ν' αὐξήσουμε τὴ χωρητικότη-  
τητα ἐν ὄσ σταθεροῦ πυκνωτῆ, συνδέουμε παράλληλα μ' αὐ-  
τὸν ἄλλους πυκνωτῆς.

Στὴ σύνδεση τῶν πυκνωτῶν παράλληλα ἡ ἠλεκ-  
τροστατική ἀντοχή δὲν αὐξάνει, ἀλλὰ μένει ἴση μὲ τὴ  
μικρότερη ἠλεκτροστατική ἀντοχή ποὺ παρουσιάζει, ἕνας  
ἀπὸ τοὺς συνδεόμενους πυκνωτῆς. Αὐτὸ εἶναι εὐνόητο:

"Αν ὁ ἕνας ἀπὸ τοὺς  
τρεῖς προηγούμενους  
πυκνωτῆς ἔχει ἠλεκ-  
τροστατική ἀντοχή  
1.000 π.χ. βόλτ καί  
οἱ ἄλλοι δυό. 5.000  
βόλτ ὁ καθένας,



Σχ. 150

το σύστημά μας θά  
παρουσιάζει ἠλεκτρο-  
στατική ἀντοχή μονά-  
χα 1.000 βόλτ, γιατί  
ἂν ξεπεράσουμε τὴν  
τάση αὐτὴν, ὁ πρῶτος πυκνωτῆς θά πάθει διαρρηχτική ἐκείνη  
κένωση καὶ ὁλόκληρο τὸ σύστημα θά βραχυκυκλωθεῖ.

γ) Σύνδεση μιχτή, σύνδεση  
τῶν πυκνωτῶν.

Γιὰ νὰ παύσουμε μιὰ τέτοια σύνδεση, συνδέουμε  
πρῶτα στήθερα μερικοὺς πυκνωτῆς καὶ ὕστερα παράλληλα  
τῆς ομάδας ποὺ σχηματίζουν (Σχ. 150). Ἔτσι αὐξάνει καὶ  
ἡ χωρητικότητα καὶ ἡ ἠλεκτροστατική ἀντοχή.

Σ' ἕνα τέτοιο σύστημα, ἡ ὅλική χωρητικότητα  
καὶ ἡ ἠλεκτροστατική ἀντοχή, ἄθροισμα ποὺ παρουσιάζουν  
οἱ χωρητικότητες τῶν ομάδων καὶ ἡ ὅλική ἠλεκτροστατι-  
κή ἀντοχή ἴση μὲ τὴν ἠλεκτροστατική ἀντοχή τῆς μιᾶς  
ομάδας καὶ μάλιστα αὐτῆς ποὺ παρουσιάζει τὴ μικρο-  
τερη ἀντοχή.

Καὶ στοὺς τρεῖς τρόπους συνδεσμολογίας τῶν πυ-  
κνωτῶν ποὺ ἀναφέραμε, ἡ ἀνέργεια ποὺ χρειαζόμαστε γιὰ  
νὰ φορτιστοῦν οἱ πυκνωτῆς μένει ἡ ἴδια.

#### ΔΥΝΑΜΟΜΗΧΑΝΕΣ

Γενικά.

Στὰ προηγούμενα εἶδαμε πῶς μπορούμε νὰ ἔχουμε  
στὸ ἔξωταρικό κύκλωμα μιᾶς μηχανῆς ρεῦμα μὲ τὴν ἴδια

πάντα διεύθυνση. Το ρεύμα αυτό τό ονομάσαμε " σ υ ν ε -  
χ έ ς ". Είδαμε όμως, επίσης, πώς τό ρεύμα αυτό, πού  
γεννιέται μέσα σέ πηνία διαρρεόμενα από μεταβλητό  
πεδίο, είναι αρχικά αναλλασσόμενα, άλλ' έπειτα τό κάνου-  
με συναχές, ανορθώνοντάς το μ' ένα ειδικό όργανο πού  
λέγεται " σ υ λ λ έ χ τ η ς " .

Μιά δυναμομηχανή λοιπόν άπαρτίζεται από τρία  
βασιικά μέρη:

- 1) Από τόν έπαγωγέα.
- 2) Από τό έπαγωγήμο.
- 3) Από τό συλλέχτη.

Ο έπαγωγέας είναι σταθερός, ενώ τό έπαγώγι-  
μο και ό συλλέχτης προσαρμόζονται σέ άξονα, πού πα-  
ριστρέφεται από ανάλογο κινητήρα. Το ρεύμα, γεννιέται  
στό έπαγωγήμο, φτάνει στό συλλέχτη κι' απ' εκεί μαζεύ-  
εται από σταθερές ψήχτρες για νά όδηγηθεί στό έξωτε-  
ρικό κύκλωμα.

Ο έπαγωγέας είναι ό μαγνήτης (για τίς πολύ  
μικρές μηχανές), όποτε ή μηχανή λέγεται " μ α γ ν η -  
τ ο η λ ε κ τ ρ ι κ ή μ η χ α ν ή " (μανιατό), ήν  
ήλεκτρομαγνήτης, όποτε ή μηχανή λέγεται " δ υ ν α μ ο -  
η λ ε κ τ ρ ι κ ή μ η χ α ν ή " ή " δ υ ν α μ ο -  
μ η χ α ν ή ". Οί τεχνικοί λένε πολλές φορές, για  
συντομία, αντί " δ υ ν α μ ο μ η χ α ν ή ", " δ υ ν α -  
μ ό " .

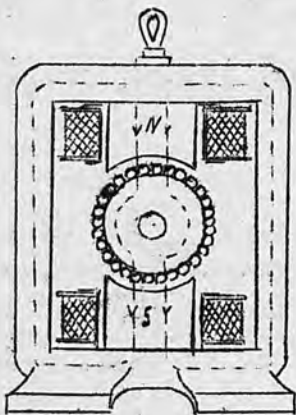
Τό Σχ. 151 δείχνει πώς είναι τό μαγνητικό  
κύκλωμα σέ μία απλή δυναμομηχανή. Στο άπάνω και κάτω  
μέρος φαίνονται τά πηνία του ήλεκτρομαγνήτη και στό  
μέσο, τό έπαγωγήμο. Οί στιγμένες γραμμές δείχνουν τό  
κύκλωμα πού σχηματίζουν οί δυναμικές γραμμές του  
μαγνητικού πεδίου.

Οί δυναμομηχανές ανήκουν από κατασκευαστική  
άποψη στην κατηγορία των μηχανών μέ έξωτερικούς πό-  
λους. Έχουν, δηλαδή, τόν έπαγωγέα προς τά έξω και  
τό έπαγωγήμο στρεπτό ανάμεσα στους πόλους.

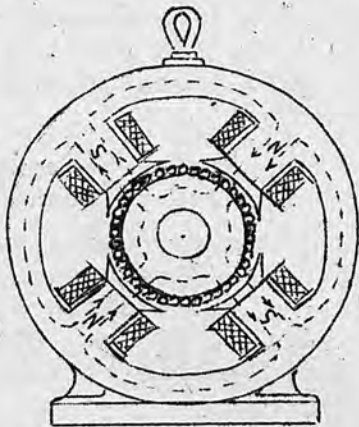
Ο πυρήνας του έπαγώγιμου δέν είναι όλόσωμος,  
αλλά σχηματίζεται από λεπτούς λαμαρινένιους δίσκους  
βαλμένους ό ένας δίπλα στον άλλο και μονωμένους με-  
ταξύ τους μέ μονωτικό. Η κατασκευή του μέ τέτοιο  
τρόπο μειώνει τίς απώλειες από τά παράσιτα ρεύματα  
το υ φουκά. Στόν πυρήνα άπάνω τυλίγεται τό τυλίγμα του.

Στόν άξονα του έπαγώγιμου στρεβώνεται και ό  
συλλέκτης. Αυτός είναι καμωμένος από χάλκινους τομαίς

μονωμένους μεταξύ τους καλά. Σ' αυτούς κολλᾶμα τὰ ἄκρα τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Οἱ σταθερὲς φῆχτρος



Σχ. 151



Σχ. 152

πού ἀκουμπᾶν στό συλλέχτη μαζεύουν ἀπ' αὐτόν τό ρεῦμα καί παριστάνουν τοὺς πόλους + καί - τῆς μηχανῆς.

Ὁ χώρος πού χωρίζει τόν ἐπαγωγέα ἀπὸ τό ἐπαγωγίμο ἀποτελεῖ τό διάκενο καί πρέπει νά εἶναι ὅσο γίνεται μικρότερος.

Στά πηνία τοῦ ἐπαγωγέα κυκλοφορεῖ ἕνα συνεχές ρεῦμα. Το ρεῦμα αὐτό ἢ τό παίρνουμε ἀπὸ ἄλλη μηχανή, ὅποτε λέμε πῶς ἡ δυναμομηχανή ἔχει "ἀνεξάρτητη δολιγερση" ἢ τό δαναϊζόμεστε ἀπὸ τὴν ἴδια τὴν δυναμομηχανή, ὅποτε λέμε πῶς ἡ δυναμομηχανή "αὐτοδολιγερσεται". Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέα, διαρρεόμενα ἀπὸ τό συνεχές ρεῦμα, παράγουν τὴ δυναμικὴ ροή πού διαπερνᾷ τό διάκενο καί τόν πυρήνα τοῦ ἐπαγωγίμου.

Ὅταν ἡ μηχανή ἔχει δύο πόλους, ὅπως στό Σχ. 151 λέγεται "δολιλική". Ἄν ἔχει τέσσερες, "τετραπολική" (Σχ. 152) καί γενικά ὅταν ἔχει περισσότερους, "πολυπολική". Στὴν τετραπολική τοῦ Σχ. 152, βλέπουμε καί τὰ λεγόμενα "πολικὰ κομμάτια". Αὐτὰ μπαίνο ν σπῆν προέκταση τῶν πόλων καί ἔχουν τέτοιο σχῆμα ὥστε νά μπο.



ροῦν ν' ἀγκαλιάζουν ὅσο μπορούν μεγαλύτερο μέρος ἀπὸ τὸ ἐπαγωγίμο.

Ὁ πυρήνας τοῦ ἐπαγωγίμου ἔχει ἐπάνω του βαθειὰ αὐλάκια. Μέσα σ' αὐτὰ μπαίνουν οἱ ἀγωγοὶ τῶν πηνίων (Σχ. 153). Τ' αὐλάκια, πού τὸ σχῆμα καὶ οἱ διαστάσεις τους διαφέρουν ἀπὸ κατασκευαστῆ σὲ κατασκευαστῆ, χωρίζονται ἀπὸ

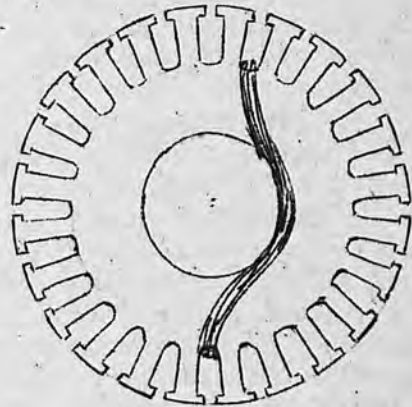
τά δόντια τοῦ πυρήνα. Αὐτὰ διαρρέονται ἀπὸ τὴ δυναμικὴ ροή καὶ παρσύρουν κατὰ τὴν περιστροφή τους, τοὺς ἀγωγούς.

Στ' αὐλάκια μέσα βάζουν πρώτα ἓνα μονωτικὸ καμωμένο εἴτε ἀπὸ λαδωμένο χαρτόνι, εἴτε ἀπὸ λαδωμένο πρεσπᾶν, εἴτε ἀπὸ μεταξωτὸ χαρτί, εἴτε ἀπὸ ἄλλο παρόμοιο μονωτικὸ ὑλικό.

Τὸ μονωτικὸ πρέπει νὰ ἀντέχει στὴν ὀλική τάση τῆς μηχανῆς.

Ἐπειτα τυλίγουν τὸν ἀγωγὸ γιὰ νὰ σχηματίσουν τὰ πηνία. Τὸ πλάτος τῶν πηνίων εἶναι τέτοιο ὥστε κάθε πηνίο νὰ μπορεῖ ν' ἀντιστοιχεῖ στὸ πλάτος ἑνὸς πόλου. Τὸ Σχ. 153 μᾶς παρουσιάζει γιὰ παραδειγμα ἓνα ἐπαγωγίμο μίας διπολικῆς μηχανῆς. Ὅπως βλέπουμε, ὁ πυρήνας ἐδῶ ἔχει 24 αὐλάκια πού μέσα τους βρίσκονται οἱ ἀγωγοὶ 12 πηνίων. Γιὰ σαφήνεια σχεδιάσαμε στὸ σχῆμα μονάχα ἓνα πηνίο. Τὰ δύο ἄκρα κάθε πηνίου τὰ κολλάμε στοὺς ἀντίστοιχους τομαῖς τοῦ συλλέκτη.

Τὸ τύλιγμα πού κάνουμε μὲ τέτοιο τρόπο ἐπάνω στὸν ὀλισμὸ λέγεται "τυμπανοειδές" ἢ "κυλινδρικό". Ὑπάρχει καὶ τὸ λεγόμενο "δακτυλιοειδές" τύλιγμα ἢ "τύλιγμα τοῦ Γκράμμ" ἀπὸ τ' ὄνομα τοῦ πρώτου κατασκευαστῆ του; καθώς καὶ τὸ "δελτακοειδές" καὶ τὸ "ἀκτινοειδές". Αὐτὰ ὅμως δε συνειθίζονται τόσο, ὅσο τὸ τυμπανοειδές τύλιγμα πού παρουσιάζει περισσότερα πλεονεκτήματα.



Σχ. 153

Γενικώς τὰ τυλίγματα αὐτὰ σχηματίζουν ἐπάνω στον ὀπλισμό ἕνα ἡλεκτρικό κύκλωμα, χωρισμένο σέ πολλά τμήματα ἐνωμένα πρὸ καθένα σέ δύο γείτονικούς τομείς τοῦ συλλέκτη. Κάθε τμήμα, βρισκόμενο μέσα σέ μεταβλητή ροή κατὰ τὴν περιστροφή τοῦ πυρήνα τοῦ ἐπαγωγίμου, γίνεται, ὡς ξέρουμε, εδρα ἐναλλασσόμενης ἡ.ε. δύναμης.

Ὁ συλλέκτης εἶναι καμωμένος ἀπὸ χάλκινους τομείς χωρισμένους μὲ φύλλα μίκας. Τὸ σχῆμα τῶν τομέων εἶναι τέτοιο, πού ὅταν ὅλοι μαζευτοῦν καὶ σφιχτοῦν σχηματίζουν ἕναν κοῖλο κύλινδρο.

Κάθε τομέας ἔχει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἐπαγωγίμου ἕνα φάτνωμα ὅπου κολλάμε τὴν κάθε μιά ἀπὸ τίς δύο ἴκρες κάθε σπείρας.

Ἐπάνω στοῦ συλλέκτη ἀκουμποῦν οἱ φῆχτρος πού μαζεύουν τὸ ρεῦμα. Αὐτὲς εἶναι καμωμένες τίς περισσότερες φορές ἀπὸ καθαρό γραφίτη πεπιεσμένο. Κάθε μιά ἀπ' αὐτὲς μπαίνει καὶ σέ ἰδιαίτερη θῆκη πού λέγεται "φῆχτροθῆκη" ἢ "φῆχτροφορέας". Ἐκεῖ μέσα πιέζεται μ' ἕνα ἐλατήριο μὲ ρυθμιζόμενη τάση γιὰ ν' ἀκουμπᾷ καλά ἐπάνω στοῦ συλλέκτη. Ἄν τὸ ρεῦμα πού παράγει ἡ μηχανή ἔχει μεγάλη ἔνταση οἱ φῆχτρος τῆς γίνονται μεταλλικῆς, σά βούρτσας.

Πῶς γεννιέται ἡ ἡ.ε. δύναμη στοῦ ἐπαγωγίμου τῆς μηχανῆς.

Τὸ θέμα αὐτὸ τὸ ἐξετάσαμε καὶ σέ ἄλλα κεφάλαια δε θεωροῦμε ὅμως ἄσκοπο νὰ τὸ ἐξετάσουμε ἀκόμη μιά φορά, ἔχοντας μπροστά μας, τὸ Σχ. 154.

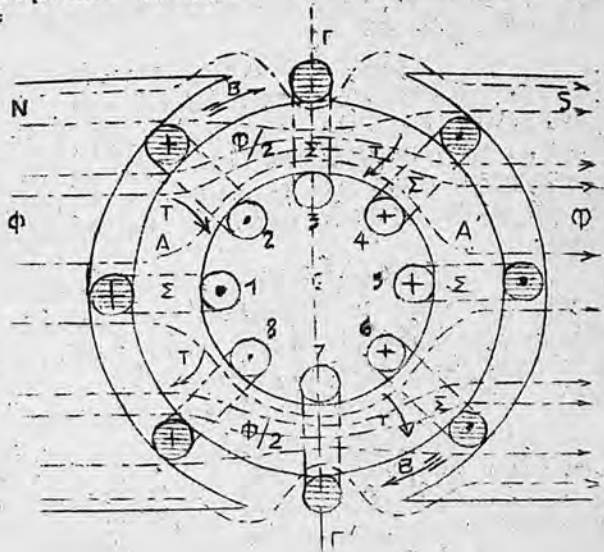
Ἀνάμεσα στοὺς δύο πόλους Ν καὶ Σ ἑνὸς ἐπαγωγίου βρίσκεται ἕνας σιδερένιος δαχτύλιος ΑΑ. Οἱ δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ πεδίου Φ βγαίνουν ἀπὸ τὸ βόρειο πόλο Ν καὶ περνοῦν ἀπὸ τὸ δαχτύλιο γιὰ νὰ πᾶνε στοῦ νότιο πόλο Σ, ἐκτὸς ἀπὸ μερικὲς πού περνοῦν ἀπὸ τὸν ἄερα καὶ ἀποτελοῦν τίς διαφυγᾶς. Στὸ δαχτύλιο ἡ ροή Φ διχάζεται. Ἔτσι; ἀπὸ τὸ ἐπάνω μέρος τοῦ περνᾷ ἡ μισή ροή  $\Phi/2$  κί' ἀπὸ τὸ κάτω, ἡ ἄλλη μισή,

Στὸ σχῆμα σχεδιάσαμε γιὰ σαφῆνεια μερικὲς μονάχα ἀπὸ τίς δυναμικὲς γραμμὲς τῆς ροῆς αὐτῆς, δεικνύοντας μὲ βέλη καὶ τὴ διεύθυνση πού ἔχουν.

"Ἄν ὁ δαχτύλιος ἀρχίσει νὰ περιστρέφεται στὸν

ἄξονά του  $O$ , σύμφωνα με τή διεύθυνση τῶν βελῶν  $B$ , ἡ διάταξη τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου δέν ἀλλάζει.

" Ἀς ὑποθέσουμε τώρα πῶς ἐπ' αὐτῆ του βρισκείται τυλιγμένη μιὰ μοναδική σπείρα  $\Sigma$ . Ὄταν περιστρέφεται κι' αὐτή μαζί με τὸ δαχτύλιο εἶναι φυσικό νά γαννιέται μέσα της ἐπαγωγικά μιὰ ἢ  $\delta$  δύναμη.



" Ἀς ἀεξιάσουμε ὅμως τὰ πράγματα ἀπὸ τήν ἀρχή. " Ἀς δοῦμε πρῶτα ἂν ἡ ροή πού διαπερνᾷ τή σπείρα μεταβάλλεται, ὅταν καί ἡ σπείρα περιστρέφεται με τὸ δαχτύλιο.

Σχ. 154

" Ὄταν ἡ σπείρα βρίσκεται στή θέση  $I$ , ἡ ἐπιφάνειά της εἶναι παράλληλὴ με τή διεύθυνση  $N\Sigma$  τῶν δυναμικῶν γραμμῶν πού μπαίνουν στό δαχτύλιο. Δέν τή διαρρέει λοιπόν οὔτε μιὰ δυναμικὴ γραμμὴ. Στή θέση ἄρα  $I$  ἡ ροή πού περνᾷ ἀπὸ τήν ἐπιφάνεια της σπείρας εἶναι μῆδανική.

Σὲ λίγο ὅμως ἡ σπείρα, πού περιστρέφεται με τὸ δαχτύλιο, φτάνει, ὕστερα ἀπὸ ἓνα τέταρτο τῆς στροφῆς, στή θέση  $3$ . Ἐκεῖ ὀλόκληρη ἡ ροή  $\Phi/2$  περνᾷ ἀπὸ μέσα της, γιατί καί ἡ ἐπιφάνειά της εἶναι τώρα κάθετὴ στίς δυναμικὰς γραμμὰς. Στίς ἐνδιάμεσες θέσεις, ἀπὸ τὴν θέση  $I$  ὡς τὴν θέση  $3$ , ἡ ροή πού διαρρέει τὴν ἐπιφάνεια τῆς σπείρας παίρνει τιμὰς ἀπὸ  $0$  ὡς  $\Phi/2$ . " Ἀρὰ ἡ ροή, πού διαπερνᾷ τή σπείρα, αὐξάνει ἀπὸ  $0$  ὡς  $\Phi/2$ , ὅταν ἡ σπείρα ἔρχεται ἀπὸ τὴν θέση  $I$  στή θέση  $3$  (αὐξηση ροῆς). Ἡ σπείρα ὅμως ἐξακολουθεῖ τὴν περιστροφικὴ τῆς κίνηση κι' ἀπὸ τὴν θέση  $3$  πηγαίνει στή θέση  $5$ . Κατὰ τὴν

μετάθεσή της αυτήν, ή ροή, πού διαπερνά τήν επιφάνει-  
 ά της, πέφτει από τήν τιμή  $\Phi/2$ , πού είχε στη θέση 3,  
 στο μηδέν, όταν η σπείρα φτάσει στη θέση 5. Στο δεύ-  
 τερο λοιπόν τέταρτο τής στροφής έχουμε ελάττωση τής  
 ροής από  $\Phi/2$  ως 0.

Υστερα ή σπείρα πηγαίνει από τή θέση 5 στη  
 θέση 7. Κατά τήν μετακίνησή της, ή ροή, πού τή διαρ-  
 ρέει, ζυξάνει πάλι από 0 ως  $\Phi/2$ , (αύξηση τής ροής).  
 Τέλος, ή ροή μικραίνει από  $\Phi/2$  ως 0, όταν η σπείρα  
 επιστρέφει κατά τό τελευταίον τέταρτο τής στροφής της,  
 από τή θέση 7 στην αρχική της θέση I (ελάττωση τής  
 ροής).

Όπως βλέπουμε, λοιπόν, κατά τήν περιστρο-  
 φή τής σπείρας ή ροή μέσα της αλλάζει περιοδικά. Η  
 σπείρα άρα γίνεται άδρα μιās εναλλασσόμενης ή.ε. δύ-  
 ναμης και διαρρέεται, όπως είναι φυσικό, από εναλλασ-  
 σόμενο ρεύμα γιατί ή σπείρα αποτελεί κλειστό κύκλωμα.

Στό ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε αν εξετάσου-  
 με μονάχα ένα τμήμα τής σπείρας, αυτό πού βρίσκεται  
 στο έξωτερικό μέρος του δαχτυλίου και πού ή τομή του  
 σχεδιάστηκε σκιαρή. Αυτό τό τμήμα μπορούμε νά τό όγο-  
 μάσουμε και "εργαζόμενο" γιατί κατά τή μετάθεση τής  
 σπείρας αυτό μονάχα κόβει δυναμικές γραμμές. Αυτό άρα  
 εργάζεται. Τό άλλο τμήμα τής σπείρας, πού βρίσκεται  
 στην άσωτερική περιφέρεια του δαχτυλίου, και πού ή  
 τομή του σχεδιάστηκε καθαρή, δεν κόβει καθόλου δυνα-  
 μικές γραμμές γιατί αυτές περνούν από τόν πυρήνα, ό-  
 πως άλλωστε φαίνεται και από τό σχήμα.

As παρακολουθήσουμε τώρα τό εργαζόμενο τμή-  
 μα κατά τήν μετακίνηση τής σπείρας σύμφωνα μέ τό βέ-  
 λος B από τή θέση 7 ως στη θέση 3. Στη θέση 7 ή διεύ-  
 θυνση τής κίνησης αυτού του τμήματος είναι παράλλη-  
 λη μέ τή διεύθυνση των δυναμικών γραμμών. Όταν λοι-  
 πόν τό τμήμα βρίσκεται στη θέση αυτή δεν κόβει δυ-  
 ναμικές γραμμές. Κηθενική άρα και ή επαγόμενη σ' αυ-  
 τό ή.ε. δύναμη. Με τήν περιστροφή της όμως η σπείρα  
 φτάνει στη θέση 8. Τό εργαζόμενο τής τμήμα αρχίζει  
 και κόβει τίς δυναμικές γραμμές. Η διεύθυνση τής  
 κίνησής του σχηματίζει μ' αυτές μιá γωνία, πού όσο  
 πάει και μεγαλώνει για νά γίνει  $90^\circ$ , όταν ή σπείρα  
 φτάσει στη θέση I. Από τή θέση I, ή σπείρα πάει στη  
 θέση 2 και ύστερα στη θέση 3. Τό εργαζόμενο τμήμα



της κόβει όσο πάει και λιγότερες γραμμές. Πάλι η διεύθυνση της κίνησής του σχηματίζεται με τις δυναμικές γραμμές μιά γωνία  $\alpha$ , πού η τιμή της τώρα όσο πάει και μικραίνει για να μηδενιστεί όταν η σπείρα φτάσει στη θέση 3.

Κατά τη μετακίνηση της σπείρας είναι φυσικό η η.ε. δύναμη που επάγεται στο εργαζόμενο τμήμα, να αρχίζει από μιά μηδενική τιμή (θέση 7), να αυξάνει ως μιά μέγιστη (θέση I) και ύστερα να πέφτει πάλι στο μηδέν (θέση 3). "Αν η σπείρα, εξακολουθώντας την περιστροφή της, περάσει από τις θέσεις 4, 5, 6 για να έρθει στη θέση 7, η επαγόμενη σ' αυτήν η.ε. δύναμη θα ακολουθήσει τις ίδιες μεταβολές, όπως και πριν, με μόνη τη διαφορά πώς τώρα θα έχει διεύθυνση αντίθετη.

Και μ' αυτό τον τρόπο εξατάζοντας λοιπόν το ζήτημα βρίσκουμε πώς η επαγόμενη στη σπείρα η.ε. δύναμη είναι εναλλασσόμενη.

Ποιά διεύθυνση έχει το επαγόμενο ρεύμα.

"Ας δοῦμε τώρα ποιά διεύθυνση έχει το επαγόμενο ρεύμα μέσα στη σπείρα. Στην έρρινα αυτήν μάς διευκολύνει ο κανόνας του τριμπουσονιού του Μαξουελ. Όταν η σπείρα βρίσκεται στη θέση 2, η ροή αρχίζει να αυξάνει μέσα της. Η διεύθυνση λοιπόν του ρεύματος θα είναι όπως τη δείχνουμε με το σταυρό και την τελεία, αντίθετη δηλαδή από τη διεύθυνση της περιστροφής του τριμπουσονιού (βέλος T), όταν το βυθίζουμε στο φαλλό ενός μπουκαλιού. Στη θέση 4, η ροή αρχίζει να μικραίνει. Το ρεύμα άρα θα έχει διεύθυνση ίδια με τη διεύθυνση του βέλους T, πού δείχνει τη διεύθυνση της περιστροφής του τριμπουσονιού. Εξακολουθώντας τις ίδιες σκέψεις βρίσκουμε πώς και στις θέσεις 6 και 8 το ρεύμα έχει τη διεύθυνση πού δείχνουν οι σταυροί και οι τελείες στις θέσεις αυτές.

"Αν εξατάσουμε τώρα με προσοχή το σχήμα, βλέπουμε πώς το ρεύμα μέσα στη σπείρα έχει την ίδια διεύθυνση, όταν η σπείρα βρίσκεται στις θέσεις 2, I και 8. Η διεύθυνση πάλι πού έχει το ρεύμα μέσα στη σπείρα, όταν αυτή βρίσκεται στη θέση 4, είναι ίδια με τη διεύθυνση πού έχει το ρεύμα, όταν η σπείρα βρίσκεται στη θέση 5 και 6. Στις θέσεις όμως 4, 5 και 6 η διεύθυνση του ρεύματος είναι αντίθετη από τη διεύθυνση πού έχει το ρεύμα στις θέσεις 2, I και 8.



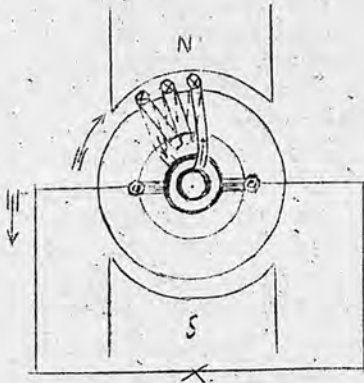
Δηλαδή όταν η σπαίρα είναι σε θέσεις που βρίσκονται αριστερά από τη γραμμή ΓΓ (ουδέτερη γραμμή) το επαγόμενο σ αυτήν ρεύμα έχει διεύθυνση αντίθετη από τη διεύθυνση που έχει όταν η σπαίρα βρίσκεται δεξιά από τη γραμμή ΓΓ. Η διεύθυνση λοιπόν του ρεύματος της σπαίρας μεταβάλλεται όταν η σπαίρα περνά από την ουδέτερη γραμμή ΓΓ.

Όμως και μόνο το εργαζόμενο τμήμα της σπαίρας αν εξατάσουμε, θα καταλήξουμε πάλι στο ίδιο συμπέρασμα σχετικά με τη διεύθυνση που έχει το ρεύμα. Ο κανόνας της παλάμης του δεξιού χεριού θα μας βοηθήσει να βρούμε τη διεύθυνση αυτή. Το εργαζόμενο τμήμα, όταν βρίσκεται αριστερά από την ουδέτερη γραμμή ΓΓ κόβει, κατά τη μετακίνησή του, τις δυναμικές γραμμές από κάτω προς τα πάνω. Όπως είναι το πεδίο, το ρεύμα θα έχει τη διεύθυνση που σημείωσαμε στο σχήμα με σταυρό. Θα ξεκινά, λοιπόν, από μας και θα τρυπάει τη σπινθήρα για να βγει από την άλλη της μεριά. Αυτό το ρεύμα που κυκλοφορεί στο κλειστό κύκλωμα της σπαίρας είναι, όπως ξέρουμε πια, το αποτέλεσμα της ή-ε. δύναμης που επάγεται στη σπαίρα κατά τη μετακίνησή της μέσα στο πεδίο.

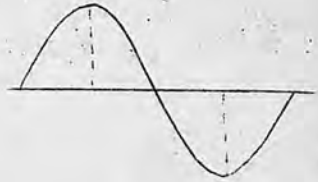
Η σπαίρα όμως εξακολουθεί την περιστροφή της κι αρχίζει να κινείται από τη θέση Β προς τη θέση γ επιλαδή στην περιοχή που βρίσκεται δεξιά από την ουδέτερη γραμμή ΓΓ. Το εργαζόμενο τμήμα αρχίζει και κόβει τις δυναμικές γραμμές από πάνω προς τα κάτω. Στην αρχή λίγες, ύστερα περισσότερες (θέση 4), ύστερα τις περισσότερες που μπορεί (θέση 5), και έπειτα λιγότερες, λιγότερες, ως του φτάσει στη θέση 7 όπου, κινούμενο παράλληλα προς τις δυναμικές γραμμές, δεν κόβει καμιά απ' αυτές. Από τη θέση λοιπόν 3 ως τη θέση 7 η διεύθυνση της επαγόμενης στο εργαζόμενο τμήμα ή-ε. δύναμης, άρα και του ρεύματος μέσα στη σπαίρα, είναι αντίθετη από τη διεύθυνση που είχε η ή-ε. δύναμη και το ρεύμα, όταν η σπαίρα βρισκόταν στην περιοχή αριστερά από την ουδέτερη γραμμή ΓΓ. √

Έπαγωγή με πολλές σπείρες  
Τύλιγμα Γράμμ.

”Αν αντικαταστήσουμε τη μιά σπείρα μ' ένα πηνίο από πολλές σπείρες (Σχ. I55) είναι επόμενο οι ή.ε. δυνάμεις, που επάγονται στις σπείρες τού πηνίου, ν



Σχ. I55



Σχ. I56

αθροίζονται και ή ολική ή.ε. δύναμη τού πηνίου θά είναι, φυσικά, ανάλογη με τόν αριθμό τών σπειρών.

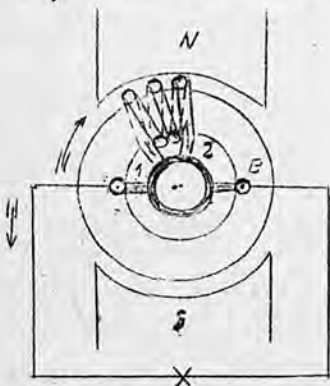
”Αν γνώσουμε τις δύο άκρες τού πηνίου με δύο χάλκινους δακτυλίους (Σχ. I55) που περιστρέφονται μαζί με τό άπαγωγή, μπορούμε νά πάρουμε την επαγόμενη ή.ε. δύναμη με δύο φηκτρες από τους δακτυλίους αυτούς και νά τή φέρουμε στο έξωτερικό κύκλωμα. Η ηλεκτραγερτική αυτή δύναμη, σαν έναλλασσόμενη που είναι, παριστάνεται από τήν ήμιτονοειδική καμπύλη τού Σχ. I56.

Η διάταξη που περιγράψαμε μās παρουσιάζει έναν έναλλαχτήρα στην απλούστερή του μορφή.

Οι δύο δακτύλιοι, μονωμένοι μεταξύ τους, βρίσκονται επάνω στον άξονα τού άπαγωγίμου και έχουν τήν ίδια διάμετρο. Στο σχήμα, για νά φανούν καλύτερα, σχεδιάστηκαν ό ένας μικρότερος από τόν άλλο.

Για νά έχουμε τώρα στο έξωτερικό μας κύκλωμα συνεχές ρεύμα, μεταχειριζόμαστε, όπως είδαμε, και στην παράγραφο I78 ένα συλλέκτη. Στην περίπτωση που εξετάζουμε, ο συλλέκτης έχει δυο χάλκινους τομείς

(Σχ. 157). Η μία άκρη της σπείρας καταλήγει στον ένα τομέα και η άλλη στον άλλο. Οι δύο φήχτρας Α και Β παίρνουν το ρεύμα στην ουδέτερη γραμμή. Κατά τη διάρκεια μισής στροφής του επαγωγίσιμου και όσο χρόνο το πηνίο βρίσκεται επάνω από την ουδέτερη γραμμή, η άκρη του 1 ενώνεται με την φήχτρα Α, ενώ η άκρη του 2, με τη φήχτρα Β. Το ρεύμα μέσα στο πηνίο και στο εξωτερικό κύκλωμα έχει τη διεύθυνση που δείχνουν τα βέλη. Το αντίθετο γίνεται κατά την επόμενη μισή στροφή, όταν το πηνίο βρίσκεται κάτω από την ουδέτερη γραμμή. Τότε η άκρη 2 ενώνεται με την φήχτρα Α και η άκρη 1, με την φήχτρα Β. Όταν λοιπόν αλλάζει



Σχ. 157

ή διεύθυνση της ή.ε. δύναμης μέσα στο πηνίο, οι άκρες 1 και 2 εναλλάσσονται, σχετικά με το εξωτερικό κύκλωμα. Στο εξωτερικό, επομένως; κύκλωμα το ρεύμα έχει πάντα την ίδια διεύθυνση.

Η καμπύλη της ή.ε. δύναμης, που γεννιέται στο επαγωγίσιμο μιας τέτοιας μηχανής σε μία ολοκληρωτή στροφή του, δείχνεται στο σχ. 158.

Όπως βλέπουμε η τιμή της ή.ε. δύναμης κυμαίνεται πάντοτε από το μηδέν ως μια μέγιστη τιμή κι απ' αυτήν πάλι ως το μηδέν.

Και τό ρεύμα που θα κυκλοφορεί στο εξωτερικό κύκλωμα θα ακολουθεί τις ίδιες μεταβολές. Ένα τέτοιο ρεύμα λέγεται "παλλόμενο" και έχει πάντοτε τη ίδια διεύθυνση.

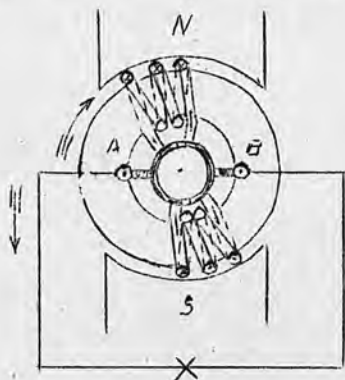
Σ' όλα αυτά που είπαμε δεν αλλάζει τίποτα αν βάλουμε επάνω στο επαγωγίσιμο κι ένα δεύτερο πηνίο, αντίκρου ακριβώς στο πρώτο (Σχ. 159). Σε κάθε πηνίο τότε επάγονται ίδες ή.ε. δυνάμεις. Η διεύθυνση όμως της ή.ε. δύναμης του ενός πηνίου είναι αντίθετη από τη διεύθυνση της ή.ε. δύναμης του άλλου πηνίου. Σά να έχουμε δηλαδή δύο ηλεκτρικά στοιχεία ανωμμένα όπως δείχνει τό Σχ. 160. Είναι επόμενο, λοιπόν, όσο δέ συνδέουμε με τις φήχτρας Α και Β τό εξωτερικό κύκλωμα, ολοκληρη η πα-



Σχ. 158

ριέλιξη του, επαγωγίμου να μη διαρρέεται από ρεύμα, όπως δέ διαρρέονται από ρεύμα- και οι άγωγοί που συνδέουν τά στοιχεία του Σχ. 160. Όταν όμως συνδέσουμε τό εξωτερικό κύκλωμα, όπως φαίνεται στο Σχ. 159 τά επαγόμενα στά δύο πηνία ρεύματα ενώνονται στο εξωτερικό κύκλωμα, σ' έναν ρεύμα. Τα πηνία ενώνονται τότε παράλληλα. Η διάταξη αυτή μοιάζει με τή σύνδεση των στοιχείων του σχήματος 161.

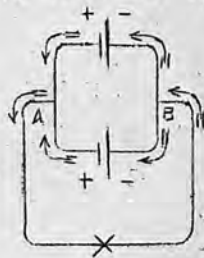
Γιά να μειώσουμε τίς διακυμάνσεις που παρουσιάζουν οι ή.σ. δυνάμεις, μπορούμε να τυλίξουμε επάνω στο επαγώγιμο κι ένα δεύτερο, ζευγάρι πηνίων, κάθετα πρός τό πρώτο (Σχ. 162). Ο συλλέκτης τότε θα έχει



Σχ. 159



Σχ. 160



Σχ. 161

τέσσερας τομαίς. Γιά τής φήκτρως, που άκουμπάν επάνω του, θα σχηματίζονται πάλι δύο κλάδοι ενωμένοι παράλ-

ληλα.

Τόν ένα κλάδο θα τόν αποτελούν τά δύο πηνία που βρίσκονται πρός τό βόρειο (N) πόλο του επαγωγέα (επάνω από τήν ουδέτερη γραμμή). Τόν άλλο, τά δύο άλλα πηνία, αυτά που βρίσκονται πρός τό νότιο ( ) πόλο (κάτω από τήν ουδέτερη γραμμή).

Τά δύο πηνία κάθε κλάδου είναι ενωμένα μεταξύ τους στη σειρά. Θα να έχουμε δηλαδή δύο ομάδες, με ηλεκτρικά στοιχεία ενωμένα στη σειρά η καθεμία, ενωμένες παράλληλα. Είναι φυσικόν λοιπόν οι ή.σ. δυνάμεις που γαννιούονται στά δύο πηνία ν' άθροίζονται.

Η πρόσθεσή τους φαίνεται καλύτερα αν γίνει σχηματικά Στο Σχ. 163 οί καμπύλες I και II παριστάνουν τή μετα-



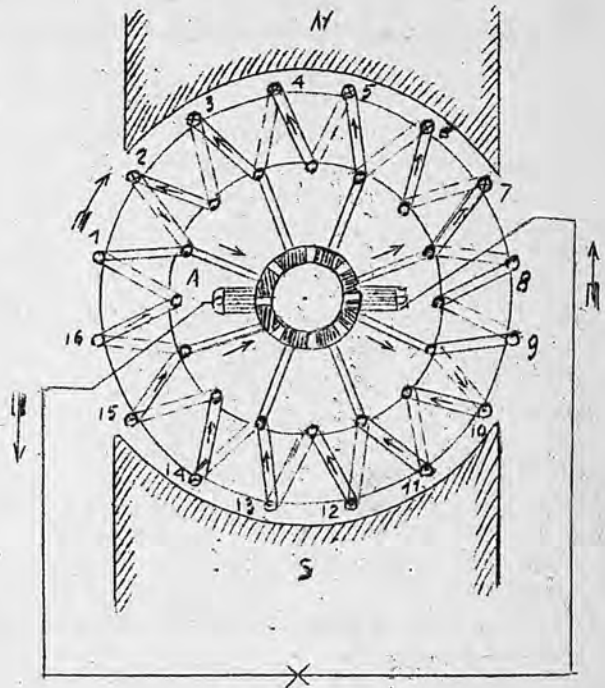


ένωμένα μεταξύ τους στη σειρά. Οι ηλεκτρογεννητικές τους, λοιπόν, δυνάμεις άθροίζονται. Το ίδιο ισχύει και για τα έναργά τμήματα που βρίσκονται κοντά στο νότιο (S) πόλο (κάτω από την ούδέτερη γραμμή).

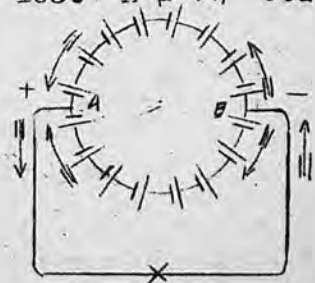
Με τις φήχτρες, όμως, που άκουμπάν επάνω στο συλλέκτη στην ούδέτερη γραμμή, οι δύο αυτές ομάδες των σπειρών, που είναι ένωμένες στη σειρά, συνδέονται παράλληλα.

Η φήχτρα Α είναι τότε ο θετικός (+) πόλος της μηχανής και η φήχτρα Β, ο άρνητικός (-). Από την φήχτρα Α βγαίνει το ρεύμα για να πάσει στο έξωτερικό κύκλωμα. Το ρεύμα έπιστρέφει πάλι στη μηχανή από την φήχτρα Β, όπως δείχνουν και τα βέλη στο Σχ. 164.

Αν φανταστούμε πώς κάθε σπείρα αποτελεί ένα ηλεκτρικό στοιχείο, ολόκληρο το τύλιγμα Γράμμ θα παρασταθεί από το κύκλωμα του Σχ. 165. Η μόνη διαφορά που εσχωρίζαι το κύκλωμα αυτό από το κύκλωμα των σπειρών είναι, πώς, ενώ στα ηλεκτρικά στοιχεία ή ή.ε. δύναμη του κάθε στοιχείου είναι σταθερή, στις σπείρες ή ή.ε. δύναμη κάθε σπείρας εξαρτάται από την θέση που παίρνει αυτή κατά την περιστροφή της



Σχ. 164



Σχ. 165

μέσα στο μαγνητικό πεδίο τῆς μηχανῆς.

### Τό κυλινδρικό τύλιγμα

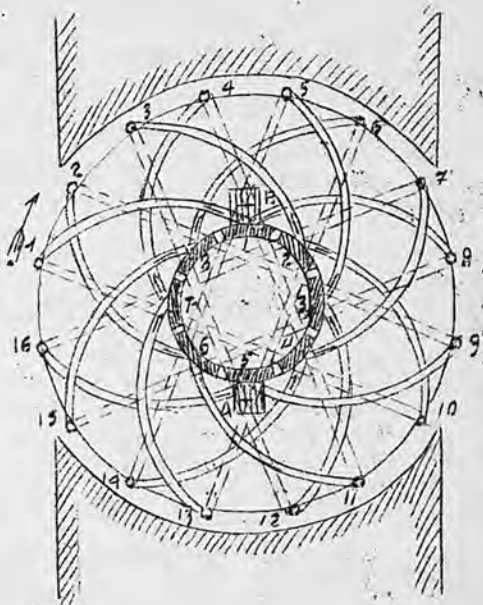
Στό δακτυλιοειδές τύλιγμα, πού ἐξετάσαμε στά προηγούμενα, εἶδαμε πώς ἐργάζεται μονάχα τό ἐξωτερικό τμήμα τοῦ ἀγωγοῦ κάθε σπείρας. Τό ὑπόλοιπα τμήμα χρησιμεύει γιά νά ἐνῆναι τό ἐργαζόμενο τμήμα τῆς σπείρας μέ τό ἐργαζόμενο τμήμα τῆς γειτονικῆς τῆς σπείρας. Ὁλόκληρα λοιπόν τμήματα ἀπό τό τύλιγμα μένουν ἀχρησιμοποίητα καί ἀποτελοῦν χαλκό ἀνεκμετάλλευτο, δηλαδή ἀχρηστή ἀντίσταση πού ξεδεύει ὀρισμένη ἐνέργεια μέ μορφή θερμότητας. Ὑπάρχουν βέβαια καί μηχανές στίς ὁποῖες οἱ μαγνητικοί πόλοι βρίσκονται στό ἐσωτερικό τοῦ δακτυλίου. Τότε φυσικά τά ἐργαζόμενα τμήματα τοῦ τυλίγματος εἶναι αὐτά πού βρίσκονται στήν ἐσωτερική ἐπιφάνεια τοῦ δακτυλίου. Με αὐτό ὅμως δέν κερδίζουμε τίποτα, γιατί τότε τά ὑπόλοιπα τμήματα κάθε σπείρας ἀποτελοῦν πάλι τό ἀνεκμετάλλευτο χαλκό. "Ἄλλο μειονέκτημα τοῦ τυλίγματος αὐτοῦ εἶναι ἡ κάπως δύσκολη κατασκευή του.

Αὐτά τά δύο μειονεκτήματα περιορίσανε πολύ τήν χρησιμοποίησή του. Σήμερα προτιμοῦμε τό "κυλινδρικό" ἢ "τυμπανοειδές", λεγόμενο, τύλιγμα.

Στό κυλινδρικό τύλιγμα τά κηνία του μποροῦν νά τοιμαστοῦν ξεχωριστά καί ὕστερα νά τοποθετηθοῦν ἐπάνω στόν κυλινδρικό σιδερένιο πυρήνα τους. Κρίνομε περὶ τό νά προσθέσουμε πώς ο πυρήνας αὐτός δέν εἶναι ὁλόσωμος, ἀλλά εἶναι καμωμένος ἀπό λαμαρίνας, βαλμένες ἢ μιά πάνω στήν ἄλλη, μέ μόνωσή μεταξύ τους. Ὁ πυρήνας εἶναι καμωμένος ἔτσι γιά νά περιορίζουμε, ὅπως καί ἄλλοῦ εἴπαμε, τίς ἀπώλειες ἀπό τά ρεύματα τοῦ Φουκά.

Στό κυλινδρικό τύλιγμα τῶν διπολικῶν μηχανῶν, τά σύρματα, πού βρίσκονται ὅλα στήν ἐπιφάνεια τοῦ πυρήνα, τυλίγονται μέ τέτατο τρόπο, ὥστε πάντοτε δύο ἀντικρυνά σύρματα νά ἐνώνονται μεταξύ τους. "Ἔτσι, κάθε ἐνεργό τμήμα πού βρίσκεται πρὸς τό βόρειο πόλο ἀνώνεται μέ τό ἀντικρυνό τμήμα πού βρίσκεται πρὸς τό νότιο πόλο. Αὐτό πάλι, μέναν τομέα τοῦ συλλέκτη, ἐνώνεται μέ ἄλλο τμήμα ἐπηρεαζόμενο ἀπό τό βόρειο πόλο.

Τό Σχ. 166 μᾶς δ εἶ-  
 χχει σχηματικά πῶς  
 εἶναι καμωμένο τὸ κυ-  
 λινδρικό τυλίγμα μι-  
 ᾶς διπολικῆς μηχαν-  
 νῆς. Ὅλα τὰ ἐργαζό-  
 μενα τμήματά του  
 βρίσκονται ἐπάνω  
 στήν κυλινδρική ἐπι-  
 φάνεια τοῦ πυρήνα.  
 Τὰ τμήματα αὐτά εἶ-  
 ναι στὸ σχῆμα μᾶς  
 16. Καί ἐπειδὴ κάθε  
 δύο τμήματα ἀποτε-  
 λοῦν καί μιά πειέ-  
 λιξη ἢ πηνίο, ἔχου-  
 με συνολικά 8 πην-  
 νία. Καί ὁ συλλέκτης  
 ἄρα ἔχει 8 τομεῖς.



Σχ. 166

Ὅπως καί  
 παραπάνω εἶπαμε, στὸ  
 τυλίγμα αὐτὸ κάθε  
 ἐργαζόμενο τμήμα του  
 κλώνεται μὲ ἓνα ἄλ-  
 λο πού βρίσκεται

περὶ τοῦ ἀντίκρου τοῦ. Π.χ. τὸ τμήμα I κλώνεται μὲ τὸ  
 τμήμα 10, τὸ 2 μὲ τὸ 9, τὸ 3 μὲ τὸ 12 κλπ. Στὸ σχῆμα  
 οἱ ἐνώσεις αὐτές φαίνονται μὲ διπλὴ στιγμένη γραμμὴ.  
 Ἔτσι, ὅταν ἓνα ἀπὸ τὰ τμήματα αὐτά βρίσκεται στὸ  
 βόρειο πόλο, τὸ ἀντίκρου ἀντίστοιχὸ του βρίσκεται στὸ  
 νότιο πόλο. Αὐτὸ πάλι καταλήγει σὲ ἓνα τομέα τοῦ συλ-  
 λέκτη κι ἐκεῖ κλώνεται μὲ ἄλλο τμήμα, ἐπαγόμενον ἀπὸ  
 τὸ βόρειο πόλο. Ὅταν τυλιχτοῦν κανονικά ὅλα τὰ τμή-  
 ματα, ξαναγύρνοῦμε, ἐκεῖ ἀπ' ὅπου ἀρχίσαμε τὸ τυλίγμα  
 ἀφοῦ περάσουμε ἀπ' ὅλα τὰ ἐνεργὰ τμήματα. Πετυχαίνου-  
 με λοιπὸν ὅπως καί στὸ τυλίγμα Γκράμμ ἓνα κλειστὸ τυ-  
 λίγμα. Κάθε σπείρα ξεκινᾷ ἀπὸ ἓναν ἐναντ. τομέα τοῦ συλ-  
 λέκτη γιὰ νὰ καταλήξει στὸ διπλανὸ τομέα. Κάθε σπεί-  
 ρα λοιπὸν ἐνός κυλινδρικοῦ τυλίγματος ἔχει δύο ἐργα-  
 ζόμενα τμήματα, ἓν στὸ τυλίγμα Γκράμμ μονάχα ἓνα.  
 Μποροῦμε ὁμῶς, νὰ βάλουμε ἀντὶ γιὰ μιά σπείρα, ἓνα  
 πηνίο μὲ πολλές σπείρας. Τότε, ὅπως στὸ τυλίγμα Γκράμμ,  
 γιὰ κάθε πηνίο ἀντιστοιχεῖ κι ἓνας τομέας τοῦ συλλέκτη.

\*Επειδή όμως κάθε σπειρά στο κυλινδρικό επαγωγίμο έχει τὰ ενεργά της τμήματα δύο φορές περισσότερα ἀπ' όσα είναι στο δακτυλιοειδές επαγωγίμο, είναι φυσικό ο συλλέκτης στο κυλινδρικό επαγωγίμο νά έχει, για τόν ίδιο αριθμό εργαζόμενων τμημάτων, τούς μισούς τομείς ἀπ' όσους χρειάζονται στο επαγωγίμο Γκράμμ.

Η ένωση τών συρμάτων μεταξύ τους καί μέ τούς τομείς του συλλέκτη γίνεται σύμφωνα μέ τόν ακόλουθο πίνακα:

Από τόν τομέα	1	στο	σύρμα	I,	επιστροφή	από	τό	σύρμα	10	στον	τομέα	2
" "	2	" "	"	3	" "	" "	" "	" "	12	" "	" "	3
" "	3	" "	"	5	" "	" "	" "	" "	14	" "	" "	4
" "	4	" "	"	7	" "	" "	" "	" "	16	" "	" "	5
" "	5	" "	"	9	" "	" "	" "	" "	2	" "	" "	6
" "	6	" "	"	11	" "	" "	" "	" "	4	" "	" "	7
" "	7	" "	"	13	" "	" "	" "	" "	6	" "	" "	8
" "	8	" "	"	15	" "	" "	" "	" "	8	" "	" "	1

Καί στο κυλινδρικό τύλιγμα οι φήκτρες παίρνουν τό ρεύμα από τήν ουδέτερη γραμμή. Δηλαδή, οι φήκτρες πρέπει ν' άκουμπάν πάντοτε σε τομείς του συλλέκτη που βρίσκονται ενωμένοι μέ μη επαγόμενα σύρματα. Τέτοιοι είναι στο Σχ. 166 οι τομείς I καί 5. "Αν δούμε τό σχήμα επιπόλαια μαρρούμε νά φανταστούμε πώς οι φήκτρες, μία πού είναι κοντά στη μέση τών πόλων, δε βρίσκονται στην ουδέτερη γραμμή. "Αν προσέξουμε όμως θά διαπιστώσουμε πώς δέν έχει σημασία τό πού βρίσκονται οι φήκτρες, αλλά πού βρίσκονται τά σύρματα, πού στους αντίστοιχούς των τομείς άπάνω άκουμπάν οι φήκτρες. Στόν τρόπο του τυλίγματος λοιπόν οφείλεται τό ό,τι οι φήκτρες βρίσκονται στους τομείς πού είναι κοντά στη μέση τών πόλων.

Μέ τις φήκτρες τό κυλινδρικό τύλιγμα χωρίζεται, όπως καί τό τύλιγμα Γκράμμ, σε δύο κλάδους ενωμένους παράλληλα. "Αν παρακολουθήσουμε τά βέλη πού δείχνουν τή διεύθυνση των ρευμάτων μέσα στο τυλιγμα, βλέπουμε πώς τά ρεύματα καί των δύο κλάδων πηγαινούν στην φήκτρα Α. Αύτή λοιπόν αποτελεί τό θετικό (+) πόλο καί οδηγεί τό ολικό ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα. Τό ρεύμα αυτό ξαναγυρνά στη μηχανή από τήν φήκτρα Β. Αύτή άρα αποτελεί τόν άρνητικό (-) της πόλο. Από τήν φήκτρα Β τό ρεύμα διακλαδίζεται στους δύο κλάδους του τυλίγματος.

"Ας παρακολουθήσουμε όμως προσεχτικά τὸ δρόμο τοῦ ρεύματος μέσα στὸ τυλίγμα.

Γιὰ τὸν παρατηρητὴ πού βλέπει τὸ σχῆμα, τὸ ρεῦμα πού ἐπάγεται στοὺς ἐπιρραζόμενους ἀπὸ τὸ βόρειο πόλο ἀγωγούς (ἐπάνω ἀπὸ τὴν οὐδέταρη γραμμὴ) ἔχει διεύθυνση τέτοια σὰ νὰ ξεκινᾷ ἀπὸ τὸ μάτι τοῦ παρατηρητῆ καὶ νὰ τρυπάει τὴ σαλίδα, γιὰ νὰ βγαῖ ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριᾶ. Γιὰ τοὺς ἀγωγούς πάλι, τοὺς ἐπιρραζόμενους ἀπὸ τὸ νότιο πόλο, τὸ ρεῦμα σὰ νὰ τρυπάει τὴ σαλίδα γιὰ νὰ ἔρθει πρὸς τὸν παρατηρητὴ. Αὐτὸ ἄλλωστε θέλουν νὰ δ εἴδουν οἱ τελεῖες (κορυφὴ τοῦ βέλους) καὶ οἱ σταυροὶ (οὐρὰ τοῦ βέλους) πού φαίνονται μέσα στίς τομέες τῶν ἀγωγῶν.

Ἀρχίζοντας ἀπὸ τὸν τομέα I τοῦ συλλέκτη, φήχτρα Β (-), γιὰ νὰ καταλήξουμε στὸν τομέα 5, πού βρίσκεται ἀντίκρου ἀκριβῶς στὸν τομέα I, βλέπουμε πὺς μπορούμε ν' ἀκολουθήσουμε δύο δρόμους ; Ὁ ἓνας ἀπ' αὐτοὺς πᾶει πρὸς τὸν ἀγωγὸ I, ὁ ἄλλος πρὸς τὸν ἀγωγὸ 8. Ἄς πάρουμε τὸν πρῶτο δρόμο. Ἀκολουθώντας τὸν παρατηρούμε, πὺς τὸ ρεῦμα, ὅταν φτάσει στὸν ἀγωγὸ I, τρυπᾷ τὴ σαλίδα γιὰ νὰ βγαῖ ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριᾶ καὶ ἀπ' ἐκεῖ ξενατρυπῶντας τὴ σαλίδα στὸν ἀγωγὸ IO, βγαίνει ἀπ' αὐτὸν καὶ πηγαίνει στὸν τομέα 2. Ἀπὸ τὸν τομέα 2 πηγαίνει στὸν ἀγωγὸ 3, τρυπᾷ τὴ σαλίδα καὶ βγαίνει ἀπ' αὐτὴν στὸν ἀγωγὸ I2. Ἀπ' ἐκεῖ πᾶει στὸν τομέα 3 ἀπ' ὅπου ἔρχεται στὸν ἀγωγὸ 5. Ἀπ' αὐτὸν ἔρχεται στὸν ἀγωγὸ I4 γιὰ νὰ φτάσει στὸν τομέα 4. Ἀπὸ τὸν τομέα 4 πηγαίνει στὸν ἀγωγὸ 7, τὸν περᾷ, ἔρχεται στὸν ἀγωγὸ I6 καὶ ἀπ' ἐκεῖ καταλήγει στὸν τομέα 5. Ἐδῶ συμπληρώνεται τὸ κύκλωμα τοῦ ἑνὸς κλάδου, γιὰτὶ στὸν τομέα 5 καὶ στὸν τομέα I ἀκουμπᾷ οἱ δύο φήχτρας Α (+) καὶ Β (-).

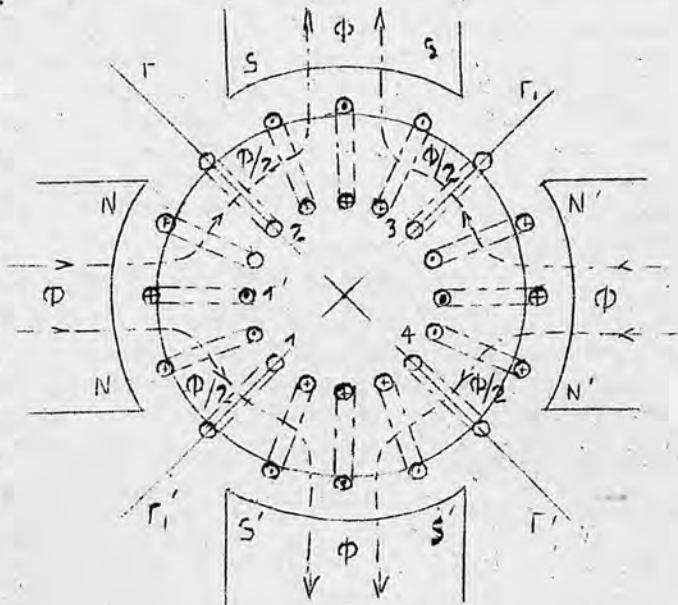
"Ας ἀκολουθήσουμε τώρα τὸ δεύτερο δρόμο. Ἀπὸ τὸν τομέα I τὸ ρεῦμα ἔρχεται στὸν ἀγωγὸ 8, πᾶει στὸν ἀγωγὸ I5 καὶ ἀπ' ἐκεῖ στὸν τομέα 8. Ἀπ' αὐτὸν πᾶει στὸν ἀγωγὸ 6, ὕστερα στὸν ἀγωγὸ I3 καὶ καὶ φτάνει στὸν τομέα 7. Ἀπ' αὐτὸν ἔρχεται στὸν ἀγωγὸ 4, κατόπι στὸν ἀγωγὸ II καὶ ὕστερα στὸν τομέα 6. Ἀπ' ἐκεῖ ἔρχεται στὸν ἀγωγὸ 2, ὕστερα στὸν ἀγωγὸ 9 καὶ τέλος καταλήγει πάλι στὸν τομέα 5, ὅπου ἀκουμπᾷ ἡ φήχτρα Α. Ἐτεῖ συμπληρώνεται καὶ ὁ ἄλλος κλάδος τοῦ τυλίγματος.



Πολυπολικές μηχανές.

Στις δυναμομηχανές, πού εξετάσαμε ως τώρα, είδαμε πώς το μαγνητικό πεδίο παράγεται από δύο μονάχα πόλους. Γι' αυτό άλλωστε λέγονται και διπολικές.

Οι διπολικές μηχανές κάνουν μόνο για μικρές ισχύεις (10 κιλοβαττ τό μέγιστο, μέ 1500 στροφές περίπου στό λεπτό). "Αν θέλουμε νά κατασκευάσουμε ισχυρότερες διπολικές μηχανές, είμαστε αναγκασμένοι νά τις κάνουμε πολύ μεγάλες.



Σχ. 167

Θά είναι λοιπόν πολύ βαρειές και θά κοστίζουν πολύ.

Οι μοντέρνες μηχανές είναι σχεδόν όλες πολυπολικές. Ο αριθμός των πόλων σ' αυτές είναι πάντοτε άρτιος (ζυγός), δηλαδή 4, 6... και, γενικά  $2p$  όπου  $p$  τά ζευγάρια των πόλων. Τό Σχ. 167 δείχνει μιá τετραπολική μηχανή με δαχτύλιο, Γραμμ. Τα τυλίγματα των πόλων είναι έτσι τυλιγμένα, ώστε οι γειτονικοί πόλοι νά είναι αντίθετοι. Οι δυναμικές γραμμές πού βγαίνουν από ένα βόρειο πόλο, μπαίνουν στον πυρήνα του επαγωγίμου και έπει χωρίζονται σέ δύο ίσα μέρη. Κάθε μέρος τους διαπερνά ένα τμήμα του πυρήνα και μπαίνει πάλι στον επαγωγέα από τους γειτονικούς νότιους πόλους, για νά κλείσει τό μαγνητικό του κύκλωμα στό βόρειο πόλο, άπ' όπου και ξεκίνησε.

Ανάμεσα σέ κάθε δύο γειτονικούς πόλους υπάρχει και μιá ούδέτερη γραμμή. Οι ούδέτερες λοιπόν

γραμμές στίς πολυπολικές μηχανές είναι τόσες, όσα είναι και τά ζευγάρια τών πόλων. "Αν ή μηχανή έχει 2p πόλους και οί ούδέτερες γραμμές θά είναι p .

Οι τετραπολικές μηχανές κατασκευάζονται συνήθως για ίσχαλς από 10 ως 50 κιλοβάττ, μέ ταχύτητα περίπου 1000 στροφές στό λεπτό. Για ίσχυρότερες μηχανές μεταχειριζόμαστε 6, 8, 10 και περισσότερες ακόμη πόλους. Ο αριθμός τών πόλων αύξάνει στίς μηχανές που ή περιστροφική τους ταχύτητα είναι μικρή.

Οι σπείρες του τυλίγματος είναι κυλινδρικό επαγωγίμο έχουν άνοιγμα λιανό ν' άγκαλιάσει τήν δυναμική ροή ενός πόλου. Τό άνοιγμά τους, που στίς διπολικές μηχανές είναι σχεδόν ή μισή περίμετρος του επαγωγίμο, στίς τετραπολικές μηχανές γίνεται ίσο μέ τό τέταρτο σχεδόν τής ίδιας περιμέτρου, στίς εξαπολικές ίσο σχεδόν μέ τό έκτο, κ.ο.κ.

"Ας δοῦμε τώρα ποιά διεύθυνση έχει ή ή.ε. δύναμη/επομένως και τό ρεύμα, σέ μιá σπείρα τής μηχανής του Σχ. 167. "Ας φανταστοῦμε μιá σπείρα επάνω στό δαχτύλιο, που περιστρέφεται στόν άξονά του ανάμεσα στούς πόλους N, S, N', S' του επαγωγία.

Βλέπουμε κι έδῶ, όπως στίς διπολικές μηχανές πώς ή διεύθυνση, που έχει ή ή.ε. δύναμη μέσα στήν περιστρεφόμενη σπείρα, μένει πάντα ή ίδια, όταν ή σπείρα διατρέχει καθένα από τά τμήματα 1-2, 2-3, 3-4, 4-1, που βρίσκονται ανάμεσα στίς δύο ούδέτερες γραμμές ΓΓ' και ΓΓ'Ι. Η ή.ε. δύναμη αλλάζει διεύθυνση όταν ή σπείρα περνάει από τίς θέσεις 1, 2, 3, 4 δηλαδή από τίς ούδέτερες γραμμές. Έτσι σέ μιá ολοκληρη στροφή τής σπείρας ή ή.ε. δύναμη αλλάζει τέσσερας φορές τή διεύθυνσή της.

Και τό ρεύμα στή σπείρα αλλάζει κι' αυτό, όταν ή σπείρα περνάει από τά τέσσερα τμήματα τών δύο ούδέτερων γραμμών, τέσσερας φορές τή διεύθυνσή του.

"Αν ή μηχανή έχει 2p πόλους, οί μεταβολές τής ή.ε. δύναμης και του ρεύματος θά είναι 2p και θά γίνονται όταν ή σπείρα περνά από τά 2p - τμήματα τών ούδέτερων γραμμών.

Η διεύγερση τών μηχανών.

Τό επαγωγίμο κάθε μηχανής, για να μάς παρουσιάσει ηλεκτραγερτική δύναμη, πρέπει να περιστρέφεται

μέσα σ' ένα μαγνητικό πεδίο. Το πεδίο αυτό παράγεται όπως ξέρουμε από τον επαγωγέα.

Ο επαγωγέας μπορεί νά είναι είτε μόνιμος μαγνήτης, είτε ηλεκτρομαγνήτης.

Μόνιμους μαγνήτες έχουμε στις μικρές μηχανούλλες, (μανιατό κλπ.), γιατί, όπως καταλαβαίνουμε, η ροή που μ'ας δίνουν αυτοί δεν μπορεί νά παραβληθεί με τή ροή που παίρνουμε από τους ηλεκτρομαγνήτες.

Στις μεγάλες μηχανές ο επαγωγέας είναι πάντοτε ηλεκτρομαγνήτης. Για νά διεγείρουμε τους ηλεκτρομαγνήτες ως επαγωγέα, πρέπει νά στείλουμε στα πηνία τους τό διεγερτικό ρεύμα που μ'ας δίνει τή δυναμική ροή Φ. Από πού παίρνουμε όμως αυτό τό διεγερτικό ρεύμα;

Ανάλογα λοιπόν με τήν προέλευση του διεγερτικού ρεύματος, οι μηχανές ξεχωρίζονται;

Σέ μηχανές με ανεξάρτητη διεγερση και σε αυτό το διεγαιρόμα-  
γες μηχανές.

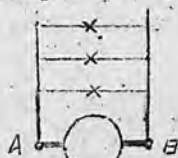
### Μηχανές με ανεξάρτητη διεγερση.

Στις μηχανές αυτές τό διεγερτικό ρεύμα παίρνεται από μιά ξένη πηγή, π.χ. από ηλεκτρικά στοιχεία, από συσσωρευτές ή από μιά μικρή βοηθητική δυναμομηχανή. Η βοηθητική δυναμομηχανή ονομάζεται, σ' αυτή την περίπτωση "διεγερτριά". Τήν ανεξάρτητη διεγερση δεν τήν συνειθίζουμε και τόσο πολύ στις δυναμομηχανές. Στους εναλλακτικές όμως ή χρησιμοποίησή της είναι σχεδόν γενική.

Τό σχ. I68 μ'ας δείχνει μιά μηχανή με ανεξάρτητη διεγερση από συσσωρευτές. Τό AB δείχνει τό επαγωγίμο με τίς φήχτρες. Τό IK, τήν περιέλιξη του επαγωγέα. Τά μηχανήματα, που χρησιμοποιούν τό ρεύμα, φαίνονται ενωμένα παράλληλα στους άγωγούς που ξεκινάν από τό AB.

Αυτόδιεγειρόμαγες μηχανές.

Μαγάλη πρόοδο στήν ταχνική των δυναμομηχανών έφερε ή αυτόδιεγερση που εφευρέθη στα 1866 βέρναρ Ζίμανς.



Σχ. I67

Σ' αὐτὴν ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ ἀρχικὸ ρεῦμα, πού βγάζει ἡ ἴδια μηχανή, τὸ χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ διαγαίρουμε τὸν ἐπαγωγέα της. Ἡ μηχανή λοιπὸν αυτοδιαγαίρεται καὶ δὲν περιμένει ἀπὸ ἄλλη μηχανή νὰ τῆς δώσει τὸ διαγερετικὸ ρεῦμα.

Πῶς ὅμως παράγεται τὸ ἀρχικὸ ρεῦμα δίχως νὰ ὑπάρχει ἀκόμη διέγερση στὸν ἐπαγωγέα;

Τὸ ἀρχικὸ ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὴν ἔστω καὶ ελάχιστη ροή, πού δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν παραμένοντα μαγνητισμὸ τῶν πυρήνων τοῦ ἐπαγωγέα. Στὰ ἐργοστάσια πρὶν ἀκόμη παραδώσουν κάθε μηχανή στὸ ἐμπόριο, στέλλουν ἓνα ρεῦμα μέσα ἀπὸ τὰ τυλίγματα τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν τοῦ ἐπαγωγέα καὶ ἔτσι μαγνητίζουν τοὺς πυρήνες τους. Αὐτοὶ κρατοῦν μέσα τους ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ μαγνητισμὸ αὐτόν, λίγο ἢ πολὺ, ἀνάλογα μὲ τὴ σύσταση τοῦ μετάλλου τῶν. Ἔτσι ὁ ἐπαγωγέας ἀποχτᾷ μίαν ελάχιστη μόνιμη ροή. Αὐτὴ ἡ ροή εἶναι ἀρκετὴ γιὰ νὰ γεννηθεῖ στὸ ἐπαγωγέο τῆς μηχανῆς, ὅταν ἀρχίσει τοῦτο νὰ περιστρέφεται, ἓνα, ἔστω καὶ μικρὸ, ἀρχικὸ ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτό, ὁλόκληρο ἢ ἓνα μέρος του μονάχα, τὸ μεταχειρίζομασθα γιὰ νὰ δυναμώσουμε τὴν ἀρχικὴ μόνιμη ροή τοῦ ἐπαγωγέα. Ὅσο ὅμως δυναμώνει αὐτὴ, τόσο μεγαλώνει καὶ ἡ ἐπαγόμενη στὸ ἐπαγωγέο ἡ ε.δύναμη ἄρα καὶ τὸ γεννώμενο ἀπ' αὐτὴν ρεῦμα. Αὐτὸ ἐνισχύει ἀκόμη περισσότερο τὴ μόνιμη ροή, καὶ αὐτὴ αὐξάνει τὴν ἡ.ε. δύναμη καὶ τὸ ρεῦμα. Τὸ παιχνίδι αὐτὸ συνεχίζεται ὡσὸτου φτάσουμε στὸ μαγνητικὸ κῶρο, ὅποτε ἡ ροή παύει ν' αὐξάνει καὶ ἡ ἡ.ε. δύναμη παίρνει τὴν κανονικὴ της πιά τιμὴ.

Οἱ μηχανές, πού διαγαίρονται μ' αὐτὸ τὸν τρόπο, λέγονται, "δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς" ἢ ἀπλᾶ "δυναμομηχανῆς". Μ' αὐτὴν ὅμως τὴν ὀνομασίαν εἶναι σήμερα γνωστὲς ὅλες, γενικᾶ, οἱ μηχανές πού, χρησιμοποιώντας τὰ ἐπαγωγικά φαινόμενα, παράγουν συνεχῆς ρεῦμα. Ἄρα καὶ οἱ μηχανές μὲ ἀνεξάρτητη διέγερση λέγονται "δυναμομηχανῆς", φτάνει νὰ παράγουν συνεχῆς ρεῦμα.

Ἀνάλογα μὲ τὴν σύσταση τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγέα τους, σχετικᾶ μὲ τὸ ἔξωτερικό κύκλωμα, οἱ αυτοδιαγαιρόμενες δυναμομηχανές ξεχωρίζονται:

Σὲ μηχανῆς μὲ διέγερση  
στὴ σελιρᾶ (Σχ. I69).

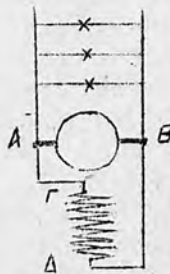
Σέ μηχανές με παράλληλη διεύθυνση Σχ.170.

Δέ μηχανές με μιχτή ή ούνηατη διεύθυνση Σχ.171

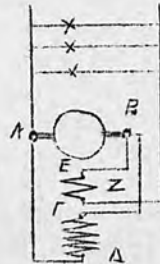
Ανάλογα με τή διεύρσή της, κάθε μηχανή παρουσιάζει και όρισμένα χαρακτηριστικά.



Σχ.169



Σχ.170



Σχ.171

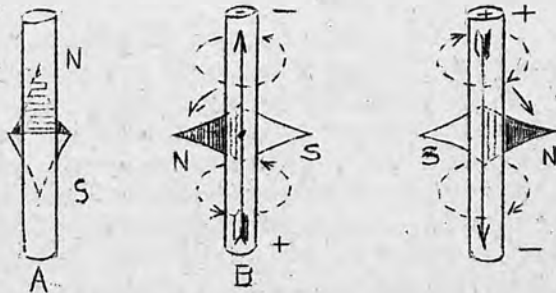
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ  
ΠΟΥ ΔΟΥΛΕΥΟΥΝ ΜΕ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

Είσαγωγή

Στό κεφάλαιο αυτό θά μιλήσουμε για τήν επίδραση κάθε μαγνητικού πεδίου επάνω στο ηλεκτρικό ρεύμα και σ' αυτό τό φαινόμενο θά στηρίξουμε τή λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων.

1ο Παίραμα

Επάνω σέ μία μαγνητική βελόνα NS (Σχ.172 Α), σ' τρέπτή-στόν άξονα της, βρίσκειται ένας σταθερός άγωγός παράλληλος μέ τή βελόνα%



Σχ.172

Όταν στειλούμε μέσα από τόν άγωγό ένα ρεύμα μέ διεύθυνση όπως δείχνει τό Σχ.172 Β, η στραπή



μαγνητική βελόνη στρέφει με κίνηση αντίθετη από την κίνηση που έχουν οι δείχτες του ρολογιού και σταματά στη θέση που δείχνει το Σχ. 172 Β, δηλαδή με το βόρειο (N) πόλο αριστερά από τον άγωγό και το νότιο (S) δεξιά του, όσο διαρκεί η ροή του ρεύματος. Αν το ρεύμα κοπεί, η βελόνα ξαναγυρνά στην αρχική της θέση.

"Αν αναστρέψουμε το ρεύμα στο σταθερό άγωγό (Σχ. 172 Γ), η στραπτή μαγνητική βελόνα θα μπει πάλι σε θέση κάθετη σχετικά με τον άγωγό γυρνώντας αυτήν τη φορά όπως γυρνούν οι δείχτες του ρολογιού.

Αυτά όλα τα γνωρίζουμε από το κεφάλαιο του Ηλεκτρομαγνητισμού.

"Αν παίρναμε τη βελόνη σταθερή και τον άγωγό στρεπτό και στέλναμε στον άγωγό το ρεύμα από τα κάτω προς τα πάνω, ο άγωγός θα περιστρεφόταν όπως περιστρέφονται οι δείχτες του ρολογιού, για να μπει κι αυτήν τη φορά σε θέση κάθετη με τη μαγνητική βελόνα.

Βλέπουμε λοιπόν πως είτε η στραπτή μαγνητική βελόνα σχετικά με το σταθερό άγωγό, είτε ο στρεπτός άγωγός σχετικά με τη σταθερή βελόνα, περιστρέφονται πάντοτε με τρόπο, ώστε η διεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου της βελόνας να συνταυτίζεται πάντοτε με την διεύθυνση των δυναμικών γραμμών του πεδίου που δημιουργείται γύρω στον άγωγό από το ρεύμα. Αυτό ακριβώς μας λέει και ο κανόνας του παρατηρητή του Αμπέρ.

Στά σχήματα σχεδιάσαμε μονάχα δύο από τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου γύρω στον άγωγό. Τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου της βελόνας τις παραλείψαμε για να είναι τα σχήματα πιο καθαρά. Αυτές όμως ξέρουμε, βγαίνουν από το βόρειο (N) πόλο της βελόνας, για να μπουν πάλι σ' αυτήν από το νότιο (S) της πόλο.

Τί βγαίνει όμως από το πείραμα αυτό; Το διδάγμα είναι μεγάλο. Με τη στροφή της στραπτής βελόνας ή του στρεπτού άγωγου, που οφείλεται στην αλληλεπίδραση δύο μαγνητικών πεδίων, παράγεται ένα μηχανικό έργο.

Νά λοιπόν που μπορούμε με τη βοήθεια δύο μαγνητικών πεδίων να κάνουμε ένα μηχανικό έργο. Τα μαγνητικά πεδία μπορεί να προέρχονται μονάχα από μαγνήτες

μονάχα από ρεύματα ή κι' απότά δύο μαζί, όπως στο προηγούμενο πείραμα. Έτσι μπορούμε να μετατρέψουμε την ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια του μαγνητικού πεδίου, σε μηχανική ενέργεια, το αντίστροφο δηλαδή από κείνο που γίνεται στις μηχανές που παράγουν ρεύμα μετατρέποντας, με τη βοήθεια πάλι του μαγνητικού πεδίου, τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

2ον Πείραμα.

Δύο κινητοί άγωγοί α και β (Σχ. I73 A) διαρρέονται από ρεύμα με την ίδια διεύθυνση. Επειδή και οι δυναμικές γραμμές των πεδίων, που δημιουργούνται από τα ρεύματα γύρω από τους δύο άγωγούς, έχουν την ίδια διεύθυνση, διαπιστώνουμε πως οι γραμμές αυτές επιθυμούν να ενωθούν μεταξύ τους για να μικρύνουν όσο μπορούν τις τροχιές που ακολουθούν. Αποτέλεσμα αυτής της επιθυμίας των δυναμικών γραμμών είναι οι δύο άγωγοί να

πλησιάσουν μεταξύ τους, για να ενωθούν σ' ένα άγωγο, όπως θα κάνουν δύο μαγνήτες, όταν οι ετερόνυμοί τους πόλοι βρεθούν ο ένας αντίκρου στον άλλο.

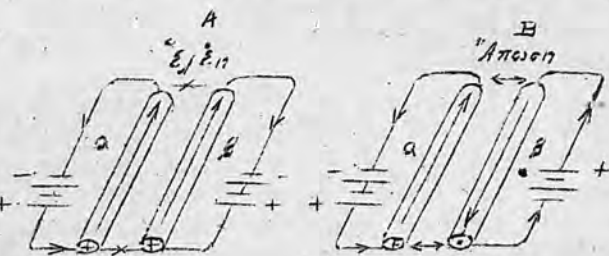
Όταν λοιπόν δύο ελεύθεροι άγωγοί διαρρέονται

από ρεύματα με την ίδια διεύθυνση, οι άγωγοί αυτοί έλκονται μεταξύ τους.

Στο Σχ. I73 B αναστρέψουμε το ρεύμα στον άγωγο β. Αμέσως θα παρατηρηθεί μιά άπωση των άγωγών.

Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου γύρω από τον άγωγο β είναι τώρα αντίθετες προς τις γραμμές του πεδίου γύρω από τον άγωγο α και έτσι οι δύο άγωγοί απωθούνται μεταξύ τους, όπως δύο μαγνήτες όταν βρεθούν με τους ομώνυμους πόλους τον ένα αντίκρου στον άλλο.

Όταν λοιπόν δύο άγωγοί, ελεύθεροι να κινηθούν, διαρρέονται από ρεύματα με αντίθετη διεύθυνση,



Σχ. I73

οι άγωγοί αυτοί άπωθύνται μεταξύ τους.

"Αν έξετάσουμε όμωσ και δύο πηνία, που διαρρέονται από ρεύμα, θά δούμε πάλι, πώς και σ' αυτά παρουμεσιάζεται τό ίδιο φαινόμενο. Όταν τά δύο πηνία παρουμεσιάζουν, χάρη στη διεύθυνση των σπαιρών και του ρεύματος, δυναμικές ροές μέ ίδια διεύθυνση, τό ένα προσπαθεί νά πλησιάσει τό άλλο, ώστε νά περικλείσει μέσα του όσο μπορεί περισσότερο μέρος, από τή ροή του διπλανού του πηνίου. Αν οι ροές είναι αντίθετες,

τότε τά πηνία απομακρύνονται τό ένα από τό άλλο, ώστε η αντίθετη ροή μέσα τους νά εξαττωθεί όσο μπορεί περισσότερο. Όταν οι άξονες των πηνίων σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους, τότε, αν τό ένα πηνίο είναι σταθερό, και τό άλλο στρεπτό, τό τελευταίο θά περιστραφεί μέ τρόπο ώστε ν' άγκαλιάσει περισσότερο μέρος από τή ροή του άλλου πηνίου, αν οι δύο ροές έχουν τήν ίδια διεύθυνση, ή νά μειώσει τήν ξένη ροή μέσα του, αν αυτή είναι αντίθετη.

### 3ο. Περίομα.

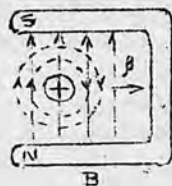
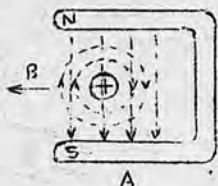
Μέσα σ' ένα σταθερό μαγνήτη NS μέ μορφή πετάλου (ή ηλεκτρομαγνήτη) βρίσκεται ένας κινητός άγωγός (Σχ. I74 Α).

"Αν σταίλουμα στον άγωγό ρεύμα μέ διεύθυνση που νά τρυπά τή σαλίδα για νά βγαί από τήν άλλη μεριά (σταυρός +), ο άγωγός πάει νά φύγει μέσα από τό μαγνήτη, όπως δ είχνει τό βέλος β. Η αίτια είναι απλή:

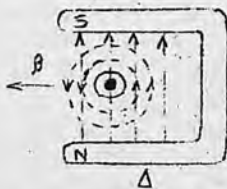
Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του μαγνήτη έχουν διεύθυνση από τό βόρειο (N) πόλο προς τό νότιο (S).

Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται από τό ρεύμα γύρω από τόν άγωγό, έχουν, δεξιά από τόν άγωγό, διεύθυνση ίδια με τή διεύθυνση των γραμμών του πεδίου του μαγνήτη, άριστερά όμωσ από τόν άγωγό, διεύθυνση αντίθετη με αυτές. Οι γραμμές λοιπόν του πεδίου του άγωγού, που βρίσκονται δεξιά του, πών νά ανισχύσουν τό πεδίο του μαγνήτη, ενώ οι άριστερά από τόν άγωγό θέλουν νά τό εξασθενήσουν. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου του μαγνήτη δέν ανέχονται τίς αντίθετες γραμμές του πεδίου του άγωγού και έτσι ο άγωγός κινείται προς τ' άριστερά. Ο άγωγός λοιπόν άπωθείται προς τ' άριστερά (βέλος β).

"Αν κραμάσουμε το μαγνήτη με μία κλωστή, για να τον κάνουμε κινητό και κρατήσουμε σταθερό τον άγωγο, τότε ο μαγνήτης θα κινηθεί, για την ίδια αίτια προς την αντίθετη διεύθυνση.



"Αν αναστρέψουμε το μαγνήτη (Σχ. I74 B) ώστε ο νότιός του πόλος να έρθει επάνω και ο βόρειός του γά βρεθεί κάτω,



Σχ. I74

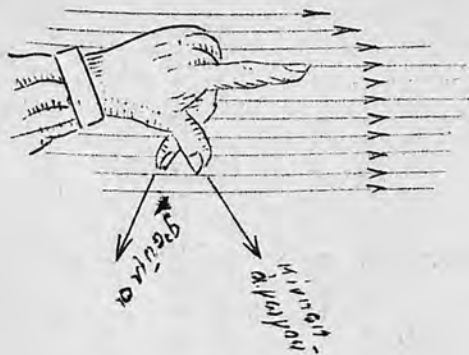
τω, ο κινητός άγωγός που διαρρέεται από ρεύμα με διεύθυνση ίδια με την πρωτινή, θα κινηθεί προς τα δεξιά, όπως δείχνει το βέλος β, γιατί τώρα οι δυναμικές γραμμές του πεδίου του άγωγού, που βρίσκονται προς τα δεξιά του, είναι οι αντίθετες προς το πεδίο του μαγνήτη. Έτσι ο άγωγός φαύγει προς τα δεξιά για να βρεθεί σε όσο γίνεται ασθενέστερο πεδίο του μαγνήτη. Αν ο άγωγός είναι σταθερός και ο μαγνήτης κινητός, ο μαγνήτης θα κινηθεί για τον ίδιο λόγο προς τα αριστερά.

"Αν αναστρέψουμε τη διεύθυνση του ρεύματος μέσα στον άγωγο (Σχ. I74 Γ) (κρατώντας την πρώτη πολικότητα στο μαγνήτη), ώστε το ρεύμα να έρχεται από τη σαλίδα προς εμάς (τελεία), ο κινητός άγωγός θα κινηθεί προς τα δεξιά. Αν ο μαγνήτης είναι κινητός και ο άγωγός σταθερός ο μαγνήτης θα κινηθεί προς τα αριστερά. Η αίτια είναι πάλι η ίδια.

Υστερά από όσα είπαμε περιττεύει να εξηγήσουμε και τόσχημα I74 Δ.

Κανόνας τών τριών δαχτύλων ή τής παλάμης του άριστερου χεριού.

Τή διεύθυνση, προς την οποία θα κινηθεί ένα άγωγός που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο και διαρ-



Σχ. I75

μιγκ, ὀνομαζόμενος καὶ "κ α ν ὄ ν α ς τ ῶ ν κ ι -  
ν η τ ῆ ρ. ω ν"

Βάζουμε τὰ τρία πρῶτα δάχτυλα τοῦ ἀριστεροῦ χε-  
ριοῦ, τὸν ἀντίχειρα, τὸν δείκτη καὶ τὸ μέσο, σύμφωνα  
μὲ τίς ἀκμές εὐὸς κύβου, δηλαδή τὸ κάθε δάκτυλο νά  
εἶναι κάθετο πρὸς τὸ ἄλλο (Σχ. I75) καὶ καθορίζουμε ὁ  
μέσος νά δείχνει τὴ διεύθυνση τοῦ ρεῦματος μέσα στὸν  
ἀγωγό, καὶ ὁ δείκτης, τὴ διεύθυνση τῆς ροῆς τοῦ μαγνη-  
τικοῦ πεδίου ὅπου βρίσκεται ὁ ἀγωγός. Τότε ὁ ἀντίχει-  
ρας μᾶς δείχνει κατὰ ποῦ θά κινηθεῖ ὁ ἀγωγός.

Τὸν ἴδιο κανόνα μποροῦμε νά τὸν διατυπώσουμε  
καὶ ἀπλούστερα μὲ τὸν κανόνα τῆς παλάμης τοῦ ἀριστεροῦ  
μας χεριοῦ (Σχ. I76).

Ἀνοίγουμε τὸ ἀριστερό μας χέρι καὶ ταχύνου-  
με τὰ δάχτυλα μὲ τρόπο, ὥστε ὁ ἀντίχειρας νά εἶναι κᾶ-  
θετος στὰ ὑπόλοιπα δάχτυλά μας. Ἄν φανταστοῦμε πῶς οἱ  
δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (βέλη I) ὅπου  
βρίσκεται ὁ ἀγωγός, τρυποῦν τὴν παλάμη μας γιὰ νά βγοῦν  
ἀπὸ τὴ ράχη τοῦ χεριοῦ μας καὶ ἂν υποθέσουμε, πῶς τὸ ρεῦ-  
μα μέσα στὸν ἀγωγό ἔχει τὴ διεύθυνση ποῦ δείχνουν τὰ  
τέσσαρα ἄνωμῆνα δάχτυλα, (βέλος 3), τότε ὁ ἀγωγός θά κί-  
νηθεῖ κατὰ τὴ διεύθυνση ποῦ δείχνει ὁ ἀντίχειρας μας  
(βέλος 2).

Ἡ σπαίρα μέσα στό πεδίο,

Ἀφίνομε πιά τὸν ἀπλό ἀγωγό καὶ παίρνομε  
μιὰ σπαίρα ποῦ μπορεῖ νά περιστραφεῖ ἐλεύθερα στὸν ἄξονα

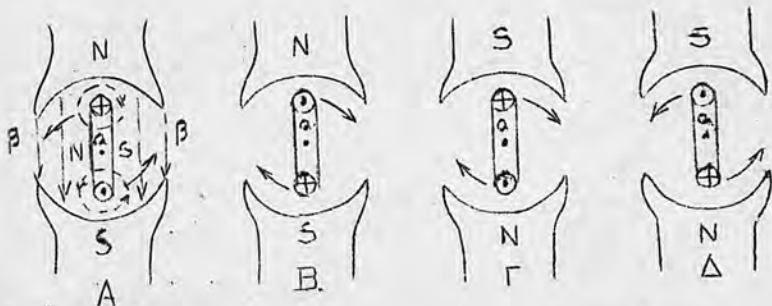


Σχ. I76

ρεῖται ἀπὸ ρεῦμα, μᾶς τὴ  
δίνει ὁ κανόνας τοῦ ἀ-  
ριστεροῦ χεριοῦ τοῦ Φλέμ-



νά της α, μέσα στο πεδίο ενός μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη. "Αν διοχετεύσουμε ρεύμα μέσα στη σπείρα με τη διαύ-



Σχ. I77

θυνση που δείχνουν ο σταυρός και η τελεία στο Σχ. I77 Α ο επάνω άγωγός θα κινήθει, σύμφωνα μ' αυτά που είπαμε παραπάνω, προς τ' αριστερά, ενώ ο κάτω, θα κινήθει προς τα δεξιά. Θα σχηματιστεί λοιπόν ένα ζεύγος δυνάμεων, που θα περιστρέψει τη σπείρα με διεύθυνση αντίθετη από τη διεύθυνση που έχει κίνησή των δειχτών του ρολογιού.

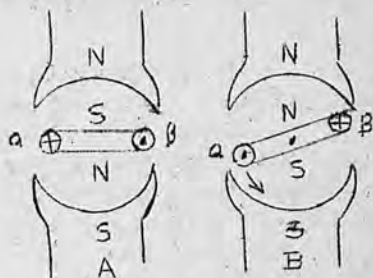
"Ας μή πάρουμε όμως τους δύο άγωγούς, που αποτελούν τη σπείρα ξεχωριστά, ως εξετάσουμε αυτούσια τη σπείρα.

Αυτή αφού διαρρέεται από ρεύμα με ορισμένη διεύθυνση, αποτελεί ένα κυκλικό ρεύμα, είναι άρα τέλειος μαγνήτης και έχει τό βόρειο (N) πόλο αριστερά της και τό νότιο (S), δεξιά της. Ένας τέτοιος όμως μαγνήτης, ελεύθερος νά περιστραφεί, θα γυρίσει, σύμφωνα με τό νόμο των έλξεων και άπίψεων, για νά δείξει τό νότιό του πόλο στό βόρειο πόλο του ηλεκτρομαγνήτη και τό βόρειό του πόλο, στό νότιο πόλο του ηλεκτρομαγνήτη, γιατί τότε και τά δύο μαγνητικά πεδία θα συναντίζονται στη διεύθυνσή των μαγνητικών τους γραμμών.

Και έτσι εξετάζοντας τό ζήτημα βρίσκουμε πάλι, πώς η σπείρα θα περιστραφεί με κίνηση αντίθετη προς την κίνηση των δειχτών του ρολογιού.

"Αν αναστρέψουμε τό ρεύμα μέσα στη σπείρα (Σχ. I77 Β), η σπείρα θα περιστραφεί όπως και οι δειχτές του ρολογιού.

"Αν δούμε τό σχήμα Ι77 Δ διαπιστώνουμε, πώς η διεύθυνση τής περιστροφής τής σπείρας παραμένει η ίδια μέ τή διεύθυνση τής περιστροφής στην περίπτωση Α, αν αναστρέψουμε και τήν πολικότητα του ηλεκτρομαγνήτη και τή διεύθυνση του ρεύματος μέσα στη σπείρα.



Σχ. Ι78

"Αν αναστρέψουμε τό ένα μονάχα από τά δύο αυτά στοιχεία, ή σπείρα θά περιστραφεί αντίθετα. (Σχ. Ι77 Β και Γ)

Ένα ζήτημα όμως μένει ακόμη νά εξακαθρίσουμε. Τί γίνεται όταν ή σπείρα, γυρνώντας όπως δείχνει τό Σχ. Ι77 Α φτάσει στην οριζόντια θέση. (Σχ. Ι78 Α): Σ'αυτήν τή θέση πρέπει φυσικά ή σπείρα νά σταματήσει τήν περιστροφή της και θά τή σταματήσει, γιατί τότε ο νότιός της πόλος βρίσκεται αντίκρυ στό βόρειο πόλο του ηλεκτρομαγνήτη και ο βόρειός της, μπροστά στό νότιο πόλο του ίδιου ηλεκτρομαγνήτη.

"Αν θάλουμε ή σπείρα νά εξακολουθήσει τήν περιστροφή της μέ τήν ίδια διεύθυνση, πρέπει μόλις προσπεράσει, μέ τή ρύμη πού έχει, τήν οριζόντια θέση.

(Σχ. Ι78 Β), ν' αναστρέψουμε τήν διεύθυνση του ρεύματος τής. Η σπείρα θά βρεθεί πάλι στην κατάσταση πού ήταν πριν αρχίσει τήν περιστροφή της, μέ μόνη τή διαφορά, πώς, ενώ τότε ο επάνω άγωγός της, ο α νά πούμε, διαρρέεταν από ρεύμα μέ διεύθυνση από μās προς τήν οσλίξα, τώρα ο άγωγός πού ήταν πριν κάτω, ο β, κι ανέβηκε ως τή μέση, θ' αρχίσει νά διαρρέεται από ρεύμα μέ τήν ίδια διεύθυνση.

Η αναστροφή του ρεύματος είναι εύκολη και γίνεται μέ τή βοήθεια του συλλέκτη, όπως θά δούμε παρακάτω.

Μ' αυτό τόν τρόπο κατορθώνουμε νά κάνουμε τή σπείρα νά γυρνά μέ τήν ίδια πάντα διεύθυνση, όσο διαρρέεται από ρεύμα.

Αυτά πού είπαμε παραπάνω μās δίνουν νά καταλάβουμε πώς λειτουργεί χοντρικά ο ηλεκτροκινητήρας.

Καί τώρα μπαίνουμε στο θέμα μας.

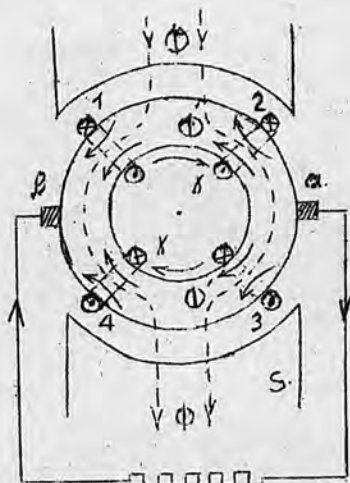
Πως λειτουργεί ο κινητήρας του συνεχούς ρεύματος.

Η λειτουργία του κινητήρα στηρίζεται στο αναστρέψιμο της δυναμομηχανής.

Όταν η δυναμομηχανή κινείται με κινητήρια μεζινομηχανή (ατμομηχανή, πετρελαιομηχανή, βενζινομηχανή, ατμοστρόβιλο, ηλεκτροκινητήρα), παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, μετατρέπει δηλαδή τη μηχανική ενέργεια, που παίρνει από την κινητήρια μηχανή, σε ηλεκτρική ενέργεια.

Αν όμως στείλουμε το συνεχές ρεύμα μιας εξωτερικής πηγής στο επαγωγίμο μιας δυναμομηχανής, που οι πόλοι του επαγωγέα της έχουν διασυνταθεί, το επαγωγίμο αρχίζει να περιστρέφεται και η ηλεκτρική ενέργεια, που του στέλνουμε τώρα, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.

Αν λοιπόν συνδέσουμε στον άξονα του επαγωγίμου άμμοσα ή άμμοσα (με λουρί, με δοντωτούς τροχούς κτλ.) άλλη μηχανή, το περιστρεφόμενο επαγωγίμο δίνει κίνηση σ' αυτήν τη μηχανή. Η δυναμομηχανή παίρνει τώρα τ' όνομα **κ ι ν η τ ή ρ α ς σ υ ν ε χ ο ύ ς ρ ε υ μ α τ ο ς.**



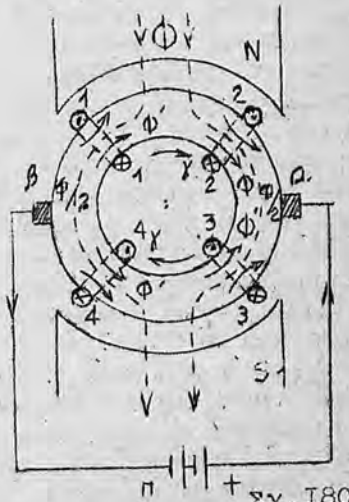
Σχ. 179

Τό Σχ. 179 παριστάνει μία διπολική δυναμομηχανή με επαγωγίμο Γιράμι. Τό επαγωγίμο περιστρέφεται με κινητήρια μηχανή, όπως δείχνουν τά βέλη, γ. Από τής φηκτες α και β παίρνουμε τό συνεχές ρεύμα που παράγει και τό στέλνουμε στον αποδέκτη ρ. Η διεύθυνση αυτού τού ρεύματος δείχνεται επίσης με βέλη και στο επαγωγίμο και στο εξωτερικό κύκλωμα. Η διεύθυνση τπυ ρεύματος βρίσκεται εθιολα με τόν κανόνα τών τριών δαχτύλων του δεξιού χεριού ή, απλούστερα, με τόν κανόνα τής δεξιās παλάμης. Τά βέλη φ δείχνουν

τή διεύθυνση τῆς ροῆς  $\Phi$ , πού ὀφείλεται στό ἐπαγόμενο ρεῦμα καί, σύμφωνα μέ τό νόμο τοῦ Λέντς, προσπαθεῖ ν' ἀντιταχθεῖ στήν κύρια ροή  $\Phi$  τοῦ ἐπαγωγέα.

Στό σχ. I79 τό ἐπαγωγίμο σχεδιάστηκε, γιά περισσότερο σαφήνεια, μέ τέσσερες μονάχα σπείρες μέ σταυρούς καί τελεῖτες στίς τομές τῶν ἀγωγῶν τους, γιά νά φανεῖ ἡ διεύθυνση πού ἔχει τό ρεῦμα μέσα σ' αὐτούς. Τά βέλη μέσα στίς σπείρες δείχνουν τή διεύθυνση τῆς ροῆς  $\Phi$ .

Παμε τώρα στό Σχ. I80 γιά νά δοῦμε πῶς λειτουργεῖ ὁ κινητήρας. Αὐτό δείχνει ἐναν διπολικό κινητήρα μέ ἐπαγωγίμο Γκράμμ. Στό σχῆμα βάλουμε, γιά σαφήνεια, μονάχα 4 σπείρες ἐπάνω στό ἐπαγωγίμο.



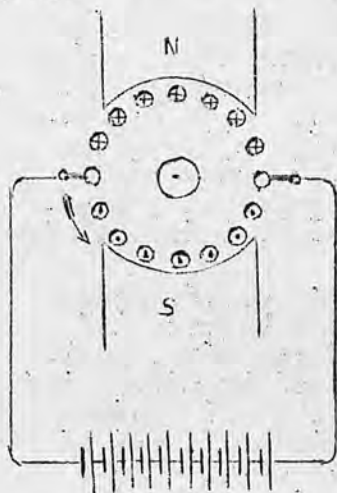
Τό συνεχές ρεῦμα τῆς πηγῆς Π ἔρχεται ἀπό τό θετικό τῆς πόλο, μπαίνει μέσα στό ἐπαγωγίμο ἀπό τήν φήκτρα α καί βγαίνει ἀπό τήν φήκτρα β, γιά νά κλείσει τό κύκλωμα στόν ἀρνητικό πόλο.

Από τήν φήκτρα α τό ρεῦμα μοιράζεται σε δύο ρεῖθρα, τό ένα ρεῖθρο περνάει ἀπό τίς σπείρες πού βρίσκονται ἐπάνω ἀπό τήν οὐδέατερη γραμμή αβ, ἐνῶ τό ἄλλο, ἀπό τίς σπείρες πού βρίσκονται κάτω ἀπ' αὐτήν τήν γραμμή. Ἔτσι, ὅλες οἱ σπείρες διαρρέονται ἀπό τό ρεῦμα καί τό ἐπαγωγίμο ἀρχίζει νά περιστρέφεται στόν ἄξονά του. Βασικόμαχοι στα ὅσα εἴπαμε παραπάνω καί ἐφαρμόζοντας τόν κανόνα τῆς ἀριστερῆς παλάμης, βλέπουμε πῶς τό ἐπαγωγίμο θά περιστραφεῖ ὅπως περιστρέφονται οἱ δ' εἴχτες τοῦ ρολογίου (βέλη γ); γιατί οἱ ἀγωγοί 1 καί 2 στό ἐξωτερικό τοῦ ἐπαγωγίμου, πού βρίσκονται πρὸς τό μέρος τοῦ βόρειου (N) πόλου, θά κινηθοῦν ἀπό τ' ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιά, ἐνῶ οἱ ἀγωγοί 3 καί 4, πού βρίσκονται κοντά στό νότιο (S) πόλο, θά κινηθοῦν ἀπό τὰ δεξιά πρὸς τ' ἀριστερά.

καί μέ ἄλλο ὅμως συλλογισμό καταλήγουμε στό ἕξο συμπέρασμα. Ἡ ροή  $\Phi$ , πού δημιουργεῖ ἡ σπείρα 1, εἶναι ἀντίθετη πρὸς τή ροή  $\Phi$  τοῦ ἐπαγωγέα. Ἡ σπείρα

λοιπόν Ι θά κινηθεῖ μέ τρόπο, ὥστε ἡ ροή  $\Phi$  νά ἐλαττωθεῖ μέσα σ' αὐτήν. Αὐτό ὅμως γίνεται μόνον ὅταν ἡ σπαίρα Ι ἀνέβει πρὸς τὰ ἐπάνω καί πάρει κάθετη θέση, γιατί τότε, καί μόνο τότε, τὸ ἐπίπεδόν τῆς θά εἶναι παράλληλο πρὸς τὴν ροή  $\Phi$  καί ἔτσι δέν θά περνᾷ οὔτε μιὰ γραμμὴ αὐτῆς τῆς ροῆς ἀπὸ μέσα της.

"Αν ἐξετάσου-  
μα τὴν σπαίρα 2, θά  
δοῦμε πὼς ἡ ροή τῆς  $\Phi$   
ἔχει διεύθυνση ἴδια μέ  
τὴν ροή  $\Phi$ . Γι' αὐτό  
λοιπόν ἡ σπαίρα 2 θά  
μυτακινηθεῖ μέ τρόπο  
ὥστε ν' ἀγκαλιάσει ὅσο  
μπορεῖ, μεγαλύτερο  
μέρος ἀπὸ τὴν ροή  $\Phi$ .  
Θά κινηθεῖ ἄρα καὶ αὐτὴ  
τὴν ἀπὸ τ' ἀριστερὰ πρὸς  
τὰ δεξιὰ, γιατί πρὸς  
τὰ ἐκεῖ (πλαί στήν  
φήχτρα α) θά βρεῖ  
τὴν ἰσχυρότερη ροή  $\Phi$ .  
Ἐκεῖ ἀκριβῶς τὸ ἐπι-  
πεδὸν τῆς θά εἶναι κά-  
θετο πρὸς τὴν κύρια ροή  $\Phi$ .



ΣΧ. ΙΒΙ

Ἡ σπαίρα 3 μέ τὴν ροή τῆς  $\Phi$ , ἀντίθετη πρὸς  
τὴν ροή  $\Phi$ , θά κινηθεῖ ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τ' ἀριστερὰ,  
γιὰ νά μειώσει μέσα της τὴν ἀντίθετη ροή  $\Phi$ .

Τέλος, ἡ σπαίρα 4 θά κινηθεῖ καὶ αὐτὴ πρὸς  
τὴν ἴδια διεύθυνση, γιὰ ν' ἀγκαλιάσει ὅσο μπορεῖ πα-  
ρισσότερο μέρος ἀπὸ τὴν ροή  $\Phi$ , πού ἡ διεύθυνσή της  
εἶναι ἴδια μέ τὴν δική της ροή  $\Phi$ .

Ὅταν τώρα οἱ σπαῖρες 2 καὶ 4 φτάσουν  
στὴ γραμμὴ αβ, ὅπου εἶναι οἱ φήχτρες, ἐκπερνῶν μέ  
τὴν ρυθμὴ πού ἔχουν, αὐτὴν τὴν γραμμὴν καί ἔτσι ἡ σπαίρα  
2, ἐνῶ πρὶν βρισκόταν ἐπάνω, τώρα ἔρχεται κάτω ἀπὸ  
τὴν γραμμὴν αβ, καὶ ἡ σπαίρα 4, ἐπάνω. Στὸ ἐξέπερασμα  
ὅμως τῆς οὐδέτερης γραμμῆς αβ ἀλλάζει καὶ ἡ διεύθυνση  
τοῦ ρεύματος μέσα στίς δύο σπαῖρας καί τότε ἀναγκά-  
ζονται αὐτές νά συνεχίσουν τὴν περιστροφὴν τους κατὰ  
τὴν ἴδια διεύθυνση. Τὸ ἴδιο γίνεται καί στίς ἄλλες  
σπαῖρας καί ἔτσι τὸ ἐπαγωγίμο περιστρέφεται.



"Ας εξετάσουμε τώρα τί γίνεται όταν έχουμε κυλινδρικό επαγωγίμο.

Α ή διανομή του ρεύματος της πηγής μέσα στο επαγωγίμο είναι όπως φαίνεται στο Σχ. τότε όλοι οι αγωγοί που βρίσκονται κάτω από την επίδραση του βόρειου πόλου, αφού διαρρέονται από ρεύμα που τρυπά τη σελίδα για να βγει από την άλλη μεριά, θα κινηθούν από τα δεξιά προς τα αριστερά, ενώ οι άλλοι, κοντά στο νότιο πόλο, που τό ρεύμα τους τρυπάει τη σελίδα για να έρθει προς έμάς, θα κινηθούν από τα αριστερά προς τα δεξιά.

Τό ρεύμα σε κάθε αγωγό, που θα περνάει από την ούδέτερη γραμμή αβ, θ' αλλάζει τη διεύθυνσή του, κι έτσι ολο τό επαγωγίμο θα περιστρέφεται αντίθετα από τους δείχτες του ρολογιού.

Από όλα τα προηγουμένα βγάζουμε και τό γενικό συμπέρασμα, ότι ένας κινητήρας, που δουλεύει με συναχές ρεύμα, δεν διαφέρει καθόλου στην κατασκευή του από μία δυναμομηχανή. Επομένως, όσα είπαμε για τη διεγερση και τά τυλίγματα του επαγωγίμου των δυναμομηχανών ισχύουν απόλυτα και για τους κινητήρες που εξετάζουμε.

Η διεγερση στους κινητήρες.

Όπως και οι δυναμομηχανές, έτσι και οι κινητήρες μπορούν να διεγερθούν :

- 1.- Αναξάρτητα.
- 2.- Παράλληλα.
- 3.- Στη σειρά
- 4.- Μιχτά.

Ανάλογα με τη διεγερσή τους οι κινητήρες παρουσιάζουν και ώρισμένα χαρακτηριστικά.

#### ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΕΣ.

Γενικά.

Από τό κεφάλαιο 176 γνωρίζουμε, πώς "εναλλακτικός" λέγεται κάθε μηχανή που μάς παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα.

Σε κάθε έναλλακτήρα διακρίνουμε, όπως και στις δυναμομηχανές, τόν επαγωγέα, που δημιουργεί τό μαγνητικό πεδίο, και τό επαγωγίμο, όπου γεννιέται επαγωγικά τό ρεύμα.

Τά τυλίγματα, πού ἔχουν ἐπάνω στόν πυρήνα τοῦ ἐπαγωγίμου οἱ ἐναλλακτῆρες, ὀνομάζονται " φάσεις " Ἀνάλογα μ' αὐτές, οἱ ἐναλλακτῆρες ξεχωρίζονται σέ τρεῖς κύριες κατηγορίες. :

A.- Στούς " μονοφασικούς " .

B.- Στούς " διφασικούς " .

Γ.- Στούς " τριφασικούς " .

Ἐκτός ἀπ' αὐτές τίς τρεῖς κατηγορίες ὑπάρχουν καί οἱ κατηγορίες τῶν ἑξαφασικῶν καί δωδεκαφασικῶν ἐναλλακτῶν. Οἱ διφασικοί, τριφασικοί, ἑξαφασικοί καί δωδεκαφασικοί ἐναλλακτῆρες ὀνομάζονται, γενικά, καί " πολυφασικοί " .

Στούς μονοφασικούς ἐναλλακτῆρες τό ἐπαγωγίμο ἔχει μιᾶ μονάχα φάση, δηλαδή ἓνα τύλιγμα, στούς διφασικούς δύο φάσεις, δηλαδή δύο τελείως ἑξήχρωρα τυλίγματα ἀνεξάρτητα τό ἓνα ἀπ' τ' ἄλλο, καί στούς τριφασικούς, τρεῖς φάσεις, δηλαδή τρία ἑξήχρωστα τυλίγματα .

Σχετικῶς μέ τήν ἑξάρτηση τῆς συχνότητος ἀπό τίς στροφές καί μέ τό εἶδος τοῦ ρεύματος πού διαγαίρει τόν ἐπαγωγέα τους, οἱ ἐναλλακτῆρες ξεχωρίζονται σέ δύο κατηγορίες : 1) Στούς " σύγχρονους " καί 2) Στούς " ἀσύγχρονους " .

Στούς σύγχρονους ἐναλλακτῆρες, ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος πού παράγουν, ἑξαρτᾶται ἀπ' τίς στροφές τους. Τό διεγερτικό τους ρεῦμα εἶναι πάντοτε συγχές .

Στούς ἀσύγχρονους, ἡ συχνότητα τοῦ παραγομένου ρεύματος εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπό τίς στροφές τους καί τό δοσθέν ρεῦμα εἶναι ἀναλλασσόμενο. Τούς ἀσύγχρονους ἐναλλακτῆρες δέν τοὺς χρησιμοποιοῦμε πιά καί γι' αὐτό δέ θά τοὺς ἐξετάσουμε .

Στίς δυναμομηχανές, ὁ ἐπαγωγέας εἶναι σταθερός καί τό ἐπαγωγίμο στρεπτό. Στούς σύγχρονους ἐναλλακτῆρες μπορεῖ ὁ ἐπαγωγέας νά εἶναι σταθερός καί τό ἐπαγωγίμο στρεπτό, μπορεῖ ὅμως νά γίνεται καί τό ἀντίθετο. Πολλές φορές τό στρεπτό μέρος κάθε ἐναλλακτῆρα τό ὀνομάζουν " δρομέα " ἢ " στρεπτό " ἢ " ρότορ " καί στό τό σταθερό, " στάτη " ἢ " στατό " ἢ " στάτορ " .

Σύμφωνα λοιπόν μ' αὐτά, ξεχωρίζουμε τοὺς ἐναλλακτῆρες καί σέ ἄλλες δύο κατηγορίες :

1) Στους έναλλακτηρες, πού έχουν σταθερό τόν επαγωγή και στρεπτό τό επαγωγήμο. Όλοι αυτοί οι έναλλακτηρες είναι μικροί. Οτ έναλλακτηρες αυτοί ονομάζονται και "έν α λ λ α κ τ η ρ ε ς μ ε έ ξ ω τ ε ρ ι κ ο ύ ς π ό λ ο υ ς", γιατί ο επαγωγήας περιβάλλει τό επαγωγήμο.

2) Στους έναλλακτηρες, πού τό επαγωγήμό τους είναι σταθερό και ο επαγωγήας στρεπτός. Σ' αυτή τήν κατηγορία, πού είναι και η σπουδαιότερη, ανήκουν οι έναλλακτηρες με μεγάλη ισχύ. Οι έναλλακτηρες αυτοί παίρνουν και τό όνομα: "έν α λ λ α κ τ η ρ ε ς μ ε έ σ ω τ ε ρ ι κ ο ύ ς π ό λ ο υ ς" γιατί σ' αυτούς τό επαγωγήμο περιβάλλει τόν επαγωγήα.

Στους έναλλακτηρες με σταθερό τό επαγωγήμο παίρνουμε τό ρεύμα από τά σταθερά όρια τους. Τό συνεχές ρεύμα για τή διεγερσή τους στέλνεται στόν περιστερόμενο επαγωγήα με φήχτρας και δύο δαχτυλίους.

Στους έναλλακτηρες με στρεπτό τό επαγωγήμο, τό παραγόμενο ρεύμα παίρνεται με φήχτρας από δακτυλίους, πού ο αριθμός τους εξαρτάται από τό πόσες φάσεις έχουν. Τό διεγερτικό συνεχές ρεύμα στέλνεται στό σταθερό επαγωγήα από σταθερά όρια.

#### Α.- ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΕΣ

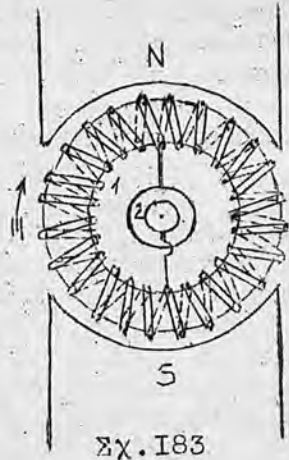
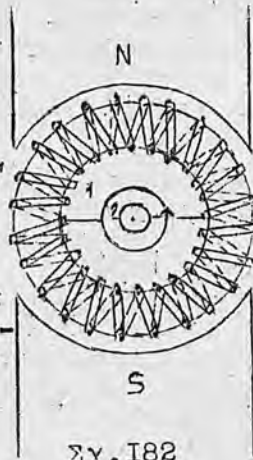
Έναλλακτηρες με έξωτερικούς πόλους%

Πώς γεννιέται η έναλλασσόμενη ή.ε. δύναμη.

Στά προηγούμενα είδαμε, πώς σε μία σπείρα ή σ' ένα πηνίο, πού περιστρέφεται μέσα στό πεδίο ενός επαγωγήα, επάγεται μία έναλλασσόμενη ή.ε. δύναμη. Τό έναλλασσόμενο ρεύμα, πού γεννά αυτή η ή.ε. δύναμη, παίρνεται με φήχτρας από δύο δαχτυλίους.

Στίς πράχτικες όμως εφαρμογές δέν περιορίζομαστε μονάχα σ' ένα πηνίο, αλλά γαμίζουμε όλο τό δαχτυλίο με σπείρας, όπως κάνουμε και, για τό επαγωγήμο μιάς δυναμομηχανής. Το Σχ. 182 δείχνει, χονδρικά φυσικά, πώς είναι καμωμένο τό επαγωγήμο ενός έλαννακτηρα. Ένα τέτοιο επαγωγήμο, επειδή έχει σχήμα δαχτυλίου, λέγεται όπως είδαμε και στά προηγούμενα "δακτυλίο βολιδας επαγωγήμο" και τό τυλίγμα του, "δακτυλίο βολιδας τυλίγμα".

μ α" ἢ τύλιγμα Γράμμ. Οἱ δα-  
 χτύλιοι 1 καὶ 2  
 ενώνονται σὲ  
 δύο σημεῖα τοῦ  
 τυλίγματος, πού  
 βρίσκονται τὸ  
 ἓνα ἀντίκρου στ'  
 ἄλλο. Ἔτσι τὸ  
 τύλιγμα χωρίζε-  
 ται σὲ δύο κλά-  
 δους ενωμένους με-  
 ταξὺ τους παράλ-  
 ληλα. Ὅταν τὰ  
 δύο σημεῖα, ὅπου  
 ενώνονται οἱ  
 δαχτύλιοι, φτάνουν,



μὲ τὴν περιστρο-  
 φῆ τοῦ ἐπαγωγίμου στήν οὐδέτερη γραμμῆ (Σχ. 182), ἡ  
 ἐπαγόμενη στὶς σπαῖρας τοῦ τυλίγματος ἡ.ε. δύναμη  
 παίρνει τὴ μέγιστή της τιμῆ. Ὅλοι οἱ ἐργαζόμενοι  
 ἄγωγοί τοῦ ἑνὸς κλάδου ἐπηρεάζονται ἀπὸ τὸ βόρειο (N)  
 πόλο καὶ ὅλοι οἱ ἐργαζόμενοι ἄγωγοί τοῦ ἄλλου κλά-  
 δου, ἀπὸ τὸ νότιο (S) πόλο. Οἱ ἠλεκτραγεωμετρικὲς λοι-  
 πὸν δυνάμεις, πού ἐπάγονται στοὺς ἄγωγούς καὶ αὐτὸ κλάδου,  
 ἀθροίζονται καὶ τόρεῦμα μαζεύεται ἀπὸ τὴ μιὰ φήχτρα,  
 περνᾶει ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸ κύκλωμα καὶ ἐπιστρέφει στὸ  
 ἐπαγωγίμο ἀπὸ τὴν ἄλλη. Ὅταν πάλι τὰ ἴδια σημεῖα βρε-  
 θοῦν κάτω ἀπὸ τὴ μέση ἀκριβῶς τῶν πόλων (Σχ. 183) ἡ  
 ἡ.ε. δύναμη μηδενίζεται, γιατί οἱ μισοὶ ἐργαζόμενοι  
 ἄγωγοί καὶ αὐτὸ κλάδου ἐπηρεάζονται ἀπὸ τὸ βόρειο πόλο  
 καὶ οἱ ἄλλοι μισοὶ, ἀπὸ τὸ νότιο πόλο. Εἶναι ἀπόμεινο  
 λοιπὸν καὶ οἱ ἡ.ε. δυνάμεις, πού γαννιοῦνται σ' αὐτοὺς  
 νὰ εἶναι ἴσες, καὶ, σὰν ἀντίθετες πού εἶναι, νὰ ἐξου-  
 δετηρῶνται μεταξὺ τους.

Ἡ μεταβολὴ τῆς ἡ.ε. δυνάμεις ἀπὸ τὴ μέγιστή  
 της τιμῆ σὲ μηδενικὴ γίνεται, ὅταν σὲ καὶ αὐτὸ κλάδο  
 τοῦ τυλίγματος, κατὰ τὴν περιστροφή τοῦ ἐπαγωγίμου,  
 ἡ ἐπίδραση τοῦ ἑνὸς πόλου ἐπάνω στοὺς ἄγωγούς τοῦ  
 ἑνὸς κλάδου ἀρχίζει νὰ ἐξουδετερῶνεται σιγά-σιγά ἀπὸ  
 τὴν ἐπίδραση τοῦ ἄλλου πόλου. Ἀντιθέτως, ἡ ἡ.ε. δύ-  
 ναμη αὐξάνει ἀπὸ τὴ μηδενικὴ της τιμῆ ὡς τὴ μέγιστη  
 ὅταν παύει σιγά-σιγά ἡ ἐπίδραση στὸν ἴδιο κλάδο καὶ

τῶν δύο πόλων καὶ μένει μόνη ἡ ἐπίδραση τοῦ ἑνὸς πόλου. Κάθε φορά πού ἡ ἐπαγόμενη στὴ ἐπαγωγή ἡ.ε. δύναμη περνάει ἀπὸ τὴ μηδενικὴ τῆς τιμῆς, δηλαδή σὲ κάθε μιση στροφή, ἀλλάζει καὶ ἡ διεύθυνσή της.

Στὸ σχ. 182 οἱ σπείρες τοῦ ἐπαγωγίμου Γκράμμ εἶναι χωρισμένες σὲ δύο ὁμάδες ἐνωμένες παράλληλα. Οἱ σπείρες ὅμως μποροῦν νὰ συνδεθοῦν καὶ στή σειρά.

Ὅταν οἱ σπείρες ἀποτελοῦν δύο παράλληλα ὁμάδες, τότε ἡ ἡ.ε.δ. τῆς μηχανῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν ἡ.ε.δ. τῆς μιᾶς σπείρας, ἀφοῦ τὴν πολλαπλασιάσουμε μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν σπειρῶν τῆς μιᾶς ὁμάδας.

Ἄν οἱ σπείρες συνδέονται στή σειρά, τότε ἡ ἡ.ε.δ. τῆς μηχανῆς εἶναι ἴση μὲ τὸ γινόμενο τῆς ἡ.ε.δ. τῆς μιᾶς σπείρας ἐπὶ τὸν ἀριθμὸ ὅλων τῶν σπειρῶν.

Ἄν ὁ ἐναλλακτῆρας εἶναι πολυπολικός, ἡ τιμὴ τῆς ἡ.ε.δ. πού ἀναφέραμε παραπάνω, πολλαπλασιάζεται καὶ μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν ζευγαριῶν τῶν πόλων.

Ὅσα εἶπαμε γιὰ τὸ ἐπαγώγιμο Γκράμμ ἐφαρμόζονται καὶ στὸ κυλινδρικό ἐπαγώγιμο. Αὐτὸ ἄλλωστε, μὲ τὰ γνωστά πλεονεκτήματα πού παρουσιάζει σχετικὰ μὲ τὸ ἐπαγώγιμο Γκράμμ, εἶναι καὶ τὸ μόνον πού χρησιμοποιεῖται στοὺς σημερινούς ἐναλλακτῆρας.

Τὸ κυλινδρικό ἐπαγώγιμο μοιάζει στή λειτουργία του ὁλότελα μὲ τὸ ἐπαγώγιμο Γκράμμ; ὅπως εἶδαμε καὶ στὸ κεφάλαιο τῶν δυναμομηχανῶν.

Ἡ διεύθυνση τοῦ ἐπαγωγῆ γίνεται μὲ ρεῦμα συνεχές. Αὐτὸ ρεῦμα τὸ παίρνουμε ἀπὸ μιὰ διεγέρτρια μηχανή ἢ ἀπὸ μιὰ συστοιχία συσσωρευτῶν.

Οἱ ἐναλλακτῆρας μὲ ἐξωτερικούς πόλους δὲ χρησιμοποιοῦνται πολὺ, γιατί δίνουν μικρὴ ἴσχη.

### Γεωμετρικὲς καὶ ἠλεκτρικὲς γωνίαι

Ὅσα εἶπαμε παραπάνω γιὰ τοὺς διπολικούς ἐναλλακτῆρας ἰσχύουν καὶ γιὰ τοὺς πολυπολικούς. Σ' αὐτοὺς ἡ ἡ.ε. δύναμη, πού ἐπάγεται σὲ κάθε ἐργαζόμενο ἀγωγό, συμπληρώνει μιὰν ὁλόκληρη περίοδο, ὅταν ὁ ἀγωγὸς περνῶντας μπροστὰ ἀπὸ ἕνα βόρειο καὶ ἕνα νότιο πόλο, ξαναβρεθεῖ πάλι μπροστὰ στὸν ἐπόμενον βόρειο πόλο.

Στὶς πολυπολικὲς λοιπὸν μηχανές, ἡ ἡ.ε. δύναμη, πού ἐπάγεται σὲ κάθε ἐργαζόμενο ἀγωγό, συμπληρώνει μιὰ περίοδο μόλις ὁ ἀγωγὸς διαγράψει μὲ τὴν



κίνησή του ένα ορισμένο τόξο, πού αντιστοιχεί σ' αρισμένη γεωμετρική γωνία. Η τιμή αυτής της γεωμετρικής γωνίας εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων του επαγωγέα.

"Ας πάρουμε για παράδειγμα πρώτα τον διπολικό έναλλακτήρα του Σχ. 182. Σ' αυτόν, η η.ε.δ. ενός εργαζόμενου άγωγού, για να συμπληρώσει μίαν ολοκληρη περίοδο, πρέπει ο εργαζόμενος αυτός άγωγός να συμπληρώσει, περιστρεφόμενος, 360°, δηλαδή ολοκληρη περιφέρεια.

Σ' έναν τετραπολικό έναλλακτήρα, για να συμπληρωθεί μία περίοδος ο άγωγός θά διαγράψει γωνία 180°

Μία περίοδος όμως μπορεί να χωρισταί, όπως ξέρουμε, σε 360°. Αυτές τις μοίρες, τις ονομάζουμε "ήλεκτρικές μοίρες", για να τις ξεχωρίζουμε από τις μοίρες των γεωμετρικών γωνιών, και τις γωνίας στις οποίες αντιστοιχούν, "ήλεκτρικές γωνίες".

Στόν διπολικό έναλλακτήρα του Σχ. 182 η ηλεκτρική γωνία των 360° (μιά περίοδος) αντιστοιχεί σε γεωμετρική γωνία πάλι 360° ενώ στόν τετραπολικό έναλλακτήρα, η ηλεκτρική γωνία των 360° αντιστοιχεί σε γεωμετρική γωνία 180°.

"Όπως και παραπάνω είπαμε, τό τόξο πού διαγράφει ένας άγωγός, για να συμπληρώσει η η.ε.δ. ή επαγόμενη σ' αυτόν, ολοκληρη περίοδο, δηλαδή 360 ηλεκτρικές μοίρες, εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων.

"Αν με αη παραστήσουμε την ηλεκτρική γωνία, και με p τά ζευγάρια των πόλων, η γεωμετρική γωνία αγ, πού πρέπει να διαγράψει ο εργαζόμενος άγωγός, για να συμπληρώσει η ηλεκτρογενετική του δύναμη μία ηλεκτρική γωνία ίση με αη, βρίσκεται από τον τύπο :

$$\alpha\gamma = \frac{\alpha\eta}{p}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α : Μία μηχανή έχει δύο πόλους, άρα I ζευγάρι πόλους. Η γεωμετρική γωνία α, πού πρέπει να διαγράψει ένας άγωγός του επαγωγίμου της, για να συμπληρωθεί μία ηλεκτρική γωνία ίση με 360 ηλεκτρικές μοίρες, δηλαδή μία ολοκληρη περίοδος, θά είναι :

$$\alpha\gamma = \frac{\alpha\eta}{I} = \frac{360^\circ}{1} = 360^\circ$$

"Αν θάλομε γά βρούμε τή γεωμετρική γωνία  $\alpha_\gamma$  για 180 ηλεκτρικές μοίρες (μιά ήμιπερίοδο) έχουμε !

$$\alpha_\gamma = \frac{180^\circ}{1} = 180^\circ$$

Σ'έναν τετραπολικό έναλλακτήρα ( $p=2$ ), γιάνά συμπληρωθούν 360 ηλεκτρικές μοίρες, πράται ο αγωγός νά διαγράψει γεωμετρική γωνία :

$$\alpha_\gamma = \frac{360}{2} = 180^\circ$$

Γιά 45 ηλεκτρικές μοίρες, ή γεωμετρική γωνία θά είναι :

$$\alpha_\gamma = \frac{\alpha_\eta}{p} = \frac{45}{2} = 22^\circ,5$$

Από τόν τύπο :  $\alpha_\gamma = \frac{\alpha_\eta}{p}$  βγαίνει καί ο όρισμός της ηλεκτρικής γωνίας. "Έτσι, ονομάζουμε " ή λ. ε. κ. τ ρ ι κ ή γ ω ν ί α " τό γινόμενο πού βρίσκουμε πολλαπλασιάζοντας τή γεωμετρική γωνία  $\alpha_\gamma$ , πού σχηματίζουν δύο ακτίνες ενός έναλλακτήρα μέ 2p πόλους, μέ τόν αριθμό p τών ζευγαριών τών πόλων του. Δηλαδή :

$$\alpha_\eta = \alpha_\gamma \times p$$

"Αν σ'έναν τετραπολικό έναλλακτήρα πάρουμε δύο ακτίνες, πού σχηματίζουν γεωμετρική γωνία  $\alpha_\gamma = 90^\circ$ , ή ηλεκτρική γωνία  $\alpha_\eta$  θά είναι :

$$\alpha_\eta = \alpha_\gamma \times p = 90 \times 2 = 180 \text{ ηλεκτρικές μοίρες.}$$

Σ'έναν οχταπολικό έναλλακτήρα ( $p=4$ ) ή ίδια γεωμετρική γωνία τών  $90^\circ$  θ'αντιστοιχεί σε ηλεκτρική γωνία  $\alpha_\eta = 90 \times 4 = 360^\circ$  ηλεκτρικών.

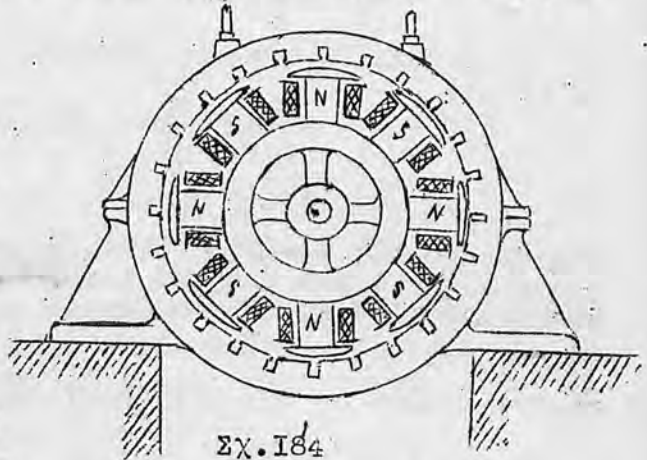
Τά όσα είπαμε παραπάνω ισχύουν καί για τούς έναλλακτήρες μέ έσωτερικούς πόλους, γιατί ή σταθερό είναι τό επαγωγίμο καί ο επαγωγέας στραπτός ή γίνεται τό αντίθετο, τό αποτέλεσμα δέν αλλάζει.

ΕΝ ΑΛΛΑΚΤΗΡΕΣ ΜΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ .

Γενικά γιά τήν κατασκευή τῶν ἐναλλακτῆρων μέ ἐσωτερικούς πόλους.

Στό Σχ.184 μᾶς δ εἶχνεi ἕναν ὀχταπολικό ἐναλλακτῆρα μέ ἐσωτερικούς πόλους. Κάθε ἐναλλακτῆρας αὐτῆς τῆς κατηγορίας ἀπαρτίζεται ἀπό τό στρεπτό ἐπαγωγέα καί ἀπό τό σταθερό ἐπαγώγιμο.

Τό ἐπαγώγιμο βρίσκειται πρὸς τό ἐξωτερικό τοῦ ἐναλλακτῆρα καί ὁ ἐπαγωγέας στρέφεται στό ἐσωτερικό τοῦ ἐπαγώγιμου.



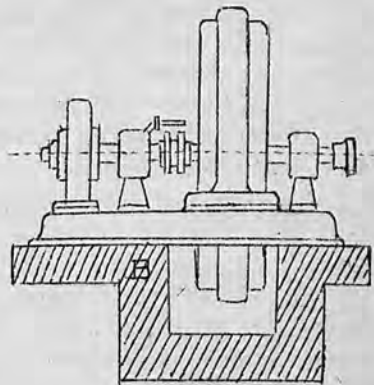
Σχ.184

Ἡ ἐπαγωγέας εἶναι καμμένος ἀπό ἠλεκτρομαγνήτες στερωμένους ἐπ'αὐτὴν τὴν περιφέρεια ἑνὸς μεταλλικοῦ κυλινδρικοῦ σώματος, πού ὁ ἄξονάς του παίρνει τήν περιστροφική του κίνηση ἀπό τὴ μηχανή τοῦ διαθέτουμα (ἀτμομηχανή, βενζινομηχανή, πετρελαιομηχανή, ἀτμοστρόβιλο κτλ.). Ἄν ὁ ἐναλλακτῆρας συνδέεται ἀμέσως ἐπάνω στήν κινητήρια μηχανή, δίνουν στό σῶμα τοῦ ἐπαγωγέα μεγάλο βάρος γιά νά χρησιμεύει καί σά σφόνδουλος.

Οἱ ἠλεκτρομαγνήτες, πού ὁ ἀριθμὸς τους ἀλλάζει ἀπὸ ἐναλλακτῆρα σὲ ἐναλλακτῆρα, εἶναι, ὅπως εἶπαμε, οἱ πόλοι τοῦ ἐπαγωγέα. Τὰ πηνία τους διαρρέονται ἀπὸ τό συναχές ραῦμα πού μᾶς δίνει ἡ διαγέρτρια. Ἡ διεύθυνση πού ἔχει ἡ περιέλιξη στά διαγερτικά πηνία τῶν πόλων εἶναι τέτοια, ὥστε δίπλα σ' ἕνα βόρειο πόλο νά βρισκεται ἕνας νότιος πόλος. Ἔτσι οἱ δυναμικὲς γραμμὲς διακλαδίζονται σὲ δύο ρεῖθρα, γιά νά βροῦν τοὺς δύο γειτονικούς νότιους πόλους. Τό μαγνητικὸ κύκλωμα συμπληρώνεται μέ τό σῶμα τοῦ ἐπαγωγέα.

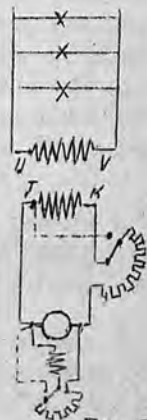
Κάθε ἐναλλακτῆρας μέ ἐσωτερικούς πόλους, πού

ὁ ἑπαγωγέας του ἔχει τοὺς πόλους ἀναλλασσόμενους, λέγεται καὶ "ἔτεροπολικός". Τὸν παλιὸ καὶ ῥό κατασκευάζαν καὶ "ὀμοπολικούς" ἀναλλακτῆρας. Σ' αὐτούς, ὅλοι οἱ βόρειοι πόλοι τοῦ ἑπαγωγέα ἦταν πάνω στὴν ἴδια στεφάνη, ὁ ἄλλος δίπλα στὸν ἄλλο. Μιά ἄλλη στεφάνη, δίπλα στὴν πρώτη, εἶχε ὅλους τοὺς νότιους πόλους καὶ συνδεόταν, μεταλλικά, μέ τὴν στεφάνη τῶν βόρειων πόλων.



Σχ. 185

Στὸ Σχ. 185 μᾶς δαίνει ἄγκατεστημένο ἕναν ἀναλλακτῆρα μέ τὴ διεγέρτρια. Στὸ σχῆμα, τὸ Δ εἶναι ἡ διεγέρτρια ποὺ ἔχει τὸν ἴδιο ἄξονα Α μέ τὸν ἀναλλακτῆρα. Δεξιά ἀπὸ τὴ διεγέρτρια φαίνεται τὸ ἐνα εἶδρανο τοῦ ἄξονα, δεξιόταρα ὁ ἀναλλακτῆρας Ε καὶ τέλος, τὸ ἄλλο εἶδρανο. Ὁλόκληρο τὸ συγκρότημα βρίσκεται βαλμένο ἐπάνω σὲ μιὰ βάση Β ἀπὸ τοῦ μόντοξ.



Σχ. 186

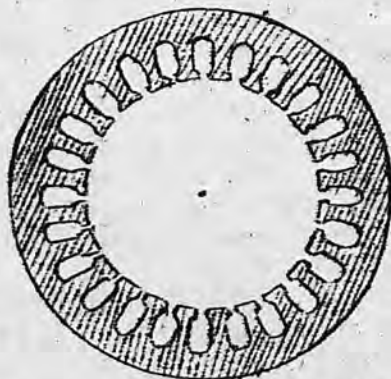
Τὸ σχ. 186 πάλι, μᾶς δαίχνει σὲ ἀπλῆς φυσικά γραμμῆς, τὰ κυκλώματα ἑνὸς μονοφασικοῦ ἀναλλακτῆρα. Τὸ UV εἶναι τὸ τυλίγμα τοῦ ἑπαγωγίμου, ὅπου παράγεται τὸ ἀναλλασσόμενο ρεῦμα. Τὸ IK δαίχνει τὸ τυλίγμα

τοῦ στρεπτοῦ ἑπαγωγέα. Τὰ ἄκρα αὐτοῦ τοῦ τυλίγματος συνδέονται μέ δύο δαχτυλίους, ὅπου ἀκουμπᾶν οἱ φῆχτρες ποὺ φέρνουν τὸ διεγερτικὸ ρεῦμα. Κατω φαίνεται ἡ διεγέρτρια μηχανή. Ἡ ἐνταση τοῦ διεγερτικοῦ ρεύματος, ἄρα καὶ ἡ τάση τοῦ ἀναλλακτῆρα, ρυθμίζονται μέ ροοστάτη. Αὐτὸς περιττεῦται, ἂν ἡ διεγέρτρια ἔχει γιὰ τὴν διέγερσὴ της ἐξαχωριστὸ ροοστάτη, ὅπως φαίνεται ὀρο σχῆμα.

Ἐπειδὴ ὁ ἑπαγωγέας περιστρέφεται σ' αὐτῆς

τίς μηχανές, τό ρεύμα στέλνεται σ' αὐτὸν, ὅπως εἶδαμα μέ τῆ βοήθεια δύο δαχτυλίων καί δύο φηχτρῶν. Αὐτό ὅμως δέν εἶναι δύσκολον, γιατί ἡ ἰσχύ τοῦ ρεύματος τῆς διεγέρσης εἶναι πολὺ μικρὴ σχετικά μέ τὴν ἰσχύ τοῦ ρεύματος τοῦ ἐναλλακτῆρα καί ἐκτός ἀπ' αὐτό, ἡ τάση τῆς διεγέρσης διαλέγεται χαμηλῆ. Δέν ὑπάρχει λοιπόν κανένας φόβος.

Τό ἐπαγωγίμο ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σῶμα σέ σχῆμα μεγάλου δαχτυλίου καμωμένο μέ λαμαρίνες ἀπὸ μαλακό ἄσταλι. Το σῶμα αὐτό ἔχει στήν ἐσωτερική του περιφέρεια αὐλάκια (Σχ. I87) ὅπου μπαίνουν πολλοί μωμμένοι ἀγωγοί. Αὐτοί οἱ ἀγωγοί συνδέονται μεταξύ τους μέ τρόπο πού νά σχηματίζουν πηνία. Ὅλα αὐτά τά πηνία, ἐνωμένα μαζί, ἀποτελοῦν τό τυλίγμα τοῦ ἐπαγωγίμου καί τά ἄκρα τους καταλήγουν στά ἔξωτερικά ὄρια τῆς μηχανῆς.

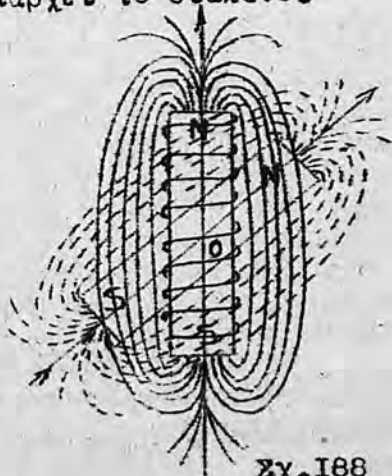


Σχ. I87

Ἡ ἐξωτερική ἐπιφάνεια τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέα καθὼς καί ἡ ἐσωτερική τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι, φυσικά, καμπύλες καί βαλμένες μέ τρόπο πού νά εἶναι ἀκριβῶς ὁμόκεντρες. Μεταξύ τους ὑπάρχει τό διάκενο.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέα καθορίζεται ἀπὸ τὴ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, πού θέλουμε νά πετύχουμε, καί ἀπὸ τὴν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγέα.

Στοὺς ἐναλλακτῆρας μέ στραπτό ἐπαγωγέα, ὅταν ὁ ἐπαγωγέας γυρνᾷ, τό μαγνητικό του πεδίο, πού συνοδεύει τοὺς πόλους του στήν περιστροφή τους, προσβάλλει διαδοχικά τά πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου πού βρίσκονται στερεωμένα στόν δάχτυλιο. Γι' αὐτό,



Σχ. I88



ένας τέτοιος έναλλακτήριος μπορεί να ονομαστέι και  
 "ένάλλακτηριος με στρεφόμεν  
 πεδίο". Στο Σχ. 188 φαίνεται πώς ένας διπολικός  
 επαγωγέας παρασύρει στην περιστροφή του το μαγνητικό  
 του πεδίο. Στο κεφάλαιο των κινήσεων έναλλασσομένου  
 ρεύματος θα δούμε, ότι μπορούμε να δημιουργήσουμε παρό-  
 μοια στρεφόμενα πεδία μονάχα με ρεύμα.

Στις πολύστροφες μηχανές, που ο επαγωγέας τους  
 περιστρέφεται π.χ. με ατμοστρόβιλο, το σώμα του επαγω-  
 γέα δεν παρουσιάζει εσοχές αλλά σχηματίζει ένα κυ-  
 λινδρικό σώμα. Στην περιφέρειά του έχει αυλάκια κι  
 εκεί μέσα βάζουν το τυλίγμα των διεγερτικών πηνίων.

Οι έναλλακτήριες με εσωτερικούς πόλους είναι  
 κατάλληλοι για υψηλές τάσεις, γιατί οι μονώσεις στα  
 ακίνητα πηνία του επαγωγέου βρίσκονται πάντοτε σε κα-  
 λή κατάσταση.

Στά προηγούμενα υποθέσαμε, πώς ο αριθμός των  
 πηνίων του επαγωγέου είναι ίσος με τον αριθμό των  
 πόλων του επαγωγέα. Αυτό όμως δε γίνεται πάντοτε και  
 κανένας λόγος δεν το επιβάλλει. Ο αριθμός των πην-  
 νίων του επαγωγέου μπορεί να είναι πολλαπλάσιο, ή υπο-  
 πολλαπλάσιο του αριθμού των πόλων.

Η συχνότητα του ρεύματος στους  
 εξεταζόμενους έναλλακτήριες.

"Αν ο έναλλακτήριος έχει μονάχα ένα ζευγάρι πό-  
 λους, δηλαδή, ένα βόρειο κι ένα νότιο πόλο (διπολικός  
 τύπος) (Σχ. 188), σε κάθε ολοκληρή στροφή του επαγω-  
 γέα παράγεται, όπως και στους έναλλακτήριες με εξωτερι-  
 κούς πόλους μία μονάχα ολοκληρή έναλλαγή της ροής. Η  
 επαγόμενη λοιπόν στον επαγωγέο η β. δύναμη περνάει  
 από μία μέγιστη θετική κι από μία μέγιστη αρνητική  
 τιμή. Αυτό όμως αντίσταται, όπως έχουμε πιά, δε μία  
 μόνο περίοδο της παραγόμενης η. β. δύναμης. Αν έχουμε  
 δύο ζευγάρια πόλους, αντί ενός, τέσσερες δηλαδή πόλους  
 αντί δύο, πετυχαίνουμε δύο περιόδους σε κάθε στροφή  
 και γενικά, έχουμε τόσες περιόδους σε κάθε στροφή, όσα  
 είναι και τα ζευγάρια των πόλων.

Αν παραστήσουμε με  $p$  τα ζευγάρια των πόλων,  
 ενός έναλλακτήρα και με  $N$  τις στροφές που κάνει ο  
 ένα λεπτό ο επαγωγέας, η συχνότητα του ρεύματος θα εί-  
 ναι

$$f = p \times \frac{N_{\lambda}}{60}$$

Καί σ' αὐτούς λοιπόν τοὺς ἐναλλακτῆρας ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὰ ζευγάρια τῶν πόλων πολλαπλασιασμένα μετὴν περιστροφικὴ ταχύτητα σὲ στροφές στό λεπτό καί διηρημένα μετὸ 60.

"Αν ἔχουμε συχνότητα 50 περιόδων, οἱ περιστροφικὲς ταχύτητες εἶναι οἱ ἀκόλουθες:

Πόλοι	Στροφές στό λεπτό	Πόλοι	Στροφές στό λεπτό
2	3000	14	428,5
4	1500	16	375
6	1000	18	333,33
8	750	20	300
10	600	40	150
12	500	80 κ.ο.κ.	75

Από τόν παραπάνω πίνακα συνάγουμε, πῶς γιὰ τῆ συχνότητα χειρίστη συχνότητα τῶν 50 περιόδων, ἂν ἐξαιρέσουμε τὴν περίπτωση πού ἡ μηχανὴ δουλεύει μετὸ 3000 στροφές στό λεπτό, ὁ ἐπαγωγέας πρέπει νά εἶναι πολυπολικός.

"Ας ξέρουμε, ἐπίσης, πῶς σήμερα κατασκευάζονται ἐναλλακτῆρες καί μὲ 96 ἀκόμη πόλους.

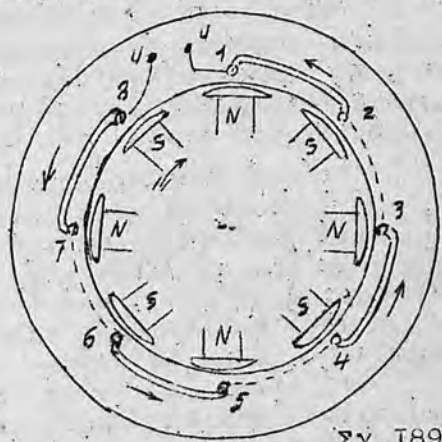
Ἡ περιέλιξη τοῦ ἐπαγωγιμοῦ.

Τό τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγιμοῦ ἐνός ὀχταπολικοῦ μονοφασικοῦ ἐναλλακτῆρα μὲ ἐσωτερικοῦς πόλους φαίνεται στό Σχ. 189. Τό τύλιγμα ἔχει ὅλα τὰ ἐργαζόμενα σύρματά του μέσα σὲ ὀκτώ αὐλάκια. Ἐξ ἑκάθε πόλου λοιπόν, τοῦ ἐπαγωγέα ἀντιστοιχεῖ κι' ἀπὸ ἓνα αὐλάκι. "Ἐτσι ἔχουμε τέσσερα πηνία. Ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν στό καθένα, ἀπὸ τὰ πηνία 1-2, 3-4, 5-6 καί 7-8, εἶναι ὅσον καί ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐργαζομένων συρμάτων ἐκάθε αὐλακιοῦ.

Σύμφωνα μὲ τὴ διεύθυνση τῆς περιστροφῆς τοῦ στραπτοῦ ἐπαγωγέα, πού δείχνει τὸ βέλος, ἡ ἠ.σ. δύναμη, ἡ ἐπαγόμενη στά σύρματα, καὶ ἐπηρεάζονται ἀπὸ βόρειο πόλο, διευσθύνεται ἀπὸ μᾶς πρὸς τὴ σελίδα (συνεπὸς) ἐνῶ στά ἐπηρεαζόμενα ἀπὸ νότιο πόλο, ἀπὸ τὴ σελίδα πρὸς ἡμᾶς (ταλῆα).

2) Τῆ διεύθυνση τῆς ἡ-ε δύναμης σὲ κάθε σύρμα  
μποροῦμα νὰ τῆ βρούμε εφαπτόζοντας καὶ τὸν κῶνα τῆς  
παλάμης τοῦ δεξιοῦ χεριοῦ, ἀρκεὶ νὰ υποθέσουμε, πῶς,  
ἀντὶ νὰ στρέφεται ὁ  
ἐπαγωγέας ὅπως δείχνει

τὸ βέλος, τὰ σύρματα  
περνοῦν μπροστὰ ἀπὸ  
τοὺς πόλους τοῦ ἐπα-  
γωγέα, κινούμενα με-  
διεύθυνση ἀντίθετη  
ἀπὸ τῆ διεύθυνση τῆς  
περιστροφῆς του. Οἱ  
ἡ-ε δυνάμεις ὅλων  
τῶν ἐργαζομένων συρ-  
μάτων κάθε πηνίου  
ἄθροίζονται.



Σχ. 189

2) Τὰ διάφορα  
πηνία πρέπει νὰ ἐνώ-  
νονται ἔτσι, μεταξύ

τους, ὥστε οἱ ἠλεκτρεγερτικὲς τοῦ δυνάμεις ν' ἄθροί-  
ζονται ἐπίσης. Τὰ ἐνώνουμε λοιπὸν ὅλα τὸ ἀνα ὑστερα  
ἀπὸ τὸ ἄλλο, δηλαδὴ ὅλα στῆ σειρά. Τότε ἡ ὅλική ἡ-ε.δ.  
τοῦ ἐναλλακτῆρα εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἡ-ε.δ.  
τῶν πηνίων. Μποροῦμα ὅμως νὰ συνδέσουμε τὰ πη-  
νία καὶ παράλληλα. Τότε ἡ ἡ-ε.δ. τοῦ ἐναλλακτῆρα εἶ-  
ναι ἴση μὲ τὴν ἡ-ε.δ. τοῦ ἐνός μονάχα πηνίου.

Ἡ μέγιστη τιμὴ τῆς ἡ-ε δύναμης πετυχαίνεται,  
ὅταν οἱ πόλοι ἔρχονται μὲ τὴν περιστροφή τοῦ ἐπιγω-  
γέα, κατὰ ἀκριβῶς ἀπὸ τὰ αὐλάκια, ὅπως δειχνεὶ τὸ  
σχήμα καὶ ἡ μηδενικὴ τῆς τιμῆ, ὅταν οἱ πόλοι φτάνουν  
στὴ μέση τῶν πηνίων, ἀνάμεσα δηλαδὴ σὲ δύο αὐλάκια.

Τὰ πηνία ἐνώνονται μεταξύ τους καὶ μὲ τὰ  
ὄρια U, αὐ V, που δίνουν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸ κύ-  
κλωμα. Ἡ διεύθυνση ποῦ ἔχει, μίαν ὀρισμένη στιγμή, τὸ  
ρεῦμα δείχνεται εἰς τὸ σχῆμα μὲ μικρὰ βέλη.

Β. ΔΙΦΑΣΙΚΟΙ ΕΝΑΚΛΑΚΤΗΡΕΣ

Γιατὶ χρῆσιμοποιοῦμα πολυφασικὰ ρεῦματα

Τὰ μονοφασικὰ ρεῦματα, ποῦ μελετήσαμε ὡς τώρα,  
δέν μποροῦν νὰ χρῆσιμοποιηθῶν σὲ ὅλες τῖς ἐφαρμογὰς.  
Αὐτὰ εἶναι κατὰλληλα γιὰ τὸν φωτισμὸ, δέν κάνουν ὅμως

γιά τήν τροφοδότηση ηλεκτροκινητήρων. Ὑπάρχουν βέβαια καί κινητήρες σύγχρονοι, ἀσύγχρονοι ἢ καί μέ συλλέχτη, που λειτουργοῦν μέ τέτοια ρεύματα, αὐτοί ὅμως, ὅπως θά δοῦμε στό σχετικό κεφάλαιο, παρουσιάζουν στήν πράξη σημαντικές δυσκολίες. Καί ὅπως καταλαβαίνουμε, ἡ χρησιμοποίηση τέτοιων ρευμάτων μονάχα γιά τό φωτισμό δέν εἶναι ἀρκετή γιά ν' ἀνταποκριθοῦν οἱ ἐπιχειρήσεις στό ἔξοδα τῆς παραγωγῆς τους.

Γιά νά συμπληρώσουν λοιπόν οἱ τεχνικοί τό κενό, πού ἀφίνουν τά μονοφασικά ρεύματα, δημιούργησαν τά διφασικά καί τά τριφασικά ρεύματα. Τό σπουδαιότερο ὅμως ἀπ' ὅλα τά πλεονεκτήματα πού παρουσιάζουν τά πολυφασικά ρεύματα, καί ἰδιαίτερα τά τριφασικά, εἶναι ἡ μεγάλη οἰκονομία χαλκοῦ πού πετυχαίνουμε στή διανομή τους, ὅπως θά δοῦμε στό σχετικό κεφάλαιο.

Τί εἶναι ὅμως αὐτά τά πολυφασικά ρεύματα; Ἀπλούστατα: Ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς ἴδιας συχνότητος καί ὁμοια σέ ὅλα μ' αὐτά πού ἐξετάσαμε ὡς τώρα, πού παράγονται ὅμως τό καθένα σέ ξεχωριστό τυλίγμα καί δ' εἰς βρίσκονται μεταξύ τους σέ φάση.

"Ἄν ἔχουμε δύο μονάχα ρεύματα, μεταχρονισμένα τό ένα σχετικά μέ τ' ἄλλο κατά  $90^\circ$  ηλεκτρικές, τά ρεύματα αὐτά λέγονται "διφασικά". Ἄν ἔχουμε τρία ρεύματα, μεταχρονισμένα μεταξύ τους κατά  $120^\circ$  ηλεκτρικές, τά ρεύματα αὐτά λέγονται τότε "τριφασικά".

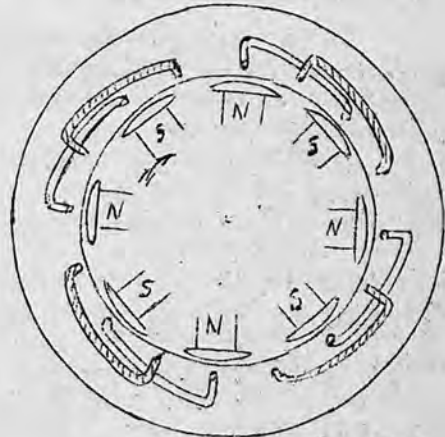
Πῶς παράγονται τά διφασικά ρεύματα.

Σ' ἕνα μονοφασικό ἐναλλακτήρα, ὁ χώρος πού περικλείεται ἀπό τά πηνία τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγίμου καί ὁ χώρος πού χωρίζει τά ἴδια τά πηνία (Σχ. 189) μένει ἀχρησιμοποίητος. Τίποτε δέν μᾶς ἐμποδίζει λοιπόν νά τυλίξουμε μέσα σ' αὐτούς τούς χώρους καί ἄλλα πηνία (Σχ. 190 πηνία μέ γραμμοῦλας) ὁμοια σέ ὅλα μέ τά πρῶτα πηνία καί νά κάνουμε ἕνα νέο τυλίγμα ὁμοιο μέ τό πρῶτο καί ὁλότλα ξεχωριστό ἀπ' αὐτό. Το δεύτερο αὐτό τυλίγμα καταλήγει σέ δύο ξεχωριστά ἐπίσης ὄρια.

Ὅπως βλέπουμε, τά δύο τυλίγματα ἀποτελοῦν τίς δύο φάσεις τοῦ διφασικοῦ ἐναλλακτήρα. Ἡ ἀπόσταση, πού χωρίζει τήν ἀρχή τῆς μιᾶς φάσης ἀπό τήν ἀρχή τῆς ἄλλης, εἶναι ἴση μέ τήν μισή ἀπόσταση πού χωρίζει

δύο πόλους, δηλαδή ίση με 90° ηλεκτρικής. Κι' αλήθεια: Τίς δύο φάσεις τίς χωρίζει, όπως φαίνεται από το σχήμα, μία γεωμετρική γωνία 22°,5. Αυτή όμως αντιστοιχεί, επειδή ο έναλλακτήρας έχει 4 ζευγάρια πόλους, σε ηλεκτρική γωνία  $\alpha_{\eta} = \alpha_{\chi\rho} = 22,5 \times 4 = 90^\circ$  ηλεκτρικές.

“Ας γυρίσουμε όμως στον έναλλακτήρα μας. Αυτός αντιπροσωπείται, αφού έχει ένα έπαγωγίμο με δύο ξεχωριστές φάσεις, δύο μονοφασικούς έναλλακτήρες, που έχουν και ανά μονάχα τον πυρήνα του έπαγωγίμου και τον έπαγωγέα.



Σχ. 190

Όταν οι πόλοι περνούν μπροστά από τα έρχαζόμενα τμήματα των πηνίων της πρώτης φάσης (λευκά πηνία) τα έρχαζόμενα τμήματα των πηνίων της δεύτερης φάσης (γκρίζα πηνία) βρίσκονται ανάμεσα σε δύο έτερώνυμους πόλους. Η ή.ε.δ. λοιπόν που γεννιέται στα πρώτα πηνία, προπορεύεται κατά 90° από την ή.ε.σ των πηνίων της δεύτερης φάσης.

Τό ίδιο γίνεται και με τα ρεύματα που γεννιέται απ' αυτές τίς δύο ή.ε.σ δυνάμεις στα δύο ξεχωριστά κυκλώματα, που θα σχηματίσουμε, αν φωνάσουμε στα όρια κάθε φάσης έξωτερικες αντίστασεις, φτάνει οι ηλεκτρικές σταθερές (ωμική και έπαγωγική αντίσταση των δύο κυκλωμάτων να είναι ίσες. Μία τέτοια μηχανή λέγεται “διφασικός έναλλακτήρας”.

Ο διφασικός έναλλακτήρας παρουσιάζει τό ακόλουθο άμωσο πλεονέκτημα: Μπορεί να μάς δώσει ισχύ διπλάσια από την ισχύ που δίνει ένας μονοφασικός έναλλακτήρας με τίς ίδιες διαστάσεις, γιατί μπορεί να τροφοδοτήσει ταυτόχρονα δύο κυκλώματα.

Τό αποτέλεσμα αυτό πατυχαίνουμε φοδεύοντας μονάχα τό χαλκό που χρειάζεται για την κατασκευή του δεύτερου τυλίγματος. Όπως είναι επόμενο, και ή μη-



χανή, πού θά κινήσαι ένα διφασικό έναλλακτήρα, πρέπει νά έχει διπλάσια ισχύ από τή μηχανή πού κινεί ένα μονοφασικό έναλλακτήρα μέ ισχύ, όση καί ή ισχύ τής μίας φάσης του διφασικού.

### Γ.- ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

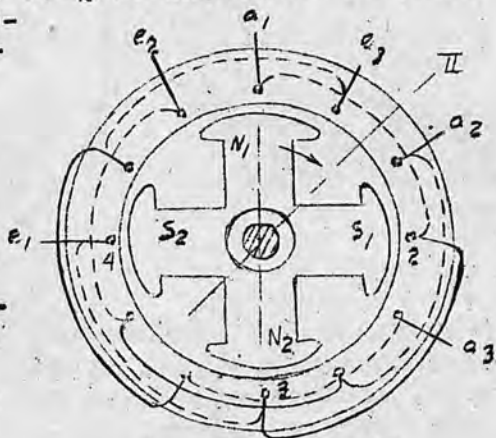
Πώς παράγονται τά τριφασικά ρεύματα.

Ένας τριφασικός έναλλακτήρας έχει τρεις φάσεις (δηλαδή τρία ανεξάρτητα τυλίγματα) τυλιγμένες στο σταθερό επαγωγίμο μέ μεταχρονισμό 120 ηλεκτρικών μοιρών μεταξύ τους.

Στό σχήμα Ι91 δείχνει πώς είναι ένωμένοι μεταξύ τους οι έργαζοιμοί άγωγοί κάθε φάσης ενός τετραπολικού έναλλακτήρα.

Τά όρια  $\alpha_1, \alpha_2$  καί  $\alpha_3$  αποτελούν τίς άρχές των φάσεων καί τά όρια  $e_1, e_2, e_3$ , τά αντίστοιχα τέρματά τους.

Όπως καί από τό σχήμα Ι91 φαίνεται ή άρχή  $\alpha_1$  τής πρώτης φάσης, απέχει από τήν άρχή  $\alpha_2$  τής δεύτερης φάσης 60 γεωμετρικές μοίρες. Η άρχή, πάλι,  $\alpha_3$  τής τρίτης φάσης απέχει από τήν άρχή  $\alpha_2$  τής δεύτερης φάσης, άλλες 60 γεωμετρικές μοίρες. Ο άπαγωγέας όμως έχει 4 πόλους ( $p=2$ ). Άρα αυτές οι 60 γεωμετρικές μοίρες αντιστοιχούν σε :  $60 \times 2 = 120^\circ$  ηλεκτρικές. Επομένως ή μία φάση διαφέρει από τήν άλλη κατά 120 ηλεκτρικές μοίρες.



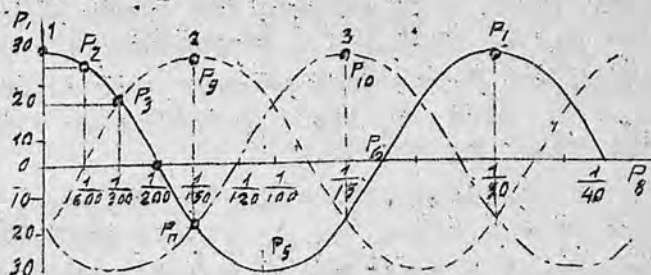
Σχ. Ι91

Οι ηλεκτρομαγνητικές λοιπόν, δυ νάμεις (καθώς καί τά ρεύματα) πού επάγονται στις τρεις φάσεις θά είναι μεταχρονισμένες μεταξύ τους κατά  $120^\circ$ . Αν θά λήσουμε νά παραστήσουμε μέ καμπύλες τίς τρεις ή, α. δυνάμεις, πού επάγονται στις τρεις φάσεις του έναλλακτήρα του Σχ. Ι91 παίρνουμε τό Σχ. Ι92. Σ αυτό, ο άξονας  $OP_8$  των τετμημένων δείχνει τόν χρόνο σε δευτε-

...

ρόλεπτα και ο άξων  $OP_I$

των τεταγ-  
μένων, τις  
τιμές της ή-ε.  
ε. δύναμης.  
Στό παρά-  
δειγμα που  
φέρουμε, υπο-  
θέτουμε πως  
η μέγιστη  
τιμή της ή-  
παγόμενης



Σχ. 192

σε κάθε φάση ή-ε. δύναμης είναι 30 βόλτ.

"Αν ο έναλλακτήρας κάμνει 100 έναλλαγές στο  
δευτερόλεπτο ( $f = 50$  περιόδους και  $T = \frac{1}{50}$  του  $I$ )  
κάθε έναλλαγή διαρκεί  $I/100$  του  $I$ "

Στό Σχ. 192, έτσι όπως είναι ο έπαγωγέας,  
έπαγει στον εργαζόμενο άγωγό  $I$  της πρώτης φάσης  
 $\alpha_I$   $e_I$  τή μέγιστη ή-ε. δύναμη, δηλαδή σύμφωνα μέ τήν  
υπόθεση που κάναμε, 30 βόλτ. Η τιμή αυτή δείχνεται  
στό Σχ. 192 μέ τό  $P_1$ . Υστερα από  $I/100$  του  $I$  η  
ή-ε.δ. αλλάζει διεύθυνση και φτάνει τή μέγιστη άρ-  
νητική της τιμή. Αυτή δείχνεται μέ τό  $P_2$ . Στή μέ-  
ση των δύο μέγιστων τιμών, δηλαδή σε  $I/200$  του  $I$ ,  
ή ή-ε.δ. είναι μηδενική. Σ' αυτήν αντίστοιχαί τό  
 $P_3$ . Από τό  $P_1$  ως στό  $P_4$  ή ή-ε.δ. μικραίνει, όπως  
δείχνει ή καμπύλη. Από τό  $P_4$  ως τό  $P_5$  αρχίζει πάλι  
ν' αύξάνει, αλλά ή διεύθυνσή της είναι αντίθετη από  
τή διεύθυνση που είχε στήν προηνούμενη έναλλαγή.  
Στό  $P_5$  φτάνει, όπως είδαμε, τή μέγιστη άρνητική τι-  
μή της και από τό  $P_5$  ως τό  $P_6$  μικραίνει, για νά μη-  
δενιστεί πάλι στό  $P_6$ . Υστερα αύξάνει πάλι ως τό  
 $P_7$  κ.ο.κ.

Τή στιγμή, που ή ή-ε.δ. στον άγωγό  $I$  έχει  
τή μέγιστή της τιμή ο έπαγωγέας, βρ σμαται στή θέ-  
ση που δείχνει τό Σχ. 191 έχει δηλαδή τόν πόλο του  
 $N_I$  κάτω ακριβώς από τόν άγωγό  $I$ . Για νά πάρει ή ή-ε.δ.

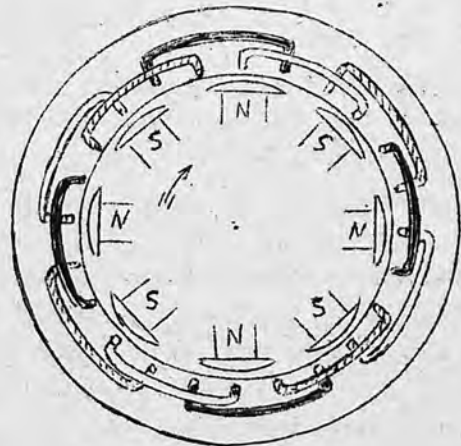
στον άγωγό I τή μηδειακή της τμή, πού άντιστοιχαεϊ στο P<sub>4</sub>, θά πεϊν πώς ο έπαγωγέας γύρισα τόσο, ώστε ο πόλος του N<sub>I</sub> νά έχει φτάσει στη γραμμή II (Σχ. 191)

Τότε ο άγωγός I βρϊσκειται στη μέση ακριβώς των πόλων N<sub>I</sub> και S<sub>2</sub>.

Ο έπαγωγέας όμως εξακολουθεϊ νά περιστρέφεται και ο πόλος του N<sub>I</sub> φτάνει μπροστά στον έργαζόμενο άγωγό α<sub>2</sub> πού εϊναι ή αρχή της δεύτερης φάσης α<sub>2</sub> e<sub>2</sub>. Σ' αυτόν λοιπόν, έπάγεται τώρα ή μέγιστη ή.ε. δύναμη των 30 βόλτ. Ο χρόνος πού πάρασα για νά έρθει ο πόλος N<sub>I</sub> από τον άγωγό I στον άγωγό α<sub>2</sub> εϊναι 2/3 του  $\frac{I}{100}$  του I', δηλαδή  $\frac{I}{150}$  του I''. Το P<sub>9</sub> του Σχ. 192 άντιστοιχαεϊ στην ή.ε. δύναμη πού έπάγεται αυτήν τή στιγμή στον α<sub>2</sub>

Τήν ίδια όμως στιγμή, ο πόλος S<sub>2</sub>, πλησιάζει τον άγωγό I και έπάγει σ' αυτόν ή ε.δ.

πού έπάγεται στον άγωγό α<sub>2</sub>. Η τιμή της έπαγόμενης τώρα στον άγωγό I ή.ε. δύναμης δείχναται στο Σχ. 192 μέ τό P<sub>II</sub>. Επειδή όμως ο έπαγωγέας εξακολουθεϊ νά περιστρέφεται και ο πόλος του S<sub>2</sub> πλησιάζει όσο πάει και περισσότερο τον άγωγό I, ή ή.ε.δ. σ' αυτόν όσο πάει κι αύξάνει, ενώ ή ή.ε.δ. στον άγωγό α<sub>2</sub>, από τον οποϊο απομακρύνεται ο πόλος N<sub>I</sub>, όσο πάει και μικραίνει.



Σχ. 193

Στό Σχ. 193 επίσης φαίνεται τό σταθερό έπαγωγίμο και ο στραπτός όχταπολικός έπαγωγέας ενός τριφασιακού έναλλακτήρα.

Γιὰ μεγαλύτερη σαφήνεια ἡ φάση I σχεδιάστη-  
κε λευκῆ, ἡ φάση II γκριζα καὶ ἡ φάση III, μαύρη.

Στὸν ὀχταπολικὸ αὐτὸν ἐναλλακτῆρα, ἡ ἠλεκτρι-  
κὴ γωνία τῶν  $120^\circ$  πού χωρίζει τίς ἀρχές τῶν φάσεων  
μεταξύ τους, ἀντιστοιχεῖ σὲ γεωμετρικὴ γωνία :

$$\frac{120}{4} = 30^\circ, \text{ ὅπως φαίνεται ἄλλωστε καὶ ἀπὸ τὸ Σχ. 193}$$

Στὸ ἴδιο σχῆμα βλέπουμε, πῶς σὲ κάθε πόλο ἀν-  
τιστοιχεῖ κι' ἀπὸ ἓνα αὐλάκι γιὰ κάθε φάση. Σὲ κάθε  
αὐλάκι βρίσκεται ὄχι μονάχα ἓνας, ἀλλὰ πολλοὶ ἀγωγοί.  
Αὐτοί, μὲ τοὺς ἀγωγούς τοῦ ἄλλου αὐλακιοῦ τῆς ἴδιας  
φάσης, ἀποτελοῦν τὸ πηνίο τῆς φάσης.

Τίς περισσότερες ὅμως φορές, οἱ ἀγωγοὶ κάθε  
φάσης μοιράζονται σὲ πολλὰ αὐλάκια κατὰ πόλο.

Τὰ πηνία κάθε φάσης συνδέονται μεταξύ τους  
ὡς νὰ θέλομε νὰ σχηματίσουμε τρεῖς μονοφασικοὺς ἐναλ-  
λακτῆρες. Ἔτσι σχηματίζονται οἱ τρεῖς φάσεις, πού  
οἱ ἀκρες τους καταλήγουν σὲ ἕξη ξεχωριστὰ ὄρια ἢ σὲ  
τέσσαρα ἢ σὲ τρία μονάχα, ὅπως θὰ δούμε παρακάτω.

Ἀπ' ὅλα τὰ παραπάνω βγαίνεθ τὸ συμπέρασμα,  
πῶς, καὶ στὴν περίπτωσιν τῶν τριφασικῶν ἐναλλακτῆρων,  
ἔχουμε σ' ἓναν τέτοιο ἐναλλακτῆρα τρεῖς ξεχωριστοὺς  
μονοφασικοὺς ἐναλλακτῆρες, πού τὰ μόνα ἀνεξάρτητά τους  
εἶναι οἱ φάσεις τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ σκελετὸς τοῦ ἐναλ-  
λακτῆρα καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου του, καθὼς καὶ ὁλοκληρὸς  
ὁ ἐπαγωγέας, εἶναι κοινά.

Τὰ πλεονεκτήματα τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος σχε-  
τικὰ μὲ τὸ μονοφασικὸ βρίσκονται στὴν κατασκευὴ τῶν  
μηχανῶν πού τὸ παράγουν καί, κυρίως, στὰ δίκτυα πού  
τὸ μοιράζουν στὴν κατανάλωσιν.

Ἐ'αὐτὰ μπορούμε νὰ σταίλιμα στὴν κατανάλωσιν,  
ὅπως θὰ ποῦμε παρακάτω, τὴν τριπλάσια ἰσχύ μὲ τρεῖς  
μογάχα ἀγωγούς, ἀντὶ μὲ ἕξη. Ἄν προσθέσουμε λοιπὸν  
σ' ἓνα δίκτυο μονοφασικοῦ ρεύματος ἓναν ἀκόμη ἀγωγὸ μπο-  
ρούμε νὰ μοιράσουμε τριπλάσια ἰσχύ, φτάνει νὰ βάλουμε  
στὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς ἓνα τριφασικὸ ἐναλλακτῆρα.  
Εἶναι εὐνόητα φυσικὰ, πῶς σ' αὐτὴ τὴν περίπτωσιν πρὸς εἰ  
καὶ ἡ κινητήρια μηχανὴ τοῦ τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρα  
νά εἶναι ἐπίσης ὑπολογισμένη γιὰ τὴν μεγαλύτερη ἰσχύ  
πού θέλομε νὰ διανεῖμουμε.

Διανομή του τριφασικού ρεύματος.

Με τόρσυμα των τριών φάσεων ενός τριφασικού έναλλακτηρα μπορούμε νά τροφοδοτήσουμε τρία ξεχωριστά κυκλώματα.

Τους άγωγούς αυτών των κυκλωμάτων τους άνω-  
με στά όρια :  $a_1 e_1, a_2 e_2, a_3 e_3$  (Σχ.Ι91)

Ένα τέτοιο σύστημα διανομής δέν παρουσιάζει ,  
όπως καταλαβαίνουμε , κανένα πλεονεκτημα σχετικά μέ  
την διανομή του μονοφασικού ρεύματος . Μπορούμε , όμως ,  
ν' αποδείξουμε άμέσως , πώς για τή διανομή του τριφα-  
σικού ρεύματος , άρκούν εμονάχα τρεις άγωγοί , αντί έξι .

Ο καθένας μας μπορεί νά καταλάβει εύκολα τί μεγάλη  
οικονομία γίνεται στην κατασκευή τέτοιων δικτύων .

Η ακόλουθη σχέση μάς δίνει μίαν ιδέα γι' αυτήν :

$$\frac{3 \text{ άγωγοί}}{6 \text{ άγωγοί}} = \frac{I + I + I}{I + I + I + I + I + I} = \frac{3}{6} = 0,5$$

"Αν προσέξουμε τό Σχ.Ι92 πού παρουσιάζει τίς  
ήμιτονοειδικές καμπύλες των τριών ή .ε . δυνάμεων (ή των  
τριών ρευμάτων) των μεταχρονισμένων μεταξύ τους κατά  
 $I/3$  τής περιόδου , βλέπουμε , πώς κάθε στιγμή τό άθροι-  
σμα των τριών ή .ε . δυνάμεων είναι ίσο μέ μηδέν .

Όταν π.χ. ή ή .ε . δ. τής φάσης I είναι μέγιστη  
θετική , οί ή .ε . δ. δυνάμεις των δύο άλλων φάσεων 2 και  
3 είναι άρνητικές και έχουν για τιμή , ή καθεμιά τους  
τή μισή τιμή τής πρώτης . "Αν , δηλαδή , ή μέγιστη θετι-  
κή τιμή τής πρώτης είναι + 30 βόλτ , όπως στό Σχ. Ι92  
ή τιμή τής καθεμιάς από τίς άλλες δύο είναι : -15 .  
Τό άθροισμα τους λοιπόν είναι :

$$+ 30 - 15 - 15 = 0$$

Τό ίδιο γίνεται και όταν οί ή .ε . δ. δυνάμεις των  
φάσεων 1,2 και 3 πεινούν από όλες τίς άλλες ένδιάμε-  
σες τιμές .

Καί τά ρεύματα , όμως , πού γαννοϋν αυτές οί ή .ε .  
δυνάμεις , μπορούν επίσης νά παρασταθοϋν μέ τίς ίδιες  
καμπύλες . "Ετσι , και τό άθροισμα των ρευμάτων ενός τρι-  
φασικού έναλλακτηρα είναι πάντοτε , για κάθε στιγμή ,  
ίσο μέ τό μηδέν .



Είναι ευνόητο, φυσικά, πώς, για να έχουμε άθροισμα ίσο με μηδέν, πρέπει οι ή.ε. δυνάμεις να είναι μεταξύ τους ολόκληρα ίσες. Αυτό πατυχαίνεται κάνοντας ολόιδες ακριβώς τις τρεις φάσεις του έναλλακτήρα.

Επίσης και τά ρεύματα, πρέπει, για να έχουμε πάλι άθροισμα ίσο με τό μηδέν, να είναι ίσα μεταξύ τους. Αυτό γίνεται, όταν και οι τρεις φάσεις έχουν τά ίδια φορτία. Τά εργοστάσια τής παραγωγής φροντίζουν να εξασφαλίζουν πάντοτε και όσο μπορούν τήν ισότητα των φορτίων.

Αφού, λοιπόν, όπως είδαμε τό άθρόισμα των τάσεων ή και των ρευμάτων ανός τριφασικού έναλλακτήρα είναι, κάθε στιγμή, ίσο με τό μηδέν, μπορούμε να συνδέσουμε τις φάσεις του έναλλακτήρα κατά τρόπο πού τελικά, να ξεκινούν απ' αυτόν τρεις μονάχα άγωγοί και όχι άξη. Καί ανάλογα μέτόν τρόπο πού συνδέουμε τις φάσεις πού έναλλακτήρα, ξεχωρίζουμε τις συνδέσεις του σε δύο είδη, πού εξετάζουμε άμέσως παρακάτω.

### Σύνδεση άστέρρα.

"Ας δοῦμε τό Σχ. 194 πού περισταίνει συμβολικά τις τρεις φάσεις με τους άξη άγωγούς. Για να έχουμε μονάχα τρεις άγωγούς, αρκεί να συνδέσουμε μεταξύ τους τά τέρματα  $e_1, e_2, e_3$ , των τριών φάσεων, όπως δείχεται τό Σχ. 195, και να βγάλουμε τους τρεις άγωγούς  $e_1IV, e_3VI$  και  $e_2V$  πού δέ χρειάζονται πιά.

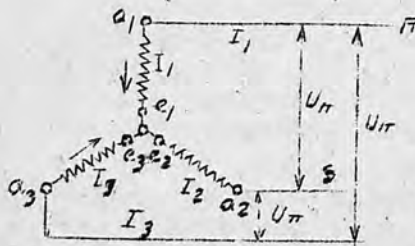


Σχ. 194

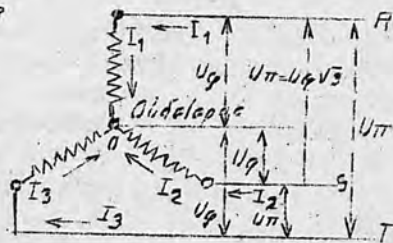
Τά τρία ρεύματα  $I_1, I_2$  και  $I_3$ , πού θά κυκλοφορούσαν σ' αυτούς τους άγωγούς, αν τους κρατούσαμε ενωμένους φτό κοινό σημείο O των τριών τεματίων, θά είχαν για άθροισμα, όπως είδαμε, σε κάθε στιγμή, μία τιμή ίση με τό μηδέν. Επομένως είναι περιττοί και κάνουμε πολύ καλά πού τους άφαιρούμε.

"Αν όμως οι τρεις φάσεις δέν είναι φορτωμένες όμοιόμορφα, πρέπει να συνδέσουμε στο σημείο O; όπου ενώνονται τά τέρματα των τριών φάσεων, έναν

τέταρτο άγωγό, όπως δ εϊχνει τό Σχ. Ι96. Αύτός θα διαρρέεται από ένα ρεύμα Ι, πού στο άνισο φόρτωμα τών φάσεων δέ θα είναι, φυσικά, ίσο μέ μηδέν. Ο τέταρ-



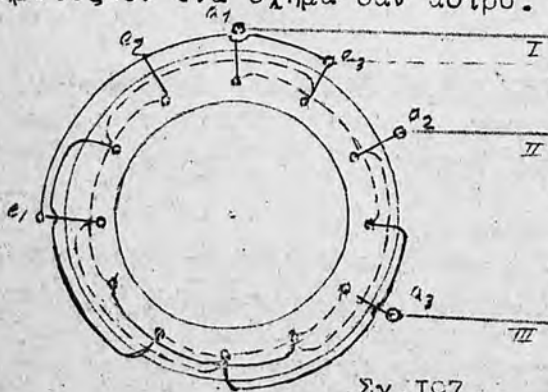
Σχ. Ι95



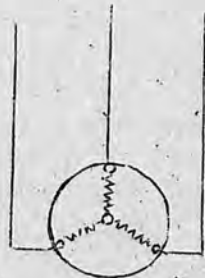
Σχ. Ι96

τος αυτός άγωγός λέγεται " κοινός" ή " ο ύ δ έ τ ε ρ ο ς". Οί τρεις άγωγοί, πού ξεκινούν από τίς αρχές τών φάσεων, παίρνουν τά γράμματα R, S, T, και ονομάζονται κι αυτοί από τούς τεχνικούς " φ ά σ ε ι ς". Οί λάμπες συνδέονται τώρα από τό ένα μέρος, σε μιά από τίς τρεις φάσεις και από τό άλλο, στον ούδάτερο. Οί τριφασικοί κινητήρες, όμως, πάντοτε σ τίς φάσεις.

Αυτή η σύνδεση λέγεται " σ ύ ν δ ε σ η ά σ τ έ ρ α." γιατί οί φάσεις, συνδεδεμένες μεταξύ τους, σχηματίζουν ένα σχήμα σαν άστρο. Τό Σχ. Ι97 δαίχνει



Σχ. Ι97



Σχ. Ι98

έναν έναλλακτήρα μέ σύνδεση άστέρα. Όπως βλέπουμε, από τίς αρχές τών φάσεων  $\alpha_1, \alpha_2$  και  $\alpha_3$  ξεκινά κι από ένας άγωγός (I, II, III), ενώ τά τέρματα τών φάσεων

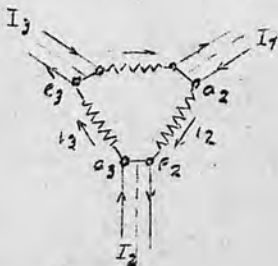
$e_1, e_2$  και  $e_3$  συνδέονται όλα μαζί. Ο άγωγός που ξεκινά από το  $e_3$  και σχεδιάστηκε με γραμμούλες, είναι οδύτερος. Τη σύνδεση άστρα την παριστάνουμε και με το σύμβολο  $\lambda$ .

Τό σχ. 198 μάς δείχνει πώς σχεδάζουμε συμβολικά ένα τριφασικό έναλλακτήρα με σύνδεση άστρα.

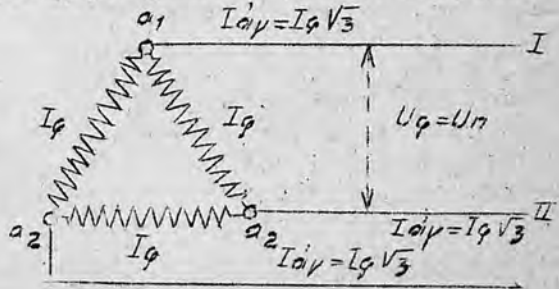
Σύνδεση τριγώνου.

Μπορούμε όμως να συνδέσουμε τις φάσεις του τριφασικού έναλλακτήρα και με άλλο τρόπο, τόν ακόλουθο :

Τό σχ. 199 δείχνει, πάλι, τις τρεις φάσεις με τους έξι άγωγούς. Στις φάσεις και στους άγωγούς ρέουν, όπως φαίνεται στο σχήμα, τα στιγμιαία ρεύματα.



Σχ. 199



Σχ. 200

Επειδή τό άθροισμα των ή.ε. δυνάμεων, που επάγονται στις τρεις φάσεις, είναι σε κάθε στιγμή ίσο με τό μηδέν, μπορούμε να ανώσουμε τά όρια των φάσεων μεταξύ τους. Έτσι τό όριο  $e_1$  θά ανωθαι με τό όριο  $a_2$  με τό  $e_2$  με τό  $a_3$ , και τό  $e_3$  με τό  $a_1$ . Και οι άγωγοί όμως που ξεκινάν απ' αυτά τά όρια μπορούν να ανωθούν μεταξύ τους και να έχουμε, έτσι, τρεις μονάχά άγωγούς I, II, και III (Σχ. 200. Τότε στον ένα απ' αυτούς θά ρέει ένα ρεύμα ίσο με τό άλγεβρικό, άθροισμα των ρευμάτων  $i_1$  και  $i_2$ , στο δεύτερο, τό άλγεβρικό άθροισμα των  $i_2$  και  $i_3$ , και στον τρίτο, τό άλγεβρικό άθροισμα των  $i_3$  και  $i_1$ . Αν με τά  $I_1, I_2$  και  $I_3$  παραστήσουμε τά ρεύματα, που θά διαρρέουν αυτούς τους τρεις άγωγούς (Σχ. 199) θά έχουμε:

$$I_1 = I_1 - I_2, \quad I_2 = I_2 - I_3, \quad I_3 = I_3 - I_1$$

Οι στιγμιαίες τιμές άθροίζονται, όπως βλέπουμε, αλγεβρικά. Οι δρώσες όμως τιμές θά άθροίζονται γεωμετρικά.

Συνδέοντας έτσι τις φάσεις σχηματίζουμε ένα τρίγωνο. Η σύνδεση λοιπόν αυτή παίρνει τ' όνομα "σύνδεση τρι-

γωνικού" ή "τριγωνική σύνδεση". Το Σχ. 201 δείχνει έναν

έναλλακτήρα με τριγωνική σύνδεση.

Σ' αυτόν, τ' όριο  $a_1$  ενώθηκε με τ'  $e_2$ , τ'  $a_2$  με τ'  $e_3$  και τ'  $a_3$  με τ'  $e_1$ .

Απ' αυτά ξεκινούν οι τρεις

άγωγοί I, II και III. Τήν τριγωνική σύνδεση τήν παριστάνουμε και με τ' σύμβολο Δ.

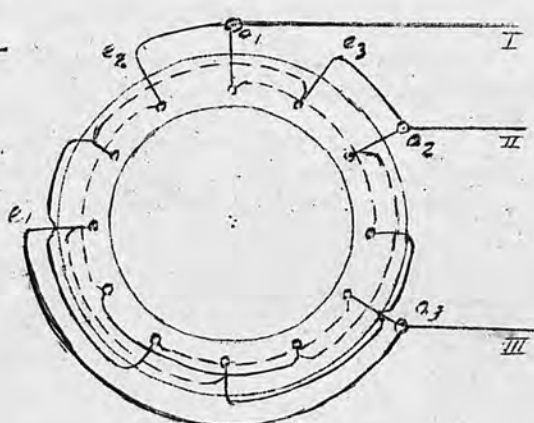
Το Σχ. 202 δείχνει πώς παριστάνουμε συμβολικά έναν τριφασικό έναλλακτήρα με τριγωνική σύνδεση.

Ποιά τιμή έχει η τάση, ή ένταση και η ισχύ στή σύνδεση άστρα.

"Ας γυρίσουμε, τώρα, πάλι στο σχήμα 196.

Συνδέοντας τ' βολτόμετρο σε μιά από τις φάσεις, έστω τήν R και στον ούδέτερο, μετρούμε μιά τάση μεταξύ τής R και του ούδέτερου.

Αυτήν θά τήν ονομάζουμε "φασική ή τάση" και θά τή συμβολίζουμε με τ'  $U_{\phi}$ . "Αν συνδέσουμε τ' βολτόμετρο επάνω σε δυο φάσεις, π.χ.



Σχ. 201



Σχ. 202

στήν R και S, μετροῦμε μιὰ τάση μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ φασικὴ τάση  $U_\phi$ . Αὐτὴν θὰ τὴ λέμε "πολικὴ τάση" καὶ θὰ τὴ σημειώνουμε μὲ  $U_\pi$ .

Τὰ βέλη ἐπάνω στὸ σχῆμα δείχνουν ποιά διεύθυνση ἔχουν τὰ ρεύματα στοὺς ἀγωγούς καὶ μέσα στὶς φάσεις τοῦ ἐπαγωγίμου. Καὶ οἱ τάσεις, ὅμως, οἱ ὁποῖες δημιουργοῦν αὐτὰ τὰ ρεύματα, ἔχουν φυσικὰ τὴν ἴδια διεύθυνση μὲ αὐτά. "Ἀρα ἡ πολικὴ τάση  $U_\pi$  εἶναι ἡ γεωμετρικὴ διαφορὰ τῶν δύο φάσεων.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ πολικὴ τάση εἶναι :

$$U_\pi = U_\phi \sqrt{3}, \text{ ἄρα καὶ } U_\phi = \frac{U_\pi}{\sqrt{3}}$$

Τὸ ρεῦμα πού διαρρέει στὴ σύνδεση ἀστέρα καθε ἀγωγὸ τῆς γραμμῆς εἶναι τὸ ἴδιο μὲ τὸ ρεῦμα κάθε φάσης τοῦ ἀναλλακτῆρα.

Οἱ λάμπες λοιπὸν πού συνδέονται, ὅπως παραπάνω εἶπαμε, σὲ μιὰ ἀπὸ τὶς φάσεις R, S, T καὶ στὸν οὐδέτερο, λειτουργοῦν μὲ τὴ φασικὴ τάση :  $U_\phi = \frac{U_\pi}{\sqrt{3}}$

10 Παράδειγμα.

Ἡ πολικὴ τάση, μεταξὺ δύο φάσεων εἶναι  $\pi = 380$  βόλτ. Ποιά τιμὴ ἔχει ἡ φασικὴ τάση  $U_\phi$  πού τροφοδοτεῖ τὶς λάμπες ;

$$U_\phi = \frac{U_\pi}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ βόλτ.}$$

20 Παράδειγμα.

Ἡ φασικὴ τάση στὶς λάμπες σὲ μιὰ τριφασικὴ ἀγκατάσταση εἶναι 127 βόλτ. Γιὰ ποιά τάση πρέπει νὰ εἶναι κατασκευασμένοι οἱ τριφασικοὶ ηλεκτροκινητήρες πού θὰ συνδεθοῦν στὴν ἴδια ἀγκατάσταση ; (Οἱ κινητήρες αὐτοὶ συνδέονται πάντοτε στὶς φάσεις).

$$U_\pi = U_\phi \sqrt{3} = 127 \sqrt{3} = 127 \times 1,73 = 220 \text{ βόλτ.}$$

Ἡ ἰσχύ, πού δίνει ἓνας τριφασικὸς ἀναλλακτῆρας ἀνωμένος σὲ ἀστέρα, ὅποια κι' ἂν εἶναι ἡ διάταξη τῶν ἀποδεχτῶν, ὑπολογίζεται εὐκόλα.

"Ὡς παραδεχοῦμε πρῶτα, πῶς τὰ φορτία καὶ τῶν τριῶν φάσεων εἶναι ἴσα. Ἡ ἰσχύ γιὰ κάθε φάση εἶναι :



$$P_{\varphi} = U_{\varphi} \times I_{\varphi} \times \text{συν}\varphi$$

όπου  $U_{\varphi}$ , ή φασική τάση,  $I_{\varphi}$ , τό ρεύμα τής φάσης και  $\text{συν}\varphi$ , ό συντελεστής τής ισχύς στήν έξεταζόμενη φάση. Έδώ παραδεχόμαστε τό  $\text{συν}\varphi$  ίδιο και στίς τρεῖς φάσεις.

Καί ή όλική ισχύ τοῦ ἀναλλακτήρα, ἀφοῦ αὐτός ἔχει τρεῖς φάσεις, θά εἶναι :

$$P = 3 \times U_{\varphi} \times I_{\varphi} \times \text{συν}\varphi.$$

Στή σύνδεση ὅμως ἀστέρα ή φασική τάση  $U_{\varphi}$  εἶναι :

$$U_{\varphi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}}$$

"Αρα ή όλική ισχύ  $P$  θά εἶναι :

$$P = 3 \times \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} \times I_{\varphi} \times \text{συν}\varphi$$

καί ἐπειδή  $3 = \sqrt{3} \times \sqrt{3}$ , θά ἔχουμε :

$$P = \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} \times I_{\varphi} \times \text{συν}\varphi = \sqrt{3} \times U_{\pi} \times I_{\varphi} \times \text{συν}\varphi = 1,73 U_{\pi} I_{\varphi} \text{συν}\varphi.$$

"Αν παραδεχτοῦμε πώς τά φορτία εἶναι ἀνομοιόμορφα στίς τρεῖς φάσεις, περίπτωση πού ἀποφεύγουμε ὅσο μπορούμε, γιά νά βρούμε τήν όλική ισχύ ἀθροίζουμε τίς ισχεῖς τών τριῶν φάσεων.

$$P = P_{\varphi 1} + P_{\varphi 2} + P_{\varphi 3}$$

Ἡ τάση, ή ἔνταση καί ή ισχύ  
στήν τριγωνική σύνδεση

"Ας ἔρθουμε τώρα στήν τριγωνική σύνδεση." Αν ή σύνδεση τοῦ τριφασικοῦ ἀναλλακτήρα εἶναι τριγωνική, ὅπως δ εἶχεν τό Σχ. 200 σέ κάθε φάση τοῦ ἀπαγωγίμου του ρεῖνι ένα φασικό ρεύμα μέ δρῶσα ἔνταση  $I_{\varphi}$ , ἐνῶ

στον άγωγό που ξεκινά από κάθε φάση, ένα ρεύμα, με δρώσα ένταση  $I_{\alpha\gamma}$ , που είναι ίσο με τή γεωμετρική διαφορά δύο φασικών ρευμάτων  $I_{\phi}$ .

Ενώ δηλαδή στη σύνθεση άστέρα τό ρεύμα στον άγωγό κάθε φάσης είναι ίσο με τό ρεύμα που διαρρέει τό τυλίγμα τής ίδιας φάσης του έναλλακτήρα, στην τριγωνική σύνδεση, στον άγωγό κάθε φάσης παρουσιάζεται ή περίπτωση των διακλαδιζομένων ρευμάτων.

Τώρα τό ρεύμα σε κάθε άγωγό, άποδειχνεται πώς είναι :

$$I_{\alpha\gamma} = I_{\phi} \sqrt{3}$$

$$\text{Άρα και : } I_{\phi} = \frac{I_{\alpha\gamma}}{\sqrt{3}}$$

Στήν τριγωνική σύνδεση δεν έχουμε πολική τάση  $U_{\pi}$  άφοῦ δεν μπορούμε νά συνδέσουμε ούδέτερο άγωγό, αλλά μονάχα φασική τάση  $U_{\phi}$ , γιατί, ὅπως και άπό τό σχήμα 200 φαίνεται,  $U_{\pi} = U_{\phi}$

Και στην τριγωνική σύνδεση ή ισχύ  $P$ , που μάς δίνει ο έναλλακτήρας, είναι πάλι :

$$P = 3 X P_{\phi} = 3 X U_{\phi} X I_{\phi} X \text{ συν}\phi$$

$$\text{Άλλά } I_{\phi} = \frac{I_{\alpha\gamma}}{\sqrt{3}} \text{ και } U_{\phi} = U_{\pi} = U$$

$$\text{Άρα : } P = 3 X U_{\phi} X \frac{I_{\alpha\gamma}}{\sqrt{3}} X \text{ συν}\phi = \sqrt{3} X U X$$

$$X I_{\alpha\gamma} \text{ συν}\phi = I ; \sqrt{3} X U X I_{\alpha\gamma} X \text{ συν}\phi$$

Σ υ γ κ ρ ι τ ι κ ό π α ρ ά δ ε ι γ μ α : Τά τρία τυλίγματα ενός τριφασικού έναλλακτήρα άντέχουν, τό καθένα, σε ρεύμα 30Α. ή φασική τάση  $U_{\phi}$  είναι 125 V. Νά βρούμε :

α) Ποση είναι ή μεγαλύτερη ισχύ  $P_{\phi}$  κάθε φάσης, αν  $\text{συν}\phi=1$ .

β) Ποση είναι ή πολική τάση  $U_{\pi}$  στη σύνδεση άστέρα και στην τριγωνική σύνδεση.

γ) Ποία είναι ή μεγαλύτερη τιμή, που μπορούν νά πάρουν τά ρεύματα στους άγωγούς τής γραμμής, στά

δύο είδη των συνδέσεων.

δ) Ποση είναι η ισχύ του έναλλακτηρα.

Λύση :

$$\alpha) P_{\phi} = U_{\phi} X I_{\phi} \cos\phi = 125 \times 30 \times I = 3750 \text{ W}$$

β) Σύνδεση άστρα:

$$U_{\phi} = 125 \text{ V}$$

$$U_{\pi} = 1,73 \times 125 = 216 \text{ V}$$

$$\gamma) I_{\alpha\gamma} = I_{\phi} = 30 \text{ A}$$

$$\delta) P = 3P_{\phi} = 3 \times 3750 = 11,25 \text{ kW}$$

$$\eta) P = \sqrt{3} X U_{\pi} X I_{\phi} \cos\phi =$$

$$= 1,73 \times 216 \times 30 \times I =$$

$$= 11,25 \text{ kW}$$

Τριγωνική σύνδεση:

$$\Delta$$

$$U_{\phi} = 125 \text{ V}$$

$$U_{\pi} = U_{\phi} = U = 125 \text{ V}$$

$$\gamma) I_{\alpha\gamma} = \sqrt{3} I_{\phi} = 1,73 \times 30 = 52 \text{ A}$$

$$\delta) P = 3P_{\phi} = 11,25 \text{ kW}$$

$$\eta) P = \sqrt{3} X U_{\pi} X I_{\alpha\gamma} \cos\phi =$$

$$= 1,73 \times 125 \times 52 \times I =$$

$$= 11,25 \text{ kW}$$

Λοιπόν:

Μαγαλύτερη τάση (216 V)

Μικρότερο ρεύμα (30 A)

Μικρότερη τάση (125 V)

Μεγαλύτερο ρεύμα (52 A)

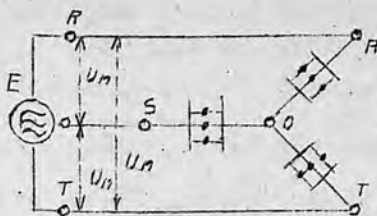
δίνουν την ίδια ισχύ

(11,25 kW)

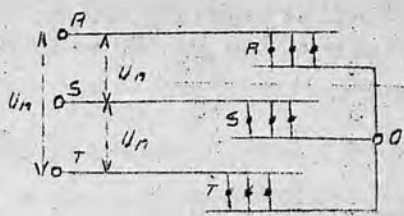
Από αυτό τό συγκριτικό παράδειγμα βλέπουμε, πώς όταν έχουμε δύο όλοταλα όμοιες μηχανές, σαν αυτές του παραδείγματος, ή παραχόμενη μεγαλύτερη δρώσα τάση στη σύνδεση άστρα είναι 216 βόλτ, ενώ στην τριγωνική 125 V. Είναι λοιπόν φανερό, πώς η σύνδεση άστρα είναι προτιμότερη, όταν θέλουμε μεγαλύτερη τάση και μικρότερο ρεύμα. Αν πάλι θέλουμε μικρότερη τάση και μεγαλύτερο ρεύμα, προτιμούμε την τριγωνική σύνδεση.

Σύνδεση των αποδεχτών στο τριφασικό ρεύμα.

Ένας τριφασικός έναλλακτήρας Ε (Σχ. 205) αδιάφορο πιά είναι η έσωτερική του σύνδεση (άστρα ή τρίγωνο) που τίς περισσότερες φορές δέν την ξέρουμε, παρουσιάζει συνήθως τρία όρια. Σ' αυτά τα όρια, που μεταξύ τους υπάρχει μιά τάση U, συνδέονται και οι



Σχ. 205



Σχ. 206

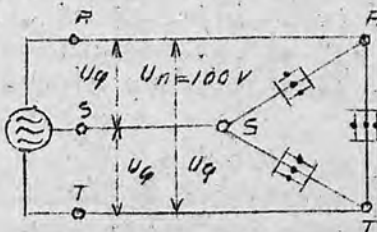
τρεις άγωγοί R, S, T, που μεταφέρουν τό ρεύμα στους αποδέχτες. Οι αποδέχτες μπορούν κι αυτοί νά συνδεθουν ή σέ άστέρα ή σέ τρίγωνο.

Τά παραπάνω σχήματα δείχνουν τις συνδέσεις τών αποδεχτών σαστέρα, χωρίς ούδέτερο άγωγό.

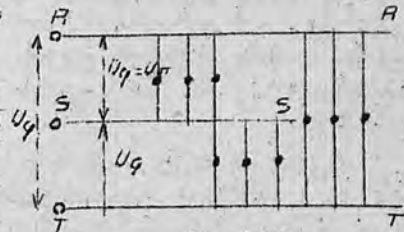
Τά Σχ. 205 και 206 δείχνουν τήν ίδια σύνδεση με ούδέτερο. Εδώ ο ούδέτερος, αντί νά πάει στήν πηγή, έχει προσγειωθεί, γιατί τό κοινό σημείο των φάσεων τής πηγής έχει προσγειωθεί. Τή σύνδεση με ούδέτερο τήν προτιμούμε όταν οι τρεις φάσεις είναι φορτωμένες άνομοιόμορφα.

Τά Σχ. 207 και 208 πάλι, δείχνουν τήν τριγωνική σύνδεση των αποδεχτών.

Όταν θέλουμε νά τροφοδοτήσουμε με τριφασικό ρεύμα ένα δίκτυο από λάμπες, προτιμούμε, από τή σύνδεση άστέρα χωρίς ούδέτερο άγωγό, τήν τριγωνική σύνδεση και για τους εξής λόγους :



Σχ. 207



Σχ. 208

"Ας πάρουμε πρώτα τή σύνδεση άστέρα που δείχνει τό Σχ. 203 κι άς υποθέσουμε πώς ή πολική τάση είναι 173 v, και ότi, για νά δουλέψουν κανονικά οι λάμπες, πρέπει νά μπουν σέ τάση 100 βόλτ. Οι λάμπες

συνδέονται μεταξύ τής φάσης και του κοινού σημείου D. Θα δουλεύουν άρα με τή φασική τάση, δηλαδή με

$$U_{\varphi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{173}{1,73} = 100 \text{ βόλτ και θα φωτίζουν καλά,}$$

άφου αυτή είναι ή κανονική τάση τής λειτουργίας τους.

"Αν άφαιρέσουμε όμως τή μία ομάδα τους, π.χ. αυτήν που είναι συνδεδεμένη μεταξύ τής φάσης S και του O, τότε οι ομάδες των δύο άλλων φάσεων R και T θα βρεθούν ενωμένες στη σειρά και βαλμένες στην πολική τάση των 173V. "Αρα, κάθε ομάδα θα βρεθει σε τάση:

$\frac{173}{2} = 86,5V$ , αντί τής κανονικής των 100 βόλτ, και επομένως, δεν θα φέγγουν καλά. Επίσης, αν σβύσουν οι λάμπες σε δύο φάσεις, οι λάμπες τής τρίτης φάσης θα σβύσουν, γιατί δεν θα διαρρέονται από τώ ρεύμα.

Στήν τριγωνική όμως σύνδεση (Σχ. 207 και 208) αν ή τάση μεταξύ των φάσεων είναι π.χ. 100V, κάθε ομάδα λειτουργεί με τήν τάση των 100 βόλτ. Και δύο ακόμη ομάδες να σβύσουν, αυτή που απομένει σε λειτουργία θα δουλεύει πάλι με 100 βόλτ.

Καίτοι ή σύνδεση άστέρα παρουσιάζει τό μειονέκτημα που αναφέραμε, τή μεταχειριζόμεστε μολαταύτα στις διάφορες εγκαταστάσεις, γιατί μάς δίδει τή δυνατότητα να έχουμε δύο διαφορετικές τάσεις, τήν πολική  $U_{\pi}$  και τή φασική  $U_{\varphi}$ . Για να πετύχουμε κανονική λειτουργία και σε δίκτυο φωτισμού, όταν μάλιστα ή φόρτιση των φάσεων δεν είναι ομοιόμορφή, προσγειώνουμε, όπως είπαμε, με τέταρτο άγωγό (τόν ούδέτερο) τό κοινό σημείο O τής πηγής, καθώς και τό κοινό σημείο O του κυκλώματος των αποδεχτών, όπως δείχνουν τά Σχ. 205 και 206.

**Σ υ γ κ ρ ι τ ι κ ό π α ρ ά δ ε ι γ μ α :**  
 "Έχουμε ένα δίκτυο τριφασικού ρεύματος 3 X 110V, χωρίς ούδέτερο άγωγό. Στους άγωγούς του συνδέονται αποδέχτες με όμική μονάχα αντίσταση (λάμπες, ίση, για τόν καθένα, με 100 Ω. Το  $\text{συν}\varphi = 1$ .

Να βρούμε τίσ τάσεις, τά ρεύματα και τίσ ίσοχαις:

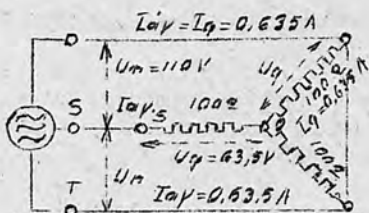


A.- "Αν οι αποδέχτες συνδεθούν σε άστέρα .

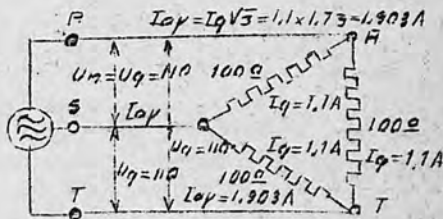
B.- "Αν οι αποδέχτες συνδεθούν σε τρίγωνο.

Δύση :

A.- 'Η τάση σε κάθε αποδέχτη στη σύνδεση άστέρα είναι  $U_{\phi}$  (Σχ.209).



Σχ.209



Σχ.210

και επειδη  $U_{\pi} = \sqrt{3} \times U_{\phi}$

$$U_{\phi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{110}{1,73} = 63,5$$

Αυτό θα πει, πως η τάση στα όρια R και O, S και O, καθώς και στα όρια T και O, είναι 63,5 V.

Το ρεύμα σε κάθε αποδέχτη είναι :

$$I = \frac{U_{\phi}}{R} = \frac{63,5}{100} = 0,635 \text{ A}$$

Την ίδια τιμή θα έχει και το ρεύμα στους άγωγους της γραμμής.

'Η ισχύ σε κάθε αποδέχτη είναι λοιπόν :

$$P_{\phi} = U_{\phi} \times I = 63,5 \times 0,635 = 40,3 \text{ W}$$

και η ολική ισχύ P :

$$P = 3 \times P_{\phi} = 3 \times 40,3 = 121 \text{ W}$$

"Ελεγχος :  $P = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\text{ισυνφ}} = 1,73 \times 110 \times 0,635 \times 1 = 121 \text{ W}$

B.- Κάθε αποδέχτης στην τριγωνική σύνδεση βρίσκεται σε τάση  $U = 110 \text{ V}$  (Σχ.210). 'Η ένταση λοιπόν του ρεύματος  $I_{\phi}$  στον κάθε αποδέχτη είναι :

$$I_{\phi} = \frac{U}{R} = \frac{110}{100} = 1,1 \text{ A}$$

Τόραῦμα στή γραμμή θί εἶναι :

$$I_{\alpha\gamma} = I_{\varphi} \sqrt{3} = 1,1 \times 1,73 = 1,903 \text{ A}$$

Ἡ ἰσχύ, πού ξοδεύεται σέ κάθε ἀποδέχτη εἶναι :

$$P_{\varphi} = U \times I_{\varphi} = 110 \times 1,1 = 121 \text{ W}$$

Καί ἡ ὅλική ἰσχύ  $P_I$  πού παίρνουν ἀπό τόν ἐναλλακτῆτα οἱ τρεῖς ἀποδέχτες εἶναι :

$$P = 3 \times P_{\varphi} = 3 \times 121 = 363 \text{ W}$$

Ἐλεγχος :  $P = \sqrt{3} U I_{\alpha\gamma} \cos\phi = 1,73 \times 110 \times 1,903 \times 1 = 363 \text{ W}$

Ὅταν λοιπόν ἕνας ἀποδέχτης συνδέεται σέ τρίγωνο, ἡ ἰσχύ πού ξοδεύει ἄν συνδεθεῖ σέ ἀστέρα. Κι ἀλήθεια :  $P_{\text{τρ. ἄσ.}} = 3 \times 121 = 363 \text{ W}$

Π α ρ α τ ῆ ρ η σ η : Ἡ ἰσχύ πού ἀπορροφοῦν οἱ τρεῖς ἀποδέχτες ἀπό τόν ἐναλλακτῆρα εἶναι :

Στή σύνδεση ἀστέρα :  $P = 121 \text{ W}$

Στήν τριγωνική σύνδεση :  $P = 363 \text{ W}$

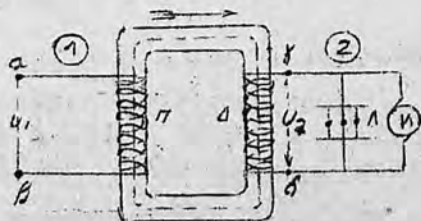
Αἱ δύο λοιπόν, ἰσχεῖς βρίσκονται μεταξύ τους σέ σχέση  $I:3$ .

### Ο ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

Γενικά.

Ἡ "μετασχηματιστής" ἢ "μετατροπέας" εἶναι ἕνα μηχανήμα, μέ ἀκίνητα ὀργανά του τά μέρη, πού μεταφέρει τήν ηλεκτρική ἐνέργεια ἐνός κυκλώματος σέ ἄλλο κύκλωμα, μετασχηματίζοντας, τίς περισσότερες φορές, καί τά στοιχεῖα της, δηλ. τήν τάση καί τήν ἔνταση, ὄχι ὅμως καί τή συχνότητά της.

Ὁ μετασχηματιστής ἀποτελεῖται, στήν ἀπλούστατή του μορφή, ἀπό δύο πηνία βαλμένα ἐπάνω στόν ἴδιο πυρήνα καί μονωμένα μεταξύ τους (Σχ.2II)



Σχ.2II

Όταν τά ὄρια α, β τοῦ πηνίου Π συνδέονται σέ μιά πηγή ἀναλλασσομένου ρεύματος καί τά ὄρια γ, δ τοῦ πηνίου Δ στούς ἀποδέχτας (λάμπες Λ, κινητήρας Κ), ἡ ἠλεκτρική ἐνέργεια μεταφέρεται ἀπό τό κύκλωμα Ι στό κύκλωμα 2 μέ τή βοήθεια τῆς μαγνητικῆς ροῆς πού διαρρέει τόν πυρήνα. Ἡ ἐνέργεια, πού μᾶς δίνει μιά πηγή μπαίνει στό μετασχηματιστή ἀπό τό πηνίο Π<sub>1</sub> πού λέγεται " π ρ ω τ ε ῦ ο ν " καί βγαίνει ἀπό τό πηνίο Δ<sub>1</sub> πού ὀνομάζεται " δ ε υ τ ε ρ ε ῦ ο ν ", γιά νά τροφοδοτήσῃ τοὺς ἀποδέχτας. Ἡ εἰλεύθυνη λοιπόν τῆς μεταφοράς τῆς ἐνέργειας εἶναι ἀπό τό πρωτεύον πρὸς τό δευτερεύον, ὅπως δείχνει τό βέλος στό σχῆμα. Καθένα ἀπὸ τά δύο πηνία κάθε μετασχηματιστή, μπορεί νά δουλέψῃ ἢ σάν πρωτεύον ἢ σάν δευτερεύον, ἀνάλογα μὲ τό πού θά συνδεθεῖ ἡ πηγή καί οἱ ἀποδέχτες.

Ἡ ἐνέργεια μπορεί νά δοθεῖ στό μετασχηματιστή μὲ μιά τάση  $U_1$ , διαφορετικὴ ἀπὸ τὴν τάση  $U_2$ , πού χρειάζεται γιὰ τοὺς ἀποδέχτες. Στὴν πράξη, ἔχουμε μετασχηματιστὲς πού οἱ τάσεις τους στό πρωτεύον καί στό δευτερεύον διαφέρουν πολύ, π.χ.  $U_1 = 2.200V$ ,  $U_2 = 220$  ἢ  $U_1 = 50.000V$ ,  $U_2 = 2.500V$ .

Τό πηνίο, πού ἔχει τὴν ὑψηλὴ τάση, μπορεί νά ὀνομαστῆ καί " π η ν ῖ ο ὑ ψ η λ ῆ ς τ ᾶ σ η ς ". Κατὰ τὴν ἴδια σκέψη, τό ἄλλο πηνίο θά πάρῃ τ' ὄνομα " π η ν ῖ ο χ α μ η λ ῆ ς τ ᾶ σ η ς ". Όταν τό πηνίο τῆς ὑψηλῆς τάσης εἶναι τό πρωτεύον τοῦ μετασχηματιστοῦ καί τό πηνίο τῆς χαμηλῆς τάσης, τό δευτερεύον ὁ μετασχηματιστὴς λέγεται " χ α μ η λ ω τ ῆ ς " τῆς τάσης. Ἄν γίνεταί το ἀντίθετο, ὁ μετασχηματιστὴς ὀνομάζεται " ὑ ψ ω τ ῆ ς " τῆς τάσης.

Ἡ σχέση τῆς ὑψηλῆς τάσης πρὸς τὴ χαμηλὴ ἢ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ δευτερεύοντος πρὸς τὸν ἀριθμὸ τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος λέγεται " σ χ ῆ σ η μ ε τ α φ ο ρ ᾶ ς ". Στό πρῶτο ἀριθμητικὸ παράδειγμα, πού εἶδαμε παραπάνω, ἡ σχέση μεταφοράς εἶναι : 10 : 1 στό δεύτερο : 20 : 1. Γενικά οἱ μετασχηματιστὲς κτὰ σκευάζονται γιὰ ὀρισμένη σχέση μεταφοράς. Συνεπιζόμενες σχέσεις μεταφοράς εἶναι : 5 : 1, 10 : 1, 20 : 1.

Ἀπὸ τά παραπάνω συνάγουμε, ὅτι ὁ μετασχηματιστὴς παρουσιάζει δύο σπουδαῖες ιδιότητες.

I.- Μεταφέρει ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀπὸ ἓνα κύ-

κλωμα μέ τάση  $U_1$  σέ άλλο κύκλωμα μέ τάση  $U_2$ , πού εἶναι συνήθως διαφορετική ἀπό τήν  $U_1$ .

2.- Ἀπομονώνει ἡλεκτρικά τὸ δεύτερο κύκλωμα ἀπὸ τὸ πρῶτο.

Αὐτές οἱ δύο ιδιότητες καθιστοῦν τὸν μετασχηματιστὴ σπουδαιότατο σ τὴ μεταφορά καὶ χρησιμοποίηση τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Συγκεκριμένως : Ὁ μετασχηματιστὴς μᾶς παρέχει τὴ δυνατότητα, ἀφοῦ γαννήσουμε μιά ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μέ τίς ἡλεκτρικὲς μηχανεὲς μέ ὀρισμένη τάση, π.χ. 13.000 V, νά μετασχηματίσουμε αὐτὴ τὴν ἐνέργεια σὲ ἐνέργεια μέ τάση π.χ. 110.000V καὶ νά τὴ μεταφέρουμε μέ τέτοια ὑψηλὴ τάση σ' ἓνα κέντρο διανομῆς πού βρίσκεται π.χ. 100 χιλιόμετρα μακριὰ ἀπὸ τὸν τόπο τῆς παραγωγῆς, καὶ ἐκεῖ νά τὴν διανεῖμουμε, χρησιμοποιώντας πάλι μετασχηματιστὴ, μέ χαμηλὴ τάση.

Ὅπως ἀποδείξαμε καὶ ἄλλοτε σ' αὐτὸ τὸ βιβλίον ἡ μεταφορά τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μέ ὑψηλὴ τάση μᾶς κάνει ἀπλὴ καὶ φτηνὴ τὴ διανομὴ αὐτῆς τῆς ἐνεργείας, γιατί δὲν πρέπει νά ξεχνοῦμε, πῶς τὸ μεγαλύτερο κοντύλι σὲ τέτοιες ἐγκαταστάσεις ξεδουεταί γιὰ τὴν ἀγρότων ἀγωγῶν πού θά μεταφέρουν τὴν ἐνέργεια. Οἱ γαννήτριες κοστίζουν πολὺ λιγότερο ἀπ' ὅσα κοστίζει τὸ δίκτυο τῆς διανομῆς.

### Εἶδη μετασχηματιστῶν.

Ἀπὸ μετασχηματιστὲς ἔχουμε διάφορα εἶδη.

Ὅτ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς μετασχηματιστὲς, πού χρησιμοποιοῦνται σὲ βιομηχανικὲς ἀφαρμογὰς, μεταφέρουν τὴν ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀπὸ τὸ ἓνα κύκλωμα στὸ ἄλλο μέ σταθερὴ, σχεδόν, τάση. Ἐνας τέτοιος μετασχηματιστὴς λέγεται "μετασχηματιστὴς σταθερῆς τάσης". Τέτοιοι μετασχηματιστὲς χρησιμοποιοῦνται στὰ δίκτυα διανομῆς, ὅπου δίνουν μεγάλες ποσότητες ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας καὶ τότε μποροῦν νά πάρουν καὶ τὸ ὄνομα "μετασχηματιστὴς διανομῆς ἢ ἰσχύος".

Οἱ μετασχηματιστὲς σταθερῆς τάσης ἔχουν κάποτε μιά μονάχα περιέλιξη μέ ὅρια γιὰ τὸ πρῶτεῦον καὶ τὸ δευτερεῦον. Αὐτοὶ εἶναι οἱ λεγόμενοι "αὐτοματὰ μετασχηματιστὲς".

Ένας άλλος τύπος μετασχηματιστή, πού ονομάζεται **Μετασχηματιστής σταθερού ρεύματος** παίρνει τήν ισχύ από ένα κύκλωμα μέ σταθερή τάση καί τή δίνει σε κύκλωμα πού εργάζεται μέ σταθερό ρεύμα.

Υπάρχει επίσης καί ὁ μετασχηματιστής μέ **Μεταβλητή σύζευξη** πού μᾶς χρησιμεύει γιά νά ρυθμίζουμε τήν τάση στά κυκλώματα τοῦ ἀναλασσόμενου ρεύματος.

Ἄλλοι μετασχηματιστές παρέχουν τό μικρό μόνιχα ρεύμα πού χρειάζεται γιά τή διεγερση τῶν πηνίων πῆς τάσης σε ματητικά ὄργανα καί ἠλεκτρονόμους. Αὐτοί λέγονται **μετασχηματιστές τῆς τάσης ὀργάνων**.

Τά πηνία ρεύματος στά βαττόμετρα καί στά ἀμπερόμετρα καθώς καί στούς ἠλεκτρονόμους διεγείρονται ἀπό τοῦς ὀνομαζομένους **μετασχηματιστές ρεύματος ὀργάνων**. Αὐτῶν τᾶρ πρῶτοντα συνδέονται στή σειρά μέ τόν ἀγωγό, πού τό ρεύμα του θέλουμε νά μετρήσουμε, καί τᾶ δευτερεύοντά τους στή σειρά μέ τᾶ πηνία ρεύματος τῶν ὀργάνων.

### Τάσεις, ισχύ καί συχνότητα.

Οἱ μετασχηματιστές μποροῦν νά κατασκευαστοῦν γιά ὅποια σχέση μεταφορᾶς θέλουμε. Ἡ πράξη, ὅμως, ἀπέβαλε ὀρισμένες τάσεις πού συνειθίζονται στή διάφορα δίκτυα. Αὐτές οἱ τυποποιημένες πιά τάσεις εἶναι γιά τό δευτερεύον : 120, 240, 480, 600 καί 2.400 βόλτ, καί γιά τό πρῶτον : 480, 600, 2.400; 4.800, 7.200/13.200/12.000, 13.200, 22.000, 33.000, 44.000, καί 66.000 βόλτ. Οἱ τυποποιημένες τάσεις, πού χρησιμεύουν γιά τήν ἀποστολή τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας σε πιά μεγαλύτερες ἀποστάσεις, εἶναι : 44.000, 66.000, 88.000, 110.000, 132.000, 154.000, 220.000 καί 287.000 βόλτ. Τα δίκτυα πού μεταφέρουν μεγάλη ισχύ σε μεγάλες ἀποστάσεις ἀπαίτοῦν, ὅπως βλέπουμε, ὑψηλές τάσεις.

Οἱ τυποποιημένες τάσεις γιά τό φωτισμό καί τοῦς μικροῦς κινήτηρες εἶναι 240 καί 120 βόλτ. Ἄλλες συνειθιζόμενες τάσεις εἶναι τῶν 480 καί 600 βόλτ. Οἱ μεγάλοι κινήτηρες μποροῦν νά δουλέψουν μέ τάση 2.400, 4.800, ἢ 7.200 βόλτ. Συνειθιζόμενη επίσης σχέση μετα-



φορᾶς γιὰ τὰ δίκτυα διανομῆς εἶναι ἀπὸ 2.400 σέ 240/120 βόλτ καὶ ἀπὸ 2.400 σέ 480/240 βόλτ.

Ἀναφορικὰ μὲ τὴν ἰσχύ, πού μποροῦν νά μεταφέρουν οἱ μετασχηματιστές, αὐτὴ φτάνει στὰ 1.600 κίλοβολταμπέρ.

Οἱ μετασχηματιστές κατασκευάζονται ἀνάλογα καὶ μὲ τὴ συχνότητα πού ἔχει τὸ ρεῦμα πού μετασχηματίζουν. Συνειθισμένες συχνότητες εἶναι γιὰ τὴν Εὐρώπη οἱ 50 περίοδοι κατὰ 1" καὶ γιὰ τὴν Ἀμερικὴ, οἱ 60 περίοδοι κατὰ 1". Γιὰ ὀρισμένους σκοποὺς χρησιμοποιοῦνται καὶ ἄλλες συχνότητες. Π.χ. ἡ συχνότητα τῶν  $16\frac{2}{3}$  περιόδων γιὰ ἠλεκτρικὰ τραίνα.

Γιὰ μιὰ ὀρισμένη ἰσχύ, οἱ μετασχηματιστές εἶναι τόσο πλεονεκτικότεροι καὶ τόσο πλεονεκτικότεροι ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος πού τοὺς τροφοδοτεῖ.

### ἩΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

#### ΠΟΥ ΔΟΥΛΕΥΟΥΝ ΜΕ ἘΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

#### Γενικά.

Οἱ κινητήρες πού δουλεύουν μ' ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ξεχωρίζονται σέ δύο μεγάλες κατηγορίες:

A.- Στους "σὺ γ χ ρ ο ν ο υ ς κ ι ν η τ ῆ ρ ε ς" πού ἡ ταχύτητά τους εἶναι σταθερὴ, ὅποιο καὶ ᾗν εἶναι τὸ φορτίο τους, καὶ ἐξαρτᾶται μονάχα ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ τροφοδοτικοῦ ρεύματος.

B.- Στους "ἀσὺ γ χ ρ ο ν ο υ ς κ ι ν η τ ῆ ρ ε ς" πού ἡ ταχύτητά τους ἀλλάζει λίγο μὲ τὸ φορτίο, καίτοι ἡ συχνότητα τοῦ τροφοδοτικοῦ ρεύματος παραμένει ἡ ἴδια.

Οἱ κινητήρες τῶν δύο αὐτῶν κατηγοριῶν μποροῦν νά εἶναι μονοφασικοὶ ἢ πολυφασικοὶ (διφασικοὶ ἢ τριφασικοὶ).

Οἱ ἀσύγχρονοι κινητήρες ὑποδιαιροῦνται καὶ αὐτοὶ σέ ἄλλες κύριες κατηγορίες:

Στους τριφασικοὺς κινητήρες "στρεφομάχων οὐ πιδίου", τοὺς λεγόμενους "επαγωγικούς".

Στους ἐπαγωγικοὺς μονοφασικοὺς κινητήρες.

Στους μονοφασικοὺς κινητήρες μὲ συλλεχτή. Αὐτοὶ ὑποδιαιροῦνται στους κινητήρες "οὐνιβερσάλ" (γιὰ συνεχῆ καὶ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα), στους κινητήρες σειρᾶς μὲ σταθερὴ ἢ μεταβλητὴ ταχύτητα, στους ἀπωσι-

κούς κινητήρες και στους άπωστικούς κινητήρες σβι-  
 ράς, που λέγονται και αντισταθμισμένοι κινητήρας  
 σβιράς. Στους κινητήρες με συλλέκτη για πολυφασικά ρεύ-  
 ματα. Στους συγχρονισμένους ασύγχρονους κινητήρες.

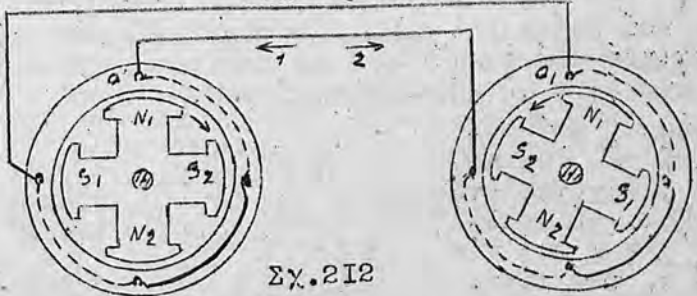
Σ'όλους αυτούς τούς κινητήρες θα ονομάζουμε  
 "δ ρ, ο μ, έ α", τό περιστρεφόμενο τμήμα και "σ τ ά  
 τ η", τό σταθερό τμήμα.

A:- ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Κινητήρας μονοφασικού ρεύματος.

"Όπως οι δυναμομηχανές δουλεύουν σαν κινη-  
 τήρες, όταν τροφοδοτήσουμε τό επαγωγικό τους με τό  
 συνεχές ρεύμα πηγής, έτσι και οι μονοφασικοί άναλ-  
 λακτιρές, που περιγραφή μπορούν να δουλέψουν σαν  
 κινητήρες αν τούς τροφοδοτήσουμε καταλλήλως.

Οι κινητήρας αυτού του είδους, που  
 κατασκευάζονται, όπως οι μονοφασικοί άναλλακτιρές, ονο-  
 μάζονται "σ ύ γ χ ρ ο ν ο ι κ ι ν η τ ή ρ ε ς".  
 Οι κινητήρας αυτοί ονομάζονται "σ ύ γ χ ρ ο ν ο ι",  
 γιατί οι στροφές που κάνουν εξαρτώνται άποκλειστικά  
 από τήν συχνότητα του ρεύματος που τούς τροφοδοτεί.  
 Οι στροφές τους, λοιπόν, βρίσκονται σ ύ γ χ ρ ο ν ο ι  
 σ μ έ ν ο ς με τή συχνότητα του τροφοδοτικού ρεύμα-  
 τος.



Σχ.212

Στους κινητήρας αυτούς, τό άναλασόμενο ρεύ-  
 μα του δικτύου τροφοδοτεί τό επαγωγικό που είναι συ-  
 νήθως ο στάτης του κινητήρα. Ο επαγωγίας τους που  
 είναι συνήθως ο δρομέας, τροφοδοτείται από μία τοπι-  
 κή πηγή (διαγάρτρια) που δίνει συνεχές ρεύμα. Στους  
 πολύ μικρούς κινητήρας, όπως π.χ. των ηλεκτρικών ρο-  
 λογιών, ο δρομέας είναι καμωμένος από μόνιμους μα-  
 γνήτες.

Στό Σχ. 212 βλέπουμε άριστερά ένα μονοφασικό τετραπολικό έναλλακτήρα με έσωτερικούς πόλους, που τροφοδοτεί με τόρϋμα του τό μονοφασικό τετραπολικό κινητήρα που βρίσκεται δεξιά στό σχήμα. Κι ό κινητήρας αυτός είναι με έσωτερικούς πόλους. Ο τετραπολικός έπαγωγέας του έναλλακτήρα γυρνά όπως δείχνει τό βέλος, δηλαδή όπως οι δειχτες του ρολογιού. Κατά τήν περιστροφή του, τό μαγνητικό του πεδίο σαρώνει τους άγωγούς που βρίσκονται μέσα σ' αύλάκια του σταθραου έπαγωγίμου και γεννά σ' αυτούς μίαν έναλλασσόμανη ή.ε. δύναμη, και έρα ένα όμοιο ρεύμα, αφού ο έναλλακτήρας συνδέθηκε ήδη στό έξωτερικό κύκλωμα.

Με τή διεύθυνση περιστροφής του έπαγωγέα που παραδεχθήκαμε, γεννιέται στόν άγωγό ρεύμα με διεύθυνση σά νά ξεκινά από μās και νά τρυπά τή σελίδα για νά βγει από τήν άλλη μεριά. Τό ρεύμα, άρα, έχει τή διεύθυνση που δείχνουν τά βέλη με άριθμό Ι. Η περιέλιξη, όμως, του έπαγωγίμου παρουσιάζει, εκτός από τήν ώμική, και αύτεπαγωγική αντίσταση. Τό ρεύμα, έπομένως, επειδή βρίσκεται σε βραδυπορεία σχετικά με τήν έπαγόμενη ή.ε. δύναμη, παίρνει τή μέγιστή του τιμή λίγο άργότερα από τήν ή.ε. δύναμη. Ο πόλος, λοιπόν  $N_I$  έπρεπε νά σχεδιαστεί λίγο δεξιότερα από τή θέση που βρίσκεται τώρα, αν παραδεχόμαστε πώς, αύτήν τήν στιγμή που εξετάζουμε τά πράγματα, τό ρεύμα έχει στόν άγωγό α τή μέγιστη τιμή του.

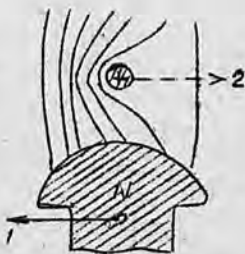
Τό ρεύμα, φεύγοντας από τόν έναλλακτήρα, έρχεται στόν κινητήρα και μπαίνει σ' αυτόν από τόν άγωγό  $\alpha_I$  του σάτη.

Γύρω-τριγύρω, από τόν άγωγό  $\alpha_I$  γεννιέται ένα μαγνητικό πεδίο, που ή ένταση του έξαρτάται από τήν ένταση που έχει

τό ρεύμα και ή διεύθυνση των δυναμικών του γραμμών από τή διεύθυνση του ίδιου ρεύματος. Όπως είναι φυσικό, μεταξύ του πεδίου του άγωγού και του πεδίου



Σχ. 213



Σχ. 214

του δρομέα (έπαγωγέα) του κινητήρα δημιουργείται μία δύναμη που τείνει να μετακινήσει, σύμφωνα με τα όσα είπαμε στίς § 275 και 280, το δρομέα; γιατί αυτός είναι το περιστρεφόμενο τμήμα του κινητήρα.

"Ας εξετάσουμε όμως τα πράγματα λεπτομερέστερα.

Στό Σχ. 213 φαίνεται η άλληλεπίδραση αυτών των δύο πεδίων. Όπως διευθύνεται το ρεύμα μέσα στον άγωγό του στάτη, οι προς τα δεξιά του δυναμικές γραμμές είναι αντίθετες προς τις δυναμικές γραμμές του πεδίου που γαννά ο βόρειος πόλος N του δρομέα. Το τμήμα του πεδίου του άγωγού, που βρίσκεται άριστερά άπ' αυτόν, έχει τις γραμμές του σε διεύθυνση ίδια με τη διεύθυνση των γραμμών του πεδίου του πόλου N. "Αρα, δεξιά μόν, άπό τον άγωγό έχουμε έξασθένιση του πεδίου, ενώ, άριστερά, ενίσχυσή του.

Τό Σχ. 214 δείχνει πώς θα διαμορφωθεί τελικά τό συνιστάμενο πεδίο άπό τήν άλληλεπίδραση των δύο πεδίων (στάτη και δρομέα). Επειδή, όμως οι δυναμικές γραμμές τείνουν πάντοτε να ξαναβρουν τήν άρχική τους τροχιά, πρέπει, ή ο άγωγός να μετακινήσει κατά τη διεύθυνση του βέλους 2 ή ο πόλος N, κατά τη διεύθυνση του βέλους 1.

Ο άγωγός όμως, άνήκει στό στάτη. Δεν μπορεί άρα να μετακινήσει. Ο πόλος, πάλι, N άποτελεί τμήμα ολοκληρω του δρομέα και επειδή ο δρομέας παρουσιάζει μηχανική άδράνεια, ωςότου μπει σε κίνηση, τό ρεύμα αλλάζει τη διεύθυνσή του μέσα στον άγωγό, όποτε, επειδή αναστρέφονται και οι δυναμικές γραμμές του πεδίου του, ο πόλος N δέχεται μία ώθηση προς τήν αντίθετη διεύθυνση. Πανι τώρα να περιστραφεί με αντίθετη διεύθυνση, πριν προφτάσει όμως πάλι να ξεκινήσει, τό ρεύμα, αλλάζοντας πάλι διεύθυνση, τον σπρώχνει με τό πεδίο του, προς τήν πρωτινή διεύθυνση. Τό αποτέλεσμα, λοιπόν, είναι ο δρομέας να μείνει άκίνητος.

Οι συνθήκες λειτουργίας παρουσιάζονται τελείως διαφορετικές, αν βάλουμε τό δρομέα σε κίνηση με ξένη, έξωτερική δύναμη και του δώσουμε μάλιστα άριθμό στροφών στό δευτερολεπτό ανάλογο με τή σφχνότητα του ρεύματος που τροφοδοτεί τον κινητήρα. "Αν τώρα ή θέση του δρομέα, του περιστρεφόμενου με τέτοια ταχύτητα, αντιστοιχεί με τη διεύθυνση του ρεύματος που παραδεχόμαστε στό Σχ. 215 στους πόλους του εξα-



σκαίται πάλι μιὰ δύναμη πού τείνει νά τούς περιστρέφει κατά τή διεύθυνση του βέλους.

Ἡ δύναμη ὅμως αὐτή κρατᾶ τώρα, πάντα τήν ἴδια διεύθυνση, γιατί, σέ, κάθε ἐναλλαγῆ τοῦ ρεύματος, κάτω ἀπό τούς ἀγωγούς βρίσκονται οἱ πόλοι πού πρέπει. Μα τήν ταχύτητα πού δίνουμε στό δρο-



Σχ. 215

μέα, ὁ πόλος, S βρίσκεται κάτω ἀπό τόν ἀγωγό 1, ὅταν ἀλλάξει καί σ' αὐτόν ἡ διεύθυνση τοῦ ρεύματος. Ἔτσι, ὅλοι οἱ βόρειοι πόλοι τοῦ δρομέα ἀντιμετωπίζουν πάντοτε ἀγωγούς πού διαρρέονται ἀπό ρεῦμά μέ κατεύθυνση, π.χ. ἀπό μᾶς πρὸς τή σελίδα, καί ὅλοι οἱ νότιοι, ἀγωγούς μέ ἀντίθετο ρεῦμα. Λεμε, ὅτι ὁ λινητήρας "ἀ γ κ ι σ τ ρ ῶ θ η κ ε", βρίσκεται σέ "σ υ γ χ ρ ο ν ι σ μ ὀ" μέ τή συχνότητα καί περιστρέφεται μέ ἀμετάβλητο τόν ἀριθμὸ τῶν στροφῶν τοῦ κατά δευτερόλεπτο. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς τῶν στροφῶν εἶναι κατ' εὐθεῖαν ἀνάλογος μέ τήν συχνότητα  $f$  καί ἀντίστροφα ἀνάλογος μέ τὰ ζευγάρια  $p$  τῶν πόλων τοῦ δρομέα.

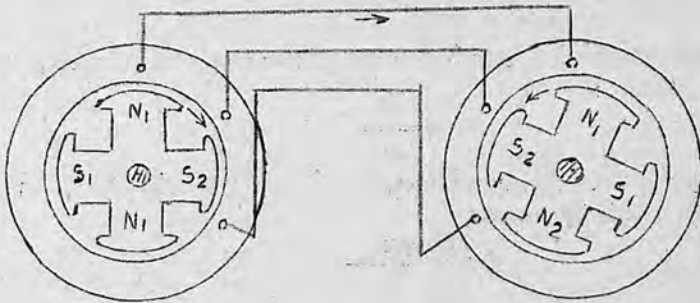
### Σύγχρονοι κινητήρες τριφασικοῦ ρεύματος.

Στό Σχ. 216 μᾶς δείχνει δύο μηχανές τριφασικοῦ ρεύματος. Ἀπ' αὐτές ἡ πρὸς τ' ἀριστερά δουλεύει σὰ γεννήτρια καί πρὸς τὰ δεξιά, σὰν κινητήρας. Καί οἱ σύγχρονοι τριφασικοὶ κινητήρες δουλεύουν σχεδόν ὅπως καί οἱ μονοφασικοὶ σύγχρονοι κινητήρες. Λεμε "σ χ α δ ὀ ν", γιατί στό στάτη τῶν τριφασικῶν κινητήρων δημιουργεῖται τό λεγόμενο "σ τ ρ α φ ὀ μ α ν ο π α δ ῖ ο" πού θά μᾶς ἀπασχολήσῃ ὅταν θά μιλήσουμε γιά τούς ἀσύγχρονους κινητήρες.

Ὅπως βλέπουμε στό σχῆμα 216 ὁ βόρειος πόλος  $N_I$  τοῦ κινητήρα βρίσκεται λίγο πρὶν ἀπὸ τόν ἀγωγὸ πού διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ἐνῶ ὁ πόλος  $N_I$  τοῦ ἐναλλακτῆρα εἶναι ἤδη κάτω ἀπὸ τόν ἀντίστοιχὸ ἀγωγό.

Αὐτὴ ἡ σχετικὴ μετατόπιση τῶν δρομέων φαίνεται, ὅπως εἶπαμε, στήν βραδυπορεία τοῦ ρεύματος σχετικὰ μέ τήν ἐφαρμοζόμενη τάση.





Σχ. 216

Στροφές ή γωνιακή ταχύτητα του κινητήρα

Από τὰ προηγούμενα καταλαβαίνουμε, ότι, για να λειτουργήσει ο κινητήρας, πρέπει οι στροφές του να είναι ανάλογες με τή συχνότητα του τροφοδοτικού τριφασικού ρεύματος, άρα, ίσως και με τις στροφές του άναλλακτικού που χορηγεί τό ρεύμα, αν οι δύο μηχανές έχουν τούς ίδιους πόλους. "Αν ο κινητήρας έχει λιγότερους πόλους από τόν άναλλακτικό, ο κινητήρας γυρνά γρηγορότερα άπ' αυτόν. "Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα οχταπολικό άναλλακτικό (p=4), που παράγει ρεύμα με συχνότητα 40 περιόδων. Ο δρομέας του γυρνά με 10 στροφές στό δευτερόλεπτο ή 600 στροφές στό λεπτό, όπως μάς δίδει και ο τύπος :

$$N_{\lambda} = \frac{f \times 60}{p} = \frac{40 \times 60}{4} = 600$$

"Ας υποθέσουμε, τώρα, ότι ο κινητήρας, που τροφοδοτείται από τόν οχταπολικό άναλλακτικό, έχει 6 πόλους. Επειδή τό τροφοδοτικό ρεύμα είναι 40 περιόδων, παρουσιάζει 80 άναλλαγές στό δευτερόλεπτο. Ο δρομέας, λοιπόν, του κινητήρα πρέπει σε 1/20 του δευτερολέπτου να περιστρέφεται κατά τό 1/6 μιάς ολόκληρης στροφής του, δηλαδή να κινείται σ' ένα δευτερόλεπτο :  $80/6=13,33$  στροφές και σ' ένα λεπτό:  $(80/6) \times 60 = 13,333 \times 60 = 799,98$  ή 800 στροφές. Τό ίδιο αποτέλεσμα παίρνουμε αν εφαρμόσουμε τόν πιο πάνω τύπο :

$$N_{\lambda} = \frac{f \times 60}{p} = \frac{40 \times 60}{3} = 40 \times 20 = 800 \text{ στροφές}$$

Οι στροφές κατά δευτερόλεπτον δίνονται, φυσικά, από τον τύπο :

$$N = \frac{f}{p}$$

"Αν πολλαπλασιάσουμε με τό  $2\pi$  τά μέλη τῆς ἐξίσωσης αὐτῆς, θά ἔχουμε :

$$2\pi N = \frac{2\pi}{p}$$

$$\text{ἢ } \omega = \frac{\omega_I}{p}$$

ὅπου  $\omega$ , ἡ γωνιακή ταχύτητα τοῦ κινήτηρα,  $\omega_I$ , ἡ γωνιακή ταχύτητα τοῦ τροφοδοτικῆς ρεύματος καί  $p$ , τά ζευγάρια τῶν πόλων τοῦ δρομέα.

"Ἐνας σύγχρονος κινήτηρας γυρνᾷ μέ ταχύτητα  $\sigma \tau \alpha \theta \epsilon \rho \eta$ , πού μένει ἡ ἴδια στή λειτουργία του μέ φορτίο ἢ καί δίχως φορτίο, καί ἐξαρτᾶται ἀπό τή συχνότητα τοῦ ρεύματος καί τόν ἀριθμό τῶν πόλων.

"Ὅπως εἶπαμε πῶ πάνω, καί ὅπως δείχνει καί ὁ τύπος, γιά ὀρισμένη συχνότητα  $f$  τοῦ ρεύματος, ἡ γωνιακή ταχύτητα τοῦ κινήτηρα εἶναι τόσο μικρότερη ὅσο περισσότεροι εἶναι οἱ πόλοι του.

Σ' ἕναν διπολικό κινήτηρα, ὁ δρομέας πρέπει νά κάμνει μιᾶ ὀλόκληρη στροφή σέ μιᾶ περίοδο τοῦ ρεύματος. "Αν, ὅμως, ὁ ἀναλλακτήρας εἶναι τετραπολικός, τότε ὁ δρομέας του κάνει μισή στροφή δέ κάθε περίοδο τοῦ ρεύματος κ.ο.κ.

Ἡ ἐκκίνηση τοῦ σύγχρονου κινήτηρα.

Γιά νά συνδέσουμε τό σύγχρονο κινήτηρα σ' ἕνα δίκτυο, πρέπει πρῶτα νά ρυθμίσουμε ἄτσι τό διεγερτικό ρεῦμα τοῦ δρομέα του, ὥστε ἡ ἐπαγόμενη στούς ἀγωγούς τοῦ στάτη του ἄ.η.ε. δύναμη  $E$  νά εἶναι, ὅταν ὁ κινήτηρας γυρνᾷ μέ τίς σωστές του στροφές, ἴση μέ τή τάση  $U$  τοῦ τροφοδοτικῆς δικτύου. "Ἐπειτα, πρέπει νά δώσουμε στό δρομέα του μ' ἐξωτερική δύναμη  $E$  νά βρῆσκαται, τή στιγμή πού συνδέουμε τόν κινήτηρα στό δίκτυο, σέ φάση μέ τήν τάση  $U$  τοῦ δικτύου. Τα δύο τελευταῖα

τά πετυχαίνουμε με τούς λαγόμενους " δειχτες συγχρο-  
νισμού".

Ἡ ἐκκίνηση λοιπὸν ἐνὸς σύγχρονου κινητήρα γί-  
νεται ὅπως καὶ ἡ σύνδεση ἐνὸς ἀναλλακτῆρα ὅταν θέλου-  
με νὰ τὸν συνδέσουμε παράλληλα μὲ ἄλλον ἀναλλακτῆρα,  
πού ἐργάζεται ἤδη.

Γιὰ νὰ δώσουμε στὸ σύγχρονο κινητήρα τὶς σω-  
στές του στροφές, πρὶν τροφοδοτήσουμε τὸ στάτη του μὲ  
τὸ ρεῦμα τοῦ δικτύου, μεταχειριζόμεθα ἕναν ἐκκινητήρα,  
δηλαδή ἕνα ἄλλον κινητήρα πού δίνει στὸ δρομέα τοῦ  
κύριου κινητήρα τὶς σωστές του στροφές καὶ ὕστερα,  
ἐφοῦ συνδέσουμε τὸ τροφοδοτικὸ ρεῦμα, τὸν ἀφίναί πιά  
ἐλεύθερο νὰ περιστρέφεται μόνος του. Ἄν ἔχουμε μιὰ  
συστοιχία ἀπὸ συσσωρευτές, μπορούμε νὰ χρησιμοποιήσου-  
με γι' αὐτὸν τὸν σκοπὸ ἕναν κινητήρα συνεχῶς ρεύματος  
μὲ παράλληλη διεύθυνση. Τὶς στροφές αὐτοῦ τοῦ κινητήρα  
πού συνδέεται μὲ τὸ σύγχρονο κινητήρα, τὶς ρυθμίζουμε  
μὲ τὸ ρυθμιστὴ στροφῶν.

Στούς πολὺ μικροὺς σύγχρονους κινητήρας ἡ ἐκ-  
κίνηση γίνεται μὲ τὸ χέρι. Αὐτοὶ ἔχουν ἕνα ἐλατηριακί,  
πού τοῦ δίνουμε μιὰ ἄωθηση καὶ ἀμέσως ἀρχίζουν νὰ λειτουρ-  
γοῦν.

Γιὰ τὴν ἐκκίνηση τῶν τριφασικῶν σύγχρονων κι-  
νητήρων θὰ μιλήσουμε στὸ κεφάλαιο τῶν ἀσύγχρονων κι-  
νητήρων.

## Β. - ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

### Ἐπαγωγικοὶ κινητήρες

Τὸ στρεφόμενο πεδίο.

Οἱ σύγχρονοι κινητήρες παρουσιάζουν, ὅπως εἴ-  
δαμε τὸ μεγάλο μειονέκτημα νὰ μὴν μποροῦν νὰ μποῦν  
σὲ λειτουργία μόνοι τους, ἀλλὰ χρειάζονται ἐξωτερικὴ  
δύναμη γιὰ τὴν ἐκκίνησή τους. Γι' αὐτὸ χρησιμοποιοῦν-  
ται σήμερα γιὰ μεγάλες μόνο ἰσχαεῖς.

Γιὰ τὴ λειτουργία τῶν διαφόρων μηχανημάτων μέ-  
σα σ' ἐργοστάσια ἀντλιῶν κτλ., γιὰ μικρές, λοιπὸν,  
καὶ γιὰ μεσαίας ἰσχαεῖς καὶ κυρίως γιὰ μηχανήματα πού  
πρέπει νὰ λειτουργοῦν μὲ συχνές διακοπές, δὲν μπορού-  
με νὰ χρησιμοποιήσουμε σύγχρονους κινητήρες. Γιὰ τέτοιους  
σκοποὺς κατάλληλοι εἶναι οἱ λαγόμενοι " ἄ σ ὺ γ χ ρ ο -  
ν ο Ἦ κ ι ν η τ ῆ ρ ε σ Ἐ", πού χρησιμοποιοῦνται κάλλι-

στα και για πολυ μεγαλες ισχεις.

Οι ασυγχρονοι κινητηρες παρουσιάζουν σχετικα με τους συγχρονους, το μεγαλο πλεονεκτημα οστι μπαίνουν σε λειτουργια χωρις καμια δυσκολια, δεν χρειάζονται διαγερτρια μηχανη και δεν σταματουν τόσο ευκολα στις υπερφορτωσεις.

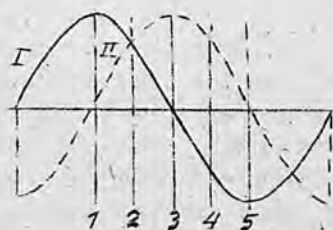
Οι απλουστεροι ασυγχρονοι κινητηρες ειναι αυτοι που λειτουργουν με διφασικο η τριφασικο ρευμα και ειναι γνωστοι με τ' ονομα " κ ι ν η τ η ρ ε ς σ τ ρ ε φ ο μ ε ν ο υ π α δ ι ο υ " η " ε π α γ ω γ ι κ ο ι " κ ι ν η τ η ρ ε ς, γιατι το ρευμα στο δρομεα γαννιεται επαγωγικα απο το στρεφόμενο παδιο.

Για να καταλαβουμε πως λειτουργουν οι κινητηρες αυτοι, πρεπει πρωτα να μαθουμε με λιγα λογια πως μπορούμε να δημιουργησουμε ενα στρεφόμενο μαγνητικο παδιο με τη βοηθεια του ρυματος. Στρεφόμενο παδιο δημιουργουμε και με περιστρεφόμενους μαγνητες η ηλεκτρομαγνητες. Στην περιπτωση των κινητηρων που εξετάζουμε το στρεφόμενο παδιο δημιουργειται απο το σταθερο επαγωγιμο, το γνωστο μας στατη, με τη βοηθεια διφασικου η τριφασικου ρυματος.

#### Α.- Στρεφόμενο παδιο απο διφασικο ρευμα.

Μολονοτι οι περισσοτεροι κινητηρες στρεφόμενου παδιου λειτουργουν με τριφασικο ρευμα, για να καταλαβουμε πιο ευκολα πως δημιουργειται το στρεφόμενο παδιο, θα εξετισουμε πρωτα πως μπορούμε να γαννησουμε τετοιο παδιο με διφασικο ρευμα.

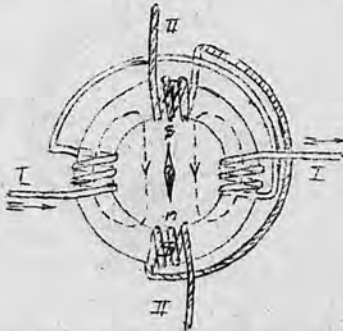
Το διφασικο ρευμα, οπως εξερουμε δεν ειναι τιποτ' αλλο παρα δυο μονοφασικα ρευματα μεταχρονισμενα μεταξυ τους κατ' 90° (Σχ. 217 "Ας υποθεσουμε, τωρα, οτι στελνουμε τα δυο εναλλασσόμενα ρευματα I και II στο σταθερο δαχτυλιοειδες επαγωγιμο του Σχ. 218 που εχει επανω του διφασικη παρελιξη. Στο επαγωγιμο διακρινουμε τεσσαρα πηνια. Απ' αυτα, τα δυο λευκα διαρρεονται απο το ρευμα I και



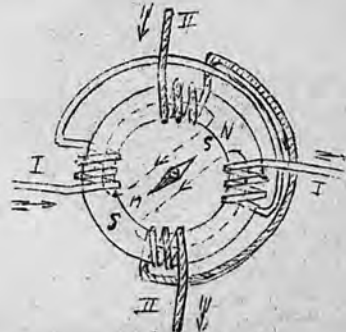
Σχ. 217

ται δύο γκριζα, από τό ρεῦμα II. Για νά διακρίνου-  
με τίς ἀρχές καί τά πέρατα τῶν δύο φάσεων, υπογραμμί-  
σαμε τά διακριτικά I καί II τῶν πέρατων.

Σέ μία ὀρισμένη στιγμή, πού καθορίζεται στό  
Σχ. 217 μέ τή γραμμή I, τό ρεῦμα I ἔχει τή μέγιστη τι-  
μή του, ἐνώ τό ρεῦμα II, τή μηδανική. Αὐτήν ἀκριβῶς  
τῇ στιγμή ὁ πυρήνας τοῦ στάτη θά μαγνητισταῖ μόνο ἀπό  
τά δύο πηνία τῆς φάσης I (Σχ. 218). Τά δύο πηνία τῆς  
φάσης II εἶναι τώρα νεκρά, γιατί δέν διαρρέονται ἀπό  
ρεῦμα. Τῇ διαύθυνση τοῦ ρεύματος στά πηνία τῆς φάσης  
I τῇ δείχνουμε μέ βέλη, πού τό μήκος τους ἀντιπροσωπεύ-  
ει περίπου καί τήν τιμή τοῦ ρεύματος. Ἡ διαύθυνση  
τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, πού δημιουργεῖται  
ἀπό τά πηνία τῆς φάσης I, βρίσκεται μέ τούς γνωστούς



Σχ. 218



Σχ. 219

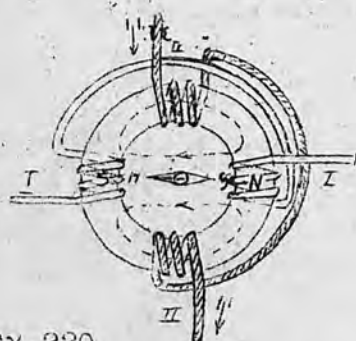
κανόνες. Βλέπουμε λοιπόν, πώς τά μαγνητικά πεδία πού  
δημιουργοῦνται ἔτσι ἀπό τά δύο πηνία εἶναι ἀντίθετα  
μεταξύ τους. Καί τά δύο ἔχουν πρὸς τά ἑπάνω τούς βόρει-  
ους πόλους των. Οἱ δυναμικῆς λοιπόν, γραμμῆς ἀναγκά-  
ζονται νά κλείσουν πρὸ κύκλωμά τους ἀπὸ τὸν ἀέρα καί  
ἀκολουθοῦν τροχιᾶς σάν αὐτές πού σχηματίζονται στό Σχ. 218  
μέ στιγμῆν γραμμῆ. Στό σημεῖο, εἰρημένως, ἀπ' ὅπου  
βγαίνουν ἀπὸ τὸν πυρήνα γιὰ νά μπῶν στὸν ἀέρα οἱ δυνα-  
μικῆς γραμμῆς, σχηματίζεται βόρειος πόλος (N), ἐνώ στό  
ἀντίθετο σημεῖο, εἰκαὶ ὅπου ξαναμπαίνουν στὸν πυρήνα,  
νότιος πόλος (S).

Ἦστερα ἀπὸ τῇ χρονικῇ στιγμή I, τό ρεῦμα I  
ἀρχίζει νά μικταίνει, ἐνώ τό ρεῦμα II ἀρχίζει νά μεγα-  
λώνει καί μετὰ ἕνα ὄγδοο τῆς περιόδου (ὅπως στό 2 τοῦ

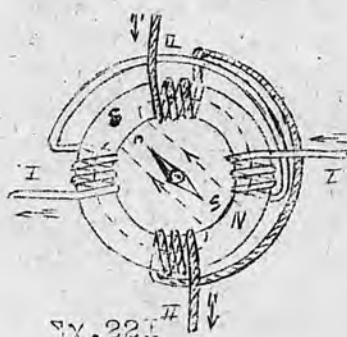


(Σχ. 217), και τὰ δύο ρεύματα είναι ίσα. Τό Σχ. 219 και τὰ δύο ρεύματα είναι ίσα. Τό Σχ. 219 ανταποκρίνεται ακριβώς σ' αὐτή τή νέα χρονική στιγμή 2. Ὅπως βλέπουμε, και τὰ βέλη πού δείχνουν ρεύματα I και II σ' αὐτό τό σχῆμα είναι ίσα.

Παραδεχόμενοι τή διεύθυνση τοῦ ρεύματος στά πηνία τῆς φάσης II, ὅπως είναι αὐτή πού δείχνεται μέ τὰ βέλη στό σχῆμα, διαπιστώνουμε ὅτι οἱ δυναμικές γραμμές τῶν πεδίων, πού γεννιοῦνται ἀπό τό ἀριστερό πηνίο τῆς φάσης I καί ἀπό τό ἑπάνω πηνίο τῆς φάσης II,



Σχ. 220



Σχ. 221

ἔχουν ἴδια διεύθυνση, είναι ὅμως ἀντίθετες πρὸς τίς δυναμικές γραμμές, πού παράγονται ἀπό τό δεξιό πηνίο τῆς φάσης I καί τό κάτω πηνίο τῆς φάσης II. Οἱ πόλοι λοιπόν, ὅπως ἄλλωστε δείχνει καί τό Σχ. 219 μετατοπίστηκαν ἑπάνω στόν κυλινδρικό πυρήνα κατὰ ἓνα ὄγδοο τῆς περιόδου καί μέ διεύθυνση ἴδια μέ τή διεύθυνση περιστροφῆς τῶν δειχτῶν τοῦ ρολογιού.

Ἐπειτα ἀπό ἓνα ἀκόμη ὄγδοο τῆς περιόδου (γραμμή 3 Σχ. 217) τό ρεῦμα I μηδενίζεται, ἐνῶ τό ρεῦμα II παίρνει τή μέγιστή του τιμή. Ἀπ' αὐτό, λοιπόν, μονάχα παράγονται οἱ δυναμικές γραμμές στό Σχ. 220. Οἱ τροχιές τους μᾶλλον δείχνουν τώρα, ὅτι οἱ πόλοι N καί μετατοπίστηκαν ἀκόμη πλεονέκτρα, κατὰ ἓνα ὄγδοο, πάλι, τῆς περιόδου, πρὸς τήν ἴδια διεύθυνση.

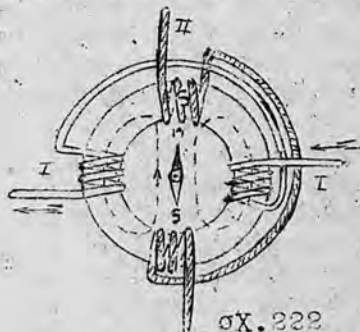
Κατά ἓνα ἀκόμη ὄγδοο τῆς περιόδου (γραμμή 4 Σχ. 217), τό ρεῦμα I ἔχει ἀλλάξει τή διεύθυνσή του. Τό συνισταμένο μαγνητικό πεδίο, πού δημιουργεῖται

τώρα φαίνεται στο Σχ. 221.

Τέλος μετά ένα ακόμη ὄγδοο τῆς περιόδου (γραμμή 5 Σχ. 217) τὸ πεδίο στὸ στάτη παίρνει τὴ θέση πού δείχνει τὸ Σχ. 222.

Βλέπουμε λοιπόν ὅτι τὸ πεδίο πού διαπερνᾷ τὸν ἄερα στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ στάτη ἔχει κἄναι, κατὰ τὴ διάρ-  
κεια μισῆς περιόδου τοῦ ρεύματος, μισή ἀκριβῶς στροφή  
σὲ μιὰ ὁλόκληρη, ἀπομένως, περίοδο ἀντιστοιχεῖ καὶ  
μιὰ ὁλόκληρη στροφή τοῦ πεδίου. Ἄν υποθέσουμε, πῶς  
ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος εἶναι 50 περίοδος, τὸ περι-  
στραφόμενο πεδίο θά κἄναι 50 στροφῆς I, ἄρα  $50 \times 60 =$   
 $= 3000$  στροφῆς στὸ λεπτό.

Τὴν περιστροφή αὐτοῦ τοῦ πεδίου μπορούμε νὰ τὴν ἀν-  
τιληφθοῦμε ἂν βάλουμε στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ στάτη μιὰ  
μαγνητικὴ βελόνα, ὅπως δείχνουν τὰ πτοηγούμενα σχήματα, στραπτὴ στὸν ἄ-  
ξονά της. Βλέπουμε τότε τὴ βελόνα νὰ περιστρέφεται.  
Κι' ἂν κομμάτι ὅμως ἀπὸ ἀμαγνήτιστο σίδηρο,



στραπτὸ σὲ ἄξονα, θ' ἄρ-  
χίσαι ἐπίσης νὰ περιστρέφεται ἂν μπαῖ στὴ θέση τῆς μα-  
γνητικῆς βελόνας γιὰτὶ, ὅπως ξέρουμε καὶ τὸ κομμάτι  
αὐτὸ μαγνητίζεται μ' ἐπίδραση καὶ ἔτσι συμπεριφέρεται  
ὡς ἄν τελεῖται μαγνήτης.

Στὴ διάταξη πού ἐξετάσαμε παραπάνω (Σχ. 218 ὡς  
222) παρασιδιάζονται, πάντοτε καὶ ταυτόχρονα, μόνο  
δύο πόλοι στὸν πυρήνα τοῦ στάτη. Ἡ διάταξη, λοιπόν,  
αὕτη ἀντιστοιχεῖ μὲ διπολικὴ μηχανή.

Γιὰ νὰ δημιουργήσουμε τέσσαρες πόλους, πρέπει  
νὰ χρησιμοποιήσουμε τέσσαρα πηνία σὲ κἄθε φάση.  
Με παρόμοιο τρόπο μπορούμε νὰ κἄνουμε κινητῆρας μὲ  
ὄσους πόλους θέλουμε. Ἄν ὁ κινητῆρας ἔχει τέσσαρες  
πόλους (τετραπολικὸς κινητῆρας) τὸ στραφόμενο πεδίο  
θ' ἄναι, σὲ μιὰ περίοδο τοῦ ρεύματος, μισή στροφή. Ἄν  
εἶναι ἑξαπόλικος, σὲ μιὰ περίοδο τοῦ ρεύματος θ' ἄναι  
ἂν τρίτο τῆς στροφῆς. Καί, γενικῶς, ἀπὸ ὅσο περισσότε-  
ρους πόλους παράγεται τὸ στραφόμενο πεδίο, τόσο καὶ  
οἱ στροφῆς του εἶναι λιγότερες, γιὰ τὴν ἴδια συχνότητα

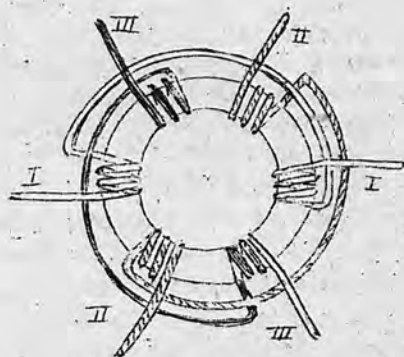
τοῦ τροφοδοτικοῦ ρεύματος. Κι' ἔδῳ λοιπόν οἱ στροφές κατὰ λεπτό τοῦ πεδίου δίνονται ἀπό τόν τύπο :

$$N_{\lambda} = \frac{f \times 60}{p}$$

ὅπου  $f$  ἡ συχνότητα τοῦ τροφοδοτικοῦ ρεύματος καί  $p$  τὰ ζευγάρια τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου πεδίου.

**Β.- Σ τ ρ ε φ ὄ μ ε ν ο π ζ δ ί ο ἀ π ὅ τ ρ ι φ α σ ι κ ὸ ρ ε ῦ μ α .**

Ὅπως μέ τό διφασικό, ἔτσι καί μέ τό τροφασικό ρεῦμα μπορούμε νά γαννήσουμε ἕνα περιστρεφόμενο πεδίο. Σ' αὐτή τήν περίπτωση, ἂν πάρουμε πάλι δαχτυλιοειδές τύλιγμα (Σχ. 223) πρέπει νά βάλουμε στό στάτη τρία ζευγάρια πηνίων, μετατοπισμένα τό καθένα σχετικά μέ τ' ἄλλο κατὰ  $120^{\circ}$ , καί νά τροφοδοτήσουμε τό κάθε ζευγάρι, μέ ἕνα ἀναλλασσόμενο ρεῦμα. Γιά νά χρησιμοποιήσουμε, ὁμως μονάχα τρεῖς τροφοδοτικούς ἀγωγούς, τά τρία τυλίγματα συνδέονται ἢ σέ ἄστέρα ἢ σέ τρίγωνο. Ἡ ὠτάση τοῦ στρεφομένου πεδίου πού παράγεται ἀπό διφασικό



Σχ. 223

ρεῦμα παρουσιάζει μερικές διακυμάνσεις. Ἀντίθετα μέ τό στρεφόμενο τοῦτο πεδίο, τό πεδίο πού γαννιάται ἀπό τό τροφασικό ρεῦμα εἶναι τελείως ὁμοιόμορφο καί συμμετρικό.

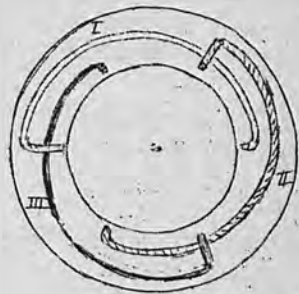
Τό Σχ. 224 δείχνει ἕνα διπολικό κυλινδρικό τύλιγμα γιά τριφασικό ρεῦμα καί μάλιστα μέ ἕνα αὐλάκι κατὰ πόλο καί φάση. Ὅπως ξέρουμε ὁμως, τό ρύλιγμα τῆς κάθε φάσης τό διαμοιράζουμε σέ πολλά αὐλάκια,

Τριφασικοί κινητήρες με  
βραχυκυκλωμένο δρομέα.

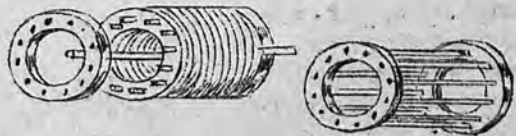
Γιά νά πάρουμε κίνηση από τό στρεφόμενο πεδίο τοποθετούμε στό εσωτερικό του κυλινδρικού στάτη, ένα κυλινδρικό δρομέα, πού ο άξονάς του βδράζεται σέ δυο αδρανα. Ο δρομέας χωρίζεται από τό στάτη από ένα πολύ μικρό διάκενο καί έχει τόν πυρήνα του κατασκευασμένο από σιδερένιες λαμαρίνες. Οί λαμαρίνες έχουν φυσικά σχήμα κυκλικό, φέρουν επάνω τους μόνωση, καί τοποθετούνται ή μια επάνω στην άλλη για νά σχηματίσουν τόν κυλινδρικό πυρήνα του δρομέα, όπως δείχνει τό Σχ. 225. Με τόν πυρήνα του δρομέα μικραίνει στό ελάχιστο ή αντίσταση πού συναντο ύν οι δυναμικές γραμμές του στρεφόμενου πεδίου. Ο πυρήνας φέρει καί τήν περιέλιξη του δρομέα. Αύτή

ή περιέλιξη αποτελείται, στην απλούστερή της μορφή, από χάλκινα ραβδιά, πού μπαίνουν μέσα σέ τρύπες βρισκόμενες πρὸς τό εσωτερικό του κυλινδρικού πυρήνα. Αί άκρες των ραβδίων, πού βγαίνουν κι' από τις δύο πλευρές του πυρήνα, ενώνονται από κάθε πλευρά με ένα χάλκινο δαχτυλίο. Έτσι όλα τά χάλκινα ραβδιά βραχυκυκλώνονται μεταξύ τους καί αποτελούν ένα σύνολο πού μοιάζει σάν κλωβό (Σχ. 226). Οί κινητήρες, πού έχουν τέτοιο δρομέα, λέγονται

κινητήρες με βραχυκυκλωμένο κλωβό. Τό Σχ. 227 δείχνει πώς παρουσιάζεται στό σύνολό του ο βραχυκυκλωμένος δρομέας. Στις πλευρές του διακρίνονται οι βραχυκυκλωτικοί δαχτυλίοι. Ο κλωβός κατασκευάζεται συνήθως κι' από αλουμίνιο, πού χύνεται με μεγάλη πίεση μέσα στις τρύπες του πυρήνα. Θεωρούμε περιττό νά προσθέσουμε ότι ο κλωβός



σχ. 224

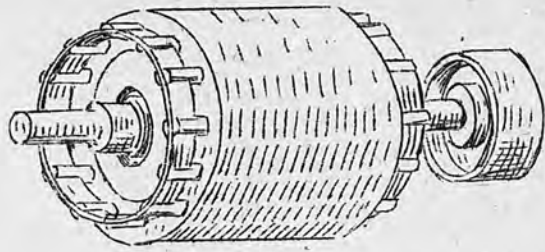


σχ. 225

Οί κινητήρες, πού έχουν τέτοιο δρομέα, λέγονται κινητήρες με βραχυκυκλωμένο κλωβό. Τό Σχ. 227 δείχνει πώς παρουσιάζεται στό σύνολό του ο βραχυκυκλωμένος δρομέας. Στις πλευρές του διακρίνονται οι βραχυκυκλωτικοί δαχτυλίοι. Ο κλωβός κατασκευάζεται συνήθως κι' από αλουμίνιο, πού χύνεται με μεγάλη πίεση μέσα στις τρύπες του πυρήνα. Θεωρούμε περιττό νά προσθέσουμε ότι ο κλωβός

είναι ηλεκτρι-  
κά απομονωμένος  
από τον πυρήνα  
του δρομέα.

Ο δρομέας όμως  
μπορεί να έχει  
αντί για κλωβό,  
συστό τριφασι-  
κό τυλίγμα, καμ-  
μένο όπως ακρι-  
βώς και το τυ-  
λίγμα του στάτη.

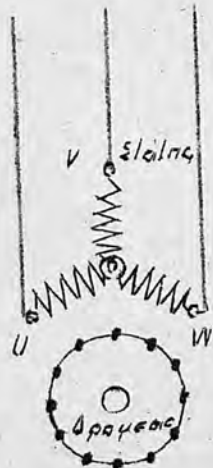


σχ. 227

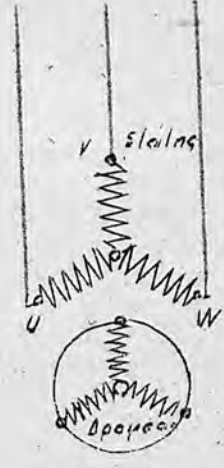
Στό δρομέα, κάθε φάση του τριφασικού τυλίγματος ενώ-  
νεται κι από τα δύο της όρια με τις άλλες και έτσι  
τό σύνολο παρουσιάζεται κι εδώ βραχυκυκλωμένο.

Τά Σχ. 228

και 229 μας δείχ-  
νουν δύο κινητήρες  
με βραχυκυκλωμένο  
δρομέα. Στο Σχ.  
228 ο δρομέας έχει  
βραχυκυκλωμένο  
κλωβό. Στο Σχ. 229  
ο δρομέας έχει  
βραχυκυκλωμένο  
τυλίγμα σε σύνδεση  
αστέρα. Και στους  
δύο κινητήρες ο  
στάτης έχει την πα-  
ριέλιξη του σε συν-  
δεση αστέρα. Η πα-  
ριέλιξη όμως του  
στάτη μπορεί να  
συνδεθεί και σε  
τρίγωνο. Τό τριφασικό ρεύμα μπαίνει στον κινητήρα  
από τα όρια  $U, V, W$ .



σχ. 228



σχ. 229

Επειδή η διάταξη ενός τέτοιου κινητήρα μοιά-  
ζει με μετασχηματιστή, που τό πρωτεύον του βρίσκεται  
στό στάτη και τό δευτερεύον του στό δρομέα, ο στάτης  
λέγεται, πολλές φορές, "πρωτοϋόν" και ο δρο-  
μέας, "δευτεροϋόν".

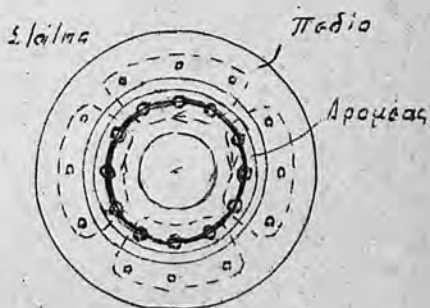
"Αν εξαιρέσουμε τό δευτερεύον, που στον κι-



νητή α περιστρέφεται, ή μόνη διαφορά πού υπάρχει μεταξύ κινητήρα και μετασχηματιστή είναι ότι το μαγνητικό κύκλωμα στον κινητήρα είναι ανοιχτό.

"Αν δοῦμε επίπολαια τά Σχ. 228 καί 229, πιθανόν νά διαρωτηθοῦμε πώς μπορεί νά δουλέψει ένας τέτοιος κινητήρας, αφού τό μοναδικό τροφοδοτικό του ρεύμα είναι τό τριφασικό, πού γεννά στό στάτη τό στρεφόμενο πεδίο. Εμείς ξέρουμε, πώς γιά νά ἔχουμε κίνηση πρέπει νά βάλουμε σ' ἀνέργεια δύο μαγνητικά πεδία, προσερχόμενα καί τά δύο ἀπό ρεύματα ή τό ένα ἀπό ρεύμα καί τ' ἄλλο ἀπό μόνιμο μαγνήτη. Ποιό ρεύμα ὁμως μάς δίνει τό δεύτερο πεδίο; Τό δεύτερο πεδίο ἔχει ἄπο τήν ἰσχύ τῶν ἰσοϋργαίται ἀπό τό ρεύμα πού ἔπαγεται σ' τό βραχυκυκλωμένο κλωβό ή στήν περιέλιξη τοῦ δρομέα ἀπό τό στρεφόμενο πεδίο. Γι' αὐτό ἄλλωστε οἱ κινητήρες αὐτοῦ λέγονται καί ἄπαγωγικοί".

"Ας δοῦμε τώρα μέ τή βοήθεια τοῦ Σχ. 230 πώς λειτουργεῖ ὁ κινητήρας.



Σχ. 230

Μόλις τροφοδοτήσουμε τήν περιέλιξη τοῦ στάτη καί γεννηθῆι τό στρεφόμενο πεδίο, οἱ δυναμικές γραμμές τοῦ πεδίου αὐτοῦ κόβουν τοὺς ἄγωγούς τοῦ δρομέα. Τά ρεύματα πού ἐπαγονται στοὺς ἄγωγούς τοῦ δρομέα ἔχουν, κατὰ τό νόμο τοῦ Λέντς,

τέτοια διεύθυνση, σά νά θέλουν ν' ἀντισταθοῦν στήν αἰτία πού τά δημιουργεῖ. Καί ἀπειδή ή αἰτία αὐτή είναι ή κίνηση τοῦ στρεφόμενου πεδίου, τά ἐπαγόμενα ρεύματα προσπαθοῦν νά σταματήσουν τήν κίνηση αὐτοῦ τοῦ πεδίου. Τό ἀποτέλεσμα είναι, ν' ἀρχίσει καί ὁ δρομέας νά περιστρέφεται μέ διεύθυνση ἴδια μέ τή διεύθυνση τοῦ στρεφόμενου πεδίου. Τό Σχ. 231 ἐξηγεῖ τό τί γίνεται. Στό Σχ. 231 (I)



Σχ. 231

τὸ στρεφόμενο πεδίο ἔχει τὴ διεύθυνση τοῦ βέλους I. Οἱ δυναμικὲς του γραμμὲς ἔχουν, στὸ σημεῖο πού ἐξετάζουμε τὸ φαινόμενο (στοὺς ἐπάνω ἀριστερὰ ἀγωγούς τοῦ Σχ. 230), τὴ διεύθυνση πού φαίνεται στὸ Σχ. 231 (I). Γιὰ νὰ βροῦμε τὴ διεύθυνση πού θάἔχει ἡ ἡ.α. δύναμη, ἡ ἐπαγόμενη ἀπὸ τὸ στρεφόμενο πεδίο στὸν ἀγωγό, ἀρα καὶ τὸ ρεῦμα, μπορούμε νὰ υποθέσουμε ὅτι τὸ πεδίο αὐτὸ μένει σταθερὸ καὶ ὅτι ὁ ἀγωγὸς κινεῖται μὲ ἀντίθετη διεύθυνση. Σύμφωνα μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς παλάμης τὸ ἐπαγωγικὸ ρεῦμα θά διευσθύνεται μέσα στὸν ἀγωγὸ σὰ νὰ φαύγει ἀπὸ μᾶς καὶ νὰ τρυπᾷ τὴ σελίδα (σταυρός). Οἱ δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ πεδίου, πού γαννιέται γύρω ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ ἀπὸ τὸ ἐπαγόμενο σ' αὐτὸν ρεῦμα, ἔχουν τὴ διεύθυνση πού φαίνεται στὸ Σχ. 231 (I).

Καὶ τὰ δύο πεδία, καὶ τὸ στρεφόμενο καὶ τὸ πεδίο τοῦ ἀγωγοῦ, ἔχουν κάτω ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ τὴν ἴδια διεύθυνση καὶ ἐπάνω ἀπ' αὐτόν, τὴν ἀντίθετη. Ἐπάνω, λοιπόν ἀπὸ τὸν ἀγωγὸ παρουσιάζεται ἐξασθένιση τοῦ πεδίου καὶ κάτω, ἐνίσχυση μὲ ἀποτελέσμα τὴν προώθηση τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ τὴ διεύθυνση τοῦ βέλους 2 (Σχ. 231 II), πού εἶναι ἴδια μὲ τὴ διεύθυνση τοῦ βέλους I. Ἡ διεύθυνση, επομένως, τῆς περιστροφῆς τοῦ δρομέα εἶναι ἴδια μὲ τὴ διεύθυνση τῆς περιστροφῆς τοῦ στροφόμενου πεδίου. Ὁ δρομέας, μπορεῖ νὰ παρομοιαστῆ καὶ μ' ἕναν ἄνθρωπο πού πάει νὰ συγκρατήσῃ ἕνα ρωμαλεὸ ἄλογο πού καλπάζει στὸ ἵπποδρόμιο. Ὅπως ὁ ἄνθρωπος παρασύρεται τελικὰ ἀπὸ τὸ ἄλογο, ἔτσι καὶ ὁ δρομέας παρασύρεται ἀπὸ τὸ στρεφόμενο πεδίο καὶ περιστρέφεται μὲ τὴν ἴδια διεύθυνση.

Ἐπειδὴ ὁ δρομέας θέλει νὰ περιστραφεῖ μὲ ταχύτητα ἴση μὲ τὴν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ στρεφόμενου πεδίου, περιστρέφεται ὅσο πάει καὶ πιὸ γρήγορα. Ὅταν δὲν ἔχει ἐπάνω τοῦ ἑξένο φορτίο (λειτουργία στὸ κενό) ἀντιματωπίζει ἀσήμαντες μόνο ἀντιστάσεις τριβῆς καὶ πησιάζει περίπου τὸ συγχρονισμό, δηλαδή ἡ περιστροφικὴ του ταχύτητα πλησιάζει τὴν περιστροφικὴ ταχύτητα τοῦ στρεφόμενου πεδίου. Ἄν πετυχαινόταν ὁ ἀπόλυτος συγχρονισμὸς, ἂν δηλαδή ὁ δρομέας γυρνοῦσε τόσο γρήγορα ὅσο μακριβῶς καὶ τὸ στρεφόμενο πεδίο, ἡ περιέλιξη τοῦ δρομέα δε θά κοβόταν ἀπὸ τίς δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ πεδίου, ὅπως ἀκριβῶς δὲν μπορούμε νὰ κόψουμε καὶ μὲ τὸ κοφτερότερο ἀκόμη ξυράφι οὔτε ἕνα φυλλά-

ράκι, ἂν μετακινουῖμα καί τὸ ξυράφι καί τὸ φύλλο πρὸς τὴν ἴδια διεύθυνση μὲ τὴν ἴδια ταχύτητα.

Τότε δὲν θά γεννιόταν στὸ δρομέα ἡ-ε. δύναμη, ἄρα οὔτε ρεῦμα, οὔτε καί κινήτηριο ζεῦγος.

Ἐπειδὴ ὅμως, ὁ δρομέας καθυστερεῖ λίγο στὶς στροφές του, σχετικὰ μὲ τὶς στροφές τοῦ παδίου (γι' αὐτὸ ἄλλωστε καί τ' ὄνομα : " ἄ σ ὕ γ χ ρ ο ν ο ς κ ι ν ῆ τ ῆ ρ α ς " ), οἱ δυναμικὲς γραμμὲς τοῦ τελευταίου κόβουν τὴν περιέλιξη τοῦ δρομέα καί ἔτσι ἐπάγουν σ' αὐτὴν μιὰ μικρὴ ἡ-ε. δύναμη, πού γεννᾷ ἓνα μικρὸ ἐπίσης ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μικρῆς συχνότητος. Ἡ γέννηση στὸ δρομέα αὐτοῦ τοῦ μικροῦ ρεύματος ἀναγκάζει τὸ στάτη νὰ τραβήξαι ἀπὸ τὸ δίκτυο ἓνα μικρὸ ἐπίσης ρεῦμα. Αὐτὸ τὸ ρεῦμα λέγεται, ὅπως καί τὸ ρεῦμα τοῦ πρωταύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ κατὰ τὴ λειτουργία του στὸ καιὸ, " ρ ε ῦ μ α λ ε ι τ ο υ ρ γ ῆ ς τ ο ὗ κ ι ν ῆ τ ῆ ρ α σ τ ὸ κ ε ν ὸ " .

Ὅταν ὁ κινήτηρας φορτῶνεται, οἱ στροφές του μειώνονται, ἢ σχετικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῆς περιστροφικῆς ταχύτητος τοῦ δρομέα καί τῆς περιστροφικῆς ταχύτητος τοῦ παδίου, ἢ ὀνομαζόμενη " δ ι ο λ ῖ σ θ ῆ σ η " , γίνονται μεγαλύτερη, ἢ περιέλιξη τοῦ δρομέα κόβεται συχνότερα ἀπὸ τὶς δυναμικὲς γραμμὲς, καί, ὅπως εἶναι φυσικὸ, ἢ ἐπαγόμενη στὸ δρομέα ἡ-ε. δύναμη μεγαλώνει καί μαζὶ μ' αὐτὴν αὐξάνει καί τὸ ἐπαγωγίμο ρεῦμα. Ἀνά γω μ' αὐτὸ εἶναι, τώρα, καί τὸ ρεῦμα πού παίρνει ὁ στῆτης ἀπὸ τὸ δίκτυο. Τὸ ρεῦμα, λοιπόν, πού παίρνει ἀπὸ τὸ δίκτυο ὁ κινήτηρας προσαρμόζεται αὐτόματα στὸ τῆτος, ὅπως γίνεται καί στὸ μετασχηματιστῆ καί στοὺς λους κινήτηρας.

Ἐπειδὴ ἡ διολίσθηση εἶναι πολὺ μικρὴ καί λόκληρο τὸ φορτίο, ὁ ἀριθμὸς στροφῶν τῶν ἐπαγωγίμων κινήτηρων παραμένει, σὲ ὅλα τὰ φορτία, σχεδὸν σταθερὸς. Ἀπὸ τὴν ἄποψη αὐτὴν ἐξεταζόμενοι οἱ ἐπαγωγίκοι κινήτηρες, μοιάζουν περίπου μὲ τοὺς κινήτηρας συναχοῦς ματος μὲ παράλληλη διεύθυνση.

Ἐπειδὴ οἱ περιελίξεις τοῦ κινήτηρα παρουσιάζουν αὐτεπαγωγή, τὸ τροφοδοτικὸν ρεῦμα βρῖσκει σὲ βραδυπορεία σχετικὰ μὲ τὴν ἐφαρμοζόμενη σ' αὐτοὺς τάση τοῦ δικτύου. Ἐνα ποσοστὸ ἀπ' αὐτὸ τὸ ρεῦμα εἶναι φυσικὰ ἄεργο ρεῦμα καί χρησιμεύει γιὰ τὴ μαγνήτιση τοῦ συντελεστῆ τῆς ἰσχύος τοῦ ἐξεταζόμενου κινήτηρα.

ταν αυτός δουλεύει με <sup>ο</sup>λόκληρι τό φορτίο του, κυμαίνεται από 0,8 ως 0,9.

Ο κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα είναι γερός, απλός στην κατασκευή του και, σχετικά, φτηνός. Εκτός από τά εδρανά του δέν παρουσιάζει άλλα φθαιρόμυνα μέρη. Για να βάλουμε μπρός εναν τέτοιοι κινητήρα συνδάουμε μονάχα τό στάτη του με τό τροφοδοτικό δίκτυο. Συνήθως δέν χρησιμοποιούμε ακινητή.

Ο κινητήρας, όμως, αυτός παρουσιάζει τό μειονέκτημα να ξεκινά με μεγάλο κρουστικό ρεύμα, γιατί, όταν τροφοδοτήσουμε τό στάτη του, επειδή ο δρομέας είναι ακόμη ακείνη τή στιγμή ακίνητος, τό στροφόμενο παδίο κόβει με τή μεγαλύτερή του ταχύτητα τοτούς άγωγούς του δρομέα και εκάγει σ' αυτούς τή μέγιστη τάση. Το επαγόμενο στό δρομέα ρεύμα έχει επίσης ακείνη τή στιγμή, όταν δηλαδή ο δρομέας ακινητεί ακόμη, τιμή μέγιστη και συχνότητα ίση με τή συχνότητα του ρεύματος που τροφοδοτεί τό στάτη. Το κρουστικό ρεύμα στό στάτη είναι, κατά κανόνα, ίσο περίπου πρός τό 5 -8πλάσιο του κανονικού ρεύματος. Για τή μείωση του κρουστικού ρεύματος λαμβάνονται είδικά μέτρα.

-----

## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

---

1) Πρόλογος . . . . .	σελ. 3
2) Ηλεκτρονική θεωρία στις αόρες της γραμμής. Νόμος του ΚΟΥΛΟΜ - Ηλεκτρικό ρεύμα . . . . .	5
3) Ηλεκτροστατική δύναμη αποτέλεσμα του ηλεκτρικού ρεύματος- Ένταση του ρεύματος . . . . .	26
4) Ηλεκτρική αντίσταση-Σύνδεση των αντιστάσεων . . . . .	35
5) Νόμος του ΩΜ . . . . .	53
6) Έργο - Ίσχύ . . . . .	60
7) Ζέστη και Φως από το ηλεκτρικό ρεύμα - ηλεκτρικό ρεύμα από τη ζέστη και το φως . . . . .	70
8) Η πτώση της τάσης . . . . .	91
9) Διακλαδιζόμενα ρεύματα. Νόμοι του Κίρχωφ . . . . .	100
10) Ηλεκτρόλυση-Γαλβανοτεχνική-Νόμοι του Φαρανταίου . . . . .	110
11) Ηλεκτρικά στοιχεία . . . . .	135
12) Ο Συσσωρευτής . . . . .	158
13) Ο Συσσωρευτής μολύβδου . . . . .	162
14) Ο Αλκαλικός συσσωρευτής . . . . .	183
15) Μαγνητισμός- Ηλεκτρομαγνητισμός . . . . .	198



✓ 16)	Ὁ Ἠλεκτρομαγνήτης . . . . .	σελ.	228
✓ 17)	Πῶς γεννοῦμε ρεῦμα μὲ τὴ βοήθεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου . . . . .	”	236
✓ 18)	Τὸ ἀναλασσόμενο ρεῦμα . . . . .	”	280
✓ 19)	Ἡ χωρητικότης καὶ ἡ ἐπίδρασις τῆς στο συνεχῆς καὶ στο ἀναλασσόμενο ρεῦμα . . .	”	293
20)	Δυναμομηχανές . . . . .	”	308
21)	Ἠλεκτροκινητήρες ποῦ δουλεύουν μὲ συνε- χῆς ρεῦμα . . . . .	”	330
X 22)	Ἐναλλακτῆρες . . . . .	”	341
X 23)	Μονοφασικοὶ Ἐναλλακτῆρες . . . . .	”	343
24)	Ἐναλλακτῆρες μὲ ἑσωτερικοὺς πόλους . . .	”	348
25)	Διφασικοὶ Ἐναλλακτῆρες . . . . .	”	353
✓ 26)	Τριφασικὰ ρεύματα . . . . .	”	356
27)	Ὁ μετασχηματιστής . . . . .	”	372
28)	Ἠλεκτροκινητήρες ποῦ δουλεύουν μὲ ἀναλ- λασσόμενο ρεῦμα . . . . .	”	376
29)	Σύγχρονοι κινητήρες . . . . .	”	377
30)	Ἀσύγχρονοι κινητήρες . . . . .	”	383

-----  
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟΝ  
Κ. ΣΕΡΜΠΙΝΗ  
6406 ΚΩΔΕΤΤΗ 51  
111 ΛΑΣΩΝ

$$V = \omega \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \dots \cdot \frac{1}{\omega}$$

$$R = \frac{1}{\omega}$$

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

$$Z = 4 \cdot 10$$

$$3,14 \cdot 14$$

$$V = E = 10 \text{ V}$$

$$R = \frac{R_1}{V}$$

$$R = \frac{\frac{R}{V}}{\frac{V}{I}} = \frac{R}{V^2} \cdot I$$