

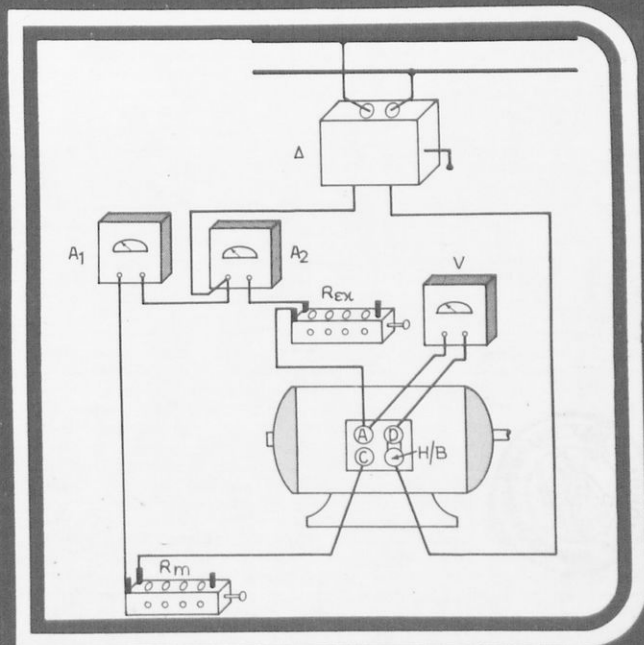
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Αντωνίου Παπαϊωάννου

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π.

Νικολάου Χαραλαμπάκη

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ

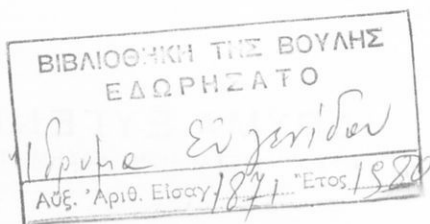




1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ





ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ἰδρυτής καί χορηγός τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καί σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἄρτια κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σέ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγὴ, θὰ ἦταν ἀναγκαῖος καί ἀποφασιστικός παράγοντας τῆς προόδου τοῦ ἔθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδήλωσε μὲ τὴ γενναιόφρονα πράξιν εὐεργεσίας, νὰ κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύσταση Ἰδρύματος πού θὰ εἶχε σκοπὸ νὰ συμβάλλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση τῶν νέων τῆς Ἑλλάδας.

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

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

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

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

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴ καί παιδαγωγικὴ ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σέ πολλές ἐπεξεργασίες καί βελτιώνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἐκδοσὴ.

Ἰδιαίτερη σημασίαν ἀπέδωσε τὸ Ἰδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴ στὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιατί πιστεύει ὅτι καί τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σέ γλῶσσα ἄρτια καί ὁμοιόμορφη ἀλλὰ καί κατάλληλη γιὰ τὴν στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νὰ συμβάλλουν στὴν γλωσσικὴ διαπαιδαγώγηση τῶν μαθητῶν.

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

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

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

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

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

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

Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ.-Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Ἀντιπρόεδρος.

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

Παναγιώτης Χατζηϊωάννου, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντὴς Ἑπαγ/κῆς Ἑκπ. Ὑπ. Παιδείας.

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

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

Γραμματεὺς, **Δ. Π. Μεγαρίτης**.

Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδὴς † (1955 - 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Ἄγγελος Καλογεράς** † (1957 - 1970) Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιαν** (1957 - 1965) Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Μιχαὴλ Σπετσιέρης** (1956 - 1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 - 1967), **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968 - 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.



Ε 3
Παπαϊωάννου, Αντώνιος

Γ' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π.
ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΟΥ Μ.Τ.Ε.Ε.

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ
1979

002
4115
ET2B
2152

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τό «Ήλεκτρολογικό Έργαστήριο» άπευθύνεται στους μαθητές τής Γ΄ τάξεως τών Τεχνικών Λυκείων Είδικότητας Ήλεκτρολόγου.

Στόν τόμο αυτό περιέχονται θέματα-άσκήσεις, πού άναφέρονται σέ ήλεκτρικές μετρήσεις έναλλασσόμενου ρεύματος, σέ έλέγχους καί μετρήσεις στίς ήλεκτρικές μηχανές συνεχούς καί καί έναλλασσόμενου ρεύματος (στρεφόμενες καί στατές) καί σέ άσκήσεις άπό τό μάθημα τών έσωτερικών ήλεκτρικών έγκαταστάσεων. Τό κείμενο άκολουθεϊ τή σειρά μέ τήν όποία θά πρέπει νά πραγματοποιηθοῦν οί έργαστηριακές άσκήσεις, έτσι ώστε οί μαθητές νά έχουν διδαχθεϊ στά αντίστοιχα μαθήματα, κατά τό δυνατόν, τίς βασικές θεωρητικές γνώσεις πού χρειάζονται γιά τό σκοπό αυτό. Παρ' όλα αυτά θεωρήσαμε σκόπιμο νά συμπεριλάβομε σέ κάθε κεφάλαιο τοῦ βιβλίου όλες έκείνες τίς γνώσεις καί όδηγίες, συνοπτικά, πού εἶναι άπαραίτητες γιά τήν έπιτυχή άσκηση τών μαθητῶν στό Έργαστήριο. Τά κείμενα αυτά έχουν στοιχειοθετηθεϊ μέ μικρότερα στοιχεία, ώστε νά εἶναι έμφανής ό χαρακτηρισ τής έπαναλήψεως. Βέβαια ή σειρά τοῦ κειμένου δέν εἶναι άπόλυτα δεδομένη. Μπορεϊ άνάλογα μέ τίς συνθήκες λειτουργίας τοῦ έργαστηρίου στό Σχολείο καί άλλους παράγοντες πού θά εκτιμήσουν οί έργαστηριακοί εκπαιδευτές, νά αλλάξει ή σειρά διαδοχής τών κεφαλαίων στό κείμενο, π.χ. οί άσκήσεις πού άναφέρονται στα βασικά κυκλώματα τών έσωτερικών ήλεκτρικών έγκαταστάσεων, μπορούν νά πραγματοποιηθοῦν μετά τίς μετρήσεις στό έναλλασσόμενο ρεύμα.

Τό βιβλίο διαιρεῖται σέ πέντε μέρη καί στήν Είσαγωγή. Στήν είσαγωγή θεωρήσαμε άναγκαῖο νά έπαναλάβομε όρισμένες χρήσιμες πληροφορίες καί όδηγίες άπό τό βιβλίο Ήλεκτρολογικό Έργαστήριο πού διδάχθηκαν οί μαθητές στή Β΄ τάξη καί πού αποτελοῦν τή βάση τής χωρίς κίνδυνο καί μέ έπιτυχία πραγματοποίησης τών άσκήσεων.

Τό Α΄ Μέρος περιλαμβάνει τά κεφάλαια-άσκήσεις τών μηχανῶν συνεχούς ρεύματος.

Τό Β΄ Μέρος τίς μετρήσεις έναλλασσόμενου ρεύματος.

Τό Γ΄ Μέρος τά κεφάλαια-άσκήσεις τών μηχανῶν έναλλασσόμενου ρεύματος (στρεφόμενες).

Τό Δ΄ μέρος τά κεφάλαια-άσκήσεις άπό τούς μετασχηματιστές ισχύος καί τούς άνορθωτές (στατές μηχανής).

Τό Ε' μέρος περιλαμβάνει τα κεφάλαια-ασκήσεις από τις έσωτερικές ηλεκτρικές έγκαταστάσεις.

Κατά τή συγγραφή τοῦ τόμου αὐτοῦ λάβαμε ὑπόψη ὅτι οἱ μαθητές ἔχουν διδαχθεῖ στό Β' ἔτος σπουδῶν τους τό « Ἡλεκτρολογικό Ἐργαστήριο Α' » ἢ ὅπως δὴ ποτε τίς βασικές μετρήσεις συνεχοῦς ρεύματος.

Παραδίνοντας τό βιβλίό αὐτό στήν κρίση τῶν καθηγητῶν ἠλεκτρολόγων τῶν Τεχνικῶν Λυκείων καί Σχολῶν καί τῶν μαθητῶν, εὐχαριστοῦμε θερμά τήν Ἐπιτροπή Ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενίδου γιά τήν εὐκαιρία πού μᾶς ἔδωσε, ἀκόμη μιά φορά, νά συμβάλλομε μέ τήν ἐργασία μας αὐτή στήν ὅλη προσπάθεια πού καταβάλλεται γιά τήν ἀνάπτυξη τῆς Τεχνικῆς καί Ἐπαγγελματικῆς Ἐκπαιδεύσεως.

Οἱ Συγγραφεῖς

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

0.1 Γενικά. Ένα σχέδιο οργανώσεως του μαθητικού προσωπικού.

Ο σκοπός που επιδιώκουν οι εργαστηριακές ασκήσεις επιτυγχάνεται με τη σωστή εκτέλεσή τους. Αυτό όμως προϋποθέτει τάξη και καλή οργάνωση του εργαστηρίου, τήρηση με σχολαστικότητα του κανονισμού λειτουργίας του, μελέτη του θεωρητικού μέρους κάθε άσκησης, όρθη και προσεκτική χρήση των οργάνων και συσκευών μετρήσεως.

Ο συντονισμός, ή καθοδήγηση των μαθητών και η επίβλεψη στην ώρα της άσκησής τους, από μέρους των καθηγητών, στο χώρο του εργαστηρίου επιτυγχάνεται με τη διανομή κάθε τάξεως σε ομάδες μαθητών.

Με τον τρόπο αυτό παρακολουθείται καλύτερα και η εφαρμογή των μέτρων προλήψεως ατυχημάτων και περιορίζονται στο ελάχιστο οι βλάβες και φθορές του εργαστηριακού εξοπλισμού και ενισχύεται το πνεύμα της συλλογικής εργασίας.

Σε κάθε ομάδα μαθητών τοποθετείται, ως επόπτης εργασίας ένας μαθητής, μέλος της ομάδας.

Όλοι οι μαθητές κάθε ομάδας θα τοποθετηθούν διαδοχικά ως επόπτες μία ή περισσότερες φορές μέσα στο σχολικό έτος σύμφωνα με το πρόγραμμα που θα έχει καταρτίσει ο προϊστάμενος καθηγητής του εργαστηρίου. Έτσι και η ανάπτυξη πνεύματος υπευθυνότητας ενισχύεται και η πειθαρχημένη εργασία μέσα στην ομάδα επιτυγχάνεται.

Βασικές αρμοδιότητες του επόπτη εργασίας είναι:

α) Παραλαμβάνει από τον υπεύθυνο της αποθήκης του εργαστηρίου τα όργανα, συσκευές, εργαλεία και το υλικό που θα χρησιμοποιήσει η ομάδα του στη συγκεκριμένη άσκηση ή ασκήσεις. Η παραλαβή γίνεται με χρεωστικό σημείωμα.

β) Καθορίζει, με τη βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή, τα καθήκοντα κάθε μέλους της ομάδας για την άσκηση.

γ) Επιβλέπει την ομάδα του στην προετοιμασία της άσκησης (συνδεσμολογία κλπ.).

δ) Είδοποιεί τον υπεύθυνο καθηγητή για τον έλεγχο της συνδεσμολογίας της άσκησης.

ε) Μετά την έγκριση (δ) εφαρμόζει «τάση» στο κύκλωμα.

στ) Αναφέρει στον υπεύθυνο καθηγητή περίπτωση κακής λειτουργίας οργάνων ή συσκευών και ανωμαλίες στις μετρήσεις.

ζ) Μετά την εκτέλεση των μετρήσεων αποσυνδέει το κύκλωμα από την πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και αναφέρει σχετικά στον υπεύθυνο καθηγητή.

η) Έπιβλέπει στη συντήρηση καί τόν καθαρισμό τών ὀργάνων, συσκευῶν κλπ., πού χρησιμοποιήσε ἡ ὁμάδα του.

θ) Ἐπιστρέφει ὅτι παράλαβε στήν ἀρχή στόν ὑπεύθυνο τῆς ἀποθήκης σημειώνοντας στό χρεωστικό σημείωμα ἐδεχόμενες βλάβες ὀργάνων κλπ. καί φθορές ὑλικοῦ.

0.2 Συμπεριφορά τών μαθητῶν στό Ἑργαστήριο.

Ἡ συμπεριφορά τών μαθητῶν μέσα στό ἐργαστήριο πρέπει νά εἶναι πολύ προσεκτική. Δέν πρέπει νά ξεχνάει ὁποιοσδήποτε κινεῖται στό χώρο τοῦ ἠλεκτρολογικοῦ ἐργαστηρίου ὅτι **τό ἠλεκτρικό ρεῦμα δέν προειδοποιεῖ.**

Προσοχή λοιπόν, γιατί ἡ ἀμέλεια καί ἡ ἀπροσεξία συνεπάγεται πιθανό κίνδυνο ἠλεκτροπληξίας στούς ἀσκούμενους μαθητές καί βλάβες ἢ φθορές ἀσυνήθιστες στόν ἐργαστηριακό ἐξοπλισμό.

Παρακάτω δίνουμε μερικές συμβουλές γιά τούς μαθητές, πού μποροῦν νά χρησιμεύσουν ὡς ὁδηγός στή σύνταξη ἐνός κανονισμοῦ ἠλεκτρολογικοῦ ἐργαστηρίου:

α) Νά μπαίνει στό Ἑργαστήριο φρόνιμα, μέ τάξη καί χωρίς καθυστέρηση.

β) Νά ἐργάζεται στήν προκαθορισμένη θέση καί νά μήν ἐνοχλεῖ τούς συμμαθητές σου.

γ) Νά χρησιμοποιεῖς πάντοτε τό κατάλληλο ἐργαλεῖο γιά κάθε ἐργασία. Οἱ πρόσχειρες λύσεις δημιουργοῦν προβλήματα ἀσφάλειας καί δέν ἐξασφαλίζουν ἔγκαιρη καί σωστή ἐργασία.

δ) Νά διατηρεῖς τά ὄργανα, τίς συσκευές καί τά ἐργαλεῖα σέ καλή κατάσταση, σάν νά ἦταν δικά σου.

ε) Μή μιλάς ποτέ στό χειριστή ὁποιοσδήποτε ὀργάνου ἢ μηχανῆς.

στ) Μήν ἐνεργεῖς ριψοκίνδυνα.

ζ) Ἡ ἀσφαλής ἐργασία προϋποθέτει καλό ἀερισμό καί ἐπαρκή φωτισμό. Ἄν ἐξαρτᾶται ἀπό σένα φρόντισε νά τά ἐξασφαλίσεις.

η) Μήν παίζεις μέ τήν ἀσφάλεια τών ἄλλων. Μήν κάνεις φάρσες καί ἀστεῖα, εἶναι ἐπικίνδυνο.

θ) Τό μέρος πού ἐργάζεσαι πρέπει, ὅταν τελειώσεις τήν ἐργασία σου, νά τό ἀφήνεις στήν κατάσταση πού τό βρῆκες ὅταν ἄρχισης. **Καθαριότητα καί τάξη.**

ια) Πρωτοῦ ἀρχίσεις μία μέτρηση ἐνημέρωσε τόν ἐπόπτη τῆς ὁμάδας σου.

ιβ) Μή σπαταλᾷς ὑλικά καί χρόνο· καί τά δύο κοστίζουν πολύ.

ιγ) Φρόντισε πάντα ἡ δουλειά σου νά εἶναι σωστή.

ιδ) Ἡ ἀπροσεξία δέν δικαιολογεῖται. Ἄν δέν εἶσαι σίγουρος γιά κάτι ζήτησε τή βοήθεια τών συμμαθητῶν σου στήν ὁμάδα καί τοῦ καθηγητῆ σου.

ιε) Πρωτοῦ φύγεις ἀπό τό Ἑργαστήριο στό τέλος κάθε περιόδου ἀξιολόγησε τόν ἑαυτό σου, ὡς πρός τήν τήρηση τοῦ κανονισμοῦ λειτουργίας τοῦ Ἑργαστηρίου.

0.3 Προετοιμασία — Ἐκτέλεση ἀσκήσεως.

α) Πρίν ἀπό ὁποιαδήποτε συνδεσμολογία σχεδιάζεται τό ἠλεκτρικό κύκλωμα τῆς ἀσκήσεως καί σημειώνονται τά ὄργανα, οἱ συσκευές, τά δοκίμια καί τά ὑλικά πού θά χρησιμοποιηθοῦν.

β) Πραγματοποιείται η συνδεσμολογία της άσκησης έτσι, ώστε τα όργανα και οί συσκευές να τοποθετηθούν επάνω στον πάγκο εργασίας σέ τέτοιες θέσεις πού καί ὁ χειρισμός τους νά εἶναι εὐκόλος καί ἡ ἀνάγνωση τῶν ἐνδείξεων τους ἀνετη ἀπό κάθε μαθητή τῆς ὁμάδας.

γ) Ἐλέγχεται ἡ δυνατότητα τῶν ὀργάνων γιά τή συγκεκριμένη ἄσκηση καί ἐκλέγεται ἡ κατάλληλη κλίμακα.

δ) Εἰδοποιεῖται ἀπό τόν ἐπόπτη τῆς ὁμάδας ὁ υπεύθυνος καθηγητής γιά τόν ἔλεγχο τῆς συνδεσμολογίας.

ε) Ἐφ' ὅσον δοθεῖ ἡ ἔγκριση τοῦ καθηγητῆ ὁ ἐπόπτης τῆς ὁμάδας ἐφαρμόζει **τάση** στό κύκλωμα καί ἐλέγχεται ἡ ἀπόκλιση τῶν δεικτῶν τῶν ὀργάνων μήπως ὑπερβαίνουν τά ὅρια τῆς κλίμακας. Ἄν συμβεῖ κάτι τέτοιο διακόπτεται ἀμέσως ἡ τάση.

στ) Μετά τόν ἔλεγχο τῆς συνδεσμολογίας καί τῶν ὀργάνων, ἐκτελοῦνται οἱ μετρήσεις μέ προσοχή καί καταγράφονται τά ἀποτελέσματα. Κάθε μέτρηση ἐκτελεῖται ἐκ περιτροπῆς ἀπό ὅλους τοὺς μαθητές τῆς ὁμάδας.

ζ) Μετά τήν ἐκτέλεση τῶν μετρήσεων ἀποσυνδέεται ἡ πηγή. Εἰδοποιεῖται γι' αὐτό ὁ καθηγητής.

Γίνονται ὑπολογισμοί κλπ. καί ὑποβάλλονται στόν καθηγητῆ γιά ἔγκριση καί θεώρηση. Ἄν κάτι δέν πῆγε καλά, οἱ μετρήσεις ἐπαναλαμβάνονται.

Τελικά ἡ ἐργασία στό ἐργαστήριο τελειώνει μέ μιά σύντομη περιγραφή κάθε ἀσκήσεως στό τετράδιο, πού θά ἔχει καθορισθεῖ ἀπό τόν κανονισμό τοῦ ἐργαστηρίου. Μιά τέτοια περιγραφή μπορεῖ νά περιλαμβάνει γιά κάθε ἄσκηση:

- Τά πλήρη στοιχεῖα (κατασκευαστής, ἀρ. μητρώου κλπ.) τῶν ὀργάνων, μηχανῶν καί συσκευῶν πού θά χρησιμοποιηθοῦν.
- Τά στοιχεῖα τῶν ἀντικειμένων δοκιμῆς.
- Τή συνδεσμολογία τῆς ἀσκήσεως.
- Τόν τρόπο διεξαγωγῆς τῆς ἀσκήσεως καί τά ἀποτελέσματα.
- Παρατηρήσεις, κρίσεις καί σχόλια γιά τήν ἄσκηση.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Σ.Ρ.)

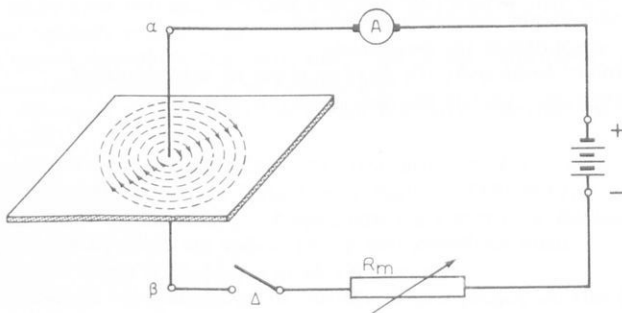
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΗΛ. ΜΗΧΑΝΗΣ – ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΠΟΛΟΙ – ΔΙΕΓΕΡΣΗ

1.1 Γενικά.

Σέ κάθε εύθύγραμμο άγωγό $\alpha\beta$, όταν από αυτόν περάσει ήλεκτρικό ρεύμα, σχηματίζεται γύρω του μαγνητικό πεδίο, πού ή μορφή του φαίνεται στό σχήμα 1.1α. Όταν τόν εύθύγραμμο άγωγό τόν λυγίσουμε πάνω σέ ένα κυλινδρικό τύμπανο, τότε σχηματίζεται ένα σωληνοειδές ή πηνίο. Άν τό πηνίο τροφοδοτηθεί μέ ήλεκτρικό ρεύμα, τότε στό έσωτερικό του δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, όπως φαίνεται στό σχήμα 1.1β. Τό πηνίο συμπεριφέρεται σάν μόνιμος μαγνήτης κατά τή διάρκεια πού αυτό είναι ρευματοφόρο. Τά χαρακτηριστικά τού μαγνητικού πεδίου του μεταβάλλονται όταν:

α) Στο χώρο πού αναπτύσσεται (τό μαγν. πεδίο) τοποθετήσουμε ένα κομμάτι από κατάλληλο σιδηρομαγνητικό ύλικό.



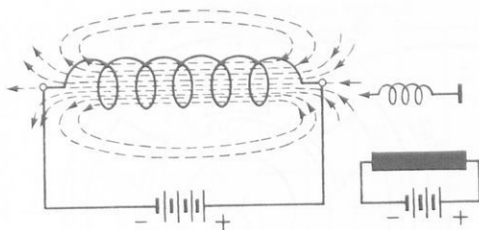
Σχ. 1.1α.

β) Ρυθμίζουμε (αυξάνουμε ή μειώνουμε) τήν ένταση τού ρεύματος πού διέρχεται από αυτό.

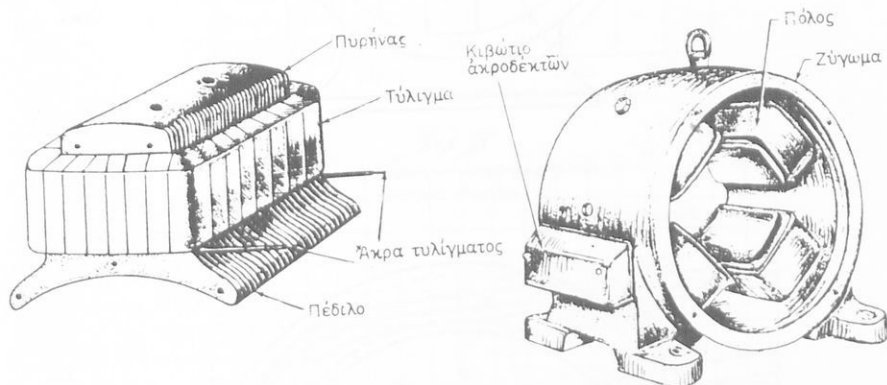
Η πολικότητα τού μαγνητικού πεδίου τού πηνίου εξαρτάται από τή φορά τού ρεύματος πού τό διαρρέει καί ή έντάσή του από τά άμπερελίγματα. Τά άμπερελίγματα (AW_m) ενός πηνίου είναι τό γινόμενο τής έντάσεως τού ρεύματος (I_m) πού διέρχεται από αυτό επί τόν άριθμό τών έλιγμάτων τού πηνίου (W_m):

$$\text{Άμπερελίγματα: } AW_m = I_m \cdot W_m$$

Απαραίτητη προϋπόθεση γιά νά λειτουργήσει μιά ήλεκτρική μηχανή είναι νά αναπτύσσεται στό



Σχ. 1.1β.



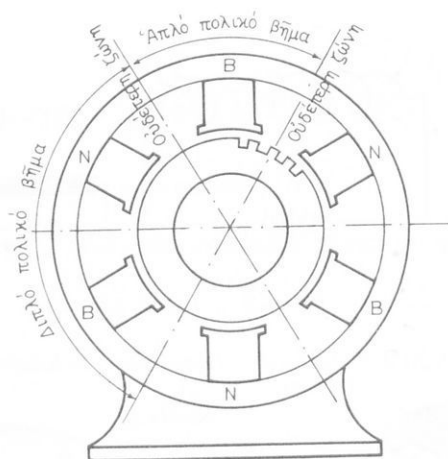
Σχ. 1.1γ.

χώρο που περιστρέφεται το έπαγωγικό της τύλιγμα ένα μαγνητικό πεδίο που καλείται **διέγερση** της μηχανής. Οι μηχανές Σ.Ρ. κατασκευάζονται κατά κανόνα με περισσότερους από ένα ζευγάρι μαγνητικούς πόλους. Κάθε μαγνητικός πόλος έχει το πηνίο διεγέρσεώς του. Τα πηνία των μαγνητικών πόλων αποτελούν το **τύλιγμα διεγέρσεως** της μηχανής. Το τμήμα του μαγνητικού πόλου που περιλείσσεται από το πηνίο διεγέρσεως καλείται **πυρήνας** του. Το μέρος του πυρήνα, που είναι διαμορφωμένο σε κυλινδρική επιφάνεια και βρίσκεται απέναντι από το έπαγωγικό τυμπάνο της μηχανής, καλείται **πέδιλο** του πόλου, ενώ ο κορμός της μηχανής που ένώνει μηχανικά και μαγνητικά τους πόλους καλείται **ζύγωμα** της μηχανής (σχ. 1.1γ).

Η νοητή γραμμή που χωρίζει δύο διαδοχικούς πόλους καλείται **ουδέτερη ζώνη**. Το διάστημα μεταξύ ουδετέρων ζωνών καλείται **άπλό πολικό βήμα** της μηχανής και δύο συνεχόμενα άπλά πολικά βήματα αποτελούν ένα **διπλό πολικό βήμα** (σχ. 1.1δ).

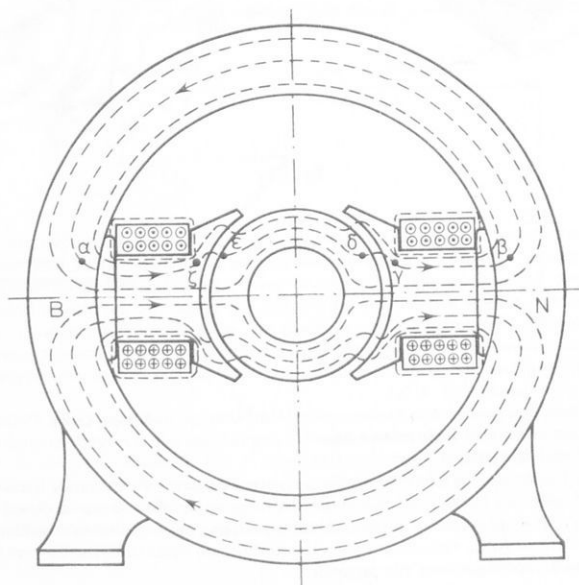
Στό σχήμα 1.1ε διακρίνεται η διαδρομή των μαγνητικών δυναμικών γραμμών (μαγνητικό κύκλωμα) μέσα από τη μάζα του έπαγωγικού τυμπάνου, στα διάκενα μεταξύ του τυμπάνου και των πεδίων των πόλων, από τους πυρήνες και το ζύγωμα. Η μαγνητική ροή (Φ) σε κάθε πόλο αυξάνει, όταν αυξάνουν τα άμπερελίγματα AW_m του κάθε πόλου. Η καμπύλη που παριστά τη συνάρτηση $\Phi = F(AW_m)$ καλείται **μαγνητική χαρακτηριστική της μηχανής**.

Η μαγνητική ροή είναι σχεδόν ανάλογη με τα άμπερελίγματα του πόλου (σχ. 1.1στ) μέχρι μία ορισμένη τιμή. Μετά από την τιμή αυτή έχουμε μικρές μεταβολές της ροής σε μεγάλες μεταβολές της τιμής των άμπερελιγμάτων, επειδή η μαγνήτιση του υλικού έχει φθάσει **στο μαγνητικό κόρο**.



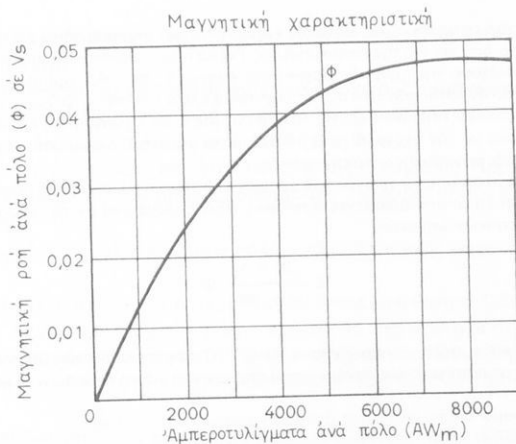
Σχ. 1.16.

Ουδέτερες ζώνες — Πολικά βήματα
ηλεκτρικής μηχανής.

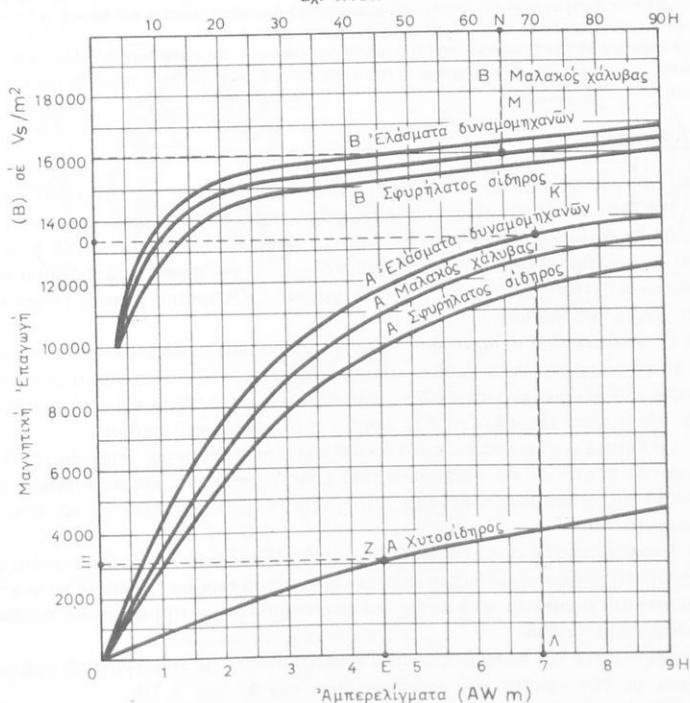


Σχ. 1.1ε.

Μαγνητικό κύκλωμα διπολικής ηλεκτρικής μηχανής.



Σχ. 1.1στ.



Σχ. 1.1ζ.

Σμήνος χαρακτηριστικών καμπυλών μαγνήτισης.

Η μαγνητική χαρακτηριστική της μηχανής έχει ουσιαστική σημασία τόσο γιά τή μελέτη τών ιδιοτήτων λειτουργίας, όσο καί γιά τήν κατασκευή της. Γιά νά προσδιορίσμε τή μαγνητική χαρακτηριστική πρέπει νά διαλέξμε τήν τιμή τής μαγνητικής επαγωγής από τίς καμπύλες $B = F(AW_m)$ τού σχήματος 1.1ζ, πού αντίστοιχούν στά σιδηρομαγνητικά υλικά τού στάτη (ζύγωμα, πυρήνες καί πέδιλα πόλων), τού πυρήνα τού τυμπάνου καί γιά τά διάκενα τού άέρα τή μαγνητική επαγωγή από τή σχέση $B = \mu H_s$. Σύμφωνα μέ τήν σχέση $\Phi = B \cdot S$ καί μέ τόν νόμο τού διαρεύματος έχομε τά ζεύγη τών τιμών $\Phi - AW_m$ τής μαγνητικής χαρακτηριστικής.

Γιά νά περάσει μέσα από τό τύλιγμα τού επαγωγικού τυμπάνου, όρισμένη μαγνητική ροή (Φ), ώστε νά άναπτυχθεί κάτω από όρισμένες συνθήκες ΗΕΔ Ε σύμφωνα μέ τή γνωστή σχέση, από τή θεωρία τών ηλεκτρικών μηχανών:

$$E = \frac{p \cdot s \cdot w}{a \cdot 60} \cdot \Phi \cdot \eta$$

άπαιτούνται από κάθε πόλο άμπερελίσματα AW_m . Ο ύπολογισμός τών άμπερελισμάτων AW_m εξαρτάται από τίς μαγνητεγερτικές δυνάμεις πού άπαιτούνται γιά νά περάσουν οί μαγνητικές δυναμικές γραμμές (σχ. 1.1ε):

- Από τό ζύγωμα (μέση μαγνητική δυναμική γραμμή α-β καί ζ-α).
- Από τόν πυρήνα (μέση μαγνητική δυναμική γραμμή β-γ).
- Από τόν άτμοσφαιρικό άέρα τού διακένου μεταξύ επιφάνειας τού πεδίου μαγνητικού πόλου καί επιφάνειας επαγωγικού τυμπάνου (μέση μαγνητική δυναμική γραμμή γ-δ καί ε-ζ) καί διά τού επαγωγικού τυμπάνου (μέση μαγνητική δυναμική γραμμή δ-ε).

Αυτά ισχύουν μέ τήν προϋπόθεση ότι ή μαγνητική επαγωγή είναι **σταθερή** σέ όλόκληρο τό μήκος τής μέσης μαγνητικής δυναμικής γραμμής τού καθενός από τά παραπάνω τμήματα τού μαγνητικού κυκλώματος.

1.2 Άσκήσεις.

1. α) Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία τού άγωγού μέ τήν πηγή Σ.Ρ. (σχ. 1.1α) έτσι, ώστε τό ρεύμα νά έχει φορά από τό πάνω άκρο τού άγωγού (α) πρός τά κάτω (β). Ρυθμίστε τήν τιμή τού ρεύματος διά τού άγωγού (π.χ. 20 - 50 Α) άναταράζοντας έλαφρά τό χαρτόνι μέ τά ρινίσματα τού σιδήρου ώσπου αυτά νά τακτοποιηθούν σέ κλειστές γραμμές. Οί γραμμές αυτές παριστάνουν τό μαγνητικό φάσμα.
- β) Πλησιάστε στό ρευματοφόρο άγωγό μαγνητική πυξίδα. Διαπιστώστε τήν ύπαρξη τού μαγνητικού πεδίου καί τή φορά του. Στή συνέχεια νά αλλάξετε τή φορά τού ρεύματος στόν άγωγό, από κάτω πρός τά πάνω καί νά διαπιστώσετε μέ τήν πυξίδα τήν άλλαγή τής φοράς τού μαγνητικού πεδίου.
- γ) Σχεδιάστε στό τετράδιο σας τό κύκλωμα τής άσκήσεως. Σημειώστε τά στοιχεία τών όργάνων καί συσκευών πού χρησιμοποιήσατε καί περιγράψτε συνοπτικά τούς χειρισμούς πού πραγματοποιήσατε, τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.
2. α) Τροφοδοτήστε τό πηνίο πού θά σάς δοθεί μέ Σ.Ρ. καί στή συνέχεια μέ τή μαγνητική πυξίδα προσδιορίστε τούς πόλους τού πηνίου. Άλλάξτε τή φορά τού ηλεκτρικού ρεύματος στό πηνίο καί παρατηρήστε μέ τή μαγνητική πυξίδα τήν άλλαγή τών πόλων.
- β) Επαληθεύστε τήν πολικότητα, πού παρατηρήσατε μέ τή μαγνητική πυξίδα στό πηνίο, μέ τόν κανόνα τού δεξιόστροφου κοχλία (σχ. 1.1β).
- β) Στήν προηγούμενη περίπτωση νά ρυθμίσετε (νά αύξήσετε ή νά μειώσετε) τήν ένταση τού ηλεκτρικού ρεύματος έτσι, ώστε νά άντιληφθείτε ότι ή έλ-

κτική δύναμη, πού ασκείται στους πόλους του πηνίου, είναι ανάλογη με τό ρεύμα πού τό διαρρέει.

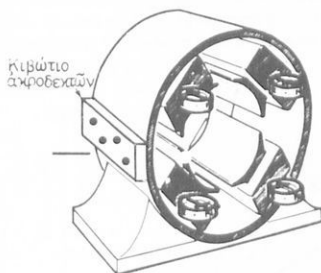
γ) Στο παραπάνω πηνίο νά τοποθετήσετε διαδοχικά 2 πυρήνες μέ πολύ διαφορετικούς συντελεστές μαγνητικής διαπερατότητας καί νά παρατηρήσετε τήν επίδραση πού άσκει ό πυρήνας στή μαγνήτισή του.

δ) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τό κύκλωμα τής άσκήσεως. Περιγράψτε συνοπτικά τούς χειρισμούς πού πραγματοποιήσατε, τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

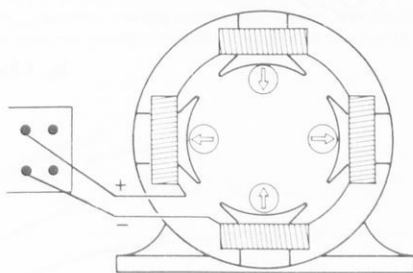
3. α) Αναγνωρίστε τά τυλίγματα τών πόλων τής ηλεκτρικής μηχανής Σ.Ρ. πού θά σάς δοθεϊ.

Νά τοποθετήσετε στό κιβώτιο άκροδεκτών όπως στό σχήμα 1.2α, τά άκρα του τυλίγματος διεγέρσεως, άφού προηγουμένως τά έχετε συνδέσει σέ σειρά καί μέ τέτοιο τρόπο, ώστε νά σχηματίζονται διαδοχικά έτερώνυμοι μαγνητικοί πόλοι. Για τήν έργασία αυτή νά χρησιμοποιήσετε τόν κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία.

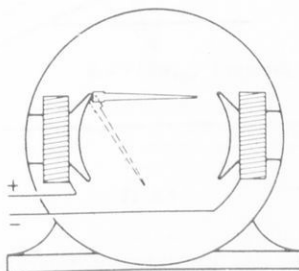
β) Νά τροφοδοτήσετε τό τύλιγμα διεγέρσεως μέ Σ.Ρ. καί μέ τή βοήθεια μιās μικρής μαγνητικής πυξίδας νά πραγματοποιήσετε έλεγχο για τή διαδοχή τών έτερωνύμων μαγνητικών πόλων, όπως φαίνεται στό σχήμα 1.2β.



Σχ. 1.2α.



Σχ. 1.2β.

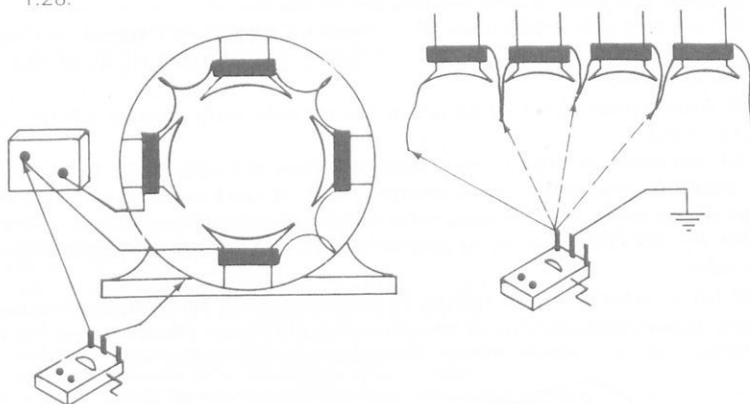


Σχ. 1.2γ.

γ) Έπαναλάβετε τόν έλεγχο τών μαγνητικών πόλων μέ τή μέθοδο τής καρφίδας, όπως φαίνεται στό σχήμα 1.2γ.

δ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας το ισοδύναμο κύκλωμα της άσκησης. Αναφέρετε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας από την άσκηση.

4. Με κατάλληλο ωμόμετρο έλεγξετε τη μόνωση του τυλίγματος διεγέρσεως της μηχανής συνεχούς ρεύματος που θα σ'ās δοθεί, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.26.



Σχ. 1.26.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ Σ.Ρ. — ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΞΕΝΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΩΣ

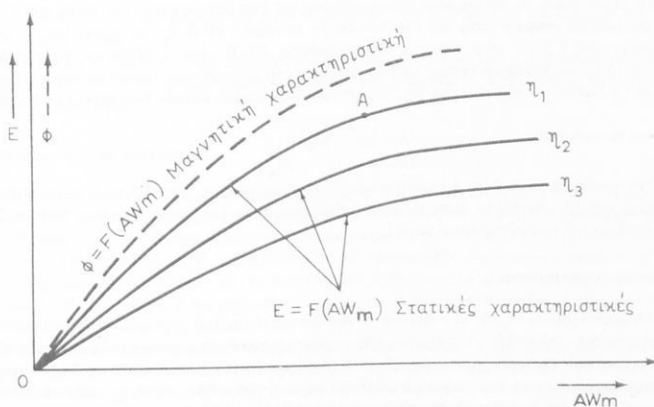
2.1 Λειτουργία χωρίς φορτίο.

Όταν γνωρίζουμε τη μαγνητική χαρακτηριστική μιάς γεννήτριας, μπορούμε να καθορίσουμε για κάθε τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως, δηλαδή από τα άμπερελίγματα κάθε πόλου, την ΗΕΔ E σύμφωνα με τη σχέση:

$$E = \frac{p \cdot s \cdot w}{a \cdot 60} \cdot \Phi \cdot n$$

(για όρισμένο αριθμό στροφών ανά λεπτό και σέ λειτουργία της γεννήτριας χωρίς φορτίο). Η ΗΕΔ E καλείται στατική ΗΕΔ. Η συνάρτηση $E = F(AW_m)$ καλείται **στατική χαρακτηριστική της γεννήτριας**.

Στό σχήμα 2.1 φαίνονται οι στατικές χαρακτηριστικές γεννήτριας, που λειτουργεί με διάφορους αριθμούς στροφών $n_1, n_2, n_3, \dots$



Σχ. 2.1.

Είναι δυνατό να έχουμε τόσες στατικές χαρακτηριστικές, όσες είναι οι πιθανές στροφές της μηχανής ανά λεπτό, αντίθετα ή **μαγνητική χαρακτηριστική είναι μία και μόνη για κάθε μηχανή**.

Από τη μαγνητική χαρακτηριστική των γεννητριών προκύπτει ότι σέ κάθε τιμή άμπερελιγμάτων AW_m αντιστοιχεί όρισμένη τιμή μαγνητικής ροής Φ και από τη σχέση ύπολογισμού της ΗΕΔ συμπεραίνεται ότι για μία τιμή άμπερελιγμάτων η ΗΕΔ είναι ανάλογη με τόν αριθμό στροφών που λειτουργεί η γεννήτρια.

Η σημασία της στατικής χαρακτηριστικής της γεννήτριας έχει την ίδια ουσιαστική σημασία που έχει και η μαγνητική χαρακτηριστική, όπως γνωρίσαμε στο πρώτο κεφάλαιο.

Από τη στατική χαρακτηριστική η₁ φαίνεται ότι η λειτουργία της γεννήτριας με κανονικό αριθμό στροφών πρέπει να καθορισθεί λίγο δεξιότερα από το σημείο Α (σχ. 2.1), που αρχίζει το γόνατο της καμπύλης. Λειτουργία με τίς πιο πάνω συνθήκες κάτω από το γόνατο φανερώνει ότι η γεννήτρια είναι αντισυνονομητική, δηλαδή έχει κατασκευασθεί με μεγαλύτερες διαστάσεις (περίσσιο μαγνητικό υλικό), ενώ λειτουργία πολύ πιο δεξιά από το σημείο Α, φανερώνει ότι η γεννήτρια λειτουργεί με ισχυρό μαγνητικό κόρο, πράγμα που σημαίνει ότι έχει σημαντικές απώλειες και επί πλέον απαιτείται αυξημένο τύλιγμα.

2.2 Λειτουργία με φορτίο.

Όταν μία γεννήτρια λειτουργεί χωρίς φορτίο, δηλαδή με άνοικτο το εξωτερικό της κύκλωμα, τότε αυτή αναπτύσσει σε άρισμένες στροφές ανά λεπτό μία ΗΕΔ, που προέρχεται από όλα τα διαθέσιμα άμπερελίγματα των πόλων της και αυτή είναι η **στατική** ΗΕΔ E_φ.

Στήν περίπτωση που το εξωτερικό κύκλωμα της γεννήτριας είναι κλειστό και λειτουργεί με ορισμένο ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως, τα διαθέσιμα άμπερελίγματα κάθε πόλου μειώνονται από τα αντίθετα άμπερελίγματα του τυμπάνου, που δημιουργούνται στο τύλιγμά του από το ρεύμα φορτίσεως

$$I_{\phi} = \frac{I_{\phi}}{2a} \text{ που το διαρρέει.}$$

Η ΗΕΔ της γεννήτριας τότε πέφτει σε μικρότερη τιμή, που την ονομάζουμε **δυναμική** ΗΕΔ E_φ ή ΗΕΔ με φορτίο.

Η συνάρτηση E_φ = F(AW_m) που προκύπτει για λειτουργία της γεννήτριας με φορτίο καλείται **δυναμική χαρακτηριστική**. Η τιμή της δυναμικής ΗΕΔ είναι E_φ = E - U_α, όπου U_α η πτώση της τάσεως που οφείλεται στα αντίθετα άμπερελίγματα του τυμπάνου. Κάτω από αυτές τις συνθήκες λειτουργίας της γεννήτριας, αν συνδέσουμε στους πόλους της ένα βολτόμετρο, την τάση που θα μετρήσουμε την ονομάζουμε **πολική τάση** και ισούται με τη δυναμική ΗΕΔ E_φ μειωμένη κατά την ωμική πτώση τάσεως (RI_φ) μέσα στο τύλιγμα του τυμπάνου. Το R είναι η ισοδύναμη αντίσταση του τυμπάνου και το I_φ το συνολικό ρεύμα φορτίσεως. Σε αυτή προσθέτουμε ακόμα και μία ωμική πτώση τάσεως κατά τη διάβαση του ρεύματος από την επιφάνεια έπαφής μεταξύ των ψηκτρών και του συλλεκτή.

Επομένως πολική τάση:

$$U = E_{\phi} - RI_{\phi}$$

ή

$$U = E - (U_{\alpha} + RI_{\phi})$$

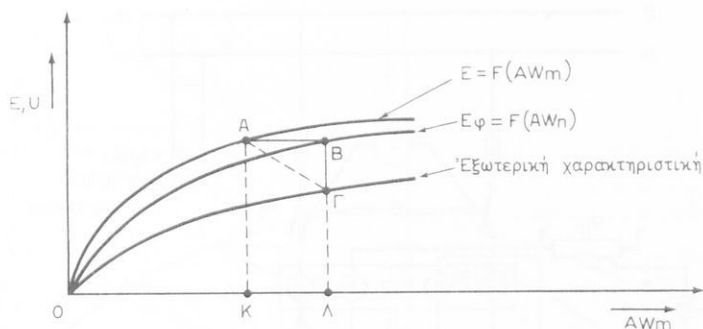
Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η πολική τάση μιάς γεννήτριας μεταβάλλεται με το ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως, γιατί τα αντίθετα άμπερελίγματα του τυμπάνου και η ωμική πτώση τάσεως μέσα σ' αυτό είναι ανάλογα με το ρεύμα φορτίσεως I_φ.

2.3 Έξωτερική χαρακτηριστική.

Η στατική χαρακτηριστική της γεννήτριας με τον κανονικό αριθμό στροφών της αποτελεί τη βάση για να να προχωρήσουμε στη μελέτη της εξωτερικής χαρακτηριστικής, π.χ. όταν στους πόλους της γεννήτριας διαθέτουμε (OK) άμπερελίγματα (σχ. 2.3), έχουμε μία στατική ΗΕΔ (KA) σε λειτουργία χωρίς φορτίο. Όταν συνδέσουμε τη γεννήτρια με φορτίο, που αντιστοιχεί σε ρεύμα I_φ, τότε το τύλιγμα του τυμπάνου αντιδρά με τα αντίθετα άμπερελίγματά του (AB) (σχ. 2.3). Για να έχουμε μία δυναμική ΗΕΔ E_φ ίση με την προηγούμενη στατική ΗΕΔ E_φ, πρέπει να διαθέτουμε στους πόλους της γεννήτριας περισσότερα άμπερελίγματα (ΟΛ) από τα (OK). Από το σημείο Α της στατικής χαρακτηριστικής βρίσκουμε αντίστοιχα το σημείο Β της δυναμικής χαρακτηριστικής (σχ. 2.3).

Το σημείο της χαρακτηριστικής αυτής προκύπτει με μετατόπιση του σημείου της στατικής χαρακτηριστικής προς τα δεξιά ανάλογα προς το ρεύμα φορτίσεως I_φ.

Για να προσδιορίσουμε την πολική τάση της γεννήτριας πρέπει να αφαιρέσουμε από τη δυναμική ΗΕΔ (AB) την πτώση τάσεως, που αναπτύσσεται μέσα στο τύλιγμα του τυμπάνου (RI_φ). Η τάση αυτή αντιστοιχεί στο διάγραμμα του σχήματος 2.3 με το εύθυγραμμο τμήμα (BF). Τα διάφορα σημεία



Σχ. 2.3.

Γ που προκύπτουν με διαδοχικές φορτίσεις της γεννήτριας, καθορίζουν την **εξωτερική χαρακτηριστική** της. Η χαρακτηριστική αυτή βρίσκεται πάντοτε κάτω από τη δυναμική χαρακτηριστική.

Τά σημεία A, B και Γ σχηματίζουν στο διάγραμμα των χαρακτηριστικών ένα ορθογώνιο τρίγωνο ABΓ που το καλοούμε **χαρακτηριστικό τρίγωνο** της γεννήτριας. Η μία κάθετη πλευρά του AB είναι παράλληλη προς τον άξονα των άμπερελιγμάτων παριστάνει (με κλίμακα σχεδιάσεως) τα αντίθετα άμπερελιγμάτα του τυλίγματος του τυμπάνου και το μήκος της είναι ανάλογο με το ρεύμα φορτίσεως. Το ίδιο συμβαίνει και με την άλλη κάθετη πλευρά BΓ που παριστάνει την έσωτερική πτώση τάσεως και αυτή είναι ανάλογη με το ρεύμα φορτίσεως.

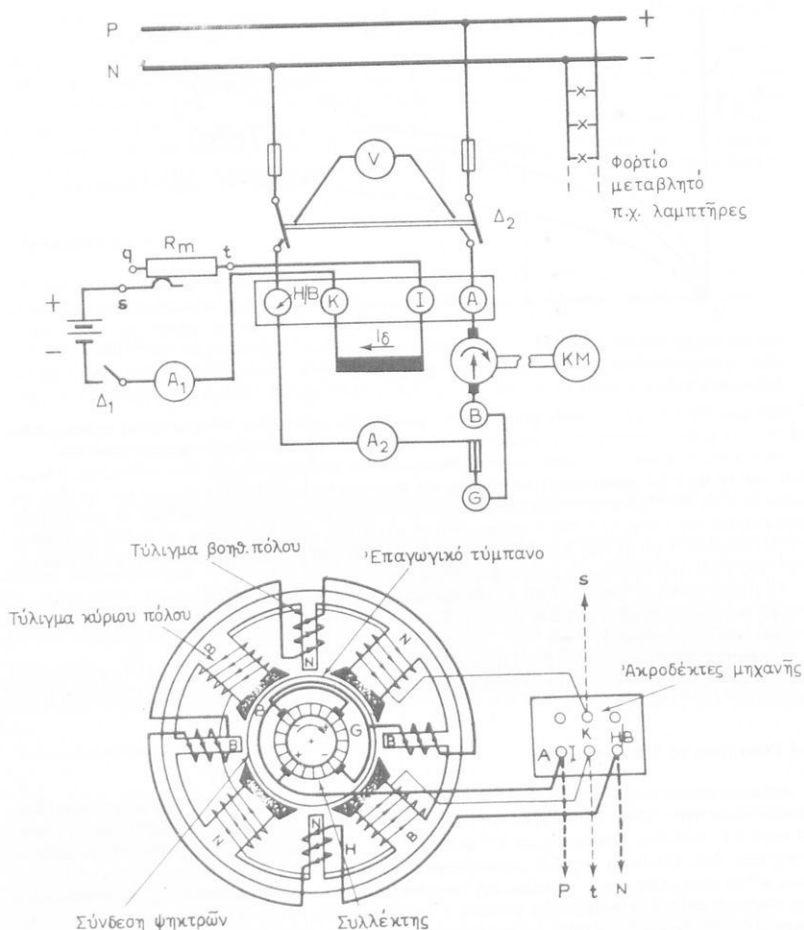
Το χαρακτηριστικό τρίγωνο ABΓ σε μια ορισμένη γεννήτρια μένει πάντοτε όμοιο προς **εαυτό**, ή μορφή του τριγώνου είναι πάντοτε η ίδια, ενώ το μέγεθός του καθορίζεται κάθε φορά από την τιμή του ρεύματος φορτίσεως I_ϕ .

Η κορυφή **A** του χαρακτηριστικού τριγώνου βρίσκεται πάντοτε επάνω στη στατική χαρακτηριστική, ή κορυφή **B** επάνω στη δυναμική χαρακτηριστική και ή κορυφή **Γ** επάνω στην εξωτερική χαρακτηριστική της γεννήτριας.

2.4 Γεννήτριες με ξένη διέγερση.

Κατασκευαστικά οι γεννήτριες με ξένη διέγερση είναι ίδιες με τα άλλα είδη των γεννητριών. Διαφέρουν όμως στον τρόπο της διεγέρσεώς τους. Για να λειτουργήσει ή γεννήτρια αυτή χρειαζόμαστε μία πηγή Σ.Ρ., που είναι είτε συστοιχία από συσσωρευτές, είτε ακόμα και μία μικρή αυτόδιειρομένη γεννήτρια. Από την πηγή του Σ.Ρ. τροφοδοτείται το τυλίγμα της διεγέρσεως ανεξάρτητα από το τυλίγμα του επαγωγισμού της. Το ρεύμα της διεγέρσεως ρυθμίζεται με ροοστάτη (R_m) που συνδέομε στο κύκλωμα αυτό. Στο σχήμα 2.4α φαίνεται ή συνδεσμολογία των κυκλωμάτων της γεννήτριας αυτής.

Σε κάθε γεννήτρια, σύμφωνα με όσα αναφέραμε στα προηγούμενα, μάς ενδιαφέρει να γνωρίζομε τελικά όχι την εξωτερική χαρακτηριστική της, αλλά τη χαρακτηριστική που δίνει την πολική τάση για κάθε ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως $U = F(I_\phi)$. Αυτή τη χαρακτηριστική την ονομάζομε **χαρακτηριστική φορτίσεως** και χαράσσεται κατά τον ακόλουθο τρόπο: Πέρνομε ως δεδομένα, τη στατική χαρακτηριστική με σταθερές στροφές n , και σταθερά άμπερελιγμάτα ($AW_m = OK$) στους πόλους, (σχήμα 2.4β). 'Ακόμα πέρνομε ως γνωστό το χαρακτηριστικό τρίγωνο ABΓ που αντιστοιχεί σε ρεύμα φορτίσεως I_ϕ , του οποίου, όπως έχουμε αναφέρει στην προηγούμενη παράγραφο, ή κορυφή του A βρίσκεται επάνω στη στατική χαρακτηριστική και ή πλευρά του BΓ αποτελεί τμήμα της κατακόρυφης που περνά από το σημείο K του άξονα των άμπερελιγμάτων. Το τρίγωνο δηλαδή χαράσσεται μεταξύ της στατικής χαρακτηριστικής και της κατακόρυφης από το σημείο K. Στο σχήμα 2.4β το (KΓ) παριστάνει την τάση U_1 που αντιστοιχεί σε ρεύμα φορτίσεως I_ϕ . Όταν το ρεύμα φορτίσεως γίνει $2 I_\phi$, τότε έχουμε το τρίγωνο A'B'Γ' όπου (A'B') = 2 (AB). Χαράσσομε τό A' B' Γ' κατά τόν ίδιο τρόπο με τό ABΓ. Από αυτό προκύπτει ότι σε ρεύμα $2 I_\phi$ αντιστοιχεί τάση $U_2 = (K'Γ')$. Κατ' αυτόν τόν τρόπο χαράσσεται ση-



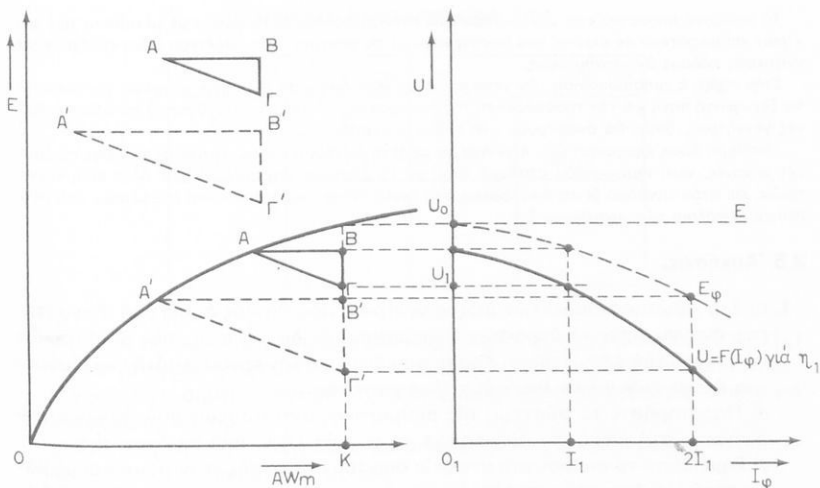
Σχ. 2.4α.

Συνδεσμολογία γεννήτριας με ξένη διέγερση.

K-I = Διέγερση, BG-H = Βοηθητικοί πόλοι, KM = Κινητήρια μηχανή.

μείο προς σημείο στο δεξιό σύστημα των ορθογωνίων αξόνων του σχήματος 2.4β ή ζητούμενη χαρακτηριστική φορτίσεως $U = F(I_f)$ με σταθερό ρεύμα διέγερσεως και σταθερές στροφές n_1 .

Από τη χαρακτηριστική φορτίσεως μιάς γεννήτριας ξένης διέγερσεως φαίνεται ότι όσο το ηλεκτρικό ρεύμα της φορτίσεως αυξάνει, τόσο μειώνεται η πολική τάση. Από αυτό συμπεραίνεται ότι η ισχύς αυτής της γεννήτριας δεν μεταβάλλεται απότομα με τις μεταβολές της φορτίσεως. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί στοιχείο εύνοικό για την κινητήρια μηχανή της γεννήτριας (KM), γιατί έτσι προλαβαίνει να προσαρμόζεται στις μεταβολές του φορτίου. Δηλαδή επιτυγχάνεται **εύσταθής λειτουργία**.

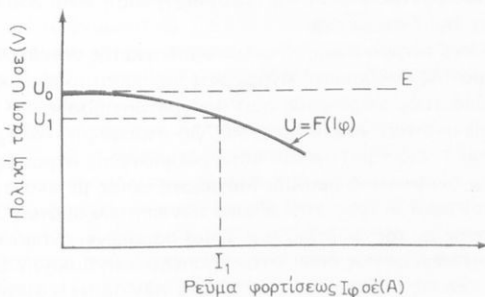


Σχ. 2.4β.

Ἡ διαφορά τῶν τάσεων $U_0 - U_1$ ποὺ παρουσιάζεται κατὰ τὴ λειτουργία τῆς γεννήτριας μὲ ρεῦμα φορτίσεως I_1 (σχ. 2.4γ) ὀνομάζεται **πτώση τάσεως** τῆς γεννήτριας. Ἡ U_0 εἶναι ἡ πολικὴ τάση χωρὶς φορτίο καὶ ἰσοῦται μὲ τὴν ΗΕΔ Ε. Ἡ U_1 εἶναι ἡ πολικὴ τάση ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ φορτίο I_1 . Ἡ πτώση τάσεως συνηθέστερα ἐκφράζεται σὲ ἐκατοστιαία ποσοστὰ τῆς ΗΕΔ, δηλαδή:

$$\epsilon = \frac{U_0 - U_1}{U_1} 100\%$$

Ὅταν ἡ γεννήτρια λειτουργεῖ μὲ τὶς κανονικὲς τῆς στροφές καὶ τὸ κανονικὸ τῆς ἡλεκτρικῆς ρεῦμα διεγέρσεως, ἡ πτώση τάσεως ἀνέρχεται σὲ $5 \div 10\%$ γιὰ κανονικὴ φόρτιση.



Σχ. 2.4γ.

Τό ποσοστό παρουσιάζεται μεγαλύτερο στις γεννήτριες που λειτουργούν με μετάθεση των ψηκτρών και μικρότερο σε εκείνες που λειτουργούν με τις ψηκτρες στην ουδέτερη ζώνη και έχουν μαγνητικούς πόλους αντίσταθμίσεως.

Στήν πράξη ή χρησιμοποίηση των γεννητριών με ξένη διέγερση είναι περιορισμένη, γιατί απαιτείται ξεχωριστή πηγή για την τροφοδότηση της διεγέρσεως. Γι' αυτό προτιμούνται οι αυτοδιειργιόμενες γεννήτριες, όπως θα αναφέρομε στα επόμενα κεφάλαια.

Ιδιαίτερη όμως εφαρμογή έχει ή γεννήτρια με ξένη διέγερση ως διεγέρτρια σε μεγάλες σύγχρονες μηχανές, γιατί παρουσιάζει σταθερή τάση με τή φόρτιση, συγκρινόμενη με άλλα είδη γεννητριών, και στον κινητήρα ξένης διεγέρσεως στη ζεύξη Ward-Leonard, που θα αναφέρομε στο αντίστοιχο κεφάλαιο των κινητήρων Σ.Ρ.

2.5 Ασκήσεις.

1. α) Στο κιβώτιο άκροδεκτών μιας γεννήτριας, που θα σας δοθεί στο Έργαστήριο, αναγνωρίστε τα άκρα των τυλιγμάτων της διεγέρσεως, των βοηθητικών πόλων και του επαγωγίμου. Χρησιμοποιήστε για την εργασία αυτή ένα ωμόμετρο ή ένα ένδεικτικό λαμπτήρα (δοκιμαστικό).
 β) Παρατηρήστε τό σύστημα της ρυθμιστικής αντίστασεως που θα χρησιμοποιήσετε στη διέγερση. Ξεχωρίστε τή μεσαία λήψη από τά άκρα της.
 γ) Σημειώστε τά απαραίτητα στοιχεία από τόν πίνακα της γεννήτριας και με βάση αυτά ελέγξτε τήν καταλληλότητα των οργάνων, που σας έχουν διατεθεί από τό Έργαστήριο, για νά τά συνδεσμολογήσετε σε αυτή.
 δ) Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία των κυκλωμάτων της γεννήτριας όπως στο σχήμα 2.4α. (Προσοχή στη συνδεσμολογία των οργάνων).
 ε) Θέσετε σε κίνηση τήν κινητήρια μηχανή και ρυθμίστε τίσ στροφές τίσ στον όνομαστικό αριθμό στροφών της γεννήτριας. Κάνετε τόν έλεγχο των στροφών με στροφόμετρο.
 στ) Κλείστε τό διακόπτη Δ_1 , της διεγέρσεως. (Προσοχή ό διακόπτης Δ_2 παραμένει άνοικτός).
 Πρίν ακόμη τροφοδοτήσετε τό κύκλωμα της διεγέρσεως με ρεύμα φροντίστε ή ρυθμιστική αντίσταση R_m της διεγέρσεως νά βρίσκεται όλη μέσα στο κύκλωμα. Αύξομαιώνοντας τήν αντίσταση της διεγέρσεως παρατηρήστε στο άμπερόμετρο A_1 τή ρύθμιση του ήλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως. Παρατηρήστε στο βολτόμετρο ότι ή άναπτυσσόμενη τάση είναι άνάλογη με τό ήλεκτρικό ρεύμα της διεγέρσεως.
 ζ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τή συνδεσμολογία της γεννήτριας και τό ισόδυναμο κύκλωμα της άσκησης. Αναφέρετε τίσ παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας από τούς χειρισμούς που πραγματοποιήσατε.
2. α) Χαράξτε τίσ στατικές χαρακτηριστικές για στροφές n_1 και n_2 της γεννήτριας της άσκησης 1. Για τήν εργασία αυτή ρυθμίστε τίσ στροφές της κινητήριας μηχανής στον όνομαστικό αριθμό. Μετρήστε αυτές με ένα στροφόμετρο και σημειώστε τόν αριθμό τους στον πίνακα των αποτελεσμάτων 2.5.1 στη στήλη n_1 . Ό διακόπτης Δ_2 του φορτίου (σχ. 2.4α) παραμένει άνοικτός. Αύξομαιώστε τήν αντίσταση διεγέρσεως όπως στην προηγούμενη άσκηση. Σε κάθε μεταβολή της αντίστασεως σημειώστε στον πίνακα των αποτελεσμάτων τίσ ένδείξεις του βολτομέτρου V και του άμπερομέτρου A_1 . Νά επαναληφθούν οι μετρήσεις με στροφές n_2 κατά $10 \pm 20\%$ λιγότερες από τόν όνομαστικό αριθμό στροφών της γεννήτριας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 2.5.2

$I_{\delta} = \dots\dots\dots (A)$ $U_0 = \dots\dots\dots V$ $\eta = \dots\dots\dots \text{στρ./min}$	
$U (V)$	$I_{\Phi} (A)$
$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$

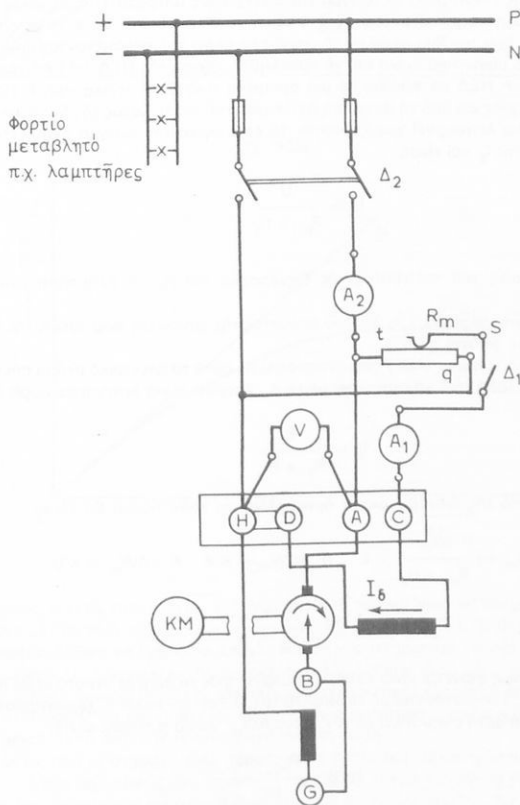
χαρακτηριστική φορτίσεως (μέ κατάλληλη κλίμακα) καί επαληθεύστε τά αποτελέσματα τῶν μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

3.1 Γενικά.

Όπως μᾶς εἶναι γνωστό μία γεννήτρια Σ.Ρ. ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ *στάτη* (ἢ ἐπαγωγέα) μὲ τοὺς μαγνητικούς πόλους, τὸ *δρομέα* (ἢ ἐπαγωγίμο) μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ τυμπάνου καὶ τὸ *σύστημα παροχῆς* τοῦ ρεύματος (συλλέκτης καὶ ψήκτρες). Στὸ σχῆμα 3.1 ἔχομε τὸ διάγραμμα ὅπου φαίνεται ἡ συνδεσμολο-



Σχ. 3.1.

Συνδεσμολογία γεννήτριας με παράλληλη διέγερση.

γία της γεννήτριας με παράλληλη διέγερση. Τά πηνία του τυλίγματος της διεγέρσεως είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά και σε σειρά με αυτά είναι και ο ροοστάτης της διεγέρσεως (t-q-s).

Τό σύνολο αυτών συνδέεται παράλληλα στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου της γεννήτριας.

3.2 Χαρακτηριστική ευθεία — Κρίσιμος αριθμός στροφών.

Ἡ γεννήτρια αὐτή εἶναι μία μηχανή αὐτοδιειρομένη. Ἡ αὐτοδιείρησή της πετυχαίνεται ἀπό τόν «παρεμένοντα μαγνητισμό» πού φέρνει τό σιδηρομαγνητικό ὑλικό τῶν πυρήνων τῶν πόλων ἀκόμη καί ὅταν ἔχει διακοπεί ἡ παροχή ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στό τυλίγμα διεγέρσεως.

Ἡ μαγνητική ροή τοῦ «παρεμένοντος μαγνητισμοῦ» εἶναι $1 + 2\%$ τῆς κανονικῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἡ ἐκκίνηση τῆς γεννήτριας γίνεται μέ τήν ἐξῆς διαδικασία:

Θέτομε σε λειτουργία τήν κινητήρια μηχανή. Ρυθμίζομε τίς στροφές ὥστε νά ξεπεράσουν **τόν κρίσιμο ἀριθμό στροφών** τῆς γεννήτριας (οἱ διακόπτες τοῦ φορτίου Δ_2 καί τῆς διεγέρσεως Δ_1 εἶναι ἀνοικτοί). Κατόπιν κλείνομε τό διακόπτη τῆς διεγέρσεως Δ_1 (σχ. 3.1). Ἀπό τή μικρή ΗΕΔ, πού ἀναπτύσσεται στό τυλίγμα τοῦ ἐπαγωγίμου, λόγω τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ παρεμένοντος μαγνητισμοῦ τῶν πόλων τῆς γεννήτριας, τό τυλίγμα τῆς διεγέρσεως τροφοδοτεῖται μέ μικρό ἡλεκτρικό ρεύμα I_δ . Ἡ φορά τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος I_δ πρέπει νά εἶναι τέτοια, ὥστε τό μαγνητικό πεδίο πού σχηματίζει αὐτό νά ἔχει τήν ἴδια φορά μέ τό μαγνητικό πεδίο τοῦ παρεμένοντος μαγνητισμοῦ, γιά νά προστεθοῦν τά δύο μαγνητικά πεδία καί νά προκληθεῖ αὐξηση τῆς ΗΕΔ. Ἡ διαδικασία αὐτή ἐπαναλαμβάνεται ὥσπου ἡ ΗΕΔ νά φθάσει σε μία ὁρισμένη τιμή Ε. Ἡ τελική τιμή Ε ἐξαρτᾶται ἀπό τίς στροφές τῆς γεννήτριας καί ἀπό τή συνολική ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος τῆς διεγέρσεως ($R_\delta + R_m$).

Ὅταν ἡ γεννήτρια λειτουργεῖ χωρίς φορτίο, τό ἐπαγωγικό τῆς τυλίγμα διαρρέεται μόνο ἀπό τό ρεῦμα διεγέρσεώς της I_δ καί εἶναι:

$$I_\delta = \frac{U}{R_m + R_\delta}$$

ὅπου R_δ ἡ ἀντίσταση τοῦ τυλίγματος τῆς διεγέρσεως καί R_m ἡ ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη τῆς διεγέρσεως.

Τό ρεῦμα αὐτό εἶναι περίπου $1 + 3\%$ τοῦ ρεύματος τῆς κανονικῆς φορτίσεως τῆς μηχανῆς καί σε σπάνιες περιπτώσεις φθάνει τό 5% .

Τό χαρακτηριστικό τρίγωνο (ΑΒΓ) πού ἀντιστοιχεῖ σε αὐτό τό ἡλεκτρικό ρεῦμα πρέπει νά ἀποτελεῖ πρακτικά σημεῖο, δηλαδή τό Γ νά συμπίπτει μέ τό Α. Ἐπομένως γιά λειτουργία χωρίς φορτίο θά ἔχομε $U \cong E$, ὁπότε:

$$I_\delta = \frac{E}{R_\delta + R_m}$$

Μέ τό ρεῦμα αὐτό τῆς διεγέρσεως τά ἀμπερελίγματα κάθε πόλου θά εἶναι:

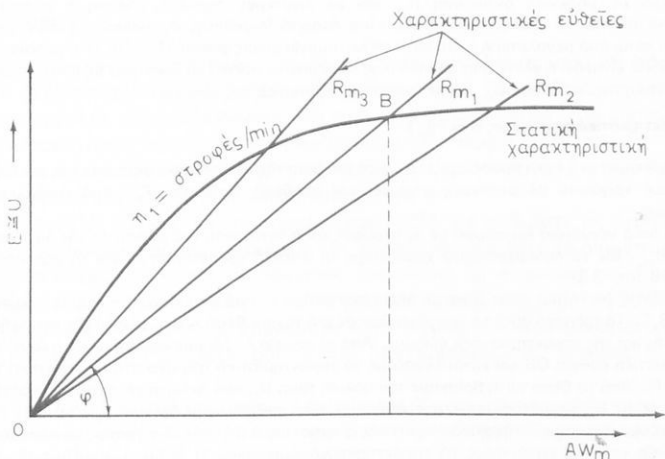
$$A'W_m = I_\delta \cdot W_m = \left(\frac{W_m}{R_m + R_\delta} \right) \cdot E \quad \eta \quad A'W_m = K'E \quad \eta \quad A'W_m = K'U$$

$$\text{ὅπου } K' = \frac{W_m}{R_m + R_\delta}$$

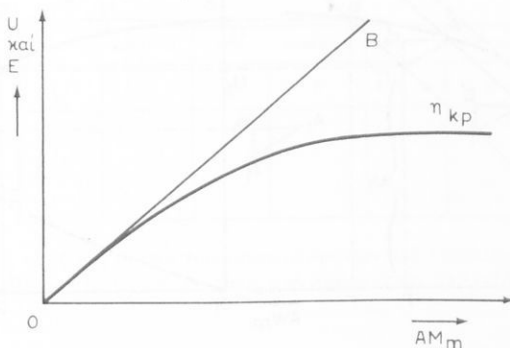
Ἡ πολική τάση ὅπως φαίνεται εἶναι εὐθέως ἀνάλογη πρός τά ἀμπερελίγματα κάθε πόλου καί ἡ συνάρτηση $U = F(A'W_m)$ παριστάνεται μέ εὐθεία ΟΒ (σχ. 3.2α) πού καλεῖται **χαρακτηριστική εὐθεία** τῆς γεννήτριας. Ἡ εὐθεία αὕτη σχηματίζει μέ τόν ἄξονα $A'W_m$ γωνία ϕ τέτοια, ὥστε:

$$\epsilon \phi \phi = \frac{R_m + R_\delta}{W_m}$$

Ἡ κλίση τῆς χαρακτηριστικῆς εὐθείας ΟΒ εἶναι καθορισμένη ἀπό τά κατασκευαστικά στοιχεῖα τῆς



Σχ. 3.2α.



Σχ. 3.2β.

γεννήτριας, δηλαδή από τις τιμές της R_0 και W_m (σπειρές του τυλίγματος) και μπορεί να μεταβληθεί ή θέση της μόνο με την τιμή που θα πάρει η R_m (π.χ. R_{m1} , R_{m2} , R_{m3} ...). Η στατική χαρακτηριστική $E = F(AW_m)$ πρέπει βέβαια να βρίσκεται επάνω από τη χαρακτηριστική ευθεία OB γιατί $E > U$. Στις περιπτώσεις που $E = U$ το σημείο B της χαρακτηριστικής ευθείας είναι και σημείο της στατικής χαρακτηριστικής. Έπειτα όμως η θέση της στατικής χαρακτηριστικής εξαρτάται από τις στροφές n ανά λεπτό, πρέπει οι στροφές να είναι αρκετές ώστε, όταν η γεννήτρια αυτοδιεγείρεται, να αναπτυχθεί στατική ΗΕΔ μεγαλύτερη από την απαιτούμενη παλική τάση.

Στις περιπτώσεις που οι στροφές είναι τόσες, ώστε η στατική χαρακτηριστική να εφάπτεται στη χαρακτηριστική ευθεία (προφανώς στο σημείο O) (σχ. 3.2β), τότε η γεννήτρια βρίσκεται στο κρίσιμο σημείο της αυτοδιεγερσής της και ο αριθμός αυτός των στροφών καλείται, όπως αναφέραμε, **κρίσιμος αριθμός**. Η γεννήτρια δεν αυτοδιεγείρεται για κάθε αριθμό στροφών μικρότερο από τον κρίσιμο. Ο κρίσιμος αριθμός μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή της αντίστασης του ροοστάτη R_m και παίρνει την ελάχιστη τιμή, όταν η R_m έχει μηδενισθεί. Έπομένως η γεννήτρια αυτοδιεγείρεται

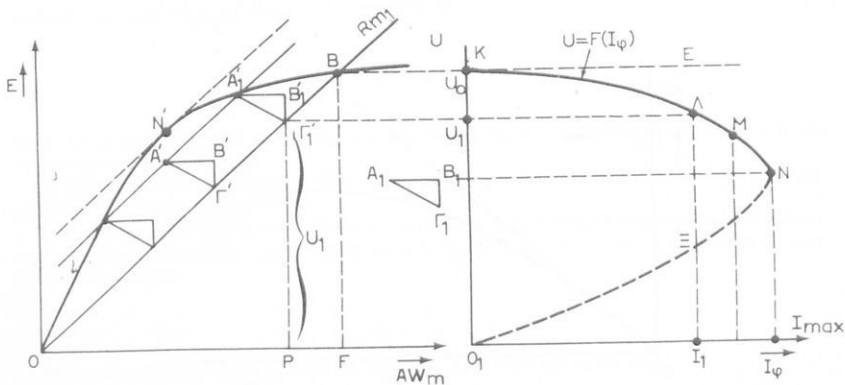
εύκολότερα με μηδενική αντίσταση R_m και με λιγότερες στροφές. 'Ακόμη η αυτόδιεγερση διευκολύνεται όταν το έξωτικό κύκλωμα είναι άνοικτο (διακόπτης Δ_2 άνοικτός) γιατί η διέγερση βρίσκεται κάτω από μεγαλύτερη τάση κατά τη λειτουργία χωρίς φορτίο ($E \cong U$). Το συμπέρασμα από τα παραπάνω είναι ότι η γεννήτρια παράλληλης διεγέρσεως πρέπει να ξεκινήσει με βραχυκυκλωμένη τη ρυθμιστική της αντίσταση R_m και με άνοικτο το έξωτικό της κύκλωμα.

3.3 Χαρακτηριστικά φορτίσεως $U = F(I_\phi)$.

Η χαρακτηριστική αυτή προσδιορίζεται με τη βοήθεια της στατικής χαρακτηριστικής και του χαρακτηριστικού τριγώνου με σταθερές στροφές και σταθερή αντίσταση R_m του κυκλώματος της διεγέρσεως.

Έστω ότι η γεννήτρια λειτουργεί με n_1 στροφές και η αντίσταση του ροοστάτη της διεγέρσεως έχει τιμή R_{m1} . Με τα δεδομένα αυτά χαράσσουμε τη στατική χαρακτηριστική και τη χαρακτηριστική ευθεία OB (σχ. 3.3).

Έστω ότι η γεννήτρια φορτίζεται με ηλεκτρικό ρεύμα I_1 , που αντιστοιχεί σε χαρακτηριστικό τρίγωνο $A_1B_1\Gamma_1$. Το τρίγωνο αυτό το τοποθετούμε σε μία τυχαία θέση $A'B'\Gamma'$ μεταξύ της στατικής χαρακτηριστικής και της χαρακτηριστικής ευθείας. Από το σημείο A' φέρουμε την παράλληλη $A'G'$ προς τη χαρακτηριστική ευθεία OB και κατασκευάζουμε το χαρακτηριστικό τρίγωνο στην πραγματική του θέση $A_1' B_1' \Gamma_1'$. Από τη θέση αυτή βρίσκουμε την πολική τάση U_1 , που αντιστοιχεί στο ρεύμα φορτίσεως I_1 . Τις τιμές I_1 , U_1 τις μεταφέρουμε στο σύστημα των ορθογωνίων αξόνων (I_ϕ , U) (σχ. 3.3) και προσδιορίζουμε ένα σημείο της χαρακτηριστικής φορτίσεως Λ . Με τον ίδιο τρόπο προσδιορίζουμε και άλλα σημεία και έτσι χαράσσουμε τη χαρακτηριστική φορτίσεως $U = F(I_\phi)$, σημείο προς σημείο.



Σχ. 3.3.

Παρατηρούμε από το σχήμα 3.3 ότι η γεννήτρια με παράλληλη διέγερση δεν μπορεί να δώσει ρεύμα φορτίσεως μεγαλύτερο από ένα $I_{\max}$ που αντιστοιχεί στο άκραιο σημείο N της χαρακτηριστικής φορτίσεως. Στο σχήμα 3.3 το μέγιστο ρεύμα αντιστοιχεί σε ένα σημείο N' από όπου περνά η παράλληλη προς τη χαρακτηριστική ευθεία OB και εφαπτομένη της στατικής χαρακτηριστικής.

Από τη χαρακτηριστική φορτίσεως φαίνεται ότι η γεννήτρια του τύπου αυτού στο τμήμα KM (τό M πιο πάνω από το N στην καμπύλη) λειτουργεί με ευστάθεια. Η πολική τάση πέφτει με την αύξηση του ρεύματος φορτίσεως πιο απότομα από ότι στη γεννήτρια με ξένη διέγερση. Επίσης η πτώση της πολικής τάσεως είναι πιο απότομη όσο η γεννήτρια λειτουργεί με μικρότερο αριθμό στροφών. Στις κακοδικές μεταβολές της φορτίσεως της γεννήτριας η πτώση της πολικής τάσεως κυμαίνεται από 6% μέχρι 12%. Οι διακυμάνσεις αυτές είναι δυνατό να ρυθμίζονται με τη ρυθμιστική αντίσταση της διεγέρσεως. Οι γεννήτριες παράλληλης διεγέρσεως θεωρούνται αρκετά σταθερής πολικής τάσεως και για το λόγο αυτό βρίσκονται σε γενική χρήση.

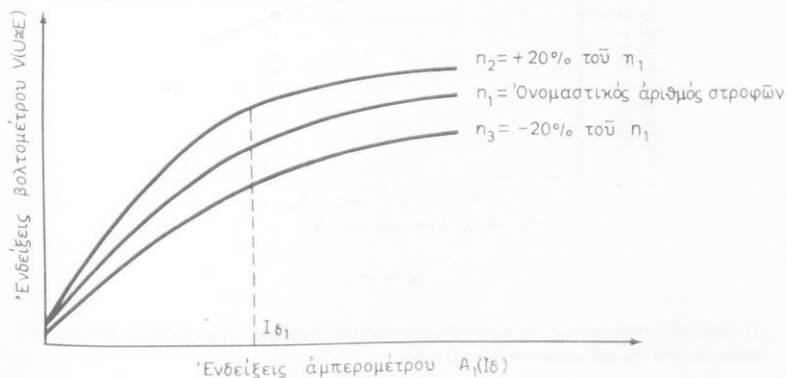
3.4 Άσκησης.

1. α) Αναγνωρίστε στο κιβώτιο άκροδεκτών της γεννήτριας, πού θα σās δοθεῖ στο Έργαστήριο, μέ τή βοήθεια ωμόμετρου ή μέ ένα ένδεικτικό λαμπτήρα (δοκιμαστικό), τούς άκροδέκτες τοῦ τυλίγματος διεγέρσεως, τοῦ έπαγωγίμου, τών βοηθητικῶν πόλων καί τοῦ ροοστάτη διεγέρσεως R_m .
- Στή συνέχεια συνδεσμολογήστε τά τυλίγματα καί τά ὄργανα στό κιβώτιο άκροδεκτῶν τῆς γεννήτριας ὅπως στό σχῆμα 3.1.
- β) Θέσετε σέ κίνηση τήν κινητήρια μηχανή (ΚΜ) καί ρυθμίστε τίς στροφές τῆς στόν ὀνομαστικό ἀριθμό στροφῶν τῆς γεννήτριας. Κλείστε τό διακόπτη Δ_1 (τό φορτίο παραμένει ἐκτός κυκλώματος, διακόπτης Δ_2 ἀνοικτός).
- Αὐξομειώστε τή ρυθμιστική ἀντίσταση τῆς διεγέρσεως R_m . Γιά κάθε θέση τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως σημειώστε στόν πίνακα τών ἀποτελεσμάτων 3.4.1 τίς ένδείξεις τοῦ βολτόμετρου V καί ἀμπερόμετρου A_1 (σῆτῃς I_δ καί E ἀντίστοιχα).
- γ) Έπαναλάβετε τήν παραπάνω ἐργασία ἀλλάζοντας τίς στροφές κατά $\pm 20\%$ ἀπό τόν ὀνομαστικό ἀριθμό καί σημειώστε τίς ένδείξεις τών ὀργάνων στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 3.4.1. (Ἡ ένδειξη τοῦ βολτόμετρου ἀντιστοιχεῖ μέ τήν ΗΕΔ E , ὅταν τό ὄργανο ἔχει μεγάλη ἀντίσταση).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 3.4.1

$n_1 =$ στρ/min		$n_2 =$ στρ/min		$n_3 =$ στρ/min	
I_δ	E	I_δ	E	I_δ	E

- δ) Από τίς τιμές τοῦ πίνακα τών ἀποτελεσμάτων 3.4.1 χαράξτε σέ ὀρθογώνιο σύστημα ἀξόνων τίς καμπύλες ὅπως στό σχῆμα 3.4α. Ὁ ὀριζόντιος ἀξονας δι-



Σχ. 3.4α.

νει τις τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως I_{δ} ανάλογα με τα άμπερελίγμματα και ο κατακόρυφος τις τιμές της πολικής τάσεως U περίπου ίσης με τη στατική ΗΕΔ E .

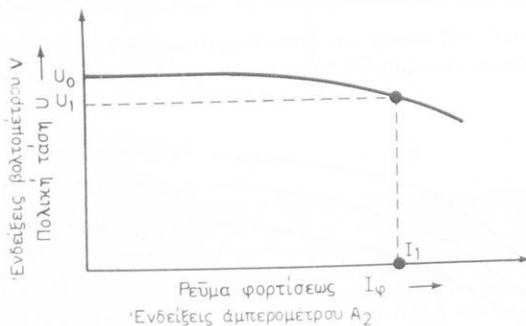
ε) Στο τετράδιό σας περιγράψτε συνοπτικά την όλη εργασία σας. Χαράξτε τις καμπύλες του σχήματος 3.4α (με κατάλληλη κλίμακα) και σημειώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

2. α) Θέσετε σε λειτουργία τη γεννήτρια της άσκησης 1 με στροφές n_1 και το ρεύμα της διεγέρσεως I_{δ} . Κλείστε το διακόπτη του φορτίου Δ_2 (το φορτίο τοποθετείται μέσα στο κύκλωμα). Αύξομειώστε το φορτίο με τη βοήθεια ρυθμιστικής αντίστασης R_{ϕ} , ώστε οι ενδείξεις του άμπερομέτρου A_2 να μεταβάλλονται κάθε φορά κατά 20% από το ονομαστικό ρεύμα φορτίσεως (I_{ϕ}) της γεννήτριας. Σημειώστε τις ενδείξεις του άμπερομέτρου A_2 και βολτομέτρου V στον πίνακα αποτελεσμάτων 3.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 3.4.2

$n_1 = \dots\dots$ σταθ. $I_{\delta} = \dots$ σταθ.	
I (A)	u (V)
$I_0 = 0$	
$I_1 = 0,2 I_{\phi}$	
$I_2 = 0,4 I_{\phi}$	
$I_3 = 0,6 I_{\phi}$	
$I_4 = 0,8 I_{\phi}$	
$I_5 = I_{\phi}$	

- β) Από τις τιμές του πίνακα αποτελεσμάτων 3.4.2 χαράξτε σε ορθογώνιο σύστημα αξόνων (ο οριζόντιος άξονας δίνει τις τιμές του ρεύματος φορτίσεως I_{ϕ} και ο κατακόρυφος τις τιμές της πολικής τάσεως U) τη χαρακτηριστική φορτίσεως της γεννήτριας (σχ. 3.4β).



Σχ. 3.4β.

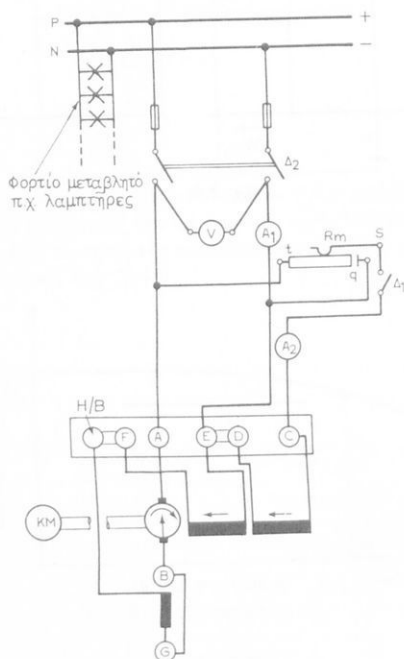
- γ) Από την προηγούμενη χαρακτηριστική υπολογίστε τη μεταβολή της πολικής τάσεως επί % σε κανονική φόρτιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

4.1 Γενικά.

Ἡ γεννήτρια με σύνθετη διέγερση ἔχει δύο τυλίγματα γύρω ἀπὸ τοὺς πυρήνες τῶν μαγνητικῶν πόλων, τὸ παράλληλο τύλιγμα καὶ τὸ τύλιγμα σειρᾶς. Τὰ τυλίγματα αὐτὰ ξεχωρίζουν καὶ κατασκευαστικά μεταξύ τους. Τὸ παράλληλο τύλιγμα κατασκευάζεται με λεπτότερο σύρμα καὶ περισσότερες σπείρες, ἐνῶ τὸ τύλιγμα σειρᾶς κατασκευάζεται ἀπὸ χονδρότερο σύρμα με πολὺ λιγότερες σπείρες. Ἡ συνδεσμολογία τῆς γεννήτριας με σύνθετη διέγερση φαίνεται στὸ σχῆμα 4.1.



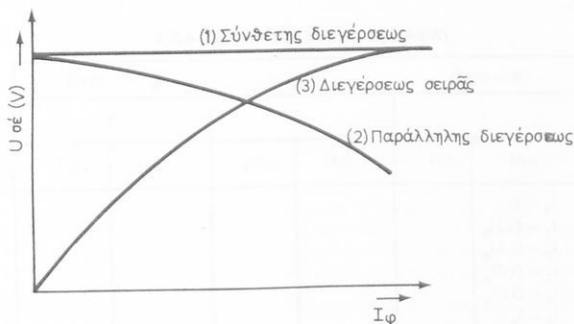
Σχ. 4.1.

Συνδεσμολογία γεννήτριας με σύνθετη διέγερση.

ΚΜ = Κινητήρια μηχανή. Ε-Ε = Τύλιγμα σειρᾶς. Η/Β-Γ = Βοηθητικοί πόλοι. C-D = Παράλληλο τύλιγμα.

4.2 Χαρακτηριστική φορτίσεως $U = F(I_\phi)$.

Κατά τή λειτουργία χωρίς φορτίο ή γεννήτρια συμπεριφέρεται άκριβώς όπως οι γεννήτριες με παράλληλη διέγερση. Η χαρακτηριστική φορτίσεως (1) της γεννήτριας με σύνθετη διέγερση (σχ. 4.2) είναι αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών φορτίσεως δύο γεννητριών. Κατά ένα μέρος της αντιστοιχεί με τή χαρακτηριστική γεννήτριας με παράλληλη διέγερση και κατά τό άλλο με γεννήτρια διεγέρσεως σειράς. Στο σχήμα αυτό φαίνεται ή καμπύλη (2) που αντιστοιχεί στο μέρος της παράλληλης διεγέρσεως και κατέρχεται με τή φόρτιση, ενώ ή καμπύλη (3), που αντιστοιχεί στο μέρος της διεγέρσεως σειράς, ανέρχεται με τή φόρτιση. Έτσι ή καμπύλη (1), που είναι χαρακτηριστική φορτίσεως της γεννήτριας σύνθετης διεγέρσεως, εξαρτάται από τό ποσοστό της διεγέρσεως του παράλληλου τυλίγματος και του τυλίγματος σειράς. Η χαρακτηριστική αυτή μπορεί νά είναι όριζόντια εύθεια, γιατί, καθώς τό ρεύμα φορτίσεως αύξάνει, ή πολική τάση τείνει νά «πέσει» έξ αίτίας της παράλληλης διεγέρσεως, αλλά επανέρχεται πρός τά πάνω χάρη στή δράση της διεγέρσεως σειράς.



Σχ. 4.2.

Όταν τό τυλίγμα σειράς είναι ένισχυμένο, τότε μπορεί μέ τήν αύξηση της φορτίσεως νά έχομε και μέχρι 10% αύξηση της πολικής τάσεως μέ φορτίο, σε σχέση μέ τήν τάση που έχομε χωρίς φορτίο.

Οι γεννήτριες αυτές είναι κατάλληλες νά χρησιμοποιηθοούν γιά νά τροφοδοτήσουν καταναλώσεις που απαιτούν σταθερή τάση, π.χ. γιά φωτισμό.

4.3 Άσκησης.

1. α) Άναγνώριστε στο κιβώτιο άκροδεκτών της γεννήτριας, που θά σάς δοθεί στο Έργαστήριο, μέ τή βοήθεια ώμόμετρου ή ενός ένδεικτικού λαμπτήρα (δοκιμαστικό) τούς άκροδέκτες:
 - Του παράλληλου τυλίγματος (παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση).
 - Του τυλίγματος σειράς (παρουσιάζει πολύ μικρή αντίσταση).
 - Των βοηθητικών πόλων (ή αντίστασή του είναι περίπου ίση μέ του τυλίγματος σειράς).
 - Του έπαγωγίμου.
 - Του ροοστάτη διεγέρσεως.
- β) Συνδεσμολογήστε τά τυλίγματα και τά όργανα όπως στο σχήμα 4.1.
- γ) Θέσετε σε κίνηση τήν κινητήρια μηχανή. Ρυθμίστε τίς στροφές της στόν όνομαστικό αριθμό στροφών (n_1) της γεννήτριας. Κλείστε τό διακόπτη Δ_1 της διεγέρσεως και κρατήστε άνοιχτό τό διακόπτη Δ_2 . Ρυθμίστε τό ροοστάτη της

διεγέρσεως ώσπου το βολτόμετρο νά δείξει την όνομαστική τάση της γεννήτριας.

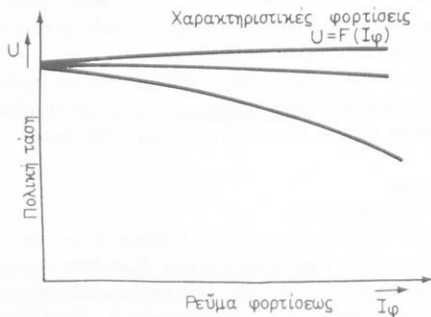
Μετά από αύτή τή ρύθμιση τής τάσεως χωρίς φορτίο κλείστε τό διακόπτη Δ_2 . Αύξομειώστε τό φορτίο μέ τή βοήθεια ρυθμιστικής αντίστασεως R_ϕ , ώστε οί ένδείξεις του άμπερόμετρου A_2 νά μεταβάλλονται κάθε φορά κατά 20% από τό όνομαστικό ρεύμα I_ϕ τής γεννήτριας. Δηλαδή άν τό όνομαστικό ρεύμα είναι I_ϕ , οί ένδείξεις του άμπερόμετρου νά γίνουν $0,2I_\phi$, $0,4I_\phi$, $0,6I_\phi$, $0,8I_\phi$ καί I_ϕ . Σημειώστε τίς ένδείξεις του άμπερόμετρου A_1 καί του βολτόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 4.3.1 στή στήλη 1. Κατά τή διάρκεια των μετρήσεων θά κρατάτε τό ρεύμα διεγέρσεως I_δ σταθερό ρυθμίζοντας τήν αντίσταση διεγέρσεως R_m . Επίσης καί οί στροφές η τής γεννήτριας θά παραμένουν σταθερές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 4.3.1

n = σταθ.		$I_\delta = \dots$ σταθ.			
1		2		3	
I (A)	U (V)	I (A)	U (V)	I (A)	U (V)
$I_0 = 0$ $I_1 = 0,2I_\phi$ $I_2 = 0,4I_\phi$ $I_3 = 0,6I_\phi$ $I_4 = 0,8I_\phi$ $I_5 = I_\phi$					

γ) Έπαναλάβετε τίς ίδιες μετρήσεις βραχυκλώνοντας τούς άκροδέκτες F-E αντί για τούς E-D. Σημειώστε τίς ένδείξεις των όργάνων στον πίνακα αποτελεσμάτων 4.3.1, στή στήλη 2. Παρατηρήστε ότι οί ένδείξεις των όργάνων στήν περίπτωση αύτή δέν παρουσιάζουν ουσιώδεις διαφορές από εκείνες τής περιπτώσεως (β).

δ) Βραχυκυκλώστε τό τύλιγμα σειράς (ένώνοντας τά σημεία E καί F) στή γεννήτρια. Θέστε τή γεννήτρια σέ λειτουργία (γεννήτρια παράλληλης διεγέρ-



Σχ. 4.3.

σεως). Τροφοδοτήστε τό φορτίο όπως κάνατε στην περίπτωση (β). Σημειώστε τις ένδείξεις των ὀργάνων στὸν πίνακα τῶν ἀποτελεσμάτων 4.3.1 στὴ στήλη 3.

ε) Ἀπὸ τὶς τιμές τοῦ πίνακα τῶν ἀποτελεσμάτων 4.3.1 χαράξτε σέ ὀρθογώνιο σύστημα ἀξόνων (σχ. 4.3) τὶς χαρακτηριστικὲς φορτίσεως τῆς γεννήτριας γιὰ τὶς περιπτώσεις β, γ καὶ δ. Συγκρίνετε τὶς χαρακτηριστικὲς μεταξύ τους καὶ διατυπώστε τὶς σχετικὲς παρατηρήσεις καὶ τὰ συμπεράσματά σας στοῦ τετράδιό σας.

2. Ἀπὸ τὸ διάγραμμα τῶν χαρακτηριστικῶν τῆς ἀσκήσεως 1 ὑπολογίστε σέ κάθε περίπτωση τὶς μεταβολὲς τῆς πολικῆς τάσεως σέ ποσοστὸ τοῖς % γιὰ κανονικὴ φόρτιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΩΣ

5.1 Γενικά.

“Αν στο τύλιγμα του έπαγωγικού τυμπάνου μιάς γεννήτριας Σ.Ρ. διαβιβάσουμε ηλεκτρικό ρεύμα (μέ τη βοήθεια ψηκτρών-συνδέκτη), θα έχουμε αντίστροφη της λειτουργίας της. Δηλαδή μετατροπή ηλεκτρικού έργου σε μηχανικό (κινητήριο).

Στήν περίπτωση αυτή λέμε ότι η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας.

Χαρακτηριστικά στοιχεία της λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ. είναι:

α) Κινητήρια ροπή.

‘Ασκείται στο έπαγωγικό τύμπανο του κινητήρα καί είναι:

$$T = \frac{p \cdot s \cdot w}{2a \cdot \pi} \cdot \Phi \cdot I_T \quad (\text{σέ Nm})$$

$$\text{ή} \quad T = 0,102 \frac{p \cdot s \cdot w}{2a \cdot \pi} \cdot \Phi \cdot I_T \quad (\text{σέ kpm})$$

όπου: p ο αριθμός ζευγών των μαγνητικών πόλων του κινητήρα.

s ο αριθμός στοιχείων του τυλίγματος.

w ο αριθμός άγωγών κάθε στοιχείου του τυλίγματος.

a ο αριθμός ζευγών των παράλληλων κλάδων.

π 3,14.

Φ η μαγνητική ροή (σέ V . s) κάθε πόλου

καί I_T η ένταση ηλεκτρικού ρεύματος ή η ένταση φορτίσεως I_ϕ από τό τύμπανο σέ (Α)

1 N $\approx$ 0,102 kp

β) Μηχανική ισχύς.

Τή δίνει ο κινητήρας στόν άξονα του (μέ μορφή μηχανικής ενέργειας) ή *ώφέλιμη ισχύς κινήσεως* ($N_{\omega\phi}$).

γ) Ηλεκτρική ισχύς.

Τή άπορροφά ο κινητήρας μέ τή μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας από τό δίκτυο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος ($N_{\eta\lambda}$).

Είναι πάντοτε:

$$N_{\eta\lambda} = N_{\omega\phi} + N_{\sigma\pi}$$

όπου: $N_{\sigma\pi}$ η ισχύς άπωλειών (μηχανικές + ηλεκτρικές + μαγνητικές).

δ) **Βαθμός απόδοσης** του κινητήρα είναι:

$$\eta = \frac{N_{\omega\phi}}{N_{\eta\lambda}} = \frac{N_{\omega\phi}}{U \cdot I_{\phi}} \quad \text{ή} \quad \eta\% = \frac{N_{\omega\phi}}{U \cdot I_{\phi}} \cdot 100$$

Στους κινητήρες Σ.Ρ. είναι: $\eta = (60-95)\%$.

ε) **Αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (Α.Η.Ε.Δ.).**

Είναι:

$$E_a = K \cdot \Phi \cdot n \quad (\text{σε V})$$

$$\text{όπου: } K = \frac{p \cdot s \cdot w}{a \cdot 60}$$

και n η ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου του κινητήρα (σε στρ/min).

στ) **Στροφές του κινητήρα ή ταχύτητα περιστροφής.**

Είναι:

$$n = \frac{E_a}{K \cdot \Phi} = \frac{U - R_t \cdot I_t}{K \cdot \Phi}$$

όπου: U η ηλεκτρική τάση της πηγής ή του δικτύου που τροφοδοτεί τον κινητήρα (σε V).

R_t η ωμική αντίσταση (σε Ω) του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου και των ψηκτρών (Ίσοδύναμη αντίσταση του κινητήρα).

I_t η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (σε A) μέσα από το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου.

Από την παραπάνω σχέση των στροφών συμπεραίνεται ότι:

- Για να καλύψει ο κινητήρας Σ.Ρ. μεγαλύτερη πολική τάση θα πρέπει να περιστρέφεται με μεγαλύτερη ταχύτητα.
- Οι στροφές του κινητήρα Σ.Ρ. «πέφτουν» με την αύξηση του ρεύματος φορτίσεως του I_t .
- Οι στροφές του κινητήρα Σ.Ρ. «πέφτουν» και με την αύξηση της μαγνητικής ροής Φ , δηλαδή με την αύξηση του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως.

ζ) **Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος I_t .**

Τήν απορροφά το επαγωγικό τυμπανο του κινητήρα Σ.Ρ. και είναι:

$$I_t = \frac{U - E_a}{R_t}$$

Όταν αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα «πέφτει» το ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως του (έπειδή αυξάνει η E_a) και αντίστροφα.

η) **Έκκίνηση των κινητήρων Σ.Ρ.**

Στήν έκκίνηση του κινητήρα είναι ή $E_a = 0$ και τότε:

$$I_{\tau\epsilon\kappa} = I_{\epsilon\kappa} = \frac{U}{R_t}$$

Ήλεκτρικό ρεύμα έκκινήσεως.

Τό ηλεκτρικό ρεύμα $I_{\epsilon\kappa}$ γίνεται 10 μέχρι και 20 φορές μεγαλύτερο από τό ηλεκτρικό ρεύμα της κανονικής φορτίσεως του κινητήρα και είναι επικίνδυνο γιά τό τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, άν δέν λειτουργήσουν τά μέσα προστασίας του κινητήρα (π.χ. αυτόματος διακόπτης, ασφάλειες κλπ). Γι' αυτό σέ σειρά μέ τό τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, στους κινητήρες Σ.Ρ., υπάρχει πάντοτε μία ρυθμιστική προστατευτική αντίσταση $R_{\epsilon\kappa}$, ό **έκκινήτης**.

Ή παρεμβολή του έκκινήτη ($R_{\epsilon\kappa}$) περιορίζει τό ηλεκτρικό ρεύμα έκκινήσεως σέ έπιθυμητές τιμές και είναι:

$$I_{\epsilon\kappa} = \frac{U}{R_t + R_{\epsilon\kappa}}$$

Συνήθως είναι $I_{εκ} \approx (1,25 \div 1,5) I_T$ (I_T = όνομαστική τιμή έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος φορτίσεως).

Πραγματικά, στήν εκκίνηση ο κινητήρας χρειάζεται μεγάλο ρεύμα εκκινήσεως το οποίο όμως δεν πρέπει να είναι επικίνδυνο για το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου. Το ρεύμα αυτό χρειάζεται στήν εκκίνηση, γιατί η ροπή στρέψεως πρέπει να είναι μεγάλη προκειμένου να εξουδετερώσει εκτός από την ανθιστάμενη ροπή των στρεφόμενων μαζών και τη ροπή αδράνειας των επιταχυνόμενων μαζών του κινητήρα.

Θ) 'Η φορά περιστροφής σε κάθε κινητήρα Σ.Ρ.

Αυτή είναι **ανεξάρτητη** από την πολικότητα της ηλεκτρικής γραμμής τροφοδοτήσεώς του. Δηλαδή, αν αντιστρέψουμε την πολικότητα της γραμμής τροφοδοτήσεως του ηλεκτρικού κινητήρα, η φορά περιστροφής του παραμένει η ίδια, γιατί στήν περίπτωση αυτή έχουμε ταυτόχρονη αντιστροφή της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως και του ηλεκτρικού ρεύματος επαγωγικού τυμπάνου.

Η φορά περιστροφής του κινητήρα Σ.Ρ. αντιστρέφεται **μόνο** με την αντιστροφή της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως ή **μόνο** με την αντιστροφή της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος του επαγωγικού τυμπάνου.

5.2 Κινητήρες παράλληλης διεγέρσεως.

Όπως αναφέραμε στήν προηγούμενη παράγραφο, αν μιά γεννήτρια Σ.Ρ. με παράλληλη διεγέρση τροφοδοτηθεί με συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, αντιστρέφεται η λειτουργία της και γίνεται κινητήρας παράλληλης διεγέρσεως.

Στό σχήμα 5.2α φαίνεται η συνδεσμολογία ενός κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διεγέρσεως με όλα τα όργανα έλεγχου και προστασίας. Η μελέτη της λειτουργίας του κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διεγέρσεως αναφέρεται βασικά στις ακόλουθες χαρακτηριστικές του:

$$\alpha) \quad n = F(AW_m) \quad \eta \quad n = F(I_b)$$

— Χαρακτηριστική στροφών σε συνάρτηση με τα άμπερελίγματα ή με το ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως με **σταθερή τάση τροφοδοτήσεως** του κινητήρα και **σταθερό φορτίο**.

$$\beta) \quad n = F(I_\phi)$$

— Χαρακτηριστική στροφών σε συνάρτηση με το ρεύμα φορτίσεως με σταθερή **τάση τροφοδοτήσεως** του κινητήρα και **σταθερά άμπερελίγματα** διεγέρσεως.

$$\gamma) \quad T = F(I_\phi)$$

— Χαρακτηριστική της ροπής σε συνάρτηση με το ρεύμα φορτίσεως με **σταθερή τάση τροφοδοτήσεως** του κινητήρα και **σταθερή διεγέρση**.

5.2.1 Χάραξη χαρακτηριστικής $n = F(AW_m)$ ή $n = F(I_b)$.

Μετά τη διαδικασία της εκκινήσεως του κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως ο έκινητης (άντσταση $R_{εκ}$) τίθεται εκτός κυκλώματος. Στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου (και των βοηθητικών πόλων) εφαρμόζεται η σταθερή τάση U του δικτύου τροφοδοτήσεως του κινητήρα. Το τύλιγμα διεγέρσεως διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα:

$$I_b = \frac{U}{R_b + R_m}$$

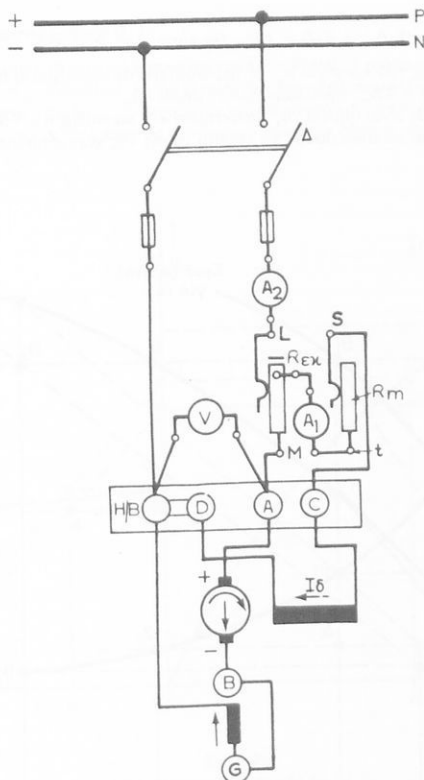
όπου: R_b η αντίσταση του τυλίγματος διεγέρσεως

R_m μέρος από τη ρυθμιστική αντίσταση (s-t), που συνδέεται σε σειρά με το τύλιγμα διεγέρσεως.

Αν δεχθούμε ότι $U \approx K \cdot \Phi \cdot n$, δηλαδή $n = \frac{U}{K\Phi}$ τότε, με τη βοήθεια της στατικής χαρακτηρι-

στικής του κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως και κατάλληλες μετρήσεις στο εργαστήριο, μπορούμε να χαράξουμε την καμπύλη $n = F(AW_m)$ ή $n = F(I_b)$ ως εξής:

Σέ ορθογώνιο σύστημα αξόνων παίρνουμε στόν κατακόρυφο άξονα (πού έχει δύο κλίμακες, μιά των στροφών n και μιά της τάσεως U) τμήμα (OP) = U και στό οριζόντιο τμήμα (OE) = AW_m , πού



Σχ. 5.2α.

Συνδεσμολογία κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως.

$L-M = R_{ex}$, $S-t = R_m$ ρυθμιστική αντίσταση διεγέρσεως.

C-D παράλληλο τύλιγμα διεγέρσεως, G-H/B = τύλιγμα βοηθητικών πόλων.

αντιστοιχεί σε ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως I_{δ_0} . Έδω τό I_{δ_0} καθορίζεται με τή ρυθμιστική αντίσταση R_m (σχ. 5.2α).

Από τό σημείο B με συντεταγμένες (OE, OP) περνάει ή στατική χαρακτηριστική γιά στροφές n_0 του κινητήρα.

Μέ τή ρυθμιστική αντίσταση R_m (σχ. 5.2α) μειώνομε τό ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως σέ I_{δ} , στό όποιο αντιστοιχούν άμπερελίσματα $AW_{m_1} = (OE_1)$. Από τό σημείο E_1 φέρνομε τήν κατακόρυφο E_1B_1 , πού τέμνει τήν $E = F(AW_m)$ στό σημείο Γ. Τό B_1 έχει συντεταγμένες (AW_{m_1}, U) επομένως είναι σημείο τής $E_1 = F(AW_m)$ γιά n_1 στροφές του κινητήρα (σχ. 5.2β).

Στή συνέχεια, καί στήν κλίμακα του άξονα των στροφών, δεχόμαστε (OZ) = n_0 καί προσδιορίζομε τά σημεία Δ, Δ₁, Ζ₁, Θ, Θ₁, Η (σχ. 5.2β).

Μέ τή βοήθεια των βασικών γεωμετρικών ιδιοτήτων (άναλογίες, όμοια τρίγωνα κλπ) έχομε:

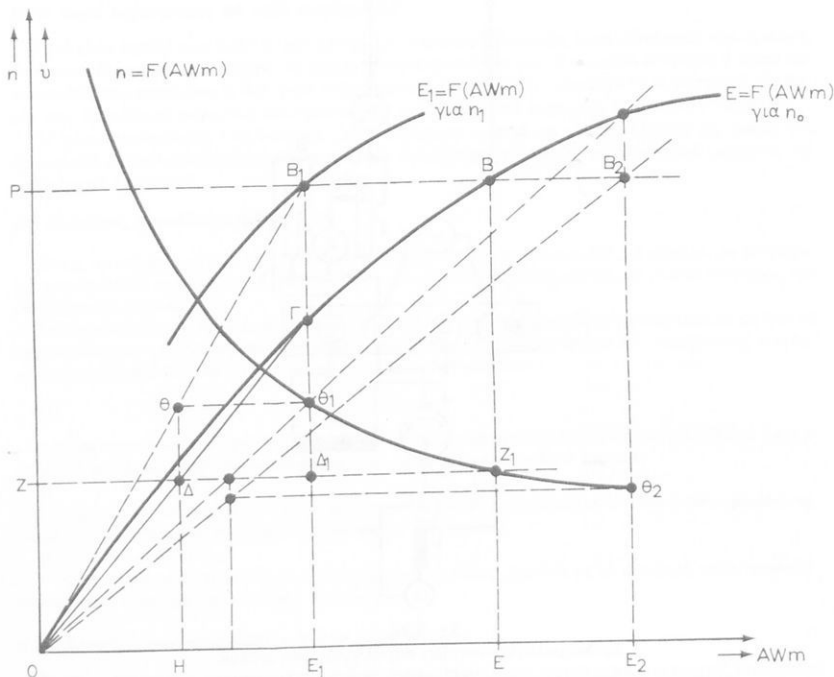
$$\frac{n_1}{n_0} = \frac{E_1B_1}{E_1\Gamma} = \frac{H\Theta}{H\Delta} = \frac{E_1\Theta_1}{E_1\Delta_1}$$

Επειδή:

$$(E_1 \Delta_1) = (OZ) = n_0 \quad \text{Θά είναι} \quad n_1 = (E_1 \Theta_1)$$

Γιά λιγότερες στροφές του κινητήρα n_2 και περισσότερα άμπερελίγματα (μεγαλύτερο ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως) $(O\Theta_2) = AW_m$ προσδιορίζουμε το σημείο Θ_2 .

Τά σημεία Z_1 , Θ_1 και Θ_2 είναι σημεία της χαρακτηριστικής καμπύλης $n = F(AW_m)$ (υπερβολή). Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε νά συνεχίσουμε τή χάραξη αυτής της χαρακτηριστικής.



Σχ. 5.2β.

Χάραξη χαρακτηριστικής $n = F(AW_m)$.

Από τή μορφή και τή θέση της καμπύλης $n = F(AW_m)$ στο διάγραμμα του σχήματος 5.2β και έχοντας υπόψη τή σχέση $n = \frac{U}{K \cdot \Phi}$ συμπεραίνουμε ότι όταν $AW_m = 0$, δηλαδή σέ διακοπή καί μηδενισμό τής διεγέρσεως, ο αριθμός των στροφών του κινητήρα γίνεται θεωρητικά άπειρος ($n \rightarrow \infty$).

Αυτό βέβαια συμβαίνει όταν $\Phi = 0$. Όταν όμως κατά τή διακοπή τής διεγέρσεως, υπάρχει μαγνητική ροή (1 ÷ 2% από τήν κανονική ροή) από παραμένοντα μαγνητισμό, ο αριθμός στροφών του κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως γίνεται, θεωρητικά, 50 μέχρι 100 φορές μεγαλύτερος από τόν κανονικό αριθμό στροφών. Τελικά ο αριθμός στροφών του κινητήρα, γιά $AW_m = 0$, δέν ξεπερνάει τό εύκοσαστάσιο από τόν κανονικό αριθμό στροφών. Καί αυτό λόγω διαφόρων μηχανικών άπωλειών. Οι στροφές αυτές όπωσδήποτε είναι υπερβολικές καί γι' αυτό **θεωρείται πολύ επικίνδυνη ή διακοπή τής διεγέρσεως του κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως καί μάλιστα κατά τή λειτουργία του χωρίς φορτίο.**

κής $n = F(I_\phi)$. Με τόν ίδιο τρόπο συμπληρώνουμε τη χάραξη της καμπύλης αυτής σημείο πρὸς σημείο.

Απὸ τὴ μορφή καὶ τὴ θέση τῆς χαρακτηριστικῆς $n = F(I_\phi)$ στὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 5.2γ βλέπουμε ὅτι ἔχομε τὸ μεγαλύτερο ἄριθμὸ στροφῶν στὴ λειτουργία τοῦ κινητήρα χωρὶς φορτίο (n_0). Πραγματικά, ὅταν $I_\phi \cong 0$, δὲν ἔχομε ὡμίση πτώση τάσεως μέσα στὸν κινητήρα καὶ ἐπομένως μὲ τὴν Α.Η.Ε.Δ. E_a πρέπει ὁ κινητήρας νὰ ἰσορροπῇ σχεδὸν ὁλόκληρὴ τὴν πολικὴ τάση τροφοδοτήσεως U . Στὴ συνέχεια βλέπουμε ὅτι ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῖμα φορτίου αὐξάνει, οἱ στρόφες τοῦ κινητήρα «πέφτουν». Ὅπως δὲ ἡ πτώση τῶν στροφῶν σὲ μεταβαλλόμενες φορτίσεις δὲν εἶναι ἀπὸτομη, αὐτὸ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴ ιδιότητα τῶν κινητῶν παράλληλης διεγέρσεως. Ἔτσι οἱ κινητῆρες αὗτοί χρησιμοποιοῦνται ὅπου θέλομε νὰ ἔχομε σταθερότητα **στροφῶν σὲ μεταβαλλόμενο φορτίο**, ὅπως στὶς ἐργαλειομηχανές, σὲ ὑφαντουργικά μηχανήματα κλπ.

5.2.3 Χάραξη χαρακτηριστικῆς $T = F(I_\phi)$.

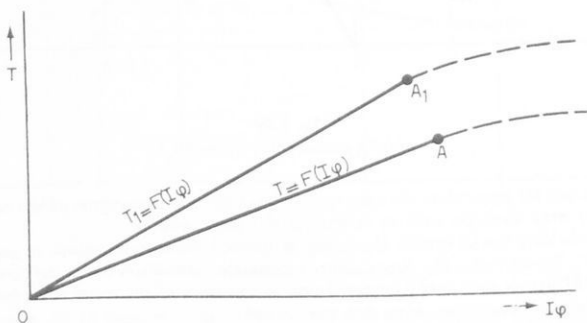
Θεωροῦμε ὅτι ἡ πολικὴ τάση τροφοδοτήσεως τοῦ κινητήρα U παραμένει σταθερὴ. Τὸ κύκλωμα τῆς διεγέρσεως μὲ τὴ ρυθμιστικὴ ἀντίσταση R_m σὲ μιά σταθερὴ θέσι καὶ μὲ σταθερὴ πολικὴ τάση, διαρρέεται ἀπὸ ἓνα σταθερὸ ἡλεκτρικὸ ρεῖμα I_ϕ . Ἐπομένως ἡ μαγνητικὴ ροὴ Φ παραμένει σταθερὴ καὶ σὲ μεταβαλλόμενο φορτίο τοῦ κινητήρα. Σύμφωνα μὲ τὴ σχέση: $T = K \cdot \Phi \cdot I_\phi$,

ὅπου: $K = \frac{p \cdot s \cdot w}{2\pi a} = \text{σταθερὸ (βλέπε καὶ παράγρ. 5.1α)}$, ἡ ροπή τοῦ κινητήρα εἶναι εὐθέως ἀνάλο-

γὴ μὲ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῖμα φορτίσεως I_ϕ . Ἡ χαρακτηριστικὴ $T = F(I_\phi)$ εἶναι μιά εὐθεΐα (σχ. 5.2δ).

Σὲ πολὺ μεγάλες φορτίσεις τοῦ κινητήρα, λόγω τῆς ἐντονῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ἡ ροπή T δὲν αὐξάνει μὲ τὸν ἴδιο τρόπο. Ἔτσι ἀπὸ ἓνα σημεῖο π.χ. A καὶ μετὰ ἡ εὐθεΐα ἀρχίζει νὰ κάμπτεται (σχ. 5.2δ).

Ὅταν αὐξήσουμε τὴ διεγέρση, δηλαδὴ ὅταν μειώσουμε τὴν ἀρχικὴ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως R_m , ἡ μαγνητικὴ ροὴ τῶν πόλων γίνεται $\Phi_1 > \Phi$ καὶ σύμφωνα μὲ τίς σχέσεις $T_1 = K \cdot \Phi_1 \cdot I_\phi$ θὰ ἔχομε $T_1 > T$ καὶ ἡ ἀντίστοιχη χαρακτηριστικὴ $T_1 = F(I_\phi)$ θὰ παρουσιάζει μεγαλύτερη κλίση (σχ. 5.2δ).



Σχ. 5.2δ.

Χαρακτηριστικὴ $T = F(I_\phi)$.

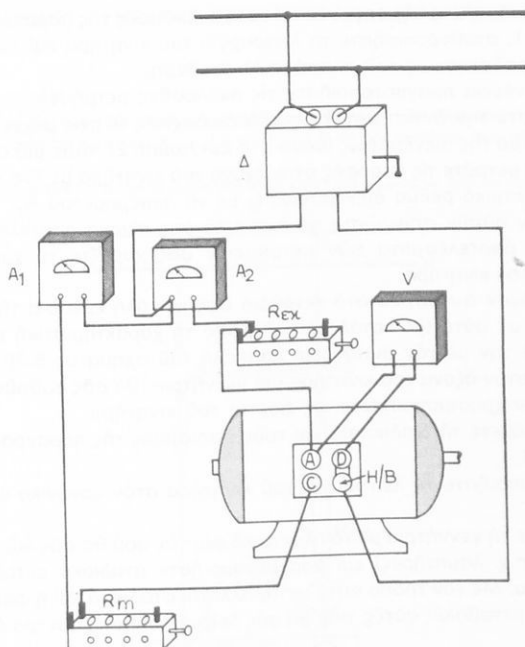
Απὸ τὰ παραπάνω συμπεραίνομε ὅτι κατὰ τὴν ἐκκίνηση τοῦ κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως, ποὺ χρειαζόμαστε μεγάλη ροπή T , θὰ πρέπει ἡ ρυθμιστικὴ ἀντίσταση R_m νὰ εἶναι βραχυκυκλωμένη, δηλαδὴ: $R_m \cong 0$ καὶ $I_\phi = \max$.

5.3 Ἀσκήσεις.

1. Ἀναγνωρίστε στὸ κιβώτιο ἀκροδεκτῶν τοῦ κινητήρα, ποῦ σὰς ἔχει δοθεῖ στὸ

έργαστήριο με τη βοήθεια ωμόμετρου ή ενός ένδεικτικού λαμπτήρα (δοκιμαστικό) τούς άκροδέκτες του τυλίγματος της διεγέρσεως (παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση), του τυλίγματος του έπαγωγικού τυμπάνου (παρουσιάζει πολύ μικρή αντίσταση) και του τυλίγματος των βοηθητικών πόλων (παρουσιάζει πολύ μικρή αντίσταση).

α) Μέ τα όργανα ελέγχου και τις συσκευές προστασίας που θα σάς δοθούν κάνατε τη συνδεσμολογία, όπως στο σχήμα 5.3.



Σχ. 5.3.

Συγκρίνετε ή συνδεσμολογία αυτή με τη συνδεσμολογία του σχήματος 5.2α.

β) Έλέγξτε τις αντιστάσεις R_m και $R_{εκ}$. Παρατηρήστε ότι η αντίσταση του έκκινητή είναι μικρότερη από την αντίσταση R_m , ενώ η ισχύς του είναι μεγαλύτερη από την ισχύ της R_m .

γ) Πρίν έκκινήσετε τόν κινητήρα διαπιστώστε ότι η αντίσταση R_m βρίσκεται «έκτός κυκλώματος» ενώ η $R_{εκ}$ είναι ολόκληρη «έντός κυκλώματος».

Κλείστε τό διακόπτη Δ. Σημειώστε τήν ένδειξη του άμπερόμετρου A_2 (ήλεκτρικό ρεύμα έκκινήσεως) και άμέσως μεταβάλλετε τήν αντίσταση $R_{εκ}$ σταδιακά μέχρι νά μηδενισθεϊ και ό κινητήρας νά φθάσει τήν κανονική ταχύτητα περιστροφής του (στροφές ανά λεπτό). Μέ ένα στροφόμετρο μετρήστε αυτές τīs στροφές.

Στή συνέχεια μέ τή βοήθεια τής αντίστασews R_m ρυθμίστε τίσ στροφές τοῦ κινητήρα μέχρι τόν ὀνομαστικό ἀριθμό n_0 χωρίς φορτίο.

δ) Σχεδιάστε τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 5.3 στό τετράδιο σας. Σημειώστε σέ αὐτό τά στοιχεῖα τοῦ κινητήρα, τῶν ὀργάνων καί συσκευῶν πού χρησιμοποιήσατε. Περιγράψτε συνοπτικά τοὺς χειρισμούς, πού πραγματοποιήσατε, σημειώνοντας τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων, τίσ παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

2. Ἀφοῦ ἐπαναλάβετε τήν ἐργασία καί τοὺς χειρισμούς τής παραγράφου γ τής ἀσκήσεως 1, σταθεροποιήστε τή λειτουργία τοῦ κινητήρα καί διατηρήστε τήν τάση τροφοδοτήσεως τοῦ κινητήρα U σταθερή.

α) Στή συνέχεια πραγματοποιήστε τίσ ἀκόλουθες μετρήσεις:

Αὐξομειώστε τήν ἀντίσταση R_m σέ ἕξι διαδοχικές θέσεις μέχρι νά τεθεῖ ὅλη στό κύκλωμα τής διεγέρσεως (μέσα στό κύκλωμα). Σέ κάθε μιά ἀπό τίσ θέσεις τής R_m θά μετράτε τίσ στροφές στόν ἄξονα τοῦ κινητήρα μέ ἓνα στροφόμετρο καί τό ἡλεκτρικό ρεῦμα διεγέρσεως I_d μέ τό ἀμπερόμετρο A_1 . Τίσ τιμές τῶν μετρήσεων αὐτῶν σημειώστε σέ ἓνα δικό σας πῖνακα ἀποτελεσμάτων.

β) Μέ τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων σας χαράξτε τή χαρακτηριστική $n = F(I_d)$ τοῦ κινητήρα.

γ) Περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τήν ὅλη ἐργασία τής ἀσκήσεως. Σχεδιάστε σέ αὐτό (μέ κατάλληλη κλίμακα) τή χαρακτηριστική $n = F(I_d)$ καί συγκρίνετέ τήν μέ τήν ἀντίστοιχη καμπύλη τοῦ σχήματος 5.2β.

3. Συνδέστε στόν ἄξονα τοῦ κινητήρα μιά γεννήτρια (θά σᾶς δοθοῦν καί τά δύο), πού θά τήν χρησιμοποιήσετε ὡς φορτίο τοῦ κινητήρα.

α) Ἐπαναλάβετε τή διαδικασία καί τοὺς χειρισμούς τής παραγράφου γ τής ἀσκήσεως 1.

β) Σταθεροποιήστε τή λειτουργία τοῦ κινητήρα στόν κανονικό ἀριθμό στροφῶν του.

γ) Συνδέστε τή γεννήτρια μέ τό ἡλεκτρικό φορτίο, πού θά σᾶς δώσουν στό ἐργαστήριο (π.χ. λαμπτήρες) καί πραγματοποιήστε σταδιακά μεταβολές αὐτοῦ τοῦ φορτίου. Μέ τόν τρόπο αὐτό μεταβάλλεται σταδιακά καί ἡ φόρτιση τοῦ κινητήρα. Οἱ μεταβολές αὐτές, πού θά σᾶς δείχνει τό ἀμπερόμετρο A_2 , πρέπει νά εἶναι:

$$0,2 I_{\phi}, 0,4 I_{\phi}, 0,6 I_{\phi}, 0,8 I_{\phi}, 1 I_{\phi} \text{ καί } 1,2 I_{\phi}$$

ὅπου I_{ϕ} τό ἡλεκτρικό ρεῦμα τοῦ κανονικοῦ φορτίου τοῦ κινητήρα (στοιχεῖο πού γράφεται στήν πινακίδα τοῦ κινητήρα).

Σέ κάθε μέτρησή σας φροντίστε ἡ ἔνδειξη στό ἀμπερόμετρο A_1 καί ἡ τάση στό βολτόμετρο νά παραμένουν σταθερές.

Γιά κάθε φόρτιση τοῦ κινητήρα μετρήστε τίσ στροφές του στόν ἄξονα μέ ἓνα στροφόμετρο. Σημειώστε τίσ τιμές τῶν μετρήσεων σας σέ πῖνακα ἀποτελεσμάτων, πού θά φτιάξετε μόνοι σας (βλέπε καί Κεφάλαιο 4).

δ) Μέ τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων τής παραγράφου (γ) χαράξτε τή χαρακτηριστική $n = F(I_{\phi})$ καί συγκρίνετέ τήν μέ ἐκείνη τοῦ σχήματος 5.2γ.

ε) Τήν ὅλη ἐργασία τής ἀσκήσεως περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας.

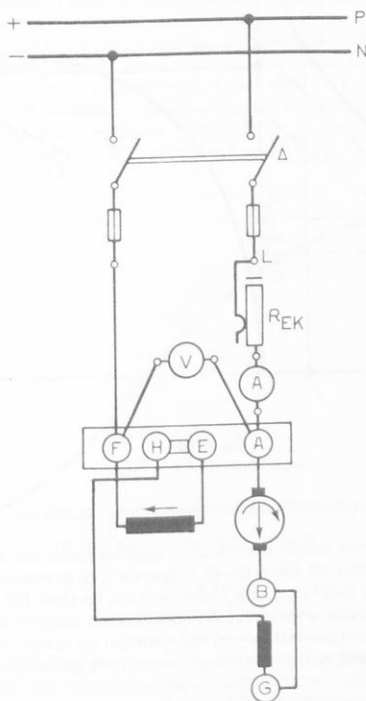
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΕΙΡΑΣ

6.1 Γενικά.

Ο κινητήρας με διέγερση σειράς έχει εύρεία εφαρμογή λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, που παρουσιάζει κατά τη λειτουργία του. Η γεννήτρια Σ.Ρ. σειράς αντίθετα, έχει πάρα πολύ περιορισμένη εφαρμογή.

Στό σχήμα 6.1α φαίνεται η συνδεσμολογία ενός κινητήρα σειράς με όλα τα όργανα έλέγχου και προστασίας.



Σχ. 6.1α.

Συνδεσμολογία κινητήρα σειράς $L-R = R_{εκ}$.

E-F τύλιγμα διεγέρσεως σειράς, G-H/B = τύλιγμα βοηθητικών πόλων.

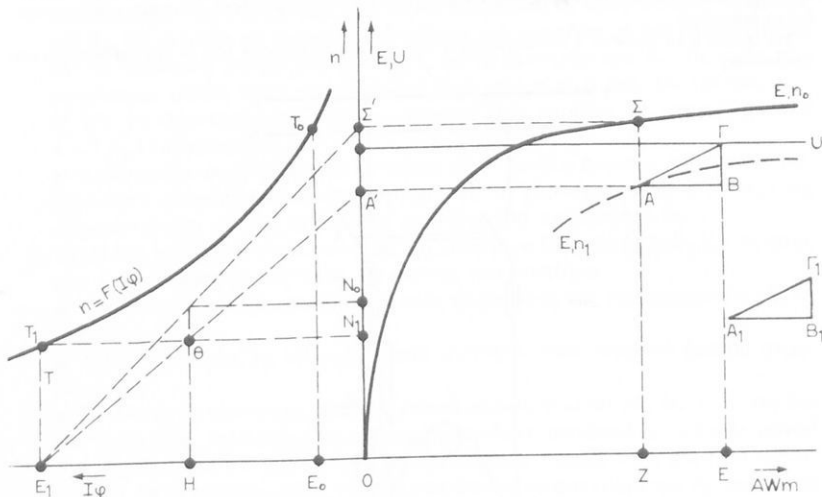
Η μελέτη της λειτουργίας του κινητήρα Σ.Ρ. με διέγερση σειράς αναφέρεται βασικά στις ακόλουθες χαρακτηριστικές του:

- $n = F(I_\phi)$. Χαρακτηριστική των στροφών σε συνάρτηση με το ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως του κινητήρα **καί με σταθερή τήν τάση τροφοδοτήσεως.**
- $T = F(I_\phi)$. Χαρακτηριστική της ροπής του κινητήρα σε συνάρτηση με το ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως του **καί με σταθερή τάση τροφοδοτήσεως.**

6.1.1 Χάραξη χαρακτηριστικής $n = F(I_\phi)$.

Σε ὀρθογώνιο σύστημα αξόνων, ὅπως στὸ σχῆμα 6.1β, δεχόμεστε ὅτι ἡ $E = F(AW_m)$ εἶναι ἡ στατική χαρακτηριστική τοῦ κινητήρα σειράς γιὰ στροφές n_0 . Ἡ σταθερή τάση τροφοδοτήσεως τοῦ κινητήρα U παριστάνεται στὸ ἴδιο σχῆμα μὲ εὐθεία ὀριζόντια γραμμὴ.

Στὴν περίπτωση τοῦ κινητήρα σειράς τὸ ηλεκτρικὸ ρεύμα διέγερσεως I_ϕ εἶναι τὸ ἴδιο μὲ τὸ ηλεκτρικὸ ρεύμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου I_t ἢ φορτίσεως I_ϕ . Ἐστὶ σὲ ηλεκτρικὰ ρεύμα φορτίσεως I_t ἔχομε ἀμπερελίσματα διέγερσεως (OE) καὶ χαρακτηριστικὸ τρίγωνο $A_1B_1\Gamma_1$ (σχ. 6.1β).



Σχ. 6.1β.

Χαρακτηριστική $n = F(I_\phi)$.

Φέρομε τήν κατακόρυφο $E\Gamma$ καὶ τοποθετοῦμε τὸ χαρακτηριστικὸ τρίγωνο $A_1B_1\Gamma_1$ στὴν πραγματικὴ τοῦ θέσης $AB\Gamma$.

Γνωρίζομε ὅτι μὲ τὸ ηλεκτρικὸ ρεύμα φορτίσεως I_t ἀναπτύσσονται στὸ ἐπαγωγικὸ τύμπανο τοῦ κινητήρα ἀντίθετα ἀμπερελίσματα EZ (αὐτὸ θὰ τὸ δοῦμε καὶ στὶς μετρήσεις μας) καὶ ἐπομένως τὰ πραγματικὰ ἀμπερελίσματα ποῦ διαθέτομε στὴν περίπτωσή μας θὰ εἶναι: $(OE) - (EZ) = (OZ)$. Μὲ αὐτὰ τὰ ἀμπερελίσματα ἀναπτύσσεται στατικὴ $H.E.\Delta.$, (ZA) . Ἐπειδὴ ὁμως τὸ σημεῖο A πρέπει νὰ βρίσκεται πάντοτε πάνω στὴ στατικὴ χαρακτηριστικὴ τοῦ κινητήρα θὰ πρέπει, στὴ φόρτιση I_t , ὁ κινητήρας νὰ ἔχει ταχύτητα περιστροφῆς n_1 , ποῦ ἀντιστοιχεῖ στὴ στατικὴ χαρακτηριστικὴ ποῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖο A .

Ἀπὸ τὴ σχέση $E = K\Phi$, n φαίνεται ὅτι ἡ $H.E.\Delta.$, ποῦ ἀναπτύσσεται κάτω ἀπὸ μιά μαγνητικὴ ροὴ Φ [ἀντίστοιχη μὲ (OZ) ἀμπερελίσματα] εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸν ἀριθμὸ στροφῶν τοῦ κινητήρα. Ἐπομένως οἱ στατικές $H.E.\Delta$ (ZA) καὶ (ZZ) , ποῦ μποροῦν νὰ ἀναπτυχθοῦν στὸν κινητήρα, μὲ τὰ ἴδια ἀμπερελίσματα (OZ) εἶναι ἀνάλογες μὲ τίς στροφές τοῦ n καὶ n_1 (σχ. 6.1β) Διηλαδῶς:

$$\frac{ZA}{ZZ} = \frac{n_0}{n_1}.$$

μας τό (ON_0) αντιστοιχεί στis n_0 στροφές και $\frac{ON_0}{ON_1} = \frac{ZA}{Z\Sigma}$, τό μήκος (ON_1) παριστάνει τίς n_1 στροφές του κινητήρα.

Έτσι με γεωμετρική κατασκευή, που φαίνεται στο σχήμα 6.1β, προσδιορίζουμε τό σημείο T_1 της χαρακτηριστικής $n = F(I_\phi)$ κ.ο.κ. και χαράζουμε την αντίστοιχη καμπύλη.

Από τή μορφή της καμπύλης της χαρακτηριστικής $n = F(I_\phi)$ και τή θέση της στο όρθογώνιο σύστημα άξονων, παρατηρούμε ότι όσο τό ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως αύξάνει τόσο γρηγορότερα «πέφτουν» οι στροφές.

Ο κινητήρας σειράς στη λειτουργία του χωρίς φορτίο άπορροφά ένα ελάχιστο ηλεκτρικό ρεύμα $I_0 = (OE_\phi)$, για να καλύψει τίς διάφορες άπώλειές του. Στην περίπτωση αυτή οι στροφές του κινητήρα αύξάνουν επικίνδυνα με αποτέλεσμα την καταστροφή του έπαγωγικού τυμπάνου (λόγω των πολύ μεγάλων φυγόκεντρων δυνάμεων που αναπτύσσονται σε αυτό).

Επομένως: **Ο κινητήρας Σ.Ρ. με διέγερση σειράς δέν πρέπει να λειτουργεί χωρίς φορτίο.**

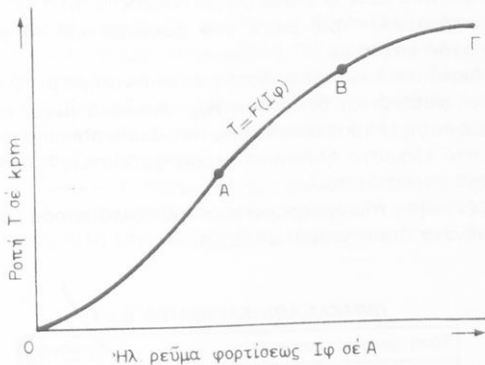
6.1.2 Χάραξη χαρακτηριστικής $T = F(I_\phi)$.

Στον κινητήρα σειράς ή διέγερσή του διαρρέεται από τό ηλεκτρικό ρεύμα του έπαγωγικού τυμπάνου, δηλαδή τό ρεύμα φορτίσεώς του. Έτσι για φορτίσεις του κινητήρα με διέγερση σειράς, σε τέτοια όρια που να μην οδηγείται ή διέγερση στο μαγνητικό κόρο, ή μαγνητική ροή των πόλων του Φ είναι ευθέως ανάλογη με τό ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως I_ϕ .

Επομένως ή βασική σχέση $T = K \cdot \Phi \cdot I_\phi$ παίρνει τή μορφή $T = K_1 I_\phi^2$ (άφου $\Phi = \lambda \cdot I_\phi$), ή ροπή είναι ανάλογη με τό τετράγωνο του ηλεκτρικού ρεύματος φορτίσεως. Για μεγαλύτερες φορτίσεις, και έπειδή ή μαγνητική ροή Φ του κόρου είναι σταθερή, ή ροπή είναι $T = K_2 I_\phi$.

Μπορούμε να χαράξουμε την καμπύλη $T = F(I_\phi)$ κάνοντας κατάλληλες μετρήσεις στο έργαστήριο με τή βοήθεια δυναμοπέδης, όπως θά δούμε παρακάτω.

Η μορφή της χαρακτηριστικής $T = F(I_\phi)$ φαίνεται στο σχήμα 6.1γ.



Σχ. 6.1γ.
Χαρακτηριστική $T = F(I_\phi)$.

Η καμπύλη της χαρακτηριστικής αυτής στο τμήμα της (ΟΑ) είναι ανάλογη με τό τετράγωνο του ηλεκτρικού ρεύματος φορτίσεως (παραβολοειδής μορφή). Από τό σημείο Α μέχρι τό Β είναι σχεδόν ευθεία, ($T = K_2 I_\phi$).

Μετά τό σημείο Β ή ροπή αύξάνει ελάχιστα με τό ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως. Αυτό όφείλεται στο ότι, στίς πολύ μεγάλες υπερφορτίσεις του κινητήρα, τό φαινόμενο της αντίδράσεως του έπαγωγικού τυμπάνου είναι έντονο και μειώνει βασικά τή συνολική μαγνητική ροή. Από τά παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ο κινητήρας με διέγερση σειράς παρουσιάζει μεγάλη αύξομείωση των στροφών του με

μεταβαλλόμενο φορτίο, σέ σχέση μέ τόν κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως τοῦ ὁποῖου οἱ στροφές μένουν σχεδόν σταθερές στίς μεταβολές τοῦ φορτίου.

Συμπεραίνομε ὅκομα ὅτι ὁ κινητήρας ἀναπτύσσει μεγαλύτερη κινητήρια ροπή ἀπό τόν ἀντίστοιχο κινητήρα παράλληλης διεγέρσεως.

Γιά τοὺς λόγους αὐτούς ὁ κινητήρας Σ.Ρ. σειρᾶς χρησιμοποιεῖται ἐκεῖ, πού ἀπαιτεῖται μεταβολή στροφῶν μέ τό φορτίο ἢ μεγάλη ροπή στρέψεως σέ ὑπερφορτίσεις καί πού δέν ὑπάρχει κίνδυνος νά λειτουργήσει χωρίς φορτίο, ὅπως π.χ. γιά τήν κίνηση γερανῶν, βαρούλκων σέ πλοῖα, στήν ἠλεκτρική ἐλξη (σιδηρόδρομοι, τρόλεϋ) κλπ.

6.2 Ἀσκήσεις.

1. Ἀναγνωρίστε στό κιβώτιο ἀκροδεκτῶν τοῦ κινητήρα σειρᾶς, πού θά σᾶς δοθεῖ τό ἐργαστήριο, τά τυλίγματα τοῦ.

α) Ἀπό τήν πινακίδα τῶν χαρακτηριστικῶν στοιχείων τοῦ κινητήρα (τάση λειτουργίας, ὀνομαστική ἔνταση φορτίσεως, ἰσχύς κλπ) σημειώστε ἐκεῖνα, πού σᾶς χρειάζονται γιά νά ἐλέγξετε τήν καταλληλότητα τῶν ὀργάνων καί συσκευῶν πού σᾶς ἔχουν δοθεῖ γιά νά πραγματοποιήσετε τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 6.2α. Συγκρίνετε τή συνδεσμολογία αὐτή μέ ἐκείνη τοῦ σχήματος 6.1α.

β) Ἄν ὁ κινητήρας ἔχει βοηθητικούς πόλους πρέπει νά προσέξετε τήν πολικότητά τους σέ σχέση μέ τή φορά περιστροφῆς τοῦ κινητήρα. Ἄν ἡ πολικότητα τῶν βοηθητικῶν πόλων εἶναι λανθασμένη τότε ἔχομε ἔντονο σπινθηρισμό στό συλλέκτη κατά τή λειτουργία τοῦ κινητήρα.

γ) Συνδέστε μηχανικά στόν ἄξονα τοῦ κινητήρα μιά γεννήτρια Σ.Ρ., πού θά τήν χρησιμοποιήσετε ὡς φορτίο τοῦ κινητήρα.

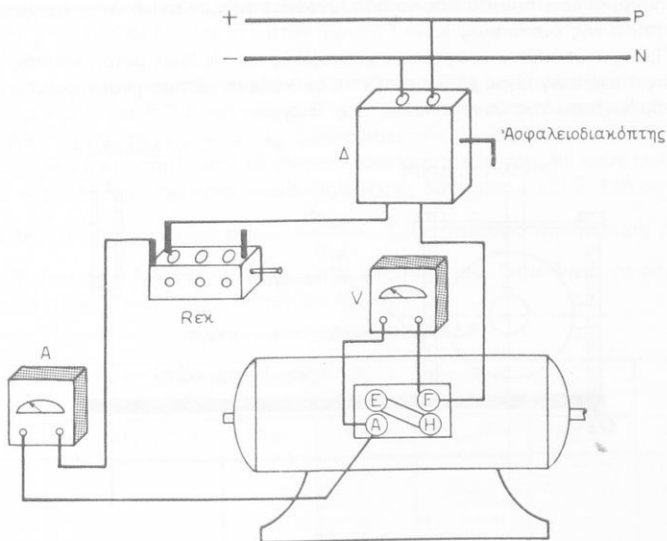
Προσοχή: Πρίν ἀπό κάθε χειρισμό σας βεβαιωθείτε ὅτι ἡ ἀντίσταση τοῦ ἐκκινητή $R_{εκ}$ εἶναι **ὀλόκληρη μέσα στό κύκλωμα καί τό φορτίο μόνιμα συνδεδεμένο στόν κινητήρα.**

δ) Κλείστε τό διακόπτη Δ καί τροφοδοτήστε τόν κινητήρα μέ ἠλεκτρικό ρεῦμα. Αὐξομειώστε τή ρυθμιστική ἀντίσταση $R_{εκ}$ σταδιακά μέχρι νά ἐφαρμοσθεῖ στόν κινητήρα ἡ τάση U τροφοδοτήσεώς του. Σταθεροποιήστε τή λειτουργία τοῦ κινητήρα στό ἐλάχιστο ἠλεκτρικό ρεῦμα φορτίσεως $I_{φ}$ καί στό μέγιστο κανονικό ἀριθμό στροφῶν του.

Σημειώστε τίς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερόμετρου, τοῦ βολτόμετρου καί τοῦ στρόφομετρου στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 6.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 6.2.1

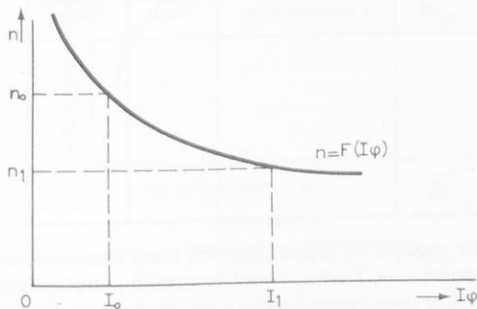
Τάση τροφοδοτήσεως $U = \dots\dots\dots$ (σταθερή)	
$I_{φ}$ (A)	n (στροφές/min)
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	



Σχ. 6.2α.

ε) Αύξομειώστε τὸ φορτίο τῆς γεννήτριας. Ἔτσι πετυχαίνετε καὶ τὴ μεταβολὴ τοῦ φορτίου τοῦ κινητήρα. Ἡ μεταβολὴ τοῦ φορτίου νὰ γίνεται κάθε φορά σέ ποσοστὸ 20% ἀπὸ τὸ μέγιστο φορτίο τοῦ κινητήρα. Σέ κάθε μεταβολὴ σημειώστε τὶς ἐνδείξεις τῶν ὀργάνων στὸν πίνακα ἀποτελεσμάτων 6.2.1. Κατὰ τὴ διάρκεια τῶν μετρήσεων αὐτῶν φροντίστε ἡ τάση τροφοδοτήσεως τοῦ κινητήρα νὰ παραμένει σταθερή.

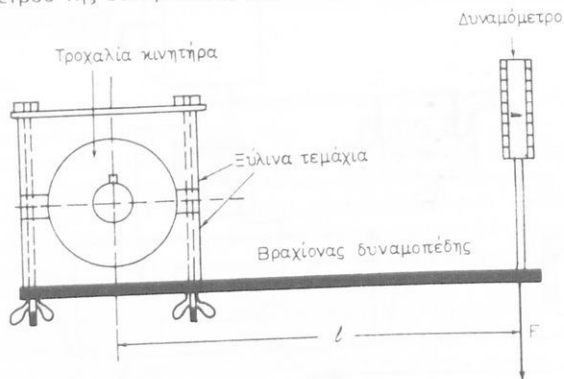
στ) Μὲ τὴ βοήθεια τῶν στοιχείων πού γράψατε στὸν πίνακα ἀποτελεσμάτων νὰ χαράξετε σέ σύστημα ὀρθογωνίων ἀξόνων τὴ χαρακτηριστικὴ $n = F(I_\phi)$, δηλαδή τὴν καμπύλη στροφές-ένταση φορτίσεως (σχ. 6.2β).



Σχ. 6.2β.

2. Τή δυναμοπέδη, πού θά σᾶς δοθεῖ, συνδέστε την μηχανικά στήν τροχαλία τοῦ κινητήρα τῆς ἀσκῆσεως 1.

α) Πραγματοποιήστε τοὺς ἰδίους χειρισμοὺς καὶ τίς ἴδιες μετρήσεις τῆς ἀσκῆσεως 1 σημειώνοντας ἐδῶ πρόσθετα, σέ κάθε περίπτωση καὶ τὴν ἐνδειξὴ τοῦ δυναμόμετρου τῆς δυναμοπέδης (σχ. 6.2γ).



Σχ. 6.2γ.
Δυναμοπέδη.

Μέ τίς ἐνδείξεις τοῦ δυναμόμετρου ὑπολογίστε τὴν ἀντίστοιχη κινητήρια ροπή στρέψεως: $T = F \cdot l$.

ὅπου: F = ἡ ἐνδειξὴ τοῦ δυναμόμετρου (σέ kp)

καὶ l = τὸ μῆκος τοῦ βραχίονα τοῦ συστήματος τῆς δυναμοπέδης (σέ m).

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών σας καὶ τοῦ ὑπολογισμοῦ τῆς ροπῆς σημειώστε τα στὸν πίνακα ἀποτελεσμάτων 6.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 6.2.2

Τάση τροφοδοτήσεως $U = \dots\dots\dots$ (σταθερή) Μῆκος βραχίονα πέδης $l = \dots\dots\dots$ m			
I_{ϕ} (A)	n (στροφές/min)	F (kp)	T (kpm)

β) Στὴ συνέχεια χαράξτε τὴ χαρακτηριστικὴ ροπή στρέψεως-ἐνταση ηλεκτρικοῦ ρεύματος φορτίσεως $T = F(I_{\phi})$, πού θά ἔχει τὴ μορφή τοῦ σχήματος 6.1γ.

3. Ἀπὸ τίς ροπές, πού ὑπολογίσατε στήν ἀσκηση 2 καὶ μέ τίς ἀντίστοιχες στροφές ἀνά λεπτό τοῦ κινητήρα σειρᾶς, ὑπολογίστε σέ κάθε περίπτωση φορτί-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΖΕΥΞΕΩΣ WARD-LEONARD

7.1 Γενικά.

Η ζεύξη αυτή χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που χρειαζόμαστε γραμμική μεταβολή των στροφών σε μεγάλη έκταση, όπως στην κίνηση των ελαστρων, ανυψωτικών μηχανών, ελικων πλοίων κ.ά.

Η χρήση της περιορίζεται λόγω του μεγάλου κόστους της εγκατάστασής της.

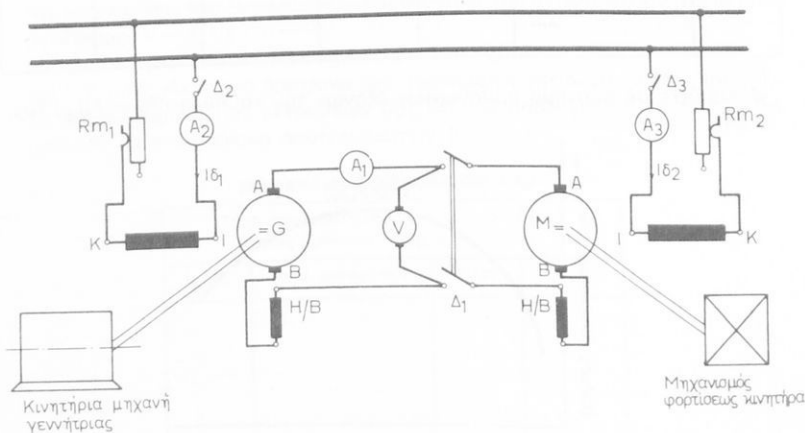
Για να πραγματοποιηθεί η ζεύξη Ward-Leonard (Γουόρντ-Λέοναρντ) χρειάζονται:

α) Μία γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διεγέρσεως, που μπορεί να κινείται με οποιοδήποτε κινητήρια μέσο.

Συνήθως σε τέτοιες εγκαταστάσεις ως κινητήρια μηχανή χρησιμοποιείται τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας.

β) Ένας κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διεγέρσεως.

γ) Μία πηγή Σ.Ρ. για τη διεγερση της γεννήτριας και του κινητήρα (σχ. 7.1α).



Σχ. 7.1.

Ζεύξη Ward-Leonard.

Η ρύθμιση των στροφών του κινητήρα γίνεται με τη μεταβολή της τάσεως τροφοδοτήσεώς του. Η ρύθμιση της τάσεως της γεννήτριας επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεώς της. Το ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως του κινητήρα παραμένει σταθερό. Αν το ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως του κινητήρα μειωθεί πολύ, ο κινητήρας αναπτύσσει τότε υπερβολική ταχύτητα και είναι επικίνδυνο για όλη την εγκατάσταση του κινητήρα και του φορτίου του.

7.2 Άσκησης.

1. Αναγνωρίστε τις μηχανές, τα όργανα και τις συσκευές έλέγχου που θα σας δοθούν στο εργαστήριο για να πραγματοποιήσετε τη ζεύξη Ward-Leonard.

α) Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 7.1.

β) Νά θέσετε σε λειτουργία την κινητήρια μηχανή της γεννήτριας. Ρυθμίστε τις στροφές της στον όνομαστικό αριθμό στροφών της γεννήτριας (έδω χρειάζεται και ένα στροφόμετρο).

γ) Κλείστε το διακόπτη Δ_2 και ρυθμίστε την αντίσταση R_{m_1} μέχρις ότου η ένδειξη του βολτόμετρου (V) δείξει το $1/2$ της όνομαστικής τάσεως της γεννήτριας.

δ) Κλείστε τους διακόπτες Δ_1 και Δ_3 . Με την αντίσταση R_{m_2} ρυθμίστε το ηλεκτρικό ρεύμα, που δείχνει το αμπερόμετρο A_3 , ώστε να παραμένει σταθερό σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας της ζεύξης.

ε) Αύξομειώστε την R_{m_1} σε όλη της την τιμή. Παρατηρήστε ότι οι στροφές του κινητήρα μεταβάλλονται ανάλογα με τις μεταβολές της ένδειξης του βολτόμετρου.

Προσοχή. Στο κύκλωμα διεγέρσεως του κινητήρα να μη δημιουργήσετε διακοπή, γιατί τότε ο κινητήρας θα αναπτύξει επικίνδυνα υπερβολική ταχύτητα. Διακόψτε τη λειτουργία της ζεύξης Ward-Leonard κάνοντας τις ίδιες ενέργειες και χειρισμούς κατ' αντίστροφη φορά. Σημειώστε στο τετράδιό σας τα αποτελέσματα των μετρήσεών σας και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

2. Συνδέστε στον κινητήρα της συνδεσμολογίας της άσκησης 1α (σχ. 7.1) τη δυναμοπέδη, που θα σας δοθεί, ως φορτίο.

α) Πραγματοποιήστε τις ενέργειες και τους χειρισμούς της άσκησης 1.

Ρυθμίστε την τάση της γεννήτριας αυξάνοντάς την κάθε φορά κατά 20% από την όνομαστική της τάση.

Σε κάθε μεταβολή της τάσεως μετρήστε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος φορτίσεως του κινητήρα (ένδειξεις αμπερόμετρου A_1) και το ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως της γεννήτριας I_{d_1} (ένδειξεις αμπερόμετρου A_2). Επίσης μετρήστε, με το στροφόμετρο τις στροφές του κινητήρα, και την περιφερειακή δύναμη (F) της δυναμοπέδης με το δυναμόμετρο. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον πίνακα αποτελεσμάτων 7.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 7.2.1

$I_{d_2} = \dots\dots$ A σταθερό στροφές κινητήριας μηχανής $n_1 = \dots\dots$ σέ/min				
I_{d_1}	U	I_{ϕ}	n	F

β) Μελετήστε από τον πίνακα τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήσατε. Διατυπώστε στο τετράδιό σας, συνοπτικά τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Ε.Ρ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΟΥ (L) ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΥΚΝΩΤΗ (C)

8.1 Γενικά.

8.1.1 Συντελεστής αὐτεπαγωγῆς πηνίου.

Εἶναι γνωστό ὅτι, ὅταν τροφοδοτήσουμε ἓνα πηνίο μὲ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ἀναπτύσσεται σὲ αὐτό Η.Ε.Δ. E_L ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς. Ἡ τιμὴ τῆς εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ταχύτητα πού μεταβάλλεται τὸ ρεῖμα μέσα στό πηνίο καί μὲ τὸ συντελεστή ἀναλογίας πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ κατασκευαστικά στοιχεῖα τοῦ πηνίου καί ὀνομάζεται **συντελεστής αὐτεπαγωγῆς L**. Δηλαδή ἡ τάση ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς στό πηνίο εἶναι:

$$e = \frac{dI}{dt}$$

Μονάδα μετρήσεως τοῦ L εἶναι τὸ ἀνρὺ (H) καί ὑποπολλαπλασίαί του τὸ μιλλιανρὺ (mH) καί τὸ μικροανρὺ (μH).

Τὰ πηνία ὅταν συνδέονται σὲ σειρά χωρίς νά ὑπάρχει ἀμοibaία ἐπαγωγὴ μεταξύ τους, παρουσιάζουν ἰσοδύναμο συντελεστή αὐτεπαγωγῆς:

$$L_0 = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

Ὅταν συνδέονται παράλληλα παρουσιάζουν ἰσοδύναμο συντελεστή αὐτεπαγωγῆς:

$$L_0 = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

8.1.2 Χωρητικότητα πυκνωτῆ C.

Ὅταν στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ ἐφαρμόζεται τάση τότε στοὺς ὀπισμούς του συγκεντρώνονται ἡλεκτρικά φορτία πού εἶναι ἀνάλογα μὲ τὴν τάση πού ἐφαρμόζεται καί μὲ μιά σταθερά ἀναλογίας, πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ κατασκευαστικά στοιχεῖα τοῦ πυκνωτῆ καί ὀνομάζεται **χωρητικότητα C** τοῦ πυκνωτῆ. Δηλαδή τὰ ἡλεκτρικά φορτία στοὺς ὀπισμούς τοῦ πυκνωτῆ εἶναι $Q = C \cdot U$. Μονάδα μετρήσεως τοῦ C εἶναι τὸ φαράντ (F) καί ὑποπολλαπλασίαί του τὸ μικροφάράντ (μF) καί τὸ πικοφάράντ (pF ἢ μμF).

Οἱ πυκνωτές ὅταν συνδέονται μεταξύ τους σὲ σειρά παρουσιάζουν ἰσοδύναμη χωρητικότητα.

$$C_0 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Όταν συνδέονται παράλληλα παρουσιάζουν ισοδύναμη χωρητικότητα.

$$C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_v.$$

Στο μάθημα «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ» του Β' έτους, μάθαμε πώς να μετράμε ωμικές αντίστασεις με την γέφυρα Wheatstone. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της, όπως οι γέφυρες Maxwell, Hay, Wien, Schering κ.ά. με τις οποίες μπορούμε να μετρήσουμε με μεγάλη ακρίβεια τη χωρητικότητα (C) των πυκνωτών και το συντελεστή αυτεπαγωγής (L) των πηνίων.

Σε όλες τις περιπτώσεις οι γέφυρες αποτελούνται από ένα κύκλωμα με τέσσερις κλάδους σε σχήμα τετραπλεύρου. Στόν ένα διαγώνιο κλάδο εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση, ενώ στόν άλλο διαγώνιο κλάδο δημιουργείται διαφορά δυναμικού, που μπορεί να μηδενισθεί με κατάλληλη ρύθμιση των στοιχείων δύο πλευρικών κλάδων (σχ. 8.1α).



Σχ. 8.1α.

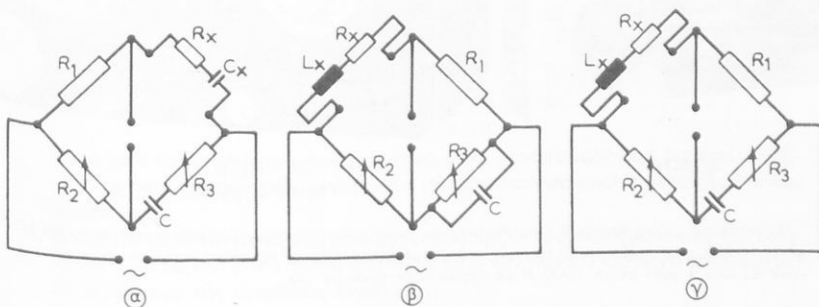
Όταν στη γέφυρα πετύχει ο μηδενισμός της διαφοράς δυναμικού, τότε λέμε ότι η γέφυρα **ισορροπεί**.

Στό παρακάτω σχήμα 8.1β έχουμε τρία τυπικά κυκλώματα γεφυρών που χρησιμοποιούνται σε συσκευές για τη μέτρηση του (L) των πηνίων και του (C) των πυκνωτών.

Από τα κυκλώματα των γεφυρών του σχήματος 8.1β, παρατηρούμε, ότι μία γέφυρα για να είναι κατάλληλη για τη μέτρηση C και L πρέπει να αποτελείται:

Από δύο κλάδους προτύπων ωμικών αντιστάσεων R_1, R_2 .

Από τόν κλάδο χωρητικότητας (C) που συνδέεται σε σειρά ή παράλληλα με μεταβλητή αντίσταση και χρησιμεύει για την εξισορρόπηση της ισοδύναμης αντίστασης άπωλειών τών προς μέτρηση στοιχείων L ή C και από τόν κλάδο που περιλαμβάνει τά προς μέτρηση στοιχείο L ή C και τήν ισοδύναμη αντίσταση άπωλειών τους.



Σχ. 8.1β.

(α) Γέφυρα για μέτρηση C. (β) Γέφυρα Maxwell. (γ) Γέφυρα Hay.

Στόν ένα διαγώνιο κλάδο εφαρμόζεται έναλλασσόμενη τάση με συχνότητα 400 ή 1000 Hz και στον άλλο συνδέεται ηλεκτρονικό βολτόμετρο ή άλλο ένδεικτικό όργανο κατάλληλο για να λειτουργήσει στο Ε.Ρ.

Ακόμη στη θέση αυτή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και ακουστικά. Ή R_2 είναι μία μεταβλητή ωμική αντίσταση της οποίας οι τιμές αντιστοιχούν άμεσως σε μH - mH ή pF - μF . Στα κυκλώματα των γεφυρών (β) και (γ) παρατηρούμε ότι είναι εύκολο με τη βοήθεια ενός διακόπτη να μετατραπεί η γέφυρα Hay σε γέφυρα Maxwell.

8.1.3 Πώς χρησιμοποιούνται οι γέφυρες για μέτρηση L και C .

Τροφοδοτείται η γέφυρα εξωτερικά από ένα ταλαντωτή ακουστικών συχνοτήτων όπως στο σχήμα 8.1γ. Ρυθμίζεται στη συχνότητα 1000 Hz και τάση εξόδου της τάξεως των 3V. Στις ειδικές υποδοχές της γέφυρας έχουμε τοποθετήσει τα άκρα του πηνίου ή του πυκνωτή που θέλουμε να μετρήσουμε. Στρέφουμε τη R_2 στη γέφυρα μέχρι η βελόνα του ένδεικτικού οργάνου να δείξει τη μικρότερη απόκλιση. Κατόπιν στρέφουμε τη R_3 μέχρι να επιτευχθεί νέα ελάχιστη απόκλιση της βελόνας του ένδεικτικού οργάνου. Ή ρύθμιση επαναλαμβάνεται πάλι με τη R_2 μέχρι να επιτύχουμε τη μικρότερη απόκλιση του οργάνου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια αυξάνουμε την τάση του ταλαντωτή και επαναλαμβάνουμε, όπως προηγουμένως, τις ρυθμίσεις.



Σχ. 8.1γ.



Σχ. 8.16.

Γέφυρα μετρήσεων R , L , C .

Στην εικόνα του σχήματος 8.16 φαίνεται ένας τύπος γέφυρας για μετρήσεις αντιστάσεων από 1Ω μέχρι $10\text{ M}\Omega$, χωρητικότητας (C) πυκνωτών από 1 pF μέχρι $1000\text{ }\mu\text{F}$ και συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίων (L) από $1\text{ }\mu\text{H}$ μέχρι 1000 H με ακρίβεια μετρήσεων 1%.

8.2 Άσκησης.

1. Αναγνωρίστε τη γέφυρα μετρήσεων R , L και C , που θα σας δοθεί στο έργο-

στήριο. Ζητήστε συμπληρωματικές πληροφορίες για τη χρήση της από τόν υπεύθυνο καθηγητή του εργαστηρίου. Συμβουλευθείτε και για περισσότερη ενημέρωσή σας το ειδικό φυλλάδιο του κατασκευαστή.

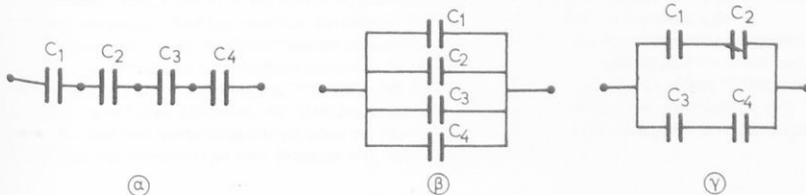
Σχεδιάστε στο τετράδιό σας την πρόσοψη της γέφυρας και αναφέρετε συνοπτικά την εργασία που κάνει κάθε κουμπί της καθώς και τις κλίμακες των μετρήσεων R , L και C .

2. Συνδέστε τη γέφυρα διαδοχικά τά πηνία και τούς πυκνωτές που θα σας δοθούν στο εργαστήριο για μέτρηση. Ρυθμίστε τη γέφυρα σύμφωνα με τις οδηγίες που θα σας δώσουν στο εργαστήριο και μετρήστε το L των πηνίων και το C των πυκνωτών. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον πίνακα αποτελεσμάτων 8.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 8.2.1

Μετρήσεις C	Μετρήσεις L
Πυκνωτών σε (μF)	Πηνίων σε (H)
C_1	L_1
C_2	L_2
C_3	L_3
C_4	L_4

3. Συνδέστε τούς πυκνωτές διαδοχικά όπως στις συνδεσμολογίες του σχήματος 8.2α.



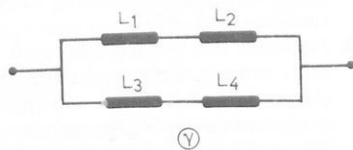
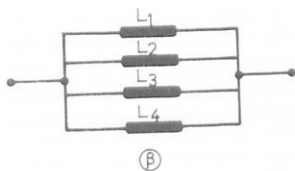
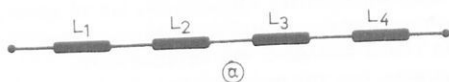
Σχ. 8.2α.

$$\begin{aligned}
 \text{(a)} \quad C_0 &= \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}} \\
 \text{(β)} \quad C_0 &= C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \\
 \text{(γ)} \quad C_0 &= \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4}
 \end{aligned}$$

Μετρήστε την ισοδύναμη χωρητικότητα κάθε συνδεσμολογίας. Νά επαληθεύσετε το αποτέλεσμα κάθε μετρήσεως με αυτό που θα βρείτε μετά τον υπολογισμό.

4. Συνδέστε τά πηνία μεταξύ τους διαδοχικά όπως στις συνδεσμολογίες του σχήματος 8.2β (φροντίστε την απόσταση μεταξύ των πηνίων ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής).

Μετρήστε τόν ισοδύναμο συντελεστή ατέπαγωγής κάθε συνδεσμολογίας πηνίων και επαληθεύστε το αποτέλεσμα κάθε μετρήσεως με αυτό που θα βρείτε μετά τόν υπολογισμό.



$\Sigma\chi.$ 8.2β.

(α) $L_0 = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$

(β)
$$L_0 = \frac{L}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4}}$$

(γ)
$$L_0 = \frac{(L_1 + L_2) \cdot (L_3 + L_4)}{(L_1 + L_2) + (L_3 + L_4)}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

9.1 Γενικά.

Μας είναι γνωστό ότι σε κάθε έναλλασσόμενο μέγεθος, ο χρόνος που χρειάζεται για να γίνει μία πλήρης μεταβολή σ' αυτό ονομάζεται **περίοδος** (T), τήν οποία μετράμε σε δευτερόλεπτα (sec ή s). Τόν αριθμό τών πλήρων μεταβολών του έναλλασσόμενου μεγέθους που πραγματοποιούνται σε ένα sec τόν ονομάζουμε συχνότητα (f).

Τά δύο αυτά μεγέθη, ή συχνότητα καί ή περίοδος είναι αντίστροφα, δηλαδή $f = \frac{1}{T}$.

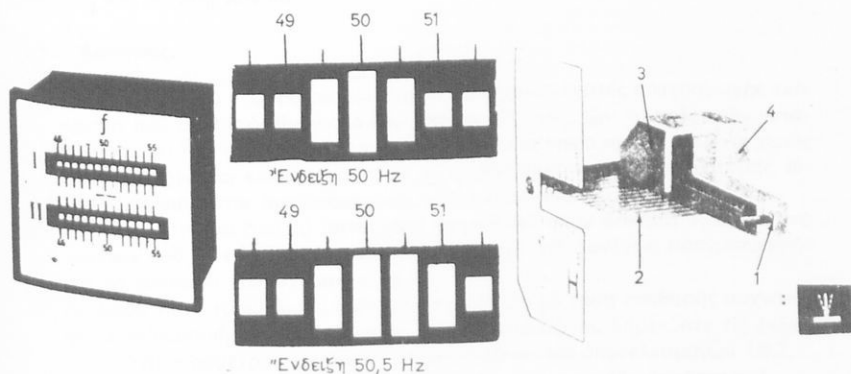
Τή συχνότητα τή μετράμε σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (c/sec) ή σε Herz (Hz).

Τά πολλαπλάσιά τους είναι: τό $\text{kc/sec} = 1000 \text{ c/sec}$ ή $\text{kHz} = 1000 \text{ Hz}$
καί τό $\text{Mc/sec} = 1000 \text{ kc/sec}$ ή $\text{MHz} = 1000 \text{ kHz}$.

Στά δίκτυα μεταφοράς καί διανομής ηλεκτρικής ενέργειας διατηρούμε τή συχνότητα σταθερή. Οι συχνότητές τους είναι 50 ή 60 Hz καί τίς χαρακτηρίζουμε ως βιομηχανικές συχνότητες, σε σχέση με άλλες εφαρμογές έναλλασσόμενων ρευμάτων, π.χ. τηλεφωνίας, ραδιοεπικοινωνίας κ.ά.

Τή συχνότητα ενός έναλλασσόμενου ρεύματος τή μετράμε με τή γέφυρα «Robinson», με τή συμβολή συχνότητων, με τή στροβοσκοπική κ.ά. Τή μετράμε επίσης καί απ' ευθείας με ένδεικτικά όργανα που ονομάζονται **συχνόμετρα**. Υπάρχουν καί εδώ αρκετοί τύποι συχνομέτρων, όπως τό συχνόμετρο με παλλόμενα ελάσματα, τό ηλεκτροδυναμικό συχνόμετρο, τό επαγωγικό συχνόμετρο κ.ά.

Στό κεφάλαιο αυτό κάνομε λόγο, μόνο για τό συχνόμετρο με παλλόμενα ελάσματα, γιατί αυτό χρησιμοποιείται περισσότερο στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις (σχ. 9.1α).



Σχ. 9.1.

1) Βάση. 2) Ελάσματα. 3) Πυρήνες ηλεκτρομαγνήτη. 4) Πηνίο.

Τό όργανο αυτό αποτελείται από ένα έπιμήκη ήλεκτρομαγνήτη. Μπροστά στόν πυρήνα τοῦ ήλεκτρομαγνήτη υπάρχουν έλάσματα μέ διάφορα μήκη καί μάζα· είναι τακτοποιημένα σέ μιά σειρά. Τά έλάσματα από τήν μιά τους πλευρά είναι πακτωμένα, ενώ από τήν άλλη είναι ελεύθερα. Κάθε ένα από τά έλάσματα έχει διαφορετική ιδιοσυχνότητα μηχανικής ταλαντώσεως. "Όταν ό ήλεκτρομαγνήτης διεγείρεται μέ ρεύμα, τοῦ οποίου ζητάμε τή συχνότητα, τό εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο τοῦ ήλεκτρομαγνήτη εξασκεί έλκτικές δυνάμεις στά έλάσματα καί στή συνέχεια προκαλοῦνται σέ αυτά άναγκάες ταλαντώσεις. Ένα από τά έλάσματα, πού ή ιδιοσυχνότητά του συμπίπτει μέ τό διπλάσιο τῆς συχνότητας τοῦ ρεύματος πού διεγείρει τόν ήλεκτρομαγνήτη, κάνει ταλάντωση μέ τό μεγαλύτερο πλάτος. Μπροστά στή σειρά τῶν ελασμάτων υπάρχει βαθμολογημένη κλίμακα σέ Hz. Συνήθως οι διαφορές τῆς συχνότητας μεταξύ τῶν διαδοχικῶν ελασμάτων είναι $1/4$ μέχρι $1/2$ Hz.

9.2 Ἀσκήσεις.

1. Ἀναγνωρίστε τό όργανο πού θά σᾶς δοθεῖ στό έργαστήριο. Παρατηρήστε τήν ακρίβεια τῆς κλίμακάς του.
2. Συνδεσμολογήστε τό συχνόμετρο γιά νά μετρήσετε τή συχνότητα τοῦ δικτύου.
3. Συνδεσμολογήστε τό συχνόμετρο στόν πίνακα έλέγχου τοῦ εναλλακτήρα πού υπάρχει στό έργαστήριο. Ὁ υπεύθυνος καθηγητής τοῦ έργαστηρίου θά θέσει σέ λειτουργία τό ήλεκτροπαραγωγό ζεύγος τοῦ εναλλακτήρα (τό πῶς θέτομε σέ λειτουργία ένα εναλλακτήρα τό εξέτάζομε σέ ένα από τά παρακάτω κεφάλαια). Ρυθμίζοντας τίς στροφές τοῦ εναλλακτήρα, μετρήστε κάθε φορά τή συχνότητα τῆς παραγόμενης εναλλασσόμενης τάσεως.
4. Σέ κάθε ρύθμιση τῶν στροφῶν σημειώστε από τό στροφόμετρο τοῦ πίνακα τόν αριθμό τῶν στροφῶν καί τήν αντίστοιχη ένδειξη τοῦ συχνόμετρο. Νά επαληθεύσετε τό αποτέλεσμα μέ τή σχέση $f = p.n/60$ σέ Hz όπου: p είναι τά ζεύγη πόλων τοῦ εναλλακτήρα καί n είναι ό αριθμός στροφῶν ανά μίν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ

10.1 Γενικά.

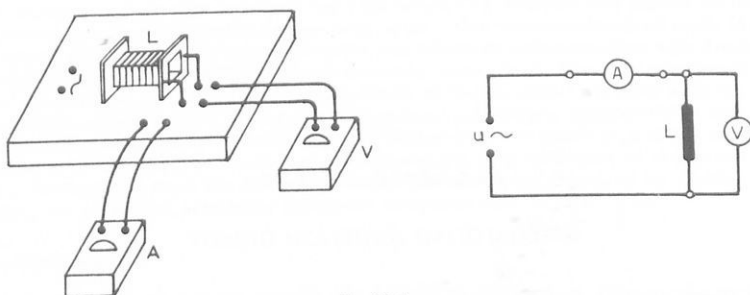
‘Ας πάρουμε ένα πηνίο και ‘ας θεωρήσουμε, ότι η ωμική αντίσταση του σύρματος απ’ το οποίο είναι κατασκευασμένο είναι άμελητέα. Όταν στα άκρα του πηνίου εφαρμόσουμε έναλλασσόμενη τάση θα κυκλοφορήσει έναλλασσόμενο ρεύμα. Το έναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο που θα δημιουργηθεί από το έναλλασσόμενο ρεύμα, θα προκαλέσει την ανάπτυξη μιάς τάσεως από αυτεπαγωγή στα άκρα του πηνίου. Η τάση από αυτεπαγωγή θα πάει να κυκλοφορήσει ρεύμα μέσα στο πηνίο, που θα αντιτίθεται στις μεταβολές του ρεύματος της πηγής. Επομένως το ρεύμα μέσα στο πηνίο θα περιορίζεται εξ αιτίας της αντιδράσεως της τάσεως αυτής. Δηλαδή η τάση από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται με αυτό τον τρόπο, παρουσιάζεται ως ένα «είδος αντίστασεως» στην εφαρμοζόμενη τάση της πηγής. Αυτό το είδος της αντίστασεως ονομάζεται **αυτεπαγωγική αντίσταση** του πηνίου, συμβολίζεται με το X_L και είναι $X_L = L\omega$, όπου ω είναι η **κυκλική συχνότητα** του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο και ισούται: $\omega = 2\pi f$. Από τις διαστάσεις του γινομένου $L \cdot \omega$ προκύπτει ως μονάδα μετρήσεώς της το Ω . Το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα πηνίο που παρουσιάζει σχεδόν **άμελητέα** ωμική αντίσταση, καθορίζεται από το πηλίκο

$$I_L = \frac{U}{L\omega}$$

Η αυτεπαγωγική αντίσταση σε πηνίο με σταθερό L είναι ανάλογη με την κυκλική συχνότητα ω του ρεύματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις υψηλές συχνότητες η ταχύτητα μεταβολής του έναλλασσόμενου ρεύματος είναι μεγαλύτερη. Επομένως και το φαινόμενο της αυτεπαγωγής είναι έντονότερο. Το ηλεκτρικό ρεύμα του πηνίου είναι **ισόσυχο** με την τάση της πηγής, αλλά **καθυστερεί στη φάση από την τάση κατά 90°** .

10.2 Άσκησης.

1. Μετρήστε με τη γέφυρα αυτεπαγωγών τους συντελεστές αυτεπαγωγής των πηνίων που θα σ'ς δοθούν στο εργαστήριο. Τις τιμές των συντελεστών καταχωρήστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 10.2.1 (τά πηνία πρέπει να είναι χωρίς σιδηροπυρήνα και κατασκευασμένα με σύρμα σχετικά μεγάλης διατομής, ώστε να θεωρούνται άμελητέας ωμικής αντίστασεως).
2. Τοποθετήστε ένα από τα πηνία, που μετρήσατε στην άσκηση 1, πάνω στο «σασσί» που θα σ'ς δοθεί στο εργαστήριο, και στη συνέχεια πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.2α.
3. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.2α με τάση σταθερής συχνότητας. Χρησιμοποιήστε ταλαντωτή με χαμηλή συχνότητα. Σημειώστε τις ενδείξεις του αμπερόμετρου και βολτόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 10.2.1. Επαναλάβετε τις μετρήσεις και με τα υπόλοιπα πηνία της άσκησης 1.
4. Τροφοδοτήστε τώρα το κύκλωμα της άσκησης 2 με σταθερή τάση μεταβλητής συχνότητας. Γι' αυτό μεταβάλλετε τη συχνότητα του ταλαντωτή ανά 100



Σχ. 10.2α.

Hz. Καταχωρήστε τὰ αποτελέσματα τῶν μετρήσεων στὸν πίνακα αποτελεσμάτων 10.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 10.2.1

$U = \dots\dots\dots V$ σταθερή $f = \dots\dots\dots H$ σταθερή			
$L(H)$	I_L	$X_L = \frac{U}{I_L}$	$X_L = L\omega$
L_1			
L_2			
L_3			
L_4			

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 10.2.2

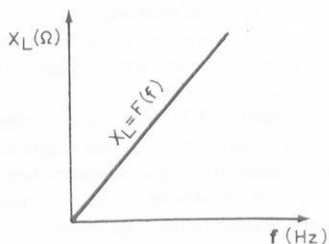
$U = \dots\dots\dots V$ σταθερή $L = \dots\dots\dots H$ σταθερή			
f	I_L	$X_L = \frac{U}{I_L}$	$X_L = L\omega$
f_1			
f_2			
f_3			
f_4			

5. Συμπληρώστε τὶς στήλες στοὺς πίνακες αποτελεσμάτων 10.2.1 καὶ 10.2.2 ὑπολογίζοντας μὲ προσέγγιση, τὴν αὐτεπαγωγικὴ ἀντίσταση μὲ τὶς σχέσεις:

$$X_L = \frac{U}{I_L} \quad \text{καὶ} \quad X_L = L\omega$$

Παρατηρήστε τὰ αποτελέσματα τῶν ὑπολογισμῶν σας καὶ διατυπώστε συνοπτικὰ τὰ συμπεράσματά σας.

6. Χαράξτε ἀπὸ τὰ αποτελέσματα τῶν μετρήσεων τοῦ πίνακα αποτελεσμάτων 10.2.2 τὴν χαρακτηριστικὴ $X_L = F(f)$ ὅπως στὸ σχῆμα 10.2β.



Σχ. 10.2β.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

11.1 Γενικά.

Ένας πυκνωτής, όταν συνδεθεί σε κύκλωμα που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, προκαλεί διακοπή του κυκλώματος, επειδή παρεμβάλλεται το μονωτικό του. Στο έναλλασσόμενο ρεύμα δεν προκαλεί διακοπή του κυκλώματος, γιατί η τάση της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα έναλλάσσεται και έπομένως ο πυκνωτής υπόκειται σε συνεχείς φορτίσεις και έκφορτίσεις και κατά συνέπεια, το όλο κύκλωμα διαρρέεται συνεχώς από αυτά τὰ ρεύματα. Η τιμή του ρεύματος στο κύκλωμα με πυκνωτή εύρσκεται από τή σχέση:

$$I_C = \frac{U}{\frac{1}{C\omega}}$$

Τή σχέση αυτή αν τή συγκρίνομε με τόν νόμο του Ωμ $I = \frac{U}{R}$, θά παρατηρήσομε ότι ο παράγοντας

$1/C\omega$ εκφράζει τόν ίδιο ρόλο τής αντίστασης R .

Αυτός ο παράγοντας ονομάζεται **χωρητική αντίσταση**. Συμβολίζεται με X_C και είναι: $X_C = \frac{1}{C\omega}$

Δηλαδή τόν αντίστροφο του γινομένου τής κυκλικής συχνότητας τής πηγής τροφοδοτήσεως επί τή χωρητικότητα του πυκνωτή. Μετρείται σε Ω , όταν τó C είναι σε φάραντ (F) και τó ω σε ακτίνια /sec. Η φάση του ρεύματος στο κύκλωμα με πυκνωτή **προπορεύεται κατά 90° από τήν τάση που εφαρμόζεται στά άκρα του**.

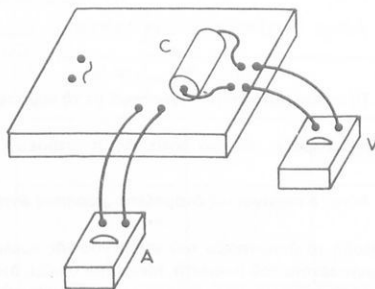
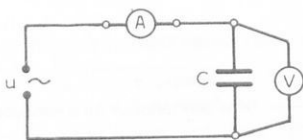
11.2 Άσκησης.

- Μετρήστε με γέφυρα πυκνωτών τήν χωρητικότητα των πυκνωτών που θά σās δοθοῦν στο έργαστήριο. Καταχωρήστε τὰ αποτελέσματα των μετρήσεων στον πίνακα αποτελεσμάτων 11.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 11.2.1

$U = \dots\dots\dots V$ σταθερό $f = \dots\dots\dots Hz$ σταθερή			
$C(\mu F)$	I_C	$X_C = \frac{U}{I}$	$X_C = \frac{1}{C\omega}$
C_1			
C_2			
C_3			
C_4			

- Τοποθετήστε στο «σασσί», πού θά σᾶς δοθεῖ στοῦ ἐργαστήριου, ἓνα πυκνωτή ἀπό αὐτούς, πού μετρήσατε στήν ἀσκηση 1. Πραγματοποιήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 11.2α. Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα μέ ἓνα ταλαντωτή χαμηλῆς συχνότητας, κρατώντας σταθερή τήν τάση καί τή συχνότητα. Σημειώστε τίς ἐνδείξεις τοῦ βολτόμετρου καί τοῦ ἀμπερόμετρου καί τή συχνότητα τοῦ ταλαντωτή στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 11.2.1 (ἡ ἀντίσταση ἀπωλειῶν τοῦ πυκνωτή μέ μεγάλη προσέγγιση θεωρεῖται ὅτι εἶναι ἀμελητέα).
- Ἐπαναλάβετε τίς μετρήσεις τῆς ἀσκήσεως 2 καί μέ τοὺς ὑπόλοιπους πυκνωτές τῆς ἀσκήσεως 1.
Διατηρήστε σέ ὅλες τίς μετρήσεις τήν τάση καί τήν συχνότητα σταθερή.
- Τροφοδοτήστε τώρα τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 11.2α μέ τόν ταλαντωτή κρατώντας τήν τάση σταθερή καί μεταβάλλοντας μόνο τήν συχνότητα ἀνά 100 Hz. Γιά κάθε μέτρηση καταχωρήστε τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 11.2.2.



Σχ. 11.2α.

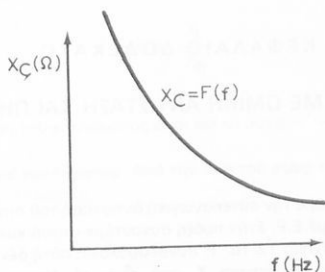
- Συμπληρώστε τίς στήλες στοὺς πίνακες ἀποτελεσμάτων 11.2.1 καί 11.2.2, ὑπολογίζοντας μέ προσέγγιση, τή χωρητική ἀντίσταση μέ τίς σχέσεις $X_C = U/I_C$ καί $X_C = 1/C\omega$.

Παρατηρήστε τά ἀποτελέσματα τῶν ὑπολογισμῶν σας καί διατυπώστε συνοπτικά στοῦ τετράδιό σας τά συμπεράσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 11.2.2

$U = \dots\dots\dots V$ σταθερή $C = \dots\dots\dots \mu f$ σταθερή			
f	I_C	$X_C = \frac{U}{I_C}$	$X_C = \frac{1}{C\omega}$
f_1			
f_2			
f_3			
f_4			
f_5			

6. Χαράξτε από τὰ αποτελέσματα τῶν μετρήσεων τοῦ πίνακα αποτελεσμάτων 11.2.2 τὴ χαρακτηριστικὴ $X_C = F(f)$ ὅπως στὸ σχῆμα 11.2β.



Σχ. 11.2β.

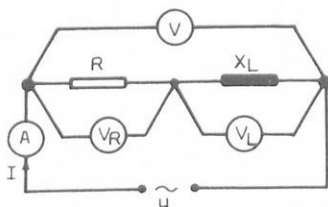
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΗΝΙΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ (R, L).

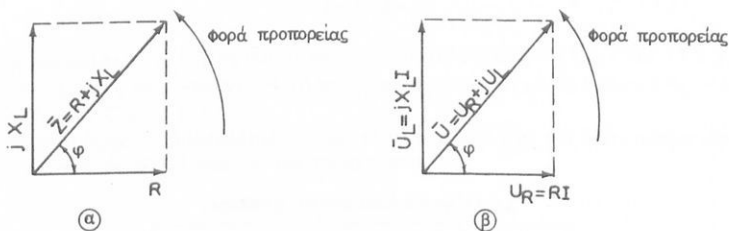
12.1 Γενικά.

Στο δέκατο κεφάλαιο γνωρίσαμε την αὐτεπαγωγική αντίσταση τοῦ πηνίου (μέ ἀμελητέα ὠμική ἀντίσταση) ὅταν διαρρέεται αὐτό μέ Ε.Ρ. Στήν πράξη συναντᾶμε συχνά κυκλώματα μέ πηνίο καί ὠμική ἀντίσταση σέ σειρά ὅπως στό σχῆμα 12.1α. Ἡ συνδεσμολογία αὐτή δέν παρουσιάζει μία ἀπλή ἀντίσταση R ἢ X_L , ἀλλά **σύνθετη ἀντίσταση Z**, πού εἶναι τὸ διανυσματικό ἄθροισμα τῶν δύο ἀντιστάσεων, τῆς πραγματικῆς ἀντιστάσεως R πού φανεώνει τόν παράγοντα καταναλώσεως ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας στό κύκλωμα καί τῆς φαινομένης ἀντιστάσεως X_L , πού φαίνεται ὡς ἀντίσταση στό κύκλωμα χωρίς νά καταναλῶνει ἐνέργεια. Δηλαδή τὸ μέτρο τῆς συνθετῆς ἀντιστάσεως εἶναι:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$



Σχ. 12.1α.



Σχ. 12.1β.

Ἡ σύνθετη ἀντίσταση παριστάνεται γραφικά στό διανυσματικό διάγραμμα (α) τοῦ σχήματος 12.1β. Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 12.1α καθορίζεται ἀπό τὸ νόμο τοῦ Ὁμ,

$$I = \frac{U}{Z}$$

Στά ἄκρα τῶν στοιχείων R καί L ἀναπτύσσονται τάσεις $U_R = RI$ καί $U_L = X_L I$. Ἡ τάση U_L προπορεύεται ἀπὸ τὴν U_R κατὰ 90° ἐνῶ ἡ τάση U πού ἐφαρμόζεται στά ἄκρα τῆς συνδεσμολογίας εἶναι τὸ διανυσματικό ἄθροισμα τῶν δύο τάσεων, U_R καί U_L , μέ προπορεία ἀπὸ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος κατὰ μία γωνία φ μικρότερη ἀπὸ 90° . Ἡ γωνία τείνει νά μηδενισθεῖ ὅσο ἡ R γίνεται μεγα-

λύτερη από την X_L . Βλέπε (β) διανυσματικό διάγραμμα στο σχήμα 12.1β. 'Η U_R είναι συμφασική με την ένταση του ρεύματος, ενώ η U_L προπορεύεται από αυτό κατά 90° . 'Η γωνία της διαφορής φάσεως μεταξύ του ρεύματος και της τάσεως που εφαρμόζεται στο κύκλωμα καθορίζεται από τον λόγο των δύο αντίστασεων:

$$\epsilon\phi\phi = \frac{X_L}{R_R}$$

Χαρακτηριστικό στοιχείο του κυκλώματος είναι και το συνφ = $\frac{R}{Z}$ ή $\frac{U_R}{U}$ που ονομάζε-

ται **συντελεστής ισχύος του κυκλώματος**. Από την τιμή του **συνφ** προκύπτει αν και κατά πόσο τό κύκλωμα είναι καταναλωτής ενέργειας.

12.2 Άσκησης.

1. Αναγνωρίστε τά στοιχεία της αντίστασης R και του πηνίου, πού θά σās δοθούν στο έργαστήριο. Γι' αυτό μετρήστε με γέφυρα την τιμή της αντίστασης R , τό συντελεστή αυτεπαγωγής L του πηνίου και την τιμή της ωμικής αντίστασης του σύρματος απ' τό όποιο έχει κατασκευασθεί τό πηνίο, γιά νά διαπιστώσετε ότι ή τιμή αυτή είναι άμελητέα σέ σύγκριση μέ την τιμή της αντίστασης R .
2. Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του κυκλώματος του σχήματος 12.1α. Μετά τροφοδοτήστε τό κύκλωμα μέ σταθερή χαμηλή τάση συχνότητας 50 Hz. Σημειώστε τίς ένδείξεις των βολτομέτρων και του άμπερόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 12.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 12.2.1

$U = \dots\dots\dots V$ σταθερή $R = \dots\dots\dots \Omega$ σταθερή $L = \dots\dots\dots H$ σταθερή						
1	2	3	4	5	6	7
F (Hz)	$V_R(V)$	$V_L(V)$	I(A)	Z(Ω)	$X_L(\Omega)$	συνφ
50						
100						
200						
400						
600						

3. Έπανάλαβετε τίς μετρήσεις. Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα μέ σταθερή τάση U και μεταβλητή συχνότητα 100, 200, 400 και 600 Hz. Καταχωρήστε τά άποτελέσματα κάθε μετρήσεως στον πίνακα αποτελεσμάτων 12.2.1.
4. Υπολογίστε από τά άποτελέσματα του πίνακα και από τίς σχέσεις:

$$Z = \frac{U}{I}, X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} \quad \text{καί} \quad \text{συνφ} = \frac{U_R}{U}$$

τή σύνθετη αντίσταση, την αὐτεπαγωγική αντίσταση καὶ τὸ συντελεστή ἰσχύος, γιὰ κάθε συχνότητα τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως. Παρατηρήστε τὰ ἀποτελέσματα τῶν ὑπολογισμῶν σας καὶ διατυπώστε συνοπτικά στὸ τετράδιο τὰ συμπεράσματά σας.

5. Ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα πού ἔχετε καταχωρήσει στὸν πίνακα νά ἐπαληθεύσετε τὰ διανυσματικά διαγράμματα (α) καὶ (β) τοῦ σχήματος 12.1β.

Πίνακας 12.1β						
Παρατηρήσεις						
Συχνότητα f (Hz)	Τάση V (V)	Ρεύμα I (A)	Σύνθετη Z (Ω)	Αὐτεπαγωγική Z_L (Ω)	Συντελεστή $\cos \phi$	Ισχύς P (W)
50						
100						
150						
200						
250						
300						
350						
400						
450						
500						

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

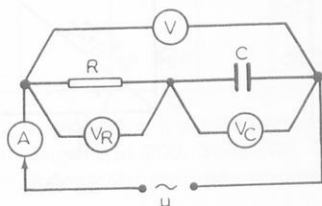
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΗ

ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ (R.C)

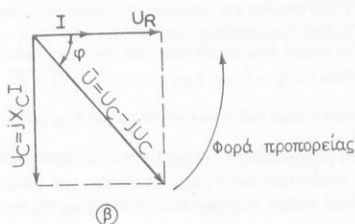
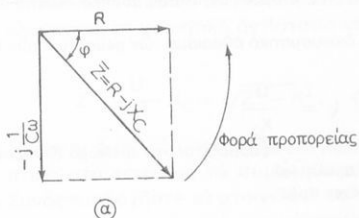
13.1 Γενικά.

13.1.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα με R και C σε σειρά.

Αν συνδέσουμε μία ωμική αντίσταση σε σειρά με ένα πυκνωτή, όπως στο κύκλωμα του σχήματος 13.1α. Το κύκλωμα αυτό θα παρουσιάσει σύνθετη αντίσταση που έχει μέτρο $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$. Η σύνθετη αντίσταση και στο κύκλωμα αυτό, όπως και στη συνδεσμολογία του πηγίου σε σειρά με την



Σχ. 13.1α.



Σχ. 13.1β.

ωμική αντίσταση, είναι το διανυσματικό άθροισμα των δύο αντιτάσεων R και X_C , με τη διαφορά όμως ότι η συμπεριφορά της φαινόμενης αντίστασης του πυκνωτή είναι αντίθετη από αυτή που παρουσιάζει το πηνίο σε αντίστοιχο κύκλωμα. Τα διανυσματικά διαγράμματα των αντιτάσεων και των τάσεων στη συνδεσμολογία αυτή είναι όπως φαίνονται στα διαγράμματα (α) και (β) του σχήματος 13.1β.

Παρατηρούμε στο διάγραμμα (β) ότι η τάση στον πυκνωτή καθυστερεί κατά 90° από την τάση στα άκρα της αντίστασης R. Και ακόμη ότι η τάση U που εφαρμόζεται στο κύκλωμα καθυστερεί από το

ρεύμα I κατά μία γωνία μικρότερη από 90° και ανάλογα με τον λόγο που έχουν οι αντίσταςεις $\frac{X_C}{R}$.
 'Η διαφορά τείνει να γίνει 90° όταν λόγος των αντίσταςεων αυξάνεται. 'Ο συντελεστής ισχύος στη συνδεσμολογία του πυκνωτή σε σειρά με την αντίσταση είναι:

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} \quad \text{ή} \quad \sin\phi = \frac{U_R}{U}$$

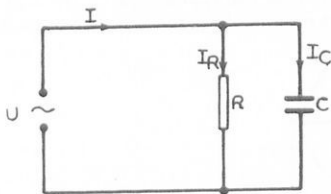
13.1.2 'Ηλεκτρικό κύκλωμα με R και C παράλληλα.

Στήν πράξη συναντάμε πολλά κυκλώματα στα οποία παράλληλα σε μία ωμική αντίσταση συνδέεται ένας πυκνωτής, όπως στο σχήμα 13.1γ. Τό κύκλωμα αυτό όταν τροφοδοτηθεί με έναλσασσόμενη τάση παρουσιάζει **σύνθετη άγωγιμότητα** που έχει μέτρο:

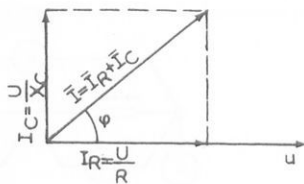
$$G = \frac{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}{R}$$

Τό μέτρο της σύνθετης αντίσταςεως σύμφωνα με τά γνωστά είναι:

$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}$$



Σχ. 13.1γ.



Σχ. 13.1δ.

Παρατηρούμε και στο κύκλωμα αυτό ότι ή ισοδύναμη φαινόμενη αντίσταση συμπεριφέρεται αντίθετα από ένα πηγίο σε αντίστοιχο κύκλωμα.

Τό ρεύμα που παρέχεται από την πηγή I είναι τό διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των δύο κλάδων $\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_C$ και έχει μέτρο: $I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$.

Στόν κλάδο του πυκνωτή τό ρεύμα έχει μέτρο: $I_C = \frac{U}{X_C}$

Τό ρεύμα αυτό προπορεύεται κατά 90° από την τάση που εφαρμόζεται στό κύκλωμα (θεωρούμε την ισοδύναμη αντίσταση άπωλειών του πυκνωτή άμελητέα).

Στόν κλάδο της ωμικής αντίσταςεως τό ρεύμα έχει τιμή:

$$I_R = \frac{U}{R}$$

και είναι συμφασικό με την τάση που εφαρμόζεται στό κύκλωμα. Στο σχήμα 13.1δ φαίνεται τό διανυσματικό διάγραμμα των ρευμάτων.

'Ο συντελεστής ισχύος στη συνδεσμολογία του πυκνωτή παράλληλα με την αντίσταση, είναι:

$$\cos\phi = \frac{I_R}{I}$$

13.2 Άσκησης.

1. Αναγνωρίστε τα στοιχεία της αντίστασης R και του πυκνωτή που θα σας δοθούν στο εργαστήριο. Μετρήστε γι' αυτό μέ γέφυρα την τιμή της αντίστασης R, και την χωρητικότητα C του πυκνωτή (θεωρούμε ότι, σε σύγκριση με την R, η ισοδύναμη αντίσταση απωλειών του πυκνωτή είναι αμελητέα).
2. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του κυκλώματος (σχ. 13.1α). Μετά τροφοδοτήστε το κύκλωμα με σταθερή χαμηλή τάση συχνότητας 100 Hz. Σημειώστε τις ένδείξεις των βολτομέτρων και του αμπερόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 13.2.1

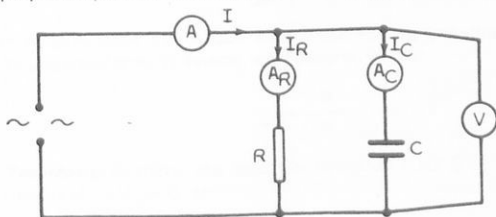
$U = \dots\dots\dots$ σταθερή $R = \dots\dots\dots \Omega$ $C = \dots\dots\dots \mu F$						
1	2	3	4	5	6	7
f(Hz)	$V_R(V)$	$V_C(V)$	I(A)	$Z = U/I(\Omega)$	$X_C(\Omega)$	συνφ
100						
200						
300						
400						
500						

3. Επαναλάβετε τις μετρήσεις τροφοδοτώντας το κύκλωμα με σταθερή τάση U και μεταβλητή συχνότητα 200, 300, 400, 500, 600 Hz. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα κάθε μετρήσεως στον πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.1.
4. Υπολογίστε από τα αποτελέσματα του πίνακα τη σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος, τη χωρητική αντίσταση και το συντελεστή ισχύος από τις σχέσεις:

$$Z = \frac{U}{I} \quad X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}, \quad \text{συνφ} = \frac{U_R}{U}$$

Παρατηρήστε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας και διατυπώστε συνοπτικά στο τετράδιο τα συμπεράσματά σας.

5. Συνδεσμολογήστε τα στοιχεία R και C παράλληλα όπως στο σχήμα 13.2. Μετά τροφοδοτήστε το κύκλωμα με σταθερή χαμηλή τάση, όπως κάνατε και στις ά-



Σχ. 13.2.

σκήσεις 2 και 3. Καταχωρήστε τις ένδείξεις των αμπερομέτρων A , A_R και A_C όπως και του βολτόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 13.2.2

$U = \dots\dots\dots V$ σταθερή $R = \dots\dots\dots \Omega$ $C = \dots\dots\dots \mu F$						
1	2	3	4	5	6	7
$f(\text{Hz})$	$I_R (\text{A})$	$I_C (\text{A})$	$I (\text{A})$	$Z (\Omega)$	$X_C (\Omega)$	συνφ
.....						
.....						
.....						
.....						

6. Υπολογίστε από τα αποτελέσματα του πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.2 για κάθε συχνότητα της τάσεως τροφοδοτήσεως, τη σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος, τη χωρητική αντίσταση του πυκνωτή και το συντελεστή ισχύος από τις σχέσεις:

$$Z = \frac{U}{I}, \quad X_C = \frac{U}{I_C} \quad \text{και} \quad \text{συνφ} = \frac{I_R}{I}$$

Παρατηρήστε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας και διατυπώστε συνοπτικά στο τετράδιο τα συμπεράσματά σας.

7. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα στις στήλες 5 και 7 των πινάκων 13.2.1 και 13.2.2 και εξηγήστε τις διαφορές των τιμών που παρουσιάζουν μεταξύ τους.
8. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έχετε καταχωρήσει στις στήλες 2,3 και 4 νά έπαληθεύσετε το διανυσματικό διάγραμμα των ρευμάτων όπως στο σχήμα 13.1δ.

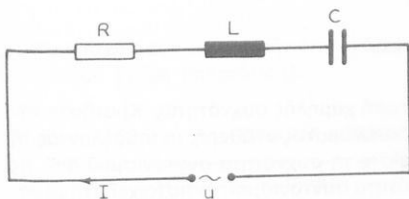
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ R, L, C ΣΕ ΣΕΙΡΑ

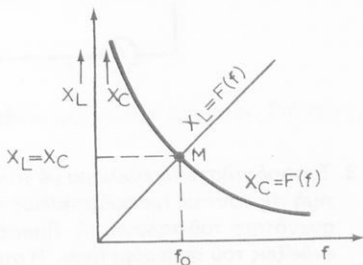
14.1 Γενικά.

Η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος που αποτελείται από τα στοιχεία R, L, C συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά (σχ. 14.1α) και τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση είναι: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.

Όταν η συχνότητα της τάσεως τροφοδοτήσεως μεταβάλλεται από χαμηλές σε ψηλότερες τιμές, τότε μεταβάλλονται και οι φανταστικές αντιστάσεις X_L και X_C του πηνίου και πυκνωτή. Στο σχήμα 14.1β φαίνεται πώς μεταβάλλονται οι αντιστάσεις αυτές με τη συχνότητα. Για συχνότητα f_0 παρατηρούμε ότι τα μέτρα των αντιστάσεων X_L και X_C γίνονται ίσα. Στη συχνότητα αυτή ο παράγοντας $X_L - X_C$ της σύνθετης αντίστασεως μηδενίζεται και τότε η αντίσταση παίρνει την μικρότερη τιμή της, που είναι ίση με την ισοδύναμη ωμική αντίσταση του κυκλώματος $Z = R$.



Σχ. 14.1α.



Σχ. 14.1β.

Σ' αυτή την περίπτωση λέμε ότι το κύκλωμα βρίσκεται σε **συντονισμό**. Η συχνότητα που επιτυγχάνεται ο συντονισμός του κυκλώματος είναι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Κατά το συντονισμό το κύκλωμα παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

α) Υπεραγωγιμότητα. Η ένταση του ρεύματος γίνεται:

$$I_{\text{μεγ}} = \frac{U}{R}$$

β) Υπερτάσεις: Οι τάσεις στα άκρα των στοιχείων L και C.

Γίνονται $U_L = U_C = Q \cdot U$

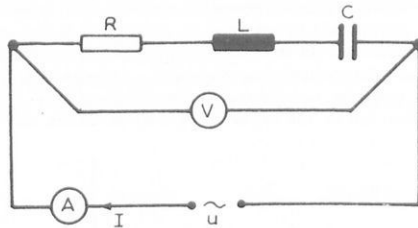
όπου: $Q = \frac{L\omega_0}{R}$ ή $Q = \frac{1}{C\omega_0 R}$

Με τό Q χαρακτηρίζεται **ή ποιότητα του κυκλώματος συντονισμού**.

γ) Τό κύκλωμα παρουσιάζει **χωρητική συμπεριφορά** στις συχνότητες που είναι μικρότερες από τή συχνότητα συντονισμού. Δηλαδή τό ρεύμα προπορεύεται από τήν τάση. Στίς συχνότητες που είναι μεγαλύτερες από τή συχνότητα συντονισμού τό κύκλωμα παρουσιάζει **επαγωγική συμπεριφορά** και τό ρεύμα καθυστερεί τής τάσεως.

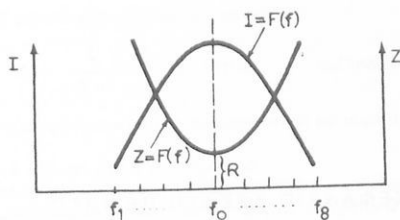
14.2 Άσκησης.

1. Αναγνωρίστε τά στοιχεία R , L καί C , που εἶναι τοποθετημένα στό «σασσί» τό ὁποῖο θά σᾶς δοθεῖ στό ἐργαστήριο. Μετρήστε τίς τιμές τους μέ γέφυρα μετρήσεων R , L , C .
2. Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία τῶν R , L , C μέ τά ὄργανα ὅπως στό σχῆμα 14.2α.

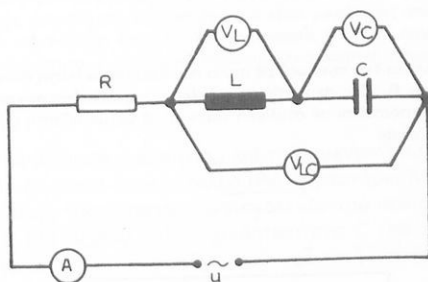


Σχ. 14.2α.

3. Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα μέ ταλαντωτή χαμηλῆς συχνότητας. Κρατήστε τήν τιμή τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος σταθερή, μεταβάλλοντας τή συχνότητα τοῦ ταλαντωτή. Προσδιορίστε τή συχνότητα συντονισμού ἀπό τίς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερόμετρου. Ἡ συχνότητα συντονισμού ἀντιστοιχεί στή μεγαλύτερη ἐνδειξη τοῦ ἀμπερόμετρου.
4. Ἐπαναλάβετε τίς μετρήσεις τῆς ἀσκήσεως 3. Ἐχοντας τήν τάση σταθερή, αὐξομειώστε τήν συχνότητα τῆς πάνω καί κάτω ἀπό τή συχνότητα συντονισμού. Σημειώστε στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 14.2.1 τίς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερόμετρου καί τοῦ ταλαντωτή.
5. Γιά κάθε συχνότητα τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως ὑπολογίστε τήν ἀντίστοιχη τιμή τῆς Z καί τοῦ συνφ. Τά ἀποτελέσματα τῶν ὑπολογισμῶν σας καταχωρήστε τα στίς ἀντίστοιχες στήλες τοῦ πίνακα ἀποτελεσμάτων 14.2.1.
6. Χαράξτε σέ ὀρθογώνιο σύστημα ἀξόνων τίς χαρακτηριστικές $I = f(f)$, $Z = f(f)$ (σχ. 14.2β).
7. Παρατηρήστε τά ἀποτελέσματα τῆς στήλης συνφ καί ἐξηγήστε τα συνοπτικά στό τετράδιό σας.
8. Συνδέστε στό κύκλωμα τρία βολτόμετρα (σχ. 14.2γ). Τροφοδοτήστε το μέ τή συχνότητα συντονισμού. Παρατηρήστε τίς ἐνδείξεις τῶν βολτόμετρων καί ἐξηγήστε στό τετράδιό σας συνοπτικά τά ἀποτελέσματα αὐτῶν τῶν μετρήσεων.



Σχ. 14.2β.



Σχ. 14.2γ.

(Προσοχή όσον αφορά την επιλογή του στίς κλίμακες των οργάνων. Στο συντονισμό έχουμε υπερτάσεις).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 14.2.1

U = V σταθερή		f ₀ = Hz	
R = Ω		L = H	
		C = μF	
f (Hz)	I (A)	$Z = \frac{U}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$	συνφ = $\frac{R}{Z}$
f ₁			
f ₂			
f ₃			
f ₄			
f ₀			
f ₆			
f ₇			
f ₈			

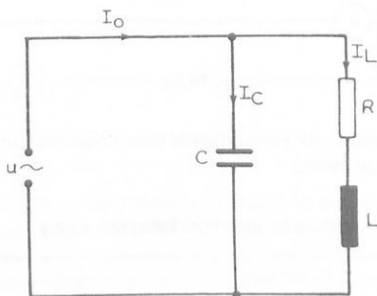
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

15.1 Γενικά.

Αν συνδέσουμε παράλληλα ένα πυκνωτή με πηνίο που έχει συντελεστή αυτεπαγωγής L και ισοδύναμη αντίσταση απωλειών R , τότε σχηματίζεται *κύκλωμα παράλληλου συντονισμού* (σχ. 15.1). Το κύκλωμα αυτό, όταν τροφοδοτείται με σταθερή τάση, αλλά με μεταβλητή συχνότητα, παρουσιάζει σύνθετη αντίσταση που είναι:

$$Z = \frac{Z_L \cdot Z_C}{Z_L + Z_C}$$



Σχ. 15.1.

Η τιμή της εξαρτάται από τη συχνότητα. Αν παραδεχθούμε ότι το μέτρο αυτής της αντίστασης είναι:

$$Z = \frac{\frac{L}{C}}{Z'} \quad \text{όπου} \quad Z' = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Όταν η συχνότητα της τάσεως τροφοδοτήσεως πάρει την τιμή:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

δηλαδή το μέτρο της αυτεπαγωγικής αντίστασης γίνει ίσο με της χωρητικής, τότε η αντίσταση του

κυκλώματος παίρνει τή μεγαλύτερή της τιμή και γίνεται:

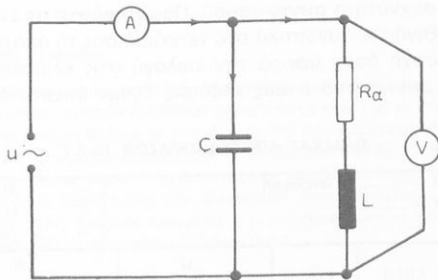
$$Z_0 = \frac{L}{R \cdot C} \quad \text{ή} \quad Z_0 = Q L \omega \quad \text{καί όπου} \quad Q = \frac{L \omega_0}{R}$$

Στήν περίπτωση αυτή λέμε ότι τό κύκλωμα έχει συντονίσει καί παρουσιάζει τά εξής χαρακτηριστικά:

- **Υπεραντίσταση** μέ καθαρή ωμική συμπεριφορά.
- **Τό ρεύμα** πού παρέχει ή πηγή παίρνει τήν **ελάχιστη τιμή** του καί εἶναι συμφασικό μέ τήν τάση.
- **Τά ρεύματα τῶν κλάδων εἶναι ἀντίθετα** καί οἱ τιμές τους γίνονται **Q φορές μεγαλύτερες** ἀπό τό ρεύμα I_0 τῆς πηγῆς, δηλαδή ἔχουν μέτρα: $I_C = I_L = Q I_0$.
- Ἡ φασική συμπεριφορά τοῦ κυκλώματος εἶναι ἀντίθετη ἀπό αὐτή πού παρουσιάζει τό ἀντίστοιχο κύκλωμα σειράς. Δηλαδή στίς συχνότητες πού εἶναι μικρότερες ἀπό τή συχνότητα συντονισμοῦ τό κύκλωμα παρουσιάζει ἐπαγωγική συμπεριφορά, ἐνῶ στίς συχνότητες πού εἶναι μεγαλύτερες ἀπό τή συχνότητα συντονισμοῦ παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά.

15.2 Ἀσκήσεις.

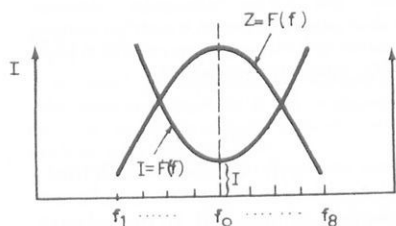
1. Ἀναγνωρίστε τά στοιχεῖα τοῦ πηνίου καί τοῦ πυκνωτῆ πού εἶναι τοποθετημένα στό «σασσί» τό ὁποῖο θά σᾶς δοθεῖ στό ἐργαστήριο Μετρήστε μέ γέφυρα μετρήσεων τίς τιμές τῆς ἀντιστάσεως ἀπωλειῶν τοῦ πηνίου R, τό συντελεστή αὐτεπαγωγῆς L τοῦ πηνίου καί τή χωρητικότητα C τοῦ πυκνωτῆ.
2. Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία τοῦ πυκνωτῆ καί τοῦ πηνίου ὅπως στό (σχ. 15.2α).



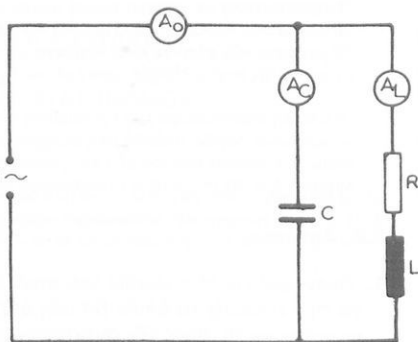
Σχ. 15.2α.

3. Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα μέ ταλαντωτή χαμηλῆς συχνότητας. Κρατήστε τήν τιμή τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος σταθερή, μεταβάλλοντας τήν συχνότητα τοῦ ταλαντωτῆ. Προσδιορίστε τή συχνότητα συντονισμοῦ ἀπό τίς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερόμετρου. Ἡ συχνότητα συντονισμοῦ ἀντιστοιχεῖ στήν ἐλάχιστη ἐνδειξη τοῦ ἀμπερόμετρου.
4. Ἐπαναλάβετε τίς μετρήσεις τῆς ἀσκήσεως 3. Κρατώντας τήν τάση σταθερή, αὐξομειώστε τή συχνότητά της πάνω καί κάτω ἀπό τή συχνότητα συντονισμοῦ. Σημειώστε στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 15.2.1 τίς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερόμετρου καί τοῦ ταλαντωτῆ.

5. Για κάθε συχνότητα της τάσεως τροφοδοτήσεως υπολογίστε την αντίστοιχη τιμή της Z . Καταχωρήστε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα αποτελεσμάτων 15.2.1.
6. Χαράξτε σε ορθογώνιο σύστημα αξόνων τις χαρακτηριστικές $I = F(f)$ και $Z = F(f)$ (σχ. 15.2β).



Σχ. 15.2β.



Σχ. 15.2γ.

7. Συνδέστε στο κύκλωμα τρία άμπερόμετρα όπως στο σχήμα 15.2γ. Τροφοδοτήστε το με τη συχνότητα συντονισμού. Παρατηρήστε τις ένδείξεις των άμπερόμετρων και εξηγήστε συνοπτικά στο τετράδιό σας τα αποτελέσματα των μετρήσεων. (Προσοχή όσον αφορά την επιλογή στις κλίμακες των άμπερόμετρων. Κατά το συντονισμό στους κλάδους έχουμε υπερεντάσεις).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 15.2.1

U = V σταθερή		f ₀ = Hz	
R = Ω		L = H	
		C = μF	
f (Hz)	I (A)	$Z = \frac{U}{I} (\Omega)$	$\text{συν}\Phi = \frac{R}{Z}$
f ₁			
f ₂			
f ₃			
f ₄			
f ₀			
f ₅			
f ₆			
f ₇			
f ₈			

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΤΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΕΩΣ

16.1 Γενικά.

Γιά τή μέτρηση ηλεκτρικών τάσεων καί εντάσεων σέ δίκτυα ύψηλης τάσεως ή μεγάλων εντάσεων σέ ηλεκτρικά δίκτυα χαμηλής τάσεως, παρεμβάλλονται μεταξύ των άγωγών των δικτύων καί του όργάνου μετρήσεως είδικοί μετασχηματιστές πού όνομάζονται **μετασχηματιστές μετρήσεως**.

Οι μετασχηματιστές πού χρησιμοποιούνται γιά τή μέτρηση τάσεων λέγονται **μετασχηματιστές τάσεως**. Οι μετασχηματιστές πού χρησιμοποιούνται γιά τή μέτρηση εντάσεων λέγονται **μετασχηματιστές έντάσεως**.

Μέ τούς μετασχηματιστές μετρήσεως επιτυγχάνομε ταυτόχρονα τήν αύξηση τής περιοχής μετρήσεως των όργάνων, τήν ηλεκτρική άπομόνωσή τους από τά κυκλώματα ψηλής τάσεως καί τήν έγκατάσταση τους σέ θέσεις προσιτές, αλλά άκίνδυνες γιά τόν παρατηρητή καί χειριστή τους.

Οι μετασχηματιστές μετρήσεως έχουν όνομαστική ίσχύ τής τάσεως μερικών δεκάδων βολταμπέρ (VA). Τό μέγεθός τους όμως δέν εξαρτάται από αύτή, αλλά από τήν άναγκαία μόνωση στήν τάση λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου, πού πρόκειται νά εξυπηρετήσουν. Τό ένα άκρο του δευτερεύοντος τυλίγματος των μετασχηματιστών γειώνεται.

16.1.1 Μετασχηματιστές έντάσεως.

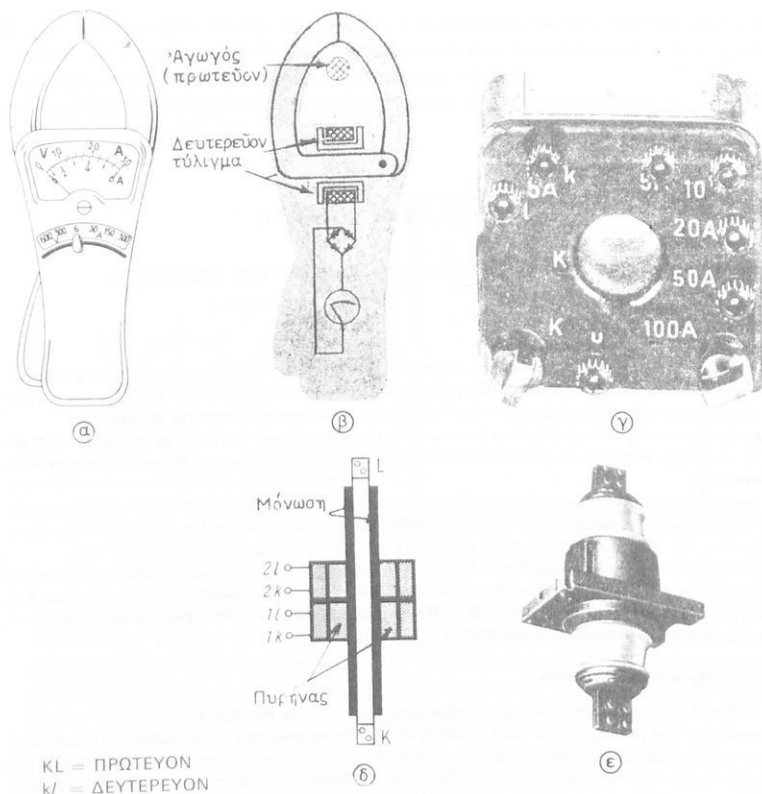
Στό σχήμα 16.1α φαίνονται διάφοροι τύποι μετασχηματιστών έντάσεως.

Τό πρωτεύον των μετασχηματιστών έντάσεως συνδέεται σέ σειρά μέ τό κύκλωμα του ηλεκτρικού ρεύματος του όποίου τήν ένταση θέλομε νά μετρήσομε. Στό δευτερεύον συνδέεται τό άμπερόμετρο (σχ. 16.1β). Έκτός άπό τό άμπερόμετρο μπορούμε νά συνδέσομε στό δευτερεύον των μετασχηματιστών έντάσεως καί άλλα όργανα, όπως τό πηνίο έντάσεως των βαττομέτρων (σχ. 16.1γ), τά τυλίγματα των ρελαί (ήλεκτρονόμοι) προστασίας των ηλεκτρικών έγκαταστάσεων κλπ.

Συνήθως σέ έγκαταστάσεις δικτύων ένέργειας ή περιοχή μετρήσεως των άμπερομέτρων, πού συνδέονται στους μετασχηματιστές έντάσεως, είναι 0-5Α.

Προσοχή.

Στίς μετρήσεις μέ μετασχηματιστές έντάσεως πρέπει νά παίρνομε κάθε προφυλακτικό μέτρο ώστε τό δευτερεύον κύκλωμα νά μή διακοπεί όταν ό μετασχηματιστής είναι συνδεμένος μέ φορτίο. Γι' αύτό **ποτέ** δέν τοποθετούμε ασφάλεια στό δευτερεύον κύκλωμα του μετασχηματιστή έντάσεως. Τό άποτέλεσμα τής διακοπής του δευτερεύοντος, όταν τό πρωτεύον του μετασχηματιστή είναι συνδεμένο σέ φορτίο, είναι ότι αναπτύσσονται πολύ ψηλές θερμοκρασίες μέ κίνδυνο νά καταστραφεί ό μετασχηματιστής. Άναπτύσσονται επίσης στό πηνίο του δευτερεύοντος πολύ ψηλές αιχμές τάσεως μέ κίνδυνο καταστροφής μονώσεως. Άν παρά τίς προφυλάξεις μας συμβεί διακοπή του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή, θά πρέπει άμέσως νά πραγματοποιηθεί καί διακοπή του πρωτεύοντος. Στήν περίπτωση αύτή καί έφ' όσον ό μετασχηματιστής δέν έχει πάθει άνεπανόρθωτη βλάβη, ό πυρήνας του παραμένει, κατά κανόνα, σέ μόνιμη μαγνήτιση. Ή μαγνήτιση γίνεται πρόξενος σοβαρής αύξησης των σφαλμάτων μετρήσεων, όταν άποκατασταθεί καί πάλι ή κανονική λειτουργία του μετασχηματιστή. Γι' αύτήν άπομαγνήτιση του πυρήνα τροφοδοτείται τό δευτερεύον, ενώ άκόμη ό μετασχηματιστής είναι εκτός λειτουργίας. Ή τροφοδότηση γίνεται μέ έναλλασσόμενο ρεύμα του όποίου ή ένταση μειώνεται όργα καί μέχρι νά μηδενισθεί μέ τή βοήθεια ρυθμιστικής άντιστάσεως.



Σχ. 16.1α.

Μετασχηματιστής εντάσεως.

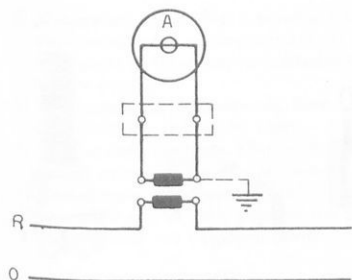
- α) Φορητός τύπος, όψη. β) Φορητός τύπος σε ζεύγη. γ) Έργαστηριακός τύπος με διάφορες λήψεις πρωτεύοντος τυλίγματος. δ) Τομή ραβδωτού βιομηχανικού τύπου με δύο λήψεις δευτερεύοντος. (κl και 2κl). ε) Βιομηχανικός τύπος.

Η ακρίβεια των μετρήσεων με μετασχηματιστές εντάσεως εξαρτάται από τα σφάλματα των μετασχηματιστών και από την ακρίβεια των οργάνων (π.χ. άμπερομέτρων) που συνεργάζονται με αυτόν. Όπως τα όργανα μετρήσεως έτσι και οι μετασχηματιστές κατατάσσονται από την άποψη του μεγέθους των σφαλμάτων τους σε κατηγορίες. Συνήθως από τους διάφορους κανονισμούς προβλέπονται κλάσεις για τους μετασχηματιστές εντάσεως 0,1–0,2–0,5–1 και 3.

Η έκλογή του μετασχηματιστή γίνεται ανάλογα με την ακριβή μέτρηση που επιθυμούμε. Μεταξύ της κατηγορίας μετασχηματιστή που έχουμε εκλέξει για μέτρηση, και του οργάνου μετρήσεως που θα χρησιμοποιήσουμε σε αυτή, πρέπει να υπάρχει αντιστοιχία από την άποψη της τάξεως μεγέθους σφαλμάτων.

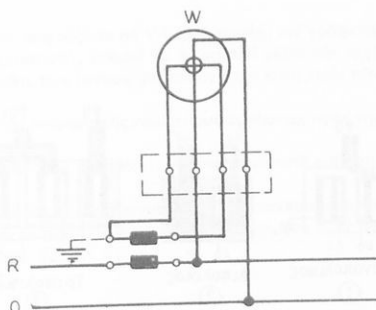
Τα στοιχεία καθορισμού των μετασχηματιστών εντάσεως είναι τα εξής:

- α) **Εντάσεις ονομαστικών ρευμάτων** (πρωτεύων και δευτερεύων). Είναι αυτές που γράφονται στην πινακίδα του μετασχηματιστή και αναφέρονται στην κανονική του λειτουργία.
β) **Ονομαστική τάση**. Είναι αυτή που γράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή και αναφέρεται στην τάση του δικτύου στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς κίνδυνο.



Σχ. 16.1β.

Σύνδεση αμπερόμετρου σε κύκλωμα με μετασχηματιστή έντασης.



Σχ. 16.1γ.

Σύνδεση πηνίου έντασης μονοφασικού βαττόμετρου σε κύκλωμα μέσων μετασχηματιστή έντασης.

- γ) **Έπιφόρτιση.** Είναι η σύνθετη αντίσταση που έχει συνδεθεί στο δευτερεύον του μετασχηματιστή.
- δ) **Όνομαστική έπιφόρτιση.** Είναι η τιμή σε Ω μ της έπιφορτίσεως που γράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή. Πέρα από αυτή την τιμή τα σφάλματα μετρήσεως του μετασχηματιστή γίνονται μεγαλύτερα.
- ε) **Όνομαστική ισχύς.** Είναι τό γινόμενο του τετραγώνου της έντασεως του όνομαστικού ρεύματος στο δευτερεύον του μετασχηματιστή με τή σύνθετη αντίσταση της όνομαστικής έπιφορτίσεως. Η όνομαστική ισχύς έκφράζεται σε VA (βολταμπέρ). Όρισμένοι κατασκευαστές μετασχηματιστών τήν άποκαλούν όνομαστική έπιφόρτιση.
- στ) **Όνομαστική σχέση μεταφοράς.** Είναι ο λόγος της έντασεως του όνομαστικού πρωτεύοντος ρεύματος με τήν ένταση του όνομαστικού δευτερεύοντος ρεύματος.
- ζ) **Όνομαστική συχνότητα.** Είναι αυτή που γράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή καί άγτιστοιχεί στην κανονική του λειτουργία.
- η) **Συντελεστής υπερέντασεως.** Είναι τό πολλαπλάσιο της έντασεως του όνομαστικού πρωτεύοντος ρεύματος, για τό όποιο τό σφάλμα της έντασεως του ρεύματος δέν ξεπερνά τό 10%, όταν στο δευτερεύον του μετασχηματιστή έχει συνδεθεί ή όνομαστική έπιφόρτιση.
- θ) **Θερμικό όριακό ρεύμα.** Είναι ή μέγιστη τιμή της ένδεικνύόμενης τιμής της έντασεως του ρεύματος, που μπορεί νά ύποστεί για 1 δευτερόλεπτο τό πρωτεύον τυλίγμα του μετασχηματιστή χωρίς βλάβη. Άν λάβομε ύπόψη ότι ή όριακή θερμοκρασία του τυλίγματος είναι 200°C, τό θερμικό όριακό ρεύμα ύπολογίζεται, με μεγάλη προσέγγιση από τή σχέση:

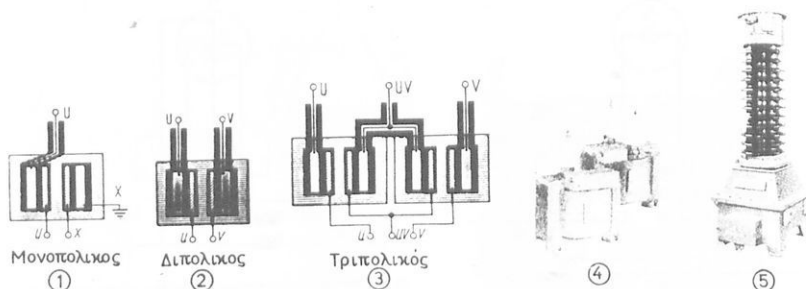
$$I_{\theta} = \frac{180 \cdot S}{1000}$$

σε kA (κίλοαμπέρ ή χιλιάδες άμπέρ), όπου S ή διατομή του πρωτεύοντος τυλίγματος σε mm² (τετραγωνικά χιλιοστά).

- ι) **Δυναμικό όριακό ρεύμα.** Είναι ή μέγιστη στιγμιαία ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, που μπορεί νά ύποστεί χωρίς βλάβη τό πρωτεύον τυλίγμα του μετασχηματιστή με βραχυκυκλωμένο τό δευτερεύον.

16.1.2 Μετασχηματιστές τάσεως.

Στό σχήμα 16.1δ φαίνονται διάφοροι τύποι μετασχηματιστών τάσεως.



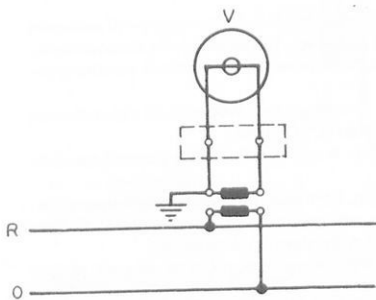
Σχ. 16.16.

(1) (2) (3): Μετασχηματιστές τάσεως σε τομή $U - V =$ πρωτεύον κύκλωμα, $u - v =$ δευτερεύον κύκλωμα (4) (5): Μετασχηματιστές τάσεως, εξωτερική μορφή.

Τό πρωτεύον των μετασχηματιστών τάσεως συνδέεται παράλληλα με τό κύκλωμα του οποίου θέλομε νά μετρήσουμε τήν τάση.

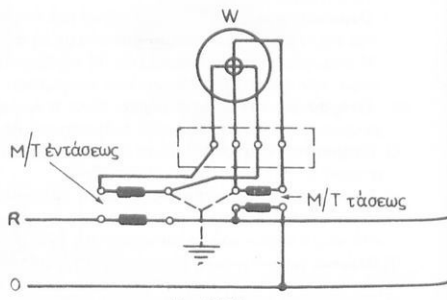
Στό δευτερεύον μπορούμε νά συνδέσουμε καί άλλα ὄργανα, πού θέλομε νά τά προστατεύσουμε ἀπό τήν ψηλή τάση δι-κτύου στό ὁποῖο πρέπει νά συνδεθοῦν, ὅπως τό πηνίο τάσεως τῶν βαττομέτρων (σχ. 16.1στ).

Συνήθως, σέ ἐγκαταστάσεις δικτύων ἐνέργειας ἡ περιοχή μετρήσεως τῶν βολτομέτρων πού συν-δέονται στούς μετασχηματιστές τάσεως εἶναι $0 \div 110V$ ἢ $0 \div 100 V$.



Σχ. 16.1ε.

Σύνδεση βολτομέτρου σέ κύκλωμα μέ μετασχηματιστή τάσεως.



Σχ. 16.1στ.

Σύνδεση πηνίου τάσεως καί πηνίου έντάσεως βαττομέτρου σέ κύ-κλωμα μέ ἀντίστοιχους μετασχημα-τιστές.

Προσοχή:

Οἱ μετασχηματιστές τάσεως ἐργάζονται ὅπως ὅταν τό δευτερεύον τύλιγμά τους εἶναι ἀνοικτό (πο-λύ μικρή ένταση ρεύματος στό δευτερεύον). Σέ περίπτωση βραχυκυκλώματος στό δευτερεύον κύ-κλωμα τοῦ μετασχηματιστή, ἡ θερμοκρασία πού ἀναπτύσσεται εἶναι πιθανό νά τόν καταστρέψει. Γι' αὐτό συνηθίζεται στό δευτερεύον κύκλωμα τοῦ μετασχηματιστή νά τοποθετοῦμε ἀσφάλεια γιά τήν προστασία του ἀπό βραχυκύκλωμα.

Συνήθως οἱ μετασχηματιστές τάσεως, ἀνάλογα μέ τήν ἀκρίβειά τους εἶναι κλάσεων 0,1—0,2—0,5—1 καί 3.

Τά στοιχεῖα καθορισμοῦ τῶν μετασχηματιστῶν τάσεως εἶναι τά ἑξῆς:

α) **Όνομαστικές τάσεις (πρωτεύοντες καί δευτερεύουσες).** Εἶναι αὐτές πού γράφονται στήν πινα-κίδα τοῦ μετασχηματιστή καί ἀναφέρονται στήν κανονική του λειτουργία.

- β) **Όνομαστική Ισχύς.** Είναι η φαινόμενη ισχύς που εκφράζεται σε VA (βολταμπέρ) και γράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή. Ο μετασχηματιστής μπορεί να φορτισθεί μέχρι την Ισχύ αυτή χωρίς να ξεπεράσει τα σφάλματα λειτουργίας των μετασχηματιστών στην κατηγορία των οποίων ανήκει.
- γ) **Όνομαστική σχέση μεταφοράς.** Είναι ο λόγος της ονομαστικής πρωτεύουσας τάσεως προς την ονομαστική δευτερεύουσα τάση.
- δ) **Όνομαστική συχνότητα.** Είναι αυτή που γράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή και αντιστοιχεί στην κανονική του λειτουργία.
- ε) **Οριακή Ισχύς μετασχηματιστή.** Είναι αυτή που γράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή και αντιστοιχεί στη μέγιστη φόρτίσή του χωρίς να ξεπεραστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της θερμοκρασίας του μετασχηματιστή.

16.2 Άσκησης.

1. Αναγνωρίστε τους διάφορους μετασχηματιστές, που θα σας δώσουν στο εργαστήριο. Προσδιορίστε τα στοιχεία καθορισμού τους και σημειώστε τα στο τετράδιό σας.
2. α) Με τη βοήθεια μετασχηματιστών έντασης του τύπου που φαίνεται στο σχήμα 16.1α, μετρήστε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ενός κυκλώματος, που θα σας υποδείξει ο καθηγητής στο εργαστήριο, χωρίς να διακόψετε τη λειτουργία του.
β) Διακόψτε τη λειτουργία του παραπάνω κυκλώματος. Διαλέξτε για την περίπτωση τό κατάλληλο αμπερόμετρο και τόν αντίστοιχο μετασχηματιστή έντασης. Συνδέστε τα στο κύκλωμα (σχ. 16.1β). Μετρήστε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος του κυκλώματος και συγκρίνετε τό αποτέλεσμα με εκείνο της παραγράφου 16.1.1. Τίς παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας διατυπώστε τό στο τετράδιο.
3. α) Με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή τάσεως και ενός βολτόμετρου με περιοχή μετρήσεως 0-110V, που θα σας δοθεί στο εργαστήριο, μετρήστε την τάση ηλεκτρικού δικτύου π.χ. 380V.
β) Τήν ίδια τάση (380 V) μετρήστε την απ' ευθείας με τό κατάλληλο βολτόμετρο. Συγκρίνετε τό αποτέλεσμα με εκείνο της παραγράφου (α) και σημειώστε τίς παρατηρήσεις σας στο τετράδιο.
4. α) Με τη βοήθεια ενός βολτόμετρου και ενός αμπερόμετρου ή έκλογη των οποίων θα γίνει από σας, μετρήστε χωρίς μετασχηματιστές μετρήσεως την Ισχύ ενός μονοφασικού καταναλωτή τάσεως λειτουργίας 220V. 'Η ένταση του φορτίου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 30A. Σημειώστε τό αποτέλεσμα των μετρήσεων στο τετράδιο και σχεδιάστε τό συνδεσμολογία που πραγματοποιήσατε, σύμφωνα με όσα γνωρίζετε από προηγούμενες ασκήσεις.
β) Με ένα βολτόμετρο 110V και ένα αμπερόμετρο 5A και με τό κατάλληλο βατόμετρο και τούς αντίστοιχους για τό όργανα μετασχηματιστές μετρήσεως (έσεις θα τή διαλέξετε), πραγματοποιήστε την κατάλληλη συνδεσμολογία για να μετρήσετε την Ισχύ του προηγούμενου φορτίου. Σχεδιάστε τή συνδεσμολογία στο τετράδιο σας και σημειώστε τό αποτελέσματα των μετρήσεων. Συγκρίνετε τό αποτελέσματα με εκείνα της παραγράφου 16.1.2 και διατυπώστε τίς παρατηρήσεις σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΟ Ε.Ρ. ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟ

17.1 Γενικά.

Όταν στά άκρα μιās μονοφασικής καταναλώσεως (Κ) έπικρατεί τάση U και ή κατανάλωση άπορροφά από τό ήλεκτρικό δίκτυο πού τήν τροφοδοτεί, ένταση ήλεκτρικού ρεύματος I , τότε τά τρία είδη τής ισχύος τής καταναλώσεως ύπολογίζονται από τίς παρακάτω σχέσεις:

Πραγματική ισχύς	$P = U \cdot I$ συνφ	σέ W (βάττ)
Φαινόμενη ισχύς	$P_{\Phi} = U \cdot I$	σέ VA (βολταμπέρ)
Άεργη ισχύς	$P_a = U \cdot I$ ημφ	σέ VAR (βάρ)

Όπου: συνφ είναι ό συντελεστής ισχύος του καταναλωτή.

Από τίς παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι:

$$P_a = \sqrt{P_{\Phi}^2 - P^2}$$

Η πραγματική ισχύς P είναι αυτή πού άπορροφάται από τόν καταναλωτή. Η φαινόμενη ισχύς P_{Φ} είναι τό μέτρο τής όλικής φορτίσεως των γεννητριών ή του ήλεκτρικού δικτύου πού τροφοδοτεί τόν καταναλωτή και διχάζεται σέ δύο μέρη. Τό ένα μέρος τής ισχύος αυτής «πηγαίνει» στήν πραγματική ισχύ P και τό άλλο μέρος στήν άεργη ισχύ P_a . Η άεργη ισχύς δέν προκαλεί άπώλειες αλλά και δέν παρέχει καμιά ωφέλεια. Άντίθετα φορτίζει τίς ήλεκτρικές γραμμές και τήν πηγή ΕΡ (γεννήτρια).

Έμμεσα μπορούμε νά μετρήσουμε τίς ισχείς μονοφασικού καταναλωτή μέ ένα βολτόμετρο, ένα άμπερόμετρο και ένα συνημιτόνμετρο (όργανο πού μετράει τό σύντελεστή ισχύος).

17.1.1 Μέτρηση πραγματικής ισχύος μέ βαττόμετρο.

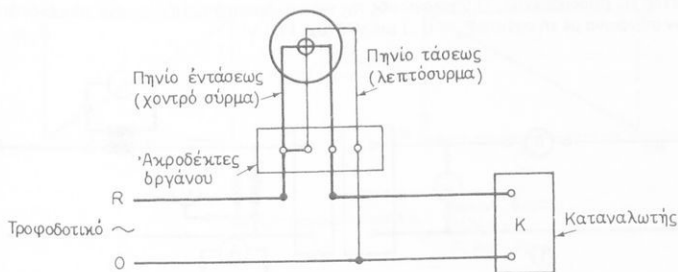
Τήν πραγματική ισχύ ενός μονοφασικού καταναλωτή μπορούμε νά τή μετρήσουμε άπ' ευθείας μέ ένα ήλεκτροδυναμικό ή έπαγωγικό βαττόμετρο. Ό τύπος του όργάνου, όποιοδήποτε και άν είναι, φέρει τέσσερις άκροδέκτες: δύο γιά τό **πηνίο έντάσεως** του και δύο γιά τό **πηνίο τάσεως**.

Τό πηνίο έντάσεως συνδέεται πάντοτε σέ σειρά μέ τόν καταναλωτή και διαρρέεται από τήν ένταση του ήλεκτρικού ρεύματος πού άπορροφά από τό δίκτυο τροφοδοτήσεως του.

Τό πηνίο τάσεως συνδέεται πάντοτε παράλληλα μέ τόν καταναλωτή και διαρρέεται από ένταση ήλεκτρικού ρεύματος άνάλογη μέ τήν τάση λειτουργίας του (σχ. 17.1α).

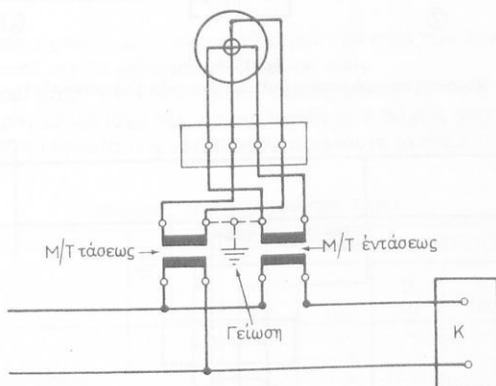
Όταν ή τάση ή ή ήλεκτρική ένταση του δικτύου ή και οι δύο μαζί περνάνε τίς όνομαστικές τιμές τής λειτουργίας του όργάνου (συνηθισμένες όνομαστικές τιμές πηνίων τάσεως και έντάσεως βαττόμετρου 500 V και 5A αντίστοιχα), τότε ή σύνδεση του βαττόμετρου στο ήλεκτρικό δίκτυο πραγματοποιείται μέσω μετασχηματιστών έντάσεως και τάσεως (σ. 17.1β). Γιά τούς μετασχηματιστές αυτούς θά μιλήσουμε παρακάτω.

Στήν περίπτωση αυτή πρέπει νά προσέξουμε τίς συνδέσεις των άκροδεκτών του βαττόμετρου μέ εκείνους των μετασχηματιστών μετρήσεως. Ένδεικτικά σημεία στους άκροδέκτες των όργάνων δείχνουν τήν κατάλληλη άντιστοιχία στή σύνδεσή τους. Επίσης θά πρέπει νά έχομε πάντα ύπόψη μας ότι:



Σχ. 17.1α.

Ἀπ' εὐθείας σύνδεση μονοφασικοῦ βαττόμετρου στοῦ ἠλεκτρικοῦ δικτύου.



Σχ. 17.1β.

Σύνδεση μονοφασικού βατόμετρου μέσω μετασχηματιστών (M/T) τάσεως και έντάσεως.

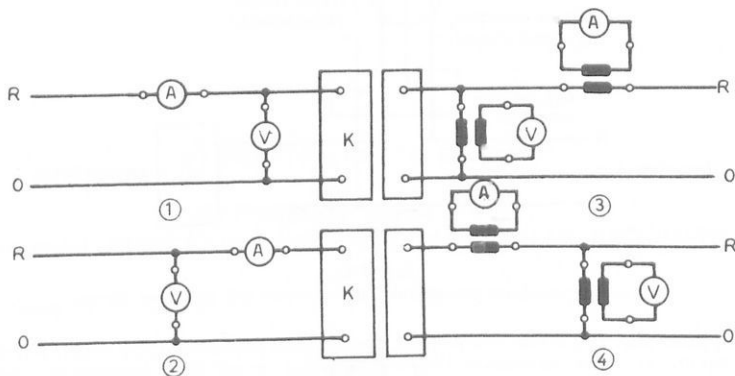
α) Όταν ο καταναλωτής του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την ισχύ είναι καθαρά επαγωγικός ή χωρητικός, δηλαδή έχει το συνφ = 0, δεν πρέπει να χρησιμοποιήσουμε επαγωγικό βατόμετρο, γιατί δεν θα έχουμε ένδειξη του όργανου. Αυτό οφείλεται στο ότι η κινητήρια ροπή του δίσκου που κινεί το δείκτη του οργάνου είναι μηδέν και επομένως ο δίσκος μένει ακίνητος.

β) Γενικά τα βατόμετρα Ε.Ρ. μετράνε την ισχύ που είναι ανάλογη με την τάση U , την ηλεκτρική ένταση I και το συνφ του καταναλωτή. Υπάρχει περίπτωση, ιδιαίτερα όταν το συνφ έχει πολύ μικρή τιμή, η ισχύς που μετράμε να βρίσκεται μέσα στην περιοχή μετρήσεως του όργανου, αλλά η τάση και η ηλεκτρική ένταση του καταναλωτή να έχουν περάσει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή λειτουργίας των πηνίων τάσεως και εντάσεως του όργανου. Γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο στις μετρήσεις, να εκλέγονται τα βατόμετρα όχι με βάση την αναμενόμενη πραγματική ισχύ του καταναλωτή, αλλά την αναμενόμενη φαινόμενη ισχύ του.

17.1.2 Μέτρηση φαινόμενης ισχύος P_{Φ} με βολτόμετρο και άμπερόμετρο.

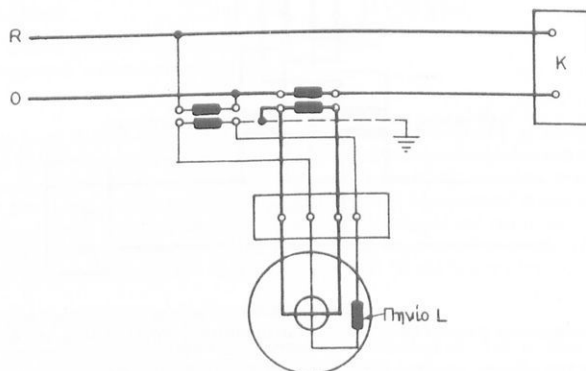
Ἡ μέτρηση τῆς φαινόμενης ἰσχύος P_{ϕ} ἑνός καταναλωτῆ (Κ) εἶναι ἔμμεση καὶ γίνεται μέ

βολτόμετρο και άμπερόμετρο. Ο υπολογισμός της γενικά γίνεται από το γινόμενο των ενδείξεων των όργανων σύμφωνα με τη σχέση: $P_{\phi} = U \cdot I$ (σέ VA) (σχ. 17.1 γ).



Σχ. 17.1γ.

Σύνδεση άμπερόμετρου-βολτόμετρου για τη μέτρηση της N_{ϕ} .



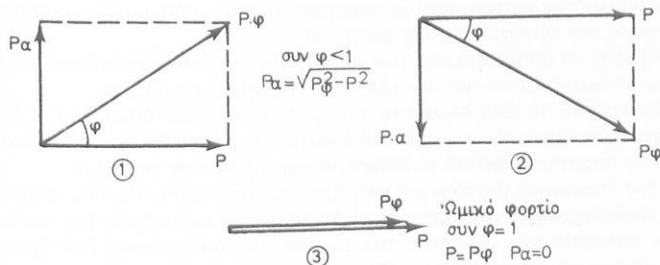
Σχ. 17.16.

Σύνδεση μετρητή VAR μέσω μετασχηματιστή εντάσεως και τάσεως.

17.1.3 Μέτρηση της άεργης Ισχύος με μετρητή VAR.

Η συννηθέστερη μέθοδος μετρήσεως της άεργης Ισχύος P είναι με ηλεκτροδυναμικό όργανο, δηλαδή με το μετρητή VAR. Ο μετρητής VAR συνδέεται απ' ευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο ή μέσω μετασχηματιστών εντάσεως και τάσεως (σχ. 17.1δ). Διαφέρει από το μονοφασικό βαττόμετρο στο ότι το σύστημα του πηνίου τάσεως έχει σε σειρά πηνίο L και έτσι η τάση τροφοδοτήσεώς του θα βρίσκεται σε φασική απόκλιση 90° από την τάση του ηλεκτρικού δικτύου τροφοδοτήσεως του καταναλωτή (K).

Ανάλογα με το είδος του φορτίου του καταναλωτή οι παραπάνω μετρήσεις των ισχύων (P , P_{ϕ} και P_a) έπαληθεύονται διανυσματικά (σχ. 17.1ε).



Σχ. 17.1ε.

Διανυσματική επαλήθευση Ισχύων.

17.2 Ασκήσεις.

1. α) Αναγνωρίστε τις καταναλώσεις και τα χαρακτηριστικά των οργάνων, πού θα χρησιμοποιήσετε για τη μέτρηση της Ισχύος τους.
 β) Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 17.1α ή 17.1β και μετρήστε την πραγματική Ισχύ των καταναλωτών πού θα σας δοθούν στο εργαστήριο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σημειώστε τα στον πίνακα αποτελεσμάτων 17.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 17.2.1

ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	P (W)	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1		ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2		P_ϕ (VA)	P_α (VAR)
		U (V)	I (A)	U (V)	I (A)		
1. Ωμικό καθαρό							
2. Μέ χωρητική συμπεριφορά							
3. Μέ επαγωγική συμπεριφορά							
4.							
5.							

2. Με τούς ίδιους καταναλωτές της άσκησης 1 πραγματοποιήστε τις συνδεσμολογίες του σχήματος 17.1γ(1), 17.1γ(2) ή 17.1γ(3), 17.1γ(4) και μετρήστε την τάση και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος διαδοχικά.
 Από τις ένδείξεις του βολτόμετρου και του άμπερόμετρου δικαιολογήστε τη φαινόμενη ισχύ P_ϕ από τη σχέση $P_\phi = U \cdot I$. Σημειώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων και των υπολογισμών σας στις αντίστοιχες στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων της άσκησης 1.
3. α) Μετρήστε την άεργη ισχύ P_α των καταναλώσεων της άσκησης 1 με τη βοήθεια του μετρητή VAR, πού θα σας δοθεί στο εργαστήριο (σχ. 17.1δ). Η σύνδεση των πηγών τάσεως και έντάσεως του μετρητή γίνεται και χωρίς την

παρεμβολή των αντίστοιχων μετασχηματιστών μετρήσεως (αν τό επιτρέπουν οι τάσεις και οι εντάσεις των φορτίων).

Σημειώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων σας στην αντίστοιχη στήλη του ίδιου πίνακα αποτελεσμάτων των προηγούμενων ασκήσεων.

β) Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ασκήσεων 1,2 και 3.

Πραγματοποιήστε τη διανυσματική επαλήθευση για κάθε φορτίο και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας στο τετράδιο.

4. Μέ ένα επαγωγικό βατόμετρο μετρήστε την ισχύ καταναλωτών, οι οποίοι θα σ'α δοθούν στο εργαστήριο και οι οποίοι έχουν $\cos\phi < 0,3$. Τήν ισχύ των ίδιων καταναλωτών μετρήστε την μέ ένα ηλεκτροδυναμικό βατόμετρο και συγκρίνετε τα αποτελέσματα των αντίστοιχων μετρήσεων.

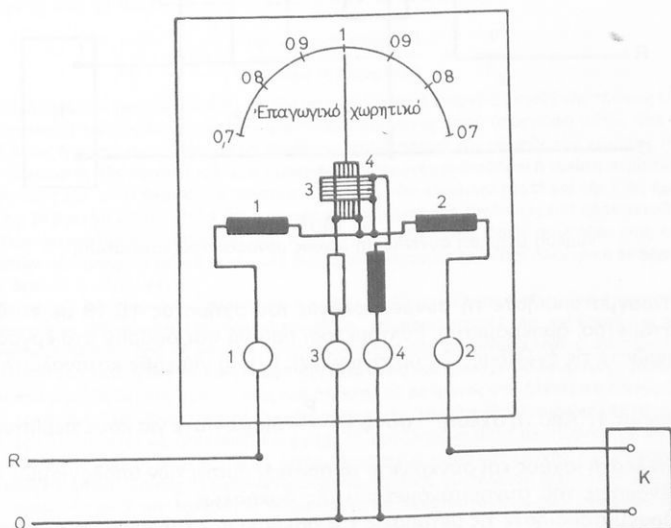
Διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα σας στο τετράδιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

18.1 Γενικά.

Ἡ ἄμεση μέτρηση τοῦ συντελεστῆ ἰσχύος (συνφ) ἑνός μονοφασικοῦ καταναλωτῆ (Κ) ἐπιτυγχάνεται μέ τό συνημιτόνόμετρο. Τό συνημιτόνόμετρο εἶναι ἓνα μονοφασικό δυναμομετρικό ὄργανο (σχ. 18.1α).



Σχ. 18.1α.

Συνημιτόνόμετρο γιά μονοφασική μέτρηση.

1 καί 2) Ἀκίνητα πηνία ἐντάσεως. 3 καί 4) Διασταυρωμένα πηνία τάσεως (κινητό σύστημα).

Ἡ ἄμεση μέτρηση τοῦ συντελεστῆ ἰσχύος (συνφ) τοῦ καταναλωτῆ (Κ) μπορούμε νά ἔχομε μέ ἓνα βαττόμετρο, ἓνα ἀμπερόμετρο καί ἓνα βολτόμετρο (σχ. 18.1β).

Ἄν: $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$ (W): Ἐνδείξη βαττόμετρου

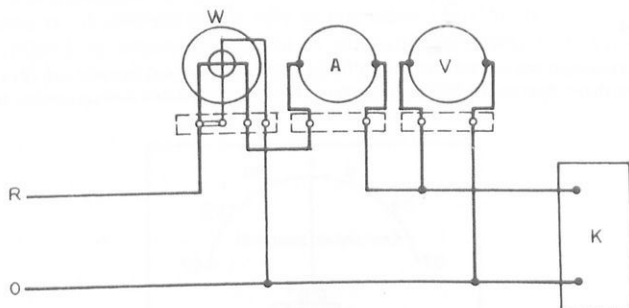
I (A): Ἐνδείξη ἀμπερόμετρου

U (V): Ἐνδείξη βολτόμετρου

$$\text{τότε:} \quad \cos\phi = \frac{P}{U \cdot I}$$

18.2 Άσκησης.

1. α) Παραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του σχήματος 18.1α με τό συνημιτόνometro που θά σās δοθεί στο έργαστήριο.
Στή θέση του καταναλωτή (K) συνδέστε πρώτα ένα ωμικό φορτίο καί μετρήστε τό συντελεστή ισχύος του. Τήν ίδια μέτρηση παραγματοποιήστε γιά ένα φορτίο (R,L) καί ένα φορτίο (R,C).
β) Σημειώστε στο τετράδιο σας τά αποτελέσματα τών μετρήσεων καί διατυπώστε τίς παρατηρήσεις σας.



Σχ. 18.1β.

Έμμεση μέτρηση συντελεστή ισχύος μονοφασικού καταναλωτή.

2. α) Παραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του σχήματος 18.1β με τά όργανα (βαττόμετρο, άμπερόμετρο, βολτόμετρο) που θά σās δοθούν στο έργαστήριο. Σημειώστε τίς ένδείξεις τών όργάνων (W), (U), (I) γιά κάθε καταναλωτή τής ά-

σκήσεως 1. Από τή σχέση: $\cos\phi = \frac{P}{U \cdot I}$ ύπολογίστε γιά κάθε περίπτωση τό

συντελεστή ισχύος καί συγκρίνετε τά αποτελέσματα τών ύπολογισμών σας με τίς ένδείξεις του συνημιτονόμετρου τής άσκήσεως 1.

3. α) Παραγματοποιήστε τίς μετρήσεις τής άσκήσεως 2 συνδέοντας στο κύκλωμα του σχήματος 18.1β τό άμπερόμετρο έτσι, ώστε νά δείχνει μόνο τήν ένταση που άπορροφά από τό δίκτυο ο καταναλωτής (K).
β) Έξηγήστε στο τετράδιό σας τό που όφείλονται οι διαφορές ένδείξεως τών όργάνων στίς μετρήσεις αυτές από τίς αντίστοιχες τής άσκήσεως 2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ) ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

19.1 Γενικά.

Από τα προηγούμενα κεφάλαια γνωρίζουμε ότι ο συντελεστής Ισχύος ενός μονοφασικού καταναλωτή δίνεται από τη σχέση:

$$\text{συνφ} = \frac{\text{πραγματική Ισχύς (W)}}{\text{φαινόμενη Ισχύς (VA)}} = \frac{P}{P_{\phi}}$$

Γενικά, η διαφορά μεταξύ P και P_{ϕ} οφείλεται στη διαφορά φάσεως μεταξύ της τάσεως U στα άκρα του καταναλωτή και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος I που απορροφά αυτός από το δίκτυο. Μπορεί όμως η παραπάνω διαφορά να οφείλεται στη διαφορά της μορφής του κύματος της τάσεως U και του κύματος της έντασης I . Στις πρακτικές εφαρμογές ενδιαφέρει η πρώτη περίπτωση, η διαφορά φάσεως U, I , γιατί θεωρούμε πάντοτε τη μορφή των κυμάτων της U και της I ως ήμιτονοειδή. Θά πρέπει βέβαια να σημειώσουμε ότι η μορφή του κύματος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος ορισμένων καταναλώσεων αποκλίνει από την ήμιτονοειδή μορφή, όπως συμβαίνει στις λάμπες των ανορθωτών υδράργυρου και σε συσκευές στις οποίες πραγματοποιείται ηλεκτρική εκφόρτιση μέσω αερίων αερίων ή μέσω κενού.

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φωτισμού ή κινήσεως αποτελούνται κυρίως από επαγωγικά φορτία, όπως λαμπήρες φθορισμού, επαγωγικοί κινητήρες, μετασχηματιστές κλπ. και επομένως το συνφ είναι πάντοτε μικρότερο από τη μονάδα. Όσο μικρότερος από τη μονάδα είναι ο συντελεστής Ισχύος τόσο μεγαλύτερη είναι η άεργη συνιστώσα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος του καταναλωτή. Η παρουσία ύψηλης άεργης συνιστώσας του ηλεκτρικού ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο δημιουργεί σοβαρά λειτουργικά προβλήματα στις εγκαταστάσεις της Ηλεκτρικής Έταιρείας (ΔΕΗ), που τροφοδοτεί τους καταναλωτές με ηλεκτρική ενέργεια. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται με τη διατήρηση της απαιτούμενης τάσεως αναχωρήσεως (στον ηλεκτρικό σταθμό παραγωγής) ή της τάσεως άφιξης (στούς καταναλωτές). Επίσης τα μειονεκτήματα του χαμηλού συντελεστή Ισχύος των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, επηρεάζουν το κόστος κατασκευής και εγκαταστάσεως των σταθμών παραγωγής, των δικτύων μεταφοράς και διανομής της ΔΕΗ.

Έστω π.χ. ότι ένας μονοφασικός εναλλακτήρας είναι κατασκευασμένος για να αποδίδει στον καταναλωτή πραγματική Ισχύ $P = 10.000 \text{ W}$ (10 kW) με τάση λειτουργίας $U = 220 \text{ V}$. Υποθέτουμε ότι το φορτίο του καταναλωτή είναι ώμικό, $\text{συνφ} = 1$. Επομένως η ένταση του ρεύματος που απορροφά ο καταναλωτής θα είναι:

$$I = \frac{P}{U \cdot \text{συνφ}} = \frac{10.000 \text{ (W)}}{220 \text{ V} \cdot 1} \approx 45,5 \text{ A}$$

Αν το φορτίο του ίδιου καταναλωτή ήταν επαγωγικό με $\text{συνφ} = 0,6$ θα είχαμε:

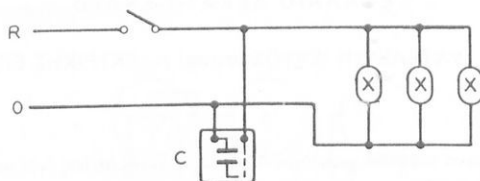
$$I = \frac{P}{U \cdot \text{συνφ}} = \frac{10.000 \text{ (W)}}{220 \text{ (V)} \cdot 0,6} \approx 75,84$$

Δηλαδή στη δεύτερη περίπτωση θα πρέπει τα συλίνματα της γεννήτριας να διαρρέονται από ήλε-

κτρικό ρεύμα έντάσεως 66% περίπου μεγαλύτερο από την πρώτη περίπτωση (ώμικό φορτίο). Έπο-
μενο είναι και οι διάφοροι διακόπτες και συσκευές να είναι κατασκευασμένοι για τα 75,8 A. Οι άγω-
γοί του δικτύου τροφοδοτήσεως του καταναλωτή πρέπει να έχουν μεγαλύτερη διατομή.

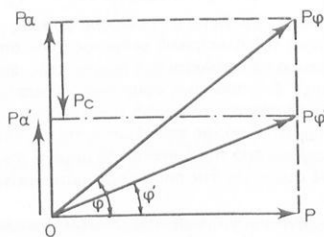
Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ο συντελεστής Ισχύος των διαφόρων καταναλωτών πρέπει
να πλησιάζει τη μονάδα (ελάχιστη αποδεκτή τιμή συνφ = 0,85). Αυτό επιτυγχάνεται με **τή βελτίωση
του χαμηλού συντελεστή Ισχύος**.

Η βελτίωση του συντελεστή Ισχύος μιας μονοφασικής ηλεκτρικής εγκαταστάσεως καταναλωτή
με έπαγωγική συμπεριφορά πραγματοποιείται με τη σύνδεση κατάλληλου πυκνωτή παράλληλα με
αυτή (σχ. 19.1α).



Σχ. 19.1α.

Σύνδεση πυκνωτή παράλληλα σέ κύκλωμα λαμπτήρων φθορισμού.



Σχ. 19.1β.

P, P_ϕ, P_α Ισχύεις εγκαταστάσεως χωρίς σύνδεση πυκνωτή. P_C = άεργη Ισχύς πυκνωτή.
 $U_{IC} P, P_\phi', P_\alpha'$ = Ισχύεις εγκαταστάσεως μετά τη σύνδεση του πυκνωτή συνφ' > συνφ.

Οι κατασκευαστές πυκνωτών δίνουν σέ πίνακες τα άπαραίτητα στοιχεία με τα όποια είναι δυνατή
ή έκλογή των κατάλληλων πυκνωτών για τή βελτίωση του συντελεστή Ισχύος καταναλωτών ήλεκτρι-
κής ενέργειας, ανάλογα με τή μορφή και τό είδος του φορτίου τους.

Θεωρητικά ή βελτίωση του συντελεστή Ισχύος ενός έπαγωγικού καταναλωτή με σύνδεση πυκνω-
τή φαίνεται στο σχήμα 19.1β.

19.2. Άσκήσεις.

1. α) Για να μετρήσετε τις Ισχύεις (P, P_ϕ, P_α) και τό συντελεστή Ισχύος του
έπαγωγικού καταναλωτή, ό όποιος πρέπει να έχει συνφ < 0,6 και ό όποιος θά
σας δοθεί στο έργαστήριο, ζητήστε να σας δώσουν και τα κατάλληλα όργανα.
- β) Συνδεσμολογήστε κατάλληλα τα όργανα με τήν κατανάλωση και μετρήστε
τήν πραγματική Ισχύ P , τή φαινόμενη P_ϕ και τό συντελεστή Ισχύος συνφ τής
καταναλώσεως.
- γ) Πραγματοποιήστε τις παραπάνω μετρήσεις για ένα έπαγωγικό καταναλωτή
τής ίδιας τάσεως λειτουργίας με τόν προηγούμενο και τής ίδιας πραγματικής Ι-
σχύος, αλλά να έχει συνφ > 0,6.

δ) Σημειώστε στο τετράδιό σας τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Έπαληθεύσετε τα διανυσματικά και διατυπώστε τις παρατηρήσεις σας.

2. α) Προκειμένου να βελτιώσετε το συντελεστή ισχύος του καταναλωτή της άσκησης 1α συνδέστε στο κύκλωμά του παράλληλα τόν πυκνωτή που θα σας δώσουν στο εργαστήριο.

Προσοχή: Ο πυκνωτής πρέπει να έχει την ίδια τάση λειτουργίας με την τάση του καταναλωτή.

β) Πραγματοποιήστε τις μετρήσεις για τον προσδιορισμό των P , P_{ϕ} , P_a , συνφ' και P_C , όπως στην άσκηση 1.

γ) Σημειώστε στο τετράδιό σας τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Έπαληθεύσετε τα διανυσματικά, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της άσκησης 1, και διατυπώστε τις παρατηρήσεις σας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

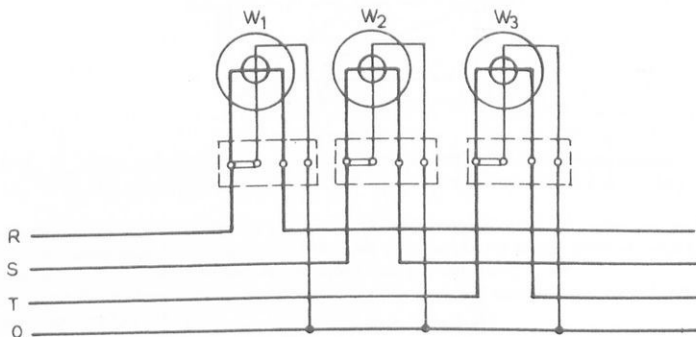
ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

20.1 Γενικά.

20.1.1 Σύστημα 4 άγωγών [τρείς φάσεις R, S, T και ουδέτερος (0)].

Όπως γνωρίζουμε, τό σύστημα αυτό χρησιμοποιείται στά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας γιά τό φωτισμό καί τήν κίνηση μηχανημάτων. Σέ ένα τέτοιο σύστημα, πού συνήθως δέν έχει συμμετρική φόρτιση, ή Ισχύς μετρείται μέ τή βοήθεια τριών μονοφασικών βαττομέτρων (σχ. 20.1α). 'Αν P_1, P_2, P_3 είναι οι ένδειξεις τών βαττομέτρων αντίστοιχα, τότε ή Ισχύς τής καταναλώσεως θά είναι: $P = P_1 + P_2 + P_3$. 'Η σύνδεση τών βαττομέτρων μέ τό δίκτυο μπορεί νά πραγματοποιηθεῖ άμέσως ή μέ μετασχηματιστές μετρήσεως.

Στήν περίπτωση τής συμμετρικής φορτίσεως άρκεί τό ένα βαττόμετρο, π.χ. τό W_1 (σχ. 20.1α) καί ή Ισχύς $P = 3 \cdot P_1$.



Σχ. 20.1α.

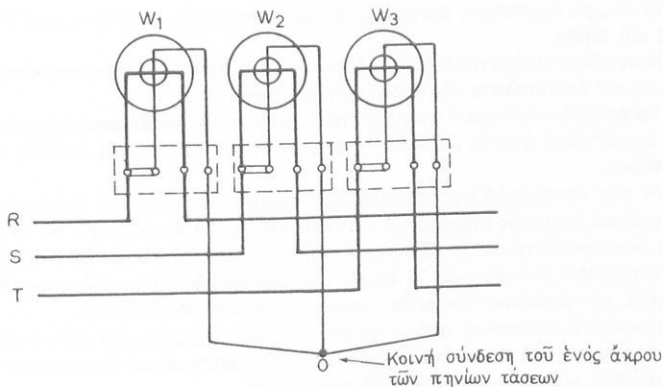
Μέτρηση τριφασικής Ισχύος σέ άσύμμετρο σύστημα 4 άγωγών μέ τρία μονοφασικά βαττόμετρα.

20.1.2 Σύστημα 3 άγωγών.

Τό σύστημα αυτό χρησιμοποιείται όταν δέν χρειάζεται ο ουδέτερος άγωγός (0), όπως στά ηλεκτρικά δίκτυα, πού τροφοδοτούν εγκαταστάσεις κινήσεως μηχανημάτων. 'Η μέτρηση τής Ισχύος στήν περίπτωση αυτή μπορεί νά γίνει μέ τρία (3) μονοφασικά βαττόμετρα (σχ. 20.1β) ή μέ δύο βαττόμετρα (διάταξη ARON) (σχ. 20.1γ).

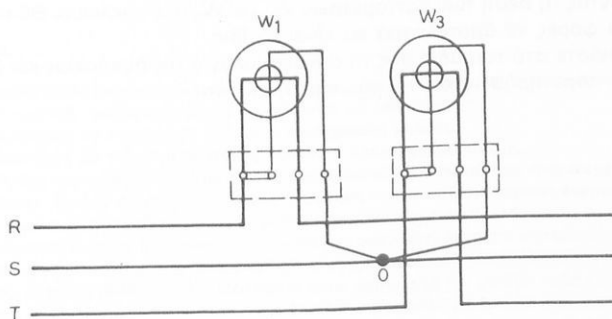
Στήν περίπτωση τών τριών βαττομέτρων ή Ισχύς τής καταναλώσεως θά είναι:

$$P = P_1 + P_2 + P_3.$$



Σχ. 20.1β.

Μέτρηση τριφασικής ισχύος σε σύστημα τριών άγωγών με κοινή σύνδεση του ενός άκρου των πηνίων τάσεων.



Σχ. 20.1γ.

Διάταξη ARON.

ένω στην περίπτωση της διατάξεως ARON η ισχύς θα είναι:

$$P = P_1 + P_3$$

Τα βατόμετρα μπορεί να συνδεθούν στο κύκλωμα άπ' ευθείας ή μέσω μετασχηματιστή μετρήσεως.

20.2 Άσκησης.

1. α) Με τη βοήθεια τριών μονοφασικών βατομέτρων, πού θα σ'ας δοθούν στο εργαστήριο, μετρήστε καί υπολογίστε την πραγματική ισχύ ασύμμετρων τριφασικών καταναλώσεων (σε σύστημα 4 άγωγών), πού θα έχετε δημιουργήσει

μόνοι σας με λαμπτήρες φωτισμού και μονοφασικούς κινητήρες ή με αντίστασεις και πηνία.

β) Περιγράψτε στο τετράδιό σας την πορεία της όλης εργασίας σας κατά την άσκηση και διατυπώστε τις παρατηρήσεις σας.

2. α) Σε τριφασικό σύστημα 4 άγωγών (τρεις **φάσεις** και **ούδέτερος**) δημιουργήστε ένα συμμετρικό φορτίο με λαμπτήρες φωτισμού, που θα σᾶς δοθούν στο εργαστήριο.

β) Με ένα κατάλληλο μονοφασικό βατόμετρο μετρήστε και υπολογίστε την πραγματική ισχύ της παραπάνω καταναλώσεως. Τέ βατόμετρο θα τό συνδέσετε διαδοχικά στά (R,O), (S,O) και (T,O) σχήματος 20.1α και θα επαληθεύσετε τή μέθοδο μετρήσεως. Η ισχύς της τριφασικής καταναλώσεως θα είναι πάντοτε τό τριπλάσιο της κάθε μονοφασικής στό ίδιο δίκτυο.

γ) Σημειώστε συνοπτικά στό τετράδιό σας, τίς ενέργειες και τούς χειρισμούς που πραγματοποιήσατε κατά τή διάρκεια της άσκήσεως και διατυπώστε τίς παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας.

3. α) Στούς τρείς άγωγούς R, S, T του δικτύου κινήσεως του εργαστηρίου συνδέστε άσύγχρονους τριφασικούς κινητήρες και πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία της διατάξεως ARON (σχ. 20.1γ).

β) Μετρήστε δύο φορές τήν ισχύ της παραπάνω τριφασικής καταναλώσεως αλλάζοντας τή θέση των βατομέτρων W_1 και W_3 στό κύκλωμα. Θα πρέπει και τίς δύο φορές τό άποτέλεσμα νά είναι τό ίδιο.

γ) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τή συνδεσμολογία της άσκήσεως και διατυπώστε τίς παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΩΝ

21.1 Γενικά.

Είναι γνωστό ότι οι έναλλακτῆρες (σύγχρονες γεννήτριες έναλλασσόμενου ρεύματος) ανάλογα με τὴν κατασκευαστικὴ τους διαμόρφωση διακρίνονται σὲ δύο τύπους:

- Ἐναλλακτῆρες με σταθεροὺς πόλους ἢ ἐξωτερικοὺς πόλους.
- Ἐναλλακτῆρες με περιστρεφόμενους πόλους ἢ ἐσωτερικοὺς πόλους.

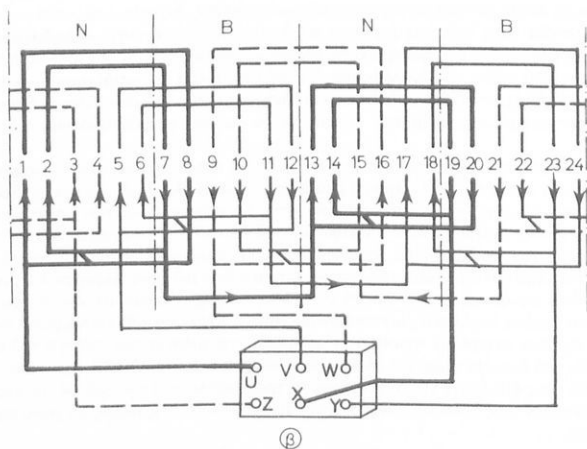
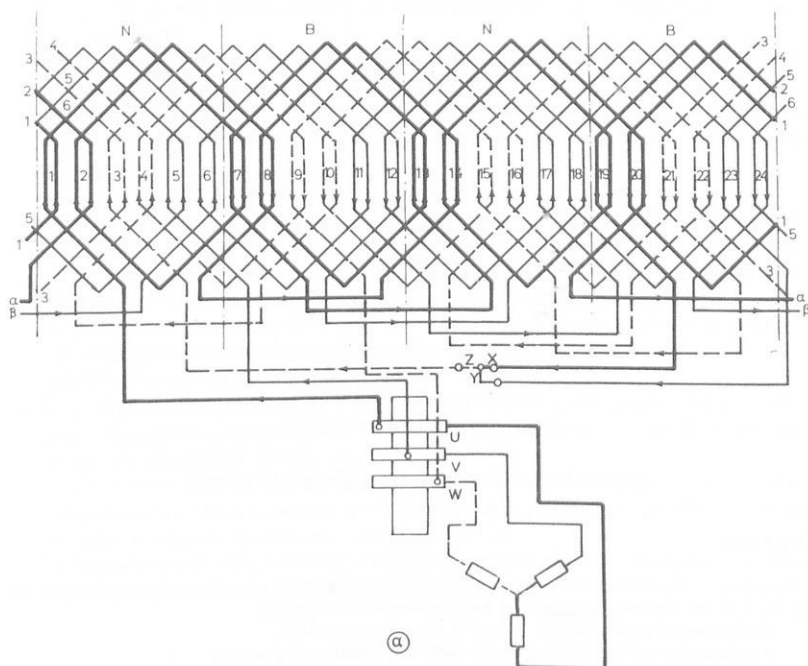
Ἀπὸ τοὺς δύο παραπάνω τύπους αὐτοὺς ποὺ χρησιμοποιεῖται περισσότερο εἶναι ὁ «μέ περιστρεφόμενους πόλους». Σχεδὸν ἀποκλειστικὰ στοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας χρησιμοποιοῦνται, σήμερα, έναλλακτῆρες με περιστρεφόμενους πόλους, ὁ ὁποῖο λόγω τῶν γνωστῶν ἰδιαιτέρων χαρακτηριστικῶν τους (κατασκευαστικῶν καὶ λειτουργικῶν) λέγονται **στροβιλοεναλλακτῆρες**.

Γιὰ παραγωγή ηλεκτρικῆς ἐνέργειας μικρῆς ἰσχύος χρησιμοποιοῦνται οἱ έναλλακτῆρες με σταθεροὺς πόλους. Ὁ τύπος αὐτὸς τῶν έναλλακτῆρων στὴν κατασκευὴ του μοιάζει πολὺ με τὴς γεννήτριες Σ.Ρ. Διαφέρει ἀπὸ αὐτές στο ὅτι ὁ συλλέκτης ἔχει ἀντικατασταθεῖ με ὀρεχάκινα δακτυλῖδια. Ἀντίθετα, οἱ έναλλακτῆρες με στρεφόμενους πόλους ἔχουν βασικὲς κατασκευαστικὲς διαφορὲς ἀπὸ τὴς γεννήτριες Σ.Ρ.

Στοὺς έναλλακτῆρες αὐτοὺς τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγίμου ἀναπτύσσεται στὸ ἐσωτερικὸ τῶν αὐλάκων τοῦ στάτη καὶ ἡ παροχὴ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, πρὸς τὸ ηλεκτρικὸ δίκτυο μεταφορᾶς καὶ διανομῆς γιὰ τὴν κατανάλωση, γίνεται ἀπὸ σταθερὴ θέση. Τὸ τύλιγμα ὁμως τῶν μαγνητικῶν πόλων (ἐπαγωγέας) εἶναι τοποθετημένο πάνω στὴν κυλινδρική ἐπιφάνεια τοῦ τυμπάνου τοῦ έναλλακτῆρα καὶ περιστρέφεται μαζί του. Ἡ ηλεκτρικὴ τροφοδότηση τοῦ τυλίγματος αὐτοῦ γίνεται με τὸ σύστημα δακτύλιοι-ψῆκτες, ἀπὸ μιά αὐτοδιειγερόμενη γεννήτρια ἢ ἀπὸ μιά ξένη διέγερση Σ.Ρ., τὴ **διεγέρτρια**. Ἡ διεγέρτρια εἶναι συνήθως τοποθετημένη στὸν ἴδιο κινητήριον ἄξονα με τὸν έναλλακτῆρα.

Καὶ στοὺς δύο τύπους έναλλακτῆρων ποὺ ἀναφέραμε, τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγίμου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἀριθμὸ ὁμάδων στοιχείων τοποθετημένων μέσα στὰ αὐλάκια τοῦ στάτη ἢ τοῦ δρομέα (ἀνάλογα με τὸν τύπο τοῦ έναλλακτῆρα) καὶ σὲ διάταξη ἀπόλυτα συμμετρική. Οἱ ὁμάδες αὐτές συνδεσμο-λογοῦνται μεταξύ τους ἔτσι ὥστε νὰ σχηματίζουν τὴς τρεῖς φάσεις τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγίμου. Οἱ ὁμάδες τῶν στοιχείων μιᾶς φάσεως ἀπέχουν ἀπὸ τὴς ἀντίστοιχες τῆς ἄλλης φάσεως κατὰ τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ πολικοῦ βήματος.

Τὰ ἄκρα τῶν φάσεων τοῦ τυλίγματος καταλήγουν στοὺς δακτύλιους (έναλλακτῆρες με σταθεροὺς πόλους) ἢ στοὺς ἀκροδέκτες τοῦ κιβωτίου ἀκροδεκτῶν τοῦ στάτη τῆς μηχανῆς (έναλλακτῆρες με στρεφόμενους πόλους) ὅπως φαίνεται καὶ στὸ σχῆμα 21.1.



Σχ. 21.1.

21.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας των έναλλακτήρων.

21.2.1 'Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ).

Δηλαδή η τάση του έναλλακτήρα χωρίς φορτίο, που αναπτύσσεται στα άκρα του τυλίγματος μιάς φάσεως είναι η **φασική ΗΕΔ (E_ϕ)** ή όποια είναι:

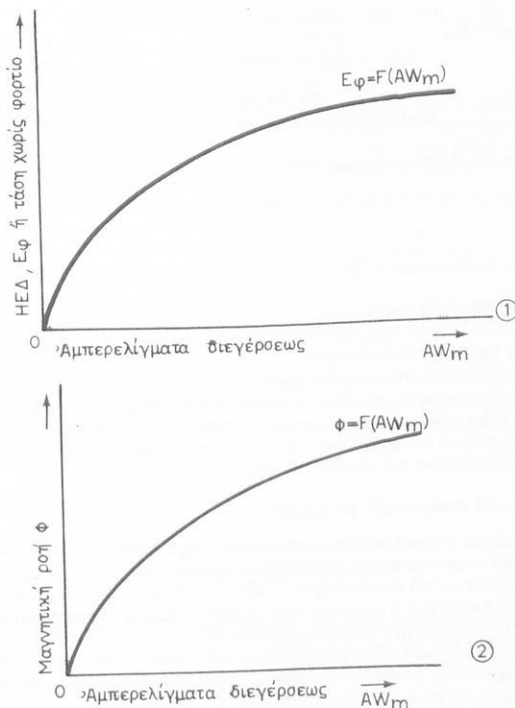
$$E_\phi = K' \cdot \Phi \cdot n \quad (\text{σε V})$$

όπου: K' είναι σταθερά που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά στοιχεία της μηχανής.

Φ είναι η χρήσιμη μαγνητική ροή κάθε πόλου του έναλλακτήρα σε V.s.

και n είναι η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα σε στροφές ανά λεπτό.

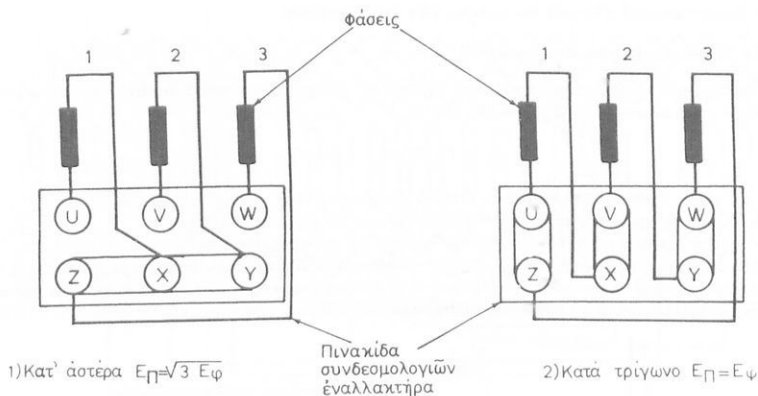
Έτσι, όπως και στις γεννήτριες Σ.Ρ., η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ είναι ανάλογη με τη μαγνητική ροή Φ και με την ταχύτητα περιστροφής n . Επομένως η **στατική χαρακτηριστική του έναλλακτήρα** πρέπει να έχει την ίδια μορφή με τη **μαγνητική χαρακτηριστική** του μαγνητικού του κυκλώματος (σχ. 21.2α).



Σχ. 21.2α.

1) Στατική χαρακτηριστική. 2) Μαγνητική χαρακτηριστική.

Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται μεταξύ δύο φάσεων ή τριφασικούς έναλλακτήρες είναι η **πολική τάση (E_n)**. Η τιμή της πολικής τάσεως σε σχέση με τη φασική τάση εξαρτάται από τον τρόπο συνδεσμολογίας των φάσεων. Όπως είναι γνωστό έχουμε συνδεσμολογία φάσεων «κατ' άστέρα» και συνδεσμολογία φάσεων «κατά τρίγωνο» (σχ. 21.2β).



Σχ. 21.2β.

Συνδεσμολογίες φάσεων ἑναλλακτῆρα.

21.2.2 Ἡ συχνότητα τῆς ἐναλλασσόμενης ΗΕΔ.

Αὐτὴ εἶναι ἀνάλογη μὲ τὶς στροφές τοῦ δρομέα ἀνά λεπτό.

$$\text{Δηλαδή:} \quad f = \frac{P \cdot n}{60} \quad (\text{σέ Hz})$$

"Όπου: f ἡ συχνότητα τῆς ΗΕΔ (Hz). P ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων. n οἱ στροφές ἀνά λεπτό τοῦ δρομέα.

Ἀπαραίτητη προϋπόθεση γιὰ τὴν κανονικὴ λειτουργία κάθε ἑναλλακτῆρα εἶναι, νὰ τροφοδοτεῖ τὸ ἠλεκτρικὸ δίκτυο τῶν καταναλωτῶν μὲ τάση σταθερῆς συχνότητας. Γι' αὐτὸ φροντίζομε σὲ ὅλη τὴ διάρκεια λειτουργίας τοῦ ἑναλλακτῆρα, νὰ παραμένει σταθερὴ ἡ ταχύτητα περιστροφῆς του (στροφές/min). Στούς ἑναλλακτῆρες δὲν ρυθμίζομε τὴν τάση μὲ τὶς στροφές, ὅπως γίνεται στὶς γεννήτριες Σ.Ρ., ἀλλὰ μόνο μὲ τὴ μεταβολὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διεγέρσεως.

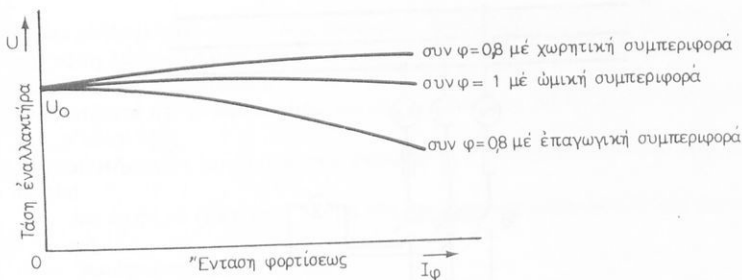
21.2.3 Ἡ λειτουργία τοῦ ἑναλλακτῆρα μὲ φορτίο.

"Όταν ὁ ἑναλλακτῆρας λειτουργεῖ μὲ φορτίο, ἐκτός ἀπὸ τούς παράγοντες, γνωστούς καὶ ἀπὸ τὴ μελέτη τῶν γεννητριῶν Σ.Ρ., ποὺ συντελοῦν στὸν ὑποβιβασμὸ τῆς τάσεως (ΗΕΔ), σημαντικὸ ρόλο παίζει καὶ τὸ εἶδος τῆς φορτίσεως τοῦ ἑναλλακτῆρα. Τὸ εἶδος φορτίσεως τοῦ ἑναλλακτῆρα, καθαρὰ ὠμικὸ φορτίο ἢ σύνθετο μὲ ἐπαγωγικὴ ἢ χωρητικὴ συμπεριφορὰ, ἐκφράζει **ὁ συντελεστὴς ἰσχύος συνφ.**

Στὶς μετρήσεις μας στὸ ἐργαστήριο θὰ παρατηρήσαμε ὅτι γιὰ τὶς ἴδιες μεταβολές τοῦ φορτίου τοῦ ἑναλλακτῆρα, μὲ διαφορετικὸ ὅμως κάθε φορὰ συντελεστὴ ἰσχύος, ἡ τάση μεταβάλλεται μὲ διάφορους τρόπους. Στὸ σχῆμα 21.2γ φαίνονται οἱ χαρακτηριστικὲς φορτίου ἐνὸς ἑναλλακτῆρα γιὰ διαφορετικούς σὲ κάθε περίπτωσι συντελεστὲς ἰσχύος.

21.2.4 Ἡ διακύμανση τῆς τάσεως.Χαρακτηριστικὸ μέγεθος στοὺς ἑναλλακτῆρες εἶναι καὶ ἡ **διακύμανση τῆς τάσεώς του** ποὺ εἶναι:

$$\epsilon\% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} 100\%$$



Σχ. 21.2γ.

Χαρακτηριστικές φορτίου $U = F(I_\phi)$ έναλλακτήρα.
1) Κατ' άστέρα $E_n = \sqrt{3} E_\phi \cdot 2$ Κατά τρίγωνο $E_n = E_\phi$.

όπου: U_0 η τάση του έναλλακτήρα χωρίς φορτίο, δηλαδή η ΗΕΔ.

U_N η τάση του έναλλακτήρα με τό κανονικό φορτίο του.

Η διακύμανση της τάσεως κάθε έναλλακτήρα δέν πρέπει νά είναι μεγαλύτερη από 5%.

Όταν έχομε μεγάλες φορτίσεις σέ ένα έναλλακτήρα μέ μικρό συντελεστή ισχύος φορτίου, τό φαινόμενο της αντίδράσεως του έπαγωγικού τυμπάνου είναι πολύ έντονο καί γι' αυτό η τάση «πέφτει» άπότομα. Συνήθως δέν πρέπει νά λειτουργούν οι έναλλακτήρες μέ φορτία πού έχουν συντελεστή ισχύος (συνφ) μικρότερο από 0,8.

21.2.5 Η ισχύς.

Η ισχύς πού άποδίδει έργο στους καταναλωτές τούς όποιους τροφοδοτεί ό έναλλακτήρας είναι ή **πραγματική ισχύς** καί είναι: $N = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ}$.

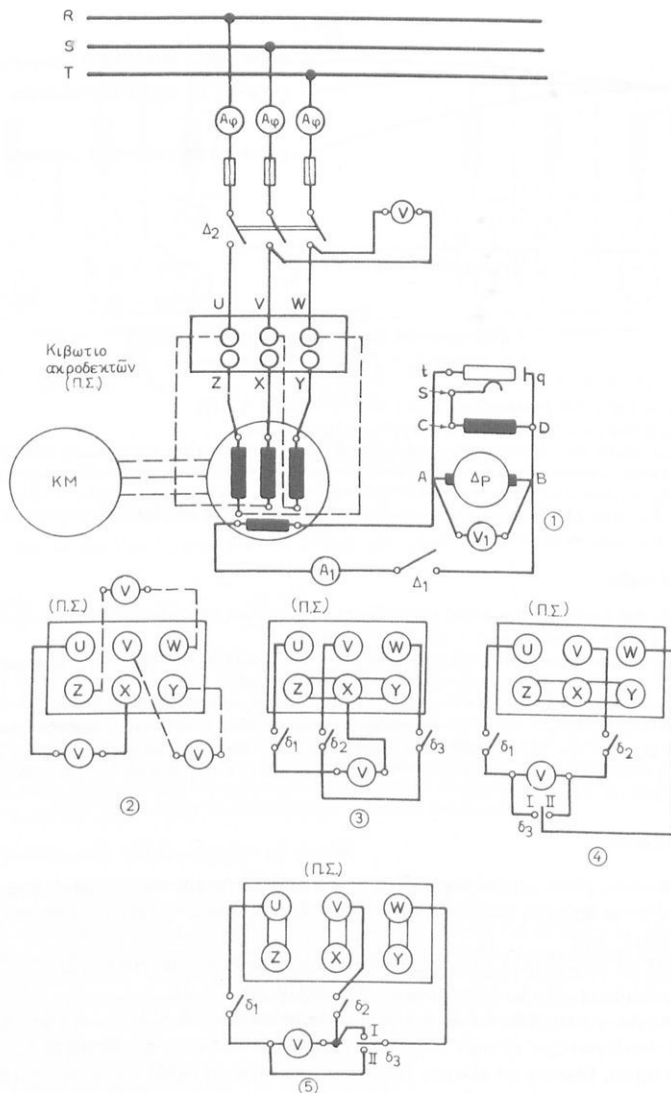
Η ισχύς πού φαίνεται ότι φορτίζεται ή κινητήρια μηχανή του έναλλακτήρα είναι ή **φαινόμενη ισχύς** $N_S = 1,73 \cdot U \cdot I$, ενώ ή **θερμή ισχύς** είναι $N_D = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \eta \mu\phi$.

(Προσοχή: Η U είναι πολιική τάση καί ή I ένταση ηλεκτρικού ρεύματος γραμμής).

Πρέπει νά σημειώσωμε άκόμη ότι ό βαθμός άποδόσεως κάθε έναλλακτήρα εξαρτάται καί από τό **συνφ** του φορτίου του. Όσο αύξάνει ή διαφορά μεταξύ των τιμών της πραγματικής καί της φαινόμενης ισχύος τόσο αύξημένες παρουσιάζονται οι άπώλειες του έναλλακτήρα καί τόσο έπομένως «χαμνώνεται» ό βαθμός άποδόσεώς του.

21.3 Άσκήσεις.

1. α) Άναγνώριστε τά διάφορα μέρη του έναλλακτήρα τά όποια θά χρησιμοποιήσετε στήν άσκησή σας στό έργαστήριο. Σημειώστε στό τετράδιό σας τίς παρατηρήσεις σας.
- β) Μέ τά όργανα καί τίς συσκευές πού θά σάς δώσουν στό έργαστήριο πραγματοποιήστε ή συνδεσμολογία του σχήματος 21.3α.
- γ) Χωρίς νά συνδέσετε στό κιβώτιο άκροδεκτών τά τυλίγματα των φάσεων του έναλλακτήρα μεταξύ τους (έχετε σχηματίσει έτσι ανεξάρτητο τριφασικό σύστημα), θέσετε σέ κίνηση τήν κινητήρια μηχανή (ΚΜ) του έναλλακτήρα μέχρι τόν όνομαστικό άριθμό στροφών γιά νά έχετε συχνότητα 50 Hz (ό όνομαστικός άριθμός στροφών γράφεται στήν πινακίδα των στοιχείων της μηχανής). Ρυθμίστε τό κύκλωμα της διεγέρτριας (Δr), ώστε ή τάση της νά είναι ή προβλεπόμενη από τόν κατασκευαστή της (ένδειξη βολτόμετρου V_1). Κλείστε τό διακόπτη Δ_1 καί τροφοδοτήστε τό τύλιγμα διεγέρσεως του έναλλακτήρα μέ τό



Σχ. 21.3α.

Συνδεσμολογία τριφασικού έναλλακτήρα.

- 1) Συνδεσμολογία. 2) 'Ανεξάρτητο τριφασικό τύλιγμα. 3 και 4) Σύνδεση κατ' άστέρα. 5) Σύνδεση κατ' ά τρίγωνο.

κανονικό ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως (ένδειξη αμπερόμετρου A_1). Μετρήστε την τάση διαδοχικά μεταξύ των άκρων U-X, V-Y, W-Z με ένα βολτόμετρο V, όπως στο σχήμα 21.3α(2).

Διαπιστώστε ότι οι τάσεις που μετρήσατε και στις τρεις φάσεις του έναλλακτήρα είναι ίσες.

δ) Σταματήστε τη λειτουργία του έναλλακτήρα ακολουθώντας την έξξ διαδικασία:

- Μειώστε τό ηλεκτρικό ρεύμα τής διεγέρσεως μέχρι την ελάχιστή του τιμή.
- Άνοιξετε τό διακόπτη Δ_1 .
- Σταματήστε την κινητήρα μηχανή (KM).

ε) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τή συνδεσμολογία τής άσκησης. Καταγράψτε τά όργανα και τίς συσκευές που χρησιμοποιήσατε, αναφέροντας τά κατασκευαστικά τους στοιχεία (π.χ. τύπος, τάση λειτουργίας, κανονικό ρεύμα λειτουργίας κλπ.). Περιγράψτε συνοπτικά τούς χειρισμούς που πραγματοποιήσατε και διατυπώστε τίς παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας.

2. α) Μέ τά όργανα και τίς συσκευές, που θά σās δώσουν στο έργαστήριο, πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία λειτουργίας ενός έναλλακτήρα όπως στο σχήμα 21.3α(1), χωρίς νά συνδέσετε στο κιβώτιο άκροδεκτών (ΠΣ) τά τυλίγματα των φάσεων μεταξύ τους.

β) Συνδέστε τά τυλίγματα των φάσεων του έναλλακτήρα στο κιβώτιο άκροδεκτών (ΠΣ) κατ' άστέρα (άλληλένδετο τριφασικό σύστημα), όπως φαίνεται στο σχήμα 21.3α(3) και (4). Θέσετε σέ λειτουργία τόν έναλλακτήρα ακολουθώντας τή διαδικασία τής άσκησης 1.

γ) Μέ ένα βολτόμετρο V και μέ τή βοήθεια τριών άπλών διακοπών $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ μετρήστε τίς φασικές τάσεις (U_ϕ) του έναλλακτήρα [σχ. 21.3α(3)].

Φάση 1, άκρα U-X (διακόπτης κλειστός μόνο ό δ_1).

Φάση 2, άκρα V-X (διακόπτης κλειστός μόνο ό δ_2).

Φάση 3, άκρα Q-X (διακόπτης κλειστός μόνο ό δ_3).

(Στήν περίπτωση αύτή τό X είναι κοινό άκρο των τριών φάσεων ή τό Y ή τό Z). Διαπιστώστε ότι και οι τρεις φασικές τάσεις είναι ίσες μεταξύ τους.

δ) Στή συνέχεια μετρήστε τίς πολικές τάσεις (U_n) του έναλλακτήρα, όπως στο σχήμα 21.3α(4).

Χρησιμοποιήστε πάλι ένα βολτόμετρο V και τρεις διακόπτες $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ γιά νά μετρήσετε τήν:

— Πολική τάση U-V (κλειστοί οι διακόπτες δ_1 και δ_2).

— Πολική τάση V-W (κλειστός ό διακόπτης δ_2 , στή θέση (I) ό διακόπτης δ_3).

— Πολική τάση U-W (κλειστός ό διακόπτης δ_1 στή θέση (II) ό διακόπτης δ_3).

Διαπιστώστε ότι ισχύει ή σχέση: $U_n = 1,73 U_\phi$.

(Ή πολική τάση είναι 1,73 φορές μεγαλύτερη από τήν φασική τάση).

ε) Σταματήστε τή λειτουργία του έναλλακτήρα όπως στήν άσκηση 1.

στ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας τήν όλη πορεία τής έργασίας κατ' άστέρα. Διατυπώστε τίς παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας.

3. α) Μέ τά όργανα και τίς συσκευές που θά σās δώσουν στο έργαστήριο, πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία λειτουργίας ενός έναλλακτήρα όπως στο σχήμα

μα 21.3α (1) χωρίς να συνδέσετε τὰ τυλίγματα τῶν φάσεων μεταξύ τους στό κιβώτιο ἀκροδεκτῶν (ΠΣ).

β) Συνδέστε τὰ τυλίγματα τῶν φάσεων τοῦ ἐναλλακτῆρα στό κιβώτιο ἀκροδεκτῶν (ΠΣ) κατά τρίγωνο [σχ. 21.3(α)(5)]. Θέστε σέ λειτουργία τόν ἐναλλακτῆρα ἀκολουθώντας τή διαδικασία τῆς ἀσκίσεως 1.

γ) Μέ ἓνα βολτόμετρο V καί τρεῖς διακόπτες, τούς δ_1 , δ_2 καί δ_3 , μετρήστε τίς πολικές τάσεις (U_{π}) τοῦ ἐναλλακτῆρα [σχ. 21.3α(5)].

Πολική τάση $U/Z-V/X$, κλειστοί οἱ διακόπτες δ_1 καί δ_2 .

Πολική τάση $V/X-W/Y$, κλειστός ὁ διακόπτης δ_2 , ὁ διακόπτης δ_3 στή θέση II.

Πολική τάση $U/Z-W/Y$, κλειστός ὁ διακόπτης δ_1 ὁ διακόπτης δ_3 στή θέση I.

Στήν περίπτωση αὐτή: $U_{\pi} = U_{\phi}$

Ἄν δέν γνωρίζετε τή φασική τάση τοῦ ἐναλλακτῆρα (U_{ϕ}) μπορεῖτε νά τή μετρήσετε ὅπως στήν ἀσκηση 1.

δ) Χωρίς νά σταματήσετε τή λειτουργία τοῦ ἐναλλακτῆρα, νά ἐλαττώσετε τό ἡλεκτρικό ρεῦμα διεγέρσεως στό ἐλάχιστο δυνατό μέ κατάλληλη ρύθμιση τῆς τάσεως τῆς διεγέρτριας. Σημειώστε τίς ἐνδείξεις τοῦ βολτόμετρου V τοῦ ἐναλλακτῆρα καί τοῦ ἀμπερόμετρου τῆς διεγέρσεως A_1 στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 21.3.1. Στή συνέχεια μεταβάλλετε κάθε φορά τό ἡλεκτρικό ρεῦμα διεγέρ-

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 21.3.1

$f = 50 \text{ Hz}$ σταθερή	
I_{δ} (A)	$U_0 = E$ (V)
.....	
.....	
.....	
.....	

σεως (I_{δ}), κατά 20% ἀπό τό ἡλεκτρικό ρεῦμα κανονικῆς λειτουργίας τῆς διεγέρτριας. Σέ κάθε μεταβολή τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τῆς διεγέρσεως σημειώστε στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων τήν ἀντίστοιχη τάση U_0 ($U_{\pi} = U_{\phi}$) πού ἀναπτύσσεται στόν ἐναλλακτῆρα καί πού εἶναι ὅπως γνωρίζομε ἡ ΗΕΔ (λειτουργία χωρίς φορτίο).

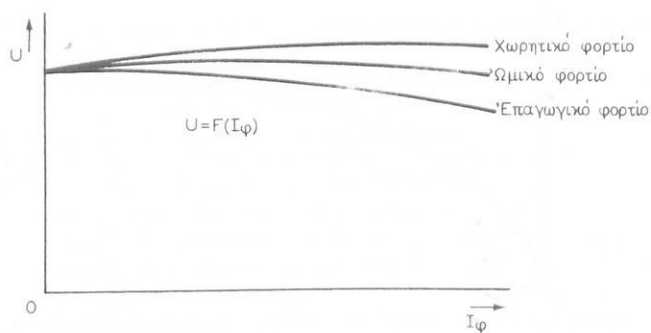
ε) Σταματήστε τή λειτουργία τοῦ ἐναλλακτῆρα ἀκολουθώντας τή διαδικασία τῆς ἀσκίσεως 1.

στ) Χαράξτε, μέ τὰ ἀποτελέσματα τοῦ πίνακα ἀποτελεσμάτων 21.3.1, τή στατική χαρακτηριστική τοῦ ἐναλλακτῆρα $E = U_0 = F(I_{\delta})$ (σχ. 21.3β).

ζ) Περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τήν ὅλη πορεία τῆς ἐργασίας κατά τήν ἀσκηση καί διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τὰ συμπεράσματά σας.

4. α) Πραγματοποιήστε τήν ὅλη ἐργασία καί τούς χειρισμούς τῆς ἀσκίσεως 3 μέχρι καί τό (γ).

β) Ἀναγνωρίστε τὰ φορτία τοῦ ἐναλλακτῆρα πού θά σᾶς δοθοῦν στό ἐργαστήριο:



Σχ. 21.3γ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΖΕΥΞΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΩΝ Ή ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΙ

22.1 Γενικά.

Αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης ισχύος χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σχεδόν οι τριφασικοί εναλλακτήρες με έσωτερικούς πόλους και μάλιστα οι στροβιλοεναλλακτήρες. Μέ άλλα λόγια ο τριφασικός εναλλακτήρας αποτελεί τό βασικό στοιχείο των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σέ κάθε σταθμό παραγωγής. Σήμερα σέ κάθε σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έγκαθίστανται δύο τουλάχιστον μονάδες παραγωγής. Δηλαδή δύο τριφασικοί εναλλακτήρες.

Στα πρώτα χρόνια τής κατασκευής των σταθμών ή παραγωγή ήλεκτρικής ενέργειας του κάθε σταθμού ήταν ανεξάρτητη από κάθε άλλη παραγωγή. Τροφοδοτούσε δηλαδή ένα ορισμένο κέντρο κατανάλωσης. Π.χ. ένας σταθμός παραγωγής που ήταν έγκαταστημένος στο Φαλήρο τροφοδοτούσε με ήλεκτρική ενέργεια τήν Αθήνα και τόν Πειραιά. Αργότερα κατασκευάσθηκε για τόν ίδιο σκοπό, ο σταθμός Αγ. Γεωργίου στό Κερασίιι.

Κάθε πόλη ή κωμοπολη στή χώρα μας είχε καί τό δικό της σταθμό παραγωγής ήλεκτρικής ενέργειας.

Αργότερα, για λόγους οικονομίας καί για τήν καλύτερη εξυπηρέτηση των καταναλωτών, έγινε σύνδεση των ήλεκτρικών συστημάτων των διαφόρων σταθμών για νά υπάρχει ένα μεγάλο σύστημα από κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ήλεκτρικής ενέργειας από τό όποιο θά εξυπηρετείται όλόκληρη ή κατανάλωση τής χώρας. Έτσι προέκυψε τό λεγόμενο Έθνικό Ηλεκτρικό Σύστημα. Σήμερα έχει γί- νει πλέον συνείδηση ότι τά διάφορα Έθνικά Ηλεκτρικά Συστήματα θά πρέπει νά συνδεθούν μεταξύ τους βασικά για άλληλοεξυπηρέτηση των αναγκών των χωρών σέ ήλεκτρική ενέργεια (τά έθνικά Δίκτυα Έλλάδας καί Γιουγκοσλαβίας έχουν συνδεθεί).

Είναι γνωστό ότι τό ήλεκτρικό φορτίο κάθε σταθμού παραγωγής (καί όλόκληρου του Έθνικού δικτύου) δέν μένει σταθερό, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα μέ τό είδος καί τόν αριθμό των καταναλωτών που τροφοδοτεί αλλά καί μέ τό χρόνο. Κάθε ήλεκτρική επιχείρηση όπως ή ΔΕΗ, έχει είδική Κεντρική Υπηρεσία, τό Κέντρο Κατανόμης Φορτίου, που ασχολείται μέ τήν παρακολούθηση αυτών των μεταβολών του φορτίου του όλου συστήματος ήλεκτρικής ενέργειας.

Τό Κέντρο Κατανόμης Φορτίου καθορίζει βασικά τό πρόγραμμα λειτουργίας των σταθμών παραγωγής. Έτσι, τελικά, για λόγους οικονομικής λειτουργίας των σταθμών καί του Έθνικού Ηλεκτρικού Συστήματος καί για τή βελτίωση του βαθμού απόδόσεώς τους, παρίσταται ανάγκη νά συνδέονται ή νά αποσυνδέονται στό ήλεκτρικό δίκτυο οι τριφασικοί εναλλακτήρες των σταθμών παραγωγής. Η διαδικασία τής συνδέσεως ενός τριφασικού εναλλακτήρα στό ήλεκτρικό δίκτυο παράλληλα μέ άλλων ή άλλους εναλλακτήρες, ονομάζεται **παράλληλη ζεύξη** ή παραλληλισμός. Η αποσύνδεση κάθε εναλλακτήρα από τό κοινό ήλεκτρικό δίκτυο ονομάζεται **απόζευξη**.

Γιά νά γίνει ή **παράλληλη ζεύξη** ή ό παραλληλισμός ενός εναλλακτήρα σέ ήλεκτρικό δίκτυο πρέπει:

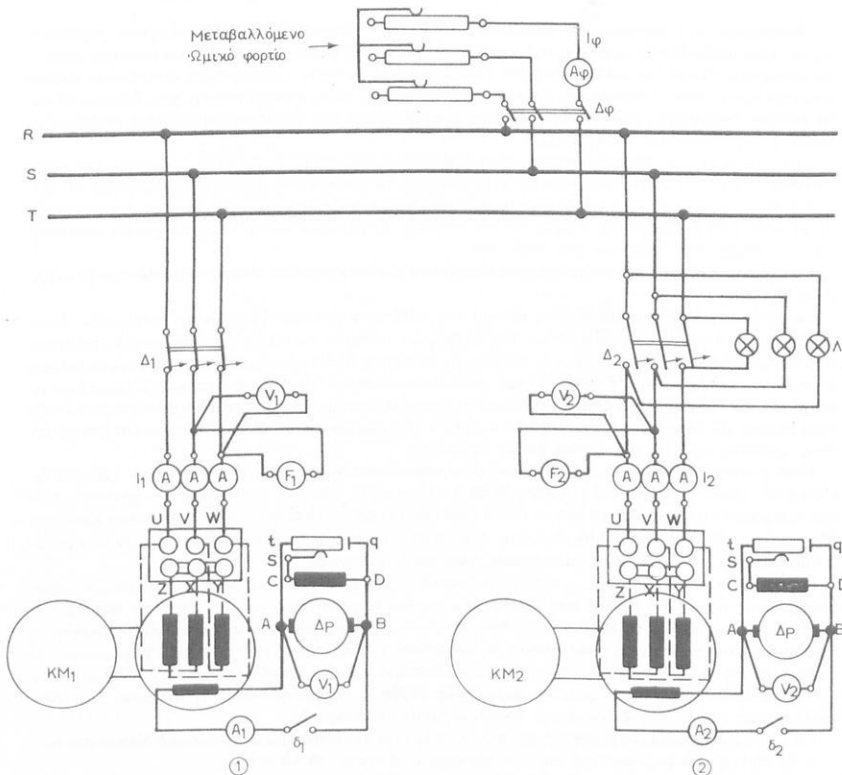
- Οι τάσεις του εναλλακτήρα καί του ήλεκτρικού δικτύου νά είναι ίσες.
- Οι συχνότητες των τάσεων του εναλλακτήρα καί του ήλεκτρικού δικτύου νά είναι ή ίδια. Δηλαδή ή πρώτη φάση του εναλλακτήρα νά συνδεθεί μέ τήν πρώτη φάση του δικτύου κ.ο.κ.
- Η διαφορά φάσεως μεταξύ των τάσεων των αντίστοιχων φάσεων του εναλλακτήρα καί του δικτύου νά είναι μηδέν.

Όταν πραγματοποιηθούν οι παραπάνω συνθήκες τότε λέμε ότι, ό εναλλακτήρας έχει **συγχρονισθεί** μέ τό δίκτυο ότι είναι δυνατή ή ζεύξη του στό δίκτυο.

Στο κεφάλαιο 21 μελετήσαμε τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των τριφασικών έναλλακτῆρων. Έκεῖ, βασικά, γνωρίσαμε τίς ἐνέργειες καί τούς χειρισμούς, πού πρέπει νά κάνουμε γιά νά πραγματοποιήσουμε τίς παραπάνω α καί β προϋποθέσεις τοῦ παραλληλισμοῦ των ἐναλλακτῆρων. Τίς προϋποθέσεις τοῦ παραλληλισμοῦ γ καί δ πραγματοποιοῦμε μέ τή βοήθεια τοῦ **συγχρονισμοῦ**.

Ἡ ἀπλούστερη καί παλαιότερη σέ χρήση συσκευή συγχρονισμοῦ εἶναι ἡ συσκευή μέ λυχνίες (Λ). Στό σχῆμα 22.1 φαίνεται ἡ συνδεσμολογία δύο τριφασικῶν ἐναλλακτῆρων χαμηλῆς τάσεως (220 V) γιά παραλληλισμό. Ἡ διαφορά τῆς συνδεσμολογίας αὐτῆς ἀπό μιά ἀντίστοιχη ἐναλλακτῆρων ὑψηλῆς τάσεως (15 kV), ὅπως σέ ἓνα σταθμό παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, περιορίζεται κυρίως στή σύνδεση των διαφόρων ὀργάνων ἐλέγχου στό κύκλωμα γιά λόγους προστασίας καί ἀσφάλειας ἐκεῖνων πού τά χειρίζονται. Δηλαδή ἡ σύνδεση των ὀργάνων αὐτῶν, ἀμπερόμετρων, βολτόμετρων κλπ. γίνεται μέ τήν παρεμβολή μετασχηματιστῶν ἐντάσεως ἢ τάσεως.

Υποθέτομε ὅτι ὁ τριφασικός ἐναλλακτῆρας (1) τροφοδοτεῖ τὸ δίκτυο (R, S, T) μέ ἡλεκτρικό ρεῦμα (Διακόπτης Δ_1 κλειστός) καί θέλομε νά ζεύξομε στό δίκτυο αὐτό τόν ἐναλλακτῆρα (2).



Σχ. 22.1.

Παράλληλη ζεύξη τριφασικού ἐναλλακτῆρα.

Οἱ λαμπτήρες (Λ) ἀναβοσβήνουν μέ ταχύτητα, πού ὀφείλεται καί ἐξαρτᾶται κάθε φορά ἀπό τή διαφορά των συχνότητων, πού δείχνουν τὰ συχνόμετρα (F_1) καί (F_2). Διακόπτης Δ_2 ἀνοικτός. Μέ τὸ δίκτυο (R, S, T) ἔχομε **συγχρονισμό** τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) ὅταν ταυτόχρονα σβήνουν οἱ λαμπτήρες (Λ).

(Η εξέγησηση του φαινομένου αυτού αναφέρεται στο βιβλίο των ηλεκτρικών μηχανών). Τή στιγμή πού οι λαμπτήρες σβήνουν ταυτόχρονα ὁ χειριστής πρέπει νά κλείσει τὸ διακόπτη Δ_2 γιά νά θέσει τόν ἐναλλακτήρα (2) σέ παράλληλη λειτουργία μέ τούς ἄλλους ἐναλλακτήρες, πού τροφοδοτοῦν ἤδη τὸ δίκτυο (R, S, T). Στὴν περίπτωσή μας μέ τόν ἐναλλακτήρα (1).

Μετά τόν παραλληλισμό πρέπει νά πραγματοποιηθεῖ μεταφορά μέρους ἀπὸ τὸ φορτίο τοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου στὸν ἐναλλακτήρα (2).

Ἡ μεταφορά φορτίου γίνεται μέ μεταβολή τῶν στροφῶν τῶν ἐναλλακτῆρων καί ὄχι μέ τή μεταβολή τῆς τιμῆς τῆς τάσεως λειτουργίας ὅπως στίς γεννήτριες Σ.Ρ. Δηλαδή αὐξάνομε τίς στροφές τοῦ ἐναλλακτῆρα πού θέλομε νά φορτίσωμε καί ἐλαττώνομε τίς στροφές τῶν ἐναλλακτῆρων ἢ τοῦ ἐναλλακτῆρα ἀπὸ τούς ὁποίους θά μεταφέρομε τὸ φορτίο.

Πρέπει νά σημειωθεῖ ὅτι στίς σύγχρονες ἐγκαταστάσεις σταθμῶν παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας γιά τὴν ἐνδείξη τῶν συνθηκῶν (προϋποθέσεων) συγχρονισμοῦ χρησιμοποιοῦνται στρεφόμενα **συγχρονοσκόπα**. Ἀκόμη, τὸ κλείσιμο τοῦ διακόπτη Δ_2 , τή στιγμή τοῦ συγχρονισμοῦ, πραγματοποιεῖται **αὐτόματα** μέ «ἐντολή» εἰδικοῦ ὀργάνου πού λέγεται **αὐτόματος συγχρονιστής**.

Πρέπει ἀκόμη νά ἔχομε ὑπόψη ὅτι στὴν πράξη δέν μπορούμε νά ἐξασφαλίσωμε ἀπόλυτα τίς προϋποθέσεις παραλληλισμοῦ. Γιά τὸ λόγο αὐτὸ κλείνομε τὸ διακόπτη Δ_2 ὅταν ἡ διαφορά συχνότητων ($f_1 - f_2$) εἶναι πολὺ μικρὴ (ἀναβοσβήσιμο λαμπτήρων περιοδικὰ ἀνά δύο δευτερόλεπτα) καί οἱ τάσεις V_1 καί V_2 εἶναι ἴσες.

22.2 Ἀσκήσεις.

1. α) Συνδεσμολογήστε δύο ἐναλλακτῆρες τοῦ ἐργαστηρίου καί τὰ ὄργανα, πού θά σᾶς δοθοῦν ἢ ὑπάρχουν στοὺς πίνακες (πού συνοδεύουν τούς ἐναλλακτῆρες), ὅπως τὸ σχῆμα 22.1α. Διαπιστώστε ὅτι τὰ τυλίγματα καί τῶν δύο εἶναι συνδεμένα κατ' ἄστέρα.

β) Θέσετε τόν ἐναλλακτήρα (1) σέ λειτουργία, ὅπως κάνατε στὴν ἀσκηση τοῦ κεφαλαίου 21 καί φορτίστε τον (μέ ὠμικὸ φορτίο) μέχρι τὸ κανονικὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα φορτίσεως I_ϕ (ἐνδείξη ἀμπερόμετρου A_ϕ) κλείνοντας τὸ διακόπτη (Δ_1) καί (Δ_ϕ) διαδοχικά.

γ) Θέσετε τόν ἐναλλακτήρα (2) σέ λειτουργία (Διακόπτης Δ_2 ἀνοικτός), ρυθμίστε τίς στροφές του ὥστε τὸ συχνόμετρο (F_2) νά δείχνει τὴν ἴδια συχνότητα μέ τὸ (F_1). Κατόπιν ρυθμίστε τὴ διέγερση τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) μέχρις ὅτου τὸ βολτόμετρο (V_2) δείξει τὴν ἴδια τάση μέ τὸ (V_1).

δ) Στὴ συνέχεια, μέ τούς λαμπτήρες συγχρονισμοῦ (Λ) πού θά σᾶς δώσουν, ἐλέγξτε τὴ διαδοχὴ τῶν φάσεων τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) μέ τὸ δίκτυο (R, S, T) (σχ. 22.1α).

Ἄν στὴν περίπτωση αὕτὴ παρατηρήσετε ὅτι οἱ λαμπτήρες (Λ) δέν ἀναβοσβήνουν ταυτόχρονα, θά πρέπει νά σταματήσετε τὴ λειτουργία τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) καί νά ἀντιστρέψετε τὴ σύνδεση δύο ἀγωγῶν τῶν φάσεων τοῦ ἐναλλακτῆρα μέ τούς ζυγούς R, S, T τοῦ δικτύου.

ε) Ἐφ' ὅσον χρειάσθηκε νά σταματήσετε τόν ἐναλλακτήρα (2) γιά τὴν τακτοποίηση τῆς διαδοχῆς τῶν φάσεων, θέσετέ τον πάλι σέ λειτουργία πραγματοποιώντας τούς χειρισμούς τοῦ (γ) καί προσπαθήστε στὴ συνέχεια νά τὸν **συγχρονίσετε** μέ τὸ δίκτυο R, S, T, δηλαδή μέ τόν ἐναλλακτήρα (1). Γιά νά πετύχετε τὸ συγχρονισμό κάνατε μικρὲς ρυθμίσεις στίς στροφές τοῦ ἐναλλακτῆρα (2).

στ) Μόλις διαπιστώσετε ὅτι οἱ λαμπτήρες (Λ) ἀναβοσβήνουν ταυτόχρονα, ἐτοιμασθῆτε καί κλείστε τὸ διακόπτη (Δ_2) τὴ στιγμή πού οἱ λαμπτήρες σβήνουν. Ὁ ἐναλλακτῆρας (2) ἔχει παραλληλισθεῖ μέ τόν ἐναλλακτήρα (1) χωρὶς ὅμως

νά φορτισθεῖ.

ζ) Διακόψτε πρώτα τή λειτουργία τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) καί μετά τόν ἐναλλακτῆρα (1), πραγματοποιώντας γιά κάθε ἕναν τούς χειρισμούς τῆς ἀσκήσεως τοῦ κεφαλαίου 21.

η) Περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τίς ἐνέργειες καί τούς χειρισμούς, πού πραγματοποιήσατε στήν ἀσκηση καί διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

2. α) Πραγματοποιήστε ὅλες τίς ἐνέργειες καί τούς χειρισμούς τῆς ἀσκήσεως 1 γιά νά παραλληλίσετε δύο τριφασικούς ἐναλλακτῆρες τοῦ ἐργαστηρίου.

β) Στή συνέχεια φορτίστε τόν ἐναλλακτῆρα (2) μέ τό μισό ἀπό τό συνολικό φορτίο (σχ. 22.1) πραγματοποιώντας τούς χειρισμούς, πού ἀναφέραμε στήν παράγραφο 22.1.

γ) Μετά τή φόρτιση τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) σημειώστε τίς ἐνδείξεις τῶν ἀμπερομέτρων (Α), τῶν δύο ἐναλλακτῆρων καί τοῦ φορτίου (A_{Φ}). Ὑπό τίς ἐνδείξεις αὐτές διαπιστώστε ἂν οἱ δύο ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν μέ τόν ἴδιο συντελεστή ἰσχύος (συνφ) (πρέπει $I_1 + I_2 = I_{\Phi}$ γιά νά ἔχουν τό ἴδιο συνφ). Ἄν παρατηρήσετε $I_1 + I_2 \neq I_{\Phi}$, οἱ δύο ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν μέ διαφορετικό συνφ.

δ) Μεταφέρετε ὅλο τό φορτίο στόν ἐναλλακτῆρα (2) μέχρις ὅτου τά ἀμπερόμετρα (Α) τοῦ ἐναλλακτῆρα (1) δείξουν μηδέν (0) καί τά ἀντίστοιχα τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) τήν ἴδια ἐνδειξη μέ τό (A_{Φ}).

ε) Μετά τήν ἐκφόρτωση τοῦ ἐναλλακτῆρα (1) πραγματοποιήστε τή διακοπή τοῦ ἀκολουθώντας τή διαδικασία ὅπως στίς ἀσκήσεις τοῦ προηγούμενου κεφαλαίου.

στ) Ἐνεργήστε ὁμοία γιά τή διακοπή τῆς λειτουργίας τοῦ ἐναλλακτῆρα (2) ἀφοῦ προηγουμένως τόν ἐκφορτώσετε, ἐλαττώνοντας τό φορτίο καί ἀνοίγοντας τό διακόπτη Δ_{Φ} .

ζ) Σημειώστε στό τετράδιό σας τά στοιχεῖα τῶν ὀργάνων καί συσκευῶν πού χρησιμοποιήσατε στήν ἀσκηση. Διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας γιά τήν ἀσκηση.

3. α) Πραγματοποιήστε ὅλες τίς ἐνέργειες καί τούς χειρισμούς τῆς ἀσκήσεως 2 προκειμένου νά παραλληλίσετε καί νά φορτίσετε ἐξ ἴσου (μέ $1/2$ φορτίο) δυο ἐναλλακτῆρες τοῦ ἐργαστηρίου.

β) Διατηρήστε σταθερό τό φορτίο κάθε ἐναλλακτῆρα. Τή σταθερότητα τοῦ φορτίου μπορεῖτε νά τήν παρακολουθήσετε μέ ἕνα βαττόμετρο, τό ὁποῖο θά τό συνδέσετε στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 22.1 ὅπως μάθαμε στο κεφάλαιο 21. Μεταβάλλετε τό ἡλεκτρικό ρεῦμα διεγέρσεως στόν ἕνα ἢ καί στούς δύο ἐναλλακτῆρες σέ διαφορετικές τιμές ἀπό ἐκεῖνες, πού εἶχατε στήν ἀσκηση 2. Παρατηρήστε ὅτι ἡ μεταβολή τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διεγέρσεως μεταβάλλει τίς ἐνδείξεις τῶν ἀμπερομέτρων (Α) τῶν ἐναλλακτῆρων, χωρίς τό φορτίο νά μεταβάλλεται. Δηλαδή μεταβολή τῶν ἐναλλακτῆρων ἢ τοῦ ἐναλλακτῆρα ἔχομε μόνο στήν ἀεργή ἰσχύ.

γ) Πραγματοποιήστε τή διακοπή τῆς λειτουργίας τῶν ἐναλλακτῆρων (1) καί (2) σύμφωνα μέ ὅσα ἐγίναν στήν ἀσκηση 2.

δ) Περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τούς χειρισμούς πού πραγματοποιήσατε γιά τή μεταβολή τῆς ἀεργῆς ἰσχύος τῶν ἐναλλακτῆρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ)

23.1 Γενικά.

Η λειτουργία ενός σύγχρονου εναλλακτήρα μπορεί να αντιστραφεί σε σύγχρονο κινητήρα (βλέπε και ανάλογη περίπτωση αντιστροφής γεννήτριας Σ.Ρ. κεφάλαιο 5) όταν τροφοδοτηθεί κατάλληλα με ηλεκτρικό ρεύμα.

Σύγχρονοι κινητήρες χαρακτηρίζονται εκείνοι που ο δρομέας τους περιστρέφεται με σταθερή και όρισμένη ταχύτητα, τή **σύγχρονη ταχύτητα**, που είναι:

$$n = \frac{60f}{p}$$

όπου: f η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος τροφοδοτήσεως σε (Hz).

p τά ζεύγη των μαγνητικών πόλων του κινητήρα και

n η σύγχρονη ταχύτητα σε (στρ/min).

Οι σύγχρονοι κινητήρες μοιάζουν στην κατασκευή τους με τούς σύγχρονους εναλλακτήρες. Η διαφορά τους είναι, ότι στα πέδιλα των πόλων τους πολλές φορές οι σύγχρονοι κινητήρες φέρουν κλειστό βοηθητικό τύλιγμα κλωβού ασύγχρονου κινητήρα, που χρησιμοποιείται για την εκκίνηση τους.

Μιά από τις απαραίτητες προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ένας σύγχρονος κινητήρας είναι να δημιουργηθεί γύρω από το δρομέα του στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο με τή **σύγχρονη ταχύτητα**. Αυτό πραγματοποιείται όταν το τριφασικό τύλιγμά του τροφοδοτηθεί με σύστημα τριφασικών ηλεκτρικών ρευμάτων που έχουν διαφορά φάσεως 120° .

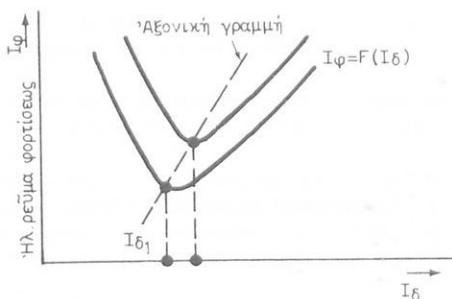
Η φορά περιστροφής του κινητήρα εξαρτάται από τή φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Για να αντιστρέψουμε τή φορά του μαγνητικού πεδίου πρέπει να αντιμεταθέσουμε τίσ θέσεις των δύο από τούς άγωγούς (φάσεις) τροφοδοτήσεως.

Μιά άλλη, επίσης απαραίτητη, προϋπόθεση για τή λειτουργία του σύγχρονου κινητήρα είναι ή ύπαρξη κάποιου συστήματος εκκινήσεώς του, μέχρι αυτός να φθάσει τή σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής.

Ο συγχρονισμός του κινητήρα επιτυγχάνεται καί όταν ή ταχύτητα του δρομέα του είναι μικρότερη κατά 2-5% από τή σύγχρονη ταχύτητά του.

Οι σύγχρονοι κινητήρες, εκτός από τό χαρακτηριστικό γνώρισμα τής σταθερής ταχύτητας κατά τή λειτουργία τους, παρουσιάζουν καί ιδιόρρυθμη θά μπορούσαμε να πούμε συμπεριφορά στίς μεταβολές του ηλεκτρικού ρεύματος φορτίσεώς τους, σε συνάρτηση με τή μεταβολή τής διεγέρσεώς τους (σχ. 23.1).

Από τίσ χαρακτηριστικές καμπύλες $I_\phi = F(I_\delta)$ ενός σύγχρονου κινητήρα φαίνεται ότι για ένα όρισμένο ηλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως I_δ επιτυγχάνεται ή ελάχιστη τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος φορτίσεως I_ϕ . Η τιμή αυτή του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως δίνει τήν **κανονική διεγερση** του κινητήρα καί τό φορτίο του παρουσιάζει στο ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτήσεως **ώμική συμπεριφορά** (συνφ = 1). Για ήλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως μικρότερο από τό ρεύμα τής κανονικής διεγέρσεως έχουμε **υποδιέγερση** του κινητήρα. Τό φορτίο του δέ παρουσιάζει **επαγωγική συμπεριφορά** (συνφ < 1). Τέλος, όταν τό ήλεκτρικό ρεύμα διεγέρσεως είναι μεγαλύτερο από τό ρεύμα τής κανονικής διεγέρ-



Σχ. 23.1.
Ρεύμα διεγέρσεως I_δ .

σεως, τότε έχουμε την **υπερδιέγερση** του κινητήρα, και τό φορτίο του κινητήρα παρουσιάζει **χωρητική συμπεριφορά** (συν<1).

Όσο η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος διεγέρσεως απομακρύνεται από την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος που αντιστοιχεί στην κανονική διέγερση, προς μεγαλύτερες τιμές ή προς μικρότερες, τόσο περισσότερο μικραίνει ο συντελεστής ισχύος (συνφ) του κινητήρα.

Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά γνωρίσματα των σύγχρονων κινητήρων κατά τη λειτουργία τους καθορίζεται και η χρήση τους. Έτσι οι σύγχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται εκεί που θέλουμε απόλυτα σταθερές στροφές· όπως για την κίνηση ελαστρων, έναλλακτρων, για παραγωγή ρεύματος με σταθερή συχνότητα κλπ. Επίσης χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των συνφ των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με παράλληλη παροχή μηχανικού έργου απ' αυτόν.

23.2 Άσκησης.

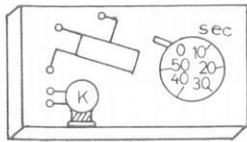
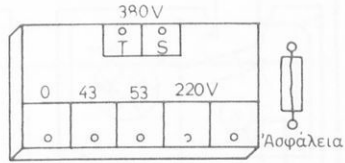
1. α) Άναγνώριστε τα διάφορα μέρη του σύγχρονου κινητήρα, πού θά σ'ας δοθεί στο εργαστήριο και τις βοηθητικές συσκευές και διατάξεις πού τόν συνδεύουν (σχ. 23.2α) και σημειώστε στο τετράδιό σας τα χαρακτηριστικά στοιχεία πού δίνει ο κατασκευαστής τους.
- β) Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του κινητήρα και των βοηθητικών συσκευών και διατάξεων του, όπως στο σχήμα 23.2β.
- γ) Θέσετε σέ λειτουργία τόν κινητήρα κλείνοντας τό διακόπτη Δ₁. Μετρήστε τη σύγχρονη ταχύτητά του (n) μέ ένα στροφόμετρο και τη συχνότητα (f) του ηλεκτρικού ρεύματος πού τόν τροφοδοτεί, μέ ένα συχνόμετρο. Έπαληθεύσετε τη σχέση:

$$n = \frac{60f}{p}$$

όπου p ο αριθμός των ζευγών των πόλων του κινητήρα.

δ) Σταματήστε τη λειτουργία του κινητήρα και σημειώστε στο τετράδιό σας τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας από τήν άσκηση.

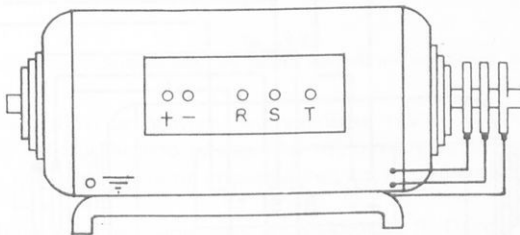
2. α) Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του σύγχρονου κινητήρα, πού θά σ'ας δοθεί, όπως στο σχήμα 23.2γ. Συνδέστε σέ σειρά στο κύκλωμα τής διεγέρσεως του κινητήρα τήν κατάλληλη γιά τή ρύθμισή της αντίσταση R_m και δύο

Χρονοδιακόπτης
(Χ)Μετασχηματιστής
Μ/Τ

A	o	o	o	o	o
	13	1	3	5	15
Ρελαί (Ρ)					
	14	2	4	6	16
	o	o	o	o	o
	B				



Ο Ακροδέκτης γειώσεως



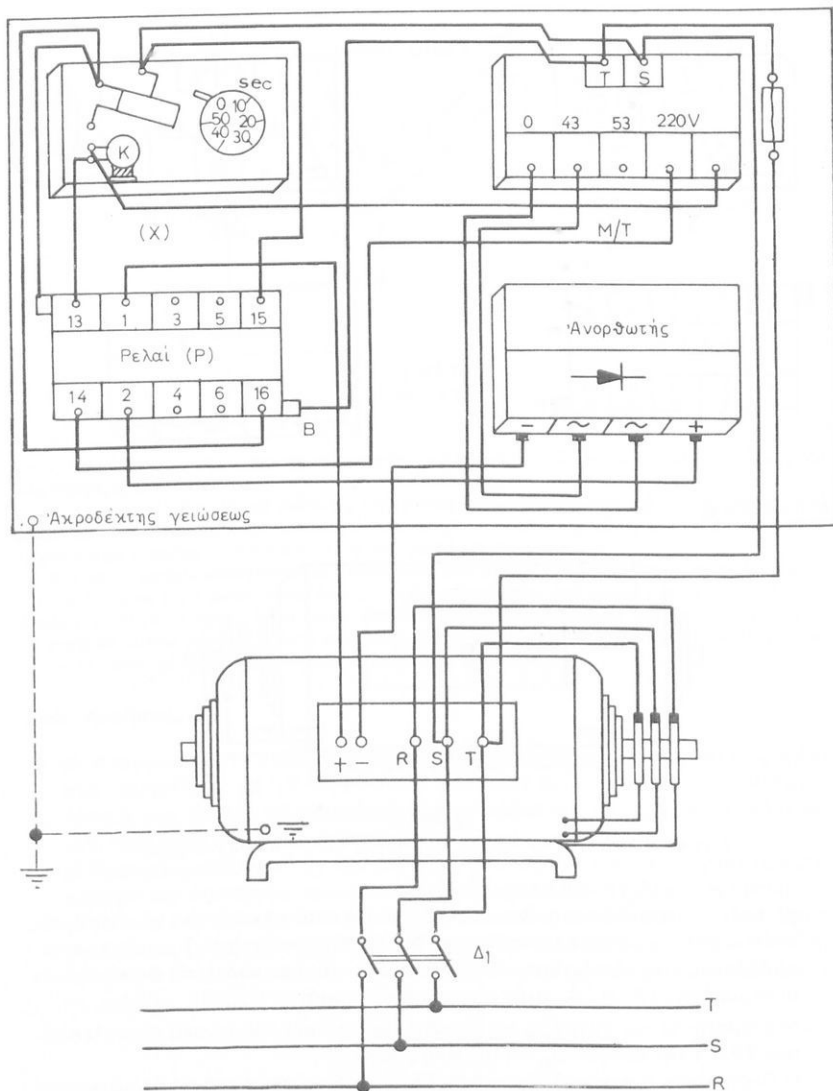
Σχ. 23.2α.

Σύγχρονος κινητήρας και πίνακας βοηθητικών συσκευών και διατάξεων.

αμπερόμετρα (A_Φ) και (A_δ) (σχ. 23.2γ).β) Έλέγξτε τη ρυθμιστική αντίσταση R_m ώστε κατά τη εκκίνηση να είναι εκτός κυκλώματος. Ξεκινήστε τόν κινητήρα, όπως και στην άσκηση 1 χωρίς φορτίο.γ) Αύξομειώστε την αντίσταση R_m σταδιακά και σημειώστε τις ένδείξεις των αμπερομέτρων A_δ και A_Φ στον πίνακα αποτελεσμάτων 23.2.1.δ) Σταματήστε τόν κινητήρα και χαράξτε, με τις τιμές του πίνακα αποτελεσμάτων 23.2.1 την καμπύλη $I_\Phi = F(I_\delta)$ χωρίς φορτίο.

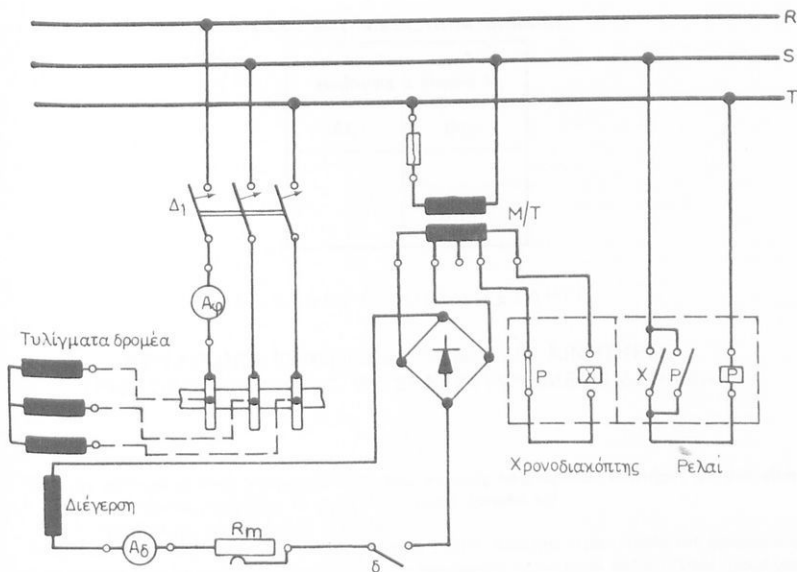
ε) Περιγράψτε συνοπτικά την πορεία όλης της άσκησης στο τετράδιό σας και διατυπώστε τις παρατηρήσεις σας.

3. α) Έπανάλαβετε όλες τις διαδικασίες της άσκησης 2. Πρέπει όμως ο κινητήρας να λειτουργεί με σταθερό φορτίο (π.χ. μία γεννήτρια Σ.Ρ.). Τις ένδείξεις των αμπερομέτρων A_Φ και A_δ σημειώστε τις στον πίνακα αποτελεσμάτων 23.2.2. Χαράξτε με τις παραπάνω ένδείξεις την καμπύλη $I_\Phi = F(I_\delta)$.



Σχ. 23.2β.

Συνδεσμολογία σύγχρονου κινητήρα σέ ηλεκτρικό δίκτυο R, S, T.



Σχ. 23.2γ.

Σχηματική παράσταση συνδεσμολογίας τυλιγμάτων δρομέα καί δεγέρσεως σύγχρονου κινητήρα.

- β) Στο ίδιο σύστημα αξόνων που χαράξατε την $I_\phi = F(I_\delta)$ με φορτίο, σχεδιάστε και την αντίστοιχη καμπύλη της άσκησης 2. Συγκρίνετε τις δύο καμπύλες και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας στο τετράδιο.
4. Πραγματοποιήστε τις διαδικασίες της άσκησης 2. Πρέπει να μεταβάλλετε σταδιακά τη φόρτιση του κινητήρα (π.χ. με μία γεννήτρια Σ.Ρ. ή δυναμοπέδη) μέχρις ότου υπερφορτισθεί και σταματήσει απότομα.
- β) Άφου σημειώσετε τις ένδειξεις των οργάνων έλεγχου του κινητήρα διακόψτε την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από το διακόπτη Δ_1 .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 23.2.1

$f = \dots$ σταθερή χωρίς φορτίο ο κινητήρας	
I_δ (A)	I_ϕ (A)
.....	
.....	
.....	
.....	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 23.2.2

$f = \dots$ σταθερή μέ φορτίο ό κινητήρας	
I_δ (A)	I_ϕ (A)
.....	
.....	
.....	
.....	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟ ΔΡΟΜΕΑ

24.1 Γενικά.

Από την κατασκευή τους διακρίνουμε τούς ασύγχρονους επαγωγικούς κινητήρες σε δύο είδη:

- Στούς τριφασικούς κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα και
- Στούς τριφασικούς κινητήρες με δακτυλίους.

Όνομάζουμε τούς κινητήρες αυτούς **ασύγχρονους**, γιατί η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα τους είναι μικρότερη από τη σύγχρονη ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Τούς ονομάζουμε καί **επαγωγικούς**, γιατί η άρχη λειτουργίας τους στηρίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής. Δηλαδή στη δημιουργία στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου που «επάγει» τάση στους άγωγους του τυλίγματος του τυμπάνου. Στη συνέχεια αναπτύσσονται περιφερειακές δυνάμεις, οι ροπές των οποίων προκαλούν την περιστροφή του δρομέα τους.

24.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της λειτουργίας των επαγωγικών τριφασικών κινητήρων.

24.2.1 Η διολίσθηση ή ολίσθηση (S).

$$\text{Είναι: } S = \frac{n_s - n}{n_s} \quad \text{ή} \quad S\% = \frac{n_s - n}{n_s} 100\%$$

όπου: $n_s = \frac{60 f}{p}$ (στρ/min) είναι η σύγχρονη ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου και

n οι στροφές του δρομέα ανά λεπτό.

Η διολίσθηση χωρίς φορτίο είναι της τάξεως του 0,5%. Η διολίσθηση με φορτίο, ανάλογα καί με την ισχύ του κινητήρα, είναι σε κινητήρες ισχύος μέχρι 10 PS (ίπποι) 4-5%, από 15 καί μέχρι 50 PS 3% καί πάνω από 50PS 1,5-2,5%.

24.2.2 Ροπή στρέψεως (T).

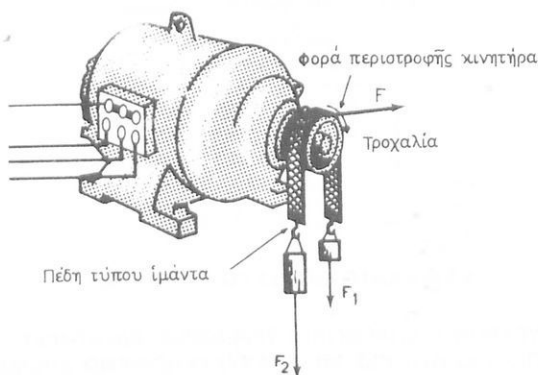
Είναι: $T = F \cdot r$ σε νιούτον × μέτρα (Nm)

Όπως είναι γνωστό, τό 1 N = 0,102 kp καί τό 1 kp (κιλοπόντ) = 9,81 N.

Όπου: F ή περιφερειακή δύναμη, στην πέδη τύπου ίμάντα καί r ή ακτίνα της τροχαλίας της πέδης (σχ. 24.2).

Η δύναμη F μεταβιβάζεται με την τριβή στόν ίμάντα. Όταν ο κινητήρας ισορροπεί με δύο διαφορετικά βάρη F_1 καί F_2 θά είναι:

$$F = F_2 - F_1$$



Σχ. 24.2.
Μέτρηση ροπής κινητήρα.

24.2.3 Μηχανική ισχύς (N).

Ἡ μηχανική ισχύς πού ἀποδίδεται στὸν ἄξονα τοῦ κινητήρα, ὅταν αὐτὸς περιστρέφεται μὲ n στροφές/μῖν εἶναι:

$$N = \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot T \quad \text{σέ W (ὅταν T σέ Nm)}$$

Ἡ πραγματική ισχύς πού ἀπορροφᾷ ὁ κινητήρας ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸ δίκτυο, ὅταν λειτουργεῖ, εἶναι $N_1 = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$. Μὲ μεγάλη προσέγγιση (ἂν ἀμελήσουμε τὶς μηχανικὲς ἀπώλειες καὶ τοῦ σιδήρου) οἱ ἠλεκτρικὲς ἀπώλειες στὸ τυλίγμα τοῦ δρομέα εἶναι:

$$N_{\alpha\delta} = N_1 \cdot S.$$

Απὸ αὐτὴ τὴ σχέση μπορούμε νὰ πούμε ὅτι οἱ ἠλεκτρικὲς ἀπώλειες στὸ τυλίγμα τοῦ δρομέα εἶναι ἀνάλογες μὲ τὴ διολίσθηση S καὶ μὲ τὴν πραγματικὴ ἰσχύ N_1 πού ἀπορροφᾷ αὐτὸς ἀπὸ τὸ δίκτυο.

24.2.4 Βαθμὸς ἀποδόσεως (η).

$$\text{Εἶναι:} \quad \eta = \frac{N}{N_1} \quad \eta \quad \eta\% = \frac{N}{N_1} \cdot 100\% \text{ μὲ ὀρισμένες παροδοχές.}$$

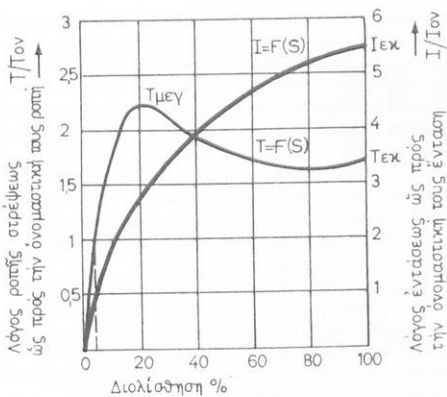
(Βλέπε τὸ ἀντίστοιχο κεφάλαιο ἀπὸ τὶς ἠλεκτρικὲς μηχανές). Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως εἶναι:

$$\eta = 1 - S \quad \eta \quad \eta\% = (1 - S) \cdot 100\%$$

Ἀπὸ τὴ σχέση αὐτὴ συμπεραίνεται ὅτι ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως εἶναι καλότερος ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ διολίσθηση. Ἐπομένως στὸς κινητήρες αὐτοὺς, ὅταν λειτουργοῦν μὲ σταθερὸ φορτίο, ἡ τυχαία ρύθμιση τῶν στροφῶν τους θὰ ἐπιφέρει καὶ ἀντίστοιχη μεταβολὴ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως.

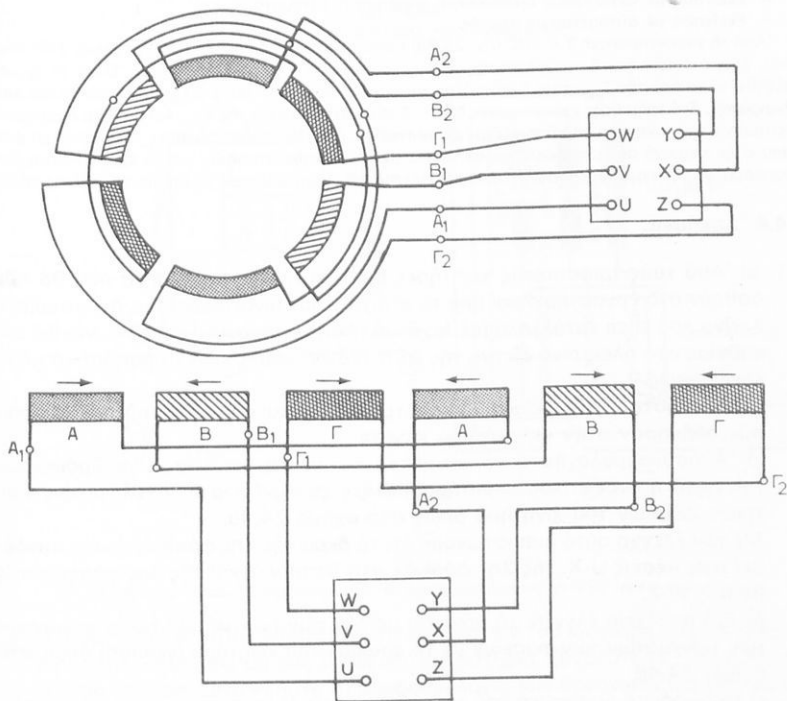
24.3 Τριφασικοὶ κινητήρες μὲ βραχυκυκλωμένο δρομέα.

Τὴν κατασκευὴ τῶν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα γνωρίζουμε ἀπὸ τὸ ἀντίστοιχο κεφάλαιο τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν.



Σχ. 24.3α.

Μεταβολή της έντασης και της ροπής κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.



Σχ. 24.3β.

Σύνδεση τυλιγμάτων κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα στο κιβώτιο άκροδεκτών.

Οι κινητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται περισσότερο από τα άλλα είδη κινητήρων, γιατί είναι απλοί στην κατασκευή τους, εύκολοι στη συντήρησή τους και δεν παρουσιάζουν συχνά βλάβες κατά τη λειτουργία τους, ενώ παράλληλα έχουν καλό βαθμό αποδόσεως.

Η ροπή στρέψεως T των κινητήρων αυτών και το ηλεκτρικό ρεύμα που απορροφούν από το ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτήσεώς τους εξαρτώνται από τη μεταβολή των στροφών τους, δηλαδή από τη διολίσθηση. Στα διαγράμματα του σχήματος 24.3α φαίνεται πώς μεταβάλλονται τα μεγέθη αυτά στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Από τη χαρακτηριστική $I = F(S)$ φαίνεται ότι τη στιγμή της εκκινήσεως του κινητήρα, πού η διολίσθηση $S = 100\%$, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εκκινήσεως είναι 5 ή 6 φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Το ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα εκκινήσεως προκαλεί σοβαρές ανωμαλίες από τη βύθιση της τάσεως στις υπόλοιπες καταναλώσεις, πού είναι συνδεδεμένες στο ίδιο ηλεκτρικό δίκτυο με τον κινητήρα.

Στό τύμπανο του δρομέα υπάρχει το τύλιγμα του κλωβού το οποίο δεν συνδέεται ηλεκτρικά με κανένα είδος ηλεκτρικής πηγής. Το γεγονός αυτό απλουστεύει την κατασκευή των κινητήρων και περιορίζει στο ελάχιστο τη συντήρησή τους. Ο στάτης φέρει τριφασικό τύλιγμα, όπως οι εναλλακτικές και οι σύγχρονοι κινητήρες με στρεφόμενους πόλους. Τα άκρα των τυλιγμάτων των τριών φάσεων καταλήγουν στο κιβώτιο άκροδεκτών με τη σειρά όπως, φαίνεται στο σχήμα 24.3β.

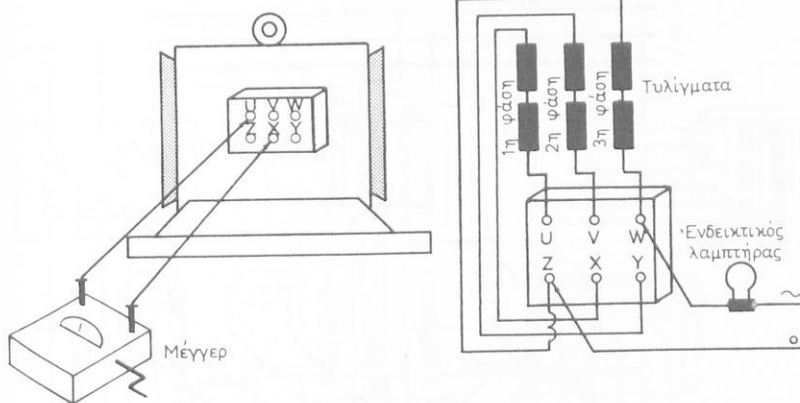
Για τον περιορισμό της έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος εκκινήσεως σε κινητήρες ισχύος πάνω από 1,1 kW, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι εκκινήσεως:

- Έκκίνηση με διακοπή άστρα-τρίγωνο (χειροκίνητος ή αυτόματος).
- Έκκίνηση με αντίστασεις (χειροκίνητο σύστημα ή αυτόματο).
- Έκκίνηση με αυτόμετασχηματιστές.

Από τη χαρακτηριστική $T = F(S)$ (σχ. 24.3α) παρατηρείται ότι όταν η διολίσθηση είναι 20% περίπου, έχουμε ανάπτυξη της μεγαλύτερης ροπής στρέψεως ($T_{\text{μεγ}}$) στον κινητήρα. Όταν το φορτίο αυξηθεί πέρα από την $T_{\text{μεγ}}$ τότε ο κινητήρας σταματά απότομα. Γι' αυτό η $T_{\text{μεγ}}$ ονομάζεται και **ροπή άνατροπής**. Στο τμήμα της χαρακτηριστικής $T = F(S)$ από το σημείο της $T_{\text{μεγ}}$ και προς τα άριστερά, η λειτουργία του κινητήρα χαρακτηρίζεται ως **ευσταθής**. Δηλαδή σε οποιαδήποτε μεταβολή του φορτίου στην περιοχή αυτή, προκαλείται απότομα μεταβολή των στροφών για να έχουμε ταυτόχρονη προσαρμογή του παρεχόμενου κινητήριου έργου από τον κινητήρα προς τις απαιτήσεις του φορτίου.

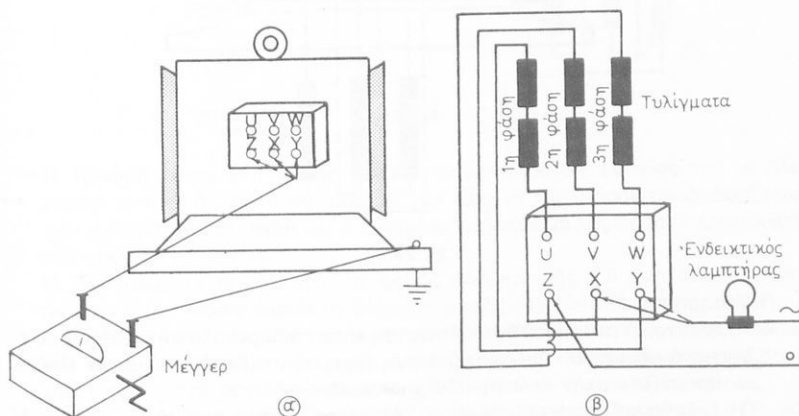
24.4 Άσκησης.

1. α) Από τούς τριφασικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα πού θα σας δοθούν στο εργαστήριο και από τα στοιχεία των πινακίδων τους, αναγνωρίστε εκείνο πού είναι κατάλληλο (σε ισχύ και τάση λειτουργίας) για να συνδεθεί απ' ευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ (380V) χωρίς κανένα βοηθητικό μέσο εκκινήσεως.
- β) Σημειώστε τα στοιχεία του στο τετράδιό σας και εξηγήστε τούς λόγους πού σας οδήγησαν στην έκλογή πού κάνατε.
- γ) Άποσυναρμολογήστε τον κινητήρα και με τη βοήθεια ενός ωμόμετρου (Μέγγερ) ή ένδεικτικού λαμπτήρα ελέγξτε τη συνέχεια των τυλιγμάτων των τριών φάσεων του κινητήρα όπως στο σχήμα 24.4α. Με τον έλεγχο αυτό διαπιστώνομε ότι τα άκρα της 1ης φάσεως έχουν συνδεθεί στις θέσεις U-X, της 2ης φάσεως στη θέση V-Y και της 3ης φάσεως στις θέσεις W-Z.
- δ) Στη συνέχεια ελέγξτε τη μόνωση μεταξύ των τυλιγμάτων των φάσεων και των τυλιγμάτων των φάσεων με το «σώμα» του κινητήρα (γείωση) όπως στο σχήμα 24.4β.
- ε) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας τις ενέργειες και τούς χειρισμούς, πού πραγματοποιήσατε στην άσκηση και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.



Σχ. 24.4α.

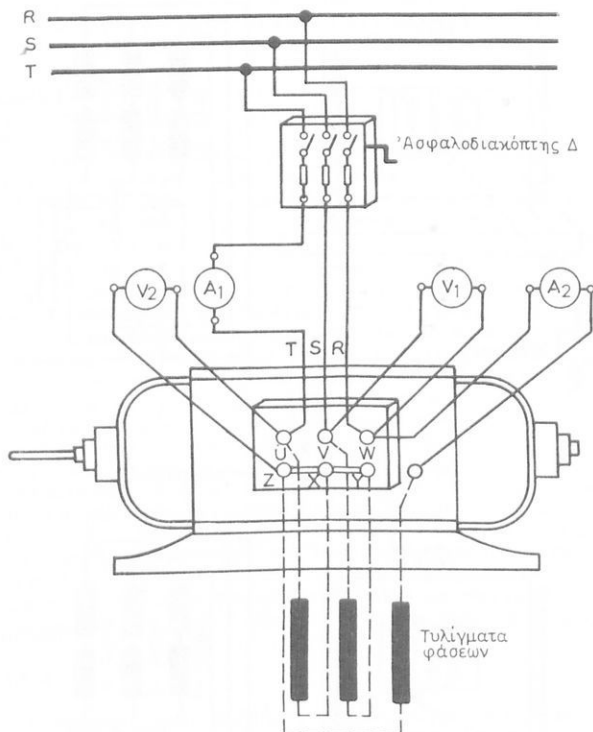
Έλεγχος της συνέχειας των τυλιγμάτων.



Σχ. 24.4β.

α) Έλεγχος γειώσεως τυλιγμάτων. β) Έλεγχος μονώσεως μεταξύ των τυλιγμάτων.

2. α) Αναγνωρίστε τα τυλιγμάτων των τριών φάσεων του κινητήρα (ισχύος μικρότερης από 2PS), πού θα σ'ās δοθεί στο εργαστήριο. Συνδέστε τα τυλιγμάτων σε άστέρα και πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία των όργανων έλέγχου του όπως στο σχήμα 24.4γ. Η σύνδεση του κινητήρα γίνεται απ' ευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο λόγω της μικρής ισχύος του.
- β) Τροφοδοτήστε τον κινητήρα με ηλεκτρικό ρεύμα κλείνοντας το διακόπτη Δ.



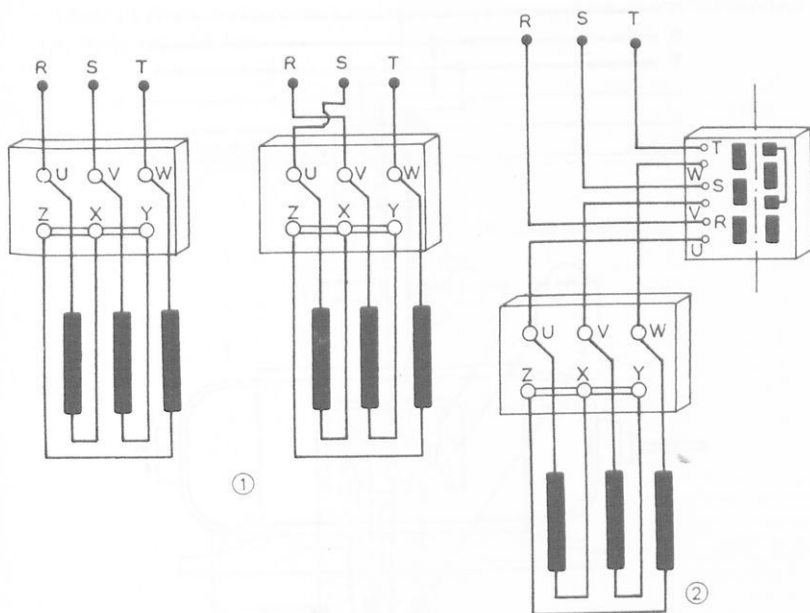
Σχ. 24.4γ.

Παρατηρήστε ότι:

- Τό ηλεκτρικό ρεύμα κατά την εκκίνηση είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με τό ηλεκτρικό ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας σε σταθερή λειτουργία. Πρέπει να προσέξετε στην εκλογή των αμπερομέτρων.
- Η ένδειξη του αμπερόμετρου A_1 (ηλεκτρικό ρεύμα γραμμής) είναι ίδια με την ένδειξη του A_2 (ηλεκτρικό ρεύμα στο τυλίγμα μίας φάσεως).
- Η ένδειξη του βολτόμετρου V_1 (πολική τάση) είναι 1,73 φορές μεγαλύτερη από την ένδειξη του βολτομέτρου V_2 (φασική τάση).

γ) Σταματήστε τον κινητήρα και αφού σχεδιάσετε τη συνδεσμολογία της άσκησης στο τετράδιό σας, διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

3. α) Σε κινητήρα όμοιο με εκείνο της άσκησης 2, πραγματοποιήστε διαδοχικά τις δύο συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων του στο κιβώτιο άκροδεκτών όπως στο σχήμα 24.4δ (1) αντιστρέφοντας κάθε φορά τη σειρά των φάσεων R, S, T.



Σχ. 24.46.

β) Τροφοδοτήστε καί τις δύο φορές τόν κινητήρα απ' ευθείας από τό ηλεκτρικό δίκτυο. Διαπιστώστε πώς μέ τήν αλλαγή τής σειράς τροφοδοτήσεως τών τυλιγμάτων τών φάσεων, επιτυγχάνεται ή αλλαγή τής φοράς περιστροφής του κινητήρα.

γ) Έπαναλάβετε τήν αλλαγή τής φοράς περιστροφής του κινητήρα χρησιμοποιώντας τόν ειδικό διακόπτη αλλαγής φοράς [σχ. 24.4δ (2)].

δ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τις συνδεσμολογίες τής άσκήσεως καί σημειώστε τά χαρακτηριστικά του κινητήρα καί τών συσκευών πού χρησιμοποιήσατε. Διατυπώστε στο τετράδιο τις παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

4. α) Από τούς τριφασικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα πού θά σάς δοθούν στο έργαστήριο, διαλέξτε τόν κατάλληλο μέ τόν όποιο μπορούν νά συνδεθούν τά τυλίγματα τών φάσεων του σέ τρίγωνο γιά νά λειτουργήσει στο δίκτυο τής ΔΕΗ (380 V). (Η Ισχύς του πρέπει νά είναι μικρότερη από 2PS). Σημειώστε τά χαρακτηριστικά του στοιχεία στο τετράδιό σας.

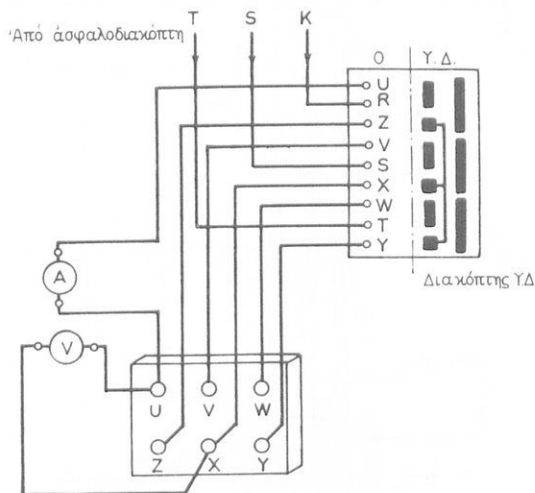
β) Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του σχήματος 24.4ε καί τροφοδοτήστε τόν κινητήρα μέ ηλεκτρικό ρεύμα κλείνοντας τό διακόπτη Δ.

Παρατηρήστε ότι:

- Τό ηλεκτρικό ρεύμα κατά τήν έκκίνηση του κινητήρα είναι μεγαλύτερο από τό αντίστοιχο στή συνδεσμολογία του κινητήρα σέ άστέρα (ένδειξεις άμπερομέτρου Α₁, βλέπε άσκηση 2).

μέ τον κατάλληλο διακόπτη άστέρα-τρίγωνο (Y-Δ) και πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του σχήματος 24.4ζ.

β) Τροφοδοτήστε τον κινητήρα με ηλεκτρικό ρεύμα κλείνοντας τον ασφαλειο-διακόπτη. Θέσετε σε κίνηση τον κινητήρα στρέφοντας τό διακόπτη Y-Δ στή θέση Y (άστέρα). Σημειώστε άμέσως τίσ ένδείξεις του βολτόμετρου (V) και του άμπερόμετρου (A).



Σχ. 24.4ζ.

Κιβώτιο άκροδεκτών κινητήρα.

Συνεχίστε περιστρέφοντας τό διακόπτη στή θέση Δ (τρίγωνο). Σημειώστε πάλι τίσ ένδείξεις των όργάνων (V) και (A). Συγκρίνετε αυτές τίσ ένδείξεις μέ εκείνες του διακόπτη στή θέση Y.

γ) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τή συνδεσμολογία τής άσκήσεως. Έξηγήστε τό ποϋ όφείλονται οι διαφορετικές ένδείξεις των όργάνων (A) και (V) στίς δύο θέσεις του διακόπτη άστέρα-τρίγωνου. Συγκρίνετε τά αποτελέσματα τής άσκήσεως μέ εκείνα τής άσκήσεως 5. Διατυπώστε τίσ παρατηρήσεις και τά συμπεράσματά σας.

7. α) Στόν άξονα ενός από τούς κινητήρες πού χρησιμοποιήσατε στίς προηγούμενες άσκήσεις συνδέστε δυναμοπέδη και στό κύκλωμα τροφοδοτήσεώς του με ηλεκτρικό ρεύμα ένα συνημιτονόμετρο (συνφ). Πρίν από κάθε ένέργειά σας σχεδιάστε τή συνδεσμολογία τής άσκήσεως και σημειώστε τά χαρακτηριστικά στοιχεία του κινητήρα των όργάνων και συσκευών στό τετράδιό σας. Θέσετε σε κίνηση τον κινητήρα με τήν ίδια διαδικασία πού κάνετε σε προηγούμενη άσκηση. Ρυθμίστε τό φορτίο του κινητήρα με τή δυναμοπέδη ώστε ή περιφερειακή δύναμη F νά άντιστοιχεί στίς άκόλουθες τιμές φορτίσεως:
- F_0 = Λειτουργία χωρίς φορτίο

- $F_1 = 1/2$ του όνομαστικού φορτίου του κινητήρα.
- F_3 = φορτίο ανατροπής (σ' αυτό τό φορτίο ό κινητήρας σταματά άπότομα).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 24.4.1

Άκτίνα τροχαλίας $r = \dots\dots\dots$ m Πολική τάση $U = \dots\dots\dots$ V, $n_s = \dots\dots\dots$ σ _{αφ} /min			
Δυνάμεις φορτίου F σέ kg	σέ στρ/min	Ρεϋμα γραμμής σέ A	συνφ
.....			
.....			
.....			
.....			

Σέ κάθε μία άπό τίς παραπάνω φορτίσεις μετρήστε τίς αντίστοιχες στροφές του κινητήρα (μέ στροφόμετρο), τήν ήλεκτρική ένταση του ρεύματος γραμμής που άπορροφά ό κινητήρας άπό τό ήλεκτρικό δίκτυο καί τό συντελεστή ισχύος (συνφ). Καταχωρήστε τίς μετρήσεις σας στόν πίνακα άποτελεσμάτων 24.4.1.

β) Άπό τόν πίνακα άποτελεσμάτων 24.4.1 ύπολογίστε:

- Τή ροπή στρέψεως, που είναι: $T = F \cdot r$
- Τήν άποδιδόμενη μηχανική ισχύ, που είναι:
 $N = 0,0107 \cdot n \cdot T$ σέ W (T σέ kpm)

- Τή διολίσθηση, που είναι: $S\% = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%$

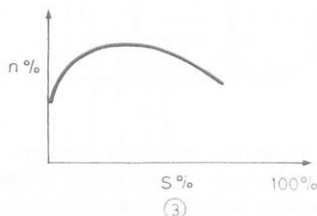
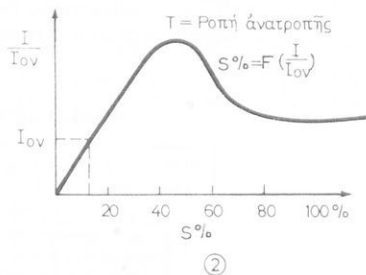
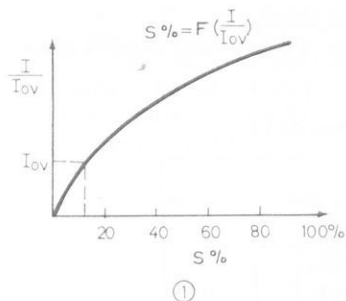
- Τήν άπορροφούμενη ήλεκτρική ισχύ, που είναι: $N_1 = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ}$ καί

- Τό βαθμό άποδόσεως, που είναι: $\eta\% = \frac{N}{N_1} \cdot 100\%$

Τά άποτελέσματα τών ύπολογισμών σας καταχωρήστε τα στόν πίνακα άποτελεσμάτων 24.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 24.4.2

Δυνάμεις φορτίου	T σέ (kgm)	N σέ (W)	S%	N ₁ σέ (w)	η%
.....					
.....					
.....					
.....					



Σχ. 24.4η.

γ) Μέ τη βοήθεια τῶν πινάκων αποτελεσμάτων 24.4.1 καί 24.4.2 χαράξτε τίς χαρακτηριστικές:

$$S\% = F\left(\frac{I}{I_{OV}}\right) \quad S\% = F\left(\frac{T}{T_{OV}}\right) \quad S\% = F(\eta\%) \quad (\text{σχ. 24.4η})$$

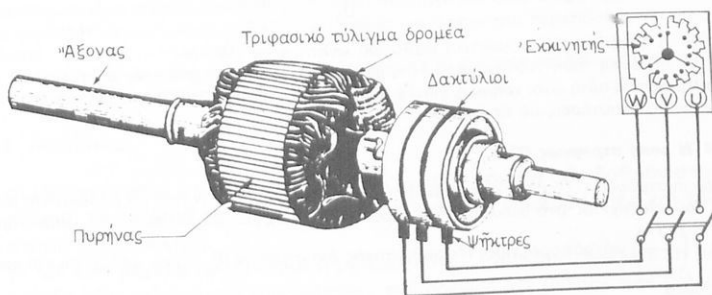
δ) Συμπληρώστε στό τετράδιο σας τό υπόλοιπο ἀπό τήν άσκήση. Διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ

25.1 Γενικά.

Κατασκευαστικά οι κινητήρες αυτοί ξεχωρίζουν από τούς κινητήρες βραχυκλωμένου δρομέα μόνο ως προς την κατασκευή του δρομέα. Όπως είναι γνωστό, ο δρομέας των κινητήρων αυτών φέρει συνήθως τριφασικό τύλιγμα, όπως οι εναλλακτήρες με σταθερούς πόλους. Μέσω των ψηκτρών συνδέεται στους δακτύλιους σύστημα ρυθμιστικής αντίστασης (*έκκινήτης*) (σχ. 25.1).



Σχ. 25.1.

Ο αριθμός των μαγνητικών πόλων, που σχηματίζονται όταν το τύλιγμα του δρομέα είναι ρευματοφόρο, είναι πάντοτε ο ίδιος με τον αριθμό των πόλων του τυλίγματος του στάτη.

25.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της λειτουργίας των κινητήρων με δακτύλιους.

25.2.1 Η πολική τάση.

Αναπτύσσεται στο τύλιγμα του δρομέα (U_2) κατά τη στιγμή της εκκίνησης του κινητήρα. Είναι:

$$U_2 = U \frac{W_2}{W_1}$$

Όπου: U η πολική τάση του ηλεκτρικού δικτύου τροφοδοτήσεως του κινητήρα και W_1 και W_2 ο αριθμός των άγωγων των τυλιγμάτων στάτη και δρομέα αντίστοιχα.

Η πολική τάση U_2 , όταν ο κινητήρας λειτουργεί με διολίσθηση s γίνεται:

$$U_{2s} = S \cdot U_2 \text{ (αντίστοιχη φασική τάση } U_{\phi s} = U_{2s} / 1,73)$$

25.2.2 Η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος στο δρομέα.

Κατά την εκκίνηση $f_2 = f$, όπου f η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που τροφοδοτεί τον κινη-

τήρα. Για λειτουργία με διολίσθηση (s) έχουμε $f_{2s} = s \cdot f$. Επομένως και η αυτεπαγωγική αντίσταση του τυλίγματος του δρομέα γίνεται $X_{2s} = s \cdot X_2$ (τή στιγμή έκκινήσεως του κινητήρα είναι $X_2 = L_2 \omega_s$).

25.2.3 Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στο δρομέα (I_2).

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (I_2) στο δρομέα του κινητήρα είναι:

$$I_2 = \frac{U_2}{1,73 \sqrt{\left(\frac{R_\delta}{S}\right)^2 + X_2^2}}$$

όπου: R_δ ή συνολική ωμική αντίσταση του τυλίγματος του δρομέα του κινητήρα και μέρος από τη ρυθμιστική αντίσταση του εκκινήτη ($R_\delta = R_2 + R_e$).

Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, που είναι $s = 1$, έχουμε τη μεγαλύτερη τιμή του I_2 . Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εκκινήσεως μπορεί να περιορισθεί με τη σύνδεση των αντιστάσεων του εκκινήτη σε σειρά με τα τυλίγματα των φάσεων του δρομέα. Ο υπολογισμός του ηλεκτρικού ρεύματος εκκινήσεως γίνεται με μεγάλη προσέγγιση από τη σχέση:

$$I_{2ek} = \frac{650 \cdot N}{U_2} \quad (A)$$

όπου: N ή αποδιδόμενη ονομαστική ισχύς του κινητήρα σε kW και

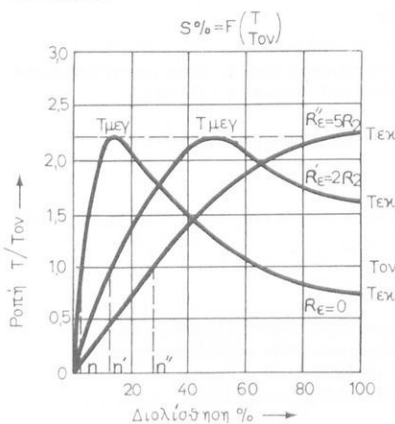
U_2 ή πολική τάση του δρομέα με τις ψήκτρες άνωσφωμένες από τους δακτύλιους.

Η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη, γιατί από την τιμή I_{2ek} καθορίζεται η διατομή των άγωγων που συνδέουν τις αντιστάσεις με τις ψήκτρες.

25.2.4 Η ροπή στρέψεως (T).

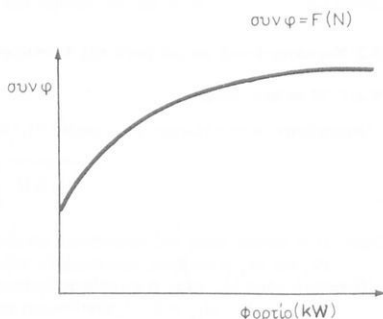
Η ροπή στρέψεως (T) στους κινητήρες αυτούς έπηρεάζεται από την τιμή της ρυθμιστικής αντίστασης που εισέρχεται στο κύκλωμα του δρομέα. Στο σχήμα 25.2α φαίνονται χαρακτηριστικά

$s\% = F\left(\frac{T}{T_{ov}}\right)$ για διάφορες τιμές της ρυθμιστικής αντίστασεως (R_e) που εισέρχεται στο κύκλωμα του δρομέα.



Σχ. 25.2α.

Μεταβολή της ροπής σε κινητήρα με δακτύλιους για διάφορες τιμές της ρυθμιστικής αντίστασεως R_e .



Σχ. 25.2β.

Χαρακτηριστική $\cos \varphi = F(N)$.

Από τη μορφή των χαρακτηριστικών αυτών παρατηρούμε ότι όσο αυξάνουμε την αντίσταση (R_e) στο κύκλωμα του δρομέα τόσο μεγαλώνει η ροπή εκκίνησης του κινητήρα. Η μέγιστη ροπή T (ροπή ανατροπής) επιτυγχάνεται σε μεγαλύτερη διολίσθηση (s), ή δέ διολίσθηση του κινητήρα για κανονικό φορτίο αυξάνει (δηλαδή μειώνεται ο ονομαστικός αριθμός στροφών του κινητήρα n_{ov}).

25.2.5 Ο συντελεστής ισχύος (συνφ) του κινητήρα.

Εξαρτάται από τις μεταβολές του φορτίου του. Στην κανονική φόρτιση φθάνει τό 0,80-0,90. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί χωρίς φορτίο τό συνφ έχει πολύ μικρή τιμή (σχ. 25.2β).

25.2.6 Μεταβολή της τάσεως τροφοδοτήσεως.

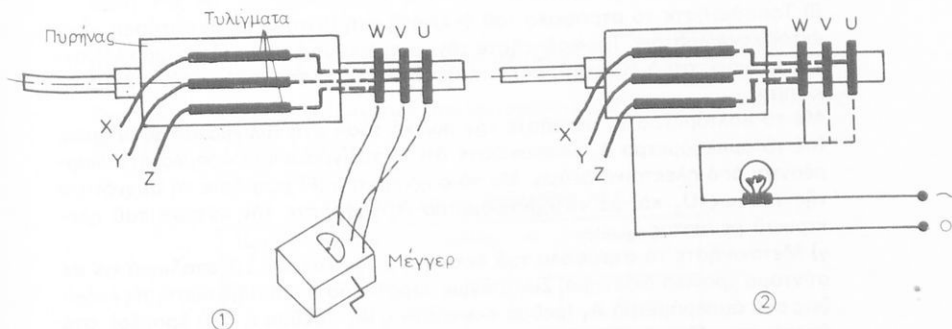
Σημαντική επίδραση στη λειτουργία του κινητήρα με δακτύλιους ασκείται από τη μεταβολή της τάσεως τροφοδοτήσεως του, όταν ή συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος παραμένει σταθερή.

Η αναπτυσσόμενη ροπή στον άξονα του κινητήρα και ιδιαίτερα η ροπή εκκίνησης και ανατροπής, μεταβάλλονται με τό τετράγωνο της τάσεως τροφοδοτήσεως του δικτύου, ενώ ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εκκίνησης μεταβάλλεται ανάλογα με την τάση του δικτύου. Όταν ή τάση του δικτύου ή όποια τροφοδοτεί τον κινητήρα και ή αντίσταμένη ροπή του φορτίου του κινητήρα παραμένουν σταθερές, ή ισχύς του κινητήρα καθώς και ή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του αυξάνονται. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος πού απορροφά ο κινητήρας και ή θερμοκρασία του σ' αυτή την περίπτωση είναι περίπου σταθερή. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή έχομε μείωση της τάσεως τροφοδοτήσεως, ή ισχύς του κινητήρα καθώς και ή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του μειώνεται.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος τροφοδοτήσεως του κινητήρα και ή θερμοκρασία του αυξάνουν στην αντίθετη περίπτωση.

25.3 Ασκήσεις.

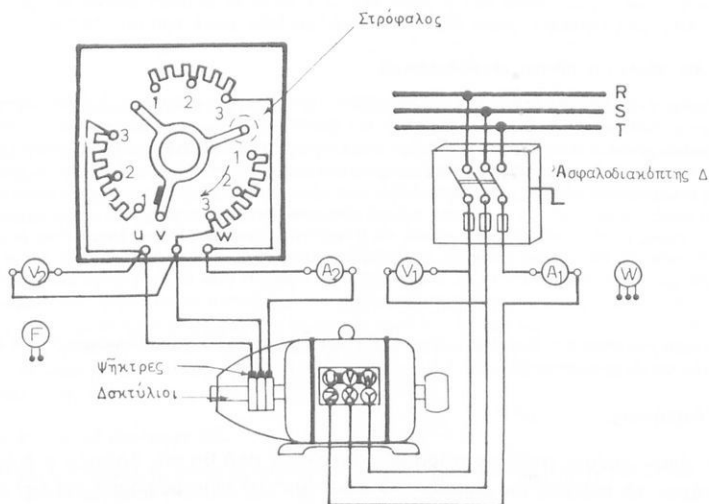
1. α) Αναγνώριστε στον κινητήρα με δακτύλιους πού θά σās δοθούν στο έργο-στήριο, τό τύλιγμα του δρομέα, τό σύστημα του ψηκτροφορέα και την αντίσταση του εκκινήτη.
- β) Μέ ένα μέγгер (ωμόμετρο) ή με ένδεικτικό λαμπτήρα, έλέγξτε τη μόνωση μεταξύ των τυλιγμάτων των φάσεων του δρομέα και μεταξύ των τυλιγμάτων και του πυρήνα του δρομέα (σχ. 25.3α).



Σχ. 25.3α.

- 1) Έλεγχος της μόνωσης μεταξύ των τυλιγμάτων των φάσεων. 2) Έλεγχος για γείωση του τυλιγματος.

- γ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τις αντίστοιχες συνδεσμολογίες που πραγματοποιήσατε και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.
2. α) Με το δακτυλιοφόρο κινητήρα, τις συσκευές έλεγχου και τα όργανα που θά σάς δοθούν στο εργαστήριο, πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 25.3β.



Σχ. 25.3β.

Σύνδεση δακτυλιοφόρου κινητήρα σέ δίκτυο.

β) Τοποθετήστε το στρόφαλο του έκκινητή στή θέση Ο (οι αντίστάσεις είναι εκτός κυκλώματος). Τροφοδοτήστε τον κινητήρα με ηλεκτρικό ρεύμα κλείνοντας το διακόπτη Δ. Ο κινητήρας στή θέση αυτή του στροφάλου δέν τίθεται σέ κίνηση.

Μέ τό βολτόμετρο V_2 μετρήστε τήν πολική τάση στά τυλίγματα του δρομέα. Μέ τό άμπερόμετρο A_2 διαπιστώστε ότι τά τυλίγματα του δρομέα δέν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Μέ τό συχνόμετρο (F) μετρήστε τή συχνότητα τής τάσεως U_2 καί μέ τό άμπερόμετρο A_1 μετρήστε τήν ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος I_0 .

γ) Μετακινήστε τό στρόφαλο του έκκινητή στίς θέσεις 1,2,3 σταδιακά καί σέ σύντομο χρονικό διάστημα. Συγχρόνως παρατηρήστε καί σημειώστε τίσ ένδείξεις στά άμπερόμετρα A_1 (ρεύμα έκκινήσεως) A_2 (ρεύμα I_2 στο δρομέα), στο βολτόμετρο V_2 καί στο συχνόμετρο (F).

δ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τή συνδεσμολογία τής άσκήσεως. Διατυπώστε τίσ παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας γιά τίσ μεταβολές τών ένδείξεων τών όργάνων έλέγχου μέ τή μετακίνηση του στροφάλου του έκκινητή.

3. α) Συνδέστε στόν άξονα του κινητήρα της άσκήσεως 2 δυναμοπέδη. Τροφοδοτήστε τόν κινητήρα μέ ηλεκτρικό ρεύμα από τό δίκτυο.

Μετακινήστε τό στρόφαλο του έκκινητή σταδιακά:

Θέση 1: Όλόκληρη ή αντίσταση R_e του έκκινητή σέ σειρά στο τύλιγμα κάθε φάσεως του δρομέα.

Θέση 2: Μέρος της αντίστασεως R_e σέ σειρά στο τύλιγμα κάθε φάσεως.

Θέση 3: Η R_e εκτός κυκλώματος των φάσεων των τυλιγμάτων.

Γιά κάθε θέση του στροφάλου 1,2,3 της R_e διατηρήστε την περιφερειακή δύναμη (F) της δυναμοπέδης σταθερή καί μετρήστε μέ ένα στροφόμετρο τίς στροφές του δρομέα του κινητήρα, την τάση U_2 , την ένταση I_2 , την ένταση I_1 καί την πραγματική ισχύ (N) που άναρροφάται από τό ηλεκτρικό δίκτυο (μέ τό βαττόμετρο (W) (σχ. 25.3β).

Σημειώστε τά αποτελέσματα των μετρήσεων στόν πίνακα αποτελεσμάτων 25.3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 25.3.1

Τάση τροφοδοτήσεως $U_1 = \dots\dots$ σταθερή Περιφερειακή δύναμη δυναμοπέδης $F = \dots\dots$ σταθερή						
R_e	n	U_2	I_2	I_1	N_1	
R_{e0}						
R_{e1}						
R_{e2}						
R_{e3}						

β) Από τίς τιμές του πίνακα αποτελεσμάτων 25.3.1 υπολογίστε σέ κάθε μεταβολή της R_e τή διολίσθηση $s\%$, τή συχνότητα $f_2 = s \cdot f$, τή σταθερή

άνθιστάμενη ροπή $T_a = F \cdot r$ καθώς καί τό συνφ $_1 = \frac{N_1 \text{ (πραγματική)}}{N_\phi \text{ (φαινομένη)}}$.

Σημειώστε τά αποτελέσματα των υπολογισμών σας στόν πίνακα αποτελεσμάτων 25.3.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 25.3.2

Άκτινα τροχαλίας δυναμοπέδης $r = \dots\dots$ σταθερή $T_a = \dots\dots$ σταθερή			
R_e	$s\%$	f_2	συνφ $_1$

γ) Τοποθετήστε τό στρόφαλο τής ρυθμιστικής αντίστασης R_e σταθερά στή θέση 1 καί μεταβάλλετε τό φορτίο τής δυναμοπέδης. Κάνετε τήν ίδια εργασία καί γιά τίς θέσεις 2 καί 3 τοῦ στροφάλου τής R_e . Γιά κάθε θέση τοῦ στροφάλου τής R_e σημειώστε στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 25.3.3 τίς μεταβολές τής περιφερειακῆς δυνάμεως (F) τής δυναμοπέδης, τίς ἐντάσεις I_1 καί I_2 , τήν ἰσχὺ N_1 καί τίς στροφές τοῦ δρομέα n .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 25.3.3

Ἄκτινα τροχαλίας δυναμοπέδης $r = \dots\dots\dots$ $U_1 = \dots\dots\dots$ σταθερό						
Γιά $R_{e_1} = \text{σταθερό}$						Γιά $R_{e_2} = \text{σταθερό}$
F	T	I_1	I_2	N_1	n	Γιά $R_{e_3} = \text{σταθερό}$
F_1						
F_2						
F_3						

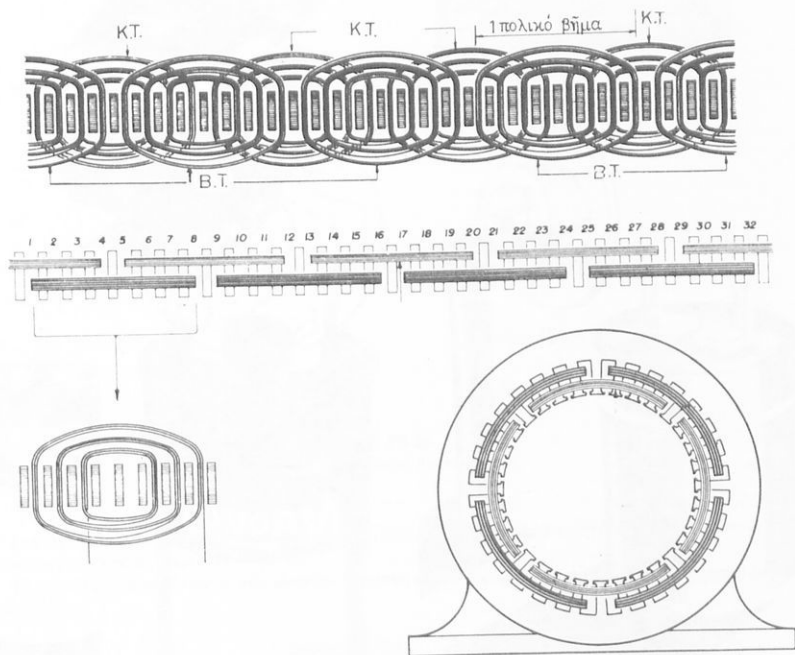
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΔΡΟΜΕΑ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ

26.1 Γενικά.

Όπως καί στους ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, έτσι καί εδώ, ή άρχή λειτουργίας των ασύγχρονων μονοφασικών κινητήρων μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα βασίζεται στην άρχή τής έπαγωγής.

Τό στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, γύρω από τούς άγωγούς του τυλίγματος κλωβού του δρομέα, έπιτυγχάνεται από δύο έναλλασσόμενα μαγνητικά πεδία των όποιων οι διευθύνσεις είναι κάθετες καί παρουσιάζουν διαφορά φάσεως 90°. Για τό σκοπό αυτό στά αύλákια του στάτη του κινητήρα αναπτύσσονται δύο τυλίγματα, έτσι ώστε οι όμάδες του ενός τυλίγματος νά απέχουν από τίς όμάδες του άλλου τυλίγματος κατά $\frac{1}{2}$ του πολικού βήματος (σχ. 26.1).



Σχ. 26.1.

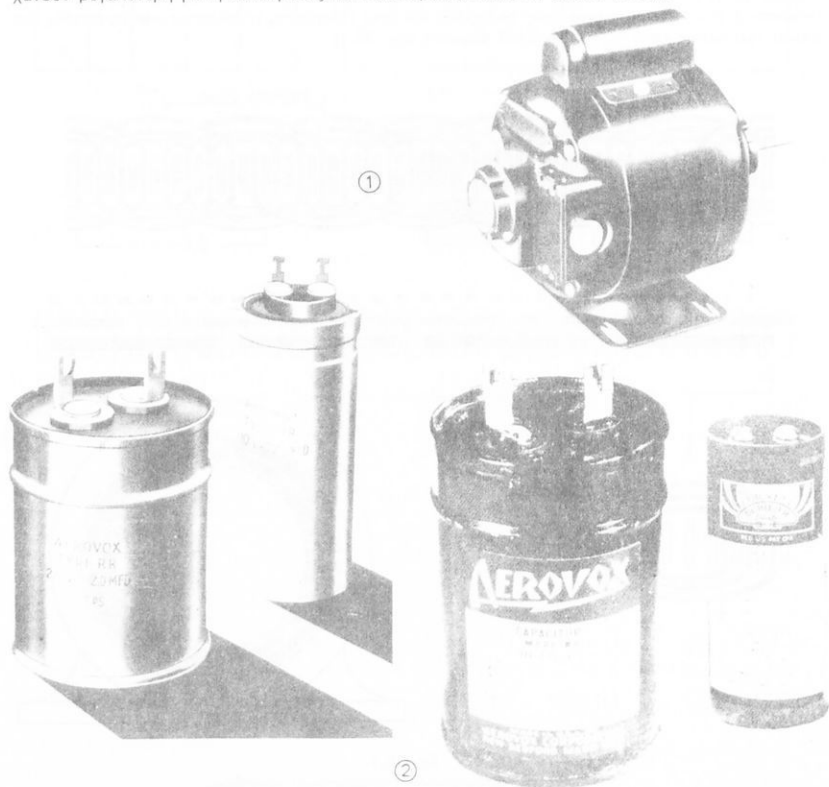
Τυλίγματα ασύγχρονου μονοφασικού κινητήρα.
B.T. = Βοηθητικό τύλιγμα. K.T. = Κύριο τύλιγμα.

Τό ένα τύλιγμα ονομάζεται **κύριο τύλιγμα** (Κ.Τ.) καί τροφοδοτείται μέ ηλεκτρικό ρεύμα σέ ὅλη τή διάρκεια τῆς λειτουργίας τοῦ κινητήρα, ἐνῶ τό ἄλλο τύλιγμα ονομάζεται **βοηθητικό** (Β.Τ.) καί χρησιμοποιεῖται μόνο γιά τήν ἐκκίνηση τοῦ κινητήρα καί μέχρι νά ἀναπτύξει ὁ δρομέας τοῦ τόν ὀνομαστικό ἀριθμό στροφῶν του.

Τό βοηθητικό τύλιγμα διαρρέεται ἀπό ηλεκτρικό ρεύμα, πού ἔχει διαφορά φάσεως 90° ἀπό τό ρεύμα πού διαρρέει τό κύριο τύλιγμα. Ἔτσι καί ἡ ἀντίστοιχη διαφορά φάσεως τῶν μαγνητικῶν πεδίων πού δημιουργοῦν αὐτά τά ηλεκτρικά ρεύματα εἶναι 90° . Γιά νά ἐπιτύχομε τή διαφορά φάσεως τῶν 90° μεταξύ τῶν ηλεκτρικῶν ρευμάτων τῶν δύο τυλιγμάτων (βοηθητικό καί κύριο) συνδέομε σέ σειρά μέ τό βοηθητικό τύλιγμα ἓνα πυκνωτή. Οἱ κινητήρες αὐτοί ὀνομάζονται μονοφασικοί ἀσύγχρονοι κινητήρες μέ **πυκνωτή ἐκκινήσεως**. Συνδέομε σέ σειρά μέ τό βοηθητικό τύλιγμα καί **ὠμική ἀντίσταση**. Οἱ κινητήρες αὐτοί ὀνομάζονται μονοφασικοί ἀσύγχρονοι κινητήρες μέ **ἀντίσταση ἐκκινήσεως**.

26.2 Κινητήρες μέ πυκνωτή ἐκκινήσεως.

Ἡ ἰσχύς τῶν κινητήρων αὐτῶν φθάνει μέχρι $1,5 \text{ kW}$. Χρησιμοποιοῦνται περισσότερο ἀπό τά ἄλλα εἶδη τῶν μονοφασικῶν κινητήρων, γιάτι παρουσιάζουν ὀρισμένα πλεονεκτήματα. Βασικά ἐπιτυχάνουν μεγαλύτερη ροπή ἐκκινήσεως καί καλύτερο συντελεστή ἰσχύος (συνφ).



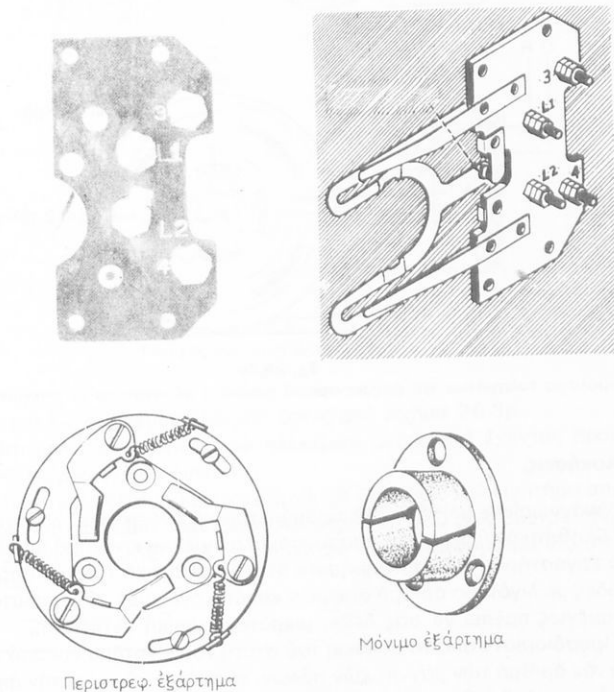
Σχ. 26.2α.

1) Κινητήρας μέ πυκνωτή. 2) Πυκνωτές ἐκκινήσεως.

Οι κινητήρες αυτοί εύκολα ξεχωρίζουν από τα άλλα είδη των κινητήρων, γιατί ο πυκνωτής εκκινήσεως είναι τοποθετημένος συνήθως στο κέλυφος του στάτη τους.

Στό σχήμα 26.2α φαίνονται ένας κινητήρας του είδους αυτού (1) και συνηθισμένοι τύποι πυκνωτών εκκινήσεως (2).

Επίσης ξεχωρίζουν στην κατασκευή τους και από το φυγοκεντρικό διακόπτη (σχ. 26.2β). Πρόκειται για ένα ειδικό εξάρτημα του οποίου η λειτουργία εξαρτάται από τη φυγόκεντρη δύναμη που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή του δρομέα του κινητήρα.



Σχ. 26.2β.
Φυγοκεντρικός διακόπτης.

Στό σχήμα 26.2γ φαίνεται η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του κινητήρα με το φυγοκεντρικό διακόπτη και τόν πυκνωτή εκκινήσεως.

Τά άκρα των τυλιγμάτων στους κινητήρες αυτούς συμβολίζονται σύμφωνα με τούς παρακάτω κανονισμούς:

Γερμανικοί V.D.E. Άγγλικοί B.S. Αμερικανικοί A.S.S.

Κύριο τύλιγμα:

U - V

A₁ - A₁

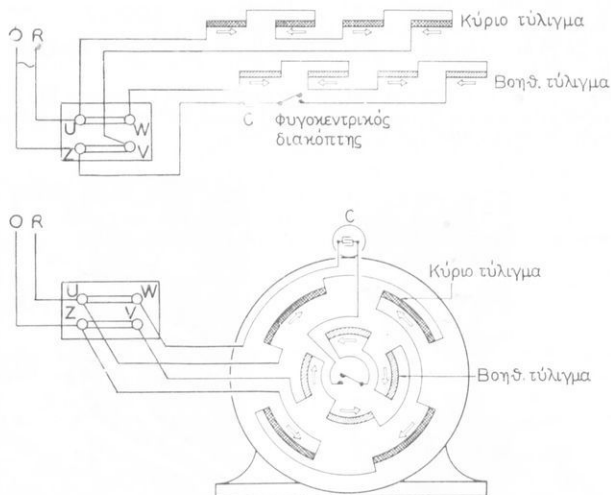
T₁ - T₃

Βοηθητικό τύλιγμα:

W - Z

Z₁ - Z₂

T₂ - T₄

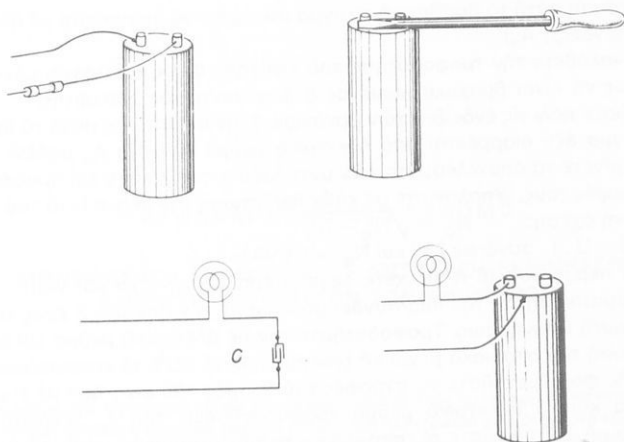


Σχ. 26.2γ.

Συνδεσμολογία τυλιγμάτων και φυγοκεντρικού διακόπτη σε κινητήρα με πυκνωτή έκκινήσεως.

26.3 Άσκήσεις.

1. α) Αναγνωρίστε με τη βοήθεια ωμόμετρου ή ένδεικτικού λαμπτήρα το κύριο και βοηθητικό τύλιγμα του αποσυναρμολογημένου κινητήρα που θα σας δοθεί στο εργαστήριο. Θα παρατηρήσετε ότι το βοηθητικό τύλιγμα αποτελείται από ομάδες με λιγότερο αριθμό σπειρών και από αγηγούς με μεγαλύτερη διατομή. Επομένως πρέπει να σας δείξει μικρότερη ωμική αντίσταση.
 β) Προσδιορίστε από τα αλάρκια του στάτη του κινητήρα και από τα τυλιγμάτα του τον αριθμό των μαγνητικών πόλων, το πολικό βήμα και την απόσταση των ομάδων του βοηθητικού από τις ομάδες του κύριου τυλιγματος.
 γ) Ελέγξτε με μέγγερ τη μόνωση μεταξύ των ομάδων των τυλιγμάτων και μεταξύ των ομάδων με το «σώμα» του στάτη (γείωση).
 δ) Αναγνωρίστε τα μέρη του φυγοκεντρικού διακόπτη του κινητήρα και παρατηρήστε τον τρόπο λειτουργίας του.
 ε) Αναγνωρίστε τα χαρακτηριστικά στοιχεία του πυκνωτή έκκινήσεως (είδος πυκνωτή, χωρητικότητα, τάση λειτουργίας κλπ.) και στη συνέχεια ελέγξτε τον όπως φαίνεται στο σχήμα 26.3α.
 στ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας, με τα στοιχεία που πήρατε στην άσκηση, τα τυλιγμάτα του κινητήρα.
 Περιγράψτε συνοπτικά την όλη εργασία σας κατά την άσκηση και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.
2. α) Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία των τυλιγμάτων ενός μονοφασικού ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με πυκνωτή έκκινήσεως, με



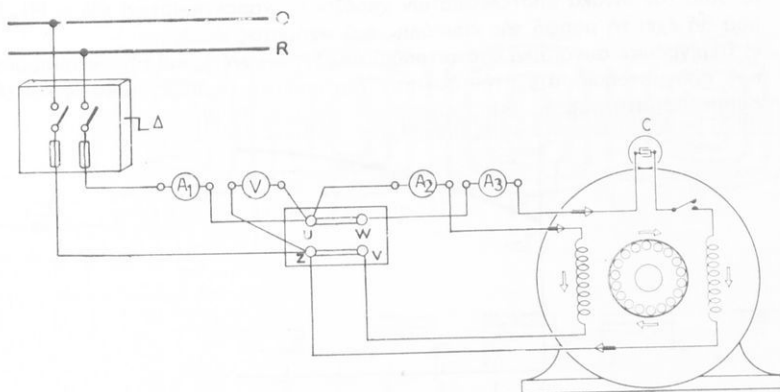
Σχ. 26.3α.

Έλεγχος πυκνωτή εκκινήσεως.

τά όργανα καί τίς συσκευές έλέγχου όπως στό σχήμα 26.3β.

β) Τροφοδοτήστε τόν κινητήρα μέ ήλεκτρικό ρεύμα καί έχοντας βραχυκυκλωμένο τό φυγοκεντρικό διακόπτη.

Μετά τήν ανάπτυξη του όνομαστικού αριθμού στροφών του κινητήρα σημειώστε τίς ένδείξεις των άμπερομέτρων (A_1), (A_2), (A_3), του βολτόμετρου (V), του συνημιτόνομετρου (COSΦ) καί μετρήστε μέ ένα στροφόμετρο τίς στροφές του όρομέα.



Σχ. 26.3β.

Συνδεσμολογία κινητήρα μέ πυκνωτή εκκινήσεως.

Στή μέτρηση αυτή τό βοηθητικό τύλιγμα συνεχίζει νά διαρρέεται μέ ηλεκτρικό ρεύμα (ένδειξη A_3).

γ) Ξαναλάβετε τήν τροφοδότηση τοῦ κινητήρα ὅπως καί πρηγουμένως, χωρίς ὅμως νά εἶναι βραχυκυκλωμένος ὁ φυγοκεντρικός διακόπτης.

(Σημειώστε πάλι τίς ἐνδείξεις τῶν ὀργάνων. Στήν περίπτωση αὐτή τό βοηθητικό τύλιγμα δέν διαρρέεται ἀπό ηλεκτρικό ρεύμα (ένδειξη A_3 μηδέν).

δ) Συγκρίνετε τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων σας β καί γ καί προσδιορίστε τίς διαφορές τους. Ὑπολογίστε σέ κάθε περίπτωση τήν ἄεργη ἰσχύ τοῦ κινητήρα ἀπό τή σχέση: $N_a = \sqrt{N_\phi^2 - N^2}$.

ὅπου: $N = U \cdot I$, συνφ σέ (W) καί $N_\phi = UI(VA)$.

Σέ ποιά περίπτωση (β ἢ γ) ἔχετε μεγαλύτερη ἄεργη ἰσχύ καί γιατί;

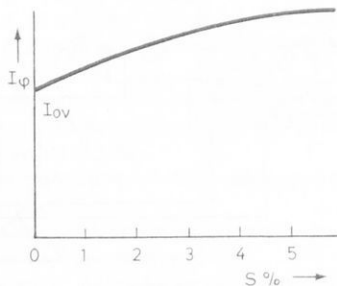
3. α) Πραγματοποιήστε τήν ἴδια συνδεσμολογία μέ τήν ἀσκηση 2 ἐνός κινητήρα μέ πυκνωτή ἐκκινήσεως. Τροφοδοτήστε τον μέ ηλεκτρικό ρεύμα καί αὐξήστε τή φόρτίσή του σταδιακά μέχρι νά ξεπεράσει κατά 20% τό κανονικό του φορτίο. Κάθε φορά μετρήστε τίς στροφές τοῦ δρομέα τοῦ κινητήρα μέ ἕνα στρόφομετρο καί τό ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοτήσεως τοῦ I_ϕ (ένδειξη ἀμπερόμετρο A_1). Σημειώστε τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων στόν πίνακα ἀποτελεσμάτων 26.3.1. Στόν ἴδιο πίνακα σημειώστε καί τή διολίσθηση τοῦ κινητήρα, πού θά ἔχετε ὑπολογίσει γιά κάθε περίπτωση φορτίσεώς του.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 26.3.1

U = σταθερή		
n(στροφές/min)	I_ϕ (A)	s%
.....		
.....		
.....		
.....		

β) Ἀπό τόν πίνακα ἀποτελεσμάτων χαράξτε τή χαρακτηριστική $s\% = F(I_\phi)$, πού θά ἔχει τή μορφή τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 26.3γ.

γ) Περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τίς ἐνέργειες καί τοὺς χειρισμούς πού πραγματοποιήσατε στήν ἀσκηση. Διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.



Σχ. 26.3γ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

27.1 Γενικά.

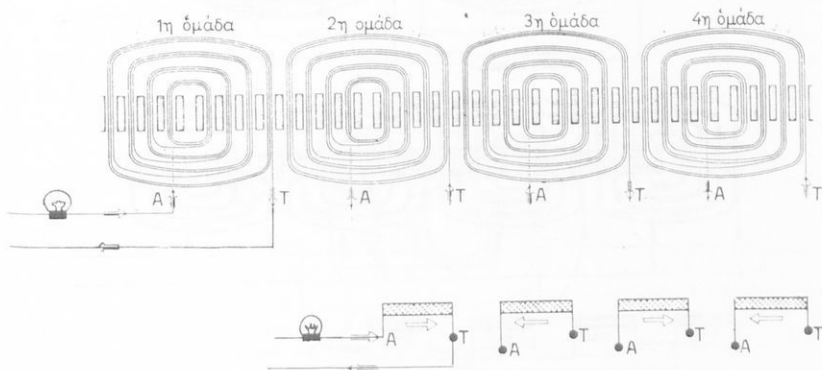
Η κατασκευή των κινητήρων αυτών είναι σχεδόν ίδια με τους κινητήρες με πυκνωτή έκκινήσεως. Στους κινητήρες αυτούς η διαφορά φάσεως μεταξύ των ηλεκτρικών ρευμάτων στο κύριο και βοηθητικό τύλιγμα δημιουργείται με τη βοήθεια της ωμικής αντίστασης που είναι συνδεδεμένη με το βοηθητικό τύλιγμα σε σειρά.

Σε πολλούς τύπους κινητήρων αυτού του είδους για να σχηματισθεί αύξημένη ωμική αντίσταση τό βοηθητικό τύλιγμα κατασκευάζεται με άνωγό μικρής διατομής και με πολλές σπείρες.

Συναντούμε και κινητήρες που συνοδεύονται με πρόσθετη ωμική αντίσταση εξωτερικά. Η αντίσταση αυτή συνδέεται σε σειρά με το βοηθητικό τύλιγμα του κινητήρα.

27.2 Ασκήσεις.

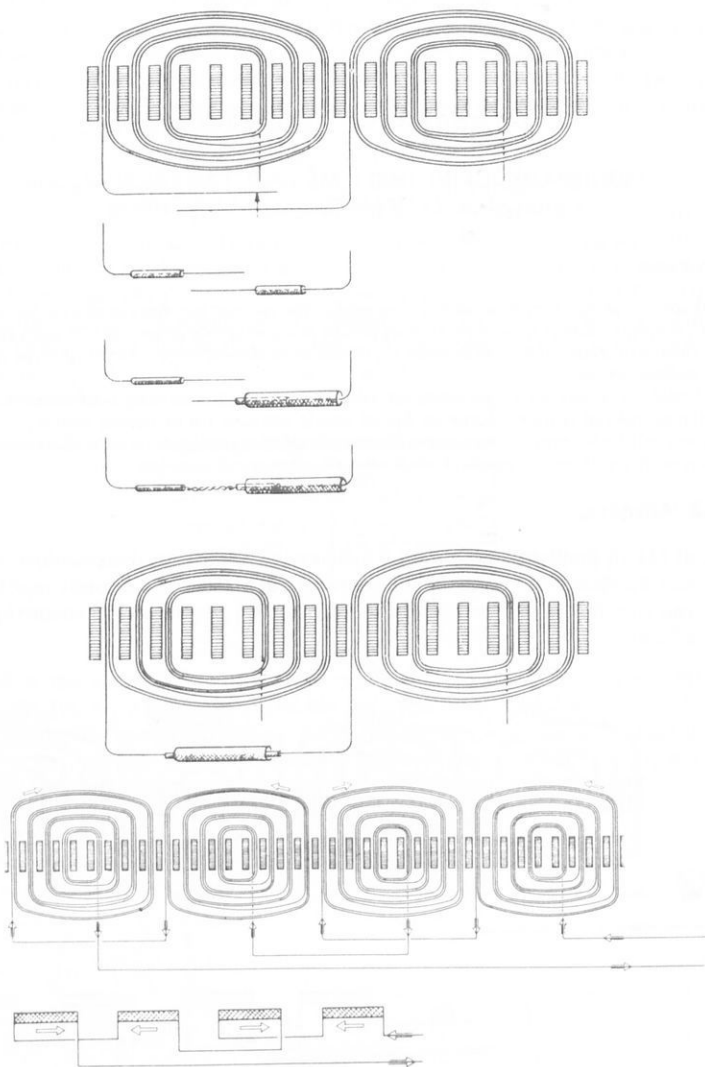
1. α) Με τη βοήθεια ωμόμετρου ή ένδεικτικού λαμπτήρα, αναγνωρίστε τα άκρα των ομάδων του κύριου και βοηθητικού τυλίγματος του άποσυναρμολογημένου κινητήρα με αντίσταση έκκινήσεως που θα σας δοθεί στο έργαστήριο (σχ. 27.2α).



Σχ. 27.2α.

Τυλίγματα κινητήρα με αντίσταση έκκινήσεως.

β) Μετά την αναγνώριση των άκρων των ομάδων πού πραγματοποιήσατε στην άσκηση (α), συνδέστε τις ομάδες των τυλιγμάτων μεταξύ τους άκολουθώντας τη σειρά, όπως φαίνεται στο σχήμα 27.2β.

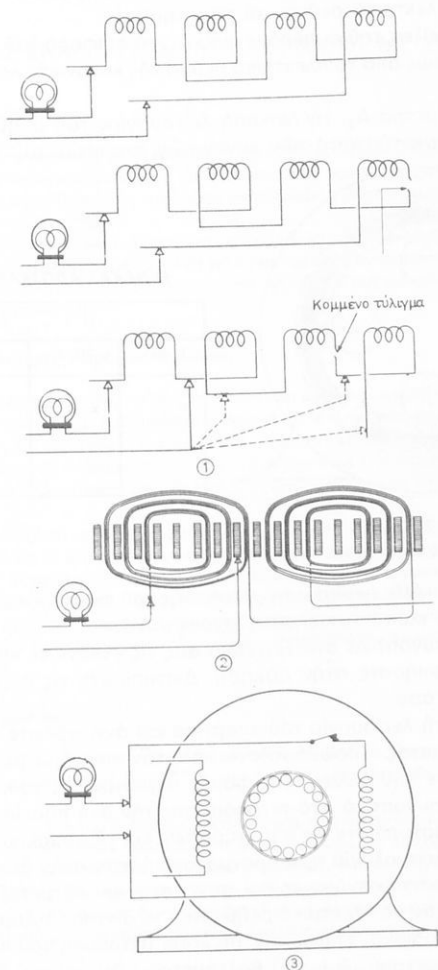


Σχ. 27.2β.

Σύνδεση ομάδων τυλιγμάτων κινητήρα με αντίσταση εκκίνησης.

γ) Ἐλέγξτε μέ μέγγερ ἢ καί μέ ἐνδεικτικό λαμπτήρα.

- Τή συνέχεια τῶν τυλιγμάτων (ἐλεγχος γιά κακές συνδέσεις ἢ διακοπή) ὅπως στό σχῆμα 27.2γ (1).
- Τή μόνωση τῶν ὁμάδων τῶν τυλιγμάτων, ὡς πρὸς τό «σῶμα» τοῦ στάτη (γείωση) [σχ. 27.2γ (2)].
- Τή μόνωση μεταξύ τῶν ὁμάδων τῶν τυλιγμάτων μεταξύ τους [σχ. 27.2γ (3)].



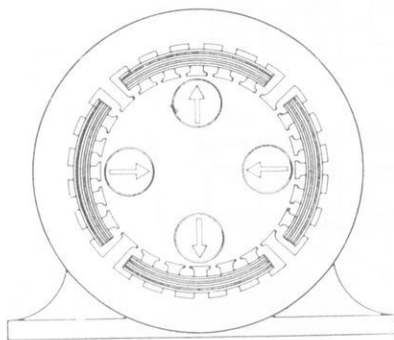
Σχ. 27.2γ.

Ἐλεγχος τυλιγμάτων κινητήρα μέ ἀντίσταση ἐκκινήσεως.

δ) Τροφοδοτήστε, μετά από τόν έλεγχο τών τυλιγμάτων πού κάνατε προηγουμένως, μέ ήλεκτρικό ρεύμα συνεχούς χαμηλής τάσεως, διαδοχικά τά τυλίγματα, κύριο καί βοηθητικό, καί μέ τή βοήθεια μικρής πυξίδας έλέγξετε τή διαδοχή τών μαγνητικών πόλων του κινητήρα όπως στο σχήμα 27.2δ.

2. α) Συναρμολογήστε τόν κινητήρα τής άσκήσεως 1 καί πραγματοποιήστε μία συνδεσμολογία άνάλογη μέ εκείνη του σχήματος 26.3β του κεφαλαίου 26, μέ τά όργανα καί τίς συσκευές έλέγχου πού θά σάς δοθούν. Τροφοδοτήστε τόν κινητήρα μέ ήλεκτρικό ρεύμα καί παρατηρήστε:

- Άπό τίς ένδείξεις του άμπερόμετρου A_1 , τή διαφορά του ήλεκτρικού ρεύματος έκκινήσεως από τό ήλεκτρικό ρεύμα τής κανονικής λειτουργίας του κινητήρα.
- Στο άμπερόμετρο A_2 , τή διακοπή λειτουργίας του βοηθητικού τυλίγματος μετά τήν άποκατάσταση τών κανονικών στροφών του κινητήρα.



Σχ. 27.2δ.

Έλεγχος διαδοχής μαγνητικών πόλων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 27.2.1

U = σταθερή			
I_ϕ (A)	N(W)	N_ϕ (VA)	συνφ
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			

Υπολογίστε σέ κάθε περίπτωση μεταβολής του φορτίου του κινητήρα τή φαινόμενη ισχύ N_ϕ καί τό συντελεστή ισχύος συνφ.

β) Σημειώστε συνοπτικά στο τετράδιό σας τίς ενέργειες καί τούς χειρισμούς πού πραγματοποιήσατε στήν άσκηση. Διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

β) Σταματήστε τή λειτουργία του κινητήρα καί αντιστρέψτε τά άκρα του βοηθητικού κυκλώματος. Τροφοδοτήστε πάλι τόν κινητήρα μέ ήλεκτρικό ρεύμα καί παρατηρήστε τήν άλλαγή τής φοράς περιστροφής του.

γ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας τήν όλη πορεία τής έργασίας τής άσκήσεως καί διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας. Κάνετε τήν ίδια συνδεσμολογία πού πραγματοποιήσατε στήν άσκηση 2 ενός κινητήρα μέ αντίσταση έκκινήσεως καί συνδέστε τον μέ μεταβλητό φορτίο.

Τροφοδοτήστε τον μέ ήλεκτρικό ρεύμα από τό δίκτυο. Αύξομειώστε τό φορτίο του κινητήρα σταδιακά. Σημειώστε σέ κάθε μεταβολή του φορτίου τίς ένδείξεις του άμπερόμετρου (A_1), του βολτόμετρου (V) καί του βαττόμετρου (W). Σημειώστε τά άποτελέσματα τών μετρήσεών σας στον πίνακα άποτελεσμάτων 27.2.1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΟΓΔΟΟ

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

28.1 Γενικά.

Εκτός από τούς σύγχρονους και ασύγχρονους κινητήρες (κεφάλαια 23,24,25,26 και 27), στίς εφαρμογές του έναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται και κινητήρες με συλλέκτη, για να επιτυγχάνουν μεγαλύτερη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής. Αυτό είναι το σημαντικότερο μειονέκτημα των ασύγχρονων κινητήρων.

Η κατασκευή των κινητήρων με συλλέκτη που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο έναλλασσόμενο ρεύμα, πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεγμένη για να αντιμετωπίζονται εύκολα τα διάφορα λειτουργικά προβλήματα, όπως είναι έντονα φαινόμενα αὐτεπαγωγής, οι αυξημένες απώλειες από δινορεύματα, ή μαγνητική υστέρηση κ.ά.

28.2 Μονοφασικοί κινητήρες σειράς με συλλέκτη.

Η λειτουργία των κινητήρων αυτών στηρίζεται στην ίδια αρχή που στηρίζεται η λειτουργία των κινητήρων συνεχούς ρεύματος και παρουσιάζουν βασικά τα ίδια χαρακτηριστικά λειτουργίας.

Παρουσιάζουν όμως και όρισμένες διαφορές, όσον αφορά τη κατασκευή τους, από τούς κινητήρες σειράς με συνεχές ρεύμα. Οι διαφορές αυτές συντελούν ώστε να λειτουργούν ομαλά στο έναλλασσόμενο ρεύμα και να μη θερμαίνονται υπερβολικά, ή δέ απόδοσή τους να βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Σε μερικές περιπτώσεις, για να περιορισθούν οι απώλειες από τα δινορεύματα και τη μαγνητική υστέρηση, τροφοδοτούνται οι κινητήρες σειράς με ηλεκτρικό ρεύμα συχνότητας 25 ή 16 2/3 Hz.

Οι μικροί κινητήρες αυτού του είδους, ισχύος μέχρι 500 W, λειτουργούν και στο συνεχές ρεύμα και ονομάζονται κινητήρες Universal. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας αυτών των κινητήρων είναι τα ίδια με εκείνα των κινητήρων συνεχούς ρεύματος σειράς. Οι κινητήρες έναλλασσόμενου ρεύματος σειράς χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρική έλξη, για την κίνηση μικρών εργαλείων (δράπανο κλπ.), οικιακών συσκευών κλπ.

28.3 Κινητήρες αντιδράσεως.

Οι κινητήρες αντιδράσεως φέρουν στο στάτη μονοφασικό τύλιγμα, όπως και οι ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες, διαφέρουν όμως από αυτούς στο ότι δεν χρησιμοποιούν βοηθητικό τύλιγμα εκκινήσεως.

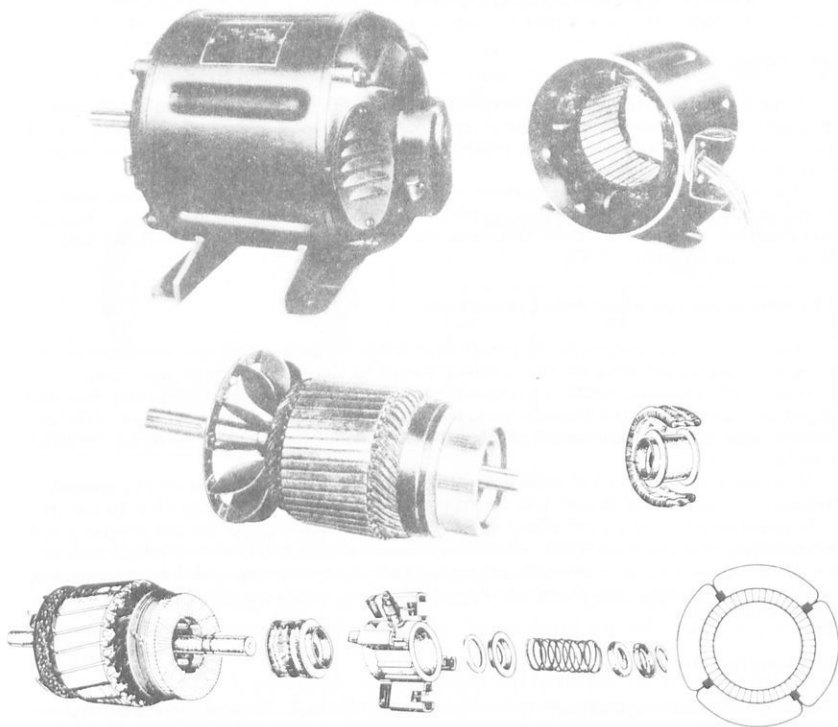
Στο δρομέα τους έχουν τύλιγμα όπως οι ηλεκτρικές μηχανές συνεχούς ρεύματος. Στην επιφάνεια του συλλέκτη των κινητήρων αυτών εφάπτονται οι ψήκτρες, που είναι βραχυκλωμένες ανά δύο μεταξύ τους. Οι ψήκτρες είναι τοποθετημένες σε ειδικό μηχανισμό, που έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται κατά μία γωνία 90° και έτσι να μετατοπίζεται η θέση τους πάνω στο συλλέκτη. Το τύλιγμα του δρομέα των κινητήρων αντιδράσεως δεν τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα από εξωτερική πηγή. Όταν όμως το τύλιγμα του στάτη τροφοδοτείται με έναλλασσόμενη τάση τότε επάγεται στο τύλιγμα του δρομέα Η.Ε.Δ.

Η ταχύτητα περιστροφής και η ροπή των κινητήρων αυτών ρυθμίζονται ανάλογα με τη γωνία μετατοπίσεως των ψηκτρών πάνω στο συλλέκτη. Η φορά περιστροφής του κινητήρα εξαρτάται επίσης και από τη φορά μετατοπίσεως των ψηκτρών.

Τά χαρακτηριστικά λειτουργίας των κινητήρων αυτών, για όρισμένη θέση των ψηκτρών, μοιάζουν με εκείνα των κινητήρων σειράς.

Σέ κανονική φόρτιση είναι δυνατή ή ρύθμιση των στροφών του κινητήρα μεταξύ 60% καί 130% από τόν κανονικό αριθμό των στροφών του. Πρέπει νά αποφεύγεται ή λειτουργία των κινητήρων αντίδρασεως χωρίς φορτίο, όπως καί στους κινητήρες σειράς, γιατί διατρέχουν κίνδυνο νά καταστραφούν από υπερβολική ταχύτητα περιστροφής του δρομέα τους. Ξεκινούν μέ μικρή ένταση ηλεκτρικού ρεύματος καί μέ σχετικά μεγάλη ροπή, γι' αυτό καί δέν χρειάζονται έκκινητή (άπ' ευθείας έκκίνηση).

Στό σχήμα 28.3 φαίνεται ή κατασκευαστική διαμόρφωση ενός κινητήρα αντίδρασεως.



Σχ. 28.3.

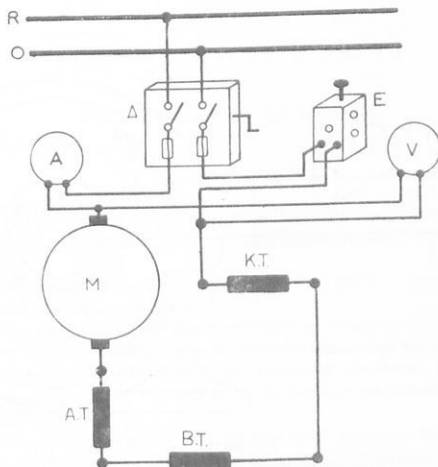
Κατασκευαστική διαμόρφωση κινητήρα αντίδρασεως.

28.4 Άσκήσεις.

1. α) Άναγνωρίστε τά διάφορα μέρη του κινητήρα σειράς, πού θά σās δοθεί στό έργαστήριο. Γράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τίς κατασκευαστικές διαφορές πού παρουσιάζουν σέ σύγκριση μέ τούς αντίστοιχους κινητήρες του συνεχούς ρεύματος. Θά παρατηρήσετε ότι τά τυλίγματα του στάτη είναι τοποθετημένα μέσα σέ αυλάκια. Πιθανόν στά αυλάκια του στάτη νά είναι αναπτυγμένα τρία τυλίγματα: τό κύριο τύλιγμα των πόλων, τό τύλιγμα των βοηθητικών πόλων καί τό τύλιγμα αντίσταθμίσεως.

β) Συνδεσμολογήστε τὰ τυλίγματα τοῦ κινητήρα, τὰ ὄργανα καὶ τίς συσκευές ἐλέγχου ὅπως στὸ σχῆμα 28.4α.

Τροφοδοτήστε τὸν κινητήρα μὲ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα ἀπὸ τὸ δίκτυο κλείνοντας τὴ διακόπτη Δ. Διαπιστώστε ὅτι αὐξομειώνοντας τὴ ρυθμιστικὴ ἀντίσταση Ε αὐξομειώνετε τίς στροφές τοῦ κινητήρα μὲ τὴν τάση τροφοδοτήσεώς του.



Σχ. 28.4α.

Συνδεσμολογία κινητήρα σειρᾶς.

K.T. = Τύλιγμα κυρίων πόλων. B.T. = Τύλιγμα βοηθητικῶν πόλων. A.T. = Τύλιγμα ἀντισταθμίσεως.
E = Ρυθμιστικὴ ἀντίσταση. Δ = Ἀσφαλειοδιακόπτης.

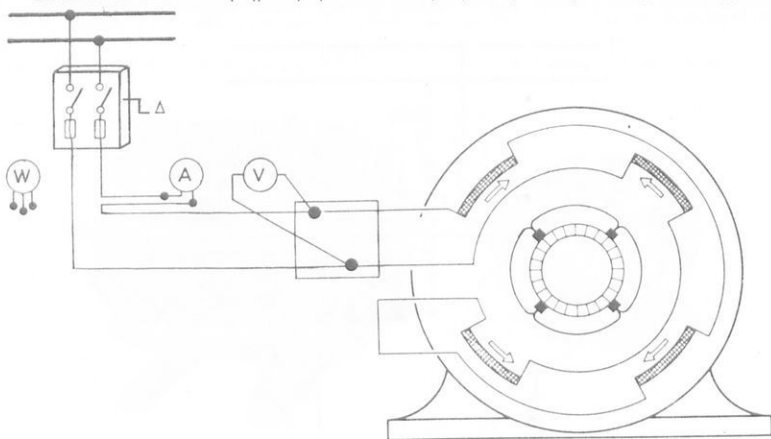
γ) Διακόψτε τὴ λειτουργία τοῦ κινητήρα. Φορτίστε τον μὲ μεταβλητὸ φορτίο. Τροφοδοτήστε τον μὲ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ διαπιστώστε τὴν προσαρμογὴ τῆς ταχύτητας περιστροφῆς μὲ τὴν μεταβολὴ τοῦ φορτίου (ἀνάλογη συμπεριφορὰ μὲ τοὺς κινητῆρες σειρᾶς τοῦ Σ.Ρ.).

δ) Σχεδιάστε στὸ τετράδιό σας τὴ συνδεσμολογία τῆς ἀσκήσεως. Περιγράψτε συνοπτικὰ τὴν πορεία τῆς ὅλης ἐργασίας καὶ διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καὶ τὰ συμπεράσματά σας.

2. α) Ἀναγνωρίστε τὸ μικρὸ κινητήρα Universal πού θὰ σᾶς δοθεῖ στὸ ἐργαστήριο. Παρατηρήστε τὸν πῖνακα συνδεσμολογιῶν τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ κινητήρα πού ἀντιστοιχοῦν γιὰ τροφοδότηση μὲ ἐναλλασσόμενο (AC) καὶ μὲ συνεχές ρεῦμα (DC).

β) Τροφοδοτήστε διαδοχικὰ τὸν κινητήρα μὲ Σ.Ρ. καὶ μὲ Ε.Ρ. καὶ μὲ τὴν ἴδια τιμὴ τάσεως τροφοδοτήσεως. Σὲ κάθε περίπτωση μετρήστε τίς στροφές τοῦ κινητήρα μὲ ἓνα στροφόμετρο. Διαπιστώστε ὅτι οἱ στροφές (ἀνὰ λεπτό) κατὰ τὴν τροφοδότηση τοῦ κινητήρα μὲ Σ.Ρ. εἶναι περίπου κατὰ 15% περισσότερες ἀπὸ ἐκεῖνες κατὰ τὴν τροφοδότηση του μὲ Ε.Ρ. Δικαιολογήστε τὴ διαφορὰ αὐτῆ τῶν στροφῶν καὶ διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καὶ τὰ συμπεράσματά σας στὸ τετράδιο ἀσκήσεων.

3. Αναγνωρίστε τὰ μέρη τοῦ κινητήρα **ἀντιδράσεως** πού θά σᾶς δοθεῖ στό ἐργαστήριο. Παρατηρήστε τό μηχανισμό μετατοπίσεως τῶν ψυκτρῶν. Ἐλέγξτε ἂν οἱ ψήκτρες τοῦ κινητήρα εἶναι βραχυκλωμένες.
- β) Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία τοῦ κινητήρα ὅπως στό σχῆμα 28.4β. Συνδέστε τόν κινητήρα φορτίο ἀνάλογο μέ τήν ὀνομαστική του ἰσχύ.



Σχ. 28.4β.

Συνδεσμολογία κινητήρα ἀντιδράσεως.

γ) Τροφοδοτήστε τόν κινητήρα μέ ἡλεκτρικό ρεύμα ἀπό τό δίκτυο ἀφοῦ κλείσετε τό διακόπτη Δ (ἀσφαλαιοδιακόπτη). Μετακινήστε τό μηχανισμό τοῦ ψηκτροφορέα ἕως ὅτου ὁ δρομέας τοῦ κινητήρα νά ἀποκτήσει τόν ὀνομαστικό ἀριθμό στροφῶν. Στό ἄμπερόμετρο (A) παρακολουθήστε τίς μεταβολές τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος φορτίσεώς του.

Ἀντιστρέψτε τή φορά περιστροφῆς τοῦ ψηκτροφορέα καί παρατηρήστε τήν ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τοῦ δρομέα τοῦ κινητήρα. Ὁ χειρισμός αὐτός θά πραγματοποιηθεῖ ἀφοῦ προηγουμένως ἔχετε διακόψει τή λειτουργία τοῦ κινητήρα καί ἔχετε ἐπαναφέρει τὶς ψήκτρες στήν ἀρχική τους θέση (θέση ἐκκινήσεως).

δ) Σέ κανονικὴ φόρτιση τοῦ κινητήρα σημειώστε τίς ἐνδείξεις τοῦ ἄμπερόμετρου (A), βολτόμετρου (V) καί τοῦ βαττόμετρου (W). Ἀπὸ τίς ἐνδείξεις τῶν ὀργάνων καί ἀπὸ τή σχέση συνφ = $\frac{N}{U \cdot I}$ ὑπολογίστε τό συντελεστὴ ἰσχύος τοῦ

κινητήρα.

ε) Ἐπαναλάβετε τίς ἴδιες μετρήσεις καί τοὺς ἴδιους ὑπολογισμούς μειώνοντας πρῶτα τίς στροφές τοῦ κινητήρα κατὰ 20% καί ὕστερα αὐξάνοντας τίς στροφές κατὰ 20%. Ἡ αὐτομείωση τῶν στροφῶν τοῦ κινητήρα πρέπει νά γίνεται σέ σχέση μέ τόν ὀνομαστικό ἀριθμό στροφῶν τοῦ κινητήρα.

στ) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τή συνδεσμολογία τῆς ἀσκήσεως καί περιγράψτε, συνοπτικά τίς ἐνέργειες καί τοὺς χειρισμούς πού πραγματοποιήσατε καί διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τὰ συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

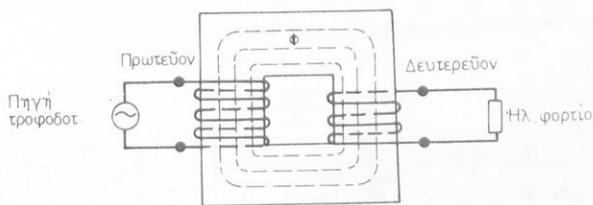
29.1 Γενικά.

Στατός μετασχηματιστής ή απλώς μετασχηματιστής (M/T) είναι μία ηλεκτρομαγνητική διάταξη της οποίας η λειτουργία στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, χωρίς η διάταξη να έχει στρεφόμενα μέρη.

Αποτελείται από δύο ηλεκτρικά κυκλώματα, τα οποία με τη βοήθεια ενός σιδηροπυρήνα βρίσκονται σε στενή μαγνητική σύζευξη μεταξύ τους.

Σκοπός του M/T είναι να αλλάζει την τιμή της ηλεκτρικής τάσεως και έντασεως της ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος, που δέχεται στο κύκλωμα εισόδου (**πρωτεύον κύκλωμα**) και να την αποδίδει στο κύκλωμα εξόδου (**δευτερεύον κύκλωμα**) χωρίς σημαντικές απώλειες. Η όλη διαδικασία του **μετασχηματισμού** των χαρακτηριστικών της τάσεως και έντασεως πραγματοποιείται με σταθερή τη συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος.

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το πρωτεύον κύκλωμα στο δευτερεύον (το δευτερεύον μπορεί να είναι ένα ή περισσότερα τυλίγματα) οφείλεται στην κυκλοφορία μαγνητικής ροής Φ μέσα στο σιδηροπυρήνα του M/T, που συνήθως αποτελεί ένα κλειστό μαγνητικό κύκλωμα (σχ. 29.1).



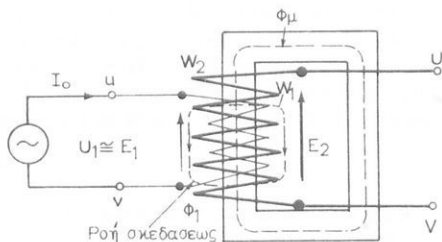
Σχ. 29.1.

Διάταξη άρχης λειτουργίας μετασχηματιστή.

29.2 Λειτουργία M/T χωρίς φορτίο.

Όταν στο δευτερεύον M/T δεν έχει συνδεθεί ηλεκτρικό φορτίο και το πρωτεύον τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα με σταθερή τιμή καθώς και με σταθερή συχνότητα έχουμε λειτουργία χωρίς φορτίο (σχ. 29.2).

Στην περίπτωση αυτή το πρωτεύον τυλίγμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα μικρής έντασεως I_0 , 1-5% από την τιμή έντασεως I_1 του πρωτεύοντος σε κανονική φόρτιση του M/T. Η ένταση αυτή μπορεί να φθάσει το 10% της I_1 στους μικρούς M/T. Οι πτώσεις τάσεως του πρωτεύοντος, ωμική $R_1 I_0$ και αυτεπαγωγική $X_{L1} I_0$ (λόγω της ροής σκεδάσεως) είναι πολύ μικρές και γι' αυτό τις θεωρούμε άμελητες. Έτσι, με μεγάλη προσέγγιση, η τάση U_1 που εφαρμόζεται στο πρωτεύον του M/T, είναι ίση με την ΗΕΔ E_1 που αναπτύσσεται από αυτεπαγωγή στο τυλίγμα. Δηλαδή: $U_1 = E_1$.



Σχ. 29.2.

Λειτουργία μετασχηματιστή χωρίς φορτίο.

Στό δευτερεύον τύλιγμα ή πολική τάση U_2 είναι ίση με την ΗΕΔ που αναπτύσσεται σ' αυτό από επαγωγή. Δηλαδή: $U_2 = E_2$.

Από τις «Ηλεκτρικές Μηχανές» είναι γνωστό ότι:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K$$

όπου: W_1, W_2 ο αριθμός σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος αντίστοιχως.

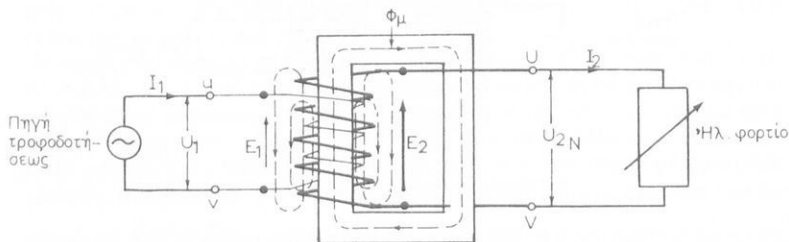
29.3 Λειτουργία Μ/Τ με φορτίο.

Όταν στο δευτερεύον Μ/Τ συνδεθεί ηλεκτρικό φορτίο και το πρωτεύον τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, έχουμε λειτουργία με φορτίο (σχ. 29.3α). Στην περίπτωση αυτή η ισχύς που απορροφά ο Μ/Τ από την πηγή τροφοδοσίας του είναι:

$$N_1 = U_1 \cdot I_1 \cos \phi_1$$

και η ισχύς που αποδίδεται στο ηλεκτρικό φορτίο είναι:

$$N_2 = U_2 \cdot I_2 \cos \phi_2$$



Επειδή οι Μ/Τ λειτουργούν με πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης δεχόμαστε ότι:

$$N_1 = N_2$$

Με την παραδοχή αυτή κατά προσέγγιση έχουμε:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = K$$

Σχ. 29.3α.

Λειτουργία μετασχηματιστή με φορτίο.

$$\Delta\lambda\alpha\delta\eta: U_1 = KU_2 \quad \text{καί} \quad I_1 = \frac{I_2}{K}$$

Από τὸ ἰσοδύναμο ἠλεκτρικὸ κύκλωμα τοῦ Μ/Τ, κατὰ τὴ λειτουργία του μὲ φορτίο θὰ ἔχομε, γιὰ τὶς σύνθετες ἀντιστάσεις Z_1 , Z_2 , τὶς ὠμικὲς R_1 , R_2 καὶ γιὰ τὶς αὐτεπαγωγικὲς X_1 , X_2 , τοῦ πρῶτευόντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος ἀντιστοιχῶς: $Z_1 = K^2 \cdot Z_2$, $R_1 = K^2 R_2$ καὶ $X_1 = K^2 X_2$. Μὲ τὶς μεταβολὲς τοῦ φορτίου, ὅταν ἡ τάση U_1 παραμένει σταθερή, ἡ τάση U_2 μεταβάλλεται σὲ συνάρτηση μὲ τὸ συντελεστὴ ἰσχύος $\cos\varphi_2$ καὶ τὴν τιμὴ τοῦ φορτίου (σχ. 29.3β.)

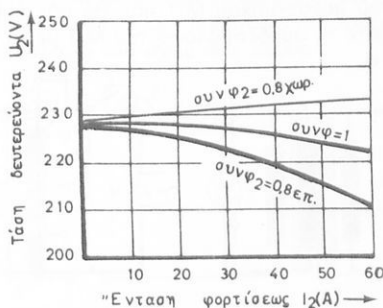
Τὴ μεταβολὴ τῆς U_2 σὲ σχέση μὲ τὴν E_2 τὴν ὀνομάζομε **διακύμανση τάσεως ϵ** καὶ εἶναι:

$$\epsilon\% = \frac{E_2 - U_2}{U_2} \cdot 100\%$$

Στοὺς Μ/Τ πρέπει νὰ εἶναι: $\epsilon < 5\%$

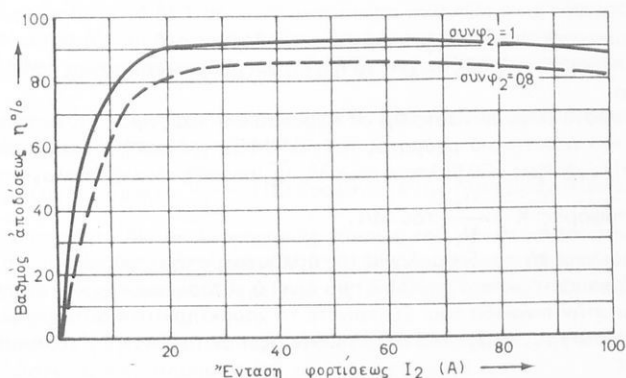
Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ Μ/Τ εἶναι:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_2}{N_2 + N_{\text{απ}}}$$



Σχ. 29.3β.

Χαρακτηριστικές μὲ φορτίο μετασχηματιστή.



Σχ. 29.3γ.

Μεταβολὴ βαθμοῦ ἀποδόσεως μετασχηματιστή.

όπου: $N_{\text{ολ}}$ το σύνολο των απωλειών του Μ/Τ. Δηλαδή:

$$N_{\text{ολ}} = N_{\eta} + N_{\mu}$$

όπου: $N_{\eta} = \text{Ήλεκτρικές απώλειες ή απώλειες χαλκού.}$

Οι απώλειες αυτές οφείλονται στην κατανάλωση ενέργειας στην ισοδύναμη ώμική αντίσταση του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος του Μ/Τ (Νόμος Joule). Οι απώλειες αυτές δεν είναι σταθερές. Έξαρτώνται από το φορτίο του Μ/Τ.

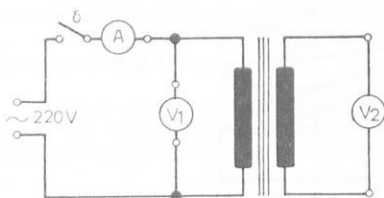
καί $N_{\mu} = \text{Μαγνητικές απώλειες ή απώλειες σιδήρου.}$

Αυτές οφείλονται στην κατανάλωση ενέργειας στο σιδηροπυρήνα (δινωρρεύματα και μαγνητική ύστέρηση). Οι απώλειες αυτές είναι σταθερές και είναι σχεδόν ίδιες με τις απώλειες που παρουσιάζονται και στη λειτουργία του Μ/Τ χωρίς φορτίο.

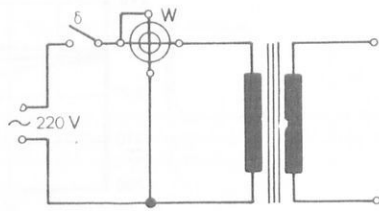
Στο σχήμα 29.3 γ. φαίνεται η μεταβολή του βαθμού απόδοσης η του Μ/Τ με το ηλεκτρικό ρεύμα φορτίσεως I_2 και το είδος φορτίσεως (συνψ).

29.4 Άσκησης.

1. α) Αναγνωρίστε με ένα ωμόμετρο τα άκρα των τυλιγμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος του μονοφασικού Μ/Τ που θα σας δοθεί στο εργαστήριο.
- β) Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του Μ/Τ με τα όργανα έλεγχου όπως στο σχήμα 29.4 α.



Σχ. 29.4α.



Σχ. 29.4β.

γ) Τροφοδοτήστε το πρωτεύον του Μ/Τ με την τάση του ηλεκτρικού δικτύου (π.χ. 220V).

Σημειώστε τις ενδείξεις των οργάνων A, V_1 , και V_2 .

Τό αμπερόμετρο A σας δείχνει το ηλεκτρικό ρεύμα λειτουργίας του Μ/Τ χωρίς φορτίο.

Υπολογίστε το ρεύμα αυτό (I_0) σε ποσοστά επί % ως προς την ονομαστική ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος του Μ/Τ, που γράφει η πινακίδα του.

Από τις ενδείξεις των βολτομέτρων V_1 , V_2 (πολικές τάσεις) υπολογίστε τη σχέση μεταφοράς: $K = \frac{U_1}{U_2}$ του Μ/Τ.

δ) Σχεδιάστε τη συνδεσμολογία της άσκησης στο τετράδιό σας και σημειώστε τα χαρακτηριστικά του Μ/Τ που δίνει ο κατασκευαστής και τα όποια γράφονται στην πινακίδα του. Συγκρίνετε τα χαρακτηριστικά αυτά με εκείνα που υπολογίσατε (I_0 , K, U_2 κλπ.). Διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

2. α) Στο πρωτεύον κύκλωμα του Μ/Τ της άσκησης 1 ή σε άλλον όμοιο Μ/Τ συνδέστε ένα βατόμετρο (σχ. 29.4β) που θα σας δοθεί ή θα το έχετε εκλέξει

έσεις σύμφωνα με τα στοιχεία του Μ/Τ που γράφει ο κατασκευαστής στην πινακίδα του.

β) Τροφοδοτήστε το Μ/Τ από το ηλεκτρικό δίκτυο με ρεύμα και σημειώστε την ένδειξη του βαττόμετρου.

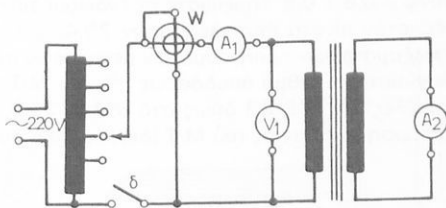
Τό βαττόμετρο στην περίπτωση αυτή σ'ας δείχνει σχεδόν τις μαγνητικές απώλειες ή απώλειες σιδήρου (N_{μ}) του Μ/Τ. Οι απώλειες στην ωμική αντίσταση του πρωτεύοντος τυλίγματος του Μ/Τ θεωρούνται αμελητέες.

γ) Υπολογίστε την ποιότητα του σιδηροπυρήνα του Μ/Τ σε απώλειες σιδήρου ανά κρ από τη σχέση:

$$\frac{\text{ένδειξη βαττόμετρου}}{\text{βάρος σιδηροπυρήνα}} \quad \frac{W}{\text{κρ}}$$

Έπάνω στην πινακίδα του Μ/Τ τό βάρος γράφεται σε κρ. Σέ αντίθετη περίπτωση θ'ας δοθεί αυτό από τόν καθηγητή σας.

3. α) Μέ τό Μ/Τ, πού θ'ας δοθεί στό εργαστήριο, καί τά κατάλληλα όργανα έλέγχου, πού θ'α διαλέξετε έσεις μέ τή βοήθεια του καθηγητή σας, πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του σχήματος 29.4γ.



Σχ. 29.4γ.

β) Τροφοδοτήστε τό Μ/Τ μέ ηλεκτρικό ρεύμα ρυθμιζόμενης τάσεως μέχρι τά άμπερόμετρα A_1 καί A_2 νά σ'ας δείξουν τις όνομαστικές τιμές των ρευμάτων I_1 , I_2 (έντάσεις κανονικής φορτίσεως του Μ/Τ), πού γράφονται στην πινακίδα του Μ/Τ).

Σημειώστε την ένδειξη του βολτόμετρου V_1 πού είναι στην περίπτωση αυτή ή **τάση βραχυκυκλώσεως** U_K του Μ/Τ.

Από τή σχέση : $U_K\% = \frac{U_K}{U_1} \cdot 100$ υπολογίστε την τάση βραχυκυκλώσεως του

Μ/Τ σε ποσοστό % της όνομαστικής τάσεως του πρωτεύοντος του Μ/Τ.

γ) Τή στιγμή πού τό βολτόμετρο V_1 σ'ας δείχνει την τάση βραχυκυκλώσεως του Μ/Τ, τό βαττόμετρο W δείχνει τις απώλειες χαλκού N_n του Μ/Τ σε κανονική φόρτιση.

δ) Σημειώστε συνοπτικά στό τετράδιό σας την όλη πορεία της άσκήσεως καί διατυπώστε τις παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

4. α) Μέ τό Μ/Τ, πού θ'ας δοθεί στό εργαστήριο, καί τά όργανα έλέγχου πού θ'α διαλέξετε όπως στις προηγούμενες άσκήσεις, πραγματοποιήστε τή συνδε-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ

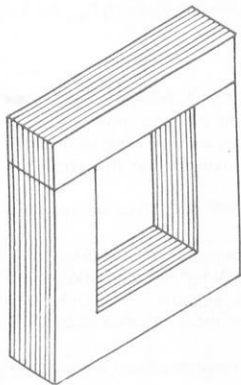
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΙΚΡΟΥ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ Μ/Τ

30.1 Γενικά.

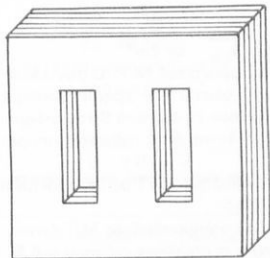
30.1.1 Κατασκευή τυλιγμάτων μονοφασικού Μ/Τ.

Οι πυρήνες των μονοφασικών Μ/Τ κατασκευάζονται με μαγνητικά ελάσματα από πυριτιούχο χάλυβα. Τά ελάσματα αυτά έχουν πάχος 0,35-0,5 mm και μονωτική κάλυψη από βερνίκι ή ειδικό εμποτισμένο χαρτί, για να περιορίζονται οι απώλειες από δινορρεύματα. Τό σχήμα που κόβονται τὰ ελάσματα του πυρήνα είναι, συνήθως, **Ε** **Ι** **Π** ή **Τ**. Οι σιδηροπυρήνες των Μ/Τ που σχηματίζονται με τὰ ελάσματα αυτά είναι δύο ειδών:

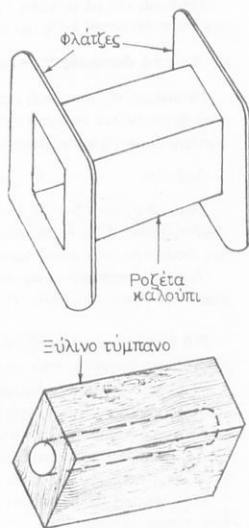
- Τύπου πυρήνα (σχ. 30.1α) και
- Τύπου μανδύα (σχ. 30.1β).



Σχ. 30.1α.



Σχ. 30.1β.



Σχ. 30.1γ.

Γιά νά κατασκευάσουμε ένα μικρό Μ/Τ πρέπει προηγουμένως νά ετοιμάσουμε μία ροζέτα-καλούπι από μονωτικό χαρτόνι πάχους, $0,8 \div 1,5$ mm μορμαρισμένο πάνω σέ ξύλινο τύμπανο μέ διαστάσεις διατομής καί μήκους ανάλογες μέ τίς διαστάσεις του σιδηροπυρήνα. Στά πλαϊνά αὐτῆς τῆς βάσεως κολλᾶμε μέ ψυχρή κόλλα δύο φλάντζες ἀπό μονωτικό χαρτόνι, φίμπερ, πρεσπᾶν ἢ βακελίτη (σχ. 30.1γ).

Μετά την προετοιμασία του καλουπιού, που αποτελεί τη βάση περιελίξεως των τυλιγμάτων του Μ/Τ, αρχίζουμε το τυλίγμα. Πρώτα πραγματοποιούμε το τυλίγμα της χαμηλής τάσεως του Μ/Τ με το χέρι ή με περιελίκτρια, φροντίζοντας πάντα να περιστρέφουμε το σύρμα με την ίδια φορά. Στην αρχή και στο τέλος της περιελίξεως του τυλιγματος πρέπει να αφήσουμε έξω από το τυλίγμα τα δύο άκρα του. Στα δύο αυτά άκρα φτιάχνουμε με πολύκλωνο σύρμα και με επένδυση από μονωτικό «μακαρόνι» (κλινδρικός μονωτικός σωλήνας) τους άκροδέκτες του τυλιγματος.

Το πολύκλωνο σύρμα χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή για λόγους μεγαλύτερης μηχανικής άντοχής και εύκαμψίας. Τους άκροδέκτες του τυλιγματος τους στερεώνουμε κατάλληλα με δέσιμο ή με την κάλυψη της πρώτης στρώσεως.

Στο τέλος κάθε στρώσεως του τυλιγματος παρεμβάλλουμε μία λωρίδα από κηρόχαρτο πάχους $0,03 \div 0,04 \text{ mm}$. Μετά από το τελείωμα ενός τυλιγματος παρεμβάλλουμε μία λωρίδα «πρεσπών» πάχους $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$.

Τα τυλίγματα ψηλής και χαμηλής τάσεως τα διαχωρίζουμε με ένα φύλλο «πρεσπών» πάχους $0,5 \text{ mm}$ και με ένα φύλλο κηρόχαρτο «στερλιν».

Για να μην πέφτουν οι τελευταίες σπείρες της στρώσεως πάνω στις σπείρες της προηγούμενης στρώσεως του τυλιγματος, πρέπει το μήκος κάθε στρώσεως να γίνεται κατά $1 \div 2 \text{ mm}$ μικρότερο και από τις δύο πλευρές του, από το μήκος του διαχωριστικού κηρόχαρτου.

Το κάθε τυλίγμα του Μ/Τ πρέπει να είναι καλά κατασκευασμένο και χωρίς στριψίματα (βερίνες) και διασταυρώσεις σπειρών μεταξύ τους. Το βήμα της περιελίξεως πρέπει να είναι σταθερό.

30.1.2 Υπολογισμός σιδηροπυρήνα και τυλιγμάτων Μ/Τ 10-1000 VA.

Σύντομα και με μεγάλη προσέγγιση μπορούμε να υπολογίσουμε τα βασικά στοιχεία (σιδηροπυρήνες και τυλίγματα) ενός μετασχηματιστή ισχύος 10 μέχρι 1000 VA. Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

α) Έκλογη διατομής S σιδηροπυρήνα.

Παίρνουμε τη συνολική φαινόμενη ισχύ $N_{2\phi}$, που θέλουμε να αποδίδουν τα δευτερεύοντα τυλίγματα ή το δευτερεύον τυλίγμα του Μ/Τ. Δεχόμεστε βαθμό απόδόσεως του Μ/Τ το $\eta = 90\%$, οπότε για να υπολογίσουμε τη φαινόμενη ισχύ του πρωτεύοντος τυλιγματος $N_{1\phi}$ πολλαπλασιάζουμε τη $N_{2\phi}$ επί 1,1.

$$\text{Δηλαδή: } N_{1\phi} = 1,1 N_{2\phi} \quad (\text{σε VA})$$

Από τη σχέση: $S = (1,2 \div 1,5) \sqrt{N_{1\phi}}$ σε cm^2 υπολογίζουμε τη διατομή του σιδηροπυρήνα του Μ/Τ. Ο συντελεστής 1,2...1,5, εκλέγεται ανάλογα με την ποιότητα του σιδηρομαγνητικού υλικού που χρησιμοποιούμε για το σιδηροπύρνα.

Από την παραπάνω σχέση γνωρίζουμε τη διατομή S του σιδηροπυρήνα και μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ του Μ/Τ. Η καθαρή διατομή S' του σιδηροπυρήνα προκύπτει από τη σχέση:

$$S' = 0,9 \cdot S$$

Στο εμπόριο κυκλοφορούν σιδηροπυρήνες Μ/Τ με τυποποιημένες διαστάσεις. Ένας τέτοιος σιδηροπυρήνας φαίνεται στο σχήμα 30.1δ.

Οι κατασκευαστές ελασμάτων για σιδηροπυρήνες Μ/Τ δίνουν χαρακτηριστικές καμπύλες, οι οποίες δείχνουν πώς θα μεταβάλλονται οι απώλειες σιδήρου του Μ/Τ (σε W/kg^*) όταν μεταβάλλεται η μαγνητική επαγωγή B στο Μ/Τ. Έπομένως από τις χαρακτηριστικές αυτές καμπύλες, όπως στο σχήμα 30.1ε, μπορούμε για σταθερή μαγνητική επαγωγή B και δεδομένο βάρος σιδηροπυρήνα να υπολογίσουμε τις απώλειες σιδήρου ενός Μ/Τ.

Στόν πίνακα 30.1.1 δίνεται για σειρά από χαρακτηριστικά στοιχεία τυποποιημένων σιδηροπυρήνων τύπου μανδύα.

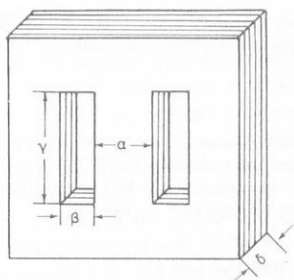
β) Υπολογισμός τυλιγμάτων.

Τόν αριθμό σπειρών W_1 του πρωτεύοντος τυλιγματος του Μ/Τ υπολογίζουμε από τη σχέση:

$$W_1 = U_1 \frac{48}{S'}$$

Τόν αριθμό σπειρών W_2 του δευτερεύοντος τυλιγματος από τη σχέση:

$$W_2 = U_2 \cdot \frac{50}{S'}$$



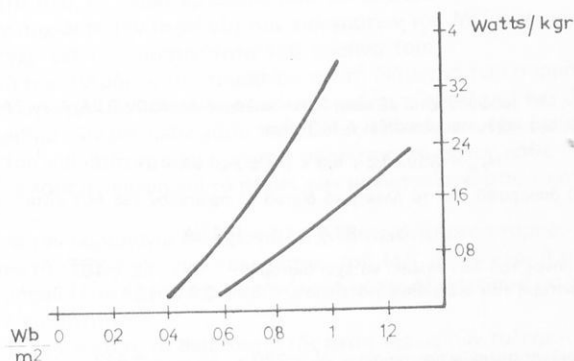
Σχ. 30.1δ.

Διαστάσεις πυρήνα τύπου μανδύα
μέ τετραγωνική διατομή του κεντρι-
κού κορμού.

Διαστάσεις $\alpha = \delta = \sqrt{s}$ σε cm.

Διάσταση $\beta = 0,347 \cdot \alpha$ σε cm.

Διάσταση $\gamma = 5,8$ σε cm.



Σχ. 30.1ε.

Καμπύλες άπωλειών σιδήρου γιά πυρήνες μετασχηματιστών μέ διάφορες τιμές έντάσεων μαγνητικής έπαγωγής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 30.1.1

Μέ στοιχεία τυποποιημένων διαστάσεων πυρήνων έμπορίου

Διατομή (S) πυρήνα σε cm ²	Ύψος (γ) πυρήνα σε cm	Πλάτος (α) πυρήνα σε cm	Πλάτος (β) παραθύρου σε cm	Μήκος μέσης μαγνητικής γραμμής σε cm	Βάρος πυρήνα σε kg
2	3	2	1	11,1	0,23
5,4	3,9	2,6	1,3	14,5	0,62
7,8	3,9	2,6	1,3	14,5	0,92
8,4	4,7	2,8	1,3	16,1	1,13
12	6,5	3	1,4	20,2	1,97
13,6	8,7	3,4	1,7	26,1	2,85
15	6,5	3	1,4	20,2	2,47
17	8,7	3,4	1,7	26,1	3,56
20,4	8,7	3,4	1,7	26,1	4,28
23,8	8,7	3,4	1,7	26,1	5
25,8	8,7	4,3	2,1	30,2	6,32

“Αν υπάρχουν περισσότερα από ένα δευτερεύοντα τυλίγματα υπολογίζουμε τον αριθμό των σπειρών κάθε τυλίγματος από την ίδια σχέση, αλλά χρησιμοποιώντας τους αριθμούς 51,52:

$$n_3 \cdot W_3 = U_3 \frac{51}{S'}$$

“Ο μεγαλύτερος αριθμός αντιστοιχεί σε τύλιγμα με τη μικρότερη τάση. Οι αριθμοί 48, 50, 51, 52 ανταποκρίνονται σε παραδεκτή μαγνητική επαγωγή σιδηροπυρήνα $B = 0,95 \text{ Wb/m}^2$,

Οι διάμετροι των συρμάτων που κατασκευάζονται τα τυλίγματα των Μ/Τ υπολογίζονται σε σχέση με τις εντάσεις των ρευμάτων που τα διαρέουν και δίνονται από τις σχέσεις:

$$d_1 = \sqrt{\frac{I_1}{2}}, \quad d_2 = \sqrt{\frac{I_2}{2}} \quad \text{κ.ο.κ.} \quad \text{σε mm (τά } I_1, I_2, \dots \text{ σε A)}$$

γ) Παράδειγμα.

Μονοφασικός Μ/Τ τροφοδοτείται με τάση 220 V και αποδίδει 350V/0,2A, 6,3V/2A και 5V/3A. “Η συνολική φαινόμενη ισχύς που αποδίδει ο Μ/Τ είναι:

$$N_{2\phi} = (350 \times 0,2 + 6,3 \times 2 + 5 \times 3) \text{ VA} = 97,6 \text{ VA}$$

“Η ισχύς που απορροφά από το ηλεκτρικό δίκτυο το πρωτεύον του Μ/Τ είναι:

$$N_{1\phi} = 97,6 \times 1,1 = 107 \text{ VA}$$

“Ο σιδηροπυρήνας του Μ/Τ πρέπει να έχει διατομή: $S = 1,2 \sqrt{107} = 12,4 \text{ cm}^2$

“Η καθαρή διατομή του σιδηροπυρήνα είναι: $S' = 0,9 \times 12,4 = 11,2 \text{ cm}^2$

$$\text{“Αριθμός σπειρών πρωτεύοντος } W_1 = 220 \times \frac{48}{11,2} \simeq 943$$

$$\text{“Αριθμός σπειρών 1ου δευτερεύοντος } W_{2_1} = 350 \times \frac{50}{11,2} \simeq 1562$$

$$\text{“Αριθμός σπειρών 2ου δευτερεύοντος } W_{2_2} = 6,3 \times \frac{51}{11,2} \simeq 29$$

$$\text{“Αριθμός σπειρών 3ου δευτερεύοντος } W_{2_3} = 5 \times \frac{52}{11,2} \simeq 23$$

$$\text{Διάμετρος σύρματος πρωτεύοντος } d_1 = \sqrt{\frac{0,5}{2}} \simeq 0,5 \text{ mm}$$

$$(\text{διότι } I_1 = \frac{N_{1\phi}}{U_1} = \frac{107}{220} \simeq 0,5 \text{ A})$$

$$\text{Διάμετρος σύρματος 1ου δευτερεύοντος } d_{2_1} = \sqrt{\frac{0,2}{2}} \simeq 0,35 \text{ mm}$$

$$\text{Διάμετρος σύρματος 2ου δευτερεύοντος } d_{2_2} = \sqrt{\frac{2}{2}} \simeq 1 \text{ mm}$$

$$\text{Διάμετρος σύρματος 3ου δευτερεύοντος } d_{2_3} = \sqrt{\frac{3}{2}} \simeq 1,25 \text{ mm}$$

30.2 Άσκησης.

1. α) Πάρτε τις απαραίτητες διαστάσεις του σιδηροπυρήνα που θα σας δοθεί στο εργαστήριο και υπολογίστε την ονομαστική ισχύ του M/T που θα κατασκευάσετε σ' αυτόν, τις σπειρες των τυλιγμάτων του M/T και τις διαμέτρους των συρμάτων που θα χρησιμοποιήσετε στην περιέλιξη των τυλιγμάτων. Τις τάσεις του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος θα τις καθορίσει ο υπεύθυνος καθηγητής.
- β) Κατασκευάστε το κατάλληλο μονωτικό τύμπανο πάνω στο οποίο θα περιελίξετε τα τυλίγματα του M/T που υπολογίσατε προηγουμένως. Για το σκοπό αυτό θα σας δοθούν τα απαραίτητα υλικά και εργαλεία καθώς και δείγματα από τη σειρά εργασίας που θα ακολουθήσετε.
- γ) Πρίν αρχίσετε την περιέλιξη των τυλιγμάτων του M/T κάνετε τον απαραίτητο έλεγχο για τη χωρητικότητα του πυρήνα του:
 Δηλαδή από το μήκος του τυμπάνου και τη διάμετρο των συρμάτων υπολογίστε τον αριθμό των σπειρών σε κάθε στρώση των τυλιγμάτων. Από το συνολικό αριθμό των σπειρών κάθε τυλίγματος υπολογίστε τον αριθμό των στρώσεων του και από τη διάμετρο του σύρματος, το πάχος κάθε τυλίγματος του M/T. Θα λάβετε υπόψη και το πάχος των μονωτικών χαρτιών που θα χρησιμοποιήσετε.
- δ) Μετά τον παραπάνω έλεγχο για τη χωρητικότητα του τυμπάνου, πραγματοποιήστε την περιέλιξη των τυλιγμάτων του M/T με το χέρι ή με την περιελίκτη μηχανή του εργαστηρίου, ανάλογα με τις οδηγίες που θα σας δοθούν από τον καθηγητή.
- ε) Όταν τελειώσετε τη διαδικασία της περιελίξεως των τυλιγμάτων και της μόνωσής τους περάστε στο έσωτερικό του τυμπάνου τα έλασματα του σιδηροπυρήνα. Πρέπει να προσέχετε για να μην προκαλέσετε φθορά στη μόνωση των τυλιγμάτων του M/T.
 Στο τέλος συναρμολογήστε το σιδηροπυρήνα έτσι, ώστε τα έλασματά του να μην πάλλονται κατά τη λειτουργία του.
- στ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την κατασκευή του M/T. Η περιγραφή σας θα συνοδεύεται με τα απαραίτητα σχέδια και τους υπολογισμούς. Διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.
2. α) Με τη βοήθεια ενός μέγγερ (ωμόμετρο) να ελέγξετε τη μόνωση των τυλιγμάτων του M/T που κατασκευάσατε στο εργαστήριο.
- β) Τροφοδοτήστε το M/T με ηλεκτρικό ρεύμα (προσοχή στην τάση τροφοδοτήσεως του) και πραγματοποιήστε, χωρίς φορτίο, τις δοκιμές.
- γ) Τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας από την άσκηση να τα διατυπώσετε στο τετράδιό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

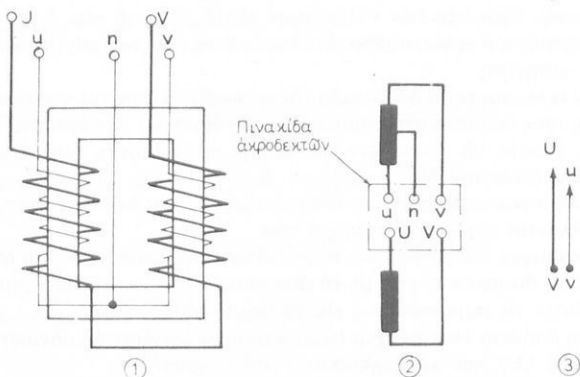
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ Μ/Τ. — ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΣ Μ/Τ.

31.1 Γενικά.

Τά άκρα τών τυλιγμάτων του Μ/Τ καταλήγουν σέ άκροδέκτες πού στηρίζονται συνήθως σέ μία βάση άπο βακελίτη. Γιά νά ξεχωρίζονται οί άκροδέκτες αύτοί μεταξύ τους χρησιμοποιούνται συμβολικά γράμματα.

31.1.1 Συμβολισμός άκροδεκτών στους μονοφασικούς Μ/Τ.

Στους μονοφασικούς Μ/Τ οί άκροδέκτες τών τυλιγμάτων ψηλής τάσεως (Υ.Τ.) σημειώνονται μέ U - V A - B ή H_1 - H_2 καί οί άκροδέκτες τής χαμηλής τάσεως (Χ.Τ.) μέ u - v ή a - b ή x_1 - x_2 . Στίς περιπτώσεις πού ένα άπό τά τυλίγματα έχει μεσαία λήψη, τοποθετείται ένας άκομη άκροδέκτης μεταξύ τών δύο άκροδεκτών του τυλιγματος (άντιστοιχεί στή μεσαία λήψη) καί σημειώνεται μέ n ή n_1 ή x_0 .



Σχ. 31.1α.

Σύνδεση τών άκρων τυλιγμάτων μονοφασικού μετασχηματιστή.

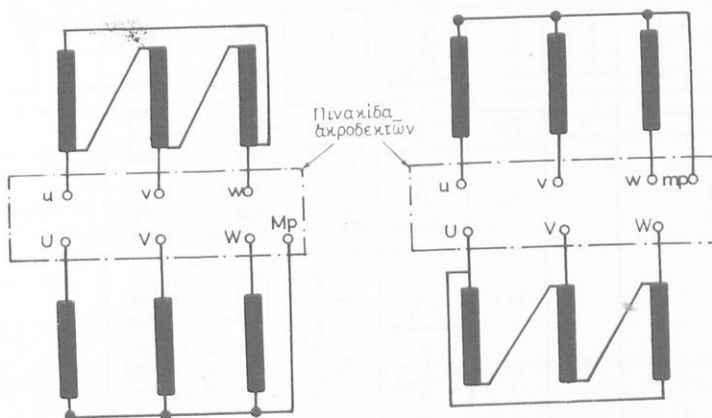
Όταν τά τυλίγματα ενός μονοφασικού Μ/Τ έχουν περιελιχθεί μέ τήν ίδια φορά [σχ. 31.1α (1)], τά άκρα τών τυλιγμάτων του συνδέονται στους άκροδέκτες [σχ. 31.1α (2)]. Η πολικότητα του άκροδέκτη U (Υ.Τ.) είναι ίδια μέ τήν πολικότητα u (Χ.Τ.) καί άντίστοιχα του V μέ του v . Δηλαδή οί τάσεις, πού αναπτύσσονται στους άκροδέκτες U - V καί u - v είναι συμφασικές [σχ. 31.1α(3)].

31.1.2. Συμβολισμός άκροδεκτών στους τριφασικούς Μ/Τ.

Στους τριφασικούς Μ/Τ καί σέ άλληλάνδικο τριφασικό σύστημα, οί συνδέσεις τών άκρων τών τυλιγμάτων τών φάσεων γίνονται μέσα στο Μ/Τ. Τά έλεύθερα άκρα τών συνδέσεων αύτών καταλή-

γουν στην πινακίδα άκροδεκτών του Μ/Τ και στους άκροδέκτες U, V, W ή A, B, C ή H₁, H₂, H₃ ή αντίστροφα στους X, Y, Z, ανάλογα με τη σύνδεση που έχει πραγματοποιηθεί στο έσωτερο του Μ/Τ.

Στήν περίπτωση που τα τυλίγματα Υ.Τ. ή Χ.Τ. ενός Μ/Τ έχουν συνδεθεί σε συνδεσμολογία «αστέρα» ο ουδέτερος κόμβος συνδέεται επάνω στην πινακίδα άκροδεκτών σε ιδιαίτερο άκροδέκτη και συμβολίζεται με το N ή M_p ή H₀ (τυλίγματα Υ.Τ.) και με το n ή m_p ή x₀ (τυλίγματα Χ.Τ.), όπως στο σχήμα 31.1β.



Σχ. 31.1β.

Στους τριφασικούς Μ/Τ οι τάσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των αντίστοιχων τυλιγμάτων Υ.Τ. και Χ.Τ. μπορεί να είναι συμφασικές, αν τα τυλίγματα αυτά έχουν τυλιχθεί με την ίδια φορά, ή να παρουσιάζουν διαφορά φάσεως 180°, 150° ή 330° ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους.

Στόν πίνακα 31.1.1 φαίνονται οι ομάδες συνδεσμολογιών των τριφασικών Μ/Τ.

Η ομάδα συνδεσμολογιών στην οποία ανήκει ένας τριφασικός Μ/Τ αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμά του.

31.1.3 Παράλληλη λειτουργία Μ/Τ.

Όταν η ισχύς ενός Μ/Τ δεν είναι αρκετή για την τροφοδότηση ενός φορτίου, τότε πρέπει να θέσουμε σε παράλληλη λειτουργία με αυτόν, ένα δεύτερο Μ/Τ για να αναλάβει μέρος από το φορτίο του. Για να πραγματοποιηθεί η παράλληλη σύνδεση Μ/Τ πρέπει:

- Τα τυλίγματα του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος του Μ/Τ να είναι κατασκευασμένα για τις ίδιες τάσεις λειτουργίας.
- Να ανήκουν οι Μ/Τ στην ίδια ομάδα συνδεσμολογίας.
- Να έχουν οι Μ/Τ την ίδια περίπου τάση βραχυκυκλώσεως (οι διαφορές τάσεως βραχυκυκλώσεως μέχρι και 10% είναι επιτρεπτές).
- Οι αντίστοιχοι άκροδέκτες των Μ/Τ που πρόκειται να συνδεθούν μεταξύ τους να έχουν την ίδια πολικότητα.

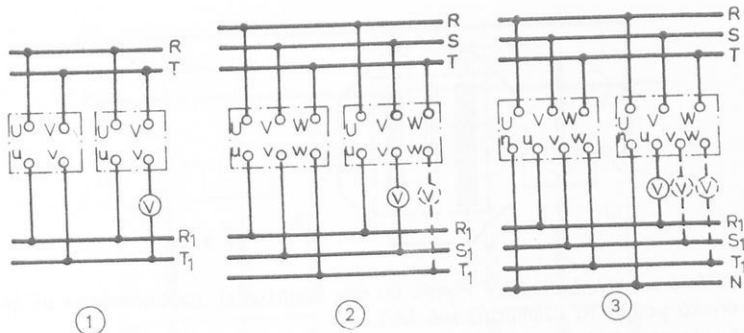
Ο έλεγχος της πολικότητας των άκροδεκτών του δευτερεύοντος τυλίγματος του δεύτερου Μ/Τ, που πρόκειται να συνδεθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο του πρώτου Μ/Τ για να αναλάβει μέρος από το φορτίο, γίνεται πριν από τη σύνδεσή του, με ένα βολτόμετρο ή με μία ένδεικτική λυχνία (σχ. 31.1γ).

Προσοχή: Το βολτόμετρο που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να μπορεί να μετρήσει τάση διπλάσια από την τάση του δευτερεύοντος του Μ/Τ.

Σε σωστή σύνδεση άκροδέκτη του Μ/Τ με αντίστοιχο ζυγό του ηλεκτρικού δικτύου, το βολτόμετρο δείχνει (0).

ΠΙΝΑΚΑΣ 31.1.1
Συνδεσμολογία τριφασικών μετασχηματιστών

Ομάδα	Συμβολισμός	Διανυσματικό διάγραμμα		Συνδεσμολογία	
		Υ.Τ.	Χ.Τ.	Υ.Τ.	Χ.Τ.
0	Dd 0				
	Yy 0				
	Dz 0				
5	Dy 5				
	Yd 5				
	Yz 5				
6	Dd 6				
	Yy 6				
	Dz 6				
11	Dy 11				
	Yd 11				
	Yz 11				



Σχ. 31.1γ.

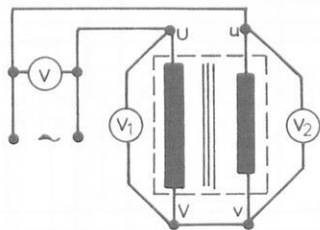
Όρθη σύνδεση άκροδεκτών.

- 1) Έλεγχος σέ μονοφασικό Μ/Τ. 2) Έλεγχος σέ τριφασικό Μ/Τ χωρίς ουδέτερο. 3) Έλεγχος σέ τριφασικό Μ/Τ μέ ουδέτερο.

31.2 Άσκήσεις.

1. α) Έστω ότι έχετε στή διάθεση σας μετασχηματιστές τριφασικούς, πού ανήκουν στίς ομάδες συνδεσμολογιών Dd 6, Yz 5, Dy 5, Dd 0, Dy 11, Dz 0. Τά τυλίγματα αυτών των Μ/Τ (πρωτεύοντος καί δευτερεύοντος) έχουν κατασκευασθεί για τίς ίδιες τάσεις λειτουργίας καί παρουσιάζουν τήν ίδια περίπου τάση βραχυκυκλώσεως.
 - β) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τίς συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων του Μ/Τ καί τά αντίστοιχα διανυσματικά διαγράμματα.
 - γ) Ποιοί από τούς Μ/Τ μπορούν νά συνδεθούν παράλληλα;
 - δ) Διατυπώστε περιγραφικά στό τετράδιό σας τί σημαίνουν οί παραπάνω συμβολισμοί των ομάδων συνδεσμολογιών των Μ/Τ.
2. α) Αναγνωρίστε τούς άκροδέκτες πρωτεύοντος-δευτερεύοντος του μονοφασικού Μ/Τ πού θά σάς δοθεί στό έργαστήριο.
 - β) Έλέγξτε τήν πολικότητα των άκροδεκτών του Μ/Τ. Για τό σκοπό αυτό πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία του σχήματος 31.2α.

- D = σύνδεση τυλιγμάτων Υ.Τ. σέ τρίγωνο
 Y = σύνδεση τυλιγμάτων Υ.Τ. σέ άστέρα
 d = σύνδεση τυλιγμάτων Χ.Τ. σέ τρίγωνο
 y = σύνδεση τυλιγμάτων Χ.Τ. σέ άστέρα
 z = σύνδεση τυλιγμάτων Χ.Τ. τεθλασμένου άστέρα (zig-zag)
 0 = αντίστοιχες τάσεις τυλιγμάτων Υ.Τ. καί Χ.Τ. συμφασικές
 5 = αντίστοιχες τάσεις τυλιγμάτων Υ.Τ. καί Χ.Τ. μέ διαφορά φάσεως 150°
 6 = αντίστοιχες τάσεις τυλιγμάτων Υ.Τ. καί Χ.Τ. μέ διαφορά φάσεως 180°
 11 = αντίστοιχες τάσεις τυλιγμάτων Υ.Τ. καί Χ.Τ. μέ διάφορα φάσεως 330°



Σχ. 31.2α.

γ) Από κατάλληλη πηγή Ε.Ρ. πού θα σάς υποδειχθεί, τροφοδοτήστε με ηλεκτρικό ρεύμα τα τυλίγματα του Μ/Τ.

δ) Μέ τρία βολτόμετρα (V), (V_1), (V_2) μετρήστε τις τάσεις όπως στο σχήμα 31.2α (ο έλεγχος μπορεί να γίνει και με ένα βολτόμετρο, με κατάλληλη όμως κλίμακα).

*Αν το αποτέλεσμα της μετρήσεως είναι $U = U_1 + U_2$, αντιστρέψτε τη σύνδεση των άκροδεκτών.

ε) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την όλη πορεία της άσκησης και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

3. α) Αναγνωρίστε τους δύο τριφασικούς Μ/Τ πού θα σάς δοθούν στο εργαστήριο από τα στοιχεία πού γράφονται στις πινακίδες τους. Όσα χαρακτηριστικά των Μ/Τ δέν γράφονται στις πινακίδες τους, να τα υπολογίσετε από τα υπόλοιπα δεδομένα. Προσδιορίστε συγκεκριμένα.

- Την ονομαστική ισχύ του Μ/Τ σε kVA.
- Τόν αριθμό φάσεων.
- Την ονομαστική συχνότητα σε Hz.
- Την ονομαστική τάση του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος σε V.
- Την τάση βραχυκυκλώσεως σε ποσοστά % από την ονομαστική τάση του πρωτεύοντος του Μ/Τ.
- Την ομάδα πού ανήκει ο καθένας Μ/Τ σύμφωνα με τον πίνακα συνδεσμολογιών.
- Τις ονομαστικές εντάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος των Μ/Τ.

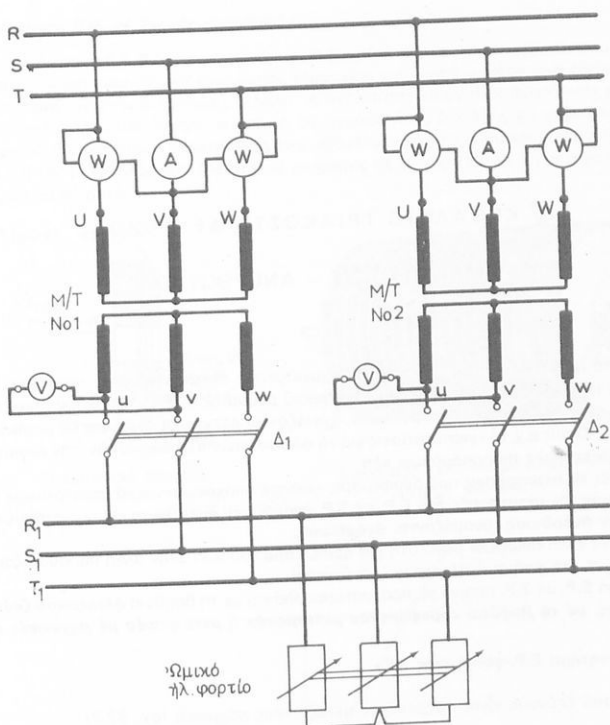
β) Από τη μέλετη των παραπάνω χαρακτηριστικών στοιχείων του Μ/Τ ελέγξετε αν μπορούν αυτοί να τεθούν σε παράλληλη λειτουργία. Δικαιολογήστε συνοπτικά την απάντησή σας.

γ) Στην περίπτωση πού μπορεί να γίνει παράλληλη λειτουργία των δύο Μ/Τ, κάνετε τις απαραίτητες ενέργειες για την παράλληλη ζεύξη, όπως έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 31.1.3.

δ) Πραγματοποιήστε τελικά τη συνδεσμολογία των Μ/Τ Νο 1 και Νο 2, όπως στο σχήμα 31.2β, αφού έκλεξετε τα κατάλληλα όργανα ελέγχου και τό κοινό μεταβλητό ωμικό φορτίο.

ε) Κλείστε τό διακόπτη Δ_1 και ρυθμίστε τό ηλεκτρικό φορτίο στο 60% από τό ονομαστικό φορτίο του Μ/Τ Νο 1. Στη συνέχεια κλείστε και τό διακόπτη Δ_2 .

Προσοχή: Για να πραγματοποιήσετε την ενέργεια αυτή πρέπει να έχετε βεβαιωθεί ότι έχουν εκπληρωθεί οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την παράλληλη ζεύξη του Μ/Τ.



Σχ. 31.2β.

Ο Μ/Τ Νο 2 είναι τώρα παραλληλισμένος στο ηλεκτρικό δίκτυο του φορτίου. Παρατηρήστε τη μεταφορά μέρους του φορτίου από το Μ/Τ Νο 1 στο Μ/Τ Νο 2.

στ) Αύξήστε το ηλεκτρικό φορτίο σταδιακά και παρακολουθήστε την κατανομή του στους Μ/Τ. Παρατηρήστε ότι η κατανομή του φορτίου είναι αντίστροφη με τις τιμές των τάσεων βραχυκυκλώσεώς τους.

ζ) Έλαττώστε το ηλεκτρικό φορτίο σταδιακά. Καί παρατηρήστε την ανάλογη μείωση του φορτίου κάθε Μ/Τ.

η) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας την συνδεσμολογία της άσκησης. Σημειώστε σ' αυτό τὰ χαρακτηριστικά στοιχεία των Μ/Τ, των οργάνων και των συσκευών που χρησιμοποιήσατε. Περιγράψτε τις ενέργειες και τούς χειρισμούς σας. Διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τὰ συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ — ΑΝΟΡΘΩΤΕΣ

32.1 Γενικά.

Είναι γνωστό πώς η ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονται οι καταναλώσεις, παρέχεται από τα δίκτυα διανομής με μορφή εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος (Ε.Ρ.). Υπάρχουν όμως ηλεκτρικές καταναλώσεις οι οποίες για να λειτουργήσουν, χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια με μορφή συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.). Όπως π.χ. οι εγκαταστάσεις για τη φόρτιση των συσσωρευτών, την κίνηση των τρόλεϋ και των ηλεκτρικών σιδηροδρόμων κλπ.

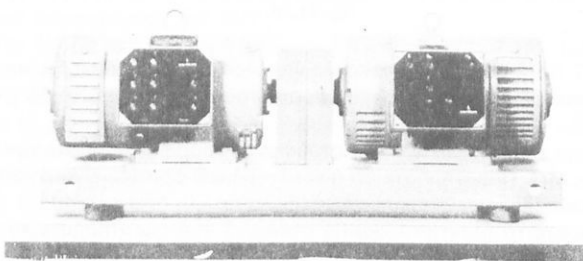
Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις που αναφέραμε, είμαστε υποχρεωμένοι να μετατρέψουμε το Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. Η διαδικασία της μετατροπής του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. ονομάζεται **άνορθωση** και οι διατάξεις που πραγματοποιούν την άνορθωση, ονομάζονται **άνορθωτές**.

Οι άνορθωτές είναι αγώγιμοι μόνο στη μία ημιπερίοδο του Ε.Ρ. Στην άλλη παρουσιάζουν σχεδόν διακοπή (φράγμα στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος).

Η μετατροπή Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη βοήθεια **ηλεκτρικού ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας, με τη βοήθεια στρεφόμενου μετατροπέα ή μετατροπέα με μηχανικές έπαφες**.

32.2 Ζεύγος κινητήρα Ε.Ρ.-γεννήτριας Σ.Ρ.

Οι μηχανές του ζεύγους είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους μηχανικά (σχ. 32.2).



Σχ. 32.2.

Ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας.

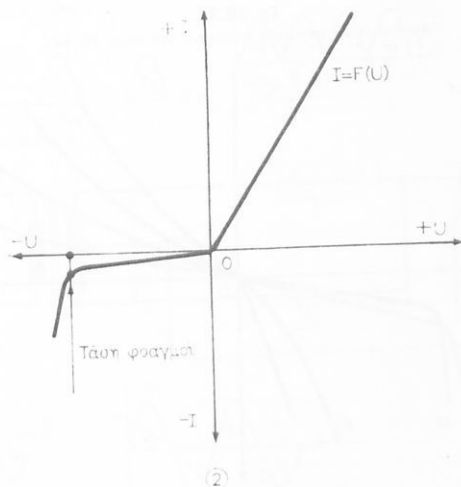
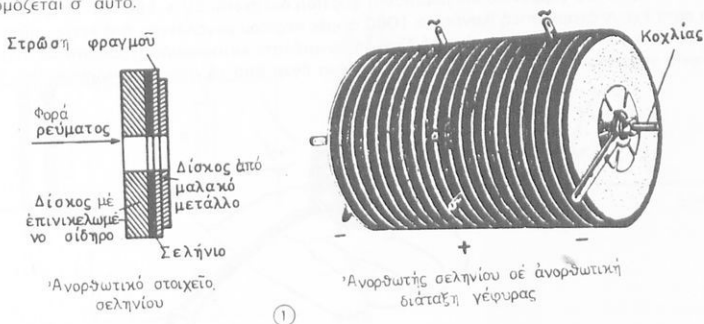
Για μικρές ισχύεις χρησιμοποιούνται συνήθως οι ασύγχρονοι κινητήρες. Στις περιπτώσεις που η ισχύς του φορτίου είναι μεγάλη προτιμούνται οι σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες, γιατί έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και γιατί παράλληλα με τη λειτουργία τους επιτυγχάνεται η βελτίωση του συντελεστή ισχύος σε ολόκληρη την εγκατάσταση.

Όποιαδήποτε το ζεύγος κινητήρα Ε.Ρ.-γεννήτριας Σ.Ρ. λειτουργεί με πολύ χαμηλό βαθμό απόδοσης η (βασικό μειονέκτημα). Και είναι: $\eta_0 = \eta_k \cdot \eta_g$
όπου: η_k ο βαθμός απόδοσης κινητήρα και η_g ο βαθμός απόδοσης γεννήτριας.

32.3. Άνορθωση Ε.Ρ. με ξηρούς άνορθωτές.

Γιά την άνορθωση του Ε.Ρ. χρησιμοποιούνται τά άνορθωτικά στοιχεία ύποξειδίου του χαλκού, σεληνίου, γερμανίου καί πυριτίου. Οι άνορθωτές γερμανίου καί πυριτίου, χάρη στίς εξαιρετικές ιδιότητες πού παρουσιάζουν στήν άνορθωση, τείνουν νά αντικαταστήσουν τούς άνορθωτές σεληνίου, πού ή χρησιμοποίησή τους ήταν σχεδόν καθολική σέ άνορθωτικές διατάξεις μέ σημαντική ισχύ.

Στό σχήμα 32.3α φαίνεται ή συγκρότηση ενός άνορθωτικού στοιχείου καί ή χαρακτηριστική καμπύλη $I = F(U)$ τής μεταβολής του ήλεκτρικού ρεύματος σέ συνάρτηση μέ τή μεταβολή τής τάσεως πού εφαρμόζεται σ' αυτό.



Σχ. 32.3α.

1) Συγκρότηση άνορθωτικών στοιχείων. 2) Χαρακτηριστική καμπύλη $I = F(U)$ [I σέ άμπερ (Α) καί U σέ βόλτ (V)].

Είναι γνωστό ότι σέ κάθε κύκλωμα άνορθώσεως καί κατά τήν άρνητική ήμπερίοδο τής τάσεως κυκλοφορεί μικρή ποσότητα ήλεκτρικού ρεύματος. Δηλαδή δέν έχομε τέλειο φραγμό στίς άρνητικές ήμπερίόδους. Άν όμως ή τάση πού εφαρμόζεται στό στοιχείο περάσει μιά όρισμένη τιμή, τότε επέρχεται διάσπαση στή στρώση φραγμού καί τό άνορθωτικό στοιχείο χάνει πιά τή βασική χαρακτηριστική ιδιότητα τής άνορθώσεως.

Ἡ τάση, μέ τήν ὁποία πραγματοποιεῖται ἡ διάσπαση τῆς «στρώσεως φραγμοῦ», ὀνομάζεται **τάση φραγμοῦ** καί ἀποτελεῖ χαρακτηριστικό γνώρισμα τοῦ ἀνορθωτή.

Ἔτσι κάθε εἶδος ἀνορθωτικοῦ στοιχείου ἔχει μιᾶ ἐπιτρεπόμενη τάση λειτουργίας.

Ἡ ἐπιτρεπόμενη τάση τοῦ ἀνορθωτικοῦ στοιχείου ὑποξεδίδει τοῦ χαλκοῦ εἶναι περίπου 10V, τοῦ σεληνίου 20-25 V, τοῦ γερμανίου 160V καί τοῦ πυριτίου 380V. Ἐνα ἀκόμη στοιχεῖο πού περιορίζει τή χρήση τῶν ἀνορθωτῶν εἶναι ἡ μέγιστη ἐπιτρεπόμενη ἔνταση φορτίσεώς τους.

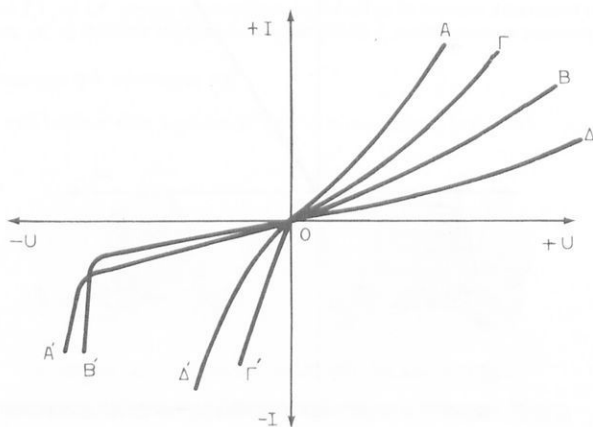
Ἡ μέγιστη φόρτιση στά στοιχεῖα σεληνίου εἶναι 60 mA/cm² ὅταν ἡ ψύξη εἶναι φυσική καί μπορεῖ νά φθάσει στά 150 mA/cm² ὅταν ἡ ψύξη εἶναι τεχνητή.

Στά στοιχεῖα τοῦ γερμανίου καί πυριτίου ἡ φόρτιση ἀνέρχεται 50 ÷ 150 A/cm². Δηλαδή τά στοιχεῖα αὐτά ἔχουν ἀνορθωτική ἰκανότητα 1000 φορές περίπου μεγαλύτερη ἀπό ἐκείνη τῶν στοιχείων τοῦ σεληνίου. Τό χαρακτηριστικό αὐτό δίνει τή δυνατότητα κατασκευῆς ἀνορθωτικῶν διατάξεων μέ στοιχεῖα γερμανίου ἢ πυριτίου μέ πολύ μικρότερο ὄγκο ἀπό τά στοιχεῖα σεληνίου (σχ. 32.3β).



Σχ. 32.3β.

Ἀνορθωτικό στοιχεῖο πυριτίου γιά ἰσχύ 10 kW.



Σχ. 32.3γ.

Οἱ χαρακτηριστικές καμπύλες $I = f(U)$ λειτουργίας τῶν ἀνορθωτῶν.

A-A' : $I = f(U)$ γερμάνιο.

B-B' : $I = f(U)$ πυρίτιο.

Γ-Γ' : $I = f(U)$ ὀξειδίου τοῦ χαλκοῦ.

Δ-Δ' : $I = f(U)$ σελήνιο.

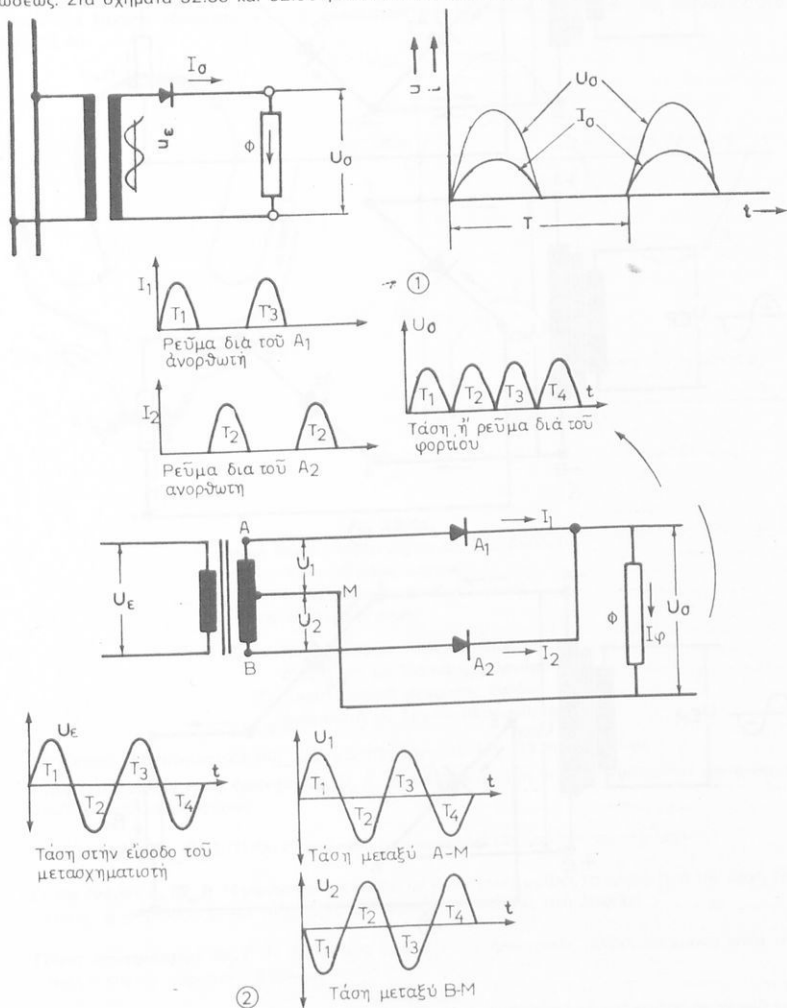
Χαρακτηριστικό ἐπίσης γνώρισμα τῆς λειτουργίας τῶν ἀνορθωτῶν, εἶναι ἡ μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας τους. Γιά τό σελήνιο ἡ θερμοκρασία εἶναι 80°C, γιά τό γερμάνιο 65°C καί γιά τό πυρίτιο 140°C.

Σημειώνουμε ότι τα στοιχεία του γερμανίου και του πυριτίου εξ αιτίας των μικρών διαστάσεων τους έχουν μικρή θερμοχωρητικότητα. Έτσι, όταν υπερφορτίζονται παρουσιάζουν απότομη αύξηση της θερμοκρασίας τους.

Γι' αυτό τα άνορθωτικά αυτά στοιχεία είναι εφοδιασμένα και με **ψυκτικά σώματα**.

Στό σχήμα 32.3γ φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες $I = F(U)$ λειτουργίας των διαφόρων ειδών άνορθωτών.

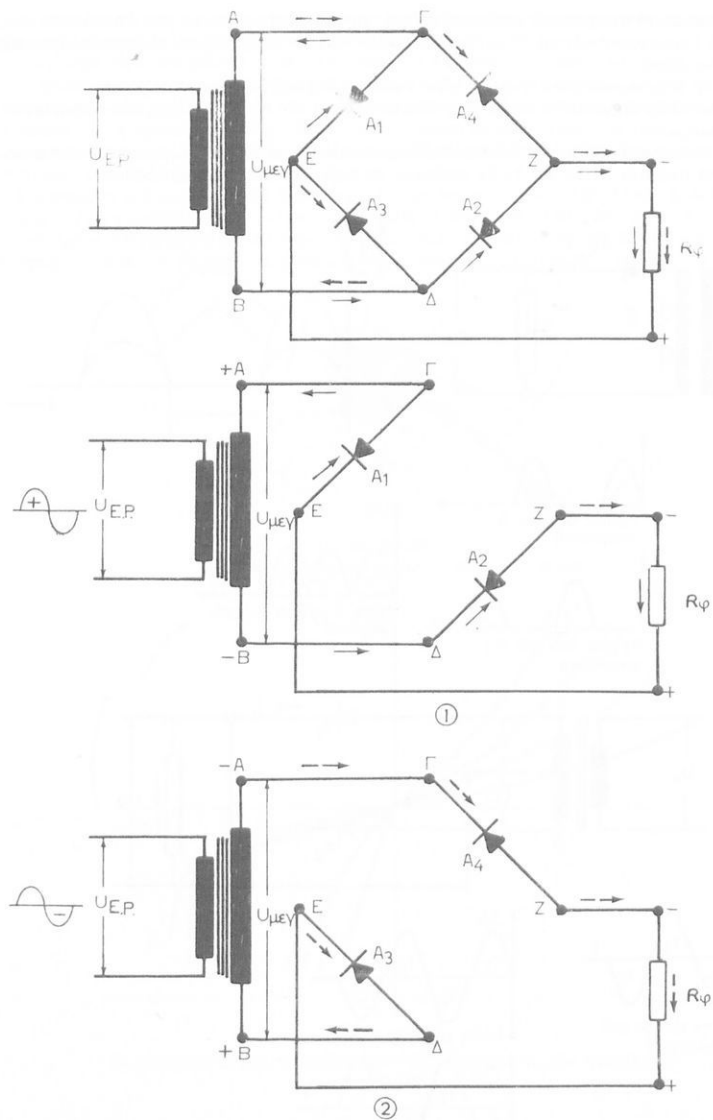
Από την Ήλεκτροτεχνία και τις Ήλεκτρικές Μηχανές είναι γνωστά τα διάφορα κυκλώματα άνορθώσεως. Στα σχήματα 32.3δ και 32.3ε φαίνονται διάφορα κυκλώματα άνορθώσεως.



Σχ. 32.3δ.

Διάφορα κυκλώματα άνορθώσεως.

- 1) Άπλη άνόρθωση ή μισού κύματος. 2) Διπλή άνόρθωση ή όλόκληρου κύματος.



Σχ. 32.3ε.

Ἀνόρθωση με μονοφασική γέφυρα.

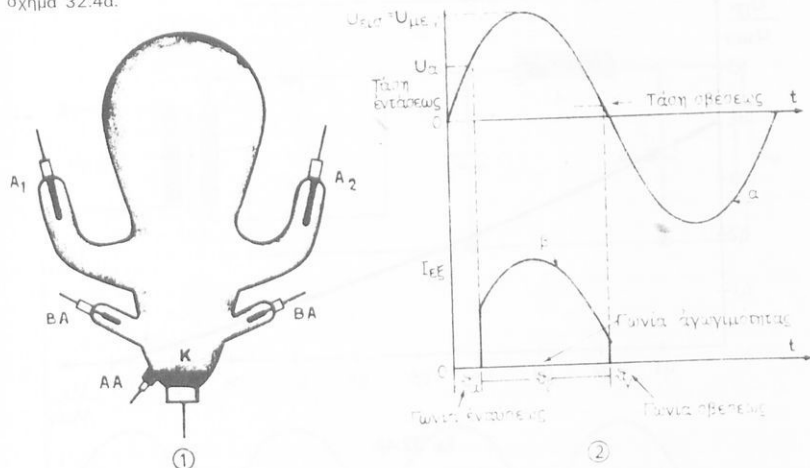
1) Θετική ήμπερίοδος τάσεως $U_{ε\phi}$. 2) Ἀρνητική ήμπερίοδος τάσεως $U_{ε\phi}$.

32.4 Άνορθωση Ε.Ρ. με λυχνίες υδράργυρου.

Οι ξηροί άνορθωτές παρουσιάζουν μεγάλη έσωτερική αντίσταση κατά τήν όρθή φορά του ηλεκτρικού ρεύματος, σέ σχέση μέ τούς άνορθωτές πού χρησιμοποιούν λυχνίες άερίου ή άτμών υδράργυρου. Στήν κατηγορία τών λυχνιών μέ άτμούς υδράργυρου ανήκουν καί οι λυχνίες μέ «τόσο υδράργυρου» ή, όπως είναι γνωστές σέ όλους, «λυχνίες υδράργυρου».

Τίς κατασκευαστικές λεπτομέρειες τών λυχνιών αύτών τίς γνωρίζομε από τήν «Ηλεκτροτεχνία» καί τίς «Ηλεκτρικές Μηχανές».

Ένα είδος λυχνίας υδράργυρου καί οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας της φαίνονται στό σχήμα 32.4α.



Σχ. 32.4α.

Γυάλινη λυχνία υδράργυρου μέ δύο άνόδους.

- 1) A_1, A_2 = Άνόδος λυχνίας.
- BA = Βοηθητικές άνοδοι λυχνίας.
- AA = Άνόδος άφής.

- 2) (α) Κυματομορφή τάσεως είσόδου άνορθωτή μέ λυχνία υδράργυρου.
- (β) Κυματομορφή ρεύματος έξόδου άνορθωτή μέ λυχνία υδράργυρου.

Τά βασικά χαρακτηριστικά τών λυχνιών υδράργυρου [σχ. 32.4α (2)] είναι:

Τάση έναύσεως ή τάση έκκινήσεως (U_a): Ή ηλεκτρική τάση πού πραγματοποιεί τόν ίονισμό στούς άτμούς υδράργυρου.

Τάση άποσβέσεως (U_β): Ή ηλεκτρική τάση πού προκαλεί τόν άποϊονισμό στή λυχνία.

Γωνία έναύσεως (θ_a): Ή γωνία πού έκφράζει σέ ηλεκτρικές μοίρες τό χρόνο από τήν άρχή τής θετικής ήμπεριόδου μέχρι τή στιγμή πού άρχίζει ό ίονισμός στή λυχνία.

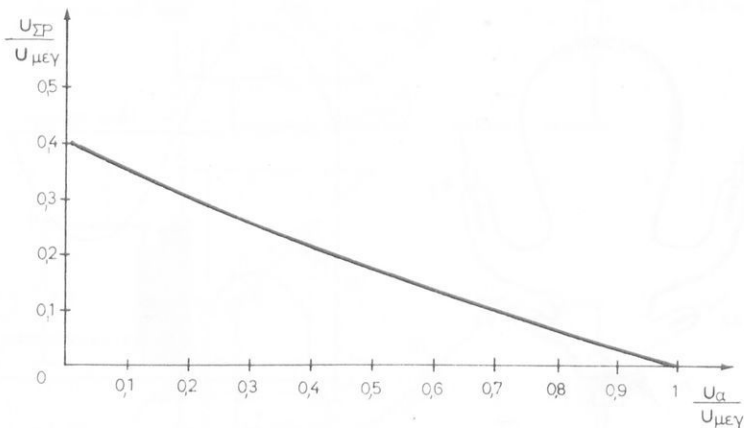
Γωνία άγωγιμότητας (θ_β): Ή γωνία πού έκφράζει σέ ηλεκτρικές μοίρες τό χρόνο κατά τόν οποίο ή λυχνία παραμένει άγώγιμη.

Γωνία σβέσεως (θ_γ): Ή γωνία πού έκφράζει σέ ηλεκτρικές μοίρες τό χρόνο από τή στιγμή τού «αποϊονισμού» στή λυχνία μέχρι τό τέλος τής θετικής ήμπεριόδου.

Τά χαρακτηριστικά αυτά είναι σημαντικά στοιχεία για την απόδοση της λυχνίας υδράργυρου σε άνορθωτική διάταξη. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι στα κυκλώματα άνορθώσεων με άνορθωτές λυχνίες υδράργυρου ή αέριου, όλα τα μεγέθη που προκύπτουν από την ανάλυση του παλμορεύματος στην έξοδο της άνορθώσεως εξαρτώνται από το λόγο:

$$\frac{U_a}{U_{μεγ}}$$

Δηλαδή το λόγο της τάσεως έναυσεως (U_a) με τη μέγιστη εναλλασσόμενη τάση ($U_{μεγ}$) που εισάγεται στο κύκλωμα για άνορθωση.



Σχ. 32.4β.

Η καμπύλη στο σχήμα 32.4β δείχνει την επίδραση του λόγου:

$$\frac{U_a}{U_{μεγ}}$$

στην τιμή της άνορθωμένης συνεχούς τάσεως $U_{ΣΡ}$.

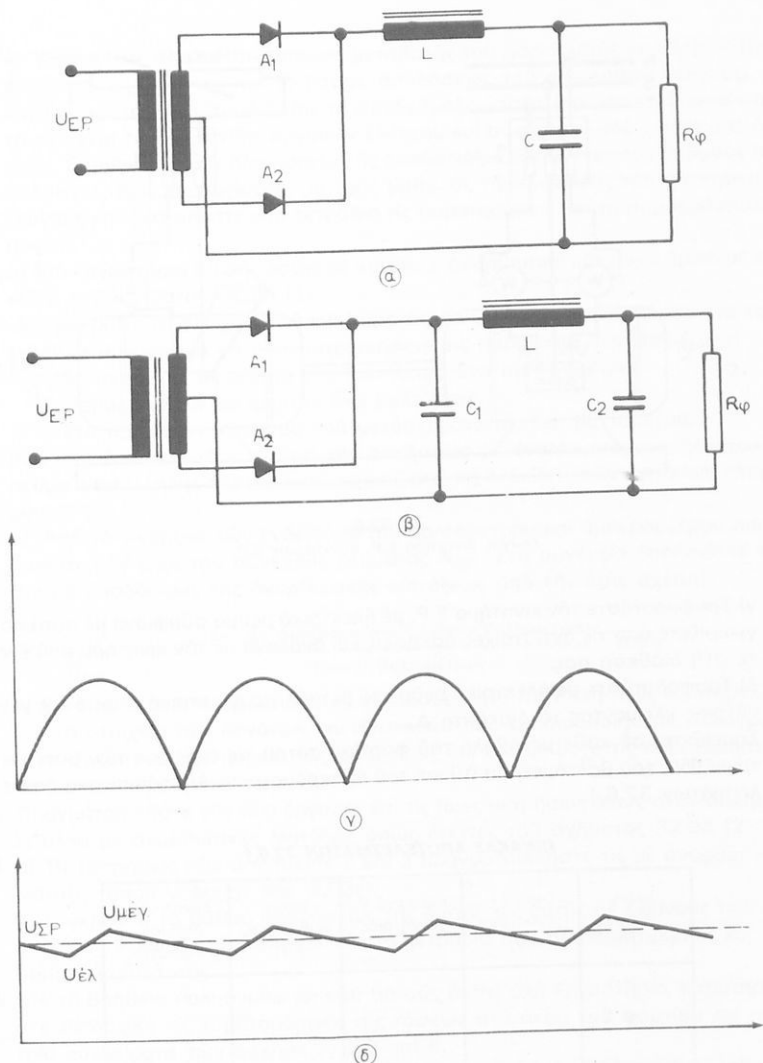
32.5 Φίλτρα.

Είναι γνωστό ότι η άνορθωμένη τάση στο φορτίο $R_{φ}$ παρουσιάζει πολύ μεγάλη κυμάτωση. Η κυμάτωση αυτή εξομαλύνεται όταν μεταξύ του άνορθωτή και του φορτίου τοποθετήσουμε *ειδικά* ηλεκτρικά κυκλώματα, όπως τα **φίλτρα εξομαλύνσεως**.

Τά κυριότερα από τα φίλτρα αυτά, καθώς και η κυματομορφή της τάσεως στην έξοδο του άνορθωτή, φαίνονται στο σχήμα 32.5.

32.6 Άσκήσεις.

1. α) Αναγνωρίστε τις μηχανές του ηλεκτρικού ζεύγους που θα σās δοθεί στο εργαστήριο και σημειώστε από την πινακίδα του ζεύγους, τους βαθμούς απόδοσης του κινητήρα και της γεννήτριας.
β) Έχοντας υπόψη σας τη συνδεσμολογία του σχήματος 32.6 ζητήστε από τον υπεύθυνο των υλικών και των οργάνων του εργαστηρίου τά κατάλληλα όργανα και τις συσκευές για να πραγματοποιήσετε τη συνδεσμολογία.



Σχ. 32.5.

α) Κύκλωμα διπλής άνορθώσεως με φίλτρο αύτεπαγωγικής είσοδου τύπου L. β) Κύκλωμα διπλής άνορθώσεως με φίλτρο χωρητικής είσοδου. γ) Κυματομορφή τάσεως έξοδου κυκλώματος διπλής άνορθώσεως χωρίς φίλτρο εξομαλύνσεως. δ) Κυματομορφή τάσεως έξοδου φίλτρου χωρητικής είσοδου κυκλώματος διπλής άνορθώσεως. $U_{\mu\epsilon\gamma}$ ή μέγιστη τάση φορτίσεως του πυκνωτή του φίλτρου. $U_{\epsilon\lambda}$ ή ελάχιστη τάση φορτίσεως του πυκνωτή του φίλτρου. $U_{\Sigma P}$ ή συνεχής συνιστώσα της

$$\text{τάσεως, δηλαδή } U_{\Sigma P} = \frac{U_{\mu\epsilon\gamma} + U_{\epsilon\lambda}}{2}$$

ε) Ὑπολογίστε σέ κάθε περίπτωση μεταβολῆς τοῦ φορτίου τῆς γεννήτριας τῆν ἀποδιδόμενη ἰσχύ της καί τό βαθμό ἀποδόσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ζεύγους.

στ) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τή συνδεσμολογία τῆς ἀσκήσεως. Σημειώστε τά στοιχεῖα τῶν μηχανῶν, ὀργάνων ἐλέγχου καί συσκευῶν πού χρησιμοποιήσατε. Περιγράψτε τήν ὅλη πορεία τῆς ἀσκήσεως. Συγκρίνετε τούς βαθμούς ἀποδόσεως πού ὑπολογίσατε, μέ τούς βαθμούς τῆς πινακίδας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ζεύγους καί διατυπώστε στό τετράδιο τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

2. α) Στό ἐργαστήριο θά σᾶς δοθεῖ σέ «σασσί» ἀνορθωτικό κύκλωμα ὅμοιο μέ ἐκείνο τοῦ σχήματος 32.3δ (1).

Ἀναγνωρίστε τά στοιχεῖα τοῦ κυκλώματος καί ζητήστε νά σᾶς δώσουν τά κατάλληλα ὄργανα γιά νά πραγματοποιήσετε τίς παρακάτω συνδέσεις:

- Σέ σειρά μέ τό φορτίο τῆς διατάξεως, ἓνα ἀμπερόμετρο.
- Παράλληλα μέ τό φορτίο, ἓνα βολτόμετρο.
- Στό πρωτεῦον κύκλωμα τοῦ μετασχηματιστή, ἓνα βαττόμετρο.

β) Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα τῆς ἀσκήσεως μέ ἐναλλασσόμενο ἠλεκτρικό ρεῦμα (κατάλληλης τάσεως) καί σημειώστε τίς ἐνδείξεις τῶν ὀργάνων ἐλέγχου.

γ) Ἀπό τό γινόμενο τῶν ἐνδείξεων τοῦ βολτόμετρου καί ἀμπερόμετρου ὑπολογίστε τήν ἰσχύ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος $N_{\Sigma P}$. Στή συνέχεια ὑπολογίστε τό βαθμό ἀποδόσεως τῆς ἀνορθωτικῆς διατάξεως ἀπό τήν ἐξῆς σχέση:

$$\eta_{\%} = \frac{N_{\Sigma P}}{N_{\epsilon\iota\sigma}} \cdot 100\% = \frac{(\text{ἐνδειξη Ἀμπερόμετρου} \times \text{ἐνδειξη Βολτόμετρου})}{\text{Ἐνδειξη Βατομέτρου}} \cdot 100\%$$

δ) Σχεδιάστε στό τετράδιο σας τή συνδεσμολογία τῆς ἀσκήσεως καί σημειώστε τά στοιχεῖα τῶν ὀργάνων καί συσκευῶν πού χρησιμοποιήσατε. Περιγράψτε συνοπτικά τήν πορεία τῆς ἀσκήσεως καί διατυπώστε τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

3. Πραγματοποιήστε τήν ἴδια ἐργασία καί τίς ἴδιες μετρήσεις ὅπως στήν ἀσκηση 2, ἀλλά μέ ἀνορθωτικές διατάξεις ὅπως ἐκείνες τοῦ σχήματος 32.3δ (2).

4. α) Τίς μετρήσεις τῶν ἀσκήσεων 2 καί 3 πραγματοποιήστε τις μέ ἀνορθωτική διάταξη τύπου γέφυρας (σχ. 32.3ε).

β) Συγκρίνετε τό βαθμό ἀποδόσεως τῆς διατάξεως αὐτῆς μέ ἐκείνους τῶν ἀσκήσεων 2 καί 3 καί διατυπώστε στό τετράδιό σας τίς παρατηρήσεις καί τά συμπεράσματά σας.

5. Μέ τή βοήθεια παλμογράφου, πού θά σᾶς δοθεῖ στό ἐργαστήριο, παρατηρήστε διαδοχικά τίς κυματομορφές τῆς τάσεως στά ἄκρα τοῦ φορτίου καί στά τρία κυκλώματα τῶν ἀσκήσεων 2,3 καί 4.

Γιά νά χειρισθεῖτε τόν παλμογράφο σᾶς ὑπενθυμίζομε ὅτι πρέπει νά γνωρίζετε τά κυριότερα ρυθμιστικά «κουμπιά» του καί τήν ἐργασία πού τό καθένα κάνει. Διηλαδῇ:

Φωτεινότητα (intensity). Αὐξάνει ἢ ἐλαττώνει τή φωτεινότητα τοῦ σήματος στήν ὁθόνη. Ἐπίσης, συνήθως στό κουμπί τῆς φωτεινότητας εἶναι καί ὁ διακόπτης ἀποκαταστάσεως καί διακοπῆς τοῦ κυκλώματος τροφοδοτήσεως τοῦ παλμογράφου.

Έστιαση του στίγματος (focus). Καθιστά λεπτότερο καί εύκρινέστερο τό στίγμα στήν ὀθόνη.

Κατακόρυφη τοποθέτηση του στίγματος (vertical position). Ρυθμίζει πρὸς τὰ πάνω ἢ κάτω τή θέση τοῦ στίγματος στήν ὀθόνη.

Ὁριζόντια τοποθέτηση του στίγματος (horizontal position). Ρυθμίζει πρὸς τὰ ἀριστερά ἢ δεξιά τή θέση τοῦ στίγματος.

Κατακόρυφη ἐνίσχυση του σήματος (vertical gain). Ρυθμίζει τό πλάτος τῆς ἐφαρμοζόμενης τάσεως στά πλακίδια κατακόρυφης ἀποκλίσεως καί ἔτσι κανονίζει τό ὕψος τοῦ παλμογραφήματος στήν ὀθόνη.

Ὁριζόντια ἐνίσχυση (horizontal gain). Ρυθμίζει τό πλάτος τῆς τάσεως στά πλακίδια ὁριζόντιας ἀποκλίσεως καί ἔτσι κανονίζει τό πλάτος τοῦ παλμογραφήματος.

Ἐπιλογέας συχνότητας σαρώσεως (sweep frequency selector). Ρυθμίζει χονδρικά τήν περιοχή στήν ὁποία πρέπει νά βρίσκεται ἡ συχνότητα τῆς ὁριζόντιας ἱσοταχοῦς κινήσεως τοῦ στίγματος, δηλαδή ἡ συχνότητα τῆς σαρώσεως.

Λεπτὴ ρύθμιση τῆς συχνότητας σαρώσεως (frequency vernier). Ρυθμίζει μέ περισσότερη ἀκρίβεια τή συχνότητα τῆς σαρώσεως.

Ἐπιλογέας συγχρονισμοῦ (synchronization selector). Διορθώνει τή συχνότητα τῆς σαρώσεως, ὥστε τό παλμογράφημα πού ἐμφανίζεται στήν ὀθόνη νά παραμένει ἀκίνητο.

Στοὺς διάφορους τύπους παλμογράφων συναντᾶμε τὰ ἴδια σχεδόν ρυθμιστικὰ κουμπία μέ ἐλαφρὲς ἀλλαγές στήν ὀνομασία. Ἀκόμα, μιά καλὴ κατασκευὴ παλμογράφου θά περιλαμβάνει ὅπωςδήποτε καί περισσότερα ρυθμιστικὰ κουμπία. Καλὴ ὁμως γνώση ἐνὸς ἀπλοῦ παλμογράφου διευκολύνει στὸν χειρισμὸ ὁποιοδήποτε τύπου παλμογράφου συνθετότερης κατασκευῆς.

Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς ρυθμιστές τῆς λειτουργίας τοῦ παλμογράφου ὑπάρχουν στήν πρόσοψή του καί οἱ κατάλληλες ὑποδοχές γιὰ τὴ σύνδεση τῶν σημάτων, πού πρόκειται νά ἐμφανισθοῦν στήν ὀθόνη. Οἱ κυριότερες ἀπὸ τίς ὑποδοχές αὐτές εἶναι:

Κατακόρυφη εἴσοδος (vertical input). Σ' αὐτὴ τήν εἴσοδο συνδέεται τό πρὸς παρατήρηση σῆμα.

Ὁριζόντια εἴσοδος (horizontal input). Ἐδῶ συνδέεται ἐξωτερικὸ σῆμα σαρώσεως, πού πρόκειται νά ἐφαρμοσθεῖ στά πλακίδια ὁριζόντιας ἀποκλίσεως, ὅταν δὲν χρησιμοποιεῖται ἐσωτερικὴ σάρωση.

Γιὰ νά θέσετε σέ λειτουργία τὸν παλμογράφο πρέπει νά ἀκολουθήσετε τὴν παρακάτω σειρά ἐργασιῶν.

— Νά τοποθετηθοῦν ὁ «ἐπιλογέας συχνότητας σαρώσεως» (sweep selector) καί ἡ «λεπτὴ ρύθμιση συχνότητας σαρώσεως» (sweep vernier) στό μέσο τῆς διαδρομῆς τους.

— Νά τοποθετηθοῦν οἱ ρυθμιστές (τὰ κουμπία) ὁριζόντιας καί κατακόρυφης ἀποκλίσεως (horizontal καί vertical position).

— Νά τοποθετηθεῖ στό μέσο τῆς διαδρομῆς ὁ ἐπιλογέας συγχρονισμοῦ (synchronization selector) στὴ θέση int. (internal, ἐσωτερικός), ὥστε νά λειτουργεῖ ὁ ἐσωτερικός συγχρονισμός. Ὁ ἀπλὸς ρυθμιστὴς συγχρονισμοῦ (sync) νά μείνει ἐντελῶς κλειστός.

— Νά τοποθετηθεῖ ὁ ρυθμιστὴς φωτεινότητας (intensity) στά $\frac{3}{4}$ τῆς διαδρομῆς

του και ο ρυθμιστής κατακόρυφης ένισχύσεως (vertical gain) να τοποθετηθεί σχεδόν στη μέγιστη ένδειξη.

— Νά τεθεί ο ρυθμιστής οριζόντιας ένισχύσεως επίσης στά $\frac{3}{4}$ περίπου της διαδρομής του.

— Νά ρυθμισθούν τὰ κουμπιά κατακόρυφης και οριζόντιας θέσεως έτσι ώστε ή φωτεινή ευθεία, ή οποία εμφανίζεται οριζόντια στην οθόνη, αφού θερμανθεί για ένα ή δύο λεπτά ο παλμογράφος, να τοποθετηθεί στο μέσο της οθόνης.

— Νά γίνει λεπτή και εύκρινής ή φωτεινή ευθεία με επέμβαση στους ρυθμιστές φωτεινότητας (intensity) και έστιασεως (focus).

— Νά ρυθμισθεί τό πλάτος της ευθείας με επέμβαση στο ρυθμιστή της οριζόντιας ένισχύσεως (horizontal gain).

— Νά συνδεθεί διαδοχικά στην κατακόρυφη είσοδο (vertical punt) ή τάση του φορτίου της κάθε άνορθωτικής διατάξεως.

— Νά ρυθμισθούν ο έπιλογέας κατακόρυφης θέσεως (vertical position selector) και ο κατακόρυφος ένισχυτής (vertical gain), ώστε τό σήμα να καλύψει τό 80% περίπου της οθόνης σε ύψος.

— Νά τοποθετηθεί ο έπιλογέας συχνότητας σαρώσεως (sweep selector) και να στραφεί τό κουμπί λεπτής ρυθμίσεως της συχνότητας σαρώσεως (sweep vernier) έτσι, ώστε να παρουσιασθούν δύο πλήρεις έναλλαγές της τάσεως του σήματος στην οθόνη.

— Νά σταθεροποιηθεί με τό ρυθμιστή συγχρονισμού (sync) τό σήμα στην οθόνη. Για πλήρη σταθεροποίηση ίσως χρειασθεί επέμβαση και στο μικρομετρικό έπιλογέα συχνότητας σαρώσεως (sweep vernier).

6. α) Άναγνωρίστε τό άνορθωτικό κύκλωμα λυχνίας υδράργυρου πού θα σας δοθεί στο εργαστήριο και σχεδιάστε το στο τετράδιό σας.

β) Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα της διατάξεως με την κατάλληλη ήλεκτρική τάση «θερμάνσεως».

Μετά τή θερμανση της λυχνίας και τή δημιουργία άτμών υδράργυρου, έφαρμόστε την έναλλασσόμενη τάση πού θέλετε να άνορθώσετε.

γ) Συνδέστε στην έξοδο της άνορθωτικής διατάξεως (στο φορτίο R_{ϕ}) παλμογράφο, όπως κάνατε στην άσκηση 5 και παρατηρήστε τή μορφή του άνορθωμένου κύματος. Σχεδιάστε τή μορφή αυτή στο τετράδιό σας.

δ) Τοποθετήστε, μεταξύ της καθόδου της λυχνίας και του φορτίου R_{ϕ} , φίλτρο έξομαλύνσεως με άυτεπαγωγική και με χωρητική είσοδο, όπως στο σχήμα 32.5 (α) και 32.5 (β).

Σε κάθε περίπτωση παρακολουθήστε στην οθόνη του παλμογράφου τις κυματομορφές. Σχεδιάστε τις στο τετράδιό σας και συγκρίνετέ τις.

Διατυπώστε στο τετράδιό σας τις παρατηρήσεις και τὰ συμπεράσματά σας.

ε) Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα της διατάξεως με μεταβλητή έναλλασσόμενη τάση και ρυθμίστε αυτά μέχρι να διαπιστώσετε την τιμή της τάσεως έναύσεως της λυχνίας.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

33.1 Γενικά.

Ήσωτερική Ήλεκτρική Έγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) είναι τό ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτήσεως τών λαμπτήρων φωτισμού, μηχανημάτων καί συσκευών πού είναι εγκαταστημένες σέ δημόσια ή ιδιωτικά κτίρια ή σέ χώρους πού περιλαμβάνουν περιφραγμένα γήπεδα, άκάλυπτους χώρους καί σέ ζώνες σταθμεύσεως όχημάτων. Ή άρχή τής Ε.Η.Ε. είναι τό σημείο πού τοποθετείται ό μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή τό σημείο πού καταλήγει ένα τμήμα του δικτύου διανομής τής ΔΕΗ (παροχή).

Σέ κάθε χώρα έχουν θεσπισθεί κανονισμοί μέ σκοπό νά εξασφαλίσουν προστασία, σέ πρόσωπα, κτίρια κλπ., από τούς κινδύνους πού προκύπτουν μέ τή χρήση τής ηλεκτρικής ενέργειας γιά φωτισμό, κίνηση, θέρμανση, σήμανση κλπ.

Στή χώρα μας ισχύουν γιά τίς Ε.Η.Ε. ειδικοί κανονισμοί, πού τούς λέμε «κανονισμοί Ήσωτερικών Ήλεκτρικών Έγκαταστάσεων».

Προσοχή: Οί κανονισμοί τών Ε.Η.Σ. άποτελούν βασικό βοήθημα καί άπαραίτητο σύμβουλο γι' αυτόν πού εργάζεται στό χώρο του ηλεκτρισμού (μελετητές εγκαταστάσεως, τεχνίτες κλπ.).

33.2 Συνδεσμολογίες βασικών κυκλωμάτων φωτισμού.

Ή έσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) φωτισμού μιάς κατοικίας (ή καί όποιουδήποτε άλλου χώρου) άποτελεί ένα συνδυασμό βασικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων πού βρίσκονται εγκαταστημένα στους διάφορους επί μέρους χώρους. Τά κυκλώματα αυτά τροφοδοτούνται μέ ηλεκτρικό ρεύμα από ηλεκτρικές γραμμές πού αναχωρούν από τόν κεντρικό πίνακα διανομής, όπως φαίνεται στό σχήμα 33.2α.

Οί βασικότερες συνδεσμολογίες τών τοπικών κυκλωμάτων πού συνδυάζονται κατάλληλα γιά νά έξυπηρετήσουν συνολικά τό φωτισμό μιάς Ε.Η.Ε. είναι οί έξής:

33.2.1 Συνδεσμολογία άπλου διακόπτη μέ ένα φώς.

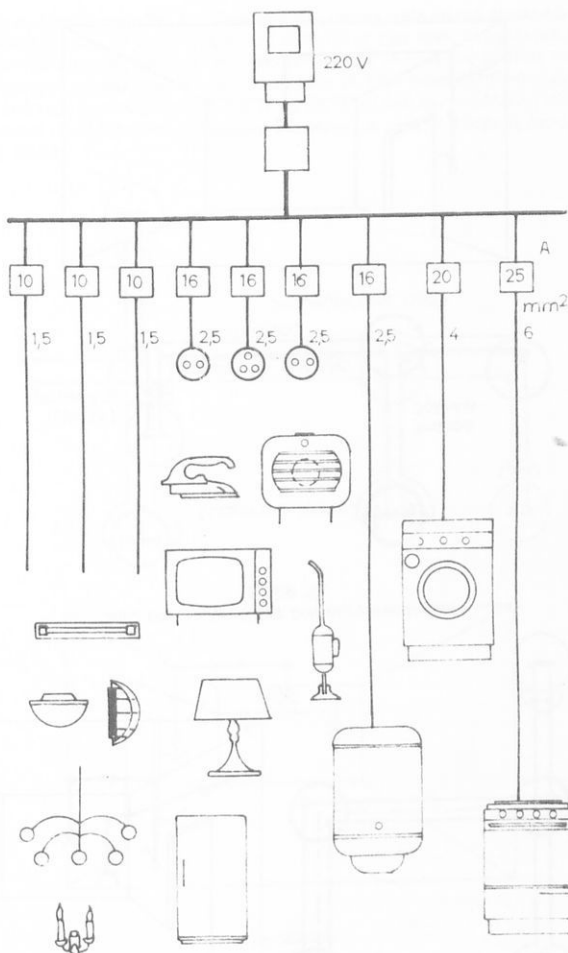
Είναι ή πιό άπλή συνδεσμολογία πού συναντά ό ηλεκτρολόγος στήν πράξη. Γιά τήν πραγματοποίηση τής χρειάζονται μιά λυχνιολαβή (ντουί), ένας άπλός διακόπτης, ένα κουτί διακλαδώσεως καί άγωγοί γιά τή σύνδεσή τους.

Ό άπλός διακόπτης έχει δύο άκροδέκτες (σχ. 33.2β). Στόν ένα από αυτούς συνδέεται άγωγός πού ξεκινάει από τή γραμμή τής φάσεως (μαύρο χρώμα). Τόν άγωγό αυτό τόν χαρακτηρίζουμε **άγωγό τής φάσεως** γιά νά τόν διακρίνουμε από τούς άλλους άγωγούς.

Ό άλλος άκροδέκτης του διακόπτη συνδέεται μέ άγωγό μαύρου χρώματος πού καταλήγει στόν ένα άκροδέκτη τής λυχνιολαβής (ντουί). Ό άγωγός αυτός χαρακτηρίζεται **άγωγός έπιστροφής**. Ό δεύτερος άκροδέκτης τής λυχνιολαβής συνοδεύεται μέ άγωγό γκρί χρώματος πού καταλήγει στή γραμμή του ούδέτερου.

33.2.2 Συνδεσμολογία άπλου φωτός καί ρευματοδότη.

Στή συνδεσμολογία αυτή έχομε συνδεσμολογημένο καί ένα ρευματοδότη (σχ. 33.2γ).



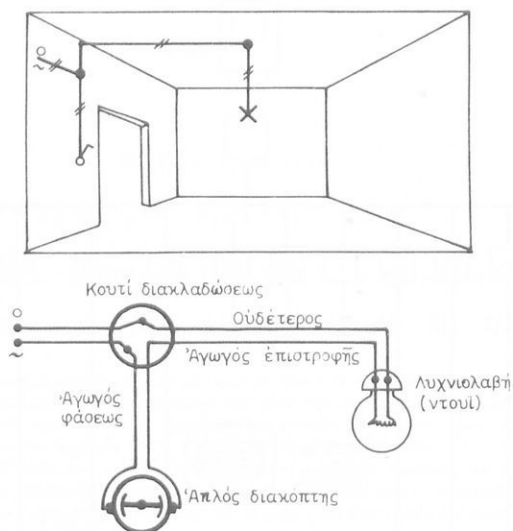
Σχ. 33.2α.

Ο ρευματοδότης μπορεί να είναι διπολικός (χωρίς έπαφή γειώσεως) ή τριπολικός (με έπαφή γειώσεως).

Στην περίπτωση του διπολικού ρευματοδότη ο ένας ακροδέκτης συνδέεται με μαύρο άγωγό που ξεκινάει από τη γραμμή φάσεως της εγκαταστάσεως. Ο άλλος ακροδέκτης του ρευματοδότη συνδέεται με άγωγό γκρί χρώματος που ξεκινάει από τη γραμμή του ουδέτερου.

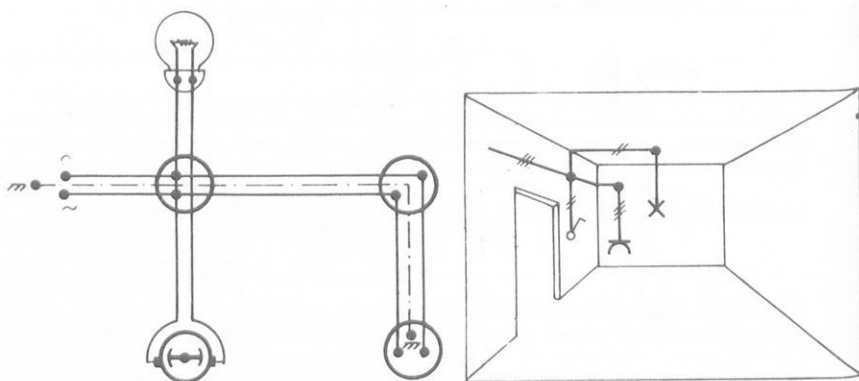
Τις πιο πολλές φορές όμως χρησιμοποιούνται οι τριπολικοί ρευματοδότες (βλέπε και Κανονισμούς Ε.Η.Ε.), οι οποίοι φέρουν τρεις ακροδέκτες.

Σε αυτούς τους ρευματοδότες ο τρίτος ακροδέκτης, ο μεσαίος στη σειρά, συνδέεται με άγωγό κίτρινου χρώματος και με τη γραμμή γείωσης της εγκαταστάσεως.



Σχ. 33.2β.

Συνδεσμολογία απλού διακόπτη με ένα φως.



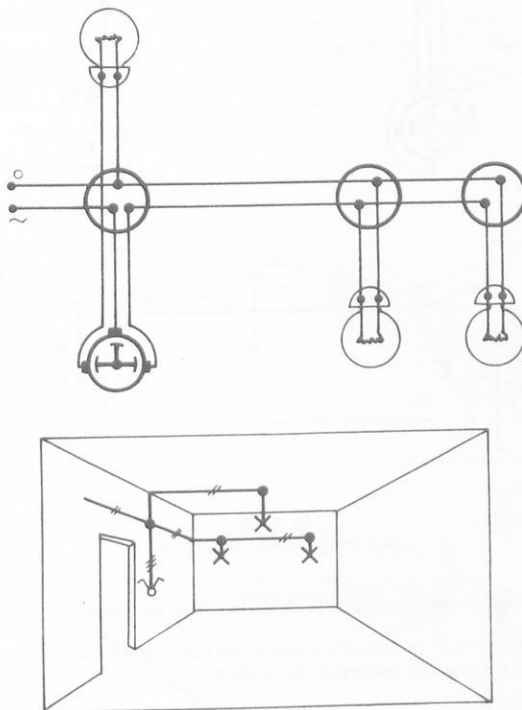
Σχ. 33.2γ.

Απλό φως και ρευματοδότης.

33.2.3 Συνδεσμολογία διακόπτη κομμιτατέρ (επιλεκτικός διακόπτης).

Με τη συνδεσμολογία αυτή πραγματοποιούμε ένα κύκλωμα όπου, με ένα διακόπτη μπορούμε να ανάβασβύνομε δύο φώτα ένα-ένα χωριστά ή περισσότερα σε ομάδες ή και όλα μαζί. Για τη συνδεσμολογία ενός τέτοιου κυκλώματος με τρία φώτα χρειαζόμαστε τρεις λυχνιολαβές (ντουλί) ή ένα πο-

λύφωτο με τρία φωτιστικά στοιχεία, ένα διακόπτη κομμιτατέρ, τρία κουτιά διακλαδώσεως και άγωγούς για τη σύνδεσή τους. Ο διακόπτης αυτού του είδους έχει τρεις άκροδέκτες. Στο μεσαίο άκροδέκτη συνδέεται ο άγωγός (μαύρος) που ξεκινάει από τη γραμμή της φάσεως και οι άκραίοι άκροδέκτες με άγωγούς έπιστροφής. Ενώνονται, ο ένας με έναν άκροδέκτη μιάς λυχνιολαβής και ο άλλος σέ έναν από τούς δύο κόμβους που έχουν σχηματισθεί από την παράλληλη σύνδεση των δύο άλλων λυχνιολαβών. Ο ούδέτερος (γκρί χρώμα) συνδέεται με τούς ελεύθερους άκροδέκτες των λυχνιολαβών (σχ. 33.2δ).



Σχ. 33.2δ.

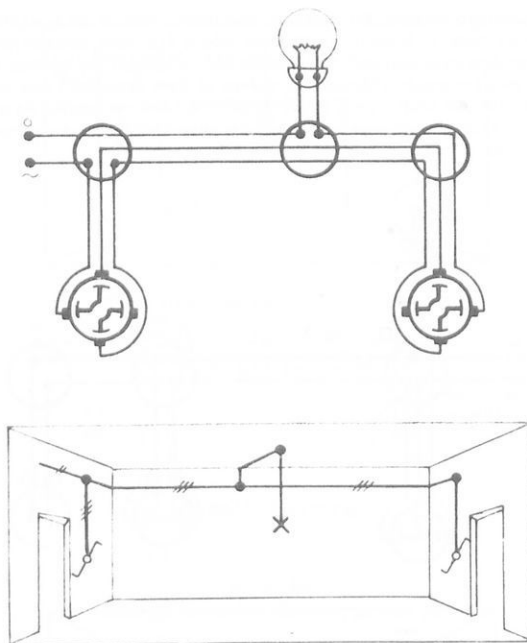
Διακόπτης Κομμιτατέρ.

33.2.4 Συνδεσμολογία δύο άκραιών διακοπών άλλέ-ρετούρ (παλινδρομικός διακόπτης με ένα φώς).

Τή συνδεσμολογία αυτή την πραγματοποιούμε όταν θέλομε νά άναβοσβύνομε τό φώς από δύο ή περισσότερα διαφορετικά σημεία.

Τά υλικά που χρειαζόμαστε στήν περίπτωση αυτή είναι δύο άκραίοι διακόπτες άλλέ-ρετούρ, μία λυχνιολαβή, τρία κουτιά διακλαδώσεως και άγωγούς για τη σύνδεσή τους.

Οι διακόπτες άλλέ-ρετούρ στο σταθερό τους μέρος μοιάζουν με τούς διακόπτες κομμιτατέρ, δηλαδή έχουν τρεις σταθερούς άκροδέκτες. Η διαφορά τής κατασκευής τους βρίσκεται στο κινητό τους μέρος (σχ. 33.2ε).



Σχ. 33.2ε.

Διακόπτες άκραιοι άλλε-ρετούρ.

33.3 Άπαραίτητα έργαλεία γιά τήν κατασκευή κυκλωμάτων φωτισμού.

Στό σχήμα 33.3 φαίνονται τά βασικά καί άπαραίτητα έργαλεία, πού χρειάζονται οί ήλεκτρολόγοι γιά τήν κατασκευή κυκλωμάτων φωτισμού. Αύτά είναι:

α) Πένσες [σχ. 33.3(1)]:

Κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα. Ή λαβή τους καλύπτεται από πλαστικό μονωτικό μεγάλης διηλεκτρικής άντοχής γιά προστασία από ήλεκτροπληξία εκείνου πού τή χρησιμοποιεί.

Οί πένσες χρησιμεύουν γιά νά κόβουν καί νά διαμορφώνουν άγωγούς ήλεκτρικών εγκαταστάσεων μέχρι 10mm² (διατομή). Επίσης χρησιμεύουν γιά νά σφίγγουν καί νά συγκρατούν σωληνες εγκαταστάσεων καθώς καί διάφορα τεμάχια έξαρτημάτων τους.

β) Πλαγιοκόπτες [σχ. 33.3(2)]:

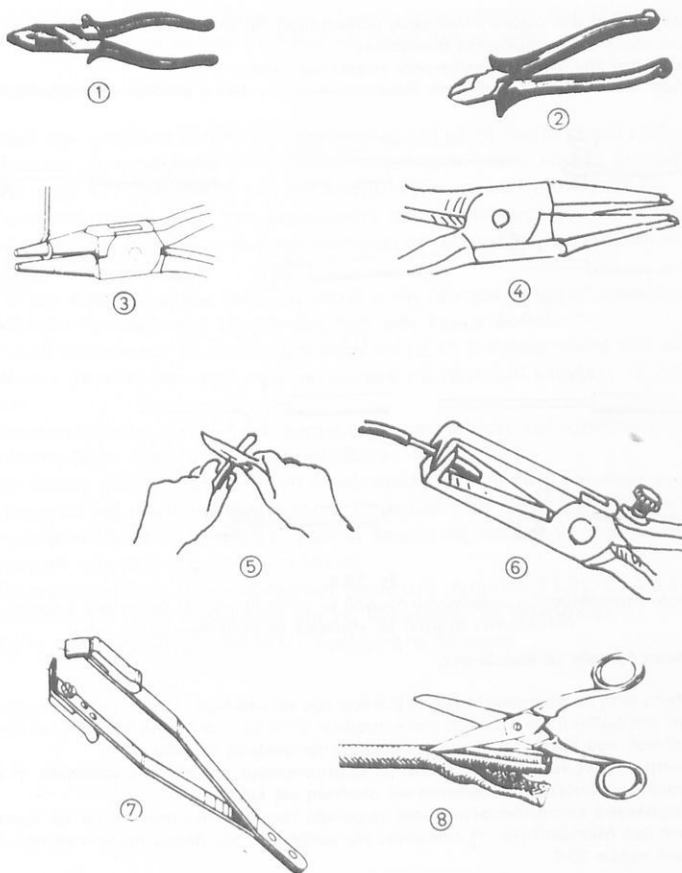
Είναι πιό κατάλληλοι από τίς πένσες γιά τό κόψιμο τών άγωγών.

γ) Μυτοσίμυδα [(σχ. 33.3(3)).

Χρησιμοποιούνται περισσότερο γιά τή διαμόρφωση τών άγωγών:

δ) Πλατυσίμυδα [σχ. 33.3(4)].

Χρησιμοποιούνται γιά συγκράτηση καί σύσφιξη τών άγωγών καθώς νιά τή διαμόρφωσή τους.



Σχ. 33.3.

Έργαλεία ηλεκτρολόγου.

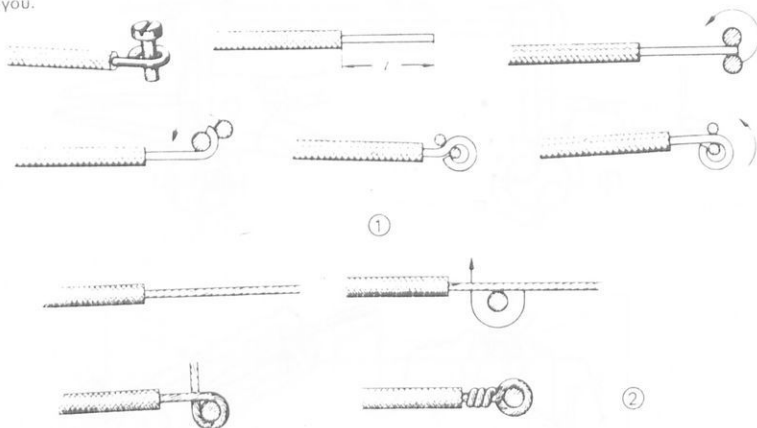
Γιά την απογύμνωση των άκρων μονωμένων αγωγών, προκειμένου να συνδεθούν σέ ακροδέκτες διακοπών, ρευματοδοτών ή διακλαδωτήρων, χρησιμοποιούνται, ανάλογα με τό είδος του μονωτικού καί τή διατομή του αγωγού, *τό μαχαίρι του ηλεκτρολόγου* [σχ. 33.3(5)], ή πένσα απογυμνώσεως [σχ. 33.4(6)], ή *πένσα αποξέσεως* [σχ. 33.3(7)] (όταν οί αγωγοί φέρουν έμαγιέ) καί τό *ψαλίδι του ηλεκτρολόγου* [σχ. 33.3(8)].

33.4 Διαμόρφωση αγωγών.

Μετά τήν απογύμνωση των άκρων των αγωγών από τή μόνωσή τους, ό ηλεκτρολόγος πρέπει νά επιδείξει ιδιαίτερη προσοχή στή διαμόρφωση των άκρων. Καί αυτό γιά νά γίνει ή σύνδεση των αγωγών μέ τούς ακροδέκτες των διακοπών καί των άλλων ηλεκτρικών έξαρτημάτων ενός κυκλώματος σταθερή, καλαίσθητη καί πρós παντός *άσφαλής*. Μιά κακή σύνδεση αγωγού σέ ακροδέκτη προκαλεί:

- Υπερθέρμανση στο σημείο συνδέσεως (καταστροφή της συνδέσεως).
- Πτώση τάσεως στο σημείο της συνδέσεως.
- Πυρκαϊά από την ανάφλεξη γειτονικών εύφλεκτων υλών.

Στο σχήμα 33.4 φαίνεται η διαδικασία διαμορφώσεως των άκρων μονόκλωνου καί πολύκλωνου άγωγού.



Σχ. 33.4.

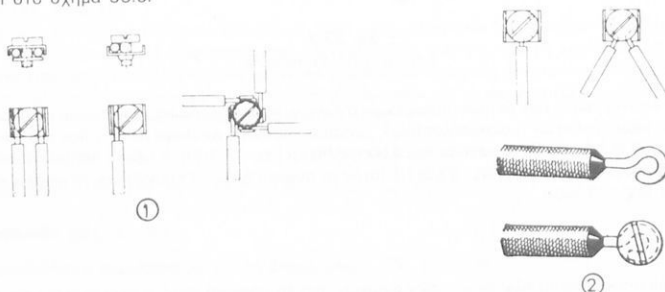
1) Διαδικασία διαμορφώσεως μονόκλωνου άγωγού με μυτοσίμπιδο. 2) Διαδικασία διαμορφώσεως πολύκλωνου άγωγού σε «θηλεία» με μυτοσίμπιδο.

33.5 Σύνδεση άγωγών με άκροδέκτες.

Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια των κατασβιδιών. Ο ηλεκτρολόγος πρέπει πάντοτε να έχει στη διάθεσή του μία σειρά από κατασβιδία ώστε να είναι δυνατή η έκλογή του κατάλληλου κατασβιδιού που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε στην ανάλογη περίπτωση.

Στίς ηλεκτρολογικές εργασίες δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε οποιοδήποτε κατασβίδι. Η χρήση καλού κατασβιδιού επιδρά στην ποιότητα καί απόδοση της εργασίας.

Τά ηλεκτρολογικά κατασβιδία φέρουν στη χειρολαβή τους πλαστική μόνωση για την προστασία του χειριστή από ηλεκτροπληξία. Η διαδικασία της συνδέσεως των άκρων άγωγών σε άκροδέκτες φαίνεται στο σχήμα 33.5.



Σχ. 33.5.

Σύνδεση άγωγών σε άκροδέκτες.

1) 'Απ' εύθείας σύνδεση. 2) Σύνδεση τύπου «θηλείας».

Προσοχή χρειάζεται στην τοποθέτηση της «θηλειάς» στον ακροδέκτη. Πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε όταν βιδώνουμε με τό κατασβίδι ή θηλειά να κλείνει προς τα μέσα.

33.6 Άσκησης.

1. Από την αποθήκη υλικού του εργατηρίου και με τη βοήθεια του καθηγητή ξεχωρίστε τα κατάλληλα υλικά (διακόπτες, λυχνιολαβές, κουτιά διακλαδώσεως κλπ.) για την κατασκευή της συνδεσμολογίας του σχήματος 33.2β.

Τοποθετήστε τα υλικά, που ξεχωρίσατε προηγουμένως, στην πινακίδα που θα σας διατεθεί στο εργαστήριο και κατασκευάστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 33.2β.

Για την κατασκευή της συνδεσμολογίας της άσκησης χρησιμοποιήστε τα κατάλληλα εργαλεία και τις οδηγίες που σας έχουν δοθεί.

Αφού τελειώσετε τη συνδεσμολογία, και με τη βοήθεια πάντα του καθηγητή, θέσετε το κύκλωμα που κατασκευάσατε σε τάση και ελέγξτε τη λειτουργία του.

Αποσυναρμολογήστε τη συνδεσμολογία που κάνατε και τοποθετήστε τα υλικά στη θέση από όπου τα παραλάβατε.

Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τη συνδεσμολογία που κατασκευάσατε σε πολυγραμμικό και μονογραμμικό σχέδιο. Σημειώστε τα υλικά και τα εργαλεία που χρησιμοποιήσατε. Εξηγήστε, γιατί ο διακόπτης πρέπει να τοποθετείται στη γραμμή φάσεως της εγκαταστάσεως.

2. Πραγματοποιήστε συνδεσμολογίες όπως στα σχήματα 33.2γ, 33.2δ και 33.2ε ακολουθώντας τη διαδικασία και τις ενέργειες της άσκησης 1.
Κάθε συνδεσμολογία αποτελεί ανεξάρτητη άσκηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΑΓΕΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ

34.1 Γενικά.

Το ηλεκτρικό μαγειρείο και ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας σε κάθε Ε.Η.Ε. μιάς κατοικίας χρησιμοποιούν ανεξάρτητες ηλεκτρικές γραμμές τροφοδοτήσεως οι οποίες αρχίζουν από τό γενικό πίνακα διανομής.

Επειδή η ισχύς και των δύο αυτών συσκευών είναι σχετικά μεγάλη, επιβάλλεται να τροφοδοτούνται ηλεκτρικά μέσω διπολικών διακοπών, ή τετραπολικών σε περίπτωση τριφασικής τροφοδοτήσεως. Δηλαδή να διακόπτονται οι φάσεις και ο ουδέτερος.

Η τοποθέτηση του διακόπτη γίνεται ανάλογα με τη διαρρύθμιση των χώρων της κατοικίας και τη θέση του γενικού πίνακα διανομής. Έτσι ο διακόπτης μπορεί να τοποθετηθεί κοντά στη συσκευή ή επάνω στον κεντρικό πίνακα διανομής.

34.2 Συνδεσμολογία ηλεκτρικού μαγειρείου.

Τό μεγαλύτερο μέρος του φορτίου της Ε.Η.Ε. μιάς κατοικίας αντιστοιχεί συνήθως στο κύκλωμα του ηλεκτρικού μαγειρείου. Τα ηλεκτρικά μαγειρεία (ηλεκτρικές κουζίνες) που χρησιμοποιούνται σήμερα στις κατοικίες, σε πολλές περιπτώσεις, ξεπερνούν σε ισχύ τα 10 kW.

Στήν πράξη, για να υπολογίσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που απορροφά ένα ηλεκτρικό μαγειρείο κατά τη λειτουργία του, παίρνουμε ένα **συντελεστή ταυτοχρονισμού** $0,7 \div 0,8$. Δηλαδή θεωρούμε ότι τό μαγειρείο εργάζεται με τό 70% - 80% από τη συνολική του ισχύ [είναι σπάνιο άν άχι άδύνατο, να λειτουργούν συγχρόνως οι έστίες («μάτια») της κουζίνας και ο φούρνος].

Στόν πίνακα 34.2.1 δίνονται ένδεικτικά, τά βασικά στοιχεία για τήν έγκατάσταση του κυκλώματος των ηλεκτρικών μαγειρείων (διατομή άγωγών τροφοδοτήσεως, άσφάλειες κλπ.).

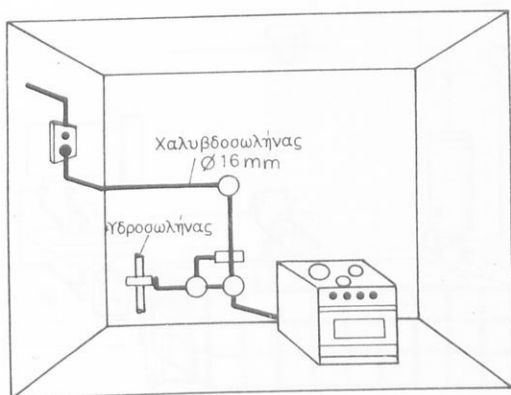
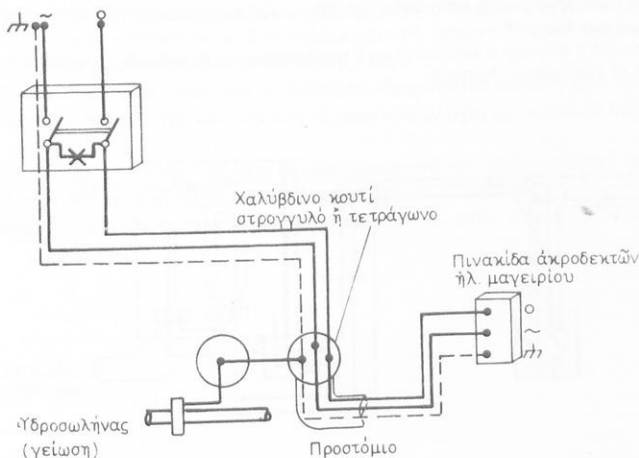
ΠΙΝΑΚΑΣ 34.2.1.

Διατομές και άσφάλειες ανάλογα με τήν ισχύ του μαγειρείου

Ισχύς ηλεκτρικού μαγειρείου σε kW	Τάση τροφοδοτήσεως μονοφασικού 220V	
	Διατομή σε mm ²	Άσφάλειες σε A
μέχρι 2,5	2 × 1,5	10
άπό 2,5 μέχρι 4	2 × 2,5	16
άπό 4 μέχρι 6	2 × 4	20
άπό 6 μέχρι 9,5	2 × 6	25
άπό 7,5 μέχρι 10	2 × 10	35

*Υπενθυμίζουμε όρισμένες βασικές άρχές, ύποχρεωτικές άπό τούς κανονισμούς Ε.Η.Ε., για τήν έγκατάσταση κάθε ηλεκτρικού μαγειρείου:

- 'Ελάχιστη διατομή των άγωγών της γραμμής τροφοδοτήσεως του ηλεκτρικού μαγειρείου 6mm^2 .
 - Τό κατακόρυφο τμήμα της ηλεκτρικής γραμμής τροφοδοτήσεως ἐγκαθίσταται σέ χαλυβδοσωλήνα μέ διάμετρο τουλάχιστον 16mm . 'Ο χαλυβδοσωλήνας σέ χαλύβδινο στρογγυλό ή τετράγωνο κουτί.
 - 'Από τό χαλύβδινο κουτί τροφοδοτείται τό ηλεκτρικό μαγειρείο μέ εύκαμπτο καλώδιο.
 - Στο σημείο εισόδου του καλωδίου στο χαλύβδινο κουτί τοποθετείται «προστόμιο» από μονωτικό υλικό γιά τήν προστασία του από μηχανική βλάβη (γδάρισμα κλπ).
- Στό σχήμα 34.2 φαίνεται ή ἐγκατάσταση καί ή συνδεσμολογία της γραμμής τροφοδοτήσεως ενός ηλεκτρικού μαγειρείου.



Σχ. 34.2β.

Έγκατάσταση ηλεκτρικού μαγειρείου.

34.3 Συνδεσμολογία ηλεκτρικού θερμοσίφωνα.

Οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες έχουν συνήθως ισχύ μικρότερη από εκείνη του ηλεκτρικού μαγειρείου.

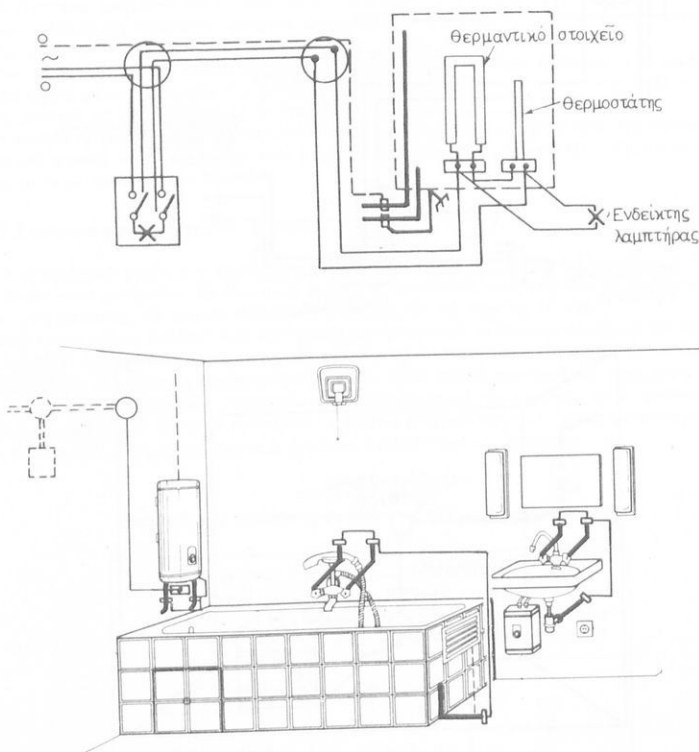
Η ηλεκτρική γραμμή τροφοδοτήσεως κάθε θερμοσίφωνα είναι ανεξάρτητη από τις άλλες γραμμές. Όσον αφορά τώρα την εγκατάσταση της «γείωσης» χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή.

Έτσι, εκτός από τη σύνδεση του θερμοσίφωνα με το σύστημα γείωσης της εγκαταστάσεως της κατοικίας πραγματοποιούνται στο λουτρό οι «γεφυρώσεις».

Δηλαδή, με αγηγούς γείωσης και ειδικά μεταλλικά περιλαίμια, τά «κολλάρα» γείωσης, γεφυρώνομε ανεξάρτητα τούς σωλήνες του ζεστού καί κρύου νερού, καθώς καί της άποχετεύσεως του νιπτήρα, του «μπιντέ» καί του «μπάνιου».

Επίσης ό πίνακας χειρισμού λειτουργίας του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα τοποθετείται πάντοτε έξω από τό χώρο του λουτρού.

Στό σχήμα 34.3 φαίνεται ή εγκατάσταση, ή συνδεσμολογία της γραμμής τροφοδοτήσεως θερμοσίφωνα καί οι γεφυρώσεις λουτρού.



Σχ. 34.3.

Εγκατάσταση θερμοσίφωνα — Γεφυρώσεις λουτρού.

34.4 Άσκησης.

1. α) Αναγνωρίστε τα διάφορα εξαρτήματα καί υλικά πού θά σᾶς δοθοῦν στό ἐργαστήριο γιά νά πραγματοποιήσετε τήν ηλεκτρική συνδεσμολογία ενός ηλεκτρικοῦ μαγειρείου.
β) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τή συνδεσμολογία ηλεκτρικοῦ μαγειρείου, σύμφωνα μέ τό σχῆμα 34.2 σέ πολυγραμμικό καί μονογραμμικό σχέδιο.
γ) Πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία τοῦ ηλεκτρικοῦ μαγειρείου.
Ζητήστε νά τήν ἐλέγξει ὁ υπεύθυνος καθηγητής τοῦ ἐργαστηρίου καί τροφοδοτήστε τήν μέ ηλεκτρικό ρεύμα. Διαπιστώστε τή σωστή λειτουργία της.
δ) Περιγράψτε συνοπτικά στό τετράδιό σας τή διαδικασία πού πραγματοποιήσατε γιά τή συνδεσμολογία τῆς ἀσκῆσεως.
2. α) Αναγνωρίστε τά υλικά καί τά διάφορα εξαρτήματα πού θά σᾶς δοθοῦν στό ἐργαστήριο καί πραγματοποιήστε τή συνδεσμολογία ηλεκτρικοῦ θερμοσίφωνα.
β) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τό μονογραμμικό καί πολυγραμμικό σχέδιο τῆς συνδεσμολογίας τοῦ ηλεκτρικοῦ θερμοσίφωνα σύμφωνα μέ τό σχῆμα 34.3.
Ἐπαναλάβετε στή συνέχεια τίς ἐνέργειες ὅπως στήν ἀσκηση 1γ καί 1δ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

35.1 Γενικά.

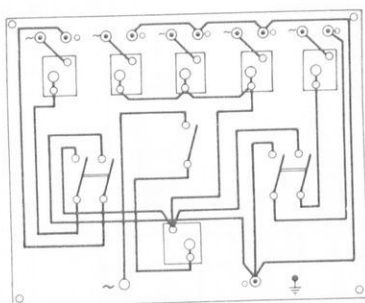
Σήμερα στis Ε.Η.Σ χρησιμοποιούνται οι έντοιχισμένοι πλαστικοί ή μεταλλικοί ηλεκτρικοί πίνακες διανομής.

Οι πίνακες αυτοί, σε σχέση με τους μαρμαρίνους ηλεκτρικούς πίνακες οι οποίοι έπαψαν σχεδόν να χρησιμοποιούνται, προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια, καλύτερη λειτουργία και είναι περισσότερο εύπαρουσίαστοι. Άκόμα είναι εύκολη ή συναρμολόγηση και άποσυναρμολόγησή τους. Καταλαμβάνουν μικρό χώρο (βάθος έντοιχισμού περίπου 10 cm) και εξυπηρετούν σχετικά πολλά ηλεκτρικά κυκλώματα.

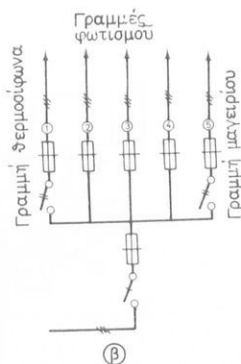
Τα βασικά εξαρτήματα κάθε πίνακα διανομής φωτισμού είναι:

- Οι άκροδέκτες (μπόρνες) εισαγωγής.
- Ο γενικός διακόπτης.
- Η γενική ασφάλεια.
- Οι μερικές ασφάλειες των γραμμών τροφοδοτήσεως (φωτισμού, ρευματοδότη, θερμοσίφωνα κλπ.).
- Οι μερικοί διακόπτες (ηλεκτρικού μαγειρείου, θερμοσίφωνα κ.ά.) και
- οι άκροδέκτες εξαγωγής.

Στή συναρμολόγηση των ηλεκτρικών πινάκων θα πρέπει να προσέχομε ώστε ο άγωγος φάσεως από τον άκροδέκτη εισαγωγής να περνάει πρώτα από τό γενικό διακόπτη και στη συνέχεια να ακολουθεί τη διαδρομή, γενική ασφάλεια — μερικές ασφάλειες (διακλαδώσεις) — άκροδέκτες (μπόρνες) εξαγωγής.



(α)



(β)

Σχ. 35.1

Ήλεκτρικός πίνακας διανομής 5 γραμμών.

α) Σχέδιο συνδεσμολογίας.

β) Μονογραμμικό σχέδιο.

Σημειώνουμε και πάλι ότι οι μερικοί διακόπτες του ηλεκτρικού μαγειρείου, του θερμοσίφωνα και κάθε ηλεκτρικής συσκευής που βρίσκονται πάνω στον πίνακα διανομής είναι πάντοτε διπολικοί (διακοπή φάσεως και ουδέτερου) για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας (σχ. 35.1).

Οι κανονισμοί των Ε.Η.Σ. αναφέρουν μέ κάθε λεπτομέρεια την κατασκευή των ηλεκτρικών πινάκων διανομής, τη διάταξη των διακοπών ασφαλειών και άκροδεκτών πάνω σε αυτούς, τη φύση των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, την επιλογή ασφαλειών διακοπών κλπ. ανάλογα βέβαια με τα ηλεκτρικά φορτία που εξυπηρετούν οι πίνακες.

35.2 Άσκησης.

1. α) Αναγνωρίστε στους ηλεκτρικούς πίνακες που θα σας δοθούν στο εργαστήριο, τό είδος του υλικού κατασκευής τους, τά εξαρτήματα που βρίσκονται επάνω τους και τό είδος κατασκευής τους.
 - β) Αφαιρέστε από τούς προηγούμενους πίνακες τά καπάκια τους και αναγνωρίστε τή συνδεσμολογία των εξαρτημάτων τους.
 - γ) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τήν εμπρός όψη κάθε πίνακα και σημειώστε κάτω από κάθε εξάρτημα τήν ονομασία του και τό είδος τής κατασκευής του. Σχεδιάστε τή συνδεσμολογία του ηλεκτρικού πίνακα σε μονογραμμικό και πολυγραμμικό σχέδιο.
- Έξηγηστε πώς γίνεται ή κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου στις ηλεκτρικές γραμμές που αναχωρούν από τούς πίνακες και δικαιολογήστε γιατί ή γραμμή γειώσεως δέν διακόπτεται από κανένα όργανο έλέγχου του πίνακα διανομής.
2. Μέ τή βοήθεια των συνδεσμολογιών ηλεκτρικών πινάκων διανομής, που θα σας δοθούν σε σχέδιο, και των χαρακτηριστικών των εξαρτημάτων τους, διαλέξτε από τά υλικά τής αποθήκης του εργαστηρίου τά κατάλληλα και συνδεσμολογήστε τούς ηλεκτρικούς πίνακες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΟΥΔΟΥΝΙΩΝ

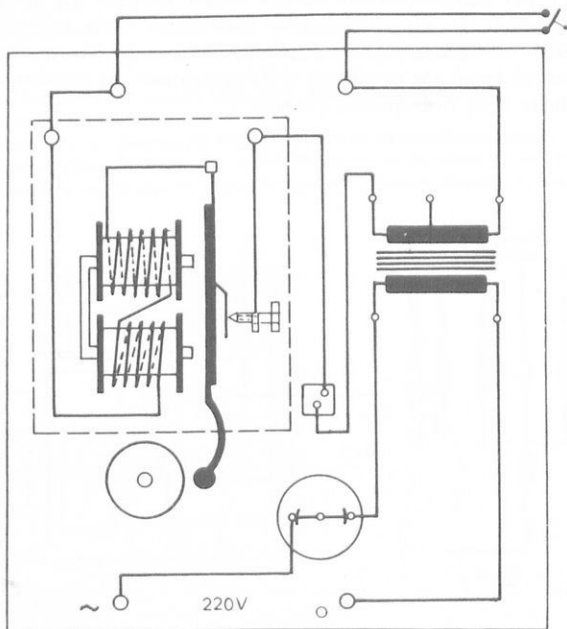
36.1 Γενικά.

Είναι γνωστό ότι υπάρχουν πολλά είδη κουδουνιών ανάλογα με τις εφαρμογές τους. Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις από τις εφαρμογές τους είναι ή εφαρμογή τους στις κατοικίες. Τα ηλεκτρικά κουδούνια λειτουργούν με χαμηλή συνεχή ή εναλλασσόμενη τάση $4 \div 12$ V. 'Η πιο απλή διάταξη ηλεκτρικού κουδουνιού που χρησιμοποιείται σε μία μικρή μονοκατοικία αποτελείται από ένα κουδούνι, από ένα μετασχηματιστή 220/6 V, από μία ασφάλεια και από έναν απλό διακόπτη.

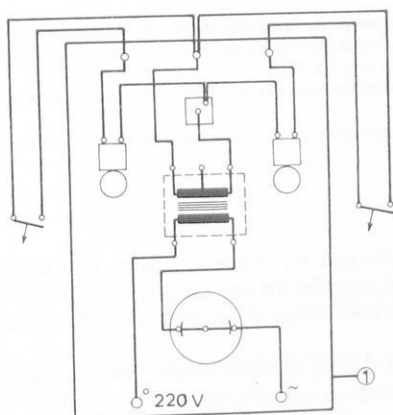
Όλα αυτά είναι τοποθετημένα πάνω σε ένα μικρό πινάκα από μονωτικό υλικό.

Ο έλεγχος της λειτουργίας μιας τέτοιας διατάξεως γίνεται με ένα ή περισσότερους διακόπτες «μπουτόν».

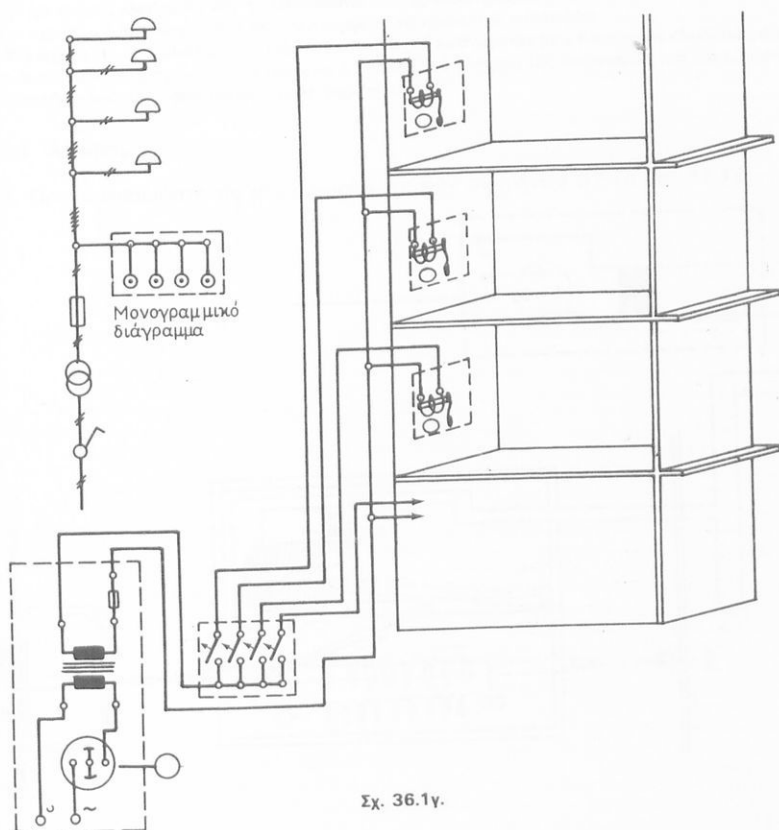
Στο σχήμα 36.1α φαίνεται η συνδεσμολογία μιας απλής διατάξεως ηλεκτρικού κουδουνιού.



Σχ. 36.1α.



Σχ. 36.1β.



Σχ. 36.1γ.

Γιά να διακρίνεται η κλήση της εξωτερικής κεντρικής πόρτας από εκείνη του διαμερίσματος, στις πολυκατοικίες τοποθετούνται στον πίνακα δύο κουδούνια με διαφορετικό ήχο. Τό κάθε ένα ελέγχεται από ξεχωριστό διακόπτη «μπουτόν» (σχ. 36.1β).

Στό σχήμα 36.1γ φαίνεται η συνδεσμολογία κεντρικής εγκατάστασεως ηλεκτρικῶν κουδουνιῶν σέ μιά τριόροφη πολυκατοικία.

Ἡ ηλεκτρική τροφοδότηση τοῦ κυκλώματος τῶν κουδουνιῶν σέ κάθε διαμέρισμα γίνεται ἀπό κοινή ηλεκτρική πηγή τροφοδοτήσεως.

36.2 Ἀσκήσεις.

1. α) Πραγματοποιήστε διασυσχικά τίς συνδεσμολογίες τῶν σχημάτων 36.1α, 36.1β, 36.1γ μέ ὑλικά καί εξαρτήματα πού θά σᾶς δοθοῦν στό ἐργαστήριο.
- β) Τροφοδοτήστε μέ ηλεκτρικό ρεύμα τίς παραπάνω συνδεσμολογίες καί ἐλέγξτε τή λειτουργία τους.
- γ) Σχεδιάστε στό τετράδιό σας τίς συνδεσμολογίες τῶν κουδουνιῶν πού πραγματοποιήσατε σέ μονογραμμικό καί πολυγραμμικό σχέδιο, μέ ὑπόμνημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

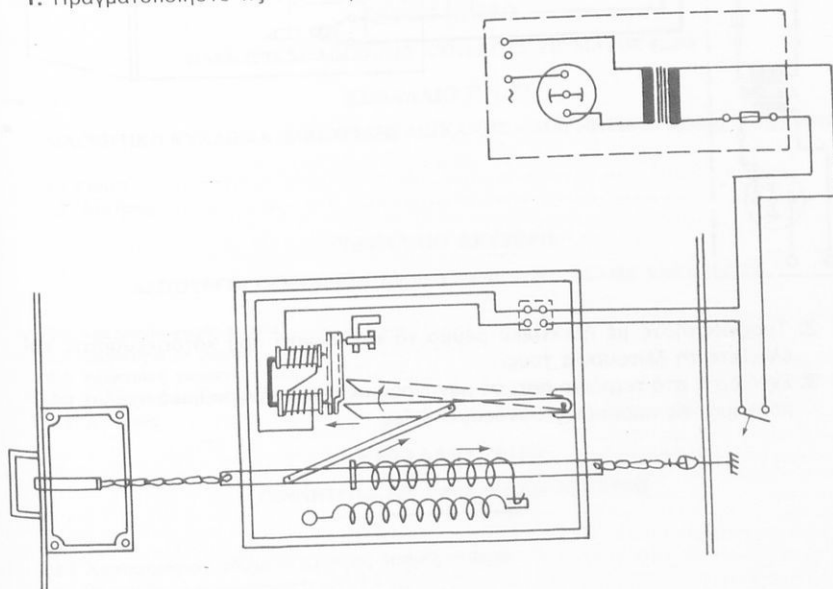
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΑΣ

Οι ηλεκτρικές κλειδαριές που τοποθετούνται στις εξώθυρες κυρίως των πολυκατοικιών, λειτουργούν σχεδόν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν τα ηλεκτρικά κουδούνια.

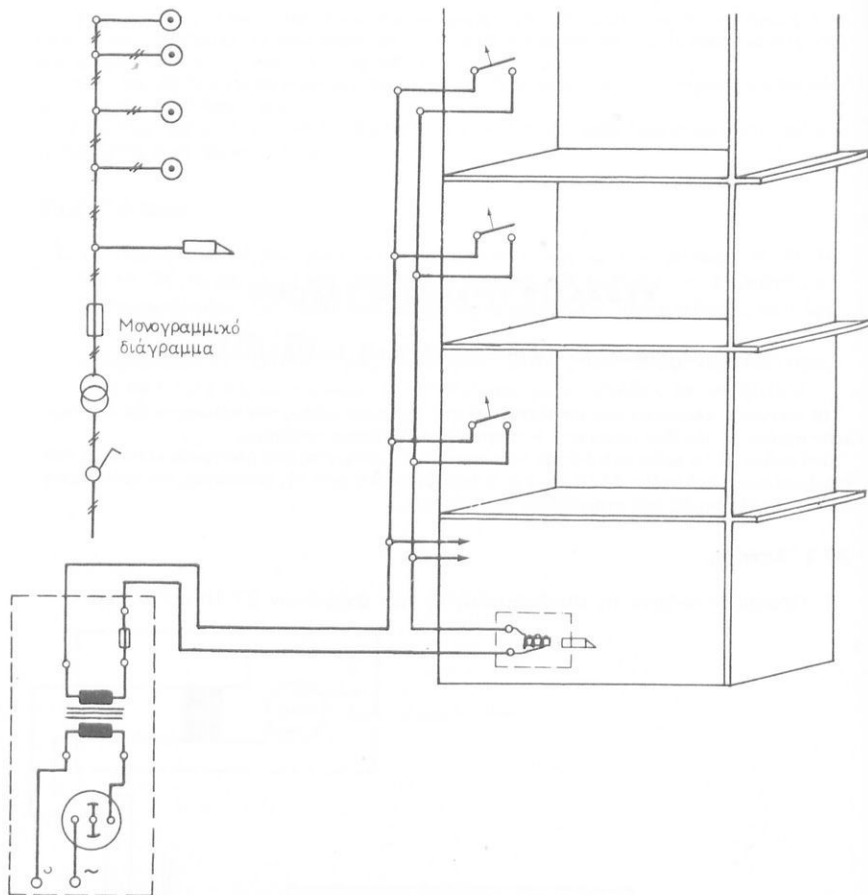
Στό σχήμα 37.1α φαίνεται η διάταξη λειτουργίας του κυκλώματος μίας ηλεκτρικής κλειδαριάς από ένα διαμέρισμα. Στό σχήμα 37.1β φαίνεται η διάταξη του ελέγχου της λειτουργίας του κυκλώματος ηλεκτρικής κλειδαριάς από περισσότερα διαμερίσματα.

37.1 Άσκηση.

1. Πραγματοποιήστε τις συνδεσμολογίες των σχημάτων 37.1α καί 37.1β.



Σχ. 37.1α.



2. Τροφοδοτήστε με ηλεκτρικό ρεύμα τά κυκλώματα που κατασκευάσατε και ελέγξτε τη λειτουργία τους.
3. Σχεδιάστε στο τετράδιο σας, σε μονογραμμικό και πολυγραμμικό σχέδιο, με υπόμνημα, τις παραπάνω συνδεσμολογίες.

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

0.1 Γενικά. Ένα σχέδιο οργάνωσης του μαθητικού προσωπικού	1
0.2 Συμπεριφορά των μαθητών στο Έργαστήριο	2
0.3 Προετοιμασία — εκτέλεση άσκησης	2

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Σ.Ρ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ — ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΠΟΛΟΙ — ΔΙΕΓΕΡΣΗ

1.1 Γενικά	4
1.2 Άσκήσεις	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ Σ.Ρ. — ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΞΕΝΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΩΣ

2.1 Λειτουργία χωρίς φορτίο	11
2.2 Λειτουργία με φορτίο	12
2.3 Έξωτερική χαρακτηριστική	12
2.3 Γεννήτριες με ξένη διέγερση	13
2.5 Άσκήσεις	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

3.1 Γενικά	19
3.2 Χαρακτηριστική εύθεια — Κρίσιμος αριθμός στρωφών	20
3.3 Χαρακτηριστικά φορτίσεως $U = F(I_f)$	22
3.4 Άσκήσεις	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΓΕΝΗΤΗΡΙΕΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

4.1 Γενικά	26
4.2 Χαρακτηριστική φορτίσεως $U = F(I_\varphi)$	27
4.3 Άσκήσεις	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ Σ.Ρ. – ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΩΣ

5.1 Γενικά	30
5.2 Κινητήρες παράλληλης διεγέρσεως	32
5.2.1 Χάραξη χαρακτηριστικής $n = F(AW_m)$ ή $n = F(I_\phi)$	32
5.2.2 Χάραξη χαρακτηριστικής $n = F(I_\phi)$	35
5.2.3 Χάραξη χαρακτηριστικής $T = F(I_\phi)$	36
5.3 Άσκήσεις	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ Σ.Ρ. ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΕΙΡΑΣ

6.1 Γενικά	39
6.1.1 Χάραξη χαρακτηριστικής $n = F(I_\phi)$	40
6.1.2 Χάραξη χαρακτηριστικής $T = F(I_\phi)$	41
6.2 Άσκήσεις	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΖΕΥΞΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ WARD-LEONARD

7.1 Γενικά	46
7.2 Άσκήσεις	47

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Ε.Ρ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΟΥ (L) ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΥΚΝΩΤΗ (C)

8.1 Γενικά	48
8.1.1 Συντελεστής αὐτεπαγωγῆς πηνίου	48
8.1.2 Χωρητικότητα πυκνωτῆ C	48
8.1.3 Πῶς χρησιμοποιοῦνται οἱ γέφυρες γιὰ μέτρηση L καὶ C	50
8.2 Άσκήσεις	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

9.1 Γενικά	53
------------------	----

9.2 Άσκησης	54
-------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ

10.1 Γενικά	55
10.2 Άσκησης	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

11.1 Γενικά	57
11.2 Άσκησης	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΗΝΙΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ (R,L)

12.1 Γενικά	60
12.2 Άσκησης	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ (R,C)

13.1 Γενικά	63
13.1.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα με R και C σε σειρά	63
13.1.2 Ηλεκτρικό κύκλωμα με R και C παράλληλα	64
13.2 Άσκησης	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ R, L, C ΣΕ ΣΕΙΡΑ

14.1 Γενικά	67
14.2 Άσκησης	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

15.1 Γενικά	70
15.2 Άσκησης	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΤΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΕΩΣ

16.1 Γενικά	73
16.1.1 Μετασχηματιστές εντάσεως	73
16.1.2 Μετασχηματιστές τάσεως	75
16.2 Άσκησης	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΟ Ε.Ρ.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟ

17.1 Γενικά	78
17.1.1 Μέτρηση πραγματικής ισχύος με βολτόμετρο	78
17.1.2 Μέτρηση φαινόμενης ισχύος P_{ϕ} με βολτόμετρο και άμπερόμετρο	79
17.1.3 Μέτρηση της άεργης ισχύος με μετρητή VAR	80
17.2 Άσκησης	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

18.1 Γενικά	83
18.2 Άσκησης	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ) ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

19.1 Γενικά	85
19.2 Άσκησης	86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

20.1 Γενικά	88
20.1.1 Σύστημα 4 αγωγών	88
20.1.2 Σύστημα 3 αγωγών	88
20.2 Άσκησης	89

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΩΝ

21.1 Γενικά	91
21.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας των έναλλακτάρων	93
21.2.1 Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ)	93
21.2.2 Η συχνότητα της έναλλασσόμενης ΗΕΔ	94
21.2.3 Η λειτουργία του έναλλακτάρη με φορτία	94
21.2.4 Η διακύμανση της τάσεως	94
21.2.5 Η ισχύς	95
21.3 Άσκησης	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΖΕΥΞΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΩΝ ή ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΙ

22.1 Γενικά	101
22.2 Άσκησης	103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ)

23.1 Γενικά	105
23.2 Άσκήσεις	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟ ΔΡΟΜΕΑ

24.1 Γενικά	111
24.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της λειτουργίας των επαγωγικών τριφασικών κινητήρων ..	111
24.2.1 Ή διολίσθηση ή ολίσθηση (S)	111
24.2.2 Ροπή στρέψεως (T)	111
24.2.3 Μηχανική ισχύς (N)	112
24.2.4 Βαθμός αποδόσεως (η)	112
24.3 Τριφασικοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα	112
24.4 Άσκήσεις	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥΣ

25.1 Γενικά	123
25.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της λειτουργίας των κινητήρων με δακτύλιους	123
25.2.1 Ή πολική τάση	123
25.2.2 Ή συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος στο δρομέα	123
25.2.3 Ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στο δρομέα (I_2)	124
25.2.4 Ή ροπή στρέψεως (T)	124
25.2.5 Ή συντελεστής ισχύος (συνφ) του κινητήρα	125
25.2.6 Μεταβολή της τάσεως τροφοδοτήσεως	125
25.3 Άσκήσεις	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΔΡΟΜΕΑ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ

26.1 Γενικά	129
26.2 Κινητήρες με πυκνωτή εκκινήσεως	130
26.3 Άσκήσεις	132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΚΚΙΝΗΣΕΩΣ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

27.1 Γενικά	135
27.2 Άσκήσεις	135

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΟΓΔΩΟ

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

28.1 Γενικά	139
-------------------	-----

28.2 Μονοφασικοί κινητήρες σειράς με συλλέκτη	139
28.3 Κινητήρες αντιδράσεως	139
28.4 Άσκήσεις	140

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

29.1 Γενικά	143
29.2 Λειτουργία Μ/Τ χωρίς φορτίο	143
29.3 Λειτουργία Μ/Τ με φορτίο	144
29.4 Άσκήσεις	146

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΙΚΡΟΥ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ Μ/Τ

30.1 Γενικά	149
30.1.1 Κατασκευή τυλιγμάτων μονοφασικού Μ/Τ	149
30.1.2 Υπολογισμός σιδηροπυρήνα και τυλιγμάτων Μ/Τ 10-1000 VA	150
30.2 Άσκήσεις	153

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ Μ/Τ – ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΣ Μ/Τ

31.1 Γενικά	154
31.1.1 Συμβολισμός άκροδεκτών στους μονοφασικούς Μ/Τ	154
31.1.2 Συμβολισμός άκροδεκτών στους τριφασικούς Μ/Τ	154
31.1.3 Παράλληλη λειτουργία Μ/Τ	155
31.2 Άσκήσεις	157

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ – ΑΝΟΡΘΩΤΕΣ

32.1 Γενικά	160
32.2 Ζεύγος κινητήρα Ε.Ρ.-γεννήτριας Σ.Ρ.	160
32.3 Ανόρθωση Ε.Ρ. με ξηρούς ανορθωτές	161
32.4 Ανόρθωση Ε.Ρ. με λυχνίες υδράργυρου	165
32.5 Φίλτρα	166
32.6 Άσκήσεις	166

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

33.1 Γενικά	172
33.2 Συνδεσμολογίες βασικών κυκλωμάτων φωτισμού	172
33.2.1 Συνδεσμολογία άπλου διακόπτη με ένα φώς	172
33.2.2 Συνδεσμολογία άπλου φωτός και ρευματοδότη	172
33.2.3 Συνδεσμολογία διακόπτη κομμιτατέρ (επιλεκτικός διακόπτης)	174
33.2.4 Συνδεσμολογία δύο άκραιών διακοπών άλλε-ρετούρ (παλινδρομικός διακόπτης με ένα φώς)	175
33.3 Άπαραίτητα έργαλεία για την κατασκευή κυκλωμάτων φωτισμού	176

33.4 Διαμόρφωση αγωγών	177
33.5 Σύνδεση αγωγών με ακροδέκτες	178
33.6 Άσκήσεις	179

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ

34.1 Γενικά	180
34.2 Συνδεσμολογία ηλεκτρικού μαγειρείου	180
34.43 Συνδεσμολογία ηλεκτρικού θερμοσίφωνα	182
34.4 Άσκήσεις	183

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

35.1 Γενικά	184
35.2 Άσκήσεις	185

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΟΥΔΟΥΝΙΩΝ

36.1 Γενικά	186
36.2 Άσκήσεις	188

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΑΣ

37.1 Άσκηση	189
-------------------	-----

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ



0020558260

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Gabriel Lippmann (1845 - 1921), με τό τριχοειδές ηλεκτρόμετρό του.

